

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SORGUN-ÇEKEREK KARAYOLUNDA KAPLANKAYA VE KAZANTAŞIN  
HEYELANLARININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Azize Defne ELAL

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA  
2008

Her hakkı saklıdır

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## SORGUN-ÇEKEREK KARAYOLUNDA KAPLANKAYA VE KAZANTAŞIN HEYELANLARININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Azize Defne ELAL

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep KILIÇ

Bu yüksek lisans tezi kapsamında Sorgun-Çekerek karayolunu olumsuz etkileyen Kaplankaya ve Kazantaşın heyelanları ile Km: 34+820 ile 35+300 arasında inşası planlanan yeni yol yarmasında açılacak şevin duraylılığı incelenmiştir. Bu amaçla inceleme alanlarında 11 adet toplam 227.5 m jeoteknik amaçlı sondaj yapılmıştır. Standart penetrasyon deneyleri ve 3 kuyuda yerleştirilen inklinometreler ile esas heyelanın kayma yüzeyi belirlenmiştir. Sondaj sırasında kayma yüzeyinin altında bulunan ayrışmış serpantinitle ve üzerindeki gri-yeşil renkli yamaç molozu ve alüvyonlar ile Üst Pliyosen çökellerinden örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınmıştır. Litolojik birimlerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı konsolidasyonlu ve drenajlı şartlarda kesme kutusu deneyleri ile belirlenmiştir. GGU programı kullanılarak yapılan duraylılık analizlerinde açılacak şevin emniyet katsayısı statik koşullarda 1.42, dinamik koşullarda 1.34 olarak elde edilmiştir. Esas heyelanda duraylılığın sağlanması için yüzey ve yeraltı suyu drenajı yapılarak, kayma yüzeyine kadar kazı ve yeniden dolgu yapılması veya kazık uygulaması yapılması uygun olacaktır. Yol yarmasındaki şevin 1:1 oranında, drenaj önlemleri alınarak kademeli yapılması halinde duraylılık sağlanabilecektir.

Eylül 2008, 100 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Karayolu, heyelan, jeoteknik sondaj, inklinometre, kayma dayanımı, şev duraylılığı

## **ABSTRACT**

### **Master Thesis**

## **ENGINEERING GEOLOGY OF KAPLANKAYA AND KAZANTAŞIN LANDSLIDES ON SORGUN-ÇEKEREK HIGHWAY (YOZGAT, TURKEY)**

**Azize Defne ELAL**

**Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geological Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Recep KILIÇ**

In this master thesis, slope instability of the Kaplankaya and Kazantaşın landslides affecting the Sorgun-Çekerek highway has been evaluated. Besides, the stability of the reprojected slope between Km: 34+820 and 35+300 has been investigated. Totally 11 geotechnical boreholes (227.5 m) were drilled for this study. Inklinometric instrumentation were done within three of the boreholes to determine the sliding surface of the main landslide. Standart penetration tests were performed, disturbed and undisturbed soil samples were obtained from the weathered Upper Cretaceous serpentinites beneath the sliding surface and gray to green colored Quaternary slope debris and alluvium and Upper Pliocene deposits. Consolidated drained shear box tests were performed on the samples to determine shear strength parameters of the sliding surface. Slope stability calculations have been based on these parameters by GGU software. The factor of safety has been calculated as 1.42 in static and 1.34 in dynamic conditions. In order to provide the stability for the main landslide; surface and groundwater should be drained and the road should be reconstructed down to the sliding surface or piles should be projected. For the slope stability, dip of slope should be 1:1 and the road cut is terraced with drainage measures.

**September 2008, 100 pages**

**Key Words:** Highway, landslide, geotechnical borehole, inklinometer, shear strength, slope stability

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında değerli görüş ve katkıları ile beni destekleyen ve yardımcı olan danışman hocam, Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Recep KILIÇ'a teşekkürlerimi ve en derin saygılarımı sunarım.

Tez çalışmalarımı anlayışla karşılayarak destek olan İnş. Yük. Müh. Dr. Mustafa NALÇAKAN'a ve KİLCİ Mühendislik Limited Şirketi çalışanlarına teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım ve stabilite analizleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Dr. Koray ULAMIŞ'a ve arazi çalışmalarım sırasında yardımlarından dolayı Adnan CAN'a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında gösterdikleri sabır, anlayış ve desteklerinden dolayı babam Melih ELAL'a, annem Benan ELAL'a ve sevgili eşim Ozan UZUNKAVAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Azize Defne ELAL

Ankara, Eylül 2008

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Amaç ve Kapsam .....	1
1.2. Materyal ve Yöntem .....	1
1.3. Önceki Çalışmalar .....	2
1.4. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım .....	5
1.5. İklim ve Bitki Örtüsü .....	5
1.6. Morfoloji .....	6
1.7. Yüzey ve Yeraltı Suları .....	7
2. JEOLojİ .....	8
2.1. Stratigrafi .....	8
2.1.1. Eldivan Ofiyolitik Melanjı (Of) .....	8
2.1.1.1. Serpantinit (Ofs) .....	10
2.1.1.2. Radyolarit (Ofr) .....	12
2.1.1.3. Kireçtaşı (Ofkçt) .....	12
2.1.1.4. Metadetritikler (Of) .....	13
2.1.2. Kızılırmak Formasyonu (Pl) .....	13
2.1.3. Kuvaterner .....	15
2.1.3.1. Alüvyon (Qal) .....	15
2.1.3.2. Yamaç Molozu (Qym) .....	15
2.2. Yapısal Jeoloji .....	15
2.3. Depremsellik .....	16
3. ARAZİ ÇALIŞMALARI .....	18
3.1. Jeoteknik Sondajlar .....	18
3.2. Arazi Deneyleri .....	19
3.2.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT) .....	19
3.2.2. Örselenmemiş (UD) örnek alınması .....	23
3.2.3. İnklinometre ölçümleri .....	23
4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI .....	25
4.1. Doğal Su İçeriği .....	25
4.2. Atterberg Limitleri .....	25
4.3. Tane Boyu Dağılımı .....	25
4.4. Makaslama Dayanımı .....	26
5. HEYELANLARIN MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ .....	31
5.1. Kaplankaya Heyelanları .....	32
5.1.1. H1 nolu heyelan .....	32
5.1.2. H2 nolu heyelan .....	33
5.1.3. H3 nolu heyelan .....	33
5.2. Kazantaşın Heyelanları .....	39
5.2.1. H4, H5 ve H6 nolu heyelanlar .....	39

<b>6. JEOTEKNİK ÖZELLİKLER VE DEĞERLENDİRMELER</b> .....	<b>43</b>
<b>6.1. Kaplankaya Heyelan Yerindeki Litolojik Birimlerin Jeoteknik Özellikleri</b> .....	<b>43</b>
<b>6.2. Kazantaşın Heyelanları ile Planlanan Yol Yarmasındaki Litolojik Birimlerin Jeoteknik Özellikleri</b> .....	<b>48</b>
<b>7. ŞEV DURAYLILIK ANALİZLERİ</b> .....	<b>52</b>
<b>7.1. Şev Duraylılık Analiz Yöntemleri</b> .....	<b>52</b>
<b>7.2. Kaplankaya H1 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi</b> .....	<b>56</b>
<b>7.3. Kaplankaya H2 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi</b> .....	<b>57</b>
<b>7.4. Kaplankaya H3 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi</b> .....	<b>58</b>
<b>7.5. Kazantaşın H5 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi</b> .....	<b>59</b>
<b>7.6. Km: 34+820 ile 35+300 Arasında Yapılması Planlanan Yeni Yol Yarmasındaki Şevin Duraylılık Analizi</b> .....	<b>60</b>
<b>7.7. Dinamik Koşullar İçin Şev Stabilite Analizi</b> .....	<b>61</b>
<b>8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>67</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>71</b>
<b>EK 1 Sondaj Logları</b> .....	<b>73</b>
<b>EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları</b> .....	<b>92</b>
<b>EK 3 İnklinometre Sonuçları</b> .....	<b>97</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>100</b>

## SİMGELER DİZİNİ

Km	Kilometre
M	Metre
SPT	Standart penetrasyon deneyi
D	Örselenmiş örnek
UD	Örselenmemiş örnek
Of	Metadetitik
Ofs	Serpantinit
Ofr	Radyolarit
Ofkçt	Kireçtaşı
Pl	Pliyosen
Qal	Kuvaterner alüvyon
Qym	Kuvaterner yamaç molozu
DAD	Deprem Araştırma Dairesi
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
$N_1$	Örtü basıncına göre düzeltilmiş SPT darbe sayısı
$C_N$	Düzeltilme katsayısı
$N_f$	Arazide belirlenen SPT darbe sayısı
$\sigma'_v$	Efektif örtü yükü (kPa)
$\gamma_n$	Doğal birim hacim ağırlığı
$\gamma_{sat}$	Doygun birim hacim ağırlığı
$\gamma_{kuru}$	Kuru birim hacim ağırlığı
$\gamma'$	Efektif birim hacim ağırlığı
SK	Sondaj kuyusu
$\omega_n$	Doğal su içeriği
LL	Likit limit
PL	Plastik limit
PI	Plastisite indisi
c	Kohezyon
$\phi$	İçsel sürtünme açısı
$\tau$	Makaslama gerilmesi
$\sigma$	Normal gerilme
$\delta$	Makaslama yer değiştirmesi
GC	Killi çakıl
GP	Kötü derecelenmiş çakıl
SC	Killi kum
SW	İyi derecelenmiş kum
SM	Siltli kum
CL	Düşük plastisiteli inorganik kil
CH	Yüksek plastisiteli inorganik kil
GS	Güvenlik sayısı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanı yer belirleme haritası	5
Şekil 1.2 İnceleme alanının eş yükseklik modeli	7
Şekil 1.3 İnceleme alanının eğim haritası	7
Şekil 2.1 İnceleme alanı jeoloji haritası	9
Şekil 2.2 İnceleme alanı stratigrafi dikme kesiti (ölçeksiz)	10
Şekil 2.3 Ofiyolitik melanj içerisindeki farklı derecede ayrıışmış serpantinitler	11
Şekil 2.4 Ofiyolitik melanj içerisindeki serpantinitler ve kireçtaşları	11
Şekil 2.5 Melanj içerisindeki radyolaritlerden görünüş	12
Şekil 2.6 Melanj içerisindeki metadetritikler (marn, metasilttaşı ve metakıltaşı)	14
Şekil 2.7 Pliyosen çökellerinin genel görünüşü	14
Şekil 2.8 Kuvaterner yamaç molozundan görünüş	16
Şekil 2.9 İnceleme alanının Türkiye Deprem Bölgeleri haritasındaki yeri	17
Şekil 2.10 Şev duraylılık analizleri için yatay deprem katsayıları	17
Şekil 3.1 Kaplankaya H1 heyelanı üzerindeki inklinometre ölçümü yapılan SK11 nolu sondaj Kuyusu	24
Şekil 4.1 SK10 UD2 nolu örneğin $\tau$ - $\sigma$ ilişkisi	26
Şekil 4.2 SK13 UD1 nolu örneğin $\tau$ - $\sigma$ ilişkisi ve kırılma zarfı	27
Şekil 4.3 SK15 UD1 ve UD2 nolu örneklerin $\tau$ - $\sigma$ ilişkisi	28
Şekil 4.4 SK17 UD1 ve UD2 nolu örneklerin $\tau$ - $\sigma$ ilişkisi	28
Şekil 4.5 SK18 UD2 nolu örneğin $\tau$ - $\sigma$ ilişkisi	28
Şekil 4.6 SK18 UD2 nolu örneğin $\tau$ - $\delta$ ilişkisi	29
Şekil 4.7 SK19 UD2 nolu örneğin $\tau$ - $\sigma$ ilişkisi	29
Şekil 4.8 SK19 UD2 nolu örneğin $\tau$ - $\delta$ ilişkisi	29
Şekil 4.9 SK20 UD1 nolu örneğin $\tau$ - $\sigma$ ilişkisi	30
Şekil 4.10 SK20 UD1 nolu örneğin $\tau$ - $\delta$ ilişkisi	30
Şekil 5.1 Heyelanın planı ve boyutları	31
Şekil 5.2 Kaplankaya heyelanlarının mühendislik jeolojisi haritası	35
Şekil 5.3 Kaplankaya H1 nolu heyelanın A-A' mühendislik jeolojisi kesiti	36
Şekil 5.4 Km 33+071 ile Km 33+249 arasındaki H1 ve H3 heyelanı, metadetritik (Of), serpantinit (Ofs) ve Kuvaterner yamaç molozu (Qym)	37
Şekil 5.5 H1 ve H3 heyelanları, heyelan gölleri, sondajlar ve inklinometreler	37
Şekil 5.6 H1 nolu heyelanın esas aynası	38
Şekil 5.7 Km 32+938 deki H2 heyelanı	38
Şekil 5.8 Kazantaşın heyelan bölgesinin jeolojisi, heyelanlar, kesit hatları ve yeni yol güzergahı	39
Şekil 5.9 Kazantaşın heyelanlarının I-I' mühendislik jeolojisi kesiti	40
Şekil 5.10 Km 34+820 den başlayan yeni yol güzergahı ve sondaj noktaları	41
Şekil 5.11 Pliyosen çökellerinde oluşan H4 ve H5 nolu heyelanlar ve sondaj yeri	41
Şekil 5.12 H4 ve H5 nolu heyelan ile SK20 nolu sondaj yeri	42
Şekil 5.13 H6 nolu heyelan ve SK19 nolu sondaj yeri	42

Şekil 7.1 Bishop (1955) eşitliğinde ifade edilen tanımlamalar .....	52
Şekil 7.2 $m_{\alpha}$ değişimleri .....	53
Şekil 7.3 Janbu (1968) eşitliğinde ifade edilen tanımlamalar .....	54
Şekil 7.4 Janbu yönteminde düzeltme faktörü abağı .....	55
Şekil 7.5 Kaplankaya H1 nolu heyelanın statik koşulda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi .....	56
Şekil 7.6 Kaplankaya H2 nolu heyelanın statik koşulda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi .....	57
Şekil 7.7 Kaplankaya H3 nolu heyelanın statik koşulda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi .....	58
Şekil 7.8 H5 heyelanına ait kesitteki statik koşulda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi .....	59
Şekil 7.9 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki önerilen yol yarmasındaki güney şevinin kademelendirmeden önce statik şartlar için kesiti, kayma dairesi ve GS .....	60
Şekil 7.10 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki önerilen yol yarmasındaki güney şevinin kademelendirmeden sonra statik şartlar için kesiti, kayma dairesi ve GS .....	61
Şekil 7.11 Kaplankaya H1 heyelanının dinamik şartlar için kesiti .....	62
Şekil 7.12 Kaplankaya H2 heyelanının dinamik şartlar için kesiti .....	63
Şekil 7.13 Kaplankaya H3 heyelanının dinamik şartlar için kesiti .....	64
Şekil 7.14 Kazantaşın H5 heyelanının dinamik şartlar için kesiti .....	64
Şekil 7.15 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki önerilen yol yarmasındaki güney şevinin kademelendirmeden önce dinamik şartlar için kesiti, kayma dairesi .....	65
Şekil 7.16 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki önerilen yol yarmasındaki güney şevinin kademelendirmeden sonra dinamik şartlar için kesiti, kayma dairesi .....	66

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Kaplankaya heyelan bölgesindeki sondajların numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu seviyeleri (YASS).....	18
Çizelge 3.2 Kazantaşın heyelan bölgesi ve yeni yol güzergahındaki sondajların numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu seviyeleri (YASS).....	19
Çizelge 3.3 Kaplankaya H1 heyelanında yapılan sondajlardaki SPT-N <sub>f</sub> ve SPT-N <sub>1</sub> darbe sayıları.....	20
Çizelge 3.4. Kazantaşı heyelanları ve Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarmasında açılan sondajlardaki SPT-N <sub>f</sub> ve SPT-N <sub>1</sub> darbe sayıları.....	22
Çizelge 3.5 İnklinometre ölçümü kayma derinlikleri ve SPT-N <sub>1</sub> darbe sayıları.....	24
Çizelge 4.1 34+820 ile 35+300 arasındaki Pliyosen killerin UU ve CD şartlarındaki kesme kutusu deney sonuçları.....	27
Çizelge 6.1 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen yamaç molozlarındaki GC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı.....	45
Çizelge 6.2 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen yamaç molozlarındaki SC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı.....	45
Çizelge 6.3 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen yamaç molozlarındaki CL türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı.....	46
Çizelge 6.4 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen serpantinlerdeki GC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin dağılımı.....	46
Çizelge 6.5 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen serpantinlerdeki SC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı.....	46
Çizelge 6.6 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen serpantinlerdeki CL türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı.....	47
Çizelge 6.7 SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda kesilen GC - GP türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin en az, en çok ve ortalama değerleri.....	49
Çizelge 6.8 SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda kesilen SC - SW türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin en az, en çok ve ortalama değerleri.....	49
Çizelge 6.9 SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda kesilen CL - CH türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin en az, en çok ve ortalama değerleri.....	50
Çizelge 7.1 Statik ve dinamik analizlerden ( $k_f=0.0113$ ) elde edilen güvenlik katsayıları.....	66

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı Sorgun-Çekerek Yolu Km: 33+071 ile 33+249 arasında oluşan Kaplankaya heyelanlarının mühendislik jeolojisini ve Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki Kazantaşın heyelanları ile bu kesimde açılacak yol yarmasındaki litolojik birimlerin jeoteknik özelliklerini inceleyerek kazı sırasında veya sonrasında karşılaşılabilecek olası duraysızlık sorunlarını ve alınabilecek önlemleri belirlemektir. Bu amaçla açılan jeoteknik amaçlı sondajlar ile heyelan alanlarındaki litolojik birimlerin yatay ve düşey yöndeki dağılımı, kayma yüzeylerinin derinliği, yeraltı suyu durumu, zeminlerin sıklık veya kıvamı belirlenerek, sondaj sırasında alınan örneklerin jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. İnceleme alanlarının jeoloji kesitleri ile eşyüksekti ve eğim haritası hazırlanmıştır. Heyelanların morfolojisi belirlenerek duraylılık analizleri yapılmış ve duraylılığı artırmak amacı ile öneriler getirilmiştir. Pliyosen çökelleri içerisinde açılması planlanan yol yarmasındaki kritik şev yüksekliği ve şev açısı belirlenmiştir.

## 1.2. Materyal ve Yöntem

Kaplankaya ve Kazantaşın heyelanlarının ve Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarması çevresinin 1/2000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Kaplankaya heyelanları üzerinde 5 adet toplam 122.00 m ve Kazantaşın heyelanları ve çevresinde 6 adet toplam 105.50 m jeoteknik amaçlı sondaj, Jeoloji Mühendisi olarak görev yaptığım süre içerisinde Kilci Mühendislik Limited Şirketi tarafından yapılmıştır. Sondajlar sırasında ince taneli zeminlerin kıvamını, iri taneli zeminlerin sıklığını tespit etmek ve örnekler almak amacı ile standart penetrasyon deneyleri (SPT) yapılmıştır. Zeminlerden örselenmiş (D) ve Shelby tüpleri ile örselenmemiş (UD) örnekler alınmıştır. Zeminlerin, doğal su içeriği, ıslak elek analizi ile tane boyu dağılımı, likit limit, plastik limit, plastisite indisi ve kesme kutusu deneyi ile konsolidasyonlu ve drenajlı şartlarda kohezyon ve içsel sürtünme açısı belirlenmiştir.

Laboratuvar incelemeleri EFOL Limited Şirketi'nin zemin mekaniği laboratuvarında TS-1900 (Anonim 1987b) ve ASTM (Anonymus 1994) standartlarına göre incelenmiştir.

Kaplankaya heyelan bölgesindeki esas heyelanın kayma yüzeyinin belirlenmesi için 3 adet kuyuya inklinometre yerleştirilmiş ve ölçümler yapılmıştır. Heyelanların ve planlanan yol şevinin hareket yönünde çıkartılan kesit hatları boyunca GMBH DP GGU-Stability programı ile DIN 4084-100 (Anonim 1987a) ve EC7 (Anonim 1997a) standardında statik ve dinamik koşullar için duraylılık analizleri yapılmıştır.

### **1.3. Önceki Çalışmalar**

Çalışma alanı ve yakın çevresinde az sayıda araştırma mevcuttur. Bölgedeki ofiyolitlerle ilgili olarak araştırmacılar tarafından yapılan jeoloji ve jeoteknik amaçlı çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Ketin (1955), Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik durumu ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu çalışma kapsamında bölgenin 1/100 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve birimlerin litolojik özelliklerini belirlenmiştir.

Akyürek vd. (1979), Çankırı dolayındaki Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanji incelemiş, haritasını yapmışlar ve melanj içerisinde serpantin, kireçtaşı, radyolarit, metadetritik, bazalt, gabro ve diyabaz gibi kaya birimlerini ayrı olarak haritalamışlardır.

Yılmaz (1983), Tokat ile Sivas dolaylarının temel jeolojisini, Üst Kretase yaşlı ofiyolitli karışığın konumunu, jeolojik özelliklerini incelemiştir. Çalışma alanındaki ofiyolitli karışığın ve örtü kayalarının bir bütün halinde sedimanter-tektonik bir birim olarak değerlendirilebileceği ve bu birimin alt düzeylerinde tektonizmanın ve üst düzeylerinde sedimantasyonun egemen olduğu ifade edilmiştir. Ofiyolitli karışık içindeki blokların dokanağında kısmen yüksek, hamur içerisindeki birimlerde ise düşük bir metamorfizmanın olduğunu ifade etmiştir.

Kılıç (1995), Çankırı Karatekin baraj yerindeki ofiyolitik melanj içerisindeki serpantinit, gabro ve diyabazın jeomekanik özelliklerini ve aralarındaki ilişkileri regresyon analizleri ile inceleyerek diyabazın ayrışma derecesini birleşik ayrışma indisine göre belirlemiştir.

Çubuk ve İnan (1998), Sivas dolaylarındaki Miyosen havzasının stratigrafik ve tektonik özellikleri ile Üst Kretase yaşlı Divriği Ofiyolitik Karışığının yapısal özelliklerini incelemiştir. Güneydeki iç Torid okyanusunun kapanmasıyla yükselim yapan Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitik karışığı bölgede havzanın temelini oluşturduğu belirtilmektedir.

Doğan vd. (1998), Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonunun diğer birimlerle olan ilişkilerini incelemiştir. Eosen yaşlı kireçtaşları, Kesikköprü granitoyiti üzerine uyumsuzlukla gelmekte, üst dokanağı ise Kızılırmak formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Çalışma sahasının büyük bir bölümünü kapsayan Kızılırmak formasyonuna özgü litolojilerin daha sonraki çalışmalarda haritalanarak İncik formasyonu ile olan ilişkisinin ortaya konulması bir öneri olarak ortaya çıkmaktadır.

Kılıç et al. (1998), Çankırı ve Çorum civarındaki Ankara ofiyolitik melanj içerisinde, Alanpınar, Karatekin, Maruf ve Yenihayat baraj yerlerindeki serpantinitlerin jeomekanik özelliklerini inceleyerek ayrışma derecesini belirlemiştir. Birleşik ayrışma indeksine göre beş gruba ayrılan serpantinitlerin çok ayrılmış ve son derece ayrılmış olanlarının zemin davranışı göstereceğini belirtmişlerdir.

Karagüzel and Kılıç (2000), Çorum Yenihayat baraj yerindeki serpantinitlerin ayrışma derecelerini, su alımını ve enjeksiyon kabul edebilirliğini incelemiştir. Ayrılmış (killeşmiş) serpantinitlerin kırıklı serpantinite göre su ve enjeksiyon alımının daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz ve Yılmaz (2004), Divriği (Sivas) yöresinin jeolojisi ve yapısal evrimini incelerken Üst Kretase yaşlı ofiyolitli karışığın temel jeolojik özellikleri ile diğer birimlerle olan ilişkilerini incelemiştir. Bu çalışma kapsamında ofiyolitlerin ilksel konumlarından günümüzdeki yerlerine gelip yerleşmelerini yansıtan Paleotektonik Yapılar, Maestrihtiyen-Alt Pliyosen aralığında oluşan Geçiş Dönemi Tektonik Yapıları ve Üst Pliyosen-Kuvaterner yaş aralığında oluşmuş ve doğrultu atımlı rejimin egemen olduğu Neotektonik Dönem Yapılar ayırt edilmiştir.

Ekemen vd. (2006), Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığının kalınlığı ve jeolojik özellikleri ile diğer birimlerle olan ilişkilerini incelemiştir. Divriği ofiyolitli karışığı, çalışma çevresinde oldukça geniş bir alanda yer almaktadır ve kalınlığı 2000 m'dir. Karışık, genelde ofiyolit (peridotit, lerzolit, serpantin, amfibolit, harzburjit, dunit vb.) ve sedimanter kökenli (kireçtaşı, radyolarit vb.) kayaçlarından oluşmuştur. Üst Kretase'de bölgeye yerleşen karışığın üzerine Tecer Kireçtaşı uyumsuz olarak gelmektedir.

Kılıç vd. (2008), Sorgun - Akdağmadeni ayrımı - Çekerek yolu Km: 30+000.000 ile 46+444.436 arasındaki kaya birimlerinin mühendislik jeolojisi ve jeoteknik özelliklerini incelemişler ve karayolu açılabilirliği açısından değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, bu çalışma kapsamında Km: 33+071 ile 33+249 arasında oluşan heyelanlar ve Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki heyelanlar ve açılacak yol yarmasındaki duraylılık sorunları ile ilgili ayrıntılı çalışmalar yapılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Bilgehan ve Kılıç (2008), Amasya ili, Taşova ilçesinin kuzeybatısındaki heyelanların mühendislik jeolojisini inceleyerek, heyelanların statik ve dinamik şartlar için duraylılık analizlerini yapmışlar ve duraylılığı artırmak için öneriler getirmişlerdir.

Ofiyolitik melanj içerisindeki serpantinlerin jeolojik ve jeomekanik özelliklerinin araştırmasına yönelik yapılan çalışmalar dışındakilerin araştırma yeri ve konusu ile doğrudan ilişkisi bulunmamaktadır. Araştırma konumuz ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır.

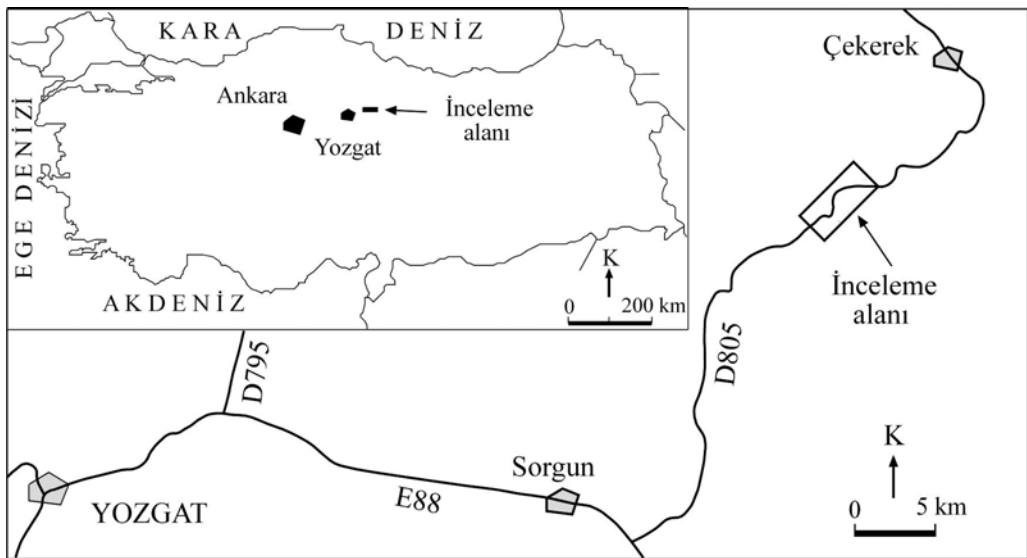
#### 1.4. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım

İnceleme alanı, 1/25000 ölçekli “Yozgat I 34-b2” paftasının kuzey bölümünde, 39°80’00” ile 40°00’00” kuzey enlemi ve 35°24’65” ile 35°29’43” doğu boylamları arasında yer almaktadır. İnceleme alanı Yozgat’a 67 km, Sorgun’a 33 km ve Ankara’ya yaklaşık 285 km’dir. Sorgun-Çekerek arası yaklaşık 46 km olup, ulaşım asfalt yol ile sağlanmaktadır (Şekil 1.1).

#### 1.5. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı tipik İç Anadolu Bölgesi iklimi etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, ilkbahar ve sonbaharda kısmen yağışlı, kışları ise yağışlı ve soğuk geçer. Yağışlar baharlarda yağmur ve kışın kar şeklindedir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Yozgat ili, Sorgun İstasyonu’nun 1984 - 2005 yılları arasındaki verilerine göre bölgede; yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 16°C, yıllık ortalama en düşük sıcaklık 3.4°C, en yüksek sıcaklık 40.2°C ve en düşük sıcaklık 29.4°C’dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 459.6 mm’dir.



