ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESENTEPE (ÇANKIRI) HEYELANLI BÖLGESİNİN DURAYLILIK DEĞERLENDİRMESİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

Tuğbanur YURT

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Tuğbanur YURT tarafından hazırlanan "**Esentepe (Çankırı) Heyelanlı Bölgesinin Duraylılık Değerlendirmesi ve İyileştirme Önerileri**" adlı tez çalışması 29/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Mustafa FENER
Ankara Üniversitesi/Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan : Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ
Ankara Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Mustafa FENER
Ankara Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM
Enstitü Müdür Vekili

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynaklara atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

29/05/2019



Tuğbanur YURT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ESENTEPE (ÇANKIRI) HEYELANLI BÖLGESİNİN DURAYLILIK DEĞERLENDİRMESİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

Tuğbanur YURT

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mustafa FENER

Bu tez çalışması ile Çankırı İli, Merkez İlçesi Esentepe Mahallesi'nde bulunan doğal yamaçların duraylılık analizlerinin yapılması ve alınması gereken önlemlerin detaylandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda jeolojik- jeoteknik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasında gözlenen birimler alttan üste doğru Oligosen-Eosen yaşlı İncik Formasyonu, Miyosen yaşlı Bayındır ve Bozkır Formasyonları ile Kuvaterner çökellerinden oluşmaktadır. Heyelanlı saha Bayındır Formasyonu ve Kuvaterner çökellerinde gözlenmiştir. Heyelan, ana zemin olan jips ara katkılı az kumlu siltli kil birimler üzerindeki yamaç molozlarında meydana gelmiştir. Analiz için kullanılan Slide 5.0 bilgisayar paket programında Bishop ve Janbu yöntemleri kullanılarak sahada oluşturulan 4 hat için en düşük güvenlik katsayıları (GS) hesaplanmıştır. Hat 1 statik koşul için GS:1.88, dinamik koşul için GS:1.05, Hat 2 statik koşul için GS:0.97, dinamik koşul için GS:0.51, Hat 3 statik koşul için GS:0.75, dinamik koşul için GS:0.50, Hat 4 statik koşul için GS:0.74, dinamik koşul için GS:0.39 olarak hesaplanmıştır.

Çalışma sahasında heyelan hareketlerini izlemek için kurulan inklinometre ölçüm sonuçları ve sahadaki incelemeler sonucu heyelan hareketlerine bağlı bir deformasyona rastlanmamıştır. Ancak arazi gözlemleri sahada muhtelif yerlerde gerilme çatlaklarının olduğu ve bazı bölgelerde hareketin başladığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalar neticesinde teze konu olan sahadaki yamaçların uzun dönemde duraylılıklarının sağlanabilmesi, olası heyelan tehlikelerini ortadan kaldırması amacıyla heyelan kesiti genişliğinin 1/3 oranında gerisine jeoteknik iyileştirme yöntemlerinden biri olan fore kazık yöntemi önerilmiş ve bir mühendislik projesi olarak detaylandırılmıştır.

Mayıs 2019, 205 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Çankırı bölgesi, yamaç duraylılığı, heyelan, heyelan iyileştirme, Esentepe heyelan alanı

ABSTRACT

Master Thesis

STABILITY EVULATION AND IMPROVEMENT PROPOSALS OF LANDSLIDES IN ESENTEPE SITE (CANKIRI CITY)

Tuğbanur YURT

Ankara University
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr: Mustafa FENER

In this master thesis, it is aimed to analyze the stability of the natural slopes in the Esentepe District of Çankırı Province and to elaborate the measures to be taken. For this purpose, geological-geotechnical investigations were carried out. The units observed in the study area consist of Oligocene-Eocene aged İncik Formation, Miocene aged Bayındır and Bozkır Formations and Quaternary deposits from bottom to top. The landslide site was observed in the Bayındır Formation and the Quaternary deposits. Landslide has been occured in slope debris on low sandy silty clay units with gypsum interlayers. In order to analyze the slope stability of the natural slopes the Slide 5.0 software program was used to take necessary measures. The lowest factor of safety (FS) values were calculated for the 4 lines which were generated in the field by using Bishop and Janbu methods. For Line 1 static condition FS: 1.88, dynamic condition FS: 1.05, Line 2 static condition FS: 0.97, dynamic condition FS: 0.51, Line 3 static condition FS: 0.75, dynamic condition FS: 0.50, Line 4 static condition FS: 0.74, dynamic condition FS: 0.39.

In consequence of inclinometers which were established to monitoring landslide movements and field investigation results of the measurements show that there was no deformation related to landslide movements. However, the field observations revealed that there were tension cracks at various places and some regions started to move. As a result of these studies, the bore pile method, which is one of the geotechnical improvement methods, has been proposed to be 1/3 of the landslide cross section width, in order to ensure the long term stability of the naturel slopes and eliminate the potantial landslide hazards. Due to this reasons an engineering project has been detailed for the geotechnical improvement of bore pile method.

May 2019, 205 pages

Keywords: Çankırı region, slope stability, landslide, landslide improvement, Esentepe landslide area

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda desteğini, katkılarını eksik etmeyen ve fikir alışverişinde bulunduğum başta danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa FENER'e, (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği) arazi çalışmalarında ve gerekli analizlerin yapılmasında yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ'e, (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği), Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN'a (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi İnşaat Mühendisliği) en derin duygularımla teşekkür ederim.

Jüri üyeleri Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ ve Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN'a katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca maddi ve manevi anlamda desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan başta aileme, çalışmalarım boyunca merakı ve sevecenliği ile beni teşvik eden oğluma ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Bu tez çalışması için Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ, Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN ve Doç. Dr. Mustafa FENER'in Çankırı İli Esentepe mahallesi için daha önceden hazırlamış oldukları rapor kullanılmıştır.

Tuğbanur YURT Ankara, Mayıs 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK ..... **i**
ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xii**
1.GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Amacı **4**
1.2 Çalışma Alanının Tanıtımı **4**
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve KURAMSAL TEMELLER **9**
2.1 Jeolojik Araştırmalar **9**
2.2 Kuramsal Temeller **10**
2.2.1 Tipik bir heyelan geometrisi **14**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **17**
3.1 Materyal **17**
3.2 Yöntem **19**
3.2.1 Arazi çalışmaları **20**
3.2.2 Laboratuvar çalışmaları **22**
3.2.3 Büro çalışmaları **24**
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR **29**
4.1 İnceleme Alanının Jeolojisi **29**
4.2 Jeolojik ve Jeoteknik Değerlendirme **36**
4.3 Belirlenen Zemin Profili **40**
4.4 Eski Kütle Hareketlerinin Değerlendirilmesi **41**
4.5 İnklinometre Ölçüm Sonuçları **44**
4.6 Jeoteknik Amaçlı Deney Sonuçları **44**
4.6.1 Sondajlar ve arazi deneyleri sonuçları **44**
4.6.2 Laboratuvar deney sonuçları **46**
4.7 Elektrik Özdirenç Yöntemi Sonuçları (ERT) **47**
4.8 Hidrojeolojik Özellikler **50**

4.9 Doğal Afet Tehlikelerinin Belirlenmesi 51
4.9.1 Bölgenin deprem durumu ve risk analizi 51
4.9.2 Sıvılaşma analizi ve değerlendirme 52
4.9.3 Kütle hareketleri (Yamaç duraylılığı) 53
4.9.4 Yamaç duraylılık analizleri 56
4.10 Çalışma Alanının Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi 66
4.10.1 Yamaç duraylılığı için önerilen proje 66
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 68
KAYNAKLAR 71
EKLER 76
Ek 1. Sondaj Logları 77
Ek 2. Spt Verilerinden İçsel Sürtünme Parametreleri Tahmini 85
Ek 3. Kuyu İnklinometre Verileri 107
Ek 4. Dere Kenarına İmal Edilecek Kazıkların Hesap Raporu 147
Ek 5. Demir Donatı Hesap Raporu 184
Ek 6. Aplikasyon Projesi 204
ÖZGEÇMİŞ 205

SİMGELER DİZİNİ

c	Kohezyon
CH	Yüksek plastisiteli inorganik kil
CL	Düşük plastisiteli inorganik kil
cm	Santimetre
cm3	Santimetre Küp
D	Örselenmiş örnek
GC	Killi çakıl
GS	Güvenlik sayısı
km	Kilometre
LL	Likit limit
m	Metre
ML	Düşük plastisiteli inorganik siltli kil
mm	Milimetre
N	Taban normal kuvveti
Ø	Çap
PI	Plastisite indisi
PL	Plastik limit
Q_{al}	Kuvaterner alüvyon
Q_{ym}	Kuvaterner yamaç molozu
SC	Killi kum
SC	Kötü derecelenmiş kumlu kil
SM	Siltli kum
sn	Saniye
UD	Örselenmemiş örnek
W	Dilim ağırlığı
α	Şev açısı
β	Dilim taban uzunluğu
γ_{doy}	Doygun birim hacim ağırlığı
γ_n	Doğal birim hacim ağırlığı
γ_s	Kuru birim hacim ağırlığı
σ	Normal gerilme
τ	Makaslama gerilmesi
φ	İçsel sürtünme açısı
ω_n	Doğal su içeriği

Kısaltmalar

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
B	Batı
D	Doğu
ERT	Elektrik Rezistivite Yöntemi
Fm	Formasyon
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
İAEG	Uluslararası Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Birliği
K	Kuzey
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
Ms	Milattan sonra
MTA	Maden Tetkik Arama
SK	Sondaj kuyusu
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
SPT-N	Standart Penetrasyon Darbe Sayısı
USCS	Birleşik Zemin Sınıflaması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.2 MTA Yerbilimleri Portalı'nda heyelan sahası olarak belirlenen alan sınırları (ok işareti incelenecek sahayı göstermektedir) 5
Şekil 1.3 İncelenen sahanın koordinatlarını içeren 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritasındaki yeri 6
Şekil 2.1 Hareketin tipi ve malzeme cinsine göre heyelan türleri (Varnes 1978) 12
Şekil 2.2 Heyelan yapılarının genel şekilleri (Anonim 2015) 14
Şekil 2.3 Tipik bir heyelanda hacim ve boyutlar (IAEG Commision on landslides 1990) 14
Şekil 2.4 Dairesel gelişen bir heyelanın bölümleri (Anonim 2015) 15
Şekil 3.1 Jeolog pusulası 17
Şekil 3.2 İnklinometre cihazı ve sondaj kuyusuna yerleştirilmesi 18
Şekil 3.3 Sondaj delgi makinası 18
Şekil 3.4 Elektrik özdirenç ölçüm cihazı 19
Şekil 3.5 Sondaj lokasyonları 21
Şekil 3.6. İnklinometre kuyu noktaları ve derinlikler (Ek 3) 22
Şekil 3.7 Örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin bazılarının görüntüsü 23
Şekil 3.8 Basitleştirilmiş Bishop 26
Şekil 3.9 Tek dilime etkiyen kuvvetler 27
Şekil 3.10 Yenilen bir şeve etkiyen kuvvetler 27
Şekil 3.11 Janbu'nun basitleştirilmiş dilim yöntemi için düzeltme faktörleri 28
Şekil 4.1 İnceleme sahasındaki kaya birimlerine ait genelleştirilmiş dikme kesit (Sarp ve Aydoğdu, 2013'den değiştirilmiştir). 29
Şekil 4.2 İnceleme sahasının Google Earth üzerinde üç boyutlu görünümü 30
Şekil 4.3 İnceleme alanının jeoloji haritası (1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ve Sönmez, 2014'den yararlanılmıştır). 30
Şekil 4.4 İncik Fm. ve inceleme sahasında gözlenen Bayındır Fm. çökellerinden genel bir görünüm, kuzeybatıya bakış. 31
Şekil 4.5 Bayındır Formasyonu çökellerinin görünümleri 35
Şekil 4.6 İncelenen sahanın doğusundaki yüzey akması Google Earth Görüntüleri 37
Şekil 4.7 İncelenen sahadaki heyelan hareketleri 38
Şekil 4.8 İncelenen sahada ilk oluşan (I) ve daha sonra gelişen (II) numaları heyelanların görünümü 38
Şekil 4.9 Heyelan sahasından arazi görünümleri 40
Şekil 4.10 SK-1 ve SK-5'e ait sondaj logları (Ek 1) 41

Şekil 4.11 Heyelanın ortasını dik kesen jeolojik enine kesit 42
Şekil 4.12 Sahanın önceki yıllarına ait Google Earth görüntüleri 43
Şekil 4.13 İnklinometre kuyu noktaları ve derinlikler (Ek 3) 44
Şekil 4.14 Arazide yapılan 3 profil ERT ölçümlerinin yerlerini gösteren uydu görüntüsü 48
Şekil 4.15 Profil 1 boyunca elde edilen dönüştürülmüş ERT görüntüsü 48
Şekil 4.16 Profil 2 boyunca elde edilen dönüştürülmüş ERT görüntüsü 49
Şekil 4.17 Profil 3 boyunca elde edilen dönüştürülmüş ERT görüntüsü 50
Şekil 4.18 Çalışma sahasına ait yüzey suyu drenaj ağı 51
Şekil 4.19 İnceleme alanı dolayındaki diri faylar (Şaroğlu vd. 1992'den). 52
Şekil 4.20 Hat 1'in uydu görüntüsü ve topografik kesiti 53
Şekil 4.21 Hat 2'in uydu görüntüsü ve topoğrafik kesiti 54
Şekil 4.22 Hat 3'ün uydu görüntüsü ve topoğrafik kesiti 55
Şekil 4.23 Hat 4'in uydu görüntüsü ve topoğrafik kesiti 55
Şekil 4.24 SPT-N Değeri ile Drenajsız Kayma Mukavemeti İlişkisi (Terzaghi ve Peck 1967, Sowers 1979) 56
Şekil 4.25 SPT-N Değeri ile Efektif Kayma Mukavemeti Açısı İlişkisi (Peck vd. 1974) 57
Şekil 4.26 Hat 1 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 58
Şekil 4.27 Hat 1 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 58
Şekil 4.28 Hat 1 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş. Janbu) 59
Şekil 4.29 Hat 1 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Janbu) 59
Şekil 4.30 Hat 2 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 60
Şekil 4.31 Hat 2 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 60
Şekil 4.32 Hat 2 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Janbu) 61
Şekil 4.33 Hat 2 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Janbu) 61
Şekil 4.34 Hat 3 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 62
Şekil 4.35 Hat 3 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 62

Şekil 4.36 Hat 3 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Janbu) 63
Şekil 4.37 Hat 3 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Janbu) 63
Şekil 4.38 Hat 4 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 64
Şekil 4.39 Hat 4 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Bishop) 64
Şekil 4.40 Hat 4 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirlmiş Janbu) 65
Şekil 4.41 Hat 4 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basitleştirilmiş Janbu) 65
Şekil 4.42 Fore kazık hatlarının uydu görüntüsü üzerindeki konumları 67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Çalışma alanı koordinat bilgileri.....6
Çizelge 2.1 Hareketin tipi ve malzemenin cinsine göre heyelanların sınıflandırılması (Varnes 1978).....11
Çizelge 4.1 Sondaj lokasyonlarının koordinatları ve derinlikleri 45
Çizelge 4.2 Ortalama ham SPT deney sonuçları (Ek 1).....45
Çizelge 4.3 Laboratuvar deney sonuçları.....46
Çizelge 4.4 Laboratuvar deney sonuçları ile SPT verilerinden elde edilen verilerin karşılaştırılması 47
Çizelge 4.5 İnceleme alanı orta-uzak menzilindeki belli başlı deprem kaynaklarının proje alanında anakayada vereceği en büyük yatay yer ivmesinin değişik sönüm depremlerine göre değerleri. 52

1.GİRİŞ

Günümüzde hızla artan Dünya nüfusunun, 2019'un sonuna doğru yaklaşık 7.5 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Nüfustaki bu artış ile birlikte uygun yapılaşma alanlarının giderek daralması topoğrafyanın daha elverişsiz olduğu pek çok ülkede eğimli yamaçlarda dahi yapılaşmayı zorunlu hale getirmiştir. Kaçınılmaz olan hızlı kentleşme sürecinin bir sonucu olarak insanların ihtiyaçlarını giderebilmek için ortaya koydukları yapılaşma talebi jeolojik çevreyi önemli ölçüde farklılaştırmaktadır. Jeodinamik süreçlerin bir parçası olan yerçekimi kuvveti etkisi ve jeolojik malzemelerin zaman için bozunmaya uğraması ile birlikte beşeri faaliyetler de farklı tip ve boyutlarda bir takım kütle hareketlerine sebep olmaktadır. Tüm bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda meydana gelen potansiyel jeolojik riskler heyelan tehlikesi adı altında karşımıza çıkar ve insan yaşamını tehdit etmekle birlikte ekonomik zararlara da sebep olur.

Heyelan, zemin ve kaya kütlesi hareketleri olup alttaki tabaka üzerindeki kütlelerin farklı tipte yenilmeleri neticesinde oluşur. Varnes (1978), heyelan yerine yamaç hareketi terimini kullanmıştır. Kütlenin yamaç aşağı hareketine neden olan sürükleyici kuvvetlerin, kütlenin hareketini önleyen tutucu kuvvetlere eşit olması ya da bu kuvvetleri aşması durumunda ortaya çıkarlar. Bir diğer araştırmacı Cruden (1991) tarafından heyelan, "kaya, toprak zemin veya molozların aşağı hareketi" şeklinde tanımlanmıştır. Bu terim, çamur akmaları, çamur kaymaları, moloz akmaları, taş-kaya yuvarlanmaları, moloz çığları ve toprak akmaları gibi geniş kütle hareketi tiplerini kapsamaktadır. Gökçeoğlu ve Ercanoğlu (2001), heyelanların litoloji, yapısal özellikler, yeraltısuyu koşulları, topoğrafik faktörler (yamaç eğimi, yamaç eğim yönü, yamaç şekli, yükseklik, drenaj ağı), çevresel faktörler (bitki örtüsü), tetikleyici faktörler (depremler, şiddetli yağışlar) gibi faktörler ile yakından ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Heyelana neden olan doğal sebepler; yoğun yağışlar veya kar erimelerine bağlı olarak taban suyu seviyelerindeki artışlar, nehir ve baraj havzalarında su seviyelerindeki azalmalar, erozyona neden olan yüzeysel akış hareketleri, toprak kütlesinin yanal ve topuk desteklerinin su seviyelerindeki dalgalanmalar ve akış hareketlerine bağlı olarak kalkması ve depremler ile volkanik aktivite kaynaklı sarsıntılar olarak kabul edilmektedir. İnsan kaynaklı faktörler ise tutucu kuvvetlerin azalmasına neden olan ve boşluk suyu basıncını

artıran tarım vb. faaliyetler, bitki örtüsünün ortadan kaldırılması ve şev açılarının artmasına neden olan inşa çalışmaları gibi faaliyetlerdir (Anonim, 2006). Ulusay (2007), doğal yamaçlar üzerinde inşa edilmiş yerleşimlerin gelişme alanlarında; yamaçların dikleştirilmesi ve topuk bölgelerinde kazı yapılması, üzerlerine kazı malzemelerinin yığılması ve yüksek yapıların inşası, yeterli drenajın sağlanmaması sonucu süzülen yüzey ve yağış sularının neden olduğu gözenek suyu basınçlarındaki artışlar, atık su sistemlerinden yamacı oluşturan malzemeye su kaçışı ve bitki örtüsünün tahrip edilmesi gibi insan etkileri doğal yamaçların duraysız konuma geçmelerinde ve özellikle yerleşim alanlarını olumsuz yönde etkileyerek can ve mal kayıplarına yol açılmasında başlıca faktörler olarak dikkati çekmektedir. Bunların yanı sıra, deprem, aşırı yağışlar, volkanik aktivite vb. gibi doğa olayları da heyelanları tetikleyerek kayıpların artmasında önemli düzeyde rol oynadığını söyler. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Avusturya, Fransa, İtalya, İsviçre ve Hindistan'da heyelanlardan kaynaklanan yıllık ekonomik kayıpların 1 ile 5 milyar dolar arasında olduğu tahmin edilmektedir (Aleotti ve Chowdhury 1999). Heyelanlar, can kayıplarının ve ekonomik zararlarının yanısıra, kentleşmeye zarar vermekte, tarım ve orman alanları ile akarsuların kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Schuster ve Fleming 1986). Ancak, çogu zaman heyelan zararları, heyelanı tetikleyen en önemli faktörlerden olan deprem ve aşırı yagış süreçleri içerisinde degerlendirilmekte ve bunun sonucu olarak da, heyelan zararlarının boyutları gerçekte olandan daha düşük tahmin edilmektedir (Schuster 1996).

Türkiye coğrafyası sismik açıdan aktif deprem kuşakları içerisinde yer alması, kimi zaman olumsuz iklim koşulları etkisi altında olması, engebeli bir topografyaya sahip olması ve elverişsiz jeolojik koşullar içermesi sebebiyle heyelan gibi önemli doğal afet riskleri ile karşı karşıyadır. Genel olarak yüksek dağlık alanlardan oluşan ülke morfolojisi, ne yazık ki yamaç eğimlerinin de fazla olmasına böylece sıkça heyelanların gelişmesine de sebep olur. Ülkemizde heyelan olaylarının incelenmesiyle ilgili çalışmalara, 1945 yılından itibaren başlanılmış, gerek Dr. E. Lahn gibi yabancı, gerekse Sezayi Altan gibi Türk Jeologlarca etüt raporları düzenlenmiştir. Bu tarihten sonra 1953 yılında Sema Babaç ve 1954 yılında Rukiye Ertuğrul isimli jeologlarımızca raporlar düzenlenmiştir.

Heyelanlar, her mevsim yağışın gözlendiği ve ülkemizin en yağışlı bölgelerinden Karadeniz bölgesi ile aktif sıkışmalı tektonik rejim sonucu, genellikle yüksek dağlık alanlarla temsil edilen Doğu Anadolu bölgesinde yoğunluk göstermektedir. Diğer bölgelerdeki heyelanlar ise başta litoloji grupları olmak üzere çeşitli jeoçevresel faktörler ile kontrol edilmektedir. Heyelana en fazla duyarlı litoloji grupları Geç Paleosen-Eosen kırıntılı ve karbonatları, Paleosen-Pliyosen ayrılmamış volkanik ve piroklastik kayalar, Paleosen-Kuvaterner karasal kırıntılı ve karbonatlı kayalar olup, heyelanların üçte biri bu birimler içerisinde yer almaktadır (Çan vd. 2013). 1950 ve 2005 yılları arasındaki dönem için afet türlerinin etkili nakil sayısına göre dağılımı konusunda yapılan değerlendirmeden (Gökçe vd. 2006), doğal afetler arasında depremlerden sonra heyelanların ikinci sırada yer aldığı anlaşılmaktadır.

Ülkemiz için ulusal ölçekte doğal afetlerden kaynaklanan kayıplar için etkilenen konut sayıları temel alınarak yapılan çalışmalar Ildır (1995), Ergünay (1999) ve Gökçe vd. (2008) olmak üzere sınırlı sayıda olup, çalışmaların tamamında heyelanlardan kaynaklanan kayıplar, depremlerden sonra ikinci sıradadır. Gökçe vd. (2008)'e göre, aynı yerleşim biriminde değişik zamanlarda birden fazla gerçekleşen olay sayıları da dikkate alınarak, heyelanların (heyelan ve kaya düşmesi) 16,450 olay sayısı ile tüm afetler içerisinde % 55.2'lik bir paya sahip olduğu belirtilmiş, heyelan olayları nedeniyle gerçekleştirilen konut nakilleri oranı % 28'lik gibi önemli bir bölüme ulaşmıştır.

Ülkemiz genelinde heyelanların mekansal dağılımının toplu olarak ortaya konulması amacıyla ölçek sınırlamaları dahilinde sadece alansal olarak haritalanmış heyelanlar göz önünde bulundurularak 1:1.500.000 ölçekli Türkiye heyelan envanter haritası 2011 yılında hazırlanmıştır (Duman vd. 2011).

Varnes (1984)'a göre dogal tehlike, belirli bir alanda ve belirli bir zaman içerisinde potansiyel olarak hasar verici etkiye sahip bir olayın oluşabilme olasılığıdır. Tüm bu çalışmalar doğal afet zararlarının azaltılması, doğal çevrenin korunması ve toplumun yaşam kalitesinin arttırılması amacıyla yapılan çalışmalar olup sayısı da gün geçtikte artmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışması, Çankırı İli, Merkez İlçesinde bulunan doğal yamaçların duraylılık analizlerinin yapılması ve alınması gereken önlemlerin detaylandırılması amacıyla hazırlanmıştır. Tez çalışma alanı MTA Yerbilimleri portalında heyelan sınırları Esentepe mahallesine yakın kesimler olarak verilmektedir. Çalışma sahası İller Bankasınca hazırlanan 03.07.1996 tarihli imar planına esas jeolojik etüt tarafından sakıncalı olarak belirlenen alanların, Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğünce incelenmesi sonucu düzenlenen 04.12.1996 tarihli jeolojik raporuna istinaden 30.06.1998 tarih ve 98/11394 sayılı Afete Maruz Bölge (AMB) kararı alınmıştır. Bu tez çalışması ile çalışma alanının, zemin özelliklerinin belirlenmesi, heyelan potansiyelinin bulunup bulunmadığının ortaya konması ve riskli doğal yamaçlarda önlemlerin alınarak afete maruz bölge statüsünden çıkarılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda çalışma; teze konu olan çalışma sahasının riskli kabul edilen Bozkır Formasyonu üzerinde yer alıp almadığını, heyelan sahası olarak MTA tarafından daha önceden haritalanan sahada heyelan mı yoksa farklı bir jeomorfolojik olayın olup olmadığı ve bu olayın inceleme sahasına etkisi üzerine de bilimsel veriler ortaya koymayı hedeflemiştir.

1.2 Çalışma Alanının Tanıtımı

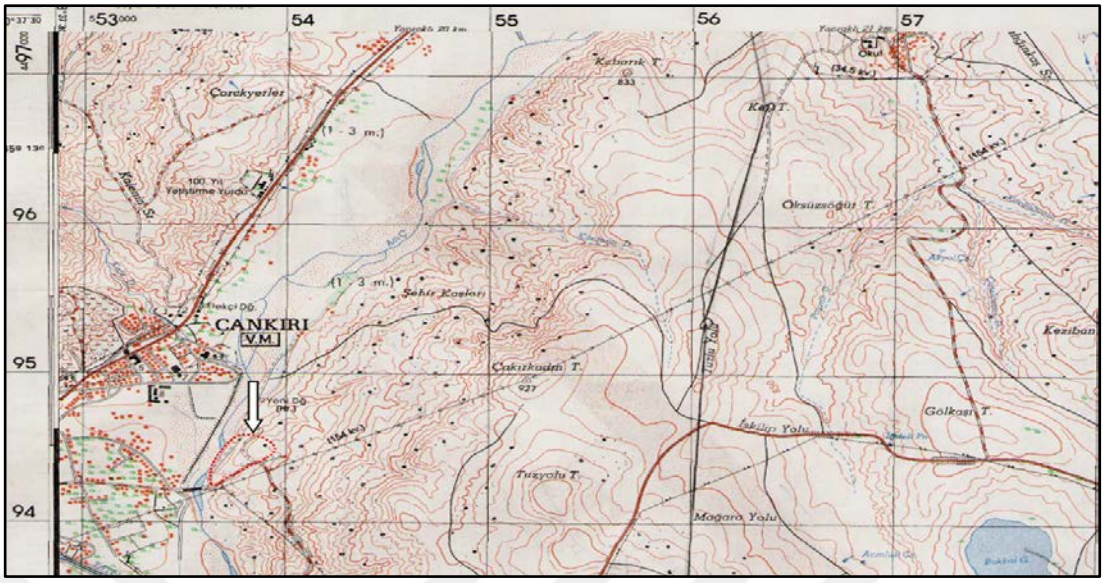
İnceleme sahası Türkiye'nin en büyük Paleojen-Neojen çökel havzalarından biri olan Çankırı-Çorum havzasında yer almaktadır (Şekil 1.1). Saha Çankırı il merkezi yakınlarından geçen Acı Çay doğusunda Esentepe yolu başlangıcı civarında, 1/25.000 ölçekli G31 d3 topoğrafya haritasının kuzeybatısındadır (Şekil 1.3). Çalışma sahasının güneyinde Uçak Kütüphanesi, kuzeyinde Yeni Dağ, batısında Acı Çay, doğusunda Esentepe yolu bulunmaktadır. MTA Yerbilimleri Portalı'nda Çankırı doğusunda yer alan Esentepe Mahallesi kuzeyindeki Tuz Yolu Tepe ve Çakır Kadın Tepe arasındaki geniş bir alan heyelan sahası olarak gösterilmektedir (Şekil 1.2). Çalışma alanı tarif edilen riskli alanın batısında yer almakta olup, alan içerisine dâhil edilmemiştir. Tez çalışma alanı 1098 Ada ve 1-2-3-4-5-6 parselini kapsayıp, çalışmalar sadece belirlenen bu parseller ile sınırlı tutulmuş ve koordinatları aşağıda verilmiştir (Çizelge 1.1)



Şekil 1.1 Çalışma alanının yeri



Şekil 1.2 MTA Yerbilimleri Portalı'nda heyelan sahası olarak belirlenen alan sınırları (ok işareti incelenecek sahayı göstermektedir)



Şekil 1.3 İncelenen sahanın koordinatlarını da içeren 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritasındaki yeri

Çizelge 1.1 Çalışma alanı koordinat bilgileri

NOKTA NO	Y	X	NOKTA	Y	X
100	553692.02	4496040.25	128	553622.70	4495908.03
101	553685.68	4496030.96	129	553796.05	4496067.99
102	553802.95	4496048.92	130	553810.23	4496039.71
103	553803.17	4496048.49	131	553808.59	4496041.27
104	553804.35	4496046.56	132	553807.06	4496042.94
105	553805.65	4496044.71	133	553802.12	4496050.50
106	553805.91	4496044.38	134	553801.21	4496052.57
107	553824.11	4496023.10	135	553800.43	4496054.69
108	553824.00	4496021.89	136	553824.46	4496026.94
109	553791.88	4495994.39	137	553814.88	4496014.63
110	553745.49	4495949.10	138	553811.00	4496011.50
111	553698.79	4495908.00	139	553807.18	4496008.30
112	553675.73	4495891.54	140	553803.40	4496005.04
113	553779.53	4496058.12	141	553799.68	4496001.71
114	553751.03	4496041.09	142	553796.01	4495998.33
116	553737.22	4496106.49	143	553792.40	4495994.89
117	553718.20	4496078.61	144	553788.84	4495991.39
118	553717.97	4495921.69	145	553785.35	4495987.84
119	553712.71	4496070.57	146	553762.44	4495965.70
120	553663.66	4495998.69	147	553728.60	4495932.28
121	553658.14	4495878.98	148	553694.30	4496043.59
122	553653.46	4495875.87	149	553668.83	4495886.61
123	553648.59	4495873.08	150	553666.66	4496003.08
124	553643.54	4495870.61	151	553632.03	4495928.68
125	553638.34	4495868.49	4630015	553622.39	4495904.61
126	553634.94	4495867.35	4630017	553624.17	4495885.95
127	553629.73	4495869.91	4650260	553753.04	4495956.62

Jeomorfoloji

İnceleme alanı Çankırı İli Merkez İlçe Esentepe Mahallesinde yer almaktadır. Çankırı ili, Orta Anadolu'nun kuzeyinde, Kızılırmak ile Batı Karadeniz ana havzaları arasında, 40˚ 30' ve 41˚ kuzey enlemleri ile 32˚ 30' ve 34˚ doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlin komşuları batıda Bolu, kuzeybatıda Karabük, kuzeyde Kastamonu, doğuda Çorum ve güneyde Ankara ile Kırıkkale'dir. Denizden yüksekliği 723 metre olan il 7388 km^2 lik alana sahiptir.

Çankırı topraklarının yaklaşık %60'ı dağlar ve yüksek tepelerden oluşmaktadır. İlin kuzey sınırındaki dağlar, aynı zamanda en yüksek kesimini teşkil etmektedir. Kuzey Anadolu dağlarının ikinci sırasındaki Ilgaz Dağları, doğu-batı düzleminde uzanmaktadır. En yüksek noktası 2587 metre olan söz konusu dağ sırasının üzerinde Küçük Hacet Tepesi (2546 m), Büyük Hacet Tepesi (2587 m), Kulpi (1980 m), Bulancak (1935 m), Altunsivrisi (1934 m) ve Kocadağ (1763 m) bulunmaktadır. Aynı zamanda Çankırı ve Kastamonu arasındaki doğal sınırı il sınırına dönüştüren Ilgaz Dağları, Kurşunlu civarında Sofra Sırtları ve Çerkeş yöresinde Doğu ve Çamlıca olmak üzere iki kola ayrılmaktadır. Ilgaz Dağları'nın güneyinde ise Çorum ile Kastamonu/Tosya sınırından başlayarak batıya doğru yönelen Erikli, Sarıkaya, Karakaya, Ilısılık, Yapraklı, Doğdu, Taşyakası, Batıbeli ve Dumanlı Dağları, yaklaşık 2000 m yüksekliğe uzanan yeni bir sıra oluşturur.

Bu sıraların daha güneyinde kalan bölgede de Çerkeş-Gerede ve Kızılcahamam sınırı boyunca bir diğer dağ sırası uzanır. Bu sırada Çit, Karataş, Işık, Elden, Aydos, Eldivan ve Bozkır Dağları yer almaktadır. İlin kuzeybatısında ise Karabük ve Bolu ile doğal sınırı oluşturan Hodalca, Elaman ve Eğriova Dağları yer almaktadır. Kent merkezi civarında yer alan Hıdırlık Kaşı, Meryemana Tepesi ile Sarıdağ ise güneybatı düzleminde uzanan diğer büyüklü küçüklü tepelerle birlikte, ileride Taşyakası, Dumanlı ve Aydos Dağlarını oluşturarak devam etmektedir. Çankırı'da Kızılırmak Havzası dışında kayda değer önemli ovalar yoktur.

İklim ve bitki örtüsü: Orta Anadolu (kara) ikliminin özelliklerini taşıyan bölgede, kışlar sert (soğuk), yazlar sıcak ve kurak geçer. Yağışlar kışın kar şeklinde olur. Senelik yağış

miktarı 397-410 milimetredir. Sıcaklık ise +41,8°C ile -25°C arasında seyreder. İlin düz olan güney kısmı tamamen çıplaktır. Kuzeyindeki dağlar kısmen ormanlıktır. Vadiler kavak ve söğüt ağaçları ile örtülüdür. Akarsu civarları meyve ağaçları ve bağlarla örtülüdür. Arazinin %18'i ormanlık, %35'i çayır ve mera, %35'i ekili arazidir. Ormanlarda; çam, köknar, meşe ve ardıç ağaçları vardır.

Sosyo-ekonomik bilgiler: Çankırı ilinin ekonomisi tarıma dayanır. Sanayi yeni gelişmektedir. Gelirinin %50'ye yakını tarım sektöründen temin edilir. Çalışan nüfusun %70'i tarım, hayvancılık ve ormancılıkla uğraşır. Leblebisi, el dokuma bez ve peştamalıyla, balı meşhurdur. Buğday, çeltik ve tuz ekonominin temelidir.

Tarım ve hayvancılık: Başlıca tarım ürünleri buğday, arpa, mısır, fasulye, mercimek, burçak, fiğ, patates ve şeker pancarıdır. Çankırı ilinin %35'i çayır ve mera ile kaplıdır. Koyun üretimi her sene artarken, tiftik keçi sayısı azalmaktadır. Arıcılık da gelişmekte olup, kovan sayısı 40.000'e yakındır.

Ormancılık: Yüzölçümünün %18'i ormanlarla kaplıdır. Erozyonu önlemek için ağaçlandırmaya önem verilmektedir. 80 hektarlık fidanlık kurulmuştur. Her sene 80.000 metreküp sanayi odunu ve 90.000 ster yakacak odunu elde edilmektedir.

Madenler: Çankırı maden bakımından zengin ise de çıkarılan madenler en çok alçıtaşı, tekel tarafından çıkarılan kaya tuzu, bentonit ve linyittir. Kaya tuzu bir mağara içinden çıkarılır. Bu mağaraya ise 160 metrelik bir tünelle girilir.

Sanayi: Çankırı'da sanayi gelişme halindedir. Henüz fabrika sayısı azdır. Çankırı Süt Fabrikası, Çankırı Yem Fabrikası, Eskipazar Kereste Fabrikası, Kaya Tuzları, Bayramlar Alçı Fabrikası, Çivi Tel Fabrikası, Un ve Tuğla fabrikaları ve DDY Yeni Makas Fabrikası önemli olanlardır.

Ulaşım: Ankara-Zonguldak demiryolu Çankırı, Eskipazar, Çerkeş ve Kurşunlu'dan geçer. Ankara-İnebolu karayolu Çankırı'dan geçer. Birkaç köy dışında bütün köylerin yolları mevcuttur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve KURAMSAL TEMELLER

2.1 Jeolojik Araştırmalar

Türkiye'nin en büyük Paleojen-Neojen çökel havzalarından biri olan Çankırı-Çorum havzasında yer alan teze konu inceleme alanının jeolojisini ortaya koymak için farklı amaçlar doğrultusundaki çalışmalar incelenmiş ve önceki çalışmalardan faydalanılmıştır (Birgili vd. 1975, Ergun 1977, Akyürek vd. 1982, Yoldaş 1982, Hakyemez vd. 1986, Koçyiğit 1991, Tüysüz ve Dellaloğlu 1992, Karadenizli 1999, Karadenizli ve Kazancı 2000, Gündoğan 2000, Gündoğan ve Helvacı 2001, Varol vd. 2002, Karadenizli vd. 2004, Sarp ve Aydoğdu 2013, Sönmez 2014).

Çankırı il sınırları içerisinde, deprem üreten birçok fay hattı yer almaktadır. Ketin (1948) tarafından varlığı ortaya konulan, sağ yönlü doğrultu atımlı hareket mekanizmasına sahip Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattı ilin kuzeyinde, doğu-batı yönünde yayılım göstermektedir. Bölgede KAF'a bağlı olarak gelişen tali fay sistemleri de bulunmaktadır. Tokay (1973), KAF'a yarı paralel olarak, KAF'ın güneyinde Çerkeş- Atkaracalar-Kurşunlu arasında yer alan ikincil fayı Ulusu Fayı olarak adlandırmıştır. Aynı çalışmada, Devrez oluğu boyunca uzanan Ulusu Fayı'nın ikinci tali ve KAF'ın üçüncü tali kolu olarak kabul edilen fay, Devrez Fayı olarak isimlendirilmiştir. İl sınırları içerisinde yer alan K50D doğrultulu Devrez Fayı ve KAF'a yarı paralel uzanan Ulusu Fayı sağ yönlü doğrultu atımlı hareket mekanizmasına sahiptir. Devrez Fayı'nın güney ucunu oluşturan K70D doğrultulu fay ise Orta Fayı olarak adlandırılmaktadır.

Yaklaşık 36 km uzunluğunda kuzey- güney uzanımlı, sol yönlü doğrultu atımlı Dodurga Fayı bölgede deprem üreten bir diğer önemli faydır (Türkecan vd. 1991). Şabanözü Fayı ve Çankırı Fayı bölgede sismik aktivite oluşturan diğer faylar arasında yer almaktadır.

Çankırı sismik aktivite açısından oldukça hareketlidir. İl fiziki sınırlarının %50'den fazlası I. derece deprem bölgesi içerindedir. Nüfusunun büyük bir kısmı I. ve II. derece deprem bölgesinde yaşamaktadır.

Tarihsel dönemde Çankırı'da meydana gelen en önemli depremlerden biri MS 1050 tarihinde gerçekleşmiştir (Gökmen 2011). Aletsel dönem öncesinde, Çankırı'da hasara ve/veya can ve mal kaybına neden olan yakın tarihli depremler ve şiddetleri Soysal vd. (1981) tarafından; 1845 yılında V şiddetli, 1881 yılında VIII şiddetli, 1882 yılında VI şiddetli ve 1883 VI şiddetli olarak verilmektedir.

Aletsel dönem sonrasında il fiziki sınırları içerisinde kaydedilen en büyük üç deprem sırası ile 1951, 1953 ve 2000 yıllarında gerçekleşmiştir. 1951 Çerkeş depremi 6,9 büyüklüğünde (xM), 1953 Kurşunlu depremi 6,02 büyüklüğünde (xM) ve 2000 Orta depremi 5,9 büyüklüğünde (xM) gerçekleşmiştir (Köle 2016).

2.2 Kuramsal Temeller

Bilindiği gibi kütle hareketleri zemin ve kayalarda farklı etkenlere bağlı olarak gelişen ve metre ölçeğinden kilometre ölçeğine kadar değişen büyüklüklerdeki yer değiştirme hareketleridir. Bu hareketler, düşme (kaya, blok düşmesi), devrilme, hızlı ve yavaş yüzey akması (kaya-moloz akması; çamur, kum, kil akması), heyelan, kayma, çökme ya da bunlardan birkaçının birlikte gözlendiği karmaşık hareketler şeklinde arazide izlenebilmektedir.

Kütle hareketlerinin genel nedeni yerçekimi olarak bilinir. Yerçekimini hızlandıran ya da kolaylaştıran birçok iç ve dış etken bulunmaktadır. Örneğin şev ve yamaçların sular tarafından oyulması, bu kesimlerde yapılan kazılar, şev eğiminin artması ya da artırılması, ek yük koyma, yüzey sularının sızması, zemin ve kayaya etkileri, suların donma ve çözülmesi, suni patlatmalar dış neden olarak sayılabilir. Buna karşılık tektonik, volkanik etkiler ya da zaman içerisinde boşluk suyu basıncının artması ve kohezyonun azalması iç nedenlerdir.

Heyelan terimi, genel olarak yamaç ve şevleri oluşturan toprak ve kayanın yer çekimi kuvvetinin etkisi ile eğim aşağı hareketini ifade ettiğini söyleyen Görcelioğlu (2003) bu konuda tanımlama ve sınıflama da yapmıştır. Ancak heyelanlar genel olarak hareketin oluş şekillerine ve materyal tiplerine bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Derinliklerine bağlı olarak ise sığ ve derin heyelanlar olarak değerlendirilmişlerdir (Frehner vd. 2007).

Literatürde yaygın şekilde kullanılan sınıflandırma Varnes (1978)'e ait sınıflandırmadır (Çizelge 2.1).

Varnes, yamaç hareketlerinin farklı yollardan sınıflandırıldığını açıklamıştır. Tanıma ve sınıflandırma için; hareketin tipi, malzeme türü, hareketin hızı, yenilen malzemenin ve yenilen alanın geometrisi, yaş, sebepler, yer değiştiren kütlenin kopma derecesi, jeolojik yapı ile kayma geometrisi arasındaki ilişki, gelişme (oluşma) derecesi, tip örneğin coğrafi konumu ve etkinlik durumu kriterlerini kullanmıştır.

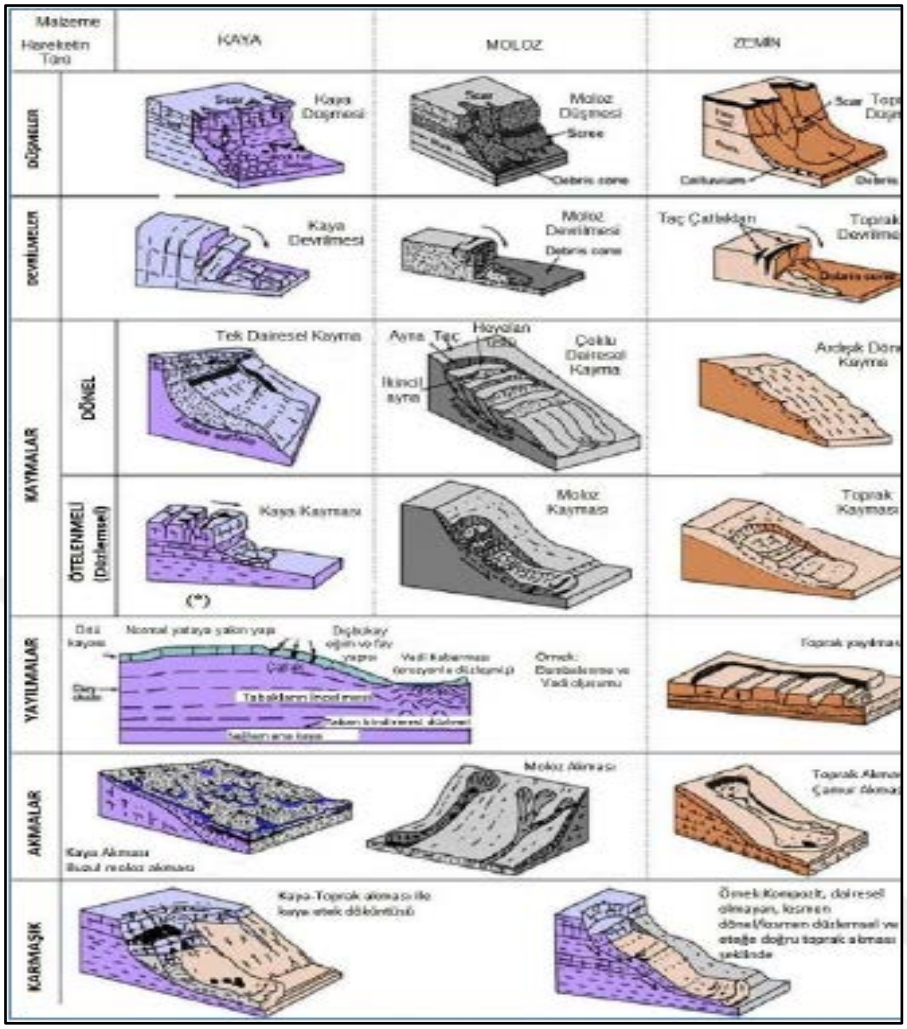
Kullandığı bu kriterler ile kurduğu sistem başlıca 6 farklı duraysızlık türünü içerir ve mühendislik şevini ya da yamacı oluşturan malzemenin kaya veya toprak zemin olmasına ve tane boyundaki farklılıklara göre altı sınıfa ayrılır.

Çizelge 2.1 Hareketin tipi ve malzemenin cinsine göre heyelanların sınıflandırılması (Varnes 1978)

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">HAREKETİN TİPİ</td><td colspan="3">MALZEMENİN TÜRÜ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">KAYAÇLAR</td><td colspan="2">ZEMİNLER</td></tr>
<tr><td>İri taneli</td><td>İnce Taneli</td></tr>
<tr><td colspan="2">DÜŞME</td><td>Kaya Düşmesi</td><td>Moloz Düşmesi</td><td>Zemin Düşmesi</td></tr>
<tr><td colspan="2">DEVRİLME</td><td>Kaya Devrilmesi</td><td>Moloz Devrilmesi</td><td>Zemin Devrilmesi</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kayma</td><td>Dönel</td><td rowspan="2">Kaya Kayması</td><td rowspan="2">Moloz Kayması</td><td rowspan="2">Zemin Kayması</td></tr>
<tr><td>Yanal</td></tr>
<tr><td colspan="2">YAYILMA</td><td>Kaya Yayılması</td><td>Moloz Yayılması</td><td>Zemin Yayılması</td></tr>
<tr><td colspan="2">AKMA</td><td>Kaya akması (Derin Krip)</td><td>Moloz Akması</td><td>Zemin Akması (Toprak Kribi)</td></tr>
<tr><td colspan="2">KARIŞIK</td><td colspan="3">İki veya daha fazla hareket türü</td></tr>
</table>

Daha sonra 1990 yılında IAEG Heyelan Komisyonu, Varnes'in blok diyagramında kullanmış olduğu terimleri aynen kullanarak yeni bir blok diyagram hazırlamışlardır. Ülkemizde de Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan heyelan tanımlama kavuzunda hala bu diyagram kullanılmaktadır.

Tez çalışması için bu bölümde kullanılan tanımlama ve şekiller, Karayolları Genel Müdürlüğü Heyelan Tanımlama Klavuzu'ndan alıntılanmıştır (Anonim 2015).



Şekil 2.1 Hareketin tipi ve malzeme cinsine göre heyelan türleri (Varnes 1978).

Düşme, jeolojik formasyonun cinsine göre; kaya düşmesi, moloz düşmesi ve toprak düşmesi şeklinde adlandırılır. Jeolojik birimin cinsi, tabakalanma ve şistozite özellikleri, ayrışma, dayanım, süreksizlik özellikleri (çatlak ara uzaklıkları, çatlak açıklıkları, çatlak yüzey özellikleri, pürüzlülük, çatlak dolgu özellikleri ve çatlak yüzeylerindeki ayrışmalara bağlı olarak), bloklaşmış jeolojik yapıda yamaç molozu türündeki malzemede ve rezidüel veya taşınarak depolanmış zeminleşmiş birimlerde yeraltı suyu durumu ve yüksek topoğrafik eğim koşullarında, topuk oyulmaları, donma-çözülme etkilerine bağlı olarak hidrostatik basınç etkisiyle kendi ağırlığı ile direk düşme, kopma şeklinde eğimin düştüğü düzlemlerde hareketin sonlandığı kayma türleridir.

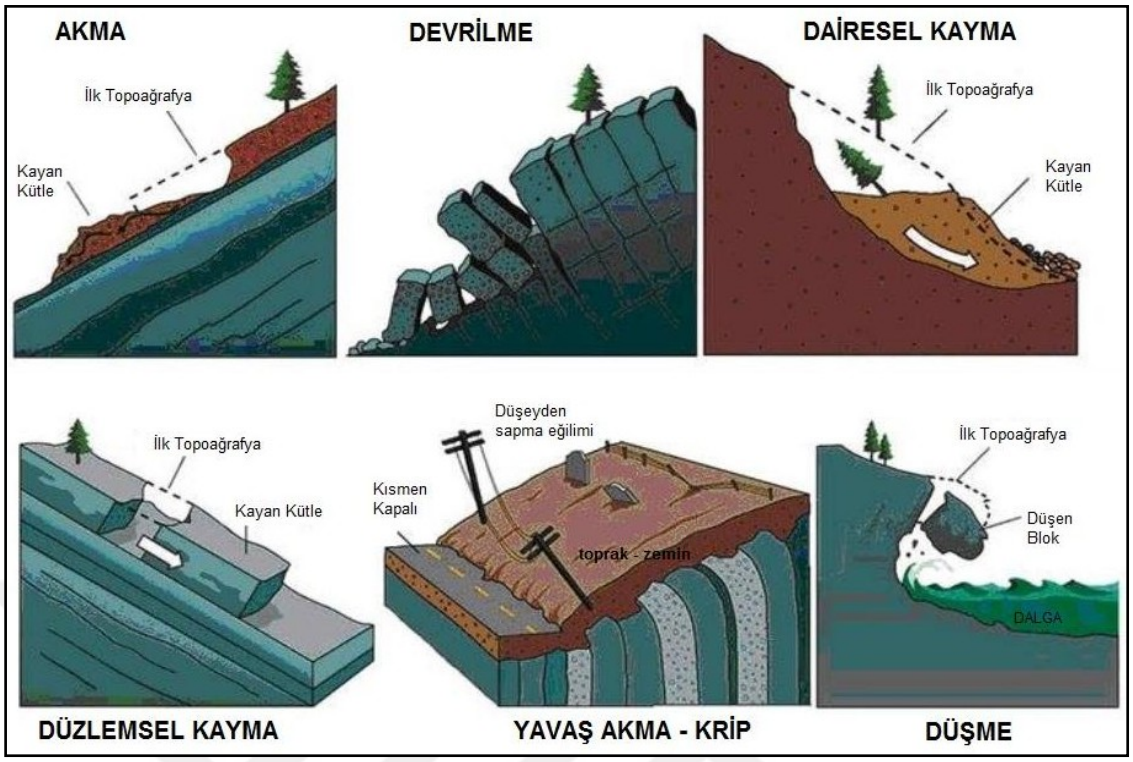
Devrilme, kaya formasyonların yapısal özelliklerine ve devrilme olan yamaç eğimine bağlı olarak gelişmesi durumunda kaya düşmesi, eğimin yüksek olduğu yamaçlarda

jeolojik birimin cinsine göre (yamaç molozu veya toprak, zemin olma durumuna göre) moloz devrilmesi veya toprak devrilmesi olarak adlandırılmıştır. Jeolojik formasyonun kaya olması durumunda bu birimin yapısal özellikleri (çatlak, tabaka ve şistozite özelliği, konumu ve yamaç düzlemi ile verdiği geometrik konuma göre kinematik olarak tanımlanan kayma şeklidir. Bu yapısal özelliklere bağlı olarak yapısal özelliğin ekseninden dönme, devrilme şeklinde bir yenilme gerçekleşmektedir. Moloz ve toprak devrilmesi daha ziyade birimin kohezyonu ve yamaç eğimi daha etkin parametre olup yeraltı suyu, çökelme hızı, geometrisi, donma-çözülme gibi etkiler de hareketin gerçekleşmesinde önemli etkenlerdir.

Kaymalar genel olarak dairesel kaymalar ve ötelenmeli düzlemsel kaymalar şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Dönel kaymalar; bloklaşmış kaya formasyonlarda tek dairesel kayma, moloz biriminde çoklu dairesel kayma veya zeminleşmiş birimlerde ardışık dairesel kayma olarak sınıflandırılır. Ötelenmeli düzlemsel kaymalar; Varnes, 1978'den farklı olarak kaya formasyonlarda süreksizlik düzlemlerinin konumu ve kesişimlerinin kayma yönü yüzeyle yaptığı arakesit oluşturma özelliğine bağlı olarak düzlemsel kayma ve kama tipi kayma olarak adlandırılır. Yamaç eğimine bağlı olarak jeolojik birimin cinsine ve tane dağılımına bağlı olarak (yamaç molozu veya toprak, zemin olma durumuna göre) moloz kayması ve toprak kayması olarak adlandırılmıştır.

Yayılmalar genel olarak parçalı kaya, moren ve moloz birimlerinde moloz akması şeklinde tabandaki dayanımlı ve sağlam formasyonun sınırının geometrisine bağlı olarak veya vadiler boyunca moloz akması şeklinde kendini gösterir. Toprak akması ise ayrık zemin birimlerinin veya rezidüel zeminin su içeriğine bağlı olarak sıvı hale gelmesi ile toprak veya çamur akması şeklinde izlenir.

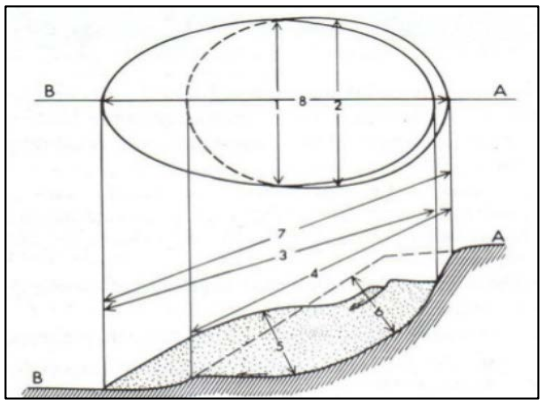
Akmalar genel olarak parçalı kaya, moren ve moloz birimlerinde moloz akması şeklinde tabandaki dayanımlı ve sağlam formasyonun sınırının geometrisine bağlı olarak veya vadiler boyunca moloz akması şeklinde kendini gösterir. Toprak akması ise ayrık zemin birimlerinin veya rezidüel zeminin su içeriğine bağlı olarak sıvı hale gelmesi ile toprak veya çamur akması şeklinde izlenir.



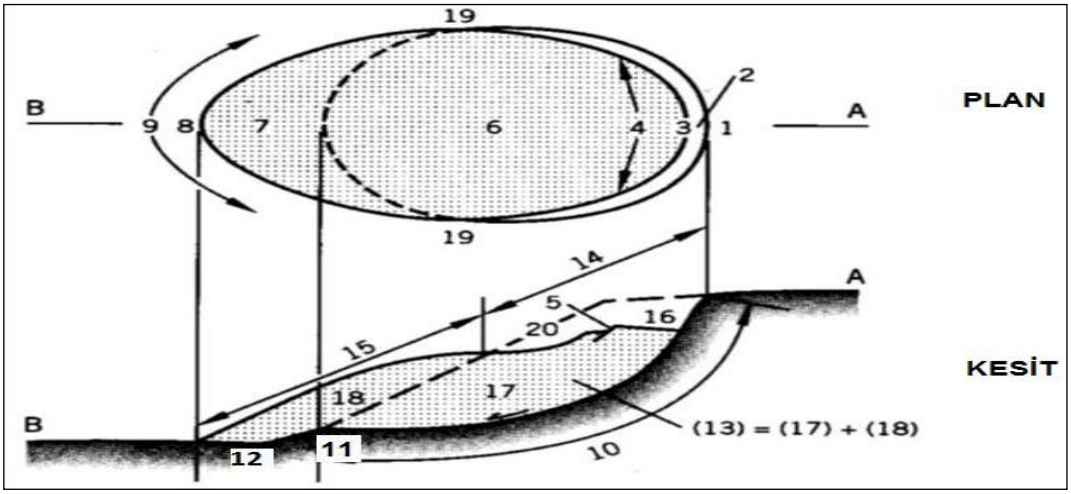
Şekil 2.2 Heyelan yapılarının genel şekilleri (Anonim 2015).

2.2.1 Tipik bir heyelan geometrisi

IAEG Commision on landslides (1990), tipik bir heyelan boyutlarını; hareket eden kütlenin ağırlığı (Wd), kopma yüzeyinin ağırlığı (Wr), hareket eden kütlenin uzunluğu (Ld), kopma yüzeyinin uzunluğu (Lr), hareket eden kütlenin derinliği (Dd), kopma yüzeyinin derinliği (Dr), toplam uzunluk (L), merkez çizgisinin uzunluğu (Lci) şeklinde isimlendirerek tanımlamışlardır.



Şekil 2.6 Tipik bir Heyelanda Hacim ve Boyutlar (IAEG Commision on landslides 1990)



Şekil 2.7 Dairesel gelişen bir heyelanın bölümleri (Anonim 2015).

1. Heyelan tacı; ana aynanın (2) en yüksek bölümüne en yakın ve hareket etmemiş malzemenin bulunduğu yer.
2. Ana ayna; heyelanın üst ucunda, heyelandan etkilenmemiş bölgeden hareket eden kütlenin (13) ayrılmasıyla oluşan düşey veya düşeye yakın yüzey. Kayma/kopma yüzeyinin (10) görünen bölümüdür.
3. Heyelanın tepesi; ana ayna (2) ile heyelan kütlesi (13) arasındaki en yüksek nokta.
4. Heyelanın üstü; hareket etmiş kütle ile ana ayna (2) arasında oluşan bölgenin üst kısımları.
5. Tali ayna; yer değiştiren kütle içinde farklı hareketlerden oluşmuş düşey veya düşeye yakın bir yüzey.
6. Heyelan gövdesi; kayma yüzeyi (10) üzerinde, ana ayna (2) ile kayma yüzeyi burnu (11) arasında kalan kütle.
7. Heyelanın eteği; heyelanın topuğu (11) Ötesine hareket ederek doğal arazi (20) üzerine oturmuş bölümü.
8. Heyelanın ucu; heyelan tepesinden (3) topuğuna (9) gelen nokta.
9. Topuk; hareket eden kütlenin genellikle eğrisel olan alt ucu. Bu nokta ana aynadan (2) en uzaktaki noktadır.
10. Kayma yüzeyi; heyelana neden olan ya da heyelan olmuş kütlenin(13) alt sınırını oluşturan ve doğal zemin yüzeyinin (20) altında kalmış yüzeydir.
11. Kayma yüzeyi burnu; bir heyelanın kayma yüzeyinin alt bölümü (10), alt bölümü ile (genellikle gömülü) doğal arazi yüzeyinin (20) kesişme noktası.

12. Ayrılma yüzeyi; doğal arazi yüzeyinin (20) heyelanın eteği (7) altında kalan bölümü.
13. Heyelan kütlesi; yamaç veya şevde heyelan sonucu doğal yerinden ayrılmış, kayıp (17) ve kabarma (18) kütlelerini içeren malzeme.
14. Kayıp bölgesi; heyelan kütlesinin doğal arazi yüzeyi (20) seviyesi altında kalan alanı.
15. Birikim bölgesi; heyelan kütlesinin başlangıçtaki doğal arazi yüzeyi (20) üstünde kalan alanı.
16. Çöküntü; ana ayna (2), çöküntü kütlesi (17) ve doğal arazi yüzeyi (20) arasında kalan hacim.
17. Çöküntü kütlesi; kayma yüzeyi (10) üzerinde, ancak başlangıçtaki doğal arazi yüzeyi seviyesi altında kalan heyelan kütlesi.
18. Kabarma; başlangıçtaki doğal arazi yüzeyi (20) üzerine yükselen yer değiştirmiş heyelan hacmi.
19. Kanatlar; kayma yüzeyinin yanlarında kalan ve hareket etmemiş malzeme. Kanatları tanımlama için pusula yönleri kullanılmalıdır. Sağ ve sol sözcükleri kullanılacaksa kanatların yeri, heyelan tacından (1) görüldüğü gibi tanımlanır.
20. Doğal arazi yüzeyi; kütle hareketi oluşmadan önce arazinin kesitte görülen yüzeyi göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çankırı İli, Merkez İlçesinde bulunan doğal yamaçların mühendislik jeolojisi parametrelerine ulaşıp duraylılık analizlerinin yapılması için gerçekleştirilen saha incelemeleri, laboratuvar ve ofis çalışmaları için aşağıdaki materyaller kullanılmıştır;

Jeolog Pusulası: Jeolojik çalışmalarda çok değişik amaçlarda kullanılsa da yaygın olarak düzlemsel ve çizgisel yapı unsurlarının tabakalanma, klivaj, şistozite, kıvrım eksen düzlemleri, fay düzlemleri, eklemler ve damarlar gibi düzlemsel yapıların konumlarını belirlemede kullanılmıştır.



Şekil 3.1 Jeolog pusulası

GPS (Global Positioning System): Düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağı olan bu sistem çalışmada daraltılması istenen bölge kordinatlarının ve sondaj noktalarının tespit edilmesi için kullanılmıştır.

İnklinometre: Çalışma alanındaki heyelanlarda aylara göre mm boyutunda dahi oluşacak hareketlerin izlenmesinde kullanılmış bir alet olan inklinometre yerleştirildikleri sondaj

deliğinin eksenine dik yönde oluşan hareketlerin izlenmesinde kullanılarak hareketin yeri, büyüklüğü ve yönünün saptanmasında kullanılmıştır. Farklı derinliklerden ölçüm alınmış ve ölçüm hassasiyetinin yüksek olması sebebiyle kaya kütlelerinde ve zeminde-gelişebilecek çok yavaş hareketler de kaydedilmiştir.



Şekil 3.2 İnklinometre cihazı ve sondaj kuyusuna yerleştirilmesi

Sondaj ve ekipmanlar: Çalışılan sahadaki zemininin temel özelliklerinin belirlenmesi, tabakaların tanımlanması, tabakalaşma durumunun saptanması, saptanan bu tabakaların mühendislik hesaplarında kullanılacak olan özelliklerinin elde edilmesi (arazi deneyi ve laboratuvar), yeraltı su seviyesinin tespiti ve sahayı temsil eden örneklerin alınması amacıyla sondaj çalışmaları yapılmış ve işlem için gerekli ekipmanlar kullanılmıştır.



