

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KÖPRÜLÜ KAVŞAKLARDA ZEMİN İYİLEŞTİRME VE İKSA
UYGULAMALARI**

GÖRKEM ABBASOĞULLARI

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÖPRÜLÜ KAVŞAKLARDA ZEMİN İYİLEŞTİRME VE İKSA
UYGULAMALARI

GÖRKEM ABBASOĞULLARI

Doç.Dr. Utkan MUTMAN

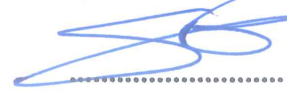
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Safa Bozkurt COŞKUN

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Dr.Öğr.Üyesi Ayşe Bengü SÜNBÜL

Jüri Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniv.



Tezin Savunulduğu Tarih: 08.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Nüfus sayısının artması ile birlikte taşıt sayısında ve trafik yoğunluklarında artışlar oluşmaktadır. Bu durum, mevcut yol ağlarının yenilenmesi ve yeni köprülü kavşakların yapılması zaruriyetini doğurmuştur. Yapılan köprülü kavşaklarda birçok kavşak tipi ve uygulama tekniği kullanılmaktadır. Çalışmam ile köprülü kavşaklarda uygulanan zemin iyileştirmeler, yapım teknikleri, uygulamada karşılaşılan farklılıklar, yapım zorlukları gibi birçok noktaya değindim.

Tez çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Utkan MUTMAN' a ve hayatım boyunca destekleriyle yanımda olan kıymetli eşim ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs – 2019

Görkem ABBASOĞULLARI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ	1
1. KAVŞAK TIPLERİ	2
1.1. Eş Düzey Kavşaklar.....	2
1.2. Farklı Düzeyli Katlı Kavşaklar(Köprülü Kavşaklar).....	3
1.2.1.T trompet veya y kavşak	3
1.2.2.Yonca yaprağı köprülü kavşak.....	4
1.2.3.Baklava diamond köprülü kavşak.....	6
1.2.4.Köprülü dönел kavşak	7
1.3. Kavşak Tipleri Seçim Metodolojileri	8
2. SEÇİLEN BÖLGEDE UYGULANAN İKİ AYRI KÖPRÜLÜ DÖNEL KAVŞAK.....	11
2.1. Yüzbaşılar Köprülü Kavşağı	11
2.1.1. Çalışma alanı.....	11
2.1.2. Geoteknik araştırma çalışmaları.....	12
2.1.3. Yerinde yapılan deneyler	13
2.1.3.1. Standart penetrasyon deneyi	13
2.1.3.2. Pressiyometre deneyi.....	13
2.1.4. Araştırma çukurları.....	14
2.1.5. Labaratuvar deneyleri.....	14
2.1.6. Geoteknik değerlendirmeler.....	14
2.1.7. Zemin İyileştirme yönteminin belirlenmesi	15
2.1.7.1. Kazık taşıma gücü hesapları.....	15
2.1.7.2. Köprü yaklaşım toprakarme dayanma yapıları	17
2.1.8. Geoteknik sonuç.....	17
2.1.9. Alan Zemin Uygulamaları	18
2.1.9.1. Fore kazık uygulaması	18
2.1.9.2. Toprakarme duvar uygulaması.....	25
2.2. Köseköy Köprülü Kavşağı	29
2.2.1. Çalışma alanı	29
2.2.2. Sondaj kuyuları	29
2.2.3. Zemin özellikleri ve idealize zemin profili	31
2.2.4. Temel sistemi değerlendirmesi	31
2.2.5. Geoteknik rapor sonuç ve öneriler	32
2.2.6. Alan zemin uygulamaları	33
2.2.6.1 Fore kazık.....	34

2.2.6.2.Taş dolgu zemin iyileştirmesi	37
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	43
EKLER.....	44
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	81
ÖZGEÇMİŞ	82



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Trompet kavşak tipleri	4
Şekil 1.2.	T trompet kavşak tipi.....	4
Şekil 1.3.	Tam yonca ve yarım yonca yaprağı kavşak tipleri.....	5
Şekil 1.4.	Yarım yonca yaprağı kavşak	5
Şekil 1.5.	Baklava diamond köprülü kavşak	6
Şekil 1.6.	Baklava diamond köprülü kavşak uydu fotoğrafı	7
Şekil 1.7.	Dönel köprülü kavşak.....	7
Şekil 1.8.	Dönel köprülü kavşağı örneği	8
Şekil 1.9.	Trafik hacmine göre kavşak türü seçimi	9
Şekil 2.1.	Yüzbaşılar eş düzey kavşağı havadan görünüm.....	11
Şekil 2.2.	Yüzbaşılar eşdüzey kavşağı yerden görünüm	12
Şekil 2.3.	Köprü temel görünüşü	19
Şekil 2.4.	Kazık yükleme deneyi	20
Şekil 2.5.	Oturma zaman grafiği.....	22
Şekil 2.6.	Yük zaman grafiği	22
Şekil 2.7.	Yük oturma grafiği	23
Şekil 2.8.	Süreklilik deneyi	23
Şekil 2.9.	İvme derinlik grafiği.....	24
Şekil 2.10.	Oturma zaman grafiği.....	25
Şekil 2.11.	Çelik şerit ve toprakarme dolgusu.....	26
Şekil 2.12.	Çelik şerit bağlantı detayı.....	26
Şekil 2.13.	Toprakarme panel görünüş.....	27
Şekil 2.14.	Toprakarme panel yapım görünüşü	27
Şekil 2.15.	Köprü toprakarme yandan görünüş	28
Şekil 2.16.	Köprü trafiğe açılmış hali.....	28
Şekil 2.17.	Sondaj yerleri gösterimi	29
Şekil 2.18.	Sondaj numune örnekleri	30
Şekil 2.19.	Köprü kapalı kesit betonarme görünüş.....	33
Şekil 2.20.	Fore kazık yapım aşaması	34
Şekil 2.21.	Fore kazık poroz beton drenaj kesiti	35
Şekil 2.22.	Kazık önü betonarme görünüş.....	36
Şekil 2.23.	Fore kazık poroz beton drenaj yapımı	36
Şekil 2.24.	Köprü yeraltı suyu seviyesi	37
Şekil 2.25.	Zemin iyileştirme taş dolgu	38
Şekil 2.26.	Jeomembran su yalıtımı yapılması	38
Şekil 2.27.	Köprü betonarme görünüş	39
Şekil 2.28.	Köprü trafiğe açılmış hali.....	40

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Temel sondajları özet bilgileri.....	13
Tablo 2.2. Kazık Yükleme deneyi oturma tablosu	21
Tablo 2.3. Temel sondajları yer altı suyu seviyesi	29
Tablo 2.4. Spt sonuçları	30
Tablo 2.5. Geometrik parametre tablosu.....	31
Tablo 3.1. Kavşaklar arasındaki farklar	41



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\alpha_{1,2,3}$: Eğim için alınan açı, ($^{\circ}$)
A_p	: Kazık uç alanı, (m^2)
A_s	: Kazık çevre alanı, (m^2)
φ'	: Zeminin içsel sürtünme açısı, ($^{\circ}$)
θ	: Açı, (rad)
C_u	: Drenajsız kayma dayanımı, (kN/m^2)
c'	: Kil zeminlerde efektif kohezyon
E	: Elastisite modülü, (N/m^2)
E_p	: Deformasyon modülü, (N/m^2)
f_l	: Sıkışabilir tabaka düzeltme faktörü
f_s	: Birim sürtünme direnci, (t/m^2)
σ_v'	: Sürtünme bölgesi boyunca ortalama efektif düşey toprak basıncı, (t/m^2)
σ_b'	: Kazık ucundaki efektif düşey toprak basıncı, (t/m^2)
kh	: Yatay yönde geçirgenlik(permaabilite) katsayısı
K_o	: Yanal toprak basıncı katsayısı
LL	: Likit limit
N	: 30 cm penetrasyon için darbe sayısı
N_q	: Uç taşıma kapasitesi faktörü
Q_{em}	: Emniyetli taşıma kapasitesi, (t)
Q_s	: Kazık sürtünme kapasitesi, (t)
$Q_{uç}$: Kazık uç direnci, (t)
q_{em}	: Taban zemin emniyet gerilmesi,(t)
PL	: Plastik limit
P_L	: Limit basıncı
PI	: Plastise indisi
S	: Oturma
W_n	: Doğal su içeriği tayini
γ	: Birim hacim ağırlığı, (kN/m^3)
γ_n	: Doğal birim hacim ağırlığı, (kN/m^3)
z	: Temel alt kotundan itibaren derinlik, (m)

Kısaltmalar

ASTM	: American Society for Testing Materials (Amerika Test Materyalleri Topluluğu)
D130	: Kocaeli Yalova Devlet Yolu
KTŞ	: Karayolları Teknik Şartnamesi
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
YASS	: Yer Altı Su Seviyesi
YOGT	: Yıllık Ortalama Günlük Trafik

KÖPRÜLÜ KAVŞAKLARDA ZEMİN İYİLEŞTİRME VE İKSA UYGULAMALARI

ÖZET

Şehirlerin büyüyerek nüfus yoğunluğunun artması ile araç sayısında oluşan artışlar sonucu şehir içi ve şehirlerarası ulaşım ağlarında bulunan yollar, oluşan trafik yükünü karşılayamaz hale gelmiştir. Mevcut trafik yoğunluğunu en aza indirmek için kavşak uygulamaları çok önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmamızda kavşak tipleri ile ilgili genel bir bilgi verildikten sonra, Kavşak çeşitlerinden biri olan, dönel köprülü kavşak uygulamalarından iki farklı alan uygulaması hakkında yapım aşamaları ile uygulanan zemin iyileştirme ve iksa yöntemleri anlatılmıştır.

Dönel köprülü kavşak projesi olan iki uygulamanın yapım teknikleri, avantajları ve dezavantajları anlatılarak farklılıkları ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: İksa, Kavşak, Trafik, Yollar, Zemin İyileştirme.

SOIL IMPROVEMENT AND SHORING APPLICATIONS IN BRIDGE JUNCTIONS

ABSTRACT

As a result of the increase in the population density and the increase in the number of vehicles, the roads in urban and intercity transportation networks cannot meet the traffic load. Junction applications have a very important place to minimize the current traffic density. In this study, after giving a general information about the types of intersections, two different area applications which are one of the intersection types, which are one of the intersection types, are explained with construction stages and soil improvement and shoring methods applied.

The construction techniques, advantages and disadvantages of the two applications, which are a roundabout junction project, are explained and their differences are discussed.

Keywords: Shoring, Intersection, Traffic, Roads, Soil improvement.

GİRİŞ

Kentleşme sonucu oluşan nüfus yoğunluğu ve araç sayılarında oluşan artışlar mevcut yolların işlevselliklerini yitirmesi sonucu trafik yoğunluğunu arttırarak trafik sıkışıklığına ve kazalara sebep olmaktadır. Şehir içi ve Şehirlerarası yolculuklar göz önüne alındığında bu olumsuz sonuçlar en fazla kavşaklarda meydana gelmektedir.

Kent içi ulaşım ağlarında yaşanan gecikmeler ve trafik kazaları incelenecek olursa özellikle gecikmelerin %70'den fazlasının kavşaklardaki zaman kayıplarından ileri geldiği gözlemlerle ortaya konmuştur. Ayrıca kent içi ulaşım ağlarında trafik kazalarının %40-60'ı kavşaklarda meydana gelmektedir [1].

Bu çalışmamızda kavşak çeşitleri hakkında bilgi verilerek kavşak tipleri genel anlamda örnekleriyle anlatıldı.

Kavşak tipleri seçiminde kullanılan esaslar hakkında bilgi verildi.

Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan köprülü kavşak türlerinden en önemlisi dönel köprülü kavşaklardır. Dönel köprülü kavşaklar tasarlanırken, dönel kavşağın köprü üzerinden veya köprü altından oluşturulması ele alınır. Çalışmamızda Kavşağın köprü üzerinden ve köprü altından tasarlandığı iki ayrı köprülü kavşak tipi ele alınarak bu iki köprülü kavşağın proje aşamasında ve yapımındaki farklılıklar irdelenmiştir.

İki köprülü kavşak yapımında uygulanan zemin iyileştirme ve iksa yöntemleri üzerinde durularak yapılan uygulamalar hakkında bilgi verilip yapımında karşılaşılan zorluklar ve farklılıklar ele alınmıştır.

Son olarak sonuç ve öneriler bölümünde dönel köprülü kavşaklardaki iki farklı uygulamanın avantajları, dezavantajları, uygulama teknikleri ve farklılıkları hakkında bilgiler verilmiştir.

1. KAVŞAK TIPLERİ

Kavşaklar birden fazla yönde gelen trafik akımlarının kesiştiği, ayrıldığı, birleştiği ve örüldüğü alanlardır. Bir yolun kavşağa birleşen kısmına kavşak ayağı ya da kavşak kolu olarak adlandırılır.

Kavşaklar, karayollarında güvenliğin en az olduğu, bunun yanında karayolun kapasitesini belirleyen kesimlerdir. Temel olarak kavşaklar ikiye ayrılır.

Kavşak alanının farklı akımlar tarafından sırayla kullanıldığı eş düzey kavşaklar (Intersection).

Kavşak alanının farklı akımlar tarafından aynı anda kullanıldığı katlı kavşaklar (Interchange).

Şehir içi ve şehirler arası yollarda oluşan trafik sorunu yeni yolların yapılarak kavşak noktalarının oluşturulmasına sebep olmuştur. Kavşağı basit anlamda iki veya daha fazla karayolunun kesişmesi veya birleşmesi ile oluşan ortak alanlar olarak düşünebiliriz.

Diğer ifadeyle birden fazla yönden gelen trafik akımının kesiştiği, ayrıldığı, birleştiği ve ortak olarak kullanıldığı alanlar kavşak olarak tanımlanmaktadır.[2]

Yolların kesiştiği, ayrıldığı, birleştiği noktalarda bulunan kavşak noktalarının, uygulanması aşamasında, yapım yöntemi, tasarım farklılıkları gibi birçok farklılıklar vardır bu farklılıklar kavşak türlerinin oluşmasında oldukça önemlidir.

1.1. Eş Düzey Kavşaklar

Yol ağlarının birleştiği noktalarda trafiğin güvenli bir şekilde akışını sağlamak amacıyla çoğunlukla eş düzey kavşaklar yapılmaktadır. Bu kavşaklarda trafik güvenliği genel olarak trafik işaretlemeleri ve ışıklı sinyalizasyon sistemleri ile uygulanmaktadır. Eş düzey kavşaklar kol sayısına göre, trafik kontrol sistemine göre ve işaretlemeler ya da adalar üzerinde yapılan yönlendirmeye göre üçe ayrılmaktadır

1.2. Farklı Düzeyli Katlı Kavşaklar(Köprülü Kavşaklar)

İki veya daha fazla karayolunun kesiştiği yerde trafik çakışmalarını ortadan kaldırmak, emniyeti ve hareketliliği sağlamak için rampalar ve bağlantı yollarının meydana getirdiği köprülü kavşaklar yapılıır. Trafik çakışmaları farklı katlarla ortadan kaldırılır. Dönüşler, farklı köprülü kavşak tipiyle ya sınırlandırılır, ya da minimize edilir [3].

Farklı seviyeli kavşaklar, iki veya daha fazla sayıdaki karayolunun bir ya da daha çok farklı düzeyde kesişme ve birleşmesiyle teşkil edilen kavşaklardır. Bu tip kavşaklar karşılıklı geçişlerdeki çakışmaları tamamıyla ortadan kaldırmak ve dönüşlerdeki çakışmaları da en aza indirmek amacıyla düzenlenir.

Köprülü kavşaklar, akılcı girişleri ve hareketliliği sağlayan otoyol elemanlarıdır. Ayrıca, köprülü kavşaklar, trafik operasyonlarını, emniyeti ve kapasiteyi otoyol bağlantıları yoluyla mükemmel şekilde düzenleyebilir [4].

Gerek taşıt sayısı gerekse karayolları yol ağının artması ve yeni kavşak noktalarının oluşması sonucu oluşan trafik yoğunluklarının aza indirilmesi amacıyla yerel yönetimler ve ilgili bakanlıklar tarafından son yıllarda ülkemizde oldukça fazla köprülü kavşak çalışması yapılmaktadır.

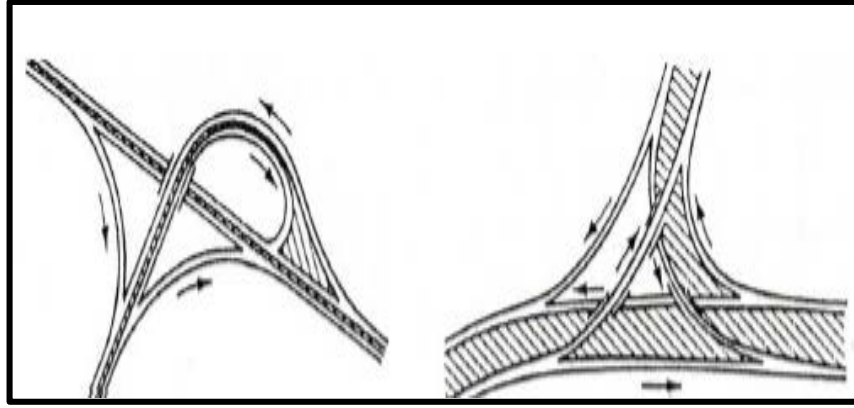
Köprülü kavşak uygulamaları önemli mühendislik projeleridir. Tasarım ve projelendirme süreçlerinde gerekli araştırmaların ve incelemelerin yapılması projenin ekonomik, işlevsel, şehrin ve bölgenin ihtiyaçlarını karşılayan bir nitelikte olması için zaruriyet arz etmektedir.

1.2.1. T (Trompet) veya y kavşak

Köprülü kavşaklar sık sık devam eden karayollarının birbirini kestiği kısımlarda düşünülür.

Bununla birlikte sadece üç kollu yolun kesiştiği noktalarda T veya Y kavşağı uygulamaları da vardır.

Bu kavşak tipleri, karayolunun otoyola bağlantılı olduğu yüksek yoğunluklu yerlerde veya tali yolların karayoluna bağlandığı daha düşük yoğunluklu yerlerde kullanılabilir [4]. Şekil 1.1 de trompet kavşak ve y kavşak tipleri görülmektedir.



Şekil 1.1 Trompet kavşak tipleri.

Bir trompet köprülü kavşak karayolunun otoyola veya daha önemli bir anayola bağlandığı yerde kullanılabilir. Ancak ileri zamanlarda kavşak kısmında oluşabilecek genişlemeler düşünülüyorsa bu tarz kavşak tipleri kullanılmamalıdır. [3].Şekil 1.2. de tali yolun anayola bağlandığı T trompet kavşak tipi görülmektedir.

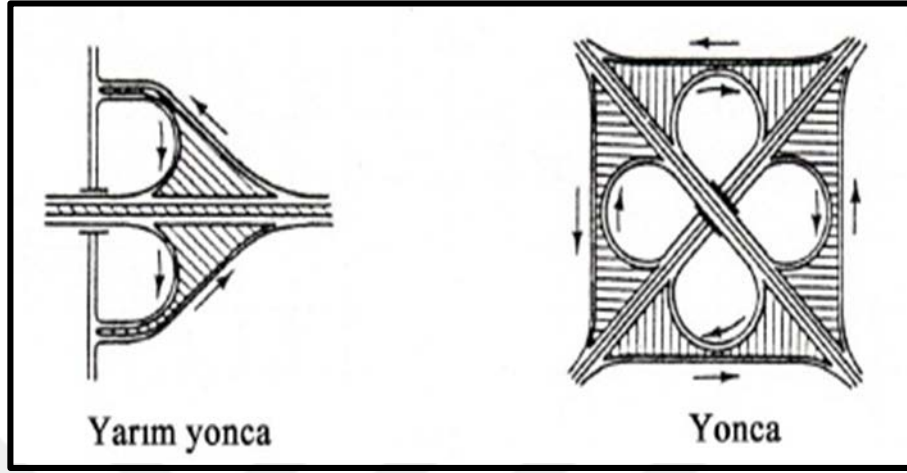


Şekil 1.2. T trompet kavşak tipi

1.2.2. Yonca yaprağı köprülü kavşak

Dört kollu kesişmelerde ve sola dönüşler için rampaların uygulandığı köprülü kavşak tipidir. Tam yonca yaprağı köprülü kavşakların hepsi dört çeyrek dairesel dönüş rampasına sahiptir. Diğerleri ise yarım yonca yaprağı şeklindedir. İki giriş kontrollü ve ayrılmış yol kesişmelerinde tam yonca yaprağı köprülü kavşak yeterli olacak bir kavşak tipidir.

Bununla birlikte bu kavşaklarda, ana yoldan çift çıkış ve girişler ile sola dönüşlerin daha uzun mesafede yapıldığı düzenlemeler de olabilir [5]. Şekil 1.3.'de kavşak tipleri görülmektedir.



Şekil 1.3. Tam yonca ve yarım yonca yaprağı kavşak tipleri.

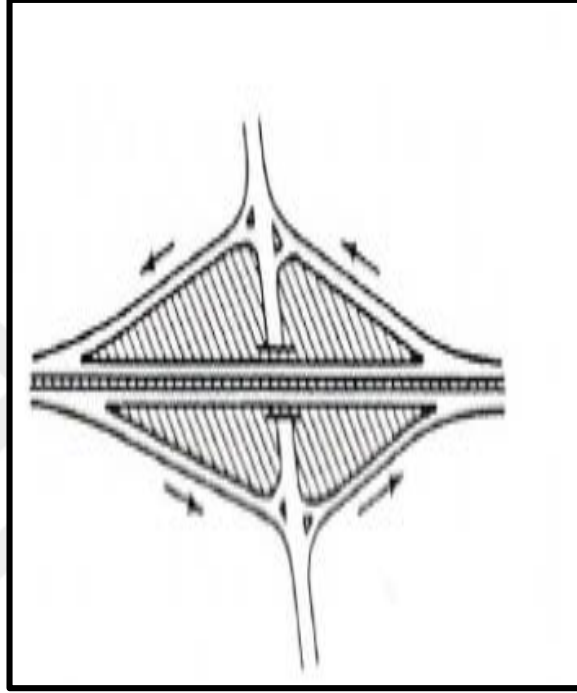
Yarım yonca yaprağı köprülü kavşak, iki çeyrek daire ihtiva eden rampaya sahiptir. Bu kavşak tipi sağa dönüşlerin yasaklandığı yerler için daha uygundur. Sola dönüş hareketinin büyük yol üzerinde çeyrek daire rampasıyla sağlandığı ve küçük yoldan ana yola acil çıkışların gerekli olmadığı yerlerde kullanılması en büyük avantajdır [6]. Şekil 1.4 de çeyrek daire rampasıyla oluşturulan yarım yonca yaprağı kavşak tipi.



Şekil 1.4 de Yarım yonca yaprağı kavşak

1.2.3. Baklava (diamond) köprülü kavşak

Baklava tipi köprülü kavşaklar, en ekonomik, en genel tipteki ve en basit kavşaklardır. Bu kavşağın kapasitesi kavşağa gelen rampaların kapasitesiyle sınırlıdır. Rampa giriş kapasitesi anayoldaki trafik hacmiyle sınırlanabilir [7]. Şekil 1.5. de rampalar ile oluşturulan diamond kavşak tipi görülmektedir.



Şekil 1.5. Baklava diamond köprülü kavşak

Avantajları şöyle sıralanabilir:

- Yeterli görüş mesafesi sağlanabilir ve dönüş manevraları karışık değildir.
- Az yol hakkı gerekir.
- Ana yoldan tüm çıkışlar kavşağa ulaşmadan önce yapılır.
- Sola dönüş manevralarının uzunluğu azdır.

Gelecekte daha büyük olacak rampa kapasitesine olanak sağlar [5]

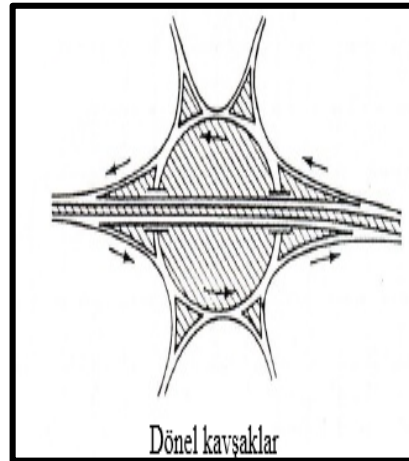
Şekil 1.6. uydu görüntüsünde görüldüğü gibi ana yoldan tüm çıkışlar kavşak bölgesine ulaşmadan rahat bir şekilde ve fazla manevraya gerek kalmadan yapılır.



Şekil 1.6. Baklava diamond köprülü kavşak uydu fotoğrafı

1.2.4. Köprülü dönel kavşak

Köprülü dönel kavşaklar, hem yüksek seviyede trafik akışı hem de estetik olması dolayısıyla uzun yıllardır kullanılmaktadır. Bu kavşak tipi diğer yollardan ana yola gelen ve diğer yönlere geçiş sağlamak için altta veya üstte yapılan dönel bir kavşağa sahiptir.(Şekil 1.7.) Bu kavşaklar trafik manevraları için geniş bir alana ve dönüş rampalarına sahip oldukları için genellikle şehir içi yollarda kullanılmaz [8].



Şekil 1.7. Köprülü dönel kavşak

Dönel köprülü kavşakların, birbirini kesen yolları ayırması ve onları kısa mesafeli farklı kotlarda düzenlemesi gibi avantajları vardır. Ana yoldan çıkan trafiğin dönel kısımda trafiğe katılmasında zorluklar yaşanabilir. Asıl ana yol alt kısımdan veya

üstten de geçebilir [9]. Şekil 1.8 de ana yol trafik akışının köprü altından sağlandığı görülmektedir.



