



**T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ORTAOKULU (ARTVİN-MERKEZ) İNŞAAT
ALANINDAKİ TEMEL KAZISI ŞEVLERİNİN
DURAYLILIK ANALİZİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet Umutcan AKMAN

**Danışman
Doç. Dr. Ayberk KAYA**

**RİZE
2022**

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Doç. Dr. Ayberk KAYA danışmanlığında, Mehmet Umutcan AKMAN tarafından hazırlanan *Gazi Ortaokulu (Artvin-Merkez) İnşaat Alanındaki Temel Kazısı Şevlerinin Duraylılık Analizi* adlı bu tez çalışması, 30/09/2022 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan	: Prof. Dr. Ali Osman YILMAZ	
Üye	: Doç. Dr. Ayberk KAYA	
Üye	: Doç. Dr. Erol YILMAZ	

ETİK BEYAN

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Gazi Ortaokulu (Artvin-Merkez) İnşaat Alanındaki Temel Kazısı Şevlerinin Duraylılık Analizi” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılacak bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

30/09/2022

Mehmet Umutcan AKMAN

ÖN SÖZ

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamalarında bilgi ve tecrübeleri ile yol gösterici olan ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında desteğini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Ayberk KAYA'ya şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans tez jürisinde yer alarak katkıda bulunan sayın Prof. Dr. Ali Osman YILMAZ'a ve sayın Doç. Dr. Erol YILMAZ'a teşekkür ederim. Yüksek lisans çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen anabilim dalı başkanı sayın Prof. Dr. Servet KARASU'ya saygılarımı sunarım.

Tez çalışması sırasında her zaman yanımda olan ve desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli aileme ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Umutcan AKMAN

2022/RİZE

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
KISALTMALAR.....	VII
TABLOLAR LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
GİRİŞ.....	1
1.GENEL BİLGİLER	3
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	3
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması	3
1.3. İklim ve Bitki Örtüsü	6
1.4. Sosyo - Ekonomik Bilgiler	7
1.5. Jeomorfoloji	7
1.6. Depremsellik	7
1.7. Bölgesel Jeoloji	9
1.8. Literatür Çalışmaları	10
1.9.Çalışma Alanı İçinde Yapılan Önceki Çalışmalar	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	14
2.1 Bulgular.....	15
2.1.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi	15
2.1.1.1 Madenler Formasyonu	15
2.1.1.2. Yamaç Molozları.....	17

2.1.2. Geoteknik Çalışmalar	18
2.1.2.1. Temel Araştırma ve İnklinometre Sondajları.....	19
2.1.2.2. Jeofizik Etüt Çalışmaları.....	22
2.1.2.3. Presiyometre Deneyleri.....	23
2.1.2.4. Geoteknik Amaçlı Laboratuvar Çalışmaları	23
2.1.2.5. Hidrolojik ve Hidrojeolojik Özellikler.....	24
2.1.3. Duraylılık Analizleri	25
3. SONUÇ	41
KAYNAKÇA.....	43
EKLER.....	45

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ana Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tez Türü : Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Doç. Dr. Ayberk KAYA

Hazırlayan : Mehmet Umutcan AKMAN

Yıl : 2022

Sayfa Sayısı : 66

ÖZET

GAZİ ORTAOKULU (ARTVİN-MERKEZ) İNŞAAT ALANINDAKİ TEMEL KAZISI ŞEVLERİNİN DURAYLILIK ANALİZİ

Bu çalışma kapsamında Artvin İli Merkez İlçesinde bulunan Gazi Ortaokulu inşaat sahasındaki kazı şevlerinin duraylılığını sağlamak için tasarlanmış olan iksa sisteminin analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sırasıyla arazi, laboratuvar ve analiz çalışmalarından oluşmaktadır. Bu amaçla yürütülen zemin ve temel etüdü çalışmaları kapsamında 5 adet araştırma sondajı açılmış, 2 profilde MASW çalışmaları yapılmış ve 3 kuyuda presiyometre ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İksa projesi çalışmaları için 3 adet inklinometre sondaj kuyusu daha açılmıştır. Çalışma alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru Jura-Kratese yaşlı volkano-tortul kayaçların ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozlarının (eski heyelan malzemesi) yüzeyleme verdiği belirlenmiştir. Yamaç molozlarının üstünde 1,5-3,0 m. kalınlığında dolgu malzemesi seviyesi bulunmaktadır. Kazı işlemi dolgu malzemesi ve yamaç molozlarının içinde yapılacaktır. Kazı alanının duraylılığını sağlamak amacıyla Ø: 80 cm çaplı ankrajlı (Ø: 0.6") fore kazıkların ve konsol fore kazıkların uygulanması planlanmıştır. Önerilen iksa sistemi Plaxis programı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemine göre analiz edilmiş ve tasarlanan iksa sisteminin kazı duraylılığını sağlama yeterli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Duraylılık Analizi, Sonlu Elemanlar Metodu, Plaxis, Derin Kazı, İksa Sistemi

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Civil Engineering
Thesis Type : Master Thesis
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ayberk KAYA
Author : Mehmet Umutcan AKMAN
Year : 2022
Pages : 66

ABSTRACT

**SLOPE STABILITY ANALYSIS OF THE FOUNDATION EXCAVATIONS
IN THE CONSTRUCTION SITE OF GAZI SECONDARY SCHOOL
(ARTVİN-CENTER)**

Within the scope of this study, the analysis of the shoring system designed to ensure the stability of the excavation slopes at the Gazi Secondary School construction site in the Central District of Artvin was made. The studies consist of field, laboratory and analysis studies, respectively. For this purpose, within the scope of the foundation surveys, 5 boreholes were drilled, MASW studies were carried out in 2 profiles and pressiometer tests were performed in 3 boreholes. 3 inclinometer boreholes were drilled for the shoring project works. It has been determined that the Jurassic-Cretaceous aged volcano-sedimentary rocks and Quaternary aged slope debris (ancient landslide material) outcrop in and around the study area. There is a 1,5-3,0 m thick layer of filling material on the slope debris. Excavation will be carried out both in filling material and slope debris. In order to ensure the stability of the excavation area, it has been planned and designed to use Ø: 80 cm diameter anchored (Ø: 0.6") bored piles and cantilever bored piles. Within the scope of the this study, the shoring system was analyzed according to the finite element method based Plaxis program and as a result of the analyzes, it was determined that the designed shoring system is sufficient to provide excavation stability.

Keywords: Stability Analysis, Finite Element Method, Plaxis, Deep Excavation, Retaining System

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materials
c	: Kohezyon (kPa)
CH	: Yüksek Plastisiteli Kil
CL	: Düşük Plastisiteli Kil
CU	: Konsolidasyonlu-Drenajsız Deney
Doç. Dr.	: Doçent Doktor
d_n	: Doğal Yoğunluk (gr/cm^3)
E_d	: Deformasyon Modülü (kg/cm^2)
E_i	: Elastisite Modülü (GPa)
H	: Kazı Derinliği (m)
ISRM	: International Society for Rock Mechanics
İK	: İnklinometre Kuyusu
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
LL	: Likit Limit (%)
MTA	: Maden Tetkik Arama
MASW	: Çok Kanallı Yüzey Dalgası
PI	: Plastisite İndisi (%)
PL	: Plastik Limit (%)
Prof. Dr.	: Profesör Doktor
SC	: Killi Kum
SK	: Sondaj Kuyusu
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
USCS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması
V_p	: Elastik Dalganın Boyuna Yayılma Hızı (m/s)
V_s	: Elastik Dalganın Enine Yayılma Hızı (m/s)
YASS	: Yeraltı Suyu Seviyesi
ν	: Poisson Oranı
ω	: Su Muhtevası (ω)

ϕ	: İçsel Sürtünme Açısı
γ_n	: Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)
γ_k	: Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)
γ_d	: Doygun Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)
$\emptyset$	: İnklinometre Borusu Çapı (mm)



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.	Çalışma alanında 2016, 2020 ve 2021 yıllarında açılan sondajlara ait teknik bilgiler.....	19
Tablo 2.	Açılan sondajlara göre zemin profilindeki değişimler	19
Tablo 3.	MASW yöntemine göre belirlenen dinamik-elastik özellikler	23
Tablo 4.	Presiyometre deneyine göre belirlenen elastisite modülü değerleri	23
Tablo 5.	Zemin örneklerine ait indeks, fiziksel ve mekanik özellikler.....	24
Tablo 6.	Modellemede kullanılan geoteknik parametreler.....	27
Tablo 7.	A-A Kesiti ankraj özellikleri.....	31
Tablo 8.	B-B Kesiti ankraj özellikleri	33
Tablo 9.	C-C Kesiti ankraj özellikleri.....	36
Tablo 10.	Sayısal analizler sonucunda elde edilen yerdeğiştirme değerleri....	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	4
Şekil 2.	Çalışma alanının uydu fotoğrafındaki görünümü.....	4
Şekil 3.	Gazi ortaokulu ve çevresinin arazideki görünümü.....	5
Şekil 4.	Artvin il merkezindeki eski heyelanın MTA çizim editöründeki görünümü.....	6
Şekil 5.	Çalışma alanının deprem tehlike haritasındaki yeri (a, b).....	8
Şekil 6.	Çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve kesit.....	17
Şekil 7.	Sondajların ve MASW hatlarının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü.....	18
Şekil 8.	Analiz kesitlerinin uydu fotoğrafındaki yaklaşık konumu.....	28
Şekil 9.	A-A kesitinde konsol fore kazık durumu için deforme olmuş ağ grafiği.....	29
Şekil 10.	A-A kesitinde konsol fore kazık durumu için yatay deplasman grafiği.....	30
Şekil 11.	A-A kesitinde konsol fore kazık durumu için düşey deplasman grafiği.....	30
Şekil 12.	A-A kesitinde konsol fore için kazık yatay yerdeğiştirme grafiği....	30
Şekil 13.	A-A kesiti ankrajlı fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği.....	32
Şekil 14.	A-A kesiti ankrajlı fore kazık için yatay deplasman grafiği.....	32
Şekil 15.	A-A kesiti ankrajlı fore kazık için düşey deplasman grafiği.....	32
Şekil 16.	A-A kesiti ankrajlı fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği.....	33
Şekil 17.	B-B Kesiti ankrajlı fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği.....	34
Şekil 18.	B-B Kesiti ankrajlı fore kazık için yatay deplasman grafiği.....	34
Şekil 19.	B-B Kesiti ankrajlı fore kazık için düşey deplasman grafiği.....	35
Şekil 20.	B-B kesiti ankrajlı fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği.....	35
Şekil 21.	C-C Kesiti ankrajlı fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği.....	36
Şekil 22.	C-C Kesiti ankrajlı fore kazık için yatay deplasman grafiği.....	37
Şekil 23.	C-C Kesiti ankrajlı fore kazık için düşey deplasman grafiği.....	37

Şekil 24.	C-C Kesiti ankrajlı fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği.....	37
Şekil 25.	D-D Kesiti konsol fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği.....	38
Şekil 26.	D-D Kesiti konsol fore kazık için yatay deplasman grafiği.....	39
Şekil 27.	D-D Kesiti konsol fore kazık için düşey deplasman grafiği.....	39
Şekil 28.	D-D Kesiti konsol fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği	39



GİRİŞ

Günümüzde hızla artan yapılaşma nedeniyle şehirlerdeki kullanılabilir boş alanlar büyük ölçüde azalmıştır. Kentleşmenin gereği olarak artan ihtiyaçlara bağlı inşa edilecek yapılar dar alanlarda yüksek katlı olarak yapılmaya başlanmıştır. Ayrıca, otopark, depo, sığınak gibi ek alanların bulunma zorunluluğu nedeniyle betonarme binalar yeraltı seviyesinden başlayarak yapılmaktadır. Mevcut yapı stokunun bir kısmının olası depremlere dayanıksız olması ve ekonomik ömrünü tamamlaması gibi sebepler bu tarz yapıların yıkılması ve yeniden inşa edilmesi zorunluluğunu doğurmuştur. Belirtilen tüm bu sebeplerden dolayı yeni yapılacak inşaatlarda derin kazıların yapılması gerekmektedir.

Günümüzde makine-ekipman sayılarının ve çeşitlerinin artması, gelişen inşaat teknolojilerinin ekonomikleşmesi, mühendislik alanındaki bilgi ve tecrübe artışı derin kazıların yapılmasını mümkün kılmaktadır. Derin kazı yapılacak alanların yapılarla ve yollarla çevrili olması durumunda bu yapıların zarar görmesini önlemek ve kazı şevlerinde gerçekleşebilecek yer değiştirmeleri (deplasmanları) güvenli sınırlar içinde tutabilmek için destek yapıları inşa edilmelidir. Derin kazılarda kazı şevlerinin duraylılığının sağlanabilmesi için çeşitli iksa sistemleri kullanılmaktadır. Düşey yönde kullanılan destek sistemleri fore kazık, diyafram duvar, palplanş olarak; yatay yönde kullanılan destek sistemleri ise ankraj, çelik boru ve zemin çivisi olarak adlandırılmaktadır.

Derin kazı yapılacak alanlarda kazı işlemi sırasında ve sonrasında yatay gerilme boşalması nedeniyle kazı alanı çevresinde yer değiştirmeler oluşabilmektedir. Çevre yapıların ve inşaat sahasının güvenliğinin sağlanabilmesi için iksa sistemlerinin doğru şekilde uygulanması son derece önemlidir. Bu sayede zeminde oluşan yer değiştirmeler izin verilebilir sınırlar içinde tutulmaktadır. Kullanılacak iksa sisteminin istenilen şartları sağlaması için kazı öncende paket programlar kullanılarak performans analizlerinin yapılması gerekmektedir. Kazı sonrası yapılan çalışmalarda ise iksa sistemlerinin performansı için aletsel gözlem yöntemleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Aletsel gözlem yöntemleri sayesinde tasarımı yapılan iksa sisteminin sahadaki uygulanabilirliği, tasarım aşamasında yapılan kabullerin geçerliliği ve tasarım güvenlik kriterlerinin doğruluğu inşaat aşamasında ve sonrasında değerlendirilebilmektedir. Bu değerlendirmelerin

yapılabilmesi için geri analiz çalışmaları adı verilen yöntem kullanılmaktadır (Gökçek, 2014).

İksa sistemlerinin tasarımında güvenlik ve ekonomiklik kriterleri göz önünde bulundurulmaktadır. Güvenlik kriterlerinin sağlanabilmesi için kullanılması planlanan iksa sisteminin özellikleri, derin kazı yapılacak alanla ilgili zemin profili, yeraltı suyu seviyesi, inşa-kazı süreci ve inşaat alanı çevresindeki yapılaşma durumu bilinmelidir. Zemin yapısı hakkında bilgi edinebilmek için arazi ve laboratuvar çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda kazı şevlerine gelecek yanal yükler hesaplanmakta ve zemin parametreleri belirlenmektedir.

İksa sistemlerinin tasarımında, tasarımı yapacak mühendisi en çok zorlayacak etmenlerin başında zemin parametrelerinin seçimi gelmektedir. Tasarım hesaplarında kullanılacak olan, arazi ve laboratuvar deneyleriyle belirlenen zemin parametrelerinin doğru seçilmesi ve zemin profilinin gerçeğe en yakın şekilde analizi yapılacak tasarım modeline aktarılması gerekmektedir. Deney verilerine bağlı kalınarak yapılan hesaplarda her zaman doğru sonuca ulaşamayabilir. Bu nedenle tasarımı yapacak olan geoteknik mühendisi elde edilen deney verilerini yorumlamalı ve değerlendirmeli, eksik veya hatalı veri olduğunu düşündüğü durumlarda ek deneyler yaparak doğru verilere ulaşmalıdır (Hatinoğlu, 2021).

İksa sistemlerinde tasarım ve proje aşaması tamamlandıktan sonra sahada uygulama aşamasına geçilmektedir. Uygulama sırasında sahada çıkabilecek sorunlara hazırlıklı olunmalı ve iksa sistemindeki yer değiştirmeler sürekli olarak takip edilmelidir. Yer değiştirmeler inklinometre adı verilen ölçüm aleti yardımıyla izlenmektedir. Bu alet sayesinde belirli zaman aralıklarında gerçekleşen yer değiştirme sonuçlarına ulaşılabilir (Bülbul, 2015). İksa sistemindeki kabul edilebilir yer değiştirme miktarı sınırları aştığı zaman uygulama aşaması geçici olarak durdurulur ve ek önlemlerin alınmasına yönelik uygulama projesinde gerekli revizyonlar yapılır.

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı; Artvin İli, Merkez İlçesi, Çarşı Mahallesi Mevkiinde bulunan Gazi ortaokulu, halk eğitimi merkezi ve akşam sanat okulu binalarının yıkılarak yeni inşaat projesi kapsamında oluşturulacak temel kazısı şevlerinin duraylılığını sağlayacak iksa sisteminin tasarımını yapmaktır.

Bu kapsamda arazi, değerlendirme ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamalı geoteknik etüt çalışması gerçekleştirilmiştir. (i) Arazi çalışmaları kapsamında çalışma alanı ve çevresinde incelemeler yapılarak detay jeolojik haritalama işlemi yapılmıştır. Belirlenen uygun lokasyonlarda kazı aşamasındaki ve sonrasındaki deplasmanları ölçmek için açılacak inklinometre kuyularının lokasyonları ve temel kazısını kuru tutmak için açılacak pompaj çukurlarının konumları saptanmıştır. (ii) Değerlendirme çalışmaları kapsamında arazi ve önceki geoteknik çalışmalardan elde edilen veriler derlenmiştir. Bu çalışmada veri altlığı olarak ilgili parseller için Temmuz-2020 tarihinde Proteknik Mühendislik tarafından hazırlanan zemin ve temel etüt raporu esas alınmıştır. Bu kapsamda 5 adet araştırma sondajı açılmış, 2 profilde sismik kırılma çalışmaları yapılmış, 3 kuyuda prosiyometre ölçümleri gerçekleştirilmiş ve çalışmanın amacına uygun zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. (iii) Büro çalışmaları kapsamında ise elde edilen veriler kullanılarak, temel kazısı şevleri için sonlu elamanlar tabanlı paket programı yardımıyla duraylılığı sağlayacak iksa sistemlerinin tasarımı yapılmış ve deplasmanları önlemedeki performansları araştırılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

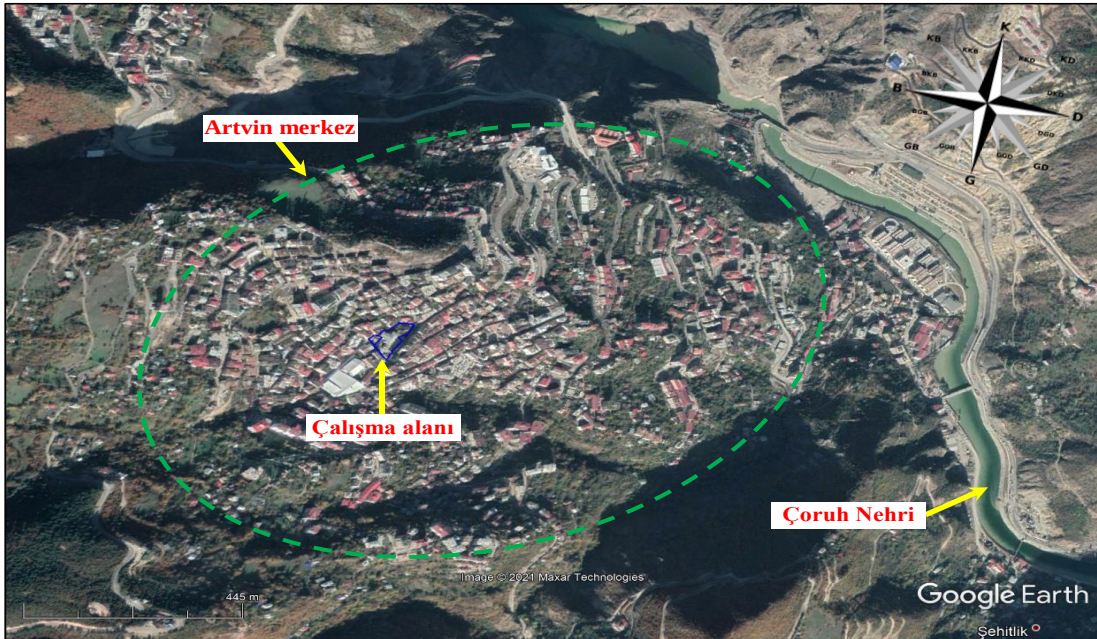
Çalışma alanı şekil 1'de görüldüğü üzere Artvin İli, Merkez İlçesi, Çarşı Mahallesi Mevkii, F47C07A3D2 pafta, 72 ada ve 6-20 parsellerini kapsamakta olup, yoğun yapılaşmanın olduğu alana şehir merkezi içinden geçen toplam 8 adet virajdan oluşan asfalt+beton bir yolla ulaşılmaktadır. Şekil 2'deki 1/25000 ölçekli Artvin F47-c1 paftasında yeralan çalışma alanının yaklaşık 1 km. kuzeydoğusundan Çoruh Nehri geçmektedir. Şekil 3'de çalışma alanının yıkım öncesi mevcut durumu görülmektedir. Çalışmanın konusunu oluşturan parsellerde yeni ortaokul hizmet binasının yapılması

ve ticaret alanı olarak değerlendirilmesi planlanmaktadır. Şekil 4'de görüldüğü üzere çalışma alanı, eski bir heyelana ait molozların oluşturduğu ve eğimi 20-25° arasında olan bir yamacın üzerinde konumlanmış durumdadır.