Şekil 3.3 Sondaj delgi makinası

Jeofiziksel ölçüm aleti (ERT): Elektrik Özdirenç Yöntemi olarak bilinen ERT ile bu çalışmada heyelan problemi olan bölgenin yeraltı kesitini çıkararak kayma sınırını, kayma yüzeyinin derinliğini belirlemek amacıyla sahada 3 profilde ERT çalışması yapılmıştır. Yöntemin uygulanabilmesi için elektrot ve ölçüm cihazları kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Elektrik özdirenç ölçüm cihazı

Slide 5.0 bilgisayar programı: Heyelanların farklı içsel sürtünme açılarına bağlı olarak yamaç duraylılık analizlerinin yapılabilmesi için geliştirilen Slide 5.0 paket programı kullanılmış, analizler statik ve dinamik koşullar için tekrarlanmıştır.

3.2 Yöntem

Çalışma kapsamında Çankırı-Esentepe heyelan sahasında daha önce yapılmış çalışmalardan mevcut bilgiler incelenmiş, tezin amacı doğrultusunda bölgesel ve yerel jeolojik koşullar dikkate alınarak sahada incelemeler başlatılmıştır. Sahada yapılan gözlemler, saha incelemeleri ve toplanan örnekler yardımıyla teze konu olan heyelan sahasındaki problemin çözümüne yönelik mühendislik jeolojisi parametreleri belirlenmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamındaki çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere 3 ana başlıkta toplanmıştır.

3.2.1 Arazi çalışmaları

Bu çalışmalar, sahada gerçekleştirilen arazi gözlemlerine, sondaj çalışmalarına ve numune alımlarına ait incelemeleri kapsar. Çalışma sahasına ait jeoloji haritası, saha çalışmaları, inceleme alanı ve çevresine ait önceki jeolojik haritalar ve Google Earth görüntüleri kullanılarak hazırlanmıştır. 2018 Şubat ve Mart ayları içerisinde değişik günlerdeki arazi çalışmaları litolojik gözlemlerinin not edilmesi, arazi fotoğraflaması çalışmalarını içermektedir. Saha çalışmalarında saha ve çevresinde mostra veren farklı litoloji türleri tanımlanmış, jeolojik birimlerin ayrıntıları gözlemlenmiştir. Jeolojik birim ayrımlarında engebe, renk, vadi sistemi, bitki örtüsü gibi parametreler dikkat edilmiştir. Değişik jeolojik özellikler (heyelan oluşumları, tabakalanma, kıvrımlı yapılar, fay ve bindirmeler gibi) saha incelemeleri ile değerlendirilmiş, gözlemsel sonuçlar saha defterine not edilmiştir. Arazi resimlemeleri ve şematik jeolojik kesit alımları ile problem çözümüne katkı sağlanmıştır. Sahada yedi adet sondaj yeri önerilmiş ve bu sondaj loglarından elde edilen karotlardaki çökeller incelenmiştir. Sondaj yerleri risk alanı içerisinde gösterilen kesimde birbirine dik iki güzergâh boyunca önerilmiş ve Mart 2018 ayında gerçekleştirilmiştir. Karot numuneler alınmış, açılan sondaj kuyularında SPT deneyleri yapılmış, farklı derinliklerde laboratuvar deneyleri yapılmak üzere UD numunesi alınarak laboratuvara gönderilmiştir. Ayrıca çalışma sahası içerisinde herhangi bir kayma hareketinin olup olmadığını belirlemek varsa hareket miktarını ölçmek için açılan her kuyuya standartlara uygun bir şekilde inklinometre borusu yerleştirilmiş ve iki ay süresince inklinometre verileri okunmuştur. Karot numuneleri fotoğraflanarak çökel özellikleri ve zemin türleri makroskobik olarak tanımlanmıştır.

Sondaj ve arazi deneyleri

Çalışma sahası içerisinde derinlikleri 10 ile 20 m arasında değişen 7 farklı noktada sondaj yapılmıştır (Şekil 3.5). Açılan sondaj kuyularında arazi deneyi olarak sadece SPT (Standart Penetrasyon) deneyi yapılmıştır. Kuyulardan elde edilen SPT verileri ve SPT değerleri kullanılarak GEOLOGİSMİC programından elde edilen bazı zemin parametreleri eklerde sunulmuştur. Sondaj kuyuları yardımıyla ayrıca laboratuvar deneyleri için UD numunesi alınabilmiştir.



Şekil 3.5 Sondaj lokasyonları

Numune alımı

Sahada yapılan sondaj çalışmaları sırasında çalışma alanının zemin özelliklerini temsil etmesi için alınan numeneler örselenmiş ve örselenmemiş numuneler olmak üzere iki gruba ayrılır.

Örselenmiş numuneler, yapıları ve su içerikleri değişime uğramış fakat mineralojik bileşimini koruyan numunelerdir. Bu numuneler sınıflama ve sıkıştırma deneylerinde kullanılmışlardır.

Örselenmemiş numuneler ise teorik olarak yapılarında ve su içeriklerinde değişim olmadan muhafaza edilen numunelerdir. Fakat derinden alınan tüm numuneler için ortadan kalkan arazi gerilmesi ile genişlemeler olur. Sondaj kuyusundan alınan örselenmemiş numuneler uygun tüp tipi numune alıcılar vasıtasıyla korunurlar. Örselenmemiş numuneler dayanım, şekil değiştirilebilirlik, geçirgenlik ve zemin analizinde kullanılmışlardır.

Heyelan izleme çalışmaları

Yapılan yüzey gözlemlerinin yanı sıra mevcut sahada yamaç duraysızlıklarını denetleyebilmek için açılan sondaj kuyularına inklinometre boruları yerleştirilmiş ve

farklı zaman dilimlerinde ölçümler alınmıştır. Baz ölçümle beraber 2 aylık süre zarfında 3 farklı zaman diliminde tüm kuyulardan ölçüm alınmıştır. Aşağıda inklonometre borularının yerleştirildiği kuyu numaraları ve derinlikleri verilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. İnklinometre kuyu noktaları ve derinlikler (Ek 3)

3.2.2 Laboratuvar çalışmaları

Saha çalışmaları boyunca alınan sondaj örneklerinin jeoteknik laboratuvar çalışmaları, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında tüm kuyulardan farklı derinliklerde 63 cm çapında örselenmemiş numune örnekleri muhafazaya uygun koşullarda alınmıştır (Şekil 3.7). Numunelerin temel indeks özellikleri, tana dağılımları başta olmak üzere, kıvam indisleri ve dayanım parametreleri (içsel sürtünme parametreleri) belirlenmiştir. Zeminin sahip olduğu kesme parametreleri Vane deneyi ile belirlenmiştir.



Şekil 3.7 Örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin bazılarının görüntüsü

Zeminin temel indeks özelliklerini belirleme

Üzerinde çalışılan zemini tanımlamak, sınıflandırmak ve hesaplanabilir kılmak için bu başlık altında laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Zemin daneleri, büyükten küçüğe doğru, çakıl-kum-silt-kil olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Bilindiği üzere kum, çakıl gibi zeminler kohezyonsuz, silt ve killi zeminler ise kohezyonlu zeminlerdir. Bir zemin kütlesi, katı daneler ve bunların arasındaki boşluklardan oluşmaktadır. Boşluklar ise tamamen veya kısmen su ile dolu olabilmektedir. Dolayısıyla, zeminler üç değişik fazda malzemenin bir arada bulunduğu (katı, sıvı ve gaz) bir sistem oluşturmaktadır. Zemini oluşturan bu öğeler ağırlık ve hacimleriyle temsil edilirler. Bu durumda, yapılacak ilk işlem hacim ve kütle arasındaki bağıntıları tespit etmektir. Kütle özellikleri kapsamında zeminlere ait iri daneler için elek analizleri yapılmış ve ince dane oranlarını belirlemek içinde hidrometre deneyleri yapılmıştır. Zemin dane boyutları belirlendikten sonra kıvam limitleri deneyleri kapsamında likit limit (Casagrande Metodu) ve plastik limit (cam plaka üzerinde el yardımı ile) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, zeminlerin doğal birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, porozite, rölatif sıkılık ve doğal su muhtevası belirlenmiştir.

3.2.3 Büro çalışmaları

Arazide ve laboratuvarlarda yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması büro çalışmaları ile gerçekleşmiştir. Bu çalışmalar; literatür taraması ve bu çalışmaların incelenip değerlendirilmesi, harita, dikme kesit ve ölçülü kesitlerin hazırlanması ve proje yazımını kapsamaktadır. Literatür bilgisinde verilen çalışmalara değişik kaynaklardan ulaşılmaya çalışılmış ve bu kısım önceki çalışmalar bölümünde sunulmuştur. Bölgenin jeolojisi ile ilgili bilgilere; ulusal makaleler, değişik rapor ve çalışmalar, kitaplar, dergiler ve üniversite-kurum kütüphane veri tabanları taranmak suretiyle erişilmiştir. Haritalama işlemlerinde Google Earth uydu verilerinden, çizim işlemlerinde Corel 13, yazım ve hesaplama işlemlerinde ise Microsoft Ofis programlarından yararlanılmıştır. Jeoteknik değerlendirme kapsamında ise belirlenen hatlarda yamaç duraylılık hareketleri SLİDE 5 programında Basitleştirilmiş Bishop ve Basitleştirilmiş Janbu yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda hem yamaçların mevcut halleri hem de gerekli önlemler alındıktan sonraki konumları için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır.

Yamaç duraylılık analizi

Düzensiz bir geometriye sahip olan şevlerin yani doğal yamaçların konumunu koruyabilmesi koşuluna duraylılık denir. Bu tez kapsamında çalışma alanı içerisindeki doğal yamaçlar gezilmiş, yapılan gözlemlere göre zemin yamaç duraysızlığına neden olabileceği düşünülen 4 farklı hatta yamaç duraylılık analizleri bilgisayar paket programı olan Slide 5.0 programı kullanılarak analizler statik ve dinamik koşullar için tekrarlanmıştır. Gerekli tüm verilerin arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla elde edilmesinden sonra duraylılık analizleri yapılmıştır.

Şevlerde duraylılık, güvenlik ya da emniyet katsayısı adı verilen ve çeşitli yöntemlerle tespit edilebilen bir değerle ifade edilir. Güvenlik katsayısı değeri birimsiz olarak, direnen kuvvetlerin, kaymaya sebep kuvvetlere oranlanmasıyla tespit edilir ve bir şevin kendini tutabilmesi için 1.3 değerinin üzerinde olması istenir. Tespit edilen değerlerle belirlenen eğimlerde, şevlerin duraylı olup olamayacaklarına, belirlenen emniyet katsayıları değerleri üzerinden karar verilir. Şevlerde emniyet katsayısı, çeşitli yöntemler için çeşitli

verilerin kullanılmasıyla elde edilebilir. Yönteme karar verirken, depremsellik, süreksizliklerin birbirlerini ve şev yüzeyini kesme açıları ve konumlarıyla yönelim ve eğimleri, yeraltı suyu durumu ve şevin oluşturulacağı kayaların özelliklerine bakılır. Bu veriler doğrultusunda, kaymanın olasılığı ve genel şekli tahmininde bulunularak gerekli yöntemle emniyet katsayısı değerlerine ulaşılır (Keskin ve Kılıç 2008)

Slide 5.0 paket programı

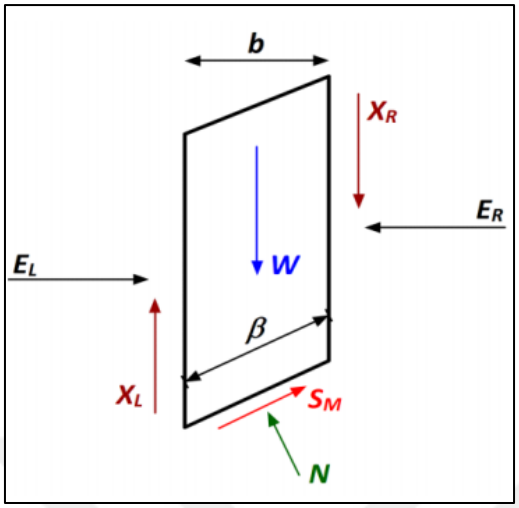
Analizi yapabilmek için öncelikle, formasyonların geometrik özellikleri, yazılımın ilgili arayüzüne girilerek, genel şev içerisindeki formasyon kalınlık ve yükseklikleri belirlenmiştir. Bu esnada her bir formasyona ait fiziko-mekanik özellikler de (birim hacim ağırlık, içsel sürtünme açısı ve kohezyon) bu kısımda tanımlanmıştır. Oluşturulan şev geometrisi içerisinde, ana süreksizliklerin durumları da (faylar gibi) konum olarak girilmiştir. Geometri ve bu geometri içerisindeki formasyonlarla süreksizliklerin bilgileri girildikten sonra, yazılım otomatik olarak, kayma yüzeylerini tanımlayan dairelerin merkez koordinatları ve yarıçaplarını hesaplayıp, bir çıktı olarak elde edilmiştir. Yazılım ayrıca istenilen sayıda kayma yüzeyi oluşturarak bunlardan en düşük güvenlik katsayısı değerini veren ya da kayma ihtimali en yüksek kayma dairesini otomatik olarak seçmektedir. Yazılım çıktıları üzerinde istenilen sayıda kayma düzlemi daireleri ve çapsal merkez noktaları, en düşük güvenlik katsayısına ait kayma düzlemi dairesi ve bunun güvenlik katsayısı değeri görülebilir (Keskin ve Kılıç 2008)

Basitleştirilmiş Bishop yöntemi (1955)

Basitleştirilmiş Bishop yönteminde kayma yüzeyinin dairesel ve dilimler-arası kuvvetlerin yatay olduğu kabul edilir. Dairenin merkezi etrafındaki moment dengesi ve her bir dilim için düşey yöndeki kuvvet dengesi sağlanır. Kısaca yatay ve düşey kuvvet dengesini dikkate almakta ve dilimler arası kayma kuvvetini ihmal etmektedir. Buna göre güvenlik katsayısı (Gs) şu şekildedir:

$$GS = \frac{\sum \left[(c.\beta + W.\tan\varphi) \left(\cos\alpha + \frac{\sin\alpha.\tan\varphi}{GS} \right) \right]}{\sum W.\sin\alpha}$$

Bishop denkleminin her iki tarafında da FS olduğu için tek bir çözüm yoktur ve iterasyon yapmak gereklidir.



Şekil 3.8 Basitleştirilmiş Bishop

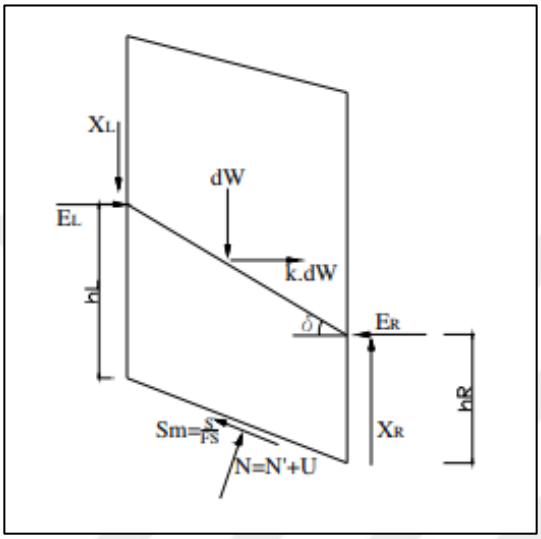
c: kohezyon, β : dilim taban uzunluğu, N : taban normal kuvveti = W. Cosα, φ: içsel sürtünme açısı W : dilim ağırlığı, α: Şev açısı, $E_{L,R}$: dilim sınır kuvvetleri, $X_{L,R}$: dilim sınır kesme kuvvetleri

Basitleştirilmiş Janbu yöntemi (1956-1973)

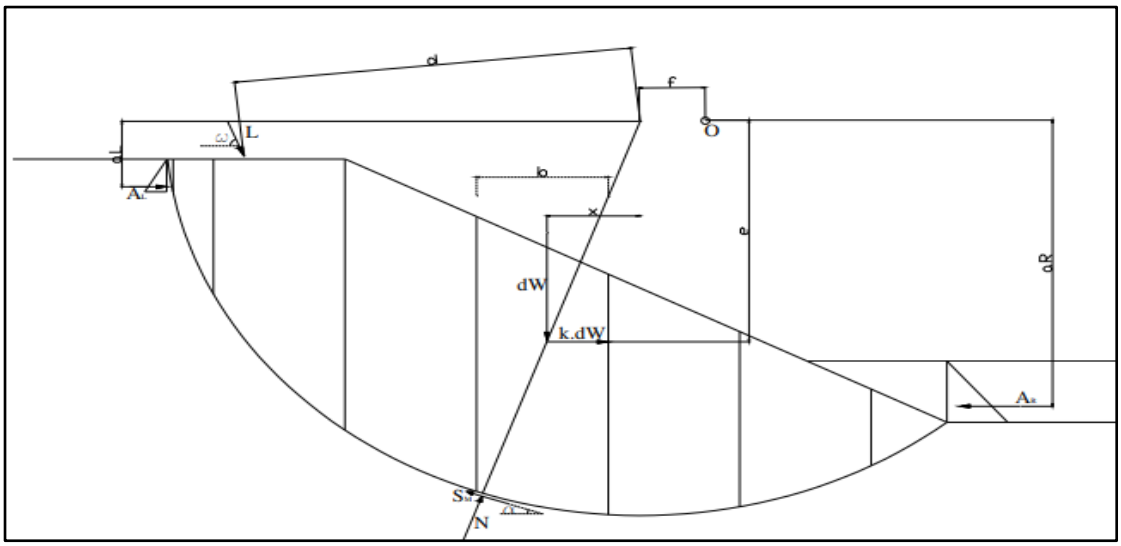
Basitleştirilmiş Janbu metodunda dilimler arası kesme kuvvetleri sıfır kabul edilir, yatay ve dikey kuvvet eşitliği sağlanır ancak moment dengesi sağlanmaz. Janbu basitleştirilmiş yöntemi, Bishop'un Basitleştirilmiş yöntemine benzemektedir, ancak Janbu'nun Basitleştirilmiş yöntemi, genel moment dengesini değil sadece toplam yatay kuvvet dengesini sağlar. Bu yöntem hem dairesel kayma yüzeylerinde hem de dairesel olmayan kayma yüzeylerindeki güvenlik katsayısı hesabında etkilidir. Basitleştirilmiş Janbu yöntemi dilimler-arası kuvvetlerin yatay olduğu varsayımına dayanır. Sadece bu varsayım tek başına hemen her zaman, tam dengeyi sağlayan daha kapsamlı yöntemlerden daha düşük emniyet katsayısı vermektedir. Janbu vd. (1956) bunu hesaba katmak için Şekil 3.11'deki düzeltme faktörünü önermişlerdir.

Şev üzerine, L gibi bir dış yük, sol tarafında çekme çatlağında birikebilecek su basıncı kuvveti AL, topukta su birikmesi etkisi AR kuvveti etkimektedir. Göz önüne alınan bir

dilim tabanında N gibi bir normal kuvvet doğmuş, Sm gibi bir kayma dayanımı mobilize olmuştur. Dilim ağırlığı dW, depremli halde dilime etkiyen dinamik kuvvet k.(dW)' dir. Göz önüne alınan dilim şevden kesilip dışarı alınırsa bu dilimin dengesi için sol ve sağ dilim sınırındaki normal kuvvetler (E) ve kesme kuvvetleri (X)' lerin etkitilmesi gerekmektedir. Aşağıda çıkartılmış böyle bir dilime etkiyen kuvvetler gösterilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Tek dilime etkiyen kuvvetler



Şekil 3.10 Yenilen bir şeve etkiyen kuvvetler

$$\sum F_h = 0$$

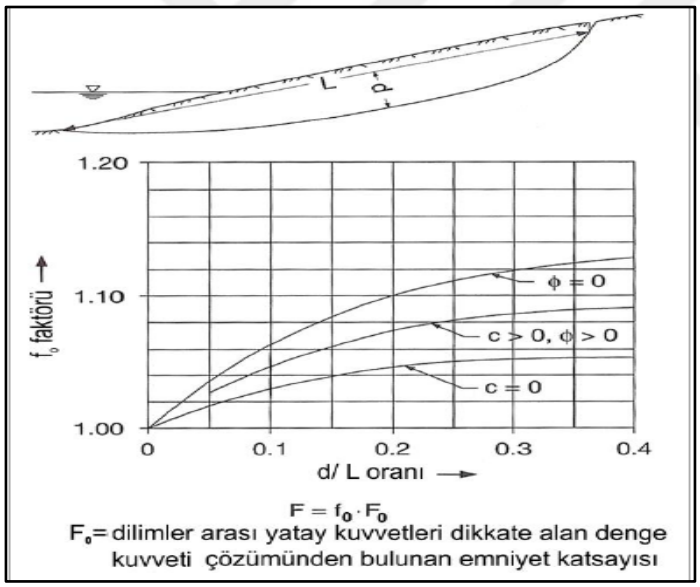
$$\sum k.dW + \sum N.\sin \propto - \sum S_m.\cos \propto + A_L - A_R + L.\cos w = 0$$

$$S_m = \frac{S}{FS} = \left[(N - ub\sec \propto)\tan\frac{\varphi}{FS}\right] + [c'b\sec\alpha/FS]$$

$$FS_0 = \left[\sum (N - ub\sec \propto)\tan\varphi.\cos\alpha + c'b\right] / \left[\sum k.dW + \sum N.\sin \propto + A_L - A_R + L.\cos w\right]$$

Burada da FS (GS) bulunuşunda gerek duyulan N kuvveti FS_0' a bağlı olduğu için deneme-yanılma tekniği ile çözüm elde edilmelidir. Göçme yüzeyinin biçimi (D/L) ile kayma dayanımı parametrelerine bağlı olarak Janbu elde edilen F_o güvenlik sayısının bir f_0 düzeltme sayısı ile düzeltilmesini önermektedir.

Sonuçta FS (GS) = $f_0.FS_0$ olacaktır. Düzeltme sayıları aşağıdaki grafikten elde edilir.



Şekil 3.11 Janbu'nun basitleştirilmiş dilim yöntemi için düzeltme faktörleri

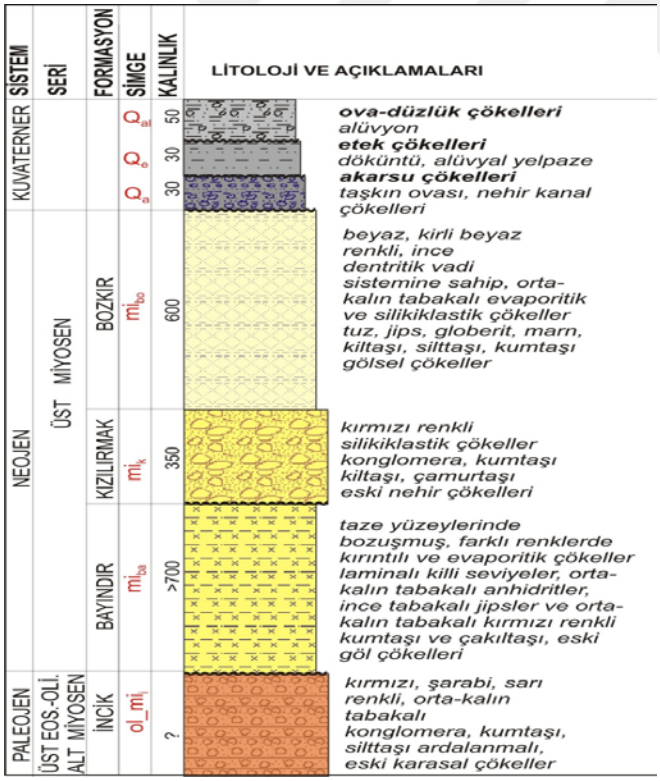
Yalnız c zeminde b1 = 0.69, yalnız φ zeminde b1 = 0.31, C ve φ zeminde b1 = 0.50

Tez içinde kullanılan tüm hesaplamalar ve düzeltmeler bilgisayar yazılım programları yardımı ile otomatik olarak hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1 İnceleme Alanının Jeolojisi

Kretase-Paleojen-Neojen zamanlarına ait çok kalın depolanma istifleri içeren Çankırı-Çorum havzası özellikle Neojen zamanlarına ait geniş yayılımlı karasal çökelleri ile dikkat çeker. Eosen sonlarına doğru yükselme ve sıkışma tektoniği ile karasal ortama dönen bölgede farklı özellikte formasyonlar tanımlanmış ve haritalanmıştır. Çankırı merkez ve çevresindeki stratigrafik istif yaşlıdan gence doğru Oligo-Miyosen yaşlı kırmızı, sarı renkli karasal kırıntılı çökellerle temsil edilen İncik Formasyonu, Miyosen yaşlı kırıntılı ve evaporit çökellerinin ardalanmasından oluşan Bayındır Formasyonu, kırmızı kırıntılı kayalardan meydana gelen Kızılırmak Formasyonu ve killi sedimanlar ile evaporit çökelleri içeren Bozkır Formasyonu' dur. En genç çökeller ise eski, yeni alüvyon, nehir, eski taraça ve etek çökelleridir (Şekil 4.1).

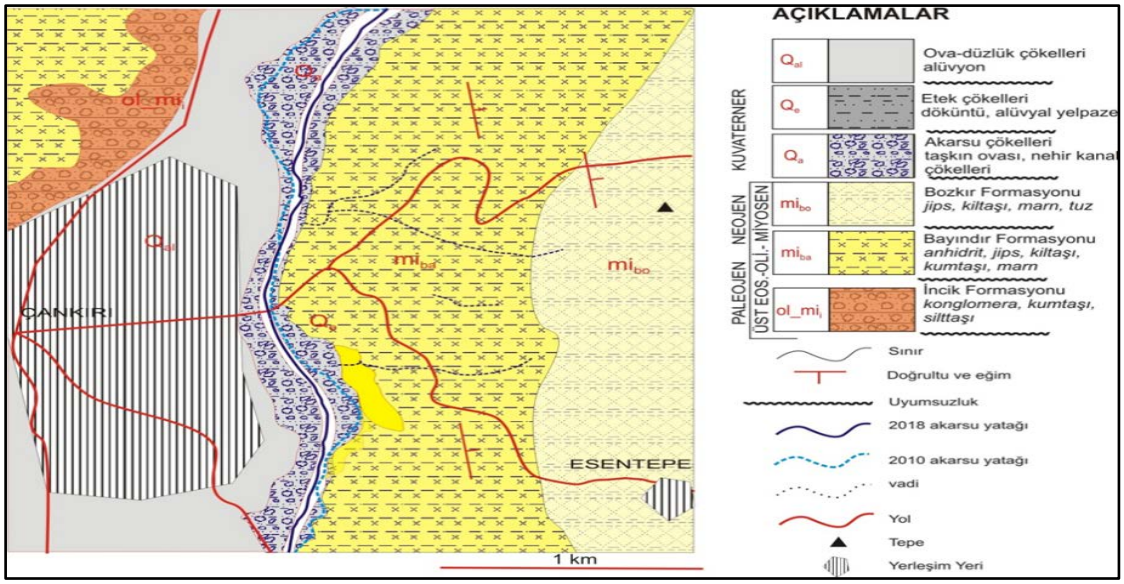


Şekil 4.1 İnceleme sahasındaki kaya birimlerine ait genelleştirilmiş dikme kesit (Sarp ve Aydoğdu, 2013'den değiştirilmiştir).

Bölge stratigrafisinin anlaşılması için Kızılırmak Formasyonu, genelleştirilmiş dikme kesitte gösterilmiş, fakat jeoloji haritasında haritalanmadığı için sadece haritalanan birimlerin ayrıntıları verilmiştir (Şekil 4.3). Gerçekleştirilen önceki araştırmalar ile son yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında inceleme sahasındaki birimin Bayındır Formasyonu üzerinde yer aldığı görülür.



Şekil 4.2 İnceleme sahasının Google Earth üzerinde üç boyutlu görünümü

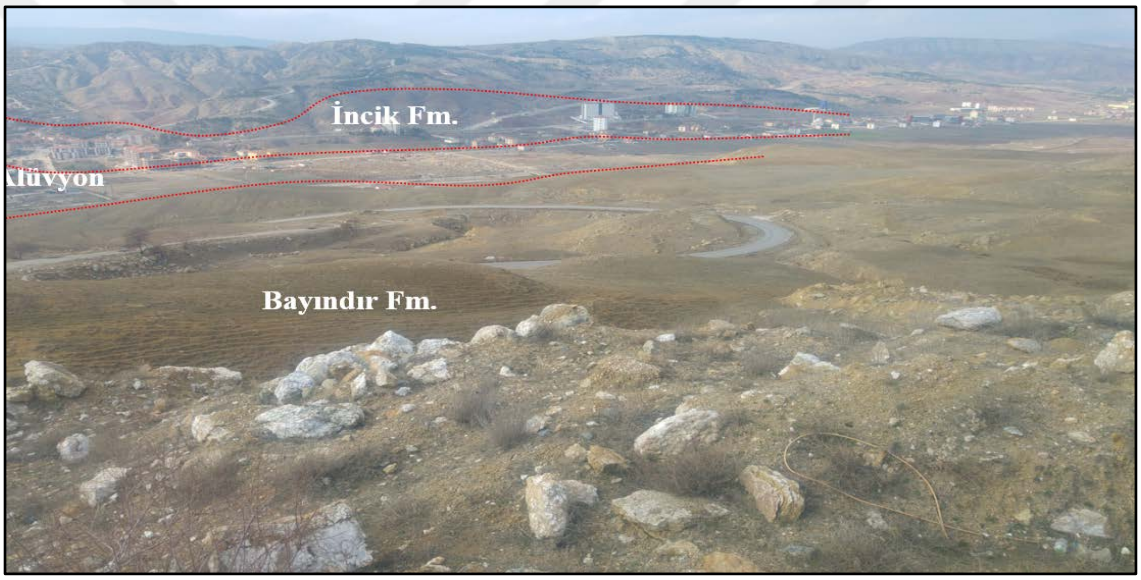


Şekil 4.3 İnceleme alanının jeoloji haritası (1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ve Sönmez, 2014'den yararlanılmıştır).

İncik formasyonu (ol-mi)

Tanım ve yayılım: Birgili vd. (1975) tarafından İncik çevresinden adlandırılmıştır. Jeolojik haritası hazırlanan alanda stratigrafik olarak en altta yer almaktadır. İncelenen sahanın batısında Çankırı merkez yerleşiminin hemen kuzeyinde yüzeylenmektedir.

Kaya türü özellikleri: Formasyonun genel olarak rengi kırmızıdır (Şekil 4.4). Silisiklastik çökellerle temsil edilmektedir. Genellikle orta ve kaba taneli kırıntılı kayalar egemendir. İnce taneli silisiklastik ara tabakalar, orta ve kaba taneli kırıntılı kayalarla ritmik gelişmiştir. Daha yaşlı formasyon ve litodemlerden türeyen kaya kırıntıları taneleri oluşturmaktadır. Kötü boylanmalı olup, taneler yarı yuvarlaktır.



Şekil 4.4 İncik Fm. ve inceleme sahasında gözlenen Bayındır Fm. Çökellerinden genel bir görünüm, kuzeybatıya bakış.

Kalınlık: Birgili vd. (1975) tarafından İncik çevresinde çok kalın bir istif özelliğinde geliştiği belirtilmiştir. İncelenen sahada ise az bir kesimde daha az bir kalınlıkta mostra vermektedir.

Dokanak ilişkileri: İstif temel kayaları oluşturmaktadır. Çakıllar bölgede yüzeyleyen Kocaçay Formasyonu nummulitli kireçtaşı kırıntılarını da içermektedir. Bu nedenle İncik Formasyonu'nun altında Kocaçay Formasyonu yer almaktadır. Üstünde ise Bayındır Formasyonu gözlenir.

Fosil kapsamı ve yaş: Karasal ortam ürünleridir. Fosilsiz oluşları nedeniyle yaşı göreceli olarak verilebilir. Altında Eosen yaşlı denizel çökellerin bulunması nedeniyle Eosen sonrası bir yaş verilebilir. Sarp vd. (2010) ve Sarp ve Aydoğdu'ya göre (2013) geç Eosen-erken Miyosen yaşı verilmiştir.

Ortam: Birimin yayılım geometrisi, litolojisinin kırmızı rengi, silisiklastik çökel özelliğinde gelişmesi ve fosilsiz oluşu eski nehir çökelleri olduğunu belgeler.

Bayındır formasyonu (mi)

Tanım ve yayılım: Bayındır köyünden isimlendirilen (Sarp ve Aydoğdu 2013) formasyon çökelleri incelenen sahada yaygın bir şekilde gözlenir. Sarp ve Aydoğdu (2013) de belirtilen sınırların izlenmesi ve Sönmez (2014) tarafından haritalanan birim özellikleri takip edildiğinde Acısu doğusunda Esendere yolu üzerindeki çökellerin Bayındır Formasyonu çökelleri olduğu görülür. Birimin Bozkır Formasyonu çökellerinde ayrılabilir özelliği daha koyu rengi, engebe gelişimindeki farklı vadi sistemi, litolojisinde anhidrit fazlalığı, bol kıvrımlı, kırıklı yapıya sahip olmasıdır. Keza, Sönmez tarafından da Bayındır Formasyonu olarak haritalama yapılmıştır.

Kaya türü özellikleri: Sarp ve Aydoğdu (2013) Süleymanlı Köyü çevresinde yaptıkları çalışmada birimin çoğunlukla jips çökellerinden oluştuğunu taban kesimlerinde kumtaşı, silttaşı ile başladığını üste doğru kiltaşı, marn ara bantları kapsadığını belirtmişledir. Uçak kütüphanesi doğusundaki yamaçlarda kırmızı renkli kumtaşı, konglomera ara tabakalarının alt seviyeleri oluşturduğu üste doğru anhidrit litolojisinin egemen olduğu gözlenir. Bunun yanı sıra kiltaşı, silttaşı ara tabakaları anhidritlerle ardaşıklı gelişmiştir. Jipsler ince tabakalanmalar şeklinde gözlenir. Anhidrit tabakaları çoğunlukla beyaz, kirli beyaz renkli, orta-kalın tabakalanmalar şeklindedir. Grimsi renkli kalın tabakalı anhidritler üst kesimlerde belirgindir. Riskli alan olarak gösterilen firmalara ait sahalarda yüzey döküntüleri altında bu formasyona ait çökellerinin olduğu görülür.

Kalınlık: Birimin incelenen sahada topoğrafik yükseklik ve tabakaların eğim miktarları dikkate alındığında 150 metreden daha fazla olduğu söylenebilir. Bununla beraber Sarp ve Aydoğdu (2013) birimin Süleymanlı Köyü çevrelerinde 600 metreden daha fazla olduğunu belirtmektedirler.

Dokanak ilişkileri: Birimin altında İncik Formasyonu çökelleri gözlenir. Oligosen-erken Miyosen yaşlı karasal eski nehir çökelleri üzerine uyumsuz olarak geldiği düşünülür. Bununla beraber Sarp ve Aydoğdu'ya (2013) göre tedrici geçişli uyumlu bir ilişkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Bayındır Formasyonu çökellerinin üstünde ise incelenen sahada Bozkır Formasyonu çökelleri gelir. Stratigrafik olarak Kızılırmak Formasyonu çökellerinin Bayındır ve Bozkır Formasyonu çökelleri arasında yer aldığı belirtilmektedir (Sarp ve Aydoğdu 2013).

Fosil kapsamı ve yaş: Fosil bulgulara rastlanılmamıştır. İncik Formasyonu çökellerine göre göreceli olarak geç Eosen-Miyosen yaşlı olduğu kabullenilmiştir. Kızılırmak Formasyonunun yaşı Birgili vd. tarafından geç Miyosen olarak yaşlandırılmıştır. Bu yaş dikkate alındığında birimin erken Miyosen'e kadar çıktığı söylenebilir.

Ortam: Gölsel ortam ürünleridir. Birgili vd. (1974) Kocaçay formasyonundan sonra başlayan bir regresyondan bahsetmiş, sonrasında gelişen lagünlerde ve sıcak iklim koşullarında oluştuğundan söz edilmiştir.

Bozkır formasyonu (mi)

Tanım ve yayılım: Formasyonu ilk kez Tanrıverdi (1973) ve Birgili vd. (1975) tarafından Bozkır Köyü ve çevresinden tanımlanmıştır. Sahanın doğu kesiminde Esentepe Mahallesi çevresinde ve yüksek tepelerde yüzeylenmektedir.

Kaya türü özellikleri: Sönmez (2014) tarafından Bozkır Formasyonu ayrıntılı bir şekilde çalışılmış, formasyon alttan üste doğru kiltaşı-az anhidrit zonu, kayatuzu-kiltaşı-anhidrit-globerit zonu (tuz üyesi) ve kiltaşı-jips az anhidrit zonu olmak üzere üç litolojik zona ayrılarak incelenmiştir. Özellikle globerit-halit birlikteliği üzerinde durulmuştur. Renk olarak Bayındır Formasyonu çökellerine göre daha açık renklidir. Beyazi kirli beyaz renk egemendir. Killi seviyelerde ince dentritik drenaj ağı mevcuttur. Bitki örtüsü gözlenmez.

Kalınlık: Birimin kalınlığı incelenen sahada 150 metreden fazladır. Sarp ve Aydoğdu (2013) birimin kalınlığının 600 metreden daha fazla olduğunu belirtmektedirler.

Dokanak ilişkileri: Birimin altında incelenen sahada Bayındır Formasyonu çökelleri gözlenir. Üstünde ise Kuvaterner yaşlı akarsu, ova ve etek çökelleri bulunur.

Fosil kapsamı ve yaş: Bozkır Formasyonu'nun yaşı Tanrıverdi (1973) ve Birgili (1975) tarafından geç Miyosen, Kaymakçı (2000) tarafından geç Miyosen-Pliyosen, Karadenizli vd. (2004) tarafından Erken Pliyosen, Sarp ve Aydoğdu (2013) tarafından üst Miyosen, Sönmez (2014) tarafından Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır. Fosil bulunmaması, Kızılırmak Formasyonu çökellerinin yaşı dikkate alındığına geç Miyosen yaşı benimsenmiştir.

Ortam: Varol vd. (2002) tarafından ayrıntılı bir şekilde çalışılmış olup göl kenarı, açık göl alanlarında farklı çökeller belirtilmiştir. Çoğunlukla jipsli çökellerle temsil edilen birimin laminalı jipsler, nodüler jipsler içerdiği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra kiltaşları içerisinde jips kristalleri varlığından da söz edilmektedir. Karbonatlar, evaporitik çökeller ve silisiklastik çökeller ile temsil edildiği önceki çalışmalarda vurgulanmıştır (Varol vd. 2002). Sönmez (2014) kurak dönemlerde halit oluşumları, yağışlı dönemlerde ise anhidrit ve kiltaşlarının çökeldiğinden bahsetmektedir.

Güncel çökeller: Sahada ova, etek ve akarsu çökel alanlarında çökelmiş güncel sedimanların yayılım sınırları dikkate alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Ova çökelleri Çankırı merkez yerleşim alanı çevresinde, etek çökelleri Esentepe Mahallesi yolu üzerinde dağ eteklerinde, akarsu çökelleri ise Acısu boyunca haritalanmıştır. Daha yaşlı formasyonların çakıl, kum, silt ve kil boyutlu malzemelerinden oluşurlar. Çimentosuz gevşek zeminleri oluşturmaktadırlar.



Şekil 4.5 Bayındır Formasyonu çökellerinin görünümleri

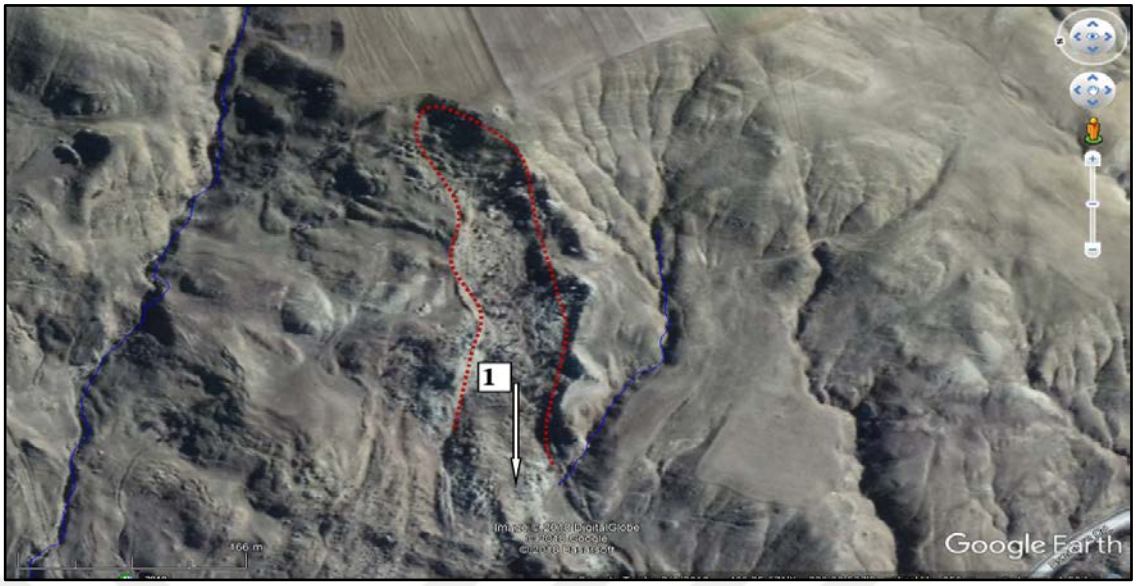
Bayındır Formasyonu çökellerinin görünümleri, A-B-C. erimeler ve yüzey akmaları ile şekillenmiş Tuzyolu Tepe batısından arazi görünümleri, A. Batıya bakış, B-C. doğuya bakış, D. Jips, anhidrit, kiltaşı ardalanması, E-F. killi evaporitik bağlayıcılı noduler (yumrulu) anhidritlerin yakın görünümleri, G. laminalı jipsler, H. Bayındır Formasyonu üst seviyelerindeki orta kalın tabaka kalınlıklı ardışıklı gelişmiş gri renkli anhidritler, laminalı jipsler ve çamurtaşlarını temsil eder.

4.2 Jeolojik ve Jeoteknik Değerlendirme

Bayındır Formasyonu çökellerinin alttan üste doğru killi sedimanlar ile başlayıp üste doğru eriyebilir evaporit kayalara geçmesi ve üste doğru ritmik şekilde evaporit ve killi sediman görülmesi (stratigrafik sıralanma) kütle hareketleri açısından olumsuz gibi gözükmektedir. Çünkü evaporitli, karbonatlı (kireçli) ve killi (çamur, kil) zeminlerde ve kayalarda (jips, anhidrit, killi kireçtaşı, kiltaşı, çamurtaşı) meydana gelen kütle hareketleri (heyelan, kayma, akma, düşme) doğrudan doğruya kimyasal reaksiyon sonucudur.

Suyun etkisiyle kalker, tuz ve jips gibi eriyebilir kayalar eriyip boşluklar meydana getirmekte, bunun sonucu olarak da çökme ve kayma olayları gerçekleşmektedir. İçlerinde erimiş halde jips, tuz içeren sular, kiltaşları içine girince çatlaklar içinde yeniden kristallenmekte, böylece hacim ve basınç artmakta, geçirimsiz ve sağlam olan kayaçlar geçirimli ve zayıf hale gelmektedir. Bu duruma gelen zemin, az bir eğim ve yağmur etkisiyle kolayca hareket etmektedir. Bununla beraber tabakalanma doğrultu ve eğimleri, tabakaların homojenliği ve kalınlıkları, eklem sistemlerinin sıklığı da önemlidir. İncelenen sahada tabakaların doğuya eğimli olması, eriyebilir jips ve anhidrit gibi kayaların üst seviyelerde gözükmesi inceleme sahasının doğusunda meydana gelen kütle hareketlerinin, derinliği heyelan kadar olmayan yüzey akmaları şeklinde gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 4.6a-4.6b).

İncelenen sahaya akan kum, çamur akması daha alt kısımlarda Acısu Deresine yakın kesimlerde üstü kapatılan küçük bir vadi boyunca alüvyal yelpaze özelliğinde bir birikintinin oluşumuna neden olmuş, Acısu Deresi'nin topuk kısmını aşındırması nedeniyle son on yıl içerisinde yaklaşık kuzey-güney doğrultulu 1,5 metre kayma yüzeyli bir heyelan oluşmuştur (Şekil 4.7, 4.8). Oluşan eğim ve su etkileri, yük bindirmeleri heyelanın kuzeyinde de ikinci heyelan oluşumunun meydana getirmiştir (Şekil 4.9). Sahanın hemen kuzey bitişiğinde ise üçüncü bir heyelan gelişmeye başlamış, ön yarıklar arazide izlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.6a İncelenen sahanın Google Earth Görüntüleri



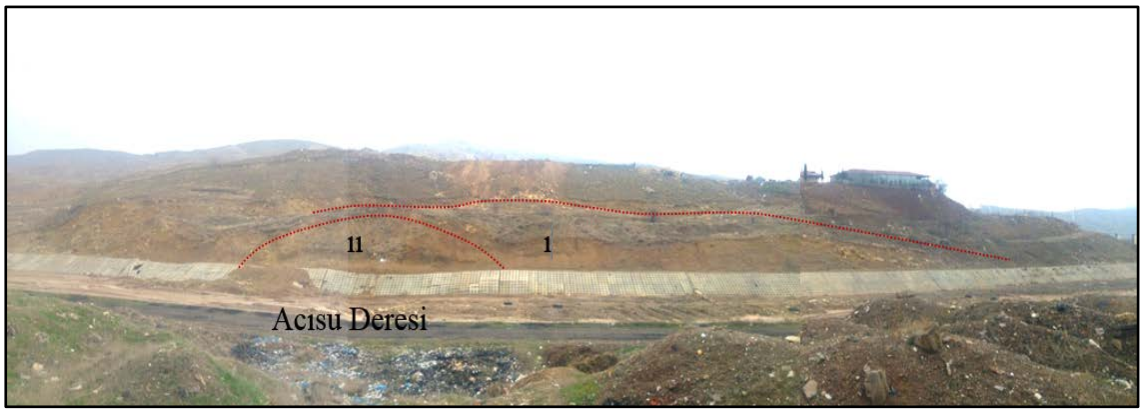
Şekil 4.6b İncelenen sahanın doğusundaki yüzey akması Google Earth Görüntüleri

Üst kısımlardaki eriyebilir jips, anhidrit gibi kayalar muhtemelen eklem sistemlerinde etkili olan yüzey suyu etkileri ile parçalanarak aşağı kesimlere doğru blok, moloz, kum çamur akması şeklinde hareket etmiştir), 1. Yüzey akması geometrisinde gelişen kesim ve akma yönü, 2. Suni olarak doldurulan kesim, 3. 2 nolu kesimden gelen akmalarla oluşan alüvyal yelpazeli kesim ve heyelanlı kesim, kırmızı kalın ok incelenen sahayı göstermektedir.

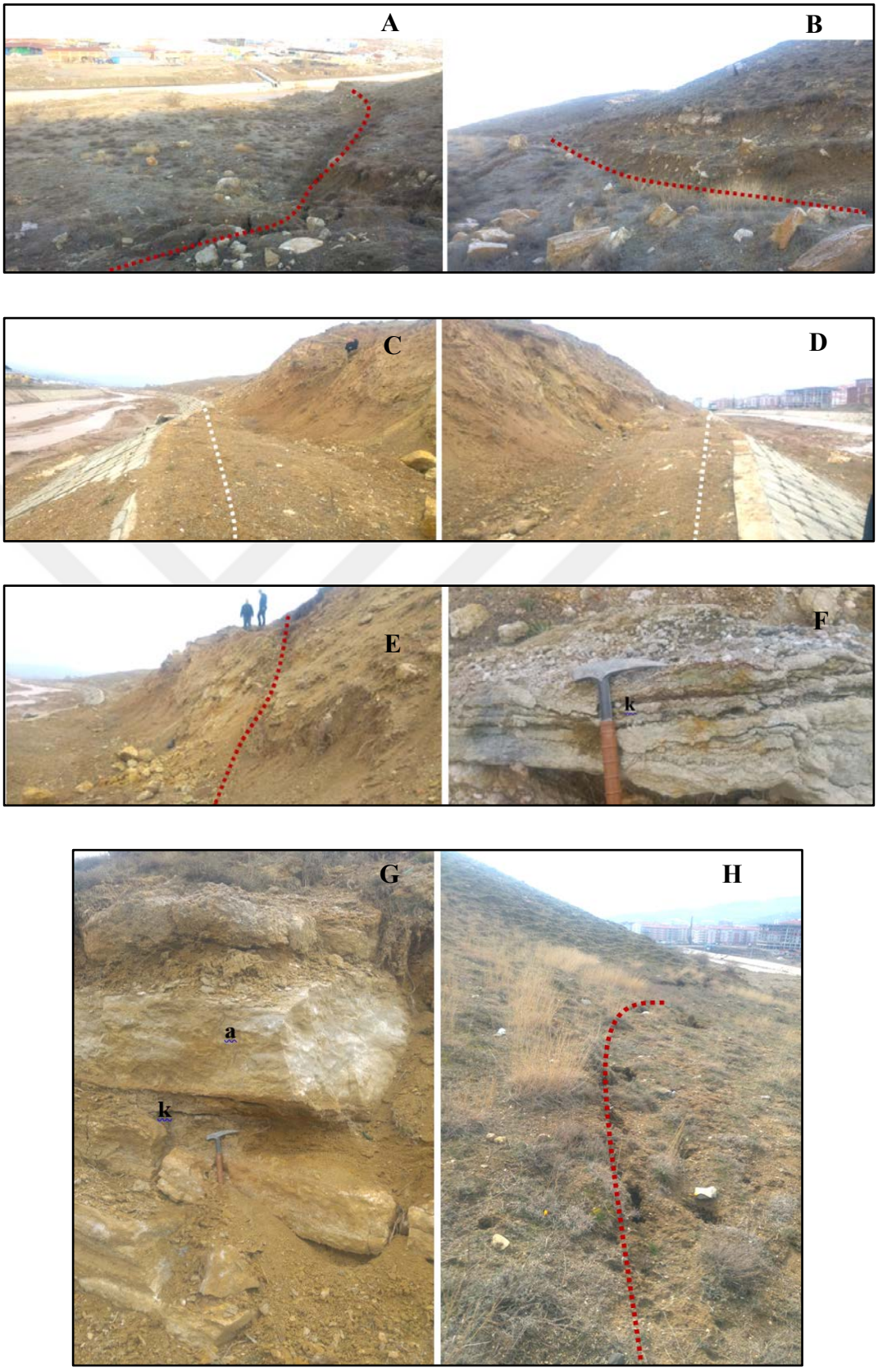


Şekil 4.7 İncelenen sahadaki heyelan hareketleri

Sahanın daha duraysız ve topuk kısmının aşındırılması ile son yıllarda oluşan sıralı heyelan oluşumlarının geometrileri, bunlardan üçüncüsü (III) henüz arazi yarıkları ile ortaya çıkmış bir kütle hareketidir), tepe kesiminden yüzey suları ile taşınan malzemelerin (kırmızı ok yönü) aşağı kesimde alüvyal yelpaze görünümlü kesimi oluşturmuş ve topuk kesiminde Acısu Deresinin oyması sonrasında ise heyelanlar gelişmeye başlamıştır.



Şekil 4.8 İncelenen sahada ilk oluşan (I) ve daha sonra gelişen (II) heyelanların görünümü



Şekil 4.9 Heyelan sahasından arazi görünümleri

A-B Büyük heyelanın (I) kuzey ve güney yönlerdeki görünümleri, C-D-E Büyük heyelan içinde gelişen ikinci heyelanın kuzey ve güney kesimdeki görünümleri, beyaz çizgi istinat duvarının kaymasını göstermektedir. F-G taşınan jips, anhidrit blokları, k. killi ara seviyeleri, H üçüncü heyelan kısmının görünümü ve yüzey yarığını ifade eder.

Sahadaki risk analizine katkıda bulanacak diğer unsurlar coğrafik-biyolojik özellikler, fiziksel parametreler ve kimyasal etkilerdir.

Kara ikliminin gözlenmesi ve bitki örtüsünün yokluğu kütle hareketlerini etkilemektedir. Ani yağışlar, bitki yokluğu yüzey sularının etkisini artırmaktadır. Esentepe düzlüğünün hemen batısında gözlenen eğim ve dere sistemleri ve kayaların özellikleri yüzeyde çamur, blok ve kum akmalarına neden olmuştur. Bu yüzey akmaları da sahanın doğusundaki kesimde yer almaktadır. Yüzey ve yeraltı sularının kimyasal etkileri ile oluşan değişimler, erimeler de yüzey akmalarının oluşumuna sebebiyet vermiştir.

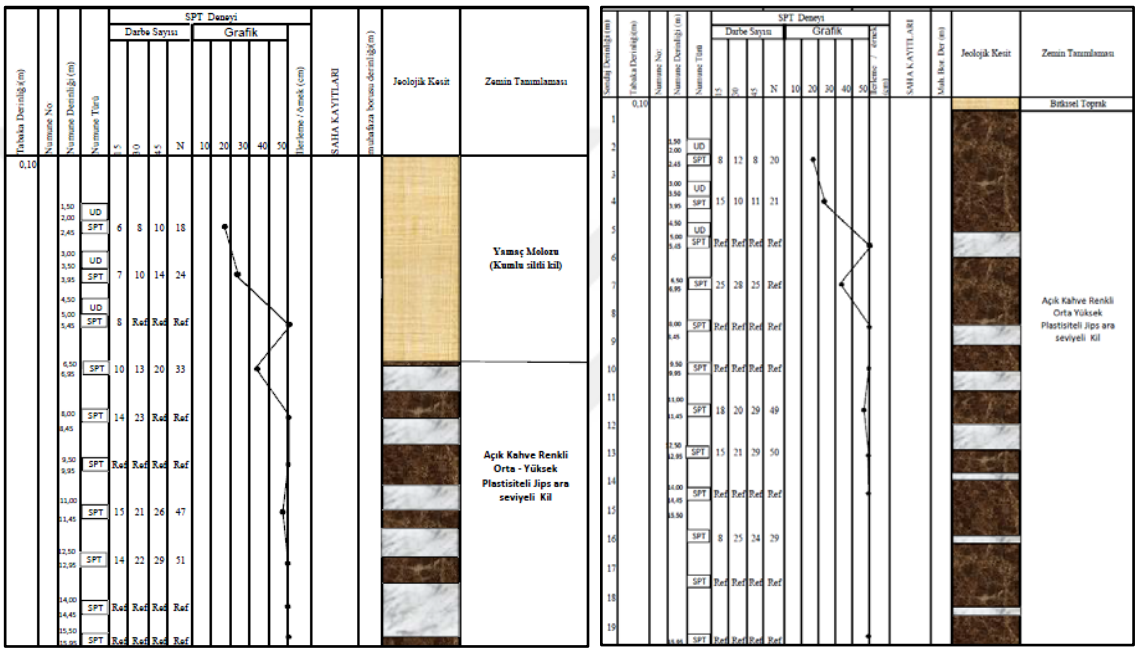
Fiziksel parametreler göz önünde bulundurulduğunda heyelan geometrisinde bir kayma yüzeyi ve genellikle belirli bir eğim gözlenmektedir. İncelenen sahada yamaç eğimi çok fazla değildir ve heyelan geometrisi ancak Acısu topuğuna yakın kesimde izlenmektedir. İnceleme sahasındaki geometri yüzey akmalarını işaret etmektedir. Yüzey akmalarının çok az eğimli arazilerde bile oluştuğu bilinmektedir. Akmalar toprak ya da taş- toprak karışımı şeklinde olmakta, akan malzemenin türüne göre kaya-blok akması, moloz akması, kum akması, çamur akması gibi isimler almaktadır. İnce ve çok ince taneli zeminlerdeki kapiler kuvvet, yüzeysel gerilim ya da kil minerallerinin kendilerine özgü hidrasyon özellikleri akmalarda etkili olmaktadır. Danelerin şekli de önemlidir. İnceleme sahasındaki kayaların fiziksel özellikleri (tane büyüklüğü, tane şekli, kohezyon (c), içsel sürtünme (φ), basınç, gerilme) sahanın doğusundaki hareketlerin serbest olarak hareket eden akmalar şeklinde kum, çamur ve blok akmaları ile aşağı doğru hareket ettikleri görülür. Bu hareketlerin de genellikle üst kesimlerde oluştuğu görülür.

4.3 Belirlenen Zemin Profili

Laboratuvar deney sonuçlarına göre ana zemin olarak nitelendirilen birim jips ara katkılı orta-yüksek plastisiteli az kumlu silli kilden oluşmakta, yamaç moloz olarak adlandırılan

birim ise jips ara katkılı iyi derecelenmiş düşük orta plastisiteli çakıl-kum-silt (alüvyal fan) meydana gelmiştir. Birleşik zemin sınıflamasına göre (USCS) birimlerin belirlenen zemin profili yüksek plastisiteli inorganik killer grubuna ait olduğu belirlenmiştir. Kaya birimleri ise daha çok blok boyutunda yaklaşık kalınlıkları 0.5-1 m'yi bulan jips anhidrit bloklarından oluşmaktadır.

Birbirine yakın kotlarda yapılan sondajlardan elde edilen kuyu verilerine göre zeminin düşey olarak benzer zemin profiline sahip oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 4.10).

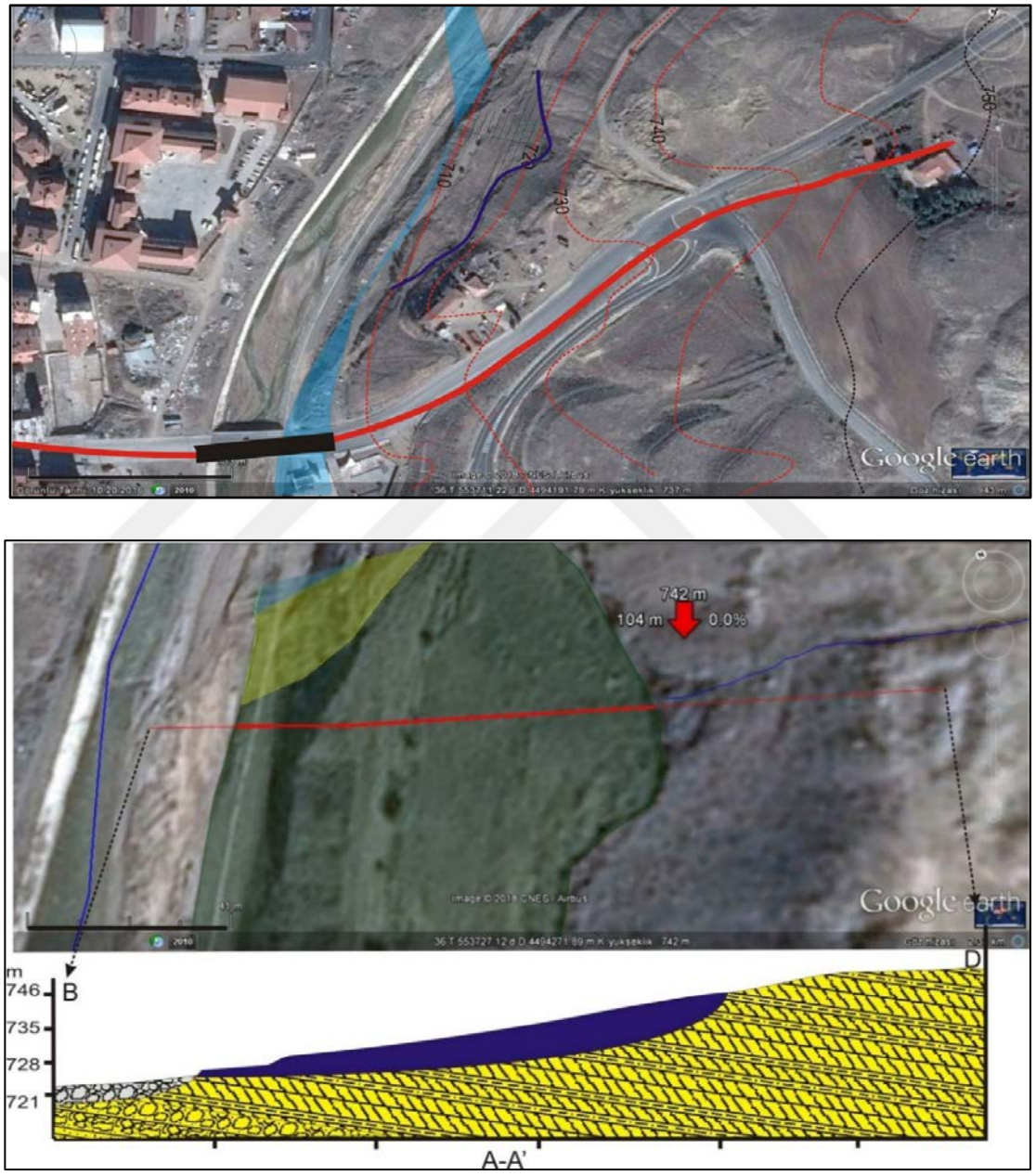


Şekil 4.10 SK-1 ve SK-5'e ait sondaj logları (Ek 1)

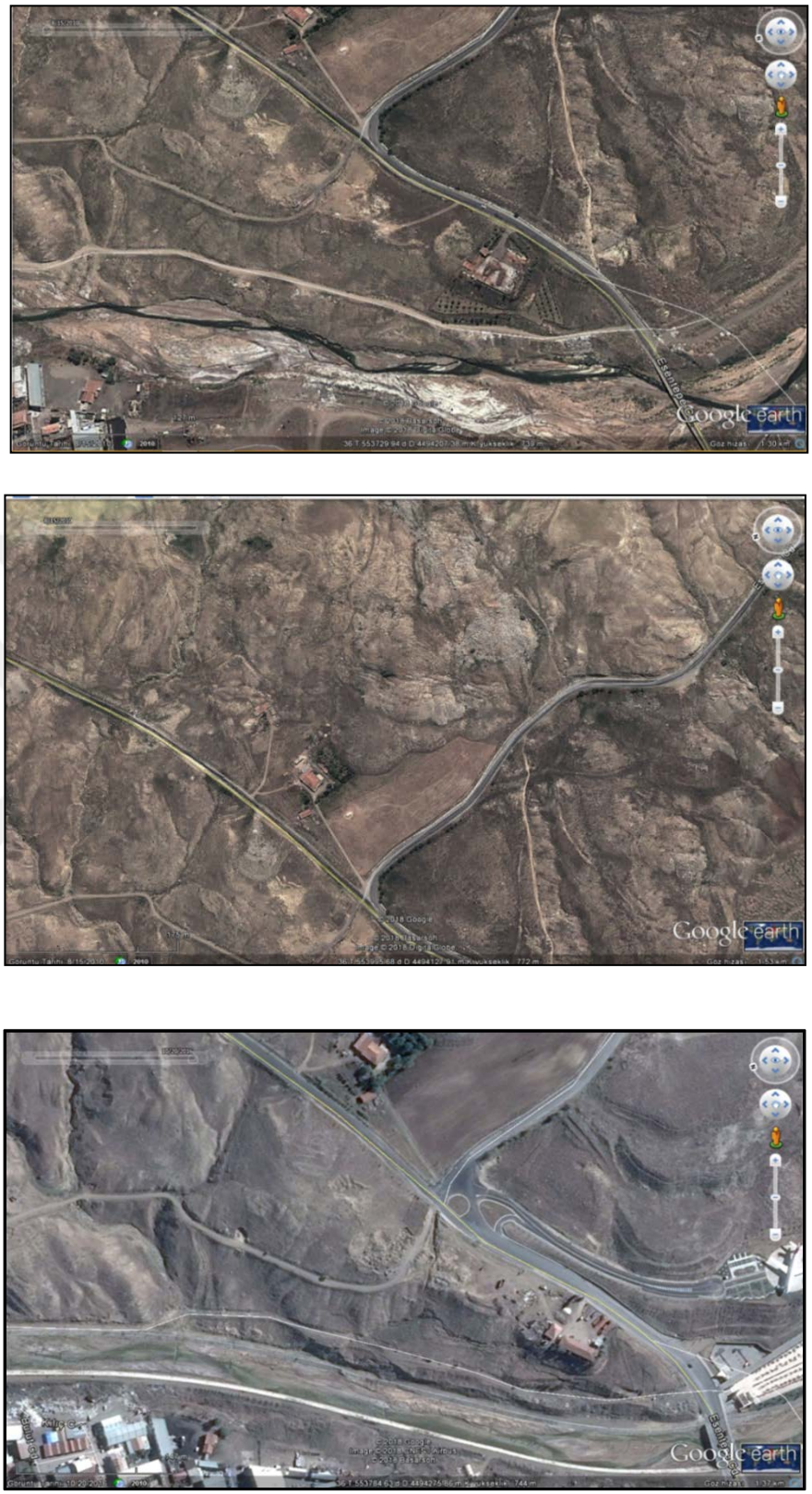
4.4 Eski Kütle Hareketlerinin Değerlendirilmesi

Çalışma sahası daha önce İller Bankasınca Hazırlanan 03.07.1996 tarihli imar planına esas jeolojik etüt tarafından sakıncalı alan olarak belirlenmiş, daha sonra Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğünce incelenmesi sonucu düzenlenen 04.12. 1996 tarihli jeolojik raporuna istinaden 30.06.1998 tarih ve 98/11394 sayılı Afete Maruz Bölge (AMB) kararı alınmıştır. Hem imar planına esas jeolojik-jeoteknik raporda hem de bu çalıma içerisinde belirtilen yüzey akmaları ve kütle hareketlerinin oluşum zamanları ve son yıllardaki değişimleri dikkate alınması gereken hususlardır. Bu amaç doğrultusunda eski ve yeni topoğrafya haritaları, hava fotoğrafları ve son on yıl içerisindeki Google Earth görüntüleri

değerlendirilmiştir (Şekil 4.12). Topoğrafya haritaları**:** 1/25.000 ölçekli 2004 tarihli topoğrafya haritasında Acısu Dere'sinin daha batı kesimlerden geçtiği görülmektedir (Şekil 4.11). Dere ıslahının son on beş yıl içerisinde yapıldığı anlaşılmaktadır. Doğuya doğru kayan dere, tepe kesimine doğru topuk aşındırmasına neden olmuş bu da alüvyal yelpaze malzemesinde heyelan oluşumunu tetiklemiştir.