Şekil 1.8. Dönel köprülü kavşak örneği

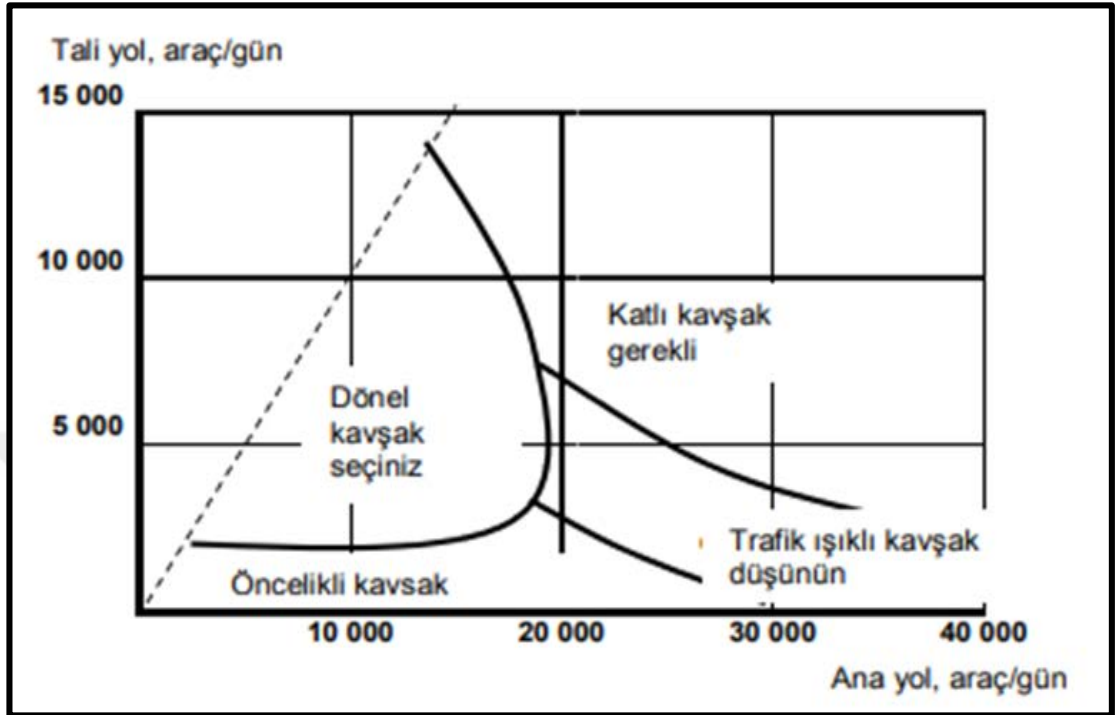
1.3. Kavşak Tipleri Seçim Metodolojileri

Kavşak tipi seçimi için, kavşak inşaatı maliyetleri, kaza oranı, trafik süresi maliyetleri göz önüne alınmaktadır. Bununla birlikte, bazı durumlarda kavşak tipi seçiminde diğer benzer kavşaklarda elde edilen deneyimler esas alınabilir. Dolayısıyla bütün olası kavşak tiplerini göz önünde bulundurarak sosyoekonomik hesaplamalar yapmak her zaman gerekli değildir. Trafik güvenliği boyutunun asıl kıstas olması tavsiye edilir. Bu halde, gereksinimlerin karşılanıp karşılanmaması hususunda ilk olarak güvenlik kontrol edilmelidir. Bundan sonra, diğer etkenlerin kabul edilebilir olup olmadıkları kontrol edilmelidir

Kavşakta güvenliği tehlikeye sokan faktörler ve sürücünün görüşünü kısıtlayan her türlü engel ortadan kaldırılmalıdır. Kavşak tasarımı genel olarak irdelendiğinde 5 ana faktör göze çarpmaktadır. Bu faktörler;

- İnsan faktörü
- Trafik faktörü
- Fiziki faktör
- Ekonomik faktör
- Çevresel faktörler

Şekil 1.9'de trafik hacmine bağlı olarak kavşak türü seçimi konusunda bir grafik verilmiştir.



Şekil 1.9. Trafik hacmine göre kavşak türü seçimi[10]

Bu diyagrama göre en fazla trafik hacmine sahip olan kavşaklarda katlı kavşak uygulaması daha sonra ise ışıklı kavşak tercih edilmeli, trafik hacminin daha az olduğu durumlar için ise dönel kavşak tercih edilmeli[10].

Kavşak projelendirmesinde göz önünde bulundurulacak bazı hususlar aşağıda sıralanmıştır;

- Kavşağı etkileyen çevre yollardaki (YOGT) olarak trafik sayımları.
- Kavşak kollarında dönüş trafiklerini kapsayacak şekilde taşıt sınıflarına göre (otomobil, otobüs, kamyon, treyler, gerektiğinde traktör vb.) trafik sayımlarının yapılması ve buna ait sonuçların miktar ve % olarak verilmesi.
- Karayolları genel müdürlüğü ve ilgili bakanlıkların trafik tahminleri,
- Kavşak civarındaki diğer kavşaklar hakkında bilgiler.
- Kavşakların biçimi. (Kontrol sistemi)
- Kavşakların kapasite analizleri.
- Yağış süreleri ve yıllık periyotlarla ilgili bilgiler.

- Yağış miktarları, don süresi.
- Raylı sistemler hakkında bilgiler.(gelişme durumları ve gabarileri.)
- Tescil edilerek korumaya alınmış yapı ve alanlar.
- Yapılar.(kat adetleri, eskilik dereceleri, kamulaştırmaya esas olacak parasal değerleri)
- Kavşak civarındaki mevcut kamulaştırma sınırları.
- Kavşak civarındaki bitki örtüsü.(korunması gereken doğal sit alanları)
- Kavşak alanı ile ilgili jeolojik, jeoteknik çalışmalar.

Köprülü kavşak yapılması düşünülen bölgenin uygulanacak köprülü kavşak tipine uygun olması için bölgenin Coğrafi, sosyolojik, ekonomik, mimari özelliklerinin göz ardı edilmemesi ve uygulanacak köprülü kavşak tipinin belirlenmesi aşamasında bu hususlarında incelenmesi oldukça önemlidir.

2. SEÇİLEN BÖLGEDE UYGULANAN İKİ AYRI DÖNEL KÖPRÜLÜ KAVŞAK

2.1. Yüzbaşılar Köprülü Kavşağı

2.1.1. Çalışma alanı

Proje güzergâhı Kocaeli ili İzmit – Yalova devlet yolu (D-130) üzerinde km: 22+330 – 23+590 arası kesimindedir. Projelendirilen Yüzbaşılar köprülü kavşağında mevcut durumda sinyalizasyon edilmiş kollu hemzemin kavşak bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Yüzbaşılar eş düzey kavşağı havadan görünüm

İzmit – Yalova devlet yolu (D-130) üzerinde 22+330 ile 23+590 kilometre kesimleri arasında bulunan kavşak alanı ilerisinde, mevcut olarak farklı seviyeli değirmendere Kavşağı, gerisinde ise mevcut olarak Gölcük-2 farklı seviyeli kavşağı bulunmaktadır.

Bu sebeple, iki köprülü kavşak arasında bulunan projenin amacı, İzmit, Yalova devlet yolu (D-130) üzerinde mevcut değirmendere ve gölcük-2 farklı seviyeli kavşakları ile

transit geçiş yapan anayol trafiğinin, yüzbaşılar mevkiinde bulunan (şekil 2.1) sinyalizeli hemzemin kavşak sebebiyle, kesintiye uğramasının engellenmesidir.

Ayrıca değirmendere ve gölcük-2 kavşakları arasında transit trafik akımının sağlanarak, D-130 kapasitesinin artırılması ve seyahat sresinin azaltılması ile yüzbaşılar bölgesinde şekil 2.2’de görülen mevcut sinyalizeli hemzemin kavşak sebebiyle oluşan trafik sıklıkliğının önlenmesidir.



şekil 2.2. Yüzbaşılar eş düzey kavşağı yerden görünüm

İzmit, Yalova devlet yolu (D-130) zerinde km: 22+330 – 23+590 arası kesimde projelendirilen, Yüzbaşılar farklı seviyeli köprülü kavşak projesi kapsamında, anayol trafiğinin yaklaşık 190 metre uzunluğunda, n germeli basit kirişli köprü ile transit geçilmesi planlanmıştır. Köprü altına, R=10.5 metre yarıçaplı dönel kavşak projelendirilmiş, mahalli trafik hareketlerinin yeni yapılan köprülü kavşağın altında dizayn edilen dönel kavşak tarafından sağlanması ngrld.

2.1.2. Geoteknik araştırma alışmaları

D-130 karayolu yüzbaşılar köprülü kavşağı projesi kapsamında köprü, toprakarme duvar, anayol, bağlantı yolu ve kavşak kollarının yeniden projelendirmesine esas teşkil edecek verilerin saptanması amacıyla; jeolojik haritalama, temel sondajları, araştırma çukuru çalışmaları, yerinde (in – situ) ve laboratuvar deneylerinden kurulu jeolojik –

jeoteknik araştırma çalışmaları tamamlanmıştır. Kesin proje aşamasına yönelik olarak arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır

Öngörülen proje güzergâhı boyunca belirlenen birimlerin zemin özellikleri ve sanat yapılarının temel zemin tanımlamalarının yapılabilmesi amacıyla; toplam derinliği 116,25 metre olan Tablo 2.1’de görüldüğü gibi toplam 5 adet temel araştırma sondajı yapılmıştır

Tablo 2.1 Temel sondajları özet bilgileri

Sondaj No	Derinlik (m)	Koordinat		
		N (X)	E(Y)	(Z)
Y-1	22,95	4,509,338,05	482.533.14	40,82
Y-2	25,95	4,509,325,73	482.556.01	40,48
Y-3	27,45	4,509,319,69	482.617.52	40,29
Y-4	19,95	4,509,320,29	482.670.78	40,28
Y-5	19,95	4,509,324,84	482.736.16	41,00

2.1.3. Yerinde deneyler

Proje çalışmaları kapsamında yapılan yerinde (in – situ) deney çalışmaları bu bölümde anlatılmaktadır. Bu kapsamda, yapılan temel sondajlarında standart penetrasyon (SPT) deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Deneylere ait bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

2.1.3.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Zemin birimlerinin kıvam durumunu belirlemek amacıyla, standart penetrasyon deneyleri (SPT) yapılarak, temsili örselenmiş örnekler alındı.

2.1.3.2. Pressiyometre deneyi

Temel sondajlarda gözlenen kaya birimlerinin, deformasyon özelliklerini belirlemek amacıyla pressiyometre deneyleri yapıldı. Temel sondajı için deformasyon modülü (Ep) ile limit (Pl) ve net limit (PI) basınçlarının derinlik boyunca değişimi belirlendi.

2.1.4. Araştırma ukurları

Öngörölen proje güzergâhı boyunca belirlenen birimlerin zemin özelliklerini ve sanat yapılarının temel zemin tanımlamalarının yapılabilmesi amacıyla; toplam derinliği 7,70 metre olan 3 adet araştırma çukuru açıldı.

2.1.5. Laboratuvar deneyleri

Proje kapsamında yapılan temel sondajlarından elde edilen zemin birimlerinden alınan örnekler üzerinde zeminin indeks ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile

- Doğal su içeriği tayini (W_n) Atterberg limitleri (LL, PL, PI)
- Elek analizi (+4, – 200)
- Birleştirilmiş zemin sınıflaması (USCS)

Deneyleri yapıldı.

2.1.6. Geoteknik değerlendirmeler

Kavşak bölgesinde idealize zemin profilini yüzeyden itibaren gözlenen orta sıkı, siltli kum, çakıl birimlerinin altında yer alan sıkı, çok sıkı siltli kum, çakıl birimleri oluşturmaktadır.

Bölgede gerçekleştirilen araştırma çalışmaları sonuçları değerlendirilerek idealize zemin profilini oluşturan birimler için analizlerde kullanılacak, geoteknik parametreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Orta sıkı siltli kum, çakıl

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 0$$

$$\phi' = 30^\circ$$

$$k_h = 220z \text{ t/m}^3$$

Sıkı, çok sıkı siltli kum, çakıl

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 0$$

$$\varphi' = 35^\circ$$

$$k_h = 440z \text{ t/m}^3$$

2.1.7. Zemin iyileştirme yönteminin belirlenmesi

2.1.7.1. Kazık taşıma gücü hesapları

Kavşak bölgesindeki idealize zemin profili ve zemin profilini oluşturan birimlerin geoteknik özellikleri değerlendirilerek, kavşak köprüsü temellerinin kazıklı temel olarak imal edilmesine karar verilmiştir.

Kazıklı temeller $\varnothing 100\text{cm}$ çapında betonarme fore kazıklar ile oluşturulacaktır. Aşağıda, üst yapı yükleri göz önüne alınarak, kenar ayak temellerinde $L = 18$ metre boyunda ve orta ayak temellerinde $L = 26$ metre boyunda kazıklar için emniyetli kazık taşıma gücü hesapları gerçekleştirilecektir.

Kenar ayak temelleri kazık taşıma gücü hesapları;

Üst yapı yükleri göz önüne alınarak, kenar ayak temellerinde $\varnothing 100\text{cm}$ çapında ve $L = 18$ metre boyunda betonarme fore kazıkların kullanılması öngörülmüştür. Aşağıda, bu kazıklar için emniyetli kazık taşıma gücü hesapları gerçekleştirilecektir.

Hesaplarda emniyetli tarafta kalınarak orta sıkı siltli kum-çakıl biriminin direnci ihmal edilmiştir;

$$f_s = \sigma_v' \times K_o \times \tan(3\varphi'/4) \quad (2.1)$$

Birim sürtünme direnci (2.1) ortalama efektif düşey toprak basıncının zeminin içsel sürtünme açısı ile çarpılması sonucu bulunur. Kazık çevre alanı ile birim sürtünme direncinin çarpımı sonucu kazık sürtünme kapasitesi(2.2) ortaya çıkar;

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (2.2)$$

$$f_s = 13,1 \times 0,5 \times \tan (3 \times 35 / 4)$$

$$f_s = 3,23 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{u\check{c}} = \sigma b' \times N_q \times A_p \quad (2.3)$$

Kazık uç direnci, uç taşıma kapasitesi faktörü ile kazık uç alanı ve kazık ucu efektif düşey toprak basıncı çarpımı (2.3) bulunur;

$$Q_s = 3.23 \times \pi \times 1.0 \times 11 = 112 \text{ t}$$

$$\varphi' = 35^\circ, N_q = 25$$

$$Q_{u\check{c}} = 18.6 \times 25 \times 0.785 = 365 \text{ t}$$

Q 100cm çapında ve L=18m boyunda kazıklar için, emniyetli kazık taşıma gücü değeri;

Kazık sürtünme kapasitesi ile kazık uç direnci arasındaki bağıntıdan (2.4.) kazık emniyetli taşıma kapasitesi bulunur;

$$Q_{em} = Q_s/2 + Q_{u\check{c}}/3 \quad (2.4)$$

$Q_{em} = 178 \text{ t}$ olarak hesaplanmıştır.

Emniyetli kazık taşıma gücü (2.1.) hesaplandı, deprem durumunda statik durum için hesaplanan emniyetli kazık taşıma kapasiteleri % 50 arttırılabilir. Bu durumda deprem durumunda emniyetli kazık taşıma kapasitesi değeri $Q_{em} = 267 \text{ t}$ olarak hesaplanmaktadır.

Orta ayak temelleri kazık taşıma gücü hesapları;

Üst yapı yükleri göz önüne alınarak, orta ayak temellerinde $\varphi 100\text{cm}$ çapında ve $L = 26$ metre boyunda betonarme fore kazıkların kullanılması öngörülmüştür. Aşağıda, bu kazıklar için emniyetli kazık taşıma gücü hesapları gerçekleştirilecektir $\varphi 100\text{cm}$ çapında ve $L=18\text{m}$ boyunda kazıklar için, emniyetli kazık taşıma gücü değeri;

$Q_{em} = 300 \text{ ton}$ olarak hesaplanmıştır.

Deprem durumunda şartnamelere göre statik durum için hesaplanan emniyetli kazık taşıma kapasiteleri % 50 arttırılabilir. Bu durumda deprem durumunda emniyetli kazık taşıma kapasitesi değeri $Q_{em} = 450 \text{ t}$ olarak hesaplanmaktadır.

2.1.7.2. Köprü yaklaşım toprakarme dayanma yapıları

Kavşak bölgesindeki köprü yaklaşım dolguları toprakarme duvar olarak imal edilecektir. Maksimum toprakarme duvar yüksekliği 5.5 metre civarında olup, toprakarme duvarlar mevcut granüller karayolu dolgusu üzerinde imal edilecektir.

Mevcut granüller karayolu dolgusunun ağır trafik yükü altında uzun süredir başarıyla hizmet vermesi ve yol dolgusu ve altındaki tabii zeminin özellikleri dikkate alınarak, toprakarme duvar tasarımında taban zemini için kullanılacak geoteknik parametreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 0$$

$$\varphi' = 30^\circ$$

Taban zemini zemin emniyet gerilmesi değeri, $Q_{em} = 200 \text{ kPa}$

Toprakarme dayanma yapısı yükü altında taban zemininde oluşacak oturmalar taban zeminin kohezyonsuz özelliği nedeniyle ani oturma olarak gerçekleşmesi ve inşaat süresince tamamlanması beklenmektedir. Ancak, yine de yaklaşım dolgularının oturmaları inşaat süresince uygun yöntemler kullanılarak izlenmeli ve yaklaşım dolgularındaki oturmalar tamamlanmadan üst yapı imalatına başlanmamalıdır.

2.1.8. Geoteknik Sonuç

Köprü, toprakarme duvar ve kavşak kollarının yeniden projelendirmesine esas teşkil edecek verilerin saptanması amacıyla; jeolojik haritalama, temel sondajları, araştırma çukuru çalışmaları, yerinde ve laboratuvar deneyleri kapsamında;

- Güzergâh boyunca toplam derinliği 116,25 metre olan 5 adet temel sondajı yapıldı ve toplam derinliği 7,70 olan 3 adet araştırma çukuru açılarak, alınan örnekler üzerinde ilgili laboratuvar deneyleri yapıldı.
- Proje alanı, "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında" 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

- Güzergâhı oluşturan birimler sökülebilirlik açısından değerlendirilmiş, proje alanında yapılan araştırma çalışmalarında heterojen nitelikli yapay dolgu malzemesi tespit edildi.
- Yeni yapılacak kavşak kolları veya bağlantı yollarında (Mevcut yol kesitleri hariç olmak üzere) ileride doğabilecek stabilite ve deformasyon problemlerini önlemek için, mevcut siyah kottan 1,50 metre sıyırma yapılarak yerine ariyet ocağından sağlanacak karayolları genel müdürlüğü teknik şartnamesine uygun dolgu gereci ile yer değiştirme dolgusu yapılması önerilmiştir.
- Kavşak bölgesinde idealize zemin profilini yüzeyden itibaren gözlenen orta sıkı siltli kum çakıl birimlerinin altında yer alan sıkı – çok sıkı siltli kum – çakıl birimleri oluşturmaktadır.
- Kavşak bölgesindeki idealize zemin profili ve zemin profilini oluşturan birimlerin geoteknik özellikleri değerlendirilerek, kavşak köprüsü temellerinin kazıklı temel olarak imal edilmesine karar verilmiştir.
- Kazıklı temeller $\phi 100\text{cm}$ çapında betonarme fore kazıklar ile oluşturulacaktır.

2.1.9. Alan zemin uygulamaları

2.1.9.1. Fore kazık uygulaması

Fore kazık imalatı için kazık makinesi ile foraj yapılarak hazırlanan kuyulara projesine göre hazırlanmış kazık çelik donatıları uygun bir şekilde indirildi.

Ardından projesinde belirlenmiş olan C30/37 hazır betonun mikserlerle sahaya nakli yapılarak kuyuların tremi borusu aracılığıyla şartnamelere uygun olarak betonlaması yapıldı.

Beton dökümü sırasında beton numuneleri alınarak ekte bulunan beton kırım sonuçlarında da görüleceği üzere C30/37 beton için alınan 15x15 küp numuneler gerekli olan basınç dayanımını sağlamaktadır.

Projemizde 18 adet (10,00 mx5,50 m) bulunan köprü temellerinin temel altlarında bulunan 18x8=144 adet bulunan fore kazıkların (Şekil 2.3) imalatı sonrasında kazık boylarının ve kazık dayanımının ölçülmesi amacıyla bazı deneyler yapılmıştır.



Şekil 2.3. Köprü temel görüşleri

Kazık Yükleme deneyi;

- Q 100 cm çapında 26 m boyundaki 3A/5 nolu fore kazık üzerinde yükleme deneyi gerçekleştirildi (Şekil 2.4).
- Kazıklar için proje yükü 300 ton olarak verilmiş kazık yükleme deneyi proje yükünün % 150 si olan 450 ton olarak gerçekleştirildi.
- Deney sırasında deney kazığının etrafında bulunan 2 adet fore kazık 3A/3 ve 3A/7 nolu fore kazıklar çekme kazığı olarak kullanıldı.
- Bu kazıklardan alınan reaksiyon kuvveti ile deney kazığına basınç yükü aktarıldı, çekme kazıkları da, deney kazıklarıyla aynı boy ve çapta imal edildi
- Eksenel basınç yükleme deneyi ASTM standardına uygun olarak gerçekleştirildi.

- Basınç yüklerinin temininde çekme kazıkları yöntemi uygulandı. Deney kazıklarına yük aktarımı için 1 adet çelik kiriş ve 1 adet 700 ton kapasiteli hidrolik kriko ile pompa kullanıldı



Şekil 2.4. Kazık yükleme deneyi

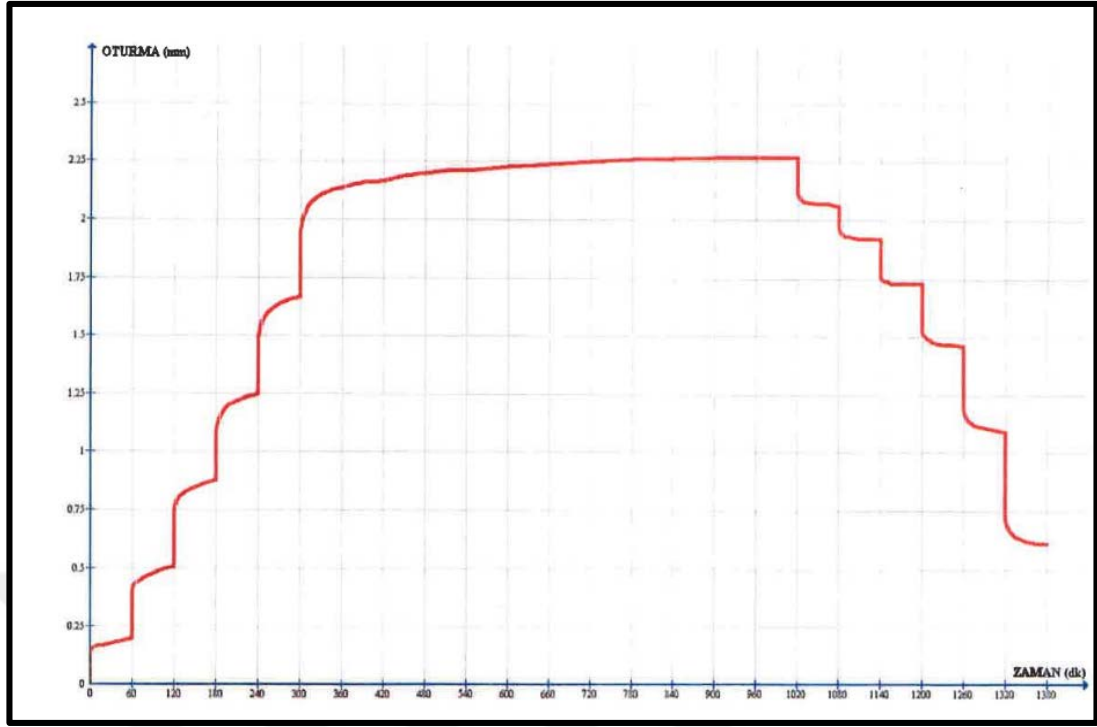
- Deplasman ölçümleri 4 adet 0,01 mm hassasiyetli komparatör ile yapıldı.
- Deneyler süresince 4 komparatörden alınan deney kazıklarının deplasmanları bunların ortalaması olarak belirlendi.
- Deney kazığına yük 6 kademe halinde ve her bir kademe 75 ton olarak tatbik edildi.
- Her kademe 1 er saat beklenerek okumalar yapıldı. Deney yükü olan 450 ton yüke ulaşıncaya okumalar alınarak 12 saat beklenildi.
- Bundan sonra boşaltmaya geçildi Boşaltma işlemi için her bir kademe 1 saat beklenerek 6 kademe yük boşaltıldı.
- Yük sıfırlanırken 1 saat beklenerek okuma değerleri alındı. Ölçümlerin alındığı referans kirişi çekme kirişlerinin dışında ve 1 kenarı sabit 1 kenarı kayıcı olarak mesnetlendirildi.
- Yükleme ve bekleme sırasında belli aralıklarla okumalar alındı.