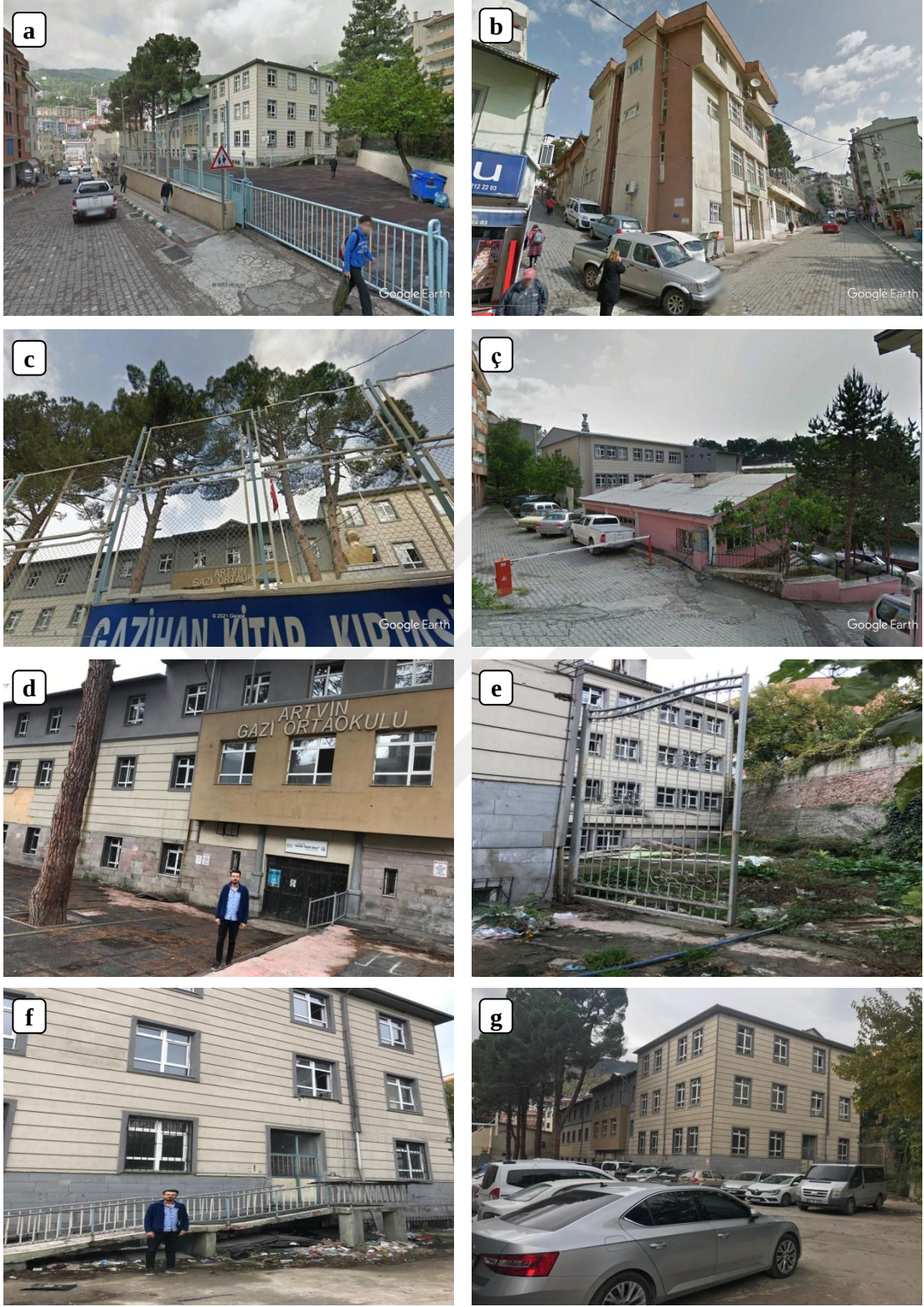
Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

Kaynak. www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMImages/Haritalar/b10.jpg



Şekil 2. Çalışma alanının uydu fotoğrafındaki görünümü

Kaynak. www.earth.google.com/web/search/artvin



Şekil 3. Gazi ortaokulu ve çevresinin arazideki görünümü



Şekil 4. Artvin il merkezindeki eski heyelanın MTA çizim editöründeki görünümü
Kaynak. www.yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx

Çalışma alanı Artvin Belediyesi yetki sınırları içinde kalmaktadır. 6 ve 20 nolu parsellerin bulunduğu imar adası ortaokul alanı ve ticaret alanı olarak planlıdır. Parsellerin bulunduğu alanda altyapı, üstyapı, enerji ve telekomünikasyon gibi hizmetlerin hepsi mevcuttur. Bunun haricinde çalışma alanının da içinde kaldığı bölge için Artvin Belediyesinin 2015 yılında hazırladığı imar planına esas jeolojik ve jeoteknik etüt raporunda 6 ve 20 nolu parseller yerleşime uygunluk açısından Önemli Alan 2.1.a (Önlem alınabilecek nitelikte stabilite sorunlu alanlar) olarak tanımlanmıştır.

1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Artvin ili, coğrafi konumu ve özellikleri nedeniyle Doğu Karadeniz Bölgesinde iklim yönünden en çok değişkenlik gösteren ildir. Kıyı kesimi ile Cankurtaran dağları arasında kalan bölümde her mevsim yağışlı tipik Karadeniz iklimi görülmektedir. Cankurtaran dağlarından Borçka ve Artvin merkeze kadar olan alanda kışları soğuk ve daha az yaz yağışları olan Karadeniz iklimi görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 12.1 C°'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 663 mm. olup, en kurak ay 26 mm. yağışla Ağustos ayıdır. Aralık, ortalama 87 mm. yağışla en fazla yağış alan aydır. Yılın en sıcak ayı 25.9 C° sıcaklıkla Ağustos ayıdır. Ocak ayında

ortalama sıcaklık 6.0 C° olup, yılın en düşük ortalamasıdır.

Artvin ili topraklarının yaklaşık %55'ini (390.000 ha) ormanlık alanlar oluşturmaktadır. İldeki ormanların büyük bölümü iğne yapraklı ağaçlardan oluşmaktadır. Bölgedeki yüksek dağların eteklerinden üst kısımlara doğru gidildikçe, önce yapraklı türler, sonra iğne yapraklı ağaçlar görülmektedir. Çalışma alanı ve çevresinin bulunduğu alan bitki örtüsü bakımından zengin değildir.

1.4. Sosyo - Ekonomik Bilgiler

Çalışma alanı ve çevresi oldukça engebeli arazilerden oluşmaktadır. Arazinin engebeli olması nedeniyle tarımsal faaliyet yapılabilen alanlar son derece kısıtlıdır. İklimin elverişli olması tarımsal üretimi olumlu yönde etkilemektedir. Tarımsal nüfusun çoğunluğu orman ürünleriyle uğraşmaktadır. Yöre endüstri açısından fazla gelişmemiş olup, sanayi faaliyetlerinin ekonomideki payı oldukça düşüktür. Bölge ekonomisine ihracata yönelik sanayileşme hakimdir.

1.5. Jeomorfoloji

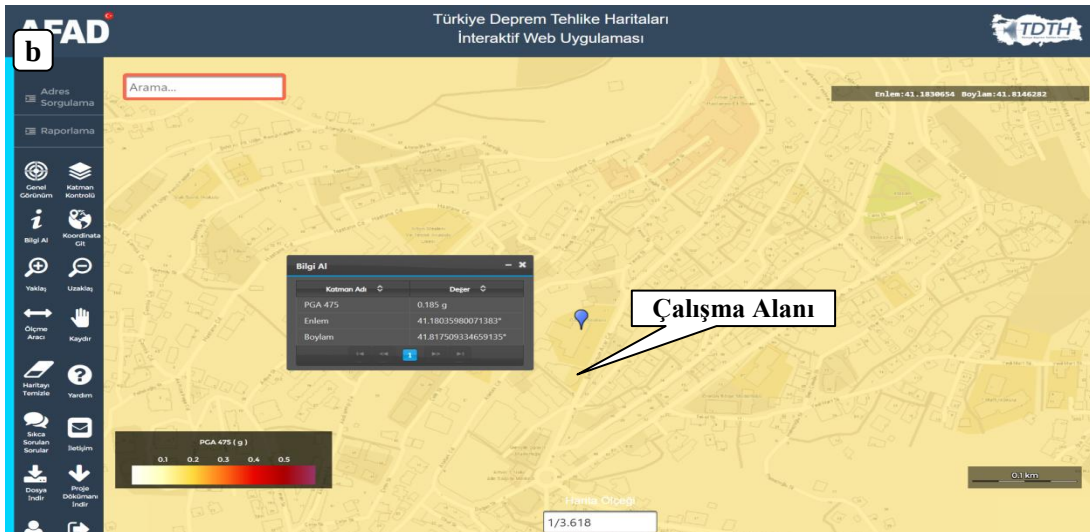
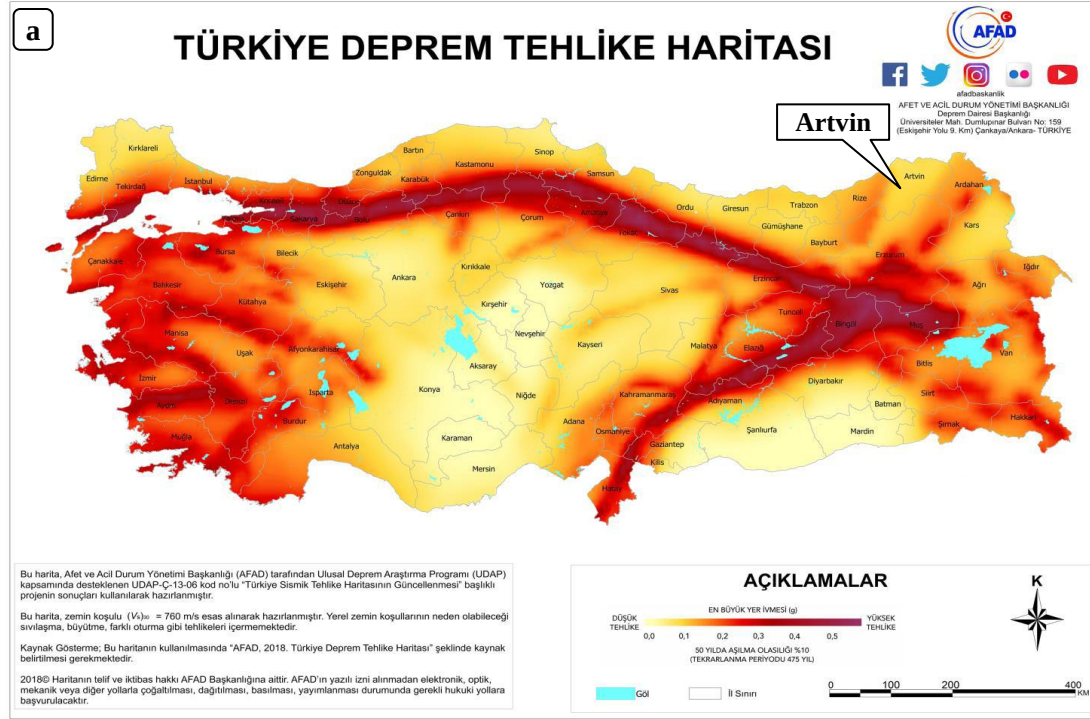
Yörede başlıca üç ana jeomorfolojik oluşum gözlenmektedir. Bunlar, güneyde su bölüm çizgisi boyunca doğu-batı doğrultusunda uzanan dağlık alanlar, kuzeyde Karadeniz kıyısı boyunca denizel şekillendirme sonucu oluşan Pleyistosen-Aktüel kıyı kuşağı ve bu iki ana ünite arasında yer alıp, akarsularca derince yarılmış plato ve tepelik alanlardır.

Üçüncü jeomorfolojik oluşum sınıfında kalan çalışma alanı, vadiler ve sırtlar arasında yaklaşık 190-700 m. kotlarında yer almaktadır. Çalışma alanı, dar V şekilli olan Çoruh vadisinin sol yamacında bulunmaktadır. Proje alanı ve çevresinde sarp bir topografya hakim olup, yamaçların ortalama eğim açısı ise 20°-25° arasında değişmektedir.

1.6. Depremsellik

İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığının Şekil 5a ve Şekil 5b'de verilen "Türkiye Deprem Tehlike Haritası"na göre çalışma alanındaki deprem kaynaklı beklenen ivme değeri 0.185 g. olup, "düşük tehlike" kategorisindedir. Bu nedenle çalışma alanı depremin yıkıcı etkisine maruz

kalma tehlikesi altında değildir. Artvin ili, önemli deprem kuşakları üzerinde yer almadığı gibi son yüzyıl içinde kayda değer bir depreme de maruz kalmamıştır. Buna rağmen, Erzincan-Reşadiye-Havza boyunca uzanan Kuzey Anadolu Fayına (KAF) bağlı olarak oluşan güçlü depremlerin zayıf yansımaları hissedilmiş, ancak bunlar tarihte hiçbir zaman can ve mal kaybına neden olmamıştır.



Şekil 5. (a, b) Çalışma alanının deprem tehlike haritasındaki yeri

Kaynak. www.tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml

1.7. Bölgesel Jeoloji

Ketin (1966), tektonik üniteleri Türkiye'nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Karadeniz Dağları, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Ayrıca, Karadeniz Dağlarını, "Doğu Karadeniz Dağları" ve "Batı Karadeniz Dağları" olmak üzere ikiye ayırmıştır. Doğu Karadeniz Dağlarındaki Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney ve kuzey bölümlere ayrılmıştır (Ketin, 1966).

Doğu Karadeniz Dağlarında temel teşkil ettikleri kabul edilen Paleozoyik yaşlı kayaçlar kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Dağlarının Güney Zonunda egemen olan bu kayaçlar, Kuzey Zonunda seyrek olarak görülürler. Temeli oluşturan metamorfik kayaçlar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşlı granitoidik kayaçlar tarafından kesilmişlerdir. Liyas yaşlı volkano-tortul kayaçlar, Gümüşhane bölgesinde Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelirler ve konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadırlar. Giresun-Aksu civarında Liyastan başlayarak Erken Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizma "Alt Bazik Seri" olarak adlandırılmaktadır. Malm-Erken Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşları, Liyas yaşlı volkanik kayaçlar üzerine uyumlu olarak gelmektedirler. Doğu Karadeniz Dağlarının Güney Zonunda sürekli bir şekilde görülmelerine rağmen, Kuzey Zonda mercekler ve olistrostromlar halinde bulunurlar. Plütonik kayaçlar Permo-Karboniferden Eosen sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granite kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayaçlardan oluşmuşlardır. Bu granitik plütonlar, Paleozoyik, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca 3 zaman periyodunda sokulum yapmışlardır. Bunlardan Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoyidi, metamorfik kayaçları keserek yerleşmiştir. Jura-Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayaçlarla dokanak ilişkisindedir. Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler. Doğu Karadeniz Dağlarında, Geç Kretase iki farklı özellikte görülmektedir. Doğu Karadeniz Dağlarının Kuzey Zonunda magmatik kayaçlar egemen iken, Güney Zonunda ise volcano-tortul kayaçlar yer alır. Geç Kretasede kılavuz seviye olarak kabul edilen kırmızı kireçtaşları, Güney Zonda tek bir seviye halinde ve Geç

Kretasenin tabanında görülmekte, Kuzey Zonda ise birkaç seviye halinde volkaniklerle ara katkılı olarak bulunmaktadır. Doğu Karadeniz Dağlarının Kuzey Zonunda Geç Kretasenin tabanı tartışmalıdır. Geç Kretasenin üzerindeki bazik volkanikler kısmen Eosende de devam ederek “Üst Bazik Seri”yi oluşturmuşlardır. Doğu Karadeniz Dağlarının Güney Zonunda Geç Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi bordo renkli kırmızı kireçtaşları uyumlu olarak üstlemektedir. Volcano-tortul seriden oluşan birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Geç Kretase-Paleosen geçişi Doğu Karadeniz Dağlarında yer yer gözlenmektedir. Geç Kretase yaşlı flişle başlayan istif, uyumsuz olarak konglomera ve mikritik kireçtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı Kale Formasyonuna geçmekte ve Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu ile örtülmektedir. Eosen, Karadeniz Dağlarında genellikle Kretase ve Paleosen yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile gelmekte ve bunları andezit ve piroklastitleri ile fliş çökellerinden oluşan seriler üstlemektedir. Oligosen, Trabzon, Ünye ve Fatsa yörelerindeki sahil kesimlerinde görülmektedir. Neojene ait tortullar Trabzon-Akçaabat ve Rize-Pazar sahillerine yakın yerlerde mevcuttur. Kuvaterner yaşlı oluşuklar traverten ve alüvyonlardan oluşmaktadır (Güven, 1993).

1.8. Literatür Çalışmaları

Engin (2008), “Destekli derin kazılarda yapılan inklinometrik ölçümler ile sonlu elemanlar analizlerinin karşılaştırılması” isimli çalışmada; iksa sistemleri kullanılarak yapılan derin kazıların sonlu elemanlar yöntemi prensibi ile çalışan Plaxis programı ile analizini gerçekleştirmiş ve analiz sonuçlarını yanal yer değiştirme ölçümlerinde kullanılan inklinometre sonuçları ile karşılaştırmıştır. Derin kazı sistemlerinde inklinometre ölçümlerinin yanal deplasmanları belirlemede etkili bir gözlem yöntemi olduğunu belirtmiştir. Yaptığı karşılaştırma sonucunda bilgisayar programları ile yapılan analiz sonuçlarının ölçüm sonuçlarıyla uygun olduğunu belirtmiştir.

Başeski (2008), “Derin kazılarda iksa sistemi üzerine bir inceleme” isimli çalışmada; derin kazılarda iksa sistemi tasarımı yapılabilmesi ve tasarlanan iksa sistemlerinin zemin etkisi altındaki değişimini gözlemleyebilmek için İksa2008 adlı programı geliştirmiştir. Bu program ile çeşitli ankrajlı sistemlerin analizini yaparak

sonuçları değerlendirmiştir.

Ük (2009), “Derin kazılar ve derin kazılara bir örnek: Flame Towers projesi iksa sistemi” isimli çalışmasında; günümüzde yer altına inşa edilen yapılar ve modern bina temellerinin yapılabilmesi için gerçekleştirilen derin kazılarda dikkat edilmesi gereken hususlara değinmiştir. İksa sistemi tasarımı yapılması için gerekli olan bilgilere detaylı yer vermiştir. Öngermeli zemin ankrajlı kazı yöntemi kullanılarak yapılacak derin kazı tasarımı hakkında bilgiler vererek örnek bir projenin analiz değerlerini ölçüm sonuçları ile karşılaştırmıştır.

Karakoç (2010), “Derin kazıların sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sayısal çözümü” isimli çalışmasında; seçtiği örnek çalışma sahasında yapılan çok sıralı ankrajlı iksa sistemi üzerine etkiyen yanal basınçların hesaplanması üzerinde durmuştur. Alanda uygulanan iksa sistemini üç farklı mühendislik yazılımı üzerinden sonlu elemanlar yöntemi ile çözümlemiştir. Yazılımların kullanılması sonucu elde edilen deformasyon miktarları, ankraj yükleri ve kesit tesirlerini karşılaştırmıştır. Sonlu elamanlar yöntemi kullanan analiz programlarının mühendislik çözümlerinde doğru ve güvenilir sonuçlara hızlı ulaşabilmek için önemli olduğu sonucuna varmıştır.

Gökçek (2014), “Derin kazılar nedeni ile oluşan deplasmanların ileriye ve geriye doğru analizi” isimli çalışmasında; derin kazılarda destek sistemi tasarımında kullanılan yaklaşımları karşılaştırmıştır. Aletsel gözlemlene verilerini kullanarak yumuşak alüvyon bir zeminde yapılacak derin kazının geriye doğru nümerik analizini gerçekleştirmiştir.

Bülbül (2015), “Derin kazılarda farklı iksa sistemlerinin tasarımının ve deformasyonlarının incelenmesi” isimli çalışmasında; Samsun ilinde bulunan seçtiği inceleme alanında yapılacak olan çevre düzenlemesi işi kapsamında çevre yapıların korunması için yapılması planlanan iksa sisteminin tasarımını ele almıştır. Tasarımı bilgisayar programı üzerinden geoteknik çalışmalar sonucu elde edilen verilere dayanarak yapmıştır. Tasarım sonucunda veriler kontrollü olarak değiştirildiğinde kazı alanında yaşanabilecek büyük deformasyonlar modellemiş ve zemin parametrelerinin doğru girilmesinin önemini vurgulamıştır.

Erzenoğlu (2015), “Ankrajlı iksa sistemlerinde öngerme kuvvetinin kazı davranışı üzerindeki etkisi” isimli çalışmasında; derin kazılarda şevlerin duraylılığını

sağlamak için kullanılan öngermeli ankrajlar üzerinde durmuştur. Bilgisayar yazılımları ile yapılan analizler sonucunda öngörme kuvvetinin artması ile iksa sistemi arkasında yatay yer değiştirmelerin azaldığını gözlemlemiştir. Ankrajlı diyafram perdelerde öngörme uygulanmasının kazı alanında daha derine inilmesine imkân verdiğini belirtmiştir.

Özcan (2018), “Vadi İstanbul Park 3. etap projesi derin kazısı vaka analizi” isimli çalışmasında; derin kazılarda kullanılan destekleme sistemleri hakkında bilgi vermiştir. Destekleme sistemlerine etki eden kuvvetler ve bu kuvvetlerin zemin sınıfına göre değişimini incelemiştir. Kazı yapılacak inşaat alanında destekleme sistemi seçiminde önemli olan parametreler ve bu parametrelerin değişiminin sisteme etkilerini incelemiştir. İnceleme alanında kullanılan iksa sisteminin özelliklerini ve yapım yöntemlerini açıklamıştır. Uygulama sonucunda elde edilen verileri değerlendirmiştir.

Yılmaz (2019), “Bir iksa sisteminin iki ve üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile çözülmesi ve saha ölçümleri ile karşılaştırılması” isimli çalışmasında; iksa sistemleri tasarımı yapılırken arazide gerçekleştirilen aletsel gözlemlerin önemi üzerinde durmuştur. Bilgisayar programları ile yapılan analizlerin sahada ölçüm sonuçları ile bulunan analizlerle karşılaştırmasını yapmıştır. Farklı kazı uzunluğu seçimlerinin çevre yapılara etkilerine değinerek çalışmasını tamamlamıştır.

İdikurt (2019), “Derin kazılarda iksa sistemlerinin tasarım deformasyonlarının aletsel gözlemlerle karşılaştırılması” isimli çalışmasında; İstanbul’da inşa edilen Gaziosmanpaşa Hükümet konağı derin temel kazısının destekleme sistemini bilgisayar programı kullanarak analiz etmiştir. Yaptığı analizde elde ettiği sonuçları uygulama sırasında aletle ölçüm yöntemiyle elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmış, analiz deformasyon değerinin uygulama deformasyon değerinden büyük olduğu sonucuna varmıştır.