Şekil 4.11 Heyelanın ortasını dik kesen jeolojik enine kesit



Şekil 4.12 Sahanın önceki yıllarına ait Google Earth görüntüleri

4.5 İnklinometre Ölçüm Sonuçları

Yapılan yüzey gözlemlerinin yanı sıra mevcut sahada yamaç duraysızlıklarını denetleyebilmek için açılan sondaj kuyularına inklinometre boruları yerleştirilmiş ve farklı zaman dilimlerinde ölçümler alınmıştır. Baz ölçümle beraber 2 aylık süre zarfında 3 farklı zaman dilimlerinde tüm kuyulardan ölçüm alınmıştır. Baz ölçümlerle hareket ölçümleri karşılaştırıldığında hemen hemen hiçbir kuyuda kayda değer bir yamaç hareketine rastlanmamıştır (Ek 3). Bu durum iki nedenden kaynaklanabilir, birincisi ya yamaç hareketi tamamlanmamış ya da ölçüm periyodu yeterli olmamıştır. Dolayısıyla heyelan ıslah çalışmaları kapsamında farklı zamanlarda hareket ölçümlerine devam edinilmesi gerekmektedir. Aşağıda inklinometre borularının yerleştirildiği kuyu numaraları ve derinlikleri verilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 İnklinometre kuyu noktaları ve derinlikler (Ek 3)

4.6 Jeoteknik Amaçlı Deney Sonuçları

4.6.1 Sondajlar ve arazi deneyleri sonuçları

Çalışma sahası içerisinde derinlikleri 10 ile 20 m arasında değişen 7 farklı noktada sondaj yapılmış ve koordinatları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Arazi deneyi olarak sondaj

kuyularında SPT deneyleri yapılmış ve laboratuvar deneyleri için UD numunesi alınabilmiştir. Kuyulardan elde edilen SPT verileri ve SPT değerleri kullanılarak GEOLOGİSMİC programından elde dilen bazı zemin parametreleri eklerde sunulmuştur. Genel olarak bakıldığında SPT değerlerinin oldukça yüksek olduğu hiçbir kuyuda N_{30} değerlerinin 20'nin altına düşmediği gözlenmiştir. Derinliğe bağlı olarak alt kotlarda SPT değerlerinin oldukça yüksek olduğu çoğu kuyularda değerlerin 40-50'nin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Refü değerleri çıktıktan sonra ham SPT değerlerinin ortalamasının 29.17'dir. Ayrıca bazı kuyularda derinliğe bağlı olarak farklı kotlarda jips anhidrik kaya bloklarına rastlandığından SPT değerleri alınamamış refü olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.2). Sondaj kuyularında SK-3 kuyusu hariç hiçbirinde yeraltı suyuna (YAS) rastlanmamıştır (Ek 1).

Çizelge 4.1 Sondaj lokasyonlarının koordinatları ve derinlikleri

	Koordinatlar	**Derinlik**	**YAS**
SK-1	Enlem: 40.597532º, Boylam: 33.634815º	15 metre	**-**
SK-2	Enlem: 40.596913º, Boylam: 33.634266º	15 metre	**-**
SK-3	Enlem: 40.597555º, Boylam: 33.634133º	10 metre	2 m
SK-4	Enlem: 40.598242º, Boylam: 33.635272º	15 metre	**-**
SK-5	Enlem: 40.597148º, Boylam: 33.635244º	20 metre	**-**
SK-6	Enlem: 40.596358º, Boylam: 33.634350º	15 metre	**-**
SK-7	Enlem: 40.596071º, Boylam: 33.633642º	10 metre	**-**

Çizelge 4.2 Ortalama ham SPT deney sonuçları (Ek 1)

	ORTALAMA HAM SPT DEĞERLERİ
SK-1	29.25
SK-2	34.60
SK-3	16.20
SK-4	33.71
SK-5	33.80
SK-6	31.30
SK-7	25.33

4.6.2 Laboratuvar deney sonuçları

Numunelerin temel indeks özellikleri, tana dağılımları başta olmak üzer, kıvam indisleri ve dayanım parametreleri (içsel sürtünme parametreleri) belirlenmiştir. Zeminin sahip olduğu içsel sürtünme parametreleri Vane deneyi ile belirlenmiştir. Laboratuvarda belirlenen dayanım parametreleri ile SPT verileri arasında lisanslı SPTcorr V.3.0.1.4 programında korelasyon yapılmış, sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Elde edilen laboratuvar sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.3'de, karşılaştırmalar ise Çizelge 4.4'de sunulmuştur.

Çizelge 4.3 Laboratuvar deney sonuçları

	Birim Hac. Ağır. (γ_n) kN/m^3	**İnce Tane Oranı, (FS) %**	**Likit Limit, (LL) %**	**Plastik Limit, (PL) %**	**Plastisite İndisi, (PI) %**	**Kohezyon (C) (kN/m^2)**	**İçsel Sürt. Açısı (Ø)**
SK-1	**18.3**	**90.2**	**72**	**30**	**32**	**-**	**-**
SK-1	**19.2**	**95.3**	**74**	**32**	**42**	**101**	**14**
SK-1	**18.0**	**93.2**	**66**	**28**	**38**	**-**	**-**
SK-2	**20.1**	**86.9**	**63**	**25**	**38**	**95**	**15**
SK-2	**19.4**	**74.6**	**75**	**33**	**42**	**-**	**-**
SK-2	**20.6**	**98.9**	**89**	**33**	**56**	**-**	**-**
SK-3	**18.8**	**93.9**	**58**	**45**	**13**	**-**	**-**
SK-3	**18.0**	**96.3**	**57**	**25**	**32**	**93**	**14**
SK-3	**18.8**	**75.8**	**63**	**23**	**40**	**-**	**-**
SK-4	**20.3**	**92.8**	**58**	**28**	**30**	**-**	**-**
SK-4	**20.5**	**92.3**	**78**	**39**	**39**	**-**	**-**
SK-4	**18.7**	**75.3**	**76**	**36**	**40**	**100**	**15**
SK-5	**17.9**	**89.9**	**75**	**40**	**35**	**-**	**-**
SK-5	**19.3**	**88.6**	**73**	**41**	**32**	**-**	**-**
SK-5	**20.4**	**85.7**	**70**	**38**	**32**	**101**	**16**
SK-6	**20.5**	**75.7**	**89**	**52**	**37**	**-**	**-**
SK-6	**21.5**	**76.7**	**90**	**46**	**44**	**99**	**12**
SK-6	**18.3**	**76.0**	**46**	**23**	**23**	**-**	**-**
SK-7	**18.6**	**85.3**	**43**	**21**	**22**	**-**	**-**
SK-7	**18.5**	**96.0**	**65**	**32**	**33**	**95**	**14**
SK-7	**18.7**	**92.5**	**68**	**42**	**26**	**-**	**-**

Çizelge 4.4 Laboratuvar deney sonuçları ile SPT verilerinden elde edilen verilerin karşılaştırılması

			SPT Verilerinden Belirlenen	SPT Verilerinden Belirlenen	Ekler
	Kohezyon (C) (kN/m^2)	İçsel Sürtünme Açısı (Ø)	Kohezyon (C) (kPa)	İçsel Sürtünme Açısı (Ø)	
SK-1	**101**	**14**	**159**	**32**	**Ek 2**
SK-2	**95**	**15**	**139**	**31**	**Ek 2**
SK-3	**93**	**14**	**98**	**28**	**Ek 2**
SK-4	**100**	**15**	**152**	**31**	**Ek 2**
SK-5	**101**	**16**	**155**	**32**	**Ek 2**
SK-6	**99**	**12**	**146**	**31**	**Ek 2**
SK-7	**95**	**14**	**127**	**30**	**Ek 2**

Çizelge 4.4'de sonuçlara bakıldığında laboratuvarda elde edilen deney sonuçlarıyla arazide SPT verileri kullanılarak elde edilen içsel sürtünme parametreleriyle uyumlu değildir, ayrıca zemin türünün kum ve silt içermesi ani boşluk suyu miktarının artması ve sahanın drenaj koşullarının iyi olmamasından dolayı analizlerde güvenli tarafta kalmak için en düşük içsel sürtünme parametreleri azaltılarak kullanılmıştır.

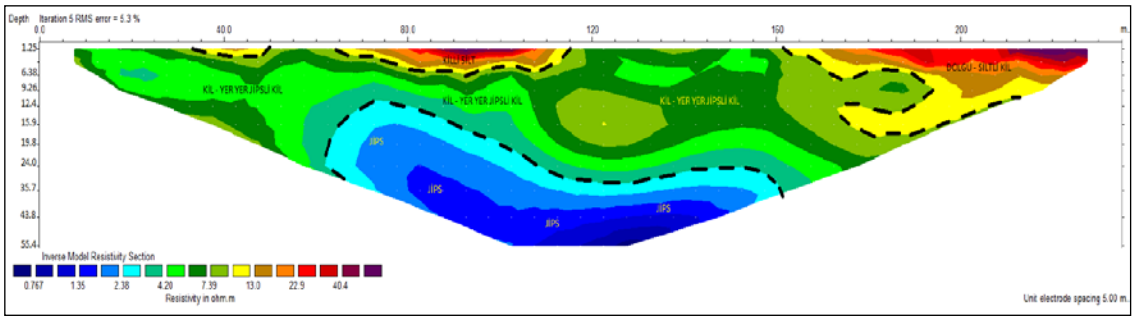
4.7 Elektrik Özdirenç Yöntemi Sonuçları (ERT)

Çalışma kapsamı içerisinde bölgede belirlenen 3 hatta iki boyutlu elektrik özdirenç tomografi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Belirlenen hat etütleri aşağıda sunulmuştur (Şekil 4.14).



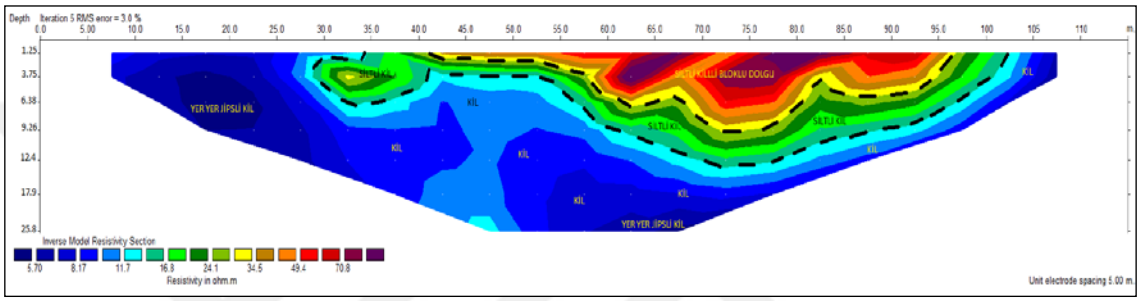
Şekil 4.14 Arazide yapılan 3 profil ERT ölçümlerinin yerlerini gösteren uydu görüntüsü

1. Profil kesite göre; Profil boyunca yüzeye yakın iki bölgede özdirenç değeri 13.0 - 40.4 ohm m arası (kesitte mor, kırmızı, turuncu, sarı ve kahverengi ile gösterilen yüzeye yakın bölgeler) sarı ve kahverengi olan bölgeler; siltli kil, turuncu ve kırmızı olan bölgeler; silt oranı artarak, killi silt, koyu kırmızı ve mor olan bölgeler bloklu dolgu malzeme olarak değerlendirilmiştir. Profil boyunca değişken derinliklerde özdirenç değeri 4.20 -7.39 ohm m arası (koyu ve açık yeşil ile gösterilen bölgeler) açık yeşil olan bölgeler; Jipsli kil, koyu yeşile doğru; killi seviyeler olarak değerlendirilmiştir. Profil boyunca Taban derinlikte özdirenç değeri 0.76 - 2.38 ohm m aralığında (kesitte açık mavi ve mavi ile gösterilen bölgeler) kristalize jips olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.15).



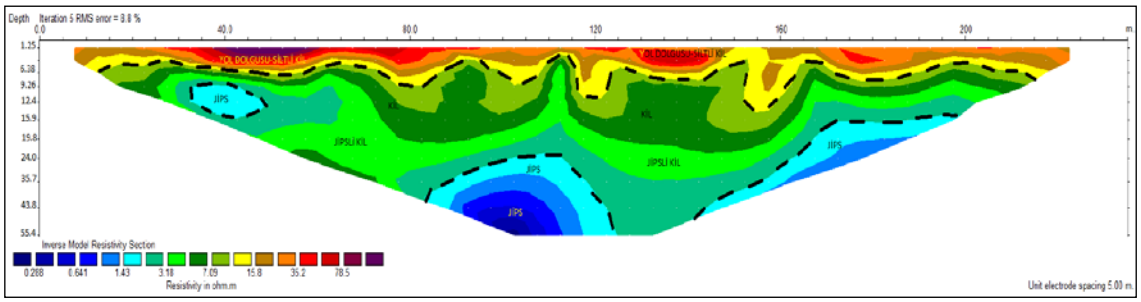
Şekil 4.15 Profil 1 boyunca elde edilen dönüştürülmüş ERT görüntüsü

2. Profil kesite göre; Profil boyunca yüzeye yakın bazı bölgelerde özdirenç değeri 34.5 - 70.8 ohm m arası (kesitte mor, kırmızı, turuncu, sarı ve kahverengi ile gösterilen yüzeye yakın bölgeler) Siltli killi bloklu dolgu malzeme olarak değerlendirilmiştir. Profil boyunca değişken derinliklerde özdirenç değeri 16.8 - 24.1 ohm m arası (koyu ve açık yeşil ile gösterilen bölgeler) Siltli kil olarak değerlendirilmiştir. Profil boyunca değişken derinliklerde özdirenç değeri 5.70 - 11.7 ohm m aralığında (kesitte açık mavi ve mavi ile gösterilen bölgeler) Geneli Kil olmakla birlikte yer yer jipsli kil olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Profil 2 boyunca elde edilen dönüştürülmüş ERT görüntüsü

3. Profil kesite göre; Profil boyunca yüzeye yakın bölgelerde özdirenç değeri 15.8 - 78.5 ohm m arası (kesitte mor, kırmızı, turuncu, sarı ve kahverengi ile gösterilen yüzeye yakın bölgeler) Sarı ve kahverengi olan bölgeler; Siltli kil, turuncu ve kırmızı olan bölgeler; Silt oranı artarak, killi silt, koyu kırmızı ve mor olan bölgeler bloklu dolgu malzeme olarak değerlendirilmiştir. Profil boyunca değişken derinliklerde özdirenç değeri 3.18 -7.09 ohm m arası (koyu ve açık yeşil ile gösterilen bölgeler) açık yeşil olan bölgeler; Jipsli kil, koyu yeşile doğru; killi seviyeler olarak değerlendirilmiştir. Profil boyunca Taban derinlikde özdirenç değeri 0.28 - 1.43 ohm m aralığında (kesitte açık mavi ve mavi ile gösterilen bölgeler) Kristalize Jips olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Profil 3 boyunca elde edilen dönüştürülmüş ERT görüntüsü

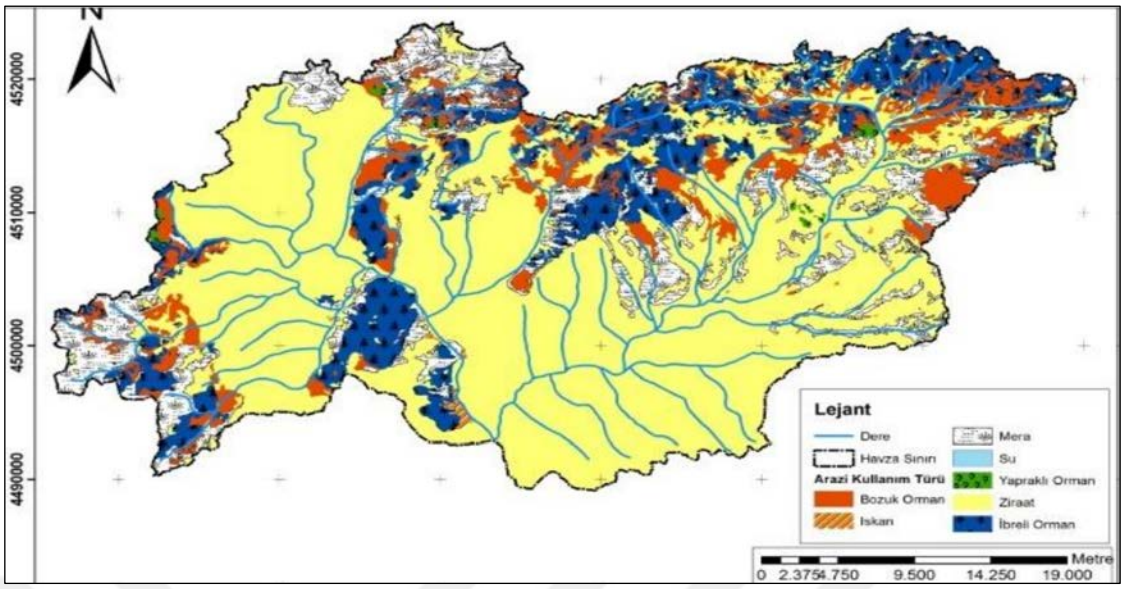
4.8 Hidrojeolojik Özellikler

Yeraltı Suyu Durumu

Yapılan sondajlarda akarsu kenarında açılan bir kuyu (SK-3) hariç diğer kuyularda yeraltı suyuna rastlanmamıştır. SK-3 kuyusunda rastlanan su ise akarsu kotunda kesilmiş, dolayısıyla akarsu tarafından beslendiği anlaşılmıştır. Kuyularda yeraltı suyuna rastlanmadığı için seviye ölçümü yapılmamıştır.

Yüzey Suyu Durumu

Çalışma sahasının kuzey batısında Açıçay olarak adlandırılan bir akarsu mevcuttur. Çankırı'nın kuzeybatısından gelen Tatlıçay bir kavis çizerek kenti ikiye ayırmaktadır. Kuzeydoğusundan gelen Acıçay ile Tatlıçay birleşerek Acısu adını almakta ve Kızılırmak'a karışmaktadır. Handırı ve Korgunözü çaylarının Ayan köyü yakınında birleşmesiyle oluşan Tatlıçay'ın Çankırı'nın güneyinde Acıçay ile birleşim yerine kadar olan havza Tatlıçay havzasını oluşturmaktadır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Çalışma sahasına ait yüzey suyu drenaj ağı

4.9 Doğal Afet Tehlikelerinin Belirlenmesi

4.9.1 Bölgenin deprem durumu ve risk analizi

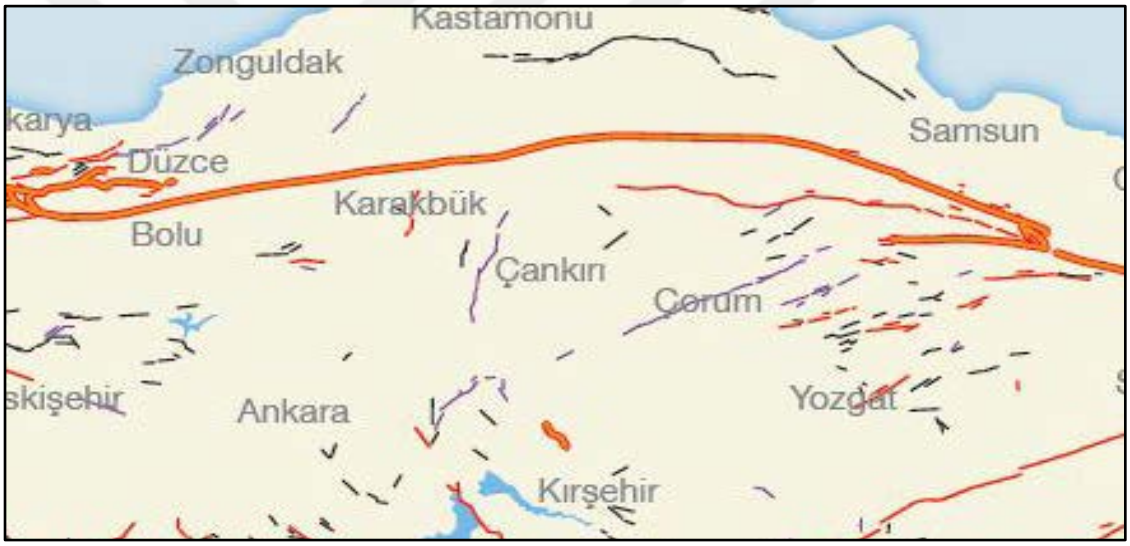
Türkiye Diri Fay Haritasına göre proje alanı için orta-uzak menzil içinde kalan deprem kaynakları Kuzey Anadolu Fayı (70 km)'dir. Bu deprem kaynaklarında meydana gelebilecek en büyük depremlerin moment büyüklüğü (Mw) sırayla 8.1'dir (Kayabalı ve Akın, 2003). Bu deprem kaynaklarının inceleme alanında anakayada oluşturabileceği en büyük yatay yer ivmesinin hesaplanmasında aşağıdaki sönüm denklemleri kullanılmıştır: Tablo 3. Proje alanı merkez olacak şekilde 2 x 2 derecelik (enlem ve boylam) alanda 1900-2016 yılları arasında meydana gelen M>5,0 depremleri (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi).

Burada: a = en büyük yatay yer ivmesi (g), Mw = moment büyüklüğü, R = dışmerkez uzaklığı (km), VS = zeminin kesme dalgası hızı (m/s) ve VS = 150 m/s'dir (kaya için). Bu sönüm denklemleri kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı için çalışma alanında anakayada beklenen en büyük yatay yer ivmesi değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Buna göre, inceleme alanında anakayada beklenen en büyük yatay yer ivmesi için hesaplanan en yüksek değer 0.18'dir.

Çizelge 4.5 İnceleme alanı orta-uzak menzilindeki belli başlı deprem kaynaklarının proje alanında anakayada vereceği en büyük yatay yer ivmesinin değişik sönüm depremlerine göre değerleri.

Deprem Kaynağı	Büyüklük (Mw)	Çalışma Alanına Uzaklık (km)	Kayabalı ve Beyaz (2011) (g)	Ulusay vd. (2004) (g)
Kuzey Anadolu Fayı	8.1	70	0,08	0,18

İnceleme alanının Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre birinci derece deprem bölgesinde yer almasından dolayı, depreme dayanıklı yapı tasarımı için dikkate alınması gereken en büyük yatay yer ivmesi (anakaya için) 0,18g'dir.



Şekil 4.19 İnceleme alanı dolayındaki diri faylar (Şaroğlu vd. 1992'den).

Paleosismik Çalışma; Çalışma kapsamında sahadan geçen herhangi bir aktif fay olmadığı için herhangi bir paleosismik çalışma yapılmamıştır.

4.9.2 Sıvılaşma analizi ve değerlendirme

Kuyu verilerinde sadece 3 numaralı kuyuda yeraltı suyu vardır diğer kuyuların hiçbirinde yeraltı suyuna rastlanmadığı, tane dağılımı açısından değerlendirildiğinde zemin türünün sıvılaşmaya uygun olmadığı düşüncesiyle sadece SK-1 kuyusu hariç sıvılaşma analizi

yapılmamıştır. SK-3'te SPT verileri kullanılarak yapılan sıvılaşma analiz sonuçlarına göre ise zeminde herhangi bir sıvılaşma potansiyeli bulunmamaktadır.

4.9.3 Kütle hareketleri (Yamaç duraylılığı)

Çalışma sahasında riskli görülen dört hat duraylılık açısından kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Buna göre;

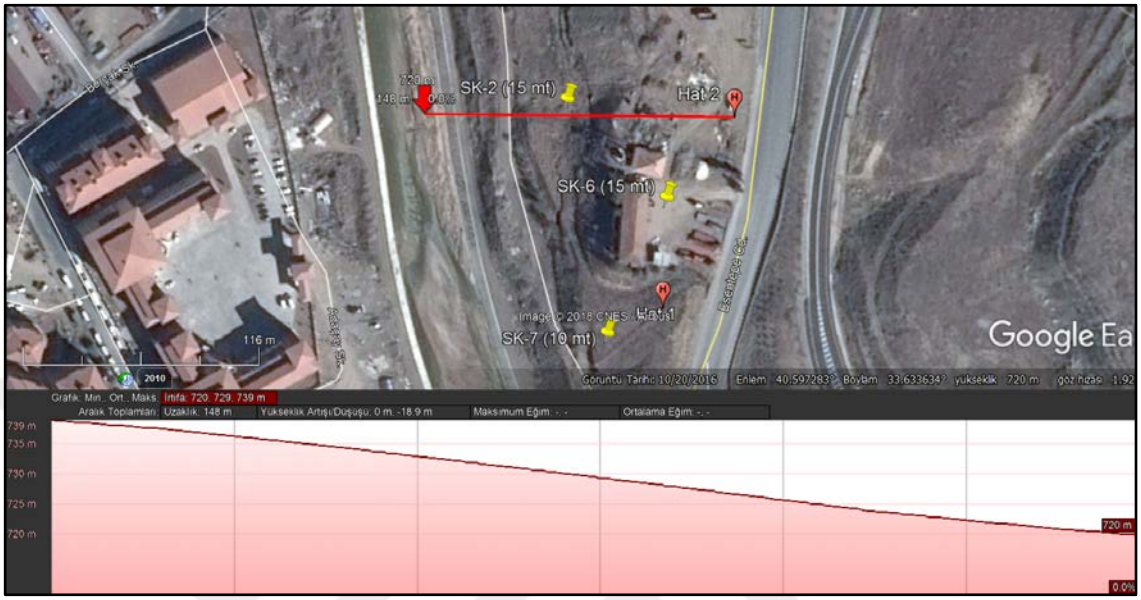
Hat 1. Çalışma sahasının kuzey batısında 1098 ada ve 6 parselin olduğu bölge içerisindedir. Hatta en düşük kot 715, en yüksek kot ise 725'dir (Şekil 4.20). Yaklaşık yamaç eğimi 15º'dir. Saha içerisinde herhangi bir heyelan emaresine rastlanmamıştır. Sondaj verilerine bakıldığında üstten 10 m'lik bölgede jips andidrit ara katkılı orta-yüksek plastisiteli kil gözlenmiş olup en düşük SPT değeri 21, en yüksek SPT değeri refü vermiştir.



Şekil 4.20 Hat 1'in uydu görüntüsü ve topografik kesiti

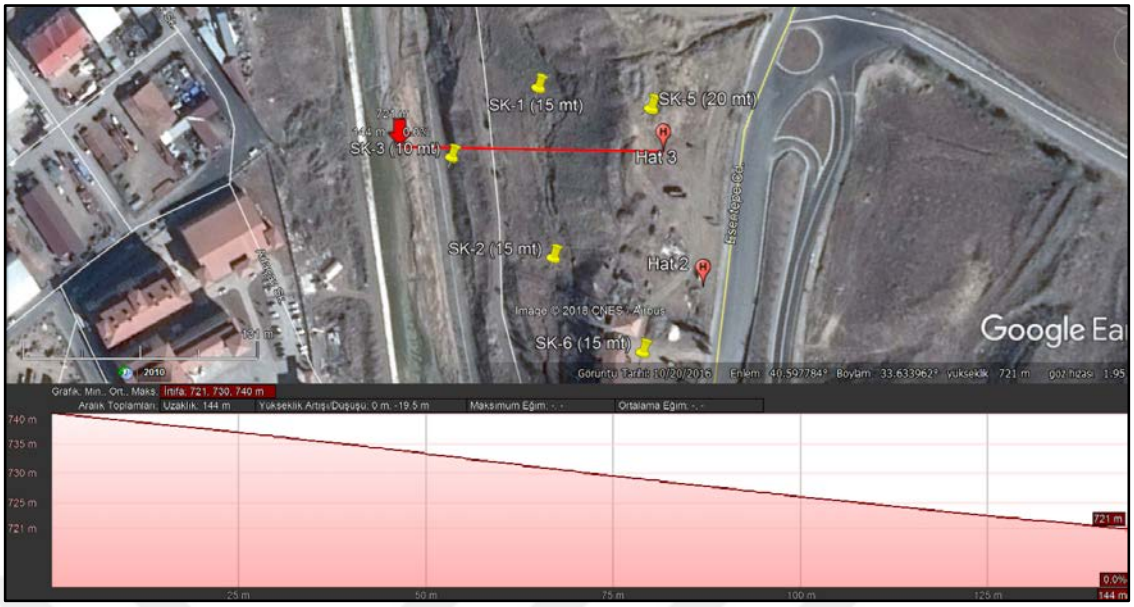
Hat 2. Çalışma sahasının kuzey batısında 1098 ada ve 3-4-5 parselin olduğu bölge içerisindedir. Hatta en düşük kot 715, en yüksek kot ise 739'dir (Şekil 4.21). Yaklaşık yamaç eğimi 25º'dir. Saha içerisinde hattı ikiye bölen bariz bir heyelanın olduğu görülmüştür.

Sondaj verilerine bakıldığında üstten kuyu sonuna kadar 20 mt'lik bölgede jips andidrit ara katkılı orta- yüksek plastisiteli kil gözlenmiş olup en düşük SPT değeri 17, en yüksek SPT değeri refü (55) vermiştir.



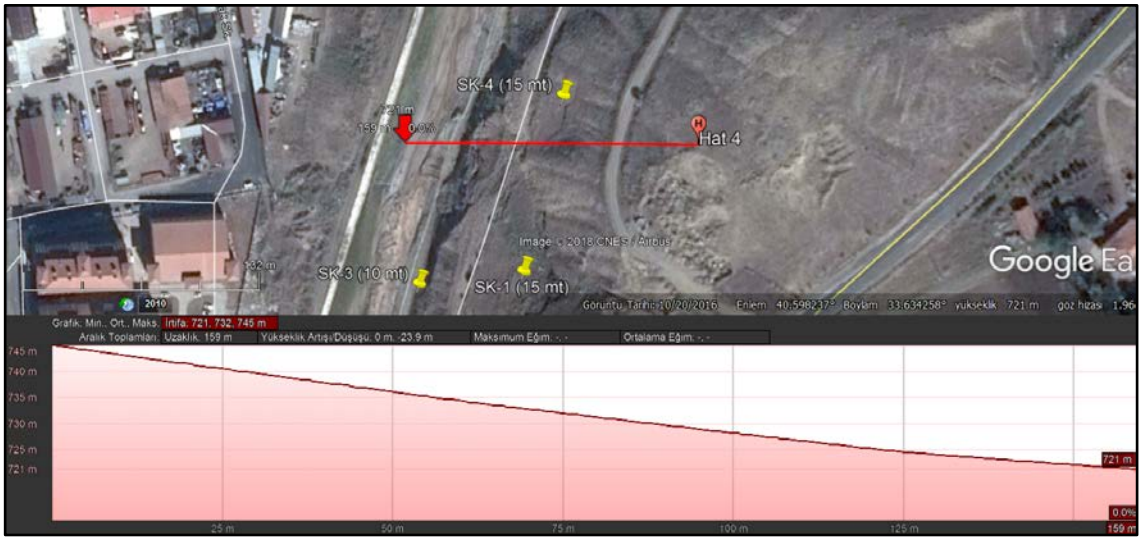
Şekil 4.21 Hat 2'in uydu görüntüsü ve topoğrafik kesiti

Hat 3. Çalışma sahasının kuzey batısında 1098 ada ve 3 parselin olduğu bölge içerisindedir. Hatta en düşük kot 715, en yüksek kot ise 740'dir (Şekil 4.22). Yaklaşık yamaç eğimi 25º'dir. Saha içerisinde hattı ikiye bölen bariz bir heyelanın olduğu görülmüştür. Sondaj verilerine bakıldığında üstten kuyu sonuna kadar 20 mt'lik bölgede jips andidrit ara katkılı orta- yüksek plastisiteli kil gözlenmiş olup en düşük SPT değeri 11, en yüksek 21 değeri vermiştir.



Şekil 4.22 Hat 3'ün uydu görüntüsü ve topoğrafik kesiti

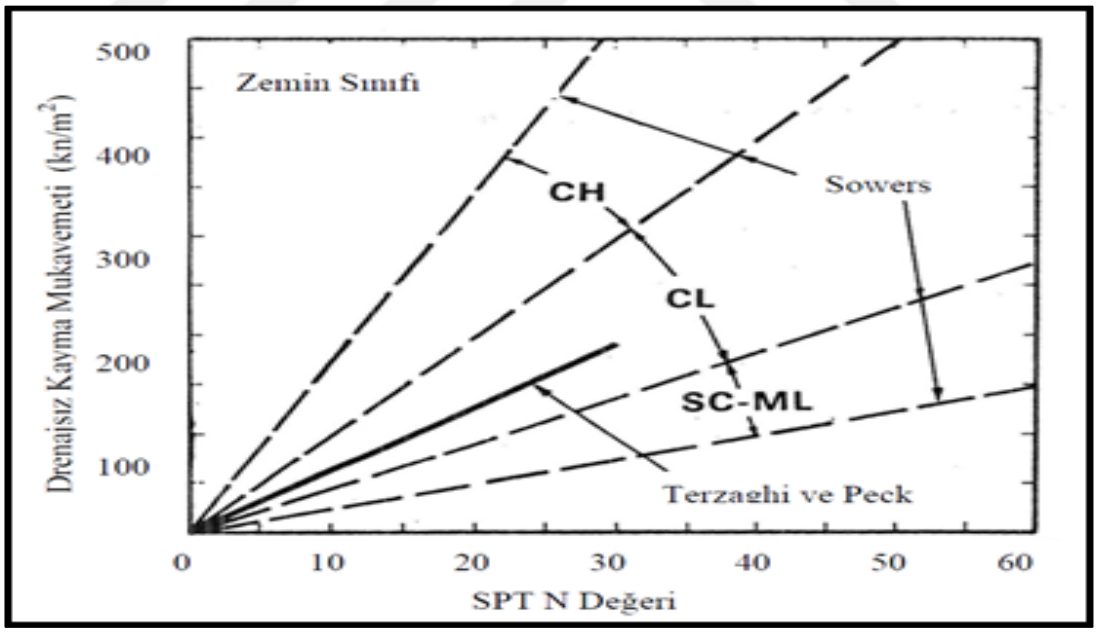
Hat 4. Çalışma sahasının kuzey batısında 1098 ada ve 1-2 parselin olduğu bölge içerisindedir. Hatta en düşük kot 720, en yüksek kot ise 745'dir (Şekil 4.23). Yaklaşık yamaç eğimi 25°'dir. Saha içerisinde hattı ikiye bölen bariz bir heyelanın olduğu görülmüştür. Sondaj verilerine bakıldığında üstten kuyu sonuna kadar 20 mt'lik bölgede jips anhidrit ara katkılı orta- yüksek plastisiteli kil gözlenmiş olup en düşük SPT değeri 22, en yüksek SPT değeri refü (56) vermiştir.



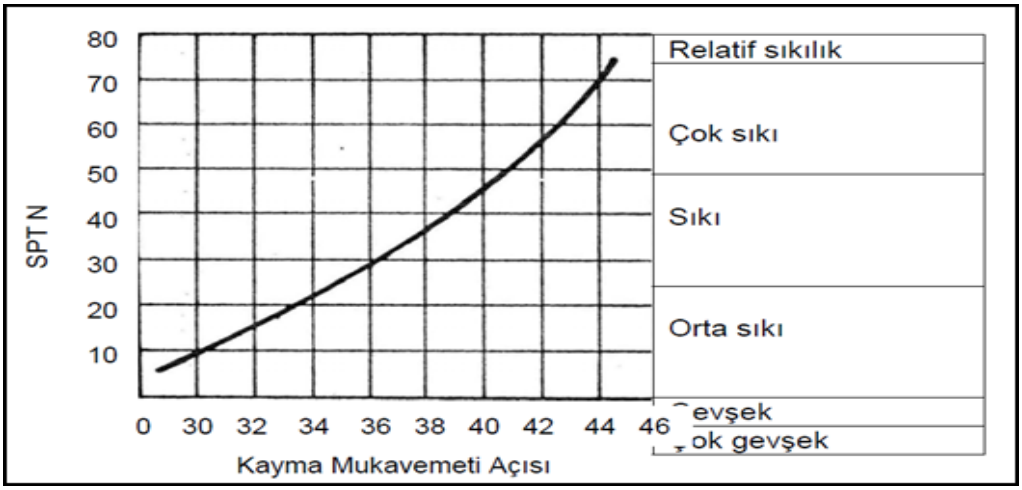
Şekil 4.23 Hat 4'in uydu görüntüsü ve topoğrafik kesiti

4.9.4 Yamaç duraylılık analizleri

Bu kapsamda; çalışma alanı içerisindeki doğal yamaçlar gezilmiş, yapılan gözlemlere göre zemin yamaç duraysızlığına neden olabileceği düşünülen 4 farklı hat için yamaç duraylılık analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda paket programı olarak Slide 5.0 programı kullanılmış, analizler statik ve dinamik koşullar için tekrarlanmıştır. Bu lokasyonlardan yamaç duraylılık analiz programında kullanılmak üzere örselenmiş ve örselenmemiş numuneler derlenmiş ve laboratuvara gönderilmiştir. Laboratuvarda numunelerin içsel sürtünme açıları (ϕ) ve kohezyonları (C) ayrı ayrı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre birimlerinin kohezyonlarının 98 ile 159 kN/m^2 arasında değiştiği, içsel sürtünme açılarının ise 28^o ile 32^o arasında değiştiği gözlenmiştir. Ayrıca Terzaghi ve Peck tarafından önerilen SPT verileri ile zemin türü deneştirilerek yaklaşık içsel sürtünme parametreleri belirlenmiş ve analizlerde bunların ortalamaları kullanılmıştır. Laboratuvara gönderilen numune cinsi (siltli – kumlu-kil) ile içsel sürtünme parametreleri uyumluluk göstermektedir.



Şekil 4.24 SPT-N Değeri ile Drenajsız Kayma Mukavemeti İlişkisi (Terzaghi ve Peck 1967, Sowers 1979)



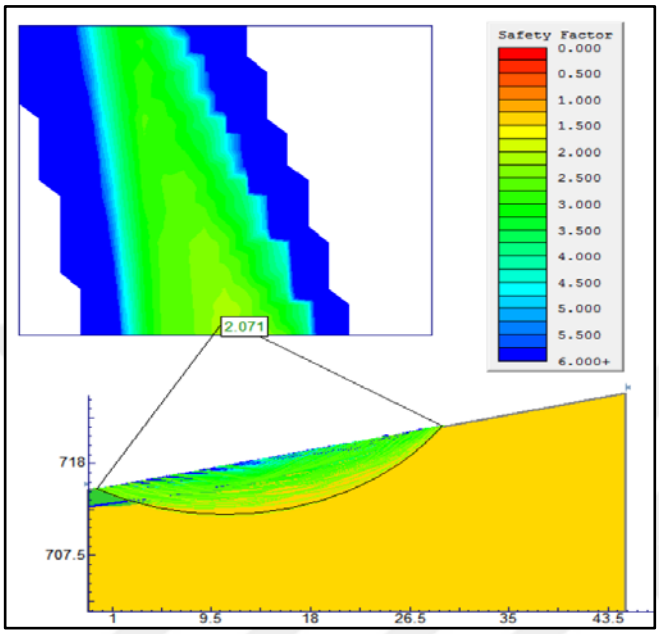
Şekil 4.25 SPT-N Değeri ile Efektif Kayma Mukavemeti Açısı İlişkisi (Peck vd.1974)

Yamaç duraylılık analizi (Hat 1)

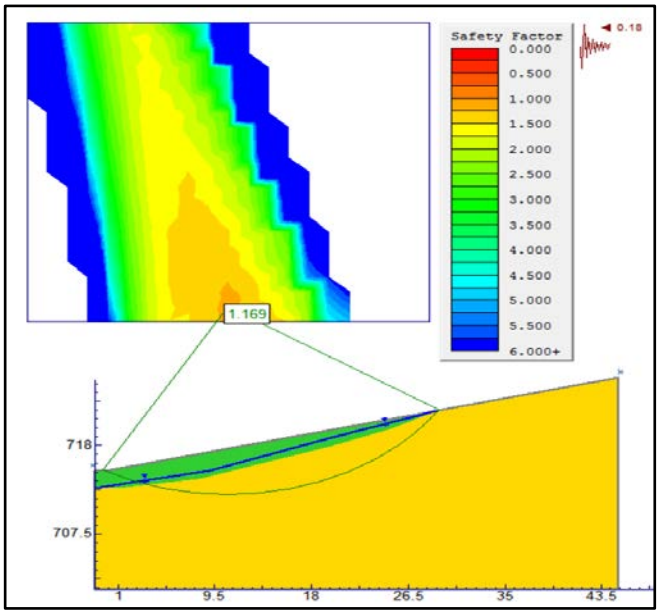
Hat 1 üzerinde sadece SK-1 kuyusu açılmış düşey zemin profili arazi gözlemeleri ve sondaj verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Yamaç yüzeyi Kuzey-Batı eğimli olup yaklaşık 10-15^o arasında değişmektedir. Hat güzergahında en düşük kot 715 m, en yüksek kot ise 725 m'dir. Yaklaşık yamaç yüksekliği 10 m'dir. Laboratuvar ortamında ana zemin üzerinde vane deneyi yapılmış kohezyon ortalaması 159 kN/m^2, içsel sürtünme açısı 30^o bulunmuştur. Bu değer güvenli tarafta kalmak için 0.1 ile çarpılmış kohezyon 15.9 kN/m^2 olarak, içsel sürtünme açısında 0.2 ile çarpılmış 6^o olarak değerlendirilmiştir. Araziden örselenmemiş numune almak oldukça zor ve zahmetlidir, gerek numune tüpünün zemine çakılması sırasında gerekse numunenin taşınması ve numune çıkartılması sırasında numunede mekanik ve dinamik bazı örselenmeler kaçınılmazdır. Böyle durumlarda güvenlik açısından içsel sürtünme parametrelerinin azaltılması, belli bir güvelik katsayısı ile çarpılması mühendislik ilkellerinin bir gereğidir (Clayton vd. 1995).

Çalışma kapsamında olumsuz koşullar dikkate alınarak suya doygun numunelerin üç eksenli basınç dayanım deneyleri yapılmış kumlu siltli kil numuneleri için Kohezyon 105 kN/m^2, içsel sürtünme açısı ise 31^o olarak belirlenmiştir, benzer şekilde güvenli tarafta kalmak için değerler azaltılarak kullanılmıştır. Sondajlarda rastlanan zemin numunelerinin içsel sürtünme parametreleri ise Terzaghi ve Peck'in yaklaşım modelleri ile belirlenmiştir (Ek1).

Buna göre hat güzergâhında bulunan kuyuların en düşük SPT değeri 21'dir, buna göre aşağıdaki şekilde belirlenen drenajsız kayma kuvveti yarı yarıya azaltılarak 15.9 kN/m^2, içsel sürtünme açısı ise (φ) 6^o' olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla analizlerde azaltılan bu değerler kullanılmıştır.

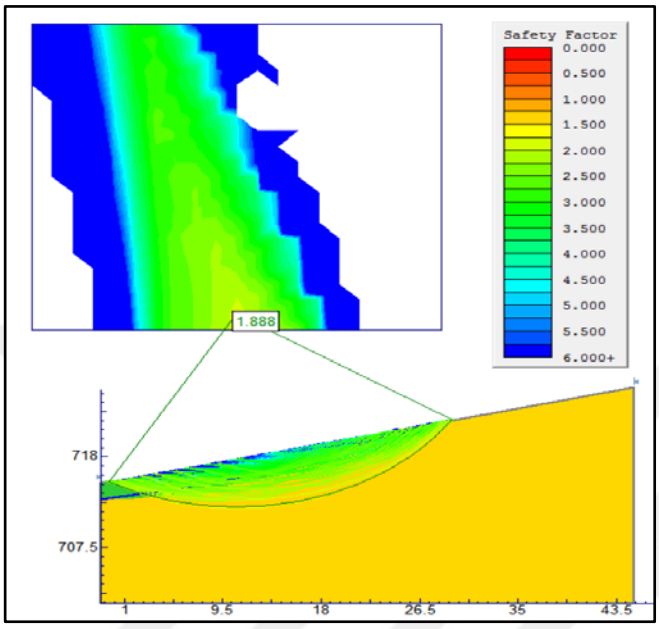


Şekil 4.26 Hat 1 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

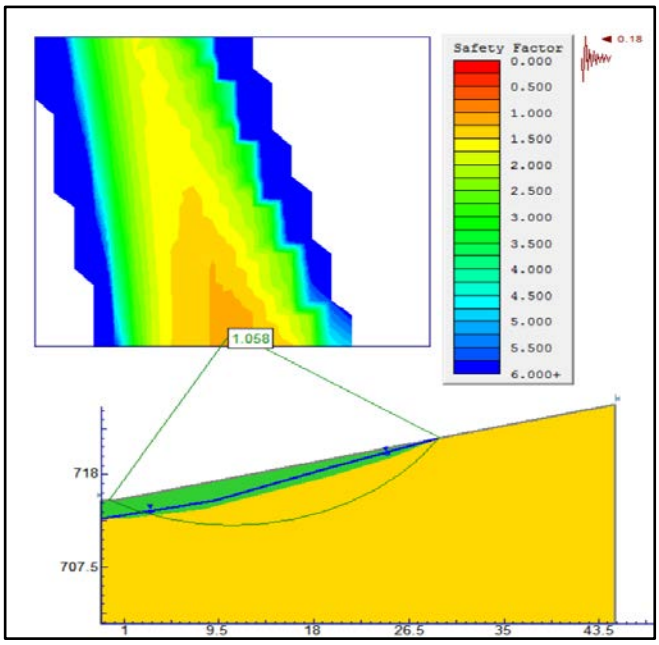


Şekil 4.27 Hat 1 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

Bishop yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 2.071 olduğu, dinamik koşullarda da 1.169 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta Bishop yöntemine göre yapılan analiz sonuçlarına göre herhangi bir heyelan problemi beklenmemektedir.



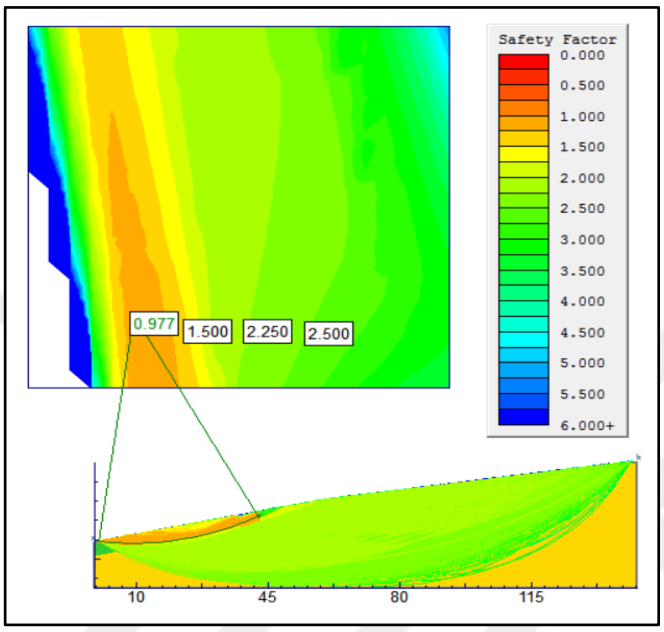
Şekil 4.28 Hat 1 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)



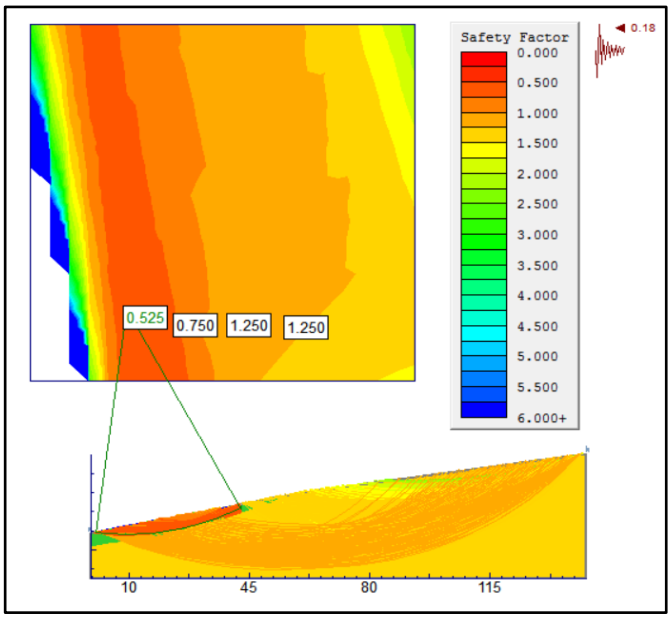
Şekil 4.29 Hat 1 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)

Janbu yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 1.88 olduğu, dinamik koşullarda da 1.05 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta herhangi bir duraylılık problemi beklenmemektedir.

Yamaç duraylılık analizi (Hat 2)

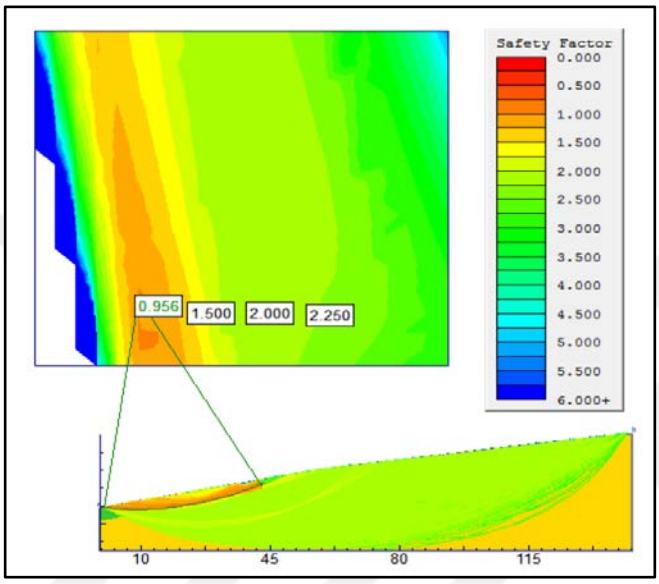


Şekil 4.30 Hat 2 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

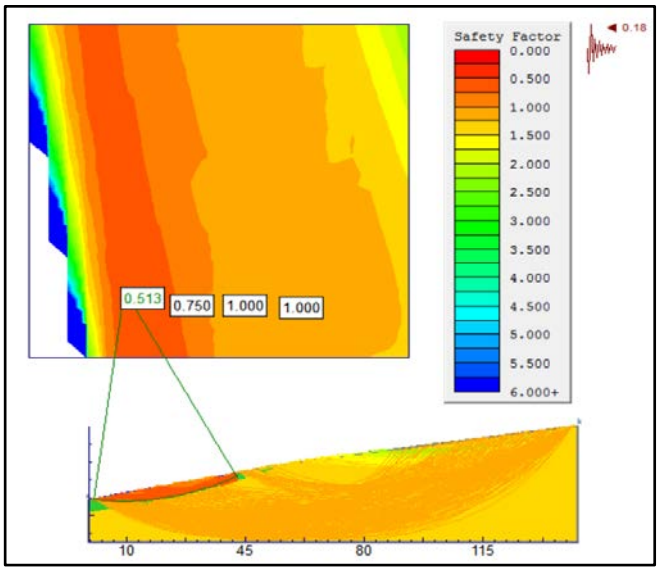


Şekil 4.31 Hat 2 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

Bishop yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 0.97 olduğu, dinamik koşullarda da 0.52 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta (Hat 2) Bishop yöntemine göre yapılan analiz sonuçlarına göre üstteki alüvyon tabakasında duraylılık problemi beklenmektedir ve gerilme çatlakları meydana gelen yamaç duraysızlık hareketine işaret etmektedir. Güvenlik katsayılarının düşük olduğu dairelerde kayma derinlikleri yaklaşık 7-9 m arasındadır.



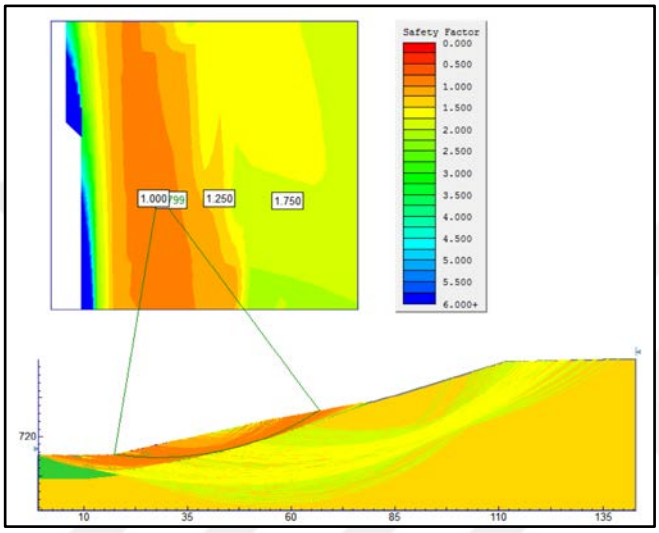
Şekil 4.32 Hat 2 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)



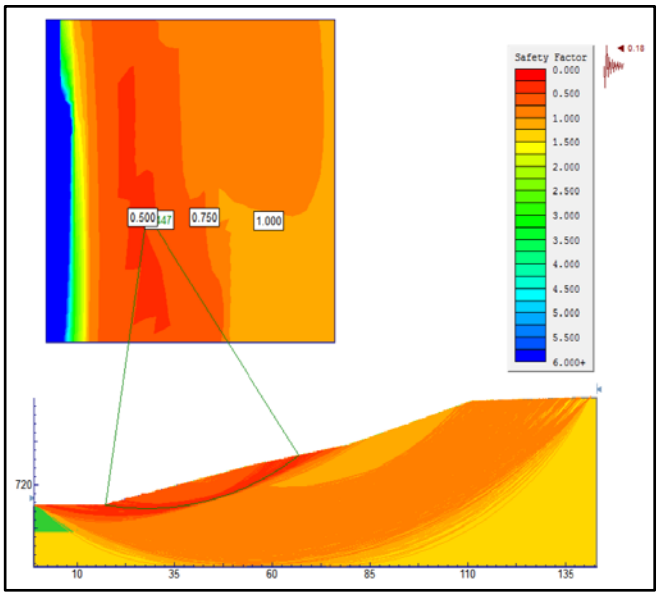
Şekil 4.33 Hat 2 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)

Janbu yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 0.95 olduğu, dinamik koşullarda da 0.51 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta Bishop yöntemine göre yapılan analiz sonuçlarına göre üstteki alüvyon tabakasında duraylılık problemi beklenmektedir ve gerilme çatlakları meydana gelen yamaç duraysızlık hareketine işaret etmektedir.

Yamaç duraylılık analizi (Hat 3)

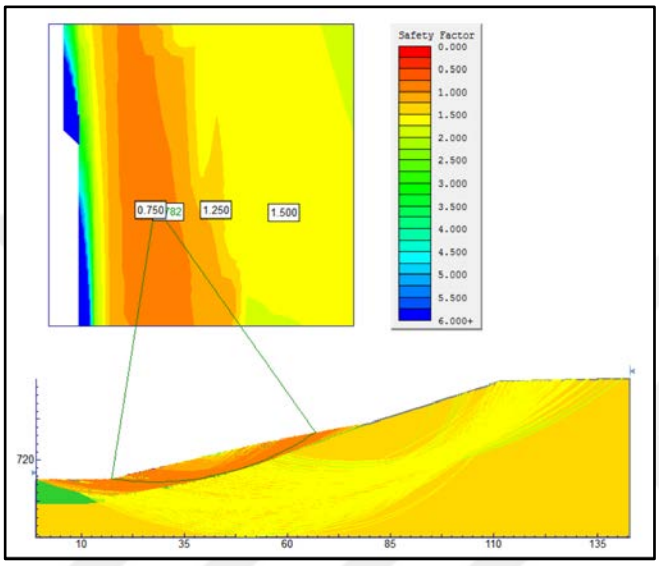


Şekil 4.34 Hat 3 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

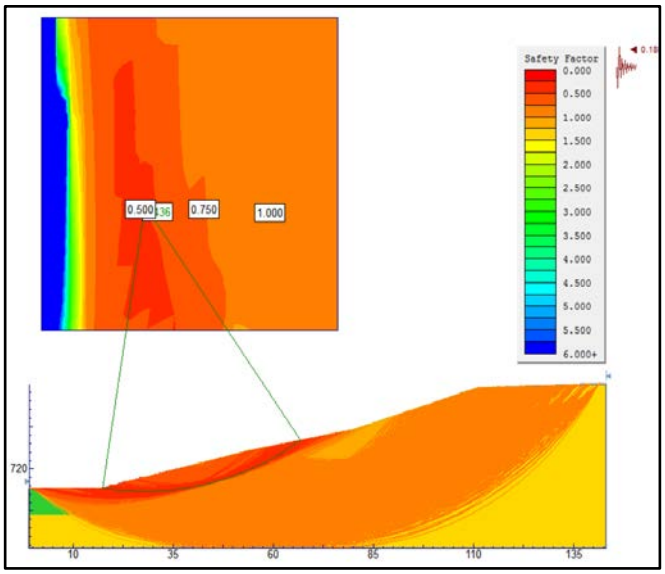


Şekil 4.35 Hat 3 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

Bishop yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 1.00 olduğu, dinamik koşullarda da 0.50 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta (Hat 3) Bishop yöntemine göre yapılan analiz sonuçlarına göre üstteki alüvyon tabakasında duraylılık problemi beklenmektedir ve gerilme çatlakları meydana gelen yamaç duraysızlık hareketine işaret etmektedir. Bu hatta en düşük daireler için beklenen kayma derinlikleri 7-9 m arasında değişmektedir.



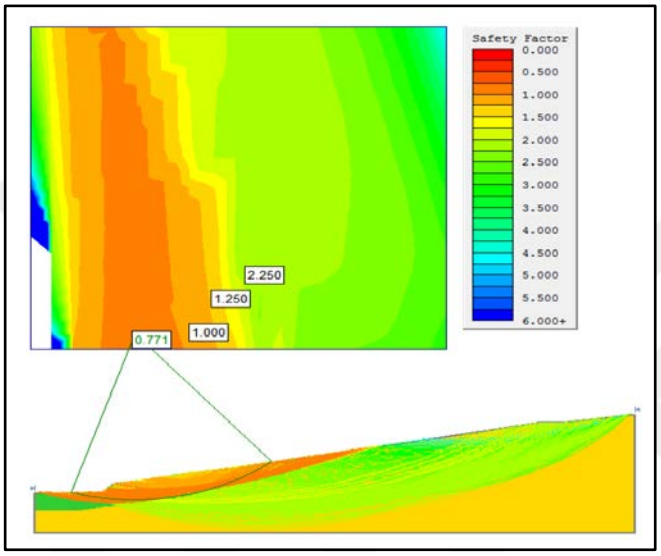
Şekil 4.36 Hat 3 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)



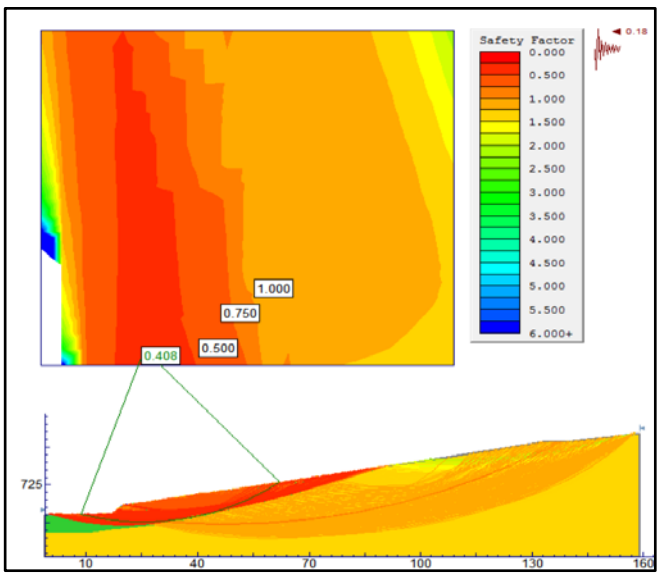
Şekil 4.37 Hat 3 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)

Janbu yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 0.75 olduğu, dinamik koşullarda da 0.50 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta (Hat 3) janbu yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre üstteki alüvyon tabakasında duraylılık problemi beklenmektedir ve gerilme çatlakları meydana gelen yamaç duraysızlık hareketine işaret etmektedir.