- Deplasmanların 0,25 mm /saat oturma kriterini sağlanması sağlanarak yük boşaltma işlemine geçildi.
- Deney toplam olarak 23 saat sürdü, çekme kazıklarında hiçbir hareket oluşmadı.

Tablo 2.2. Kazık yükleme deneyi oturma tablosu

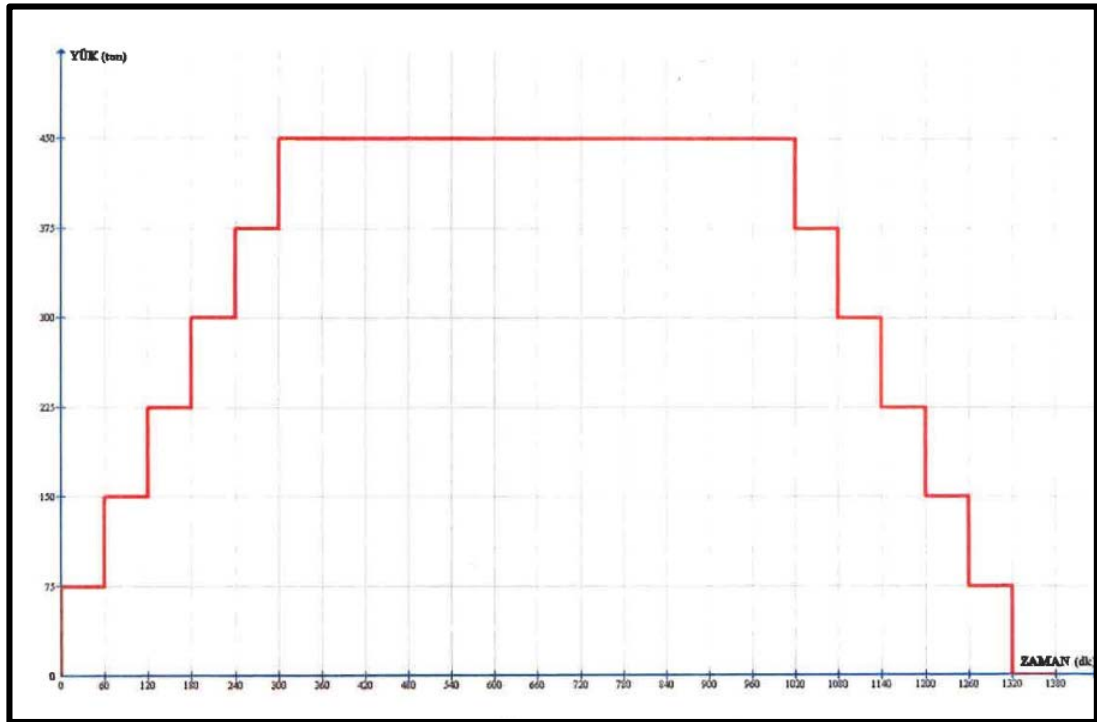
Pompa	Uygulama	Yük %	S1	S2	S3	S4	Ortalama	Okuma	Toplam süre
75	75	25	0,10	0,09	0,21	0,18	0,15	0	0(11:00)
75	75		0,83	0,74	1,32	1,51	1,10	15	1305
75	75		0,82	0,74	1,31	1,50	1,09	15	1320
0	0	0	0,51	0,48	0,83	1,02	0,71	0	1320
0	0		0,47	0,45	0,78	0,97	0,67	5	1325
0	0		0,45	0,43	0,76	0,95	0,65	5	1330
0	0		0,44	0,42	0,75	0,94	0,64	5	1335
0	0		0,42	0,41	0,73	0,92	0,62	15	1350
0	0		0,41	0,40	0,72	0,91	0,61	15	1365
0	0		0,41	0,40	0,72	0,90	0,61	15	1380(10:00)

Tablo 2.2' de görülen değerlerden de anlaşılacağı üzere maksimum yükte oluşan maksimum oturma değeri 2,27 mm ve yük boşaltımından sonra oluşan nihai kalıcı oturma değeri 0,61 mm olarak ölçüldü. Yükleme deneyi sırasında okumalar sonucu bazı grafikler çizildi.



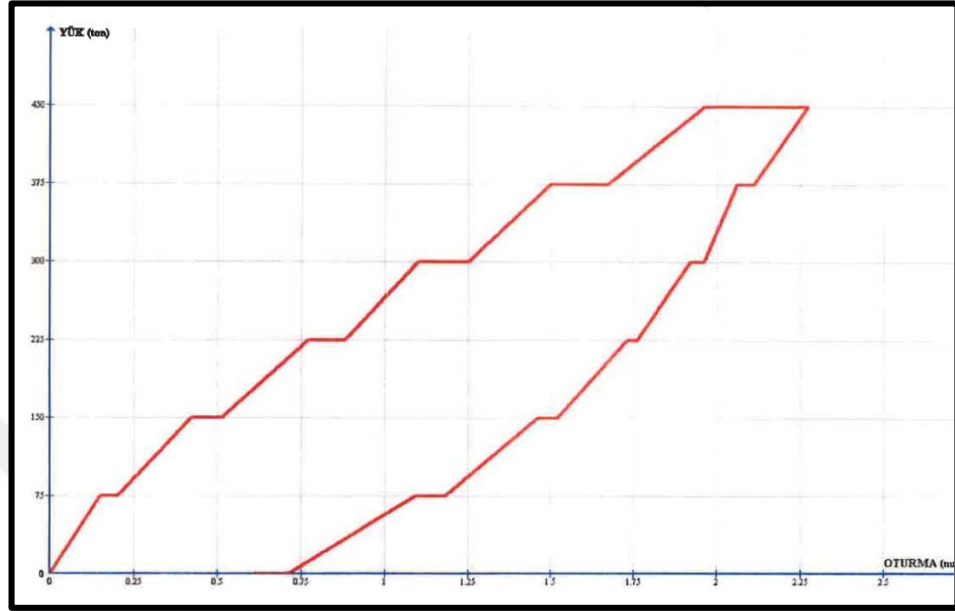
Şekil 2.5. Oturma zaman grafiği

Yüklemeye deneyi sırasında alınan okumalar ve deney sonuçlarına göre oturma zaman, (Şekil 2.5) yük zaman, (Şekil 2.6) ve yük oturma(Şekil 2.7), grafikleri çizildi.



Şekil 2.6. Yük zaman grafiği

Deney sonucunda proje yükünün %150'si olan 450 ton yük altında oluşan maksimum oturma değeri 2,27 mm ve yük boşaltımından sonra oluşan nihai kalıcı oturma değeri 0,61 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 2.7. Yük oturma grafiği

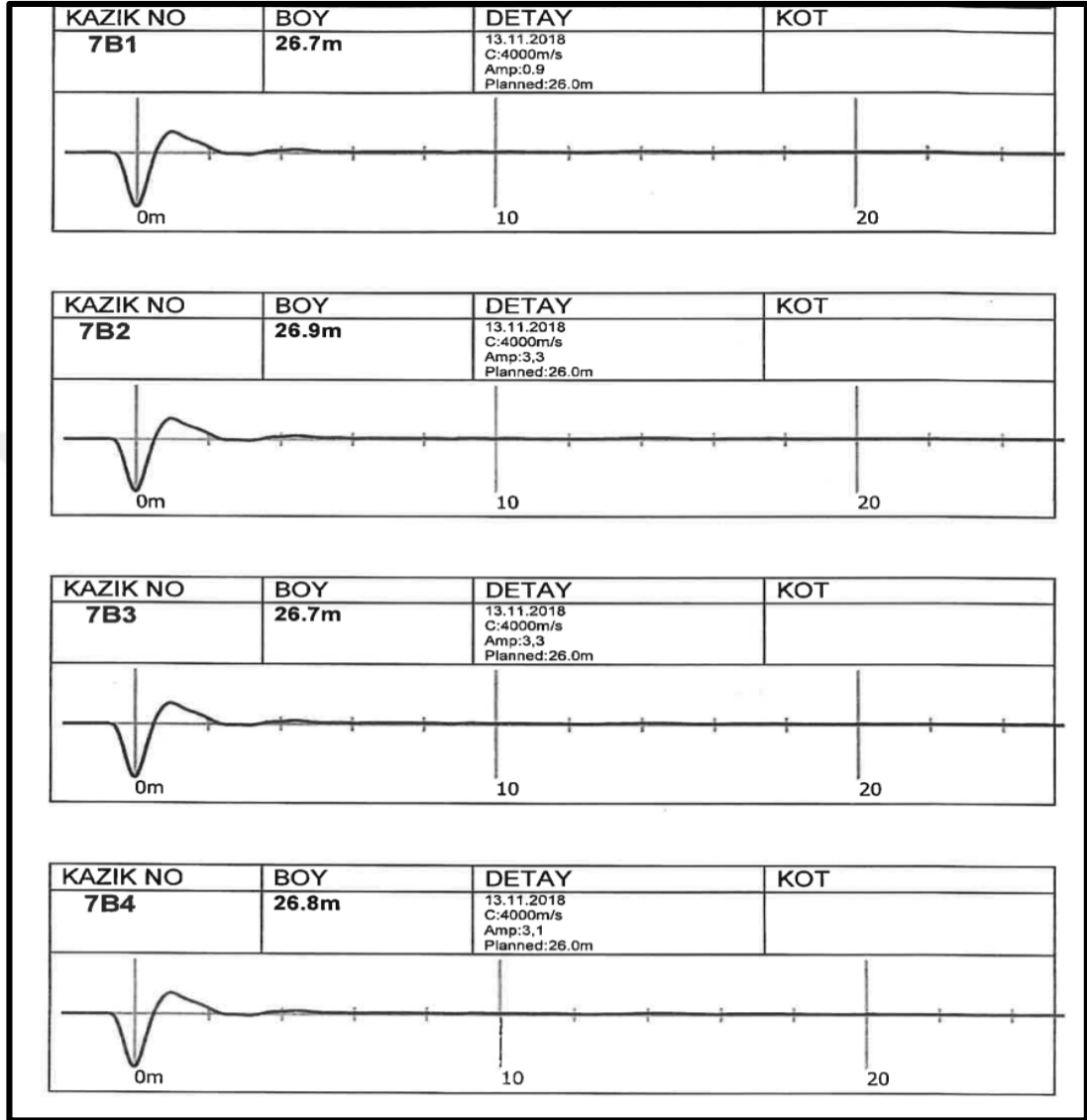
Kazık süreklilik deneyi;

Projesine göre yapılan 26 m uzunluğundaki fore kazıkların bütünlük olarak sürekliliğin ölçülmesi amacıyla Şekil 2.8' de görüldüğü gibi süreklilik deneyi yapıldı.



Şekil 2.8. Süreklilik deneyi

Bu sayede imalatı tamamlanan fore kazıkların kazık başlarına küçük bir ele çekici ile vurularak kazık başındaki hareket ivmeölçer ile kayıt altına alınır.



Şekil 2.9. İvme derinlik grafiği

Üs üste üç vuruştan gelen sinyaller üst üste bindirilir ve bozuk sinyaller kayıttan atılır. Bu şekilde her kazık için ivme-derinlik grafikleri çizildi (Şekil 2.9). İvme-derinlik grafiğinde fore kazıkta bulunan süreksizlikler ve kazığın boyu tespit edildi.

Fore kazık imalatı tamamlandıktan sonra kazık başlık kırımı ve temizliği yapılarak temel grobetonu döküldü, temel içinde kalan fore kazık donatıları ile temel donatı imalatı yapılarak temel beton dökümü yapıлып köprü temel,kolon ve başlık kirişi betonarme imatları tamamlandı(Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Köprü betonarme görünüş

2.1.9.2 Toprakarme duvar uygulaması

Toprakarme yapılar konvansiyonel istinat duvarlarının kullanılmadığı yerlerde 35-40 yıldır farklı bir seçenek olarak kullanılmaktadır. Konvansiyonel yapıların daha rijit olması sebebiyle toprakarme yapılar, esneklik özellikleriyle, depreme ve büyük deformasyonlara karşı daha iyi bir performansa sahiptirler.

Toprakarme yapıların yapım kolaylığı, daha az maliyetli oluşu ve diğer istinat yapılarına göre daha az yer kaplamaları gibi çeşitli avantajları bulunmaktadır. Bu sebeple toprakarme duvarlar su yapıları, karayolları, demiryolları gibi birçok mühendislik alanında sıkça kullanılmaktadır.

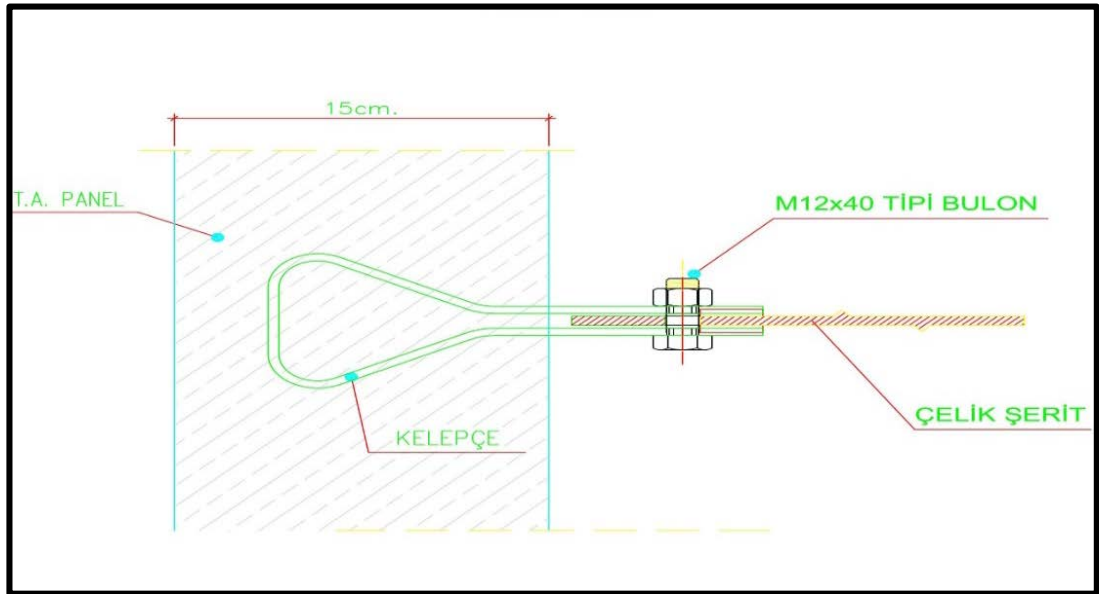
Oluşturulacak mühendislik eserlerinin daha az maliyetli, hızlı, güvenli, estetik ve ihtiyaçlara cevap verebilir olması, yapının tasarımının düzgün ve doğru bir şekilde yapılması ile sağlanmaktadır.

Toprakarme duvar yapımı 3 ana unsurdan teşkil edilir bunlar Dolgu malzemesi, panel donatısı, toprakarme şeritleri ve kaplama elemanları olarak ifade edilebilir.



Şekil 2.11.Çelik şerit ve toprakarme dolgusu

Toprakarme panelleri şantiye ortamında C30/37 betonundan imal edilerek hazırlanmıştır, hazırlanan paneller oluşturulan toprakarme projesine göre sırasıyla yerleştirilip yüksek aderanslı sıcak daldırma galvanizli, çekme dayanımı 510 N/mm olan 150 mm lik çelik şeritlerin,Şekil 2.12’de görüldüğü gibi bağlantı elemanları sayesinde panellere bağlanması sonucu, dolgu yapılarak toprakarme duvarlar yükseltilmiştir. Kullanılan çelik şeritler toprakarme duvar yüksekliğine göre 5,00 m ile 3,00 m olarak iki tiptir.



Şekil 2.12.Çelik şerit bağlantı detayı

Köprü yaklaşım toprakarme duvar imalatı tamamlandıktan sonra (Şekil 2.15). öngermeli 192 adet kiriş montajı tamamlanıp köprü tabliye betonu dökülerek köprü izalasyonu yapıldı. İzalasyon malzemesi olarak köprü tipi polimer bitümlü tecrit malzemesi kullanıldı.



Şekil 2.15. Köprü toprakarme duvar yandan görünüş

Köprü izalasyonu kaldırım betonları köprü ızgara bağlantıları yapıldıktan sonra köprü üst yapı asfalt çalışmaları tamamlandı. Köprü aydınlatma elektrik direk montajı yapılarak köprülü kavşak trafiğe açıldı (Şekil 2.16).

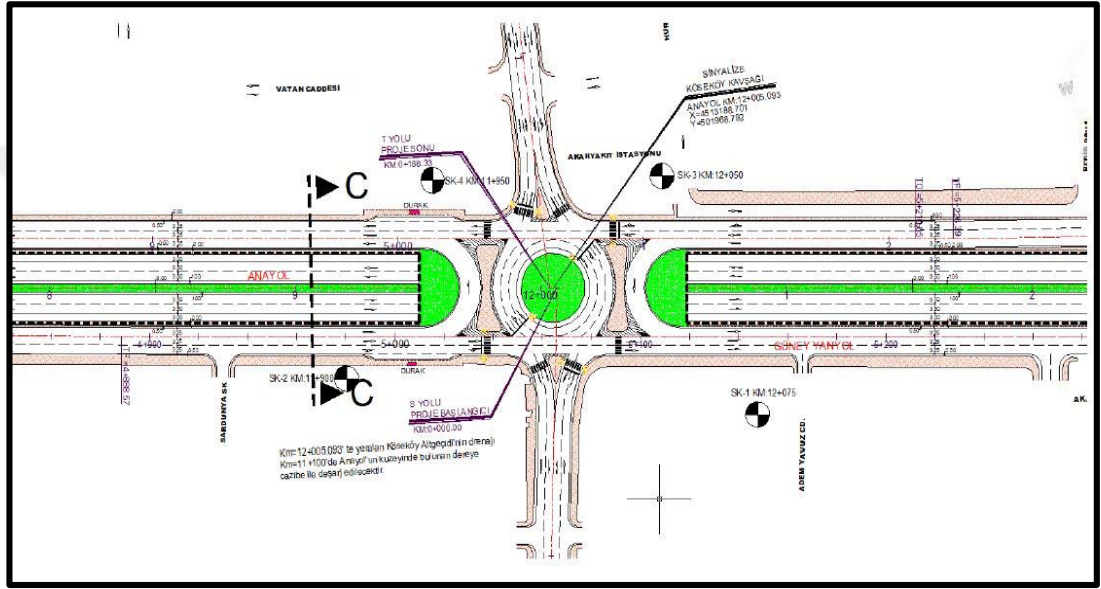


Şekil 2.16. Köprü trafiğe açılmış hali

2.2. Köseköy Köprülü Kavşağı

2.2.1. Çalışma alanı

Kocaeli köseköy alt geçit projesi için zemin profilini ve sahadaki mevcut birimlerin geoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla 4 adet zemin sondajı açılmış (Şekil 2.17) ve sondaj kuyularının muhtelif derinliklerinden numuneler üzerinde standart zemin deneyleri yapıldı.



Şekil 2.17. Sondaj yerleri gösterimi

2.2.2. Sondaj kuyuları

Sahada derinlikleri aşağıda verilen 4 adet zemin sondajı, sondaj sırasında her 1,50m'de bir standart penetrasyon deneyi (SPT) yapıldı, yapılan SPT deneylerinde kohezyonlu zeminlerin kıvamı, kohezyonsuz zeminlerin relatif sıkılığı belirlenerek spt darbe sayıları bulunarak, Tablo 2.3 de görüldüğü gibi sondaj derinlikleri ve yeraltı suyu seviyeleri belirlendi.

Tablo 2.3. Temel sondajları yer altı suyu seviyesi

Sondaj No	Derinlik (m)	YASS (m)
SK1	30,00	6,00
SK2	30,00	6,00
SK3	30,00	6,00
SK4	30,00	5,00

Söz konusu inceleme alanında açılan sondaj kuyularında sondaj log'larına göre geçilen birimler ve ortalama spt darbe sayıları Tablo 2.4' de verildi.

Tablo 2.4.Spt sonuçları

	Derinlik (m)	Litoloji	N(ort)
SK-1	0,00-2,00	Dolgu	22
	2,00-18,50	Çakıllı Siltli Kil	34
	18,50-22,00	Siltli Kum	28
	22,00-30,00	Siltli Kil	38
SK-2	0,00-2,00	Dolgu	34
	2,00-10,50	Kumlu Çakıllı Kil	30
	10,5-17,00	Kumlu Siltli Kil	27
	17,00-21,00	Siltli Kum Kumlu Çakıl	35
SK-3	21,00-30,00	Siltli Kil	44
	0,00-1,00	Dolgu	
	1,00-9,00	Kumlu Çakıllı Kil	28
	9,00-12,00	Blok Çakıllı Kumlu Kil	Karot
	12,00-18,00	Kumlu Siltli Kil	19
SK-4	18,00-30,00	Siltli Kil	31
	0,00-1,00	Dolgu	-
	1,00-6,00	Kumlu çakıllı kil	25
	6,00-12,00	Kumlu siltli kil	33
	12,00-16,00	Siltli kum	18
	16,00-30,00	Siltli kil	37

Spt deneyi için yapılan sondaj sonucu Şekil 2.18 de alınan numuneler görülmektedir.



Şekil 2.18. Sondaj numune örnekleri

2.2.3. Zemin özellikleri ve idealize zemin profili

Spt deneyi sonucu belirlenen zemin özelliklerine göre zeminin geometrik parametreleri tablosu Tablo 2.5' de verildi.

Tablo 2.5. Geometrik parametre tablosu

Tabaka	Tabaka kalınlığı	γ_n kN/m ³	γ_a kN/m ³	Drenajlı durum		Drenajsız durum		E MPa
				ϕ°	C'	ϕ°	C'	
Dolgu	2	-	-					-
Az kumlu killi çakıl	10	18,60	8,79	90	0	5	30	27
Az kumlu çakıllı düşük plastisiteli kil	10	18,58	8,77	70	0	5	30	21
Zayıf – çok zayıf kumtaşı	-	18,52	8,71	100	0	10	29	30

2.2.4. Temel sistemi değerlendirilmesi

İnceleme konusu sahada inşa edilen köprülülük kavşak 100 cm çapında fore kazıklar ve L şeklinde istinat duvarları ile teşkil edildi. Köprü taşıyıcı kazıkları (L=29,00m), yaklaşım duvarı istinat kazıkları (L=18,00m, L=16,50m, L=13,00m) L kesitli istinat duvarları (H=4m, H=3m, H=2m) boyutlarındadır.

Sahada teşkil edilen kazıklar aşağıdaki gibidir:

- Tip 1 kazıklar: Köprü taşıyıcı kazıklarıdır L=29,00m
- Tip 2 kazıklar: Köprü yaklaşım duvarı istinat kazıklarıdır. L=18,00m
- Tip 3 kazıklar: Köprü yaklaşım duvarı istinat kazıklarıdır. L=16,50m ,
- Tip 4 kazıklar: Köprü yaklaşım duvarı istinat kazıklarıdır. L=13,00m

Geoteknik durum göz önüne alınarak yapı tasarımı için aşağıda sıralanan hesaplar yapılmıştır;

- Kazık taşıma kapasitesi

- Grup etkisi altında kazık taşıma kapasitesi
- Yatay yük analizi.
- Statik durum köprü kazıklarına etki eden yatay yükler.
- Deprem durumu köprü kazıklarına etki eden yükler.
- Orta ayak temeli emniyetli taşıma gücü.
- İstinat duvarı analizleri.
- İstinat duvarı emniyetli temel taşıma gücü.

İstinat duvarı tahkikleri.

- Kayma tahkiki.
- Devrilme tahkiki.
- Taban basıncı tahkiki.
- Emniyetli taşıma gücü hesabı.
- Oturma hesabı.
- Stabilite analizleri.
- Donatı hesabı.

2.2.5.Geoteknik rapor sonuç ve öneriler

- Köprülü kavşak inşaatında, köprü yaklaşım duvarları ve taşıyıcı sistemde fore kazık ve istinat duvarı imatları yapılacaktır.
- Ebatlar ve yükler göz önüne alınarak yapılan analizler sonucunda hesaplanan taşıma gücü değerlerine göre seçilen fore kazık ve istinat duvarları temel sistemlerinin uygun olduğu değerlendirildi.
- Yüzeysel temeller hiçbir şekilde kontrolsüz dolguya oturmamalıdır.
- İstinat duvarlarının temel kazısı esnasında kontrolsüz dolgu birim ile karşılaşılırsa bu birimler tümüyle zeminden sıyrılmalı, 0,30m'lik tabakalar halinde sıkıştırılarak serilecek kontrollü dolgu ile temel alt kotlarına ulaşılmalıdır.
- İstinat duvarları arkasındaki yol dolgusunun kontrollü olarak 30 cm'yi aşmayacak tabakalar halinde serilip optimum su içeriğinde (+- %2) minimum %98 proktor sıklığına kadar sıkıştırılması gerekmektedir.
- Duvar temelleri arkasına drenfleks tip boru ile bir drenaj sistemi oluşturulmalı ve uygun deşarj ile dolgu gövdesinden sızabilecek suların gerek duvar arkasında

- Köprü içinin u yapısı şeklinde betonarme yapıdan oluştuğu
- Köprü başlık kirişleri üstünde öngerme halatlı prefabrik kirişlerin olduğu anlaşılmaktadır.