Şekil 1.1 İnceleme alanı yer belirleme haritası

## 1.6. Morfoloji

İnceleme alanı Sorgun - Çekerek karayolu üzerinde Km: 33+071 ile 33+249 arasında oluşan heyelan ile Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarması arasındadır ve engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. İnceleme alanının eğimi güneyden kuzeye doğru azalmaktadır. İnceleme alanındaki en düşük yükseklik (992 m) Kazantaşın deresinin akış kotu olup, en yüksek nokta ise Kaplankaya tepedir (1199 m). En önemli yüzey suları batıda Sabıközü dere ile Kaplankaya dere, doğuda ise Kazantaşın kuru deresidir (Şekil 1.2).

İnceleme alanında her 50 m için hazırlanmış eşyükseklik haritası Şekil 1.2'de verilmiştir. Haritada eğimin en yüksek olduğu noktalar heyelanın güneydoğusundaki 1199 m yüksekliğindeki Kaplankaya Tepe ve haritanın kuzeybatısındaki 1160 m yüksekliğindeki kesimdir. Heyelanlı bölgenin yüksekliği 1050 m ile 1100 m arasında değişirken, planlanan yeni yol güzergahında yükseklik 950 m ile 1050 m arasında değişmektedir. İnceleme alanının eğim haritası yapılarak Şekil 1.3'de verilmiştir. Eğimin % 11 ile % 20 arasında kalan kesimi inceleme alanının yaklaşık % 70'ini oluşturmaktadır. İnceleme alanının konusunu oluşturan heyelan ve planlanan yeni yol güzergahı bu eğim aralığında yer almaktadır.



## **2. JEOLOJİ**

İnceleme alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru genel olarak doğu-batı yönünde uzanan Üst Kretase ofiyolitik melanjı ile örtü şeklinde Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon bulunmaktadır. Yol güzergahı boyunca hazırlanan jeoloji haritası Şekil 2.1’de verilmiştir.

### **2.1. Stratigrafi**

İnceleme alanında yaşlıdan gence doğru Üst Kretase yaşlı Eldivan Ofiyolitik Melanjı, Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı birimler gözlenmektedir.

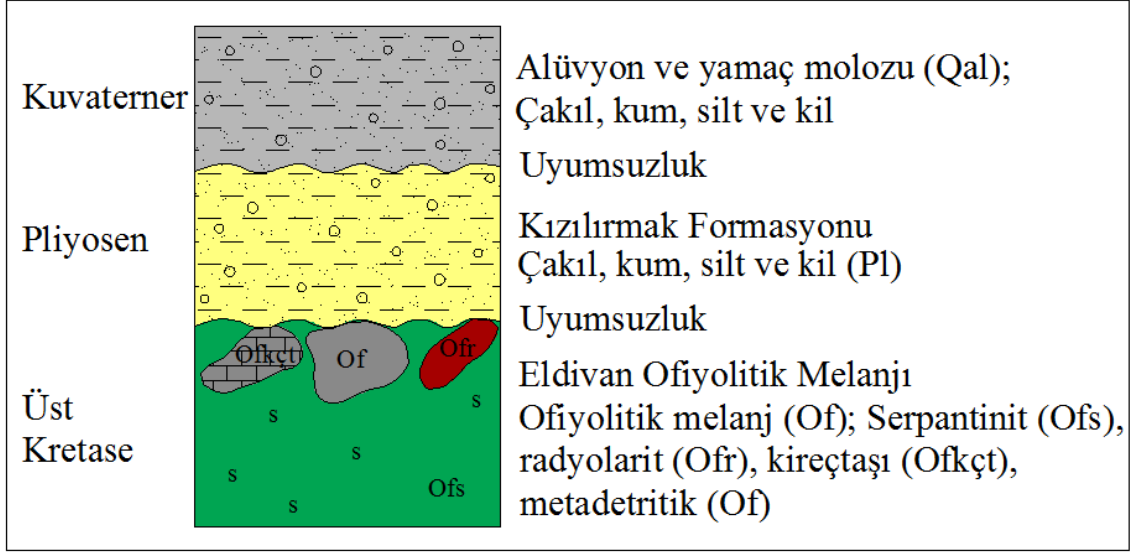
İnceleme alanı için hazırlanmış olan stratigrafik dikme kesit Şekil 2.2’de verilmiştir. Güzergah üzerinde görülen litolojik birimlerin özellikleri aşağıda verilmiştir.

#### **2.1.1. Eldivan Ofiyolitik Melanjı (Of)**

Eldivan Ofiyolitik Melanjı yeşilin farklı tonlarında serpantinit, kırmızımsı kahverengi radyolarit, kireçtaşı, koyu gri ve kahverengimsi metaderitikler ile gri renkli kalsit damarlı kireçtaşı bloklarından oluşur (Akyürek vd. 1997). Bu birim farklı çalışmalarda Divriği Ofiyolitik Melanjı olarak da adlandırılmıştır (Çubuk vd. 1998, Ekaman vd. 2006).

Detritikler kısmen düşük sıcaklık ve basınç altında başkalaşmıştır. Bazı kesimlerde bitki artıklı toprak bulunması ve yüzeysel ayrışmaya bağlı olarak birimler açık olarak gözlenememiştir. Ofiyolitik melanj içerisindeki serpantinit (Ofs), radyolarit (Ofr) ve kireçtaşı (Ofçt) ayrılabilmiştir. Ayrılamayan metakumtaşı, metasilttaşı, metakiltaşı ve marn metadetritikler olarak adlandırılmış, Şekil 2.1’deki jeoloji haritasında ve Şekil 2.2’deki dikme kesitte Of simgesi ile gösterilmiştir. Metadetritikler, radyolarit ve kireçtaşları serpantinit içerisinde tektonik blok olarak gözlenmektedir.



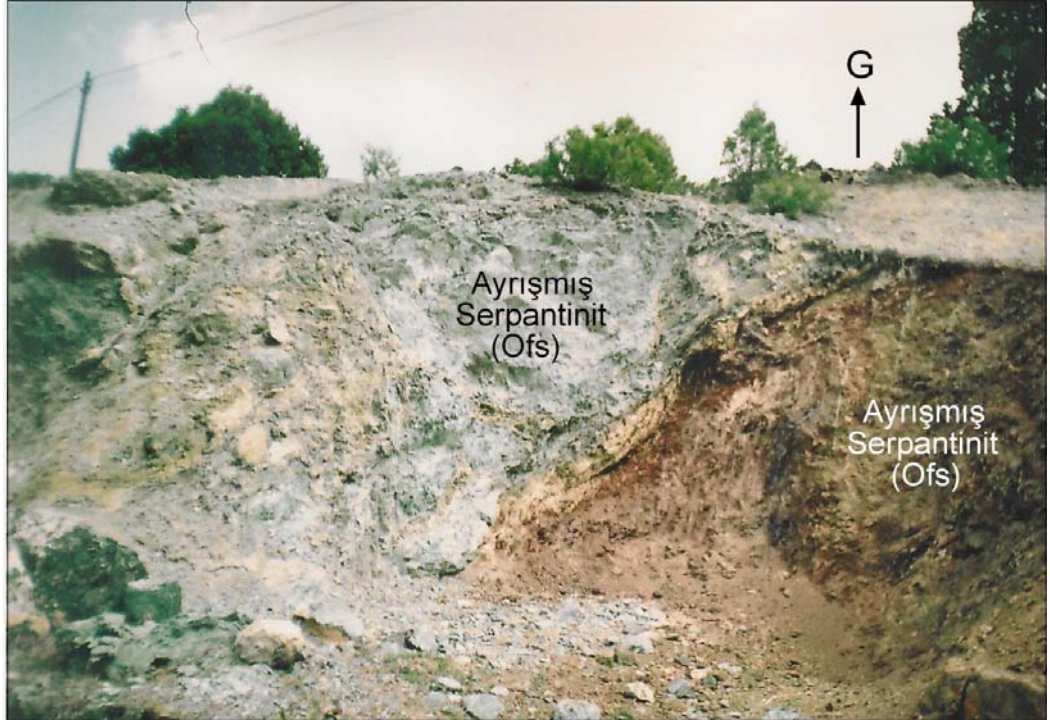


Şekil 2.2 İnceleme alanı stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz)

#### 2.1.1.1. Serpantinit (Ofs)

Melanj içerisinde hamuru oluşturan serpantinit yeşilin değişik tonlarındadır. Çok ayrılmış ve tamamen ayrılmış olan serpantinit, zayıf ve çok zayıf dayanımlıdır. Ayrışmanın az olduğu kesimlerde koyu yeşil, fazla olduğu kesimlerde açık yeşil ve kahverengi renktedir. Tektonizmanın etkisi ile kırılmış, parçalanmış ve ufalanmış bir görüntü sunmaktadır (Şekil 2.3 ve Şekil 2.4).

Serpantinitler gabro, diyabaz, peridotit gibi kayaların ayrışması sonucu oluşmuştur. Serpantinitler ince krizotil damarcıkları, kalıntı halde az plajiyoklas ve piroksen içerir. Kataklastik doku belirgindir, ince çatlaklar içinde gelişmiş ikincil kalsit bulunmaktadır (Akyürek vd. 1979).



Şekil 2.3 Ofiyolitik melanj içerisinde farklı derecede ayrılmış serpantinitler



Şekil 2.4 Ofiyolitik melanj içerisinde serpantinitler ve kireçtaşları

### 2.1.1.2. Radyolarit (Ofr)

Ofiyolitik melanj içerisinde blok halinde, topoğrafyanın yüksek kesimlerinde görülen kırmızı-kahverenkli radyolarit sürüklenme sırasında tektonizmanın etkisi ile tamamen kırılmış, parçalanmış ve ufalanmış olup, blok ve çakıl boyutundadır (Şekil 2.5).

Yüzeyde küçük tepecik, blok ve çakıl boyutunda olan radyolarit zayıf ve çok zayıf dayanımlıdır. Kalınlığı sondaj verilerine göre 30.0 m'den fazladır (Kılıç vd. 2008).



Şekil 2.5 Melanj içerisindeki radyolaritlerden görünüş

### 2.1.1.3. Kireçtaşı (Ofkçt)

İnceleme alanında kireçtaşları gri - beyaz renkli, yer yer kristalize, sert ve orta - kalın tabakalıdır (Şekil 2.4). Az kristalize olan seviyeleri bol fosil içerir. Kanat eğimleri düşük olan antiklinal ve senklinaller oluşturur. Triyas yaşlı kireçtaşlarının toplam kalınlığı az olup, geniş alanlarda yayılım gösterir (Akyürek vd. 1979).

#### **2.1.1.4. Metadetritikler (Of)**

Üst Kretase metadetritikleri; gri-koyu gri, yeşilimsi ve açık kahverenkli kumtaşı, kıltaşı, marn, kireçtaşı, dolomit ve bunların içerisinde ayırtanamayan diyabaz karışık halde görülür.

Detritikler genel olarak K15-80° aralığında doğrultu ve 20-32° KB aralığında eğime sahip tabakalı halde görülür. Bununla birlikte iki yönlü çatlak sistemine sahiptir. Birinci çatlak sistemi K 90-105° aralığında doğrultu ve 21-50° K ve KD aralığında eğime sahip, ikinci çatlak sistemi ise K75-85° aralığında doğrultu ve 45-58 KB aralığında eğime sahiptir. Tabaka ve çatlakların eğim ve doğrultuları sıkça değişiklikler göstermektedir. Ayrıca gelişigüzel çatlaklara rastlanmaktadır. Tabaka kalınlığı 0.3 cm'den 100 cm'ye kadar ulaşabilmektedir (Şekil 2.6).

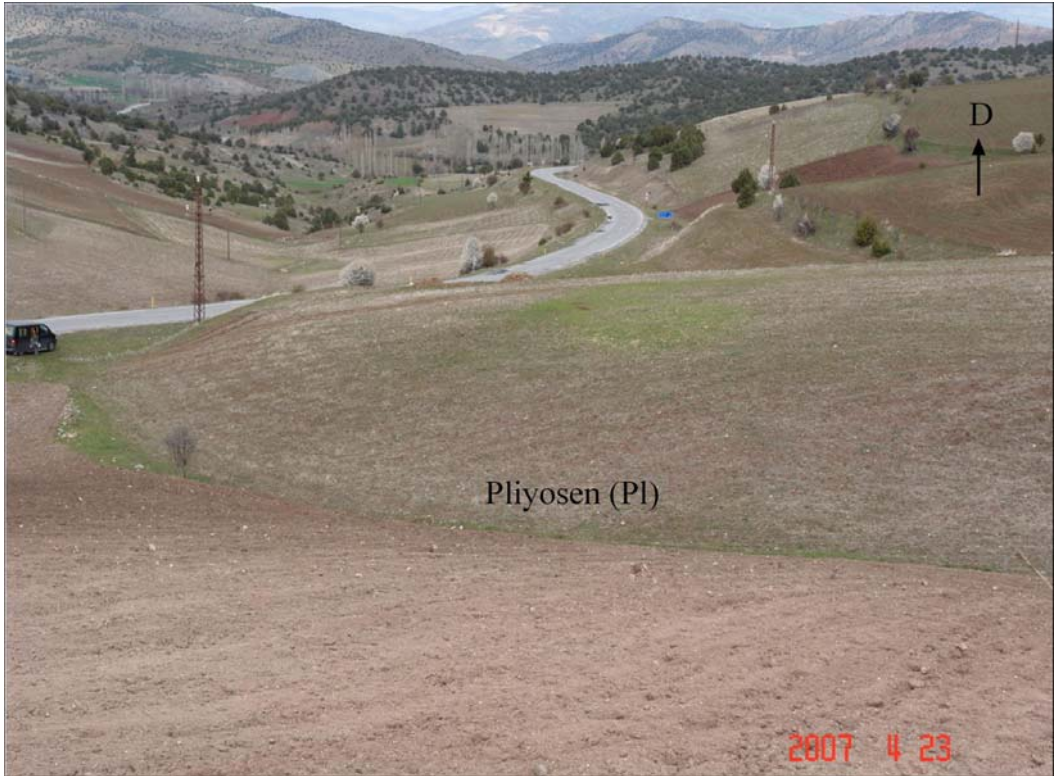
Koyu gri, gri ve kahverenkli marn 10 cm ile 100 cm arasında düzgün tabakalanmaya sahiptir. Marn çatlaklı ve yer yer kalsit damarlıdır. Ayırılmış marn orta ve zayıf dayanımlıdır. Gri renkli metakıltaşları daha ince tabakalı olup, tamamen ayırılmış, çok zayıf dayanımlıdır (Şekil 2.6). Kahverengimsi, gri metakumtaşı, orta - çok ayırılmış, orta ve zayıf dayanımlıdır.

#### **2.1.2. Kızılırmak Formasyonu (PI)**

Kızılırmak Formasyonuna ait açık kahverengi, sarımsı, bej ve yeşilimsi renkli çökeller, kendisinden daha yaşlı olan birimler üzerine açısız uyumsuzlukla gelir (Kara 1997). Çakıl, kum, silt, kil veya bunların karışımlarından oluşur. Gevşek çimentolu veya çimentosuz olup, kuvars, radyolarit, kireçtaşı ve metadetritikten oluşan çakıllar yarı olgun veya olgundur. Genel olarak kil içerisinde çakıl ve kum mercek halinde gözlenir ve yer yer kaliçi oluşumları bulunur. Bu mercıklar içerisinde bazen yeraltı suyuna rastlanır. Düşük dayanımlı olan bu çökeller zemin davranışı gösterir (Şekil 2.7).



Şekil 2.6 Melanj içerisindeki metadetritikler (marn, metasilttaşı ve metakilttaşı)



Şekil 2.7 Pliyosen çökellerinin genel görünüşü

### **2.1.3. Kuvaterner**

#### **2.1.3.1. Alüvyon (Qal)**

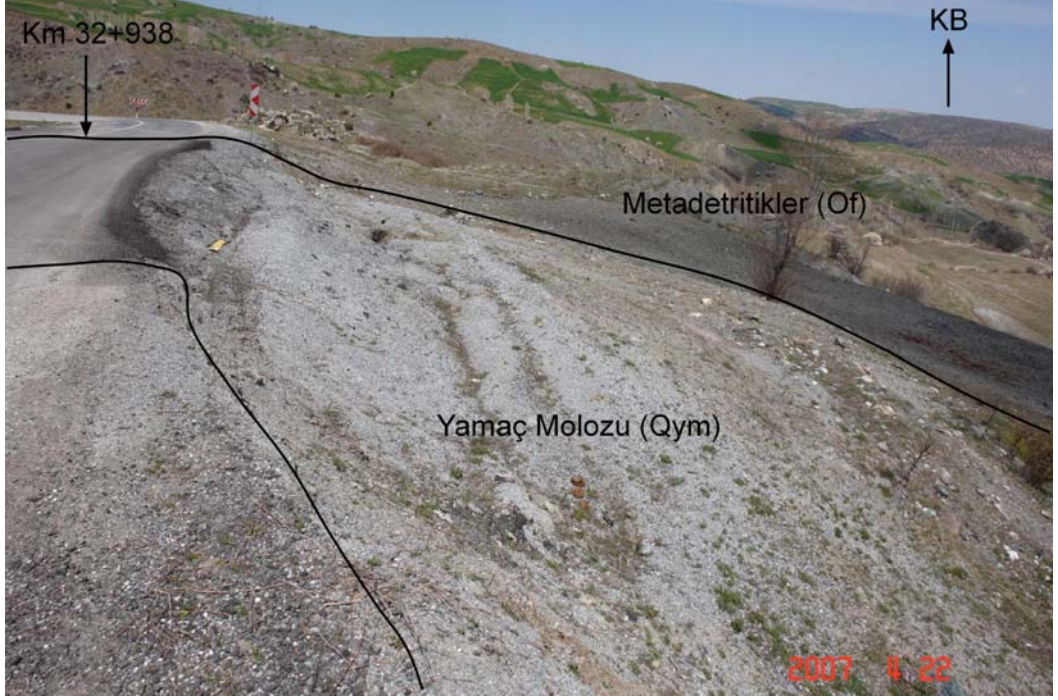
Koyu gri, gri ve kahverengimsi Kuvaterner yaşlı alüvyon; vadi içerisinde ve dere yataklarında bulunmakta olup önceki birimleri uyumsuz olarak örter. Birimin inceleme alanındaki kalınlığı en fazla 2.0 m'dir. Alüvyon çakıl, kum, silt, kil ve bunların karışımından oluşur. Çakıllar yarı olgun ve olgun olmayan kuvars, kireçtaşı, radyolarit, serpantin ve volkanik malzemeden oluşur. Birim zemin davranışı gösterir ve çok düşük dayanıma sahiptir.

#### **2.1.3.2. Yamaç Molozu (Qym)**

Kuvaterner yaşlı yamaç molozu eğimli yamaçlarda örtü şeklinde bulunur. Üzerinde bulunduğu birimleri temsil eden blok, çakıl, kum ve kil boyutundaki bu birim çimentosuzdur (Şekil 2.8). Çakıllar köşeli-yarı köşeli ve yuvarlak-yarı yuvarlaktır. Topoğrafyanın dikleştiği ve yeraltı suyunun bulunduğu kesimlerde heyelanlara neden olmaktadır. İnceleme alanında sondajlarda belirlenen yamaç molozu kalınlığı 1.00 m ile 23.00 m arasında değişir (Ek 1).

## **2.2. Yapısal Jeoloji**

Bölgede temel birimleri, kuzeyden sürüklenerek yerleştiği düşünülen Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj oluşturur (Ketin 1955). Bunlar üzerinde inceleme alanı dışında Eosen yaşlı fliş açısal uyumsuzlukla gelir. Tüm bu birimler üzerine uyumsuz olarak Pliyosen'in gölsel ortamında çökelen tortullar gelir. Çekerek Kuzey Anadolu Fayı'na yaklaşık 120 km uzaklıkta ve Kuzey Anadolu fayından güneye doğru ayrılan sağ yönlü doğrultu atımlı Kırıkkale - Erbaa fayına yaklaşık 50 km uzaklıkta bulunmaktadır.

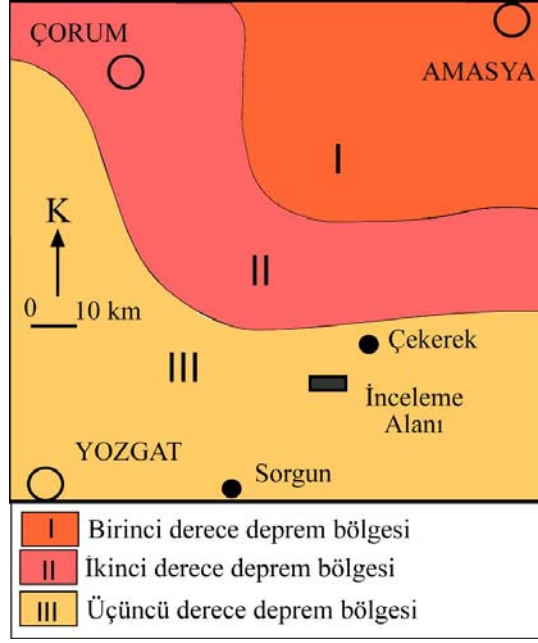


Şekil 2.8 Kuvaterner yamaç molozundan görünüş

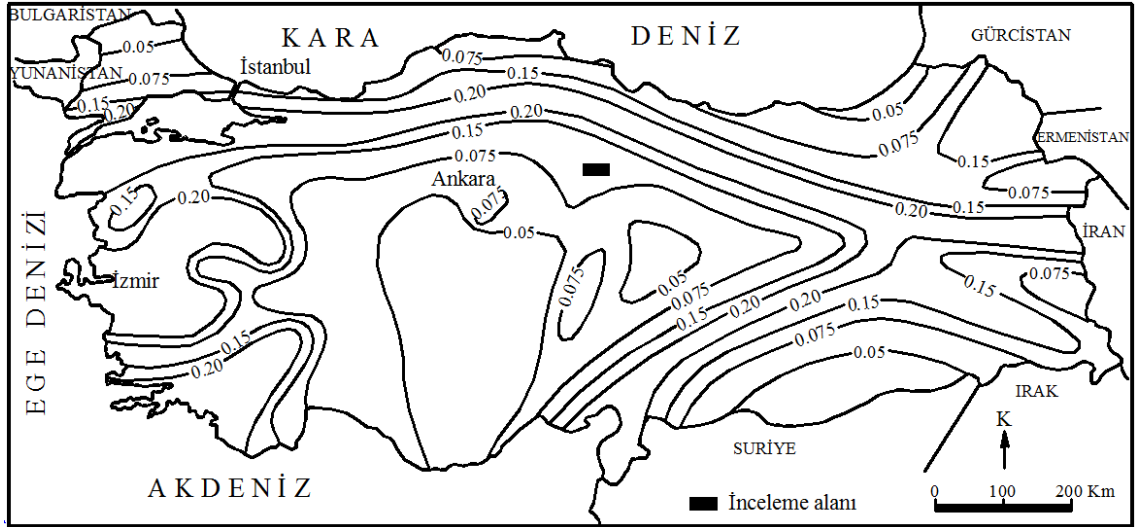
### 2.3. Depremsellik

İnceleme alanı Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre 3. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 2.9).

İnceleme alanı için KGM Araştırma mühendislik hizmetleri teknik şartnamesi (Anonim 2005) “Şev Stabilite Analizlerine Esas Yatay Deprem Katsayıları Haritası”nda da öngörüldüğü üzere yatay deprem katsayısı 0.15 ile 0.075 eş aralığında kalmaktadır (Şekil 2.10). İnceleme alanı bu iki eş deprem katsayısı çizgisinin yaklaşık olarak orta noktasında kaldığından ortalama 0.113 alınmıştır.



Şekil 2.9 İnceleme alanının Türkiye Deprem Bölgeleri haritasındaki yeri (Anonim 2006)



Şekil 2.10 Şev duraylılık analizleri için yatay deprem katsayıları (Anonim 2005)

### 3. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanı ve çevresinin jeoloji haritası hazırlanmıştır. Jeoteknik sondajlar yapılmış, sondajlarda standart penetrasyon testleri (SPT) yapılarak örselenmiş (D) örnekler alınmıştır. Ayrıca her 3.0 m’de bir Shelby tüpü ile örselenmemiş (UD) örnekler alınmıştır. Sondajlar tamamlandıktan sonra Kaplankaya H1 heyelanı üzerinde açılan kuyulardan üç tanesinde inklinometre ölçümleri yapılmıştır.

#### 3.1. Jeoteknik Sondajlar

Sorgun - Çekerek yolu Km: 33+071 ile 33+249 arasındaki Kaplankaya heyelan bölgesinde derinlikleri 10.0 m ile 42.0 m arasında değişen toplam derinliği 122.0 m olan 5 adet jeoteknik amaçlı sondaj yapılmıştır (Çizelge 3.1). Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki Kazantaşın heyelan bölgesinde ise derinlikleri 10.0 m ile 25.0 m arasında değişen toplam derinliği 105.5 m olan 6 adet sondaj yapılmıştır (Çizelge 3.2).

Sondajların yapılması sırasında geçilen birimlerin derinlikleri, tanımlamaları, alınan örnek derinlikleri, yeraltı su seviyesi derinlikleri ve arazi deney sonuçları Ek 1’deki sondaj loglarına işlenmiştir.

Çizelge 3.1 Kaplankaya heyelan bölgesindeki sondajların numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu seviyeleri (YASS)

Sondaj no	Kot (m)	Derinlik (m)	YASS (m)
SK8	1070.8	10.00	3.65
SK10	1063.3	30.00	3.00
SK11	1071.0	42.00	1.50
SK12	1075.2	30.00	2.00
SK13	1072.2	10.00	1.75
Toplam		122.00	

Çizelge 3.2 Kazantaşın heyelan bölgesi ve yeni yol güzergahındaki sondajların numarası, kotu, derinliği ve yeraltı suyu seviyeleri (YASS)

Sondaj no	Kot (m)	Derinlik (m)	YASS (m)
SK15	1016.8	25.00	1.00
SK16	1023.9	20.00	6.50
SK17	1020.3	25.00	5.70
SK18	1011.2	13.50	4.50
SK19	1004.0	12.00	2.50
SK20	1000.2	10.00	2.25
Toplam		105.50	

### 3.2. Arazi Deneyleri

#### 3.2.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Jeoteknik amaçlı sondajlarda her 1.5 m'de bir iri taneli zeminlerin sıklığını ve ince taneli zeminlerin kıvamını belirlemek amacı ile SPT yapılarak darbe sayıları ( $N_f$ ) belirlenmiş ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Sondaj sırasındaki SPT, TS ENV (Anonim 1997b) standardına göre yapılmıştır. Bu çalışmada 11 adet sondaj kuyusunda toplam 133 adet SPT yapılmış ve alınan örnekler laboratuvarında incelenmiştir.

SPT- $N_f$  darbe sayılarında Skempton (1986)'ya göre derinliğe bağlı düzeltmeler yapılmış ve düzeltilmiş SPT- $N_1$  darbe sayıları Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'de verilmiştir. Km: 33+071 ile 33+249 arasındaki oluşan heyelanda Çizelge 3.3'den anlaşılacağı gibi yüzeyden itibaren ilk 7.50 m'ye kadar olan derinliklerde SPT- $N_1$  artmış, bundan sonraki derinliklerde örtü yükünün etkisi ile azalmıştır. Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarması ve çevresinde Çizelge 3.4'den anlaşılacağı gibi yüzeyden itibaren ilk 6.00 m'ye kadar SPT- $N_1$  artmış, bundan sonraki derinliklerde örtü yükünün etkisi ile azalmıştır. Sadece SK15 nolu sondajda SPT- $N_1$ 'deki azalma 9.50 m'de başlamaktadır.