Dağ (2021), “Derin kazılarda iksa yapılarının tasarımı ve inkolonometrik ölçümlerle tasarımın karşılaştırılması: Kadıköy ilçesi kentsel dönüşüm projesi örneği” isimli çalışmasında iksa sistemlerinin derin kazıların yapılmasındaki önemi üzerinde durmuş, iksa sistemlerinin çeşitleri hakkında bilgiler vermiş, çalışma sahasındaki iksa sisteminin analizini Plaksis programı aracılığıyla gerçekleştirmiştir.

Hatinoğlu (2021), “Derin kazıların sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi

ve analizi” isimli çalışmasında; derin kazılarda kazı şevlerine etki eden yanal basınçların hesaplama yöntemlerini incelemiştir. Derin kazıların yapılabilmesi için gerekli iksa sistemlerinin tasarımını Rize Avm ve Çoklu Konut Projesi örneği üzerinden değerlendirerek sonlu elemanlar yöntemi kullanan bilgisayar programı ile yapmıştır. Analiz sonucu bulduğu değerleri uygulama sahasında okunan değerlerle karşılaştırdığında zemin parametrelerinin doğru belirlenmesi ile bilgisayar programlarının güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Özalp (2022), “Metro istasyonu derin kazı sistemlerinin sonlu elemanlar analizi: vaka analizi” isimli çalışmasında metro istasyonu derin kazılarında kazı şevlerinde analizler sonucu hesaplanan yatay deplasman değerlerini inşaat sahasında aletle gözlem çalışmaları ile ölçülen yatay deplasman değerleriyle karşılaştırmıştır. Analiz çalışmaları sırasında sonlu elemanlar yöntemi prensibi ile çalışan Plaxis programını kullanmıştır. Analiz sonucu elde edilen verileri sahada elde edilen veriler ile karşılaştırmış ve yatay deplasman değerlerinin benzer olduğu sonucuna varmıştır.

1.9. Çalışma Alanı İçinde Yapılan Önceki Çalışmalar

Çalışma alanının da içinde bulunduğu 72 ada ve 6-20 nolu parsellerde daha önceden planlanan ancak inşası gerçekleşmeyen bir bina projesi için Geoteknik Mühendislik firması tarafından Ağustos-2016 tarihinde zemin etüt çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ilgili parseller içinde toplam derinliği 73 m. olan 2 adet temel araştırma sondajı açılmıştır.

İlgili proje çalışması kapsamında Temmuz-2020 tarihinde Proteknik Mühendislik tarafından zemin ve temel etüt raporu hazırlanmıştır. Bu kapsamda toplam derinliği 150 m. olan 5 adet araştırma sondajı açılmış, 2 profilde jeofizik etüt olarak MASW çalışmaları yapılmış, 3 kuyuda presiyometre ölçümleri gerçekleştirilmiş ve çalışmanın amacına uygun zemin mekaniği deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Mayıs-2021 tarihinde ise Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Rektörlüğüne proje alanında oluşturulacak temel kazısının duraylılığının araştırılmasına ve iksa tasarımına yönelik geoteknik etüt raporu hazırlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada; Artvin İli, Merkez İlçesi, Çarşı Mahallesi Mevkiindeki 72 ada ve 6-20 parsellerde bulunan Gazi ortaokulu, halk eğitimi merkezi ve akşam sanat okulu binalarının yıkılarak yapılması planlanan inşaatın temel kazısına ait şevlerin duraylılığını sağlayacak iksa sisteminin tasarımı yapılmış ve performansı geoteknik açıdan incelenmiştir.

Çalışma alanının ve çevresinin jeolojisini tanımlamak amacıyla 1/10000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve yüzeylenen kayaçların stratigrafisi ortaya konmuştur. Genel jeoloji çalışmalarıyla elde edilen sonuçlar, inceleme alanı ve çevresinde önceden yapılmış olan araştırmalarla karşılaştırılarak düzenlenmiştir.

İnceleme alanındaki birimlerin değişim aralıklarını saptamak, zeminin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla örnekleme yapmak, kuyu içi deformasyon deneyleri gerçekleştirmek ve yeraltı suyu seviyesinin konumunu tespit etmek için toplam 150 m. uzunluğunda 5 adet temel araştırma sondajı yapılmıştır.

Bu sondajlara ilave olarak proje alanında uygulanması planlanan destekleme sisteminde temel kazısı sırasında oluşabilecek deformasyonları tespit etmek için her biri 40 m. uzunluğunda olan ve ana kayaya kadar inen 3 adet inklinometre sondaj kuyusu açılmıştır.

Zemin biriminin in-situ elastisite modülünü belirlemek için 3 farklı temel sondajı kuyusunda presiyometre deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca, sondaj yapılamayan lokasyonlardaki zemin profilini ortaya çıkarmak ve zeminin dinamik-elastik parametrelerini belirlemek için 2 profilde PASİ Geo-24 marka sismograf kullanılarak çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemi yardımıyla jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Sondaj çalışmaları kapsamında örselenmemiş ve örselenmiş örnekler alınmış ve bu örnekler üzerinde dane boyu dağılımı, indeks ve dayanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Örselenmiş zemin örnekleri Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (USCS) göre sınıflandırılmıştır. Örselenmemiş örnekler üzerinde deformasyon kontrollü kesme kutusu deneyleri yapılarak kayma dayanımı parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) belirlenmiştir. Sondajlardan derlenen karot örnekleri üzerinde Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) tarafından önerilen yöntemlere göre deneyler yapılarak

anakayayı oluşturan birimlere ait fiziko-mekanik özellikler belirlenmiştir. Değerlendirmelerde çalışmanın amacına uygun deney sonuçları kullanılmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak temel kazısı şevleri için Plaxis isimli sonlu elamanlar tabanlı paket program kullanarak sayısal duraylılık analizleri gerçekleştirilmiş ve duraylılığı sağlayacak iksa sistemlerinin tasarımı yapılarak deplasmanları önlemedeki performansları araştırılmıştır.

2.1. Bulgular

2.1.1. Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Çalışma alanı ve çevresinde yeralan birimler litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru Jura-Kratese yaşlı volkano-tortul kayaçların ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozlarının (eski heyelan malzemesi) yüzeyleme verdiği belirlenmiştir. Sahada yüzeylenen birimlerin genel özellikleri ise aşağıdaki gibidir;

2.1.1.1. Madenler Formasyonu

Madenler formasyonu, Aşağımadenler köyü (Artvin-Merkez) civarında tipik yüzeylenmeler verdiği için ilk kez Güven (1993) tarafından bu isimle tanımlanmıştır. Doğu Pontid kuzey zonunun alt ünitesi içerisinde bulunan Madenler formasyonuna ait yüzeylenmeler; Artvin ili batısı, Zeytinlik köyü batısı, Yusufeli-Öğdem-Morkaya-Aşpışen köyleri güneydoğusunda (Tortum yolu üzeri) ve Demirkent beldesinin kuzeydoğusunda Erenler köyü civarında izlenir.

Madenler formasyonu çeşitli kalınlıklarda (0.3-50 m. arasında) resifal kireçtaşı ara tabakalarıyla yer yer bazalt ve proklastitleri de içeren çoğunlukla kırmızı-mor renkli konglomera ve kumtaşlarından oluşur. Formasyon volkano-tortul bir istif yapısından oluşan Hamurkesen formasyonunun üzerine uyumlu olarak oturur. Kırmızı renkli konglomeraların çakılları genellikle yuvarlanmış, elipsoidal ve köşeli şekillidir ve çoğunlukla da granit, dasit, bazalt ve metamorfitten oluşmaktadır. Ayrıca daha az oranda gri-beyaz renkli köşeli kireçtaşı çakılları da izlenir. Çakıllar 1-2 cm. ile 10-15 cm. arasında değişen çaplardadır ve kırmızı-morumsu renkli bir çimento malzemesi ile sıkıca tutturulmuştur. Madenler köyü ve

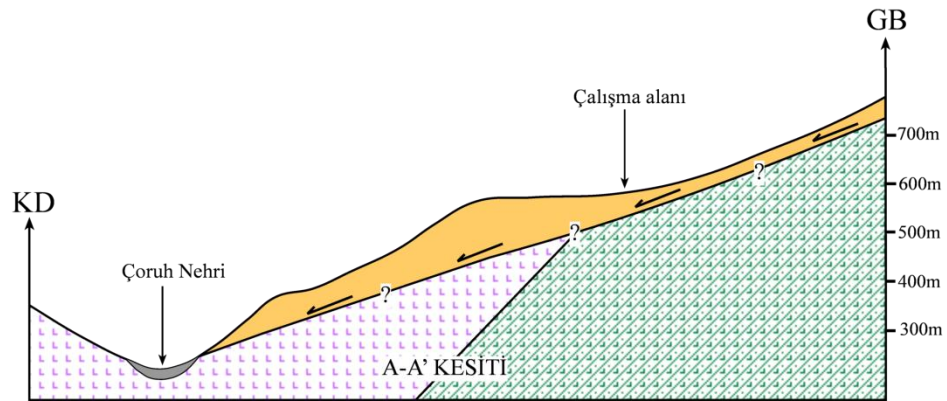
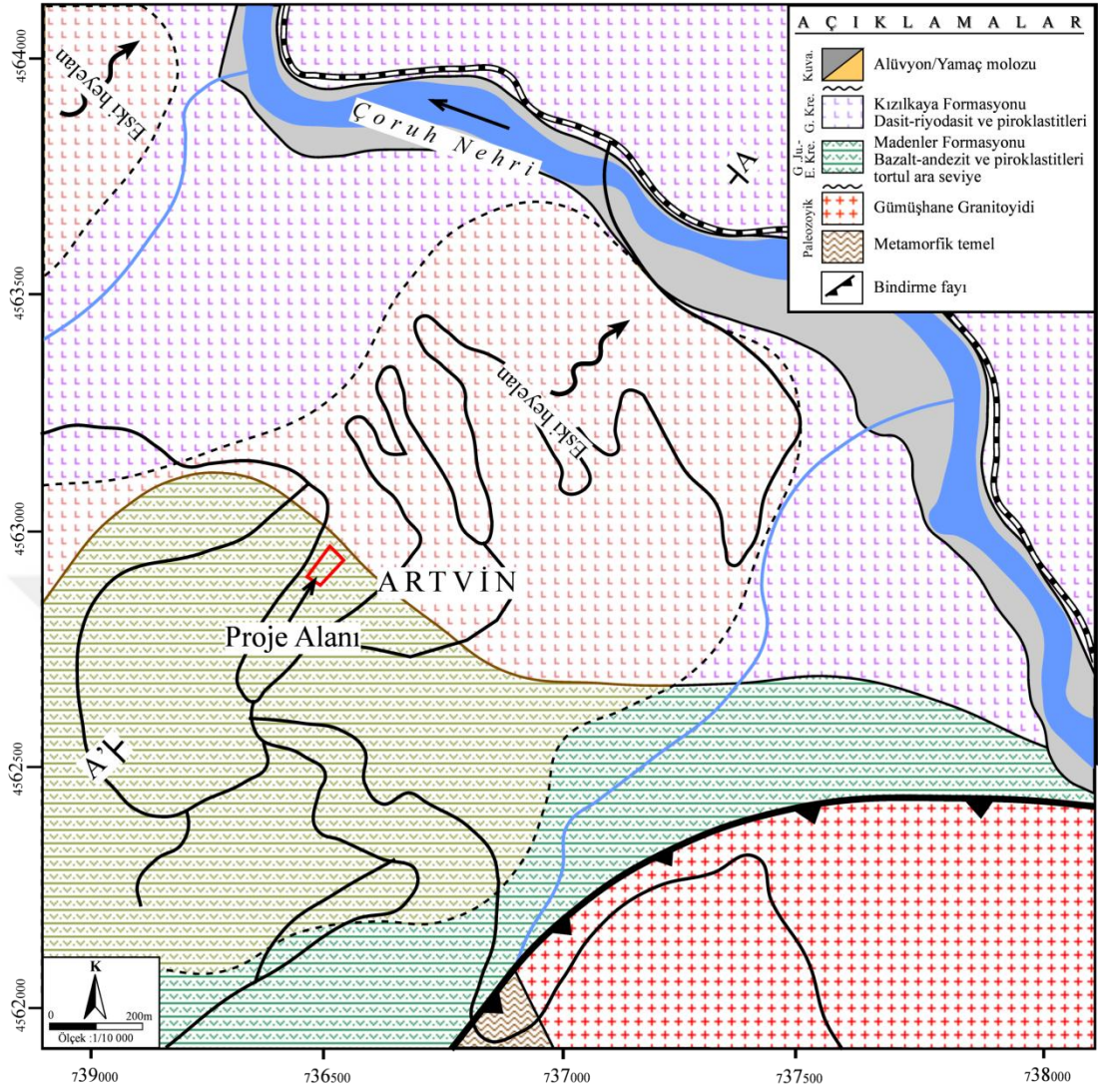
Erenler köyü arasında bu konglomeralar içerisinde GB-KD doğrultulu ve doğuya eğimli gri-beyaz renkli resifal kireçtaşları izlenir. Bu ara tabakalar genel istiflenmeye uygundur. Ayrıca bazalt ve aglomeralar da izlenmektedir. Madenler formasyonunun Yusufeli-Kömürlü köyü ve Yusufeli-Karadağ yöresindeki yüzeylenmeleri içinde kömür oluşumları mevcuttur. Bu zuhurlar küçük mercekler şeklinde olup, genellikle konglomeraların taban kesiminde yer alırlar. Madenler formasyonunun bu litolojik özellikleri irdelendiğinde; Doğu Pontid kuzey zonu alt ünitesinde Hamurkesen formasyonunu takiben deniz sığlaşmış, zaman zaman kısa süreli ve sınırlı karalaşma dönemi geçirmiştir. Formasyon gri-beyaz renkli resifal kireçtaşlarından oluşan, Malm-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu ile uyumlu olarak üstlenir. Kalınlık değişken olup, yaklaşık 200 m. kadardır. Önceki çalışmalarda kireçtaşı örneklerinde saptanan fosillere göre formasyona Dogger yaşı verilmiştir.

SK-2, 4, 5 ve 6 nolu temel araştırma sondajlarında sırasıyla 27, 26.5, 26 ve 24 metrelerden sonra; İK-1, 2 ve 3 nolu inklinometre sondajlarda ise sırasıyla 25, 26 ve 33.5 metrelerden sonra Madenler formasyonuna ait kaya birimleri kesilmiştir. Karot sandıkları incelendiğinde çalışma alanındaki yamaç molozlarının altında bulunan formasyona ait volkanik kayaçların ileri derecede ayrılmış ve yer yer oldukça parçalı ve bloklu özellikte olduğu belirlenmiştir. Ayrışma ürünü olarak yoğun miktarda killeşme ve hematitleşme gözlenmektedir.

2.1.1.2. Yamaç Molozu

Yamaç molozu olarak tanımlanan zemin malzemesi, parsellerin bulunduğu yamaç eteğinde yoğun bir biçimde gözlenmekte olup, yamacın bulunduğu alandaki kayaç türlerine göre köşeli, yassı ve bazıları küt köşeli, blok, çakıl, kum, silt ve killerden oluşmuşlardır. Silt, kil ve kum miktarı diğer elemanlara göre daha yüksektir. Çalışma alanında yüzeylenen eski heyelan kökenli yamaç molozlarında yapılan temel araştırma ve inklinometre sondajları neticesinde kalınlığının 33.5 metreden fazla olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki bu birimin üstünde kalınlığı 1.5-3 m. arasında değişen dolgu malzemesi bulunmaktadır.

Çalışma alanı ve çevresine ait jeoloji haritası ve kesit Şekil 6'da verilmiştir.



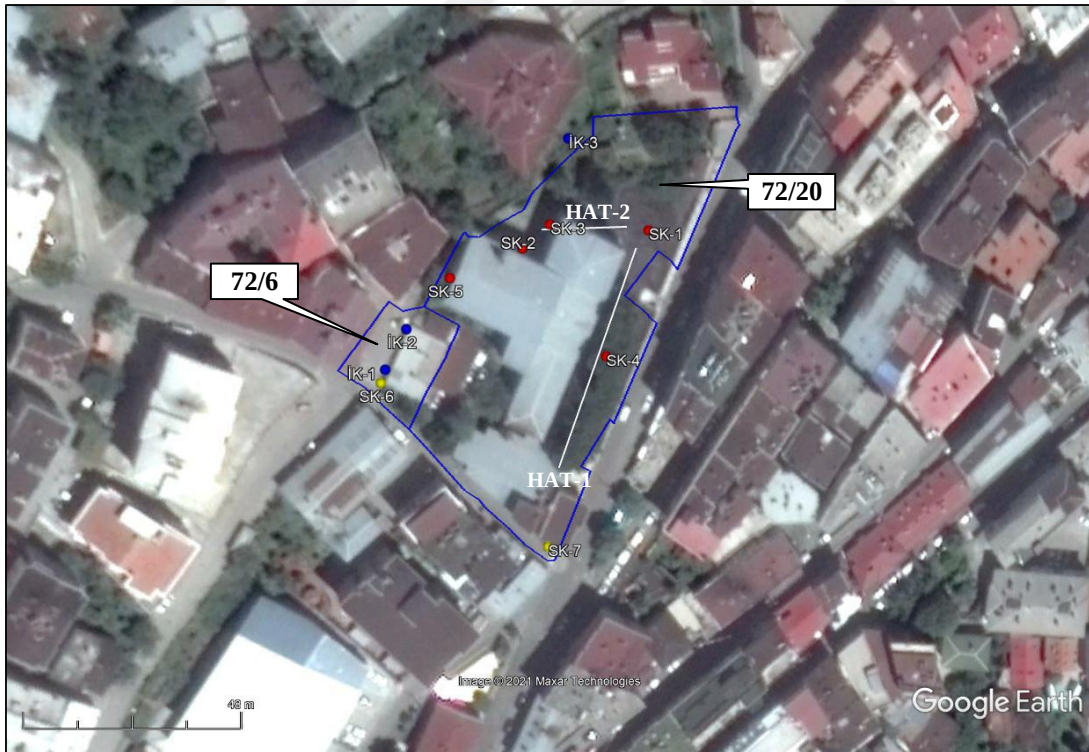
Şekil 6. Çalışma alanı ve çevresine ait 1/10000 ölçekli jeoloji haritası ve kesit

Kaynak. Güven, İ.H., 1993, Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250000 ölçekli komplikasyonu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

2.1.2. Geoteknik Çalışmalar

2.1.2.1. Temel Araştırma ve İnklinometre Sondajları

Proje alanı içinde açılmış toplam 10 adet temel araştırma ve inklinometre sondajı vardır. Yüzeylenen birimlerin tamamı bu sondajlarda rahatlıkla gözlenebilmektedir. Çalışma parsellerinde yüzeylenen zeminin kalınlığındaki değişim aralıklarını net olarak tespit etmek, yeraltı suyu seviyesini belirlemek ve laboratuvar deneyleri için örnekleme yapmak amacı ile 2020 yılında Artvin İl Özel İdaresi, Yatırım ve İnşaat Müdürlüğü tarafından proje alanı için hazırlanan “Zemin ve Temel Etüdü Raporu” çalışması kapsamında toplam 150 m. uzunluğunda 5 adet araştırma sondajı (SK 1-5), 2016 yılında Geoteknik Mühendislik tarafından toplam 73 m. uzunluğunda 2 adet araştırma sondajı (SK 6-7) ve 2021 yılında toplam 120 m. uzunluğunda 3 adet inklinometre sondajı (İK 1-3) açılmıştır. Açılan sondajlara ait veriler Şekil 7 ve Tablo 1’de gösterilmiştir. Bu sondajlardan SK-1 ve SK-4 ile gösterilenler hariç tamamı ana kayaya kadar inecek şekilde açılmıştır.



Şekil 7. Sondajların ve MASW hatlarının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü

Kaynak: www.earth.google.com/web/search/artvin

Tablo 1. Çalışma alanında 2016, 2020 ve 2021 yıllarında açılan sondajlara ait teknik bilgiler

Kuyu no	Kuyu derinliği (m)	Kuyu kotu (m)	YASS derinliği (m)	Y (Sağa)	X (Yukarı)
SK-1	30,00	584	8,50	4560634	488703
SK-2	30,00	584	7,50	4560625	484669
SK-3	30,00	584	7,50	4560632	464879
SK-4	30,00	583	8,50	4560599	484692
SK-5	30,00	590	5,50	4560620	484657
SK-6	33,00	572	5,50	-	-
SK-7	40,00	560	9,00	-	-
İK-1	40,00	564	14,00	4560600	484642
İK-2	40,00	564	15,00	4560628	484656
İK-3	40,00	560	13,00	4560643	484682

Yapılan temel araştırma ve inklinometre sondaj çalışmalarına göre zemin profilindeki değişimler ve zemin profili sınıfları Tablo 2’de özet olarak sunulmuştur.