2.2.6.1. Fore kazık

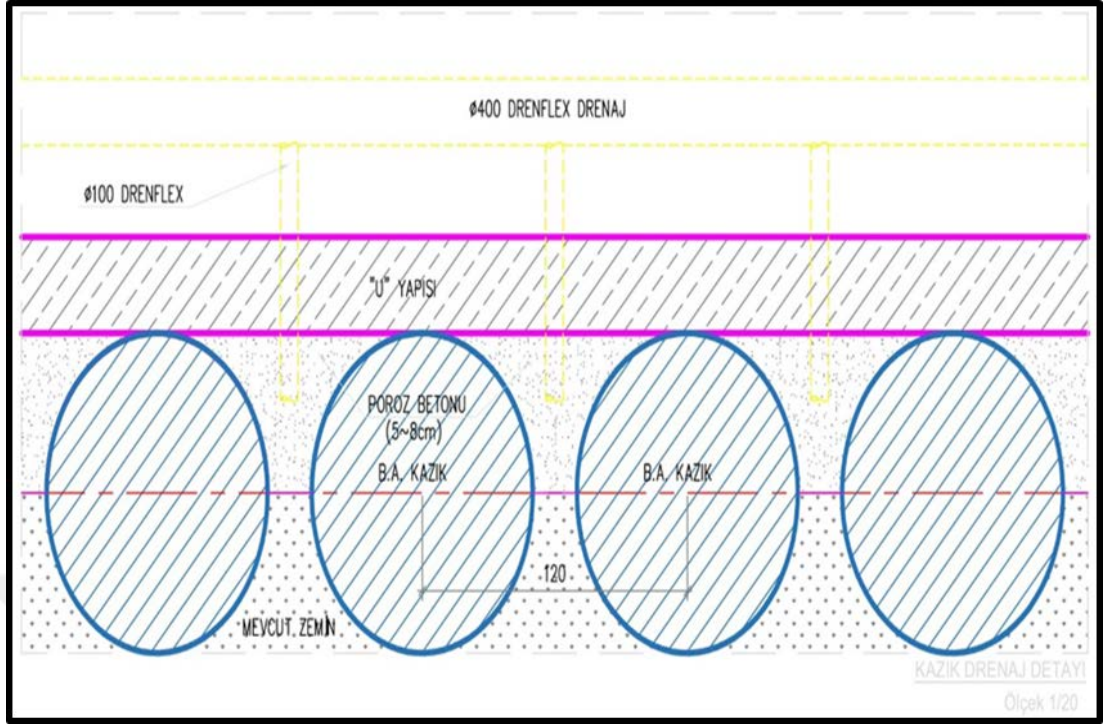
Geoteknik rapor sonucu yapılan kazık hesapları neticesinde oluşturulan fore kazık projeleri sahaya uygulanmıştır uygulama aşamasında zeminde geoteknik rapor ile uyumlu bir zemin profiline rastlanmıştır.



Şekil 2.20. Fore kazık yapım aşaması

Foraj işlemi sonrasında S-420 çelik donatı, sahada hazırlanarak kuyuya indirildi (Şekil 2.20). Kuyuya indirilen kazık donatıları sonrası, tremi borusu kuyuya indirilerek proje gereği, olması gereken, C30/37 sınıfındaki beton ile kuyuların betonlaması yapılmıştır. İmalatı yapılan demir donatıdan ve betondan test sonuçlarından da görüleceği üzere birçok deneyler yapılmıştır.

Fore kazık imalatı Şekil 2.21 ' deki kesitlerde de görüldüğü gibi 20 cm aralıklı olarak yapılmıştır kazıklar arasındaki boşluklar poroz beton ile doldurulmuştur.



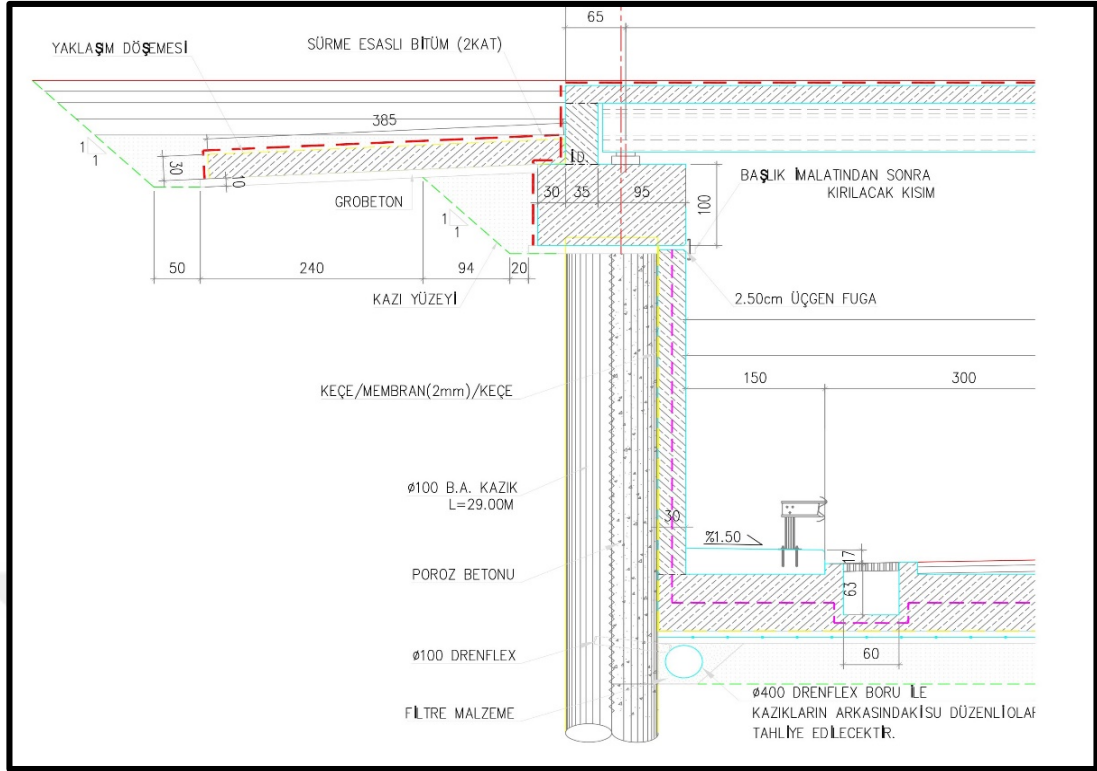
Şekil 2.21. Fore kazık poroz beton drenaj kesiti

Geçirimli beton olarak da adlandırılan poroz beton, birbirine bağlı boşluklar içeren bir betondur. İri agrega ile kırma taşın fazla kullanılması ile poroz beton oluşturulur, betonun granümetresinde ince agrega hiç kullanılmaz bu şekilde normal betona nazaran daha fazla hava ve su geçirirliği sağlanmaktadır.

Poroz beton ile su geçirirliği sağlanır ancak betonun yapısında %15-25 arasında boşluk olması sebebiyle beton dayanımı oldukça düşüktür.

İki kazık arasında bulunan 20 cm lik boşluklara poroz beton dökümü oldukça zor bir imalat olup imalat sürecinde kazık önlerinde poroz beton dökümü için tek yüzlü kalıp kullanıldı, poroz beton doldurulacak olan kazıklar ile başlık kirişi arasında bulunan boşluklardan tek yüzlü kalıp içerisine poroz beton doldurulması oldukça fazla işçilik ve zaman isteyen bir işlemdir.

Tüm bu sebeplerle poroz betonun kazıklar arasına dökülerek drenaj borularıyla bağlantılarının yapılması, ileride doğabilecek zararların önüne geçilmesi adına hassasiyetle yapılması gereken çalışmalardır.



Şekil 2.22. Kazık önü betonarme görünüş

Şekil 2.22 deki kesitlerde görüldüğü gibi kazık önünde drenfleks borularla düzenli su tahliyesi yapılması gereklidir. Sahaya uygulanan fore kazık uygulamaları için süreklilik ve kazık yükleme deneyleri yapılarak çıkan sonuçlar kontrol edilmiştir.



Şekil 2.23. Fore kazık, poroz beton, drenaj yapımı

Kazıklar arasında bulunan 20 cm lik boşluklar Şekil 2.23' de görüldüğü üzere poroz beton ile doldurulmuş bu sayede Zemin suyunun tahliyesine olanak sağlanmıştır bu şekilde kazıklar önünde bulunan duvarlara hidrostatik basınç uygulanmasının önüne

geçilmiş ve zemin suyunun poroz beton ve drenaj boruları ile kontrollü olarak köprüden uzaklaştırılması sağlanmıştır. Yeraltı suları, poroz beton arasından sızarak drenaj boruları sayesinde köprülül kavşak tünel içindeki yağmur suyu hatları ile entegre edilen toplama haznesi aracılığıyla toplanarak deşarj edilir.

2.2.6.2. Taş dolgu zemin iyileştirmesi

Köprülül kavşak gövde kazısı yapıldıktan sonra yer altı suyunun çok yüksek seviyede olması sebebiyle yeraltı suyunun (Şekil 2.24) zeminden uzaklaştırılması için, pompaj sistemi uygulanmıştır. Yol gövdesinin oturacağı Zeminde iyileştirme çalışması kapsamında taş dolgu yapılmış(Şekil 2.25) kademeli olarak sıkıştırılmıştır.



Şekil 2.24. Köprü yeraltı suyu seviyesi

Dolgu yapılan zeminde Karayolları Teknik şartnamesine göre nükleer metod ile her 250 m² de bir sıkışma testi alınarak gerekli sıkışma sağlanmıştır. Taş dolgu yapılan zeminden pompaj ile yer altı suyu devamlı suretle uzaklaştırılmıştır taş dolgu üzerine kırma taş malzeme ile dolgu yapılmış gerekli sıkışma sağlandıktan sonra kırma taş üzerine 15 cm kalınlığında grobeton dökülüp üzerine tünel tipi jeomebran-geomebran ile su yalıtımı yapıldı.



Şekil 2.25. Zemin iyileştirme taş dolgu

Taş dolgu yapılarak sıkıştırılan yol gövdesi, jeomembran malzemenin 10 cm bindirme yapılarak füzyon kaynağı ile çift sıra dikiş atılmak suretiyle bohçalama yapılarak serilmesi ile su yalıtımı yapıldı (Şekil 2.26). Bu sayede köprü betonarme yapısının yer altı suyunun olası etkilerine maruz kalmasının önüne geçildi.



Şekil 2.26 Jeomembran su yalıtımı yapılması

Füzyon kaynağı ile dikiş atılan yalıtım malzemesine sızdırmazlık testi yapılmıştır, sızdırmazlık testi manometreli bir hava pompası ile jeomembranın bir noktasından hava verilmesi ile oluşan basınç kayıplarının ölçülmesi ile yapılır. Test sonucu yapılan su yalıtımının uygunluğu test edildi.

Geomebran yalıtımı sonrası köprü temeli, yol betonarme imalatı ve kazık önu betonarme duvar imatları yapılarak köprü orta ayak, başlık kirişi ve öngermeli kiriş (Şekil 2.27) imalatına geçildi.



Şekil 2.27. Köprü betonarme görünüş

Betonarme ve köprü imatları tamamlanan yapıda düzeltme beton dökümü yapılarak üst yapı imatlarına geçilip binder ve aşınma asfalt imatları yapılmıştır. Asfalt imatları 14 cm kalınlığında asfalt serme finişerleri ile kotlu bir şekilde % 2,00 eğim verilerek yapılmıştır. Serilen asfaltın eğiminin yol banketlerine doğru olması sebebiyle yağmur suyu, ızgaralarda toplanarak suyun deşarjı sağlandı.

Zemin yer altı suyu seviyesinin yüksek olması nedeniyle köprülü kavşak inşaatı yapımı boyunca suyun inşaat sahasından uzaklaştırılması ve yapının suyun etkilerinden korunması için gerekli tüm tedbirler alınmıştır. Yer altı suyu inşaat süresince pompalar kullanılarak sahadan uzaklaştırıldı.

Köprülü kavşağın ana yol kotunun, yan yol kotundan 6,00-6,50 metre daha aşağıda bir kotta olması ve ana yol yağmur suyu hatlarının yan yol yağmur suyuna bağlanarak suyun drenajının sağlanması sebebiyle, yağmur suyu inşaat çalışmaları, oldukça derin kazılar yapılarak tamamlandı.

Ana yol ve yan yol üst yapı çalışması tamamlanan köprülü kavşakta köprü üstü peyzaj çalışması yapılmıştır. Köprülü kavşaklarda kavşak tipine göre peyzaj ve sinyalizasyon çalışmaları farklılık gösterir. Oluşturulan kavşağın köprü üstünde bulunması sebebiyle yapılan peyzaj çalışmasında bitki tipleri kullanılır fakat köprü altında oluşturulan kavşak çalışmasında kavşağın güneş ışığını görmemesi sebebiyle daha çok bitki örtüsü dışında daha farklı peyzaj çalışmaları yapılmaktadır.

Yol çizgilerinin, çelik oto korkulukların ve yol aydınlatma imalatlarının da yapılması sonucu köprülü kavşak imalatı tamamlanıp yol trafiğe açıldı(Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Köprü trafiğe açılmış hali

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tablo 3.1. Kavşaklar arasındaki farklar

Yüzbaşılar köprülü kavşağı	Köseköy köprülü kavşağı
Transit şehirlerarası taşıt trafiği, köprü üzerinden sağlandı ancak şehir içi trafik, köprü altında bulunan dönel kavşak marifetiyle sağlanmıştır.	Transit şehirlerarası taşıt trafiği köprü altından sağlanmış, şehir içi trafik ise köprü üstünden dönel kavşak yapılarak sağlanmıştır.
Q100 cm çapında 626 adet fore kazık iksa kazığı olarak kullanıldı, köprü temellerinde temel altına taş dolgu imalatı yapılarak zemin iyileştirilmiştir.	144 adet Q100 cm çapında fore kazık, köprü temellerinin altında temel oturmalarını en aza indirmek için uygulandı.
Kazık önlerinde ve yaklaşımlarda betonarme duvar uygulandı, yapılan betonarme duvarların arkasında iksa kazıkları, olması sebebiyle tek yüzlü endüstriyel kalıp sistemi uygulanmış bu durum da maliyet ve süre açısından oldukça zor bir imalat yapımına neden olmuştur.	Köprü yaklaşımlarında toprakarme duvar sistemi uygulandı. Betonarme duvar sistemi konvansiyonel bir sistem olup imalat olarak toprakarme duvar sistemine göre daha maliyetli ve yapımı daha uzun sürmektedir.
Köseköy köprülü kavşağında, köprü orta ayakları 100 cm çapında 19 adet olarak imal edildi. Kolon temelleri ve orta ayak temelleri 95,00x6,00 m olarak 1,00 m yüksekliğinde betonarme temel olarak tasarlanıp yapımı tamamlandı	18 adet 5,50x10,00 m ve 1,50 m yüksekliğinde betonarme temeller oluşturularak köprü tamamlandı.
Yol gövdesi boyunca yol tabanına ve yan iksa kazıkları önüne, jeomebran-geomebran aracılığıyla boğçalama sistemi uygulanarak suyun yapıya zarar vermesinin önüne geçildi.	Yüzbaşılar köprülü kavşağında, köprü yapısının tabii zemin kotunun üstünde olması sebebiyle, sadece köprü üstündeki giriş üstü tabliye betonarme imalatına, köprü üstü betonarme yapının yağmur sularından zarar görmemesi amacıyla, polimer bitümlü membran ile su yalıtımı yapıldı.
Drenaj sistemi olarak, yan yollar ve ana yol köprü kısmında, yağmur suyu hattı yapıldı. Ayrıca yan iksa fore kazık arasındaki poroz beton aracılığıyla suyun drenaj borularından drene edilmesi sağlandı.	Yüzbaşılar köprülü kavşağında yan yollar boyunca yapılan çeşitli ebatlardaki yağmur suyu hatları ile suyun drenajı sağlandı. Köprü üstü ana yol yağmur suyu ızgaralar ve pvc borular sayesinde kolay bir şekilde drenaj sağlandı
Köseköy köprülü kavşağında 264 adet 60 cm yüksekliğinde C45/55 beton sınıfında öngermeli kiriş kullanıldı.	Yüzbaşılar köprülü kavşağında 192 adet 90 cm yüksekliğinde C45/55 beton sınıfında öngermeli kiriş kullanıldı,
Drenaj sistemi olarak, yan yollar ve ana yol köprü kısmında, yağmur suyu drenaj hattı yapılarak yağmur suyunun deşarjı sağlandı. Ayrıca Köprülü kavşak boyunca yapılan yan iksa fore kazık arasındaki poroz beton aracılığıyla suyun drenaj borularından drene edilmesi sağlandı.	Yüzbaşılar köprülü kavşağında yan yollar boyunca yapılan çeşitli ebatlardaki yağmur suyu hatları ile suyun drenajı sağlandı. Köprü üstü ana yol yağmur suyu ızgaralar ve pvc borular sayesinde kolay bir şekilde drenaj sağlandı

Projesi yapılarak tamamlanan Yüzbaşılar Köprülü kavşağı ile Köseköy köprülü kavşağı farklı seviyeli dönel köprülü kavşak olarak tasarlanarak tamamlandı. Yapımı tamamlanan köprülü kavşaklar dönel köprülü kavşak olmasına rağmen yapım tekniği, uygulanan zemin iyileştirme yöntemi ve oluşan mimari yapı gibi birçok farklılık göstermektedir Tablo 3.1.



KAYNAKLAR

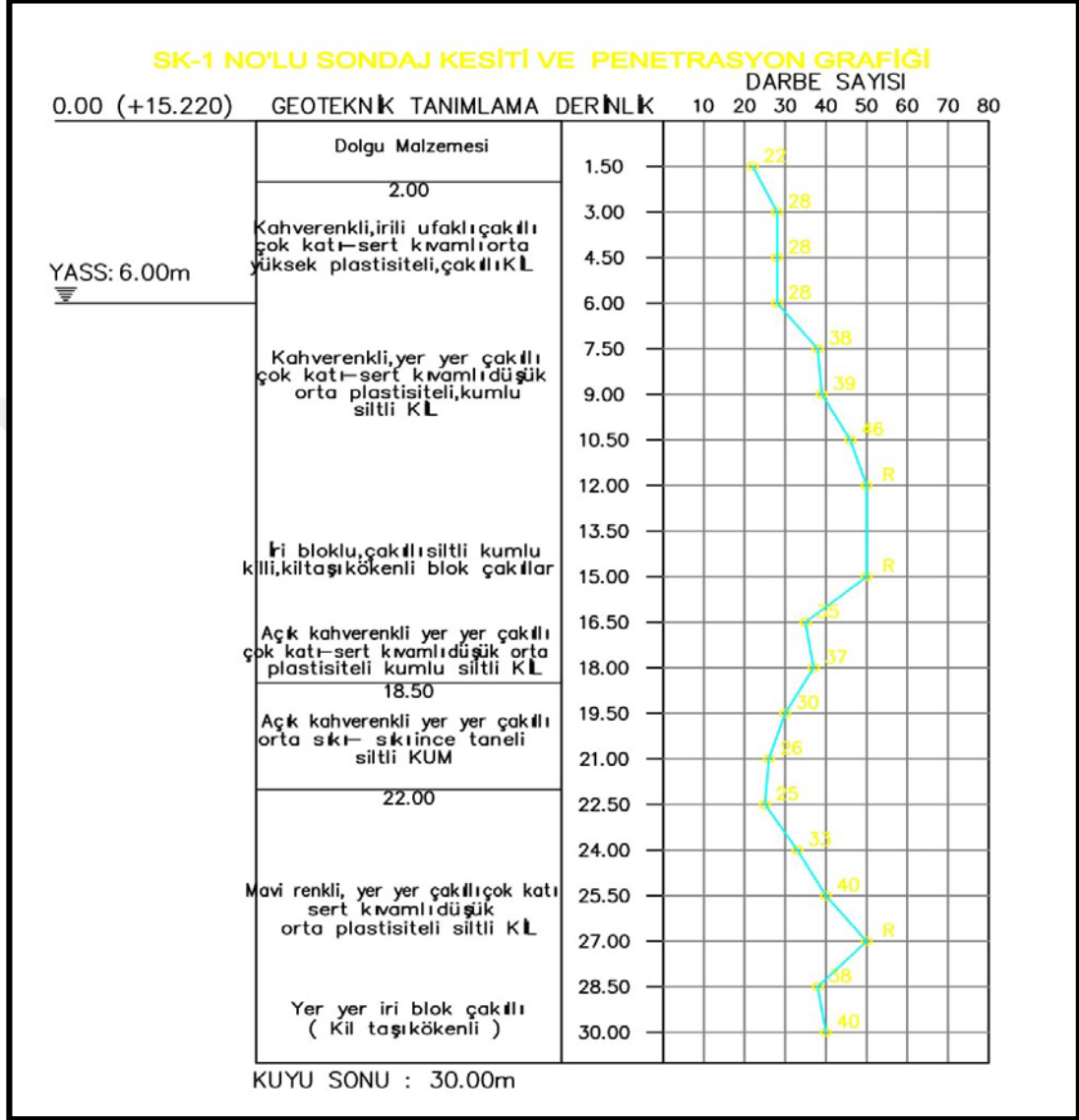
- [1] Yayla N. Karayolu Mühendisliği, İstanbul: Birsen Yayınevi, 211-223, 2004.
- [2] Murat Y. (2012). Trafik Mühendisliği, Pamukkale Üniversitesi Ulaşım Mühendisliği Ders Notları.
- [3] Highway Design Manual, Chapter 500 Traffic Interchanges, 2001.
- [4] Ray L. B. Schoen, J., Jenior, P., Guidelines for Ramp and Interchange Spacing, Transportation Research Board of The National Academies, Washington, D.C., 2011.
- [5] Highway Design Guide, Chapter Nine Interchanges, National Standards, 2004.
- [6] Highway Design Manual 2003 Edition, Interchanges, 2012.
- [7] Facilities Development Manual, Interchange, Wisconsin Department of Transportation, 2007.
- [8] Department of Transportation State of North Carolina, Intersection and Interchange Design Alternatives: A Primer For The US 64 Corridor Study Stakeholder Workshop Participants, 2010.
- [9] The United Republic of Tanzania Ministry of Works, Road Geometric Design Manual, 2011.
- [10] Karayolları Kesin Ve Ön Projeleri Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi 2004.