Heyelanın kayma yüzeyinin belirlenmesinde düzeltilmiş SPT-N<sub>1</sub> darbe sayılarının düşük olduğu seviyeler dikkate alınmıştır. SPT-N<sub>1</sub> darbe sayısı aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır.

$$N_1 = C_N \cdot N_f \quad (3.1)$$

$$C_N = \frac{2}{1 + \sigma'_v} \quad (\text{Skempton 1986}) \quad (3.2)$$

Burada;

N<sub>1</sub>: Örtü basıncına göre düzeltilmiş SPT darbe sayısı

C<sub>N</sub>: Düzeltme katsayısı

N<sub>f</sub>: Arazide belirlenen SPT darbe sayısı

σ'<sub>v</sub>: Efektif örtü yükü (kPa)

Çizelge 3.3 Kaplankaya H1 heyelanında yapılan sondajlardaki SPT-N<sub>f</sub> ve SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları

Sondaj no	Derinlik (m)	Zemin grubu	γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	σ' <sub>v</sub> kPa	N <sub>f</sub>	N <sub>1</sub>
SK8	1.50-1.95	CL	18.64	19,37	9,56	28	11	17
	3.50-3.95	CL	18.64	19,45	9,64	65	11	13
	4.50-4.95		18.64	18.64	9,72	76	16	18
	6.00-6.45	CL	18.64	18.64	9,88	91	20	21
	7.50-7.95		18.64	18.64	9,97	106	17	16
	9.55-10.00	GC	18.64	18.64	10,14	127	23	20
SK10	1.50-1.95	SC	18.74	20,76	10,95	28	6	9
	3.00-3.45		18.74	18.74	10,56	56	5	6
	4.50-4.95	CL	18.74	18.74	10,37	72	15	17
	6.50-6.95		18.74	18.74	10,75	94	23	24
	7.50-7.95	SC	18.74	18.74	11,16	106	24	23
	9.00-9.45		18.74	18.74	10,56	120	29	26
	10.50-10.95	CL	18.74	18.74	10,37	134	16	14
	12.00-12.45		18.74	18.74	10,75	153	24	19
	13.50-13.95	CL	18.74	18.74	10,65	168	27	20
	15.00-15.45		18.74	18.74	10,56	183	35	25
	16.50-16.95	CL	18.74	18.74	10,75	201	27	18
	18.00-18.02		18.74	18.74	10,75	217	>50	31
	22.50-22.95		18.74	18.74	10,95	270	>50	27
24.00-24.45	SC	18.74	18.74	11,05	288	>50	26	
25.50-25.95		18.74	18.74	10,75	298	>50	25	
27.00-27.45	CL	18.74	18.74	10,56	310	>50	24	
28.50-28.95		18.74	18.74	10,65	328	>50	23	

Çizelge 3.3 Kaplankaya H1 heyelanında yapılan sondajlardaki SPT-N<sub>f</sub> ve SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları (devam)

	30.00-30.45	CL	18.74	18.74	10,75	346	>50	22
SK11	3.00-3.45		18.64	19,78	9,97	56	15	19
	4.50-4.95	CL-SC	18.64	18.64	9,88	84	18	20
	6.00-6.02		18.64	18.64	11,20	101	>50	50
	7.50-7.53		18.64	18.64	11,10	117	>50	46
	9.00-9.45	SC	18.64	18.64	10,05	129	22	19
	10.50-10.95	SC	18.64	18.64	10,23	145	29	24
	12.00-12.45		18.64	18.64	10,14	160	39	30
	13.50-13.95		18.64	18.64	10,23	176	31	22
	15.00-15.45	GC	18.64	18.64	10,05	189	18	12
	16.50-16.95		18.64	18.64	10,14	206	34	22
	18.00-18.45		18.64	18.64	10,05	220	29	18
	19.50-19.95		18.64	18.64	10,23	237	42	25
	21.00-21.45	SC	18.64	18.64	10,32	254	42	24
	22.50-22.95		18.64	18.64	10,23	268	18	10
	24.00-24.45	GC	18.64	18.64	11,20	302	>50	25
	27.00-27.45	CL	18.64	18.64	10,41	318	42	20
	30.00-30.45		18.64	18.64	10,41	349	>50	22
	33.00-33.43	CL	18.64	18.64	10,32	378	>50	21
	36.00-36.27		18.64	18.64	10,41	412	>50	20
	39.00-39.05		18.64	18.64	10,32	440	>50	19
SK12	1.50-1.95	GC	18.64	20,31	10,50	28	10	16
	3.00-3.13		18.64	18.64	9,97	47	>50	68
	4.50-4.95	GC	18.64	18.64	9,33	61	6	7
	5.50-5.55		18.64	18.64	10,05	72	>50	58
	6.50-6.95		18.64	18.64	10,69	85	5	5
	7.50-7.95	SC	18.64	18.64	10,69	96	19	19
	9.00-9.45	SM	18.64	18.64	11,10	115	>50	47
	10.50-10.55		18.64	18.64	10,89	130	>50	44
	12.00-12.05		18.64	18.64	10,69	144	>50	41
	13.50-13.95		18.64	18.64	10,79	161	40	31
	15.00-15.45		18.64	18.64	10,60	175	42	31
	16.50-16.95	CL	18.64	18.64	10,79	194	>50	34
	18.00-18.45		18.64	18.64	10,79	210	>50	32
	19.50-19.85	SC	18.64	18.64	10,69	224	>50	31
	21.00-21.45		18.64	18.64	10,60	239	>50	30
	22.50-22.95	CL	18.64	18.64	10,41	251	50	29
	24.00-24.45	CL	18.64	18.64	10,69	273	47	25
	25.50-25.55		18.64	18.64	10,79	291	>50	26
	27.00-27.05		18.64	18.64	10,89	310	>50	24
	28.50-28.60		18.64	18.64	10,69	321	>50	24
SK13	1.50-1.95	SC	18.74	20,27	10,46	28	8	12
	3.50-3.95		18.74	18.74	10,28	51	10	13
	4.50-4.95		18.74	18.74	10,37	61	49	61
	6.00-6.05		18.74	18.74	10,46	77	>50	56
	7.50-7.55		18.74	18.74	10,56	94	>50	52
	10.00-10.05		18.74	18.74	10,37	118	>50	46

Çizelge 3.4 Kazantaşın heyelanları ve Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarmasında açılan sondajlardaki SPT- $N_f$  ve SPT- $N_1$  darbe sayıları

Sondaj no	Derinlik (m)	Zemin grubu	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_v$ kPa	$N_f$	$N_1$
SK15	1.50-1.95	CH	19,57	19,57	9,88	20	14	23
	3.50-3.95		19,57	19,57	9,80	39	16	23
	4.50-4.95	CH	19,57	19,57	8,95	46	18	25
	6.50-6.95		19,57	19,57	9,50	67	15	18
	7.50-7.95		19,57	19,57	9,57	77	19	21
	9.00-9.45		19,57	19,57	9,65	92	31	32
	10.50-10.95	CH	19,57	19,57	9,57	106	26	25
	12.00-12.45		19,57	19,57	9,57	120	37	34
	13.50-13.95	CH	19,57	19,57	9,65	135	46	39
	15.00-15.13		19,57	19,57	9,50	148	>50	40
	16.50-16.60		19,57	19,57	9,57	163	>50	38
	18.00-18.45		19,57	19,57	9,35	174	41	30
	19.50-19.95	CH	19,57	19,57	8,88	179	35	25
	21.00-21.20		19,57	19,57	9,15	197	>50	34
	22.50-22.57		19,57	19,57	9,28	214	>50	32
	24.00-24.05		19,57	19,57	9,22	226	>50	31
SK16	1.50-1.95		19,89	20,92	11,11	30	19	29
	3.00-3.45	CL	19,89	20,82	11,01	60	41	51
	4.50-4.95	GC	19,89	20,92	11,11	90	>50	53
	6.00-6.45		19,89	21,22	11,41	119	34	31
	7.50-7.95	SC	19,89	21,32	11,51	149	36	29
	9.00-9.45		19,89	20,72	10,91	179	42	30
	10.50-10.95	CH	19,89	19,85	10,04	209	37	24
	12.00-12.45		19,89	19,89	10,91	230	>50	30
	13.50-13.75		19,89	19,89	11,11	247	>50	29
	15.00-15.35		19,89	19,89	11,21	264	>50	28
	16.50-16.95		19,89	19,89	11,31	270	>50	27
	18.00-18.45		19,89	19,89	11,11	297	>50	25
	19.50-19.55		19,89	19,89	11,21	314	>50	24
SK17	1.50-1.95		20,21	20,62	10,81	30	6	9
	3.50-3.95		20,21	20,35	10,54	71	26	30
	4.50-4.95	CL	20,21	19,85	10,04	91	23	24
	6.00-6.45		20,21	20,21	10,63	115	40	37
	7.50-7.95	GC	20,21	20,21	10,90	131	41	35
	9.00-9.42		20,21	20,21	11,49	150	>50	40
	10.50-10.76		20,21	20,21	11,59	167	>50	37
	12.00-12.45	GC	20,21	20,21	11,81	186	48	34
	13.50-13.95		20,21	20,21	10,20	191	>50	34
	15.00-15.05		20,21	20,21	9,96	204	>50	33
	16.50-16.95		20,21	20,21	9,81	217	40	25
	18.00-18.45		20,21	20,21	10,28	238	41	24
	19.50-19.95		20,21	20,21	10,54	257	42	24
	21.00-21.45	CL	20,21	20,21	9,52	257	>50	28
	22.50-22.56		20,21	20,21	9,81	276	>50	27
	24.00-24.10		20,21	20,21	9,96	293	>50	25

Çizelge 3.4 Kazantaşın heyelanları ve Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarmasında açılan sondajlardaki SPT-N<sub>f</sub> ve SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları (devam)

SK18	1.50-1.95	CL	21.66	21,30	11,49	32	11	17
	3.00-3.45	CL	21.66	21.66	11,39	65	21	25
	4.50-4.95	SC-SW	21.66	21.66	13,40	85	>50	54
	6.50-6.62		21.66	21.66	13,02	111	>50	47
	8.00-8.13		21.66	21.66	12,89	129	>50	44
	9.50-9.95	GC-GP	21.66	21.66	12,77	148	>50	40
	10.50-10.56		21.66	21.66	12,89	162	>50	38
	12.00-12.04		21.66	21.66	12,65	179	>50	36
	13.50-13.56		21.66	21.66	12,77	199	>50	33
SK19	2.00-2.45	CL	21.48	21.48	10,93	43	18	25
	4.00-4.45	CL	21.48	21.48	12,32	68	22	26
	5.50-5.95	SC	21.48	21.48	11,89	85	27	29
	8.00-8.25	CL	21.48	21.48	11,68	113	>50	47
SK20	2.00-2.45	CL	21.39	21.39	12,05	36	>50	73
	4.00-4.45	CL	21.39	21.39	12,16	61	45	56
	6.00-6.03		21.39	21.39	12,27	85	>50	54
	10.00-10.05		21.39	21.39	12,16	134	>50	43

### 3.2.2. Örselenmemiş (UD) örnek alınması

Zeminlerin fiziksel ve dayanım parametrelerini belirlemek amacı ile sondaj sırasında her 3.0 m'de bir ince cidarlı, 89 mm dış çaplı Shelby tüpü ile hidrolik basınç uygulanarak UD örnekler alınmaya çalışılmıştır. TS ENV (Anonim 1997b)'ye uygun olarak alınabilen UD örneklerinin alt ve üstü düzeltilerek parafinlenmiş ve etiketlenmiştir.

### 3.2.3. İnklinometre ölçümleri

Kaplankaya H1 heyelanı üzerinde yapılan SK10, SK11 ve SK12 numaralı sondaj kuyularının başlıkları 50x50x30 cm boyutlarında betonla yapılmış kuyu ağzına metal kutu ve kapak yerleştirilerek kilitlemiştir (Şekil 3.1). Kuyularda yamaç hareketinin olup olmadığını ölçmek amacı ile 60 mm çaplı inklinometre boruları yerleştirilmiş ve 27.02.2006, 03.04.2006 ve 01.05.2006 tarihlerinde ölçümler yapılmıştır. Sondaj noktalarındaki inklinometre kayma derinlikleri Çizelge 3.5'de ve sonuçları gösteren grafikler ise Ek 3'de verilmiştir.

İnklinometre ölçüm sonuçlarına göre SK10 nolu kuyuda 27.02.2006 tarihinde 4 mm, 03.04.2006 tarihinde 32 mm, 01.05.2006 tarihinde 46 mm kayma gözlenmiştir. SK11 nolu kuyuda 27.02.2006 tarihinde 4 mm, 03.04.2006 tarihinde 28 mm, 01.05.2006 tarihinde 39 mm kayma gözlenmiştir, SK12 nolu kuyuda 27.02.2006 tarihinde 1 mm, 03.04.2006 tarihinde 28 mm, 01.05.2006 tarihinde 33 mm kayma gözlenmiştir (Ek 3).

SK10, SK11 ve SK12 nolu sondajlardaki kayma yüzeylerinde en düşük SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları elde edilmiştir. Bu durum kayma yüzeylerinin yaklaşık olarak doğru belirlendiğini göstermektedir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 İnklinometre ölçümü kayma derinlikleri ve SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları

Sondaj no	İnklinometre kuyu derinliği (m)	Kayma derinliği (m)	SPT-N <sub>1</sub> darbe sayısı ve derinliği (m)
SK10	30.00	12.00	14 (10.50-10.95)
SK11	42.00	16.00	12 (15.00-15.45)
SK12	28.00	6.50	5 (6.50-6.95)



Şekil 3.1 Kaplankaya H1 heyelanı üzerindeki inklinometre ölçümü yapılan SK11 nolu sondaj kuyusu

## **4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI**

Sondajların farklı derinliklerinden birimleri temsil eden 54 adet örselenmiş SPT numunesi ve 11 adet örselenmemiş UD numunesi alınmıştır. Sondajlardan alınan numuneler üzerinde zemin mekaniği deneyleri EFOL Limited Şirketi Zemin Mekaniği Laboratuvarında TS-1900 (Anonim 1987b) ve ASTM (Anonim 1994) standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Zeminin doğal su içeriği ( $\omega_n$ ), tane boyu dağılımı, doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ), kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_{kuru}$ ), Atterberg limitleri (LL, PL, PI) ile kayma özellikleri belirlenmiştir.

### **4.1. Doğal Su İçeriği**

Toplam 65 adet numunenin su içeriği belirlenmiş ve Ek 2'deki deney sonuç çizelgesinde verilmiştir. Su içerikleri % 2 ile % 39 arasında değişmektedir.

### **4.2. Atterberg Limitleri**

Toplam 65 adet ince taneli zemin örneğinin likit limit ve plastik limit değerleri belirlenmiş ve sonuçlar Ek 2'deki deney sonuç çizelgesinde verilmiştir. Zemin örneklerinin likit limitleri % 29 ile % 79 arasında, plastik limitleri % 16 ile % 31 arasında, plastisite indisleri ise % 11 ile % 53 arasında değişmektedir.

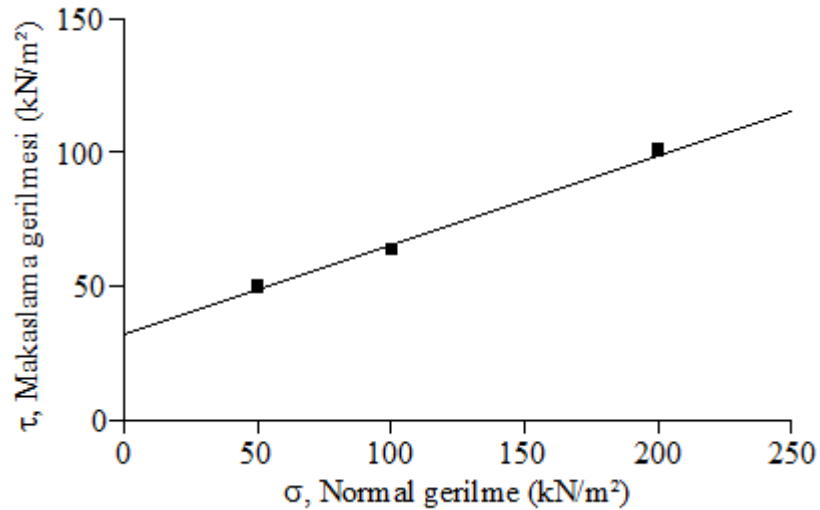
### **4.3. Tane Boyu Dağılımı**

Zeminlerin tane boyu dağılımları TS ENV (Anonim 1997b) standardına uygun olarak belirlenmiş ve Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi'ne (USCS) göre sınıflandırılmıştır. Toplam 65 adet numunenin tane boyu dağılımı ıslak elek analizi ile belirlenerek sonuçları Ek 2'deki deney sonuç çizelgesinde verilmiştir.

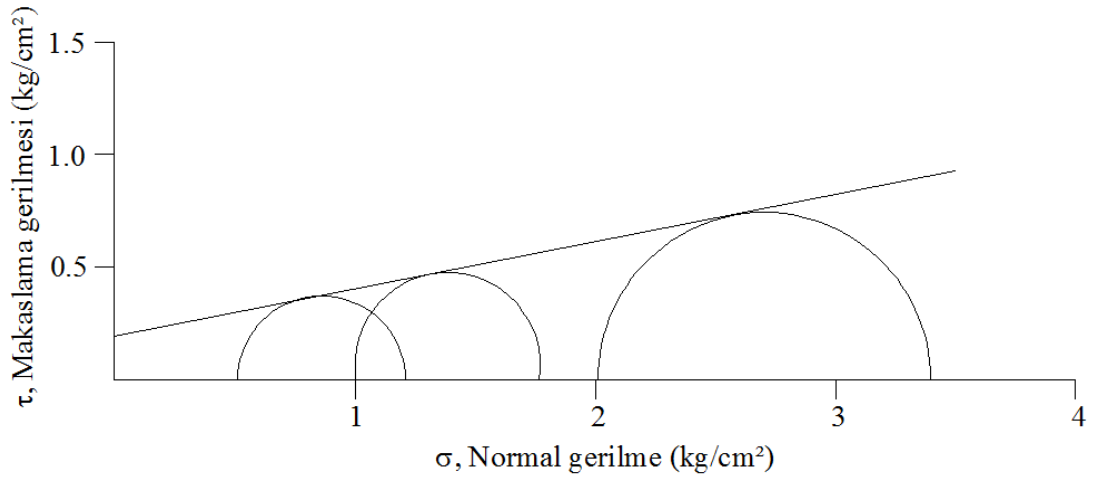
#### 4.4. Makaslama Dayanımı

Makaslama deneyi zemin örneğinin kare kesitli ve iki parçadan oluşan bir kutu içerisine yerleştirilmesi, sabit normal gerilme ve artan makaslama kuvveti altında kutunun üst parçası sabit tutulurken alt parçası yatay bir düzlem üzerinde hareket edebilen ve böylece örneğin ortasından geçen bir düzlem boyunca zeminin kaymaya zorlanarak kırılması esasına dayanır.

Km: 33+071 ile 33+249 arasında oluşan heyelandaki yamaç molozu içerisindeki ayrışmış serpantinitten alınan SK10 UD2 (6.0-6.5 m) nolu örneğin konsolidasyonsuz ve drenajsız (UU) şartlarda kesme kutusu deneyi yapılarak birim hacim ağırlığı  $18.65 \text{ kN/m}^3$ , kohezyonu ( $c$ )  $32 \text{ kN/m}^2$  ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ )  $18^\circ$  belirlenmiştir (Ek 2). SK10 UD2 nolu örneğin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkisi Şekil 4.1'de verilmiştir. SK13 UD1 (3.0-3.5 m) nolu örneğin UU şartlarındaki üç eksenli deneylerle elde edilen birim hacim ağırlığı  $18.74 \text{ kN/m}^3$ , kohezyonu  $18.64 \text{ kN/m}^2$  ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ )  $11^\circ$  belirlenmiştir (Ek 2). Üç eksenli deneylerden elde edilen Mohr zarfı ve kırılma şartları Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1 SK10 UD2 nolu örneğin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkisi

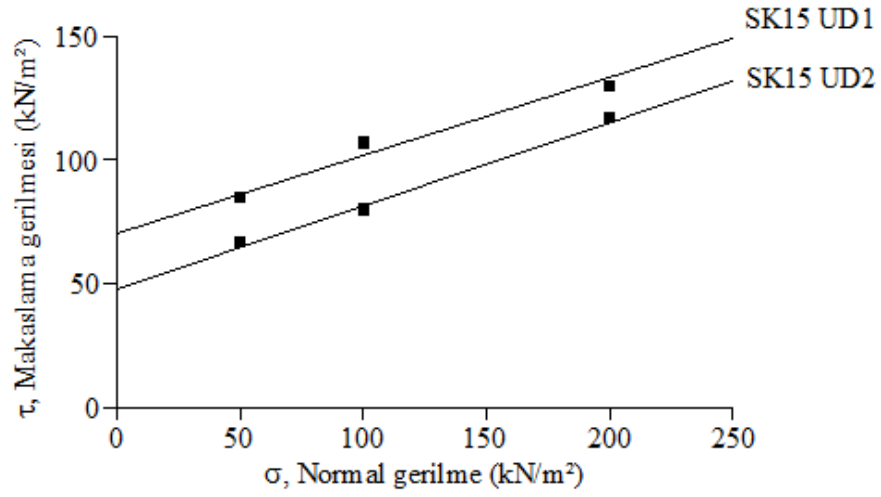


Şekil 4.2 SK13 UD1 nolu örneğin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkisi ve kırılma zarfı

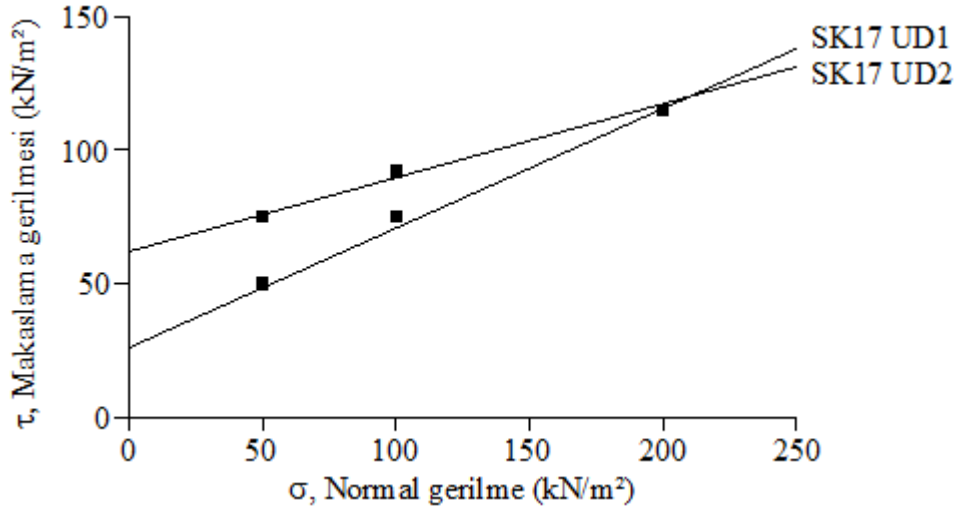
Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki yol yarmasındaki duraylılığı incelemek amacıyla Pliyosen kilinden alınan 4 adet örneğin kayma dayanımı konsolidasyonsuz ve drenajsız (UU) şartlarda incelenerek elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de ve Ek 2’de verilmiştir. Ayrıca, Pliyosen içerisindeki düşük plastisiteli kil (CL) grubu zeminlerde her biri üçer adet örnekten oluşan 3 set halinde doygun şartlarda (CD) makaslama deneyleri yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.1’de ve Ek 2’de verilmiştir. Killerin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkileri Şekil 4.3 ile Şekil 4.9 arasında,  $\tau$ - $\delta$  ilişkisi Şekil 4.6, Şekil 4.8 ve Şekil 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.1 34+820 ile 35+300 arasındaki Pliyosen killlerinin UU ve CD şartlarındaki kesme kutusu deney sonuçları

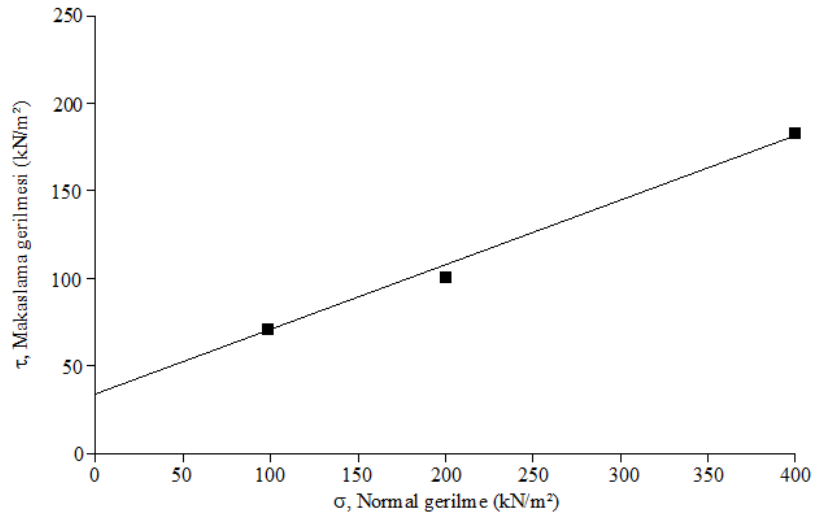
Kuyu no	Örnek no	Deney tipi	Derinlik (m)	Sınıfı	$\omega$	$\gamma_n$	$\gamma_{kuru}$	$c$	$\phi$
					%	kN/m <sup>3</sup>		kN/m <sup>2</sup>	derece
SK15	UD1	UU	6.0-6.5	CH	29	18.14	14.03	70	17
	UD2	UU	13.0-13.5	CH	32	21.00	15.89	48	18
SK17	UD1	UU	3.0-3.5	GC	23	21.26	17.27	26	24
	UD2	UU	17.5-18.0	CH	32	19.10	14.52	62	15
								$c'$	$\phi'$
SK18	UD2	CD	4.0-4.5	CL	15	21.68	19.03	34	20
SK19	UD2	CD	3.5-4.0	CL	15	21.48	18.64	26	24
SK20	UD1	CD	1.5-2.0	CL	17	21.39	18.34	17	24



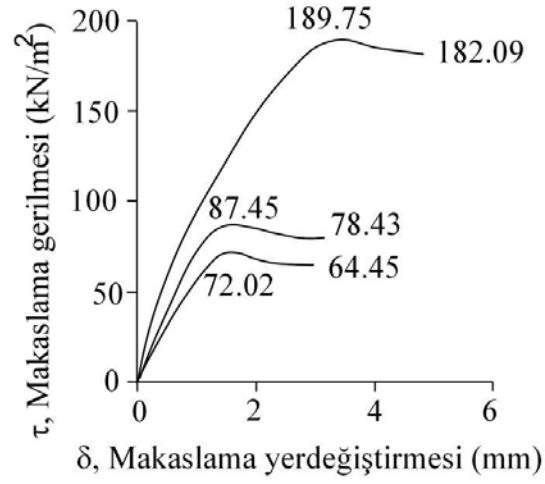
Şekil 4.3 SK15 UD1 ve UD2 nolu örneklerin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkisi



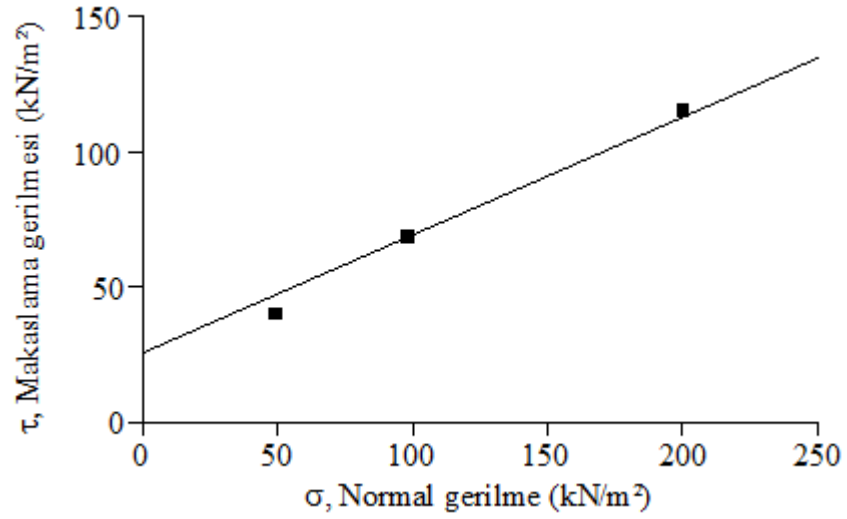
Şekil 4.4 SK17 UD1 ve UD2 nolu örneklerin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkisi



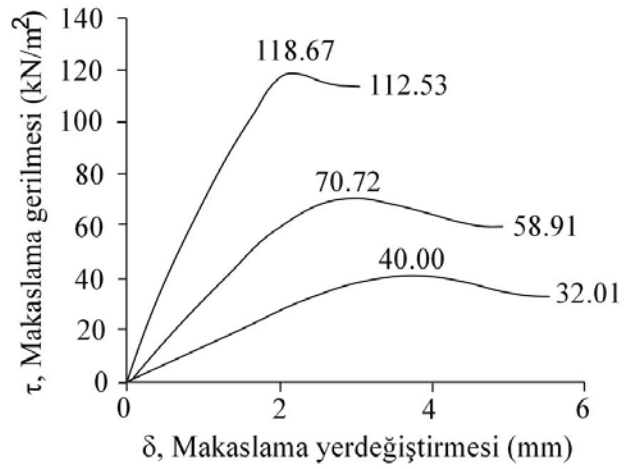
Şekil 4.5 SK18 UD2 nolu örneğin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkisi



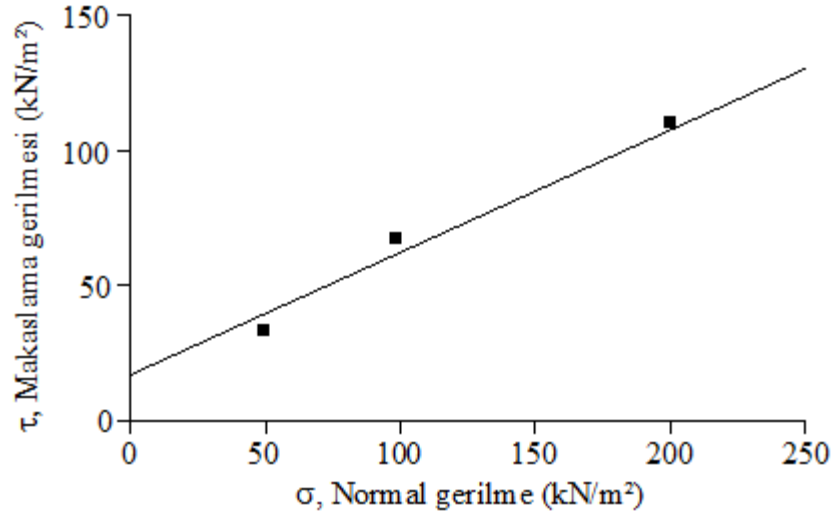
Şekil 4.6 SK18 UD2 nolu örneğin τ-δ ilişkisi



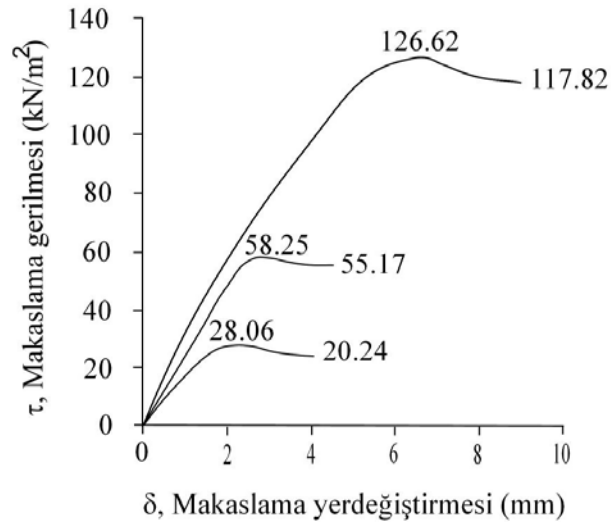
Şekil 4.7 SK19 UD2 nolu örneğin τ-σ ilişkisi



Şekil 4.8 SK19 UD2 nolu örneğin τ-δ ilişkisi



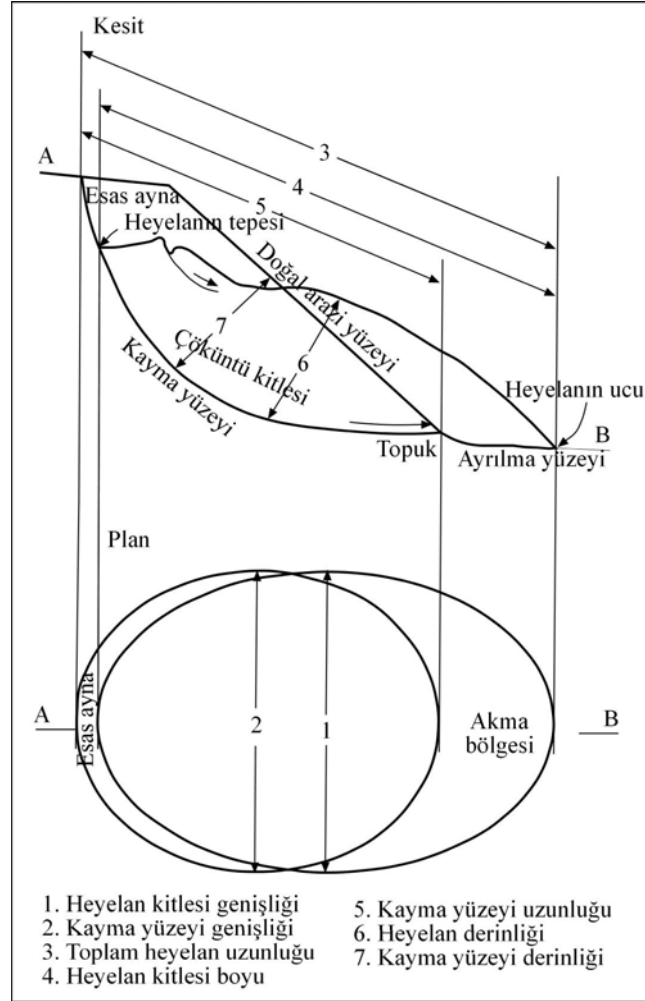
Şekil 4.9 SK20 UD1 nolu örneğin  $\tau$ - $\sigma$  ilişkisi



Şekil 4.10 SK20 UD1 nolu örneğin  $\tau$ - $\delta$  ilişkisi

## 5. HEYELANLARIN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Heyelanların tanımlanmasında geometrik boyutları kullanılmaktadır. Şekil 5.1'de heyelanların genel planı ve boyutları verilmiştir (Anonymus 1990).