Tablo 2. Açılan sondajlara göre zemin profilindeki değişimler

Kuyu no	Kuyu derinliği (m)	Zemin profili
SK-1	0,0-2,5	Dolgu
	2,5-30,0	Yamaç molozu
	0,0-3,0	Dolgu
SK-2	3,0-27,0	Yamaç molozu
	27,0-30,0	Ana kaya
	0,0-1,5	Dolgu
SK-3	1,5-26,5	Yamaç molozu
	26,5-30,5	Ana kaya
	0,0-2,5	Dolgu
SK-4	2,5-30,0	Yamaç molozu
	0,0-2,0	Dolgu
	2,0-26,0	Yamaç molozu
SK-5	26,0-30,0	Ana kaya
	0,0-2,0	Dolgu
	2,0-24,0	Yamaç molozu
SK-6	24,0-33,0	Ana kaya
	0,0-3,0	Dolgu
	3,0-40,0	Yamaç molozu
SK-7	0,0-3,0	Dolgu
	3,0-25,0	Yamaç molozu
	25,0-40,0	Ana kaya
İK-1	0,0-3,0	Dolgu
	3,0-26,0	Yamaç molozu
	26,0-40,0	Ana kaya
İK-2	0,0-3,0	Dolgu
	3,0-33,5	Yamaç molozu
	33,5-40,0	Ana kaya

➤ *SK-1 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/20 nolu parselde açılmıştır. 584 kotundadır ve derinliği 30 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-2,50 m. arasının dolgu birimi, 2,50-30,00 m. arasının yamaç molozu olduğu tespit edilmiştir. İnceleme alanında açılan sondajlarda geçilen birimlerin bloklu olmasından dolayı SPT deneylerinden sonuç elde edilememiştir (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *SK-2 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/20 nolu parselde açılmıştır. 584 kotundadır ve derinliği 30 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-3,00 m. arasının dolgu birimi, 3,00-27,00 m. arasının kum ve kilden oluşan yer yer iri bloklar içeren yamaç molozu, 27,00 m-30,00 m. arasının sarımsı-beyaz renkli, zayıf dayanımlı, taze-az-orta-çok ayrılmış, parçalı, kötü kaliteli ana kaya olduğu saptanmıştır (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *SK-3 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/20 nolu parselde açılmıştır. 584 kotundadır ve derinliği 30 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-1,50 m. arasının dolgu, 1,50-26,50 m. arasının bloklu ve killi yamaç molozu, 26,50-30,00 m. arasının bej renkli, zayıf dayanımlı, taze-az-orta-çok ayrılmış, parçalı, kötü kaliteli ana kaya olduğu belirlenmiştir (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *SK-4 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/20 nolu parselde açılmıştır. 583 kotundadır ve derinliği 30 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-2,50 m. arasının dolgu birimi, 2,50-6,50 m. arasının plastik ince taneli kum, 6,50-26,80 m. arasının yüksek plastisiteli kil, 26,80 metreden sonrasının düşük plastisiteli kilden oluşan yamaç molozu olduğu tespit edilmiştir (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *SK-5 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/20 nolu parselde açılmıştır. 590 kotundadır ve derinliği 30 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-2,00 m. arasının dolgu, 2,00-26,00 m. arasının plastik ince taneli kum ve kilden oluşan yamaç molozu,

26,00-30,00 m. arasının sarımsı-beyazımsı renkli, zayıf-orta zayıf-orta dayanımlı, taze-az-orta ayrıışmış, parçalı, çok kötü-kötü kaliteli ana kaya olduğu saptanmıştır (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *SK-6 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/6 nolu parselde açılmıştır. 572 kotundadır ve derinliği 33 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-2,00 m. arasının dolgu, 2,00-24,00 m. arasının yer yer iri bloklu seviyeler içeren yamaç molozu, 24,00-33,00 m. arasının sarımsı-beyaz renkli, zayıf-orta zayıf-orta dayanımlı, taze-az-orta ayrıışmış- parçalı, kötü kaliteli ana kaya olduğu belirlenmiştir (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *SK-7 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/20 nolu parselde açılmıştır. 560 kotundadır ve derinliği 40 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-3,00 m. arasının dolgu birimi, 3,00-40,00 m. arasının yer yer iri bloklu seviyeler içeren yamaç molozu olduğu tespit edilmiştir (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *İK-1 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/6 nolu parselde açılmıştır. 564 kotundadır ve derinliği 40 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-3,00 m. arasının dolgu, 3,00-25,00 m. arası yer yer iri bloklar içeren yamaç molozu, 25,00-40,00 m. arası kırmızımsı beyaz, beyaz, gri renkli, parçalı, zayıf dayanımlı, orta-zayıf kaliteli, orta derecede bozunmuş anakaya olduğu saptanmıştır (Ek-1 ve Ek-2).

➤ *İK-2 Nolu Sondaj*

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/6 nolu parselde açılmıştır. 564 kotundadır ve derinliği 40 metredir. Sondaj sonucunda 0,00-3,00 m. arasının dolgu, 3,00-26,00 m. arası iri bloklar içeren yamaç molozu, 26,00-40,00 m. arası kırmızımsı beyaz, beyaz, gri renkli, parçalı, zayıf dayanımlı, orta-zayıf kaliteli, orta derecede bozunmuş anakaya olduğu belirlenmiştir (Ek-1 ve Ek-2).

➤ İK-3 Nolu Sondaj

Gazi Ortaokulu çalışma alanındaki 72/6 nolu parselde açılmıştır. 560 m. kotundadır ve derinliği 40 metredir. Yapılan delgi sonucunda 0,00-3,00 m. arasının dolgu birimi, 3,00-33,50 m. arası yer yer iri bloklar içeren yamaç molozu, 33,50-40,00 m. arası beyazımsı, gri renkli, parçalı, zayıf dayanımlı, orta-zayıf kaliteli, orta derecede bozunmuş anakaya olduğu tespit edilmiştir (Ek-1 ve Ek-2).

2.1.2.2. Jeofizik Etüt Çalışmaları

72/10 nolu parsel içerisinde 2020 yılında gerçekleştirilen zemin ve temel etüt çalışması kapsamında 2 profil boyunca PASİ Geo-24 marka sismograf kullanılarak yüzey dalgası analiz yöntemlerinden MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) tekniği ile jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Jeofizik etüt profilleri Şekil 7 üzerinde beyaz çizgilerle gösterilmiştir. İnceleme alanında yapılan MASW çalışmasıyla P ve S dalga hızları belirlenmiş ve zeminin genel olarak iki ayrı tabakadan oluştuğu saptanmıştır. Bu üç tabakayı sondaj çalışmalarıyla da uyumlu olarak sırasıyla dolgu malzemesi ve yamaç molozu oluşturmaktadır. Jeofizik çalışmalar sonucunda dolgu biriminin kalınlığının 0,00-3,00 m. arasında olduğu ve bu derinlikten itibaren yamaç molozunun bulunduğu saptanmıştır. Dalga hızları anakayanın bulunduğu derinliğe kadar inememiştir.

Ayrıca, elde edilen veriler yardımıyla zemin birimlerine ait dinamik elastik parametrelerden olan elastisite modülü ve Poisson oranı belirlenmiştir. Hesaplamalarda elastik teoride belirtilen aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$E_d = \frac{(1-2\nu).(1+\nu)}{(1-\nu)}.d.V_p^2 \quad (1)$$

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (2)$$

$$d = 0.31V_p^{0.25} \quad (3)$$

Burada; E_d : dinamik elastisite modülü (kgf/cm^2), ν : Poisson oranı, d : yoğunluk (gr/cm^3), V_p : elastik dalganın boyuna yayılma hızı (m/sn) ve V_s : elastik

dalganın enine yayılma hızıdır (m/sn).

Tablo 3. MASW yöntemine göre belirlenen dinamik-elastik özellikler

Hat	Tabaka no	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Poisson oranı (v)	Elastisite modülü (E_d , kgf/cm ²)
1	1 (Dolgu)	640	275	0,39	3270
	2 (Yamaç Molozu)	910	400	0,38	7250
2	1 (Dolgu)	590	255	0,39	2752
	2 (Yamaç Molozu)	896	394	0,38	7267

Yapılan MASW etütleri sonrasında sırasıyla dolgu ve yamaç molozuna ait elastisite modülünün sırasıyla 2752-3270 kgf/cm² ve 7250-7267 kgf/cm² arasında değiştiği, Poisson oranının ise sırasıyla 0,39 ve 0,38 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar özet olarak Tablo 3'te sunulmuştur.

2.1.2.3. Presiyometre Deneyleri

SK-2, SK-3 ve SK-4 nolu sondaj kuyularında yamaç molozunun elastisite modülünü doğrudan belirlemek için presiyometre deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan presiyometre deneyleri sonrasında yamaç molozunun elastisite modülünün 49-76 kgf/cm² arasında değiştiği belirlenmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen elastisite modülü değerleri Tablo 4'te özet olarak verilmiştir

Tablo 4. Presiyometre deneyine göre belirlenen elastisite modülü değerleri

Sondaj no	Birim	Derinlik (m)	Elastisite modülü (E, kgf/cm ²)
SK-2	Yamaç Molozu	4,00	52
	Yamaç Molozu	8,00	55
	Yamaç Molozu	10,00	66
	Yamaç Molozu	4,00	55
SK-3	Yamaç Molozu	7,00	58
	Yamaç Molozu	10,00	63
	Yamaç Molozu	4,00	49
SK-4	Yamaç Molozu	8,00	70
	Yamaç Molozu	9,00	76

2.1.2.4. Geoteknik Amaçlı Laboratuvar Çalışmaları

Sondajlardan derlenen örselenmemiş ve örselenmiş zemin örnekleri üzerinde dane boyu dağılımı, kıvam limitleri, su muhtevası ve birim hacim ağırlık özelliklerini belirlemeye yönelik laboratuvar deneyleri yapılmıştır (ASTM, 2005, 2007, 2009).

Örselenmiş zemin örnekleri Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (USCS) göre sınıflandırılmıştır (ASTM, 2006). Çalışma alanındaki yamaç molozunun CL (düşük plastisiteli kil), CH (yüksek plastisiteli kil) ve SC (killi kum) sınıfında olduğu saptanmıştır.

Sondajlardan derlenen örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde üç eksenli sıkışma deneyleri yapılarak kayma dayanımı parametrelerinin (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) tepe değerleri belirlenmiştir (ASTM, 2011, 2017). Yapılan üç eksenli sıkışma deneyleri sonucunda ortalama tepe kohezyon değerinin sırasıyla 0,23-0,38 kgf/cm², tepe içsel sürtünme açısının ise 12°-19° olduğu saptanmıştır. Su muhtevası değerinin % 10,00-15,80 arasında, doğal yoğunluk değerinin 1,58-1,68 gr/cm³ arasında, likit limitin % 27,6-55,8 arasında, plastik limitin % 13,4-23,7 arasında, plastisite indisinin % 13,7-32,1 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu verilerden çalışmanın amacına uygun olanlar duraylılık analizlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. İndeks ve fiziksel özellikleri belirlemeye yönelik yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5’de özet olarak verilmiştir.

Ana kaya birimi bu çalışma kapsamında değerlendirme derinliği dışında kaldığından kaya mekaniği deney sonuçları burada sunulmamıştır.

Tablo 5. Zemin örneklerine ait indeks, fiziksel ve mekanik özellikler

Kuyu no	Örnek derinliği (m)	USCS zemin sınıfı	ω (%)	d_n (gr/cm ³)	Kıvam Limitleri (%)			c (kgf/cm ²)	ϕ (derece)
					LL	PL	PI		
SK-2	18,00	SC	10,00	1,58	28,4	13,4	15,0	0,25	18
SK-4	2,80	SC	10,90	1,60	27,6	13,9	13,7	0,26	18
SK-4	6,50	CH	15,80	1,68	55,8	23,7	32,1	0,38	12
SK-4	26,80	CL	12,70	1,64	43,8	16,7	27,1	0,35	14
SK-5	4,50	SC	12,50	1,59	29,4	14,1	15,3	0,23	19
SK-5	12,00	SC	12,30	1,59	30,5	14,4	16,1	0,23	19

ω : su muhtevası, d_n : doğal yoğunluk, c : kohezyon, ϕ : içsel sürtünme açısı, LL: likit limit, PL: plastik limit, PI: plastisite indisi

2.1.2.5. Hidrolojik ve Hidrojeolojik Özellikler

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz iklim özelliklerinin gözlemlendiği bir noktada bulunmaktadır. Yörede hemen her mevsim yağış gözlenmekte olup, yeraltı ve yerüstü sularını besleyen en önemli kaynak genelde yağmur ve kar sularıdır. Bu suların yarısı buharlaşma ve bitkisel terleme yoluyla atmosfere geçmekte, geriye kalan kısmının bir miktarı derelere drene olmaktadır. Diğer bir miktarı da toprak

tarafından emilerek ve yeraltı suyu akış yönüne göre hareket ederek kaynaklardan boşalmaktadır.

Parsel alanları içinde 2016 ve 2020 yıllarında yapılan sondajlarda yeraltı su seviyesinin (YASS) 5,50-9,00 m. arasında, parsel sınırına yakın yerlerde 2021 yılında yapılan inklinometre sondajlarında ise YASS seviyesinin 13,00-15,00 m. arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama 588 m. sondaj kotu dikkate alındığında temel kotunun yeraltı su tablasının üstünde kaldığı söylenebilir. Ancak yağışlı sezonlarda statik yeraltı su seviyesinin temel kotunun üstüne kadar yükselebilde olasılığı dikkate alınarak iksa kazıklarının arasından kazı alanına su boşalmasını ve malzeme sürekliliğini engellemek için kazıklar arasındaki boşluklar minimum olacak şekilde projelendirilmiştir. Bu önlemlere rağmen kazı alanında su probleminin yaşanması durumunda kazı sınırı boyunca açılacak drenaj hendeklerinde suların toplanarak uygun pompaj çukurlarında biriktirilmesi ve pompaj yapılarak ortamdan uzaklaştırılması önerilmektedir.

Çalışma alanının kuzeydoğusundan Çoruh Nehri geçmekte olup, aynı vadiyi takip ederek Karadeniz'e dökülmektedir. Ancak, parsel alanlarının bulunduğu lokasyonda akış halinde bulunan dere veya kuru dereler mevcut değildir.

2.1.3. Duraylılık Analizleri

Son yıllarda sayısal analiz yöntemlerinin gelişmesi ile birlikte geoteknik mühendisliği çalışmalarında büyük gelişmeler yaşanmıştır. Geoteknik mühendisliğinde kaya ve zeminlerin davranışlarının modellenmesinde zemini sürekli bir malzeme olarak modelleyen sonlu elemanlar metodu sıkça kullanılmaktadır.

Sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan hesaplamalarda zemin özelliklerinin tam ve doğru şekilde tanımlanması ile gerçekçi sonuçlara ulaşılmaktadır. İksa sistemlerinin analizinde sonlu elemanlar yönteminin kullanılmaya başlanması ile zeminler iki boyutlu (2D) modellenerek analizleri yapılmaktadır. Ayrıca, teknolojinin gelişmesi ve bilgisayar kullanımının yaygınlaşması sonucu iksa sistemlerinin üç boyutlu (3D) analizi yapılmaya başlanmıştır. Yapılan sayısal analizlerin karşılaştırılması sonucu iki boyutlu analizlerin gerçeğe yakın ve doğru sonuçlar verdiği görülmüştür (Yılmaz, 2019).

İksa sistemlerinin tasarımında sonlu elemanlar yönteminin kullanılmasıyla

hızlı ve detaylı analizler yapılabilir. Ancak, zeminlerin iksa sistemleri üzerindeki etkisi ve bu etki altında sistem davranışı kesin olarak bilinmemektedir. Bu nedenle sağlam ve güvenli sonuçlar elde edebilmek için arazi ölçümleri önem kazanmaktadır.

Geoteknik mühendisliğinde sayısal analiz yapmak için kullanılan bilgisayar programları sonlu elemanlar metodu kullanarak hesaplama yapmaktadır. Bu yöntemde zemin çok sayıda küçük sonlu elemanlara parçalanmaktadır. Oluşturulan bu elemanlar sınır bölgelerinde düğüm noktaları adı verilen kısımlar ile birbirlerine bağlanmaktadır.

Plaxis programı geoteknik mühendisliği çalışmalarındaki deformasyonları belirlemek ve stabilize problemlerini çözmek için geliştirilmiş sonlu elemanlar metodu kullanan bir paket programdır. Programın kolay kullanımı ve basit grafiksel arayüzü karışık zemin modellerinin hızlıca modellenmesini ve çözümlenmesini sağlamaktadır. Yapılan analiz sonucunda detaylı sonuçlar elde edilmekte ve geniş çıktı imkanı sayesinde istenilen verilere ulaşılmaktadır.

Yapılacak analizlerde doğru sonuçlar elde edebilmek için gerçeğe en yakın geometrik modeli oluşturmak gerekmektedir. Üç boyutlu zemin problemlerinin iki boyutlu modele aktarabilmek için noktalar, çizgiler ve alanlar kullanılmaktadır. Hazırlanan geometrik model zemin tabakalarını, zemine etkiyen yükleri, kullanılacak geoteknik yapıları ve yapım aşamalarını doğru şekilde yansıtmalıdır. Hazırlanan geometrik model sınır şartlarının etkisi azaltmak için yeterince büyük olmalıdır (Bülbül, 2015).

Plaxis paket programında modelleme 4 kısımda gerçekleşmektedir. Bu bölümler *input*, *calculation*, *output* ve *curves* kısımlarıdır.

Input, modellenecek olan iksa yapısı ve zemin ile ilgili genel ayarların yapıldığı, zemin ve yapı özelliklerinin programa aktarıldığı aşamadır.

Calculation, ilk aşamada girilen veriler kullanılarak hesaplama yapılan kısımdır.

Output, analiz sonuçlarına ulaşılan kısımdır.

Curves, seçilen belirli noktaların deformasyon grafiklerinin görüntülediği kısımdır (Bülbül, 2015).

Çalışma alanında bulunan kazı şevlerinin duraylılık analizi yapılırken sonlu

elemanlar yöntemi kullanarak hesaplama yapan Plaxis v8.6 (2002) programı kullanılmıştır. Plaxis programı geoteknik mühendisliğinde zemin şevlerinin analizinde gerçeğe çok yakın sonuçlar vermesi ve zemin, yapı modellerinin kolaylıkla bire bir modellenebilmesi sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir.

Plaxis programı ile gerçeğe uygun analizlerin yapılabilmesi için zemin parametrelerinin doğru şekilde belirlenerek programa aktarılması gerekmektedir. İnceleme alanında yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan zemin etüt raporu ve literatürde bulunan verilerin birleştirilmesi sonucu analizlerde kullanılacak girdi parametreleri belirlenmiştir.

Modellemede yamaç molozu tanımlanırken arazi ve laboratuvar deney sonuçları ile literatür tanımlamaları dikkate alınarak kayma dayanımı parametreleri c : 27,5 kN/m² ve ϕ : 16,7°, doğal birim hacim ağırlık değeri 15,7 kN/m³, Poisson oranı 0,38, elastisite modülü ise 60000 kN/m² olarak girilmiştir. Dolgu malzemesi tanımlanırken ise kayma dayanımı parametreleri c : 20 kN/m² ve ϕ : 12°, doğal birim hacim ağırlık değeri 15,1 kN/m³, Poisson oranı 0,39, elastisite modülü ise 15000 kN/m² olarak girilmiştir. Elastisite modülü değerleri MASW verilerine göre oldukça yüksek değerler, presiyometre deneylerine göre ise oldukça düşük değerler sunduğu için Özüdoğru vd. (1996) tarafından yapılan tanımlamalar esas alınmıştır. Modellemede kullanılan geoteknik parametreler özet olarak Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Modellemede kullanılan geoteknik parametreler

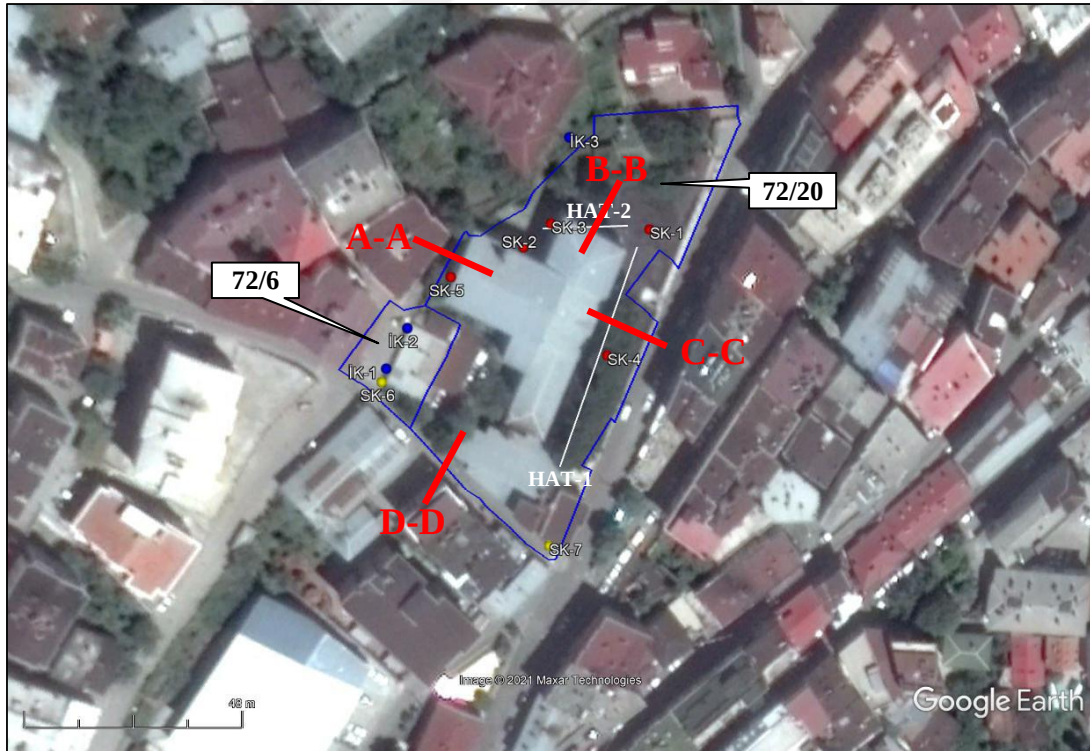
	Dolgu	Yamaç Molozu
Doğal birim hacim ağırlık (γ_n , kN/m ³)	15,1	15,7
Kohezyon (c , kPa, kN/m ²)	20	27,5
İçsel sürtünme açısı (ϕ , derece)	12	16,7
Elastisite modülü (E , kPa, kN/m ²)	15000	60000
Poisson oranı (ν)	0,39	0,38

Sondajlarda belirlenen yeraltı suyu modele eklenerek hesaplamalar Mohr-Coulomb yenilme kriteri kullanılarak yapılmıştır. Çalışma alanı deprem kaynaklı etki zonundan uzakta olduğundan sayısal analizler statik koşullara göre yapılmıştır.

Uygulanacak iksa sisteminde kullanılacak elemanlar seçilirken öncelik olarak fiziki şartlardan dolayı sahaya ulaşımında yaşanabilecek sorunlar dikkate alınmıştır. Hem arazinin eğimli olması hem de parsellere ulaşımında kullanılacak nakliye

yollarının yeterli kapasitede olmaması imalat için kullanılacak ekipmanların mobilizasyonunu sınırlandırmaktadır. Dolayısıyla, iksa tasarımında optimum destekleme elemanları seçilmiştir. Bu nedenle, kazı duraylılığının sağlanması amacıyla iksa elemanları olarak Ø: 80 cm çaplı konsol fore kazıklar ve ankrajlı (Ø: 0.6") fore kazıklar seçilmiştir. Kazı yüksekliğinin fazla olduğu yerlerde ankrajlı fore kazıkların, düşük olduğu yerlerde ise konsol fore kazıkların uygulanacağı öngörülmüştür. Olası yeraltı suyu akışıyla birlikte kazı alanına malzeme sürüklenmesini engellemek için kazıklar arasındaki boşluklar minimum düzeyde 20 cm aralıklı olacak şekilde tasarlanmıştır.