Yamaç duraylılık analizi (Hat 4)

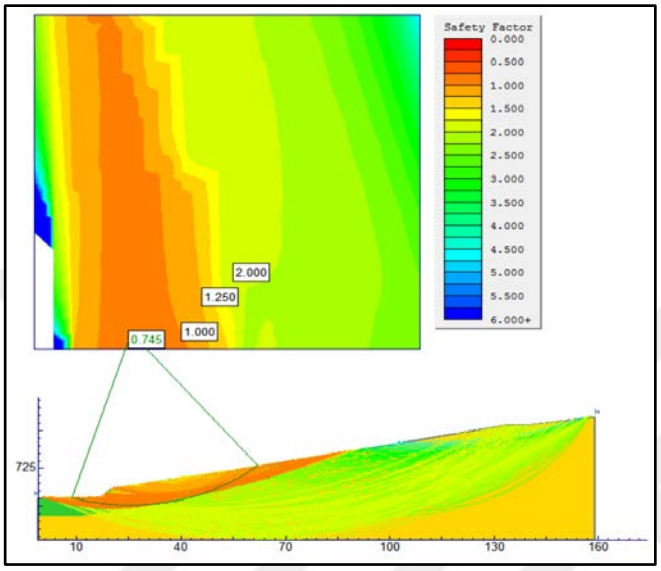


Şekil 4.38 Hat 4 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

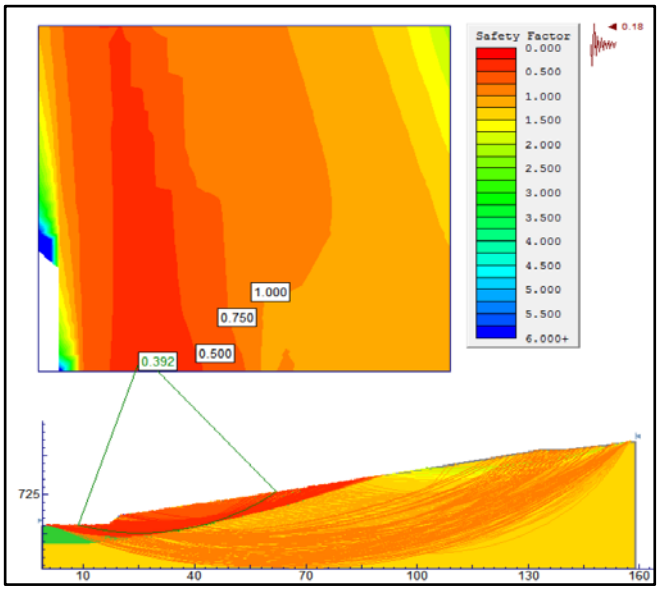


Şekil 4.39 Hat 4 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Bishop)

Bishop yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 0.77 olduğu, dinamik koşullarda da 0.40 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta (Hat 4) Bishop yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre üstteki alüvyon tabakasında duraylılık problemi beklenmektedir ve gerilme çatlakları meydana gelen yamaç duraysızlık hareketine işaret etmektedir.



Şekil 4.40 Hat 4 için statik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)



Şekil 4.41 Hat 4 için dinamik koşullarda yapılan yamaç duraylılık analizi (Basit. Janbu)

Janbu yöntemine göre yapılan analizlerde de görüldüğü gibi statik koşullarda en düşük güvenlik katsayısının 0.74 olduğu, dinamik koşullarda da 0.39 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu hatta (Hat 4) Janbu yöntemini kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre üstteki alüvyon tabakasında duraylılık problemi beklenmektedir ve gerilme çatlakları meydana gelen yamaç duraysızlık hareketine işaret etmektedir.

Tüm analizlere genel olarak bakıldığında yamaç duraysızlıkların daha çok alüvyal fan olarak nitelendirilen zemin malzemesinde gerçekleştiği ana zemin olarak nitelendirilen tabakaya etki etmediği görülmektedir.

4.10 Çalışma Alanının Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi

Çalışma kapsamı içerisinde (1098-1, 1098-2, 1098-3, 1098-4, 1098-5 ve 1098-6 ada ve parsellerin) bulunduğu alan hali hazırda Afete Maruz Bölge (AMB) yapı ve ikamet için yasaklanmış afet bölgesi statüsündedir. Ancak bölgede yapılan ayrıntılı jeoteknik etüt neticesinde aşağıda belirtilen önlemlerin alınması durumunda bahse konu parsellerin bulunduğu alanın Afete Maruz Bölge statüsünden çıkartılmasında herhangi bir sakınca yoktur.

4.10.1 Yamaç duraylılığı için önerilen proje

Teze konu; Çankırı ilinde bulunan mevcut heyelanların etkilerini ortadan kaldırmak ve olası diğer heyelanları önlemek için çalışma kapsamı içerisinde mevcut heyelan kesiti genişliğinin 1/3 oranında gerisine fore kazık önerilmiştir.

Fore kazıklar Ø100'lük olup aks aralıkları 120 cm olarak projelendirilmiştir. Kazık hat uzunluğu toplam 210 metre olup kazık boyları 17 metre olarak projelendirilmiştir. Kazık aplikasyon projesi (Ek 6) ve hesap raporu eklerde (Ek 4) sunulmuştur.

Ayrıca hem heyelan önlemek açısından hem de temel kazılarını koruması açısından üst kotta yol kenarında ayrı bir kazık projelendirmiştir. Bu hattın toplam uzunluğu yaklaşık 150 m, en kısa kazık boyu 12 m ve en uzun kazık boyu 25.00 m olacak şekilde kademeli olarak projelendirilmiştir. Yol kenarı kazıklar Ø80'lik olup, farklı kademelerde ankraj

uygulaması ile güçlendirilecektir. Proje detayları Ek 4'te, hesap raporu Ek 5'de sunulmuştur.

Kazıkların uydu görüntüsü üzerine yerleştirilmiş planları ve kazık başlangıç bitiş koordinatları aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 Fore kazık hatlarının uydu görüntüsü üzerindeki konumları

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma sahası Çankırı İli Merkez İlçesinde bulunmakta olup 1098 Ada ve 1-2-3-4-5-6 parselini kapsamaktadır. Çalışma sahası daha önce İller Bankasınca hazırlatılan 03.07.1996 tarihli imar planına esas jeolojik etüt raporunda sakıncalı alan olarak belirlenmiş ve Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğünce "Afete Maruz Bölge (AMG)" kararı alınmıştır. Bu tez çalışması, bahse konu alan içerisinde bulunan doğal yamaçların duraylılık analizlerinin yapılması ve alınması gereken önlemlerin detaylandırılması amacıyla hazırlanmış ve çalışmalar sadece belirlenen bu parseller ile sınırlı tutulmuştur.

a. Derinlikleri 10 ile 20 m arasında değişen 7 farklı noktada sondaj yapılmış, sondaj kuyularında SPT deneyleri yapılmıştır. Genel olarak bakıldığında yüksek kotlu noktalarda yapılan kuyularda (SK-5, SK-6 ve SK-7) birimin orta-yüksek plastisiteli kumlu siltli kil olduğu, düşük kotlu kuyularda ise (SK-1, SK-2, SK-3 ve SK-4) üstten itibaren yaklaşık 5-7 m'lik birimin alüvyal fan (kumlu siltli kil) olduğu görülmüştür. SPT verilerine bakıldığında derinlere indikçe SPT değerlerinin artarak REFÜ düzeyine ulaştığı görülmüştür.

b. Çalışma sahası içerisinde topoğrafik ölçümler alınmış şev geometrileri daha detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Saha içerisinde belirlenen en düşük kot 715 m en yüksek kot ise 750 m'dir.

c. Sondaj verilerine göre kuyularda 1 kuyu hariç yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Kuyu verileri değerlendirildiğinde yeraltı suyunun Acıdere tarafından beslendiği sonucuna varılmıştır.

d. Laboratuvarda numuneleri kullanılarak belirlenen içsel sürtünme açıları (ϕ) ve kohezyonları sırasıyla (C) 97 kN/m^2, 14^o dir. SPT değerleri kullanılarak belirlenen içsel sürtünme parametreleri ise sırasıyla 139 kN/m^2 ve 30^o'dir. Numune alma sırasındaki ve çıkartma sırasındaki örselenmeler göz önüne alınarak analizlerde değerler 0.1 ile çarpılarak kullanılmıştır.

e. Numunede gözlenen düşük kohezif etkiden dolayı bazı kuyulardan örselenmemiş örnek alınamamıştır. Bu durumda ayrışmış zemin tabakasının SPT verileri Terzaghi ve Peck tarafından önerilen yönteme göre belirlenmiş, bulunan değerler %50 oranında azaltılarak kullanılmıştır.

f. Tüm hatlarda yapılan analiz sonuçlarına göre heyelan hareketi ana zemin olarak nitelendirilen jips ara katkılı az kumlu silli kil birim üzerindeki yamaç molozlarında (alüvyal fan) meydana gelmiştir. Ayrıca bundan sonraki duraysızlık hareketleri yine bu birim içerisinde gerçekleşecektir. İstifin altına doğru gittikçe kayma dairelerinin güvenlik katsayılarının arttığı gözleniştir. Dolayısıyla kayma hareketi jips ara katkılı kumlu siltli kil biriminde değil bunun üzerine gelen alüvyal malzemede beklenmektedir.

g. Hat 1'de Bishop'a göre statik koşullarda belirlenen en düşük güvenlik katsayısı 2.07, dinamik koşullarda 1.169'dur. Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre ise sırasıyla 1.88 ve 1.05'dir. Dolayısıyla bu hatta herhangi bir duraysızlık problemi beklenmemektedir.

h. Hat 2'de Bishop'a göre statik koşullarda belirlenen en düşük güvenlik katsayısı 0.97, dinamik koşullarda 0.52'dur. Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre ise sırasıyla 0.95 ve 0.51'dir. Dolayısıyla bu hatta üstteki alüvyal fan malzemede duraysızlık beklenmektedir. En düşük güvenlik katsayılarının olduğu dairelere ait kayma derinlikleri yaklaşık 7-9 m arasındadır.

i. Hat 3'de Bishop'a göre statik koşullarda belirlenen en düşük güvenlik katsayısı 1.0, dinamik koşullarda 0.50'dur. Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre ise sırasıyla 0.75 ve 0.50'dir. Güvenlik katsayısı 1'den küçük olduğu için bu hatta üstteki alüvyal fan malzemede duraysızlık beklenmektedir. Dolayısıyla bu hatta üstteki alüvyal fan malzemede duraysızlık beklenmektedir. En düşük güvenlik katsayılarının olduğu dairelere ait kayma derinlikleri yaklaşık 7-9 m arasındadır.

j. Hat 4'de Bishop'a göre statik koşullarda belirlenen en düşük güvenlik katsayısı 0.77, dinamik koşullarda 0.40'dur. Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre ise sırasıyla 0.74 ve 0.39'dir. Güvenlik katsayısı 1'den küçük olduğu için bu hatta üstekki alüvyal fan malzemede duraysızlık beklenmektedir. En düşük güvenlik katsayılarının olduğu dairelere ait kayma derinlikleri yaklaşık 7-9 m arasındadır.

k. Çalışma sahası içerisindeki yapılar incelendiğinde yapılarda yamaç duraysızlık hareketine bağlı herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir.

l. Çalışma sahası içerisinde açılan kuyulara yerleştirilen inklinometre ölçüm sonuçlarına göre ne aşağı kotlarda nede yukarı kotlarda herhangi bir duraysızlık hareketine rastlanmamıştır. Ancak arazi gözlemelerine bakıldığında sahanın muhtelif

yerlerinde gerilme çatlaklarının olduğu, bazı bölgelerde hareketin başladığı gözlemlenmiştir. Heyelan önleme kazık uygulamaları tamamlandıktan sonra da çalışma için açılan inklinometre kuyuları muhafaza edilerek ilgili kurum tarafından gerek görülmesi durumunda ilave kuyular açılarak sahada inklinometre ölçümlerine devam edilmelidir.

m. Çalışma sahası içerisinde akarsu kenarında meydana gelen duraysızlık hareketlerine saha içerisine kontrolsüz bir şekilde bırakılan yağmur drenaj suları neden olmuştur, projelendirme aşamasında yüzey sularının kontrollü bir şekilde menfezler yardımıyla akarsu yatağına bırakılması gerekmektedir.

n. Çalışma sahası içerisinde meydana gelen duraysızlık hareketlerinin etkilerini ortadan kaldırmak için çalışma kapsamı içerisinde mevcut heyelan kesiti genişliğinin 1/3 oranında gerisine fore kazık önerilmiştir. Fore kazıklar Ø100'lük olup aks aralıkları 120 cm olarak projelendirilmiştir. Kazık hat uzunluğu toplam 210 metre olup kazık boyları 17 metre olarak projelendirilmiştir. Kazık aplikasyon projesi (Ek 6) ve hesap raporu eklerde (Ek 4) sunulmuştur. Ayrıca hem heyelan önlemek açısından hem de temel kazılarını koruması açısından üst kotta yol kenarında ayrı bir kazık projelendirmiştir. Bu hattın toplam uzunluğu yaklaşık 150 m, en kısa kazık boyu 12 m ve en uzun kazık boyu 25.00 m olacak şekilde kademeli olarak projelendirilmiştir. Yol kenarı kazıklar Ø80'lik olup, farklı kademelerde ankraj uygulaması ile güçlendirilecektir. Detayları Ek 6'de aplikasyon projesinde verilen kazık imalatının başarılı bir şekilde uygulanmasıyla mevcut heyelanın etkileri ortadan kaldırılmış olacak ayrıca bundan sonraki süreçte olası kaymaları engelleyecektir.

o. Tez çalışması içinde bahsedilen gerekli önlemler alınması koşuluyla sınırları verilen inceleme alanının afete maruz bölgeden çıkarılmasında herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağer, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. 1984. Ankara-Elmadağ -Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri. Jeoloji Mühendisliği, 20, 31 – 46.

Aleotti, P., Chowdhury, R.N. 1999. Landslide hazard assessments: summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 58, 21-44.

Anonim. 1982. 1:25 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Çankırı Paftası, Maden Teknik Arama, Ankara.

Anonim. 2006. Learning to live with landslides, Natural Hazards and Disasters.

Anonim. 2015. Web Sitesi: http://www.kgm.gov.tr, Erişim Tarihi: 15.04.2019.

Anonymous. 2001. Slide 5.0 User's Guide. Rocscience Inc, Toronto, Ontario, Canada.

Birgili, Ş., Yoldaş., R. ve Ünalan, G. 1974. Çankırı-Çorum havzası jeolojisi ve petrol olanakları ön raporu. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Rapor No: 104, Ankara (yayımlanmamış).

Birgili, Ş., Yoldaş., R. ve Ünalan, G. 1975. Çankırı- Çorum havzası jeolojisi ve petrol olanakları, MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 5621, Ankara (yayımlanmamış).

Bishop, A. W. 1955. The use of slip circle in the Stability Analysis of Earth Slopes. Geotechnique, Vol. 5, No. 1, 7-17.

Clayton, C.R.I., Matthews, M.C., Simons, N.E. 1995. Site Investigation, P:624.

Cruden, D.M. 1991. A simple definition of a landslide, Bulletin of the international association of engineering geology, 43.

Deprem Kataloğu. 2016. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (BÜKRDAE) Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (DTİDM) veri tabanı.

Duman, T.Y., T. Çan, Ö. Emre, Ş. 2011. "1:1.500.000 ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası," MTA Özel Yayınlar Serisi-27, Ankara.

Elmacı, H., Tekin, S., Ünsal, N. 2017. Coğrafi bilgi sistemi tabanlı mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak çubuk-kalecik (Ankara) şabanözü (Çankırı) arasının

heyelan duyarlılık değerlendirmesi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi (2017) 155:165-190.

Ergun, O.N., 1977. Sedimentology and Tertiary evaporites, Uðurludað Area Çankırı-Çorum basin, Turkey. Doktora Tezi Imperial College, London, 260s. (Yayınlanmamış).

Ergünay, O., 1999. A Perspective of Disaster in Turkey: Issues and Prospects, Urban Settlements and Natural Disasters. Proceedings of UIA Region II Workshop. Chamber of Architects of Turkey.

Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A. 2008. Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgi Envanteri, s 117, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı. Ankara.

Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., 2008. Türkiye'de afetlerin mekânsal ve istatistiksel dağılımı, Afet bilgileri envanteri. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 118 sayfa.

Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M. 2001. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler, Yerbilimleri, 23 (2001), 189-206.

Gökmen, B. 2011. Çankırı İli Coğrafyası, Çankırı Belediyesi Kültür Yayınları, Çankırı.

Görcelioğlu, E. 2003. Sel ve Çığ Kontrolü. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No: 4415/ 473,384 s. İstanbul.

Gündoğan, I. 2000. Geology, mineralogy- petrography and economic potential of the Upper Miocene evaporites in the Beypazarı and Çankırı-Çorum Basins. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 254 s (Yayımlanmamış).

Gündoğan, I., Helvacı, C. 2001. Sedimentological and petrographical aspects of Upper Miocene evaporites in Beypazarı and Çankırı- Çorum Basins, Turkey.

Hakyemez, Y., Barkurt, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağer, Z. ve Sözeri, B. 1986. Yapraklı-llgaz-Çankırı-Çandır dolayınn jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor no: 7966, Ankara (Yayımlanmamış). International Geology Reviews, 43, 818-829.

Ildır, B. 1995. Turkiyede heyelanların dağılımı ve afetler yasası ile ilgili uygulamalar, In: Proc. Of 2nd National Landslide Symposium of Turkey, Sakarya University.

Karadenizli, L., Saraç, G., Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Kazancı, N. ve Varol, B. 2004. Çankırı-Çorum havzasının batı ve güney kesiminin memeli fosillere dayalı Oligo-Miyosen biyostratigrafisi ve dolgulama evrimi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 10706, Ankara (Yayımlanmamış).

Karadenizli, L. 1999. Çankırı-Çorum Havzası'ndaki Orta Eosen-Erken Miyosen Tortullarının Sedimantolojisi, Doktora Tezi Ankara Üniversitesi, 189 s (Yayımlanmamış).

Karadenizli, L.ve Kazancı N. 2000. Çankırı-Çorum havzasındaki paleo- yükselti ve alt havzalar. Cumhuriyetin 75. yıldönümü yerbilimleri ve madencilik kongresi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Bildiriler 209-227.

Kayabalı, K. ve Akın, M., 2003. "Seismic Hazard Map of Turkey Using the Deterministic Approach", Engineering Geology, Cilt 69, No 1-2, 127-137, 2003.

Kaymakçı, N., 2000. Tectono-stratigraphical evolution of the Çankırı basin (Central Anatolia Turkey). PhD Thesis, Univ. Utrecht, Geologia Ultraiectina. 190, 247 p.

Keskin, M.Ö. ve Kılıç, A.M. 2008. Bilgisayar programları yardımıyla şev duraylılık analizleri 'Software Aided Slope Stability Analysis', Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yıl:2008 Cilt:19-5 118

Ketin, İ., 1948. Uberdie Tectonisch – Mechanischen Folgerungenaus den Grossen Anatolischen Erdbebendes Letzten Dezenniums. Geologie Rundsh, 36: 77–83.

Koçyiğit, A. 1991. An example of an accretionary forearc basin from northern Central Anatolia and its implications for history of subduction of Neo – Tethys in Turkey, Geological Society of America Bulletin 103: 22 – 36.

Köle, M.M. 2016. Çankırı İli için Deprem Olasılık Tahmini. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(1): 455-470

Sarp, S. 2011. Çankırı Balıbağı Jeotermal Araştırma Sondajı, Sondaj Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası-ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ODTÜ Kongre Merkezi, Ankara.

Sarp, S. ve Aydoğdu, Ö. 2013. Çankırı-Merkez-Süleymanlı ve Aşağı Pelitözü Jeotermal Arama Ruhsat Sahaları Jeoloji Etüdü. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 15.Sayı, 137-147.

Sarp, S., Bekar, K., Taşkıran, L., Yurtseven, D., Ünal, H. ve Kılınç, O. 2010. Çankırı-Balıbağı- Dedeköy ve Kırıkkale-Sulakyurt çevresi jeotermal enerji aramaları jeoloji ve jeofizik etüt raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11517, Ankara (yayımlanmamış).

Sarp, S., Yıldız, H., Utar, A. ve Aydoğdu, Ö. 2010. Çankırı Merkez Balıbağı sahası jeotermal enerji aramaları ÇMB 2010/10 nolu sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11497, Ankara, (yayımlanmamış).

Schuster, R.L. 1996. Socioeconomic Significance of Landslides Investigation and Mitigation. National Academic Press, Washington D.C., p 12-35.

Schuster, R.L. and Fleming, R.W. 1986. Economic losses and fatalities due to landslides. Bulletin of Association of Engineering Geologists, 23(1), 11-28.

Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y. 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, TÜBİTAK Projesi, Proje No: TBAG.

Sönmez, İ. 2014. Bozkır Formasyonunda Globerit- Halit- Birlikteliği (Pliyosen, Cankırı-Corum Havzası, Orta Anadolu, Turkiye). MTA Dergisi (2014) 149: 155-177.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ. 1992. The East Anatolian fault zone of Turkey, Annales Tectonicae, Special Issue, Supplement to V. VI, 99-125.

Tanrıverdi, K. 1973. Çankırı (Yapraklı) ve Kızılırmak yöresinin jeolojisi ve Petrol Olanakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6240 Ankara (yayımlanmamış).

Tokay, M. 1973. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler, Kuzey Anadolu Fayı ve Depremler Kuşağı Sempozyumu Tebliğleri, M.T.A. Enstitüsü Ankara, 12-29.

Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin., M., Özgür, İ.B., Nedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G. ve Karataş, S. 1991. Bolu – Çankırı (Köroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 6, 85 – 103.

Tüysüz, O. ve Dellaloğlu, A.A. 1992. Çankırı havzasının tektonik birlikleri ve havzanın tektonik evrimi. Türkiye 9. Petrol Kongresi, Bildiriler, 333 – 349.

Ulusay R., Aydan Ö., Kılıç R. 2007. Geotechnical assessment of the 2005 Kuzulu landslide (Turkey). Engineering Geology, 89 pp 112-128.

Ünalan, G. 1975. Çankırı- Çorum Havzası Tüney- Tilkiköy ve Sulakyurt yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 5464, Ankara (yayımlanmamış).

Varnes, D. 1984. International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes, Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. The UNESCO Press, Paris, 63 p.

Varnes, D. 1978. Slope movement types and processes. In Special Report 176, Landslides Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.).

Varol, B., Araz, H., Karadenizli, L., Kazanci, N., Seyitoğlu, G. ve Sen, S. 2002. Sedimentology of the Miocene. Accepted : March 26, 2007 evaporitic succession in the north of Çankırı-Çorum Basin, central Anatolia, Turkey. Carbonate Evaporite, 17/2, 197-209.

Yoldaş, R. 1982. Tosya (Kastamonu) ile Bayat (Çorum) arasındaki bölgenin jeolojisi. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, 311 s (Yayımlanmamış).

EKLER

Ek 1. Sondaj Logları

Ek 2. Spt Verilerinden İçsel Sürtünme Parametreleri Tahmini

Ek 3. Kuyu İnklinometre Verileri

Ek 4. Dere Kenarına İmal Edilecek Kazıkların Hesap Raporu

Ek 5. Demir Donatı Hesap Raporu

Ek 6. Aplikasyon Projesi

EK 1. Sondaj Logları

ZEMİN SONDAJ LOGU

Proje Adı	KONUT	Kuyu Derinliği	15 metre	Sondaj No	SK-1
				Sayfa No	1
İl	Çankırı	Yer Altı Su Seviyesi 1. okuma		HAZIRLAYAN	
İlçe	Merkez	Yer Altı Su Seviyesi 2. okuma			
köy					
Ada		Sondaj Metodu	Rotary		
Parsel		Başlama Tarihi			
		Bitiş Tarihi			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği(m)	Numune No:	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	SPT Deneyi – Darbe Sayısı 15	30	45	N	Grafik 10	20	30	40	50	İlerleme / örnek (cm)	SAHA KAYITLARI	muhafaza borusu derinliği(m)	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
1	0,10																	
2			1,50–2,00	UD														
			2,00–2,45	SPT	6	8	10	18										
3			3,00	UD														
4			3,50–3,95	SPT	7	10	14	24										
5			4,50	UD														
			5,00–5,45	SPT	8	Ref	Ref	Ref										
6																		
7			6,50–6,95	SPT	10	13	20	33										
8			8,00–8,45	SPT	14	23	Ref	Ref										
9																		
10			9,50–9,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
11			11,00															
			11,45	SPT	15	21	26	47										
12																		
13			12,50–12,95	SPT	14	22	29	51										
14			14,00															
			14,45	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
15			15,50–15,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										

Yamaç Molozu (Kumlu siltli kil)

Açık Kahve Renkli Orta - Yüksek Plastisiteli Jips ara seviyeli Kil

ZEMİN DEGERLENDİRMESİ-SPT

İnce Taneli (Kohezyonlu)		İri Taneli (Kohezyonlu)		Kaya Niteliği RQD %		Ayrışma Derecesi (W)		Çatlak Sıklığı (m)	
N: 0-2	Ç. Yumuşak	N: 0-4	Ç. Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1 Taze(Ayrışmamış)		< 1	Masif
N: 3-4	Yumuşak	N: 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış		1-3	Az çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derece Ayrışmış		3-10	Kırıklı
N: 9-13	Katı	N: 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış		10-50	Çok çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: > 50	Çok Sıkı	90-100	Çok iyi	W5 Tamamen Ayrışmış		> 50	Parçalanmış
N: 9-13	Katı								

ZEMİN SONDAJ LOGU

Proje Adı	KONUT	Kuyu Derinliği	15 metre	Sondaj No	SK-2
		Yer Altı Su Seviyesi 1. okuma		Sayfa No	1
İl	Çankırı			HAZIRLAYAN	
İlçe	Merkez	Yer Altı Su Seviyesi 2. okuma			
köy					
Ada		Sondaj Metodu	Rotary		
Parsel		Başlama Tarihi			
		Bitiş Tarihi			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği(m)	Numune No:	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	SPT Deneyi – Darbe Sayısı 15	30	45	N	Grafik 10	20	30	40	50	İlerleme / ömek (cm)	SAHA KAYITLARI	muhafaza borusu derinliği(m)	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
1	0,10																	
2			1,50 – 2,00	UD														
			2,45	SPT	6	10	10	20										
3			3,00	UD														
4			3,50 – 3,95	SPT	7	8	15	23										
5			4,50	UD														
			5,00 – 5,45	SPT	8	21	19	40										
6																		
7			6,50 – 6,95	SPT	10	12	22	34										
8																		
			8,00 – 8,45	SPT	14	23	Ref	Ref										
9																		
10			9,50 – 9,95	SPT	Ref	Ref	Ref	50										
11			11,00	SPT	24	25	25	50										
			11,45															
12																		
13			12,50 – 12,95	SPT	27	30	25	55										
14																		
			14,00 – 14,45	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
15			15,50 – 15,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										

Yamaç Molozu (Kumlu siltli kil)

Açık Kahve Renkli Orta Yüksek Plastisiteli Jips ara seviyeli Kil

ZEMİN DEGERLENDİRMESİ-SPT				Kaya Niteliği RQD %		Ayrışma Derecesi (W)		Çatlak Sıklığı (m)	
İnce Tanelı (Kohezyonlu)		Irı Tanelı (Kohezyonlu)							
N: 0-2	Ç. Yumuşak	N: 0-4	Ç. Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1 Taze(Ayrışmamış)		< 1	Masif
N: 3-4	Yumuşak	N: 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış		1-3	Az çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derece Ayrışmış		3-10	Kırıklı
N: 9-13	Katı	N: 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış		10-50	Çok çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: > 50	Çok Sıkı	90-100	Çok iyi	W5 Tamamen Ayrışmış		> 50	Parçalanmış
N: 9-13	Katı								

ZEMİN SONDAJ LOGU

Proje Adı	**KONUT**	Kuyu Derinliği	15 metre	Sondaj No	SK-3
				Sayfa No	1
İl	Çankırı	Yer Altı Su Seviyesi 1. okuma		HAZIRLAYAN	
İlçe	Merkez	Yer Altı Su Seviyesi 2. okuma			
köy					
Ada		Sondaj Metodu	Rotary		
Parsel		Başlama Tarihi			
		Bitiş Tarihi			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği(m)	Numune No:	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	SPT Deneyi – Darbe Sayısı 15	30	45	N	Grafik 10	20	30	40	50	İlerleme / örnek (cm)	SAHA KAYITLARI	muhafaza borusu derinliği(m)	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
1	0,10																	**Yamaç Molozu (Kumlu siltli kil)**
2			1,50 2,00	UD														
			2,45	SPT	9	11	11	22										
3			3,00	UD														
4			3,50 3,95	SPT	10	12	13	25										
5			4,50	UD														
			5,00 5,45	SPT	13	14	12	26										
6																		
7			6,50 6,95	SPT	15	16	19	35										Açık Kahve Renkli Orta - Yüksek Plastisiteli Jips ara seviyeli Kil
8																		
			8,00 8,45	SPT	25	30	25	55										
9																		
10			9,50 9,95	SPT	25	30	22	52										
11			11,00															
			11,45	SPT	17	20	25	45										
12																		
13			12,50 12,95	SPT	11	13	30	43										
14																		
			14,00 14,45	SPT	19	20	20	40										
15			15,50 15,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										

ZEMİN DEGERLENDİRMESİ-SPT				Kaya Niteliği RQD %		Ayrışma Derecesi (W)	Çatlak Sıklığı (m)
İnce Taneli (Kohezyonlu)		Iri Taneli (Kohezyonlu)					
N: 0-2	Ç. Yumuşak	N: 0-4	Ç. Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1 Taze(Ayrışmamış)	< 1 Masif
N: 3-4	Yumuşak	N: 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış	1-3 Az çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: 11-30	Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derece Ayrışmış	3-10 Kırıklı
N: 9-13	Katı	N: 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış	10-50 Çok çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: > 50	Çok Sıkı	90-100	Çok iyi	W5 Tamamen Ayrışmış	> 50 Parçalanmış
N: 9-13	Katı						

ZEMİN SONDAJ LOGU

Proje Adı	KONUT	Kuyu Derinliği		15 metre	Sondaj No / SK-4
İl	Çankırı	Yer Altı Su Seviyesi	1. okuma		Sayfa No / 1
İlçe	Merkez		2. okuma		HAZIRLAYAN
köy					
Ada		Sondaj Metodu		Rotary	
Parsel		Başlama Tarihi			
		Bitiş Tarihi			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği(m)	Numune No:	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	SPT Deneyi – Darbe Sayısı 15	30	45	N	Grafik 10	20	30	40	50	İlerleme / örnek (cm)	SAHA KAYITLARI	muhafaza borusu derinliği(m)	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
1	0,10																	
2			1,50–2,00	UD														
			2,00–2,45	SPT	6	8	10	18										
3			3,00	UD														
4			3,50–3,95	SPT	7	10	14	24										Bitkisel Toprak (Kumlu siltli kil)
5			4,50	UD														
			5,00–5,45	SPT	8	Ref	Ref	Ref										
6																		
7			6,50–6,95	SPT	10	13	20	33										
8			8,00–8,45	SPT	14	23	Ref	Ref										
9																		
10			9,50–9,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
11			11,00–11,45	SPT	15	21	26	47										Açık Kahve Renkli Orta Yüksek Plastisiteli Jips ara seviyeli Kil
12																		
13			12,50–12,95	SPT	14	22	29	51										
14			14,00–14,45	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
15			15,50–15,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										

ZEMİN DEGERLENDİRMESİ-SPT				Kaya Niteliği RQD %		Ayrışma Derecesi (W)		Çatlak Sıklığı (m)	
İnce Taneli (Kohezyonlu)		Iri Taneli (Kohezyonlu)							
N: 0-2	Ç. Yumuşak	N: 0-4	Ç. Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1	Taze(Ayrışmamış)	< 1	Masif
N: 3-4	Yumuşak	N: 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: 11-30	Orta	50-75	Orta	W3	Orta Derece Ayrışmış	3-10	Kırıklı
N: 9-13	Katı	N: 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4	Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: > 50	Çok Sıkı	90-100	Çok iyi	W5	Tamamen Ayrışmış	> 50	Parçalanmış
N: 9-13	Katı								

ZEMİN SONDAJ LOGU

Proje Adı	KONUT	Kuyu Derinliği	15 metre	Sondaj No	SK-5
		Yer Altı Su Seviyesi 1. okuma		Sayfa No	1
İl	Çankırı			HAZIRLAYAN	
İlçe	Merkez	Yer Altı Su Seviyesi 2. okuma			
köy					
Ada		Sondaj Metodu	Rotary		
Parsel		Başlama Tarihi			
		Bitiş Tarihi			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği(m)	Numune No:	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	SPT Deneyi: Darbe Sayısı 15	30	45	N	Grafik 10	20	30	40	50	İlerleme / örnek (cm)	SAHA KAYITLARI	Muh. Bor. Der (m)	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
0	0,10																	Bitkisel Toprak
1																		
2			1,50 2,00	UD														
			2,45	SPT	8	12	8	20										
3			3,00															
			3,50	UD														
4			3,95	SPT	15	10	11	21										
			4,50															
5			5,00	UD														
			5,45	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
6																		
7			6,50 6,95	SPT	25	28	25	Ref										Açık Kahve Renkli Orta Yüksek Plastisiteli Jips ara seviyeli Kil
8			8,00	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
9			8,45															
10			9,50 9,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
11			11,00															
			11,45	SPT	18	20	29	49										
12			12,50															
13			12,95	SPT	15	21	29	50										
14			14,00	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
			14,45															
15			15,50															
16				SPT	8	25	24	29										
17																		
				SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										
18																		
19			15,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										

ZEMİN DEGERLENDİRMESİ-SPT		Kaya Niteliği RQD %		Ayrışma Derecesi (W)		Çatlak Sıklığı (m)	
İnce Taneli (Kohezyonlu)	İri Taneli (Kohezyonlu)						
N: 0-2 Ç. Yumuşak	N: 0-4 Ç. Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1 Taze(Ayrışmamış)		< 1	Masif
N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	25-50	Zayıf	W2 Az Ayrışmış		1-3	Az çatlaklı-kırıklı
N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta	50-75	Orta	W3 Orta Derece Ayrışmış		3-10	Kırıklı
N: 9-13 Katı	N: 31-50 Sıkı	75-90	İyi	W4 Ayrışmış		10-50	Çok çatlaklı-kırıklı
N: 5-8 Orta Katı	N: > 50 Çok Sıkı	90-100	Çok iyi	W5 Tamamen Ayrışmış		> 50	Parçalanmış
N: 9-13 Katı							

ZEMİN SONDAJ LOGU

Proje Adı	KONUT	Kuyu Derinliği	15 metre	Sondaj No	SK-6
		Yer Altı Su Seviyesi 1. okuma		Sayfa No	1
İl	Çankırı			HAZIRLAYAN	
İlçe	Merkez	Yer Altı Su Seviyesi 2. okuma			
köy					
Ada		Sondaj Metodu	Rotary		
Parsel		Başlama Tarihi			
		Bitiş Tarihi			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği(m)	Numune No:	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	SPT Deneyi – Darbe Sayısı 15	30	45	N	Grafik 10	20	30	40	50	İlerleme / örnek (cm)	SAHA KAYITLARI	muhafaza borusu derinliği(m)	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
	0,10																	Bitkisel Toprak
1																		
2			1,50–2,00	UD														
			2,00–2,45	SPT	7	10	7	17										
3			3,00–3,50	UD														
4			3,50–3,95	SPT	14	12	11	23										
5			4,50–5,00	UD														
			5,00–5,45	SPT	14	13	12	25										
6																		
7			6,50–6,95	SPT	25	20	16	36										Açık Kahve Renkli Orta - Yüksek Plastisiteli Jips ara seviyeli Kil
8																		
9			8,00–8,45	SPT	21	20	19	39										
10			9,50–9,95	SPT	32	30	25	55										
11			11,00–11,45	SPT	35	27	28	55										
12																		
13			12,50–12,95	SPT	31	30	18	48										
14			14,00–14,45	SPT	23	25	25	50										
15			15,50–15,95	SPT	19	20	30	50										

ZEMİN DEGERLENDİRMESİ-SPT				Kaya Niteliği RQD %		Ayrışma Derecesi (W)		Çatlak Sıklığı (m)	
İnce Taneli (Kohezyonlu)		Iri Taneli (Kohezyonlu)							
N: 0-2	Ç. Yumuşak	N: 0-4	Ç. Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1	Taze(Ayrışmamış)	< 1	Masif
N: 3-4	Yumuşak	N: 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: 11-30	Orta	50-75	Orta	W3	Orta Derece Ayrışmış	3-10	Kırıklı
N: 9-13	Katı	N: 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4	Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: > 50	Çok Sıkı	90-100	Çok iyi	W5	Tamamen Ayrışmış	> 50	Parçalanmış
N: 9-13	Katı								

ZEMİN SONDAJ LOGU

Proje Adı	KONUT	Kuyu Derinliği	10 metre	Sondaj No	SK-7
		Yer Altı Su Seviyesi 1. okuma		Sayfa No	1
İl	Çankırı			HAZIRLAYAN	
İlçe	Merkez	Yer Altı Su Seviyesi 2. okuma			
köy					
Ada		Sondaj Metodu	Rotary		
Parsel		Başlama Tarihi			
		Bitiş Tarihi			

Sondaj Derinliği (m)	Tabaka Derinliği(m)	Numune No:	Numune Derinliği (m)	Numune Türü	SPT Deneyi – Darbe Sayısı 15	30	45	N	Grafik 10	20	30	40	50	İlerleme / ömek (cm)	SAHA KAYITLARI	muhafaza borusu derinliği(m)	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
	0,10																	Bitkisel Toprak
1																		
2			1,50 2,00	UD														
			2,45	SPT	10	12	9	21										
3			3,00	UD														
4			3,50 3,95	SPT	12	11	9	20										
5			4,50	UD														
			5,00 5,45	SPT	25	27	25	52										
6																		
7			6,50 6,95	SPT	19	17	18	35										Açık Kahve Renkli Orta - Yüksek Plastisiteli Jips ara seviyeli Kil
8																		
			8,00 8,45	SPT	26	25	33	58										
9																		
10			9,50 9,95	SPT	Ref	Ref	Ref	Ref										

ZEMİN DEGERLENDİRMESİ-SPT				Kaya Niteliği RQD %		Ayrışma Derecesi (W)		Çatlak Sıklığı (m)	
İnce Taneli (Kohezyonlu)		Iri Taneli (Kohezyonlu)							
N: 0-2	Ç. Yumuşak	N: 0-4	Ç. Gevşek	0-25	Ç.Zayıf	W1	Taze(Ayrışmamış)	< 1	Masif
N: 3-4	Yumuşak	N: 5-10	Gevşek	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: 11-30	Orta	50-75	Orta	W3	Orta Derece Ayrışmış	3-10	Kırıklı
N: 9-13	Katı	N: 31-50	Sıkı	75-90	İyi	W4	Ayrışmış	10-50	Çok çatlaklı-kırıklı
N: 5-8	Orta Katı	N: > 50	Çok Sıkı	90-100	Çok iyi	W5	Tamamen Ayrışmış	> 50	Parçalanmış
N: 9-13	Katı								

EK 2. Spt Verilerinden İçsel Sürtünme Parametreleri Tahmini

GeoLogismiki
P.O. Box 33539, 621 25 Serrai, Greece
Url : http://www.geologismiki.gr - Email : support@geologismiki.gr

SPTCorr software v.2.0
Correlation of Standard Penetration Test blows count with several soil properties

Field SPT value: 25 - Test depth at : 25,00 m - Ground water at: 1,00 m

Footing width: 1 m - Foundation pressure: 1000 kPa

Relative density for Sands (%)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Normaly consolidated sands	Gibbs & Holtz (1957)	57,76	516,65	
Normaly consolidated silica sand	Meyerhof (1956)	59,34	530,78	
Coarse sands	Peck & Bazaraa (1969)	47,38	423,80	
Ottawa sand	Marcuson & Bieganousky (1977)	n/a	448,06	
Normaly consolidated sands	Skempton (1986)		446,10	
Gravely soils	Yosida & Ikemi (1988)			
	1. fine sands	64,17	779,94	
	2. gravel fraction 25%	52,50	638,13	
	3. gravel fraction 50%	50,68	348,46	
	4. average for all sands	57,08	428,44	
Sands	Idriss & Boulanger (2003)			531,61

Friction angle for cohesionless soils (°)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	42,32	179,92	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	37,32	174,92	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	32,32	169,92	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	37,36	215,00	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	37,50	176,52	
Sandy	Japan Road Association (1990)	34,36	188,21	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			161,49
Sandy	Meyerhof (1959)	36,56	92,27	

Stress-strain modulus Es (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Normaly consolidated sands	Tan et al. (1991) - 1	20000	1007500
	Tan et al. (1991) - 2	48283	114014
	Bowles (1996)	35000	326968
	Bowles (1996)	150000	13090800
	Japanese Design Standards	10000	549200
Saturated sands	Bowles (1996)	65000	5200000
Overconsolidated sands	D' Appolonia et al. (1970)	66250	2140000
	Tan et al. (1991)	36750	1518000
	Tan et al. (1991) from 1	282843	14248202
	Tan et al. (1991) from 2	682827	1612395
Gravelly sands	Tan et al. (1991)	20600	1205600
	Bowles (1996)	37200	2625360
Silty sand	Tan et al. (1991)	12800	644800
	Tan et al. (1991)	9300	601800
Sandy	Papadopoulos (1987)	27500	1607500

Undrained cohesive strength S_u (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Cohesive soils	Terzaghi & Peck (1967)	159,19	12834,84
	Parcher & Means (1968)	163,03	13156,12
	Bowles (1968)	186,85	-74847,41
	Tschebotarioff (1973)	299,25	23940,00
Clays of low plasticity and clayey silts	Sowers	183,88	14710,05
Clays of medium plasticity	Sowers	367,75	29420,10
Clays of high plasticity	Sowers	637,44	50994,84

Shear waves velocity V_S (m/sec)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Schmertmann (1978)	375	30000
Clay	Seed et al. (1986)	227	478
Fine sand	Seed et al. (1986)	247	521
Medium sand	Seed et al. (1986)	243	512
Coarse sand	Seed et al. (1986)	252	531
Sand and gravel	Seed et al. (1986)	261	550
Gravel	Seed et al. (1986)	329	693
Clay	Jamiolkowski (1988)	176	371
Fine sand	Jamiolkowski (1988)	192	404
Medium sand	Jamiolkowski (1988)	188	397
Coarse sand	Jamiolkowski (1988)	195	412
Sand and gravel	Jamiolkowski (1988)	202	426
Gravel	Jamiolkowski (1988)	255	538
Fine sand	Yoshida et al. (1988)	260	777
25% gravel	Yoshida et al. (1988)	297	888
50% gravel	Yoshida et al. (1988)	318	951
All soils	Yoshida et al. (1988)	291	872

Settlements in sand (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	7,48	0,09
	Duncan & Buchignani (1976)	5,64	0,07
	Parry (1977)	1,20	0,01
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	1,88	0,00
	2. O.C. sands **	0,63	0,00
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	1,88	0,00
	2. O.C. sands **	0,63	0,00

* Normal Consolidated
** Over Consolidated

Bearing capacity of sand (kPa)

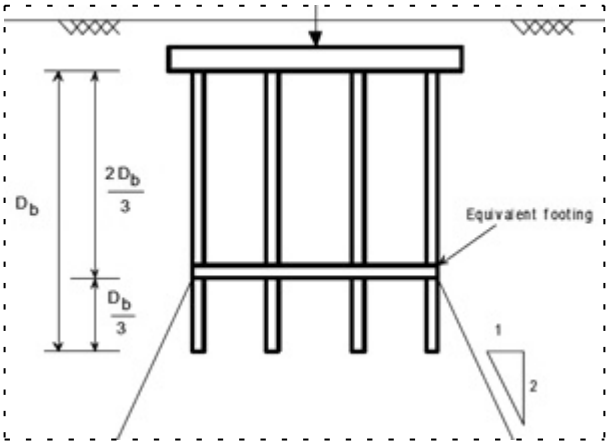
Soil Type	Reference		N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) [1,3]	q_{ult}	32310,00	
		q_{allow}	107,70	
	Terzaghi (1943) [1,3]		q_{ult}	1,55
			q_{allow}	0,01
	Eurocode (2005) [1]			
	Design Approach 1			1,04
	Design Approach 2			2,66
	Burland & Burbridge (1984) [2]			
	Inducing mean-sigma stress			33218651,82
	Inducing mean stress			61288924,81
	Inducing mean+sigma stress			113079011,30

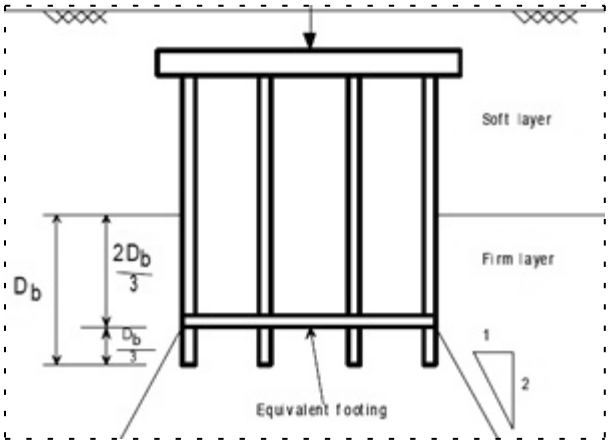
[1] : Friction angle used according to Hatanaka & Uchida (1996)
[2] : Calculations for allowable settlement = 25.00 (mm)
[3] : Factor of safety for allowable pressure = 300

Settlement of pile group (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Saturated sands	Meyerhof (1976)	2,38	0,03
	Meyerhof (1976)	4,76	0,06

D_b: 15,00 (m)





GeoLogismiki
P.O. Box 33539, 621 25 Serrai, Greece
Url : http://www.geologismiki.gr - Email : support@geologismiki.gr

SPTCorr software v.2.0
Correlation of Standard Penetration Test blows count with several soil properties

Field SPT value: 22 - Test depth at : 25,00 m - Ground water at: 1,00 m

Footing width: 1 m - Foundation pressure: 1000 kPa

Relative density for Sands (%)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Normaly consolidated sands	Gibbs & Holtz (1957)	54,19	484,66	
Normaly consolidated silica sand	Meyerhof (1956)	55,67	497,92	
Coarse sands	Peck & Bazaraa (1969)	44,45	397,56	
Ottawa sand	Marcuson & Bieganousky (1977)	n/a	405,89	
Normaly consolidated sands	Skempton (1986)		418,48	
Gravely soils	Yosida & Ikemi (1988)			
	1. fine sands	59,66	725,13	
	2. gravel fraction 25%	48,81	593,29	
	3. gravel fraction 50%	47,90	329,40	
	4. average for all sands	53,82	403,97	
Sands	Idriss & Boulanger (2003)			498,69

Friction angle for cohesionless soils (°)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	41,25	170,33	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	36,25	165,33	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	31,25	160,33	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	35,98	202,62	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	36,42	166,83	
Sandy	Japan Road Association (1990)	33,17	177,48	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			152,73
Sandy	Meyerhof (1959)	36,07	88,60	

Stress-strain modulus Es (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Normaly consolidated sands	Tan et al. (1991) - 1	18500	887500
	Tan et al. (1991) - 2	46366	112096
	Bowles (1996)	32833	306723
	Bowles (1996)	132000	11519904
	Japanese Design Standards	9250	483746
Saturated sands	Bowles (1996)	57200	4576000
Overconsolidated sands	D' Appolonia et al. (1970)	63100	1888000
	Tan et al. (1991)	34500	1338000
	Tan et al. (1991) from 1	261630	12551145
	Tan et al. (1991) from 2	655709	1585277
Gravelly sands	Tan et al. (1991)	18800	1061600
	Bowles (1996)	33600	2311181
Silty sand	Tan et al. (1991)	11840	568000
	Tan et al. (1991)	8400	529800
Sandy	Papadopoulos (1987)	25100	1415500

Undrained cohesive strength S_u (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Cohesive soils	Terzaghi & Peck (1967)	139,93	11294,51
	Parcher & Means (1968)	143,30	11577,22
	Bowles (1968)	165,74	-56250,24
	Tschebotarioff (1973)	263,34	21067,20
Clays of low plasticity and clayey silts	Sowers	161,81	12944,84
Clays of medium plasticity	Sowers	323,62	25889,69
Clays of high plasticity	Sowers	560,94	44875,46

Shear waves velocity V_S (m/sec)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Schmertmann (1978)	330	26400
Clay	Seed et al. (1986)	222	468
Fine sand	Seed et al. (1986)	242	510
Medium sand	Seed et al. (1986)	238	501
Coarse sand	Seed et al. (1986)	247	519
Sand and gravel	Seed et al. (1986)	255	538
Gravel	Seed et al. (1986)	322	678
Clay	Jamiolkowski (1988)	172	363
Fine sand	Jamiolkowski (1988)	188	395
Medium sand	Jamiolkowski (1988)	184	388
Coarse sand	Jamiolkowski (1988)	191	403
Sand and gravel	Jamiolkowski (1988)	198	417
Gravel	Jamiolkowski (1988)	250	526
Fine sand	Yoshida et al. (1988)	252	752
25% gravel	Yoshida et al. (1988)	287	860
50% gravel	Yoshida et al. (1988)	308	921
All soils	Yoshida et al. (1988)	282	844

Settlements in sand (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	8,50	0,11
	Duncan & Buchignani (1976)	6,47	0,08
	Parry (1977)	1,36	0,02
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	2,24	0,00
	2. O.C. sands **	0,75	0,00
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	2,24	0,00
	2. O.C. sands **	0,75	0,00

* Normal Consolidated
** Over Consolidated

Bearing capacity of sand (kPa)

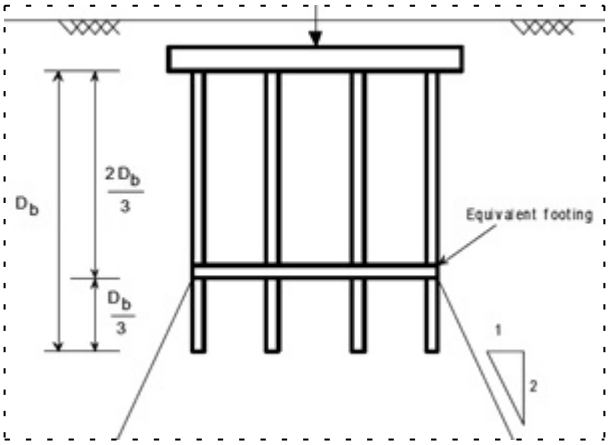
Soil Type	Reference	N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) [1,3]	q_{ult} 28432,80	
		q_{allow} 94,78	
	Terzaghi (1943) [1,3]	q_{ult}	3,43
		q_{allow}	0,01
	Eurocode (2005) [1]		
	Design Approach 1		2,29
	Design Approach 2		4,81
	Burland & Burbridge (1984) [2]		
	Inducing mean-sigma stress		27775235,10
	Inducing mean stress		51245737,03
	Inducing mean+sigma stress		94549174,98

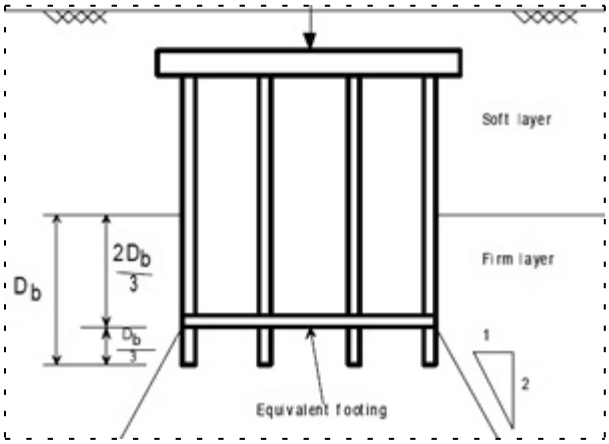
[1] : Friction angle used according to Hatanaka & Uchida (1996)
[2] : Calculations for allowable settlement = 25.00 (mm)
[3] : Factor of safety for allowable pressure = 300

Settlement of pile group (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Saturated sands	Meyerhof (1976)	2,70	0,03
	Meyerhof (1976)	5,41	0,07

D_b: 15,00 (m)





GeoLogismiki
P.O. Box 33539, 621 25 Serrai, Greece
Url : http://www.geologismiki.gr - Email : support@geologismiki.gr

SPTCorr software v.2.0
Correlation of Standard Penetration Test blows count with several soil properties

Field SPT value: 15,5 - Test depth at : 25,00 m - Ground water at: 1,00 m

Footing width: 1 m - Foundation pressure: 1000 kPa

Relative density for Sands (%)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Normaly consolidated sands	Gibbs & Holtz (1957)	45,48	406,81	
Normaly consolidated silica sand	Meyerhof (1956)	46,73	417,94	
Coarse sands	Peck & Bazaraa (1969)	37,31	333,70	
Ottawa sand	Marcuson & Bieganousky (1977)	n/a	295,03	
Normaly consolidated sands	Skempton (1986)		351,26	
Gravely soils	Yosida & Ikemi (1988)			
	1. fine sands	48,86	593,91	
	2. gravel fraction 25%	39,98	485,93	
	3. gravel fraction 50%	41,06	282,36	
	4. average for all sands	45,81	343,86	
Sands	Idriss & Boulanger (2003)			418,59

Friction angle for cohesionless soils (°)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	38,64	146,98	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	33,64	141,98	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	28,64	136,98	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	32,61	172,48	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	33,78	143,25	
Sandy	Japan Road Association (1990)	30,25	151,38	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			131,41
Sandy	Meyerhof (1959)	34,87	79,58	

Stress-strain modulus Es (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Normaly consolidated sands	Tan et al. (1991) - 1	15250	627500
	Tan et al. (1991) - 2	41113	106843
	Bowles (1996)	27559	257455
	Bowles (1996)	93000	8116296
	Japanese Design Standards	7625	341929
Saturated sands	Bowles (1996)	40300	3224000
Overconsolidated sands	D' Appolonia et al. (1970)	56275	1342000
	Tan et al. (1991)	29625	948000
	Tan et al. (1991) from 1	215668	8874190
	Tan et al. (1991) from 2	581420	1510988
Gravelly sands	Tan et al. (1991)	14900	749600
	Bowles (1996)	25800	1630459
Silty sand	Tan et al. (1991)	9760	401600
	Tan et al. (1991)	6450	373800
Sandy	Papadopoulos (1987)	19900	999500

Undrained cohesive strength S_u (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Cohesive soils	Terzaghi & Peck (1967)	98,21	7957,12
	Parcher & Means (1968)	100,53	8156,25
	Bowles (1968)	118,60	-24952,85
	Tschebotarioff (1973)	185,53	14842,80
Clays of low plasticity and clayey silts	Sowers	114,00	9120,23
Clays of medium plasticity	Sowers	228,01	18240,46
Clays of high plasticity	Sowers	395,21	31616,80

Shear waves velocity V_S (m/sec)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Schmertmann (1978)	233	18600
Clay	Seed et al. (1986)	209	441
Fine sand	Seed et al. (1986)	228	481
Medium sand	Seed et al. (1986)	224	472
Coarse sand	Seed et al. (1986)	232	489
Sand and gravel	Seed et al. (1986)	241	507
Gravel	Seed et al. (1986)	304	639
Clay	Jamiolkowski (1988)	162	342
Fine sand	Jamiolkowski (1988)	177	373
Medium sand	Jamiolkowski (1988)	174	366
Coarse sand	Jamiolkowski (1988)	180	379
Sand and gravel	Jamiolkowski (1988)	187	393
Gravel	Jamiolkowski (1988)	235	496
Fine sand	Yoshida et al. (1988)	230	689
25% gravel	Yoshida et al. (1988)	263	788
50% gravel	Yoshida et al. (1988)	282	844
All soils	Yoshida et al. (1988)	259	773

Settlements in sand (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	12,06	0,15
	Duncan & Buchignani (1976)	9,47	0,11
	Parry (1977)	1,94	0,02
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	3,66	0,01
	2. O.C. sands **	1,22	0,00
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	3,66	0,01
	2. O.C. sands **	1,22	0,00

* Normal Consolidated
** Over Consolidated

Bearing capacity of sand (kPa)

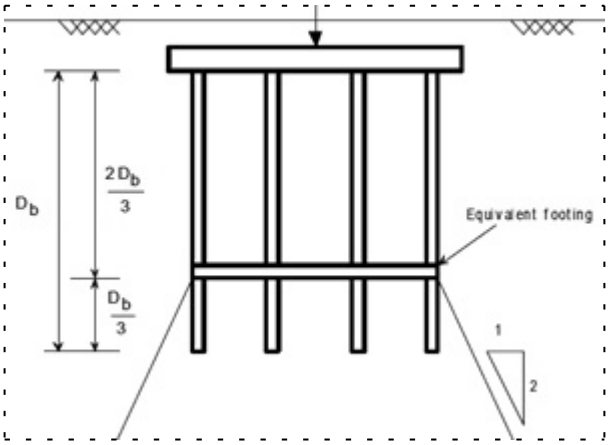
Soil Type	Reference		N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) [1,3]	q_{ult}	20032,20	
		q_{allow}	66,77	
	Terzaghi (1943) [1,3]		q_{ult}	12,95
			q_{allow}	0,04
	Eurocode (2005) [1]			
	Design Approach 1			8,63
	Design Approach 2			11,93
	Burland & Burbridge (1984) [2]			
	Inducing mean-sigma stress			17011020,50
	Inducing mean stress			31385595,12
	Inducing mean+sigma stress			57906906,93

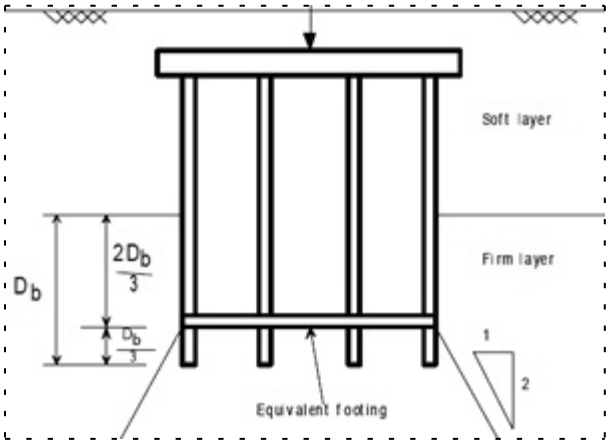
[1] : Friction angle used according to Hatanaka & Uchida (1996)
[2] : Calculations for allowable settlement = 25.00 (mm)
[3] : Factor of safety for allowable pressure = 300

Settlement of pile group (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Saturated sands	Meyerhof (1976)	3,84	0,05
	Meyerhof (1976)	7,67	0,10

D_b: 15,00 (m)





GeoLogismiki
P.O. Box 33539, 621 25 Serrai, Greece
Url : http://www.geologismiki.gr - Email : support@geologismiki.gr

SPTCorr software v.2.0
Correlation of Standard Penetration Test blows count with several soil properties

Field SPT value: 24 - Test depth at : 25,00 m - Ground water at: 1,00 m

Footing width: 1 m - Foundation pressure: 1000 kPa

Relative density for Sands (%)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Normaly consolidated sands	Gibbs & Holtz (1957)	56,60	506,21	
Normaly consolidated silica sand	Meyerhof (1956)	58,14	520,06	
Coarse sands	Peck & Bazaraa (1969)	46,42	415,24	
Ottawa sand	Marcuson & Bieganousky (1977)	n/a	434,45	
Normaly consolidated sands	Skempton (1986)		437,09	
Gravely soils	Yosida & Ikemi (1988)			
	1. fine sands	62,69	762,00	
	2. gravel fraction 25%	51,29	623,45	
	3. gravel fraction 50%	49,77	342,26	
	4. average for all sands	56,02	420,47	
Sands	Idriss & Boulanger (2003)			520,87

Friction angle for cohesionless soils (°)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	41,97	176,79	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	36,97	171,79	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	31,97	166,79	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	36,91	210,96	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	37,15	173,36	
Sandy	Japan Road Association (1990)	33,97	184,71	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			158,63
Sandy	Meyerhof (1959)	36,40	91,07	

Stress-strain modulus Es (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Normaly consolidated sands	Tan et al. (1991) - 1	19500	967500
	Tan et al. (1991) - 2	47671	113401
	Bowles (1996)	34293	320362
	Bowles (1996)	144000	12567168
	Japanese Design Standards	9750	527382
Saturated sands	Bowles (1996)	62400	4992000
Overconsolidated sands	D' Appolonia et al. (1970)	65200	2056000
	Tan et al. (1991)	36000	1458000
	Tan et al. (1991) from 1	275772	13682516
	Tan et al. (1991) from 2	674167	1603735
Gravelly sands	Tan et al. (1991)	20000	1157600
	Bowles (1996)	36000	2520634
Silty sand	Tan et al. (1991)	12480	619200
	Tan et al. (1991)	9000	577800
Sandy	Papadopoulos (1987)	26700	1543500

Undrained cohesive strength S_u (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Cohesive soils	Terzaghi & Peck (1967)	152,77	12321,39
	Parcher & Means (1968)	156,45	12629,82
	Bowles (1968)	179,86	-68356,97
	Tschebotarioff (1973)	287,28	22982,40
Clays of low plasticity and clayey silts	Sowers	176,52	14121,65
Clays of medium plasticity	Sowers	353,04	28243,30
Clays of high plasticity	Sowers	611,94	48955,05

Shear waves velocity V_S (m/sec)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Schmertmann (1978)	360	28800
Clay	Seed et al. (1986)	225	475
Fine sand	Seed et al. (1986)	246	518
Medium sand	Seed et al. (1986)	241	508
Coarse sand	Seed et al. (1986)	250	527
Sand and gravel	Seed et al. (1986)	259	546
Gravel	Seed et al. (1986)	327	689
Clay	Jamiolkowski (1988)	175	368
Fine sand	Jamiolkowski (1988)	191	401
Medium sand	Jamiolkowski (1988)	187	394
Coarse sand	Jamiolkowski (1988)	194	409
Sand and gravel	Jamiolkowski (1988)	201	423
Gravel	Jamiolkowski (1988)	253	534
Fine sand	Yoshida et al. (1988)	257	769
25% gravel	Yoshida et al. (1988)	294	879
50% gravel	Yoshida et al. (1988)	315	941
All soils	Yoshida et al. (1988)	289	863

Settlements in sand (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	7,79	0,10
	Duncan & Buchignani (1976)	5,89	0,07
	Parry (1977)	1,25	0,02
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	1,99	0,00
	2. O.C. sands **	0,66	0,00
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	1,99	0,00
	2. O.C. sands **	0,66	0,00

* Normal Consolidated
** Over Consolidated

Bearing capacity of sand (kPa)