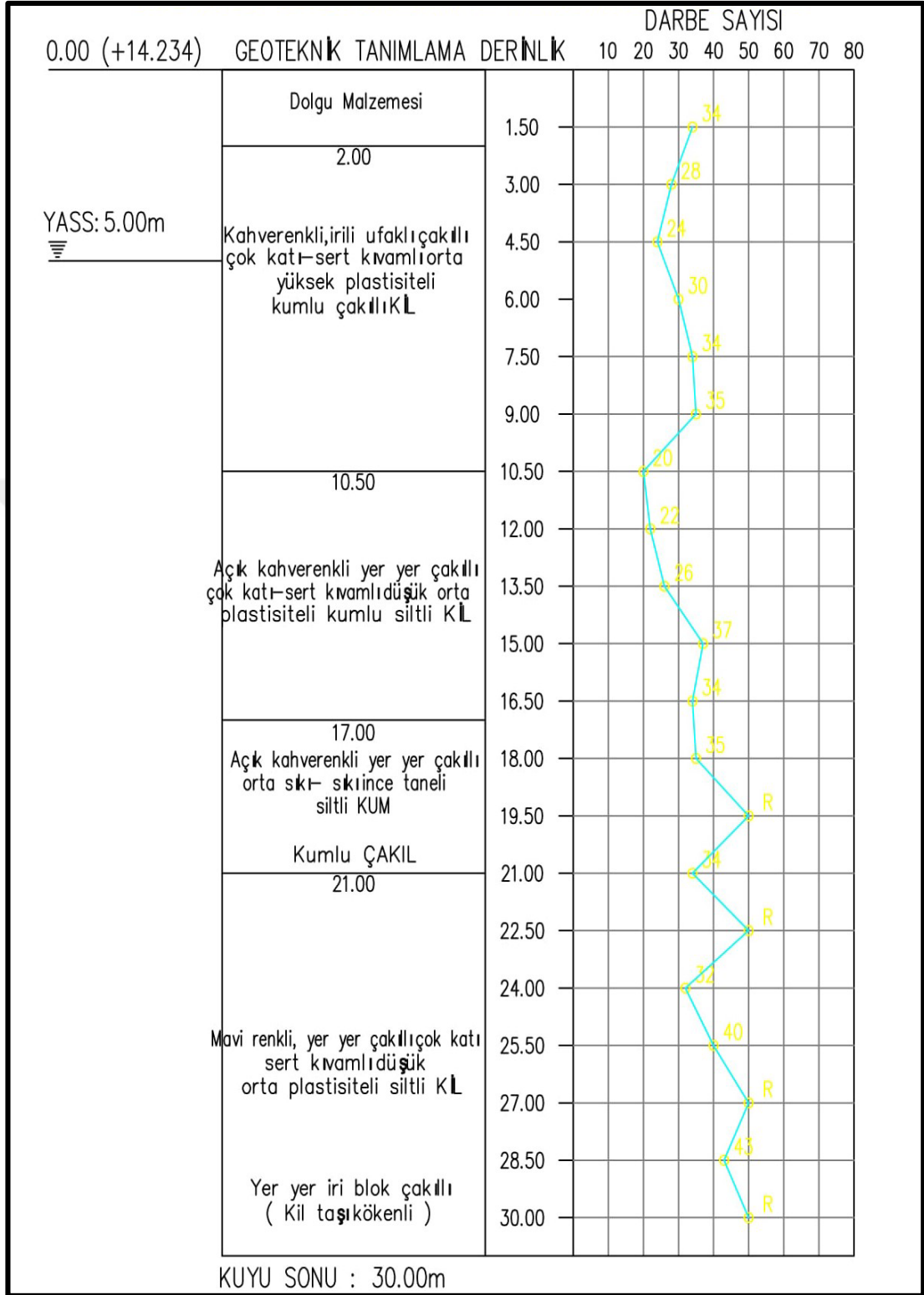
EKLER

Ek-A

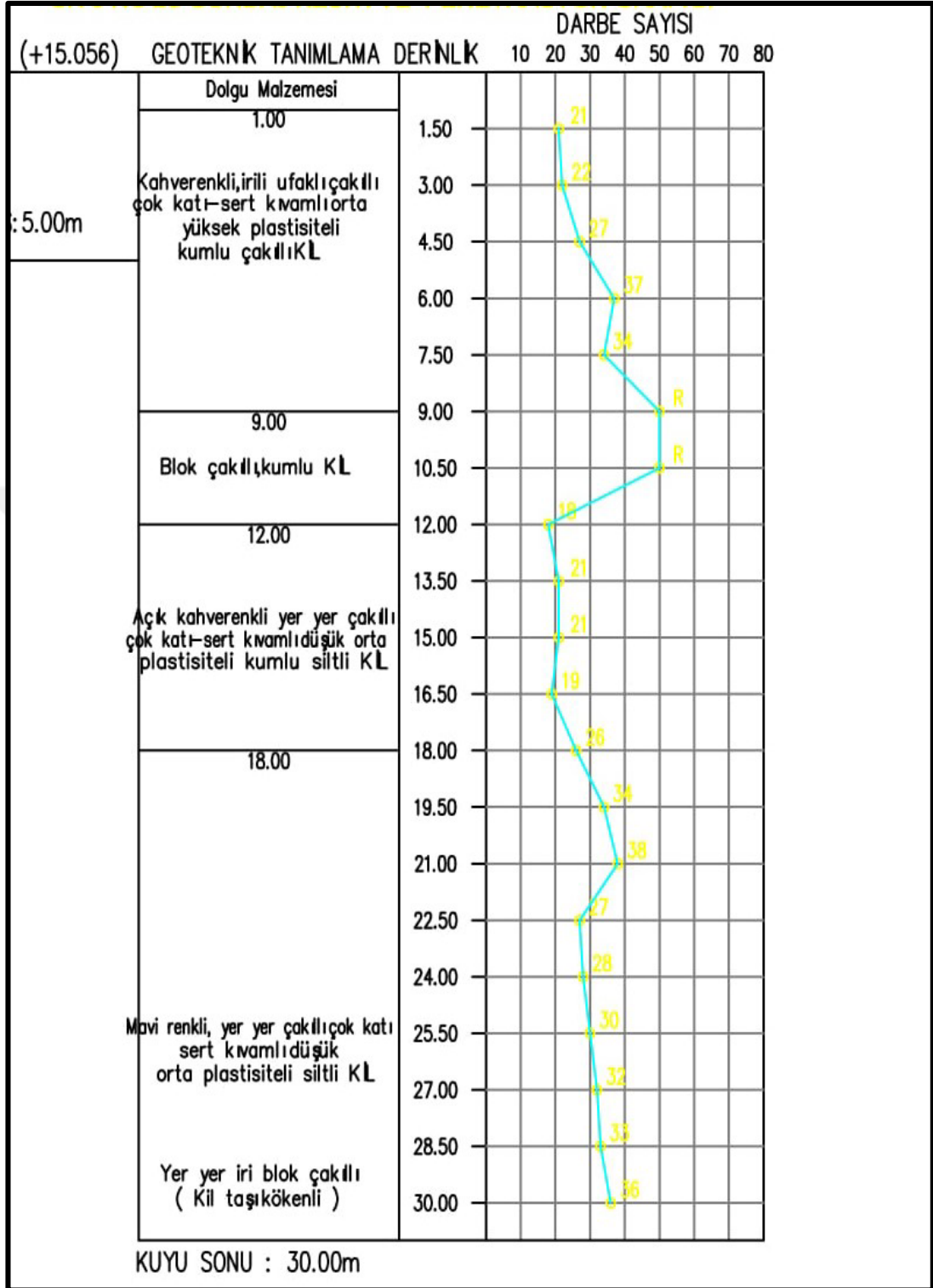
Köseköy Köprülü Kavşağı Spt Sonuçları



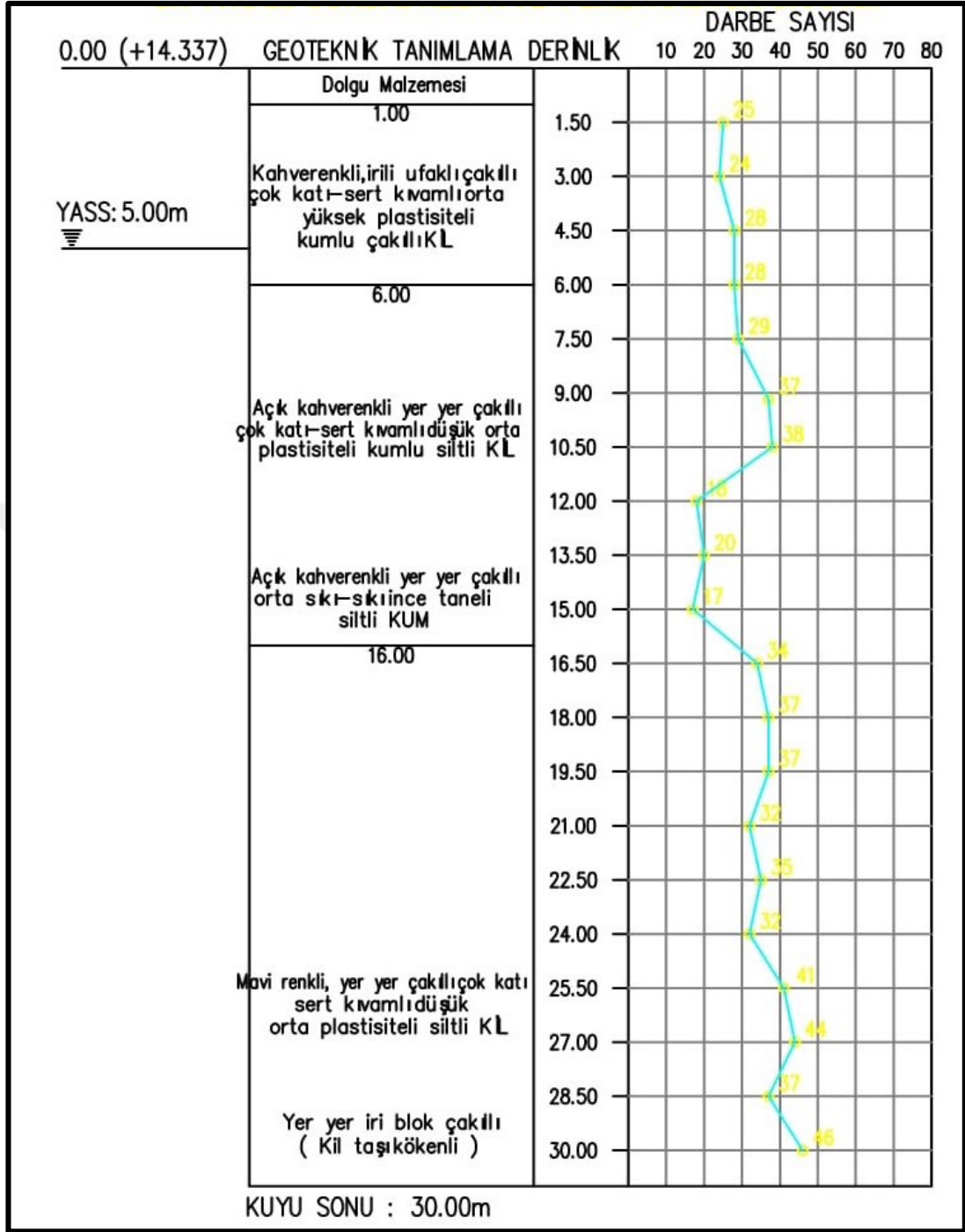
Şekil A1.Spt sk1 sonuçları



Şekil A2.Spt sk2 sonuçları

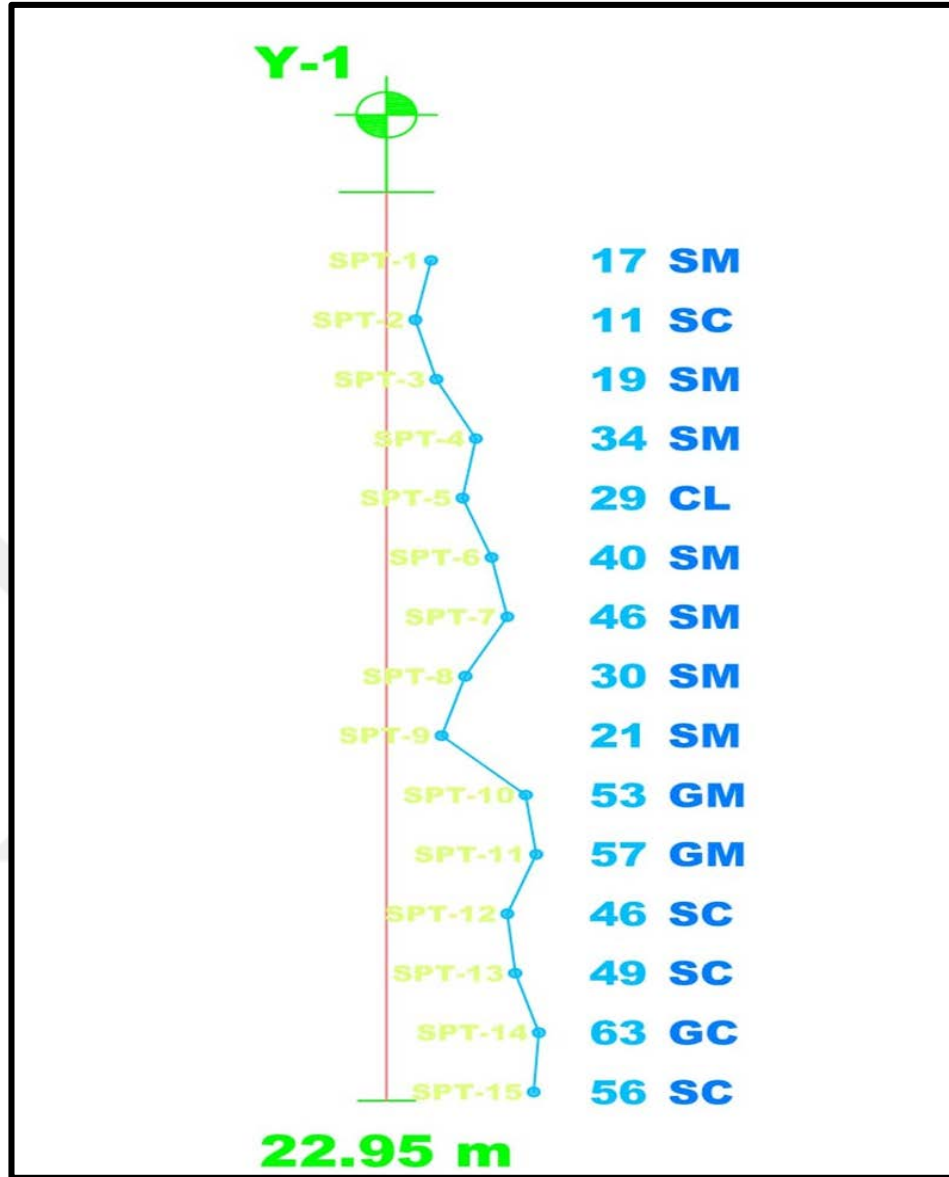


Şekil A3.Spt sk3 sonuçları

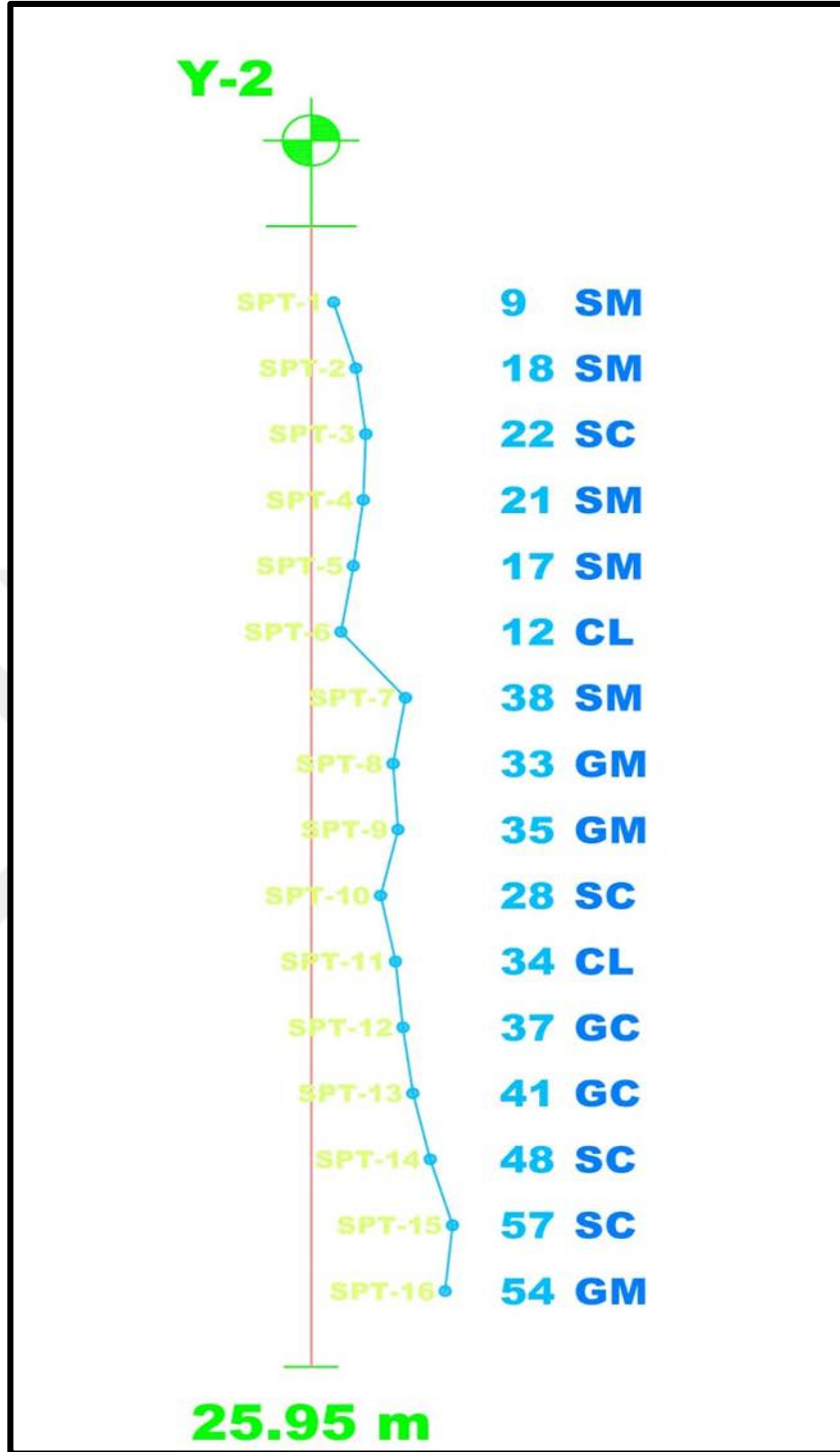


Şekil A4.Spt sk4 sonuçları

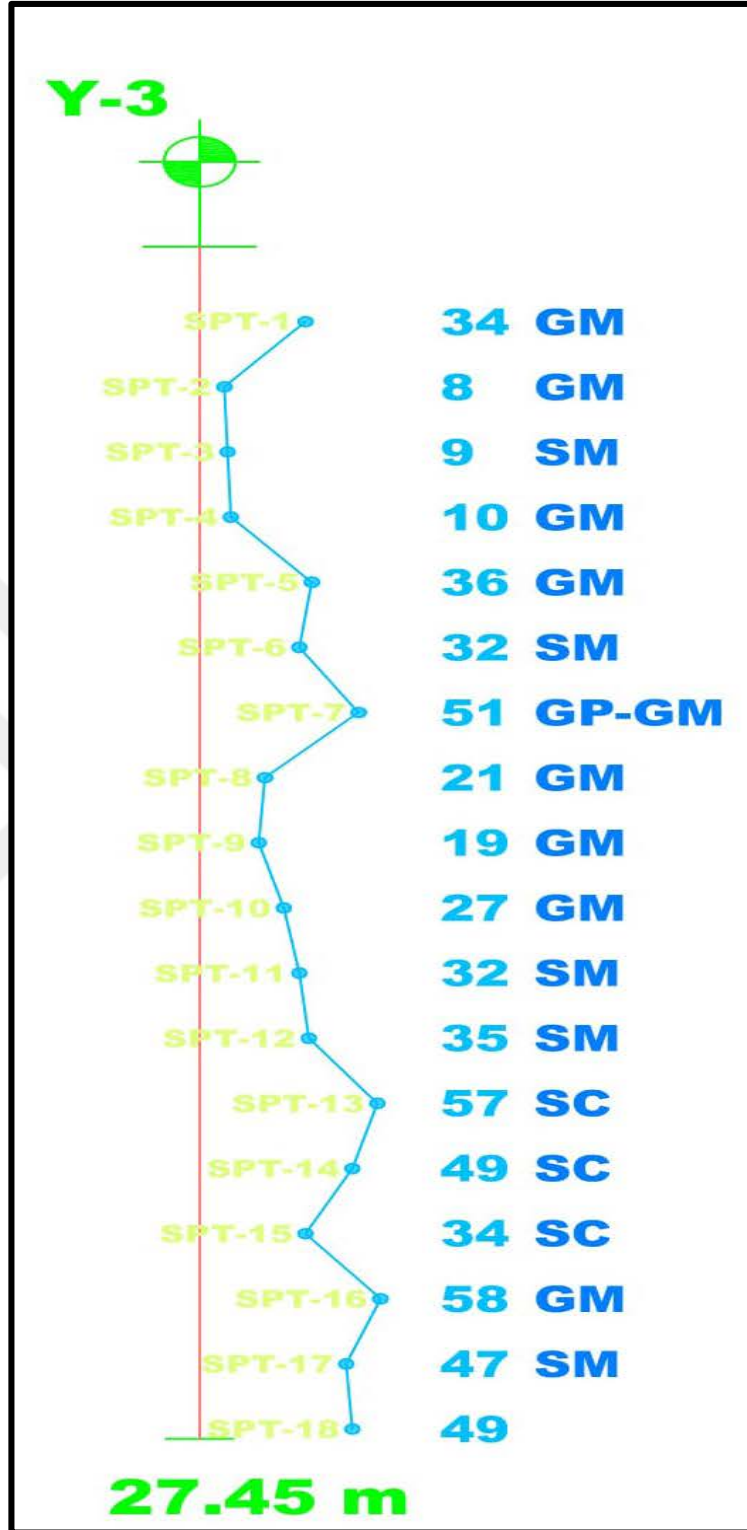
Ek B-Yüzbaşılar Köprülü Kavşağı Spt Sonuçları



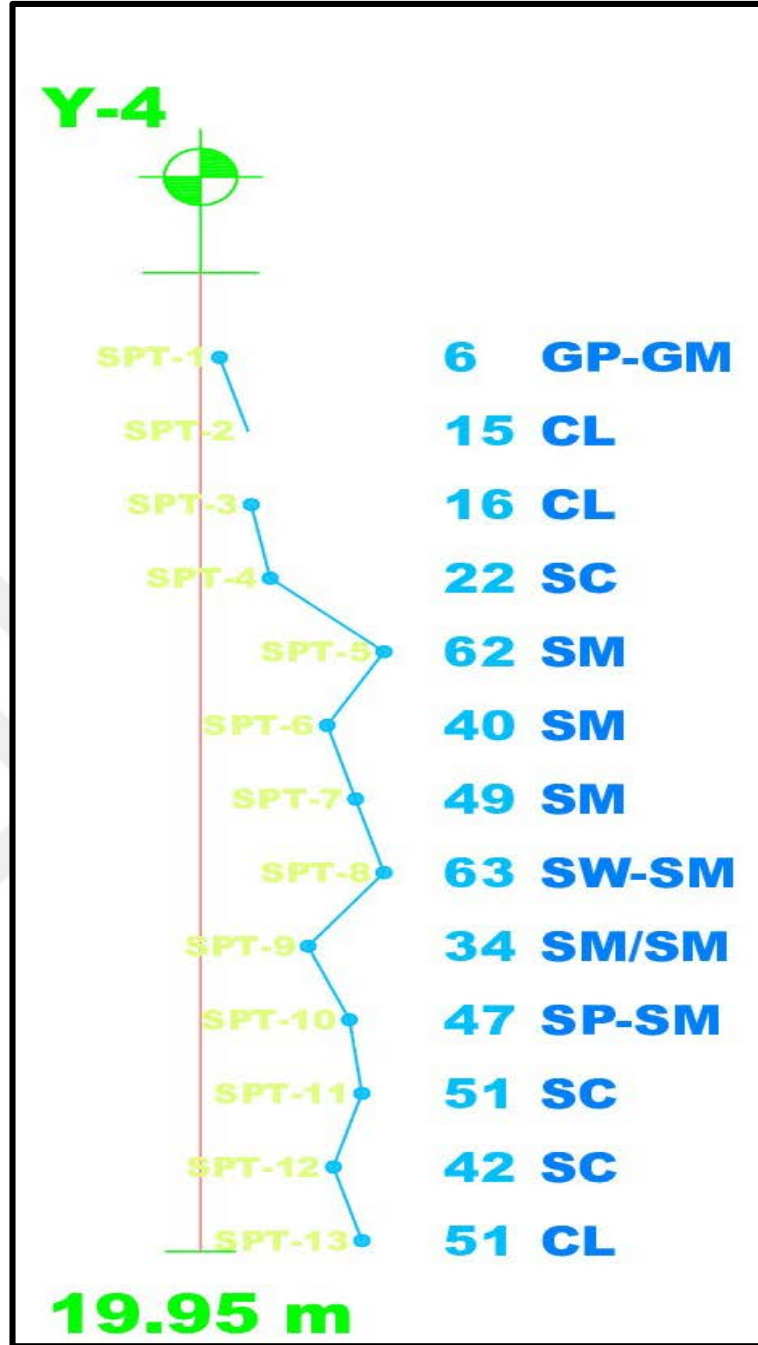
Şekil B1.Spt y1 sonuçları



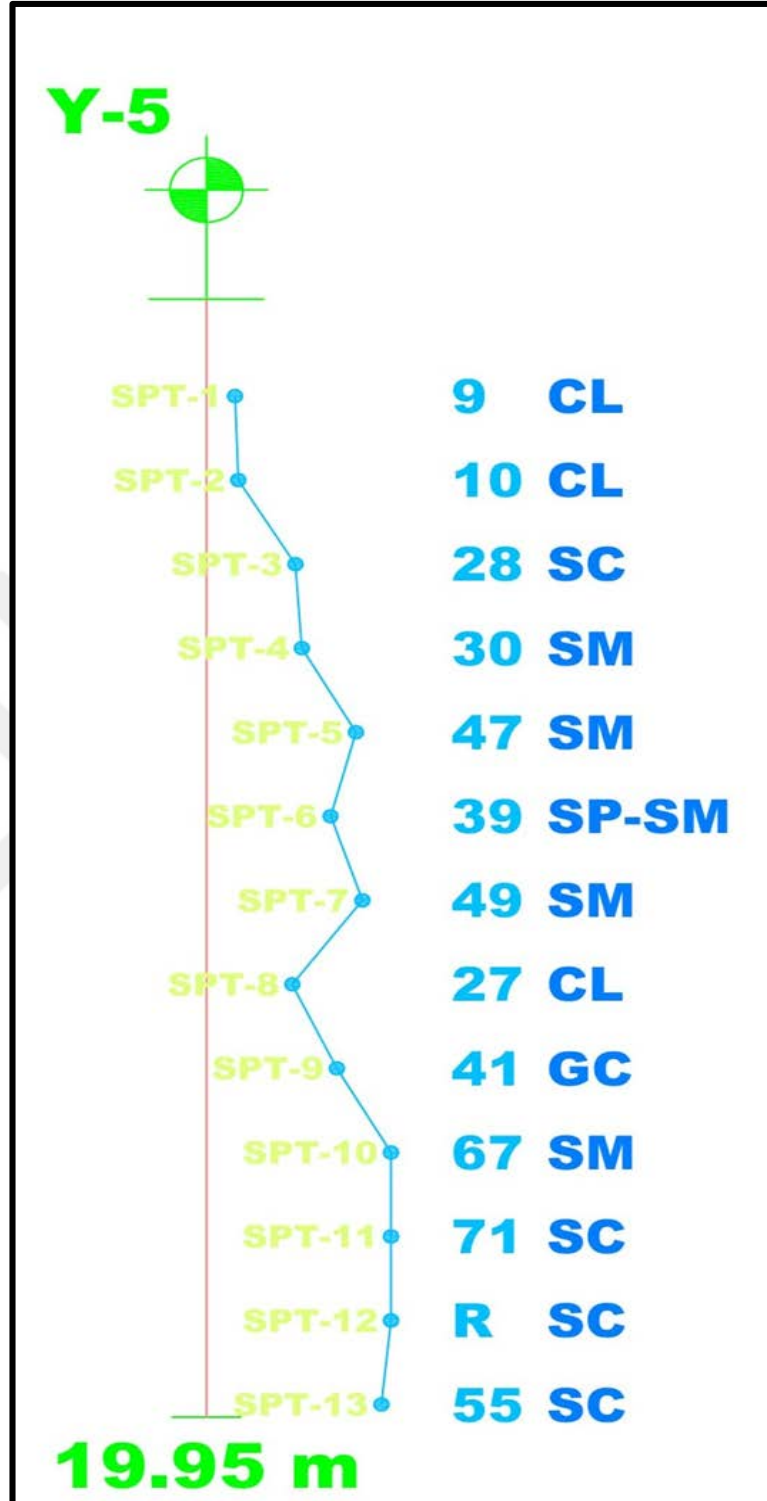
Şekil B2.Spt y2 sonuçları



Şekil B3.Spt y3 sonuçları



Şekil B4.Spt y4 sonuçları



Şekil B5.Spt y5 sonuçları

Ek-C Deneý Sonuçları

Tablo C.1. Gurup deneý sonuçları.