Şekil 5.1 Heyelanın planı ve boyutları (Anonymus 1990)

Sorgun-Çekerek yolunda Km: 32+938 ile 33+249 arasında oluşan Kaplankaya heyelanları H1, H2 ve H3 olarak isimlendirilmiş ve her üç heyelanın mühendislik jeolojisi haritası hazırlanarak Şekil 5.2'de verilmiştir. Heyelanların ilk şekli kısmen kaybolmuş, esas aynası, çökme ve kabarma bölgeleri ile heyelan gölleri görülebilmektedir. Heyelanların özellikleri aşağıda sırası ile açıklanmıştır.

## 5.1. Kaplankaya Heyelanları

### 5.1.1. H1 nolu heyelan

Yolda göçmeye neden olan ve trafik akışını olumsuz etkileyen, yolun devamlı surette tamirini gerektiren Kaplankaya heyelan bölgesindeki esas heyelan H1 simgesi ile gösterilmiştir. Kaplankaya deresi boyunca yamaç molozu ve alüvyon, kil davranışı gösteren ayrılmış serpantin üzerinde bulunmaktadır. Kayma, yamaç molozu içerisinde meydana gelmiştir.

Heyelanın oluş sebepleri; yerçekimi, yamaç eğimi, yeraltı suyu, heyelan üzerindeki yol dolgusunun ek yükü ve trafik yükü ile bölgenin deprem aktivitesi olarak sıralanabilir.

Şekil 5.2’de görüldüğü gibi H1 heyelanı yaklaşık olarak güneyden kuzeye doğru dairesel olmayan bir düzlem üzerinde hareket eden bir heyelandır. H1 heyelanı, yaklaşık 1090 m kotunda başlamakta ve Kaplankaya Deresi boyunca yaklaşık 1056 m kotunda sonlanmaktadır. H1 heyelanının uzunluğu yaklaşık 400 m, genişliği yol boyunca 178 m, derinliği inklinometre sonuçlarına göre en fazla 16 m ve alanı yaklaşık 45.500 m<sup>2</sup>’dir.

Heyelanın esas aynası 1090 m ile 1086 kotları arasındadır. Heyelanın hareket yönü Kaplankaya Derenin akış yönünü takiben heyelan aynasından itibaren yola kadar yaklaşık K10°D, yolun kuzeyinde ise yaklaşık K20°B doğrultusundadır.

H1 heyelanının 1/2000 ölçekli topoğrafik haritadan yapılan topoğrafik kesiti üzerine sondaj ve laboratuvar verileri işlenerek elde edilen A-A’ mühendislik jeolojisi kesiti Şekil 5.3’de verilmiştir.

Gri, kahverengi yeşil renkli, siltli kil - çakıllı, killi kum özelliği gösteren alüvyon ve yamaç molozları, kendi içerisinde dairesel olmayan bir düzlem üzerinde kaymaktadır (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4). Heyelanın (kayma yüzeyinin) derinliği SK10 numaralı jeoteknik sondajda 12.00 m, SK11’de 16.00 m ve SK12’de ise 6.50 m’dir. Heyelanın çökme bölgesinde, yolun kuzey kıyısında bir adet heyelan gölü, güney kıyısında ise bir adet heyelan kaynağı bulunmaktadır (Şekil 5.3 ve Şekil 5.5).

### **5.1.2. H2 Nolu Heyelan**

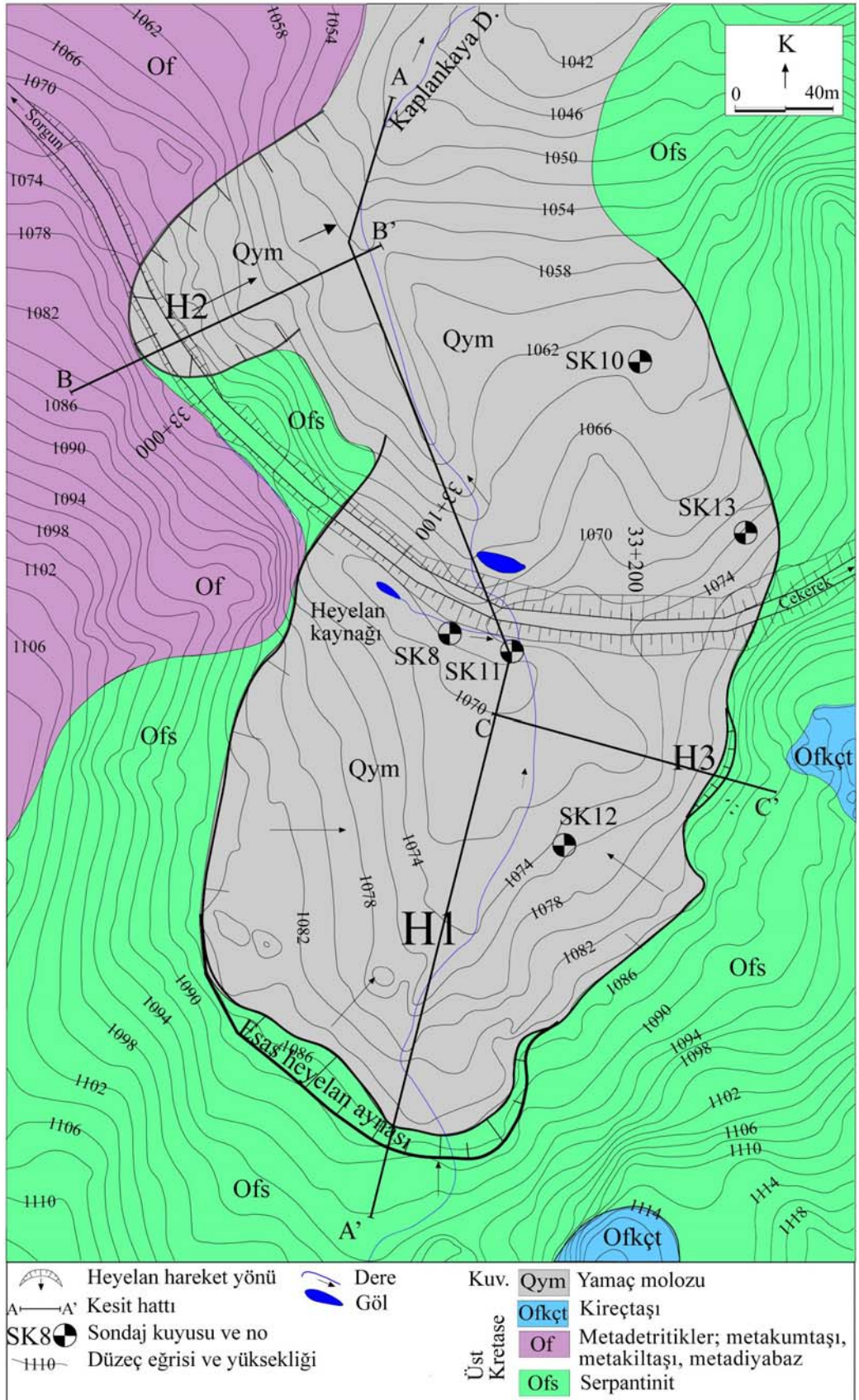
Şekil 5.2’de görüldüğü gibi Km: 32+938 ile 32+990 arasındaki karayolunun kaymasını sağlayan H2 heyelanı yaklaşık olarak güneybatıdan kuzeydoğuya doğru ilerleyen dairesel tip heyelandır. H2 heyelanı, 1076 m kotunda başlar ve yaklaşık 1052 m kotunda sonlanır. H2 heyelanının uzunluğu yaklaşık 105 m, genişliği 63 m ve derinliği 8.0 m ve alanı 5.000 m<sup>2</sup>’dir. Heyelanın oluş sebepleri yerçekimi, yamaç eğimi, yeraltı suyu, heyelan üzerindeki yol dolgusunun ek yükü ve trafik yüküdür.

Bu heyelanda gri, kahverengi, yeşil renkli, siltli kil - çakıllı, killi kum özelliği gösteren yamaç molozları altta bulunan yeşil renkli, ayrıışmış serpantinitler üzerinde kaymaktadır (Şekil 5.7). Heyelanın derinliği, küçük çaplı bir heyelan olması sebebiyle üzerinde sondaj yapılamadığından dolayı boyutları gözlemsel olarak belirlenmiştir.

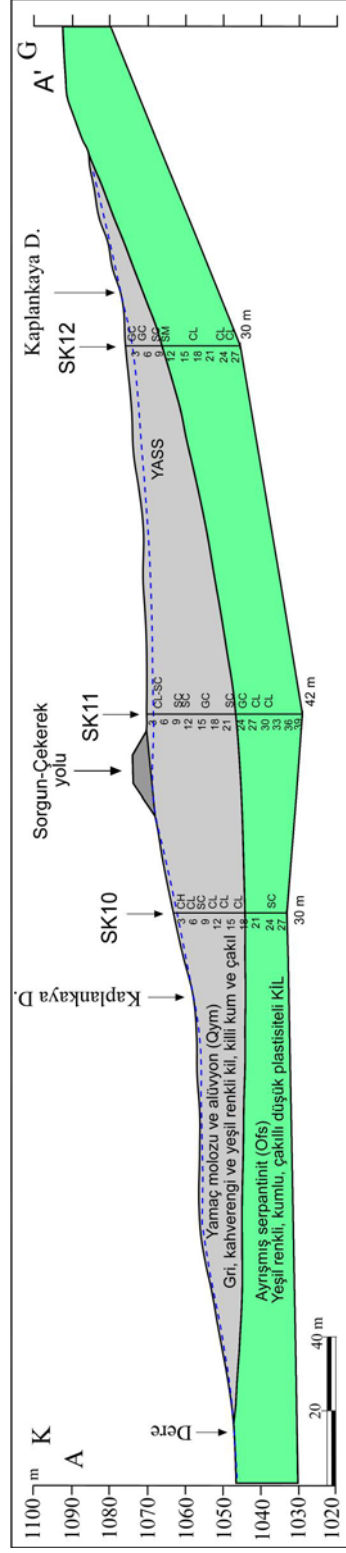
### **5.1.3. H3 Nolu Heyelan**

Şekil 5.2’de görüldüğü gibi H1 nolu heyelan ile birlikte gelişen H3 nolu heyelanın esas aynası H1 in doğu kesiminde 1081 m kotunda bulunmaktadır (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5). Hareket yönü kuzeybatıya doğrudur ve dairesel tip bir heyelandır. Heyelanın oluşmasında yüksek yamaç eğimi, yerçekimi ve yeraltı suyu etkilidir. H3 heyelanı, yaklaşık 1081 m kotunda başlamakta ve yaklaşık 1072 m kotunda sonlanmaktadır. H3 heyelanının yaklaşık uzunluğu 65 m, genişliği 51 m ve alanı 2.500 m<sup>2</sup>’dir.

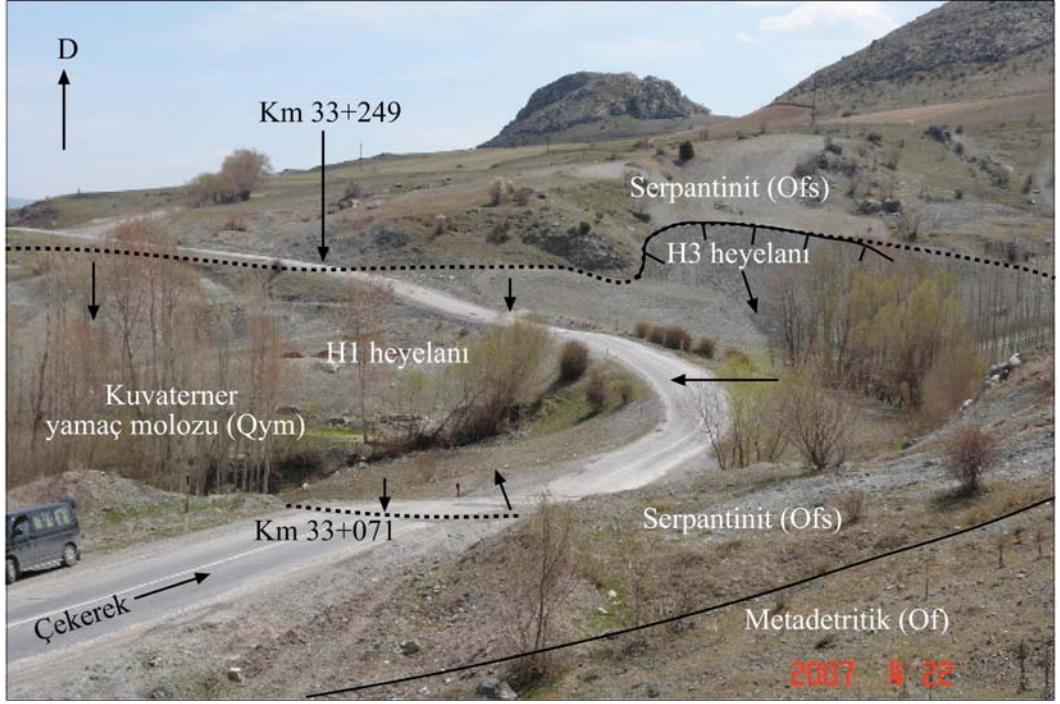
Yamaç molozları altta bulunan ayrışmış serpantinitler üzerinde dairesel olarak kaymaktadır (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5). Heyelanın derinliği küçük çaplı bir heyelan olması sebebiyle üzerinde sondaj yapılmadığından dolayı gözlemsel olarak belirlenmiştir ve yaklaşık 3.50 m civarındadır.



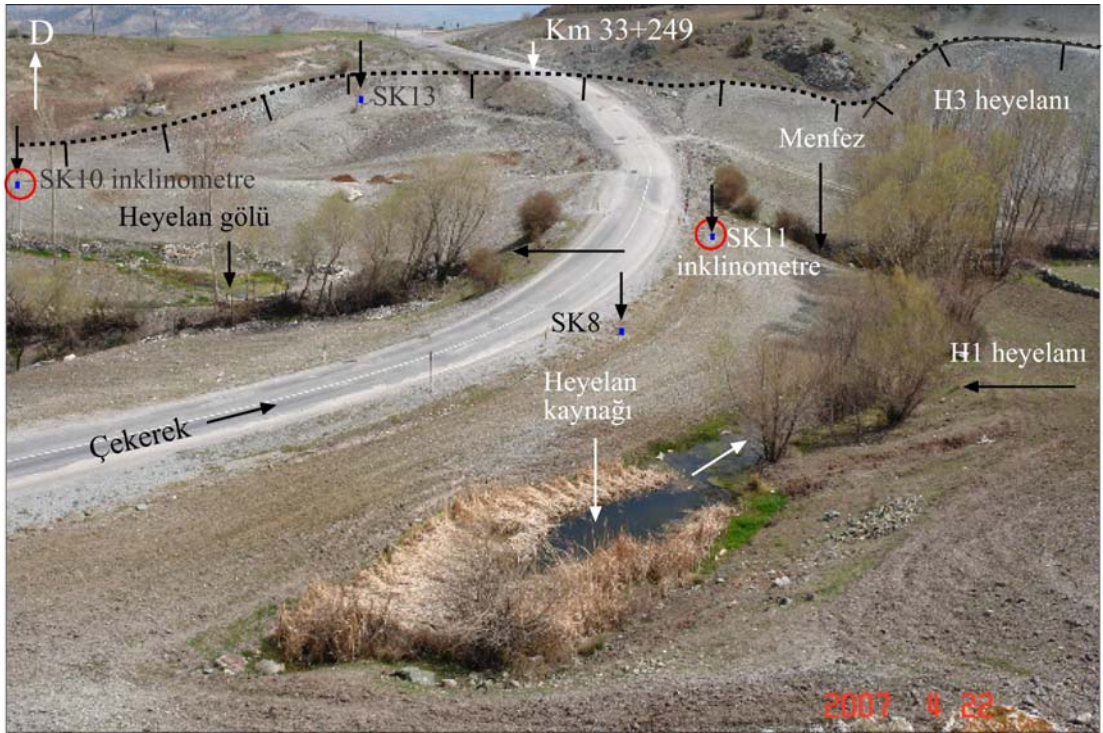
Şekil 5.2 Kaplankaya heyelanlarının mühendislik jeolojisi haritası



Şekil 5.3 Kaplanlı D. H1 nolu heyelanının A-A' mühendislik jeolojisi kesiti



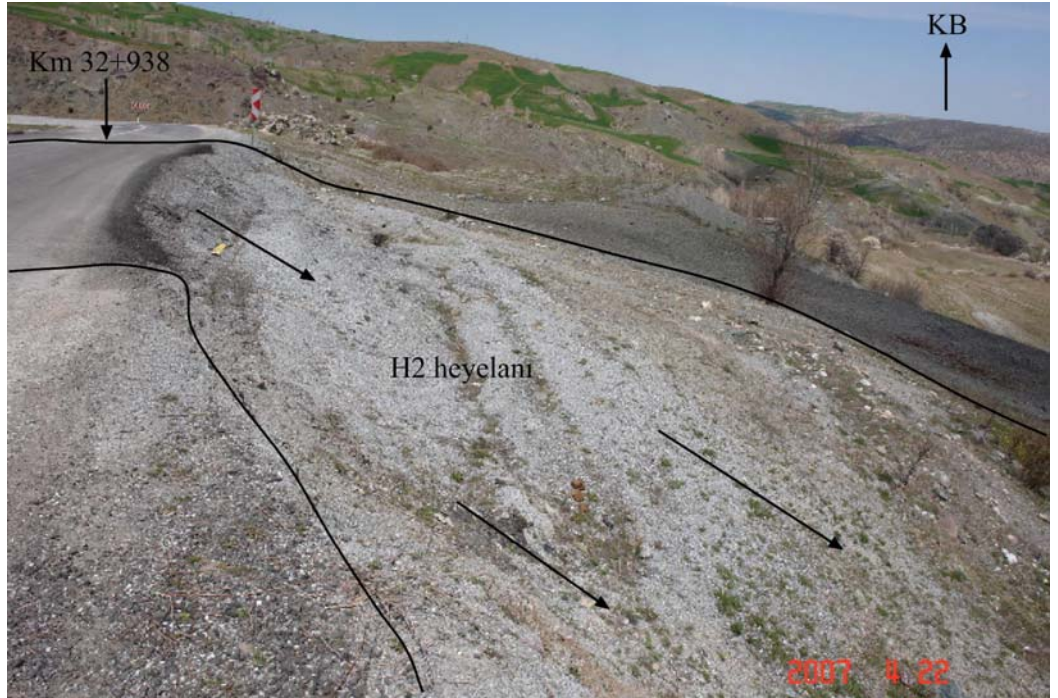
Şekil 5.4 Km 33+071 ile Km 33+249 arasındaki H1 ve H3 heyelanı, metadetritik (Of), serpantin (Ofs) ve Kuvaterner yamaç molozu (Qym)



Şekil 5.5 H1 ve H3 heyelanları, heyelan gölleri, sondajlar ve inklinometreler



Şekil 5.6 H1 nolu heyelanın esas aynası

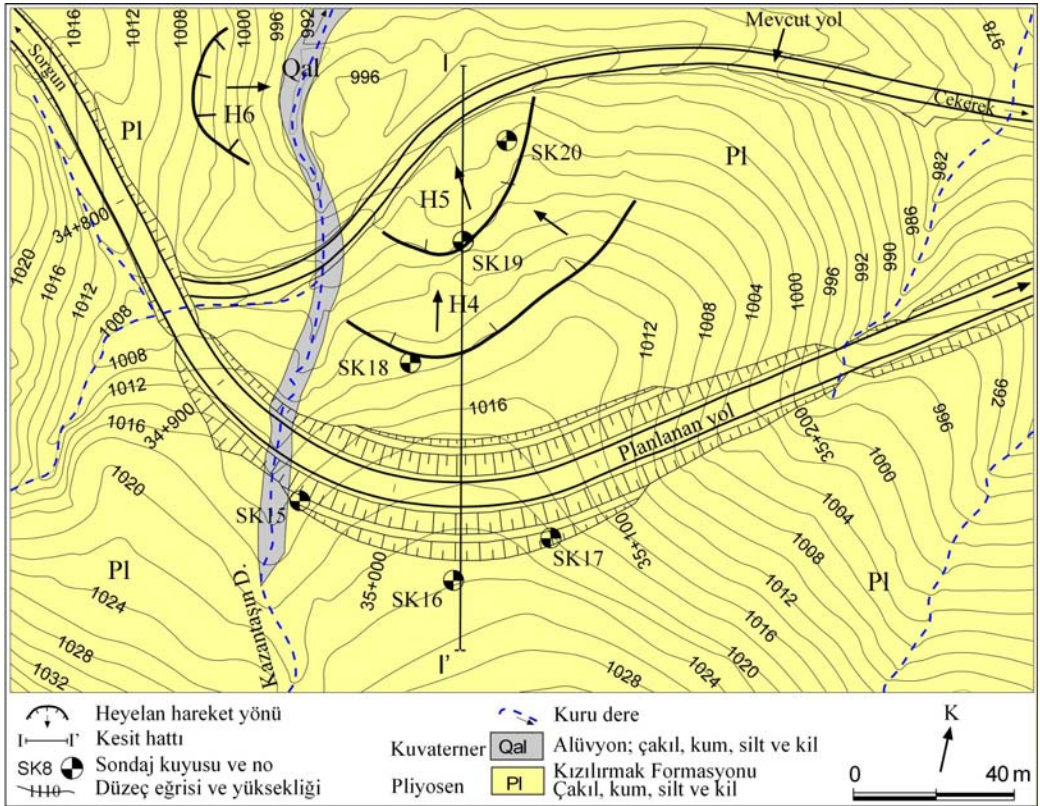


Şekil 5.7 Km 32+938 deki H2 heyelanı

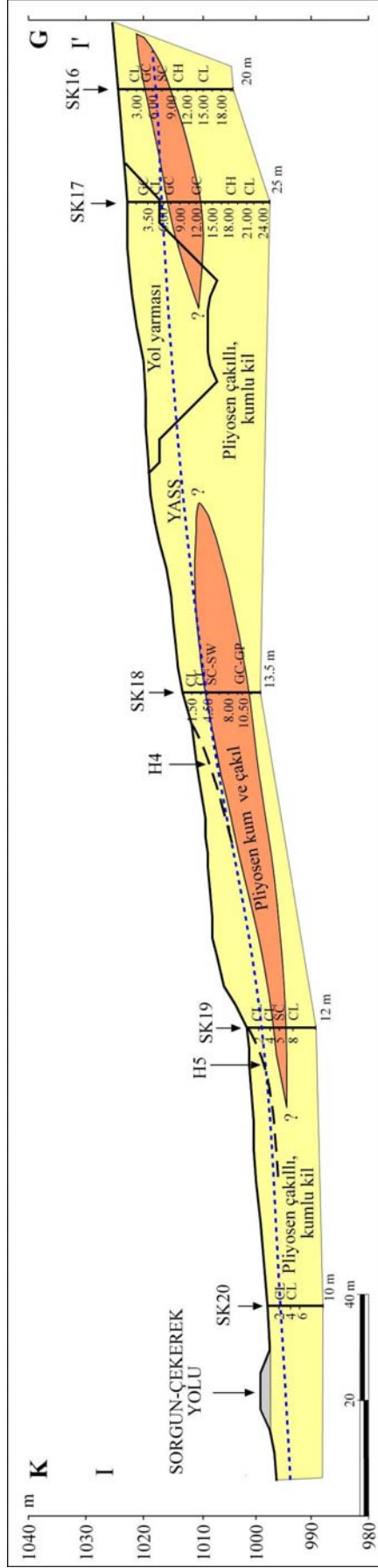
## 5.2. Kazantaşın Heyelanları

### 5.2.1. H4, H5 ve H6 nolu heyelanlar

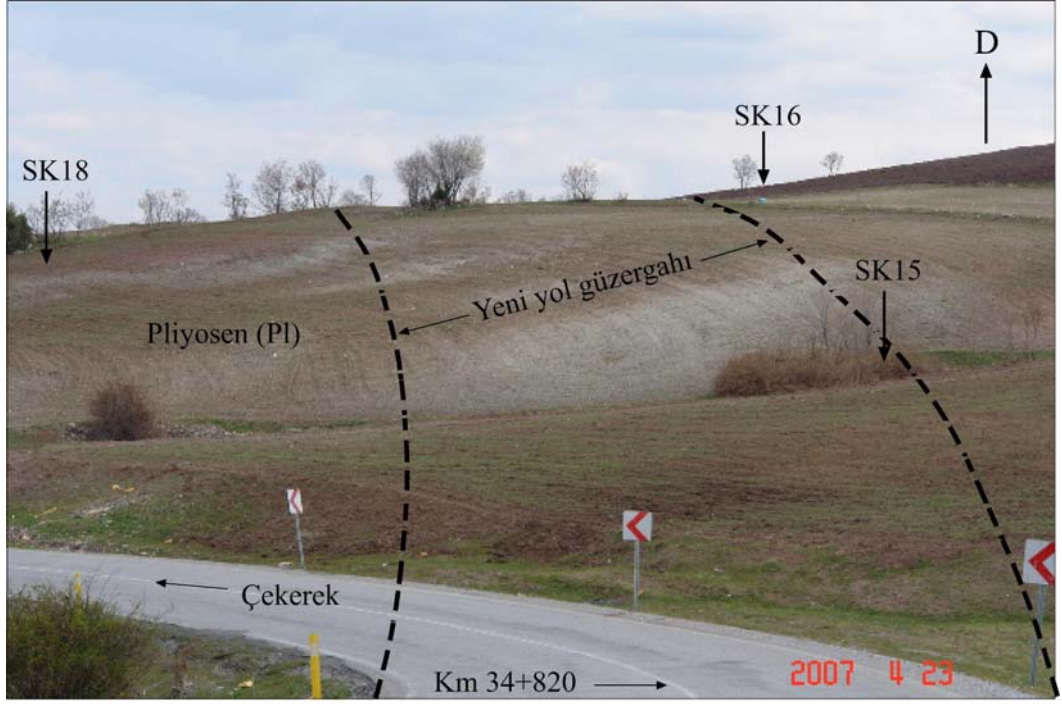
Km: 34+820 ile 35+300 arasında yapılması planlanan yeni yol güzergahı ve çevresinde heyelanlar mevcuttur (Şekil 5.8). Eski yol üzerinde Km: 34+900 ile 35+200 arasındaki kesimi H4 ve H5 nolu heyelanlar tarafından kaydırılmakta ve sıkça tamiri yapılmaktadır. Bu nedenle yeni yolun heyelanların topoğrafik olarak üst kotlarından geçirilmesi planlanmıştır (Şekil 5.8). H4, H5, eski yol ve yeni yol ile sondaj noktalarının yerleri Şekil 5.8’de, I-I’ jeolojik kesiti Şekil 5.9’da verilmiştir. Bu heyelanların Pliyosen kili içerisinde dairesel düzlemde KB’ya kaymakta olduğu düşünülmektedir. Km: 34+820’den başlayan yeni yol güzergahı ve sondaj noktaları Şekil 5.10’da, H4 ve H5 heyelanları Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Pliyosen kili içerisinde doğuya doğru gelişen ve mevcut yolun kuzeyinde kalan ve yolu etkilemeyen H6 nolu heyelan Şekil 5.13’de görülmektedir.