Kazı alanını çevreleyen tüm sınırların kazı yükseklikleri ve sürsaj yükleri farklı olması nedeniyle tüm sınırlar için 4 farklı kesit hazırlanarak analizler yapılmıştır. Analiz yapılacak kesit hatlarının konumları Şekil 8’de gösterilmiştir. Analizler dört cephe için gerçekleştirilmiştir.

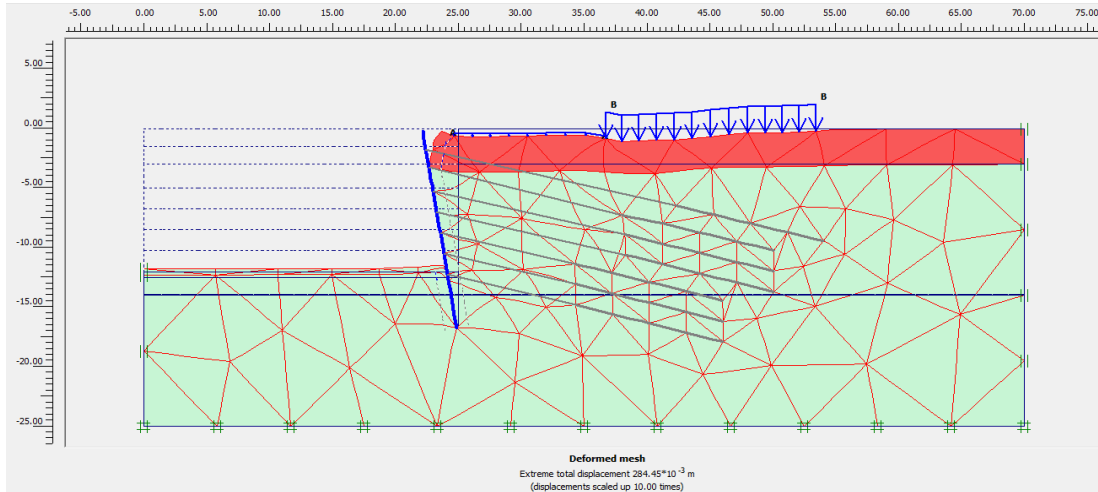


Şekil 8. Analiz kesitlerinin uydu fotoğrafındaki yaklaşık konumu

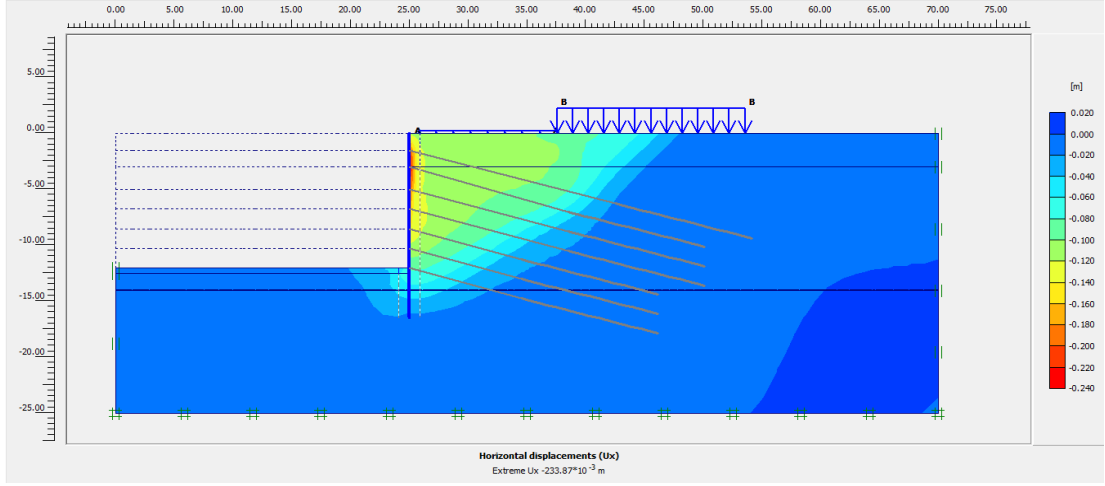
Kaynak. www.earth.google.com/web/search/artvin

A-A Kesiti:

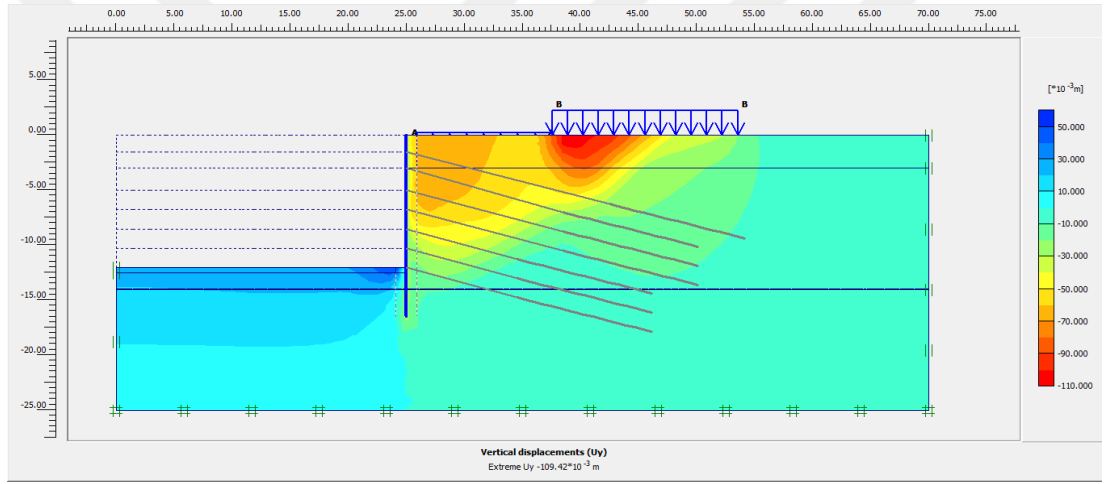
Cephe uzunluğu 24,2 metre ve cephe derinliği 12,5 metredir. Kazı üst kotu +588,00 ve kazı taban kotu +575,5'dir. Kazı yüksekliği fazla olduğundan iksa sistemi olarak fore kazıklı ankrajlar seçilmiştir. Kazık boyu 16,5 m. olarak uygulanmıştır. Kesit hesapları için kullanılacak olan sürşarj yükleri yakın civardaki binalar esas alınarak 10 kN/m/m ve 100 kN/m/m olarak alınmıştır. Analiz modeline +574,00 kotunda yeraltı suyu eklenmiştir. Geometrinin Plaxis programına aktarılmasının ardından iksa elemanları tanımlanarak analiz yapılmıştır. Yapılan analizin geometrinin sınır koşullarından etkilenerek hatalı sonuçlar vermemesi için genişlik 70 metre, derinlik 25 metre olarak belirlenmiş ve programa tanımlanmıştır. Analizlerde iksa elemanının konsol fore kazık olması durumu ve projede belirlenen şekilde ankrajlı fore kazık olması durumları ayrı ayrı incelenerek deplasmanlar karşılaştırılmıştır. Öncelikle iksa sistemi konsol fore kazık olarak kabul edilerek sisteme tanımlanmıştır. Bu şekilde kazı yapılması durumunda kazı derinliği fazla olması sebebiyle fore kazık uç kısmının yatay deplasmanının 28,345 cm olduğu Şekil 12'de verilmiştir. Elde edilen deforme olmuş ağ grafiği Şekil 9'da, yatay deplasman grafiği Şekil 10'da ve düşey deplasman grafiği Şekil 11'de verilmiştir.



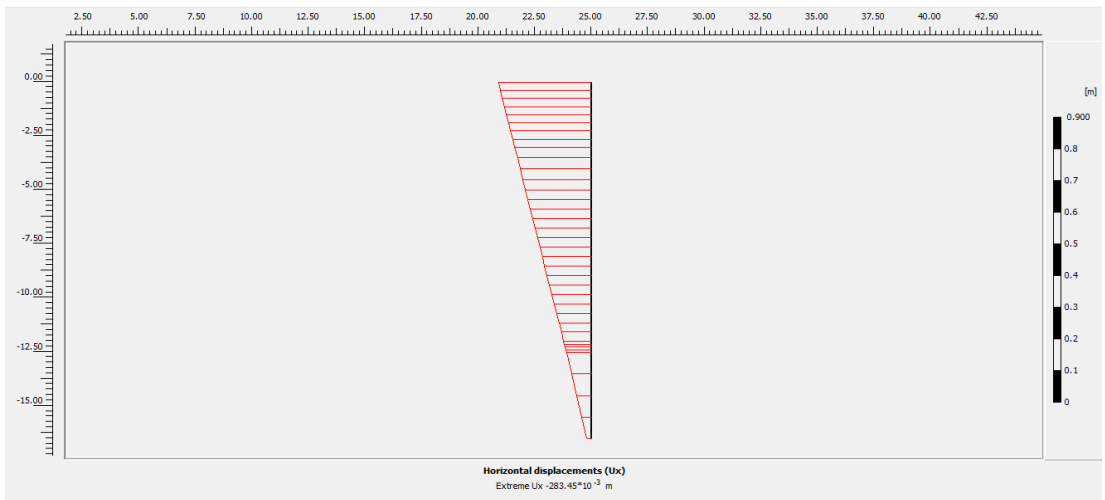
Şekil 9. A-A kesitinde konsol fore kazık durumu için deforme olmuş ağ grafiği



Şekil 10. A-A kesitinde konsol fore kazık durumu için yatay deplasman grafiği



Şekil 11. A-A kesitinde konsol fore kazık durumu için düşey deplasman grafiği



Şekil 12. A-A kesitinde konsol fore için kazık yatay yerdeğiştirme grafiği

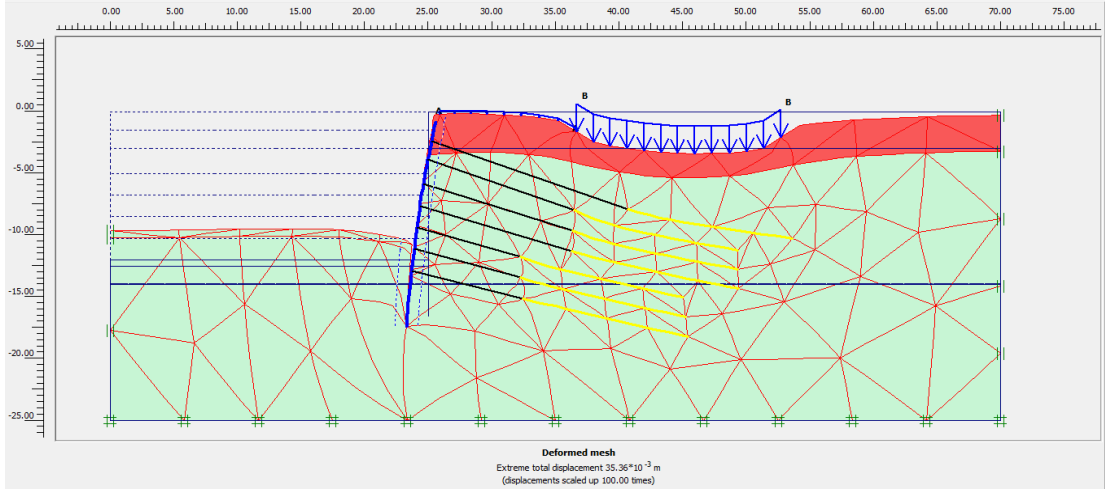
Konsol fore kazık durumu için elde edilen deplasman değeri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının 31/08/2018 tarih ve 150340 sayılı “Kazı Çukurlarının Desteklenmesi İle İlgili Uyulacak Esaslar” genelgesinde (www.yapiisleri.csb.gov.tr) belirtilen izin verilebilir güvenli deplasman sınırı olan $\% 0,1xH$ ($1250 \times 0,001 = 1,25$ cm) değerinin çok üzerinde olması sebebiyle kazı alanı, iksa sistemi ve çevre yapılar açısından büyük tehlikeler oluşturacaktır. Bu nedenle fore kazıklar üzerinde belirlenen konumlarda projede belirlenen özelliklerde ankraj tanımlaması yapılarak yeni analizler gerçekleştirilmiştir. Bütün iksa kesitlerinde fore kazık üzerinde $3 \times 0,6''$ ankrajlar düşeyde 1,75 m aralıklı 7 sıra, yatayda ise 1,80 m aralıklı olarak destek yapılmıştır. Ankraj özellikleri Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. A-A kesiti ankraj özellikleri

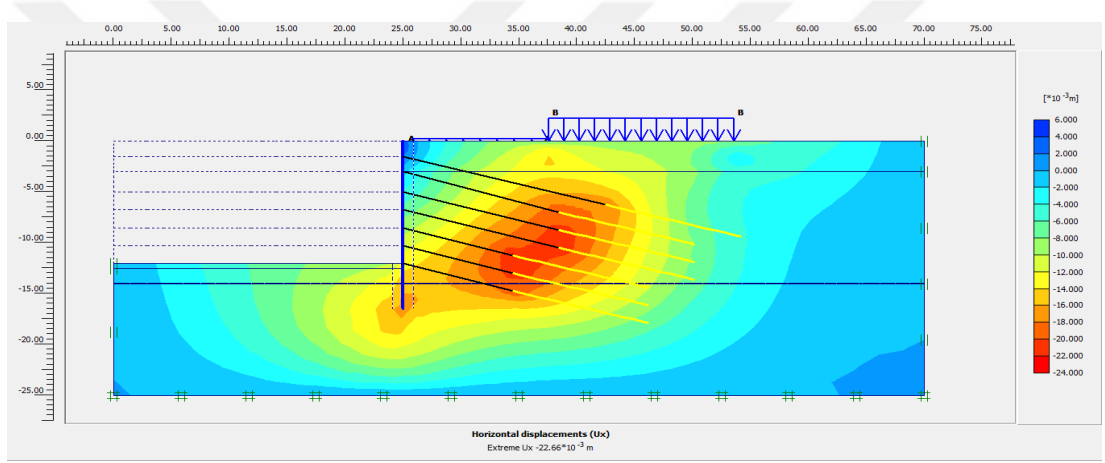
Sıra no	Kot	Ankraj toplam boy	Ankraj tipi ve kök boyu	Ankraj tasarım yükü	Ankraj açısı
1. Sıra Ankraj	-1,50	30 metre	$3 \times 0,6'' / 12,00$ m	25,0 ton	15^0
2. Sıra Ankraj	-3,25	26 metre	$3 \times 0,6'' / 12,00$ m	25,0 ton	15^0
3. Sıra Ankraj	-5,00	26 metre	$3 \times 0,6'' / 12,00$ m	25,0 ton	15^0
4. Sıra Ankraj	-6,75	26 metre	$3 \times 0,6'' / 12,00$ m	30,0 ton	15^0
5. Sıra Ankraj	-8,50	22 metre	$3 \times 0,6'' / 12,00$ m	35,0 ton	15^0
6. Sıra Ankraj	-10,25	22 metre	$3 \times 0,6'' / 12,00$ m	35,0 ton	15^0
7. Sıra Ankraj	-12,00	22 metre	$3 \times 0,6'' / 12,00$ m	35,0 ton	15^0

Fore kazıklar üzerinde ankrajlar düşeyde 1,75 m aralıklarla 7 sıra olarak yerleştirilmiştir. Ankraj konumları ve ankraj kuvvetleri tanımlanarak analiz aşamasına geçilmiştir. Farklı kotlarda ankraj çalışması yapılacağından kademeli kazı yapılacaktır. Bu nedenle her aşama farklı hesaplama fazı olarak programa aktarılmış ve analiz yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda toplam deplasman $35,36 \times 10^{-3}$ m olarak Şekil 16'da gösterilmiştir. Bu değer en fazla 1,703 cm olması ön görülmektedir. Uygulamada izin verilebilir deplasman, kazı boyunun $\% 0,5xH$ olduğundan yatay deplasman güvenlik sınırı $1250 \times 0,005 = 6,25$ cm olmaktadır. Analiz sonucu bulunan değer bu değer altında olduğu için bir sorun beklenmemektedir.

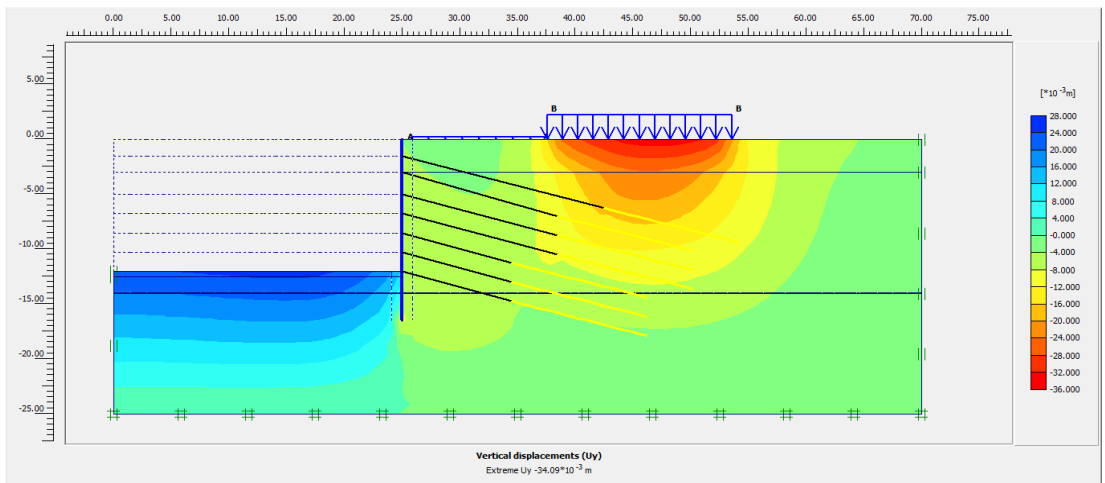
Yapılan analizler sonucu bulunan sistemin deforme olmuş ağ grafiği Şekil 13'te, yatay deplasman grafiği Şekil 14'te, düşey deplasman grafiği Şekil 15'de gösterilmiştir.



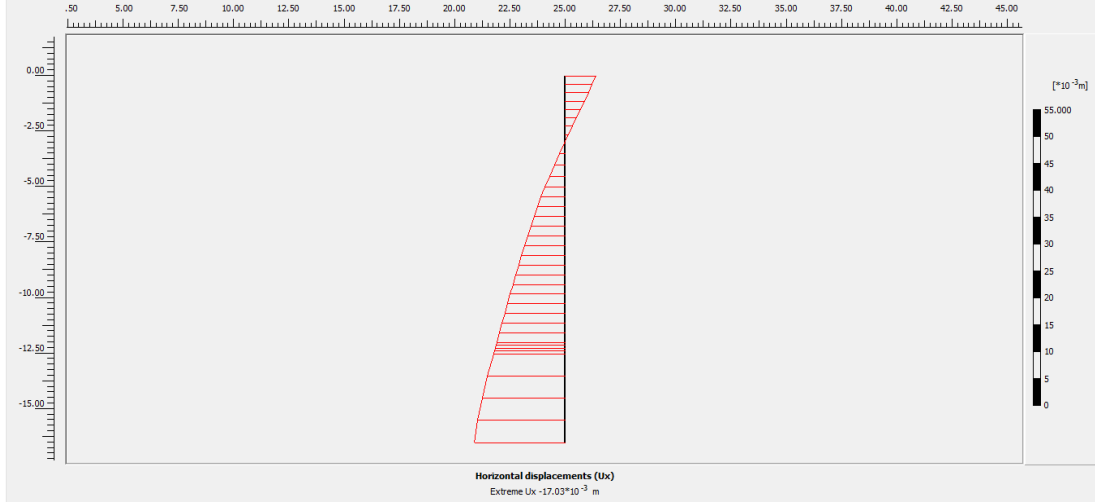
Şekil 13. A-A kesiti ankrajlı fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği



Şekil 14. A-A kesiti ankrajlı fore kazık için yatay deplasman grafiği



Şekil 15. A-A kesiti ankrajlı fore kazık için düşey deplasman grafiği



Şekil 16. A-A kesiti ankrajlı fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği

B-B Kesiti:

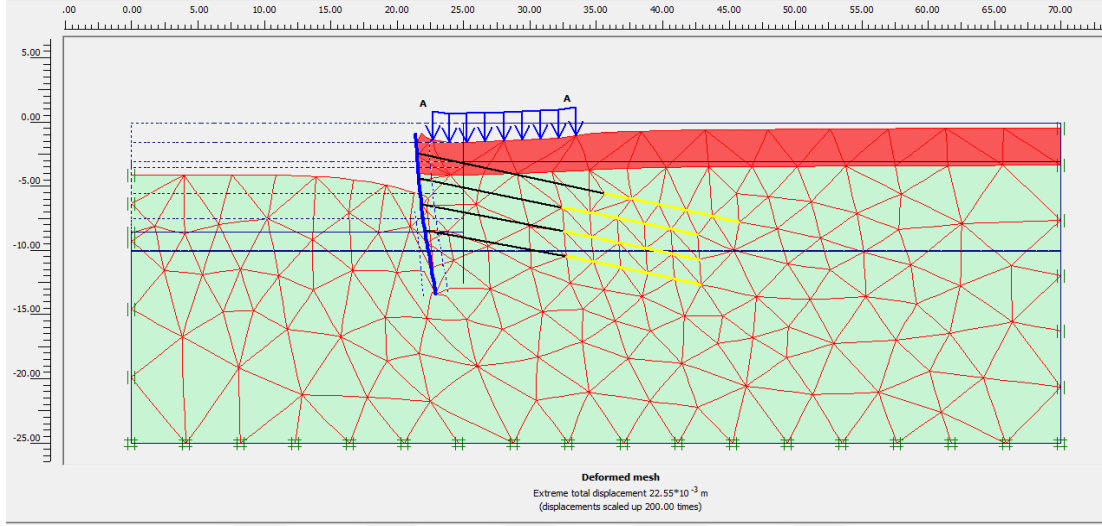
Cephe uzunluğu 31,4 m ve cephe derinliği 8,5 metredir. Kazı üst kotu +584,00 ve kazı taban kotu +575,50'dir. İksa sistemi olarak fore kazıklı ankraj seçilmiştir. Fore kazık boyu 12,5 metre olarak uygulanmıştır. Kesit hesapları için kullanılacak olan sürşarj yükleri, 10 kN/m/m olarak girilmiştir. Yeraltı su seviyesi +574,00 kotundadır. Bütün iksa kesitlerinde fore kazık üzerinde 3x0,6" ankrajlar düşeyde 2,00 m aralıklı 4 sıra, yatayda ise 2,70 m aralıklı olarak destek yapılmıştır. Ankraj özellikleri Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. B-B Kesiti ankraj özellikleri