NUMUNENİN			w _n %	e _n	γ_n kN/m ³	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)					LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %	
Y-1	SPT-1	1,50-1,95	14,9				-	NP	-	22,4	31,2	SM
	SPT-2	3,00-3,45	13,5				29,6	18,7	10,9	31,4	28,8	SC
	SPT-3	4,50-4,95	12,9				-	NP	-	24,3	30,2	SM
	SPT-4	6,00-6,45	10,7				-	NP	-	28,6	16,9	SM
	SPT-5	7,50-7,95	24,6				38,5	21,5	17,0	7,9	70,5	CL
	SPT-6	9,00-9,45	14,9				-	NP	-	36,5	21,6	SM
	SPT-7	10,50-10,95	14,3				-	NP	-	31,4	21,8	SM
	SPT-8	12,00-12,45	15,2				-	NP	-	34,5	24,1	SM
	SPT-9	13,50-13,95	15,2				-	NP	-	23,5	39,8	SM
	SPT-10	15,00-15,45	12,4				-	NP	-	43,9	17,2	GM
	SPT-11	16,50-16,95	14,4				-	NP	-	44,3	14,4	GM
	SPT-12	18,00-18,45	19,2				40,1	23,4	16,7	27,3	39,7	SC
	SPT-13	19,50-19,95	17,9				40,4	23,5	16,9	26,0	37,4	SC
	SPT-14	21,00-21,45	15,2				36,8	22,4	14,4	45,7	22,1	GC
	SPT-15	22,50-22,95	16,6				34,2	21,6	12,6	18,3	31,4	SC

Tablo C.2. Gurup deneý sonuları

NUMUNENİN			w _n %	e _n	γ_n kN/m ³	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)					LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %	
Y-2	SPT-1	1,50-1,95	12,8				-	NP	-	24,3	19,5	SM
	SPT-2	3,00-3,45	10,9				-	NP	-	31,5	15,0	SM
	SPT-3	4,50-4,95	12,1				29,9	18,0	11,9	26,4	21,4	SC
	SPT-4	6,00-6,45	10,9				-	NP	-	30,5	16,2	SM
	SPT-5	7,50-7,95	14,9				-	NP	-	4,9	30,2	SM
	SPT-6	9,00-9,45	23,6				38,0	21,1	16,9	12,5	62,2	CL
	SPT-7	10,50-10,95	13,3				-	NP	-	40,9	15,3	SM
	SPT-8	12,00-12,45	14,4				-	NP	-	41,5	23,7	GM
	SPT-9	13,50-13,95	11,7				-	NP	-	49,5	18,0	GM
	SPT-10	15,00-15,45	17,3				37,5	21,4	16,1	21,8	41,6	SC
	SPT-11	16,50-16,61	19,3				34,9	20,8	14,1	7,4	66,3	CL
	SPT-12	18,00-18,25	17,8				39,2	22,5	16,7	35,5	35,0	GC
	SPT-13	19,50-19,95	16,7				35,2	21,5	13,7	35,5	31,6	GC
	SPT-14	21,00-21,45	16,3				33,8	21,0	12,8	21,5	29,1	SC
	SPT-15	22,50-22,95	15,2				31,1	18,7	12,4	31,5	25,9	SC
	SPT-16	24,00-24,45	13,0				-	NP	-	52,5	18,1	GM

Tablo C.3. Gurup deney sonuçları

NUMUNENİN			W _n %	e _n	γ_n kN/m ³	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ	
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)					LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %
Y-3	SPT-17	25,50-25,95	15,1				-	NP	-	24,7	38,0
	SPT-18	27,00-27,45	15,8				-	NP	-	23,1	35,6

Tablo C.4. Gurup deney sonuçları


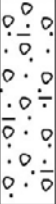
NUMUNENİN			W _n %	e _n	γ_n kN/m ³	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)					LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %	
Y-4	SPT-1	1,50-1,95	10,6				-	NP	-	59,3	11,4	GP-GM
	SPT-2	3,00-3,45	16,9				33,2	19,9	13,3	9,6	57,8	CL
	SPT-3	4,50-4,95	20,0				32,4	20,1	12,3	8,2	61,1	CL
	SPT-4	6,00-6,45	14,0				30,5	18,2	12,3	10,5	36,2	SC
	SPT-5	7,50-7,95	11,6				-	NP	-	21,2	26,6	SM
	SPT-6	9,00-9,45	13,3				-	NP	-	24,8	16,1	SM
	SPT-7	10,50-10,95	12,6				-	NP	-	31,3	15,9	SM
	SPT-8	12,00-12,45	11,5				-	NP	-	43,2	10,3	SW-SM
	SPT-9/A	13,50-13,95	16,3				-	NP	-	17,6	18,9	SM
	SPT-9/B	13,50-13,95	19,5				-	NP	-	9,3	39,8	SM
	SPT-10	15,00-15,45	14,3				-	NP	-	20,7	11,2	SP-SM
	SPT-11	16,50-16,95	14,8				31,6	20,0	11,6	27,5	20,7	SC
	SPT-12	18,00-18,45	15,4				25,7	18,1	7,6	27,6	27,5	SC
	SPT-13	19,50-19,95	18,1				28,9	20,0	8,9	6,5	69,0	CL

Tablo C.5. Gurup deney sonuçları

NUMUNENİN			W _n %	e _n	γ_n kN/m ³	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)					LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %	
Y-5	SPT-1	1,50-1,95	15,9				32,9	20,5	12,4	10,6	50,5	CL
	SPT-2	3,00-3,45	18,2				33,8	21,1	12,7	4,0	54,9	CL
	SPT-3	4,50-4,95	17,1				32,5	20,1	12,4	19,8	24,7	SC
	SPT-4	6,00-6,45	14,1				-	NP	-	21,2	14,2	SM
	SPT-5	7,50-7,95	13,8				-	NP	-	23,3	17,4	SM
	SPT-6	9,00-9,45	13,2				-	NP	-	35,5	11,9	SP-SM
	SPT-7	10,50-10,95	13,4				-	NP	-	26,6	12,6	SM
	SPT-8	12,00-12,45	13,4				29,3	18,0	11,3	44,9	92,2	CL
	SPT-9	13,50-13,95	13,8				33,9	19,5	14,4	36,4	33,9	GC
	SPT-10	15,00-15,45	14,3				30,5	18,8	11,7	33,6	31,4	SM
	SPT-11	16,50-16,95	15,2				28,2	18,5	9,7	13,5	39,6	SC
	SPT-12	18,00-18,26	14,9				29,3	18,3	11,0	21,1	48,2	SC
	SPT-13	19,50-19,95	16,0				30,0	20,1	9,9	28,8	32,8	SC

KİLOMETRE / Chainage :				KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y : 482 610.00		
DERİNLİK / Depth (m) : 3.30 m				ZEMİN KOTU / Elevation (m) : 35.24 m		
KAZI TİPİ / Excavation Type : EKSKAVATÖR (JCB)				SAPMA / Offset (m) :		
DERİNLİK Depth (m)	TABAKA DERİNLİĞİ Layer Depth (m)	NUMUNE DERİNLİĞİ Sample Depth (m)	Y.A.S.S. GWL (m)	ZEMİN TÜRÜ Ground Type	PROFİL / Profile	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description
0						
1						YAPAY DOLGU Kahverenkli, çakıllı kumlu KİL . Nemli, içerisinde beton, tuğla vs parçaları gözlenmektedir.
2	1.90					1.90 m.
3		3.00 N-1 3.30				Kahverenkli, katı - çok katı, çakıllı kumlu siltli KİL . Nemli, düşük - orta plastisiteli, % 20 - 30, ince-iri taneli çakıllı, % 15 - 25 kumlu.
						ÇUKUR SONU / End of Pit : 3.30 m.
4						
5						
6						

Şekil C.1. Araştırma çukuru YAÇ-1

KILOMETRE / Chainage :				KOORDINAT / Coordinate (E-W) Y : 482 399.00		
DERİNLİK / Depth (m) : 2.00 m				ZEMİN KOTU / Elevation (m) : 42.04 m		
KAZI TİPİ / Excavation Type : EKSKAVATÖR (JCB)				SAPMA / Offset (m) :		
DERİNLİK Depth (m)	TABAKA DERİNLİĞİ Layer Depth (m)	NUMUNE DERİNLİĞİ Sample Depth (m)	Y.A.S.S. GWL (m)	ZEMİN TÜRÜ Ground Type	PROFİL / Profile	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description
0	0.50					YAPAY DOLGU
1		1.50 N-1 2.00				Kahverenkli, orta sıkı - sıkı, siltli kumlu ÇAKIL . Nemli, ince - iri taneli, sert, yarı yuvarlak - yarı köşeli, %15 - 30 ince malzemeli, % 15 - 25 kumlu.
2						ÇUKUR SONU / End of Pit : 2.00 m.
3						
4						
5						
6						

Şekil C. 2. Araştırma çukuru YAÇ-2.

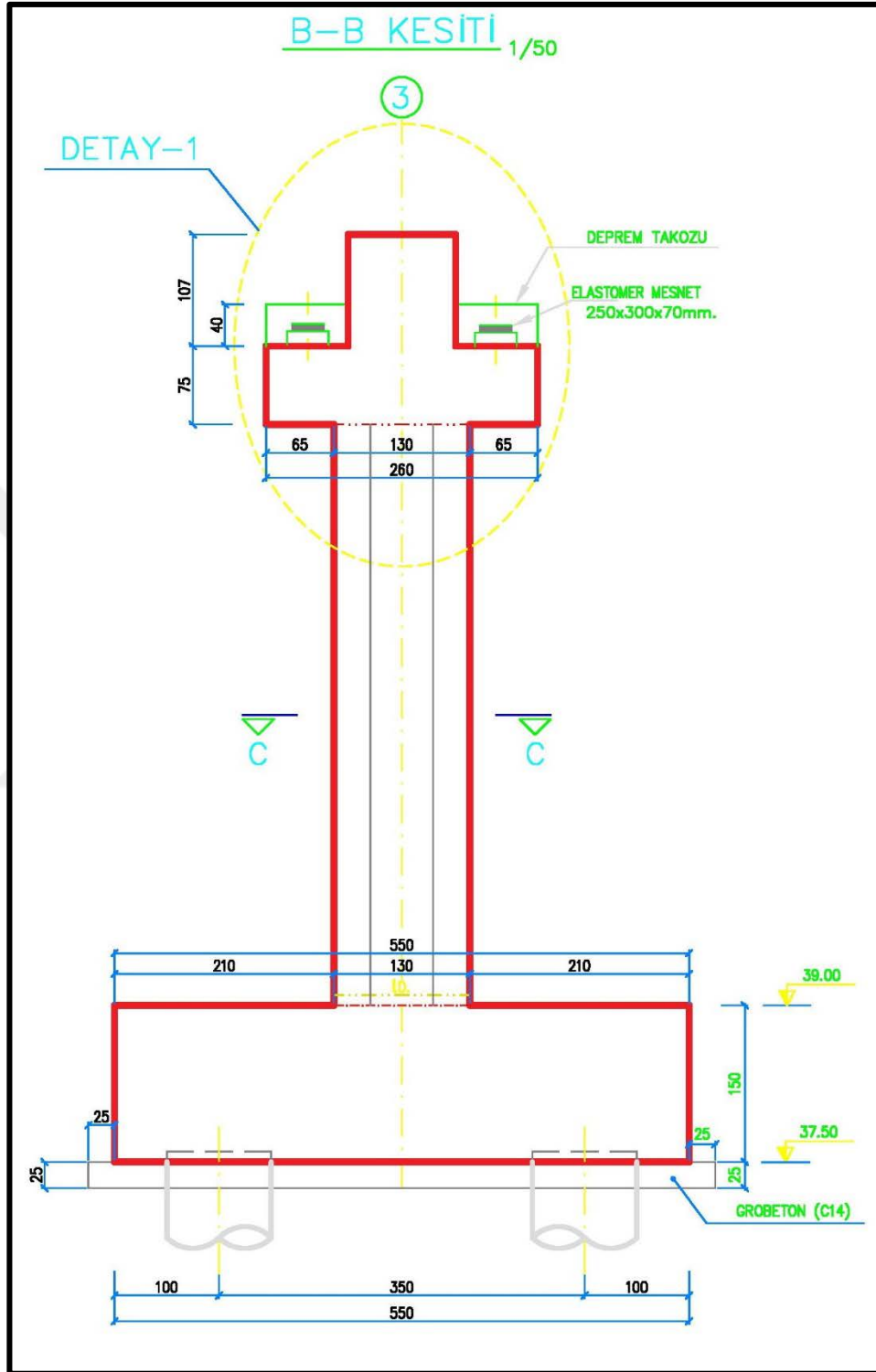
KİLOMETRE / Chainage :					KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y : 482 596.00	
DERİNLİK / Depth (m) : 2.40 m					ZEMİN KOTU / Elevation (m) : 42.34 m	
KAZI TİPİ / Excavation Type : EKSKAVATÖR (JCB)					SAPMA / Offset (m) :	
DERİNLİK Depth (m)	TABAKA DERİNLİĞİ Layer Depth (m)	NUMUNE DERİNLİĞİ Sample Depth (m)	Y.A.S.S. GWL (m)	ZEMİN TÜRÜ Ground Type	PROFİL / Profile	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description
0						YAPAY DOLGU Griimsi kahverenkli, sarı, sarımsı kahverenkli, çakıllı killi siltli KUM / siltli KUM
1						
2	1.60	2.00 N-1 2.40				Kahverenkli, katı - çok katı, çakıllı kumlu killi SILT . Nemli, düşük plastisiteli, % 15-30 çakıllı, % 10-20 kumlu.
3						ÇUKUR SONU / End of Pit : 2.40 m.
4						
5						
6						

Şekil C.3. Araştırma çukuru YAÇ-3

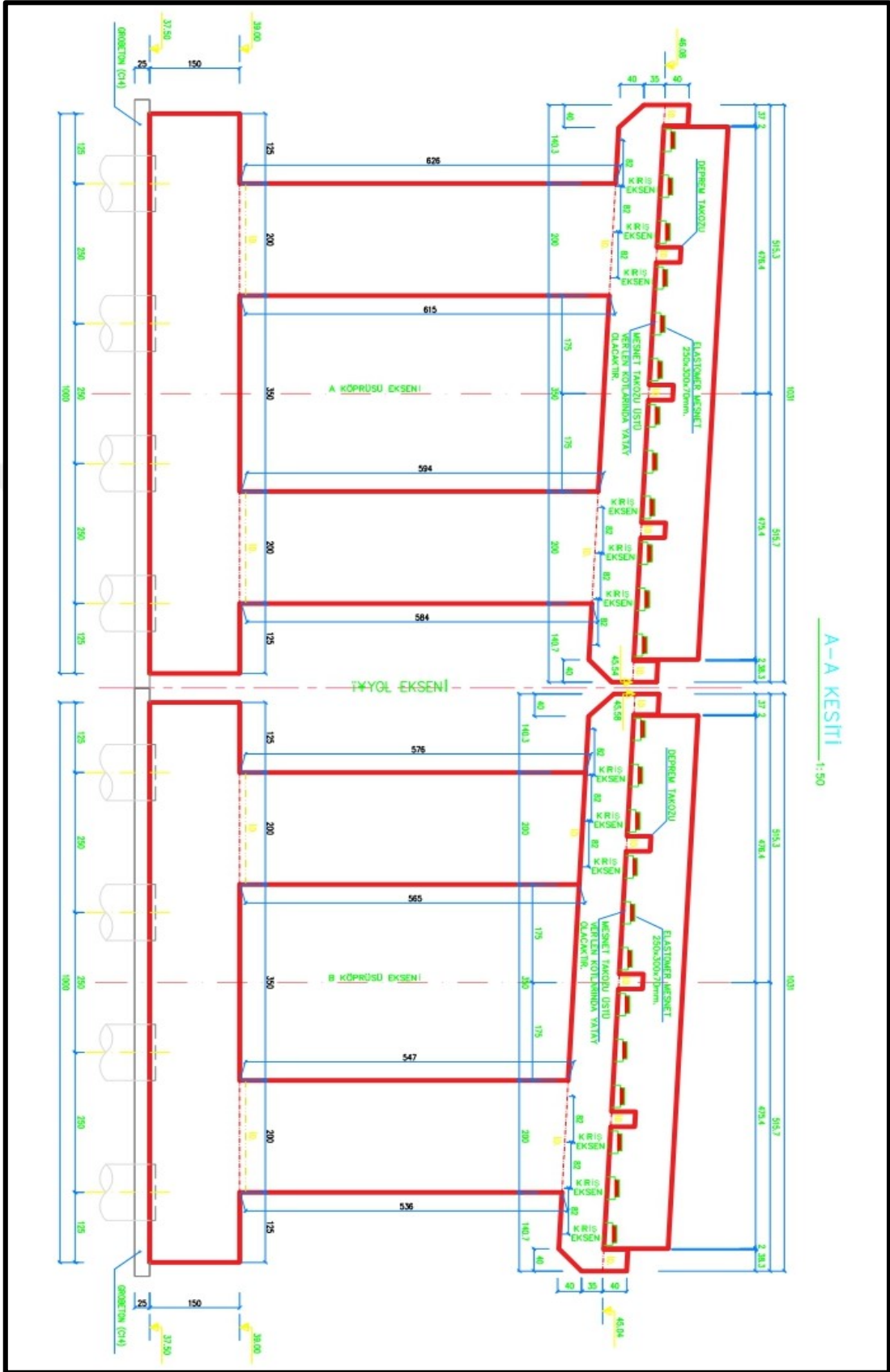
NUMUNENİN			w _n %	e _n	γ_n kN/m ³	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)					LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %	
YAÇ-1	N-1	3,00-3,30	13,7				32,2	20,4	11,8	12,6	47,8	SC
YAÇ-2	N-1	1,50-2,00	10,9				36,6	21,3	15,3	78,2	7,5	GP-GC
YAÇ-3	N-1	2,00-2,40	12,9				38,9	23,7	15,2	24,8	42,5	SC

Şekil C.4. Araştırma çukuru deney sonuçları.

Ek-D Yüzbaşılar Köprülü Kavşağı Betonarme Kesitler.

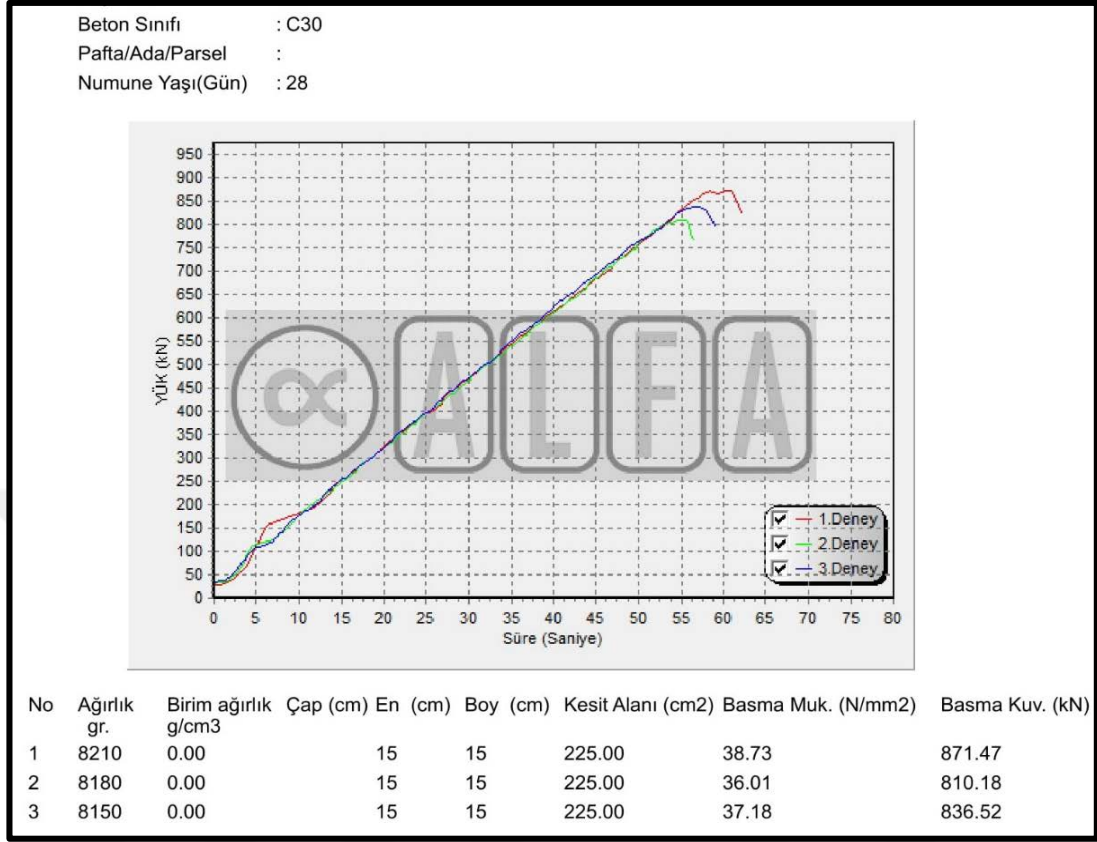


Şekil D.1. B-B kesiti.

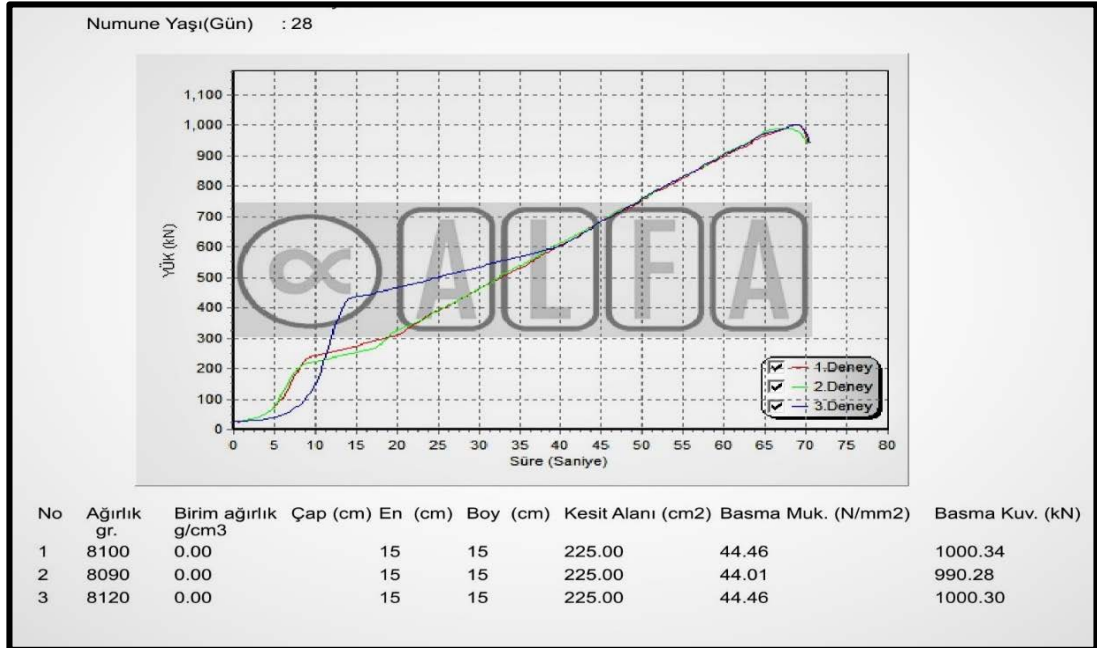


Şekil D.2. Köprü betonarme kesiti.