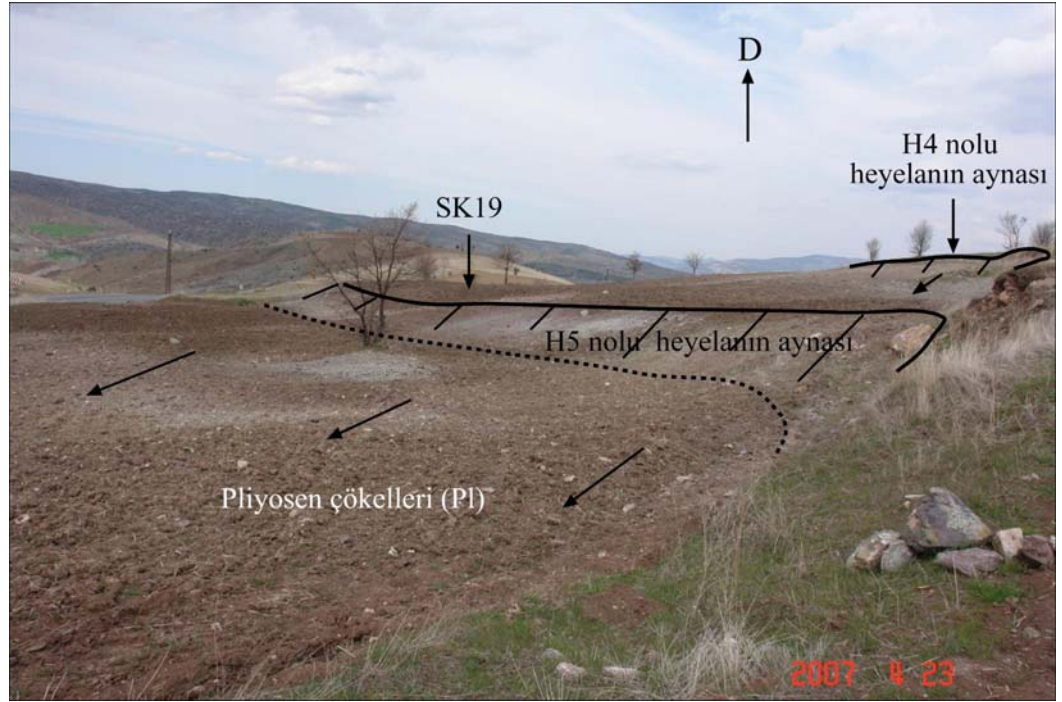
Şekil 5.8 Kazantaşın heyelan bölgesinin jeolojisi, heyelanlar, kesit hatları ve yeni yol güzergahı



Şekil 5.9 Kazantaşın heyelanlarının I-I' mühendislik jeolojisi kesiti



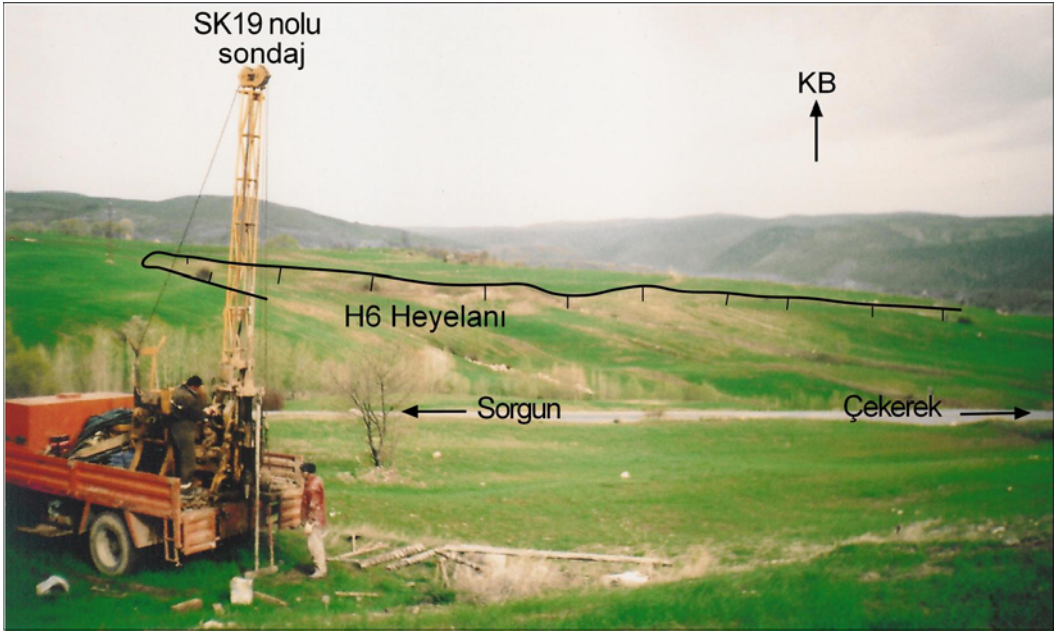
Şekil 5.10 Km 34+820 den başlayan yeni yol güzergahı ve sondaj noktaları



Şekil 5.11 Pliyosen çökellerinde oluşan H4 ve H5 nolu heyelanlar ve sondaj yeri



Şekil 5.12 H4 ve H5 nolu heyelan ile SK20 nolu sondaj yeri



Şekil 5.13 H6 nolu heyelan ve SK19 nolu sondaj yeri

## 6. JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

Kaplankaya heyelan bölgesinde esas heyelan üzerinde yapılan SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda gözlenen zemin birimleri içerisinde killi çakıl (GC), killi kum (SC) ve düşük plastisiteli kil (CL) ile bunlar arasında az miktarda rastlanan siltli kum (SM) bulunmaktadır. Kazantaşın heyelan bölgesinde planlanan yeni yol ile heyelanlı alanlarda SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda kesilen litolojik birimler içerisinde killi çakıl (GC), kötü dereceli çakıl (GP), killi kum (SC), iyi dereceli kum (SW), düşük plastisiteli kil (CL) ve yüksek plastisiteli kil (CH) bulunmaktadır.

SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen birimler, SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları, zemin sınıfları ve yeraltı su seviyesi Şekil 5.3'deki A-A' kesitinde verilmiştir. SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda rastlanan birimler, SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları, zemin sınıfları ve yeraltı su seviyesi Şekil 5.8'deki I-I' kesitinde verilmiştir.

### 6.1. Kaplankaya Heyelan Yerindeki Litolojik Birimlerin Jeoteknik Özellikleri

Kaplankaya heyelan alanında yamaç molozu ve temelde serpantinitle olmak üzere iki tür zemin mevcuttur. Yamaç molozu ve ayrılmış serpantinitle GC, SC ve CL olarak üç gruba ayrılmış olup, bu zemin gruplarının jeoteknik özelliklerinin en az, en çok, ortalama, standart sapma ve standart hata değerleri sırası ile Çizelge 6.1-6.6'da verilmiştir.

Yamaç molozları içerisindeki GC türü zeminlerin; su içeriği % 12 ile % 26 arasında, likit limiti % 38 ile % 49, plastik limiti % 21 ile % 24, plastisite indisi % 16 ile % 25 arasında, 4 numaralı elek altı % 50 ile % 70 arasında ve 200 numaralı elek altı % 30 ile % 44 arasında değişmektedir. SPT-N<sub>1</sub> düzeltilmiş darbe sayıları 7 ile 20 arasındadır (Çizelge 6.1).

Yamaç molozları içerisindeki SC türü zeminlerin; su içeriği % 6 ile % 19 arasında, likit limiti % 39 ile % 46, plastik limiti % 18 ile % 24, plastisite indisi % 17 ile % 25 arasında, 4 numaralı elek altı % 68 ile % 86 arasında ve 200 numaralı elek altı % 21 ile % 50 arasında değişmektedir. SPT- $N_1$  darbe sayıları 9 ile 24 arasındadır.  $\gamma_n$  değeri 18.74 kN/m<sup>3</sup>, c değeri 18.64 kN/m<sup>2</sup>,  $\phi$  değeri ise 11°'dir (Çizelge 6.2).

Yamaç molozları içerisindeki CL türü zeminlerin; su içeriği % 10 ile % 28 arasında, likit limiti % 31 ile % 48, plastik limiti % 19 ile % 25, plastisite indisi % 13 ile % 26 arasında, 4 numaralı elek altı % 80 ile % 96 arasında ve 200 numaralı elek altı % 51 ile % 66 arasında değişmektedir. SPT- $N_1$  darbe sayıları 13 ile 21 arasındadır.  $\gamma_n$  değeri 18.65 kN/m<sup>3</sup>, c değeri 32 kN/m<sup>2</sup>,  $\phi$  değeri ise 18°'dir (Çizelge 6.3).

Serpantinitletler içerisindeki GC türü zeminlerin; su içeriği % 5, likit limiti % 35, plastik limiti % 19, plastisite indisi % 16, 4 numaralı elek altı % 55 ve 200 numaralı elek altı % 16'dır. SPT- $N_1$  darbe sayısı 25'dir (Çizelge 6.4).

Serpantinitletler içerisindeki SC türü zeminlerin; su içeriği % 7 ile % 10 arasında, likit limiti % 31 ile % 44, plastik limiti % 19 ile % 25, plastisite indisi % 11 ile % 19 arasında, 4 numaralı elek altı % 62 ile % 82 arasında ve 200 numaralı elek altı % 22 ile % 44 arasında değişmektedir. SPT- $N_1$  darbe sayıları 19 ile 31 arasındadır (Çizelge 6.5).

Serpantinitletler içerisindeki CL türü zeminlerin; su içeriği % 9 ile % 14 arasında, likit limiti % 29 ile % 40, plastik limiti % 17 ile % 24, plastisite indisi % 12 ile % 17 arasında, 4 numaralı elek altı % 87 ile % 96 arasında ve 200 numaralı elek altı % 55 ile % 64 arasında değişmektedir. SPT- $N_1$  darbe sayıları 20 ile 34 arasındadır (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.1 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen yamaç molozlarındaki GC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı

Özellikler	Örnek sayısı	GC				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	4	12	26	17,75	5,91	2,96
Likit limit (LL) %	4	38	49	43,75	5,12	2,56
Plastik limit (PL) %	4	21	24	22,50	1,29	0,65
Plastisite indisi (PI) %	4	16	25	21,25	4,11	2,06
4 nolu elek altı %	4	50	70	61,00	8,87	4,44
200 nolu elek altı %	4	30	44	37,50	5,97	2,99
SPT- $N_1$ (düzeltilmiş)	4	7	20	14	5,56	2,78

Çizelge 6.2 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen yamaç molozlarındaki SC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı

Özellikler	Örnek sayısı	SC				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	9	6	19	13,78	4,49	1,50
Likit limit (LL) %	9	39	46	43,00	2,35	0,78
Plastik limit (PL) %	9	18	24	21,67	1,80	0,60
Plastisite indisi (PI) %	9	17	25	21,33	2,40	0,80
4 nolu elek altı %	9	68	86	79,00	6,82	2,27
200 nolu elek altı %	9	21	50	36,33	12,78	4,26
Birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ) kN/m <sup>3</sup>	1	18,74	18,74	18,74	-	-
Kohezyon (c) kN/m <sup>2</sup>	1	18,64	18,64	18,64	-	-
İçsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) °	1	11	11	11	-	-
SPT- $N_1$ (düzeltilmiş)	7	9	24	20,00	21,86	8,26

Çizelge 6.3 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen yamaç molozlarındaki CL türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı

Özellikler	Örnek sayısı	CL				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	9	10	28	17,00	6,26	2,09
Likit limit (LL) %	9	31	48	40,67	6,40	2,13
Plastik limit (PL) %	9	19	25	21,22	2,44	0,81
Plastisite indisi (PI) %	9	13	26	19,44	5,13	1,71
4 nolu elek altı %	9	80	96	91,00	5,72	1,91
200 nolu elek altı %	9	51	66	56,44	5,08	1,69
Birim hacim ağı. ( $\gamma_n$ ) kN/m <sup>3</sup>	1	18,65	18,65	18,65	-	-
Kohezyon (c) kN/m <sup>2</sup>	1	32	32	32	-	-
İçsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) °	1	18	18	18	-	-
SPT-N <sub>1</sub> (düzeltilmiş)	7	5	21	17,00	3,06	1,16

Çizelge 6.4 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen serpantinlerdeki GC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin dağılımı

Özellikler	Örnek sayısı	GC				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	1	5	5	5	-	-
Likit limit (LL) %	1	35	35	35	-	-
Plastik limit (PL) %	1	19	19	19	-	-
Plastisite indisi (PI) %	1	16	16	16	-	-
4 nolu elek altı %	1	55	55	55	-	-
200 nolu elek altı %	1	16	16	16	-	-
SPT-N <sub>1</sub> (düzeltilmiş)	1	25	25	25	-	-

Çizelge 6.5 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen serpantinlerdeki SC türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı

Özellikler	Örnek sayısı	SC				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	3	7	10	9,00	1,73	1,00
Likit limit (LL) %	3	31	44	35,67	7,23	4,17
Plastik limit (PL) %	3	19	25	21,33	3,21	1,85
Plastisite indisi (PI) %	3	11	19	14,33	4,16	2,40
4 nolu elek altı %	3	62	82	75,00	11,27	6,51
200 nolu elek altı %	3	22	44	33,67	11,06	6,39
SPT-N <sub>1</sub> (düzeltilmiş)	3	19	31	25,00	6,00	3,46

Çizelge 6.6 SK8, SK10, SK11, SK12 ve SK13 numaralı sondajlarda kesilen serpanititlerdeki CL türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin istatistiksel dağılımı

Özellikler	Örnek sayısı	CL				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	7	9	14	11,57	1,90	0,72
Likit limit (LL) %	7	29	40	33,29	3,90	1,47
Plastik limit (PL) %	7	17	24	18,86	2,48	0,94
Plastisite indisi (PI) %	7	12	17	14,43	1,90	0,72
4 nolu elek altı %	7	87	96	91,57	3,74	1,41
200 nolu elek altı %	7	55	64	58,29	2,98	1,13
SPT- $N_1$ (düzeltilmiş)	7	20	34	25,00	5,00	1,89

SK8 numaralı kuyuda düşük plastisiteli, kahverengi killer (CL) hakimdir. Bunların arasında 0.50 m kalınlıkta killi kum ve çakıl bantları bulunmaktadır. Yeraltı su seviyesi 3.65 m'dedir.

SK10 numaralı kuyuda düşük plastisiteli, grimsi kahverengi ve yeşil renkli killer (CL) hakimdir. Bunların arasında 0.50 m kalınlığında killi kum (SC) bantları bulunmaktadır. Yeraltı su seviyesi 3.00 m'dedir.

SK11 numaralı kuyuda grimsi kahverengi killi kumlar (SC) ile yeşil renkli, düşük plastisiteli killer (CL) hakimdir. Bunların arasında 0.50 m kalınlığında killi çakıl bantları bulunmaktadır. Yeraltı su seviyesi 1.50 m'dedir.

SK12 numaralı kuyuda killi çakıllar (GC), killi kumlar (SC) ile düşük plastisiteli killer (CL) hakimdir. Kahverengi killi çakıllar (GC) yüzeyden itibaren 5.00 m derinliğe kadar gözlenmektedir. 5.00 - 22.00 m ve 26.00 - 30.00 m derinlikler arasında yeşil, kahverengi killi kumlar (SC) bulunmaktadır. Bunların arasında 0.50 m kalınlığında siltli kum (SM) ve düşük plastisiteli kil (CL) bantları mevcuttur. 22.00 m ile 26.00 m derinlikler arasında ise yeşil renkli, düşük plastisiteli killer (CL) bulunmaktadır. Yeraltı su seviyesi 2.00 m'dedir.

SK13 numaralı kuyuda yüzeyden itibaren 4.00 m derinliğe kadar yeşilimsi açık kahverengi, koyu kahverengi, killi kumlar (SC) ile bu derinlikten sondaj sonuna kadar rastlanan kahverengi çakıllar hakimdir. Yeraltı su seviyesi 1.75 m derinliktedir.

## **6.2. Kazanışın Heyelanları ile Planlanan Yol Yarmasındaki Litolojik Birimlerin Jeoteknik Özellikleri**

Km: 34+870 – 35+130 arasında bulunan heyelan alanındaki zeminler; GC - GP, SC - SW ve CL-CH olarak üç gruba ayrılmış olup bu zemin gruplarının jeoteknik özelliklerinin en az, en çok ve ortalama değerleri sırası ile Çizelge 6.7-6.9'da verilmiştir.

GC - GP türü zeminlerin; su içeriği % 7 ile % 23 arasında, likit limiti % 33 ile % 66, plastik limiti % 19 ile % 30, plastisite indisi % 13 ile % 36 arasında, 4 numaralı elek altı % 44 ile % 81 arasında ve 200 numaralı elek altı % 8 ile % 47 arasında değişmektedir. SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları 41 ile >50 arasındadır. Doğal birim hacim ağırlığı 21.26 kN/m<sup>3</sup>, kohezyonu 26 kN/m<sup>2</sup> ve içsel sürtünme açısı 24°'dir (Çizelge 6.7).

SC - SW türü zeminlerin; su içeriği % 2 ile % 14 arasında, likit limiti % 44 ile % 73, plastik limiti % 20 ile % 22, plastisite indisi % 23 ile % 51 arasında, 4 numaralı elek altı % 58 ile % 97 arasında ve 200 numaralı elek altı % 8 ile % 44 arasında değişmektedir. SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları 27 ile >50 arasındadır (Çizelge 6.8).

CL - CH türü zeminlerin; su içeriği % 10 ile % 39 arasında, likit limiti % 36 ile % 79, plastik limiti % 17 ile % 31, plastisite indisi % 16 ile % 53 arasında, 4 numaralı elek altı % 72 ile % 98 arasında ve 200 numaralı elek altı % 35 ile % 87 arasında değişmektedir. SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları 11 ile >50 arasındadır. Doğal birim hacim ağırlığı 18.14 ile 21.68 kN/m<sup>3</sup> arasında, kohezyonu 17 ile 70 kN/m<sup>2</sup> arasında ve içsel sürtünme açısı 15 ile 24° arasında değişmektedir (Çizelge 6.9).

Çizelge 6.7 SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda kesilen GC - GP türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin en az, en çok ve ortalama değerleri

Özellikler	Örnek sayısı	GC - GP				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	5	7	23	13,60	6,62	2,96
Likit limit (LL) %	5	33	66	43,80	14,02	6,27
Plastik limit (PL) %	5	19	30	22,00	4,64	2,08
Plastisite indisi (PI) %	5	13	36	21,80	9,68	4,33
4 nolu elek altı %	5	44	81	61,20	13,77	6,16
200 nolu elek altı %	5	8	47	28,40	15,90	7,11
Birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ) kN/m <sup>3</sup>	1	21,26	21,26	21,26	-	-
Kohezyon (c) kN/m <sup>2</sup>	1	26	26	26	-	-
İçsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) °	1	24	24	24	-	-
SPT-N <sub>1</sub>	4	40	51	36	3,00	1,50

Çizelge 6.8 SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda kesilen SC - SW türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin en az, en çok ve ortalama değerleri

Özellikler	Örnek sayısı	SC - SW				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	3	2	14	8,33	6,03	3,48
Likit limit (LL) %	3	44	73	54,33	16,20	9,35
Plastik limit (PL) %	3	20	22	21,00	1,00	0,58
Plastisite indisi (PI) %	3	23	51	33,33	15,97	9,22
4 nolu elek altı %	3	58	97	81,67	20,79	12,00
200 nolu elek altı %	3	8	44	29,00	18,73	10,81
SPT-N <sub>1</sub>	3	29	54	37	14,00	8,08

Çizelge 6.9 SK15, SK16, SK17, SK18, SK19 ve SK20 numaralı sondajlarda kesilen CL - CH türü zeminlerin jeoteknik özelliklerinin en az, en çok ve ortalama değerleri

Özellikler	Örnek sayısı	CL - CH				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği ( $\omega_n$ ) %	23	10	39	22,74	8,94	1,86
Likit limit (LL) %	23	35	79	54,09	15,64	3,26
Plastik limit (PL) %	23	16	31	23,39	4,08	0,85
Plastisite indisi (PI) %	23	16	53	30,70	12,16	2,54
4 nolu elek altı %	23	72	98	91,39	6,01	1,25
200 nolu elek altı %	23	35	87	67,30	13,25	2,76
Birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ) kN/m <sup>3</sup>	6	18,14	21,68	20,47	1,48	0,33
Kohezyon (c) kN/m <sup>2</sup>	6	17	70	42,83	20,79	3,18
İçsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) °	6	15	24	20	3,72	0,83
SPT-N <sub>1</sub>	17	17	73	29	26,34	6,39

SK15 numaralı kuyuda kahverengi, yüksek plastisiteli killer (CH) hakimdir. Yüzeyden itibaren 11.00 m derinliğe kadar SPT-N<sub>1</sub> darbe sayıları 14 ile 31 arasında değişmekte iken 11.00 m' den 25.00 m' ye kadar 35 ile >50 arasında değişmektedir. Yeraltı suyu seviyesi 1.00 m'dedir.

SK16 numaralı kuyuda yeşilimsi gri – kahverengi alacalı, yeşil renkli killer (CL – CH) hakimdir. Bunların arasında 0.50 m kalınlığında killi kum (SC) ve killi çakıl (GC) bantları mevcuttur. Yeraltı suyu seviyesi 6.50 m'dedir.

SK17 numaralı kuyuda açık kahverengi ve yeşil renkli, killi çakıllar (GC) ile kahverengi killer (CL - CH) hakimdir. Killi çakıllar (GC) yüzeyden itibaren 13.00 m derinliğe kadar bulunmakta iken CL ve CH grubu killer 13.00 m ile 25.00 m derinlikler arasında bulunmaktadır. Yeraltı suyu seviyesi 5.70 m'dedir.

SK18 numaralı kuyuda kahverengi, düşük plastisiteli killer (CL), yeşilimsi kahverengi, iyi derecelenmiş, killi kumlar (SC - SW) ile kızılımsı kahverengi, kötü derecelenmiş, killi çakıllar (GC - GP) hakimdir. Killer (CL) yüzeyden itibaren 4.50 m derinliğe kadar, killi kumlar (SC - SW) 4.50 m ile 8.50 m derinlikler arasında ve killi çakıllar (GC - GP) ise 8.50 m ile 10.50 m derinlikler arasında yer almaktadır. Yeraltı suyu seviyesi 4.50 m'dedir.

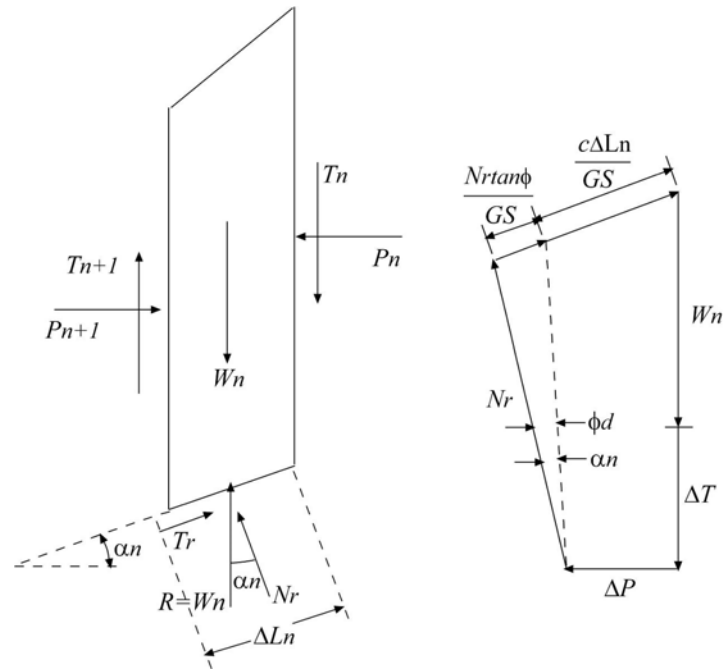
SK19 numaralı kuyuda kahverengi, yeşil renkli, düşük plastisiteli killer (CL) hakimdir. Bunların içerisinde 0.50 m kalınlığında killi kum (SC) bantları mevcuttur. Yeraltı suyu seviyesi 2.50 m'dedir.

SK20 numaralı kuyuda yeşil renkli, düşük plastisiteli killer (CL) hakimdir. Yeraltı suyu seviyesi 2.25 m'dedir.

## 7. ŞEV DURAYLILIK ANALİZLERİ

### 7.1. Şev Duraylılık Analiz Yöntemleri

Zeminler içerisinde dairesel kaymaların olduğu şevlerin duraylılık analizleri aşağıda açıklanan Bishop (1955) eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte ifade edilen tanımlamalar Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7.1 Bishop (1955) eşitliğinde ifade edilen tanımlamalar

$$GS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (cb_n + W_n \tan \phi + \Delta T \tan \phi) \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n} \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

GS : Güvenlik sayısı

n : Dilim sayısı

b : Dilim genişliği

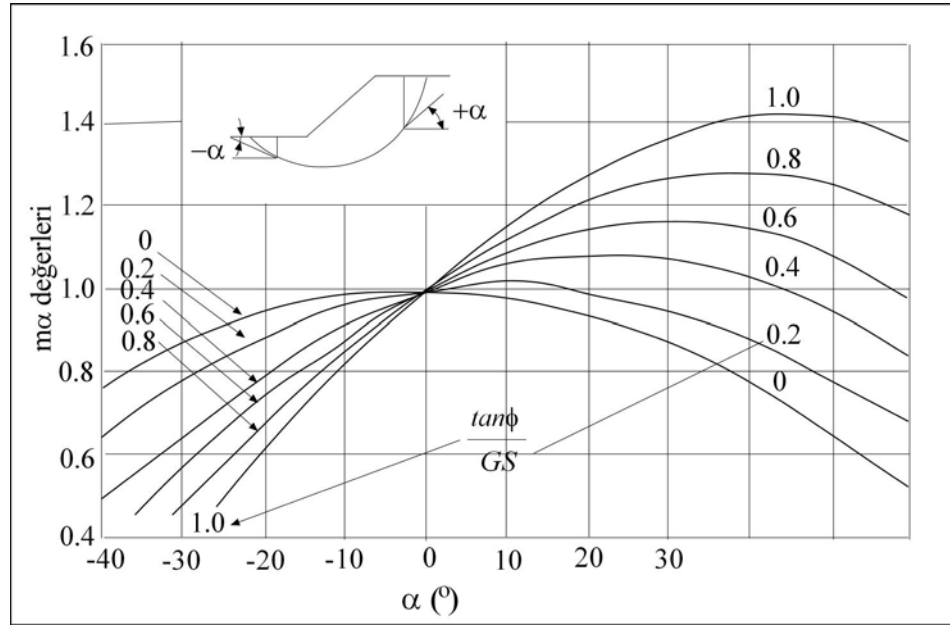
c : Kohezyon

$\phi$  : İçsel sürtünme açısı

$\alpha$  : Dilimin yatayla yaptığı açı

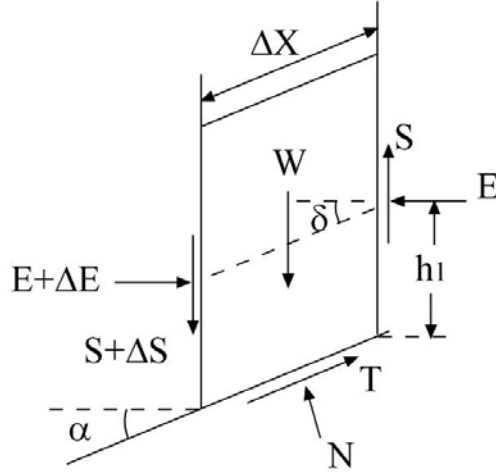
W : Dilimin statik ağırlığı

$m_\alpha$  :  $f\left(\frac{\tan \phi'}{GS}, \alpha\right)$  değişimi olup Şekil 7.2'den elde edilir.