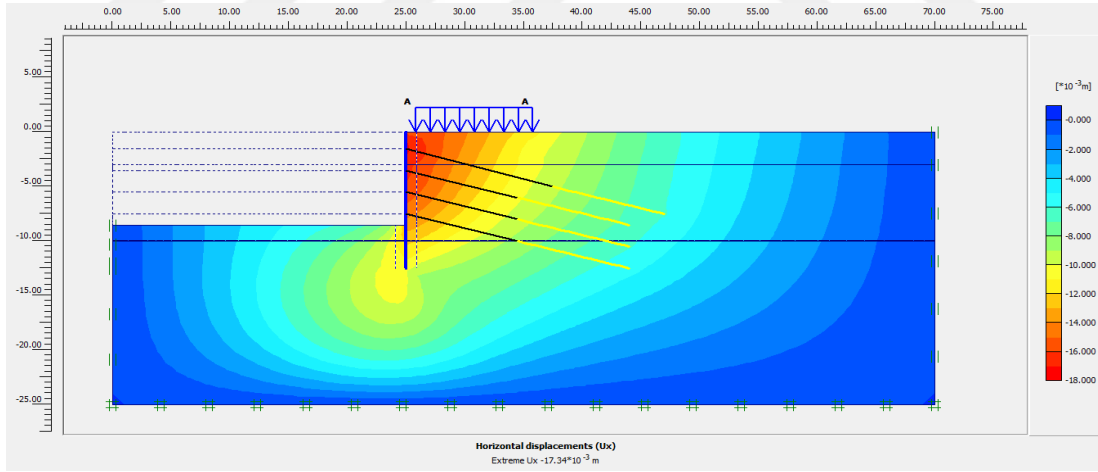
Sıra no	Kot	Ankraj toplam boy	Ankraj tipi ve kök boyu	Ankraj tasarım yükü	Ankraj açısı
1.Sıra Ankraj	-1,50	23 metre	3x0,6" / 10,00 m	20,0 ton	15 ⁰
2.Sıra Ankraj	-3,50	20 metre	3x0,6" / 10,00 m	25,0 ton	15 ⁰
3.Sıra Ankraj	-5,50	20 metre	3x0,6" / 10,00 m	30,0 ton	15 ⁰
4.Sıra Ankraj	-7,50	20 metre	3x0,6" / 10,00 m	30,0 ton	15 ⁰

B-B kesiti iksa sisteminin analizinin yapılabilmesi için zemin geometrisi Plaxis programı üzerinde tanımlanmış ve iksa elemanları çizilmiştir. Zemin özellikleri, iksa sisteminin malzeme özellikleri ve sürşarj yükleri sisteme eklenmiştir. Zemin su basıncının sistem üzerindeki etkilerini tanımlayabilmek için yeraltı su seviyesi kotu sisteme aktarılmıştır. Yapılan analizler sonucunda toplam deplasman $22,55 \times 10^{-3}$ m olarak Şekil 20'de verilmiştir. Bu değer en fazla 1,791 cm ön görülmektedir. İzin verilebilir deplasman, kazı boyunun % 0,5xH olduğundan yatay

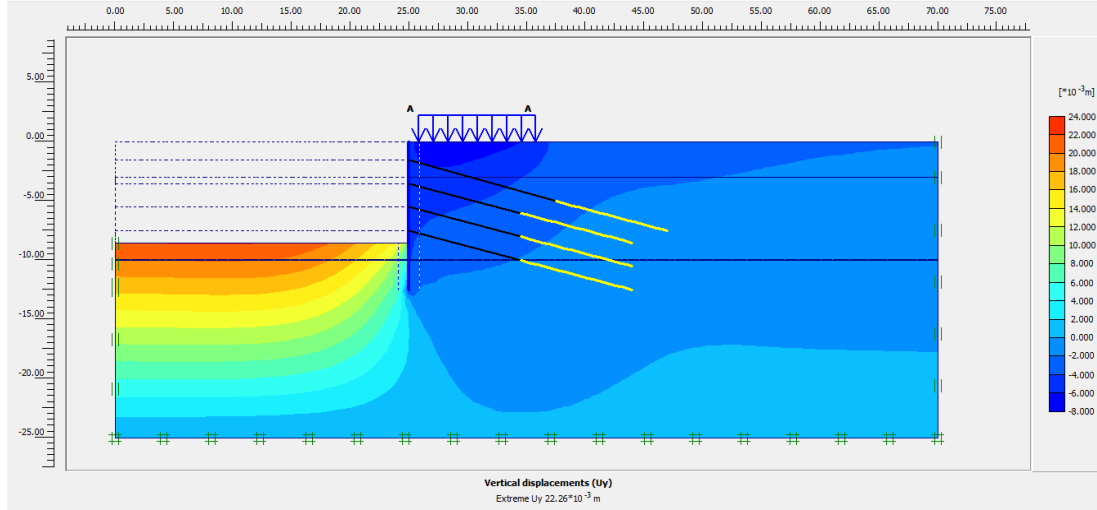
deplasman güvenlik sınırı $850 \times 0,005 = 4,25$ cm olmaktadır. Analiz sonucu bulunan değer bu değer altında olduğu için bir sorun beklenmemektedir. Yapılan analizler sonucu bulunan sistemin deforme olmuş ağ grafiği Şekil 17’de, yatay deplasman grafiği Şekil 18’de, düşey deplasman grafiği Şekil 19’da gösterilmiştir.



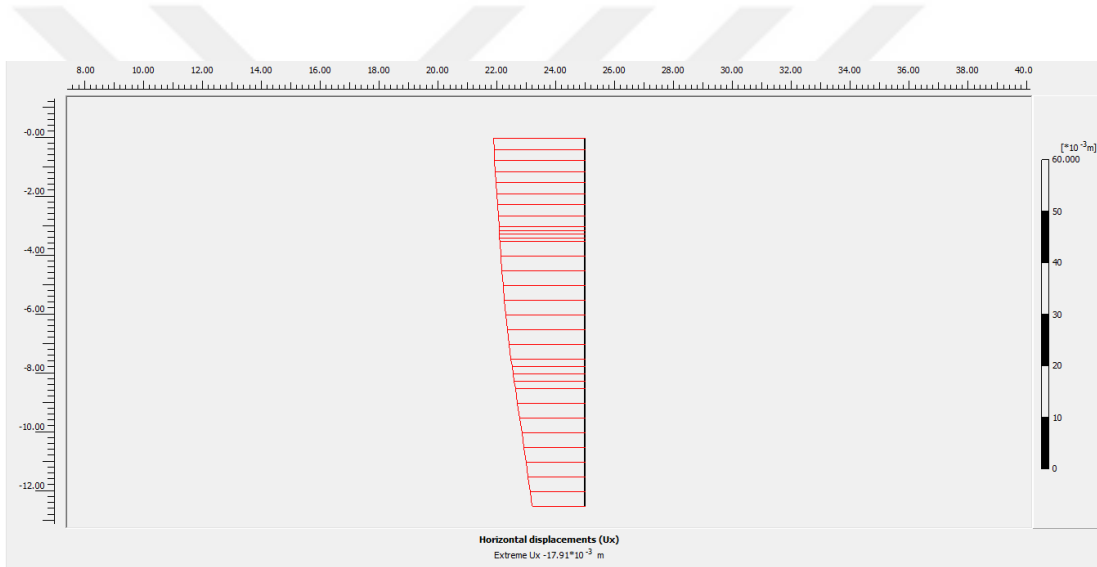
Şekil 17. B-B Kesiti ankrajlı fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği



Şekil 18. B-B Kesiti ankrajlı fore kazık için yatay deplasman grafiği



Şekil 19. B-B Kesiti ankrajlı fore kazık için düşey deplasman grafiği



Şekil 20. B-B kesiti ankrajlı fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği

C-C Kesiti:

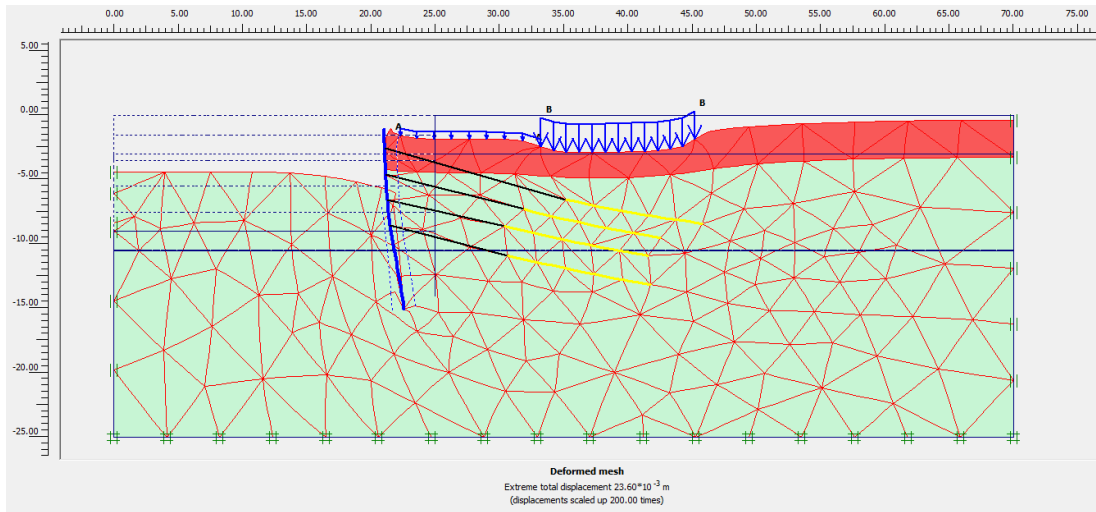
Cephe uzunluğu 10,7 metre ve cephe derinliği 9 metredir. Kazı üst kotu +584,50 ve kazı taban kotu +575,50 olarak belirlenmiştir. İksa sistemi olarak fore kazıklı ankraj seçilmiştir. Fore kazık boyu 14 metre olarak uygulanmıştır. Kesit hesapları için kullanılacak olan sürşarj yükleri, 10 kN/m/m ve 40 kN/m/m olarak girilmiştir. Yeraltı suyu +574,00 kotuna eklenmiştir. Bütün iksa kesitlerinde fore kazık üzerinde 3x0,6” ankrajlar düşeyde 2,00 m aralıklı 4 sıra, yatayda ise 2,70 m aralıklı olarak destek yapılmıştır. Ankraj özellikleri Tablo 9'da gösterilmiştir.

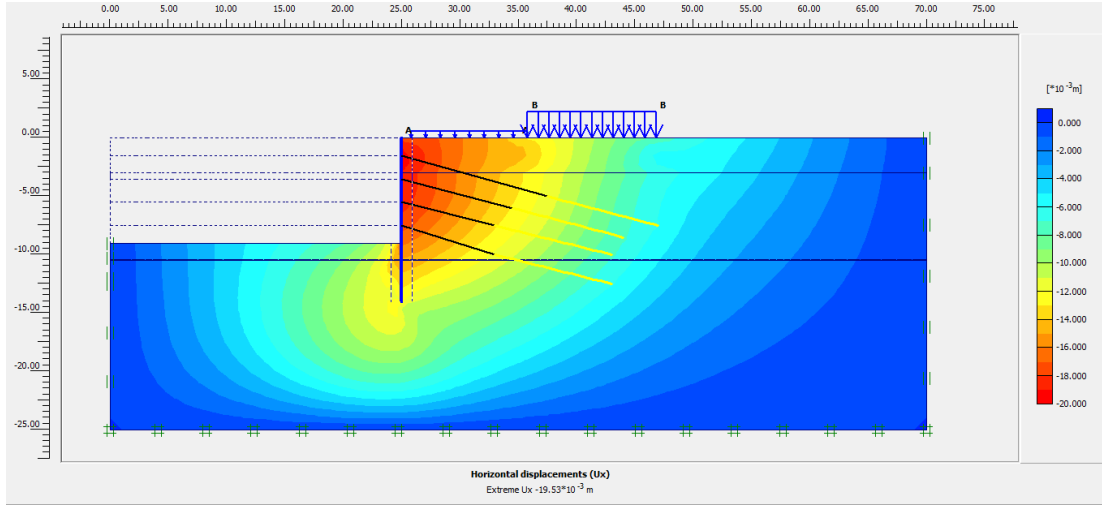
Tablo 9. C-C Kesiti ankraj özellikleri

Sıra no	Kot	Ankraj toplam boy	Ankraj tipi ve kök boyu	Ankraj tasarım yükü	Ankraj açısı
1.Sıra Ankraj	-1,50	23 metre	3x0,6'' / 10,00 m	20,0 ton	15 ⁰
2.Sıra Ankraj	-3,50	20 metre	3x0,6'' / 10,00 m	25,0 ton	15 ⁰
3.Sıra Ankraj	-5,50	18 metre	3x0,6'' / 10,00 m	25,0 ton	15 ⁰
4.Sıra Ankraj	-7,50	18 metre	3x0,6'' / 10,00 m	30,0 ton	15 ⁰

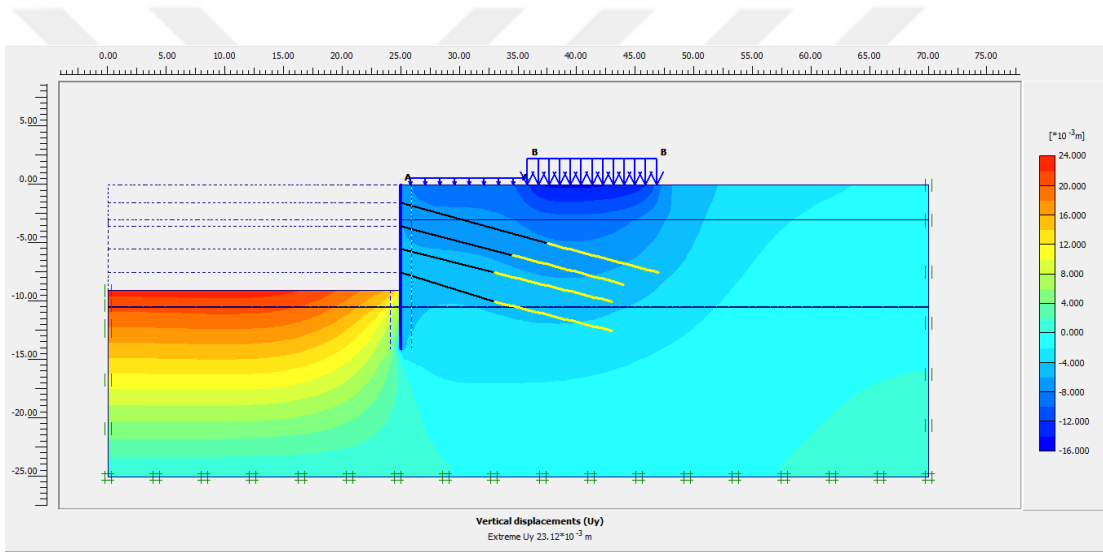
C-C kesiti iksa sisteminin analizinin yapılabilmesi için zemin geometrisi Plaxis programı üzerinde tanımlanmış ve iksa elemanları çizilmiştir. Zemin özellikleri, iksa sisteminin malzeme özellikleri ve sürşarj yükleri sisteme eklenmiştir. Zemin su basıncının sistem üzerindeki etkilerini tanımlayabilmek için yeraltı su seviyesi sisteme aktarılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda toplam deplasman $23,60 \times 10^{-3}$ m olarak Şekil 24'de gösterilmiştir. Bu değer en fazla 1,993 cm ön görülmektedir. İzin verilebilir deplasman sınırı ise $\% 0,5 \times H \times 900 \times 0,005 = 4,5$ cm olmaktadır. Analiz sonucu bulunan değer bu değer altında olduğu için bir sorun beklenmemektedir. Yapılan analizler sonucu bulunan sistemin deforme olmuş ağ grafiği Şekil 21'de, yatay deplasman grafiği Şekil 22'de, düşey deplasman grafiği Şekil 23'de gösterilmiştir.

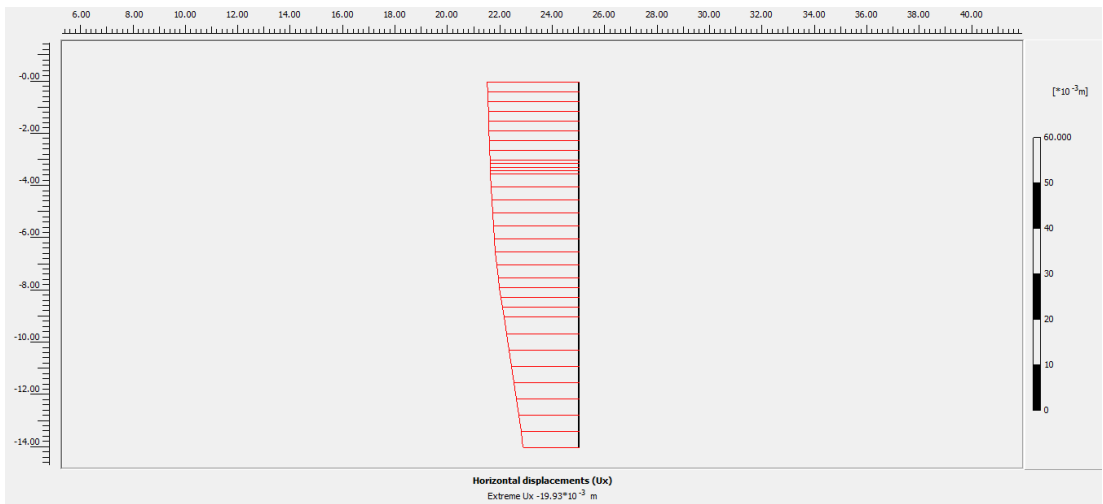
**Şekil 21.** C-C Kesiti ankrajlı fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği



Şekil 22. C-C Kesiti ankrajlı fore kazık için yatay deplasman grafiği



Şekil 23. C-C Kesiti ankrajlı fore kazık için düşey deplasman grafiği



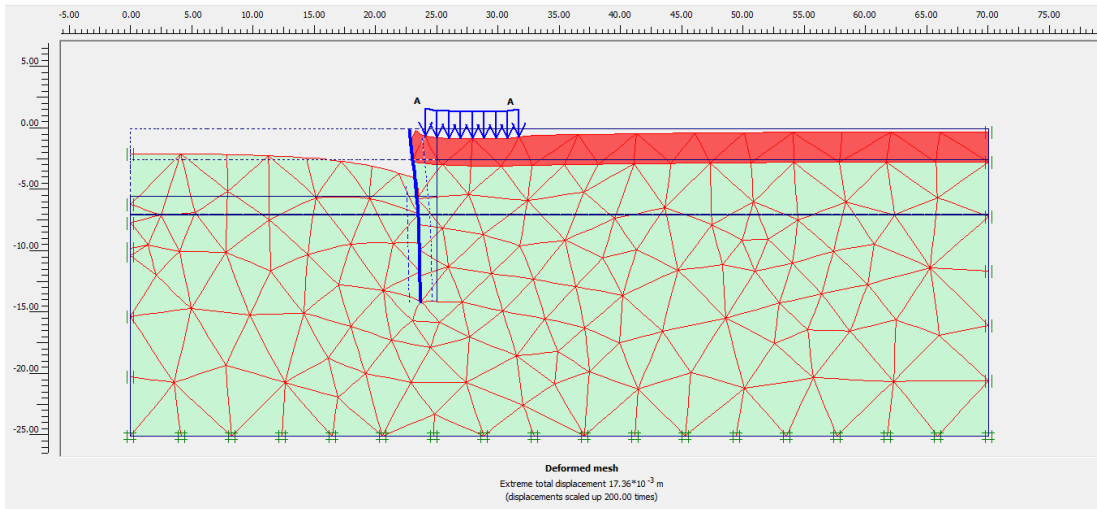
Şekil 24. C-C Kesiti ankrajlı fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği

D-D Kesiti:

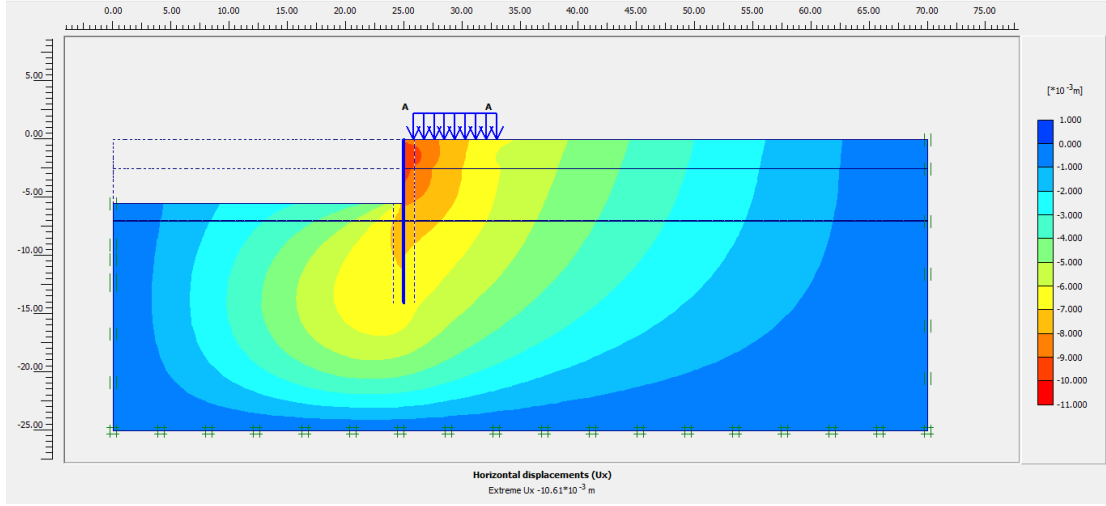
Cephe uzunluğu 23,30 metre ve cephe derinliği 5,5 metredir. Kazı üst kotu +581,00 ve kazı taban kotu +575,50'dir. Desteksiz kazı yüksekliği düşük olduğu için iksa sistemi olarak konsol fore kazık seçilmiştir. Fore kazık boyu 14 metre olarak uygulanmıştır. Kesit hesapları için kullanılacak olan sürşarj yükleri, 10 kN/m/m olarak girilmiştir. Yeraltı suyu +574,00 kotuna eklenmiştir.