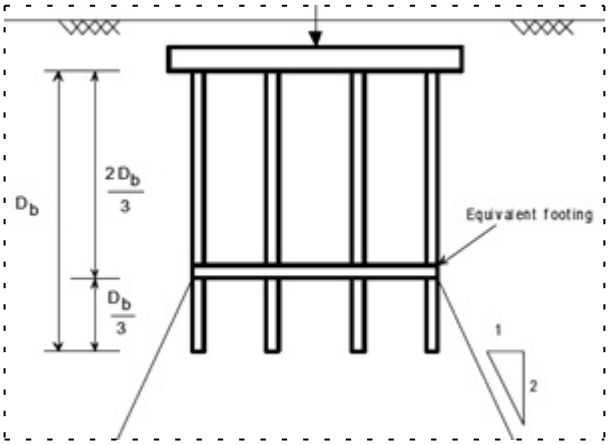
Soil Type	Reference		N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) [1,3]	q_{ult}	31017,60	
		q_{allow}	103,39	
	Terzaghi (1943) [1,3]		q_{ult}	2,07
			q_{allow}	0,01
	Eurocode (2005) [1]			
	Design Approach 1			1,38
	Design Approach 2			3,32
	Burland & Burbridge (1984) [2]			
	Inducing mean-sigma stress			31373410,27
	Inducing mean stress			57884425,71
	Inducing mean+sigma stress			106797658,00

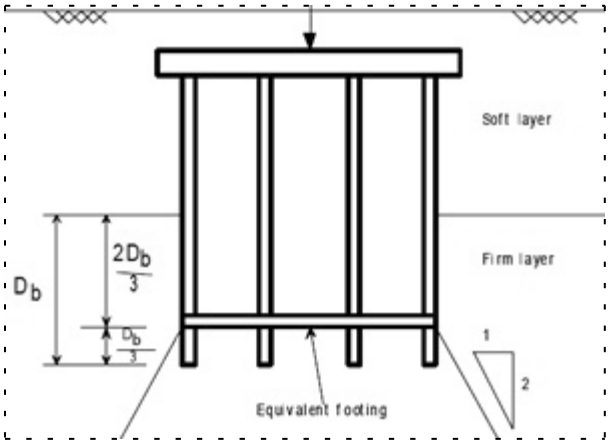
[1] : Friction angle used according to Hatanaka & Uchida (1996)
[2] : Calculations for allowable settlement = 25.00 (mm)
[3] : Factor of safety for allowable pressure = 300

Settlement of pile group (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Saturated sands	Meyerhof (1976)	2,48	0,03
	Meyerhof (1976)	4,96	0,06

D_b: 15,00 (m)





GeoLogismiki
P.O. Box 33539, 621 25 Serrai, Greece
Url : http://www.geologismiki.gr - Email : support@geologismiki.gr

SPTCorr software v.2.0
Correlation of Standard Penetration Test blows count with several soil properties

Field SPT value: 24,5 - Test depth at : 25,00 m - Ground water at: 1,00 m

Footing width: 1 m - Foundation pressure: 1000 kPa

Relative density for Sands (%)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Normaly consolidated sands	Gibbs & Holtz (1957)	57,18	511,45	
Normaly consolidated silica sand	Meyerhof (1956)	58,75	525,45	
Coarse sands	Peck & Bazaraa (1969)	46,91	419,54	
Ottawa sand	Marcuson & Bieganousky (1977)	n/a	441,31	
Normaly consolidated sands	Skempton (1986)		441,62	
Gravely soils	Yosida & Ikemi (1988)			
	1. fine sands	63,43	771,01	
	2. gravel fraction 25%	51,90	630,83	
	3. gravel fraction 50%	50,23	345,38	
	4. average for all sands	56,55	424,47	
Sands	Idriss & Boulanger (2003)			526,27

Friction angle for cohesionless soils (°)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	42,15	178,36	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	37,15	173,36	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	32,15	168,36	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	37,14	212,99	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	37,32	174,95	
Sandy	Japan Road Association (1990)	34,17	186,46	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			160,07
Sandy	Meyerhof (1959)	36,48	91,67	

Stress-strain modulus Es (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Normaly consolidated sands	Tan et al. (1991) - 1	19750	987500
	Tan et al. (1991) - 2	47980	113710
	Bowles (1996)	34648	323682
	Bowles (1996)	147000	12828984
	Japanese Design Standards	9875	538291
Saturated sands	Bowles (1996)	63700	5096000
Overconsolidated sands	D' Appolonia et al. (1970)	65725	2098000
	Tan et al. (1991)	36375	1488000
	Tan et al. (1991) from 1	279307	13965359
	Tan et al. (1991) from 2	678541	1608109
Gravelly sands	Tan et al. (1991)	20300	1181600
	Bowles (1996)	36600	2572997
Silty sand	Tan et al. (1991)	12640	632000
	Tan et al. (1991)	9150	589800
Sandy	Papadopoulos (1987)	27100	1575500

Undrained cohesive strength S_u (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Cohesive soils	Terzaghi & Peck (1967)	155,98	12578,12
	Parcher & Means (1968)	159,74	12892,97
	Bowles (1968)	183,36	-71565,77
	Tschebotarioff (1973)	293,26	23461,20
Clays of low plasticity and clayey silts	Sowers	180,20	14415,85
Clays of medium plasticity	Sowers	360,40	28831,70
Clays of high plasticity	Sowers	624,69	49974,94

Shear waves velocity V_S (m/sec)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Schmertmann (1978)	368	29400
Clay	Seed et al. (1986)	226	477
Fine sand	Seed et al. (1986)	247	519
Medium sand	Seed et al. (1986)	242	510
Coarse sand	Seed et al. (1986)	251	529
Sand and gravel	Seed et al. (1986)	260	548
Gravel	Seed et al. (1986)	328	691
Clay	Jamiolkowski (1988)	175	370
Fine sand	Jamiolkowski (1988)	191	403
Medium sand	Jamiolkowski (1988)	188	395
Coarse sand	Jamiolkowski (1988)	195	410
Sand and gravel	Jamiolkowski (1988)	202	425
Gravel	Jamiolkowski (1988)	254	536
Fine sand	Yoshida et al. (1988)	258	773
25% gravel	Yoshida et al. (1988)	295	883
50% gravel	Yoshida et al. (1988)	316	946
All soils	Yoshida et al. (1988)	290	867

Settlements in sand (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	7,63	0,10
	Duncan & Buchignani (1976)	5,76	0,07
	Parry (1977)	1,22	0,02
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	1,93	0,00
	2. O.C. sands **	0,64	0,00
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	1,93	0,00
	2. O.C. sands **	0,64	0,00

* Normal Consolidated
** Over Consolidated

Bearing capacity of sand (kPa)

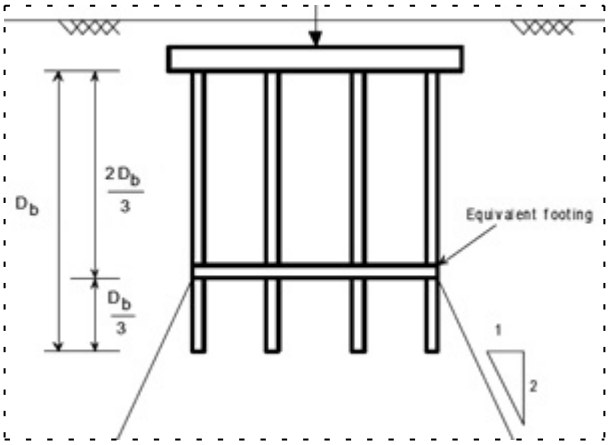
Soil Type	Reference		N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) [1,3]	q_{ult}	31663,80	
		q_{allow}	105,55	
	Terzaghi (1943) [1,3]		q_{ult}	1,80
			q_{allow}	0,01
	Eurocode (2005) [1]			
	Design Approach 1			1,20
	Design Approach 2			2,98
	Burland & Burbridge (1984) [2]			
	Inducing mean-sigma stress			32292265,06
	Inducing mean stress			59579726,95
	Inducing mean+sigma stress			109925514,90

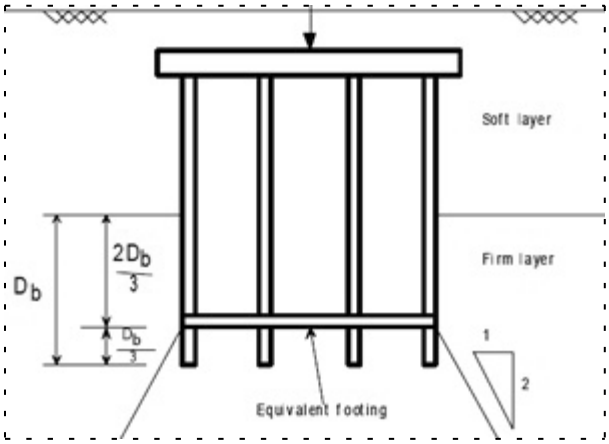
[1] : Friction angle used according to Hatanaka & Uchida (1996)
[2] : Calculations for allowable settlement = 25.00 (mm)
[3] : Factor of safety for allowable pressure = 300

Settlement of pile group (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Saturated sands	Meyerhof (1976)	2,43	0,03
	Meyerhof (1976)	4,85	0,06

D_b: 15,00 (m)





GeoLogismiki
P.O. Box 33539, 621 25 Serrai, Greece
Url : http://www.geologismiki.gr - Email : support@geologismiki.gr

SPTCorr software v.2.0
Correlation of Standard Penetration Test blows count with several soil properties

Field SPT value: 23 - Test depth at : 25,00 m - Ground water at: 1,00 m

Footing width: 1 m - Foundation pressure: 1000 kPa

Relative density for Sands (%)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Normaly consolidated sands	Gibbs & Holtz (1957)	55,40	495,55	
Normaly consolidated silica sand	Meyerhof (1956)	56,92	509,11	
Coarse sands	Peck & Bazaraa (1969)	45,45	406,49	
Ottawa sand	Marcuson & Bieganousky (1977)	n/a	420,41	
Normaly consolidated sands	Skempton (1986)		427,88	
Gravely soils	Yosida & Ikemi (1988)			
	1. fine sands	61,19	743,74	
	2. gravel fraction 25%	50,06	608,51	
	3. gravel fraction 50%	48,85	335,91	
	4. average for all sands	54,93	412,31	
Sands	Idriss & Boulanger (2003)			509,90

Friction angle for cohesionless soils (°)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	41,61	173,59	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	36,61	168,59	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	31,61	163,59	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	36,45	206,83	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	36,79	170,13	
Sandy	Japan Road Association (1990)	33,57	181,13	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			155,71
Sandy	Meyerhof (1959)	36,24	89,85	

Stress-strain modulus Es (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Normaly consolidated sands	Tan et al. (1991) - 1	19000	927500
	Tan et al. (1991) - 2	47032	112763
	Bowles (1996)	33571	313617
	Bowles (1996)	138000	12043536
	Japanese Design Standards	9500	505564
Saturated sands	Bowles (1996)	59800	4784000
Overconsolidated sands	D' Appolonia et al. (1970)	64150	1972000
	Tan et al. (1991)	35250	1398000
	Tan et al. (1991) from 1	268701	13116831
	Tan et al. (1991) from 2	665139	1594707
Gravelly sands	Tan et al. (1991)	19400	1109600
	Bowles (1996)	34800	2415907
Silty sand	Tan et al. (1991)	12160	593600
	Tan et al. (1991)	8700	553800
Sandy	Papadopoulos (1987)	25900	1479500

Undrained cohesive strength S_u (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Cohesive soils	Terzaghi & Peck (1967)	146,35	11807,95
	Parcher & Means (1968)	149,87	12103,52
	Bowles (1968)	172,82	-62157,91
	Tschebotarioff (1973)	275,31	22024,80
Clays of low plasticity and clayey silts	Sowers	169,17	13533,25
Clays of medium plasticity	Sowers	338,33	27066,49
Clays of high plasticity	Sowers	586,44	46915,25

Shear waves velocity V_S (m/sec)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Schmertmann (1978)	345	27600
Clay	Seed et al. (1986)	224	471
Fine sand	Seed et al. (1986)	244	514
Medium sand	Seed et al. (1986)	240	504
Coarse sand	Seed et al. (1986)	248	523
Sand and gravel	Seed et al. (1986)	257	542
Gravel	Seed et al. (1986)	325	684
Clay	Jamiolkowski (1988)	174	366
Fine sand	Jamiolkowski (1988)	189	398
Medium sand	Jamiolkowski (1988)	186	391
Coarse sand	Jamiolkowski (1988)	193	406
Sand and gravel	Jamiolkowski (1988)	200	420
Gravel	Jamiolkowski (1988)	252	530
Fine sand	Yoshida et al. (1988)	254	761
25% gravel	Yoshida et al. (1988)	291	869
50% gravel	Yoshida et al. (1988)	311	931
All soils	Yoshida et al. (1988)	285	854

Settlements in sand (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	8,13	0,10
	Duncan & Buchignani (1976)	6,17	0,07
	Parry (1977)	1,30	0,02
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	2,11	0,00
	2. O.C. sands **	0,70	0,00
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	2,11	0,00
	2. O.C. sands **	0,70	0,00

* Normal Consolidated
** Over Consolidated

Bearing capacity of sand (kPa)

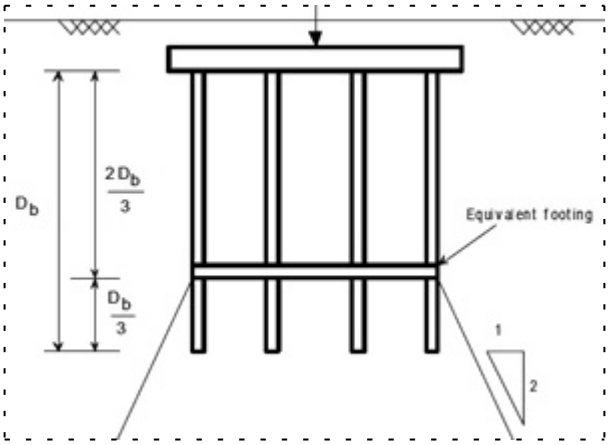
Soil Type	Reference		N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) [1,3]	q_{ult}	29725,20	
		q_{allow}	99,08	
	Terzaghi (1943) [1,3]		q_{ult}	2,70
			q_{allow}	0,01
	Eurocode (2005) [1]			
	Design Approach 1			1,80
	Design Approach 2			4,04
	Burland & Burbridge (1984) [2]			
	Inducing mean-sigma stress			29558674,89
	Inducing mean stress			54536210,95
	Inducing mean+sigma stress			100620150,10

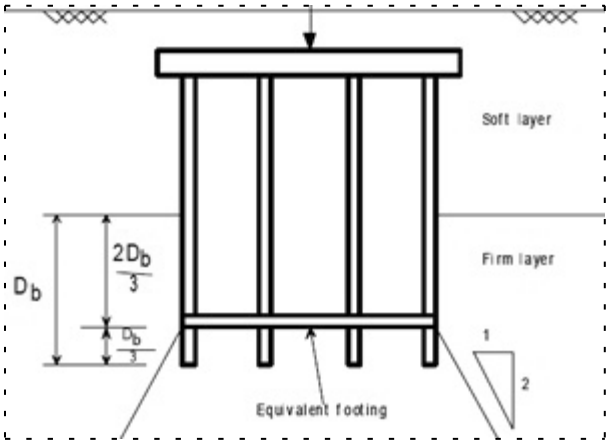
[1] : Friction angle used according to Hatanaka & Uchida (1996)
[2] : Calculations for allowable settlement = 25.00 (mm)
[3] : Factor of safety for allowable pressure = 300

Settlement of pile group (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Saturated sands	Meyerhof (1976)	2,59	0,03
	Meyerhof (1976)	5,17	0,06

D_b: 15,00 (m)





GeoLogismiki
P.O. Box 33539, 621 25 Serrai, Greece
Url : http://www.geologismiki.gr - Email : support@geologismiki.gr

SPTCorr software v.2.0
Correlation of Standard Penetration Test blows count with several soil properties

Field SPT value: 20 - Test depth at : 25,00 m - Ground water at: 1,00 m

Footing width: 1 m - Foundation pressure: 1000 kPa

Relative density for Sands (%)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Normaly consolidated sands	Gibbs & Holtz (1957)	51,66	462,10	
Normaly consolidated silica sand	Meyerhof (1956)	53,08	474,75	
Coarse sands	Peck & Bazaraa (1969)	42,38	379,06	
Ottawa sand	Marcuson & Bieganousky (1977)	n/a	375,20	
Normaly consolidated sands	Skempton (1986)		399,00	
Gravely soils	Yosida & Ikemi (1988)			
	1. fine sands	56,50	686,79	
	2. gravel fraction 25%	46,23	561,92	
	3. gravel fraction 50%	45,94	315,87	
	4. average for all sands	51,51	386,64	
Sands	Idriss & Boulanger (2003)			475,49

Friction angle for cohesionless soils (°)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}	$N_{1,60}$
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	40,49	163,56	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	35,49	158,56	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	30,49	153,56	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	35,00	193,89	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	35,65	160,00	
Sandy	Japan Road Association (1990)	32,32	169,92	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			146,55
Sandy	Meyerhof (1959)	35,73	86,00	

Stress-strain modulus Es (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Normaly consolidated sands	Tan et al. (1991) - 1	17500	807500
	Tan et al. (1991) - 2	44936	110666
	Bowles (1996)	31305	292449
	Bowles (1996)	120000	10472640
	Japanese Design Standards	8750	440110
Saturated sands	Bowles (1996)	52000	4160000
Overconsolidated sands	D' Appolonia et al. (1970)	61000	1720000
	Tan et al. (1991)	33000	1218000
	Tan et al. (1991) from 1	247487	11419775
	Tan et al. (1991) from 2	635491	1565059
Gravelly sands	Tan et al. (1991)	17600	965600
	Bowles (1996)	31200	2101728
Silty sand	Tan et al. (1991)	11200	516800
	Tan et al. (1991)	7800	481800
Sandy	Papadopoulos (1987)	23500	1287500

Undrained cohesive strength S_u (kPa)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Cohesive soils	Terzaghi & Peck (1967)	127,10	10267,62
	Parcher & Means (1968)	130,14	10524,61
	Bowles (1968)	151,44	-45309,04
	Tschebotarioff (1973)	239,40	19152,00
Clays of low plasticity and clayey silts	Sowers	147,10	11768,04
Clays of medium plasticity	Sowers	294,20	23536,08
Clays of high plasticity	Sowers	509,95	40795,87

Shear waves velocity V_S (m/sec)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Schmertmann (1978)	300	24000
Clay	Seed et al. (1986)	219	460
Fine sand	Seed et al. (1986)	238	502
Medium sand	Seed et al. (1986)	234	493
Coarse sand	Seed et al. (1986)	243	511
Sand and gravel	Seed et al. (1986)	251	529
Gravel	Seed et al. (1986)	317	668
Clay	Jamiolkowski (1988)	169	357
Fine sand	Jamiolkowski (1988)	185	389
Medium sand	Jamiolkowski (1988)	181	382
Coarse sand	Jamiolkowski (1988)	188	396
Sand and gravel	Jamiolkowski (1988)	195	411
Gravel	Jamiolkowski (1988)	246	518
Fine sand	Yoshida et al. (1988)	246	734
25% gravel	Yoshida et al. (1988)	281	839
50% gravel	Yoshida et al. (1988)	301	899
All soils	Yoshida et al. (1988)	276	824

Settlements in sand (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	9,35	0,12
	Duncan & Buchignani (1976)	7,17	0,08
	Parry (1977)	1,50	0,02
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	2,56	0,01
	2. O.C. sands **	0,85	0,00
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	2,56	0,01
	2. O.C. sands **	0,85	0,00

* Normal Consolidated
** Over Consolidated

Bearing capacity of sand (kPa)

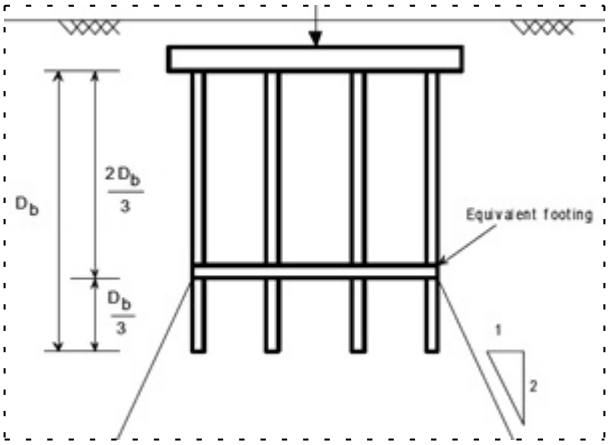
Soil Type	Reference		N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) [1,3]	q_{ult}	25848,00	
		q_{allow}	86,16	
	Terzaghi (1943) [1,3]		q_{ult}	5,33
			q_{allow}	0,02
	Eurocode (2005) [1]			
	Design Approach 1			3,55
	Design Approach 2			6,54
	Burland & Burbridge (1984) [2]			
	Inducing mean-sigma stress			24305691,67
	Inducing mean stress			44844375,91
	Inducing mean+sigma stress			82738565,01

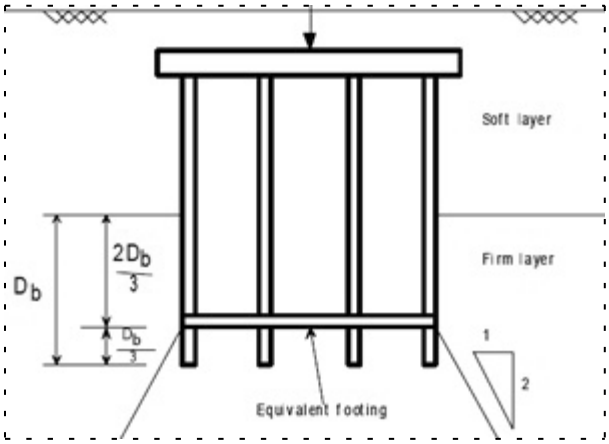
[1] : Friction angle used according to Hatanaka & Uchida (1996)
[2] : Calculations for allowable settlement = 25.00 (mm)
[3] : Factor of safety for allowable pressure = 300

Settlement of pile group (cm)

Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Saturated sands	Meyerhof (1976)	2,97	0,04
	Meyerhof (1976)	5,95	0,07

D_b: 15,00 (m)





Ek 3. Kuyu İnklinometre Verileri

Inclinalysis TextView Data Output

Borehole	**SK_1**
Project	**ÇANKIRI HEYELAN ALANI**
File Name	SK_1(1).csv
Reading Date/Time	13 Apr 2018 19:46:24
Base File	SK_1(1).csv
Base Reading Date/Time	13.3.2018 13:54
Hole Depth	-15.0 meters
Depth Interval	0.5 meters
Reading Units	mm
Spiral Correction	N/A
Bias Correction	N/A
TextView Data Type	Incremental

	BAZ OKUMA_13.MART.2018		1. ÖLÇÜM_26
Depth	**Incremental A**	**Incremental B**	**Incremental A**
meters	**mm**	**mm**	**mm**
0,00	0,000	0,000	0,000
-0,50	0,000	0,000	31,867
-1,00	0,000	0,000	31,428
-1,50	0,000	0,000	32,567
-2,00	0,000	0,000	34,563
-2,50	0,000	0,000	36,570
-3,00	0,000	0,000	38,263
-3,50	0,000	0,000	39,451
-4,00	0,000	0,000	40,517
-4,50	0,000	0,000	40,757
-5,00	0,000	0,000	40,267
-5,50	0,000	0,000	37,598
-6,00	0,000	0,000	35,686
-6,50	0,000	0,000	35,016
-7,00	0,000	0,000	36,053
-7,50	0,000	0,000	34,023
-8,00	0,000	0,000	33,718
-8,50	0,000	0,000	32,212
-9,00	0,000	0,000	30,204
-9,50	0,000	0,000	29,206
-10,00	0,000	0,000	27,027
-10,50	0,000	0,000	24,516
-11,00	0,000	0,000	30,621
-11,50	0,000	0,000	25,833
-12,00	0,000	0,000	24,246
-12,50	0,000	0,000	25,194
-13,00	0,000	0,000	25,960
-13,50	0,000	0,000	26,197
-14,00	0,000	0,000	23,691
-14,50	0,000	0,000	23,687
-15,00	0,000	0,000	23,696

6.MART.2018	2.ÖLÇÜM_13.NİSAN.2018	
Incremental B	Incremental A	Incremental B
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
-36,837	30,595	-37,943
-35,887	30,293	-37,138
-35,564	31,536	-36,755
-35,334	33,849	-36,071
-35,573	36,419	-36,350
-34,962	38,254	-34,911
-33,944	39,596	-33,529
-33,885	40,784	-33,337
-34,485	41,157	-33,856
-34,342	40,563	-33,738
-33,933	37,704	-33,410
-33,183	35,731	-32,764
-31,643	35,080	-31,404
-33,275	36,219	-33,189
-33,767	34,071	-33,672
-34,482	33,907	-34,389
-33,849	32,692	-33,537
-33,175	30,304	-33,207
-33,499	29,175	-33,615
-33,448	26,873	-33,529
-32,854	24,426	-32,912
-30,665	36,357	-29,675
-32,572	27,249	-32,519
-33,863	24,193	-33,882
-35,132	25,251	-35,070
-37,353	25,964	-37,328
-40,221	26,252	-40,319
-40,853	23,584	-40,748
-40,852	23,582	-40,748
-40,855	23,590	-40,747

RST Instruments Ltd.

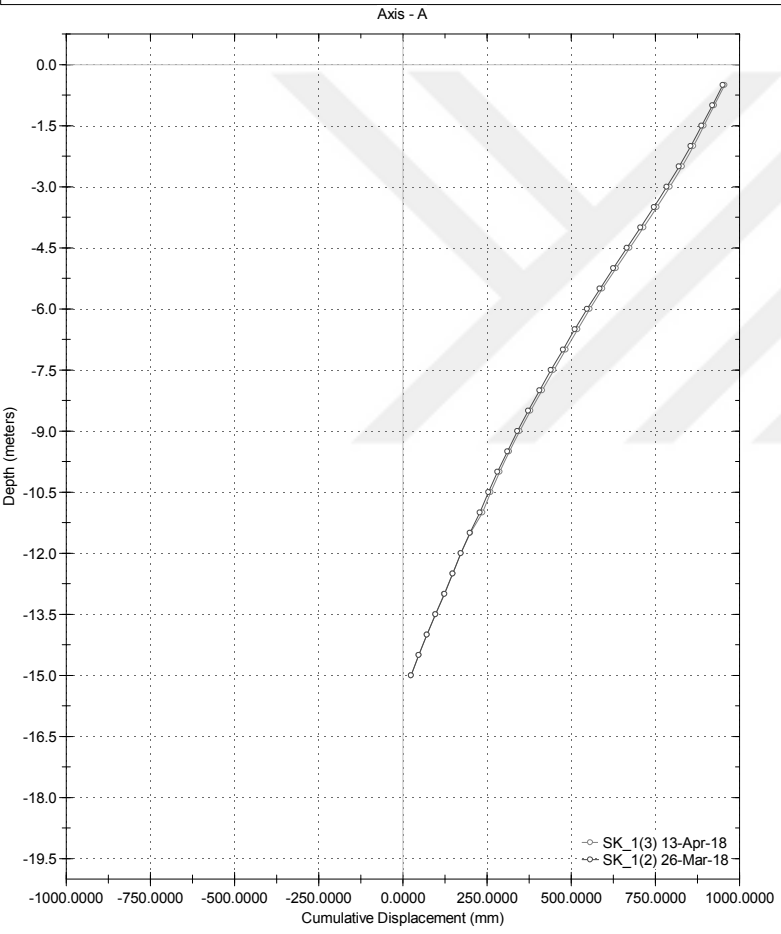
CUMULATIVE DISPLACEMENT

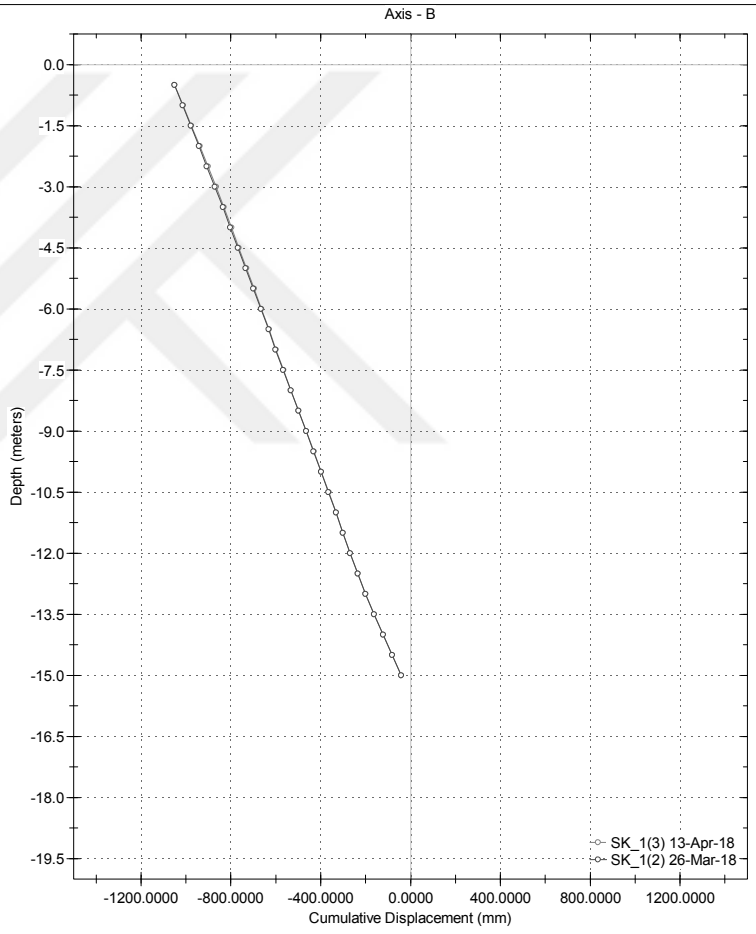
Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_1
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

JETZEMİN MÜHENDİSLİK İNŞAAT SAN.ve TİC.LTD.ŞTİ.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 13:54
Applied Azimuth : 0.0 degrees





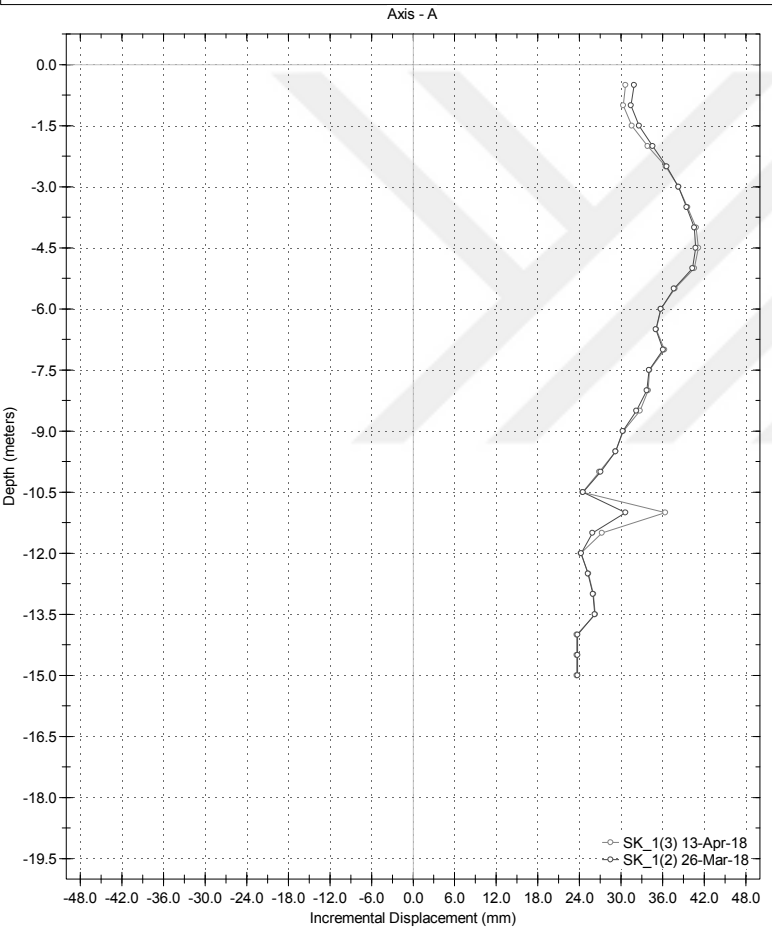
RST Instruments Ltd.

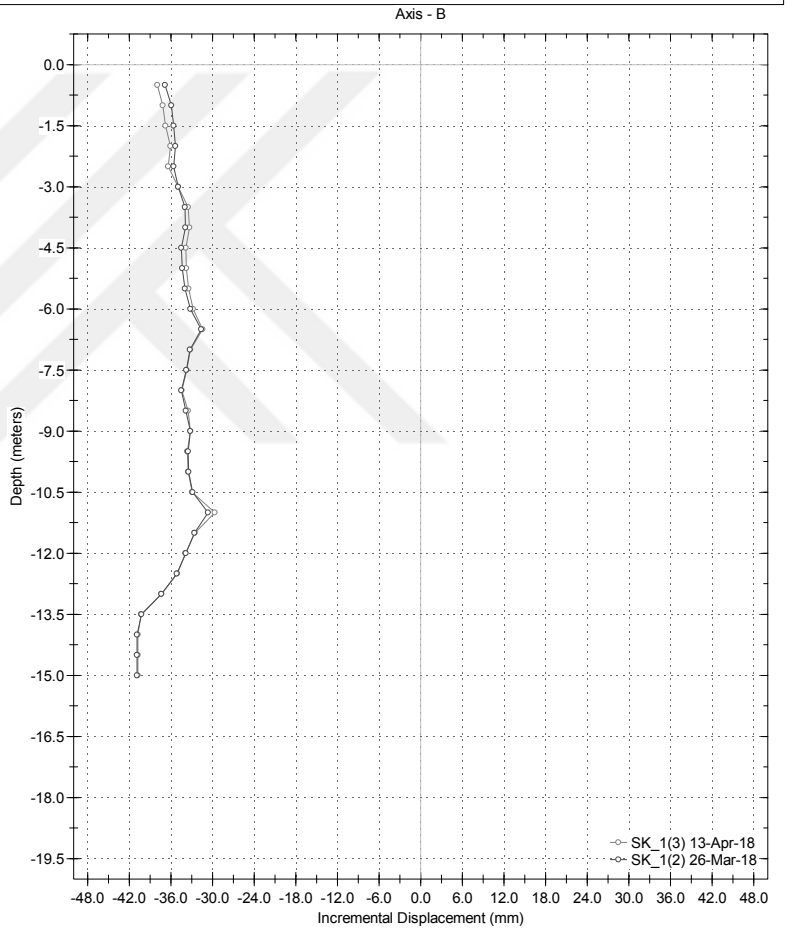
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_1
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 13:54
Applied Azimuth : 0.0 degrees





RST Instruments Ltd.

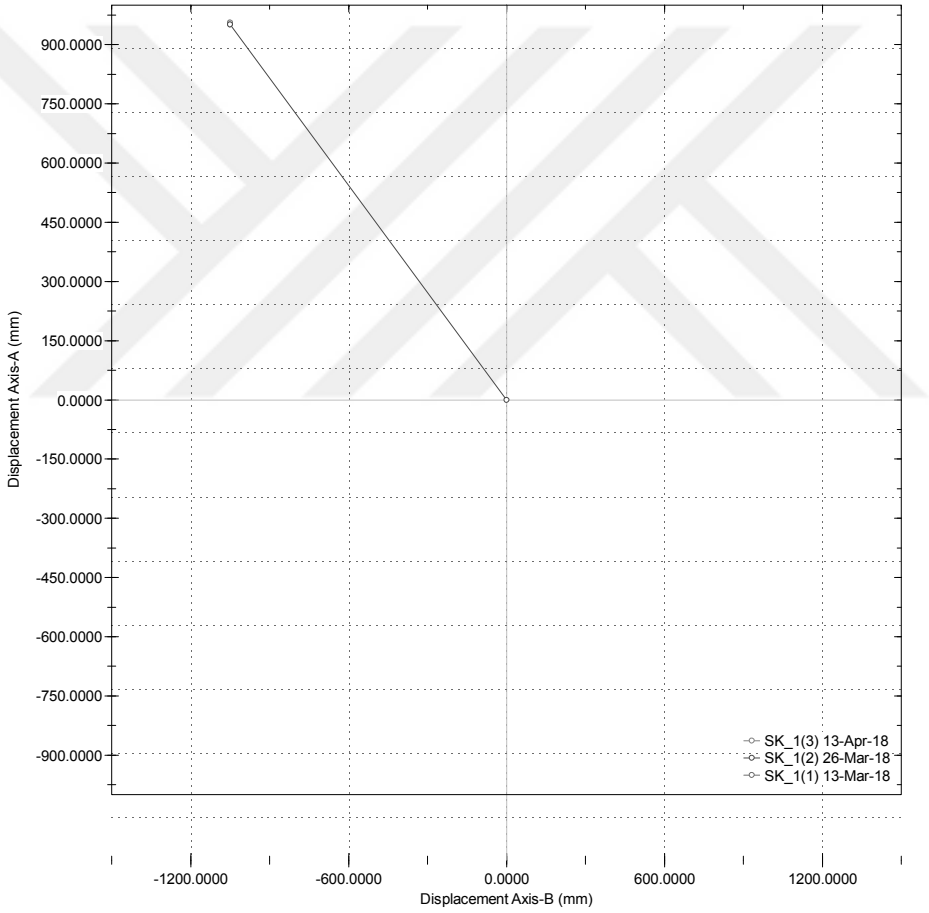
Borehole : SK_1
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

VECTOR PLOT
Movement - Magnitude and Direction

Inclinalysis v. 2.47.5

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 0.5 - 15.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Latest Reading : 2018 Apr 13 19:46
Initial Reading : 2018 Mar 13 13:54
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Vector Plot : 0.5 - 15.0 meters



Inclinalysis TextView Data Output

Borehole	**SK_2**
Project	**ÇANKIRI HEYELAN ALANI**
File Name	SK_2(1).csv
Reading Date/Time	13 Apr 2018 19:33:19
Base File	SK_2(1).csv
Base Reading Date/Time	13.3.2018 13:38
Hole Depth	-15.0 meters
Depth Interval	0.5 meters
Reading Units	mm
Spiral Correction	N/A
Bias Correction	N/A
TextView Data Type	Incremental

	BAZ OKUMA_13.MART.2018		1. ÖLÇÜM 26
Depth	**Incremental A**	**Incremental B**	**Incremental A**
meters	**mm**	**mm**	**mm**
0,00	0,000	0,000	0,000
-0,50	0,000	0,000	-35,444
-1,00	0,000	0,000	-35,362
-1,50	0,000	0,000	-35,318
-2,00	0,000	0,000	-36,189
-2,50	0,000	0,000	-37,376
-3,00	0,000	0,000	-37,875
-3,50	0,000	0,000	-38,621
-4,00	0,000	0,000	-40,257
-4,50	0,000	0,000	-41,664
-5,00	0,000	0,000	-40,479
-5,50	0,000	0,000	-38,018
-6,00	0,000	0,000	-36,594
-6,50	0,000	0,000	-35,699
-7,00	0,000	0,000	-35,846
-7,50	0,000	0,000	-33,643
-8,00	0,000	0,000	-33,592
-8,50	0,000	0,000	-32,009
-9,00	0,000	0,000	-30,259
-9,50	0,000	0,000	-29,282
-10,00	0,000	0,000	-27,301
-10,50	0,000	0,000	-24,271
-11,00	0,000	0,000	-27,039
-11,50	0,000	0,000	-24,948
-12,00	0,000	0,000	-24,559
-12,50	0,000	0,000	-25,130
-13,00	0,000	0,000	-25,326
-13,50	0,000	0,000	-25,833
-14,00	0,000	0,000	-25,148
-14,50	0,000	0,000	-25,203
-15,00	0,000	0,000	-24,166

.MART.2018	2.ÖLÇÜM 13.NİSAN.2018	
Incremental B	Incremental A	Incremental B
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
38,639	-35,275	41,388
38,904	-35,502	41,063
38,635	-35,491	39,499
37,824	-36,213	37,773
37,792	-37,462	37,465
35,948	-38,199	35,878
34,246	-38,782	34,165
33,225	-39,699	32,469
34,128	-42,643	33,712
34,325	-40,547	34,331
34,045	-38,188	33,759
33,475	-36,566	33,436
32,573	-35,379	31,771
33,359	-35,145	34,409
33,731	-33,873	34,274
34,336	-33,826	34,483
33,986	-32,178	33,881
33,085	-30,410	32,993
33,431	-29,426	33,388
33,540	-27,423	33,611
32,616	-24,085	32,440
31,241	-27,226	31,144
32,347	-26,699	31,058
33,687	-26,310	32,399
33,712	-26,881	32,423
35,430	-27,075	34,140
37,469	-27,581	36,179
38,937	-26,894	37,646
40,275	-26,951	38,984
40,677	-25,915	39,387

RST Instruments Ltd.

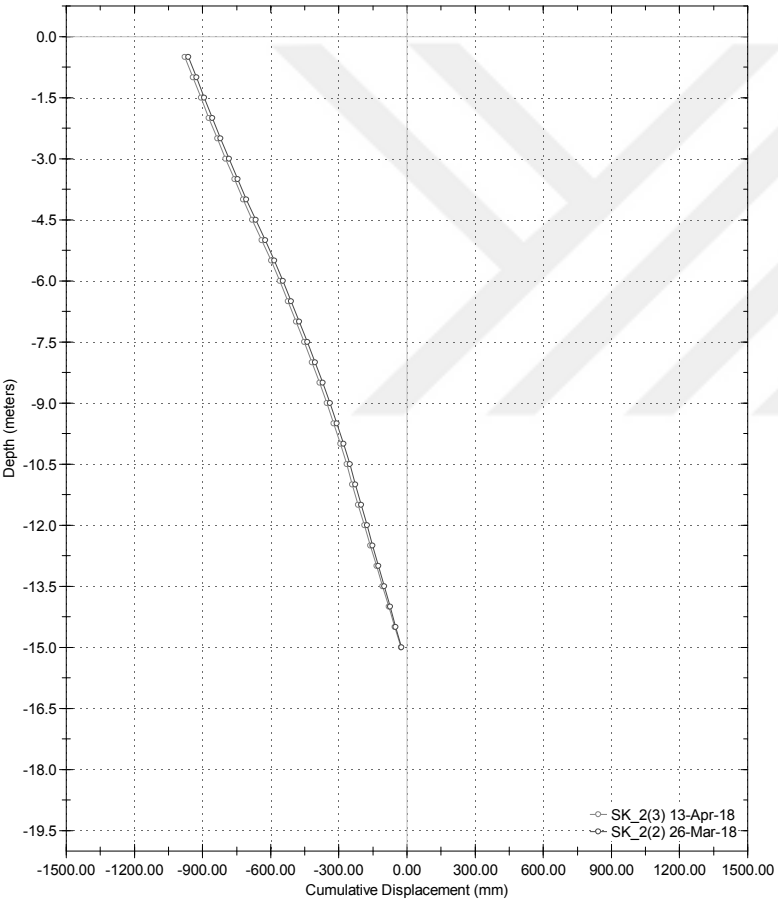
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

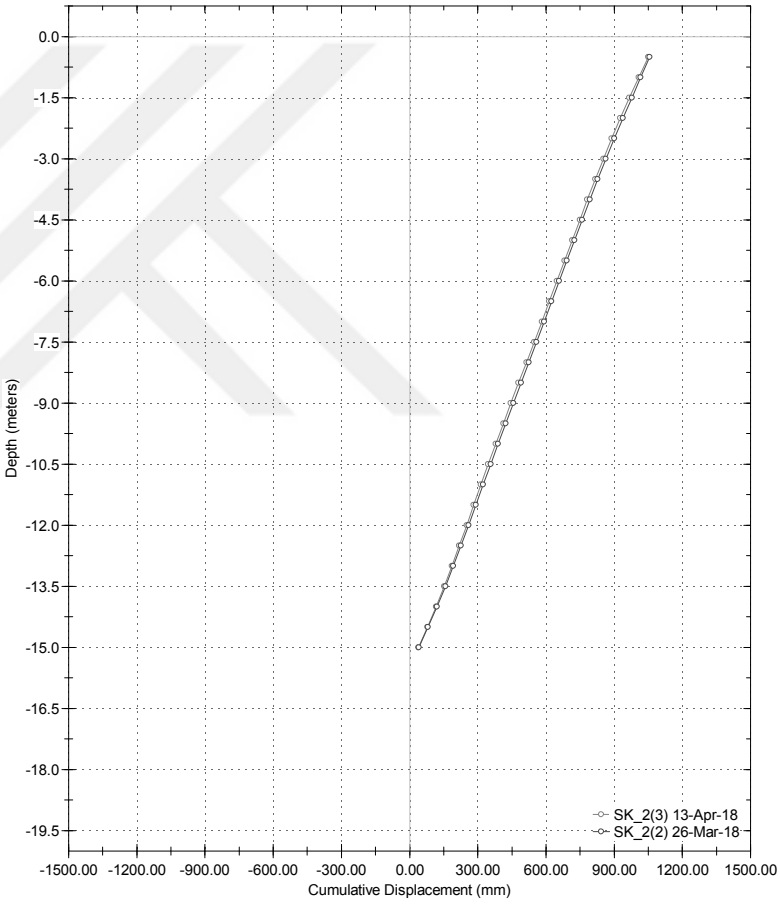
Borehole : SK_2
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 13:38
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



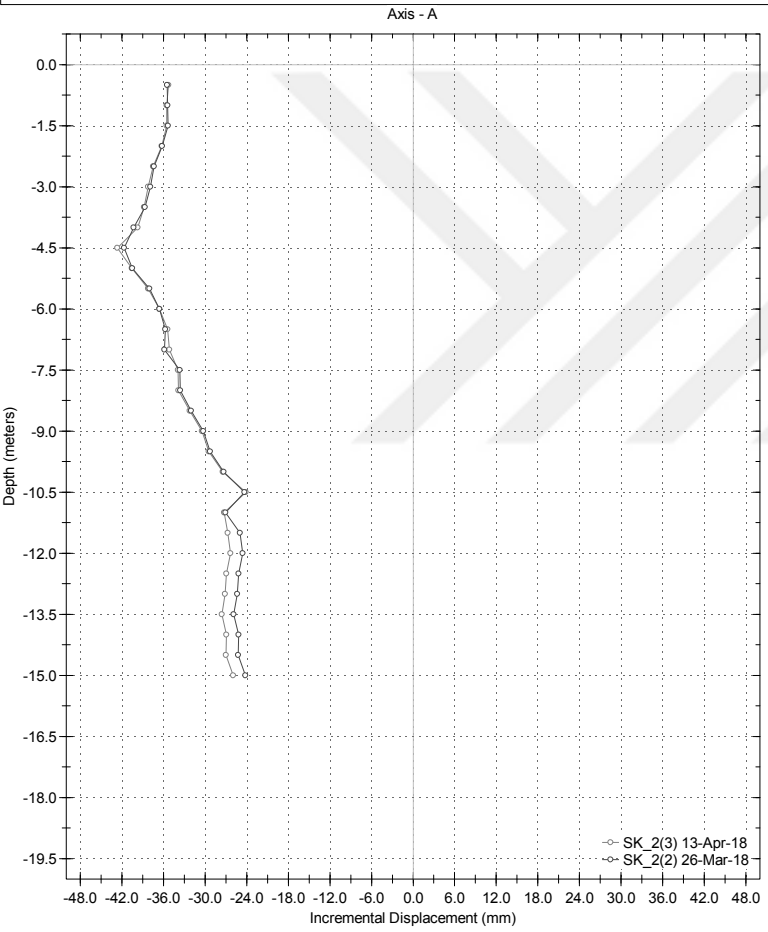
RST Instruments Ltd.

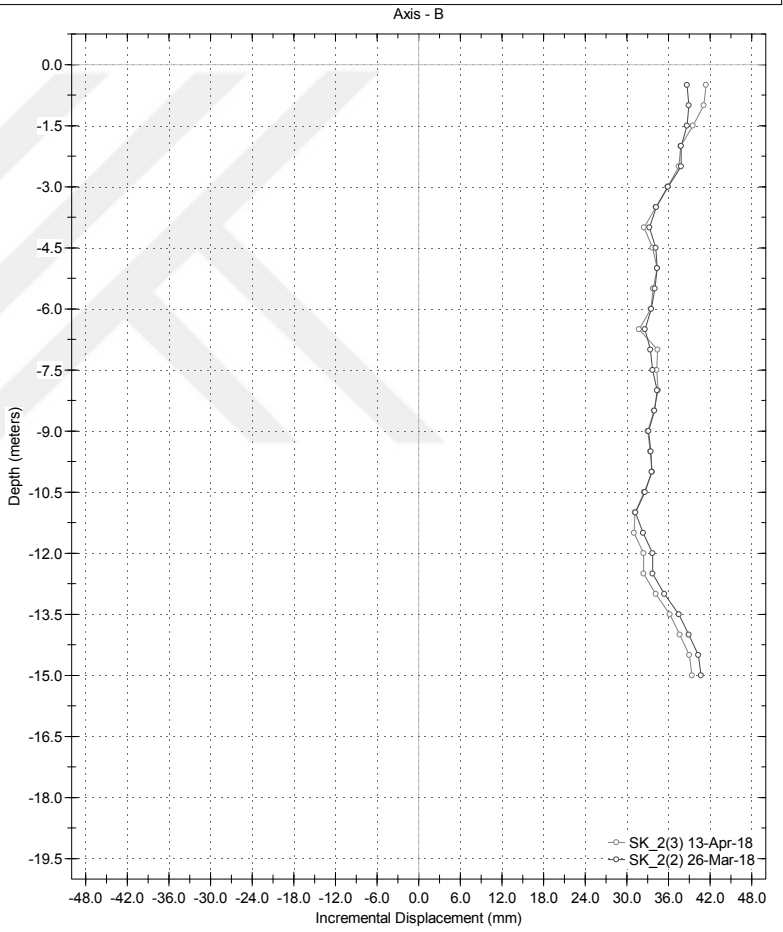
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_2
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 13:38
Applied Azimuth : 0.0 degrees





RST Instruments Ltd.

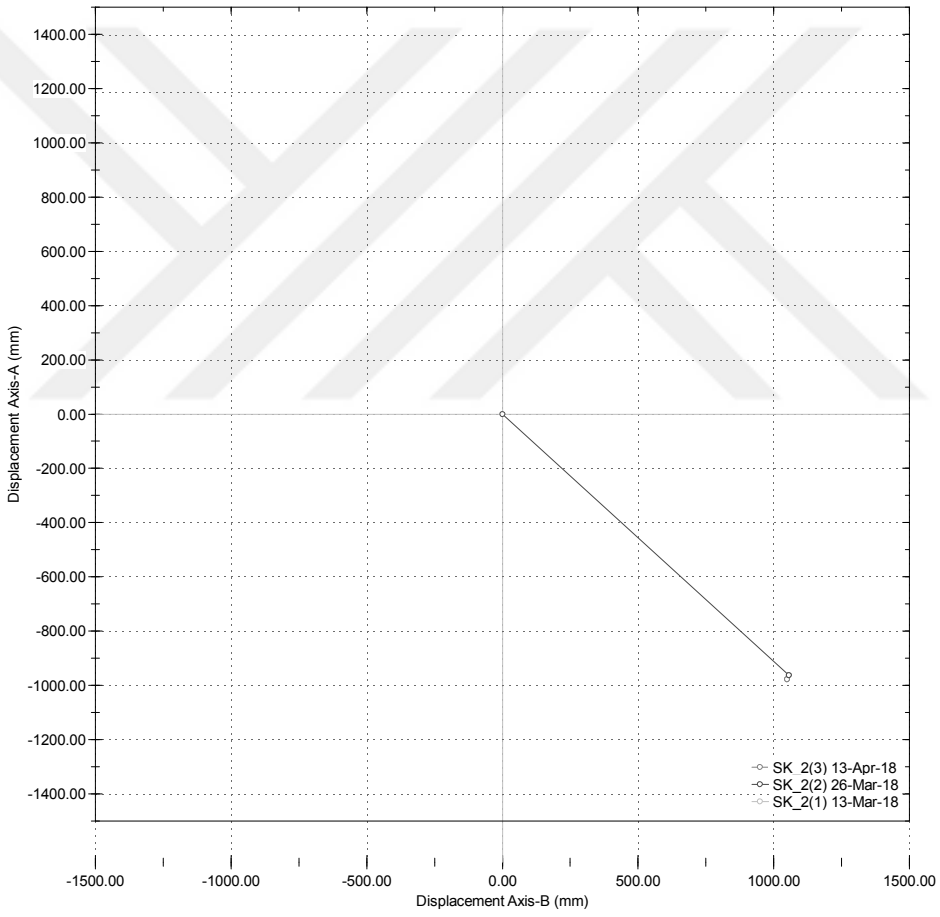
Borehole : SK_2
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

VECTOR PLOT
Movement - Magnitude and Direction

Inclinalysis v. 2.47.5

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 0.5 - 15.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Latest Reading : 2018 Apr 13 19:33
Initial Reading : 2018 Mar 13 13:38
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Vector Plot : 0.5 - 15.0 meters



Inclinalysis TextView Data Output

Borehole	**SK_3**
Project	**ÇANKIRI HEYELAN ALANI**
File Name	SK_3(1).csv
Reading Date/Time	13 Apr 2018 19:13:51
Base File	SK_3(1).csv
Base Reading Date/Time	13.3.2018 12:39
Hole Depth	-20.0 meters
Depth Interval	0.5 meters
Reading Units	mm
Spiral Correction	N/A
Bias Correction	N/A
TextView Data Type	Incremental

	BAZ OKUMA_13.MART.2018		1. ÖLÇÜM_2
Depth	**Incremental A**	**Incremental B**	**Incremental A**
meters	**mm**	**mm**	**mm**
0,00	0,000	0,000	0,000
-0,50	0,000	0,000	-2,035
-1,00	0,000	0,000	-0,828
-1,50	0,000	0,000	0,036
-2,00	0,000	0,000	-0,036
-2,50	0,000	0,000	-0,065
-3,00	0,000	0,000	-0,035
-3,50	0,000	0,000	-0,032
-4,00	0,000	0,000	0,001
-4,50	0,000	0,000	0,072
-5,00	0,000	0,000	0,009
-5,50	0,000	0,000	0,043
-6,00	0,000	0,000	-0,020
-6,50	0,000	0,000	-0,010
-7,00	0,000	0,000	0,045
-7,50	0,000	0,000	-0,066
-8,00	0,000	0,000	0,174
-8,50	0,000	0,000	-0,069
-9,00	0,000	0,000	-0,023
-9,50	0,000	0,000	-0,134
-10,00	0,000	0,000	-0,090
-10,50	0,000	0,000	0,213
-11,00	0,000	0,000	-0,042
-11,50	0,000	0,000	0,086
-12,00	0,000	0,000	-0,164
-12,50	0,000	0,000	0,006
-13,00	0,000	0,000	0,162
-13,50	0,000	0,000	0,120
-14,00	0,000	0,000	0,011
-14,50	0,000	0,000	-0,143
-15,00	0,000	0,000	-0,437
-15,50	0,000	0,000	0,090

-16,00	0,000	0,000	0,444
-16,50	0,000	0,000	-0,061
-17,00	0,000	0,000	0,022
-17,50	0,000	0,000	0,109
-18,00	0,000	0,000	0,112
-18,50	0,000	0,000	0,111
-19,00	0,000	0,000	0,111
-19,50	0,000	0,000	0,111
-20,00	0,000	0,000	0,107

6.MART.2018	2.ÖLÇÜM_13.NİSAN.2018	
Incremental B	Incremental A	Incremental B
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
4,853	-2,076	4,314
2,045	-0,532	2,002
-0,240	0,162	-0,200
0,010	-0,232	-0,090
-0,049	-0,072	-0,074
0,043	-0,151	0,067
0,006	-0,084	0,025
0,011	-0,001	0,023
0,021	0,115	0,022
-0,011	0,019	-0,011
-0,009	0,079	-0,011
0,054	-0,029	0,070
0,004	0,001	0,009
-0,011	0,074	0,001
0,012	-0,108	0,012
0,107	0,302	0,159
-0,134	-0,114	-0,214
0,046	-0,012	0,074
-0,074	-0,157	-0,124
-0,184	-0,127	-0,490
-0,017	0,245	0,213
0,241	-0,040	0,393
-0,127	0,105	-0,182
-0,574	-0,193	-0,799
0,124	-0,009	0,319
0,561	0,178	0,829
0,079	0,195	0,086
-0,119	0,084	-0,171
-0,137	-0,162	-0,188
-0,619	-0,589	-0,873
0,144	0,166	0,254

0,659	0,629	0,917
-0,027	-0,115	-0,092
-0,030	0,059	0,026
0,104	0,209	0,191
0,105	0,212	0,193
0,106	0,211	0,196
0,104	0,212	0,195
0,104	0,212	0,193
0,105	0,208	0,195

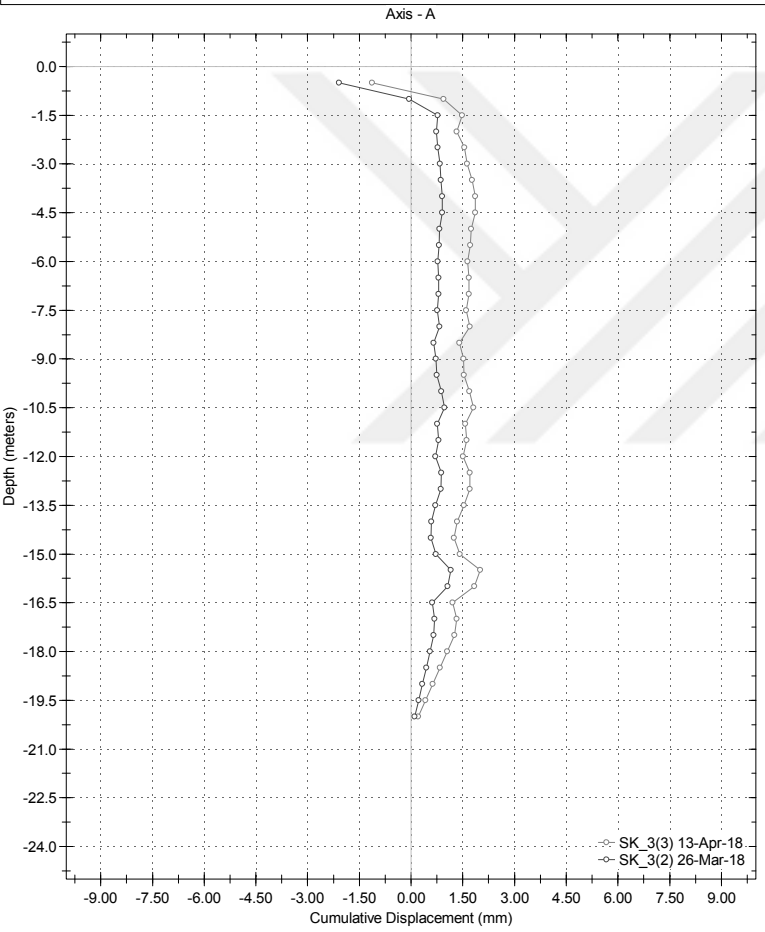
RST Instruments Ltd.

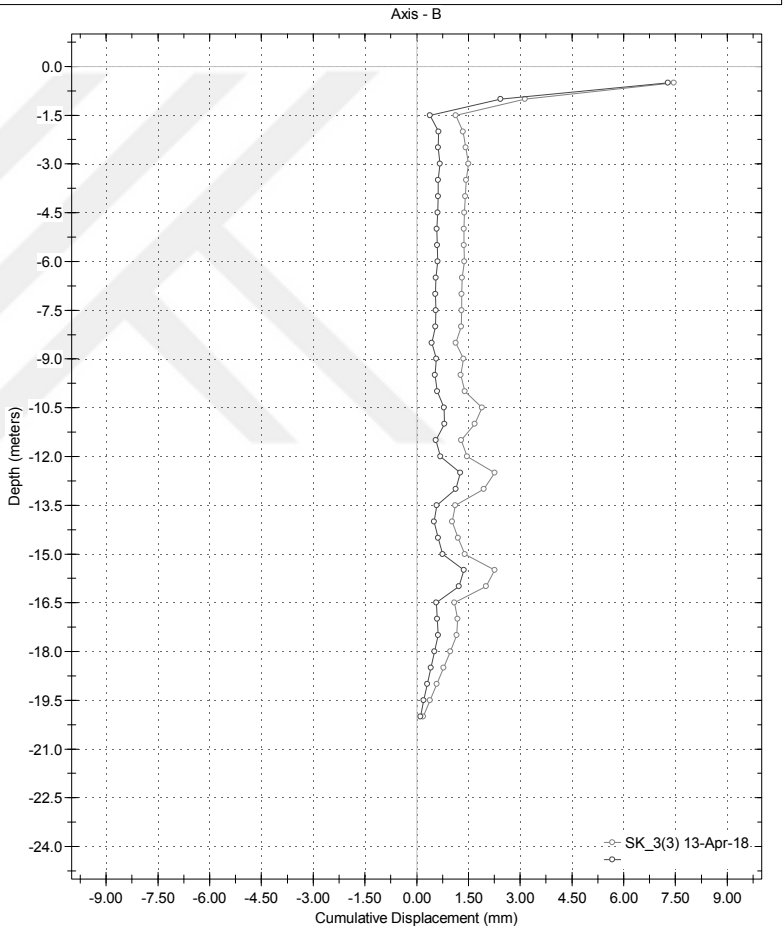
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_3
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 12:39
Applied Azimuth : 0.0 degrees





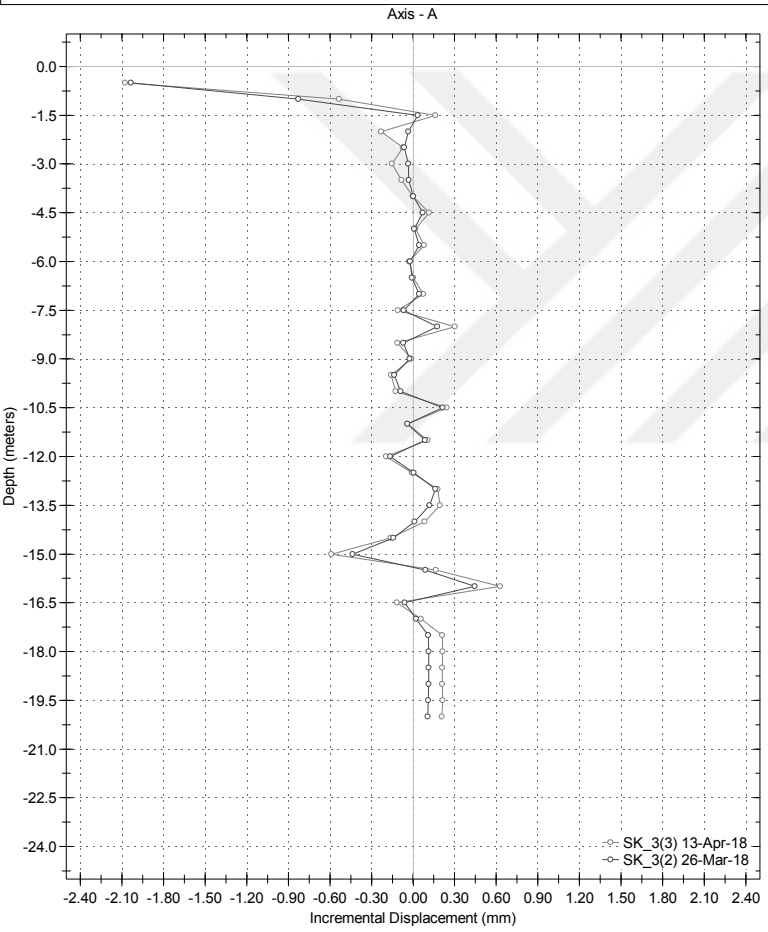
RST Instruments Ltd.