Şekil 7.2  $m_\alpha$  değişimleri

Dairesel olmayan kaymaların olduğu şevlerdeki duraylılık analizlerinde aşağıda açıklanan Janbu (1968) eşitliği kullanılmıştır. Bu eşitlikte ifade edilen tanımlamalar Şekil 7.3'de gösterilmiştir.



Şekil 7.3 Janbu (1968) eşitliğinde ifade edilen tanımlamalar

$$GS = \frac{f_0 \sum [(c'b + W - ub) \tan \phi'] \frac{1}{\cos \alpha m_\alpha}}{\sum W \tan \alpha} \quad (2)$$

Burada;

GS : Güvenlik sayısı

$c'$  : Efektif kohezyon

$\phi'$  : Efektif içsel sürtünme açısı

$\alpha$  : Dilimin yatayla yaptığı açı

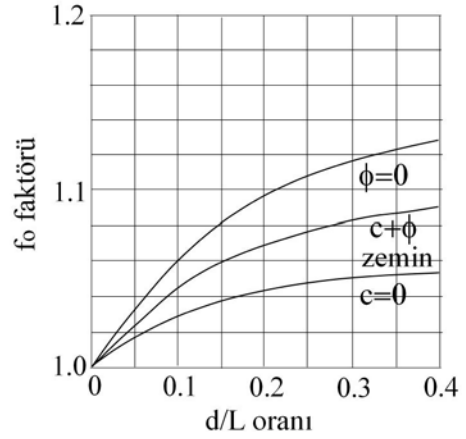
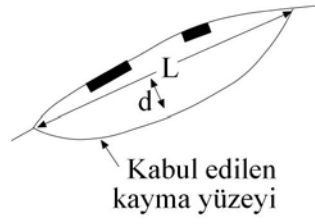
$b$  : Dilim genişliği

$W$  : Dilimin statik ağırlığı

$u$  : Boşluk suyu basıncı

$m_\alpha$  :  $f\left(\frac{\tan \phi'}{GS}, \alpha\right)$  değişimi (Şekil 7.2)

$f_0$  : Düzeltme faktörü (Şekil 7.4)



Şekil 7.4 Janbu yönteminde düzeltme faktörü abağı

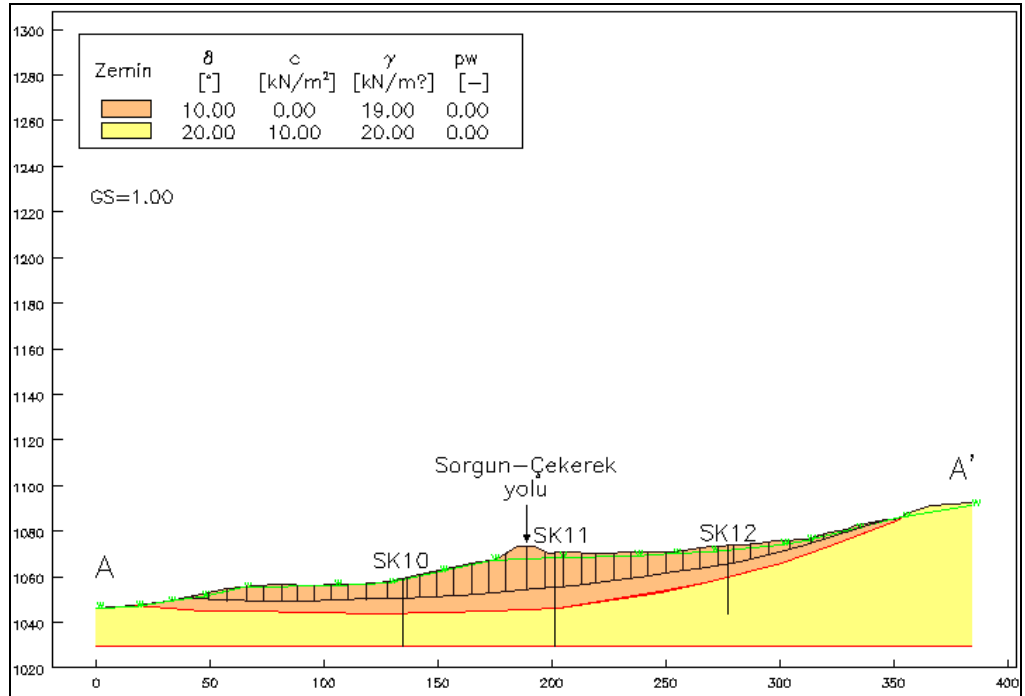
Sorgun-Çekerek yolunda Km: 32+938 ile 33+249 arasında meydana gelen Kaplankaya heyelanları H1, H2 ve H3 olarak isimlendirilmiş ve şev duraylılık analizleri her üç heyelan için mevcut verilere göre statik ve dinamik koşullar için yapılmıştır. Duraylılık analizleri her üç heyelanın mühendislik jeolojisi haritası ve kesitler dikkate alınarak yapılmıştır. H1 nolu heyelanda dairesel olmayan kayma yüzeyi, CL ve CH türü yamaç molozu ve alüvyonun içerisinde yer almaktadır. H2 ve H3 heyelanlarında kayma yüzeyi dairesel olup, CL ve CH türü ayrılmış serpantinitletler üzerindedir.

H1'de dairesel olmayan düzlem için Janbu (1968) ve H2 ile H3'de dairesel kayma düzlemleri için Bishop (1955) yöntemine göre GMBH DP GGU-Stability programı ile DIN 4084-100 (Anonymus 1987a) ve EC7 (Anonim 1997a) standardında statik ve dinamik koşullar için duraylılık analizleri yapılmıştır.

## 7.2. Kaplankaya H1 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi

Kaplankaya deresi boyunca gri, kahverengi ve yeşil renkli yamaç molozu ve alüvyonun, kil davranışı gösteren yeşil renkli ayrılmış serpantin üzerinde dairesel olmayan bir düzlem üzerinde derenin akış yönünde kuzeye doğru hareket etmesiyle meydana gelmiştir. Heyelanın kayma yüzeyi derinliği inklinometre ölçümleri dikkate alındığında SK10 numaralı jeoteknik sondajda 12.00 m, SK11’de 16.00 m ve SK12’de ise 6.50 m olduğu kabul edilmiş ve duraylılık analizleri bu düzlem için yapılmıştır.

Duraylılık analizlerinde, yeraltı suyu altında bulunan yeşil kil üzerinde alüvyondan oluşan ve uzun süreli hareket halinde olan zeminin kayma yüzeyindeki kohezyonu  $3 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı  $14^\circ$  ve yer altı suyu seviyesinin üstünde ve altında birim hacim ağırlığı  $19 \text{ kN/m}^3$  kabul edilmiştir. Janbu (1968)’e göre statik şartlar için GS’nın 1.00 olması için kohezyon  $0 \text{ kN/m}^2$  ve içsel sürtünme açısı  $10^\circ$  bulunmuştur. A-A’ kesiti duraylılık analizi ve değişkenler Şekil 7.5’de verilmiştir.

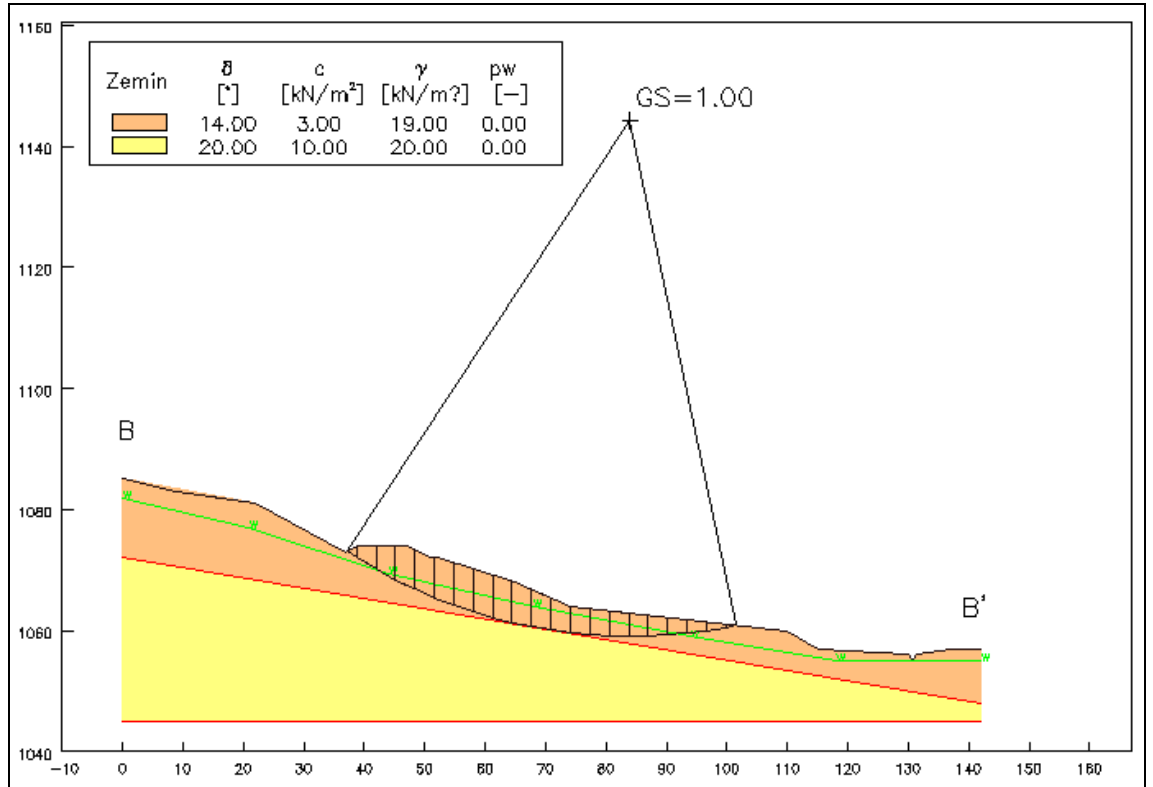


Şekil 7.5 Kaplankaya H1 nolu heyelanın statik koşulda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi

### 7.3. Kaplankaya H2 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi

H2 heyelanında gri, kahverengi, yeşil renkli, siltli kil - çakıllı, killi kum özelliği gösteren yamaç molozları altta bulunan yeşil renkli, ayrıışmış serpantinlerden oluşan CL-CH türü zeminler üzerinde dairesel yüzey üzerinde kaymaktadır.

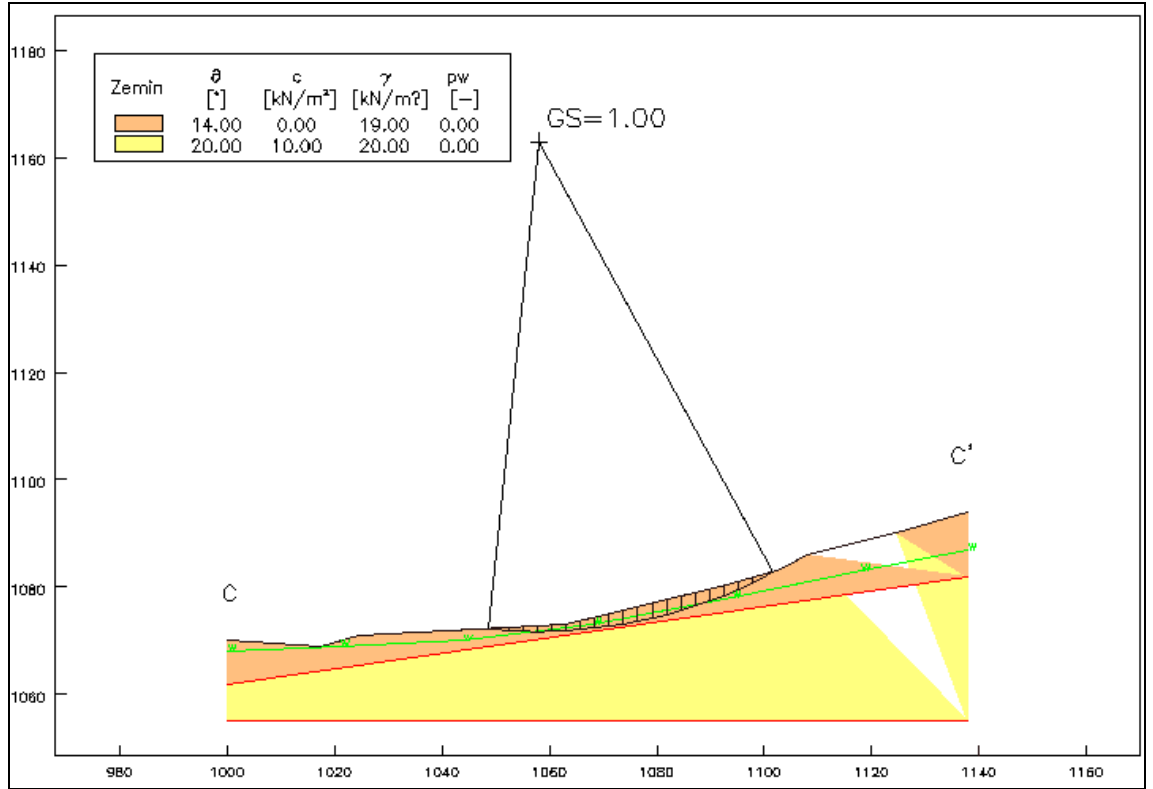
H2 heyelanında statik şartlar için GS'nin 1.00 olması için birim hacim ağırlığı  $19 \text{ kN/m}^3$  olan zeminin kayma yüzeyindeki kohezyonu  $3 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı  $14^\circ$  elde edilmiştir. Duraylılık analizinde kullanılan B-B' kesiti ve değişkenler Şekil 7.6'de verilmiştir.



Şekil 7.6 Kaplankaya H2 nolu heyelanın statik koşullarda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi

#### 7.4. Kaplankaya H3 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi

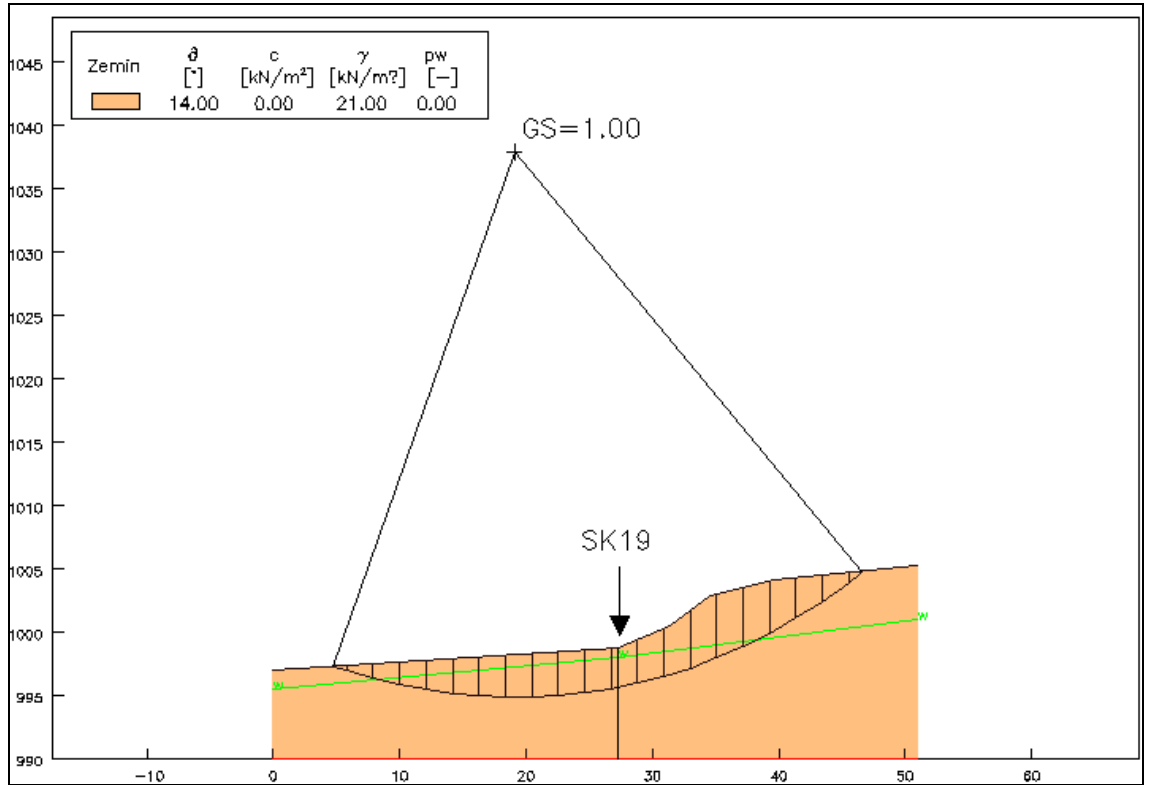
Dairesel kaymanın olduğu H3 heyelanında statik şartlar için GS'nin 1.00 olması için birim hacim ağırlığı  $19 \text{ kN/m}^3$  olan zeminin kayma yüzeyindeki kohezyonu  $0 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı  $14$  derece elde edilmiştir. Duraylılık analizindeki kullanılan C-C' kesiti ve değişkenler Şekil 7.7'de verilmiştir.



Şekil 7.7 Kaplankaya H3 nolu heyelanın statik koşullarda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi

## 7.5. Kazanışın H5 Nolu Heyelanın Duraylılık Analizi

Km: 34+820 ile 35+300 arasında yapılması planlanan yeni yol güzergahı ve çevresinde eski yol üzerinde Km: 34+900 ile 35+200 arasındaki kesimi H4 ve H5 nolu heyelanlar nedeni ile kuzeye doğru kaymakta ve sıkça tamiri yapılmaktadır. Heyelanlar Pliyosen'in killi birimleri içerisinde dairesel düzlem boyunca kaymaktadır. Kayma derinliği 3.0 m civarındadır. Sadece H5 nolu heyelanın statik şartlarda GS'nin 1.00 olması için birim hacim ağırlığı  $21 \text{ kN/m}^3$  olan zeminin kayma yüzeyindeki kohezyonu  $0 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı  $14$  derece elde edilmiştir. Duraylılık analizinde kullanılan kesit ve değişkenler Şekil 7.8'de verilmiştir.

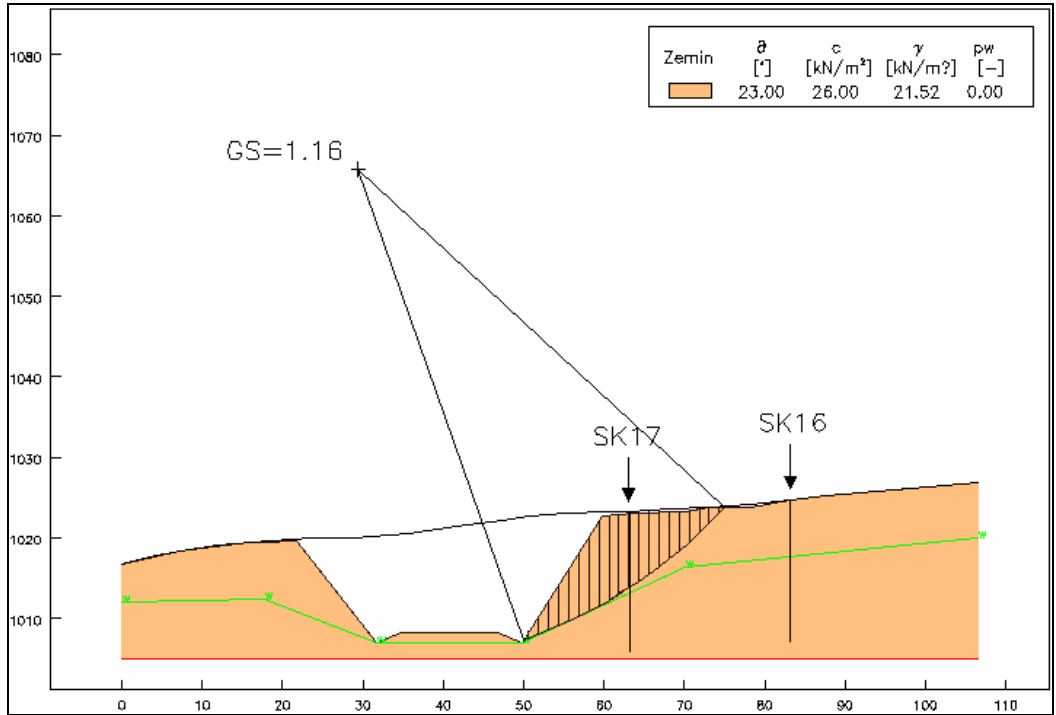


Şekil 7.8 H5 heyelanının statik koşullarda GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi

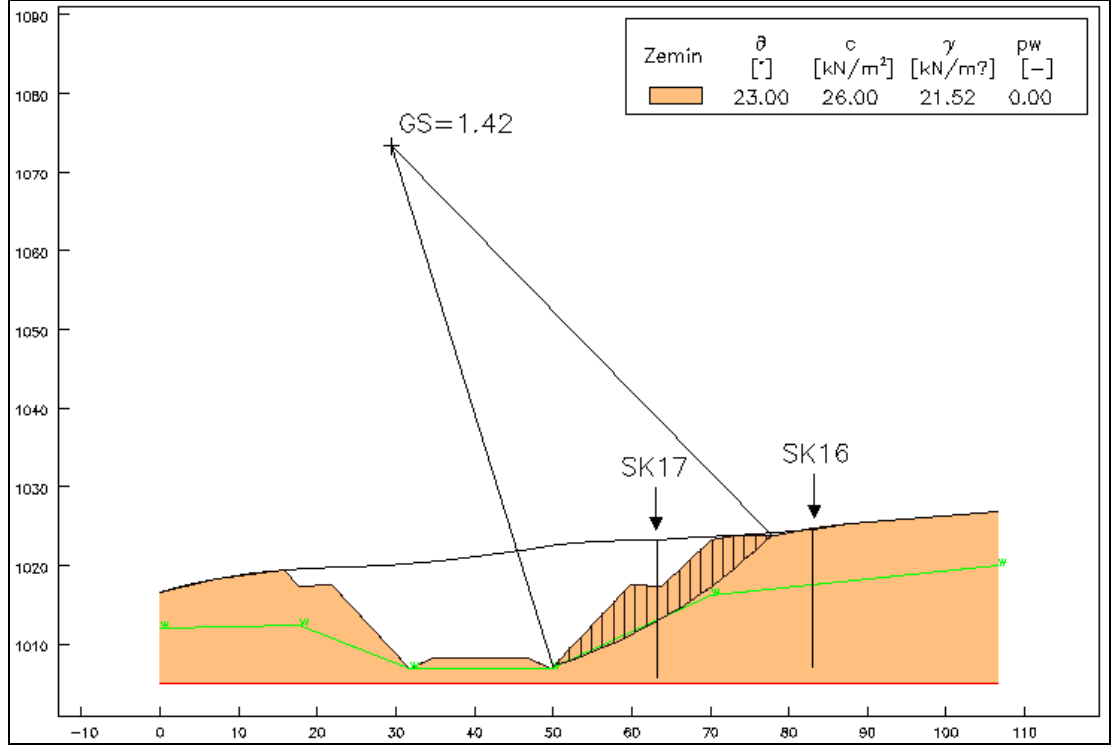
## 7.6. Km: 34+820 ile 35+300 Arasında Yapılması Planlanan Yol Yarmasındaki Şevin Duraylılık Analizi

Km: 34+820 ile 35+300 arasında yapılması planlanan yolun yarmasında açılacak güney şevinin litolojik birimi düşük ve yüksek plastisiteli kil (CL ve CH) olup 7.0 m ile 13 m arasında killi çakıl (GC) merceği bulunmaktadır. Yenilme kil zeminlerde olacağından CD şartlarında kesme kutusu deneylerinden elde edilen sonuçların ortalaması olan, kohezyonu  $26 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı  $23^\circ$  ve birim hacim ağırlığı  $21.52 \text{ kN/m}^3$  alınarak Bishop (1955)'e göre statik şartlar için duraylılık analizi yapılmıştır.

Güney şevinin planlanan yüksekliği  $15.86 \text{ m}$  ve açısı  $45^\circ$  dir (1:1). Bu yükseklikteki tek şev için statik şartlarda duraylılık analizleri yapılmış ve güvenlik sayısı  $1.16$  bulunmuştur. Şevin kesiti ve analizden elde edilen kayma dairesi Şekil 7.9'de verilmiştir.  $GS=1.16 < 1.30$  olup, şev güvensizdir. Güvenlik katsayısını artırmak amacı ile şev yüksekliğinin  $10 \text{ m}$  alınması ve  $5.00 \text{ m}$  kademe bırakılması halinde duraylılık analizi yeniden yapılmış ve  $GS=1.42 > 1.30$  bulunmuştur (Şekil 7.10).



Şekil 7.9 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki yol yarmasının güney şevinin kademelendirmeden önce statik şartlar için kesiti ve kayma dairesi



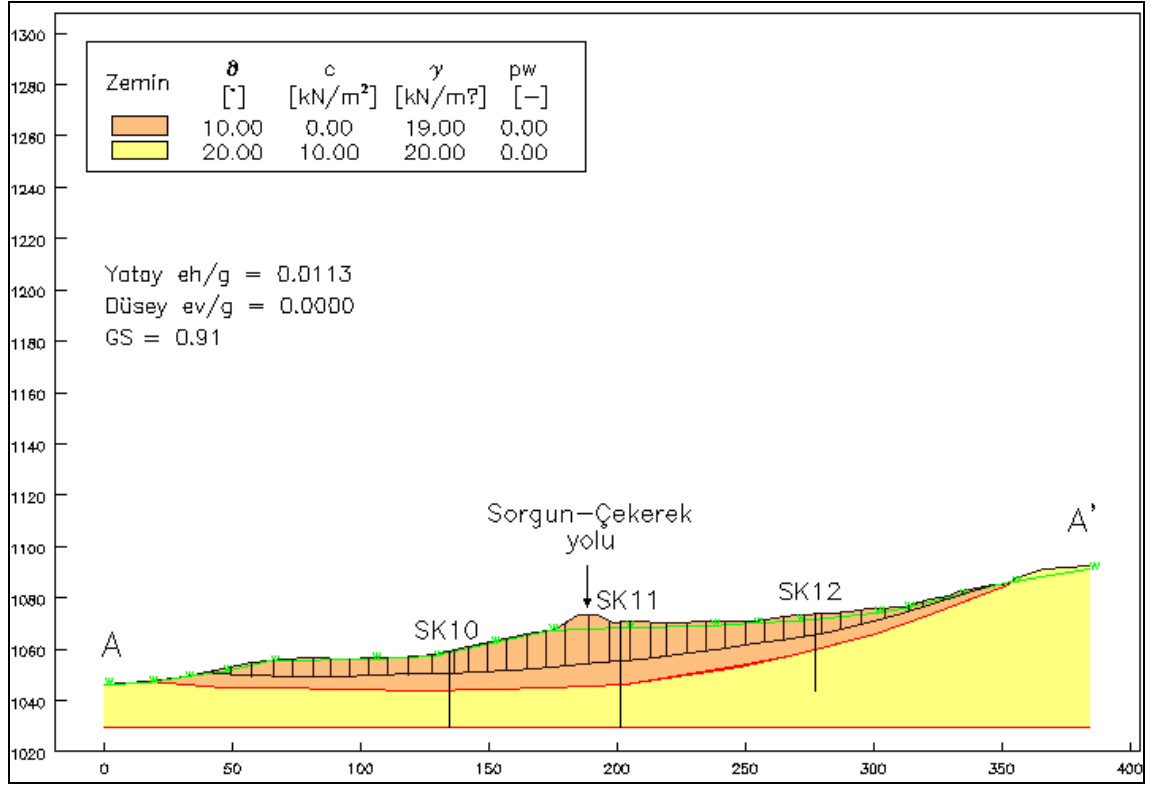
Şekil 7.10 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki yol yarmasının güney şevinin kademelendirilmeden sonra statik şartlar için kesiti ve kayma dairesi

Kuzey şevinin planlanan yüksekliği 12.14 m ve açısı 45 derecedir (1:1). Yarmanın kuzey şevi için aynı şartlarda yapılan duraylılık analizlerinde elde edilen  $GS=3 > 1.30$  olup, kayma dairesi elde edilememiştir.