D-D kesiti iksa sisteminin analizinin yapılabilmesi için zemin geometrisi Plaxis programı üzerinde tanımlanmış ve iksa elemanları çizilmiştir. Zemin özellikleri, iksa sisteminin malzeme özellikleri ve sürşarj yükleri sisteme eklenmiştir. Zemin su basıncının sistem üzerindeki etkilerini tanımlayabilmek için yeraltı su seviyesi kotu sisteme aktarılmıştır.

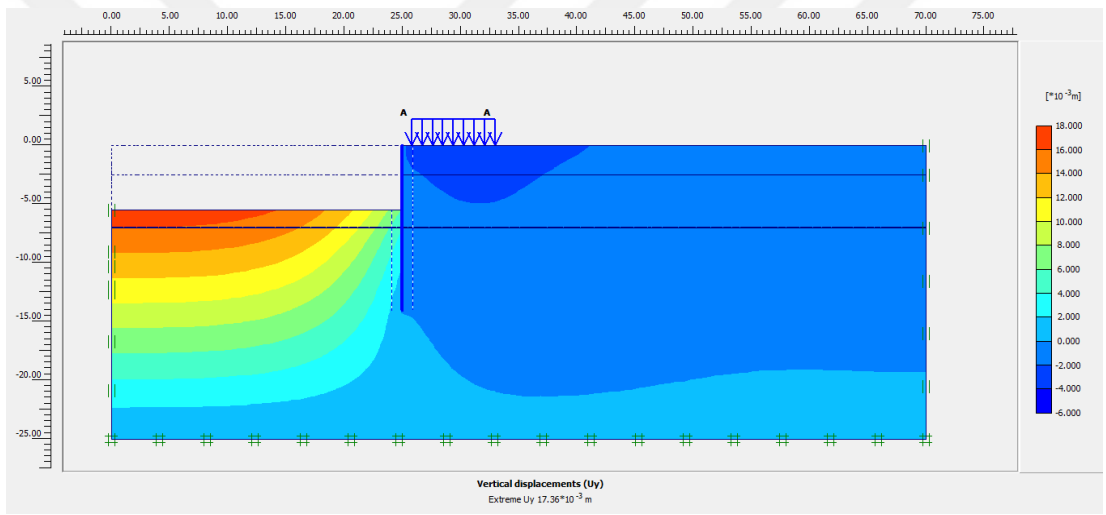
Yapılan analizler sonucunda toplam deplasman $17,36 \times 10^{-3}$ m olarak Şekil 28'de gösterilmiştir. Bu değer en fazla 1,124 cm ön görülmektedir. İzin verilebilir deplasman ise yukarıda bahsedilen genelgeye (www.yapiisleri.csb.gov.tr) göre hesaplanırsa güvenli deplasman sınırı $550 \times 0,001 = 5,5$ cm olmaktadır. Analiz sonucu bulunan değer izin verilebilir değerinin altında olduğu için bir duraylılık sorunu beklenmemektedir. Yapılan analizler sonucu bulunan sistemin deforme olmuş ağ grafiği Şekil 25'de, yatay deplasman grafiği Şekil 26'da, düşey deplasman grafiği Şekil 27'de gösterilmiştir.



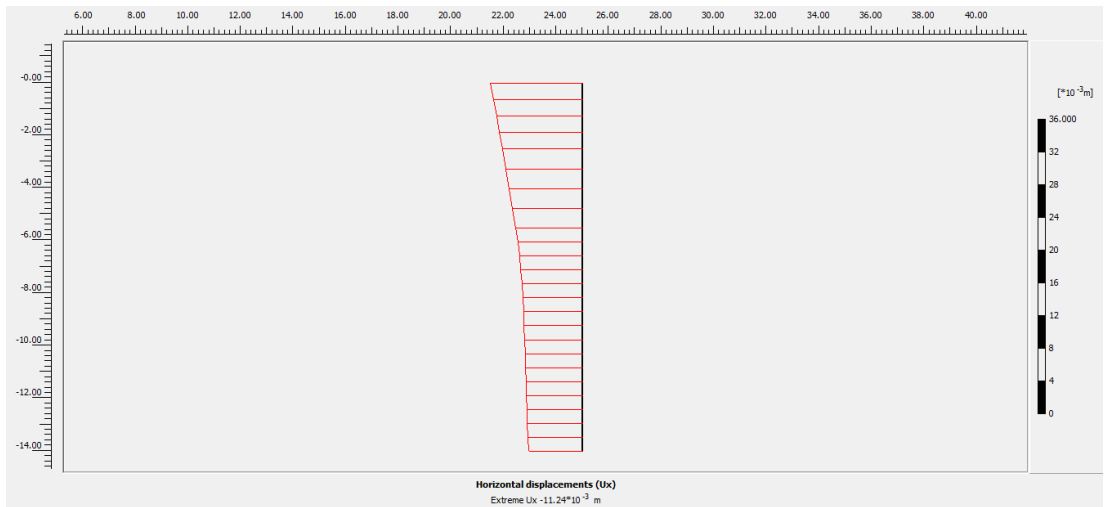
Şekil 25. D-D Kesiti konsol fore kazık için deforme olmuş ağ grafiği



Şekil 26. D-D Kesiti konsol fore kazık için yatay deplasman grafiği



Şekil 27. D-D Kesiti konsol fore kazık için düşey deplasman grafiği



Şekil 28. D-D Kesiti konsol fore kazık yatay yerdeğiştirme grafiği

Yapılan analizler sonucu inşaat alanının 4 farklı cephesinde bulunan A-A, B-B, C-C ve D-D kesitleri için elde edilen yer değiştirme değerleri ve kazıklar izin verilen güvenli yer değiştirme değerleri Tablo 10’da özetlenmiştir. Bu sonuçlar önerilen iksa tasarımının uygulanması halinde temel kazısının duraylılığının inşaat süresince sağlanacağı göstermekte olup, kazı alanında geoteknik mühendisliği açısından bir problemin gerçekleşmeyeceği belirlenmiştir.

Tablo 10. Sayısal analizler sonucunda elde edilen yer değiştirme değerleri

Kesit	A-A	B-B	C-C	D-D
Toplam yer değiştirme	$35,36 \times 10^{-3} \text{ m}$	$22,55 \times 10^{-3} \text{ m}$	$17,36 \times 10^{-3} \text{ m}$	$23,6 \times 10^{-3} \text{ m}$
Düşey yer değiştirme	$34,09 \times 10^{-3} \text{ m}$	$22,26 \times 10^{-3} \text{ m}$	$17,36 \times 10^{-3} \text{ m}$	$23,12 \times 10^{-3} \text{ m}$
Yatay yer değiştirme	$22,66 \times 10^{-3} \text{ m}$	$17,34 \times 10^{-3} \text{ m}$	$10,61 \times 10^{-3} \text{ m}$	$19,53 \times 10^{-3} \text{ m}$
Kazık yatay yer değiştirme	1,703 cm	1,791 cm	1,124 cm	1,993 cm
Güvenlik sınırı	6,25 cm	4,25 cm	4,5 cm	5,5 cm

2021 yılının son çeyreği itibarıyla yıkım çalışmalarına başlanan proje alanında, iksa uygulama çalışmaları 2022-Haziran ayında tamamlanmıştır. Çalışma alanına ait fotoğraflar Ek-3’de verilmiştir. İksa sisteminde oluşabilecek deplanmanları ölçmek için açılan İK-1, 2 ve 3 nolu inklinometre kuyularında birer hafta arayla iki ölçüm alındıktan sonra kuyuların içine ince zemin malzemesi ve ankraj enjeksiyonu dolması sonucunda tıkanarak kullanılamaz hale gelmiştir. Bu nedenle iksa imalatı esnasında ve sonrasında doğrudan deformasyon ölçümleri alınamamıştır. Ancak, sahada yapılan gözlemsel etütlerde imalat sonrası iksalarda kayda değer bir deformasyonun gelişmediği saptanmıştır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, Artvin İli, Merkez İlçesi, Çarşı Mahallesi Mevkiindeki Gazi Ortaokulu binasının bulunduğu 72 ada ve 6-20 parsellerde yapılması planlanan inşaatın temel kazısı süresince duraylılığını sağlayacak iksa sistemlerinin analizine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur;

Çalışma alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru Jura-Kratese yaşlı volkanotortul kayaçların ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozlarının (eski heyelan malzemesi) yüzeyleme verdiği belirlenmiştir. Yamaç molozlarının üstünde 1,5-3,0 metre kalınlığında dolgu malzemesi seviyesi bulunmaktadır. Temel kazısı işlemi dolgu malzemesi ve yamaç molozlarının içinde yapılacaktır.

Zemin özelliklerini ve yeraltı su seviyesini belirlemek için yapılan zemin ve temel etüt raporu çalışmalarında 5 adet araştırma sondajı açılmış, 2 profilde sismik kırılma çalışması yapılmış, 3 kuyuda prosiyometre ölçümleri gerçekleştirilmiş ve 3 adet inklinometre sondaj kuyusu daha açılmıştır.

Birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS) göre yamaç molozu düşük plastisiteli kil (CL), yüksek plastisiteli kil (CH) ve killi kum (SC) sınıflarındadır.

Çalışma alanı içindeki yamaç molozunun kayma dayanımı parametreleri c: 27,5 kN/m² ve ϕ : 16,7°, doğal-kuru-doygun birim hacim ağırlık değeri sırasıyla 15,7 kN/m³, 15,0 kN/m³, 19,0 kN/m³, Poisson oranı 0,38, elastisite modülü ise 60000 kN/m²'dir. Yamaç molozunun üstünde bulunan dolgu malzemesinin kayma dayanımı parametreleri ise c: 20 kN/m² ve ϕ : 12°, doğal-kuru-doygun birim hacim ağırlık değeri sırasıyla 15,1 kN/m³, 14,0 kN/m³, 18,0 kN/m³, Poisson oranı 0,39, elastisite modülü 15000 kN/m² olarak alınmıştır.

Kazı şevlerinin duraylılığını araştırmak ve tasarımı yapılmış olan iksa sistemi kesitlerinin güvenlik analizini yapmak için Plaxis paket programı kullanılmıştır. Statik koşullar için yapılan analizlerde Mohr-Coulomb yenilme kriteri kullanılmıştır. Kazı alanının çevresinde bulunan 4 farklı cephe kesitleri için analizler gerçekleştirilmiştir. Gerçeğe yakın ve doğru sonuçlar elde edebilmek için zemin geometrisi, karakteristik özellikleri ve yeraltı su seviyesi programa aktarılmış, iksa sistemi arkasında bulunan yol ve binalardan gelen yükler sürşarj yükü olarak

tanımlanmıştır.

A-A kesitinin bulunduğu cephe Ø: 80 cm çaplı ankrajlı (Ø: 0,6") fore kazıklardan oluşmaktadır. Plaxis programı ile yapılan analiz sonucunda en fazla 1,703 cm yer değiştirme olacağı ön görülmektedir. Bulunan bu değer izin verilebilir deplasman sınırı olan $\% 0,5 \times H$ ($1250 \times 0,005$)= 6,25 cm değerinden küçüktür. Analiz sonucu bulunan bu değer sınır değerinin altında olduğu için duraylılık açısından bir sorun beklenmemektedir.

B-B kesitinin bulunduğu cephe Ø: 80 cm çaplı ankrajlı (Ø: 0,6") fore kazıklardan oluşmaktadır. Plaxis programı ile yapılan analiz sonucunda en fazla 1,791 cm yer değiştirme olacağı hesaplanmıştır. Bulunan bu değer izin verilebilir deplasman sınırı olan $\% 0,5 \times H$ ($850 \times 0,005$)= 4,25 cm değerinden küçüktür. Analiz sonucu bulunan bu değer limit sınır değerinin altında kaldığı için bu cephede bir duraylılık sorunu beklenmemektedir.

C-C kesitinin bulunduğu cephe Ø: 80 cm çaplı konsol fore kazıklardan oluşmaktadır. Plaxis programı ile yapılan analiz sonucunda en fazla 1,993 cm yer değiştirme olacağı ön görülmektedir. Bu sonuç izin verilebilir deplasman sınırı olan $\% 0,5 \times H$ ($900 \times 0,005$)= 4,5 cm değerinden küçüktür. Analiz sonucu bulunan değer sınır değerinin altında olduğu için bir duraylılık problemi beklenmemektedir.

D-D kesitinin bulunduğu cephe Ø: 80 cm çaplı ankrajlı (Ø: 0,6") fore kazıklardan oluşmaktadır. Plaxis programı ile yapılan analiz sonucunda en fazla 1,124 cm yer değiştirme ön görülmektedir. Bulunan bu değer izin verilebilir deplasman sınırı olan $\% 0,1 \times H$ ($550 \times 0,001$)= 5,5 cm değerinden küçüktür. Analiz sonucu bulunan bu değer sınır değerinin altında kaldığı için bir duraylılık sorunu beklenmemektedir.

Yapılan analizler sonucunda projelendirilmiş olan iksa sisteminin bilgisayar programı üzerinde kontrolü gerçekleştirilmiş ve öngörülen deformasyon değerlerinin güvenlik sınırları içinde kaldığı görülmüştür. Zemin özelliklerinin gerçeğe uygun şekilde oluşturulması ve doğru parametrelerin girilmesi sonucunda Plaxis programı ile yapılan analizlerin güvenli ve gerçekçi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- ASTM, 2005. Standard test methods for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils. ASTM International, ASTM D4318, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2006. Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International, ASTM D2487, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2007. Standard test method for particle-size analysis of soils. ASTM International, ASTM D422, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2009. Standard test methods for laboratory determination of density (unit weight) of soil specimens. ASTM International, ASTM D7263-09, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2011. Standard Test Method for Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils. ASTM International, ASTM D4767-11, West Conshohocken, USA.
- ASTM, 2017. Standard test method for consolidated undrained direct simple shear testing of fine grain soils. ASTM International, ASTM D6528-17, West Conshohocken, USA.
- Başeski, O., 2008, Derin Kazılarda İksa Sistemi Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Bülbül, M. B., 2015, Derin Kazılarda Farklı İksa Sistemlerinin Tasarımının ve Deformasyonlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
- Dağ, E., 2021, Derin Kazılarda İksa Yapılarının Tasarımı ve İnklinometrik Ölçümlerle Tasarımın Karşılaştırılması: Kadıköy İlçesi Kentsel Dönüşüm Projesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul
- Engin, E., 2008, Destekli Derin Kazılarda Yapılan İnklinometrik Ölçümler İle Sonlu Elemanlar Analizlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erzenoğlu, Ö. B., 2015, Ankrajlı İksa Sistemlerinde Öngerme Kuvvetinin Kazı Davranışı Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Gökçek, H., 2014, Derin kazılar nedeni ile oluşan deplasmanların ileriye ve geriye doğru analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Güven, İ.H., 1993, Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250000 ölçekli komplikasyonu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Hatinoğlu, M.S., 2021, Derin kazıların sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- İdikurt, A., 2019, Derin Kazılarda İksa Sistemlerinin Tasarım Deformasyonlarının Aletsel Gözlemlerle Karşılaştırılması, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
- Karakoç, S., 2010, Derin kazıların sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sayısal çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Ketin, I., 1966. Tectonic units of Anatolia. Journal of General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) 66:23-34
- NACS (North American Commission on Stratigraphy), 1983, The American association of petroleum geologists bulletin, Volume: 67, No: 5, 841-875.
- Özalp, F., 2022, Metro İstasyonu Derin Kazı Sistemlerinin Sonlu Elemanlar Analizi: Vaka Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara
- Özcan, M. R., 2018, Vadi İstanbul Park 3. Etap Projesi Derin Kazısı Vaka Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Özüdoğru, K., Tan, O., Aksoy, İ.H., (1996) Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği, Birsan Yayınevi, İstanbul, 160s.
- Plaxis (2002). Plaxis 2D V8 manual part 3: material and models manual. R.B.J Brinkgreve, W. Broere and D. Waterman, ed. Países Bajos: Plaxis b.v 2.7-2.12.
- Ük, M, 2009, Derin Kazılar Ve Derin Kazılara Bir Örnek: Flame Towers Projesi İksa Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- www.earth.google.com/web/search/artvin
- www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMImages/Haritalar/b10.jpg
- www.tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml
- www.yapiisleri.csb.gov.tr/kazi-cukurlarinin-desteklenmesi-ile-ilgili-uyulacak-esaslar-genelgesi-haber-231558
- www.yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx
- Yılmaz, D. T., 2019, Bir İksa Sisteminin İki ve Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Çözülmesi ve Saha Ölçümleri İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

EKLER

Ek-1. Sondaj logları

 PROTEKNİK SONDAJ MÜHENDİSLİK VE DANIŞMANLIK www.proteknik.com bilgi@proteknik.com		SONDAJ LOGU / BORING LOG	
Proje Adı / Project Name Gazi Ortaokulu		Sondaj No / Borehole No SK-1	
Sondaj Yeri / Boring Location Artvin, Merkez, Çarşı Mahallesi, 72 Ada, 6 - 20 Parsel		Sayfa Numarası / Page Number 1/1	
		Sondaj Derinliği / Boring Depth 30.00 m	
		Delik Çapı / Hole Diameter 76.00 mm (NQLW)	
		Son. Mak. & Yöntem / D. Rig & Method D-500 - Rotary	
		Başlangıç-Bitiş Tarihi / Start-Finish Date 08.06.2020 - 10.06.2020	
		Muhafaza Borusu Derinliği / Casing Depth 30.00 m	
		Yeraltı Su Seviyesi / Ground Water Level 8.50 m	
		Koordinat Sistemi / Coordinate System UTM 3. dr. / ITRF96	
		Koordinat / Coordinate (N-S) (X) 4560634.529	
		Koordinat / Coordinate (E-W) (Y) 484703.969	
		Sondaj Kotu / Elevation (Z) 584 m	

Sondaj Derinliği / Drilling Depth (m)	Manivela Boyu / Run (m)	Numune Cinsi / Sample Type	Yerinde Deney / In-Situ Test	Pres. Deneyi / Press. Test (kg/cm ²)		Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test				Jeolojik Tanımlama / Geotechnical Description	Profil / Profile	Kaya Özellikleri / Rock Characteristics					
				Net Limit Basınç / Net Limit Pressure	Earth Modülü / Modulus of Elasticity	Darbe Sayısı / Number of Blows	Grafik / Graph	Dayanım / Strength	Ayrışma / Weathering			Kırık / Fracture (30 cm)	Tıp. Kar. Verimi / Ucl (%)	Sığ. Kar. Verimi / Scl (%)	Kaya Kalitesi / RQD %		
																0-15 cm	15-30 cm
1.00																	
2.00																	
3.00																	
4.00																	
5.00																	
6.00																	
7.00																	
8.00																	
9.00																	
10.00																	
11.00																	
12.00																	
13.00																	
14.00																	
15.00																	
16.00																	
17.00																	
18.00																	
19.00																	
20.00																	
21.00																	
22.00																	
23.00																	
24.00																	
25.00																	
26.00																	
27.00																	
28.00																	
29.00																	
30.00																	
31.00																	
32.00																	
33.00																	
34.00																	
35.00																	
36.00																	
37.00																	
38.00																	
39.00																	
40.00																	
41.00																	
42.00																	
43.00																	
44.00																	
45.00																	
46.00																	
47.00																	
48.00																	
49.00																	
50.00																	
51.00																	
52.00																	
53.00																	
54.00																	
55.00																	
56.00																	

Dayanım / Strength (ISIRI)			Ayrışma / Weathering		Kırıklar - 30 cm / Fractures		Kaya Kalitesi / RQD		Notlar / Notes
I Dayanıklı	Strong (RS)	I Taze	Fresh	1	Seyrek	Wide (W)	% 0-25	Cok Kötü	
II Orta Dayanıklı	M. Strong (RS)	II Az Ayrışma	Slightly W.	1-2	Orta	Moderate (M)	% 25-50	Kötü	Poor
III Orta Zayıf	M. Weak (RZ)	III Orta D. Ayrış.	Mod. Weath.	2-10	Sık	Close (C)	% 50-75	Orta	Fair
IV Zayıf	Weak (RZ)	IV Çok Ayrış.	Highly W.	10-20	Çok Sık	Intense (I)	% 75-90	İyi	Good
V Çok Zayıf	V. Weak (RT)	V Tam Ayrışma	Comp. Weat.	>20	Parçalı	Crushed (C)	% 90-100	Çok İyi	Excellent

İnce Tanelli / Fine Grained			İri Tanelli / Coarse Grained			Oranlar / Proportions		
N 0-2	Çok Yumuşak	V. Soft	N 0-4	Çok Gevşek	V. Loose	% 5	Pek Az	Slightly
N 3-4	Yumuşak	Soft	N 5-10	Gevşek	Loose	% 5-15	Az	Little
N 5-8	Orta Katı	M. Stiff	N 11-30	Orta Sıkı	M. Dense	% 15-35	Çok	Very
N 9-13	Katı	Stiff	N 31-50	Sıkı	Dense	% 35+	Ve	And
N 16-30	Çok Katı	V. Stiff	N >50	Çok Sıkı	V. Dense			
N >30	Sert	Hard						

Nüme. / Deney Cinsi / Sample / Test Type	SPT	Standart Penetrasyon Testi	Standart Penetration Test
D	Örellenmiş Numune	Disturbed Sample	
UD	Örellenmemiş Numune	Undisturbed Sample	
K	Karot Numunesi	Core Sample	
BST	Basınçlı Su Testi	Water Pressure Test	
L	Permeabilite Deneyi	Permeability Test	
P	Presiyometre Deneyi	Pressuremeter Test	
NY	Nokta Yükleme Testi	Point Load Test	
TE	Tek Eksenli Deneyi	Uniaxial Test	

Ek-1 (Devam). Sondaj logları

PROTEKNIK		SONDAJ LOGU / BORING LOG	
PROTEKNIK SONDAJ MUHENDISLIK VE DANIŞMANLIK www.proteknik.com bilgi@proteknik.com		Sondaj No / Borehole No	SK-2
Proje Adı Project Name		Sayfa Numarası / Page Number	1/1
Sondaj Yeri Boring Location		Sondaj Derinliği / Boring Depth	30.00 m
		Delik Çapı / Hole Diameter	76.00 mm (NOWL)
		Son. Mak. & Yöntem / D. Rig & Method	D-500 - Rotary
		Başlangıç-Bitiş Tarihi / Start-Finish Date	10.06.2020 - 12.06.2020
		Muhafaza Borusu Derinliği / Casing Depth	28.00 m
		Yeraltı Su Seviyesi / Ground Water Level	7.50 m
		Koordinat Sistemi / Coordinate System	UTM 3 dr. / ITRF96
		Koordinat / Coordinate (N-S) (X)	4560625.743
		Koordinat / Coordinate (E-W) (Y)	484669.832
		Sondaj Kotu / Elevation (Z)	584 m