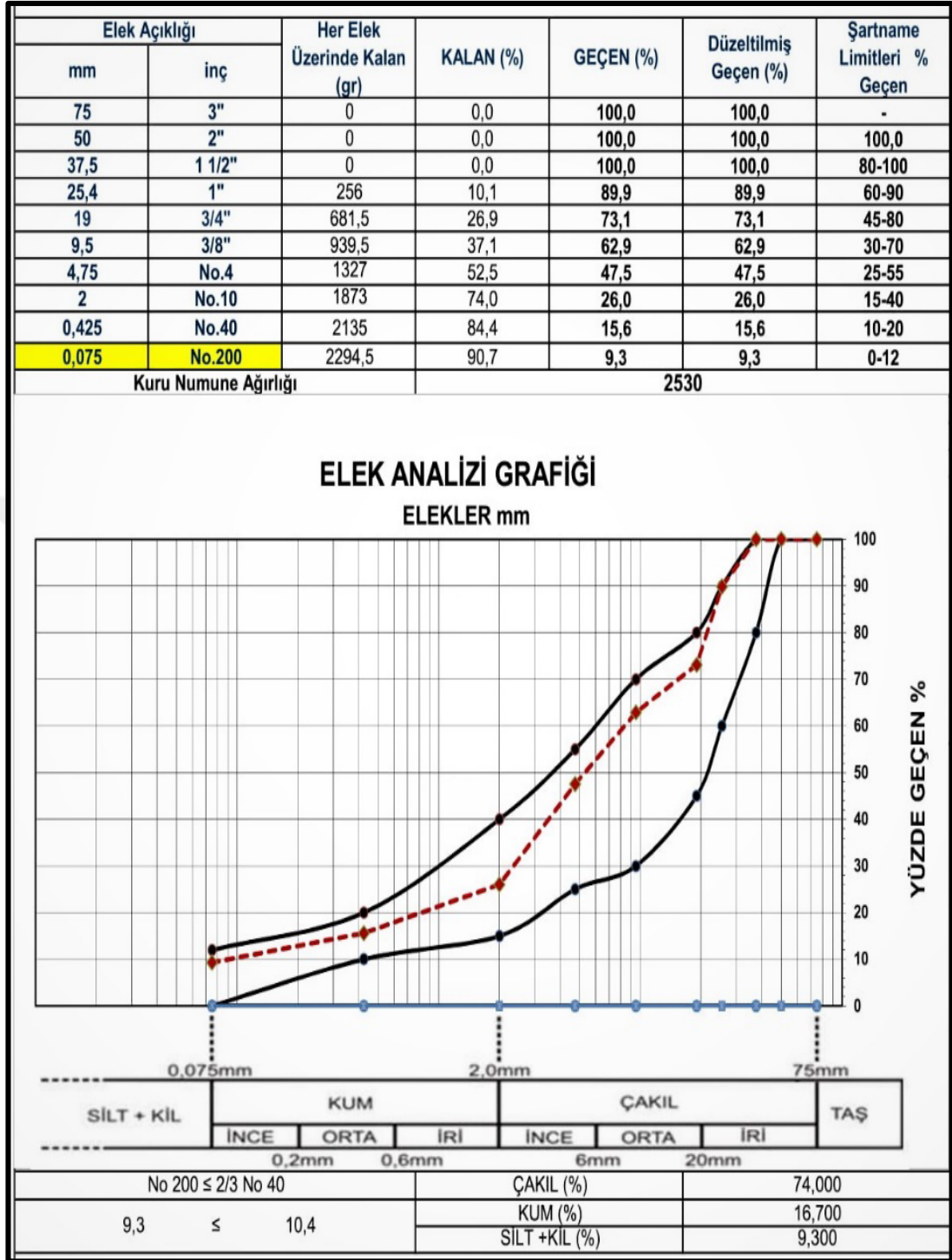
EK-E Arazi Yapım Test Sonuçları



Şekil E.1. Köprü fore kazık betonu.



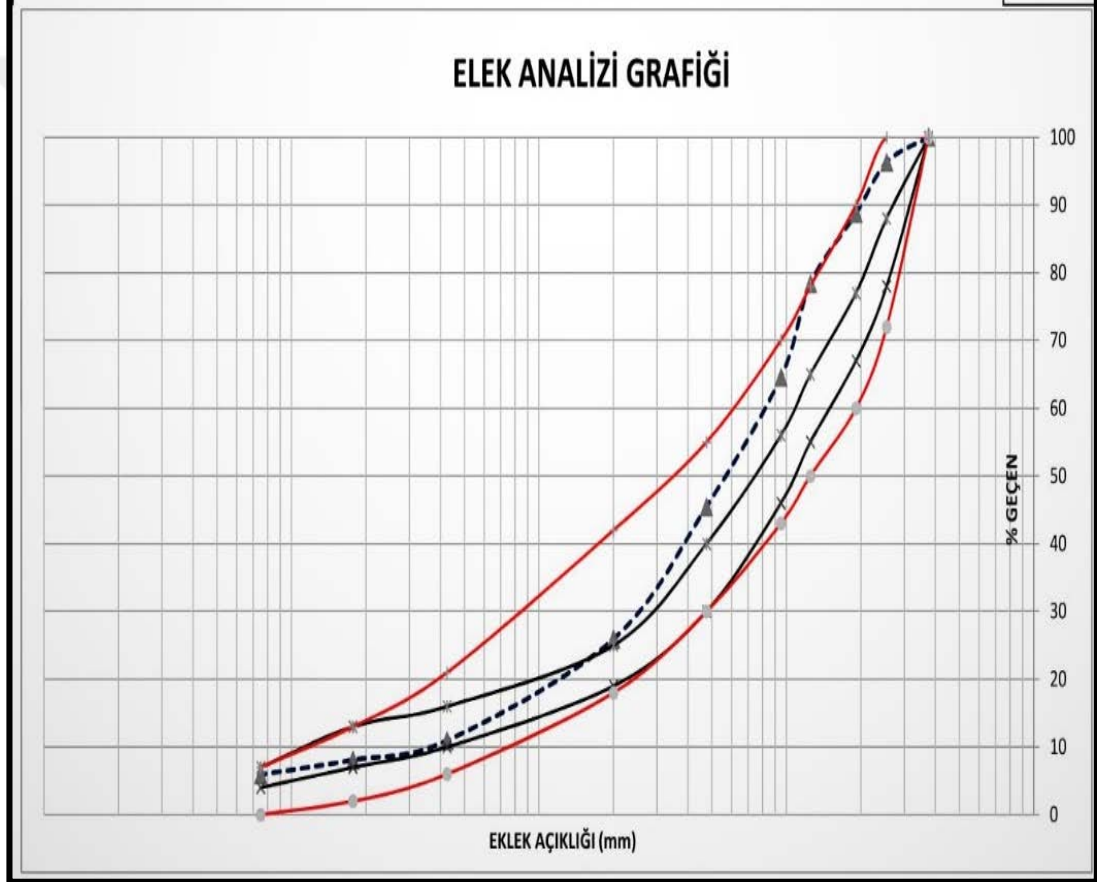
Şekil E.2. Köprü temel betonu sonuçları.



Şekil E.3. Alttemel dolgu malzemesi elek analizi.

Elekler	(mm)	Kümülatif Kalan (gr)	Kalan (%)	Geçen (%)	Tolerans	Şartname	Deneyden sonra kartuj + Malz.Mik.(gr) (C)	1043,4
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100	100 100	100 100	Bitümlü Malz.Mik.(gr) $I=B-A$	1067,9
1"	25,4	38,0	3,7	96	78 88	72 100	Kuru Malz.Mik (gr) $K=C-A$	1024,4
3/4"	19,1	115,5	11,3	88,7	67 77	60 90	Karışımdaki Bit.Mik. (gr) $M=I-K$	43,5
1/2"	12,5	221,5	21,6	78,4	55 65	50 78	Karışımdaki Bit.%si (gr) $(Wb) = M*100/I$	4,07
3/8"	9,5	363,0	35,4	64,6	46 56	43 70	Kuru Mıcıra Göre Bit.%si $(Wa) = M*100/K$	4,25
No.4	4,75	559,0	54,6	45,4	30 40	30 55		
No.10	2	759,0	74,1	25,9	19 25	18 42		
No.40	0,425	912,5	89,1	10,9	10 16	6 21		
No.80	0,177	942,0	92,0	8,0	7 13	2 13		
No.200	0,075	964,0	94,1	5,9	4 7	0 7		

Toplam 1024,4 Kuru Mıcıra Göre Bit. (%)'si (Wa) = 3,35 -- 3,95 aralığında olmalıdır.

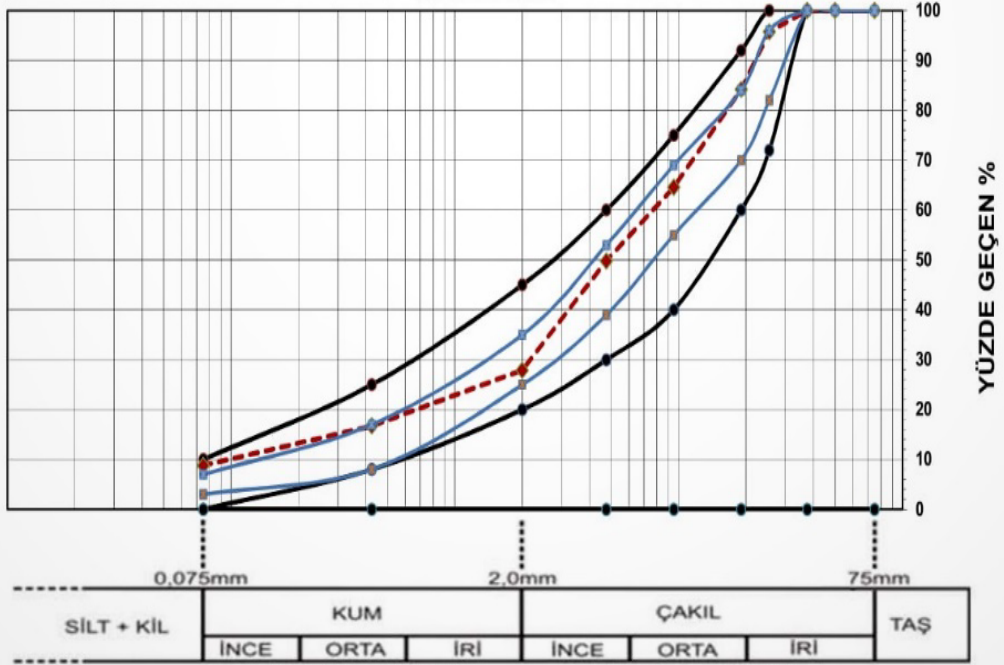


Şekil E.4. Asfalt grup deneyleri.

Elek Açıklığı		Her Elek Üzerinde Kalan (gr)	KALAN (%)	GEÇEN (%)	Tolerans Limitleri (%) Geçen	Şartname Limitleri % Geçen
mm	inç					
75	3"	0	0,0	100,0	-	-
50	2"	0	0,0	100,0	-	-
37,5	1 1/2"	0	0,0	100,0	100,0	100,0
25,4	1"	104	4,3	95,7	82-96	72-100
19	3/4"	385	15,8	84,2	70-84	60-92
9,5	3/8"	864	35,4	64,6	55-69	40-75
4,75	No.4	1227	50,2	49,8	39-53	30-60
2	No.10	1761	72,1	27,9	25-35	20-45
0,425	No.40	2035	83,3	16,7	8-17	8-25
0,075	No.200	2228	91,2	8,8	3-7	0-10
Kuru Numune Ağırlığı			2443			

ELEK ANALİZİ GRAFİĞİ

ELEKLER mm

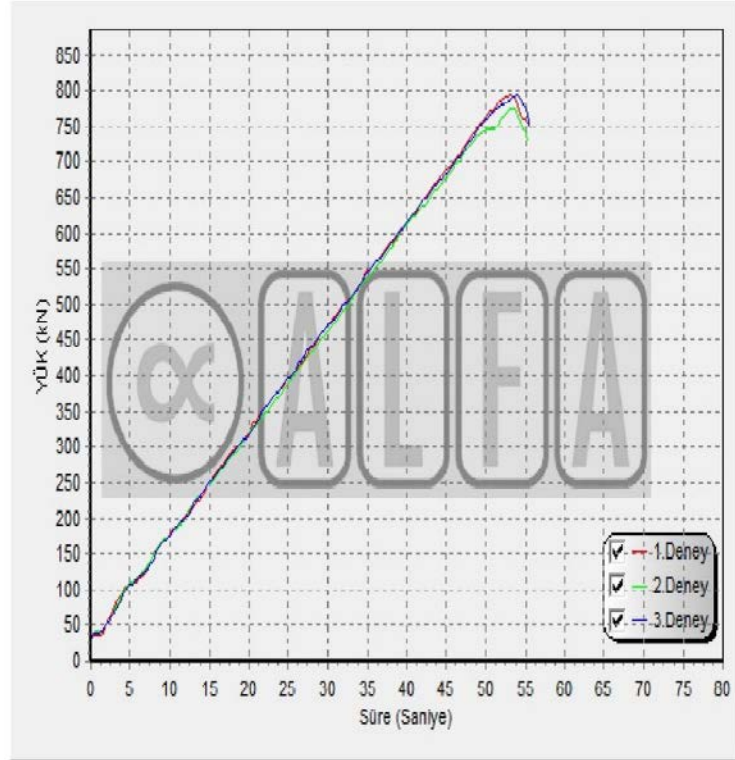


75mm Kalan % (Taş + Moloz)	ÇAKIL (%)	72,100
0	KUM (%)	19,100
	SILT +KİL (%)	8,800

Şekil E.5. PMT elek analizi.

Pafta/Ada/Parsel : Başlık Kirişi (şişlenmiş Numune)

Numune Yaşı(Gün) : 7

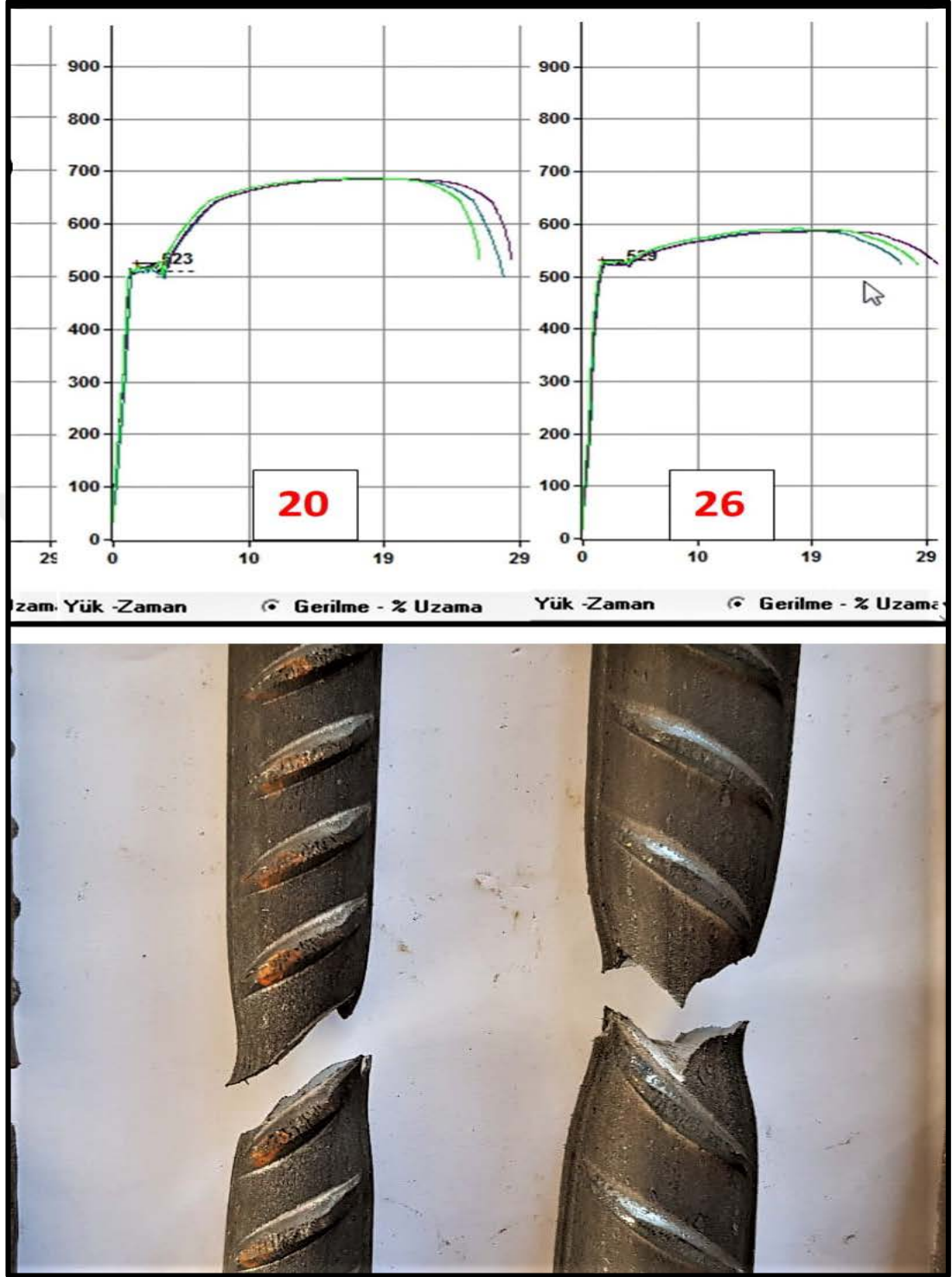


No	Ağırlık gr.	Birim ağırlık g/cm ³	Çap (cm)	En (cm)	Boy (cm)	Kesit Alanı (cm ²)	Basma Muk. (N/mm ²)	Basma Kuv. (kN)
1	8110	0.00	15	15	225.00	35.29	794.02	
2	8090	0.00	15	15	225.00	34.49	776.12	
3	8110	0.00	15	15	225.00	35.28	793.83	

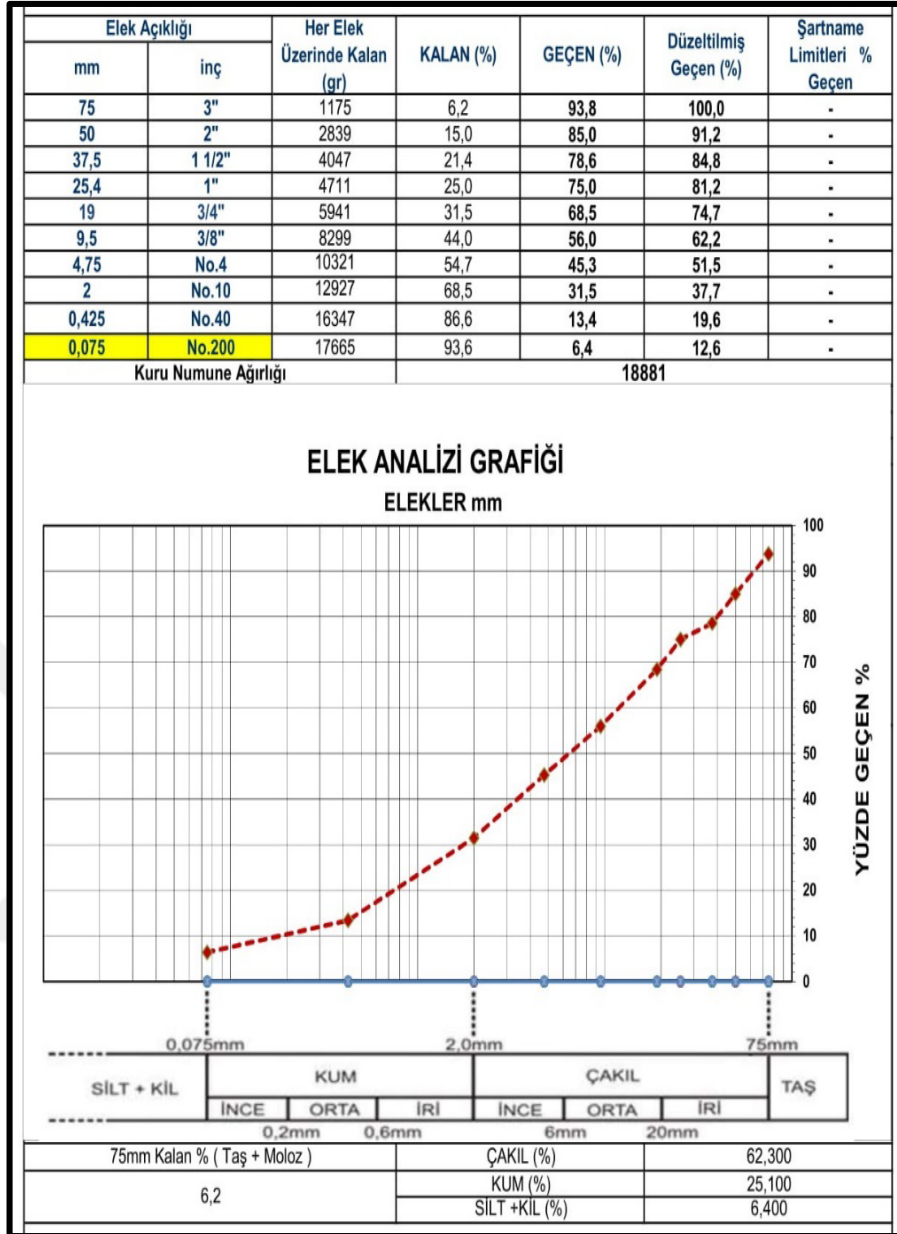
şekil E.7. Beton deney sonucu.

Donatı Sınıfı		S 420													
Donatı Çapı		16'lık- 18'lik- 20'lik- 28'lik													
NUMUNE DENEY SONUCU BULUNAN DEĞERLER							TS 708 SINIR DEĞERLERİ								
Num. No	Anma Çapı (mm)	Kütle (Kg/m)	Akma Dayanımı (N/mm)	Çekme Dayanımı (N/mm2)	Rm/ Re	Re act / Re nom	Kopma % Uzama	Min.	Min.	Min.	Max.	Min.	Birim Uzunluk Anma Kütlesi ± %4.5 (kg/m)		
								Akma Dayanımı (N/mm2)	Çekme Dayanımı (N/mm2)	Rm / Re	Re act / Re nom	Kopma % Uzama	Min.	Max.	
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	0,377	0,413	
3															
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	0,589	0,645	
3															
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	0,848	0,928	
3															
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	1,156	1,264	
3															
1		1.590	504	701	1.39	1.20	27.16								
2	Ø16	1.586	502	692	1.38	1.19	25.21	420	500	1.15	1.30	10	1,509	1,651	
3		1.588	479	661	1.38	1.14	25.64								
1		2.065	623	917	1.47	1.48	21.98								
2	Ø18	2.058	606	904	1.49	1.44	19.71	420	500	1.15	1.30	10	1,910	2,090	
3		2.053	608	904	1.49	1.45	22.82								
1		2.464	509	686	1.35	1.21	27.39								
2	Ø20	2.443	517	686	1.33	1.23	27.88	420	500	1.15	1.30	10	2,359	2,581	
3		2.464	523	687	1.31	1.25	25.67								
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	2,851	3,119	
3															
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	3,390	3,710	
3															
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	3,980	4,356	
3															
1		4.906	461	654	1.42	1.10	28.88								
2	Ø28	4.850	463	647	1.40	1.10	29.24	420	500	1.15	1.30	10	4,613	5,047	
3		4.850	461	649	1.41	1.10	28.21								
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	5,300	5,800	
3															
1															
2								420	500	1.15	1.30	10	6,026	6,594	
3															

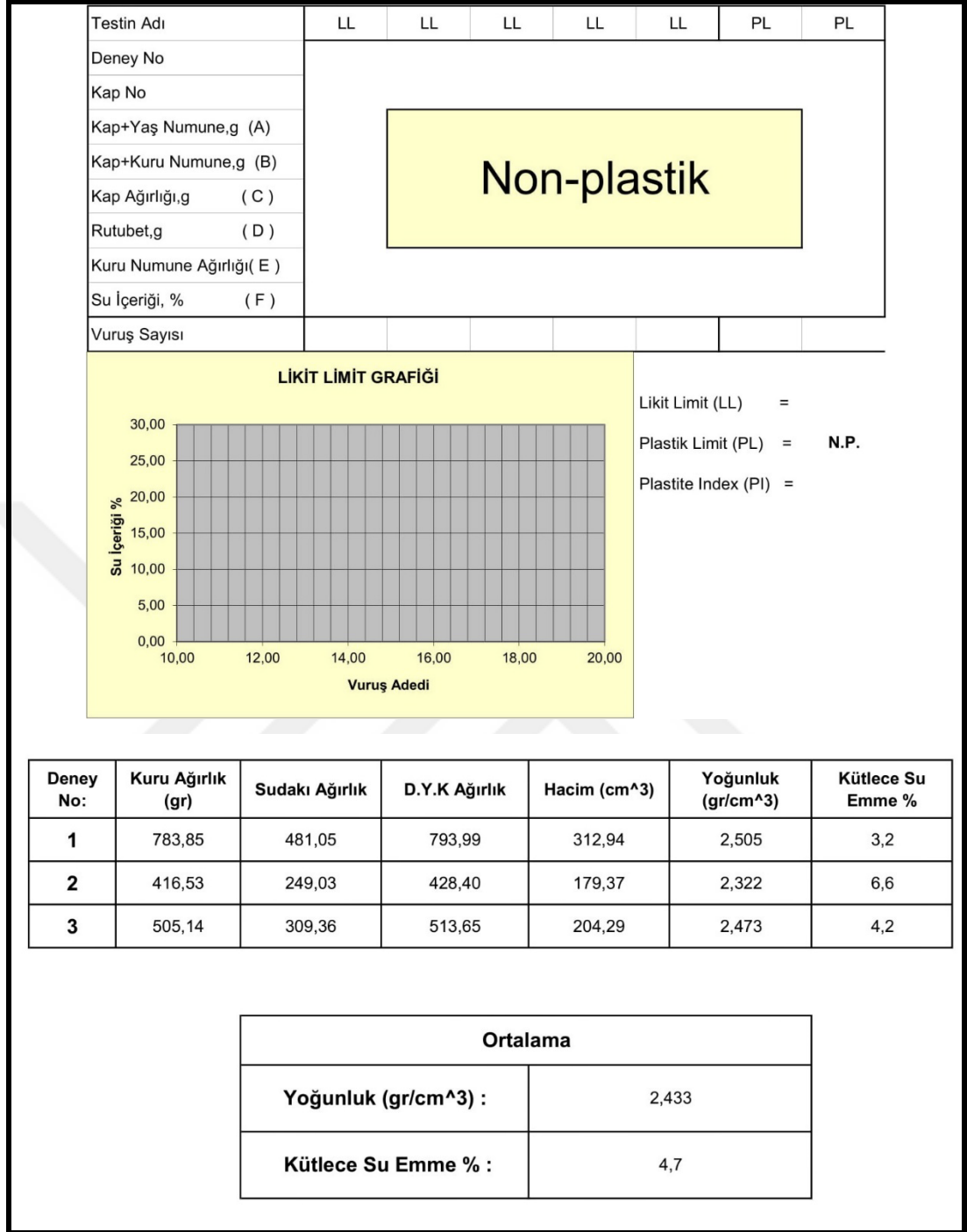
Şekil E.8. Demir çekme test sonucu.