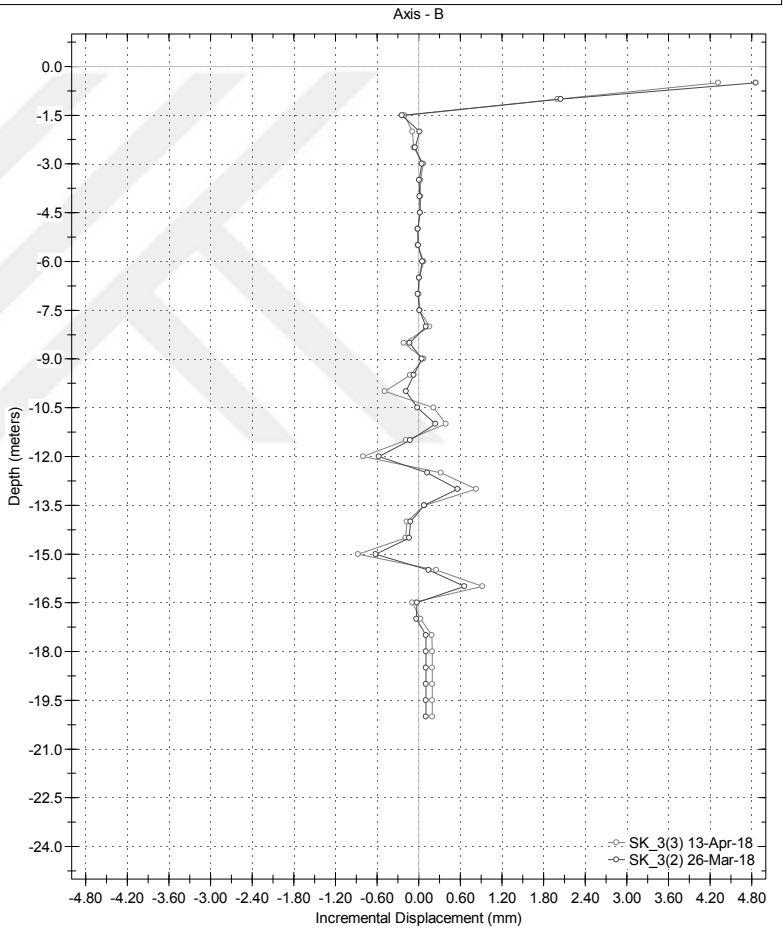
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_3
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 12:39
Applied Azimuth : 0.0 degrees





RST Instruments Ltd.

Borehole : SK_3
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

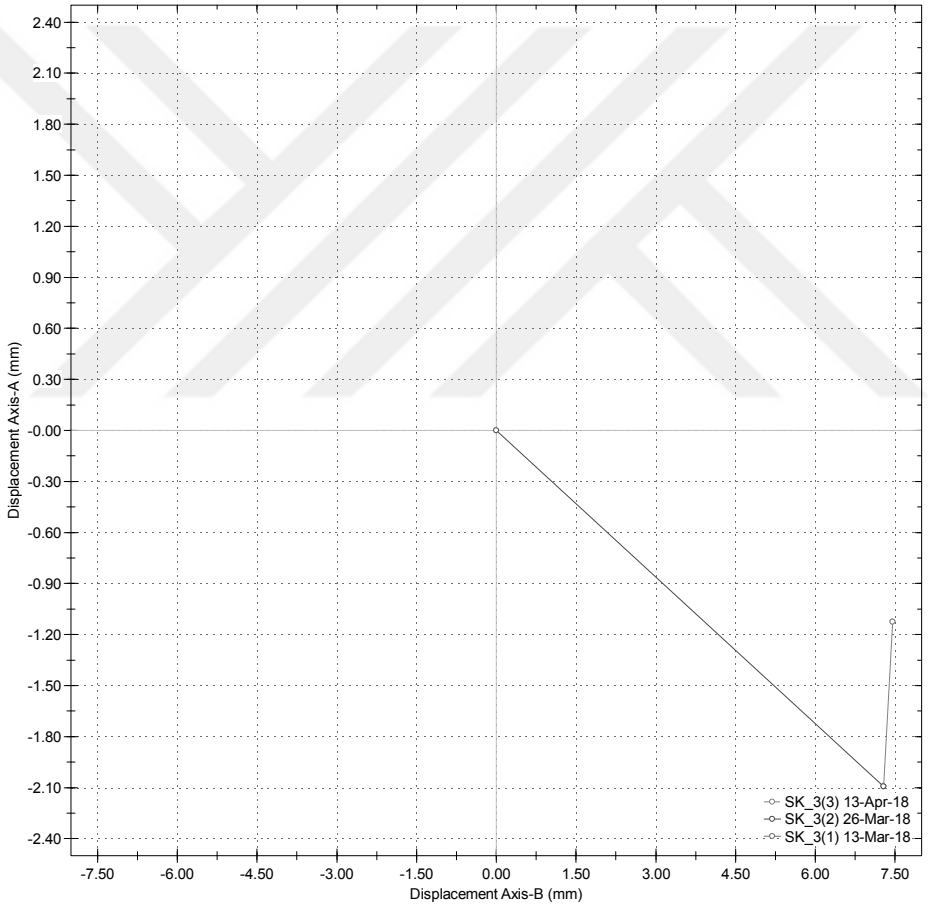
VECTOR PLOT

Movement - Magnitude and Direction

Inclinalysis v. 2.47.5

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 0.5 - 20.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Latest Reading : 2018 Apr 13 19:13
Initial Reading : 2018 Mar 13 12:39
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Vector Plot : 0.5 - 20.0 meters



Inclinalysis TextView Data Output

Borehole	**SK_4**
Project	**ÇANKIRI HEYELAN ALANI**
File Name	SK_4(1).csv
Reading Date/Time	13 Apr 2018 19:01:31
Base File	SK_4(1).csv
Base Reading Date/Time	13.3.2018 12:58
Hole Depth	-20.0 meters
Depth Interval	0.5 meters
Reading Units	mm
Spiral Correction	N/A
Bias Correction	N/A
TextView Data Type	Incremental

	BAZ OKUMA_13.MART.2018		1. ÖLÇÜM_26
Depth	**Incremental A**	**Incremental B**	**Incremental A**
meters	**mm**	**mm**	**mm**
0,00	0,000	0,000	0,000
-0,50	0,000	0,000	0,781
-1,00	0,000	0,000	0,426
-1,50	0,000	0,000	-0,129
-2,00	0,000	0,000	-0,225
-2,50	0,000	0,000	0,084
-3,00	0,000	0,000	0,058
-3,50	0,000	0,000	0,050
-4,00	0,000	0,000	0,026
-4,50	0,000	0,000	0,026
-5,00	0,000	0,000	-0,027
-5,50	0,000	0,000	0,001
-6,00	0,000	0,000	0,009
-6,50	0,000	0,000	-0,009
-7,00	0,000	0,000	0,004
-7,50	0,000	0,000	0,010
-8,00	0,000	0,000	0,007
-8,50	0,000	0,000	-0,011
-9,00	0,000	0,000	-0,012
-9,50	0,000	0,000	-0,009
-10,00	0,000	0,000	-0,015
-10,50	0,000	0,000	0,175
-11,00	0,000	0,000	-0,061
-11,50	0,000	0,000	-0,158
-12,00	0,000	0,000	-0,168
-12,50	0,000	0,000	0,192
-13,00	0,000	0,000	0,137
-13,50	0,000	0,000	-0,001
-14,00	0,000	0,000	-0,033
-14,50	0,000	0,000	-0,029
-15,00	0,000	0,000	-0,013
-15,50	0,000	0,000	0,121
-16,00	0,000	0,000	0,018

-16,50	0,000	0,000	-0,068
-17,00	0,000	0,000	-0,021
-17,50	0,000	0,000	0,081
-18,00	0,000	0,000	-0,031
-18,50	0,000	0,000	-0,001
-19,00	0,000	0,000	0,000
-19,50	0,000	0,000	-0,001
-20,00	0,000	0,000	0,002

6.MART.2018	2.ÖLÇÜM_13.NİSAN.2018	
Incremental B	Incremental A	Incremental B
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
-0,250	0,222	-0,503
-0,361	0,544	-0,699
-0,169	-0,180	-0,250
0,277	-0,376	0,427
-0,238	0,103	-0,477
-0,052	0,123	-0,109
0,020	0,100	0,041
0,008	0,053	0,015
-0,010	0,045	-0,023
-0,034	-0,064	-0,076
-0,025	0,006	-0,030
0,015	0,027	0,018
-0,012	-0,009	-0,049
0,005	0,018	-0,017
0,000	0,021	0,021
-0,016	0,006	-0,030
-0,045	-0,010	-0,073
0,001	-0,001	0,000
-0,027	-0,027	-0,028
-0,061	0,000	-0,126
-0,021	0,303	-0,014
0,105	-0,119	0,186
-0,090	-0,277	-0,177
-0,020	-0,233	-0,010
0,066	0,233	0,056
-0,133	0,244	-0,233
0,065	-0,001	0,133
0,172	-0,014	0,267
-0,202	-0,033	-0,319
0,008	-0,043	0,053
0,128	0,288	0,070
-0,031	0,002	-0,058

-0,101	-0,112	-0,187
0,014	0,018	0,023
-0,015	0,137	0,024
-0,114	-0,048	-0,157
-0,013	-0,010	0,005
-0,013	-2,588	0,239
-0,013	-2,589	0,242
-0,015	-2,586	0,241

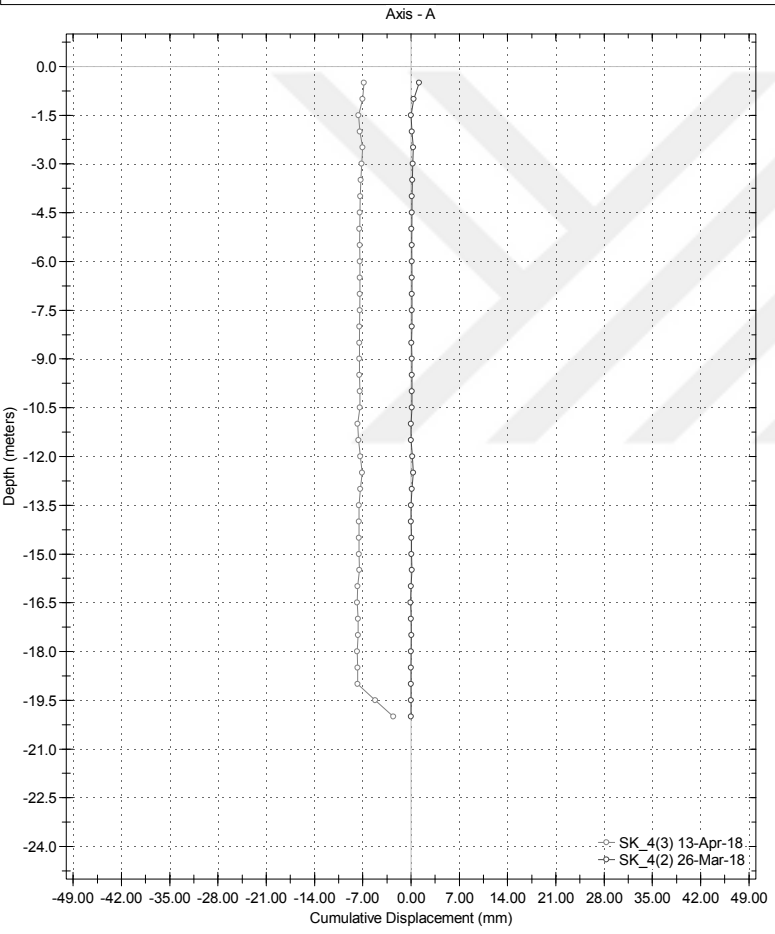
RST Instruments Ltd.

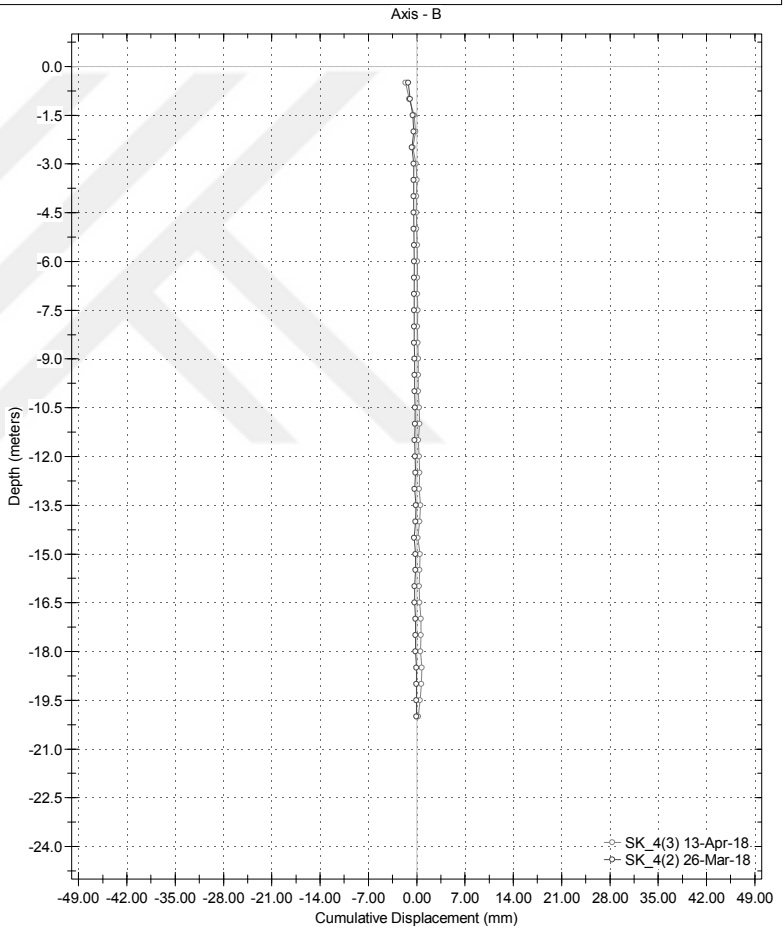
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_4
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 12:58
Applied Azimuth : 0.0 degrees





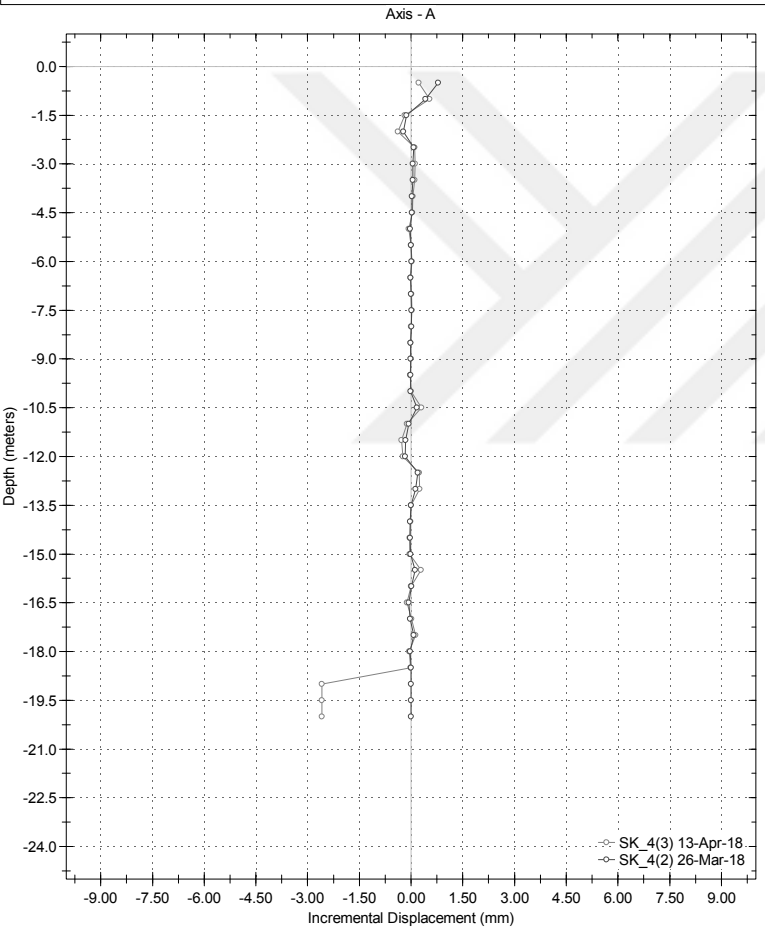
RST Instruments Ltd.

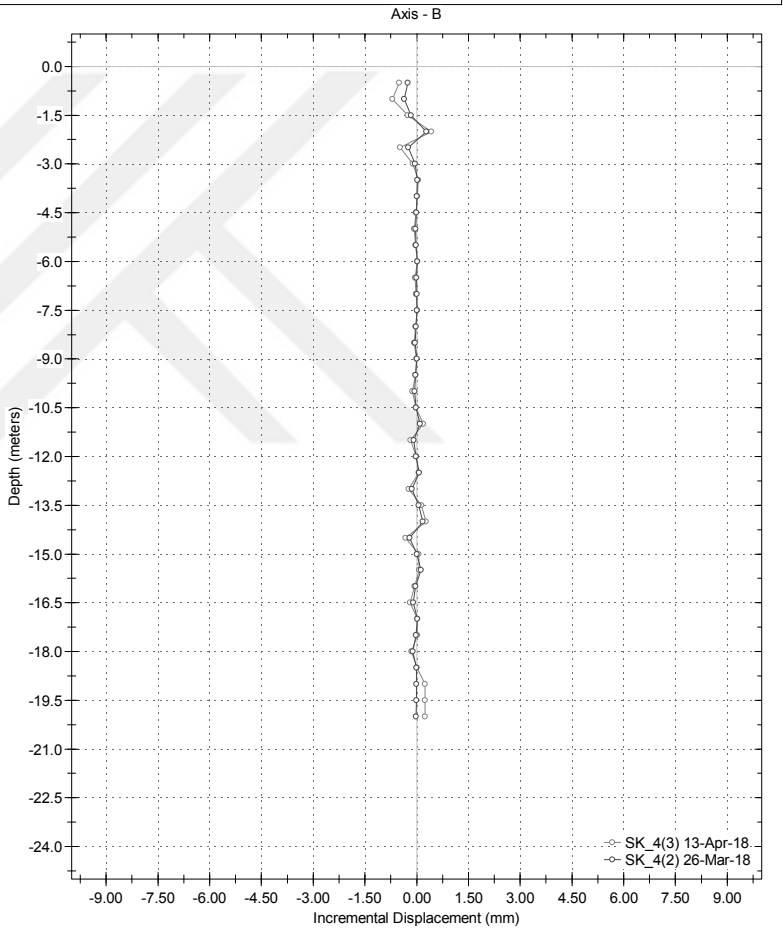
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_4
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 12:58
Applied Azimuth : 0.0 degrees





RST Instruments Ltd.

Borehole : SK_4
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

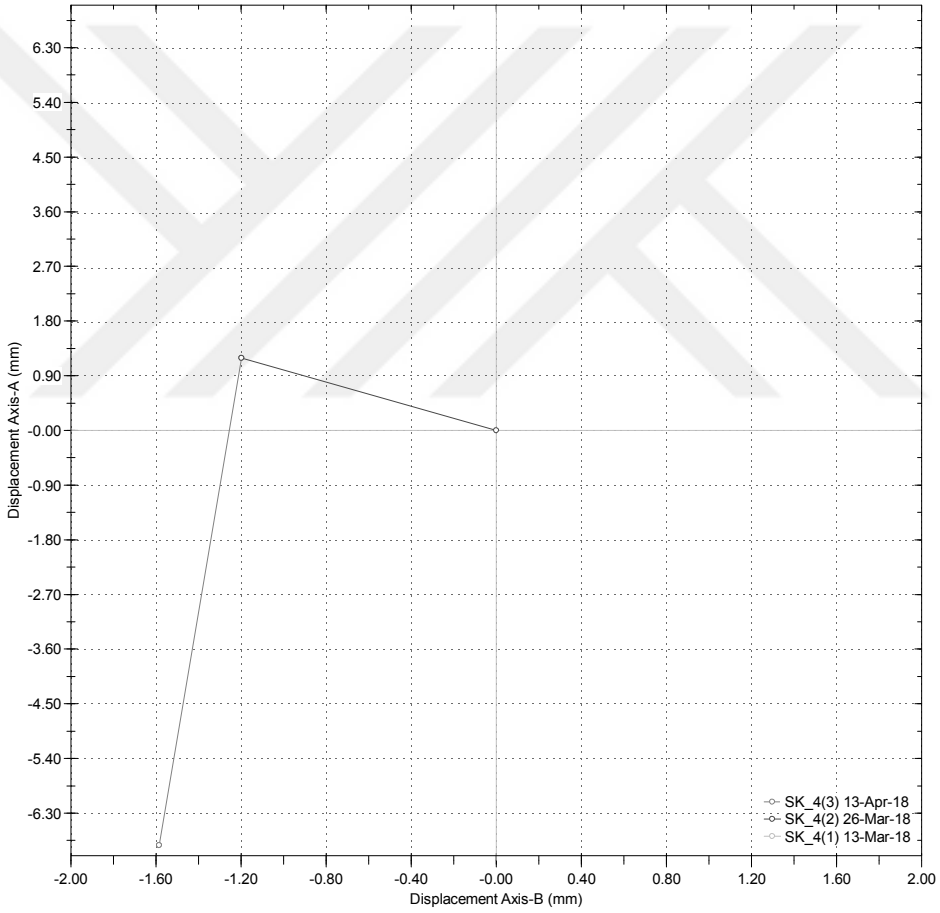
VECTOR PLOT

Movement - Magnitude and Direction

Inclinalysis v. 2.47.5

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 0.5 - 20.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Latest Reading : 2018 Apr 13 19:01
Initial Reading : 2018 Mar 13 12:58
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Vector Plot : 0.5 - 20.0 meters



Inclinalysis TextView Data Output

Borehole	**SK_5**
Project	**ÇANKIRI HEYELAN ALANI**
File Name	SK_5(1).csv
Reading Date/Time	13 Apr 2018 19:25:11
Base File	SK_5(1).csv
Base Reading Date/Time	13.3.2018 14:08
Hole Depth	-15.0 meters
Depth Interval	0.5 meters
Reading Units	mm
Spiral Correction	N/A
Bias Correction	N/A
TextView Data Type	Incremental

	BAZ OKUMA_13.MART.2018		1. ÖLÇÜM_26
Depth	**Incremental A**	**Incremental B**	**Incremental A**
meters	**mm**	**mm**	**mm**
0,00	0,000	0,000	0,000
-0,50	0,000	0,000	0,212
-1,00	0,000	0,000	-0,016
-1,50	0,000	0,000	0,010
-2,00	0,000	0,000	0,051
-2,50	0,000	0,000	0,046
-3,00	0,000	0,000	0,045
-3,50	0,000	0,000	0,008
-4,00	0,000	0,000	-0,079
-4,50	0,000	0,000	0,064
-5,00	0,000	0,000	-0,017
-5,50	0,000	0,000	0,032
-6,00	0,000	0,000	-0,023
-6,50	0,000	0,000	-0,006
-7,00	0,000	0,000	-0,020
-7,50	0,000	0,000	-0,066
-8,00	0,000	0,000	0,047
-8,50	0,000	0,000	1,673
-9,00	0,000	0,000	-0,062
-9,50	0,000	0,000	0,004
-10,00	0,000	0,000	-0,010
-10,50	0,000	0,000	0,085
-11,00	0,000	0,000	-0,074
-11,50	0,000	0,000	0,093
-12,00	0,000	0,000	0,032
-12,50	0,000	0,000	2,230
-13,00	0,000	0,000	0,257
-13,50	0,000	0,000	0,032
-14,00	0,000	0,000	-0,058
-14,50	0,000	0,000	-0,060
-15,00	0,000	0,000	-0,060

5.MART.2018	2.ÖLÇÜM_13.NİSAN.2018	
Incremental B	Incremental A	Incremental B
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
-0,504	-0,007	-1,145
-0,099	-0,077	-0,325
-0,133	0,050	-0,286
-0,010	0,060	-0,011
-0,037	0,099	-0,112
-0,017	0,080	-0,078
0,000	0,032	-0,028
0,011	-0,108	-0,011
-0,008	0,077	-0,046
0,003	0,013	-0,050
0,034	0,046	0,014
-0,605	-0,057	-0,070
0,007	-0,028	-0,068
0,011	-0,071	-0,006
-0,041	-0,120	-0,126
0,011	2,129	2,919
2,501	3,929	5,895
0,005	-0,143	0,034
0,021	0,034	0,048
-0,022	-0,005	-0,043
0,047	0,157	0,080
0,008	-0,145	0,023
0,036	0,208	0,088
-0,017	0,030	-0,032
2,342	5,343	5,646
0,265	0,477	0,639
-0,036	0,072	-0,023
-0,021	-0,058	0,032
-0,023	-0,057	0,033
-0,026	-0,057	0,032

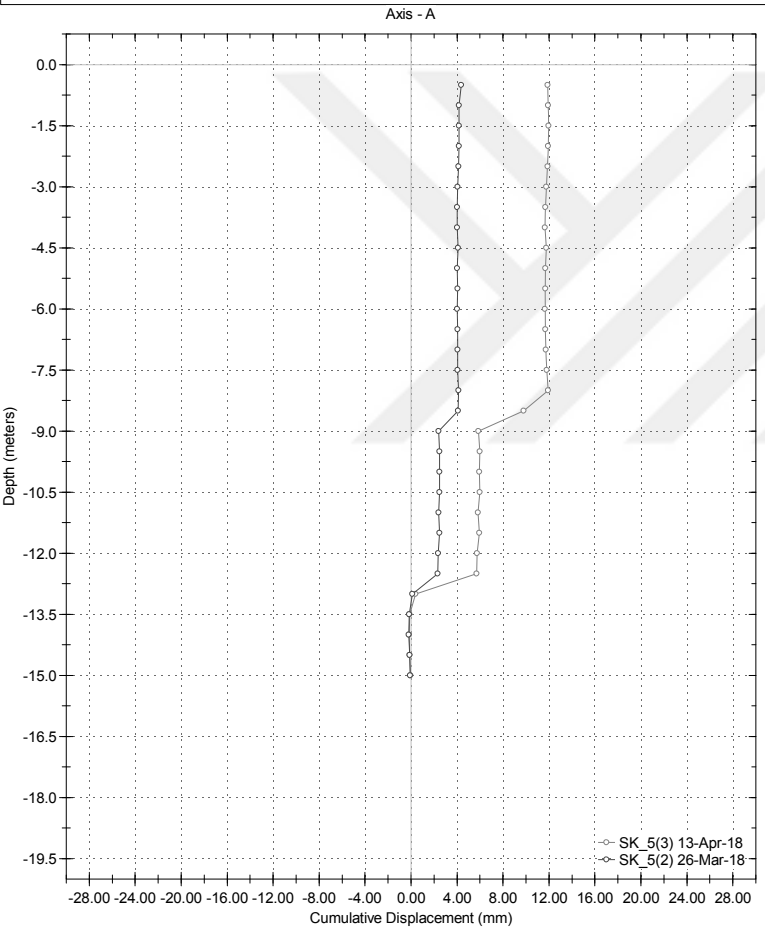
RST Instruments Ltd.

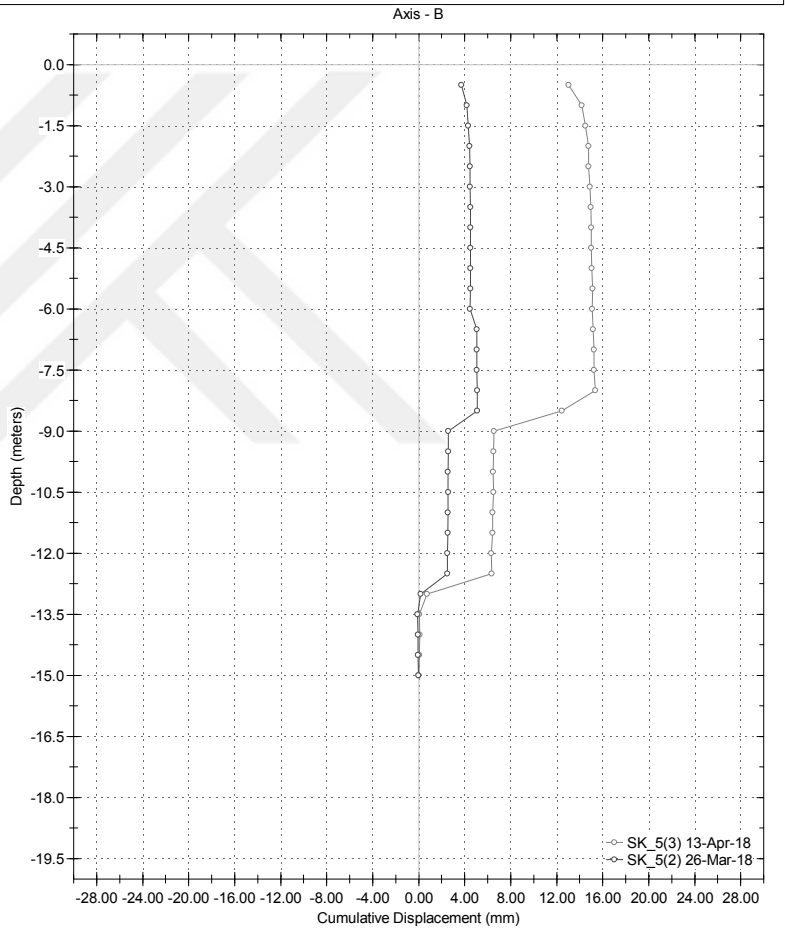
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_5
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 14:08
Applied Azimuth : 0.0 degrees





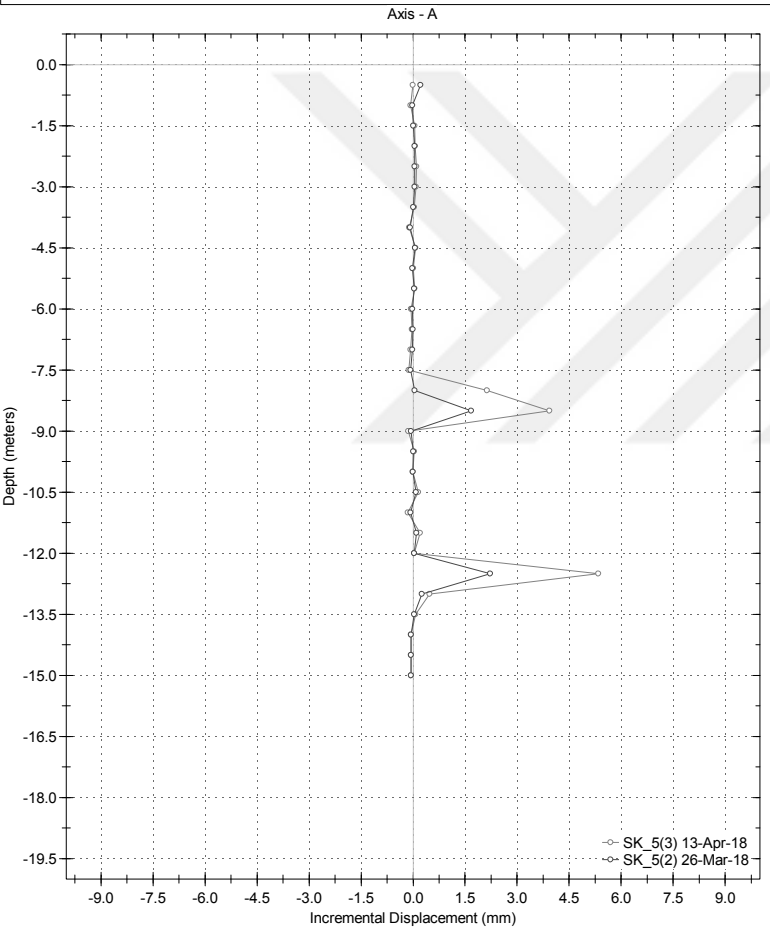
RST Instruments Ltd.

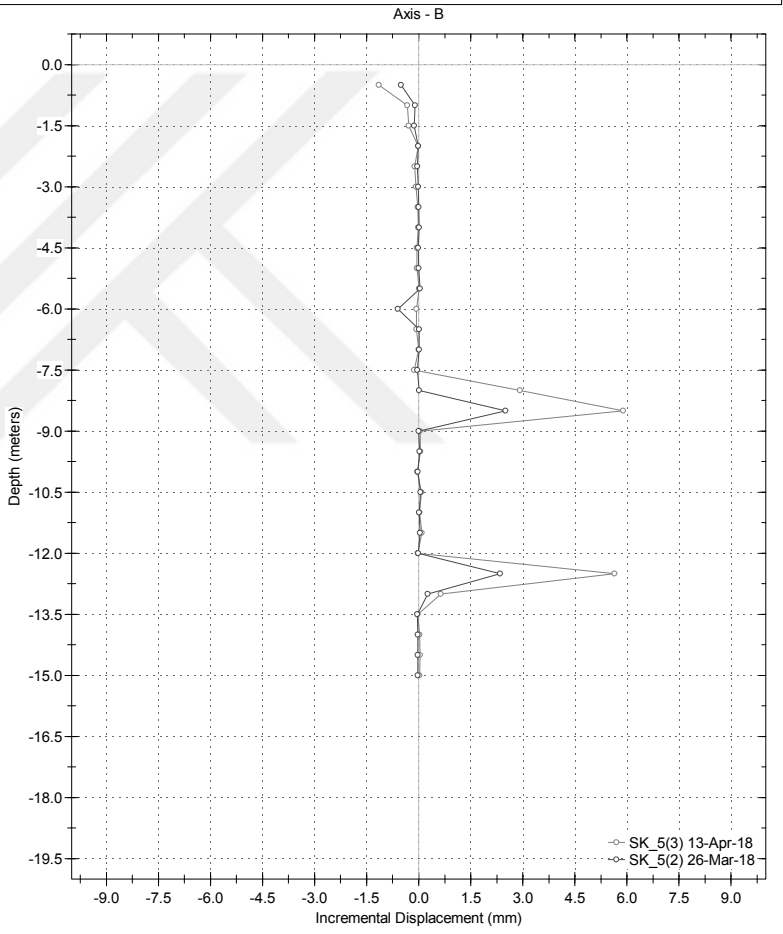
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_5
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 14:08
Applied Azimuth : 0.0 degrees





RST Instruments Ltd.

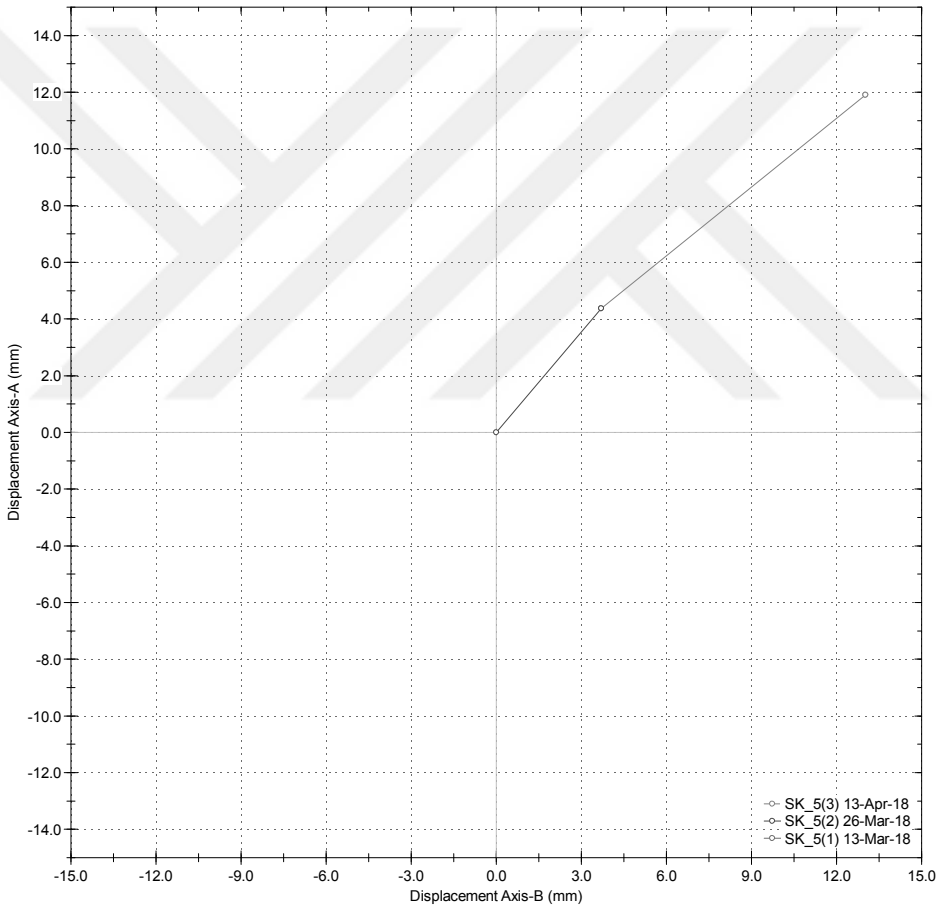
Borehole : SK_5
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

VECTOR PLOT
Movement - Magnitude and Direction

Inclinalysis v. 2.47.5

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 0.5 - 15.0 meters
Borehole Total Depth : 15.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Latest Reading : 2018 Apr 13 19:25
Initial Reading : 2018 Mar 13 14:08
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Vector Plot : 0.5 - 15.0 meters



Inclinalysis TextView Data Output

Borehole	**SK_6**
Project	**ÇANKIRI HEYELAN ALANI**
File Name	SK_6(1).csv
Reading Date/Time	13 Apr 2018 20:02:16
Base File	SK_6(1).csv
Base Reading Date/Time	13.3.2018 14:24
Hole Depth	-10.0 meters
Depth Interval	0.5 meters
Reading Units	mm
Spiral Correction	N/A
Bias Correction	N/A
TextView Data Type	Incremental

	BAZ OKUMA_13.MART.2018		1. ÖLÇÜM_26
Depth	**Incremental A**	**Incremental B**	**Incremental A**
meters	**mm**	**mm**	**mm**
0,00	0,000	0,000	0,000
-0,50	0,000	0,000	0,070
-1,00	0,000	0,000	-0,085
-1,50	0,000	0,000	0,051
-2,00	0,000	0,000	-0,050
-2,50	0,000	0,000	0,065
-3,00	0,000	0,000	0,074
-3,50	0,000	0,000	0,123
-4,00	0,000	0,000	-0,168
-4,50	0,000	0,000	0,225
-5,00	0,000	0,000	-0,193
-5,50	0,000	0,000	-0,107
-6,00	0,000	0,000	0,196
-6,50	0,000	0,000	-1,281
-7,00	0,000	0,000	-1,908
-7,50	0,000	0,000	-2,168
-8,00	0,000	0,000	-2,438
-8,50	0,000	0,000	-1,680
-9,00	0,000	0,000	-0,929
-9,50	0,000	0,000	-0,525
-10,00	0,000	0,000	0,319

6.MART.2018	2.ÖLÇÜM_13.NİSAN.2018	
Incremental B	Incremental A	Incremental B
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
-0,031	0,136	0,146
0,049	-0,233	0,028
0,141	0,122	0,205
-0,115	-0,129	-0,154
0,072	0,118	0,066
-0,234	0,218	-0,468
0,000	0,182	-0,063
-0,039	-0,336	-0,091
0,108	0,632	0,221
-0,018	-0,579	0,012
0,028	-0,275	-0,006
0,043	0,438	0,040
4,446	-0,052	0,603
7,970	-0,681	4,127
10,666	-0,942	6,823
11,621	-1,211	7,777
12,156	-0,451	8,312
11,879	0,301	8,035
11,772	0,703	7,930
13,300	1,546	9,458

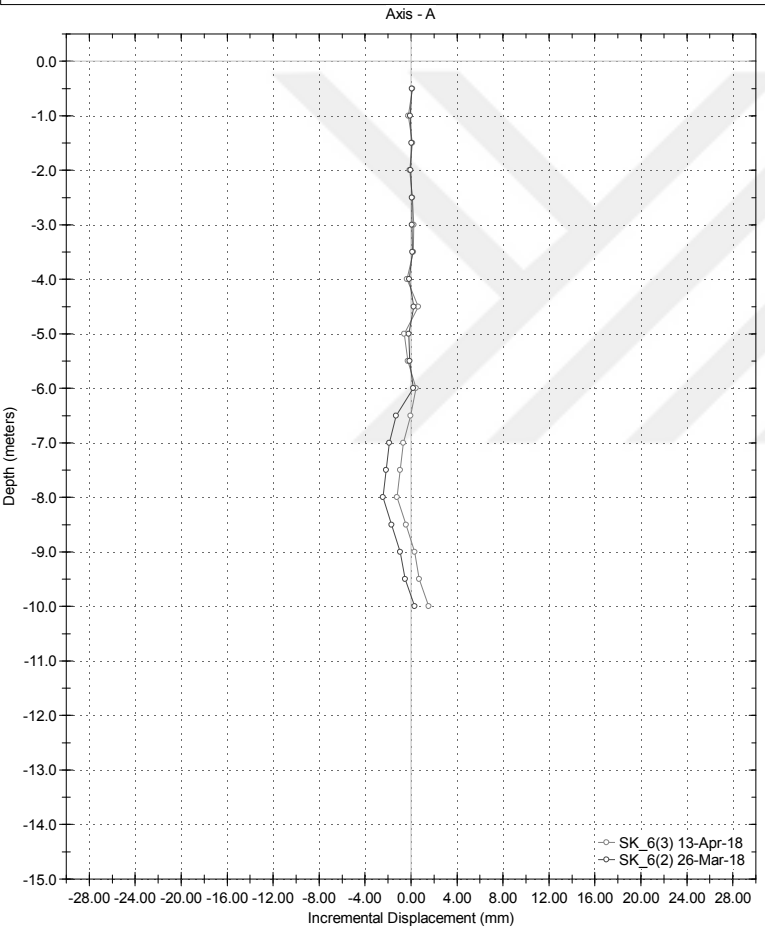
RST Instruments Ltd.

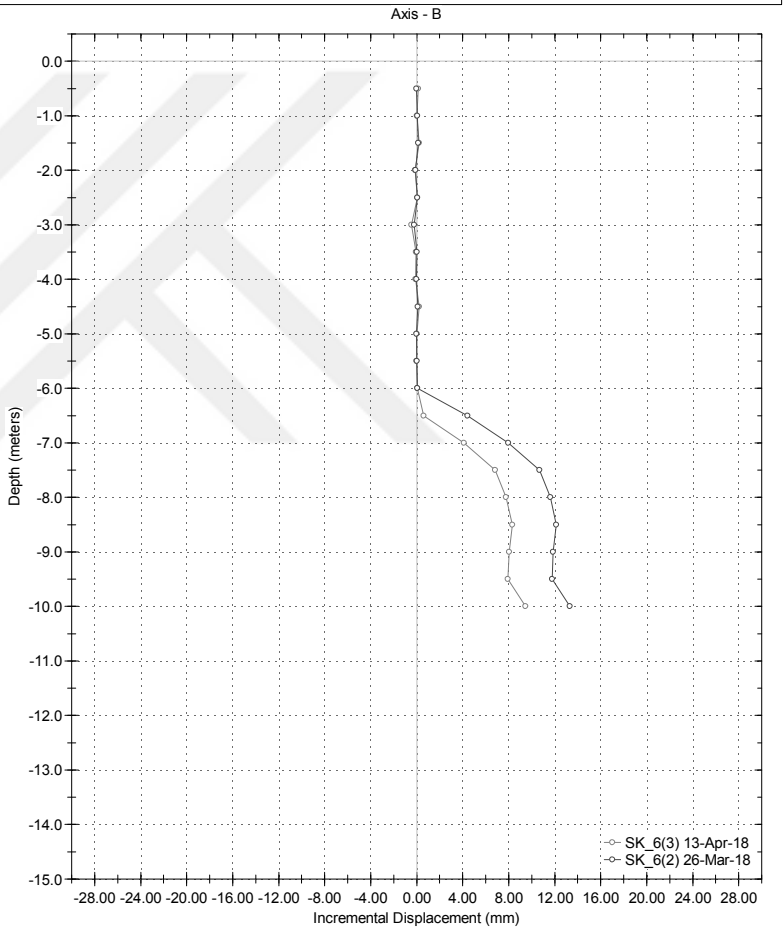
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_6
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 10.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 14:24
Applied Azimuth : 0.0 degrees





Inclinalysis TextView Data Output

Borehole	**SK_7**
Project	**ÇANKIRI HEYELAN ALANI**
File Name	SK_7(1).csv
Reading Date/Time	13 Apr 2018 19:55:39
Base File	SK_7(1).csv
Base Reading Date/Time	13.3.2018 14:55
Hole Depth	-10.0 meters
Depth Interval	0.5 meters
Reading Units	mm
Spiral Correction	N/A
Bias Correction	N/A
TextView Data Type	Incremental

	BAZ OKUMA_13.MART.2018		1. ÖLÇÜM_26
Depth	**Incremental A**	**Incremental B**	**Incremental A**
meters	**mm**	**mm**	**mm**
0,00	0,000	0,000	0,000
-0,50	0,000	0,000	0,545
-1,00	0,000	0,000	-0,261
-1,50	0,000	0,000	-0,293
-2,00	0,000	0,000	0,282
-2,50	0,000	0,000	-0,312
-3,00	0,000	0,000	0,196
-3,50	0,000	0,000	0,021
-4,00	0,000	0,000	0,122
-4,50	0,000	0,000	0,178
-5,00	0,000	0,000	0,315
-5,50	0,000	0,000	-0,250
-6,00	0,000	0,000	0,453
-6,50	0,000	0,000	-0,182
-7,00	0,000	0,000	-0,254
-7,50	0,000	0,000	-0,571
-8,00	0,000	0,000	-1,202
-8,50	0,000	0,000	-1,562
-9,00	0,000	0,000	-1,560
-9,50	0,000	0,000	-1,559
-10,00	0,000	0,000	-1,560

5.MART.2018	2.ÖLÇÜM_13.NİSAN.2018	
Incremental B	Incremental A	Incremental B
mm	mm	mm
0,000	0,000	0,000
-0,170	-0,049	0,396
0,168	-0,197	0,022
0,223	-0,669	0,220
-0,225	0,293	-0,204
0,304	-0,663	0,291
-0,179	-0,003	-0,087
0,151	-0,198	0,207
-0,133	0,163	-0,173
0,429	0,090	0,615
0,264	0,352	0,312
0,109	-0,071	-0,187
-1,431	0,444	0,801
-3,622	0,088	0,971
-5,507	-0,080	0,911
-7,638	0,380	0,870
-9,665	1,249	0,167
-10,375	0,888	-0,543
-10,375	0,888	-0,546
-10,374	0,888	-0,547
-10,375	0,888	-0,547

RST Instruments Ltd.

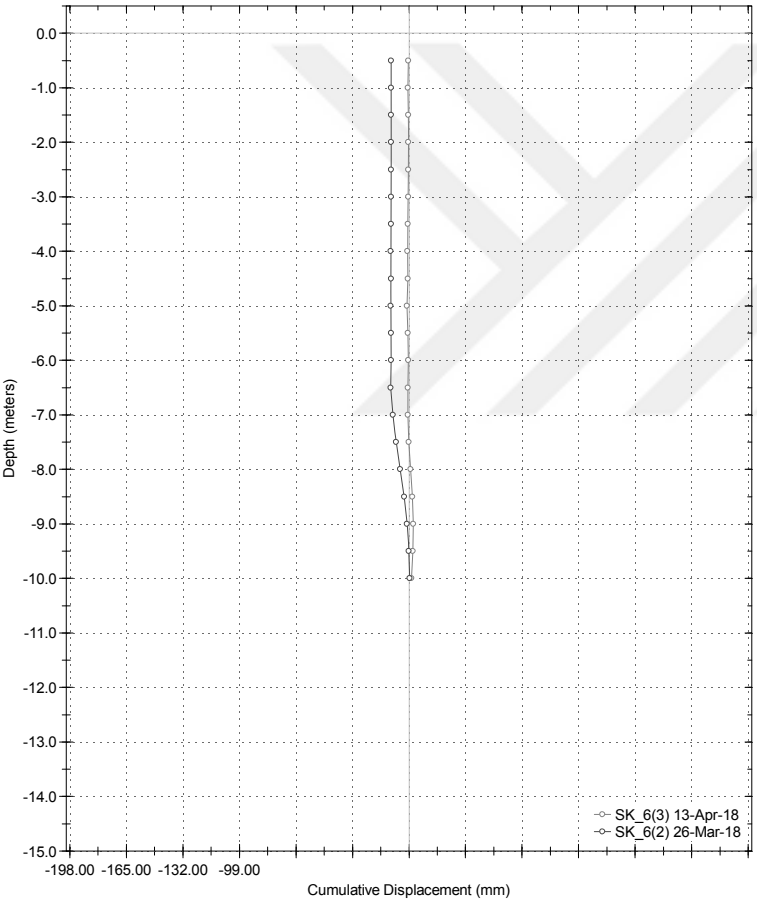
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

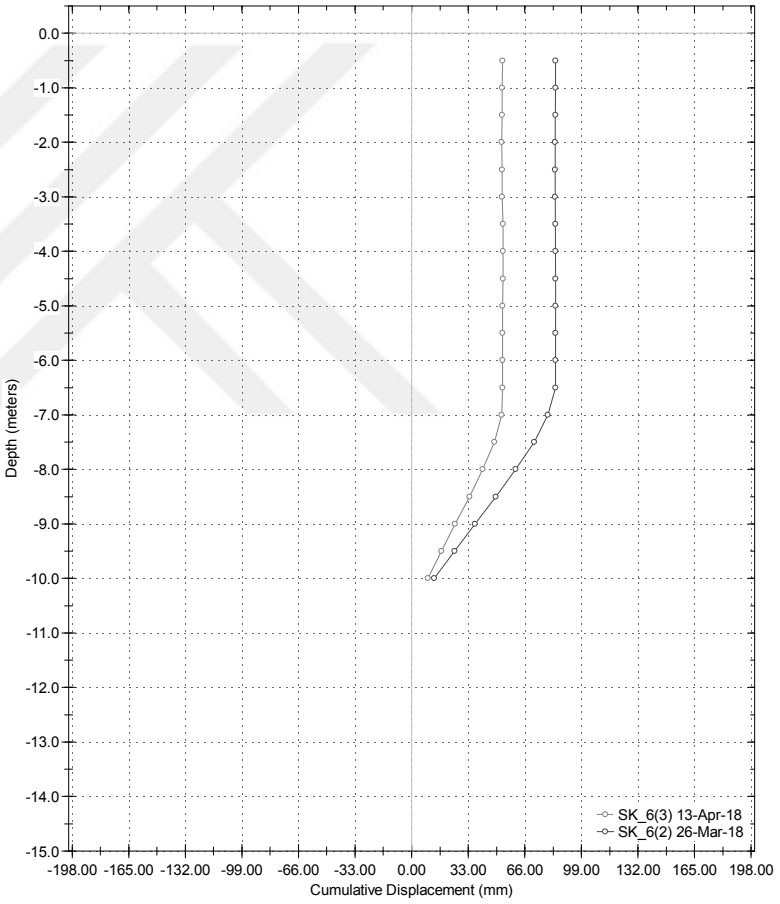
Borehole : SK_6
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 10.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 14:24
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



RST Instruments Ltd.

Borehole : SK_6
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

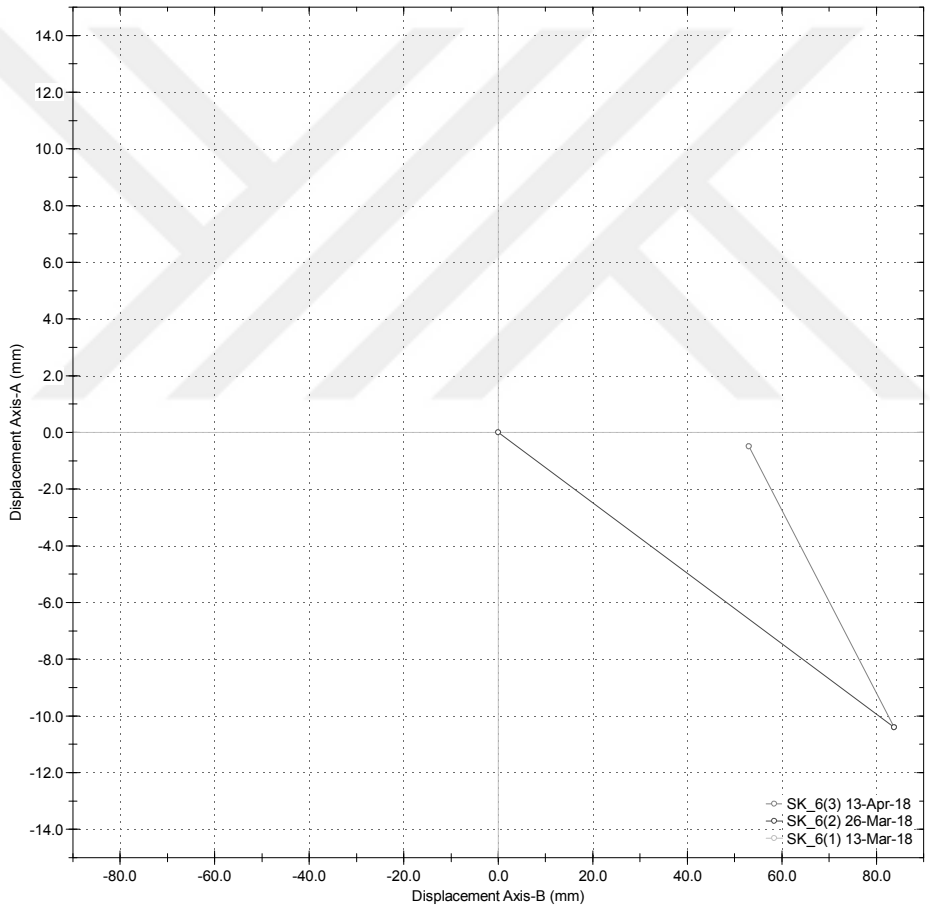
VECTOR PLOT

Movement - Magnitude and Direction

Inclinalysis v. 2.47.5

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 0.5 - 10.0 meters
Borehole Total Depth : 10.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Latest Reading : 2018 Apr 13 20:02
Initial Reading : 2018 Mar 13 14:24
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Vector Plot : 0.5 - 10.0 meters



RST Instruments Ltd.

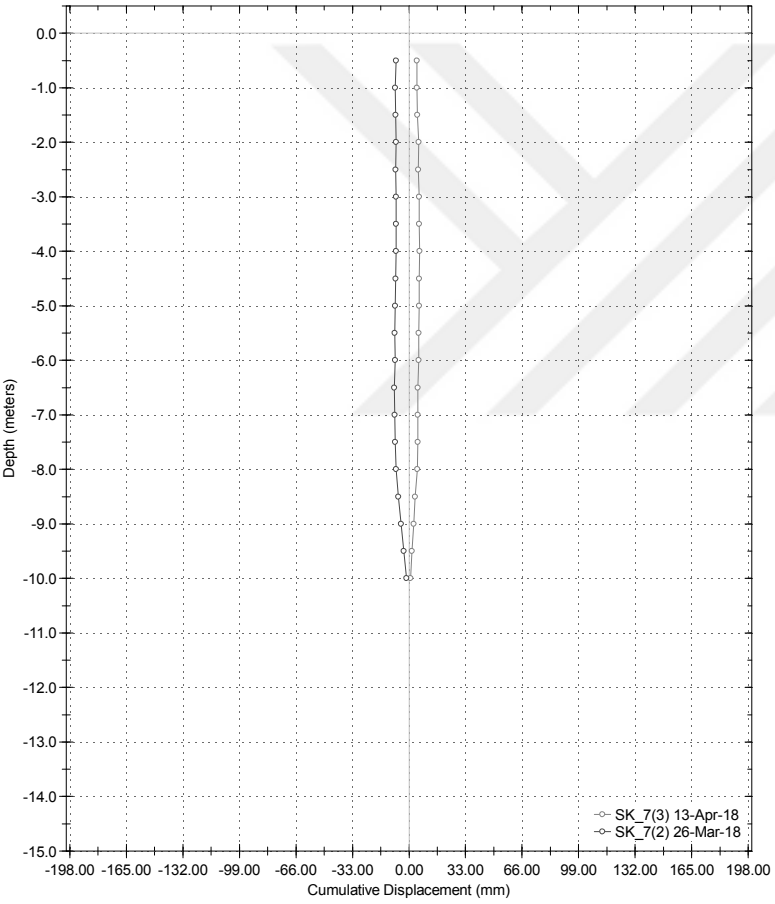
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

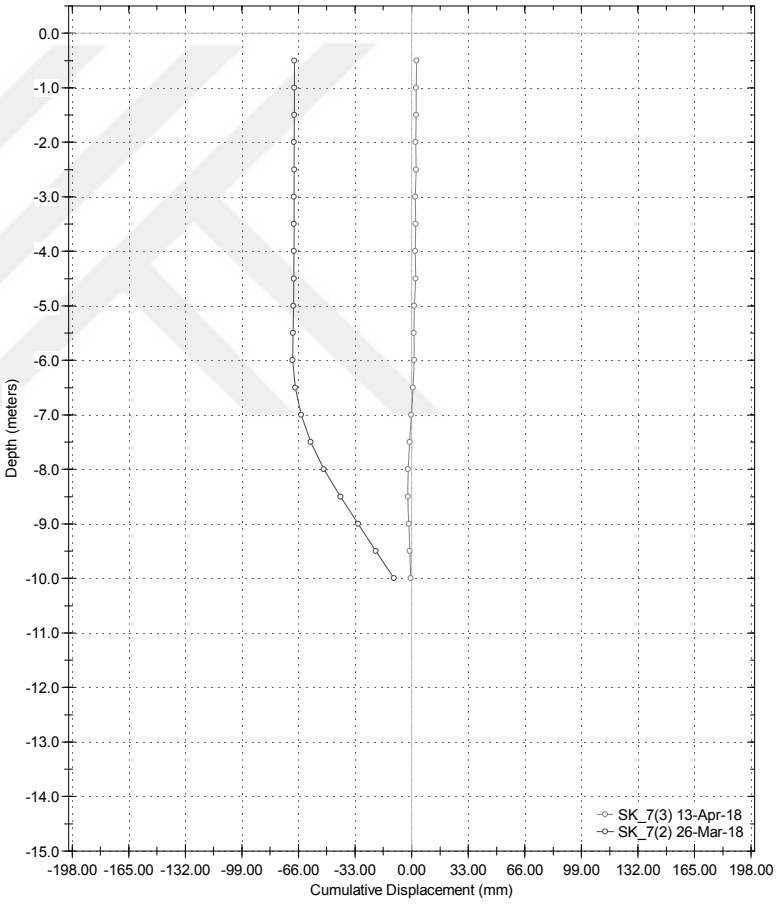
Borehole : SK_7
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 10.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 14:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



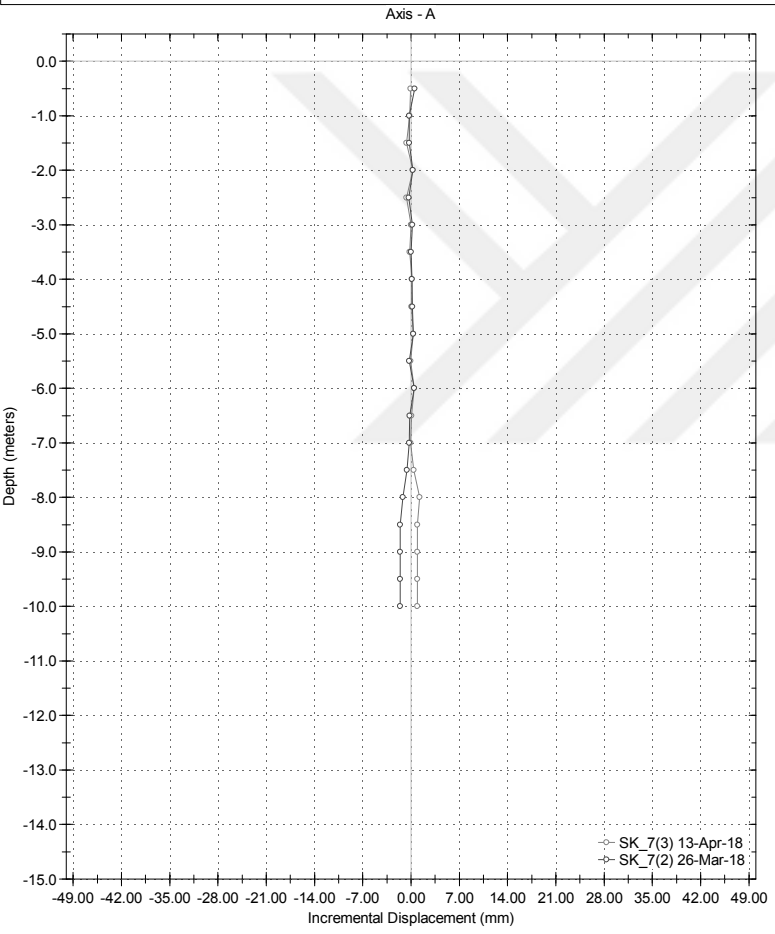
RST Instruments Ltd.

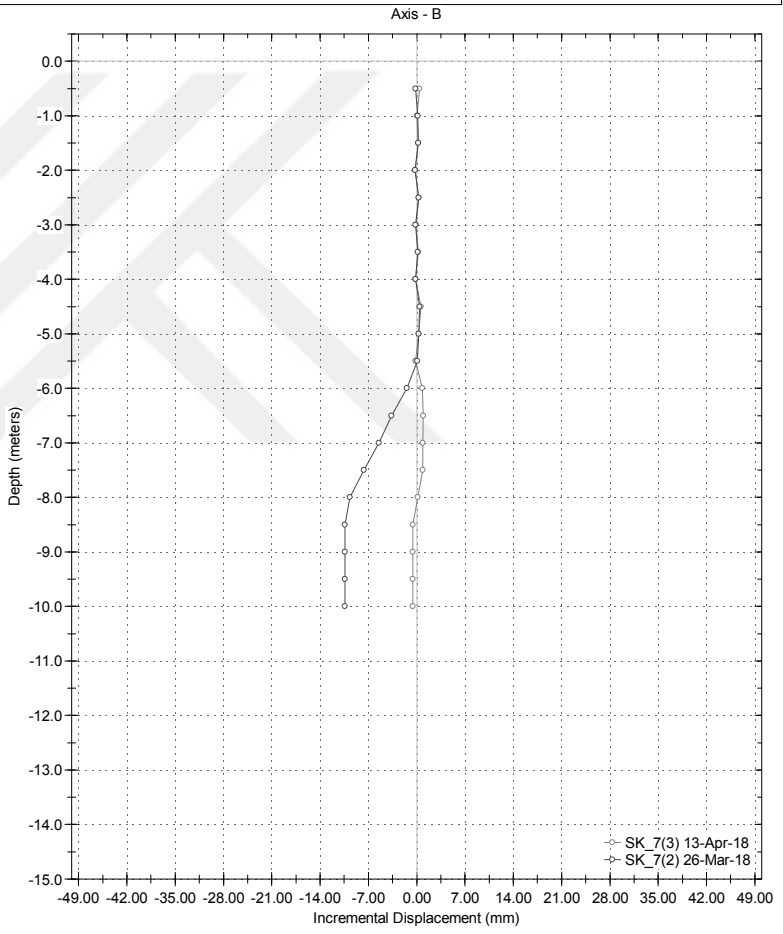
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : SK_7
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 10.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Base Reading : 2018 Mar 13 14:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees





RST Instruments Ltd.

