

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AĞRI – KAĞIZMAN YOLU BOYUNCA MEYDANA GELEN HEYELANLARIN
ANATOMİSİ VE UYGULANABİLİR ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Emine ERTEKİN YARDIMCI

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2018**

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Emine ERTEKİN YARDIMCI tarafından hazırlanan “Ağrı-Kağızman Yolu Boyunca Meydana Gelen Heyelanların Anatomisi ve Uygulanabilir Çözüm Önerileri” adlı tez çalışması 15/01/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri:

Başkan: Doç. Dr. Kivanç ZORLU ARAS

Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Mustafa FENER

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

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

15.01.2018



Emine ERTEKİN YARDIMCI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AĞRI – KAĞIZMAN YOLU BOYUNCA MEYDANA GELEN HEYELANLARIN ANATOMİSİ VE UYGULANABİLİR ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Emine ERTEKİN YARDIMCI

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Heyelanlar, Türkiye'de verdikleri zararlar açısından depremlerden sonra ikinci sırayı almaktadır. Heyelanların en çok etkilediği yerlerden biri ulaşım hatlarıdır. Bu çalışmanın konusu, yapımı devam eden Ağrı – Kağızman Devlet Yolu güzergahının Sarıbulak'tan Kağızman'a ilerleyen kesiminde, Km: 82+300 – 85+000 arasındaki heyelanlı kesimlerin incelenmesi ve yol geçişinin açısından en uygun çözümün ortaya konmasıdır.

İnceleme kapsamında arazide heyelanlı kesimlerin jeolojik, morfolojik ve jeoteknik incelemesinin yanında jeoteknik araştırma sondajları yapılarak, mevcut heyelanları oluşturan malzemeleri karakterize edecek laboratuvar numuneleri alınmıştır. Laboratuvar çalışmaları, zeminlerin indeks özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra dayanım deneylerini de kapsamaktadır. Dayanım parametrelerinin bulunmasında üç eksenli basınç dayanımı ve doğrudan kesme deneyleri yapılmıştır.

Rezidüel dayanım parametreleri, yeraltı suyu konumu verileri ve sondajlarla belirlenen kayma yüzeyi verileri geriye analize tabi tutulmuştur. Halihazırda gerçekleşmiş yer kaymalarını durdurarak, uzun vadede duraylı kalmalarını sağlayacak çözümler doğrultusunda yeni yamaç/şev tasarımları önerilmiştir.

Ocak 2018, 195 sayfa

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Kayma Mekanizması, Geri Analiz, Duraylılık Analizi, Ağrı-Kağızman Karayolu

ABSTRACT

Master Thesis

ANATOMY OF LANDSLIDES AĞRI – KAĞIZMAN HIGHWAY FEASIBLE CORRECTION MEASURES

Emine ERTEKİN YARDIMCI

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

Supervisor: Prof. Dr. Kamil KAYABALI

Mass movements are the second costliest natural hazards in Turkey after earthquakes. Transportation routes amongst other utility lines are the most affected ones by those mass movements. The scope of this investigation involves the geotechnical investigation, remediation measures and the best solutions for the problematic section of Ağrı-Kağızman state route (kms: 82+300 to 85+300) which is currently under construction.

The field studies included geological, morphological and geotechnical investigation of road sections affected by landslides. Geotechnical boreholes were drilled to determine the soil profile as well as to obtain soil samples to characterize the sliding materials through laboratory tests. Laboratory tests involved determining the index properties and strength parameters of soil samples. Three-axial compressive strength tests and direct shear tests were employed for this purpose.

Back analyses were carried out using the residual strength data, the position of ground water table and the position of the sliding surface as detected from the boreholes. At the final stage, various slope designs were proposed to remediate the current landslides in the studied area as well as to provide solutions for them to be stable in the long term.

January 2018, 195 pages

Key Words: Landslide, Slide Mechanism, Back Analysis, Stability Analysis, Ağrı-Kağızman Highway

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması kapsamında, yapımı devam eden Ağrı – Kağızman Devlet Yolu güzergâhının Sarıbulak’tan Kağızman’a ilerleyen kesiminde, Km: 82+300 – 85+000 arasındaki aktif heyelanlı kesimler incelenmiş ve yol geçişi açısından en uygun çözümlerin ortaya konulmasına çalışılmıştır. Arazide yapılan jeolojik, morfolojik ve jeoteknik incelemeler ve araştırma sondajları sayesinde heyelanlı alanlar üç boyutlu olarak tanımlanmış ve heyelanları oluşturan malzemeleri karakterize edecek laboratuvar numuneleri alınmıştır. Bu numuneler üzerinde yapılan zeminlerin indeks özelliklerinin ile dayanım parametrelerinin belirlenmesine yönelik deneyler yardımı ile elde edilen parametreler ile yapılan geri analizler karşılaştırılarak rezidüel dayanım parametreleri belirlenmiştir. Sonuçta hâlihazırda gerçekleşmiş yer kaymalarını durdurarak, uzun vadede duraylı kalmalarını sağlayacak çözümler doğrultusunda yeni yamaç/şev tasarımları önerilmiştir.

Yüksek Lisans çalışmam esnasında, bilgi, öneri ve yardımları ile çalışmalarımı yönlendiren ve gelişmemeye katkıda bulunan, tez çalışmamın ve araştırmamın her aşamasında engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışmam hocam sayın Prof. Dr. Kamil KAYABALI’ya (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Öğretim Üyesi) teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve deneyimleri ile mesleki gelişimime katkı sağlayan ve tez çalışmamın arazi, sondaj ve laboratuvar aşamalarında, yardımlarını ve önerilerini esirgemeyen meslektaşım Jeoloji Mühendisi sayın Yemliha ALAGÖZ’e teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmamın tüm aşamalarında ilgi ve destekleri ile yanında olan, maddi ve manevi desteklerle bana güç veren ve sabırla katlanan sevgili eşim Mimar Muhammed YARDIMCI’ya, kız kardeşim Fatma ERTEKİN’e ve tüm diğer aile fertlerime en derin sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Benim bu günlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, ancak tez çalışmasını tamamladığımı görmeye ömrleri yetmeyen merhum canım babam Nusret ERTEKİN ile merhum mecanım annem Fatma ERTEKİN’e sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Emine ERTEKİN YARDIMCI
Ankara, Ocak 2018

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ ..	1
1.1 Genel ..	1
1.2 Çalışma Alanı Yeri ve Çalışmanın Amacı	6
1.3 Önceki Çalışmalar.....	7
2. MALZEME VE YÖNTEM	16
2.1 Malzemeler	16
2.1.1 Sondaj ve arazi çalışmaları	16
2.1.2 Laboratuvar çalışmaları.....	20
2.2 Yöntemler	25
2.2.1 Basitleştirilmiş Bishop dilim yöntemi.....	25
2.2.2 Dayanımları geriye hesaplama analizleri	29
2.2.2.1 Ortalama kesme dayanımının geriye hesaplanması	29
2.2.2.2 Kayma yüzeyi geometrisine göre kesme dayanımı parametrelerinin Geriye hesaplanması	30
3. JEOLOJİ.....	32
3.1 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi.....	32
3.1.1 Kağızman karmaşığı	34
3.1.2 Kavrakoldağı formasyonu.....	36
3.1.3 Tuzluca formasyonu	39
3.1.4 Cumaçay volkanitleri.....	42
3.1.5 Alüvyon	44
3.2 Yapısal Jeoloji, Tektonik ve Paleocoğrafya	44
3.3 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi	48
3.4 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Hidrolojisi ve Heyelanlarla İlişkileri	50
3.4.1 Yüzey sularının heyelanlar ile ilişkisi.....	50
3.4.2 Yeraltı sularının heyelanlar üzerine etkileri	52
3.4.3 Birimlerin hidrojeolojik özellikleri ve heyelanlarla ilişkileri.....	52

4. DEPREMSELLİK	55
4.1 Deterministik Sismik Tehlike Analizi	60
4.2 Probabilistik Sismik Tehlike Analizi.....	65
4.3 Çalışma Alanı İçin Belirlenen Maksimum Yatay Deprem İvmesi	70
5. BULGULAR	76
5.1 Ağrı – Kağızman Karayolu Boyunca Gelişen Heyelanların Anatomisi.....	76
5.1.1 H.1 heyeları (km: 82+650-82+750) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	81
5.1.1.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilité parametreleri.....	86
5.1.1.2 H.1 heyeları için uygulanabilir çözüm önerisi	91
5.1.2 H.2 heyeları (km: 82+750-82+900) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	100
5.1.2.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilité parametreleri.....	103
5.1.2.2 H.2 heyeları için uygulanabilir çözüm önerisi	108
5.1.3 H.3 heyeları (km: 82+900-83+000) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	117
5.1.3.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilité parametreleri.....	124
5.1.3.2 H.3 heyeları için uygulanabilir çözüm önerisi	127
5.1.4 H.4 heyeları (km: 83+880-83+940) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi.....	135
5.1.4.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilité parametreleri.....	143
5.1.4.2 H.4 heyeları için uygulanabilir çözüm önerisi	147
6. SONUÇLAR	154
KAYNAKLAR	156
EKLER.....	161
EK 1 Sondaj Logları	162
EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları	186
EK 3 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller ile Çözüm Aşamaları	191
ÖZGEÇMIŞ.....	195

SİMGELER DİZİNİ

A	Yatay Yer İvmesi
B	Genişlik
c	Kohezyon
CL	Düşük Plastik Kil
CH	Yüksek Plastik Kil
F_s	Güvenlik Sayısı
Φ	İçsel Sürtünme Açısı
γ	Birim Hacim Ağırlık
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
H	Yükseklik
H.1	Km: 82+650-82+750 Heyelan Aralığı
H.2	Km: 82+750-82+900 Heyelan Aralığı
H.3	Km: 82+900-83+000 Heyelan Aralığı
H.4	Km: 82+880-82+940 Heyelan Aralığı
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
L	Uzunluk
LL	Likit Limit
M	Magnitüd
M_w	Moment Magnitüdü
Of	Ofiyolitik Karmaşık
Olm	Oligo-Miyosen Brimleri
N	Standart Penetrasyon Testi Darbe Sayısı
P	Düşey Yük
PI	Plastisite İndisi
q_u	Tek Eksenli Basınç Dayanımı
R	Uzaklık
r_u	Boşluk Suyu Basıncı Katsayı
S	Kesme Kuvveti
SC	Killi Kum
SK	Sondaj Kuyusu
SPT	Standart Penetrasyon Testi
u	Boşluk Suyu Basıncı
UD	Örselenmemiş Numune
W	Ağırlık
V	Hacim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünyada meydana gelen doğal afetlerin kıtalar bazında dağılımı	2
Şekil 1.2 İlçelere göre Türkiye heyelan olay sayısı dağılım haritası (Ünsal 2005)	4
Şekil 1.3 Ağrı – Kağızman Yolu (Km: 68+000-90+000) ve Km: 82+300-85+000 boyunca gözlenen heyelanları içeren sahanın yerbulduru haritaları.....	8
Şekil 2.1 Bishop dilim yönteminde göz önüne alınan kuvvetler	26
Şekil 2.2 Bilinen ilave sismik ve donatı kuvvetleri içeren şev	27
Şekil 2.3 Bilinen ilave kuvvetler içeren dilim.....	28
Şekil 2.4 Emniyet faktörünü “1” olarak veren üç farklı kesme dayanımı seti için kritik değerler (Duncan ve Wright 2005).....	30
Şekil 3.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/100 000 ölçekli genel jeoloji haritası (Kars H50 paftası, Sümengen 2009).....	33
Şekil 3.2 Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Sümengen 2009'dan değiştirilerek alınmıştır)	34
Şekil 3.3 Çalışma alanında Kağızman Karmaşığının bozmuş ofiyolitik kesimleri ile dik diyoritik kesimleri	36
Şekil 3.4 Çalışma alanı yakınında birimin oluşturduğu dik yamaç ve dağlardan bir görünüm	38
Şekil 3.5 Formasyonu oluşturan sert kumtaşları ve şeyllerin yakından görünümü	38
Şekil 3.6 Çalışma alanı yakınında marnlar içinde gelişen bir heyelan	39
Şekil 3.7 Çalışma alanında Kağızman Karmaşığı ile Tuzluca Formasyonu sınırı.....	41
Şekil 3.8 Çalışma alanında Kavrakoldağı Formasyonu ile Tuzluca Formasyonu sınır ilişkisi ve Tuzluca Formasyonu içinde görülen heyelanlar	41
Şekil 3.9 Çalışma alanında Km: 82+650-83+000 arasında Tuzluca Formasyonu ve içinde gelişen heyelanlar	42
Şekil 3.10 Çalışma alanı dışında ilgili yol üzerinde açılmış bir yarmada (Km: 58+800 civarında) gözlenen beyazımsı renkli tüflerden bir görünüm	43
Şekil 3.11 Çalışma alanı dışında gözlenen sarımsı kahve renkli aglomeralardan bir görünüm	43
Şekil 3.12 Çalışma alanı ve yakın çevresinin aktif tektonik haritası (Şaroğlu ve Yılmaz 1988)	47
Şekil 3.13 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası (Anonim 1991)	49
Şekil 3.14 Bölgedeki heyelanların nedenlerinden biri olan topuk aşındırmasına bir örnek; Çalışma alanında Turbeyayla Deresi ve topuk aşındırması	50
Şekil 3.15 Bölgedeki heyelanlar içinde gözlenen küçük heyelan gölleri	51
Şekil 3.16 Çalışma alanında gözlenen heyelan gölleri	51
Şekil 3.17 Çalışma alanında heyelanlara neden olan etkilerden biri olan sizıntı akışın yüzeydeki yansımışi ve neden olduğu heyelanlar	53

Şekil 4.1 Çalışma alanı ve yakın çevresi $M \geq 5,0$ olan depremlere ait odak noktaları haritası (http://www.koeri.boun.edu.tr , Anonim 2015).....	56
Şekil 4.2 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan sismik kaynak haritası.....	59
Şekil 4.3 Deterministik yaklaşımın aşamaları (Kayabalı 1995)	
a) deprem oluşturan kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi	
b) azalım ilişkileri kullanarak proje alanında olacak maksimum yer ivmesinin bulunması.....	60
Şekil 4.4 Her kaynak için ortalama yatay yer ivmesi değerlerinin mesafe ile değişimi	65
Şekil 4.5 Probabilistik yaklaşımın aşamaları (Kayabalı 1995)	67
Şekil 4.6 Magnitüd-oluş sayısı ilişkisi ve Gutenberg-Richter bağıntısı.....	68
Şekil 4.7 50 yıl için ivme-aşılma olasılığı grafiği	69
Şekil 4.8 Kars ili deprem bölgelendirme haritası (Anonim 1996)	70
Şekil 4.9 50 yılda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen en büyük yer ivmesi (PGA, “g”) (Erdik vd. 2006)	71
Şekil 4.10 Şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayıları haritası (Anonim 2008)	75
Şekil 5.1 Km: 82+650-83+000 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri	77
Şekil 5.2 Km: 83+880-83+940 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri	78
Şekil 5.3 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (batı-kuzeybatıdan doğu-güney doğuya bakış)	79
Şekil 5.4 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (güneyden kuzeye bakış)	79
Şekil 5.5 Km: 83+880-83+940 arası heyelanının (H.4) arazideki görünümü (güney batıdan kuzey batıya bakış).....	80
Şekil 5.6 H.1'in (Km: 82+650 – 82+750) arazideki görünümü ve yolun oturan ve düzeltilen kesimi (kuzey batıdan güney doğuya bakış)	81
Şekil 5.7 Ofiyolitler ile Oligo-Miyosen Birimleri (Tuzluca Formasyonu) sınırı ile yoldaki oturma farkı (güneyden kuzeye bakış).....	82
Şekil 5.8 SK-22 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	83
Şekil 5.9 SK-23 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	84
Şekil 5.10 SK-24 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	85
Şekil 5.11 H.1 heyelani (Km: 82+650 – 82+750) jeolojik planı ve jeolojik kesiti.....	87
Şekil 5.12 Heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti	90
Şekil 5.13 Km: 82+700 enkesiti mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$).....	92
Şekil 5.14 Km: 82+700 enkesiti için drenaj önlemleri sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)	93
Şekil 5.15 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi	94
Şekil 5.16 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi	95

Şekil 5.17 Km: 82+700 (çözüm) enkesiti heyelan sıyırması geçici kazı şevi stabilite analizi.....	95
Şekil 5.18 Sıyırmada önce mevcut yol geçiş şekli	96
Şekil 5.19 Sıyırmadan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya	96
Şekil 5.20 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu	97
Şekil 5.21 Kaya dolgu ve diğer geri dolgulardan sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti	98
Şekil 5.22 Kaya dolgu ve geri dolguların yapılmasından sonra oluşacak kesitin ara mesafeleri ve kotları	99
Şekil 5.23 H.2 No.'lu heyelan ile zayıflık zonu ve/veya açılma çatlağı (güney-güneydoğudan kuzey-kuzeybatıya bakış).....	100
Şekil 5.24. H.2 No.'lu heyelanın ve açılma çatlağının genel görünümü (batıdan doğuya bakış).....	101
Şekil 5.25 H.2 No.'lu heyelanın yamaç boyunca genel görünümü (güneyden kuzeye bakış)	101
Şekil 5.26 SK-25 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	102
Şekil 5.27 H.2 heyelani (km: 82+750 – 82+900) jeolojik planı ve jeolojik kesiti.....	104
Şekil 5.28 H.2 heyelani için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti.....	107
Şekil 5.29 H.2 heyelani (Km: 82+820 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$)	109
Şekil 5.30 H.2 heyelani (Km: 82+820 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)	109
Şekil 5.31 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzlemevi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi	110
Şekil 5.32 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzlemevi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi	111
Şekil 5.33 H.2 heyelani drenaj projesi planı	111
Şekil 5.34 H.2 heyelani çözüm enkesiti (Km: 82+820) üzerinde derin drenajlar ile drenaj önlemi sonra ve yeraltı seviyesindeki değişim	112
Şekil 5.35 Derin drenaj hendeği kesiti	113
Şekil 5.36 Yüzeysel drenaj hendeği detayı	113
Şekil 5.37 Mevcut yol geçiş şekli (1:1,5 şev eğimi)	114
Şekil 5.38 1:3 şev eğimi ve 5 m şev yüksekliği ile mevcut topoğrafyada yapılacak sıyırmaya	114
Şekil 5.39 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu	115
Şekil 5.40 Oluşacak yeni yol platformu ve çözüm kesiti.....	116
Şekil 5.41 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ile yolda oluşan deplasman ve oturma ile yamaç aşağı hareket etmiş menfez (güneydoğudan kuzeybatıya bakış)	118
Şekil 5.42 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ve yamaç aşağı hareket etmiş menfez (kuzeyden güneye bakış).....	118

Şekil 5.43 H.3 No.'lu heyelan ile kayan menfezin ve oluşan göllenmenin yol üzerinden görünümü (kuzey doğudan güneybatıya bakış)	119
Şekil 5.44 H.3 No.'lu heyelanın yamaç yukarı görünümü ve oluşan su göllemeşi (doğu-güneydoğudan batı-kuzeybatıya bakış)	120
Şekil 5.45 SK-26 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	121
Şekil 5.46 SK-28 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	122
Şekil 5.47 H.3 heyelani (km: 82+900 – 83+000) jeolojik planı ve jeolojik kesiti.....	123
Şekil 5.48 H.3 heyelani için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti.....	126
Şekil 5.49 H.3 heyelani (Km: 82+920 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$)	128
Şekil 5.50 H.3 heyelani (Km: 82+920 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)	128
Şekil 5.51 Km: 82+920 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi	129
Şekil 5.52 Km: 82+920 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi	130
Şekil 5.53 Km: 82+920 enkesiti heyelan sıyırması geçici kazı şevi stabilite analizi....	131
Şekil 5.54 Mevcut yol geçiş şekli (1:1,5 dolgu şev eğimi)	131
Şekil 5.55 Sıyırmaya yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topografsıya	132
Şekil 5.56 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra olusacak yol platformu	132
Şekil 5.57 Kaya dolgu ve diğer geri dolgulardan sonra olusacak yol platformu ve çözüm kesiti	133
Şekil 5.58 Kaya dolgu ve geri dolguların yapılmasından sonra olusacak kesitin ara mesafeleri ve kotları	134
Şekil 5.59 H.4 No.'lu heyelanın görünümü (kuzeybatıdan güneydoğuya bakış)	135
Şekil 5.60 H.4 heyelannının arazideki görünümü (güney batıdan kuzey doğuya bakış)	136
Şekil 5.61 H.4 heyelannının yamaç yukarı görünüm (güneydoğudan kuzbatıya bakış) 137	
Şekil 5.62 H.4 heyelannın yolda oluşturduğu deformasyon (güneyden kuzeye bakış) ..	137
Şekil 5.63 H.4 heyelannı yolda oluşturduğu deformasyon (kuzeyden güneye bakış) .	138
Şekil 5.64 SK-29 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	139
Şekil 5.65 SK-30 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	140
Şekil 5.66 SK-31 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği	141
Şekil 5.67 H.4 heyelani (Km: 83+880 – 83+940) jeolojik planı ve jeolojik kesiti.....	142
Şekil 5.68 H.4 heyelani için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti.....	146
Şekil 5.69 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,26$ ve şev eğimi 3d:2y).....	148
Şekil 5.70 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,05$ ve yarma şev eğimi 3d:2y)	148
Şekil 5.71 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) yarma şev eğimi 1:2 durumu için mevcut yol geçiş şekli stabilite analizi ($r_u = 0,26$)	149