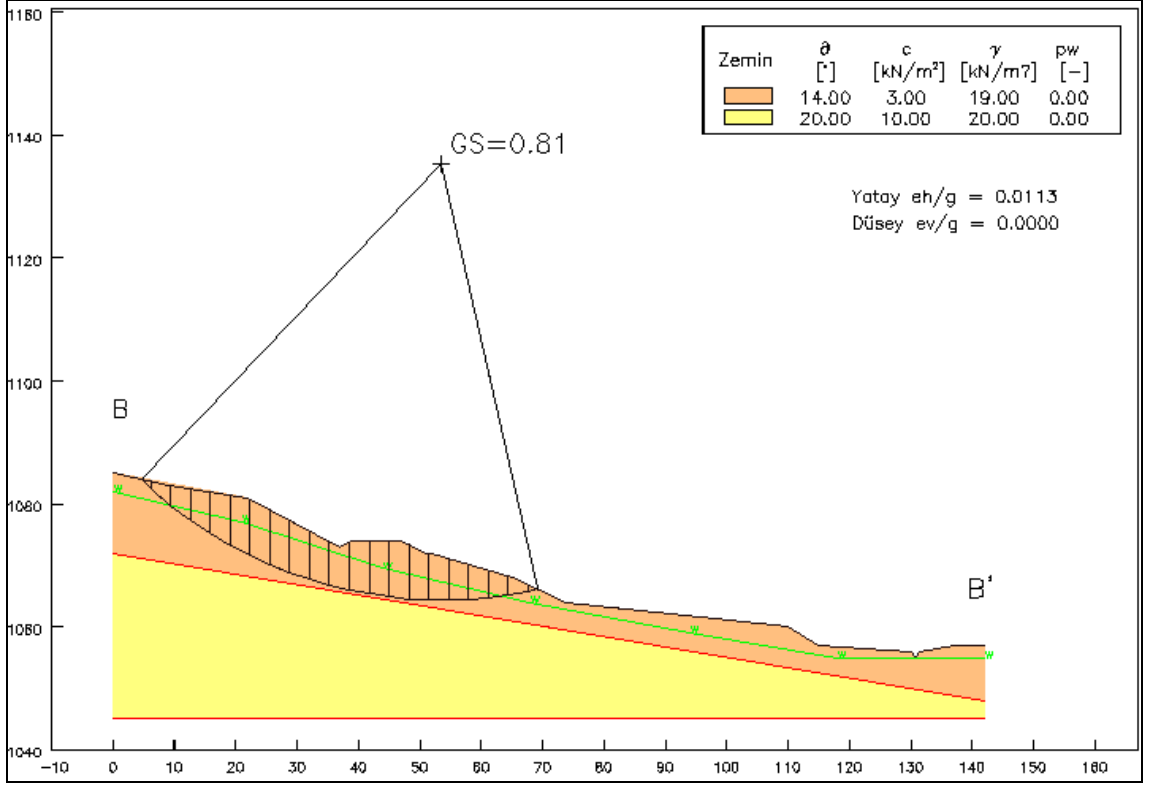
### 7.7 Dinamik Koşullar İçin Şev Duraylılık Analizi

Kaplınkaya H1 heyelanında Janbu (1968)'e göre dinamik şartlar için kohezyon  $0 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı 10 derece ve birim hacim ağırlığı  $19.00 \text{ kN/m}^3$  için  $GS=0.91$  bulunmuştur. Duraylılık analizinin yapıldığı kesit ve zeminin özellikleri Şekil 7.11'de verilmiştir.

Kaplankaya H2 heyelanında Bishop (1955)'e göre dinamik şartlar için kohezyon  $3 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı  $14$  derece ve birim hacim ağırlığı  $19.00 \text{ kN/m}^3$  için  $GS=0.81$  olarak bulunmuştur. Duraylılık analizinin yapıldığı kesit ve zeminin özellikleri Şekil 7.12'de verilmiştir.



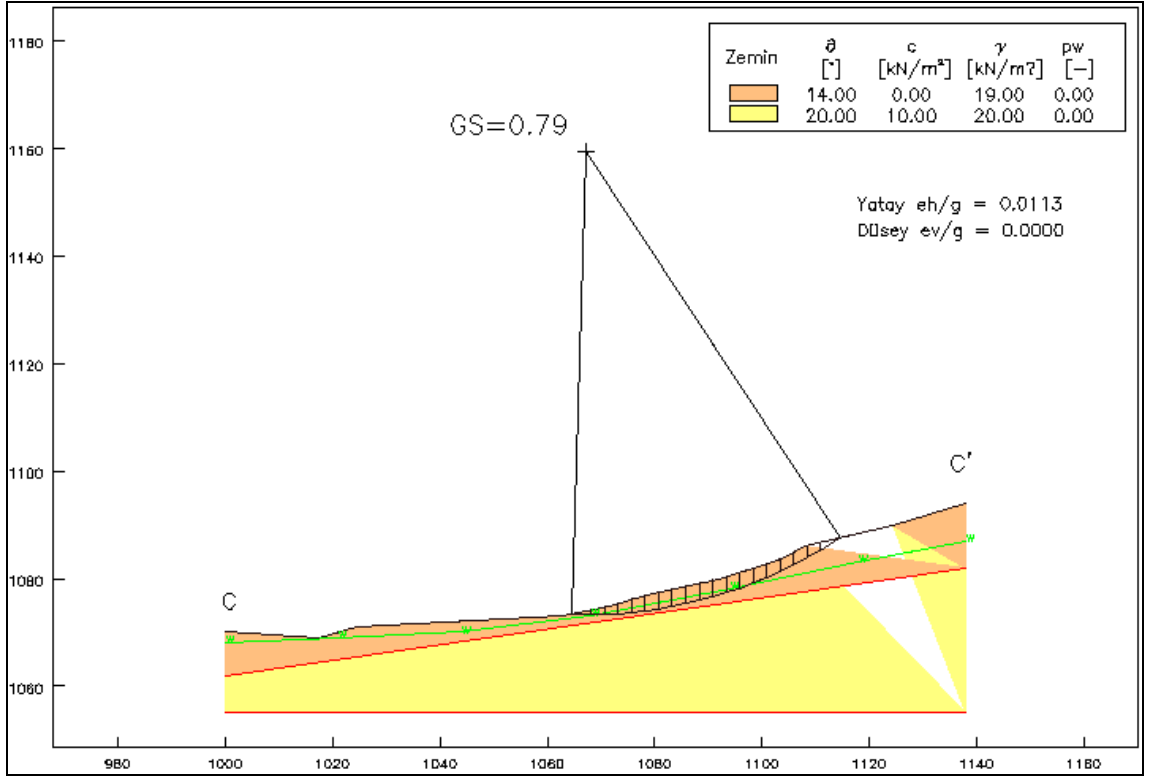
Şekil 7.11 Kaplankaya H1 heyelanının dinamik şartlar için kesiti



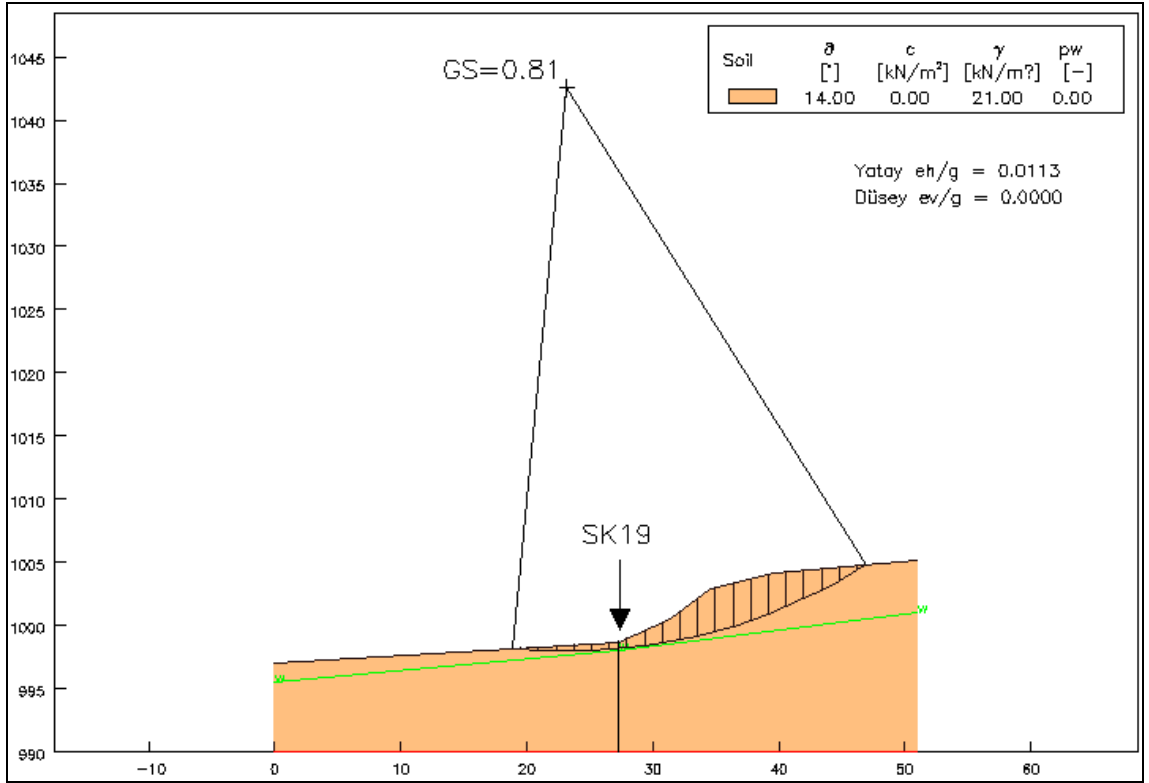
Şekil 7.12 Kaplankaya H2 heyelanının dinamik şartlar için kayma dairesi

Kaplankaya H3 heyelanında Bishop (1955)'e göre dinamik şartlar için kohezyon 0 kN/m<sup>2</sup>, içsel sürtünme açısı 14 derece ve birim hacim ağırlığı 19.00 kN/m<sup>3</sup> için GS=0.79 hesaplanmıştır. Duraylılık analizinin yapıldığı kesit ve zeminin özellikleri Şekil 7.13'de verilmiştir.

Kazantaşın H5 heyelanında Bishop (1955)'e göre dinamik şartlar için kohezyon 0 kN/m<sup>2</sup>, içsel sürtünme açısı 14 derece ve birim hacim ağırlığı 21.00 kN/m<sup>3</sup> için GS=0.81 olarak bulunmuştur. Duraylılık analizinin yapıldığı kesit ve zeminin özellikleri Şekil 7.14'de verilmiştir.



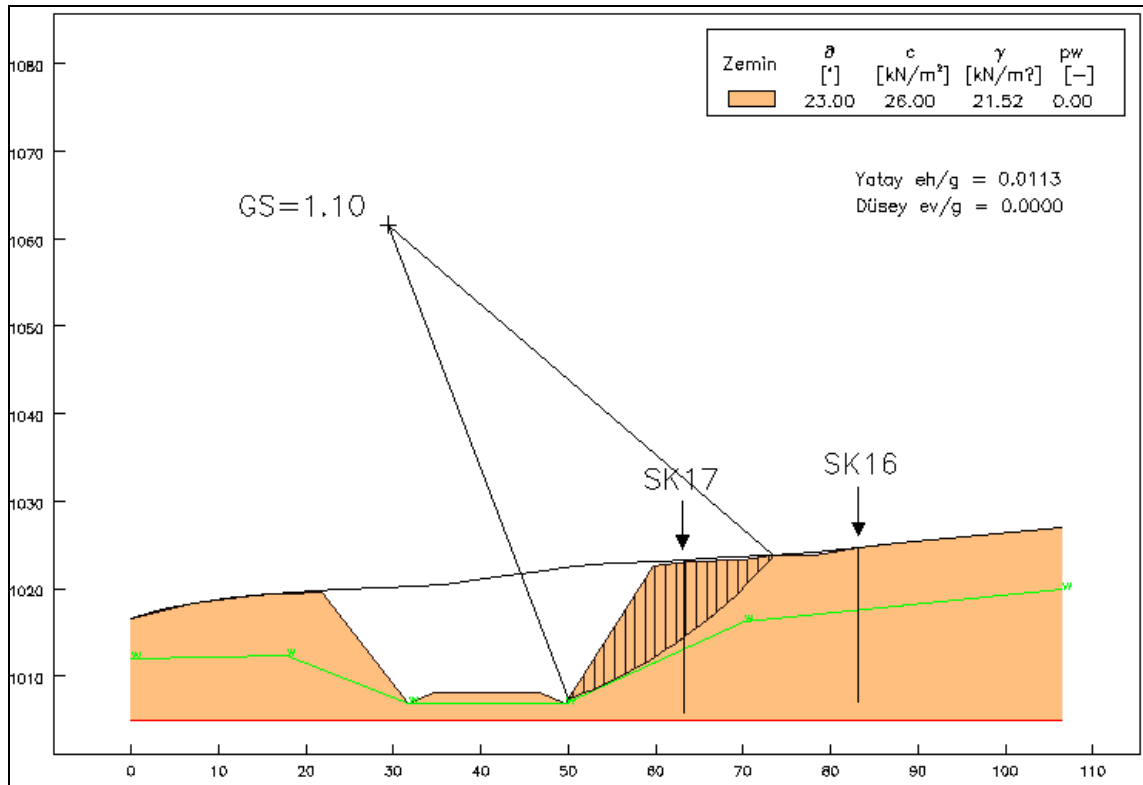
Şekil 7.13 Kaplankaya H3 heyelanının dinamik şartlar için kayma dairesi



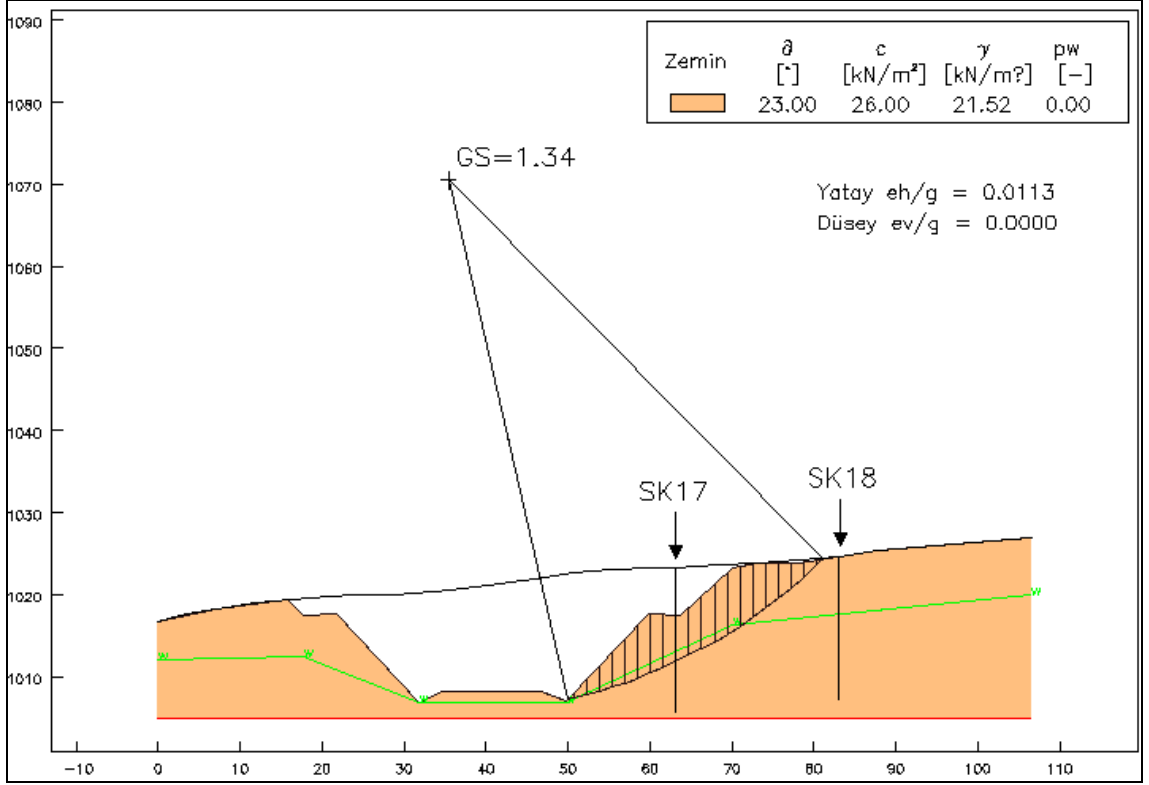
Şekil 7.14 Kazantaşın H5 heyelanının dinamik şartlar için kayma dairesi

Yol yarmasının kuzeyinde  $h=15.86$  m yüksekliğinde ve 1:1 eğiminde tek olarak planlanan şevde Bishop (1955)'e göre psödostatik katsayının  $k_h=0.0113$  değeri için, kohezyon  $26 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı 23 derece ve birim hacim ağırlığı  $21.52 \text{ kN/m}^3$  için duraylılık analizi yapılmış ve  $GS=1.10$  hesaplanmıştır. Şevin kesiti ve elde edilen kayma dairesi Şekil 7.15'de verilmiştir.

$h=10$  m yükseklik ve 5.00 m kademe olacak şekilde düzenlendiğinde şevin duraylılık analizi yeniden yapılmış ve  $GS=1.34$  hesaplanmıştır (Şekil 7.16).  $GS=1.34>1.1$  olduğundan şev güvenli olacaktır.



Şekil 7.15 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki önerilen yol yarmasındaki güney şevinin kademelendirilmeden önce dinamik şartlar için kesiti ve kayma dairesi



Şekil 7.16 Km: 34+820 ile 35+300 arasındaki önerilen yol yarmasındaki güney şevinin kademelendirmeden sonra dinamik şartlar için kesiti ve kayma daresi

İnceleme alanı için şev duraylılık analizlerinde kullanılan yatay deprem katsayısı 0.075 ile 0.15 arasında kalmaktadır. İnceleme alanı için psödo statik katsayı ( $k_h$ ) 0.0113'dür. Statik ve dinamik analizlerden elde edilen güvenlik katsayıları Çizelge 7.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Statik ve dinamik analizlerden ( $k_h=0.0113$ ) elde edilen güvenlik katsayıları

Heyelan veya şev	Statik GS	Dinamik GS	Açıklama
H1	1.00	0.91	Güvensiz
H2	1.00	0.81	Güvensiz
H3	1.00	0.79	Güvensiz
H5	1.00	0.81	Güvensiz
Tek şev	1.16	1.10	Güvensiz
Kademeli şev	1.42	1.34	Güvenli

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Sorgun - Çekerek Yolundaki Kaplankaya ve Kazantaşın heyelanlarının mühendislik jeolojisi ve Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarmasındaki litolojik birimlerin jeoteknik özellikleri incelenerek kazı sırasında veya sonrasında karşılaşılabilecek duraysızlık sorunları incelenmiştir. Bu kapsamda arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları ile duraylılık analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Kaplankaya ve Kazantaşın heyelanları ile Km: 34+820 ile 35+300 arasında açılacak yol yarması çevresinin 1/2000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Heyelan üzerinde 5 adet toplam 122 m ve yarma ve çevresinde 6 adet toplam 105.5 m jeoteknik amaçlı sondaj yapılmış, zeminleri temsil eden UD ve D örnekler alınmıştır. Heyelandaki kayma yüzeyinin belirlenmesi için 3 adet kuyuya inklinometre boruları yerleştirilmiş ve ölçümler yapılmıştır.
2. İnceleme alanlarının eğimi % 11 ile % 20 arasında değişmektedir.
3. Yolda göçmeye neden olan ve trafik akışını olumsuz etkileyen, yolun devamlı surette tamirini gerektiren Kaplankaya H1 heyelanı, Kaplankaya deresinin akış yönünde yamaç molozu ve alüvyonun kendi içerisinde kayması ile meydana gelmiştir. H1 heyelanı güneyden kuzeye doğru dairesel olmayan bir düzlem üzerinde hareket etmektedir. Yoldaki deformasyonun sürekliliği hareketin akma şeklinde devam etmekte olduğunu göstermektedir. 1090 m ile 1056 m kotları arasındaki H1 heyelanının uzunluğu yaklaşık 400 m, genişliği yol boyunca 178 m, derinliği 16 m dir. Yeraltı suyu derinliği 1.75 m ile 3.65 m arasındadır.
4. Kaplankaya H1 Heyelanının kayma yüzeyi derinliği inklinometre deney sonuçlarına göre SK10 numaralı jeoteknik sondajda 12.00 m, SK11'de 16.00 m ve SK12'de ise 6.50 m olup, duraylılık analizleri bu düzlem için yapılmıştır.

5. Heyelanın hareket yönünde hazırlanan kesit hatları boyunca GMBH DP GGU-Stability programı ile statik ve dinamik koşullar için duraylılık analizleri yapılmıştır.
6. Kaplankaya H1 heyelanı için yapılan duraylılık analizlerinde, Janbu (1968)'e göre statik şartlarda GS'nin 1.00 olması için, yeraltı suyu altında bulunan yeşil kil üzerinde yamaç molozu ve alüvyondan oluşan ve uzun süreli hareket halinde olan zeminin birim hacim ağırlığı  $19 \text{ kN/m}^3$  alındığında kayma yüzeyindeki kohezyonu  $0 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı  $10$  derece elde edilmiştir.
7. Km: 32+938 ile 32+990 arasındaki karayolunun kaymasını sağlayan Kaplankaya H2 heyelanı GB'dan KD'ya doğru ilerleyen dairesel tip heyelandır. Heyelan  $1076 \text{ m}$  kotunda başlar ve  $1052 \text{ m}$  kotunda sonlanır. Uzunluğu KD-GB yönünde  $105 \text{ m}$ , genişliği KB-GD yönünde  $63 \text{ m}$  ve derinliği yaklaşık  $8.0 \text{ m}$  dir.
8. Kaplankaya H2 heyelanında gri, kahverengi, yeşil renkli, siltli kil - çakıllı, killi kum özelliği gösteren yamaç molozları altta bulunan yeşil renkli, ayrıışmış serpantinitler üzerinde dairesel yüzey üzerinde kaymaktadır. H2 heyelanında statik şartlar için GS'nin 1.00 olması için zeminin birim hacim ağırlığı  $19 \text{ kN/m}^3$  alındığında kayma yüzeyindeki kohezyonu  $3 \text{ kN/m}^2$  ve içsel sürtünme açısı  $14$  derece elde edilmiştir.
9. Kaplankaya H3 heyelanının hareket yönü KB'ya doğrudur.  $1081 \text{ m}$  kotunda başlamakta ve  $1072 \text{ m}$  kotunda sonlanmaktadır. Heyelanın uzunluğu GD'dan KB'ya  $65 \text{ m}$ , genişliği KD'dan GB'ya  $51 \text{ m}$  ve derinliği yaklaşık  $3.0 \text{ m}$  dir. Yamaç molozu altta bulunan ayrıışmış serpantinitler üzerinde dairesel olarak kaymaktadır.
10. Dairesel kaymanın olduğu Kaplankaya H3 heyelanında statik şartlar için GS'nin 1.00 olması için zeminin birim hacim ağırlığı  $19 \text{ kN/m}^3$  kayma yüzeyindeki kohezyonu  $0 \text{ kN/m}^2$  ve içsel sürtünme açısı  $14$  derece elde edilmiştir.

11. Km: 34+820 ile 35+300 arasında yapılması planlanan yeni yol güzergahı ve çevresinde küçük çaplı heyelanlar mevcuttur. Eski yol üzerinde Km: 34+900 ile 35+200 arasındaki kesim H4 ve H5 nolu heyelanlar tarafından kaydırılmakta ve sıkça tamiri yapılmaktadır. Bu nedenle yeni yol, mevcut yolun yaklaşık 100 m güneyinde heyelandan etkilenmeyecek şekilde planlanmıştır.
12. Kazantaşın heyelanları Pliyosen yaşlı killi birimler içerisinde dairesel yüzey boyunca kaymaktadır. Sadece H5 nolu heyelanın statik şartlarda GS'nin 1.00 olması için zeminin birim hacim ağırlığı  $21 \text{ kN/m}^3$  kayma yüzeyindeki kohezyonu  $0 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı 14 derece elde edilmiştir.
13. Planlanan yolun yarmasında açılacak güney tarafındaki şevde dairesel kaymanın olabileceği dikkate alınarak Bishop (1955)'e göre statik şartlar için analiz yapılmıştır. Analizlerde CD şartlarında kesme kutusu deneylerinden elde edilen sonuçların ortalaması olan, kohezyonu  $26 \text{ kN/m}^2$ , içsel sürtünme açısı 23 derece ve birim hacim ağırlığı  $21.52 \text{ kN/m}^3$  için GS 1.16 olarak hesaplanmıştır. Güney şevinin planlanan yüksekliği 15.86 m ve eğim açısı 45 derecedir (1:1).  $GS=1.16 < 1.30$  olmasından dolayı güvenlik katsayısını artırmak amacı ile 10 m yükseklik ve 5.00 m kademe olacak şekilde düzenlendiği zaman duraylılık analizi uzun dönem için yeniden yapılmış ve  $GS=1.42 > 1.30$  hesaplanmıştır. Şevin uzun sürede duraylı olabilmesi için kademelendirme yapılması ve drenaj önlemlerinin alınması uygun olacaktır.
14. Yarmanın kuzey şevi için aynı şartlarda analiz yapılmış ve GS 3 den büyük elde edilmiştir. GS 1.3 den büyük olduğundan duraylılık problemi beklenmemektedir.
15. İnceleme alanı üçüncü derece deprem bölgesinde olup, yatay deprem katsayısı 0.113 alınmıştır. Heyelan ve şevlerde statik ve psödo statik katsayının ( $k_h$ ) 0.0113 olduğu dinamik şartlar için hesaplanan güvenlik katsayıları Çizelge 7.1'de verilmiştir.

16. Kaplankaya H1 heyelanında statik şartlarda güvenlik katsayısının 1.00 den 1.3 e çıkarılması için drenaj önlemleri ile yeraltı suyu seviyesinin düşürülmesinden sonra kayan kesimin kaldırılarak yeniden dolgu yapılması veya kazık sistemi ile iyileştirme yapılması uygun olacaktır. Maliyet analizleri yapıldıktan sonra yöneme karar verilmelidir.
17. Kaplankaya H2 nolu heyelanda GS nin 1.3 olması için yüzey ve yer altı sularına karşı drenaj önlemlerinin alınması ve kayan kesimin kaldırılarak yeniden standartlara uygun dolgu yapılmalıdır.
18. Kaplankaya H3 nolu heyelan sığ ve H1 içerisinde kaldığından sıyırma kazısı ile kaldırılabilir boyuttadır.
19. Kazantaşın H4 ve H5 nolu heyelanlar mevcut yolu olumsuz etkilemektedir. Planlanan yolun yapılması halinde doğal halinde bırakılması uygun olacaktır.
20. Yarmanın kuzey şevinde GS 3.0 ün üzerindedir. Kuzey şevinde drenajın dışında herhangi bir önlem almaya gerek görülmemektedir.
21. Yarmanın güneyindeki 15.86 m yüksekliğinde ve 1:1 oranındaki şevde tek kademe olması halinde  $GS_{statik}=1.16$  olup, 1.3 ten küçüktür ve uzun süreli durum için güvensizdir. Bu nedenle 10 m yükseklik için kademelendirme yapıldığında analizlerde  $GS_{statik}=1.42$  ve  $GS_{dinamik}=1.34$  elde edilmiştir. Bu nedenle yarma yapılması sırasında drenaj önlemlerinin alınması ve 10 m de bir kademe yapılması uygun olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatalı, E., Dager, Z., Soysal, S. ve Sunu, O. 1979. "Erdivan-Şabanözü (Çankırı) dolayında ofiyolit yerleşmesine ilişkin bulgular", Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara.
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Taşar, T. 1997. 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları Ankara F15 paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Anonymus 1987a. DIN 4084-100. Soil-Calculatıon of slope and embankment failure and overall stability of retaining structures - Part 100: Analysis in accordance with the partial safety factor concept.
- Anonim 1987b. TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği Deneyleri Standardı.
- Anonim 1989. "Şev projelendirme rehberi", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Zemin Mekaniği ve Tünel Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymus 1990. A suggested method for reporting a landslide. International Association of Engineering Geology Bulletin, V.41, 5-12.
- Anonymus 1994. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standarts-Soil and Rock, Building Stones, Section 4, Contruction. V.04.08., ASTM Publication, 978 p.
- Anonim 1997a. EC7, Jeoteknik tasarım-Bölüm 2: Laboratuvar deneyleri ile desteklenen tasarım (Eurocode 7)
- Anonim 1997b. TS ENV, Jeoteknik tasarım-Bölüm 2: Laboratuvar deneyleri ile desteklenen tasarım (Eurocode 7)
- Anonim 2005. "Araştırma mühendislik hizmetleri teknik şartnamesi", T.C. Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim 2006. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.
- Bilgehan, P. and Kiliç, R. 2008. "The landslides threatening Tasova Town (Central Anatolia, Turkey) and their environmental impacts", Environ. Geol., 55, p. 179-190.
- Bilgehan, R.P. 2004. "Taşova (Amasya) dolayındaki heyelanların mühendislik jeolojisi incelemesi", Ankara Üniversitesi Doktora Tezi, Ankara.
- Bishop, A. W. 1955. "The use of slip circle in the Stability Analysis of Earth Slopes", Geotechnique, Vol. 5, No. 1, 7-17.
- Çubuk, Y. ve İnan, S. 1998. "İmranlı ve Hafık güneyinde (Sivas) Miyosen havzasının stratigrafik ve tektonik özellikleri", MTA Dergisi 120, 45-60.
- Doğan, B., Ünlü, T. ve Sayılı, S. 1998. "Kesikköprü (Bala-Ankara) demir yatağının kökenine bir yaklaşım", MTA Dergisi 120, 1-33.
- Ekemen, T., Kaçaroğlu, F. ve Kavak, K.Ş. 2006. "Tecer Dağının (Sivas) karst hidrojeoloji incelemesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Janbu, N. 1968. "Slope stability computations", Soil Mechanics and Foundation Engineering Report, Technical University of Norway, Trondheim.
- Kara, H. 1997. 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları Yozgat G19 paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

- Karagüzel, R. and Kılıç, R. 2000. "The effect of alteration degree of ophiolitic melange on permeability and grouting", *Engineering Geology*, 57, 1-12.
- Ketin, İ. 1955, Yozgat Bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik durumu, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, Cilt VI, Sayı 1, 1-40.
- Kılıç, R. 1995. "Geomechanical properties of the ophiolites (Çankırı/Turkey) and alteration degree of diabase", *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 51, 63-69.
- Kılıç, R., Koçbay, A. and Sel, T. 1998. "The geomechanical properties and alteration degree of serpentinite in the Ankara ophiolitic melange, Turkey", 8th International IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4.
- Kılıç, R., Elal, A. D. ve Nalçakan M.S. 2008. "Sorgun-Akdağmadeni Ayrımı-Çekerek Yolu Süreyyabey Barajı Varyantı Km=30+000.000-46+444.436 arası Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu", 81 s., Ankara.
- Skempton, A.W. 1986. "Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation", *Geotechnique* 36(3), 425-447.
- Yılmaz, A. 1983. "Tokat (Dumanlıdağı) ile Sivas (Çeltekdağı) dolaylarının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu", *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Temel Araştırmalar Dairesi*, Ankara.
- Yılmaz, H. ve Yılmaz, A. 2004. "Divriği (Sivas) yöresinin jeolojisi ve yapısal evrimi", *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 47, Sayı 1.