Borehole : SK_7
Project : ÇANKIRI HEYELAN ALANI
Location :
Northing :
Easting :
Collar :
Collar Elev : 0.0 meters

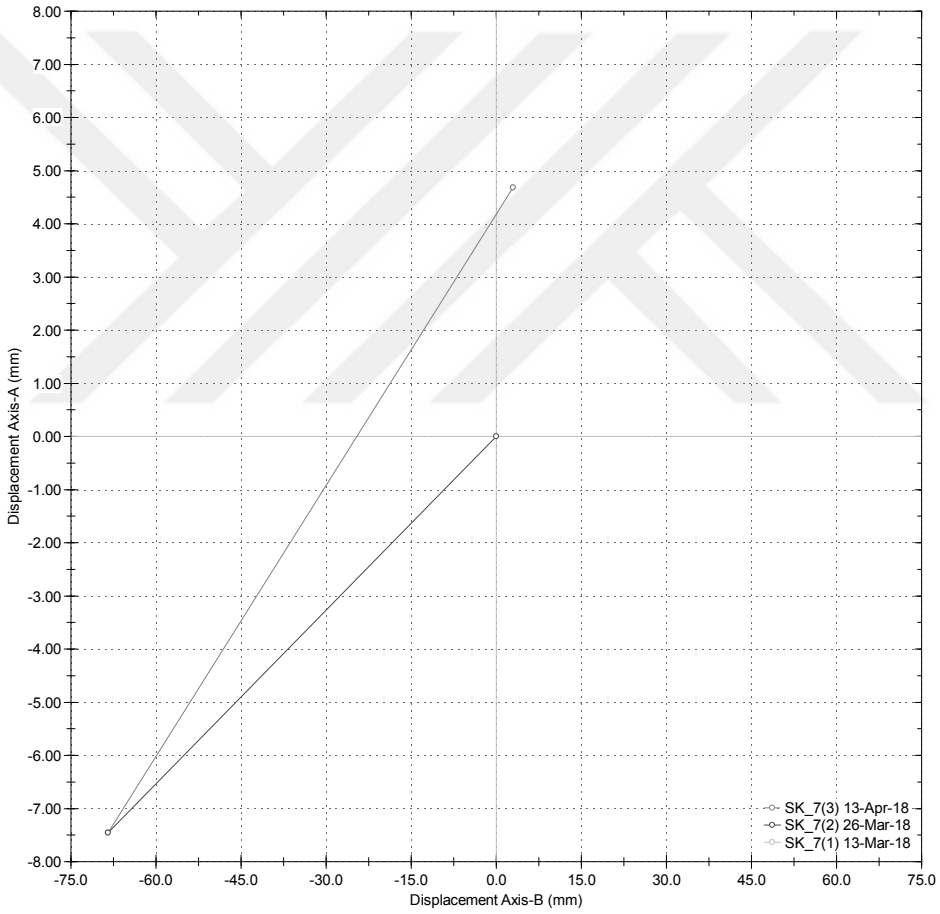
VECTOR PLOT

Movement - Magnitude and Direction

Inclinalysis v. 2.47.5

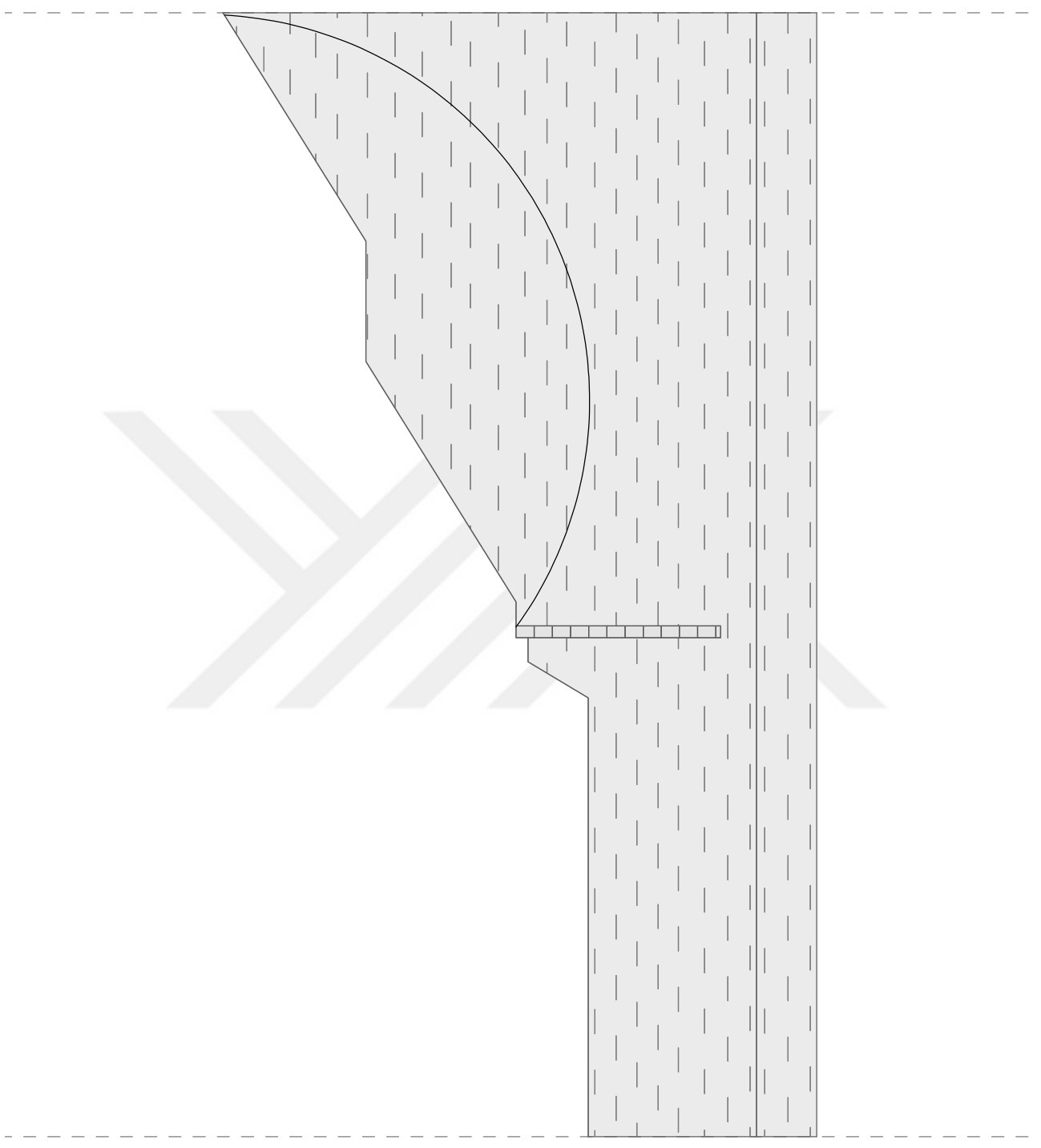
Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 0.5 - 10.0 meters
Borehole Total Depth : 10.0 meters
A+ Groove Azimuth :
Latest Reading : 2018 Apr 13 19:55
Initial Reading : 2018 Mar 13 14:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Vector Plot : 0.5 - 10.0 meters



Ek 4. Dere Kenarına İmal Edilecek Kazıkların Hesap Raporu

Name : Analysis	Stage - analysis : 1 - 1



The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 3226,77 kN/m

Sum of passive forces : F_p = 7218,55 kN/m

Sliding moment : M_a = 103611,60 kNm/m

Resisting moment : M_p = 231787,79 kNm/m

Factor of safety = 2,24 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

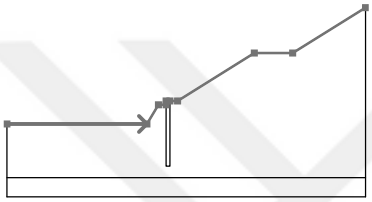
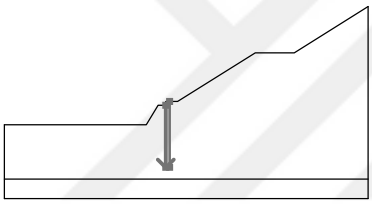
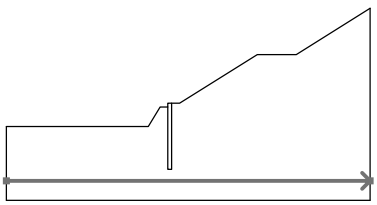
USA - Safety factor

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-42,50	-6,00	-6,00	-6,00	-3,00	-1,00
		-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
		2,00	0,00	22,00	12,50	32,00	12,50
		51,00	24,38				
2		-1,00	-1,00	-1,00	-17,00	0,00	-17,00
		0,00	0,00				
3		-42,50	-20,00	51,00	-20,00		

Soil parameters - total stress state

No.	Name	Pattern	c_u [kPa]	γ [kN/m^3]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		105,00	18,00

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8

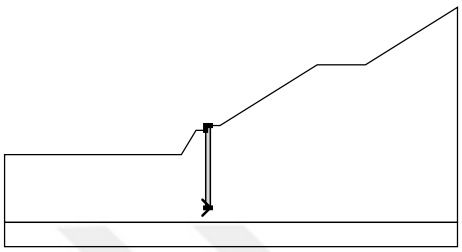
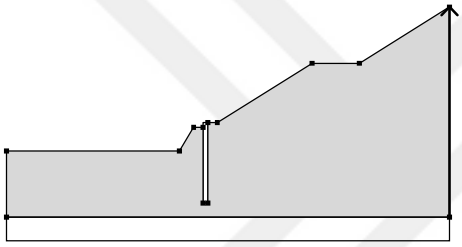
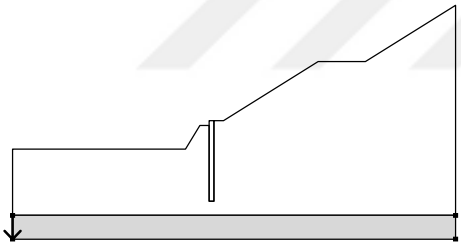
Unit weight : γ = 18,00 kN/m^3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 105,00 kPa

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m³]
1	Wall material		23,56

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,00	-17,00	0,00	-17,00	Wall material
		0,00	0,00	-1,00	0,00	
		-1,00	-1,00			
2		51,00	-20,00	51,00	24,38	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		32,00	12,50	22,00	12,50	
		2,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	-17,00	-1,00	-17,00	
		-1,00	-1,00	-3,00	-1,00	
		-6,00	-6,00	-42,50	-6,00	
		-42,50	-20,00			
3		-42,50	-20,00	-42,50	-25,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		51,00	-25,00	51,00	-20,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	5,33	[m]	Angles :	α_1 =	-48,25	[°]
	z =	24,28	[m]		α_2 =	89,97	[°]
Radius :	R =	45,47	[m]				
The slip surface after optimization.							

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 6908,73 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 11497,36 kN/m

Sliding moment : M_a = 314139,79 kNm/m
Resisting moment : M_p = 522784,83 kNm/m

Factor of safety = 1,66 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

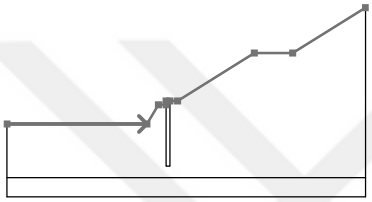
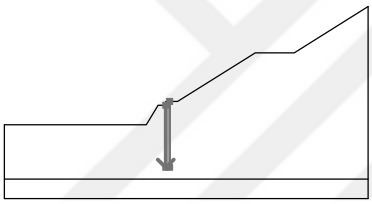
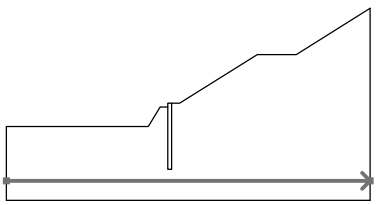
USA - Safety factor

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-42,50	-6,00	-6,00	-6,00	-3,00	-1,00
		-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
		2,00	0,00	22,00	12,50	32,00	12,50
		51,00	24,38				
2		-1,00	-1,00	-1,00	-17,00	0,00	-17,00
		0,00	0,00				
3		-42,50	-20,00	51,00	-20,00		

Soil parameters - total stress state

No.	Name	Pattern	c_u [kPa]	γ [kN/m^3]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		105,00	18,00

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8

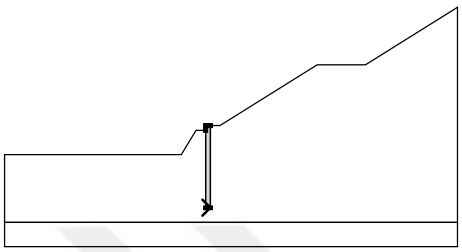
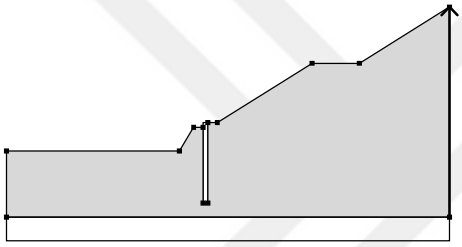
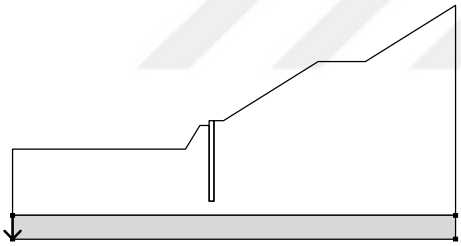
Unit weight : γ = 18,00 kN/m^3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 105,00 kPa

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m3]
1	Wall material		23,56

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,00	-17,00	0,00	-17,00	Wall material
		0,00	0,00	-1,00	0,00	
		-1,00	-1,00			
2		51,00	-20,00	51,00	24,38	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		32,00	12,50	22,00	12,50	
		2,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	-17,00	-1,00	-17,00	
		-1,00	-1,00	-3,00	-1,00	
		-6,00	-6,00	-42,50	-6,00	
		-42,50	-20,00			
3		-42,50	-20,00	-42,50	-25,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		51,00	-25,00	51,00	-20,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	13,81	[m]	Angles :	α_1 =	-20,94	[°]
	z =	36,34	[m]		α_2 =	71,90	[°]
Radius :	R =	38,91	[m]				
The slip surface after optimization.							

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (Janbu)
Factor of safety = 2,49 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

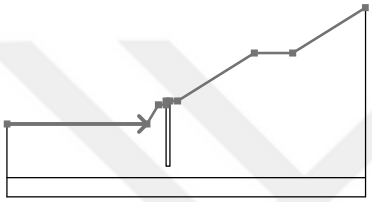
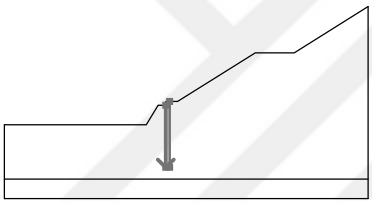
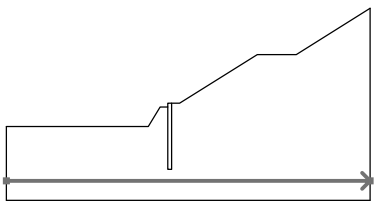
USA - Safety factor

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-42,50	-6,00	-6,00	-6,00	-3,00	-1,00
		-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
		2,00	0,00	22,00	12,50	32,00	12,50
		51,00	24,38				
2		-1,00	-1,00	-1,00	-17,00	0,00	-17,00
		0,00	0,00				
3		-42,50	-20,00	51,00	-20,00		

Soil parameters - total stress state

No.	Name	Pattern	c_u [kPa]	γ [kN/m3]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		105,00	18,00

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8

Unit weight : γ = 18,00 kN/m3

Stress-state : total

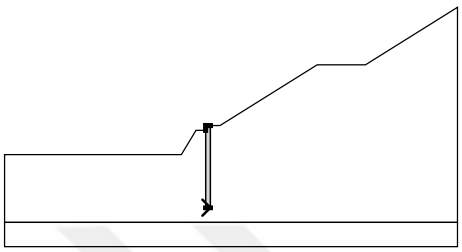
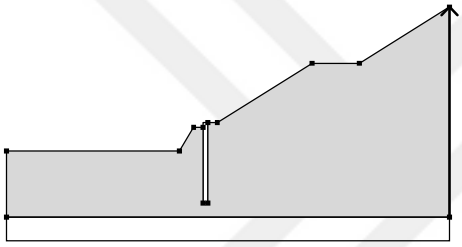
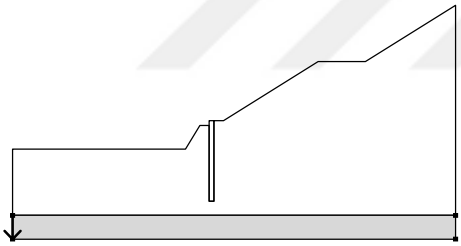
Cohesion of soil : c_u = 105,00 kPa

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m³]
1	Wall material		23,56

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,00	-17,00	0,00	-17,00	Wall material
		0,00	0,00	-1,00	0,00	
		-1,00	-1,00			
2		51,00	-20,00	51,00	24,38	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		32,00	12,50	22,00	12,50	
		2,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	-17,00	-1,00	-17,00	
		-1,00	-1,00	-3,00	-1,00	
		-6,00	-6,00	-42,50	-6,00	
		-42,50	-20,00			
3		-42,50	-20,00	-42,50	-25,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		51,00	-25,00	51,00	-20,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	18,74	[m]	Angles :	α_1 =	-35,93	[°]
	z =	26,00	[m]		α_2 =	86,89	[°]
Radius :	R =	32,11	[m]				
The slip surface after optimization.							

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (Fellenius / Petterson)

Sum of active forces : F_a = 3226,77 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 7218,55 kN/m

Sliding moment : M_a = 103611,60 kNm/m
Resisting moment : M_p = 231787,79 kNm/m

Factor of safety = 2,24 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

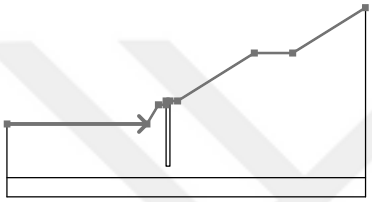
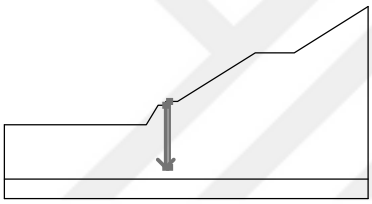
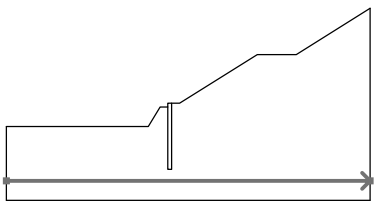
USA - Safety factor

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-42,50	-6,00	-6,00	-6,00	-3,00	-1,00
		-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
		2,00	0,00	22,00	12,50	32,00	12,50
		51,00	24,38				
2		-1,00	-1,00	-1,00	-17,00	0,00	-17,00
		0,00	0,00				
3		-42,50	-20,00	51,00	-20,00		

Soil parameters - total stress state

No.	Name	Pattern	c_u [kPa]	γ [kN/m^3]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		105,00	18,00

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8

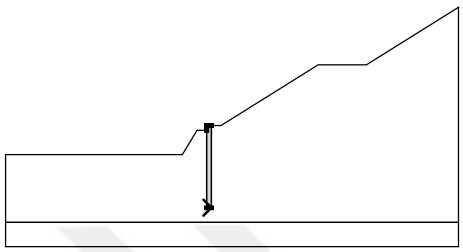
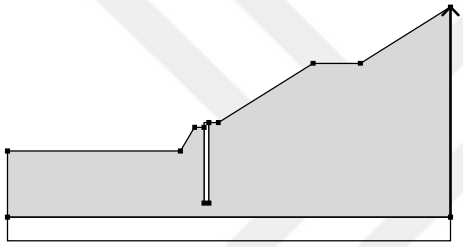
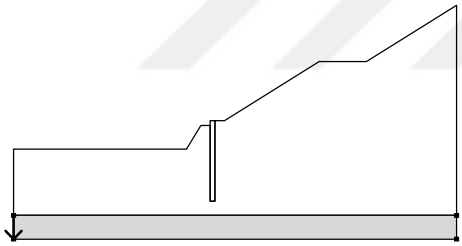
Unit weight : γ = 18,00 kN/m^3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 105,00 kPa

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m³]
1	Wall material		23,56

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,00	-17,00	0,00	-17,00	Wall material
		0,00	0,00	-1,00	0,00	
		-1,00	-1,00			
2		51,00	-20,00	51,00	24,38	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		32,00	12,50	22,00	12,50	
		2,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	-17,00	-1,00	-17,00	
		-1,00	-1,00	-3,00	-1,00	
		-6,00	-6,00	-42,50	-6,00	
		-42,50	-20,00			
3		-42,50	-20,00	-42,50	-25,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		51,00	-25,00	51,00	-20,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	18,15	[m]	Angles :	α_1 =	-33,79	[°]
	z =	27,25	[m]		α_2 =	84,76	[°]
Radius :	R =	32,79	[m]				
The slip surface after optimization.							

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (Shahunyants)
Factor of safety = 2,25 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

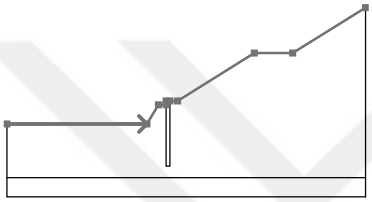
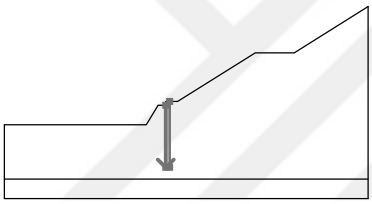
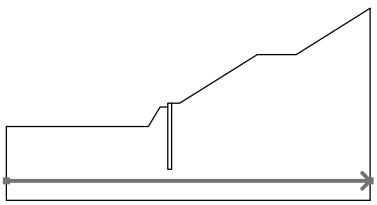
USA - Safety factor

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-42,50	-6,00	-6,00	-6,00	-3,00	-1,00
		-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
		2,00	0,00	22,00	12,50	32,00	12,50
		51,00	24,38				
2		-1,00	-1,00	-1,00	-17,00	0,00	-17,00
		0,00	0,00				
3		-42,50	-20,00	51,00	-20,00		

Soil parameters - total stress state

No.	Name	Pattern	c_u [kPa]	γ [kN/m^3]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		105,00	18,00

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8

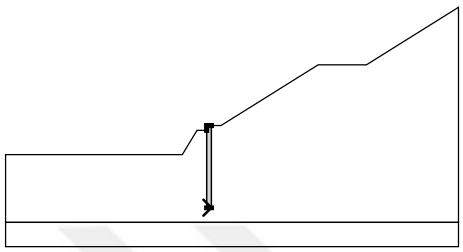
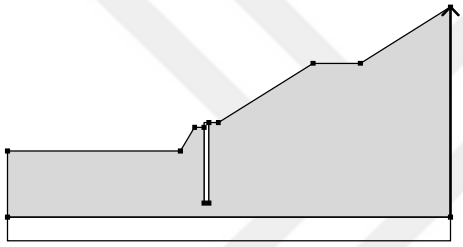
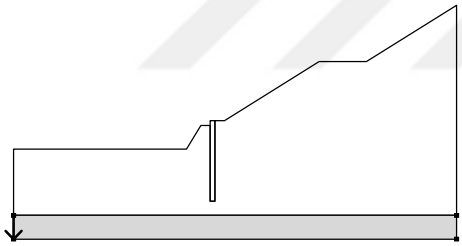
Unit weight : γ = 18,00 kN/m^3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 105,00 kPa

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m³]
1	Wall material		23,56

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,00	-17,00	0,00	-17,00	Wall material
		0,00	0,00	-1,00	0,00	
		-1,00	-1,00			
2		51,00	-20,00	51,00	24,38	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8
		32,00	12,50	22,00	12,50	
		2,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	-17,00	-1,00	-17,00	
		-1,00	-1,00	-3,00	-1,00	
		-6,00	-6,00	-42,50	-6,00	
		-42,50	-20,00			
3		-42,50	-20,00	-42,50	-25,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8
		51,00	-25,00	51,00	-20,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	13,13	[m]	Angles :	α_1 =	-19,26	[°]
	z =	37,79	[m]		α_2 =	70,24	[°]
Radius :	R =	40,03	[m]				
The slip surface after optimization.							

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (Spencer)
Factor of safety = 2,55 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

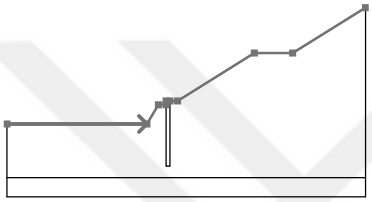
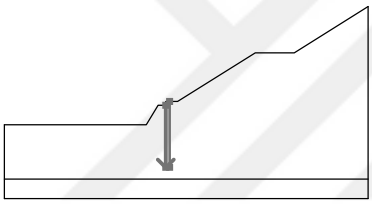
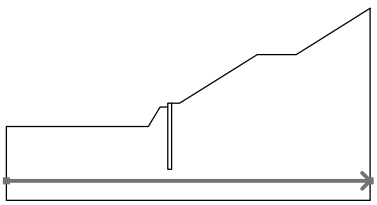
USA - Safety factor

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-42,50	-6,00	-6,00	-6,00	-3,00	-1,00
		-1,00	-1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
		2,00	0,00	22,00	12,50	32,00	12,50
		51,00	24,38				
2		-1,00	-1,00	-1,00	-17,00	0,00	-17,00
		0,00	0,00				
3		-42,50	-20,00	51,00	-20,00		

Soil parameters - total stress state

No.	Name	Pattern	c_u [kPa]	γ [kN/m^3]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		105,00	18,00

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8

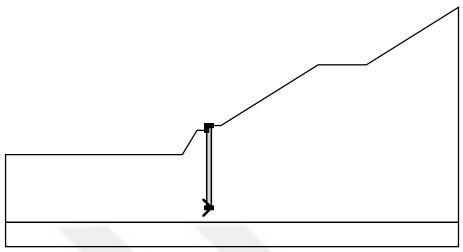
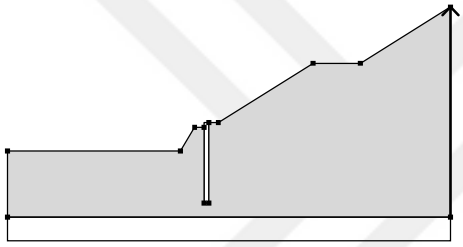
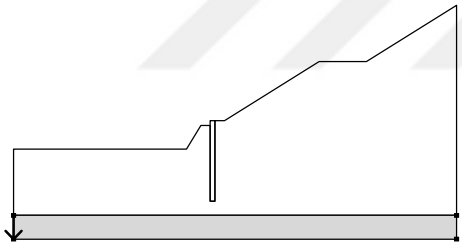
Unit weight : γ = 18,00 kN/m^3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 105,00 kPa

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m3]
1	Wall material		23,56

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,00	-17,00	0,00	-17,00	Wall material
		0,00	0,00	-1,00	0,00	
		-1,00	-1,00			
2		51,00	-20,00	51,00	24,38	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		32,00	12,50	22,00	12,50	
		2,00	0,00	0,00	0,00	
		0,00	-17,00	-1,00	-17,00	
		-1,00	-1,00	-3,00	-1,00	
		-6,00	-6,00	-42,50	-6,00	
		-42,50	-20,00			
3		-42,50	-20,00	-42,50	-25,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0.8
		51,00	-25,00	51,00	-20,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	18,15	[m]	Angles :	α_1 =	-33,79	[°]
	z =	27,25	[m]		α_2 =	84,76	[°]
Radius :	R =	32,79	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

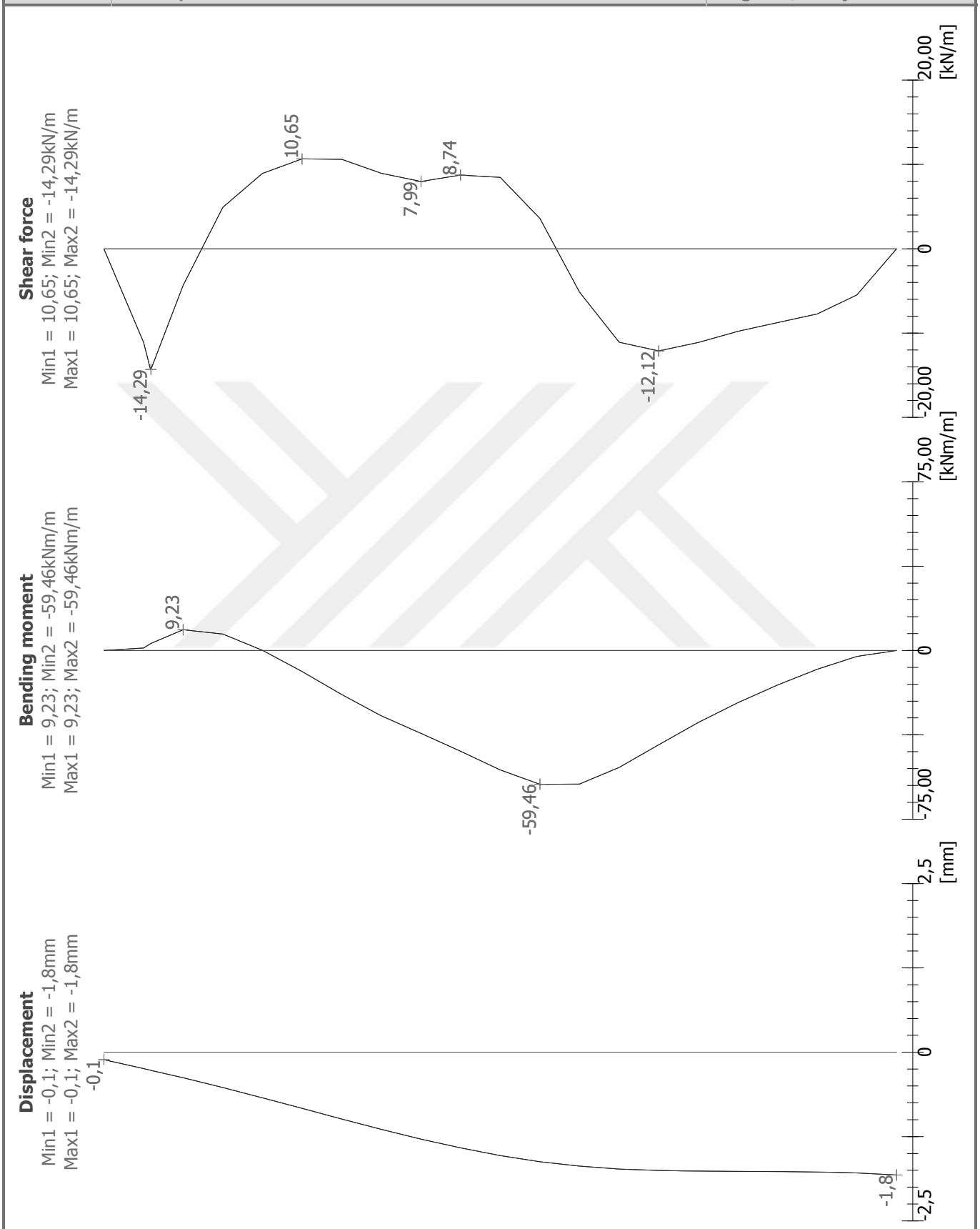
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability verification (all methods)

Bishop :	FS = 2,25 > 1,50 **ACCEPTABLE**
Fellenius / Petterson :	FS = 2,25 > 1,50 **ACCEPTABLE**
Spencer :	The solution has not been found.
Janbu :	The solution has not been found.
Morgenstern-Price :	FS = 2,24 > 1,50 **ACCEPTABLE**
Shahunyants :	FS = 2,25 > 1,50 **ACCEPTABLE**
ITFM :	FS = 2,28 > 1,50 **ACCEPTABLE**
ITFM explicit solution :	FS = 2,28 > 1,50 **ACCEPTABLE**

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Envelopes	Stage : 1; Analysis: 1



[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Sheeting structure verification

Input data

Project

Author : Doç. Dr. Mustafa FENER
Date : 25.4.2018

Settings

USA - Safety factor

Materials and standards

Concrete structures : ACI 318-11

Excavations

Active earth pressure calculation : Coulomb
Passive earth pressure calculation : Mazindrani (Rankin)
Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
Consider reduction of the modulus of subsoil reaction for a braced sheeting
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for internal stability of anchors :	SF_a =	1,50	[–]

Geometry of structure

Structure length = 17,00 m

Type of structure: Pile curtain
Standard : CSN 73 1201 R
Material: B 20

Pile diameter d = 1,00 m
Pile spacing a = 1,20 m

Coeff. of press. reduc. in front of wall = 1,00

Area of cross-section A = 6,54E-01 m^2/m
Moment of inertia I = 4,09E-02 m^4/m
Elastic modulus E = 27000,00 MPa
Shear modulus G = 11340,00 MPa

Modulus of subsoil reaction determined according to the Schmitt theory.

Basic soil parameters - (total stress-state)

No.	Name	Pattern	c_u [kPa]	a [kPa]	γ [kN/m³]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		105,00	50,00	18,00

Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	φ_{ef} [°]	ν [–]	OCR [–]	K_r [–]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		cohesive	-	0,40	-	-

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Parameters of soils to compute modulus of subsoil reaction (Schmitt)

No.	Name	Pattern	ν [–]	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8		0,40	100,00	-

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8

Unit weight : γ = 18,00 kN/m^3
Stress-state : total
Cohesion of soil : c_u = 105,00 kPa
Adhesion struc.-soil : a = 50,00 kPa
Soil : cohesive
Poisson's ratio : ν = 0,40
Oedometric modulus : E_{oed} = 100,00 MPa

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	20,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8	
2	-	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency very stiff Sr > 0,8	

Excavation

Soil in front of wall is excavated to a depth of 1,00 m.

Ditch bottom shape

No.	Coordinate x [m]	Depth z [m]
1	0,00	0,00
2	-2,00	0,00
3	-5,00	5,00
4	-6,00	5,00

Origin [0,0] is located at the ditch bottom.
Positive coordinate +z has downward direction.

Terrain profile

No.	Coordinate x [m]	Depth z [m]
1	0,00	0,00
2	2,00	0,00
3	22,00	-12,50
4	32,00	-12,50
5	52,00	-25,00
6	53,00	-25,00

Origin [0,0] is located in upper right edge of construction.
Positive coordinate +z has downward direction.

Water influence

Ground water table is located below the structure.
The evolution of tensile cracks is considered in the analyses. Depth of cracks is 1,00 m.

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Global settings

Number of FEs to discretize wall = 20
Minimum dimensioning pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0{,}20\sigma_z$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Analysis results

Distribution of pressures acting on the structure (in front and behind the wall)

Depth [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	255.16
1.00	-0.00	-0.00	-0.00	10.00	52.54	283.15
1.00	-0.00	-0.00	-255.15	3.60	42.55	273.15
2.00	-0.00	-12.00	-273.15	7.20	85.08	291.15
2.00	-0.00	-4.89	-273.17	7.20	85.12	291.17
4.91	0.00	-8.17	-325.56	17.68	208.96	343.56
5.00	-0.00	-8.27	-327.15	18.00	212.71	345.15
5.84	-0.00	-9.21	-342.22	21.01	248.32	360.22
9.82	0.00	-53.05	-413.96	35.36	417.87	431.96
14.17	0.00	-100.92	-492.29	51.03	470.10	510.29
15.17	-0.00	-111.92	-510.29	54.63	482.10	528.29
17.00	-32.85	-132.00	-543.15	61.20	504.00	561.15

Distributions of the modulus of subsoil reaction and internal forces on the structure

Depth [m]	kh,p [MN/m^3]	kh,z [MN/m^3]	Displacement [mm]	Pressure [kPa]	Shear Force [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-0.11	0.00	-0.00	-0.00
0.85	0.00	104.78	-0.24	19.17	-11.12	1.11
0.99	0.00	104.78	-0.27	24.28	-14.21	2.90
1.01	104.78	104.78	-0.27	-13.42	-14.29	3.13
1.70	104.78	104.78	-0.38	-15.52	-4.33	9.23
2.55	104.78	104.78	-0.52	-6.53	4.91	7.27
3.40	104.78	104.78	-0.67	-3.19	8.93	0.13
4.25	104.78	104.78	-0.83	-0.97	10.65	-9.39
5.10	104.78	104.78	-0.99	1.11	10.62	-19.61
5.95	104.78	104.78	-1.14	3.04	8.96	-29.07
6.80	104.78	104.78	-1.29	-0.34	7.99	-36.87
7.65	104.78	104.78	-1.42	-0.89	8.74	-44.76
8.50	104.78	104.78	-1.53	2.26	8.46	-53.06
9.35	104.78	104.78	-1.62	9.99	3.60	-59.46
10.20	104.78	104.78	-1.69	11.41	-5.11	-59.36
11.05	104.78	104.78	-1.73	3.44	-11.09	-52.02
11.90	104.78	104.78	-1.75	-0.45	-12.12	-41.95
12.75	104.78	104.78	-1.76	-1.61	-11.11	-32.03
13.60	104.78	104.78	-1.77	-1.40	-9.78	-23.19
14.45	104.78	104.78	-1.77	-1.04	-8.77	-15.36
15.30	104.78	104.78	-1.77	-1.62	-7.73	-8.34

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Depth [m]	kh,p [MN/m3]	kh,z [MN/m3]	Displacement [mm]	Pressure [kPa]	Shear Force [kN/m]	Moment [kNm/m]
16.15	104.78	104.78	-1.79	-4.10	-5.47	-2.61
17.00	104.78	104.78	-1.82	-9.25	0.00	0.00

Maximum shear force = 14,29 kN/m
Maximum moment = 59,46 kNm/m
Maximum displacement = 1,8 mm

Envelope of internal forces No. 1

	Disp. min [mm]	Disp. max [mm]	Shear force min. [kN/m]	Shear force max [kN/m]	Moment min. [kNm/m]	Moment max. [kNm/m]
0.00	-0.11	-0.11	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
0.85	-0.24	-0.24	-11.12	-11.12	1.11	1.11
0.99	-0.27	-0.27	-14.21	-14.21	2.90	2.90
1.01	-0.27	-0.27	-14.29	-14.29	3.13	3.13
1.70	-0.38	-0.38	-4.33	-4.33	9.23	9.23
2.55	-0.52	-0.52	4.91	4.91	7.27	7.27
3.40	-0.67	-0.67	8.93	8.93	0.13	0.13
4.25	-0.83	-0.83	10.65	10.65	-9.39	-9.39
5.10	-0.99	-0.99	10.62	10.62	-19.61	-19.61
5.95	-1.14	-1.14	8.96	8.96	-29.07	-29.07
6.80	-1.29	-1.29	7.99	7.99	-36.87	-36.87
7.65	-1.42	-1.42	8.74	8.74	-44.76	-44.76
8.50	-1.53	-1.53	8.46	8.46	-53.06	-53.06
9.35	-1.62	-1.62	3.60	3.60	-59.46	-59.46
10.20	-1.69	-1.69	-5.11	-5.11	-59.36	-59.36
11.05	-1.73	-1.73	-11.09	-11.09	-52.02	-52.02
11.90	-1.75	-1.75	-12.12	-12.12	-41.95	-41.95
12.75	-1.76	-1.76	-11.11	-11.11	-32.03	-32.03
13.60	-1.77	-1.77	-9.78	-9.78	-23.19	-23.19
14.45	-1.77	-1.77	-8.77	-8.77	-15.36	-15.36
15.30	-1.77	-1.77	-7.73	-7.73	-8.34	-8.34
16.15	-1.79	-1.79	-5.47	-5.47	-2.61	-2.61
17.00	-1.82	-1.82	0.00	0.00	0.00	0.00

Maximum values

Maximum displacement = -1,8 mm
Minimum displacement = -0,1 mm
Maximum bending moment = 9,23 kNm/m
Minimum bending moment = -59,46 kNm/m
Maximum shear force = 10,65 kN/m

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Sheeting structure verification

Input data

Project

Task : Çankırı Yok Kenarı Kazık Projesi
Date : 11.06.2018

Settings

USA - Safety factor

Materials and standards

Concrete structures : ACI 318-11

Excavations

Active earth pressure calculation : Coulomb
Passive earth pressure calculation : Mazindrani (Rankin)
Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
Consider reduction of the modulus of subsoil reaction for a braced sheeting
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for internal stability of anchors :	SF_a =	1,50	[–]

Geometry of structure

Structure length = 22,22 m

Type of structure: Pile curtain
Standard : CSN 73 1201 R
Material: B 20

Pile diameter d = 0,80 m
Pile spacing a = 1,00 m

Coeff. of press. reduc. in front of wall = 1,00

Area of cross-section A = 5,03E-01 m^2/m
Moment of inertia I = 2,01E-02 m^4/m
Elastic modulus E = 27000,00 MPa
Shear modulus G = 11340,00 MPa

Modulus of subsoil reaction determined according to the Schmitt theory.

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		6,00	50,00	20,50	12,00	3,00

Soil parameters to compute pressure at rest

No.	Name	Pattern	Type calculation	φ_{ef} [°]	ν [–]	OCR [–]	K_r [–]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		cohesive	-	0,42	-	-

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Parameters of soils to compute modulus of subsoil reaction (Schmitt)

No.	Name	Pattern	ν [–]	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		0,42	7,50	-

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm

Unit weight : γ = 20,50 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 6,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 50,00 kPa
Angle of friction struc.-soil : δ = 3,00 °
Soil : cohesive
Poisson's ratio : ν = 0,42
Oedometric modulus : E_{oed} = 7,50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 22,00 kN/m^3

Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	-	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm	

Excavation

Soil in front of wall is excavated to a depth of 10,22 m.

Terrain profile

Terrain behind construction has the slope 1: 1,00 (slope angle is 45,00 °).
Embankment height is 3,00 m, embankment length is 3,00 m.

Water influence

Ground water table is located below the structure.

Input anchors

No.	New anchor	Depth z [m]	Length l [m]	Root l_k [m]	Slope α [°]	Spacing b [m]
1	YES	2,00	23,00	13,00	15,00	1,60
2	YES	4,00	25,00	15,00	15,00	1,60
3	YES	6,00	23,00	13,00	15,00	1,60
4	YES	8,00	25,00	15,00	15,00	1,60

No.	Diameter d [mm]	Area A [mm^2]	Modulus E [MPa]	Post-stressing	Force F [kN]
1	25,0		210000,00		200,00
2	25,0		210000,00		300,00
3	25,0		210000,00		300,00
4	25,0		210000,00		300,00

Global settings

Number of FEs to discretize wall = 20
Minimum dimensioning pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0{,}20\sigma_z$

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Analysis results

Analysis of the structure was not completed - results are not available.

Internal stability of anchor system - partial results

E_A = 3180,33 kN/m δ = 2,99 °

Depth of theoretical footing under bottom of the pit H_0 = 12,00 m

Row of anchors	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Included rows of anchors	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK_{MAX} [kN]
1	518,60	4,79	10964,18	1557,51	23,83		5827,77	905,75	1449,21
2	922,63	5,12	12981,95	1644,46	17,35	1,3	5828,27	1149,08	1838,53
3	1138,55	5,22	12132,46	1488,00	16,77	1	4508,57	1242,27	1987,63
4	1714,45	5,37	14269,05	1596,27	10,48	1,2,3	-421,34	1554,99	2487,99

Internal stability of anchor system check

No.	Anchor force [kN]	Max.allow.force in anchor [kN]	Factor of safety
1	200,00	1449,21	7,25
2	300,00	1838,53	6,13
3	300,00	1987,63	6,63
4	300,00	2487,99	8,29

Decisive anchor row : 2

Required safety fact. FS= 1,50 < 6,13 = $FS_{minim.}$

Overall verification of internal stability is SATISFACTORY

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Settings

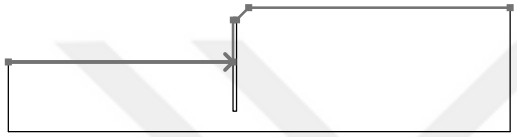
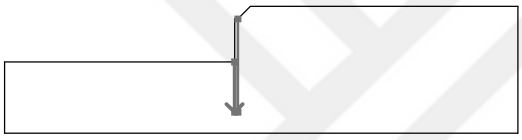
USA - Safety factor

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-55,55	-10,22	-0,80	-10,22	-0,80	0,00
		0,00	0,00	3,00	3,00	66,66	3,00
2		-0,80	-10,22	-0,80	-22,22	0,00	-22,22
		0,00	0,00				

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		6,00	50,00	20,50

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		22,00		

Soil parameters

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm

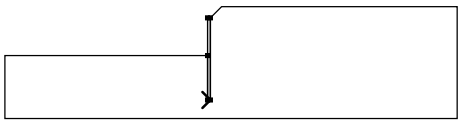
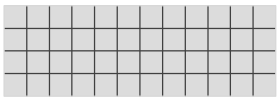
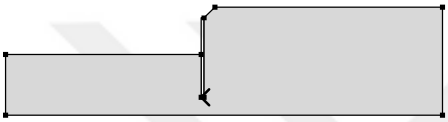
Unit weight : γ = 20,50 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 6,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 50,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 22,00 kN/m³

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m3]
1	Wall material		23,56

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-0,80	-22,22	0,00	-22,22	Wall material
		0,00	0,00	-0,80	0,00	
		-0,80	-10,22			
2		0,00	-22,22	-0,80	-22,22	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		-0,80	-10,22	-55,55	-10,22	
		-55,55	-27,22	66,66	-27,22	
		66,66	3,00	3,00	3,00	
		0,00	0,00			

Anchors

No.	Origin		Length and slope / coordinates		Anchor spacing	Diameter / area	Elastic modulus	Break force	Active	Force
	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	α [°] / z [m]	b [m]	d [mm] / A [mm2]	E [MPa]	F_c [kN]	in compress.	F [kN]
1	-0,80	-2,00	l = 23,00	α = 15,00	1,60	d =			No	200,00
2	-0,80	-4,00	l = 25,00	α = 15,00	1,60	d =			No	300,00
3	-0,80	-6,00	l = 23,00	α = 15,00	1,60	d =			No	300,00
4	-0,80	-8,00	l = 25,00	α = 15,00	1,60	d =			No	300,00

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,96	[m]	Angles :	α_1 =	-48,95	[°]
	z =	13,16	[m]		α_2 =	73,42	[°]
Radius :	R =	35,60	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 3658,08 kN/m

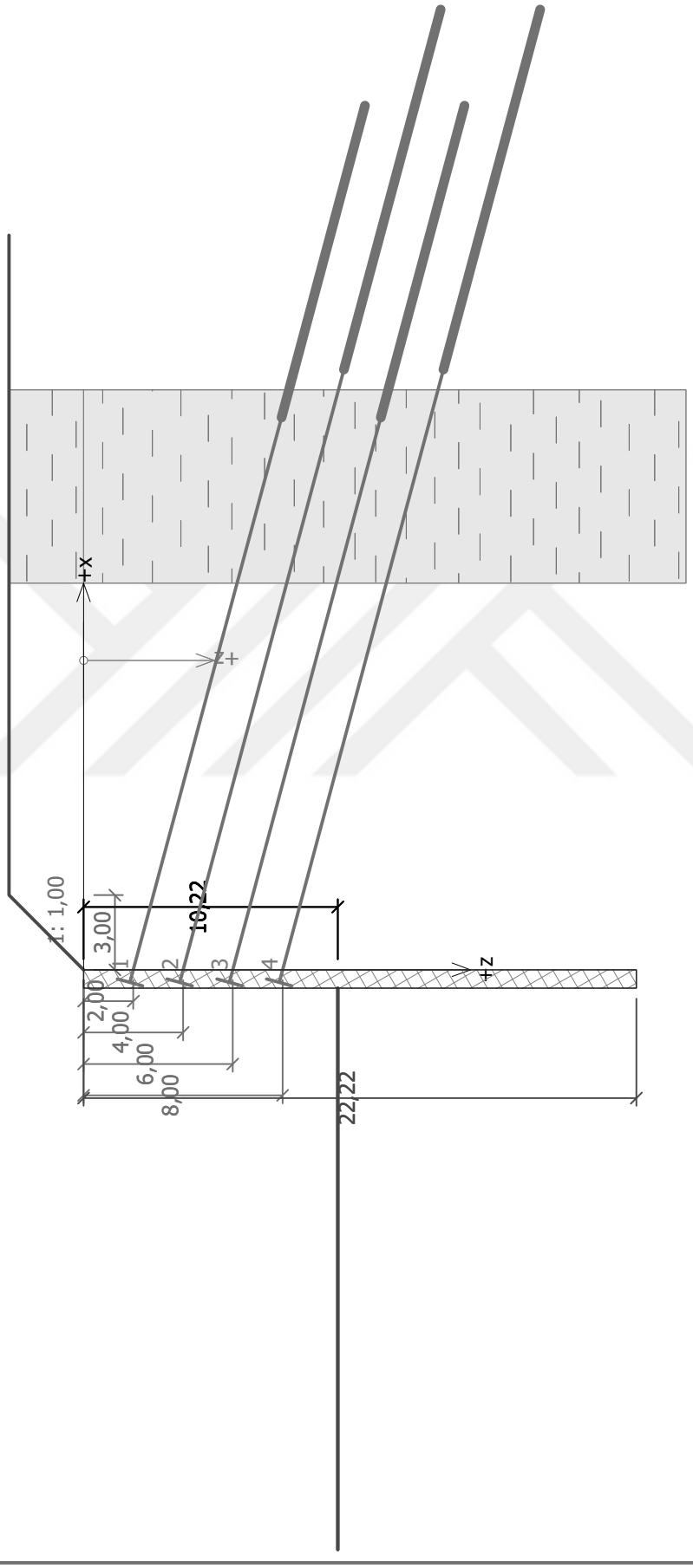
Sum of passive forces : F_p = 5847,76 kN/m

[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Sliding moment : M_a = 130227,56 kNm/m
Resisting moment : M_p = 208180,16 kNm/m
Factor of safety = 1,60 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

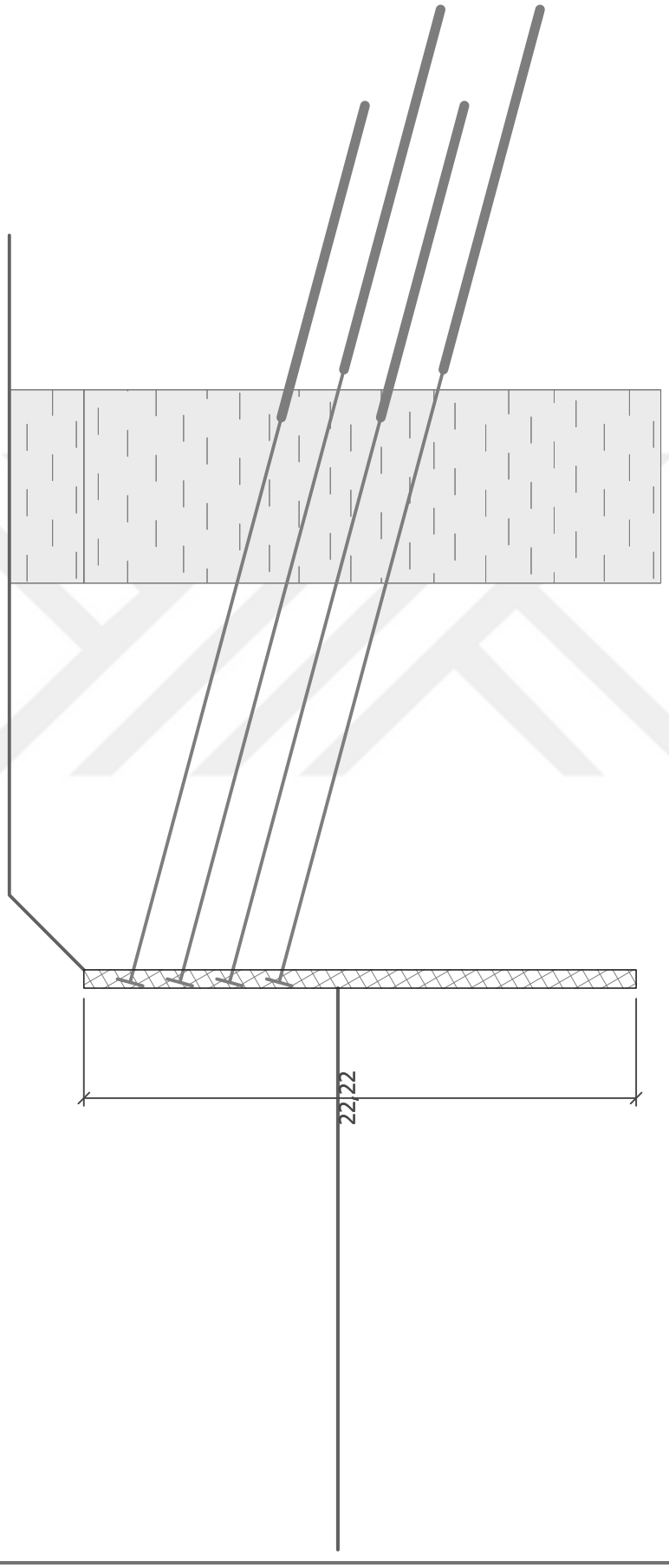
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Project	Stage : 1



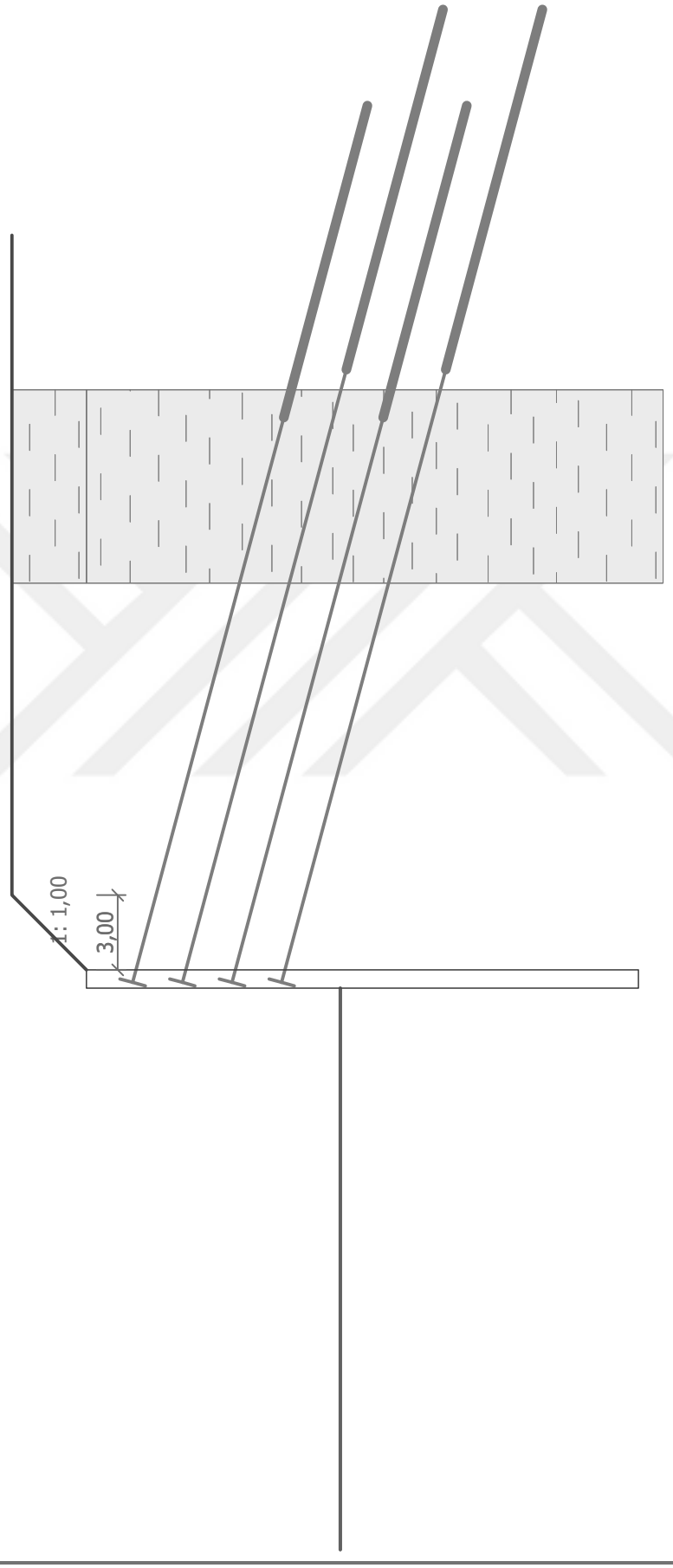
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Geometry	Stage : 1



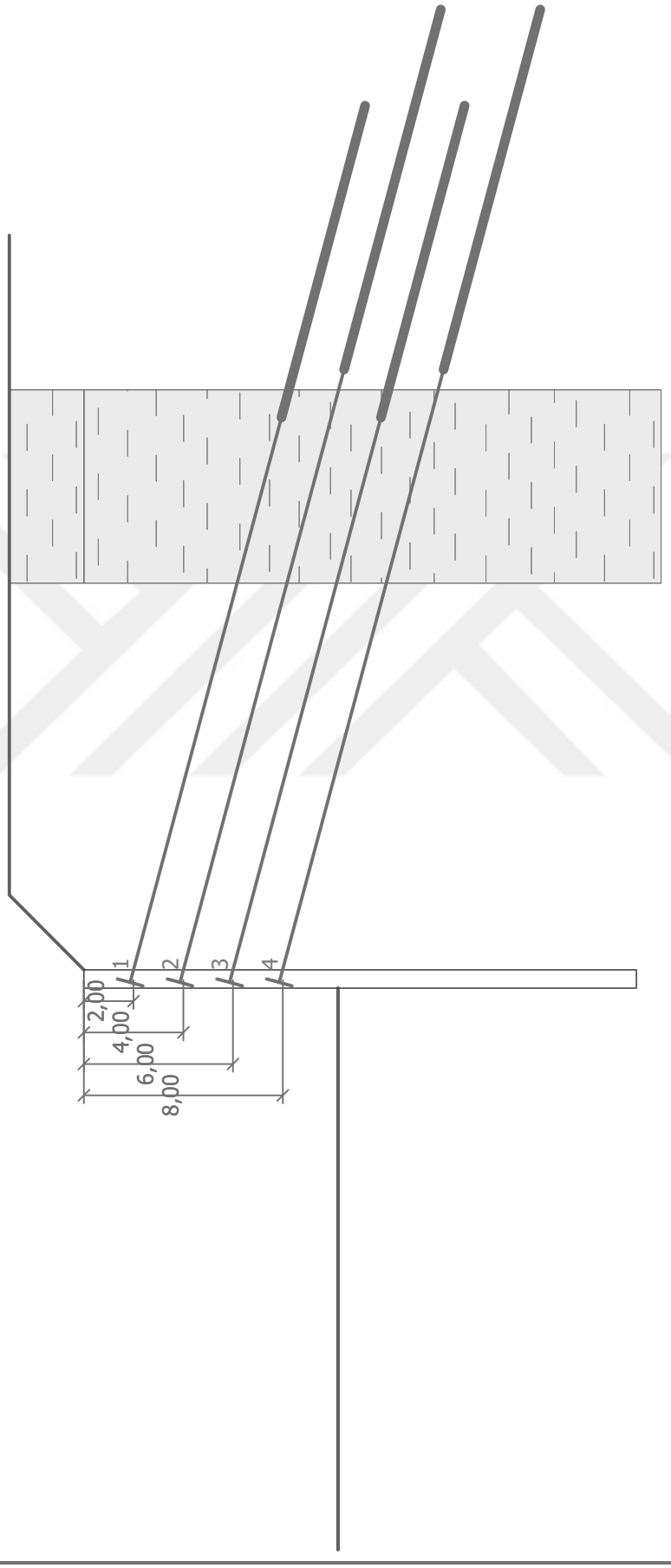
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Terrain	Stage : 1



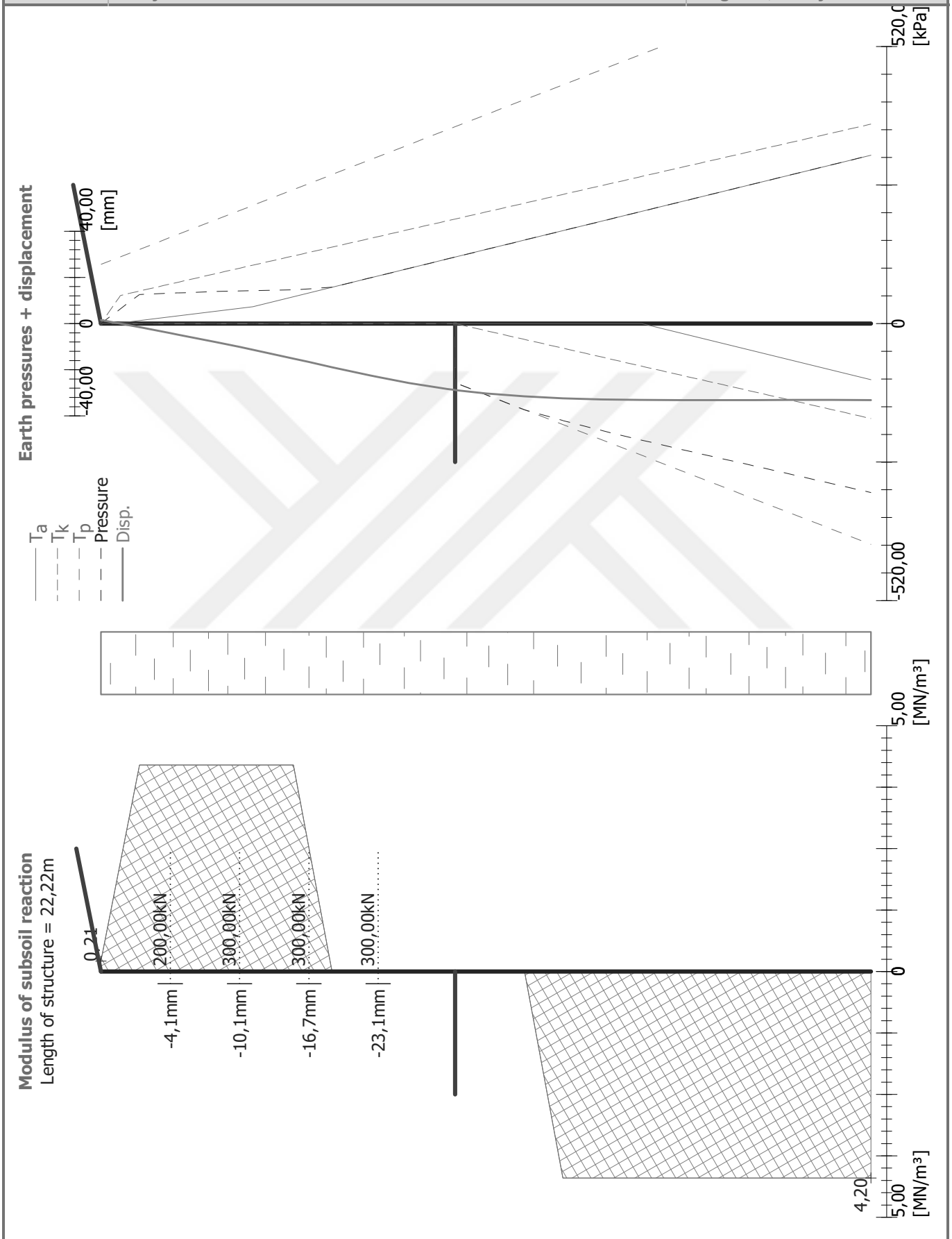
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Anchors	Stage : 1