Şekil 5.72 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) drenaj önlemi sonrası yarma şev eğimi 1:2 durumu için mevcut yol geçiş şekli stabilite analizi ($r_u = 0,05$) ...	149
Şekil 5.73 83+880 enkesiti için dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi	150
Şekil 5.74 Km: 83+880 enkesiti için dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilite analizi	150
Şekil 5.75 Mevcut yol geçiş şekli (yarma şev eğimi 3:2)	151
Şekil 5.76 Sıyrıma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya	151
Şekil 5.77 Sıyrımadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu	152
Şekil 5.78 Sıyrıma ve yeni yapılan dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti	153



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Aktif heyelanlı kesimlerin km aralıkları ve yapılan sondajlar	16
Çizelge 2.2 Arazide yapılan sondajlara ait km, kot-koordinat bilgileri	17
Çizelge 2.3 Sondajlarda yapılan SPT'lerde elde edilen N değerleri	18
Çizelge 2.4 Sondajlarda ölçülen yeraltı su seviyeleri	19
Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları.....	22
Çizelge 4.1 Çalışma alanında aletsel dönemde kaydedilen büyülüklüğü 6 ve daha yüksek olan depremler ve yerleri http://www.koeri.boun.edu.tr , Anonim 2015)	57
Çizelge 4.2 Sismik tehlike analizlerinde kullanılan deprem kaynakları ve maksimum magnitüd değerleri.....	58
Çizelge 4.3 Yabancı araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş sönümleneklemleri.....	62
Çizelge 4.4 Yerli araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş sönümleneklemleri.....	63
Çizelge 4.5 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan deprem kaynakları ve değişik sönümleneklemleri için elde edilen maksimum yatay yer ivmesi değerleri ile ortalama sonuçlar	64
Çizelge 4.6 Magnitüd aralıklarına göre deprem oluş sayıları	68
Çizelge 4.7 Ortalama magnitüd değerlerine göre kümülatif oluş sayıları ve t zaman için oluş sayıları	68
Çizelge 4.8 M Magnitüd İçin 10, 50, 75 ve 100 Yıllık Aşılma İhtimalleri ve Tekrarlama Periyotları.....	69
Çizelge 5.1 Bloklu çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	86
Çizelge 5.2 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı....	89
Çizelge 5.3 Geri analizlerde belirlenen rezideül kayma dayanımı parametreleri	89
Çizelge 5.4 Kilitası/çok sert kile ait deney sonuçları.....	90
Çizelge 5.5 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri.....	89
Çizelge 5.6 Bloklu çakıllı kil (örtü-kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	105
Çizelge 5.7 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri.....	105
Çizelge 5.8 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	106
Çizelge 5.9 Geri analizlerde çakıllı kil için belirlenen rezideül kayma dayanımı parametreleri.....	106
Çizelge 5.10 Bozmuş kilitası/marna ait deney sonuçları.....	106
Çizelge 5.11 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri ...	108
Çizelge 5.12 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	124

Çizelge 5.13 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı	125
Çizelge 5.14 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri	125
Çizelge 5.15 Ayırılmış kiltaşı/marna ait deney sonuçları.....	125
Çizelge 5.16 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri ...	127
Çizelge 5.17 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	143
Çizelge 5.18 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayı..	144
Çizelge 5.19 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri	144
Çizelge 5.20 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları	144
Çizelge 5.21 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayı..	145
Çizelge 5.22 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakıllı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri	145
Çizelge 5.23 Bozmuş şisti ofiyolite ait deney sonuçları.....	145
Çizelge 5.24 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri ...	147

1. GİRİŞ

1.1 Genel

Doğal bir yamaçtaki kaya, zemin ve moloz türü malzemelerin çeşitli nedenlerden ötürü, yerçekimi etkisi ile aşağı doğru hareketi heyelan olarak tanımlanmaktadır (Varnes 1978). Heyelanların oluşumunda bölgenin yağış ve yeraltısu durumu, genel jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, yapısal unsurları, araziyi oluşturan formasyonların litolojik özellikleri ve su içerikleri ile heyelan öncesi topografik yapı önemli etkenlerdir.

Heyelanlar tek bir hareket şeklinde meydana gelebildikleri gibi küçük ölçekli birden fazla heyelan aynı anda hareket ederek büyük ölçekte bir hareket meydana getirebilmektedir. Özellikle küçük ölçekli oturmaların meydana getirdiği çat�ak sistemleri yağışlı havalarda zeminin suya doygun hale gelmesine yol açmakta, böylece geniş ölçekli bir heyelan kütlesi içerisinde daha küçük ölçekli heyelanlar bulunmaktadır.

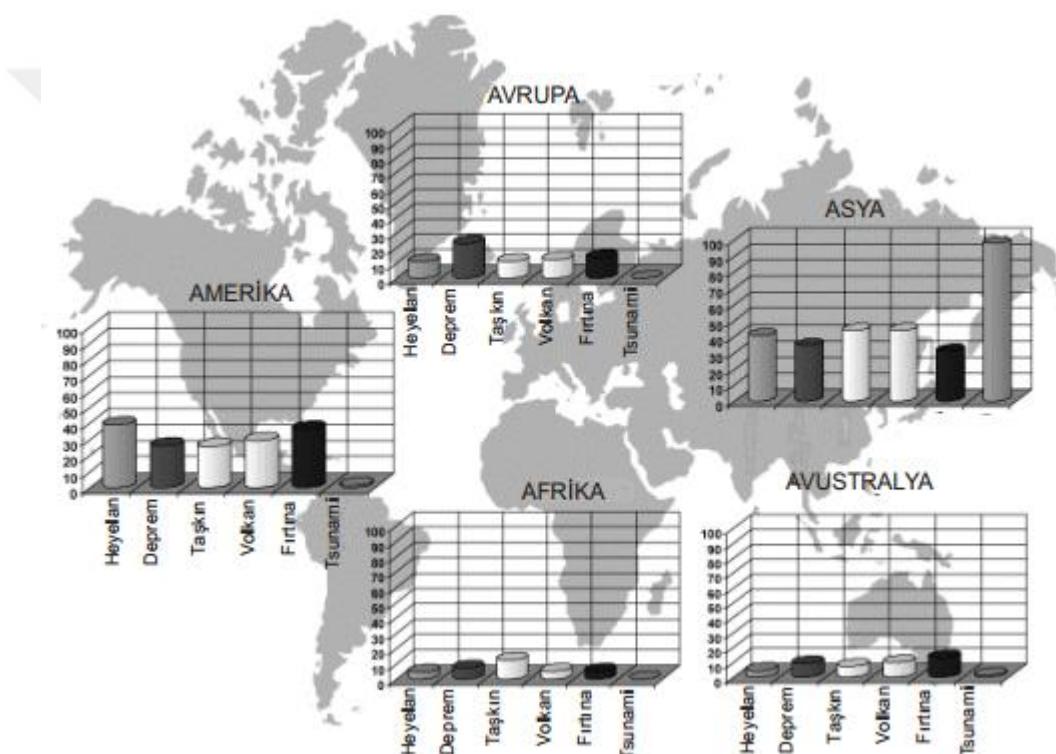
Anı ve sürpriz nitelikli hiç bir yamaç hareketi yoktur. En hızlı heyelanlar bile daha öncesinden işaretlerini verir, geleceklerini duyururlar. Bütün bunlara rağmen heyelanların acılara neden olması, tehlike işaretlerinin zamanında görülmeyişidir.

Detaya inildiğinde heyelan veya kütle hareketleri düşme, akma, kayma, devrilme, heyelan vb. isimlerle de anıldıkları gibi, bazı hallerde bunlardan iki veya daha fazlası bir arada oluşurlar. Bu tür oluşumlara da “karışık kütle hareketleri” adı verilir.

Doğal afetler içinde, yaratmakta olduğu olumsuz etkilerden dolayı önemli bir yer tutan heyelanlar, etkin oldukları alanlarda can ve mal kaybına yol açmakla birlikte kara-demir yolları, tarimsal ve ormanlık alanlar gibi ekonomik değeri olan kesimlerde de hasar ve kayıplara yol açabilmektedir. Ayrıca, akarsu kalitesi üzerinde de olumsuz etki yaratabilen heyelanlar, kentleşme ve doğal çevrenin korunması, toplum yaşam kalitesi gibi sosyo-ekonomik hususlarda da sorunlara neden olabilmektedir (Schuster ve Fleming 1986).

Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Avusturya, Fransa, İtalya, İsviçre ve Hindistan'da heyelanlardan kaynaklanan ekonomik kayıpların yıllık 1 – 5 milyar dolar arasında olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de doğal afetler nedeniyle her yıl pek çok insan yaşamını yitirmekte ve önemli düzeyde ekonomik kayıplar meydana gelmektedir.

Dünya geneli için Alacantara-Ayala (2002) tarafından yapılan değerlendirmeye göre (Şekil 1.1), heyelanlar dünyanın her bölgesinde karşılaşılan doğal tehlikelerdir.



Şekil 1.1 Dünyada meydana gelen doğal afetlerin kıtalar bazında dağılımı (Alacantara-Ayala 2002)

Dünyada can ve mal kaybına yol açan önemli heyelanlar aşağıda verilmiştir (Ünsal 2005).

- İsviçre Elm Kasabası Heyelani (11 Eylül 1881) 150 ölü, 200 yaralı
- İtalya Vaiont Barajı Heyelani (1960) 2000 ölü

• Galler Heyelani (1966)	144 ölü
• Peru Huascaran Heyelani (31 Mayıs 1970)	17000 ölü
• Batı Virginia Heyelani (1972)	118 ölü
• Montara Heyelani (1974)	450 ölü
• Guetemala Heyelani (10 Ekim 2005)	1500 ölü

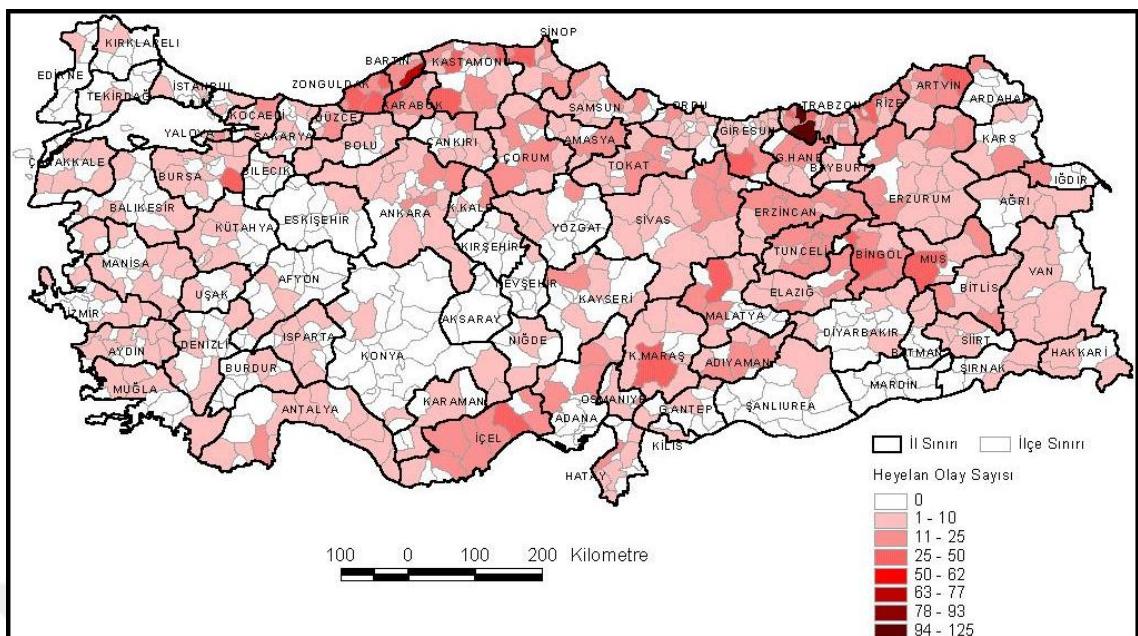
Heyelanlar Türkiye'de verdikleri zararlar açısından doğal afetler içerisinde ikinci sırada yer almaktadır (Ildır 1995).

Türkiyede 1958 – 2000 yılları arasında gerçekleşmiş ve oluşması muhtemel heyelanlar nedeniyle 4250 yerleşim birimi etkilenmiş, 197 kişi hayatını kaybetmiş ve riskli alandaki 63.000 konut yer değiştirilerek güvenli bölgelere taşınmıştır (Anonim 2004).

Ülkemizde can ve mal kaybına neden olan önemli heyelanlar (Bıçakçı ve Özgür 1995, Anonim 2004);

• Sürmene – Of Heyelani (Mayıs, 1929)	146 ölü, 9 yaralı
• Kanlıdere – Fındıklı (Rize) Heyelani (1979)	5 ölü, yol kapandı
• İlkizdere (Rize) Heyelani (1982)	8 ölü, yol kapandı
• Çatak – Maçka (Trabzon) Heyelani (1988)	64 ölü, yol kapandı
• Senirkent (İsparta) Çamur Akması (Temmuz, 1995)	74 ölü, 46 yaralı
• Koyulhisar (Sivas) Heyelani (Mart, 2005)	15 ölü
• Çöllolar Kömür Ocağı (K.Maraş) Heyelani (2011)	20 ölü

Türkiyede 1950 – 2004 yılları arasında Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan heyelan etütleri neticesinde meydana gelen heyelan olay sayısının ilçelere göre dağılımı baz alınarak oluşturulan İlçelere Göre Türkiye Heyelan Olay Sayısı Haritası (1950 – 2001) şekil 1.2'de sunulmuştur.



Şekil 1.2 İlçelere göre Türkiye heyelan olay sayısı dağılım haritası (Ünsal 2005)

Şekil 1.2'den de anlaşılabileceği gibi Türkiye'de heyelan olaylarının yoğun olarak gözlendiği bölgeler Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri iken, kaya düşmeleri ise çoğunlukla Orta Anadolu Bölgesinde gözlenmektedir. Ancak heyelan ve kaya düşmesi olayları jeolojik, topoğrafik ve iklimsel koşulların uygun olduğu her bölgede görülebilmektedir.

Heyelan çalışmaları, konum-zaman ilişkisi, sosyo-ekonomik kayıplar, çevresel etkiler ve zararların azaltılmasına yönelik, afet yönetimi gibi ilgili alanları kapsayan ve disiplinler arası çalışmayı gerektiren bir konudur. Üç boyutlu, zamana ve konuma bağlı karmaşık bir problem olan heyelanların ekonomik ve sosyal etkilerinin en aza indirilebilmesi için, konunun uzmanları tarafından (çeşitli mühendislik disiplinleri) dikkatle incelenmesi, gerekli çalışmaların yapılarak heyelanlı alanın üç boyutlu olarak ortaya konulması ve daha sonra belirlenen bu alandan mümkün olduğunda uzaklaşılması ya da uzaklaşmak mümkün değilse, uygun olan en ekonomik ve en etkin çözüm yolu ile (drenaj, fore kazık, istinat yapıları vb.) problemin çözülmESİ gerekmektedir. Böylece maddi ve manevi kayıpların önüne geçilebilmesi mümkün olacaktır.

Ülkemizin jeolojik ve topografik yapısından kaynaklanan zemin koşulları nedeniyle aktif veya potansiyel heyelanlı alanlarda çeşitli mühendislik yapıları yapılmış ve yine bu alanlardan karayollarının geçirilmesi gibi bir problemle de karşı karşıya kalınmış ve kalınlmaktadır. Karayollarının gerek proje, gerekse yapım aşamalarında doğal olarak, heyelana elverişli bu yapı göz önünde bulundurulmalı ve jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmaları yürütülmelidir (Akçelik vd. 2002).

Jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmaları esnasında heyelanların belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması için seçilen güzergah üzerinde yüzeysel arazi araştırmaları dikkatli ve özenli bir şekilde gerçekleştirilir. Heyelanlı alan belirlendikten sonra ise detaylı saha araştırmaları ile laboratuvar deneyleri yapılarak en uygun yol geçiş şekli belirlenmelidir.

Karayolu güzergahları oluşturulurken; yolun yapımı, zemin koşulları ve yol standartları açısından yapılan incelemenin yanında heyelan etütleri büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde karayolu heyelanları ile ilgili çalışmalar çoğunlukla Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmektedir. 1988 – 1998 yılları arasında yapılan ve birbirinin devamı niteliğindeki çalışmalarda, karayollarının mevcut ve potansiyel her türlü kayma hareketinin sayısı, hareket eden zeminlerin cinsi, hereketin tipi, nedenleri, hacmi, su durumu ve maliyetleri araştırılarak, karayolu güzergahları boyunca yer alan heyelanların bölgesel dağılımı araştırılmıştır.

Karayolu ağındaki heyelanlar için yapılan bu çalışmaların sonuçlarına göre; en fazla heyelanın Doğu ve Batı Karadeniz Bölgelerinde olduğu (% 49) görülmüştür. Heyelan görme sıklığı açısından İç ve Doğu Anadolu Bölgeleri ise Karadeniz bölgesinden sonra gelmektedir. Oluşan kaymaların % 64'ü zemin, % 36'sı kaya formasyonlarında meydana gelmiştir. Heyelanların % 52'sinin potansiyel heyelan bölgelerinde olduğu, heyelana neden olan faktörlerde ilk sırayı yüzey ve yer altı sularının etkisinin aldığı belirlenmiştir. Su etkisi dışındaki heyelan nedenleri, etkinlik sırasına göre; bozusma (% 37), dik yamaç ve şev eğimleri (% 28), zemin koşulları (% 23) ve diğer nedenler (% 12) olarak belirlenmiştir (Akçelik vd. 1998).

Mevcut yollarda heyelanlar olduktan sonra yeniden yapım, bakım, trafik aksamaları zararları, dolaylı masraflar ve kamulaştırmalar düşünülürse çok büyük maddi harcamalar gerektiği görülebilecektir. Bu nedenlerle hem tüm mühendislik yapılarında hem de karayollarında karşılaşılan önemli sorunlardan biri olan ve her yıl milyonlarca lira harcanan ve onlarca can kaybına neden olan heyelanlara karşı güvenli ve aynı zamanda ekonomik olacak “heyelan önleme metotlarının” geliştirilmesi ve bu konuda uzman elemanların yetiştirilmesi hem ülke ekonomisi, hem de mühendislik çalışmaları açısından çok büyük önem arz etmektedir.

1.2 Çalışma Alanı Yeri ve Çalışmanın Amacı

Tez çalışmasına konu olan Ağrı – Kağızman Devlet Yolu, Ağrı ilini ve Doğu Anadolu Bölgesi’nin güneyini kuzeye ve özellikle İğdır ilindeki Dilucu sınır kapısına bağlayan bir yol güzergahıdır. Dolayısıyla ulaşımı açıldıktan sonra yoğun bir trafik akışına maruz kalması beklenmektedir.