# EK 1 Sondaj Logları



Sondaj No / Boring No : SK8  
Sayfa No / Sheet No : 1/1

## SONDAJ LOGU / BORING LOG

PROJE ADI / PROJECT NAME : SORGUN-AKDAĞMADENİ AYRIMI-ÇEKEREK YOLU  
SONDAJ YERİ / BORING LOCATION :  
KOORDİNATLAR / COORDINATES : 450049.232E-4429494.681N  
SONDAJ KOTU / ELEVATION (m) : 1070.80  
SONDAJ DERİNLİĞİ / BORING DEPTH (m) : 10.00  
YERALTI SUYU / GROUNDWATER (m) : 3.65  
MUHAFAZA BORU / CASING : 6.00  
SONDAJ MAKİNASI / DRILLING RIG : TSM 750  
SONDÖR / FOREMAN : Bayram KOÇ  
MÜHENDİS / ENGINEER : Defne ELAL  
BAŞLAMA TARİHİ / DATE STARTED : 07.01.2006  
BİTİŞ TARİHİ / DATE COMPLETED : 07.01.2006

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT W % CORE % RECOVERY	R.O.D. %	NUMUNE NO. SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	ZEMİN GRUBU	KIRIK 30 cm. FRACTURE / 30 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
											Darbe Sayısı No. of Blows			N <sub>60</sub>	GRAFIK / GRAPH					
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50	
1					BITKİSEL TOPRAK 0.50 m															
2			SPT-1	1.50-1.95	Kahverengi, düşük plastisiteli, katı-çok katı kıvamlı, serpantin çakıllı, yer yer kumlu, siltli KİL (YAMAÇ MOLOZU)		CL					4	6	5	11					
3			UD-1	3.00-3.50			SC													
4			SPT-2	3.50-3.95			CL					5	6	5	11					
5			SPT-3	4.50-4.95			CL					5	7	9	16					
6			SPT-4	6.00-6.45			CL					7	9	11	20					
7			SPT-5	7.50-7.95	Kahverengi, düşük plastisiteli, çok katı kıvamlı, kumlu, orta-iri çakıllı, siltli KİL (YAMAÇ MOLOZU)		CL					6	7	10	17					
8			SPT-6	9.55-10.00			GC					7	9	14	23					
9																				
10																				
11					Kuyu Sonu: 10.00 m															
12																				

























**SONDAJ LOGU / BORING LOG**

PROJE ADI / PROJECT NAME : SORGUN-AKDAĞMADENİ AYRIMI-ÇEKEREK YOLU  
SONDAJ YERİ / BORING LOCATION : SONDAR / FOREMAN : TSM 750  
KOORDİNATLAR / COORDINATES : 451934.622E-4429272.113N : MUHENDİS / ENGINEER : Bayram KOÇ  
SONDAJ KOTU / ELEVATION (m) : 1020.30 : BAŞLAMA TARİHİ / DATE STARTED : 02.12.2005  
SONDAJ DERİNLİĞİ / BORING DEPTH (m) : 25.00 : BİTİŞ TARİHİ / DATE COMPLETED : 03.12.2005  
YERALTI SUYU / GROUNDWATER (m) : 5.70

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT W. % LOGS % RECOVERY	R.O.D. %	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	ZEMİN GRUBU	KIRIK ÇIĞI FRACTURE / Bl. cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SİT KAYIPI WADE LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
											Darbe Sayısı Blows			N <sub>60</sub>	GRAFİK / GRAPH					
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50	
1					BİTKİSEL TOPRAK 0.50 m															
2			SPT-1	1.50-1.95	Kahverengi, orta katı kıvamlı, çakıllı, kumlu, siltli KİL							4	3	3	6					
3			UD-1	3.00-3.50			GC													
4			SPT-2	3.50-3.95								6	8	18	26					
5			SPT-3	4.50-4.95	Açık kahverengi, yoğun serpantin çakıllı, kumlu, siltli KİL (PLİYOSEN)		CL					8	11	12	23					
6			SPT-4	6.00-6.45			Y.A.S.S					35	22	18	40					
7																				
8			SPT-5	7.50-7.95			GC					16	18	23	41					
9																				
10			SPT-6	9.00-9.42								13	31	50/12						
11			SPT-7	10.50-10.76	Yeşil renkli, çok yoğun çakıllı, kumlu, siltli KİL-çok ayrılmış (killeşmiş) SERPANTİNİT (Yer yer kahverengi kil bantlı)							20	50/11							
12			SPT-8	12.00-12.45			GC					14	24	24	48					
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SİKLİK / DENSITY					ORANLAR / PROPORTIONS					KIRIKLAR/30cm-FRACTURES/30cm					
N=0-2 Çok yumuşak V.soft					N=0-4 Çok gevsek V.loose					0-10% Pek az (Seyrek) Trace					>1 Seyrek Wide (W)					
N=3-4 Yumuşak Soft					N=5-10 Gevsek Loose					10-20% Az Little					1-2 Orta Moderate (M)					
N=5-8 Orta katı M.stiff					N=11-30 Orta sık M.dense					20-35% Sıfart Adjective(Or some)					2-10 Sık Close (C)					
N=9-15 Katı Stiff					N=31-50 Sık Dense					35-50% Ve And					10-20 Çok sık Intense (I)					
N=16-30 Çok katı V.stiff					N>50 Çok sık V.dense										>20 Parçalı Crushed (Cr)					
N>30 Sert Hard																				
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRISMA / WEATHERING					KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD					UD-Orselenmemiş Numune Undisturbed Sample					
I Çok zayıf Very weak					I Tamamen ayrılmış Comp. weathered					0-25% Çok zayıf Very poor					D-Orselenmiş Numune / Disturbed Sample					
II Zayıf Weak					II Çok ayrılmış Highly weathered					25-50% Zayıf Poor					SPT-Standard Pen Deneysi / Standard Pen Test					
III Orta zayıf M.weak					III Orta ayrılmış Mod. weathered					50-75% Orta Fair					VST-Vane Deneysi / Vane Shear Test					
IV Orta Dayanıklı M.strong					IV Az ayrılmış Slightly weathered					75-90% İyi Good					P-Pressiometre Deneysi / Pressuremeter Test					
V Dayanıklı Strong					V Taze Fresh					90-100% Çok iyi Excellent					K-Karot Numunesi / Core Sample					

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT no / No. CORE NO. / NO.	R.O.D. %	NUMUNE NO. SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFELİ SOIL PROFILE	ZEMİN GRUBU	AYRISMA SEGREGATION	KIRIK ÇİÇEK FRACTURE / SPALL	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI MOISTURE LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
												Darbe Sayısı Of Blows			N <sub>60</sub>	GRAFIK / GRAPH					
												0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50	
13					Yeşil renkli, çok yoğun çakıllı, kumlu, siltli KİL-çok ayrılmış SERPANTİNİT 13.00 m																
14			SPT-9	13.50-13.95									20	22	30	>50					
15			SPT-10	15.00-15.05									50/5								
16																					
17			SPT-11	16.50-16.95									13	17	23	40					
18			UD-2	17.50-18.00			CH														
19			SPT-12	18.00-18.45	Kahverengi, sert kıvamlı, seyrek çakıllı, karbonatlı, siltli KİL (Yer yer ayrılmış kireçtaşı bantlı)								16	19	22	41					
20			SPT-13	19.50-19.95									20	18	24	42					
21			SPT-14	21.00-21.45			CL						13	29	32	>50					
22																					
23			SPT-15	22.50-22.56									50/6								
24			SPT-17	24.00-24.10									50/10								
25					Kuyu Sonu: 25.00 m																
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					

**SONDAJ LOGU / BORING LOG**

PROJE ADI / PROJECTNAME : SORGUN-AKDAĞMADENİ AYRIMI-ÇEKEREK YOLU  
SONDAJ YERİ / BORING LOCATION : SONDOR / FOREMAN : Adnan CAN  
KOORDİNATLAR / COORDINATES : MÜHENDİS / ENGINEER : Defne ELAL  
SONDAJ KOTU / ELEVATION (m) : 1011.20  
SONDAJ DERİNLİĞİ / BORING DEPTH (m) : 13.50  
YERALTI SUYU / GROUNDWATER (m) : 4.50  
BAŞLAMA TARİHİ / DATE STARTED : 11.04.2008  
BİTİŞ TARİHİ / DATE COMPLETED : 11.04.2008

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT no / No. CORE # / CORE NO.	R.O.D. %	NUMUNE NO. SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMA SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	ZEMİN GRUBU KİLE, 0m FRACTION / 10cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYIHI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
										Darbe Sayısı No. of Blows			N <sub>60</sub>	GRAFIK / GRAPH					
										0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50	
1					BİTKİSEL TOPRAK 0.40 m														
2			SPT-1	1.50-1.95	Kahverengi, düşük plastisiteli, çakıllı, kumlu, siltli KİL (PLİYOSEN)		CL				4	5	6	11					
3			UD-1	2.50-3.00															
4			SPT-2	3.00-3.45	Açık kahverengi, siltli KİL		CL				7	9	12	21					
5			UD-2	4.00-4.50															
6			SPT-3	4.50-4.95			CL				19	26	37	>50					
7			UD-3	6.00-6.50	Yeşilimsi kahverengi, çok sıkı, iyi derecelenmiş, killi KUM (PLİYOSEN)						50/12								
8			SPT-4	6.50-6.62															
9			UD-4	7.50-8.00															
10			SPT-5	8.00-8.13							50/13								
11			UD-5	9.00-9.50	Kızılımsı kahverengi, killi ÇAKIL (PLİYOSEN)		GC-GP				25	32	28	>50					
12			SPT-6	9.50-9.95															
13			UD-6	10.50-10.56	Yeşilimsi kahverengi, ayrışmış, yer yer killeşmiş, serpantin çakıllı KİL (PLİYOSEN)						50/6								
14			SPT-7	12.00-12.04							50/4								
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SIKILIK / DENSITY					ORANLAR / PROPORTIONS					KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm				
N=0-2 Çok yumuşak V.soft					N=0-4 Çok gevrek V.loose					0-10% Pek az (Seyrek) Trace					>1 Seyrek Wide (W)				
N=3-4 Yumuşak Soft					N=5-10 Gevrek Loose					10-20% Az Little					1-2 Orta Moderate (M)				
N=5-8 Orta katı M.stiff					N=11-30 Orta sıkı M.dense					20-35% Sıfır Adjective(Or some)					2-10 Sık Close (C)				
N=9-15 Katı Stiff					N=31-50 Sık Dense					35-50% Ve And					10-20 Çok sık Intense (I)				
N=16-30 Çok katı V.stiff					N>50 Çok sıkı V.dense										>20 Parçalanmış Crushed (Cr)				
N>30 Sert Hard																			
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRIŞMA / WEATHERING					KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD					UD-Ortalenmemiş Numune Undisturbed Sample				
I Çok zayıf Very weak					I Tamamen ayrılmış Comp.weathered					0-25% Çok zayıf Very poor					D-Ortalenmiş Numune / Disturbed Sample				
II Zayıf Weak					II Çok ayrılmış Highly weathered					25-50% Zayıf Poor					SPT-Standard Pen Deneysi / Standard Pen Test				
III Orta zayıf M.weak					III Orta ayrılmış Mod.weathered					50-75% Orta Fair					VST-Vane Deneysi / Vane Shear Test				
IV Orta Dayanıklı M.strong					IV Az ayrılmış Slightly weathered					75-90% İyi Good					P-Pressiometre Deneysi / Pressuremeter Test				
V Dayanıklı Strong					V Taze Fresh					90-100% Çok iyi Excellent					K-Karot Numunesi / Core Sample				









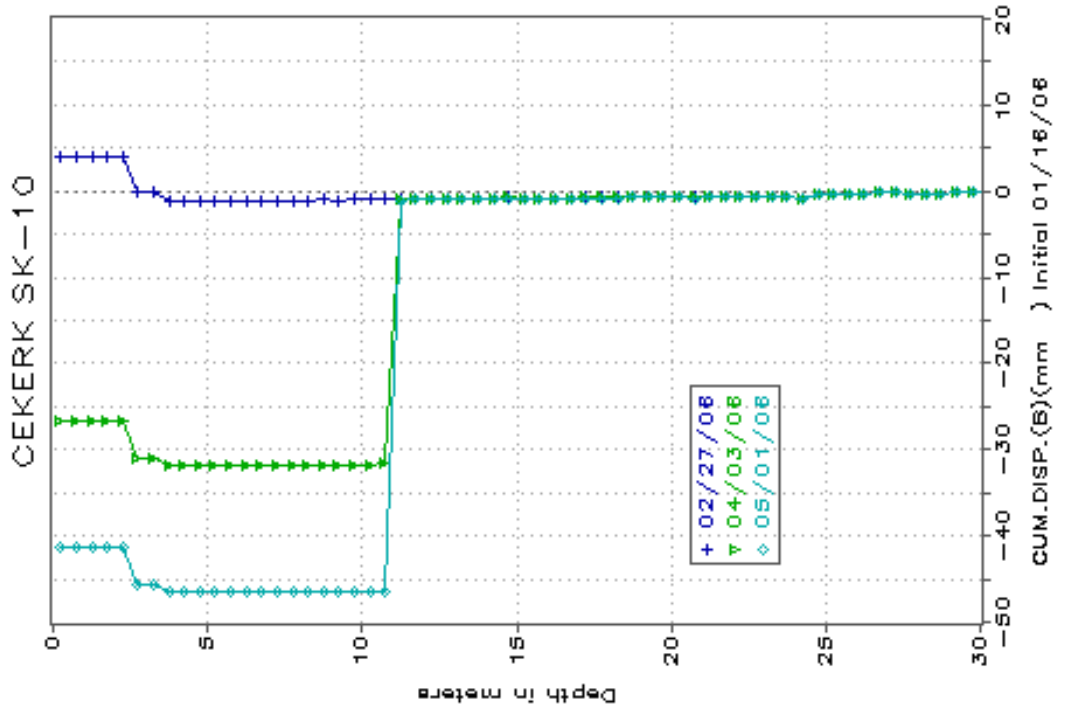
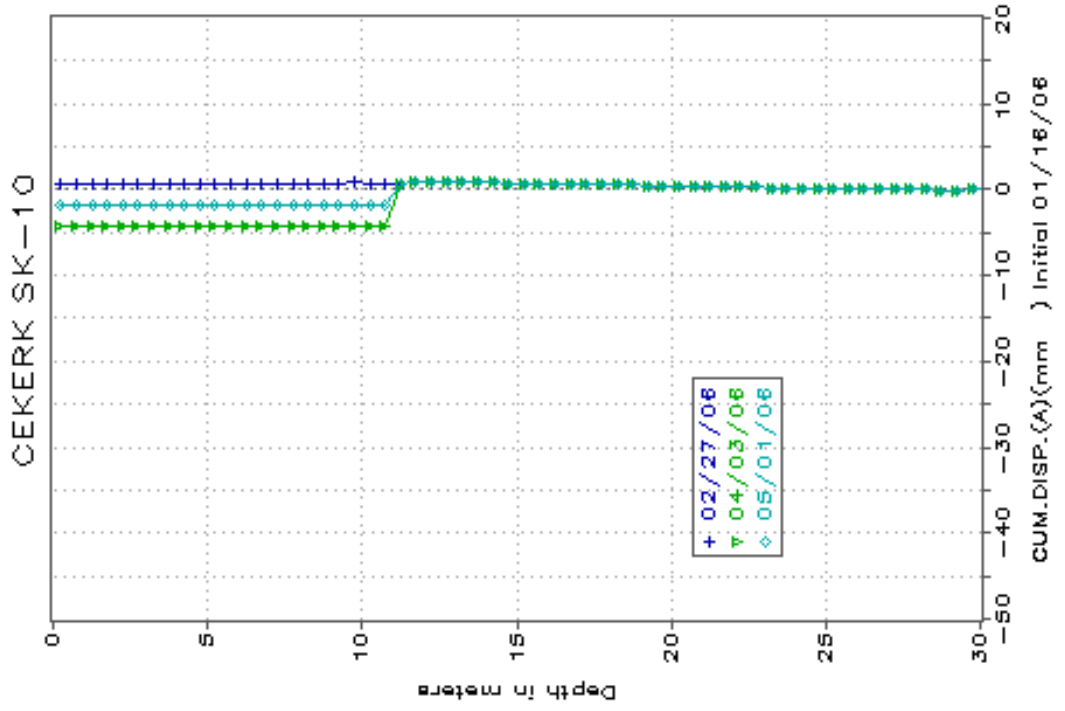


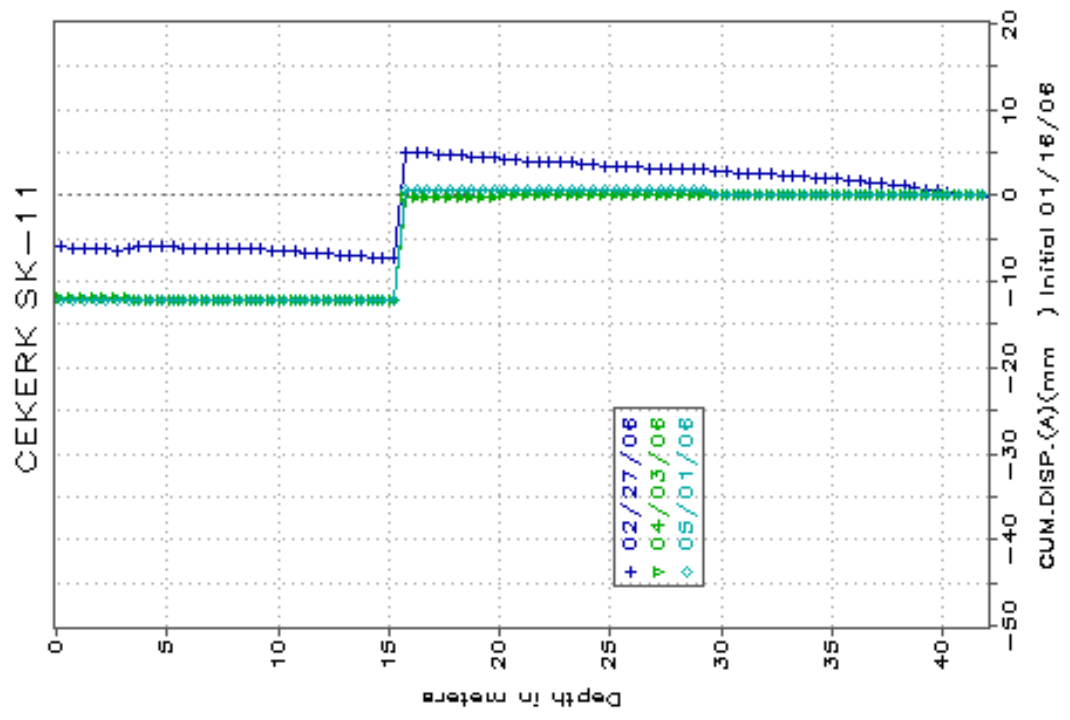
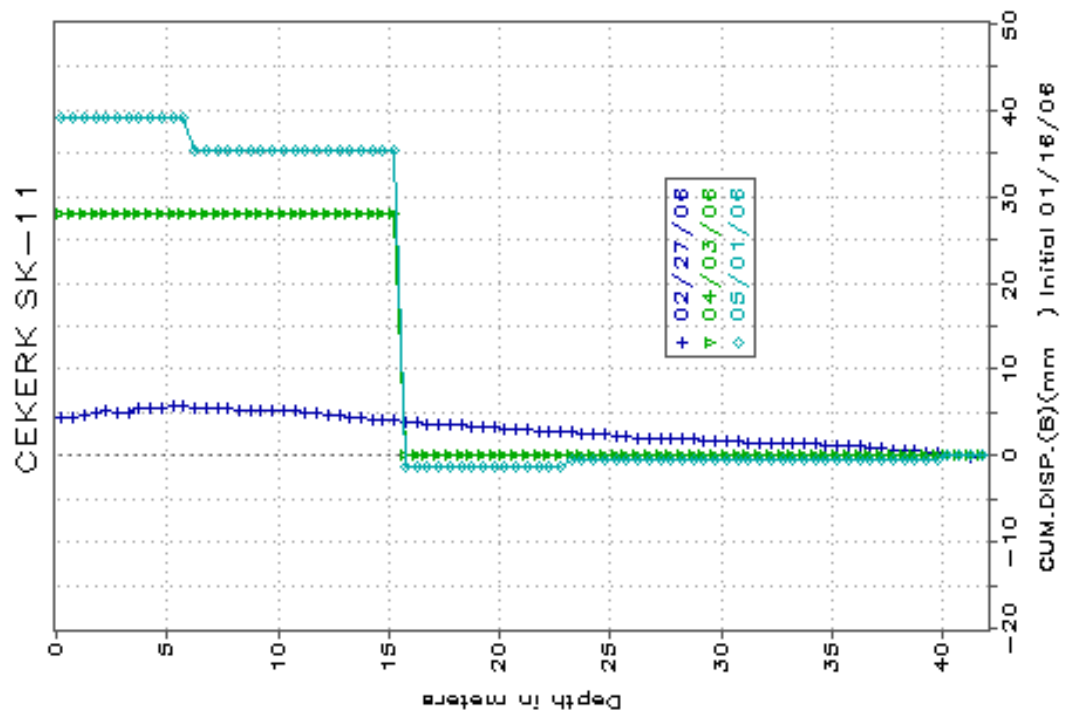


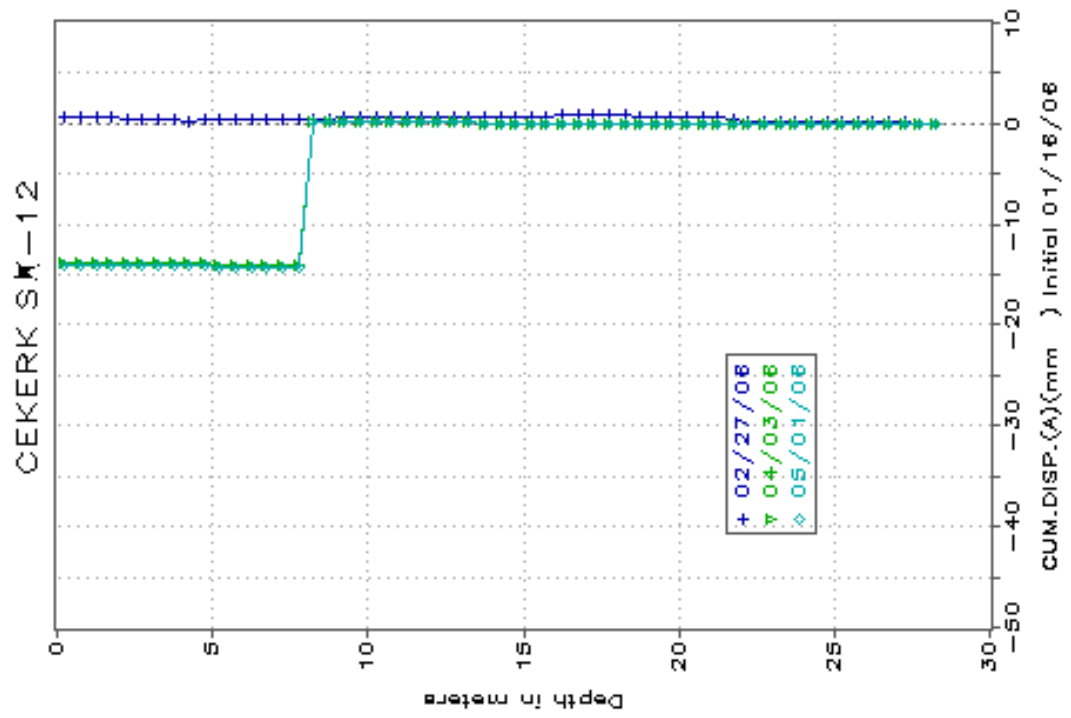
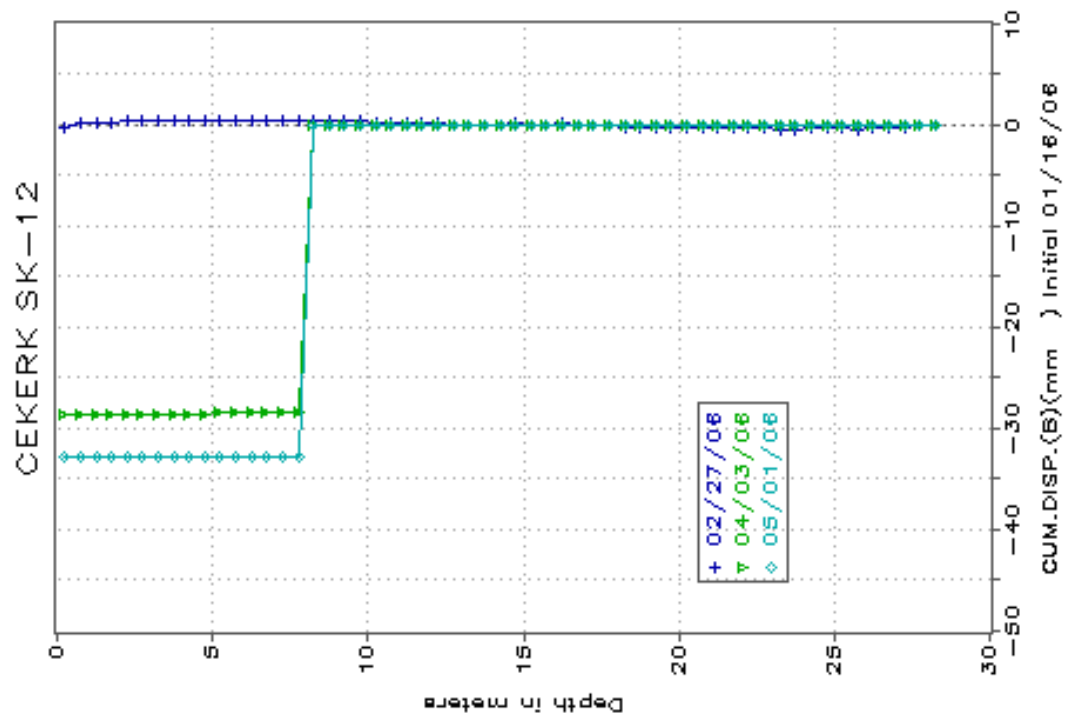




EK 3. İnklinometre Sonuçları







## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Azize Defne ELAL

Doğum Yeri : Bursa

Doğum Tarihi : 12.12.1978

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Çelebi Mehmet Lisesi, 1995

Lisans : Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2003

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 2008

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Kilci Mühendislik Ltd. Şti., 2005-2008