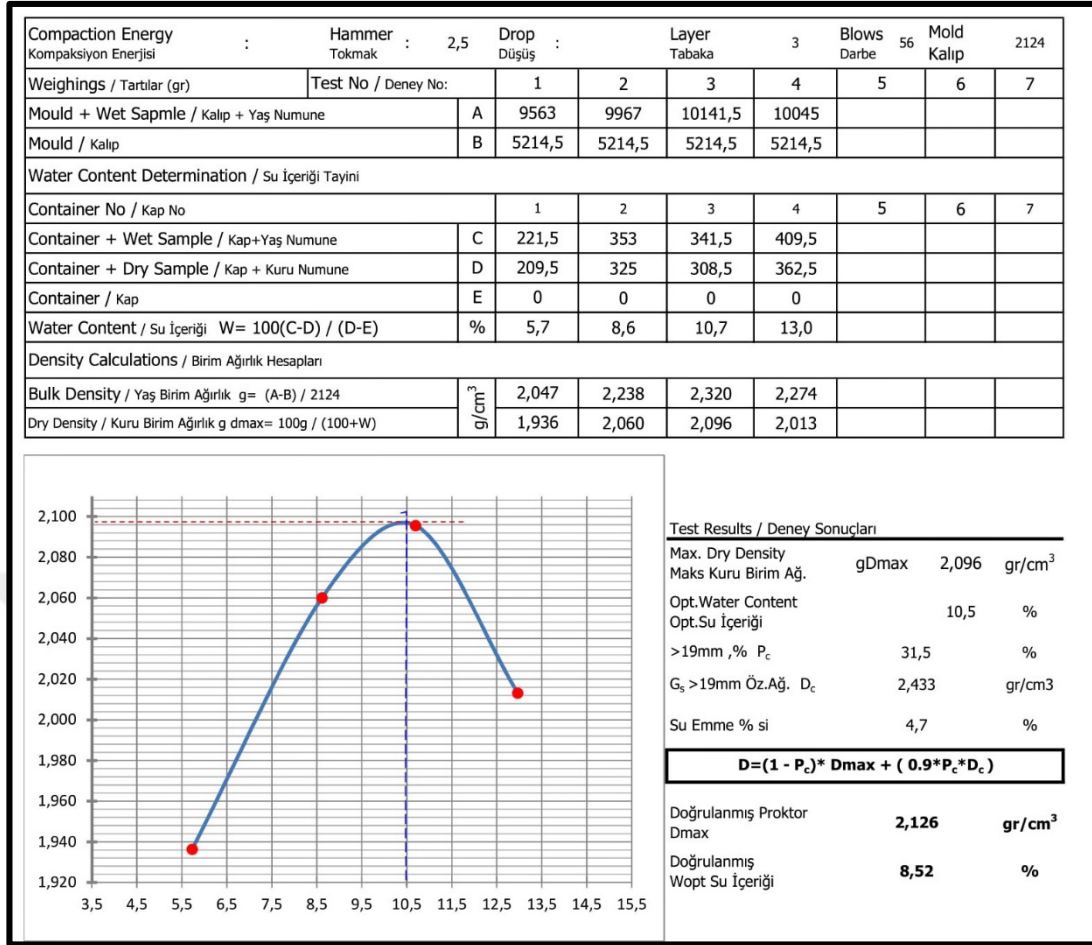
Şekil E.9. Demir çekme test görüntüsü.



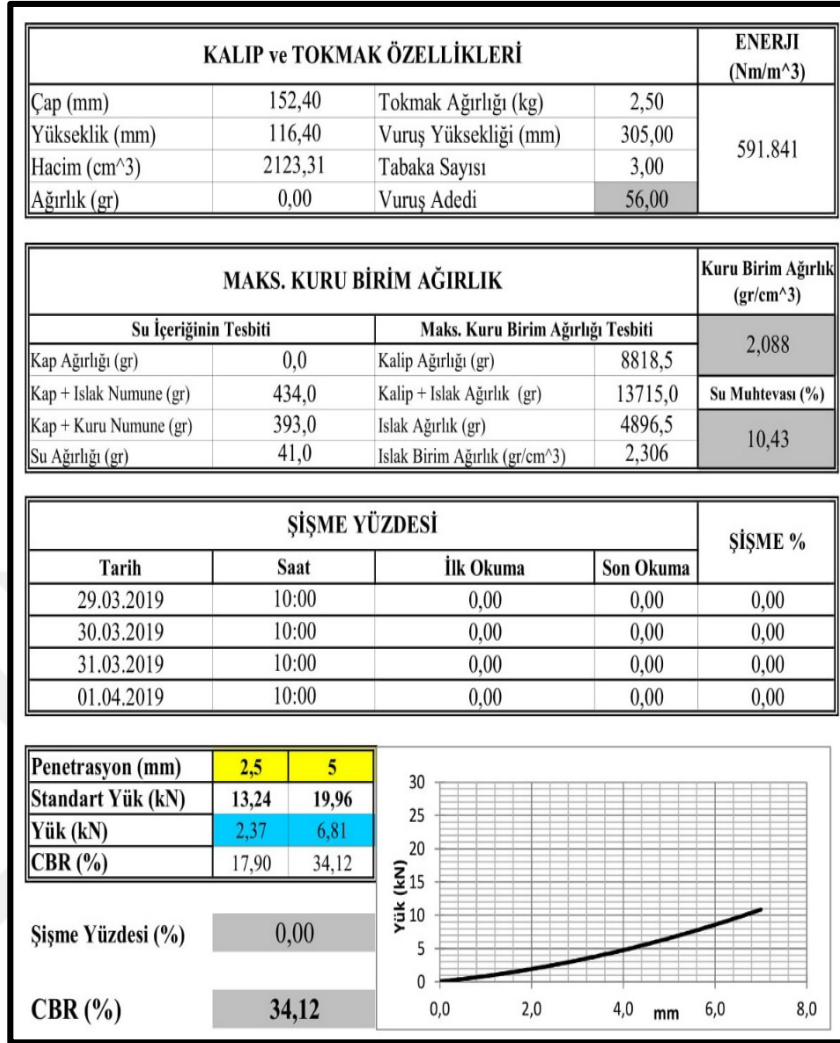
Şekil E.10. Dolgu malzemesi elek analizi



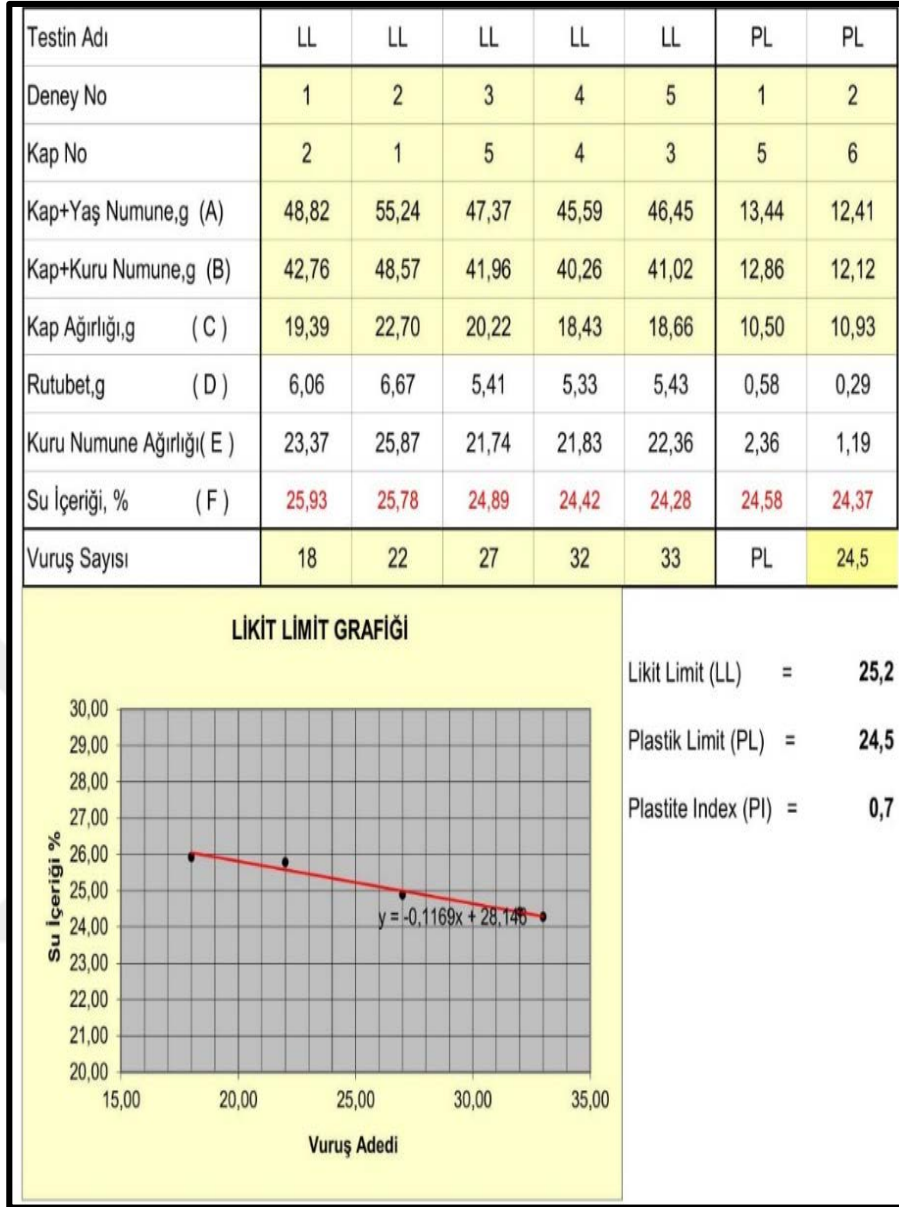
Şekil E.11. Toprakarme dolgu malzemesi kıvam limitleri su emme deneyi.



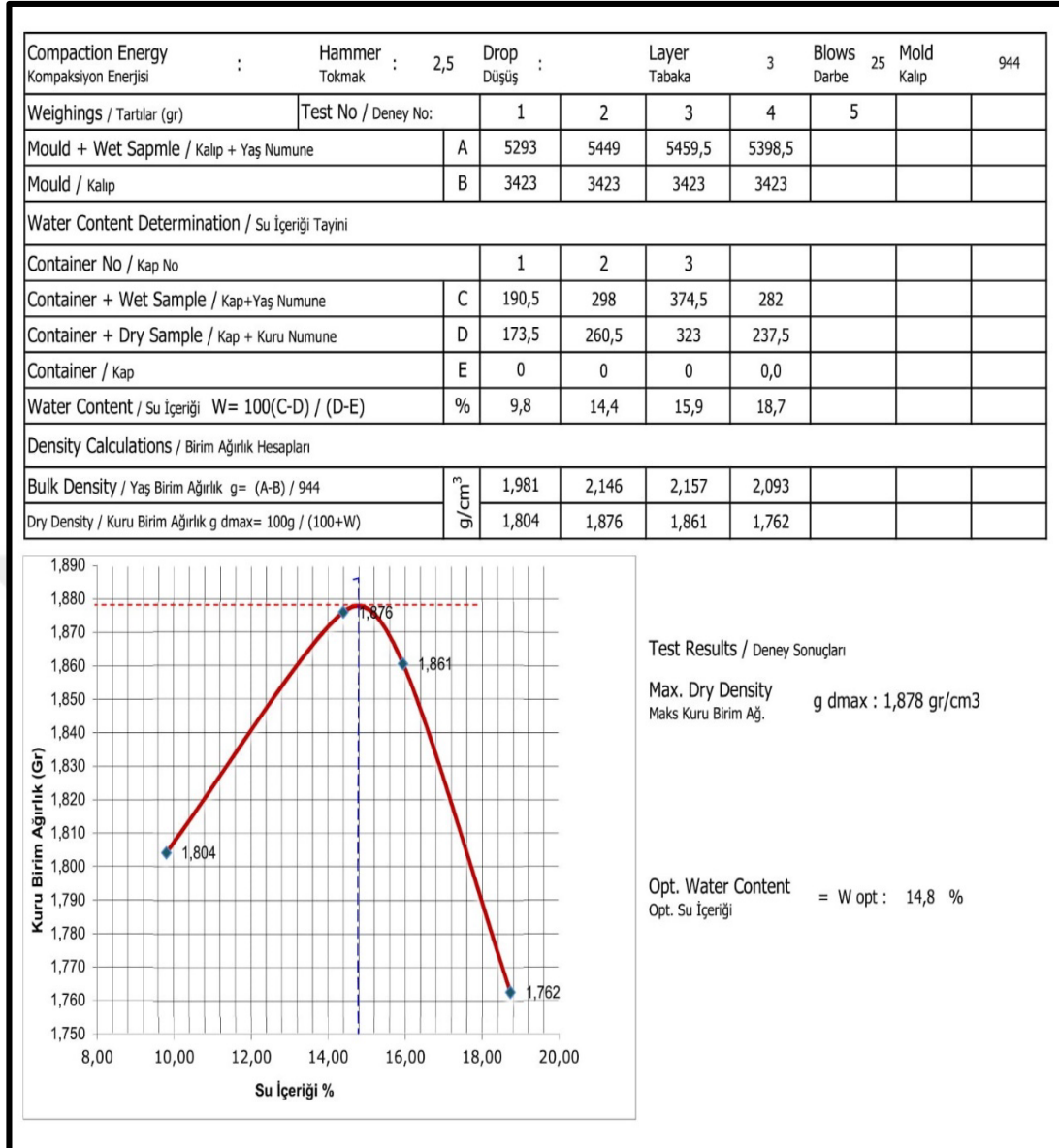
Şekil E.12. Toprakarme dolgu malzemesi standart proctor deneyi.



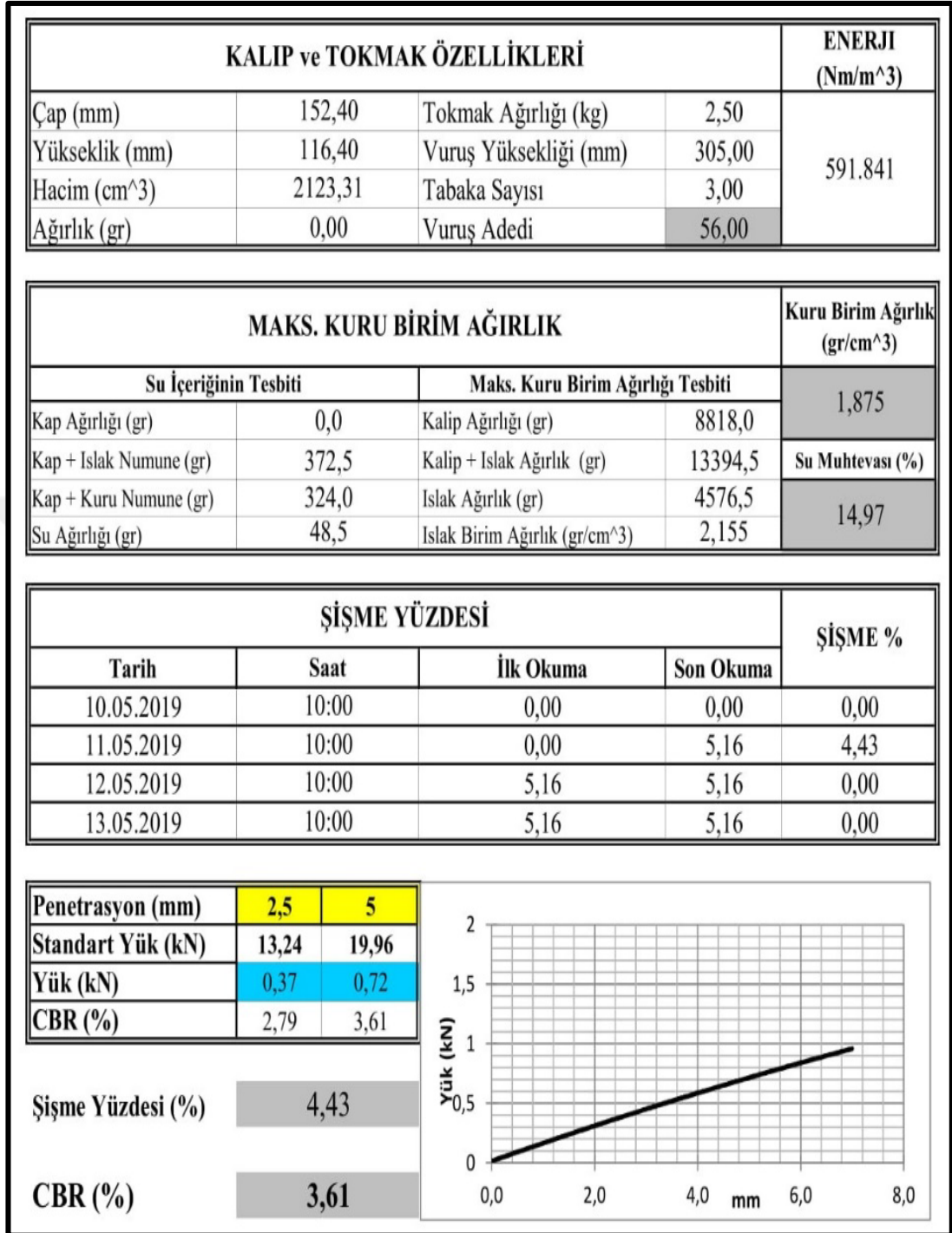
Şekil E.13. Kaifornia taşıma oran CBR deneyi.



Şekil E.14. Kazı malzemesi Kıvam limitleri deneyi.

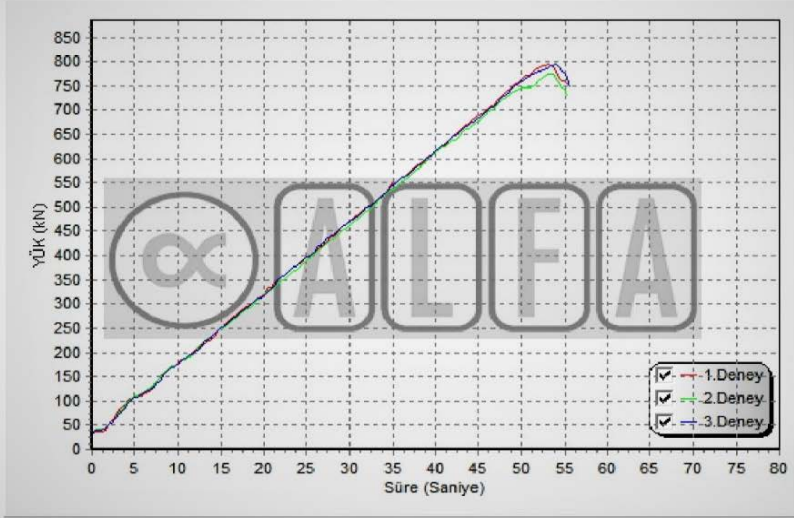


Şekil E.15. Kazı malzemesi proctor deneyi.



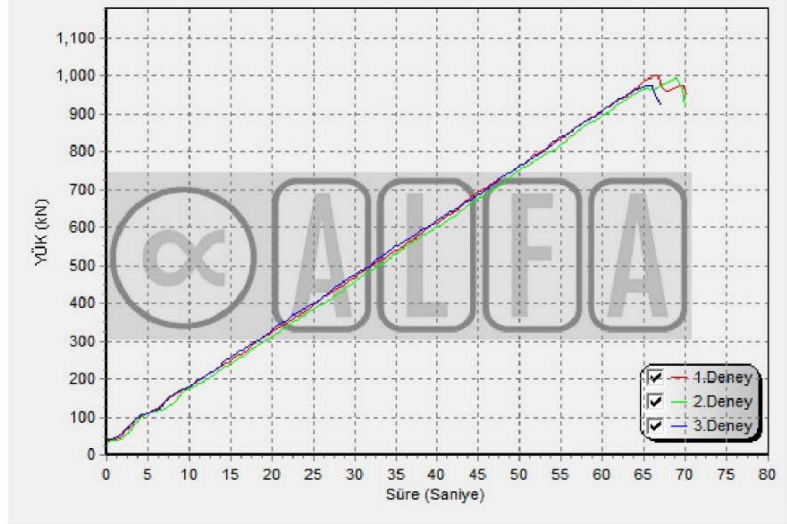
Şekil E.16. CBR deneyi.

Beton Sınıfı : C30
Pafta/Ada/Parsel : Başlık Kirişi (Şişlenmiş Numune)
Numune Yaşı(Gün) : 7



No	Ağırlık gr.	Birim ağırlık g/cm ³	Çap (cm)	En (cm)	Boy (cm)	Kesit Alanı (cm ²)	Basma Muk. (N/mm ²)	Basma Kuv. (kN)
1	8110	0.00	15	15	225.00	35.29	794.02	
2	8090	0.00	15	15	225.00	34.49	776.12	
3	8110	0.00	15	15	225.00	35.28	793.83	

Şekil E.17. Köprü başlık kirişi beton numunesi



No	Ağırlık gr.	Birim ağırlık g/cm ³	Çap (cm)	En (cm)	Boy (cm)	Kesit Alanı (cm ²)	Basma Muk. (N/mm ²)	Basma Kuv. (kN)
1	8110	0.00	15	15	225.00	44.49	1000.94	
2	8090	0.00	15	15	225.00	44.13	992.90	
3	8090	0.00	15	15	225.00	43.40	976.58	

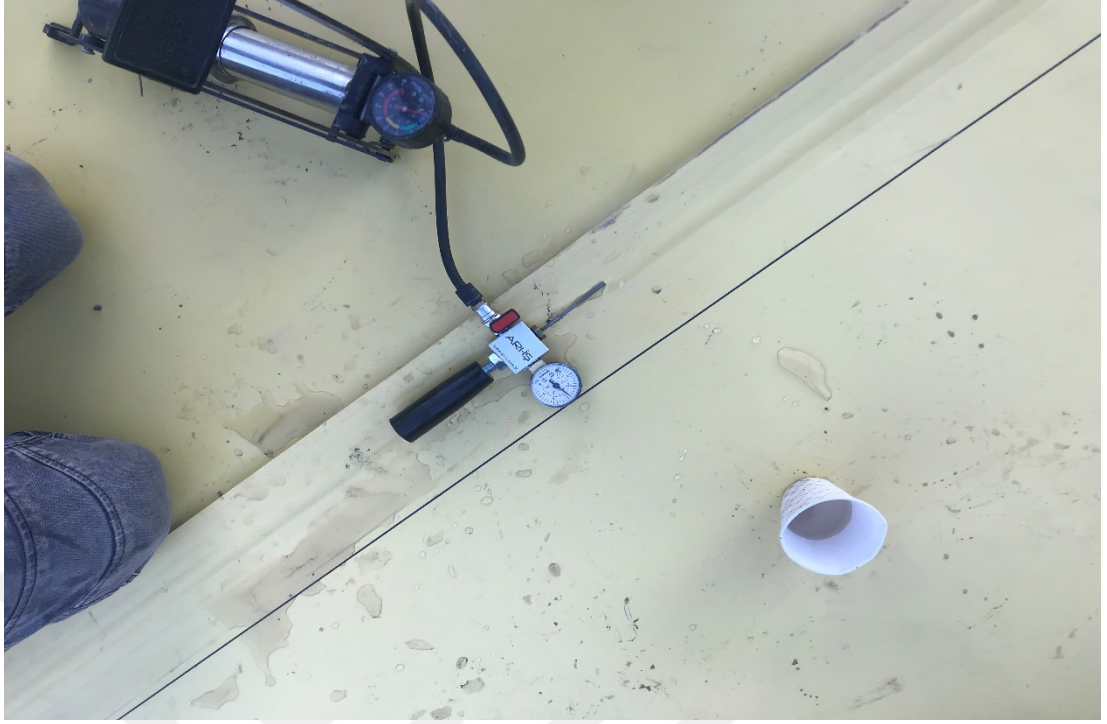
Şekil E.18. Fore kazık 28 günlük C30 beton numunesi.



Şekil E.19. Köprü poroz beton drenajı



Şekil E.20. Yalıtım sızdırmazlık testi.



Şekil E.21. Yalıtım sızdırmazlık basınç uygulaması.



Şekil E.22. Üst yapı sıkıştırma testi.



Şekil E.23. Kırmetaş malzeme ile dolgu yapılması.



Şekil E.24. Yüzbaşılar Köprü üstten görünüşü.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Mutman U.,**Abbasoğulları G.**, Soil Improvement Methods in Bridge Foundations and Field Application, *International Symposium on Engineering Natural Sciences and Architecture*,Kocaeli,Türkiye.2-4 Mayıs 2019.



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Elazığ'da doğdu. 2004 yılında girdiği, Fırat üniversitesinden İnşaat Mühendisi olarak 2009 yılında mezun oldu. 2015 yılında girdiği Kocaeli üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimine tez çalışmasıyla devam etmektedir.