Ağrı – Kağızman Devlet Yolu Yapım İsl, yol yapım çalışmaları halen devam etmektedir. Yaklaşık olarak 1997 – 2008 yılları arasında Ağrı – Cumaçay arası, 2008 – 2009 yılları arasında ise Cumaçay – Sarıbulak Köyü arası yapım işi bitirilmiştir. 2009 – 2013 sezonunda Sarıbulak Köyü – (Kağızman-Tuzluca) Ayrımı arasına (Km: 68+000 – 90+000) devam edilmektedir. Ancak bu kesimde Km: 82+300 – 85+000 aralığında çeşitli km aralıklarında aktif heyelanlı alanlar bulunmaktadır. Güzergahtaki heyelanlar da bu km aralığında, yol yapım çalışması devam ederken ve yapım büyük ölçüde tamamlanmış durumdayken meydana gelmiştir. Heyelanların oluşturduğu hasarlar sebebiyle yeniden yapım ve proje bedelleri toplam maliyeti yaklaşık 2 katına çıkarmış ve böylece ciddi maddi hasara neden olmuştur. Ancak, yine de yol ulaşımı açılmadan heyelanların meydana gelmesi, yoğun bir trafiğe sahip olması beklenilen bu yolda kayıpların sadece maddi boyutta kalmasına neden olmuştur. Çalışma alanı yer bulduru haritası şekil 1.3’te verilmiştir. Her heyelana ait ayrıntılı yer bulduru haritaları eklerdedir.

Çalışmaya konu olan heyelanların tamamı dairesel kayma şeklinde gelişmişlerdir. Kaymalar; Oligo – Miyosen yaşlı jipsli Tuzluca Formasyonunu oluşturan killi malzemelerin su alarak yumuşaması ve ilksel niteliğini yitirerek, ya formasyonun alt kesimlerini oluşturan sağlam kilittaşları üzerinde ya da daha alttaki Üst Kretase yaşlı ofiyolitler üzerinde kayması sonucu oluşmuşlardır.

Çalışmanın amacı mevcut arazi ve laboratuvar verilerini kullanarak, çalışma için seçilen alandaki heyelanların oluş mekanizmasını anlamak, uygun iyileştirme yöntemlerini belirlemek ve buna göre gerekirse proje değişiklik önerisinde bulunmaktır.

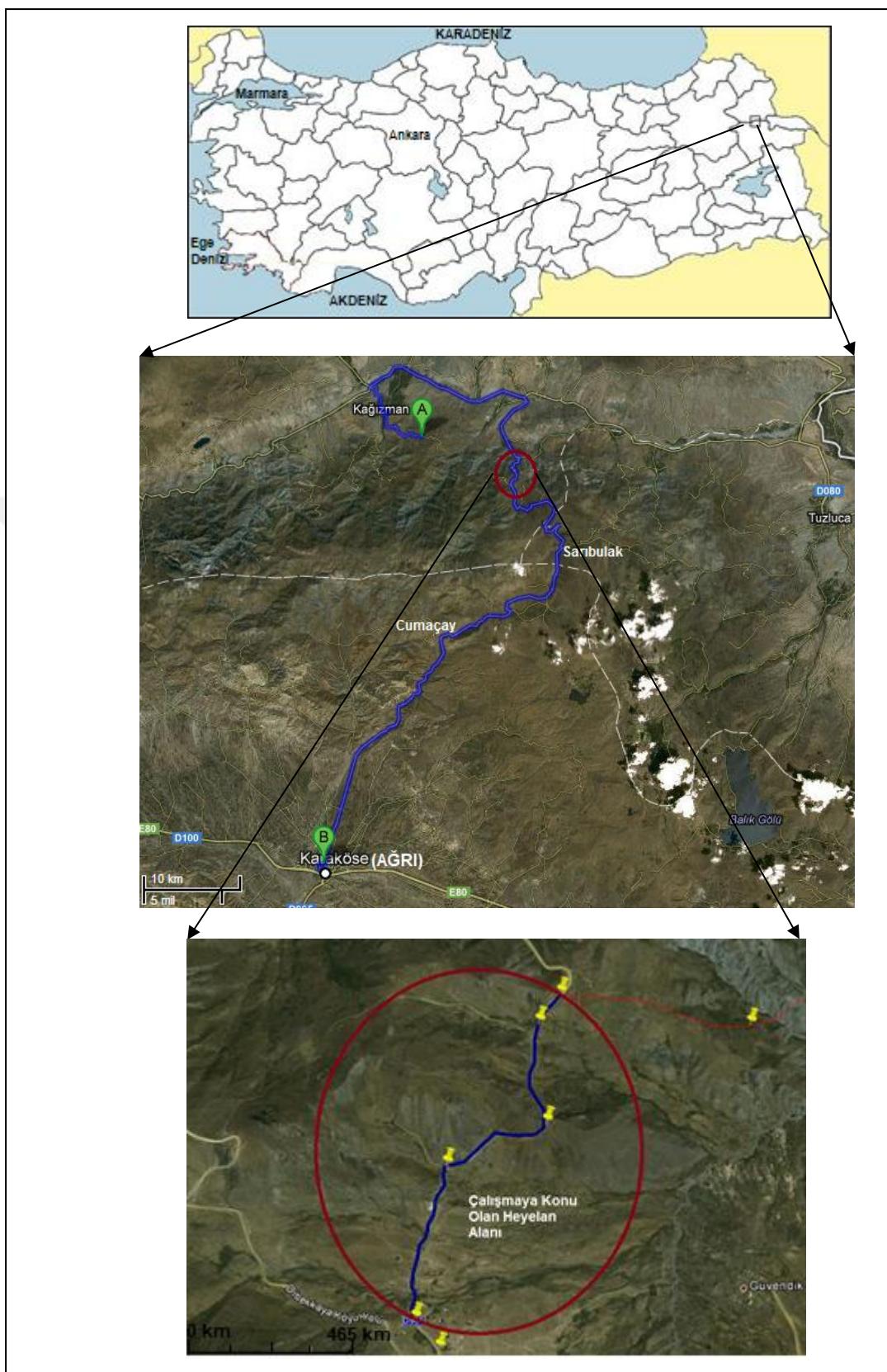
Tez çalışmasının temelini oluşturan bu heyelanlı alandan, güzergahın sorunsuz ve güvenli bir şekilde geçirilmesi için yapılan çalışmalar ve üretilen çözümler, hem yol ulaşımı açıldıktan sonra önemli can ve mal kayıplarının engellemesi, hem de ilerde yapılacak benzer çalışmalara ışık tutması açısından önem arz etmektedir.

1.3 Önceki Çalışmalar

Akçelik vd. (1998), tarafından yapılan çalışmalarında, Türkiye'de karayolu ağı üzerinde meydana gelen heyelanlar ve bunların bölgelere göre dağılımı ile oluşum koşulları incelenmiş ve istatistikî olarak sonuçlar ortaya konulmuştur.

Akçelik vd. (2002), karayollarında meydana gelen heyelanları örneklerle açıklamış ve çözüm yolları ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Aktimur vd. (1991), yaptıkları çalışmalarında Kars, Arpaçay ve Çıldır civarının jeolojik ve tektonik özelliklerini incelemiş ve birimlerin stratigrafik ilişkilerini irdelemiştir.



Şekil 1.3 Ağrı – Kağızman Yolu (Km: 68+000 – 90+000) ve Km: 82+300 – 85+000 boyunca gözlenen heyelanları içeren sahanın yerbulduru haritaları

Alacantara-Ayala (2002), tarafından doğal afetlere yönelik olarak yapılan değerlendirmelerde, heyelanların dünya üzerindeki dağılımı incelenmiş ve istatistikî olarak ortaya konmuştur.

Al-Homoud vd. (1997), heyelan nedeniyle oturmuş bir otoyol dolgusu özelinde yamaç stabilitesi sağlayan metodlar arasında karşılaştırma yapmışlardır.

Anonim (2004), Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı ile yaptıkları ortak çalışmalarda Türkiye'de meydana gelen doğal afetleri incelemiş ve "Türiye'de Doğal Afetler" konulu ülke strateji raporunu oluşturmuştur.

Anonim (2008), tarafından Karayolları Genel Müdürlüğü için yapılan çalışmalar neticesinde şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayıları haritası oluşturulmuştur.

Atalay ve Bekaroğlu (1973), yaptıkları çalışmalarda heyelanlar ve heyelanların mühendislikteki uygulamalarını araştırmışlardır.

Aydan vd. (1996), yaptıkları çalışmalarda Türkiye'deki depremlerin karakteristiklerini incelemiş ve Türkiye için bir azalım denklemi geliştirmiştir.

Barka vd. (1983), 1983 Horasan – Narman depremi ile ilgili çalışmalar yapmış ve bu depremin Doğu Anadolu neotektoniğindeki yeri ve önemini incelemiştir.

Beyaz (2004), tarafından yapılan çalışmalarda zemin etkisinden arındırılmış deprem kayıtları kullanılarak Türkiye için yeni bir azalım denklemi geliştirilmiştir.

Bıçakçı ve Özgür (1995), yaptıkları çalışmalarda Doğu Karadeniz Bölgesinde Karayolu ağı üzerinde meydana gelen heyelanları incelemiştir ve bu heyelanları önleme metodları üzerine araştırmalar gerçekleştirmiştir.

Bozkuş (1999), yaptığı çalışmalarda Karakurt (Kars) yöresinin jeomorfolojik evriminde volkanizma ve tektoniğin etkisi ile ilgili incelemeler yapmıştır.

Campbell (1997), Kaliforniya ve Kuzey Amerika için geliştirdiği azalım denklemini deprem kayıtlarından elde edilen pik yer ivmesinin yatay ve düşey bileşenleri göz önünde bulundurarak revize etmiştir.

Cooper (1984), kesme dayanımının geriye hesaplanması ile ilgili olarak çalışmalar yapmış ve içsel sürtünme açısının sıfır kabul edilmesi ile kohezyonun geriye analizle hesaplanması oluşturacağı sakıncaları incelemiştir.

Çeken (2007), tarafından yapılan çalışmalarda Marmara Bölgesi deprem verileri kullanılarak yeni bir azalım ilişkisi geliştirilmiştir.

Doğu vd. (1989), 23 Haziran 1988 yılında meydana gelen Çatak Heyelanı (Trabzon – Maçka) ile ilgili incelemelerde bulunmuşlar ve heyelanın oluşum mekanizması ile ilgili çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Duman vd. (2009), Türkiye Heyelan Envanteri çalışmaları kapsamında yaptıkları çalışmalarda 1/500.000 Ölçekli Erzurum Paftasını oluşturmuştardır.

Duncan ve Wright (2005), yaptıkları çalışmalarda zemin şevlerinin duraylılığını incelemiştir, şev yenilmelerinin nedenlerini ve duraylılık analiz yöntemlerini araştırmışlardır.

Erdik vd. (2006), Türkiye için yaptıkları probabilistik sismik tehlike analizleri sonucunda, karayolu, demiryolu, kıyı yapıları ve hava meydanları için kullanılmak üzere pik ivme haritaları oluşturmuştardır.

Erentöz (1954), yaptığı çalışmalarda Aras Havzasının jeolojik ve tektonik özelliklerini incelemiştir.

Eşder (1967), Orta Aras depresyon bölgesinin 1/25000 ölçekte detaylı petrol etütlerini gerçekleştirmiştir.

Fredlund (1986), zemin suyunun şev stabilitesi analizlerindeki etkisini karşılaştırmıştır.

Fukushima ve Tanaka (1990), tarafından yapılan çalışmalar Japonya için o dönemdeki en son veriler kullanılarak yeni bir atenasyon denklemi geliştirilmiştir.

Goodman ve Bray (1976) tarafından yapılan çalışmalar devrilme türleri ve devrilme mekaniği incelenmiştir.

Gülkan vd. (1993), yaptıkları çalışmalarla çalışmaları döneme ait en son verileri kullanarak Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nı yenilemişlerdir.

Gülkan ve Kalkan (2002), çalışmaları dönemde meydana gelen yeni depremlere dayanarak Türkiye için yeni bir atenasyon denklemi geliştirmiştir.

Hasgür (1996), yaptığı çalışmalarla deprem risk analizlerinde kullanılan azalim ilişkilerini incelemiş ve Türkiye için de önerilerde bulunmuştur.

Ildır (1995), yaptığı çalışmada Türkiye'de heyelanların dağılımını incelemiş ve Afet Yasası ile ilgili uygulamalar geliştirmiştir.

Joyner ve Boore (1988), Kaliforniya depremleri üzerine yaptıkları çalışmalar sonucunda bu bölge için bir azalım denklemi geliştirmiştir.

Karamanderesi (1970), Kars H49-b3-c2 paftalarının 1/25000 ölçekte detaylı petrol etütlerini gerçekleştirmiştir.

Kayabalı (1995), sismik tehlike analizleri ile ilgili yaptığı incelemelerde deterministik ve probabilistik sismik tehlike analizleri ile ilgili teorik ve uygulamalı çalışmalar yapmıştır.

Kayabalı (2002), güncel tektonik verileri kullanarak Türkiye için yeni bir sismik tehlike modellemesi yapmıştır.

Kayabalı ve Akın (2003), yaptıkları çalışmalarda deterministik yaklaşımlar kullanarak Türkiye için yeni bir sismik tehlike haritası oluşturmuşlardır.

Kayabalı ve Beyaz (2011), Türkiye'nin depremselliği ile ilgili olarak yaptıkları çalışmalar sonucunda Türkiye için yeni bir azalım ilişkisi geliştirmiştirlerdir.

Keller (2000), çevre jeolojisi üzerine yaptığı çalışmalarda, heyelanlar üzerinde suyun etkisini araştırmuştur.

Keskin (1998), Erzurum-Kars Platosu volkaniklerinde yaptığı çalışmalarda çarışma kökenli volkanizmanın volkano-stratigrafisi ve evrimini incelemiştir.

Ketin (1976), tarafından yapılan çalışmalarda San Andreas Fayı ve Kuzey Anadolu Fayı arasında karşılaştırmalar yapılarak, benzer ve farklı yönleri irdelenmiştir.

Kıral ve Çağlayan (1980), yaptıkları çalışmalarda Kars-Ağrı-Taşlıçay civarının jeolojisi ve stratigrafisini incelemiştirlerdir.

Koçyiğit (1983), Doğu Anadolu Bölgesini kapsayan çalışmalarında bölgenin depremsellliğini incelemiştir.

Koçyiğit (1985), yaptığı çalışmalarda tektonik açıdan Karayazı Fayı'ni ve fay mekanizmasını incelemiştir.

Kramer (1996), sismik şev stabilitesi açısından psödo-statik katsayıların seçimi ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

Musallam (1989), yaptığı çalışmalarda Aras Havzası'ndaki ofiyolitik kayaçların jeolojik ve petrografik incelemelerini gerçekleştirmiştir.

Önalp ve Arel (2004), heyelanlar genel özellikleri ve oluşum koşulları bakımından incelemişler ve oluşum mekanizmalarına göre heyelan çeşitlerini ortaya koymuşlardır.

Özbey vd. (2004), yaptıkları çalışmalarda 17 Ağustos Kocaeli ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerine ait deprem verilerinden yola çıkarak Türkiye için bir azalım ilişkisi geliştirmiştirlerdir.

Özşahin (2013), tarafından yapılan istatistikî çalışmalarda Türkiye'de meydana gelen heyelanlar derlenmiş ve Türkiye'nin heyelanlı alanları ve heyelan potansiyeli haritalar ve istatistikî verile ile ortaya konulmuştur.

Öztürk (2002) tarafından yapılan çalışmalarda heyelanlar ve Türkiye'de oluşturdukları etkiler incelenmiştir.

Sabetta ve Pugliese (1987), yaptıkları çalışmalarda İtalya için deprem kayıtlarını kullanarak atenasyon denklemi geliştirmiştir.

Sarsby (2000), çevre jeotekniği üzerine yaptığı çalışmalarda, çevresel etkilerin heyelanlar üzerindeki etkilerini de incelemiştir.

Schuster ve Fleming (1986), yaptıkları çalışmalarda heyelanları verdikleri ekonomik kayıplar ve zararlar yönünden inceleyerek, sosyo – ekonomik etkilerini ortaya koymışlardır.

Sertel ve Şener (2007), Kağızman (Kars) ve çevresinde yaptıkları çalışmalarda yörenin genel jeolojisini incelemiştir.

Sevindi vd. (2004), yaptıkları çalışmalarda Akdam (Kağızman-Kars) Heyelanını ve oluşum mekanizmasını incelemiştir.

Seyrek ve Tosun (2013), yaptıkları çalışmalarda sismik tehlike analiz yöntemlerini kullanarak Türkiye'deki büyük beton barajlar üzerinde deprem etkisini incelemiştir.

Sümengen (2009), tarafından yapılan çalışmalarda 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları kapsamında Kars-H50 paftası oluşturulmuştur.

Şahin (1996), Gölköy (Ordu) civarında yaptığı çalışmalarda Aydoğan ve yakın çevresindeki heyelanları incelemiş ve oluşum mekanizmaları yönünden ortaya koymuştur.

Şaroğlu ve Güner (1979), Tutak Fayı üzerinde yaptıkları çalışmalarda, Fayın neotektonik özelliklerini incelemiştir ve Caldırın Fayı ile olan ilişkisini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır.

Şaroğlu ve Yılmaz (1988), Doğu Anadolu'da yaptıkları tektonikle ilgili çalışmalarında bölgenin neotektonik unsurlarını belirlemiştir ve neotektonik haritasını oluşturmuştur.

Şenalp (1969), yaptığı çalışmalarda Tuzluca (Kars) yoresinin 1/25000 ölçekte detay petrol etüdünü gerçekleştirmiştir.

Taşdemiroğlu (1985), yaptığı çalışmalarda Türkiye'de meydana gelen heyelan ve kaya düşmelerinin dağılış durumunu anlamak için 1600 heyelan ve 200 kaya düşmesini incelemiştir ve Türkiye için bir heyelan ve kaya düşmeleri dağılım haritası hazırlamıştır. Aynı çalışmada ayrıca heyelanların geliştiği kaya türlerini de inceleyerek Türkiye için litoloji ve yaşa göre de bir heyelan dağılımı ortaya koymuştur.

Temiz (2005), Karabük örneği üzerinden giderek coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak heyelan duyarlılık haritaları hazırlanması üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Terzaghi (1950), heyelan mekanizmasını incelemiş ve yaptığı çalışmalarda suyun heyelan malzemeleri ve heyelanın kayma dairesi üzerindeki kayganlaştırıcı etkisini incelemiştir.

Tüysüz (1991), Kazıkkaya (Kağızman – Kars) ve çevresinde yaptığı çalışmalarla bölgedeki plaserlerdeki altın dağılımını ve kökenini incelemiştir.

Ulusay vd. (2004), yaptıkları çalışmalarla Türkiye'deki deprem verileri ve eş ivme haritasını temel alan bir azalım denklemi geliştirmiştir.

Ünsal (2005) tarafından yapılan derleme çalışmalarında Dünyada ve Türkiye'de can ve mal kaybına yol açan önemli heyelanlar incelenmiş ve istatistik bilgiler verilmiştir.

Varnes (1978), yaptığı çalışmalarla heyelan hareket tiplerini ve gelişimini inceleyerek, heyelan analizlerinde ve kontrol çalışmalarında kullanımını araştırmıştır.

Yılmaz ve Sendir (2004), heyelanlar ve nedenleri üzerine çalışmalar yapmışlar ve heyelanları çevresel açıdan incelemiştir.

Yılmaz vd. (1988), Erzurum'un güneydoğusunda yer alan Hınıs, Tekman ve Karayazı civarının jeolojisi ile stratigrafik ve tektonik özelliklerini incelemiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzemeler

2.1.1 Sondaj ve arazi çalışmaları

Projeye ait sondaj çalışmalarına başlanmadan önce, sondajların planlanabilmesi amacıyla araziye gidilerek, yol güzergahının geçtiği kesimler jeolojik, hidrojeolojik ve mühendislik jeolojisi özellikleri açısından incelenmiştir. Bu kapsamda birimlerin arazideki yüzeysel jeolojik özellikleri, bozuşma ve dayanımları ile kazı klasları belirlenmiş, yüzeysel su kaynakları (kuru ve sulu dereler, kaynaklar, heyelan gölleri vb.) tespit edilmiş, heyelanlı birimlerin 2 boyutlu alansal dağılımları ile yüzeysel geometrisi ortaya çıkarılmış ve elde edilen bulgular ışığında, alternatif güzergâhlar araştırılmıştır. Alternatif geçiş güzergâhları da göz önünde bulundurularak, sondaj çalışmaları planlanmıştır.