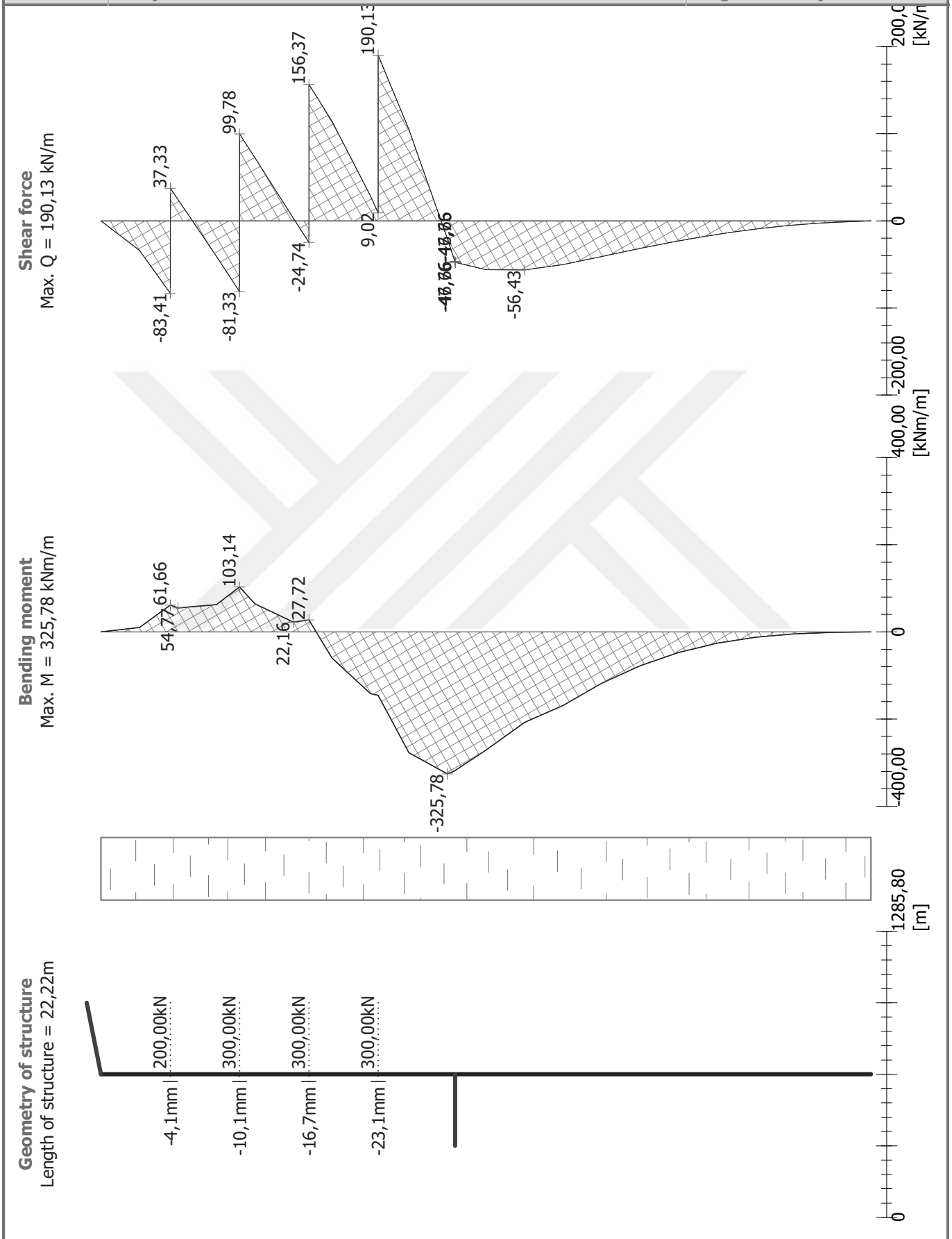
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Analysis	Stage : 1; Analysis: 1



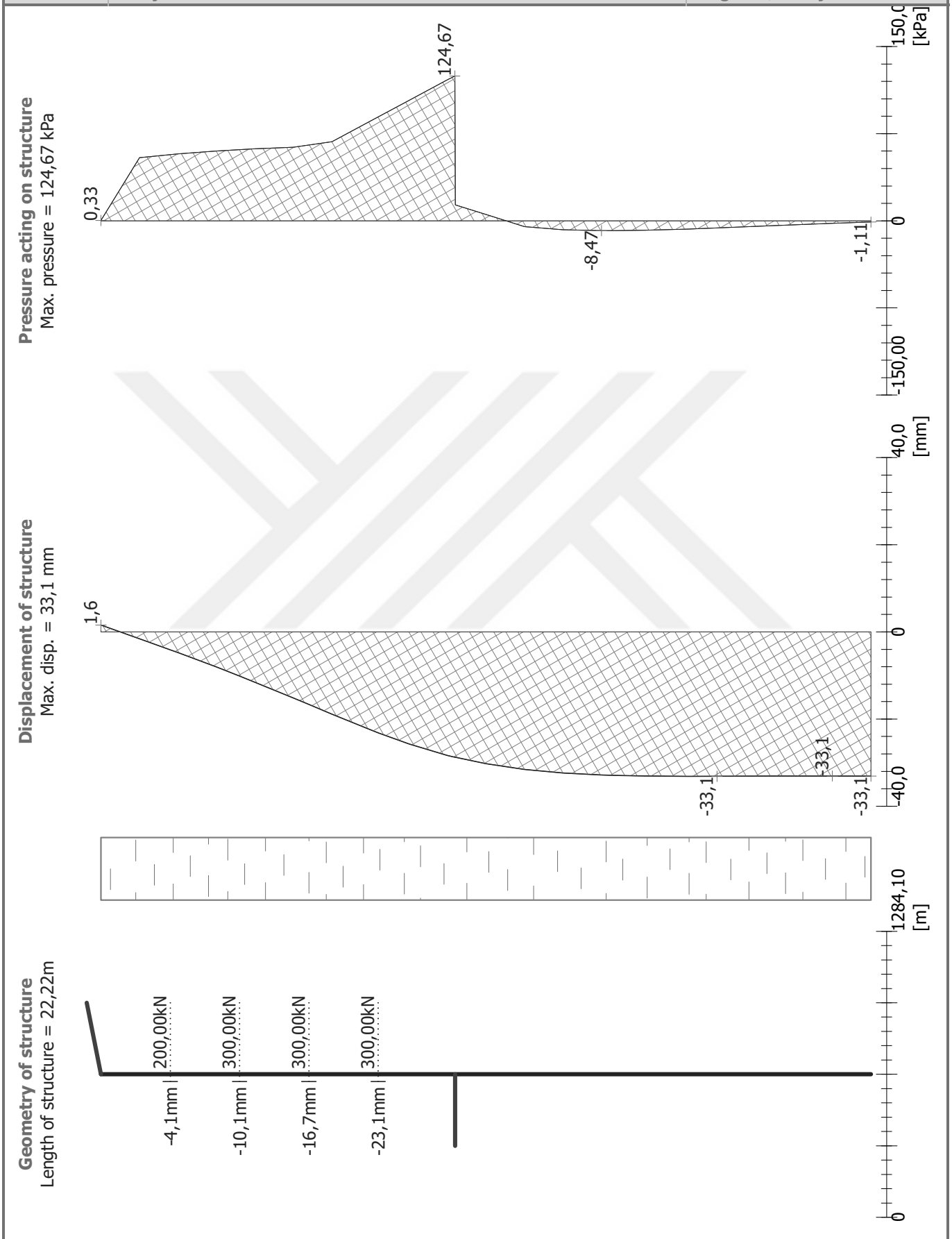
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Analysis	Stage : 1; Analysis: 1



[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Name :	Analysis	Stage : 1; Analysis: 1



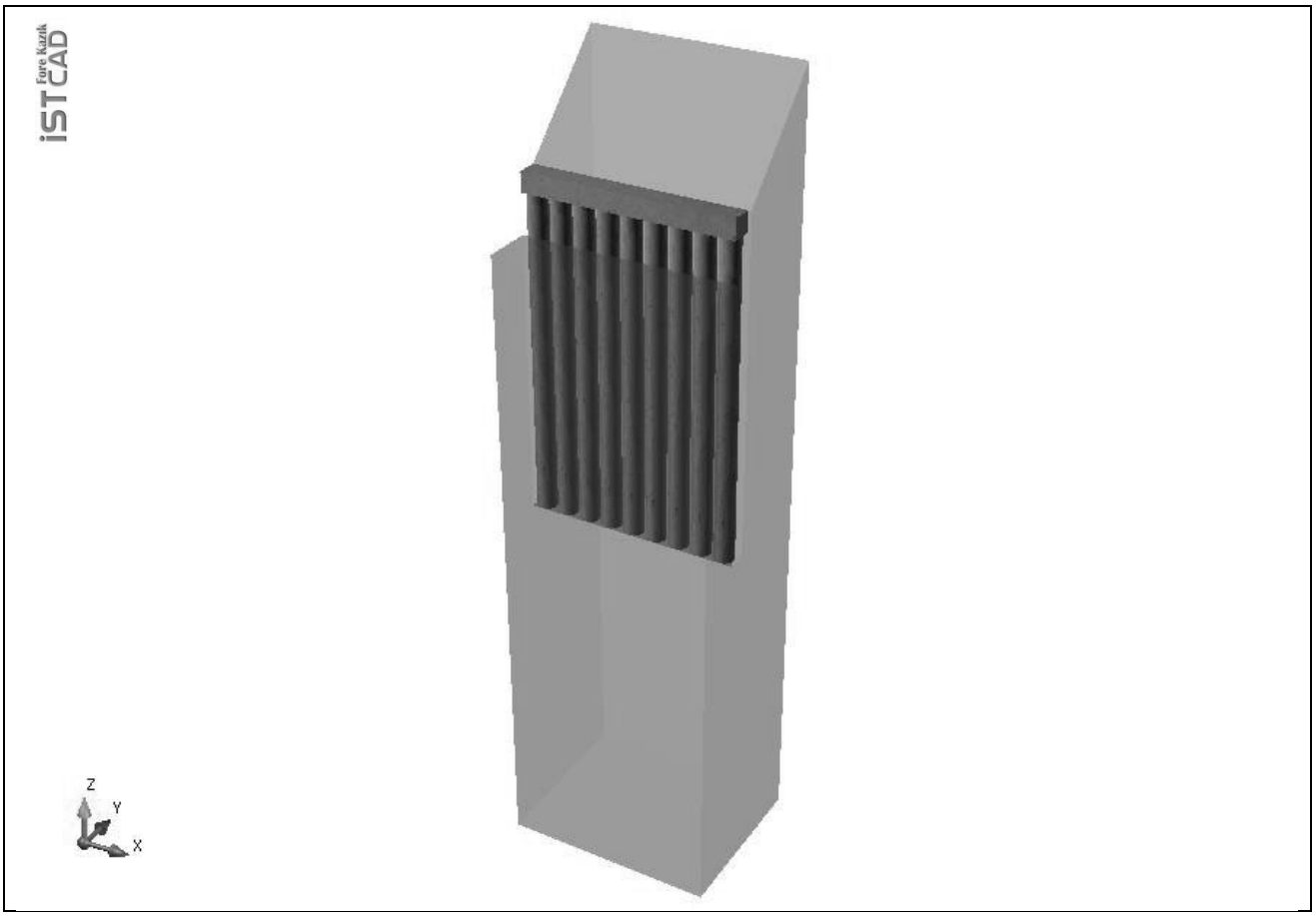
[GeoStructural Analysis - Sheeting Check | version 5.17.7.0 | Copyright © 2013 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Ek 5. Demir Donatı Hesap Raporu

Proje Adı **Çözüm Adı**

ISTCAD PROJE

FORE KAZIK 1



-

-

Proje Müellifi

Adı Soyadı	-
Oda Sicil No	-
İ.T.B. No	-
Firma Adı	-
Vergi Dairesi	-
Vergi No	-
Adres	-
Telefon	-

Arsa Bilgileri

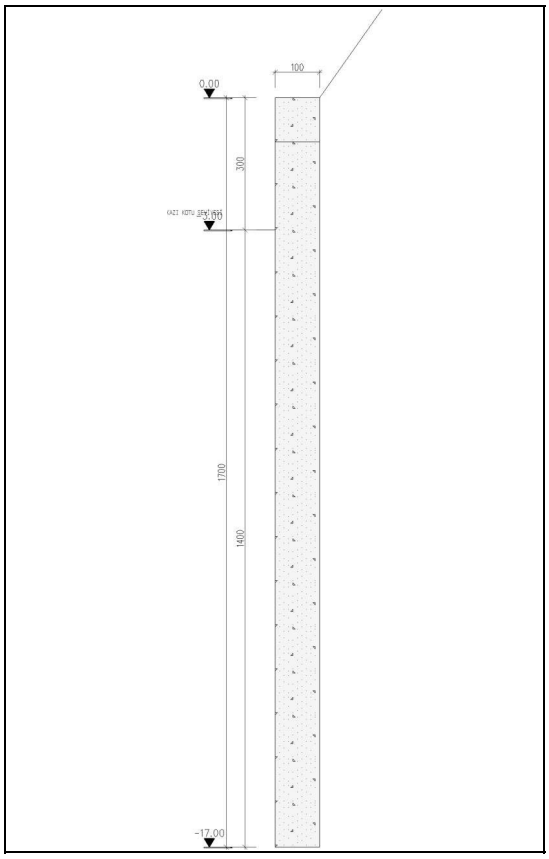
Mal Sahibi	-
İl	-
İlçe	-
Mahalle	-
İdaresi	-
Pafta	-
Ada	-
Parsel	-

PROJE MÜELLİFİ	YAPI DENETİM	ONAY

- - -

Hesap Birimi : *Metric*

Kazık Çapı	D	100	cm.
Kazık Adedi	S	9	adet
Toplam Kazık Boyu	H	1700	cm.
Kazık Zemin Üstündeki Boyu	H1	300	cm.
Kazık Zemin İçindeki Boyu	H2	1400	cm.
Kazıklar arası Boşluk	A	20	cm.
Başlık Kiriş Genişliği	Hb	100	cm.
Başlık Kiriş Yüksekliği	Hy	100	cm.
Şürşaj Yükü	Q	8.00	t/m²
Zemin Yatak Katsayısı	Kh	14000.00	t/m³
Üst Zemin Yatay Açısı	β	45.00	o
Kazık - Zemin Sürtünme Açısı	δ	0.00	o



Zemin Grubu (A / B / C / D)		D Grubu	
Deprem Bölgesi		1	
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	Ao	0.40	
Yapı Önem Katsayısı	I	1.00	
Yapı Davranış Katsayısı	Ra	1.50	
Beton Birim Hacim Ağırlığı		2.50	t/m²

Yatay Eşdeğer Deprem Katsayısı (Ch)	0.160
Düşey Eşdeğer Deprem Katsayısı (Cv)	0.107

Fore Kazık Yapı Malzemesi

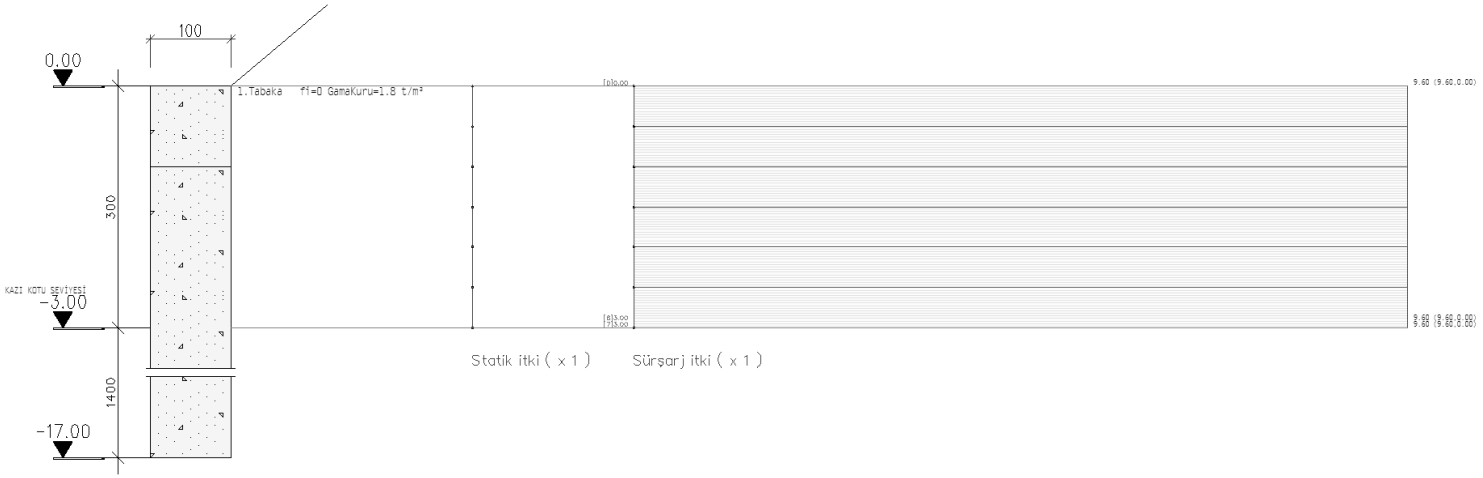
Beton Sınıfı		C35	Çelik Sınıfı		S420
fck	350	kg / cm²	fyk	4200	kg / cm²
fcd	233.33	kg / cm²	fyd	3652.17	kg / cm²
fctk	20.71	kg / cm²	fywk	2200	kg / cm²
fctd	13.81	kg / cm²	fywd	1913.04	kg / cm²

Tabaka Verileri

No	H (m)	γn (t/m³)	γd (t/m³)	Ø (o)	δ (o)	Cu (t/m²)	λ1 (o)	λ2 (o)	Kat	Kas	Kad
1	35.00	1.80	2.00	0.00	0.00	105.00	8.22	10.16	1.107	1.000	0.107

LİSANS	SOİL TEKNİK A.Ş.		
PROJE	FORE KAZIK 1		
TARİH	29.6.2018	LİSANS NO	9157-19152-19662

İTKİ YATAY BİLEŞEN YÜK DİYAGRAMLARI



Karakteristik Boy & Toplam Kazık Boyu Tayini

ko = kh alınarak kesite ait karakteristik boy lo =[4.E.I / (Kh.D)]^0.25 ile hesaplanır.

Kazık Çapı	D	100	cm.
Beton Elastik Modülü	E	3320000	t/m²
Kazık Alalet Momenti	I	0.049	m4
Kazık Eğilme Rijitliği	EI	163012	tm²

(C35)

I = (D^4 . Pi / 64)

Karakteristik Boy	Lo	2.61	m.

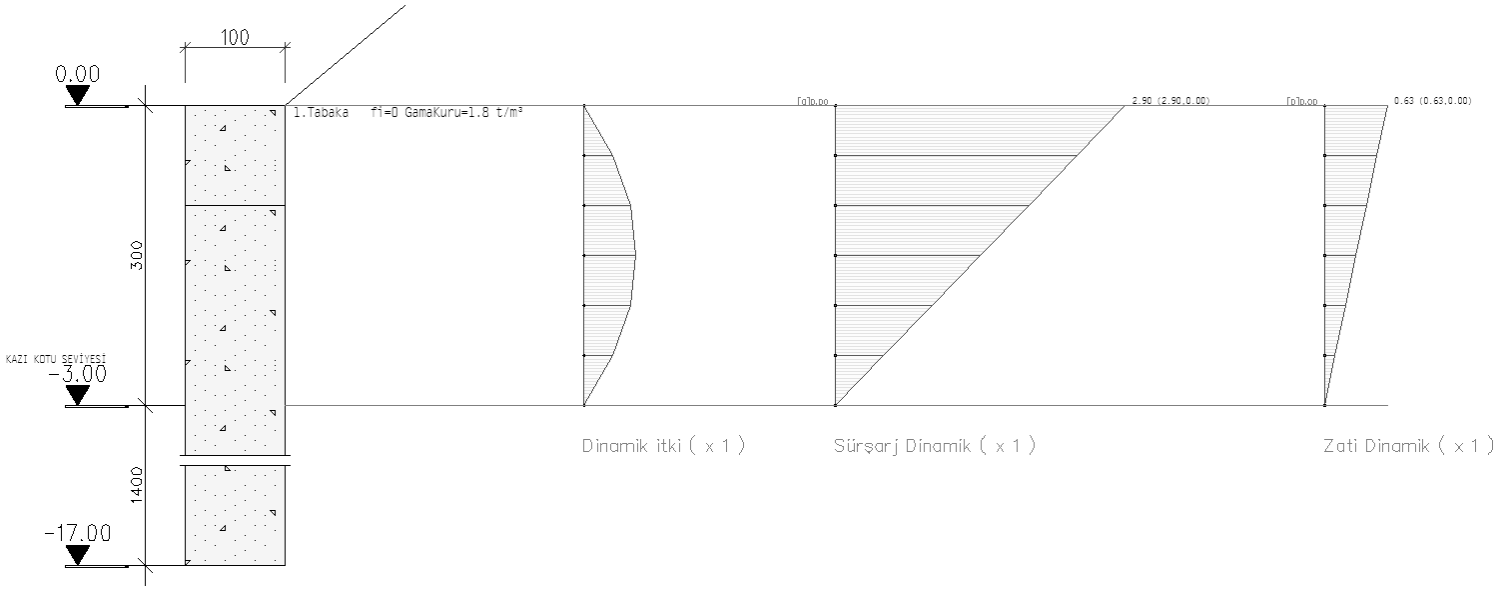
Zemin içinde kalan kazık kısmının minimum = π.lo seçilmesi kazığın elastik zemine mesnetli uzun bir kiriş gibi davranmasını sağlar.
Bu durumda ; Lank = π.lo kabulü ile toplam kazık boyunun ; (Lkazık > H1 + Lank) şartını sağlaması gerekir.

Mimunum Kazık Boyu	Lmin = H1 + (π.lo)	11.21	m.
Seçilen Kazık Boyu	Lk	17.00	m.

> Lmin : 11.21 m. Ok. Derinlik Uygundur.

İstinat Duvarı Hesap ve Çizim Programı - www.goksa.com.tr - Copyright © 2018 Göksa Mühendislik

DİNAMİK İTKİLER



STATİK İTKİ DEĞERLERİ (1 m. için bulunan itki değerleri Le (Etkin yük boyu) ile çarpılmıştır.) Le : 1.20 m.

No	Z (m)	STATİK İTKİ DEĞERLERİ					SÜRŞARJ STATİK İTKİ DEĞERLERİ				
		Yük (t/m)	Yatay (t/m)	Düşey (tm/m)	Kesme (t/m)	Moment (t/m)	Yük (t/m)	Yatay (t/m)	Düşey (tm/m)	Kesme (t/m)	Moment (t/m)
0	0.00	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	-	-
1	0.50	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	4.800	1.200
2	1.00	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	9.600	4.800
3	1.50	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	14.400	10.800
4	2.00	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	19.200	19.200
5	2.50	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	24.000	30.000
6	3.00	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	28.800	43.200
7	3.00	-	-	-	-	-	9.600	9.600	-	28.800	43.200
8	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-2.664	57.434
9	7.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-13.430	45.248
10	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-13.317	27.044
11	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-9.237	12.142
12	13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-4.935	2.976
13	15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.855	-1.301
14	17.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.159	-2.478

NOT : Kazı altı seviyesi kesme ve moment değerleri elastik zemine oturan kiriş teorisi ile hesaplanmıştır.

DİNAMİK İTKİ DEĞERLERİ (1 m. için bulunan itki değerleri Le (Etkin yük boyu) ile çarpılmıştır.) Le : 1.20 m.

No	Z (m)	DİNAMİK İTKİ DEĞERLERİ					SÜRŞARJ DİNAMİK İTKİ DEĞERLERİ					ZATİ DİNAMİK İTKİ DEĞERLERİ				
		Yük (t/m)	Yatay (t/m)	Düşey (tm/m)	Kesme (t/m)	Moment (t/m)	Yük (t/m)	Yatay (t/m)	Düşey (tm/m)	Kesme (t/m)	Moment (t/m)	Yük (t/m)	Yatay (t/m)	Düşey (tm/m)	Kesme (t/m)	Moment (t/m)
0	0.00	-	-	-	-	-	2.905	2.905	-	-	-	0.628	0.628	-	-	-
1	0.50	0.289	0.289	-	0.072	0.012	2.421	2.421	-	1.332	0.343	0.523	0.523	-	0.288	0.074
2	1.00	0.462	0.462	-	0.260	0.091	1.937	1.937	-	2.421	1.291	0.419	0.419	-	0.523	0.279
3	1.50	0.520	0.520	-	0.505	0.281	1.452	1.452	-	3.268	2.723	0.314	0.314	-	0.706	0.588
4	2.00	0.462	0.462	-	0.751	0.597	0.968	0.968	-	3.873	4.519	0.209	0.209	-	0.837	0.977
5	2.50	0.289	0.289	-	0.939	1.023	0.484	0.484	-	4.236	6.556	0.105	0.105	-	0.916	1.418
6	3.00	-	-	-	1.011	1.516	-	-	-	4.357	8.714	-	-	-	0.942	1.884
7	3.00	-	-	-	1.011	1.516	-	-	-	4.357	8.714	-	-	-	0.942	1.884
8	5.00	-	-	-	-0.093	2.016	-	-	-	-0.888	10.482	-	-	-	-0.192	2.266
9	7.00	-	-	-	-0.471	1.588	-	-	-	-2.548	7.953	-	-	-	-0.551	1.719
10	9.00	-	-	-	-0.467	0.949	-	-	-	-2.386	4.611	-	-	-	-0.516	0.997
11	11.00	-	-	-	-0.324	0.426	-	-	-	-1.603	1.982	-	-	-	-0.347	0.429
12	13.00	-	-	-	-0.173	0.104	-	-	-	-0.829	0.414	-	-	-	-0.179	0.090
13	15.00	-	-	-	-0.065	-0.046	-	-	-	-0.292	-0.289	-	-	-	-0.063	-0.062
14	17.00	-	-	-	-0.006	-0.087	-	-	-	-0.006	-0.460	-	-	-	-0.001	-0.099

NOT : Kazı altı seviyesi kesme ve moment değerleri elastik zemine oturan kiriş teorisi ile hesaplanmıştır.

Kesit Tesirlerinin Belirlenmesi

Seçilen Çözüm Tipi :

Sabit Yatak Katsayılı Elastik Zemin üzerindeki Kirişe Ait Katsayılarla Çözüm Yapılmıştır.
Bu çözüm tipine göre Kazı kotunda ve altında kalan kotlarda kazıkta meydana gelen;
Vo kesme kuvveti ve Mo mement değerleri aşağıdaki tablo değerleri kullanılarak hesaplanır.

Kazı kotu kesit değerleri :

Tablo 1 : Sabit Yatak Katsayılı Elastik Zemin Üzerindeki Kirişe ait katsayılar

X / lo	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
awp	0.5000	0.2661	0.0994	0.0079	-0.0282	-0.0329	-0.0246	-0.0141
atp	-0.5000	-0.4115	-0.2542	-0.1192	-0.0334	0.0083	0.0211	0.0194
amp	0.0000	-0.2908	-0.3096	-0.2226	-0.1231	-0.0491	-0.0070	0.0106
avp	-1.0000	-0.2415	0.1108	0.2068	0.1794	0.1149	0.0563	0.0177
awm	0.5000	0.1207	-0.0554	-0.1034	-0.0897	-0.0574	-0.0282	-0.0088
atm	-1.0000	-0.5323	-0.1988	-0.0158	0.0563	0.0658	0.0493	0.0283
amm	-1.0000	-0.8231	-0.5083	-0.2384	-0.0667	0.0166	0.0423	0.0389
avm	0.0000	0.5816	0.6191	0.4451	0.2461	0.0983	0.0141	-0.0212

DEPREMSİZ DURUMDA KAZIKTA KESİT TESİRLERİ

Lo : 2.61 m.
PoSta = (Pas+Paq+Pasu) = (0.00 + 28.80 + 0.00) = 28.80 ton / kazık
MoSta = (Mas+Maq+Masu) = (0.00 + 43.20 + 0.00) = 43.20 tm / kazık

X / lo	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Kesit Kotu	-3.00	-4.31	-5.61	-6.92	-8.22	-9.53	-10.84	-12.14
Po.lo.amp	0.00	21.88	23.29	16.75	9.26	3.69	0.53	-0.80
Mo.amm	43.20	35.56	21.96	10.30	2.88	-0.72	-1.83	-1.68
∑M (tm)	43.20	57.43	45.25	27.04	12.14	2.98	-1.30	-2.48
Po.avp	28.80	6.96	-3.19	-5.96	-5.17	-3.31	-1.62	-0.51
Mo.avm/lo	0.00	-9.62	-10.24	-7.36	-4.07	-1.63	-0.23	0.35
∑V (ton)	28.80	-2.66	-13.43	-13.32	-9.24	-4.93	-1.85	-0.16

DEPREM YÜKLERİNE AİT KESİT TESİRLERİ

PoDin = (Pads+Padq+Pade+Padsu) = (1.01 + 4.36 + 0.94 + 0.00) = 6.31 ton / kazık
MoDin = (Mads+Madq+Made+Madsu) = (1.52 + 8.71 + 1.88 + 0.00) = 12.11 tm / kazık

X / lo	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Kesit Kotu	-3.00	-4.31	-5.61	-6.92	-8.22	-9.53	-10.84	-12.14
Po.lo.amp	0.00	4.79	5.10	3.67	2.03	0.81	0.12	-0.17
Mo.amm	12.11	9.97	6.16	2.89	0.81	-0.20	-0.51	-0.47
∑M (tm)	12.11	14.76	11.26	6.56	2.84	0.61	-0.40	-0.65
Po.avp	6.31	1.52	-0.70	-1.30	-1.13	-0.73	-0.36	-0.11
Mo.avm/lo	0.00	-2.70	-2.87	-2.06	-1.14	-0.46	-0.07	0.10
∑V (ton)	6.31	-1.17	-3.57	-3.37	-2.27	-1.18	-0.42	-0.01

BETONARMEYE ESAS KESME VE MOMENT DEĞERLERİ

Vts	Vtsta + Vts,sür + Vts,su
Mts	Mtsa + Mts,sür + Mts,su
Vtd	Vtdin + Vtd,sür + Vtd,su
Mtd	Mtdin + Mtd,sür + Mtd,su

Vtsbet	1.6 * Vts	Vtdbet	Vts + Vtd / Ra	VtbMax	Max (Vtsbet ; Vtdbet)
Mtsbet	1.6 * Mts	Mtdbet	Mts + Mtd / Ra	MtbMax	Max (Mtsbet ; Mtdbet)

No	Z (m)	STATİK		DİNAMİK		STATİK BETONARME		DİNAMİK BETONARME		BETONARME HESAP DEĞERLERİ	
		Kesme Vts	Moment Mts	Kesme Vtd	Moment Mtd	Kesme Vtsb	Moment Mtsb	Kesme Vtdb	Moment Mtdb	Kesme VtbMax	Moment MtbMax
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.50	4.80	1.20	1.69	0.43	7.68	1.92	5.93	1.49	7.68	1.92
2	1.00	9.60	4.80	3.20	1.66	15.36	7.68	11.74	5.91	15.36	7.68
3	1.50	14.40	10.80	4.48	3.59	23.04	17.28	17.39	13.19	23.04	17.28
4	2.00	19.20	19.20	5.46	6.09	30.72	30.72	22.84	23.26	30.72	30.72
5	2.50	24.00	30.00	6.09	9.00	38.40	48.00	28.06	36.00	38.40	48.00
6	3.00	28.80	43.20	6.31	12.11	46.08	69.12	33.01	51.28	46.08	69.12
7	3.00	28.80	43.20	6.31	12.11	46.08	69.12	33.01	51.28	46.08	69.12
8	5.00	-2.66	57.43	-1.17	14.76	-4.26	91.89	-3.45	67.28	-4.26	91.89
9	7.00	-13.43	45.25	-3.57	11.26	-21.49	72.40	-15.81	52.76	-21.49	72.40
10	9.00	-13.32	27.04	-3.37	6.56	-21.31	43.27	-15.56	31.42	-21.31	43.27
11	11.00	-9.24	12.14	-2.27	2.84	-14.78	19.43	-10.75	14.03	-14.78	19.43
12	13.00	-4.93	2.98	-1.18	0.61	-7.90	4.76	-5.72	3.38	-7.90	4.76
13	15.00	-1.85	-1.30	-0.42	-0.40	-2.97	-2.08	-2.14	-1.57	-2.97	-2.08
14	17.00	-0.16	-2.48	-0.01	-0.65	-0.25	-3.96	-0.17	-2.91	-0.25	-3.96

İstinat Duvarı Hesap ve Çizim Programı - www.goksa.com.tr - Copyright © 2018 Göksa Mühendislik

KESİT TESİRLERİ ÖZET TABLOSU

YÜKLEME KOMBİNASYONLARI VE DONATI HESAPLARI

1 Kazığa gelen maksimum kuvvetler

Depremsiz Durum - Max. Kesme Kuvveti ve momenti

Vsta	28.80	ton
Msta	57.43	tm

Depremli Durum - Max. Kesme Kuvveti ve momenti

Vdin	6.31	ton
Mdin	14.76	tm

1.6 H yüklemesi

Vh = 1.6 x Vsta	1.6 x 28.80	46.08	ton
Mh = 1.6 x Msta	1.6 x 57.43	91.89	tm

H + E / Ra Yüklemesi

Ve = Vsta + (Vdin / Ra)	33.01	ton
Me = Msta + (Mdin / Ra)	67.28	tm

Seçilen Donatı

AsHesapla Bulunan		57.82	cm²
Asmin : Ac x 0.010		78.54	cm²
Gerekli Donatı Alanı		78.54	cm²
Seçilen Donatı	26 Φ 20	81.68	cm²
İlave Donatı	--	--	cm²
Sağlanan Donatı Alanı		81.68	cm²

Betonarmeye esas maksimum kesit tesirleri

Vd = max (Vh ; Ve)	46.08	ton
Md = max (Mh ; Me)	91.89	tm

> Asgerekli : 78.54 cm² Uygundur.

Kesme Dayanımı Kontrolü

Vcr = 0.58 * fctd * bw * d > Vd olmalı. Vcr = 0.58 * fctd * bw * d 62.91 ton > 46.08 ton Uygundur. Vc1 = 0.85 * Vcr = 53.47 ton

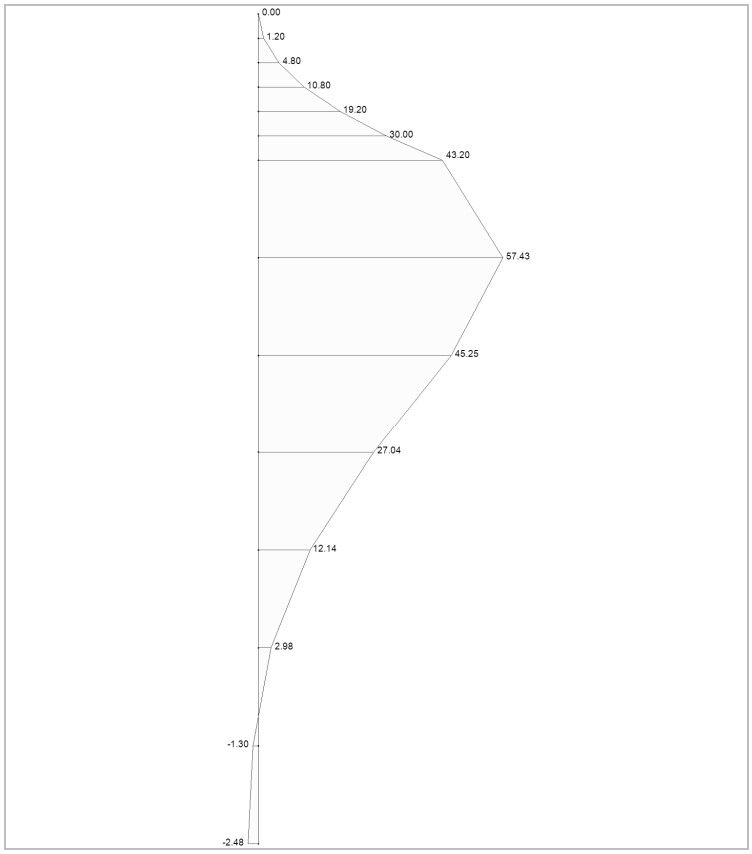
Fretli Etriye Hesabı

Vd < Vc1 ==> Beton kesme dayanımı yükü karşılıyor. Bu durumda Minumum Donatı konacak.

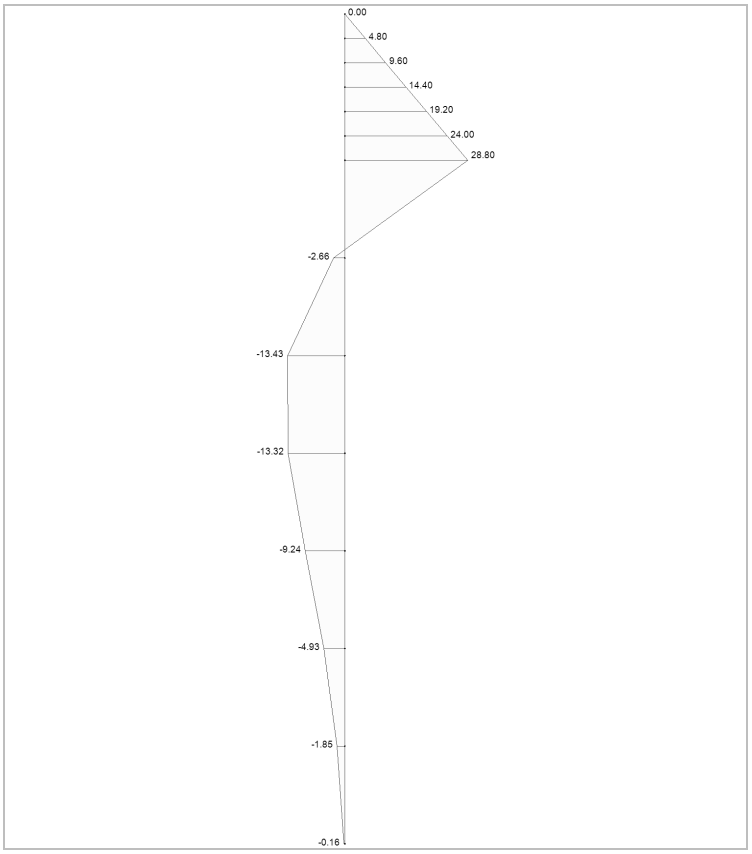
Seçilen Etriye : Φ 12 / 10 Etriyenin Taşıma Kapasitesi Ve = 39.24 ton

STATİK YÜKLEMEDEN OLUŞAN MOMENT VE KESME KUVVETİ DİYAGRAMI

MOMENT

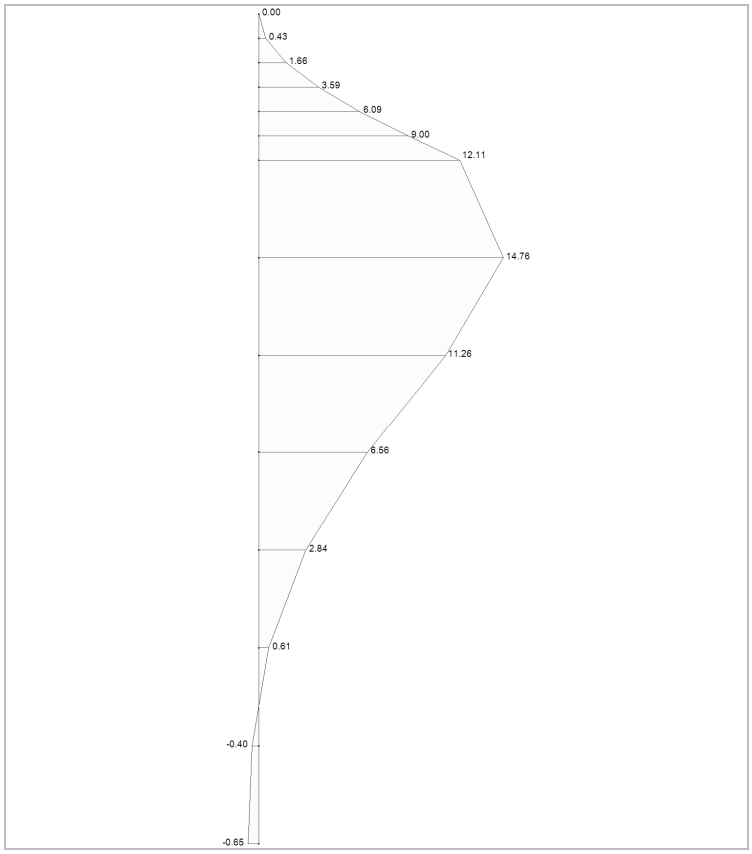


KESME

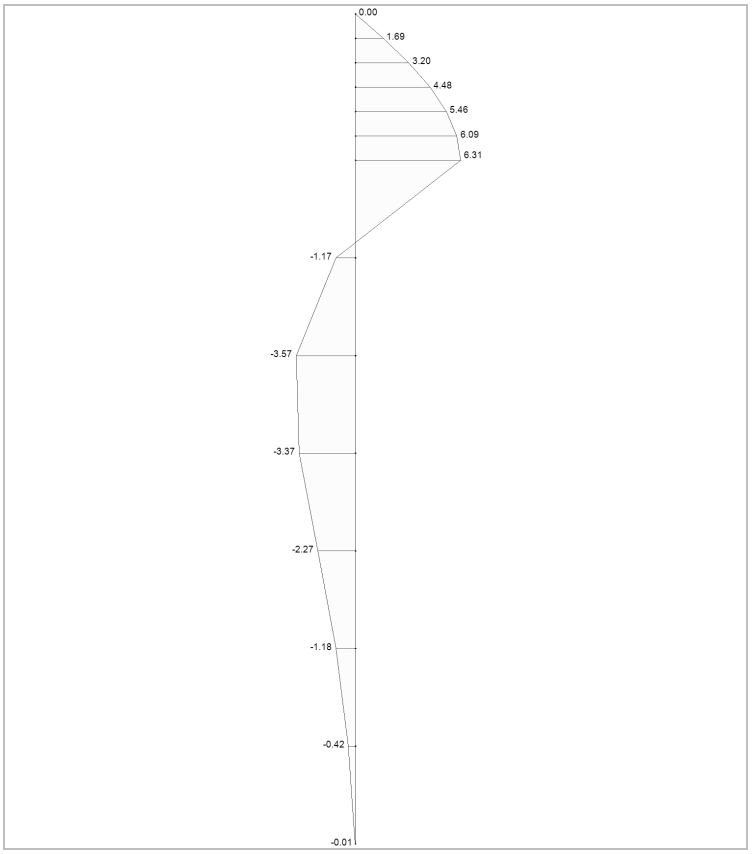


DİNAMİK YÜKLEMEDEN OLUŞAN MOMENT VE KESME KUVVETİ DİYAGRAMI

MOMENT



KESME



DEPLASMAN SONUÇLARI DEĞERLENDİRMESİ

Kazık Çapı	D	100	cm.	
Elastisite Modülü	E	332000	kg/cm²	(C35 için)
Kazık Alalet Momenti	I	4910000	cm4	

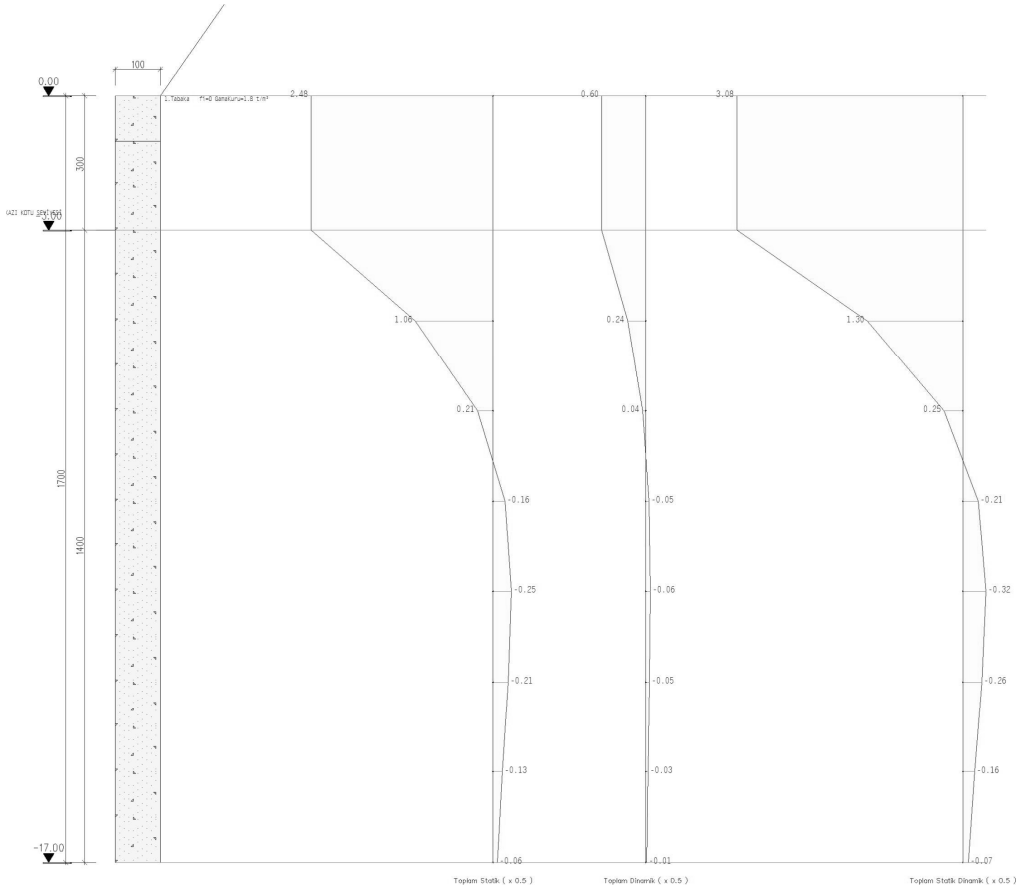
Kazık Yükü Etkili Genişliği	Le = La + Cap	1.20	m.

	STATİK YÜK DEPLASMAN DEĞERLERİ			DİNAMİK YÜK DEPLASMAN DEĞERLERİ				
Derinlik (m)	Aktif Basınç (mm)	Sürşarj (mm)	Su Sta (mm)	Parabol (mm)	Sürşarj (mm)	Su Din (mm)	Zati (mm)	TOPLAM deplasman (mm)
0.00	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
0.50	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
1.00	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
1.50	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
2.00	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
2.50	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
3.00	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
3.00	0.00	2.48	0.00	0.09	0.42	0.00	0.09	3.08
5.00	0.00	1.06	0.00	0.04	0.17	0.00	0.04	1.30
7.00	0.00	0.21	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.25
9.00	0.00	-0.16	0.00	-0.01	-0.03	0.00	-0.01	-0.21
11.00	0.00	-0.25	0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.01	-0.32
13.00	0.00	-0.21	0.00	-0.01	-0.04	0.00	-0.01	-0.26
15.00	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.16
17.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.07

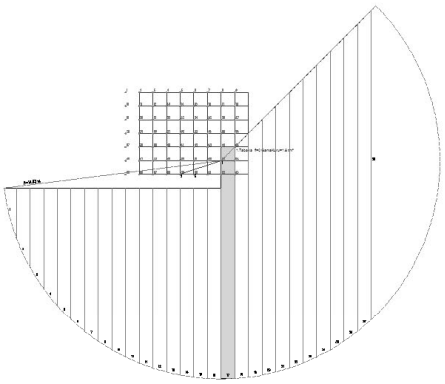
Deplasman Sınırı dmax = H1 / 250 = 3000 mm / 250 = 12 mm.

Hesaplanan Maksimum Deplasman dx = 3.08 mm < dmax = 12.00 mm Ok.

DEPLASMAN DİYAGRAMLARI



TOPTAN GÖÇME GÜVENLİĞİNİN KONTROLÜ - DİLİM (İŞVEÇ) METHODU İLE ANALİZ



NOT : Bütün istinat duvarı (dayanma) yapılarında TS 7994 uyarınca Toptan Göçme Güvenliği hesapları yapılmak zorundadır. Toptan Göçme dairesi merkezi ve yarıçapı ; istinat yapısını da içine alacak sekilde program tarafından seçilir.

"Dilim yaklasımından olusan pek çok yöntem bulunmaktadır. Ancak ; her yöntemin kendine ait üstünlükleri ve sakıncaları bulunmaktadır. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın bir yamaç veya sev için çok sayıda kayma merkezi ve herbir kayma merkezine ait çok sayıda kayma dairesi kullanarak deneme-yanılma ile en küçük güvenlik sayısı (GSmin) değeri ve bu değere karsılık gelen kayma yüzeyi bulunmalıdır."

istCAD® programında Göçme dairesi merkezi arastırması; verilen tarama alanı içersinde istenen sıklıkta yapılır. Kullanıcıya en gayri müsait hesap sonuçları gösterilir. Kullanıcı istediği kayma merkezi noktasını seçerek o nokta için sonuçları izleyebilir ve detay çıktısını alabilir.

TOPTAN GÖÇME GÜVENLİĞİNİN KONTROLÜ

Bi	(m)	i. dilim hesap genişliği
Wi	(ton)	i. dilim hesap ağırlığı
Li	(m)	i. dilim taban yay uzunluğu
Cui	(t/m²)	i. dilim kayma yayı hizasındaki kohezyon değeri
µui	-	i. dilim kayma yayı hizasındaki sürtünme katsayısı
αi	(°)	i. dilim kayma merkezi açısı
Ni = Wi * cosαi		i. dilim kayma yayına dik kuvvet bileşeni
Ti = Wi * sinαi		i. dilim kayma yayına teğet kuvvet bileşeni
di	(m)	i. dilim kütle merkezi moment kol mesafesi
Ch		Yatay ivme katsayısı
G.S_sta		Statik durumda toptan göçme güvenlik sayısı
G.S_din		Dinamik durumda toptan göçme güvenlik sayısı

Hesaplanan Kayma Dairesi Yarıçapı	R	16.03	m.
Kayma Dairesi Merkez Koordinatları	Mx / My	0.00 / -1.00	m.

Yz	0.00	t/m³

SEÇİLEN KAYMA (GÖÇME) DAİRESİNE AİT DİLİM METODU HESAP SONUÇLARI

Merkez No	Bi (m)	Wi (t/m)	Li (m)	Cui (t/m²)	Mui -	αi (°)	Ni (ton)	Ti (ton)	Cui * Li (t/m)	µui * Ni (ton)	di (m)	Ch.Wi.di (tm)
1	0.91	2.99	3.77	105.00	0.00	-76.09	0.72	-2.90	395.68	0.00	2.91	1.39
2	1.00	8.52	2.37	105.00	0.00	-65.09	3.59	-7.73	249.30	0.00	4.37	5.95
3	1.00	11.87	1.86	105.00	0.00	-57.51	6.38	-10.01	195.50	0.00	5.30	10.06
4	1.00	14.41	1.60	105.00	0.00	-51.32	9.00	-11.25	168.03	0.00	6.00	13.84
5	1.00	16.46	1.44	105.00	0.00	-45.90	11.46	-11.82	150.87	0.00	6.57	17.31
6	1.00	18.17	1.32	105.00	0.00	-40.96	13.72	-11.91	139.04	0.00	7.05	20.49
7	1.00	19.62	1.24	105.00	0.00	-36.37	15.80	-11.64	130.41	0.00	7.45	23.38
8	1.00	20.84	1.18	105.00	0.00	-32.04	17.66	-11.06	123.87	0.00	7.79	25.97
9	1.00	21.88	1.13	105.00	0.00	-27.91	19.33	-10.24	118.82	0.00	8.08	28.28
10	1.00	22.76	1.09	105.00	0.00	-23.93	20.80	-9.23	114.88	0.00	8.32	30.31
11	1.00	23.49	1.06	105.00	0.00	-20.08	22.06	-8.06	111.79	0.00	8.52	32.04
12	1.00	24.08	1.04	105.00	0.00	-16.31	23.11	-6.76	109.40	0.00	8.69	33.48
13	1.00	24.54	1.02	105.00	0.00	-12.62	23.95	-5.36	107.60	0.00	8.82	34.62
14	1.00	24.89	1.01	105.00	0.00	-8.98	24.59	-3.88	106.30	0.00	8.91	35.50
15	1.00	25.12	1.00	105.00	0.00	-5.37	25.01	-2.35	105.46	0.00	8.98	36.08
16	1.00	25.23	1.00	105.00	0.00	-1.79	25.22	-0.79	105.05	0.00	9.01	36.36
17	1.00	42.54	1.00	105.00	0.00	1.79	42.52	1.33	105.05	0.00	7.51	51.10
18	1.00	39.42	1.00	105.00	0.00	5.37	39.25	3.69	105.46	0.00	7.23	45.58
19	1.00	40.99	1.01	105.00	0.00	8.98	40.49	6.40	106.30	0.00	6.66	43.70
20	1.00	42.44	1.02	105.00	0.00	12.62	41.42	9.27	107.60	0.00	6.07	41.20
21	1.00	43.78	1.04	105.00	0.00	16.31	42.02	12.30	109.40	0.00	5.44	38.10
22	1.00	44.99	1.06	105.00	0.00	20.08	42.26	15.44	111.79	0.00	4.77	34.37
23	1.00	46.06	1.09	105.00	0.00	23.93	42.10	18.69	114.88	0.00	4.07	30.01
24	1.00	46.98	1.13	105.00	0.00	27.91	41.51	21.99	118.82	0.00	3.33	25.02
25	1.00	47.74	1.18	105.00	0.00	32.04	40.47	25.33	123.87	0.00	2.54	19.40
26	1.00	48.32	1.24	105.00	0.00	36.37	38.91	28.66	130.41	0.00	1.70	13.14
27	1.00	48.67	1.32	105.00	0.00	40.96	36.75	31.90	139.04	0.00	0.80	6.21
28	0.34	9.65	23.00	105.00	0.00	89.17	0.14	9.65	2415.46	0.00	-3.85	-5.95
								59.64	**6120.11**	**0.00**		**726.95**

NOT : Sürşarj yükü Gi dilim ağırlıklarına (Qs x bi) olarak ilave edilmiştir.

STATİK Durumda Toptan Göçme Tahkiki **DEPREMLİ Durumda Toptan Göçme Tahkiki**

$$G.S_{sta} = \frac{R.(\Sigma C_i.L_i + \Sigma(\mu_i.\mathrm{N_i})}{R.(\Sigma \mathrm{T}_i)}$$

G.S_sta = (16.03 * (6120.11 + 0.00)) / (16.03 * 59.64)
G.S_sta = 102.62 > 1.50 GÜVENİLİR.

$$G.S_{din} = \frac{R.(\Sigma C_i.L_i + \Sigma\mu_{ui}.\mathrm{N}_i)}{(R.\Sigma \mathrm{T}_i) + (C_h.W_i.d_i)}$$

G.S_din = (16.03 * (6120.11 + 0.00)) / ((16.03 * 59.64) + 726.95)
G.S_din = 58.29 > 1.20 GÜVENİLİR.

VERİLEN KAYMA DAİRESİ ARAŞTIRMA SINIRLARINDA KALAN BÜTÜN SONUÇLARIN LİSTESİ

No	Merkez Koordinat		Yarıçap	Güvenlik Katsayıları		Sağlama Oranı %		
	X (m)	Y (m)	R (m)	G.S_sta > 1.50	G.S_din > 1.20	sta % / din %		
1	-7.00	4.00	22.47	35.59	24.86	% 2373	% 2072	Ok.
2	-6.00	4.00	22.14	33.90	24.14	% 2260	% 2012	Ok.
3	-5.00	4.00	21.84	34.25	24.48	% 2283	% 2040	Ok.
4	-4.00	4.00	21.59	34.77	24.93	% 2318	% 2078	Ok.
5	-3.00	4.00	21.38	33.89	24.54	% 2259	% 2045	Ok.
6	-2.00	4.00	21.21	34.96	25.28	% 2331	% 2107	Ok.
7	-1.00	4.00	21.10	34.75	25.21	% 2317	% 2101	Ok.
8	0.00	4.00	21.02	34.84	25.32	% 2323	% 2110	Ok.
9	1.00	4.00	21.02	37.12	26.65	% 2475	% 2221	Ok.
10	-7.00	3.00	21.54	39.27	26.97	% 2618	% 2248	Ok.
11	-6.00	3.00	21.19	39.48	27.32	% 2632	% 2277	Ok.
12	-5.00	3.00	20.88	37.84	26.63	% 2523	% 2219	Ok.
13	-4.00	3.00	20.62	38.61	27.24	% 2574	% 2270	Ok.
14	-3.00	3.00	20.40	37.69	26.86	% 2513	% 2238	Ok.
15	-2.00	3.00	20.22	39.18	27.84	% 2612	% 2320	Ok.
16	-1.00	3.00	20.10	39.06	27.84	% 2604	% 2320	Ok.
17	0.00	3.00	20.02	41.45	29.29	% 2763	% 2441	Ok.
18	1.00	3.00	20.02	42.53	29.86	% 2835	% 2488	Ok.
19	-7.00	2.00	20.62	43.90	29.54	% 2927	% 2462	Ok.
20	-6.00	2.00	20.25	44.32	30.04	% 2955	% 2503	Ok.
21	-5.00	2.00	19.92	42.42	29.30	% 2828	% 2442	Ok.
22	-4.00	2.00	19.65	43.57	30.12	% 2905	% 2510	Ok.
23	-3.00	2.00	19.42	42.55	29.76	% 2837	% 2480	Ok.
24	-2.00	2.00	19.24	44.66	31.05	% 2977	% 2588	Ok.
25	-1.00	2.00	19.10	44.82	31.23	% 2988	% 2602	Ok.
26	0.00	2.00	19.03	48.30	33.20	% 3220	% 2767	Ok.
27	1.00	2.00	19.03	50.17	34.14	% 3345	% 2845	Ok.
28	-7.00	1.00	19.70	49.99	32.77	% 3333	% 2731	Ok.
29	-6.00	1.00	19.31	50.61	33.44	% 3374	% 2787	Ok.
30	-5.00	1.00	18.97	48.48	32.68	% 3232	% 2723	Ok.
31	-4.00	1.00	18.68	50.20	33.82	% 3347	% 2818	Ok.
32	-3.00	1.00	18.44	49.08	33.48	% 3272	% 2790	Ok.
33	-2.00	1.00	18.25	52.19	35.27	% 3479	% 2939	Ok.
34	-1.00	1.00	18.11	52.86	35.73	% 3524	% 2978	Ok.
35	0.00	1.00	18.03	58.18	38.51	% 3879	% 3209	Ok.
36	1.00	1.00	18.03	61.73	40.16	% 4115	% 3347	Ok.
37	-7.00	0.00	18.79	58.23	36.93	% 3882	% 3078	Ok.
38	-6.00	0.00	18.38	59.29	37.88	% 3953	% 3157	Ok.
39	-5.00	0.00	18.03	56.76	37.09	% 3784	% 3091	Ok.
40	-4.00	0.00	17.72	59.42	38.70	% 3961	% 3225	Ok.
41	-3.00	0.00	17.46	58.43	38.52	% 3895	% 3210	Ok.
42	-2.00	0.00	17.26	63.30	41.09	% 4220	% 3424	Ok.
43	-1.00	0.00	17.12	69.65	44.35	% 4643	% 3696	Ok.
44	0.00	0.00	17.03	73.96	46.22	% 4931	% 3852	Ok.
45	1.00	0.00	17.03	86.27	51.64	% 5751	% 4303	Ok.
46	-7.00	-1.00	17.89	69.92	42.43	% 4661	% 3536	Ok.
47	-6.00	-1.00	17.46	72.29	44.01	% 4819	% 3667	Ok.
48	-5.00	-1.00	17.09	68.80	43.06	% 4587	% 3588	Ok.
49	-4.00	-1.00	16.76	73.45	45.54	% 4897	% 3795	Ok.
50	-3.00	-1.00	16.49	79.27	48.58	% 5285	% 4048	Ok.

VERİLEN KAYMA DAİRESİ ARAŞTIRMA SINIRLARINDA KALAN BÜTÜN SONUÇLARIN LİSTESİ

No	Merkez Koordinat		Yarıçap	Güvenlik Katsayıları		Sağlama Oranı %		
	X (m)	Y (m)	R (m)	G.S_sta > 1.50	G.S_din > 1.20	sta %	/ din %	
51	-2.00	-1.00	16.28	81.15	49.56	% 5410	% 4130	Ok.
52	-1.00	-1.00	16.12	92.54	54.61	% 6169	% 4551	Ok.
53	0.00	-1.00	16.03	102.62	58.29	% 6841	% 4858	Ok.
54	1.00	-1.00	16.03	130.49	67.81	% 8699	% 5651	Ok.
55	-7.00	-2.00	17.00	87.94	50.10	% 5863	% 4175	Ok.
56	-6.00	-2.00	16.55	92.89	52.73	% 6193	% 4394	Ok.
57	-5.00	-2.00	16.16	87.55	51.53	% 5837	% 4294	Ok.
58	-4.00	-2.00	15.81	96.53	55.57	% 6435	% 4631	Ok.
59	-3.00	-2.00	15.52	108.75	60.76	% 7250	% 5063	Ok.
60	-2.00	-2.00	15.30	114.82	63.14	% 7655	% 5262	Ok.
61	-1.00	-2.00	15.13	140.10	71.86	% 9340	% 5988	Ok.
62	0.00	-2.00	15.03	184.69	84.73	% 12313	% 7061	Ok.
63	1.00	-2.00	15.03	277.47	100.44	% 18498	% 8370	Ok.

Ek 6. Aplikasyon Projesi

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Tuğbanur YURT
Doğum Yeri	:Ankara
Doğum Tairihi	:10.09.1984
Medeni Hali	:Bekar
Yabancı Dili	:İngilizce

Eğitim Durumu

Lise	: Ağrı Anadolu Lisesi (2002)
Ön Lisans	: Anadolu Üniversitesi/Açıköğretim Fakültesi/ Büro Yönetimi ve Sekreterlik Bölümü (2011)
Lisans	:Ankara Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2016)
Yüksek Lisans	:Ankara Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (Eylül 2016-Mayıs 2019)