Sondaj Derinliği / Drilling Depth Meters / Run (m)	Numune Çisi / Sample Type	Yerinde Deney / In-Situ Test	Pres. Deneyi Press. Test (kg/cm ²)		Standart Penetrasyon Testi Standard Penetration Test				Grafik Graph	Jeolojik Tanımlama Geotechnical Description	Profil Profile	Kaya Özellikleri Rock Characteristics						
			Net Limit Basıncı Net Limit Pressure	Elastik Modül Modulus of Elasticity	Darbe Sayısı Number of Blows		Dinamik Strength	Ayrışma / Weathering				Kırık / Fracture (30 cm)	Top. Kar. Verim / TCR (%)	Sığ. Kar. Verim / SCR (%)	Kaya Kalitesi / RQD %			
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N												
1.00																		
2.00																		
3.00																		
4.00																		
5.00																		
6.00																		
7.00																		
8.00																		
9.00																		
10.00																		
11.00																		
12.00																		
13.00																		
14.00																		
15.00																		
16.00																		
17.00																		
18.00																		
19.00																		
20.00																		
21.00																		
22.00																		
23.00																		
24.00																		
25.00																		
26.00																		
27.00																		
28.00																		
29.00																		
30.00																		
31.00																		
32.00																		
33.00																		
34.00																		
35.00																		
36.00																		
37.00																		
38.00																		
39.00																		
40.00																		
41.00																		
42.00																		
43.00																		
44.00																		
45.00																		
46.00																		
47.00																		
48.00																		
49.00																		
50.00																		
51.00																		
52.00																		
53.00																		
54.00																		
55.00																		
56.00																		

Dayanım / Strength (ISMR)		Ayrışma / Weathering		Kırıklar - 30 cm / Fractures		Kaya Kalitesi / RQD		Notlar / Notes
I Dayanım	Strong (RS)	I Taze	Fresh	1 Seyrek	Wide (W)	% 0-25	Çok Kötü	
II Orta Dayanım	M. Strong (R4)	II Az Ayrışmış	Slightly W.	1-2 Orta	Moderate (M)	% 25-50	Kötü	
III Zayıf	M. Weak (R3)	III Orta D. Ayrış.	Mod. Weath.	2-10 Sık	Close (C)	% 50-75	Orta	
IV Zayıf	Weak (R2)	IV Çok Ayrış.	Hagly W.	10-20 Çok Sık	Intense (I)	% 75-90	İyi	
V Çok Zayıf	V. Weak (R1)	V Tam Ayrışmış	Comp. Weath.	>20 Parçalı	Crushed (CZ)	% 90-100	Çok İyi	
İnce Tanımlı / Fine Grained		İri Tanımlı / Coarse Grained		Oranlar / Proportions				
N 0-2	Çok Yumuşak	V. Soft	N 0-4	Çok Gevrek	V. Loose	% 5	Pek Az	
N 3-4	Yumuşak	Soft	N 5-10	Gevrek	Loose	% 5-20	Az	
N 5-8	Orta Kati	M. Stiff	N 11-30	Orta Sık	M. Dense	% 15-35	Çok	
N 9-15	Kati	Stiff	N 31-50	Sık	Dense	% 35+	Ve	
N 16-30	Çok Kati	V. Stiff	N >50	Çok Sık	V. Dense			
N >30	Sart	Hard						

Num. / Deney Çisi / Sample / Test Type	SPT	Standart Penetrasyon Testi	Standart Penetrasyon Testi
D	Örellenmiş Numune	Disturbed Sample	
UD	Örellenmemiş Numune	Undisturbed Sample	
K	Karot Numunesi	Core Sample	
RST	Basınçlı Su Testi	Water Pressure Test	
P	Permeabilite Deneyi	Permeability Test	
PI	Presiyometre Deneyi	Pressuremeter Test	
NY	Nokta Yükleme Testi	Nokta Yükleme Testi	
IE	Tek Eksenli Eğilme	Tek Eksenli Eğilme	

Ek-1 (Devam). Sondaj logları

 PROTEKNİK PROTEKNİK SONDAJ MÜHENDİSLİK VE DANIŞMANLIK www.proteknik.com bilgi@proteknik.com										SONDAJ LOGU / BORING LOG				
Proje Adı / Project Name Gazi Ortaokulu										Sondaj No / Borehole No SK-3				
Sondaj Yeri / Boring Location Artvin, Merkez, Çarşı Mahallesi, 72 Ada, 6 - 20 Parsel										Sayfa Numarası / Page Number 1/1				
										Sondaj Derinliği / Boring Depth 30.00 m				
										Delik Çapı / Hole Diameter 76.00 mm (NOWL)				
										Son. Mak. & Yöntem / D. Rig & Method D-500 - Rotary				
										Başlangıç-Bitiş Tarihi / Start-Finish Date 12.06.2020 - 14.06.2020				
										Muhafaza Borusu Derinliği / Casing Depth 28.00 m				
										Yeraltı Su Seviyesi / Ground Water Level 7.50 m				
										Koordinat Sistemi / Coordinate System UTM 3 dr. / ITRF96				
										Koordinat / Coordinate (N-S) (X) 4560632.583				
										Koordinat / Coordinate (E-W) (Y) 484679.254				
										Sondaj Kotu / Elevation (Z) 584 m				

Sondaj Derinliği / Boring Depth	Madeni Boyu / Run (m)	Madenin Cinsi / Sample Type	Veriye Derinliği / In-Situ Test	Pres. Deneyi / Press. Test (kg/cm ²)		Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test				Grafik / Graph	Jeolojik Tanımlama / Geotechnical Description	Profil / Profile	Kaya Özellikleri / Rock Characteristics						
				Net Limit Basıncı / Net Limit Pressure	Elastik Modül / Modulus of Elasticity	Darbe Sayısı / Number of Blows			Dayanım / Strength				Ayrışma / Weathering	Beyaz / Fracture (30 cm)	Top. Kar. Verim / TCI (%)	Sığ. Kar. Verim / SGI (%)	Kaya Kalitesi / RQD %		
						0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										N	
1.00																			
2.00																			
3.00																			
4.00																			
5.00																			
6.00																			
7.00																			
8.00																			
9.00																			
10.00																			
11.00																			
12.00																			
13.00																			
14.00																			
15.00																			
16.00																			
17.00																			
18.00																			
19.00																			
20.00																			
21.00																			
22.00																			
23.00																			
24.00																			
25.00																			
26.00																			
27.00																			
28.00																			
29.00																			
30.00																			
31.00																			
32.00																			
33.00																			
34.00																			
35.00																			
36.00																			
37.00																			
38.00																			
39.00																			
40.00																			
41.00																			
42.00																			
43.00																			
44.00																			
45.00																			
46.00																			
47.00																			
48.00																			
49.00																			
50.00																			
51.00																			
52.00																			
53.00																			
54.00																			
55.00																			
56.00																			

Dayanım / Strength (ISMR)				Ayrışma / Weathering				Kırıklar - 30 cm / Fractures				Kaya Kalitesi / RQD				Notlar / Notes	
I Dayanımlı	Strong (RS)	II Orta Dayanımlı	M. Strong (RM)	I Taze	Fresh	3 Seyrek	Wide (W)	% 0-25	Çok Kötü	V. Poor							
II Orta Dayanımlı	M. Strong (RM)	III Orta Zayıf	M. Weak (R3)	II Az Ayrışmış	Slightly W.	1-2 Orta	Moderate (M)	% 25-50	Kötü	Poor							
III Orta Zayıf	M. Weak (R3)	IV Zayıf	Weak (R2)	III Orta D. Ayrış.	Mod. Weath.	2-10 Sık	Close (C)	% 50-75	Orta	Fair							
IV Zayıf	Weak (R2)	V Çok Zayıf	V. Weak (R1)	IV Çok Ayrış.	Highly W.	10-20 Çok Sık	Intense (I)	% 75-90	İyi	Good							
V Çok Zayıf	V. Weak (R1)			V Tam Ayrışmış	Coma. Weat.	>20 Parçalı	Crushed (G)	% 90-100	Çok İyi	Excellent							

İnce Tanelli / Fine Grained				İri Tanelli / Coarse Grained				Oranlar / Proportions			
N 0-2	Çok Yumuşak	V. Soft	N 0-4	Çok Gevrek	V. Loose	% 5	Pek Az	Slightly	% 5	Pek Az	Slightly
N 3-4	Yumuşak	Soft	N 5-10	Gevrek	Loose	% 5-15	Az	Little	% 5-20	Az	Little
N 5-8	Orta Katı	M. Stiff	N 11-30	Orta Sıkı	M. Dense	% 15-35	Çok	Very	% 20-50	Çok	Very
N 9-15	Katı	Stiff	N 31-50	Sıkı	Dense	% 35+	Ve	And			
N 16-30	Çok Katı	V. Stiff	N >50	Çok Sıkı	V. Dense						
N >30	Sert	Hard									

Num. / Deney Cinsi / Sample / Test Type	SPT	Standard Penetration Test	Standart Penetrasyon Testi
D	Örselenmiş Numune	Disturbed Sample	Disturbed Sample
UD	Örselenmemiş Numune	Undisturbed Sample	Undisturbed Sample
K	Karot Numunesi	Core Sample	Core Sample
BST	Basınçlı Su Testi	Water Pressure Test	Water Pressure Test
E	Permeabilite Deneyi	Permeability Test	Permeability Test
Pr	Presiyometre Deneyi	Pressuremeter Test	Pressuremeter Test
NY	Nokta Yükleme Testi	Nokta Yükleme Testi	Nokta Yükleme Testi
TE	Tek Eksenli Deneyi	Tek Eksenli Deneyi	Tek Eksenli Deneyi

Ek-1 (Devam). Sondaj logları

PROTEKNİK		SONDAJ LOGU / BORING LOG	
PROTEKNİK SONDAJ MÜHENDİSLİK VE DANIŞMANLIK www.proteknik.com bilgi@proteknik.com		Sondaj No / Borehole No	SK-4
Proje Adı Project Name		Sayfa Numarası / Page Number	1/1
Sondaj Yeri Boring Location		Sondaj Derinliği / Boring Depth	30.00 m
		Delik Çapı / Hole Diameter	76.00 mm (NQUW)
		Son. Mak. & Yöntem / D. Rig & Method	D-500 - Rotary
		Başlangıç-Bitiş Tarihi / Start-Finish Date	14.06.2020 - 16.06.2020
		Muhafaza Borusu Derinliği / Casing Depth	30.00 m
		Yeraltı Su Seviyesi / Ground Water Level	8.50 m
		Koordinat Sistemi / Coordinate System	UTM 3 dr. / ITRF96
		Koordinat / Coordinate (N-S) (X)	4560599.037
		Koordinat / Coordinate (E-W) (Y)	484692.934
		Sondaj Kotu / Elevation (Z)	583 m

Sondaj Derinliği / Drilling Depth Metre / Run (m)	Nümunne Çisi / Sample Type	Yatırımla Deney / In-Situ Test	Pres. Deneyi Press. Test (kg/cm ²)		Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test		Grafik Graph	Jeolojik Tanımlama Geotechnical Description	Profil Profile	Kaya Özellikleri Rock Characteristics									
			Net Limit Basınç Net Limit Pressure	Earth Modül Modulus of Elasticity	Darbe Sayısı Number of Blows					Dayanım Gücü / Strength	Ayrışma / Weathering	Kırılganlık / Fracture (DC cm)	Top. Kat. Verim / TCE (%)	Sığ. Kat. Verim / SCI (%)	Kaya Kalitesi / RQD %				
					0-15 cm	15-30 cm										30-45 cm	N		
1.00																			
2.00																			
3.00																			
4.00	UD																		
5.00																			
6.00																			
7.00	UD																		
8.00																			
9.00																			
10.00																			
11.00																			
12.00																			
13.00																			
14.00																			
15.00																			
16.00																			
17.00																			
18.00																			
19.00																			
20.00																			
21.00																			
22.00																			
23.00																			
24.00																			
25.00																			
26.00																			
27.00	UD																		
28.00																			
29.00																			
30.00																			
31.00																			
32.00																			
33.00																			
34.00																			
35.00																			
36.00																			
37.00																			
38.00																			
39.00																			
40.00																			
41.00																			
42.00																			
43.00																			
44.00																			
45.00																			
46.00																			
47.00																			
48.00																			
49.00																			
50.00																			
51.00																			
52.00																			
53.00																			
54.00																			
55.00																			
56.00																			

Dayanım Gücü / Strength (ISMR)		Ayrışma / Weathering		Kırılganlık - 30 cm / Fractures		Kaya Kalitesi / RQD		Notlar / Notes	
I Dayanımı	Strong (RS)	I Taze	Fresh	1	Seyrek	Wide (W)	% 0-25	Çok Kötü	V. Poor
II Orta Dayanım	M. Strong (RS)	II Az Ayrışma	Slightly W.	1-2	Orta	Moderate (M)	% 25-50	Kötü	Fair
III Orta Zayıf	M. Weak (RS)	III Orta D. Ayrış.	Mod. Weath.	2-10	Sık	Close (C)	% 50-75	Orta	Good
IV Zayıf	Weak (RS)	IV Çok Ayrış.	Highly W.	10-20	Çok Sık	Intense (I)	% 75-90	İyi	Excellent
V Çok Zayıf	V. Weak (RS)	V Tam Ayrışma	Comp. Weath.	>20	Parçalı	Crushed (Cr)	% 90-100	Çok İyi	

İnce Taneli / Fine Grained		İri Taneli / Coarse Grained		Oranlar / Proportions	
N 0-2	Çok Yumuşak	V. Soft	N 0-4	Çok Gevşek	V. Loose
N 3-4	Yumuşak	Soft	N 5-10	Gevşek	Loose
N 5-8	Orta Katı	M. Stiff	N 11-30	Orta Sıkı	M. Dense
N 9-15	Katı	Stiff	N 31-50	Sıkı	Dense
N 16-30	Çok Katı	V. Stiff	N >50	Çok Sıkı	V. Dense
N >30	Sert	Hard			

Num. / Deney Çisi / Sample / Test Type	SPT	Standart Penetrasyon Testi	Standart Penetration Test
D	Örselemiş Numune	Disturbed Sample	
UD	Örselememiş Numune	Undisturbed Sample	
K	Karot Numunesi	Core Sample	
BST	Basınç Su Testi	Water Pressure Test	
K	Permeabilite Deneyi	Permeability Test	
Pr	Presiyometre Deneyi	Pressuremeter Test	
NY	Nükleus Yükleme Testi	Nükleus Yükleme Testi	
TE	Tek Ekseni Deneyi	Tek Ekseni Deneyi	

Ek-1 (Devam). Sondaj logları

PROTEKNİK		SONDAJ LOGU / BORING LOG	
PROTEKNİK SONDAJ MÜHENDİSLİK VE DANIŞMANLIK www.proteknik.com bilgi@proteknik.com		Sondaj No / Borehole No	SK-5
Proje Adı Project Name		Sayfa Numarası / Page Number	1/1
Sondaj Yeri Boring Location		Sondaj Derinliği / Boring Depth	30.00 m
		Delik Çapı / Hole Diameter	76.00 mm (NQWL)
		Son. Mak. & Yöntem / D. Rig & Method	D-500 - Rotary
		Başlangıç-Bitiş Tarihi / Start-Finish Date	16.06.2020 - 18.06.2020
		Muhafaza Borusu Derinliği / Casing Depth	27.00 m
		Yeraltı Su Seviyesi / Ground Water Level	5.50 m
		Koordinat Sistemi / Coordinate System	UTM 3 dr. / ITRF96
		Koordinat / Coordinate (N-S) (X)	4560620.734
		Koordinat / Coordinate (E-W) (Y)	484657.351
		Sondaj Kotu / Elevation (Z)	590 m

Sondaj Derinliği / Drilling Depth Manzara Boyu / Run (m)	Numune Gresi / Sample Type	Pres. Deneyi Press. Test (kg/cm ²)		Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test				Jeolojik Tanımlama Geotechnical Description	Profil Profile	Kaya Özellikleri Rock Characteristics						
		Net Limit Basınç Net Limit Pressure	Elastik Modül Modulus of Elasticity	Darbe Sayısı Number of Blows			Grafik Graph			Dayanıklılık / Strength	Parçalanma / Weathering	Kırık / Fracture (Df cm)	Çap. Kır. Yarı / TCI (%)	Seg. Kır. Yarı / SCI (%)	Kaya Kalitesi / RQD %	
				0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										N
1.00																
2.00																
3.00																
4.00																
5.00	UD															
6.00																
7.00																
8.00																
9.00																
10.00																
11.00																
12.00	UD															
13.00																
14.00																
15.00																
16.00																
17.00																
18.00																
19.00																
20.00																
21.00																
22.00																
23.00																
24.00																
25.00																
26.00																
27.00	TE															
28.00	TE															
29.00	TE															
30.00																
31.00																
32.00																
33.00																
34.00																
35.00																
36.00																
37.00																
38.00																
39.00																
40.00																
41.00																
42.00																
43.00																
44.00																
45.00																
46.00																
47.00																
48.00																
49.00																
50.00																
51.00																
52.00																
53.00																
54.00																
55.00																
56.00																

Dayanıklılık / Strength (ISMR)		Ayrışma / Weathering		Kırıklar - 30 cm / Fractures		Kaya Kalitesi / RQD		Notlar / Notes
I Dayanıklı II Orta Dayanıklı III Orta Zayıf IV Zayıf V Çok Zayıf	Strong (RS) M. Strong (RS) M. Weak (RS) Weak (RZ) V. Weak (RS)	I Taze II Az Ayrışmış III Orta D. Ayrış. IV Çok Ayrış. V Tam Ayrışma	Fresh Slightly W. Mod. Weather. Highly W. Comp. Weat.	1 Seyrek 1-2 Orta 3-10 Sık 10-20 Çok Sık >20 Parçali	Wide (W) Moderate (M) Close (C) Intense (I) Crushed (C)	% 0-25 % 25-50 % 50-75 % 75-90 % 90-100	Çok Kötü Kötü Orta İyi Çok İyi	
İnce Tanıllı / Fine Grained		İri Tanıllı / Coarse Grained		Oranlar / Proportions				
N 0-2 Çok Yumuşak N 3-4 Yumuşak N 5-8 Orta Kati N 9-15 Kati N 16-30 Çok Kati N >30 Sert	V. Soft Soft M. Stiff Stiff V. Stiff Hard	N 0-4 Çok Gevşek N 5-10 Gevşek N 11-30 Orta Sıkı N 31-50 Sıkı N >50 Çok Sıkı	V. Loose Loose M. Dense Dense V. Dense	% 5 % 5-15 % 15-35 % 35+	Pek Az Az Çok Ve	Slightly Little Very And	% 5 % 5-20 % 20-50	Pek Az Az Çok

Num. / Deney Gisi Sample / Test Type	SPT	Standart Penetrasyon Testi	Standard Penetration Test
D	Örneklenmiş Numune	Disturbed Sample	
UD	Örneklenmemiş Numune	Undisturbed Sample	
K	Karot Numunesi	Core Sample	
BST	Basınç Su Testi	Water Pressure Test	
k	Permeabilite Deneyi	Permeability Test	
Pi	Presiyometre Deneyi	Pressuremeter Test	
NY	Nokta Yükleme Testi	Nokta Yükleme Testi	
TE	Tek Eksenli Deneyi	Tek Eksenli Deneyi	

Ek-2. Karot sandığı fotoğrafları



SK-1 sandık fotoğrafı

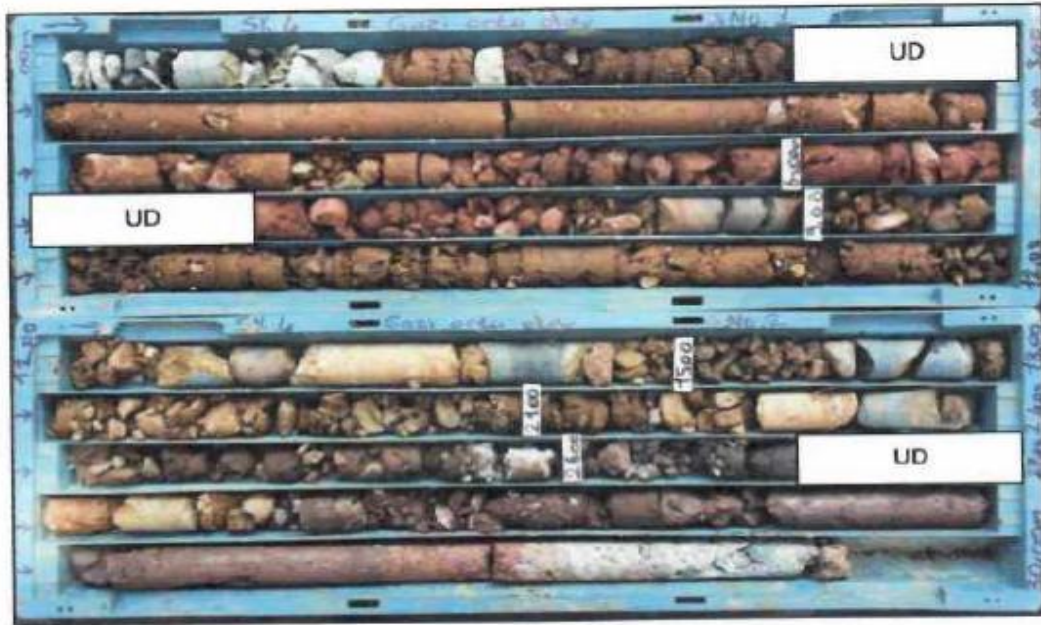


SK-2 sandık fotoğrafı

Ek-2 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



SK-3 sandık fotoğrafı



SK-4 sandık fotoğrafı

Ek-2 (Devam). Karot sandığı fotoğrafları



SK-7 sandık fotoğrafı

Ek-3. Çalışma alanındaki iksa uygulama aşamasına ait fotoğraflar