Sondaj çalışmaları kapsamında toplam 11 adet, toplam 204 m jeoteknik sondaj yapılmıştır. Sondajlardan 2 tanesi ilk planlanan yol güzergahı yakınında ve heyelan içerisinde, 9 tanesi ise yeni belirlenen güzergah yakınında ve heyelan malzemesi içinde yapılmıştır. Tez çalışmasına konu olan aktif heyelanlı kesimlerin km aralıkları ve yapılan sondaj çalışmaları çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Aktif heyelanlı kesimlerin km aralıkları ve yapılan sondajlar

Heyelan Km Aralığı	Heyelan No	Yapılan Sondajlar
82+300 – 82+650	H.0	SK – 20, SK – 21
82+650 – 82+750	H.1	SK – 22, SK – 23, SK – 24
82+750 – 82+900	H.2	SK – 25
82+900 – 83+000	H.3	SK – 26, SK – 28
83+880 – 83+940	H.4	SK – 29, SK – 30, SK – 31

Bu noktadan itibaren tez içerisinde heyelanlardan bahsedilirken yukarıda verilen heyelan numaralandırılması kullanılacaktır. Çizelge 2.1'de Km: 82+300 – 82+650 aralığı H.0 olarak nitelendirilmiştir. Çünkü bu alanda yapılan çalışmalar neticesinde güzergah değişikliğine gidilmiş ve yol heyelanlı alandan çıkarılmıştır. H.0 heyelanı için yapılan güzergah değişikliği ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır. Diğer kesimlerde ise heyelanlı alanlardan uygun yol geçiş şekli için yapılan çalışmalar tek tek açıklanacaktır.

Güzergah üzerinde yapılan sondajlara ait km, kot-koordinat bilgileri çizelge 2.2'de sunulmuştur.

Çizelge 2.2 Arazide yapılan sondajlara ait km, kot-koordinat bilgileri

Sondaj No	Lokasyon (Km)	X	Y	Z (m)	Derinlik (m)
SK – 20	82+350 (90 m KD'da) 82+625 (Eski güzergah)	609053,84	4438148,13	1853,0	20,0
SK – 21	83+915 (185 m GD'da) 83+100 (eski güzergah, 75 m GD'da)	609082,48	4438550,86	1834,0	30,0
SK – 22	82+685 (25 m B'da)	608815,36	4438396,13	1874,7	15,0
SK – 23	82+710 (20 m D'da)	608860,75	4438420,49	1871,0	15,0
SK – 24	82+715 (68 m KD'da)	608430,28	4438909,27	1863,5	20,0
SK – 25	82+830 (13 m KB'da)	608864,90	4438541,25	1876,2	25,0
SK – 26	82+932 (55 m KD'da)	608862,85	4438654,59	1876,3	15,0
SK – 28	82+925 (18 m GD'da)	608929,88	4438621,46	1865,3	15,0
SK – 29	83+905 (20 m KB'da)	609352,66	4439329,84	1841,0	15,0
SK – 30	83+913 (90 m GD'da)	609452,29	4439272,77	1816,3	20,0
SK – 31	83+913 (155 m GD'da)	609502,47	4439232,91	1805,4	14,0

Sondajlarda killi malzeme altında çoğunlukla kıltaşı – marn birimi görülmüştür. Bu kesimlerde iyi karot alınmadığından, formasyonun daha iyi tanımlanabilmesi amacıyla her 1,5 metrede bir TSE standartlarına göre SPT (Standart Penetrasyon Testi) yapılmış ve uygun zeminlerden UD (örselenmemiş) örnekleri alınmıştır. Sondajlarda 134 adet SPT yapılmış, 34 adet UD örneği alınmıştır. Yapılan sondajlardan alınan SPT örnekleri üzerinde zeminlerin indeks özelliklerinin, UD örnekleri üzerinde ise dayanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Yapılan

deneyler ve deney sonuçları ile ilgili özet bilgiler “Laboratuvar Çalışmaları” başlığında sunulacaktır.

Yapılan SPT deneylerine ait sonuçlar ve alınan UD örnekleri toplu olarak çizelge 2.3'tedir.

Çizelge 2.3 Sondajlarda yapılan SPT'lerde elde edilen N değerleri

Derinlik (m)	Sondaj No											
	SK-20	SK-21	SK-22	SK-23	SK-24	SK-25	SK-26	SK-28	SK-29	SK-30	SK-31	
1,5	15	9	14	15	8	11	11	6	7	7	15	
3,0	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	
3,5	18	16	11	26	12	19	23	6	28	12	36	
4,5	22	20	11	19	15	34	57	9	11	11	23	
6,0	21	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	UD	
6,5	-	32	14	5	17	50/10	50/10	18	13	10	27	
7,5	UD	59	42	8	20	50/9	50/10	42	27	24	30	
8,0	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8,5	-	-	-	-	-	-	UD	-	-	-	-	
9,0	47	UD	UD	UD	UD	UD	50/9	UD	UD	UD	UD	
9,5	-	50/11	56	11	11	50/12	-	50/10	66	52	34	
10,5	UD	50/7	50/7	29	55	66	50/10	50/11	50/10	30	47	
11,0	50/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12,0	50/13	50/10	50/10	43	50/7	20	50/7	50/7	50/4	26	53	
13,5	50/14	50/14	50/3	58	50/8	50/8	50/9	50/5	50/5	28	65	
15,0	41	UD	50/3	50/10	50/10	50/3	50/4	50/4	50/7	27	14 m Kuyu Sonu	
15,5	-	17	15 m Kuyu Sonu	15 m Kuyu Sonu	-	-	15 m Kuyu Sonu	15 m Kuyu Sonu	15 m Kuyu Sonu	15 m Kuyu Sonu		
16,5	50/9	50/11			50/7	50/4						
18,0	50/7	41			50/9	50/3						
19,5	50/4	50/9			50/5	50/5						
21,0	20 m Kuyu Sonu	50/7	20 m Kuyu Sonu	25 m Kuyu Sonu	50/7	25 m Kuyu Sonu	20 m Kuyu Sonu	20 m Kuyu Sonu	20 m Kuyu Sonu	20 m Kuyu Sonu		
22,5		50/5			50/3							
24,0		50/4			50/2							
25,5		50/7										
27,0		54										
28,5		50/6	30 m Kuyu Sonu	30 m Kuyu Sonu		30 m Kuyu Sonu	30 m Kuyu Sonu	30 m Kuyu Sonu	30 m Kuyu Sonu	30 m Kuyu Sonu	30 m Kuyu Sonu	
30,0		50/4										
31,5												
33,0												
34,5												

Yapılan sondajlarda yeraltı su seviyesi 2,00 – 13,00 metreler arasında değişmektedir. Sondajlarda ölçülen yeraltı su seviyeleri çizelge 2.4’te verilmiştir. Bu yeraltı su seviyeleri kayma derinliğinin belirlenmesinde de yardımcı olmuştur.

Çizelge 2.4 Sondajlarda ölçülen yeraltı su seviyeleri

Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Yeraltı Su Seviyesi (m)
SK – 20	20,0	3,00
SK – 21	30,0	2,00
SK – 22	15,0	2,00
SK – 23	15,0	3,50
SK – 24	20,0	2,00
SK – 25	25,0	3,00
SK – 26	15,0	7,00
SK – 28	15,0	3,00
SK – 29	15,0	3,50
SK – 30	20,0	3,50
SK – 31	14,0	4,00

Yapılan sondajlarda çoğunlukla üstte killi malzeme ve altında çoğunlukla kıltaşı – marn birimi görülmüştür. Bu kesimlerde iyi karot alınmadığından, formasyonun daha iyi tanımlanabilmesi amacıyla her 1,5 metrede bir SPT yapılmış ve üstteki yumuşak kesim ile alttaki sert kesim arasındaki sınır kesin N sayıları ile saptanmaya çalışılmıştır. Bu sınır çoğunlukla aktif kayma sınırıdır. Aktif kayma sınırlarının belirlenmesinde N değerlerindeki ani değişim dışında, ayrıca kayma derinliği civarında sondajda su kaçakları ve boşluklar belirlenmiştir. Bu özellikler yardımı ile kayma derinlikleri belirlenmiş ve belirlenen kayma geometrisi yardımı ile geri analizler gerçekleştirilmiştir.

Her bir sondaja ait bilgiler “Heyelanlar” ile ilgili açıklamalar içerisinde ayrıca verilecektir.

2.1.2 Laboratuvar çalışmaları

Sondaj çalışmalarında killi malzeme altında çoğunlukla kilit/marn birimi görülmüştür. Kilit/marn içinde iyi karot alınamadığından, bu birimler hakkında sağlıklı fikir edinilebilmesi için karot alınmayan kesimlerde de SPT yapılmaya devam edilmiştir. Dolayısıyla tüm örnekler SPT ve UD örneği şeklindedir. Sondajlardan 134 adet SPT ve 35 adet UD örneği alınmıştır.

33 adet SPT örneği üzerinde birimlerin indeks özelliklerini belirlemeye yönelik olarak elek analizleri, su içeriği ve Atterberg Limitleri deneyleri, 25 adet UD örneği üzerinde ise hem indeks özellikleri belirleme deneyleri, hem de dayanım parametrelerini belirlemek için, üç eksenli ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri ile kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Tüm deneyler TS standartlarına uygun olarak gerçekleştirılmıştır.

Heyelan alanında açılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde yapılan deney sonuçları indeks özellikler açısından incelendiğinde zemin sınıflarının genel olarak CL ve CH, az miktarda da SC çıktıgı gözlenmiştir. Kayma malzemesi içinden alınan numunelerde zemin sınıfları ise CL ve CH sınıfıdır. Killi birimlerde 4 nolu elek üstü malzeme miktarı % 0,0-8,2 arasında, 200 nolu elekten geçen malzeme miktarı %54,3-95,8 arasında, kumlu birimlerde ise, 4 nolu elek üstü malzeme miktarı % 5,3-24,0 arasında 200 nolu elekten geçen malzeme miktarı ise % 15,6-41,5 arasında değişmektedir. Buna göre killi birimlerin çok az bir miktar da olsa kum ve çakıl, kumlu birimlerin ise önemli miktarda kil, bir miktar da çakıl içeriği görülebilmektedir.

Killi örneklerin likit limitleri $LL = \% 29,3-83,5$ arasında, kumlu örneklerin ise, $LL = 26,5-32,5$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Killi örneklerin plastisite indisleri $PI = \% 12,9-49,4$ kumlu örneklerin ise $PI = \% 10,7-16,4$ arasındadır. Bu sonuçlara göre killi malzemeler çoğunlukla orta-yüksek plastik, kumlu örnekler ise düşük plastik özellikler göstermektedir. Killi örnekler oldukça farklı elek aralıklarında olduklarından LL aralığı oldukça genişir.

Örnekler dayanım açısından incelendiğinde kayan malzeme içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre dayanım parametreleri (kohezyon: c_u ve içsel sürtünme açısı: ϕ_u); $c_u = 60 - 78 \text{ kPa}$, $\phi_u = 5 - 12^\circ$ arasında, kesme deneyi sonucu elde edilen rezidüel dayanım parametreleri (kohezyon: c_r ve içsel sürtünme açısı: ϕ_r); $c_r = 0 - 5 \text{ kPa}$, $\phi_r = 10 - 19^\circ$ arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi heyelan malzemesi içinden ve çoğunlukla kayma sınırına yakın kesimlerden alınan numunelerin rezidüel dayanım değerleri, heyelanlar aktif durumda olduklarından oldukça düşük çıkmıştır.

Kayma malzemesi altındaki killi birimlerden alınan örnekler üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı deneylerinde ise dayanım parametreleri $c_u = 69 - 98 \text{ kPa}$, $\phi_u = 6 - 9^\circ$ arasındadır. Yine kayma malzemesi altındaki killi malzeme içinden alınan UD numunesi üzerinde yapılan tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi sonucunda $q_u = 277 \text{ kPa}$ olarak bulunmuştur.

Tüm deney sonuçları genel olarak incelendiğinde, hem arazinin genel yapısı, hem de sondaj deney sonuçları ile uyumlu oldukları görülmüştür. Ayrıca tüm sonuçlar kendi içinde çoğunlukla birbirleri ile de uyumludur.

Yukarıda kısaca incelenen deneylere ait sonuçlar çizelge 2.5'te sunulmuş, eklerde ise ayrıntılı olarak verilmiştir.

Aşağıda özet sonuçları verilen deneyler arasında tez çalışması açısından en önemli kesme kutusu deneyidir. Kesme kutusu deneyi sonucu elde edilen rezidüel kesme dayanımı parametreleri ile geri analizlerden elde edilen kesme dayanımı parametreleri karşılaştırılarak, hesaplama ve analizlerde kullanılacak rezidüel kesme dayanımı parametreleri belirlenmiştir

Bu başlık altında genel olarak irdelenen deney sonuçları, teze konu olan heyelan anlatımları içerisinde daha ayrıntılı olarak her bir heyelanlı aralık için ayrı ayrı irdenlenecektir.

Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları

Sondaj No	Örnek No	Der. (m)	Su İçeği	Elek Analizi		Atterberg Limitleri		Doğal Birim Hacim Ağr. (kN/m ³)	Kuru Birim Hacim Ağr. (kN/m ³)	Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi (kg/cm ²)	Üç Eks. B. Deneyi		Kesme Deneyi					
				No.4 Kalan %	No. 200 Geçen %	LL %	PI %					c kPa	ϕ (°)	Pik	Rezidüel	c kPa	ϕ (°)	Şişme (%)	Şişme Basıncı (kg/cm ²)
SK-21	UD-1	3,00	19,3	4,7	65,1	70,0	41,1	18,28	15,32	CH	-	72	8	-	-	-	-	-	-
SK-21	UD-2	6,00	19,5	0,0	93,1	55,2	27,4	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	UD-3	9,00	25,5	0,0	85,3	67,2	38,8	18,24	14,53	CH	-	60	8	-	-	-	-	-	-
SK-21	UD-4	15,00	17,7	0,0	75,5	52,6	29,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	SPT-12	18,00	19,7	0,0	92,2	57,2	31,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	SPT-16	24,00	22,1	0,0	95,1	54,1	31,0	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-21	SPT-18	27,00	20,1	0,0	92,2	52,6	27,6	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-22	UD-1	3,00	17,2	0,0	84,5	38,1	20,4	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-22	UD-2	6,00	25,7	4,4	66,1	47,1	24,8	18,26	14,53	CL	-	63	7	11	30	2	14	-	-
SK-22	UD-3	9,00	24,1	0,0	91,2	60,1	33,6	18,39	14,82	CH	-	91	6	17,8	32	2	18	1,45	0,151
SK-22	SPT-8	12,00	12,3	5,3	41,5	26,0	10,7	-	-	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	SPT-1	1,50	9,3	5,8	57,3	31,1	14,4	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-1	3,00	23,1	2,2	77,1	51,2	28,5	18,14	14,74	CH	-	62	6	-	-	-	-	-	-
SK-23	SPT-2	3,50	13,6	0,0	94,2	58,2	29,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	SPT-3	4,50	27,3	0,0	92,9	51,5	27,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-2	6,00	20,5	2,5	74,4	44,1	21,8	18,09	15,01	CL	-	-	-	15	30	2	16	0,63	0,072
SK-23	SPT-5	7,50	34,1	0,0	85,2	41,5	21,2	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-3	9,00	33,5	0,0	89,7	40,1	20,0	17,79	13,33	CL	-	-	-	-	-	-	-	0,75	0,081
SK-23	SPT-7	10,50	25,2	0,0	91,5	60,3	33,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SK-23	UD-4	12,00	23,2	0,0	93,1	41,0	20,9	19,25	15,17	CL	-	95	8	-	-	-	-	-	-

Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları (devam)

Çizelge 2.5 Laboratuvar deney sonuçları (devam)

Sondaj No	Örnek No	Der. (m)	Su içeği	Elek Analizi		Atterberg Limitleri		Doğal Birim Hacim Ağr. (kN/m ³)	Kuru Birim Hacim Ağr. (kN/m ³)	Zemin Sıvıtı	Tek Eksenli Basınç Deneyi (kg/cm ²)	Üç Eks. B. Deneyi		Kesme Deneyi		Kons. Deneyi	
				No.4 Kalan %	No. 200 Geçen %	LL %	PI %					c kPa	ϕ (°)	c kPa	ϕ (°)	c kPa	ϕ (°)
SK-28	SPT-4	6,50	9,4	3,6	64,2	32,1	14,9	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-5	7,50	17,3	0,0	90,2	33,2	16,4	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-8	9,50	24,8	0,0	94,1	64,1	34,3	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-
SK-28	SPT-9	12,00	20,8	0,0	92,6	61,2	35,8	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-
SK-29	SPT-1	1,50	19,5	0,0	92,6	57,1	29,5	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-
SK-29	SPT-3	4,50	16,5	0,0	91,5	63,4	37,1	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-
SK-29	UD-2	6,00	19,7	0,0	90,6	42,7	25,2	18,32	-	CL	-	-	-	17	25	3	17
SK-29	UD-3	9,00	24,0	2,7	74,1	37,1	14,9	18,81	15,17	CL	2,77	-	-	-	-	-	-
SK-29	SPT-9	13,50	13,7	2,5	79,1	35,4	16,7	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	UD-1	3,00	12,8	3,8	61,4	39,8	21,6	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	SPT-8	12,00	7,1	15,5	39,2	32,5	16,4	-	-	SC	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	SPT-11	16,50	15,1	0,0	84,1	32,3	15,1	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-
SK-30	SPT-13	19,50	14,3	8,1	58,0	29,3	12,7	-	-	CL	-	-	-	-	-	-	-
SK-31	UD-1	3,00	13,6	2,2	66,0	73,2	41,2	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-
SK-31	SPT-3	4,50	16,9	0,0	81,1	55,1	28,8	-	-	CH	-	-	-	-	-	-	-
SK-31	UD-2	6,00	16,1	0,0	95,2	57,4	32,4	18,24	15,71	CH	-	61	9	-	-	-	-
SK-31	UD-3	9,00	24,1	0,0	92,5	55,2	30,6	18,29	14,74	CH	-	69	8	17	27	5	19

2.2 Yöntemler

2.2.1 Basitleştirilmiş Bishop dilim yöntemi

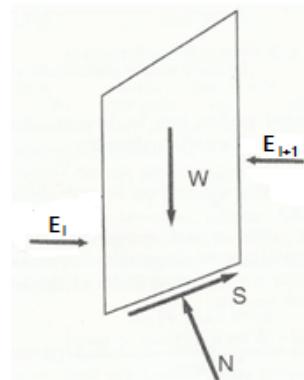
Duraylılık analizleri “Tek Serbest Cisim Yöntemleri” ve “Dilim Yöntemleri” olmak üzere 2 ana başlık altında incelenir. Her iki yöntem “Sınır Denge Analiz Yöntemleri” olarak adlandırılır.

Tek Serbest Cisim Yöntemlerinde; altta varsayılan kayma düzlemi, üstte de şev yüzeyi ile sınırlanan zemin kütlesinin tümü için denge göz önünde bulundurulur. Bu yöntemde denge denklemleri yazılır ve tek serbest cisim için çözülür. Sonsuz Şev Yöntemi ve İsveç Kayma Dairesi Yöntemi tek serbest cisim yöntemine örnek olarak verilebilir (Duncan ve Wright 2005).

Dilim yöntemlerinde ise kayma yüzeyinin üstünde kalan zemin kütlesi belirli sayıda düşey dilimlere bölünmek suretiyle denge denklemleri yazılır ve her bir dilim için bu denklemler çözülür. Dilim yöntemlerine örnekler, Basit Dilim Yöntemi, Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi ve Spencer Yöntemi olarak verilebilir (Duncan ve Wright 2005).

Bu tez çalışmasında yapılan duraylılık analizleri ve geri analizler Slide.v.5.0 programı yardımı ile gerçekleştirılmıştır. Analizlerde Bishop Dilim Yöntemi kullanılmıştır. Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yönteminin mantığı ve güvenlik faktörü hesaplamaları ile ilgili temel bilgiler Duncan ve Wright (2005)'tan özetlenerek bu başlık altında kısaca açıklanmıştır.

Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yönteminde dilim kenarlarındaki kuvvetlerin yatay olduğu (yani, dilimler arasında kesme gerilmelerinin sıfır olduğu) varsayılar. Düşey yöndeki dengeyi sağlamak üzere ve her bir dilimin tabanındaki normal gerilmeyi elde etmeye yönelik olarak düşey kuvvetler toplanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Bishop dilim yönteminde göz önüne alınan kuvvetler

Şekil 2.1'deki dilim için düşey yöndeki kuvvetleri bileşenlere ayırmak suretiyle, düşey yöndeki kuvvetler için (2.1) denklemi yazılır.

$$N \cos \alpha + S \sin \alpha - W = 0 \quad (2.1)$$

Yönü yukarı doğru olan kuvvetler pozitif olarak alınır. Kesme kuvveti kesme dayanımı ve emniyet faktörü cinsinden (2.2) denklemi yazılabılır.

$$S = s \Delta l / F \quad (2.2)$$

Mohr – Coulomb dayanım denklemindeki efektif gerilmeler cinsinden ifade edilen kesme dayanımları için (2.3) denklemi yazılır.

$$S = (I/F) [c \Delta l + (N - u \Delta l) \tan \phi'] \quad (2.3)$$

(2.1) ve (2.3) denklemleri birleştirilip, normal kuvvet (N) için çözülürse (2.4) denklemi elde edilir.

$$N = \frac{W - \left(\frac{1}{F}\right)(c' \Delta l \tan \phi') \sin \alpha}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi') / F} \quad (2.4)$$

Dilimin tabanındaki efektif normal gerilme denklem (2.5) ile ifade edilir.

$$\sigma' = \frac{N}{\Lambda l} - u \quad (2.5)$$

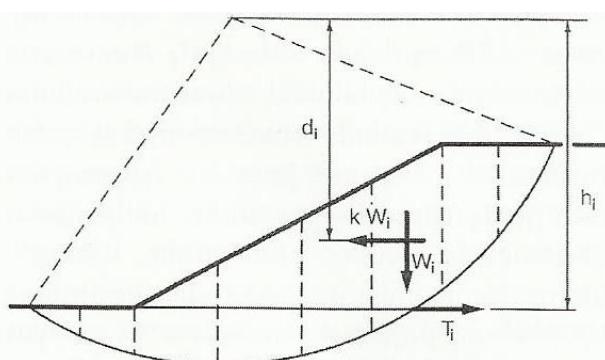
(2.4) ve (2.5) denklemleri birleştirilerek elde edilen denklemi, efektif gerilmeler için daire merkezi etrafındaki momentler denge denkleminde yerine konulmak sureti ile gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra aşağıdaki güvenlik faktörü denklemi yazılabilir.

$$F = \frac{\sum [c' \Delta l \cos\alpha + (W - u \Delta l \cos\alpha) \tan\phi']}{\cos\alpha + (\sin\alpha \tan\phi')/F} \quad (2.6)$$

Aynı formül toplam gerilmeler cinsinden ifade edildiğinde güvenlik faktörü denklemi aşağıdaki gibi ifade edilir.

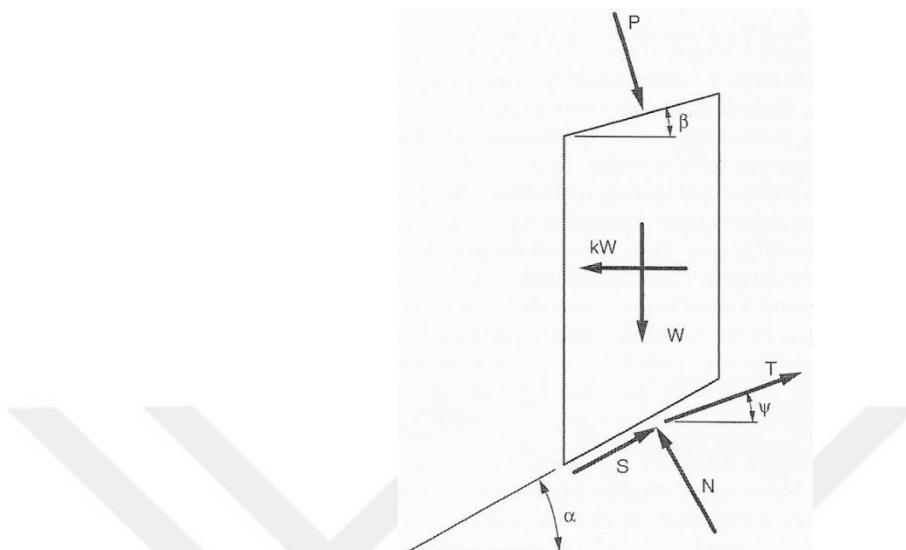
$$F = \frac{\sum \left[\frac{c \Delta l \cos\alpha + W \tan\phi}{\cos\alpha + (\sin\alpha \tan\phi)/F} \right]}{\sum W \sin\alpha} \quad (2.7)$$

(2.6) ve (2.7) güvenlik faktörü denklemlerinde kaydırın kuvvetlerin sadece zemin ağırlığından, direnen kuvvetlerin de sadece kesme dayanımından ileri geldiği kabul edilmiştir. Çoğunlukla şe analizlerinde güvenlik faktörü hesaplamalarına bilinen kaydırın ve direnen kuvvetler ilave olmaktadır (Şekil 2.2)



Sekil 2.2 Bilinen ilave sismik ve donatı kuvvetleri içeren sev

Bu kuvvetler, bir sismik kuvvet (M_n), şev yüzeyindeki su yükleri sebebiyle oluşan bir kuvvet (P) ve dilimin tabanını kesen bir donatı kuvvetini (T) içerir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Bilinen ilave kuvvetler içeren dilim

Sismik kuvvet, k : sismik katsayı olmak üzere (2.8) denklemi ile ifade edilir.

$$M_n = kW \quad (2.8)$$

P kuvveti dilimin tepesine dik olarak etkir ve yatayla β açısı yapar. T kuvveti de yatayla ψ açısı yapacak şekilde etkir ve tüm düşey kuvvetler F_v ile aşağıdaki gibi ifade edilirler.

$$F_v = -P \cos\beta + T \sin \psi \quad (2.9)$$

(2.8) ve (2.9) eşitlikleri 2.7 denkleminde yerlerine yerleştirilirse, Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yöntemi için sismik yükler, güçlendirme ve harici su basınçları gibi bilinen ilave kuvvetleri içerecek şekilde genişletilmiş güvenlik faktörü denklemi elde edilir.

$$F = \frac{\sum \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + [W - (T \sin \psi - P \cos \beta) - u \Delta l \cos \alpha] \tan \phi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi')/F} \right]}{\sum W \sin \alpha - kW/r} \quad (2.10)$$

2.2.2 Dayanımları geriye dönük hesaplama analizleri

Bir şev ya da doğal yamaç kayma şeklinde yenildiğinde, yenilme anında yamaç veya şevdeki koşullarla ilgili olarak önemli bazı bilgiler sağlar ve ayrıca stabilite analiz yöntemlerinin geçerliliğinin kontrol edilmesini sağlar. Şev veya yamaçta yenilme anındaki emniyet katsayısı 1,0 olarak değerlendirilir. Bu bilgiyi uygun bir analiz yöntemi ile birlikte kullanarak, şevin yenildiği an için bir model geliştirmek mümkündür. Model içinde yer alan unsurlar; zeminin birim hacim ağırlıkları ve kesme dayanımı özellikleri, yeraltı suyu ve boşluk suyu basınç koşulları, analiz yöntemi ve yenilme mekanizmasıdır. Böyle bir model yenilmeyi daha iyi anlamaya yardımcı olabilir ve alınması gereken önlemlerin analizi için temel oluşturabilir.

Bir yenilme durumundan koşulları belirleme ve şev için uygun bir modelin ortaya konması işlemine “geri analiz” veya “geriye dönük hesaplama” denmektedir (Duncan ve Wright 2005).

2.2.2.1 Ortalama kesme dayanımının geriye dönük hesaplanması

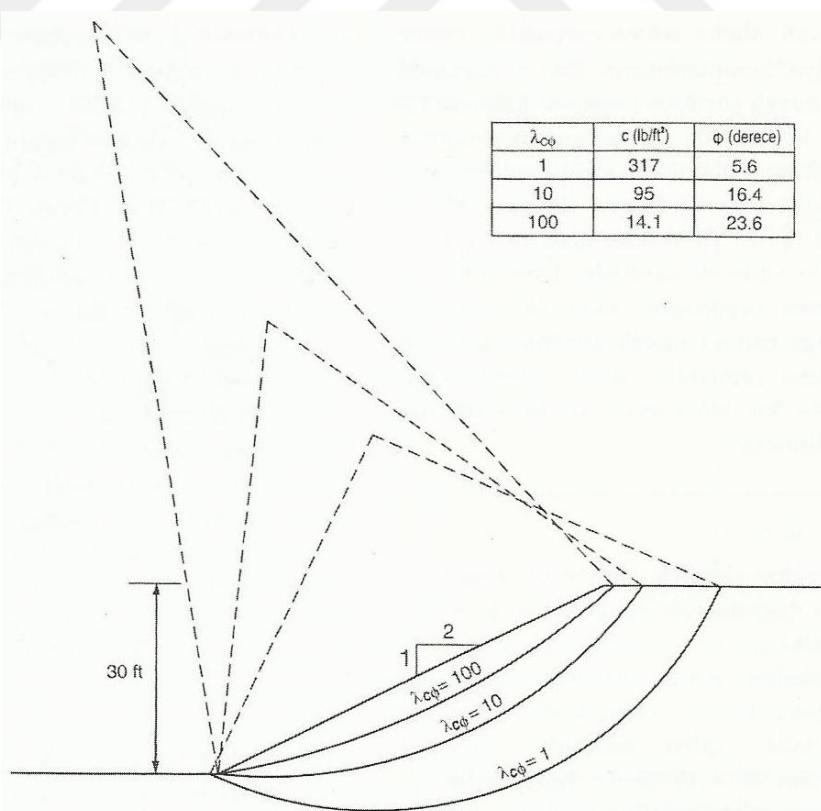
Geri analizlerin en basit şekli, bilinen şev geometrisi ve zemin birim hacim ağırlıklarından ortalama kesme dayanımının hesaplandığı durumdur. Bu işlemde ortalama kesme dayanımının geriye hesaplanabilmesi için; içsel sürtünme açısı sıfır kabul edilerek emniyet faktörünü “1” olarak veren bir kohezyon değeri hesaplanır. Ancak kohezyon olarak ifade edilen ortalama kesme dayanımının hesaplandığı bu uygulama şekli, kesme dayanımının hatalı temsil edilmesine ve istenmeyen sonuçlara yol açar (Cooper, 1984). Eldeki mevcut bilgi sadece şev yenilmesi ise bundan çok daha fazla bir şey yapılamaz. Fakat şevin yenilme zamanına ait olarak kesme dayanımını ve diğer koşulları daha iyi tahmin etmek üzere çoğu zaman daha fazla bilgi mevcuttur.

Eğer şev oluşturulduktan yıllar sonra yenilirse, bu durum için duraylılık analizleri, drenajlı kesme dayanımları ve efektif gerilmeler kullanılarak yapılabilir. Şev inşaat tamamlandıktan kısa bir süre sonra yenilmediği sürece, sürtünme açısı “sıfır” olarak

değerlendirilmez. Deneyimlere dayanarak killerin efektif içsel sürtünme açısı yaklaşık $\phi' = 22^\circ$ olarak ve efektif kohezyonun da (c') düşük bir değer olduğu kabul edilebilir (Duncan ve Wright 2005). Son olarak, gözlemlerden hareketle şevde yenilme zamanındaki sızma koşulları belirlebilir ve buna göre emniyet faktörünü “1” olarak veren efektif kohezyon (c') değeri geriye doğru hesaplanabilir. Bu durumda kohezyon için birkaç değerin varsayılmaması gerekebilir ve sızma koşulları ile yenilme zamanı açısından en uygun efektif kohezyon (c') değeri seçilir (Duncan ve Wright 2005).

2.2.2.2 Kayma yüzeyi geometrisine göre kesme dayanımı parametrelerinin geriye dönük hesaplanması

Herhangi bir şev için emniyet faktörünü “1” olarak verecek sonsuz sayıda kohezyon (c, c') ve sürtünme açısı (ϕ, ϕ') çifti söz konusu olsa da, bu çiftlerin her biri kritik kayma yüzeyi için farklı yerler verecektir. Bu durum basit bir şev için şekil 2.4’te görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.4 Emniyet faktörünü “1” olarak veren üç farklı kesme dayanımı seti için kritik değerler (Duncan ve Wright 2005)

Şekilde 3 kesme dayanımı parametresi seti ve bunlara karşılık gelen kritik daireler gösterilmiştir. Kesme dayanımı parametresi setlerinin her biri için emniyet faktörü “1” olsa da, kritik kayma yüzeyi farklıdır. Şekil.2.6’de gösterilene benzer basit homojen bir şev için kayma yüzeyi derinliği, aşağıda ifade edilen boyutsuz parametre ($\lambda_{c\phi}$) ile ilişkilidir.

$$\lambda_{c\phi} = \gamma H \tan \phi / c \quad (2.11)$$

Burada H : şev yüksekliği, c ve ϕ de uygun toplam gerilme veya efektif gerilme için dayanım parametrelerini temsil eder.

$\lambda_{c\phi}$ değerleri Şekil 2.4’te kesme dayanımı parametreleri ile birlikte verilmiştir. $\lambda_{c\phi}$ artarken kayma derinliği azalmaktadır. $\lambda_{c\phi}$ sıfır olduğu zaman kayma yüzeyi derin ve $\lambda_{c\phi}$ sonsuz olduğu zaman kayma yüzeyi sığdır. Kesme dayanımı parametrelerinin her bir çifti ($c-\phi$ veya $c'-\phi'$) özel bir kayma yüzeyine karşılık geldiğinden; kayma yüzeyinin yeri, şevin yenildiği (yani $F = 1$) bilgisi ile kullanılarak iki kesme dayanımı parametresinin ($c-\phi$ veya $c'-\phi'$) değeri geriye hesaplanabilir (Duncan ve Wright 2005).

Tez çalışmasında, yapılan geri analizler ile arazide yapılan çalışmalar ve sondajlar sayesinde kayma yüzeyinin derinliği ve geometrisi belirlendiği için, kayma yüzeyi geometrisine göre kesme dayanımı parametreleri geriye hesaplanmıştır. Geriye analizler sonucu hesaplanan kesme dayanımı parametreleri ile sondajlardan alınan örnekler üzerinde yapılan kesme dayanımı deney sonuçları karşılaştırılarak en uygun kesme dayanımı parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3. JEOLOJİ

3.1 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi

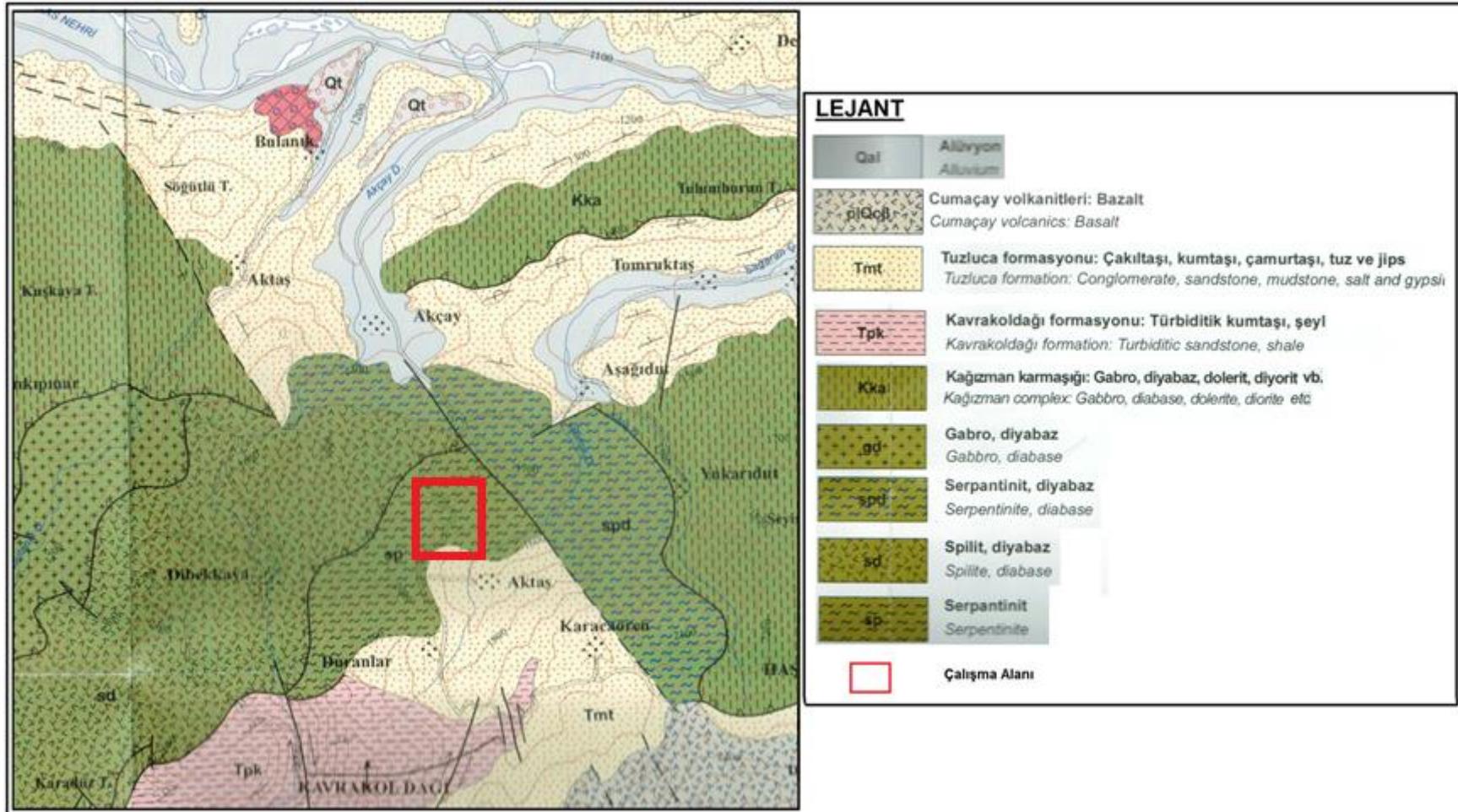
Çalışma alanı ve yakın çevresinde önceki yıllarda çeşitli amaçlarla değişik araştırmacılar tarafından birçok araştırma yapılmıştır (Aktimur vd. 1991, Bozkuş 1999, Erentöz 1954, Eşder 1967-1968, Karamanderesi 1970, Keskin 1998, Kıral ve Çağlayan 1980, Musallam, 1989, Şenalp 1967-1968, Sertel ve Şener 2007, Sümengen 2009, Tüysüz 1991, Yılmaz 1988). Bu çalışma kapsamında da yapılan bu çalışmaların bir kısmından yararlanılmıştır.

Çalışma alanı ve yakın çevresi Anatolid – Torid ile Pontid tektonik birliklerinin arasında doğu – batı yönünde 100 km, kuzey – güney yönünde 10 – 15 km genişliğe varan Aras Nehri Çöküntü Havzası’nda yer almaktadır.

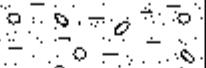
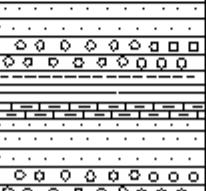
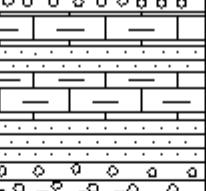
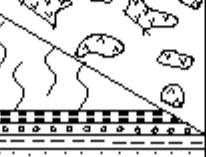
Çalışma alanı ve yakın çevresinde gözlenen jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru aşağıda sunulmuştur.

- Kağızman Karmaşığı
- Kavrakoldağı Formasyonu
- Tuzluca Formasyonu
- Cumaçay Volkanitleri
- Alüvyonlar

Bu birimlerin genel jeolojik özellikleri ile arazi incelemeleri esnasında belirlenen jeolojik ve jeoteknik özellikleri alt başlıklar halinde yaşlıdan gence doğru sunulmuştur. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait 1/100.000 ölçekli genel jeoloji haritası şekil 3.1’de, sütun kesiti ise şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/100.000 ölçekli genel jeoloji haritası (Kars H50 Paftası, Sümengen 2009)

YAŞ		BİRİM	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner	A lüvy onlar		Kil, silt, kum, çakıl
	Üst Miyo sen Pliyo- Kuvaterner	Cumaçay Volkanitleri		Asidik karakterli tüfler ve bazik karakterli bazaltlar
	Oligo-Miyo sen Pliyosen	Tuzluca Formasyonu		Çakıtaşı, kumtaşı, siltaşısı, kilitaşı manzaranaması
	Eosen	Kavraklıdağı Formasyonu		Konglomera, kumtaşı, manzaranaması
				Numulitli kireçtaşı - volkanoklastik kumtaşı olistolitleri ve peridotitler
MESOZOYİK	Jura - Üst Kretase	Kağızman Karmaşığı		Şitler, serpentinit, dunit, harzburjitterden oluşan peridotitler, piroklastik ve yastık lavlarından oluşan volkanitler, kireçtaşı olistolitleri, fış niteliğindeki sedimenter kayaçlar, gabro, tonalit ve granitlerden oluşan intrüzifler
		Aras Kompleksi		

Şekil 3.2 Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Sümengen 2009'dan değiştirilerek alınmıştır.)

3.1.1 Kağızman karmaşığı

Üst Kretase – Eosen yaşlı Kağızman Karmaşığı bölgede ve çalışma alanında temeli oluşturmaktadır. Birim, ofiyolit ve sedimenter kökenli kayaçların tektonik karmaşığı şeklindedir. Birim Kíral ve Çağlayan (1980) tarafından adlandırılmıştır.

Okyanus kabuğu kayaçları, bazik volkanik kayaçlar ve derin deniz çökel kayaçlarının yapısal bir hareketi sonucu oluşmuştur.

Birim gabro, diyabaz, dolerit, diyorit, harzburjıt ve serpentinit vb. kayaçlar ile oluşum esnasındaki flişel derin deniz tabakalarını ve spilit ile pillow lav tekrarlanmaları ile birlikte bulunmaktadır. Ultramafik kayaçlar birbirleri ile ayrıca sedimenter kökenli kayaçlar ile tektonik dokanaklıdır. Formasyon içerisinde yastık lav, pelajik kireçtaşları, yeşil şist fasiyesinden metamorfitler ve kristalize kireçtaşları ile fillit/fillat tabaka ve blokları yaygın olarak bulunmaktadır.

Kağızman Karmaşığı Şenalp (1968), Yılmaz (1988) ve Musallam (1989) tarafından Jura – Üst Kretase yaşı Aras Kompleksi ve Eosen yaşı Çayarası Ofiyoliti olarak iki birimde incelenmiştir.

Aras Kompleksi serpentinit, harzburjıt ve dunitlerden meydana gelen peridotitler, piroklastik ve yastık lavlardan oluşan volkanitler, kireçtaşları olistolitleri, fliş niteliğindeki sedimenter kayaçlar ile oluşan intrüsif kayaçlardan ibarettir. Yeşil şist fasiyesinde metamorfizmeye uğramış komplekste, kromitle birlikte listvenitleşmeye bağlı olarak az miktarlarda altın ve florit cevherleşmeleri gelişmiştir.

Aras Kompleksinin üzerine uyumsuz olarak gelen Lütesyen (Eosen) yerleşim yaşı (Musallam 1989) Çayarası Ofiyoliti Aras Kompleksi'ne nazaran daha tam ve eksiksiz bir istiflenme sunar. Mafik – ultramafik kayaçlar çoğunlukla kümülatlardan oluşmaktadır. Numulitli kireçtaşları – volkanoklastik kumtaşı olistolitleri ve peridotit kayaçları tektonik olarak karışmıştır.

Kağızman karmaşığı çalışma alanında da yaygın olarak mostra vermektedir. Ofiyolitik birimler çoğunlukla yeşil renkli mafik – ultramafik kayaçlardan oluşmaktadır. Yaygın olarak serpentinit, harzburjıt, spilitik bazalt ve kireçtaşlarından oluşan karmaşık içerisinde yer yer piroklastik kayaçlar ve nadiren de gabro ve siyenit mercekleri gözlenmektedir. Ancak birim çalışma alanında yaygın olarak serpentin, spilitik bazalt, harzburjıt, dunit ve piroksenit türü kayaçlardan oluşmaktadır.

Sahada serpantinleşmenin yoğun olduğu bölgeler mevcuttur ve bu serpantinleşmeye bağlı olarak heyelanlar ve kütle hareketleri oluşmuştur. Serpantinleşmenin olmadığı kesimlerde ofiyolitik karmaşık oldukça stabildir ve sarp dağ yamaçlarını oluşturmaktadır. Ofiyolit içerisindeki diyorit, harzburjıt, spilitik bazalt ve piroklastikler oldukça sert dayanımlı ve stabildir. Şekil 3.3'te dik ve sarp, diyoritik karmaşık birimleri ile serpantinleşme sonucu bozuşmuş karmaşık birimlerinin sınır ilişkisi görülmektedir. Harzburjıt ve dunitlerin olduğu kesimler, yoğun çatlaklı ve parçalı durumdan dolayı mekanik aşınmaya, iri taneli erozyona ve molozlaşmaya müsaittir.



Şekil 3.3 Çalışma alanında Kağızman Karmaşığının bozuşmuş ofiyolitik kesimleri ile dik diyoritik kesimleri

3.1.2 Kavrakoldağı formasyonu

Kağızman Karmaşığı'ni diskordan olarak örten, sıçan denizel ortamda çökelmanış ve fliş benzeri yapısıyla dikkat çeken Kavrakoldağı Formasyonu Eosen yaşlıdır (Kıral ve

Çağlayan 1980). Formasyon başlıca türbitik kumtaşı, şeyl, marn ve konglomeralardan oluşur. Tabana yakın düzeylerde karasal fasiyesler içermektedir.

Tabanda kalın bir konglomera tabakası ile başlayan formasyon üsteki doğru kalın kumtaşı, marn ve şeyl tabakalarına geçiş yapar. Üste doğru marn tabakaları kalınlaşır, kumtaşları incelir. Bu istif ardalanma şeklinde devam eder.

Formasyonun genelini oluşturan kumtaşı ve marnlar yeşil renkli, konglomeralar ise kırmızımsı kahve renklidir. Konglomera ve kumtaşlarının elemanları genellikle alttaki Kretase yaşılı yeşil renkli peridotitlerden, gri renkli kireçtaşlarından ve asidik ve bazik intrüziflerden oluşmaktadır.

Marnlı kumtaşı tabakalarında yer yer ripplmark izleri ve 10 – 30 cm genişlik ve 5 – 10 cm uzunlukta konkresyonlar mevcuttur.

Kumtaşları ve marnlar çalışma alanı yakınında gözlenmişlerdir. Çoğunlukla Kağızman Karmaşığı birimleri ile karışmış durumdadırlar ve kontak halindedirler. Özellikle marnlı kesimleri karmaşık içerisindeki serpentinler ile aynı renkte olduklarından uzaktan bakıldıklarında karıştırılabilmektedirler.

Birimin konglomeratik kesimleri yer yer karmaşığa ait birimlerin çakıllarını içerdiklerinden bunlar ile karıştırılabilmektedirler.

Formasyon mükemmel tabakalı, çoğunlukla gri renkli kireçtaşı – kumtaşı – şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Bu ardalanma oldukça düzenli ve mükemmelidir. Kumtaşı ve kireçtaşı üyeleri birim içinde etkin ve sert olduğundan stabil ve adeta duvar gibi dik yamaç ve dağları oluşturmaktadır (Şekil 3.4 – 3.5).

Bazı bölgelerde birimin üzerinde yeşil renkli, ince taneli kumtaşı – silttaşısı ve kalın katmanlı marn bulunmaktadır. Üste doğru tamamen marna geçmektedir. Bu marnlı alanlarda çalışma alanı dışında heyelanlar oluşmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.4 Çalışma alanı yakınında birimin oluşturduğu dik yamaç ve dağlardan bir görünüm



Şekil 3.5 Formasyonu oluşturan sert kumtaşları ve şeyllerin yakından görünümü



Şekil 3.6 Çalışma alanı yakınında marnlar içinde gelişen bir heyelan

3.1.3 Tuzluca formasyonu

Bölgedeki örtü birimleridir. Temel birimler üzerine gelen en yaşlı kayaçlardan oluşmaktadır. Taban ilişkisi uyumsuzdur. Adını tuz işletmelerinin bulunduğu Tuzluca ilçesinden almaktadır ve Eşder (1967-1968) tarafından adlandırılmıştır.

Formasyon tabanda kırmızı – pembe ve alacalı renkli ince çakıltaşı – kumtaşı, çakılı kumtaşı, kumlu kilitaşı ve silttaşısı ile başlar. Birimdeki tanelerin büyük bir kısmını Kağızman Karmaşığı’na ait kayaç parçaları oluşturmaktadır. Formasyonun üst kesimleri silttaşısı – kilitaşı – marn ardalanmalıdır. Bu kesimde jips ve halit oluşumları killi birimlerin arasındadır. Formasyon Oligo – Miyosen – Pliyosen yaşlı olup (Eşder 1967-1968, Şenalp 1968) gölsel – karasal ortamda çökelmıştır. Bazı kesimlerde ofiyolitik kayaçlar tarafından üzerlenirken, bazı alanlarda bu kayaçların üzerindedir. Birim

çöküntü havzasının güney kısımlarında kıvrımlı ve devrik, kuzeyinde ise faylıdır (Şenalp 1968).

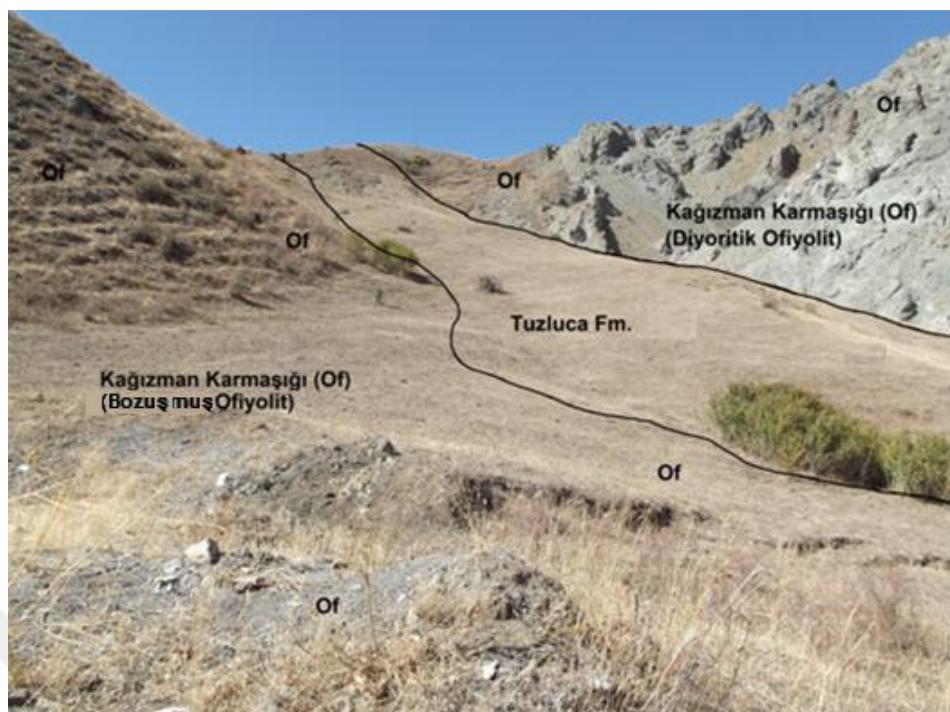
Tuzluca Formasyonu birimleri çalışma alanında etkin olarak kırmızı rengi ile dikkat çekmektedirler. Kırmızı renkli killi, kumlu, siltli birimler içinde aynı şekilde dikkat çekici yeşil-açık gri renkli kumlu, çakılı az pekişmiş kumtaşları ve konglomeralar vardır. Formasyon Kağızman Karmaşığı kontağında iri taneli belirli bir katmanlanması gözlenemeyen yeşil-boz sarı renkte çakıltaşları ile başlar, üste doğru kırmızı renkli killi kalın kütle çamurtaşlarına geçiş yapar.

Bu birimler bölgede Tuzluca Formasyonu olarak adlandırılmışlardır (Eşder 1967-1968). Tuzluca Formasyonu jipsli olup, içinde kaya tuzu işletmeleri mevcuttur. Çalışma alanı yakınında tuz işletmesi yoktur, ancak; Kağızman dolaylarında mevcuttur.

Formasyona ait birimler çalışma alanında fazla yaygın ve kalın değildirler. Sadece yüksek dağ aralarında aşınmalardan arta kalan 1 – 2 km²'lik bölgeler halinde bulunan artık kütleler olarak gözlenmiştir. Bu kütleler bulundukları yerde çok kalın değildirler. Temel kayanın üst kesimleri ile de karışmış kontaklar halindedir (Şekil.3.7).

Bu birim çoğunlukla killi olduğundan, tabandaki kayadan veya üstteki genç birimlerden su aldığında duraysız hale geçmekte ve heyelanlar oluşturmaktadır.

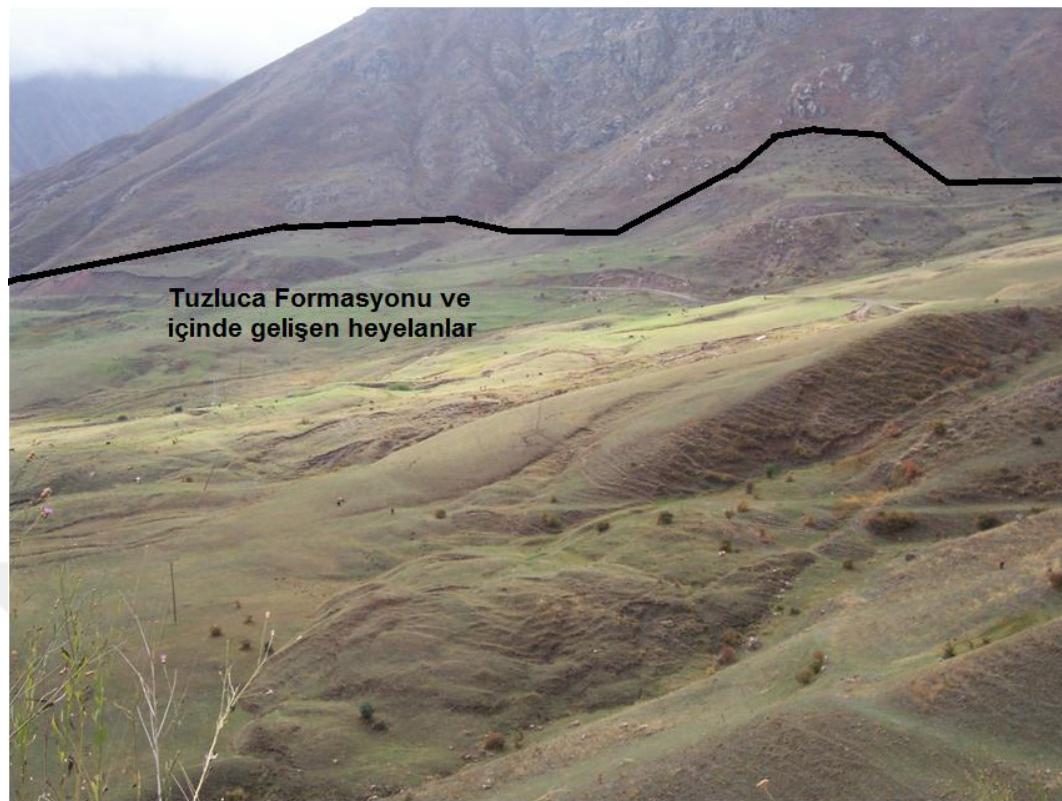
Çalışma alanında Kavraklı Dağı Formasyonu ile Tuzluca Formasyonu sınır ilişkisi ve formasyon içerisinde gözlenen heyelanlı alanlar şekil 3.8'de, çalışma alanında Km: 82+650-83+000 arasında, formasyon içerisinde gelişen heyelanlar şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.7 Çalışma alanında Kağızman Karmaşığı ile Tuzluca Formasyonu sınırı



Şekil 3.8 Çalışma alanında Kavrakoldağı Formasyonu ile Tuzluca Formasyonu sınır ilişkisi ve Tuzluca Formasyonu içinde gözlenen heyelanlar



Şekil 3.9 Çalışma alanında Km: 82+650-83+000 arasında Tuzluca Formasyonu ve içinde gelişen heyelanlar

3.1.4 Cumaçay volkanitleri

Bölgедe etkin olan volkanizma geniş yüzlekler kaplamaktadır. Üst Miyosen'de Eleşkirt ve Horasan'da başlayan ortaç ve asidik karakterli volkanizma, alkali olivin karakterindedir. Kağızman ve civarındaki Pliyo – Kuvaterner yaşılı volkanizmada önce asidik karakterli tüfler ve sonra bazik karakterli lavlar gelişmiştir. Volkanizmanın kökeni plaka ortası manto yükselimi (riftleşme) olarak benimsenmiştir. Son evre kalk – alkali karakterde strato volkanlar olarak tamamlanmıştır. Aras Nehri kenarlarında çok iyi soğuma çatlakları gözlenir (Kıral ve Çağlayan 1980).

Volkanik birimlere çalışma alanında rastlanmamıştır. Ancak, tez konusunu oluşturan güzergahın, çalışma alanı dışındaki kesimlerinde çoğulukla beyazımsı renkli tüfler (Şekil 3.10) ve sarımsı kahvemsi renklerde aglomeralar (Şekil 3.11) bulunmaktadır.



Şekil 3.10 Çalışma alanı dışında ilgili yol üzerinde açılmış bir yarmada (Km: 58+800 civarında) gözlenen beyazımsı renkli tüflerden bir görünüm



Şekil 3.11 Çalışma alanı dışında gözlenen sarımsı kahve renkli aglomeralardan bir görünüm

3.1.5 Alüvyon

Alüvyonlar bölgenin en genç birimleridir ve diğer formasyonlar üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar. Aras Nehri ve kolları tarafından biriktirilmiş kum, çakıl ve kil boyutlu tutturulmamış bileşenlerden oluşmuşlardır.

Çalışma alanı civarında Aras Nehri'nin önemli bir kolu olan Akçay Deresi bulunmaktadır. Çalışma alanındaki alüvyonlar Akçay Deresi ve küçük kolları tarafından biriktirilmiştir.

3.2 Yapısal Jeoloji, Tektonik ve Paleocoğrafya

Tez çalışmasına konu olan Doğu Anadolu'nun bu kesimi Pontid, Anatolid ve güneyde Torid birliklerinin birbirine yaklaşığı sahaları temsil eder. Çalışma alanı ve yakın çevresi Anatolid birligine tekabül etmektedir. Erzincan ve Erzurum'dan geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun sık sık vuku bulan depremler nedeniyle Aras ve Kağızman çöküntü hatları ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Sertel ve Şener 2007).

Bölgede normal faylar mevcut olmakla birlikte net olarak görülebilen şaryajlar tespit edilememiştir. Bölgenin en eski formasyonları Kretase ile başlar. Genellikle bu formasyonlarla birlikte bulunan yeşil renkli ofiyolitik birimler bölgenin en eski ve başlıca karışık tektoniğini oluşturur. İlk orojenik hareket ve kıvrılmalar, Üst Kretase kalker ve marnları ile Eosen flişleri üzerinde görülmektedir (Şaroğlu ve Yılmaz 1988).

Üst Kretase kalkelerinin toplu ve tekdüze olarak en iyi gözlendiği kesim Kağızman İlçesinin Kötek Bucağı çevresindedir. Üst Kretase kalkeleri genel olarak NE – SW doğrultusunda, güneye yatımlıdırular ve dar küçük kıvrımlara da sahiptirler. Tabakalar pek çok yerde faylı ve kırıklıdır. Bu kalkelerin kuzeyinde, granit batolitine yaklaşıkça ve güneyde Eosen tabakalarına doğru yatımlar fazlalaşmaktadır ve kontak bölgeleri fayla ayrılmaktadır. Tabakalar arasındaki uyumsuzluklar ve kırıklıklar Aras Nehri'ne doğru fazlalaşmaktadır. Kağızman Kompleksi içinde bulunan Üst Kretase kalkeleri, kompleks

üstünde ve içinde lambo, ekay ve lantiy şeklinde bulunurlar. Serpentinler tabakalaşmış, bazı yerlerde ezilmiş ve milonitizedir. Kompleksin hakim tabaka doğrultuları Aras Nehrine uyumlu olarak GD – KB'dır ve yatımları da kuzeye doğrudur (Şaroğlu ve Yılmaz 1988). Paleosen ve Eosen Formasyonları da faylı ve ötelenmeli zonlar grubundadır. Bunlar arasında Aras Nehri güneyinde flişler kısmen sakin ve normal kıvrımlar içermektedirler. Bölgede Paleosen ve Eosen dönemi Alpin hareketlerinin şiddetli olduğu kesim olarak Kötek Penceresi gösterilebilir. Burada Üst Kretase kalkerleri üzerine diskordan olarak gelen Eosen Formasyonları altta bir konglomera ve üstे doğru bir fliş manzarası arz eder. Tabakaların genel doğrultuları KD – GB, yatımları ise $20 - 70^{\circ}$ arasında GB'ya doğrudur. Eosen sonu veya Oligosen'de bölgede önemli tektonik hareketler sebebiyle bugünkü hidrografya ve morfoloji ana hatları bir graben halinde resmedilmiştir. Büyük fayların teşekkülü ile çöküntü havzalarının bu devreler sonrasında meydana gelmesi ve muhtemelen Pasinler ve Kağızman grabenlerinin oluşması bölgenin bu gürkü halini kazanmasına sebep olmuş ve muazzam andezitli erüpsiyonlar meydana gelmiştir (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Sümengen 2009).

Eosen tabakaları üzerine uyumsuz olarak gelen tuzlu ve jipsli Oligo – Miyosen tabakalarında oldukça karışık kıvrımlar ve ötelenmeler gözlenmektedir. Bu formasyonlar Kötek – Kağızman bölgesinde yaklaşık yatay iken, buradan Aras Nehrine doğru uzaklaşıkça $5 - 10^{\circ}$ yatımla izoklinal olarak güneye dalarlar ve Aras Nehri iki yakasında kırıklı, faylı ve ters dönmüş özellikte ve yer yer dar ölçekli kıvrımlar halinde Kağızman Tuzlası'na kadar uzanırlar. Jips ve tuz yatakları ile birlikte kil, marn, kumtaşısı ve kalker yatakları burada da aynı şekilde kırıklı, faylı ve kıvrımlanmalıdır (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Koçyiğit 1985).

Bölgede gözlenen Neojen birimleri kuzey ve güneyde volkanik mostralara sınırlandırılmış grabenler içerisinde sıkışıp kalmışlardır. Neojen birimleri bölgedeki ana doğrultu olan Aras Havzası doğrultuludurlar (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Koçyiğit 1985).

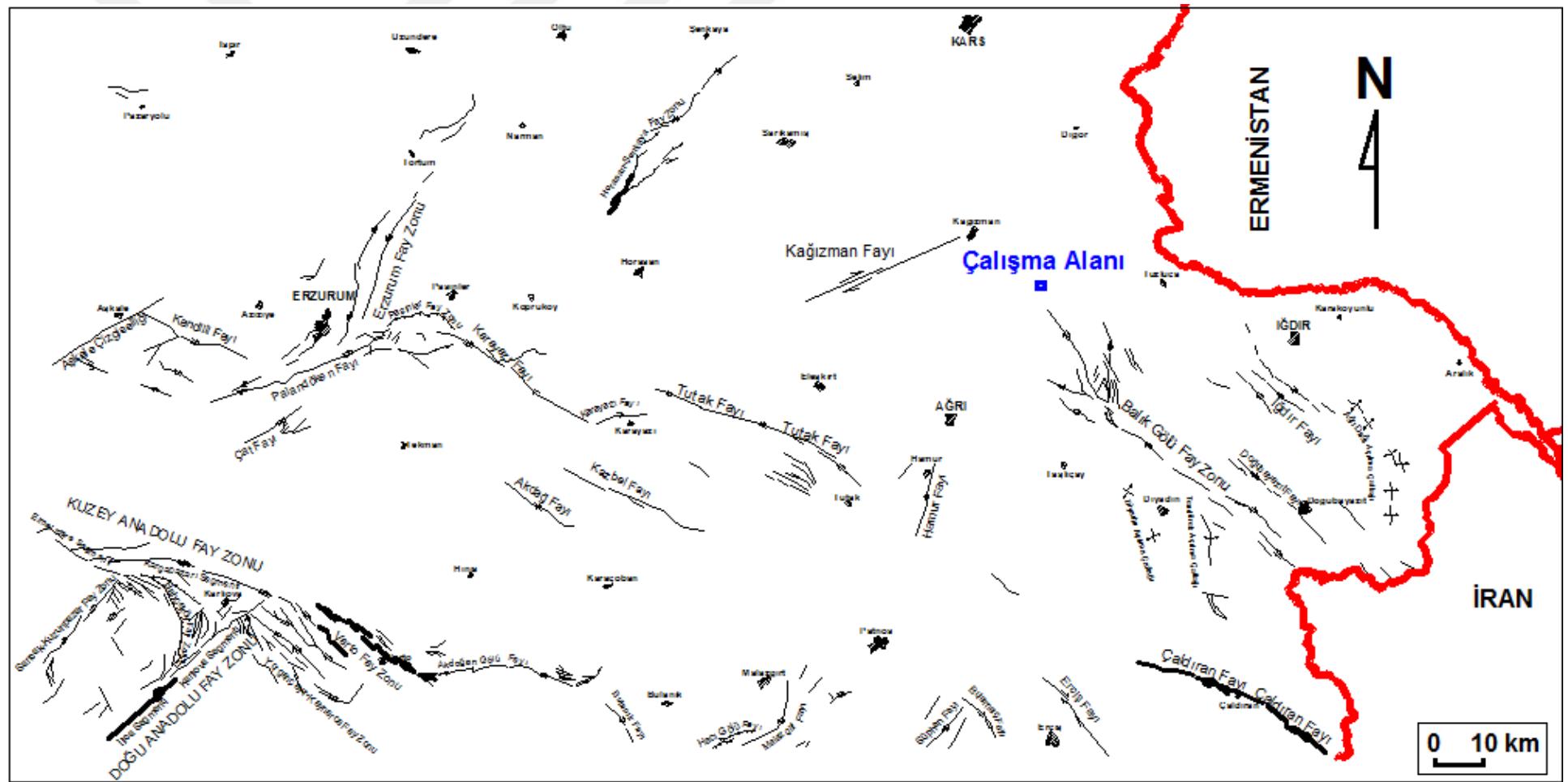
Bölgede Oligosen'le birlikte uzun bir karasal dönem ve Pliyosen'den itibaren yükselme ve soyulma safhası başlamıştır. Halen 1400 – 2500 m arasındaki rakımlarda bulunan bölgede Neojen sahası, yükselme esnasında, eski çöküntü havzalarına uygun olarak

çökmesine devam etmiş ve bu suretle öncekilere ek olarak yeni çöküntü havzaları oluşmuştur. Bölgede günümüzdeki depremlerin sebebi bu çöküntülerdir. Yükselme ile başlayan soyulma döneminde halihazırda hidrografia ürünleri oluşmaya başlamıştır. Geniş akarsuların oluşturduğu alüvyon yatakları, bugün Aras Nehri seviyesinden 50 – 200 m yükseklikte gözlenen taraçaları oluşturmuşlardır. Bunların en önemlisi Kağızman birikinti konisidir. Bu taraçaların yerel termal sularla karışması ile de travertenler oluşmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz 1988, Koçyiğit 1985).

Çalışma alanı ve yakın çevresini içine alan bölgede Doğu Anadolu Fayı ile Ermenistan arasındaki alanda birbirine paralel olarak gelişmiş KD – GB doğrultulu, sol yönlü ve ters bileşenli faylar ve Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Karlıova – Muradiye arasındaki alanda KB – GD doğrultulu kısa uzunluklara sahip sağ yönlü doğrultu atımlı faylar bulunmaktadır. Karlıova ile Ermenistan arasındaki bölgede Aşkale Çizgiselliği, Çat Fayı, Erzincan’ın hemen kuzeybatısından başlayan ve 150 km doğuya doğru devam eden Akdağ Fayı, Çat civarından başlayan Erzurum, Dumlu, Tortum ve Oltu boyunca uzanan ve içerisinde Çat Fayı ile Palandöken Fayı’nı da alan Erzurum Fay Zonu ile Horasan ile Şenkaya arasında uzanan Horasan-Şenkaya Fay Zonu ve Kağızman’ın güneybatısındaki Kağızman Fayı yer almaktadır (Gülkan vd. 1993). Karlıova ile Muradiye arasındaki bölge ise 100 km uzunlukta Balıkgölü Fayı ve ona paralel uzanan İğdır Fayı, 55 km uzunlukta Çaldırıran Fayı, 50 km uzunlukta Doğubeyazıt Fayı, 50 km uzunlığında Tutak Fayı ve 85 km uzunluktaki Karayazı Fayından oluşur (Gülkan vd. 1993).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde uzaklık bakımından en önemli tektonik unsurlar Kağızman Fayı ve İğdır Fayı’dır. Kağızman Fayı, Kağızman ile Karayazı arasında Aras Nehri’ne yaklaşık paralel, KD – GB doğrultusunda devam eden, sol yanal atımlı transform bir faydır. İğdır Fayı ise, İğdır’dan başlamakta ve Tuzluca İlçesi sınırlında Ermenistan topraklarına geçerek devam etmektedir. Fay, sağ yanal atımlı bir transform faydır ve Aras Nehri yatağına yaklaşık dik gelişmiş olup KB – GD gidişlidir (Koçyiğit 1985).

Çalışma alanı ve yakın çevresinin aktif tektonik haritası şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12 Çalışma alanı ve yakın çevresinin aktif tektonik haritası (Şaroğlu ve Yılmaz 1988)

3.3 Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, birbirine kısmen paralel olarak KD – GB doğrultusunda uzanan ve bölgedeki büyük yüzey sularının aralarında bulunduğu dağ silsileleri, sahayı kısmen birbirinden farklı ve çeşitli ünitelere ayırmıştır. Bu nedenle alanın hidrografyası, jeomorfolojisi ve tektoniği arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bölge yaklaşık K – G uzanımlı dağlar ve bunlar arasındaki platolardan oluşmaktadır. Oldukça sarp ve yüksek rakımlı olan bölge güneyden Aras Güneyi Dağları, kuzeyden ise Güllü Dağları ile çevrilidir. Bölgedeki en yüksek zirveler 3138 m yükseklikteki Aladağ ve 3231 m yükseklikteki Kızılcaziyat Dağı'dır. Bölgedeki sıradaglar genellikle Aras Nehri yatağı ile uyumlu olarak KD – GB doğrultuludurlar.

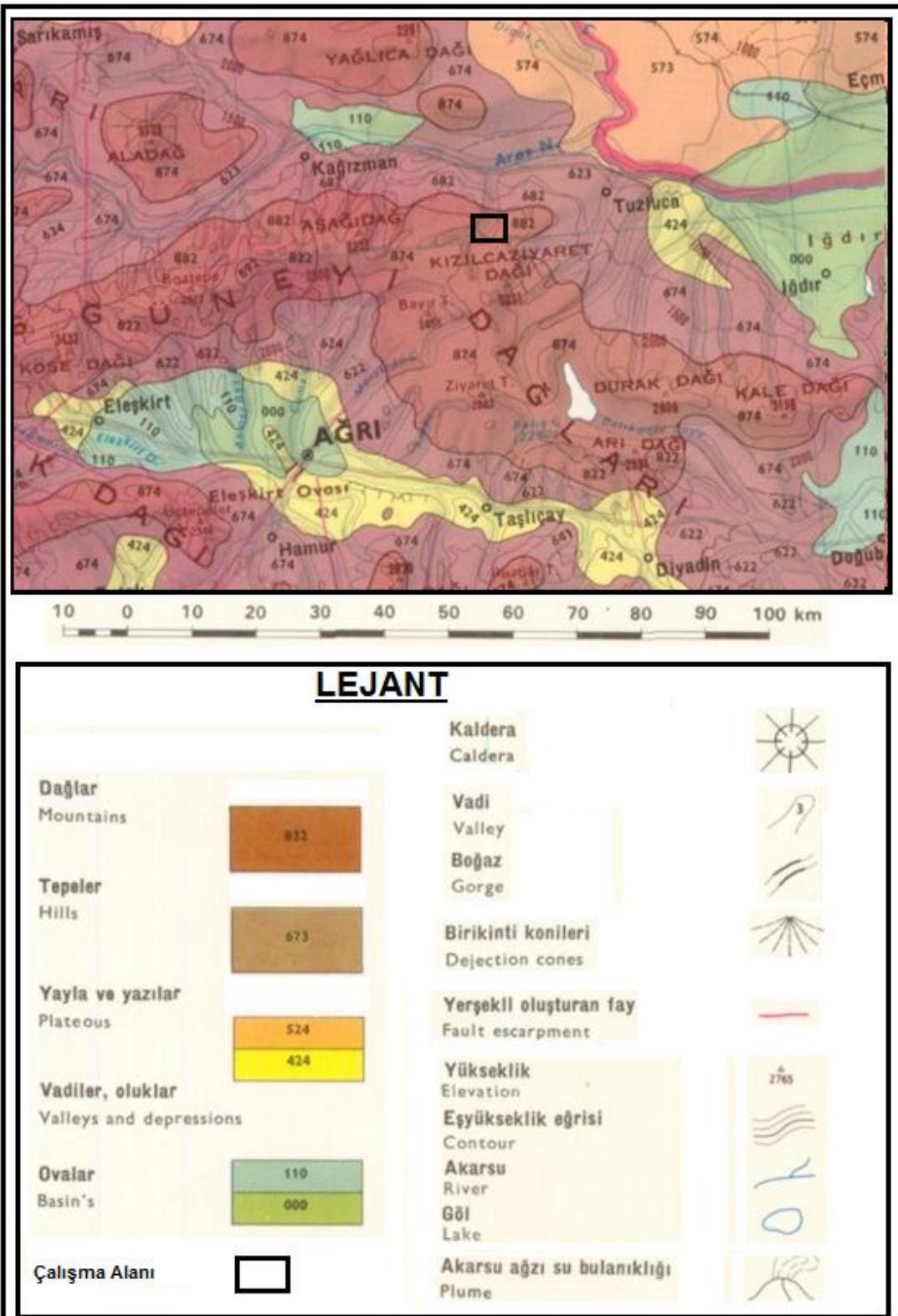
Bölgemin ve çalışma alanının en önemli yüzey suyu Aras Nehri'dir. Aras Nehri kuzey ve güney sıradagları arasında bazen geniş alüvyonlar içerisinde, bazen de dar bazalt akıntılarını yararak akmakta ve pek çok menderes çizmektedir. Aras Nehri yatağı Oligo – Miyosen tabakaları içerisinde oldukça genişlemekte, Kağızman Tuzlası'ndan itibaren bu genişleme daha da artmakta ve nehir, Tuzluca İlçesi yakınlarında ülke sınırları dışına çıkmaktadır.

Bölgemin en düşük rakımlı kesimleri Kağızman ve Tuzluca düzlükleridir. Kağızman düzluğu 1400 m, Tuzluca düzlüğü ise, 975 m rakımındadır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde en yüksek noktalar 2753 m yükseklikteki Karakol Dağı, 2446 m yükseklikteki Karataş Tepe, 2352 m yükseklikteki Ortasaribaba Tepesi ve 1974 m yükseklikteki Karakız Tepesidir.

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki en önemli yüzey suları Gömik Deresi, Petek Deresi ve Kale Dere ile bu derelerin yan kollarıdır. Bu dereler yükseltiler arasında vadiler ve menderesler oluşturarak ilerlemekte ve araziyi parçalı bir görünüm sokmaktadır.

Çalışma alanı ve yakın çevresine ait jeomorfoloji haritası şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13 Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası (Anonim 1991)

3.4 Çalışma Alanı ve Çevresinin Hidrojeolojik Özellikleri ile Heyelanlarla İlişkileri

3.4.1 Yüzey sularının heyelanlar ile ilişkisi

Bölgemin en büyük yüzeysel suyu Aras Nehri'dir. Çalışma alanı yakınındaki en önemli yüzey suyu ise Akçay Deresi'dir. Akçay Deresi'nde yaz mevsimlerinde azalmakla birlikte her mevsim su bulunmaktadır. Tez çalışmasına konu olan heyelanlı arazide en önemli yüzey suyu Akçay Deresi'nin bir kolu olan Turbeyayla Deresi'dir. Turbeyayla Deresi'nde her mevsim düşük debili de olsa su bulunmaktadır. Turbeyayla Deresi çalışmaya konu olan Km: 82+650 – 83+000 arasındaki kesimde, malzemenin topuğunu aşındırarak, heyelanların oluşmasına neden olan etkenler arasına girmektedir (Şekil 3.14)

Bu dereler dışında çalışma alanı ve yakın civarında küçük kuru dereler, sızıntılar ve kaynaklar ile heyelan gölleri yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 3.15 – 3.16).



Şekil 3.14 Bölgedeki heyelanların nedenlerinden biri olan topuk aşındırmasına bir örnek; çalışma alanında Turbeyayla Deresi ve topuk aşındırması



Şekil 3.15 Bölgedeki heyelanlar içinde gözlenen küçük heyelan gölleri



Şekil 3.16 Çalışma alanında gözlenen heyelan gölleri

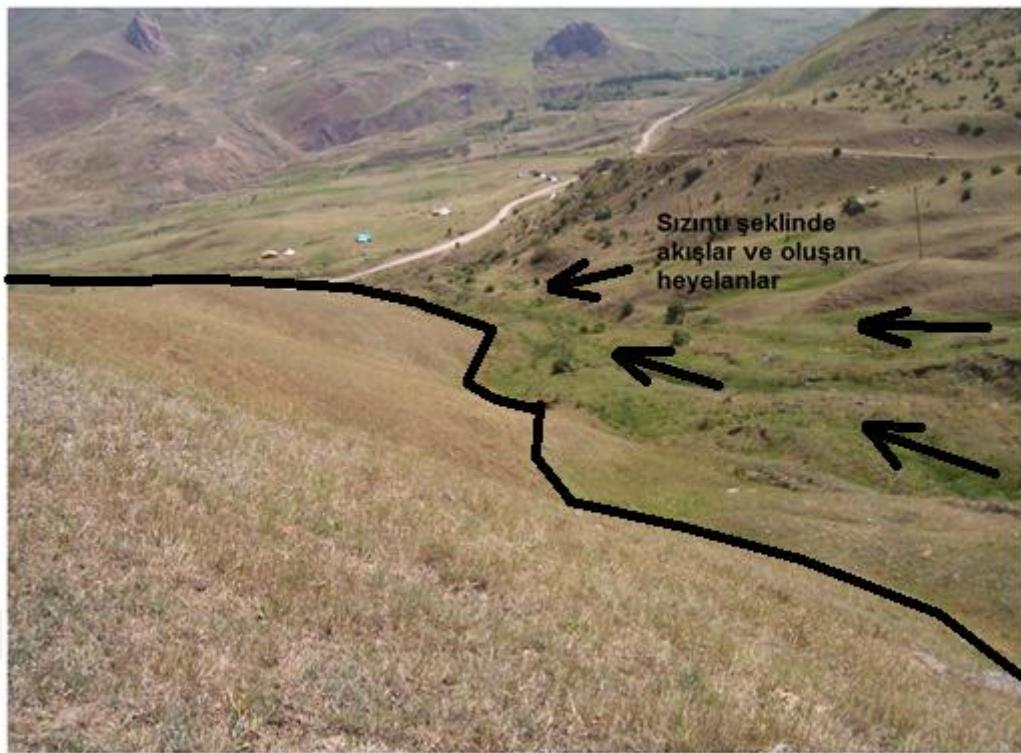
3.4.2 Yeraltı sularının heyelanlar üzerine etkileri

Çalışma alanı ve yakın çevresi gerek yüzey suları, gerekse yeraltı suyu açısından zengindir.

Bölge aşırı yağış almamasına rağmen yağışlar buharlaşmanın en az olduğu dönemlerde oluşmaktadır. Ayrıca, bölgenin topografik olarak yüksek olmasına bağlı olarak hava çoğunlukla soğuk ve serin olduğundan fazla buharlaşma olmamaktadır. Dolayısıyla yağışlar ya yüzeysel akış olarak görülmekte ya da yeraltına sızmaktadır. Özellikle kar şeklindeki yağışlar, yavaş bir rejim ile yeraltına sızma imkanı bulmaktadır. Bölgedeki dağlık yapı belki iyi bir akifer özelliğinde değildir; ancak, arazinin çatlaklı, kırıklı ve ezik yapısı sürekli sızıntı yapabilecek yeraltı suyu bulundurmaktadır. Bu yeraltı sızıntı suları sık sık yüzeysel kaynaklar oluşturmaktadırlar. Sonuç olarak bölgedeki akışlar, belki yüksek debili değildir fakat, yaygın olarak sık su kaynakları ve sızıntılar oluşturmaktadır. Bu sızıntılar birikip çevre derelerde yaklaşık 1 – 2 lt debili dere akışları meydana getirmektedir. Dağlardaki bu sürekli sızıntı su akışı tez çalışmasına konu olan heyelan bölgelerinde oldukça fazladır. Heyelan bölgelerinin killi zeminleri bu su ile yüzeye veya derinde temas ettiklerinde stabilité problemleri başlamaktadır (Şekil 3.17). Özellikle bazı alanlarda tarımsal sulama amaçlı olarak araziye dağıtılan su nedeniyle bu killi alanlar suya doyurulmaktadır. Bu durumda killi malzemenin dayanımı düşmekte ve yeraltısu tablasının yükselmesi ile de efektif gerilme düşmektedir. Bu durum stabilitenin bozulmasını daha da hızlandırmaktadır.

3.4.3 Birimlerin hidrojeolojik özellikleri ve heyelanlarla ilişkileri

Kağızman Karmaşığı'na ait ofiyolitler, yeraltı suyunu öncelikle çatlakları vasıtası ile tutmaktadır. Eğer birim sık çatlaklı ve ezik halde ise çatlak suları açısından oldukça zengin olmaktadır. Nitekim çalışma alanındaki dağlık parçalı arazide ofiyolitik dağ yamaçları, derin vadi dipleri ve bazen zirvelerde sıklıkla ve çoğunlukla sızıntı şeklinde az suyu olan yüzeysel kaynaklar bulunmaktadır. Çatlaklar arasında gözlenen bu su, özellikle serpentinli kesimlerde malzemenin bozusmasına, dayanımının düşmesine ve efektif gerilmenin azalmasına neden olarak heyelanlara neden olmaktadır.



Şekil 3.17 Çalışma alanında heyelanlara neden olan etkilerden biri olan sızıntı akışın yüzeydeki yansımıası ve neden olduğu heyelanlar (Oklar akış yönünde)

Kavrakoldağı Formasyonu yeraltı suyunu daha çok flişlerin tabaka kontakları arasında zaman zaman görülen konglomeratik seviyelerde bulundurmaktadır ve ofiyolitlerde olduğu gibi küçük kaynaklar ve sızıntılar ile suyunu dışarı vermektedir. Birimin çatlaklarında kendine yer bulan su varlığı malzemenin özellikle killi birimlerinde (marn, kultaşı vb.) bozusmasına ve efektif gerilmenin ve dolayısıyla dayanımın düşmesine neden olmakta ve böylece heyelanların oluşmasına etki etmektedir.

Oligo – Miyosen yaşı Tuzluca Formasyonu birimleri, kırmızı renkli killer ile onların arasındaki kumlu – siltli seviyeler şeklindedir. Kumlu – siltli seviyeler su bulundurma potansiyellidir. Birim içindeki su varlığı killi ve jipsli seviyelerde kaymaya neden olmaktadır.

Volkanik birimler, bölgede yaygın olarak bazalt şeklinde görülmektedirler. Bazaltik arazide yeraltı suyu birimin çatlakları boyunca gözlenmektedir. Bu derin çatlakların faylar ve ezik zonlar şeklinde yüzeye ulaşması ile yüzeysel kaynaklar oluşmaktadır. Yer

yer yüksek dağların eteğindeki derin vadilerde, dağ kütlesi içindeki sızıntı sular yüzeye çıkabilmektedir.

Eğer volkanizma bir – iki evrede gelişerek tuf – bazalt tekrarlanması oluşturmuş ise, derindeki tüfler üstteki bazalt çatlaklarından gelen suları sisdirmediğinden bu suları yüzeye vermektedir. Yer yer genç bazaltların altında geçirmsiz marn – kil türü seviyeler bulunmaktadır. Böyle alanlarda da yine aynı şekilde bazaltların çatlaklarından su yüzeye çıkmaktadır. Çatlaklar arasında gözlenen su özellikle tüflü kesimlerde bozuşmanın gelişmesini hızlandırarak ve dayanımı düşürerek heyelan ve kaymalara neden olabilmektedir.

Alüvyonlar kumlu – çakılı ve killi birimlerden oluşmaktadır. Topografik olarak düz kesimlerde ve dere içlerinde zengin yeraltı suyu bulundurma potansiyeline sahiptirler.

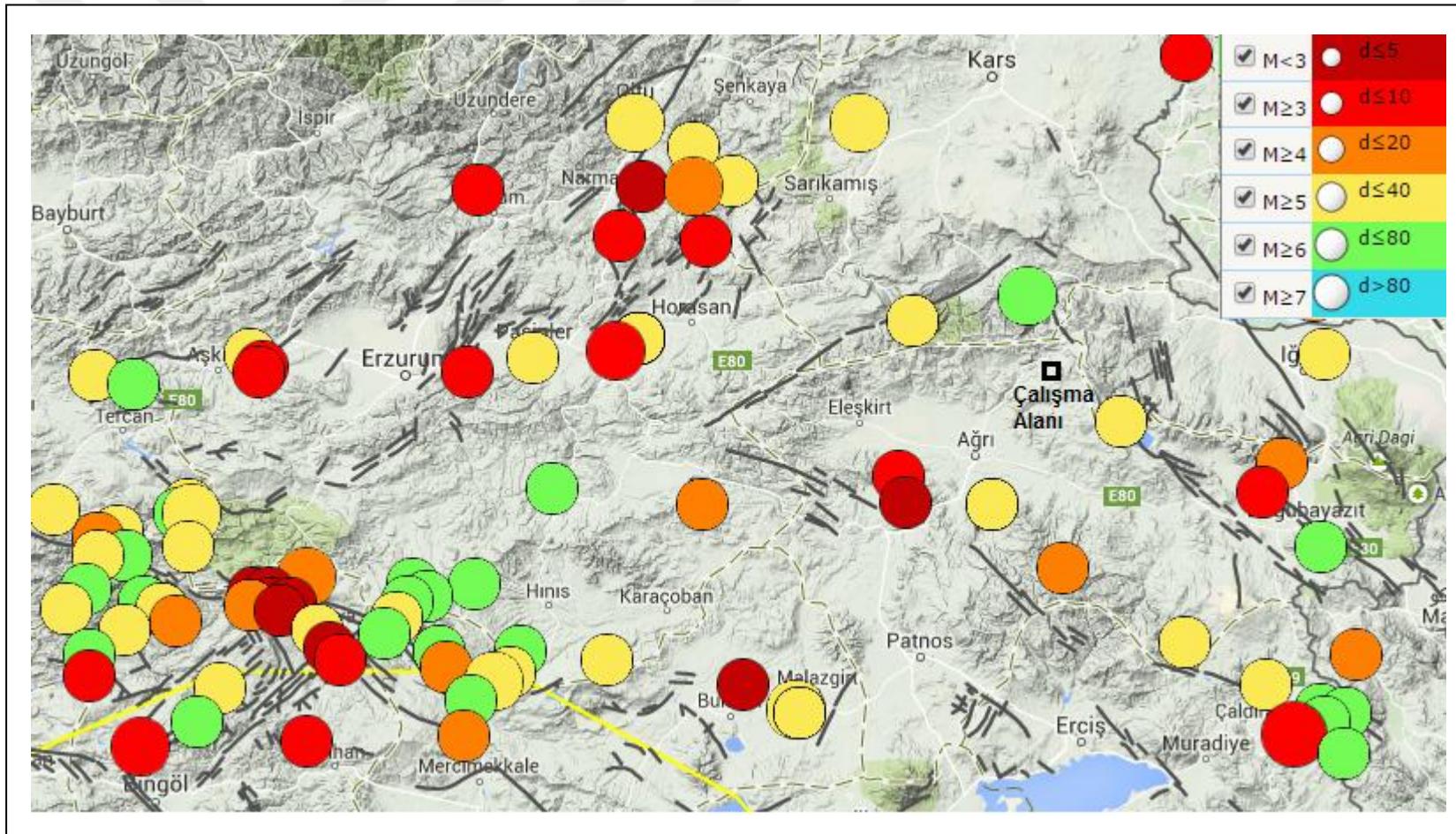
4. DEPREMSELLİK

Teze konu olan saha çevresinde aletsel dönemde boyunca büyüklüğü 4,5'tan büyük olan toplam 503 deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin 331 tanesinin büyüklüğü 4,5-5 arasında, 157 tanesinin büyüklüğü 5-6 arasında, 14 tanesinin büyüklüğü de 6 – 7 arasında ve 1 tanesinin büyüklüğü ise 7,5'tur. Depremlerin odak noktaları şekil 4.1'de verilmiştir.

Çalışma alanı yakınında meydana gelen en şiddetli deprem, Kağızman ilçesi sınırları içerisinde Kağızman – Tuzluca ilçe sınırına yaklaşık 5 km uzaklıkta 01.05.1935 tarihli, 60 km odak derinliğine sahip, 6,2 büyüklüğündeki depremdir. Deprem, Kağızman Fay ile Balık Gölü Fay Zonu kesişiminde oluşmuştur. Bölgedeki en önemli depremlerden biri 30.10.1983 tarihinde Sarıkamış-Parmakdere'de Erzurum Fay Zonu üzerinde meydana gelmiş olup, depremin odak derinliği 16 km, büyüklüğü ise 6,8'dir. Diğer bir önemli deprem 24.11.1976 tarihli 7,5 büyüklüğündeki Çaldırın Depremi'dir. Çaldırın depreminin merkez üssü çalışma alanına yaklaşık 125 km uzaklıktadır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kesişimi olarak bilinen Karlıova civarı çalışma alanına yaklaşık 200 km uzaklıktadır. Bu kesimde oluşan en önemli depremler 19.08.1966 tarihli 6,9 büyüklüğündeki Varto Depremi ile 6,8 büyüklüğündeki 22.05.1971 tarihli Bingöl Depremi'dir. Bölgede gözlenen ve magnitüdü 6'dan büyük depremler aşağıda çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çalışma alanı ve yakın çevresi için kayıtlara bakıldığından aletsel büyüklüğü daha çok 4,5-5 arasında değişen depremler görülmektedir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen son deprem 27.05.2009 tarihinde Tuzluca ilçesi sınırları içinde gerçekleşmiş olup, büyüklüğü 4,0 M_D ve odak derinliği ise 8 km'dir.



Şekil 4.1 Çalışma alanı ve çevresi $M \geq 5,0$ olan depremlere ait odak noktaları haritası (<http://www.koeri.boun.edu.tr>, Anonim 2015)

Çizelge 4.1 Çalışma alanı ve çevresinde aletsel dönemde kaydedilen büyüklüğü 6 ve daha yüksek olan depremler ve yerleri
 (<http://www.koeri.boun.edu.tr>, Anonim 2015)

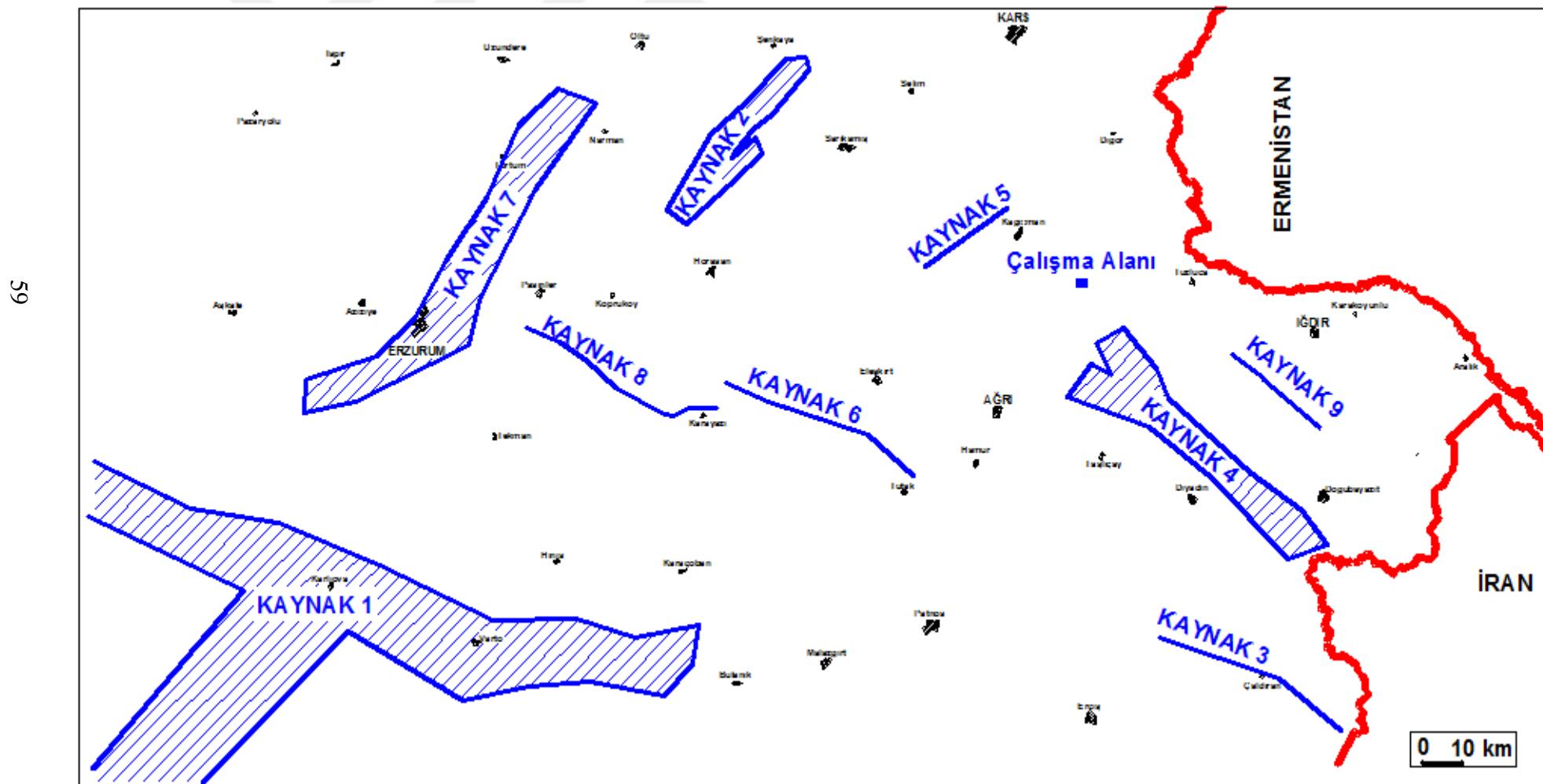
Sıra No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Magnitüd (M_w)	Yer
1	01.05.2003	39.0100	40.4600	10	6,4	KURTULUŞ-(BİNGOL) [SW 4,3 km]
2	27.01.2003	39.4800	39.7700	10	6,1	SAĞLAMTAŞ-PÜLÜMÜR (TUNCELİ) [NW 4,3 km]
3	30.10.1983	40.3500	42.1800	16	6,8	PARMAKDERE-SARIKAMIŞ (KARS) [NW 4,2 km]
4	22.05.1971	38.8500	40.5200	3	6,8	GÜVEÇLİ-(BİNGÖL) [NW 0,7 km]
5	20.08.1966	39.4200	40.9800	14	6,0	KAŞIKÇI-KARLIOVA (BİNGOL) [NW 2,3 km]
6	19.08.1966	39.1700	41.5600	26	6,9	ÇAYIRYOLU-VARTO (MUŞ) [SW 1,2 km]
7	17.08.1949	39.5700	40.6200	40	6,7	YAYLIM-TERCAN (ERZİNCAN) [NW 2,7 km]
8	01.05.1935	40.0900	43.2200	60	6,2	DİBEKKAYA-KAGIZMAN (KARS) [NW 3,1 km]
9	22.10.1926	40.9400	43.8800	10	6,0	SUNGUDERESİ-AKYAKA (KARS) [NE 19,1 km]
10	09.01.1925	41.3300	43.4100	60	6,0	AKCIL-ÇILDİR (ARDAHAN) [E 20,4 km]
11	13.09.1924	39.9600	41.9400	10	6,8	EMRE-KÖPRÜKÖY (ERZURUM) [SW 1,9 km]
12	28.12.1906	40.5000	42.0000	30	6,0	TOPRAKKALE-OLTU (ERZURUM) [N 3,5 km]
13	28.09.1906	40.5000	42.7000	30	6,1	KAMIŞLI-SELİM (KARS) [SE 1,3 km]
14	28.04.1903	39.1000	42.5000	30	6,3	HASRETPINAR-MALAZGIRT (MUŞ) [E 4,3 km]
15	24.11.1976	39.0500	44.0400	10	7,5	YENİYAKA-ÇALDIRAN (VAN) [SEast 1,9 km]

Depreme dayanıklı yapı tasarımda en önemli parametrelerden biri de pik yer ivmesidir. Özellikle enerji santralleri ve barajlar gibi önemli mühendislik yapıları için yer ivmesinin seçimi son derece önemlidir. Aşırı tahmin yüksek yapım maliyetlerine yol açarken, düşük tahmin ise hem yapının kalıcılığı hem de insan yaşamı açısından son derece vahim sonuçlara neden olabilecektir. Pik yatay yer ivmesi değeri sismik enerji için azalım denklemleri kullanılarak hesaplanabilir (Kayabalı ve Beyaz 2010). Bu nedenle tez çalışmasına konu olan karayolu mühendislik yapısının sismik analizlerinde kullanılacak maksimum yatay yer ivmesinin en doğru şekilde belirlenebilmesi; hem maliyet, hem yapı kalıcılığı hem de insan yaşamı açısından önem arz etmektedir. Teze konu olan arazide yatay yer ivmesinin belirlenebilmesi amacı ile deterministik ve probabilistik sismik tehlike analizleri yapılmış ve analizler sonucunda hesaplanan yatay yer ivmesi değerleri eldeki mevcut haritalar ile karşılaştırılarak, çalışma alanı için en uygun yatay deprem ivmesi seçilmeye çalışılmıştır.

Sismik tehlike analizleri için şekil 4.1 ve çizelge 4.1 yardımı ile oluşturulan alansal ve çizgisel fay kaynakları ile maksimum magnitüd değerleri çizelge 4.2'de, kaynak haritası ise şekil 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 Sismik tehlike analizlerinde kullanılan deprem kaynakları ve maksimum magnitüd değerleri

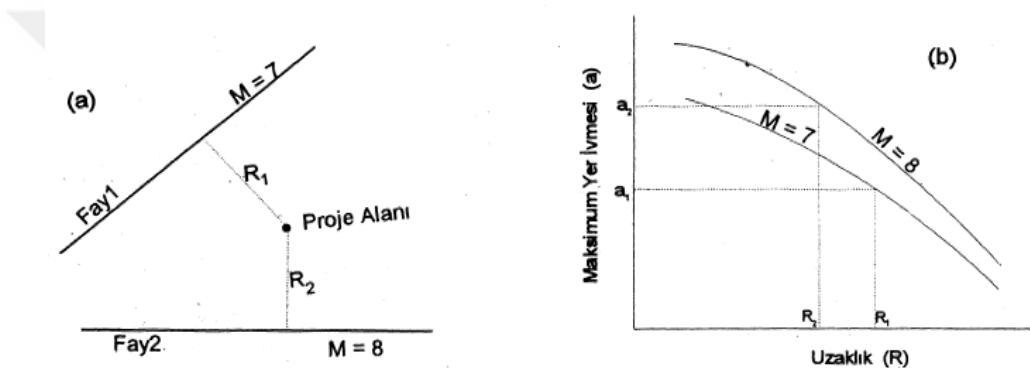
Kaynak No	Fayın Adı	Çalışma Alanına Uzaklığı (Km)	Fayın Türü	Maks. magnitüd (M_w)
1	Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)	200	Sol Yanal Transform Fay	7,5
	Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)			
2	Horasan-Şenkaya Fay Zonu	100	Sağ Yanal Transform Fay	6,8
3	Çaldırıan Fayı	125	Sol Yanal Transform Fay	7,5
4	Balık Gölü Fayı	28	Sağ Yanal Transform Fay	4,5
5	Kağızman Fayı	25	Sol Yanal Transform Fay	6,2
6	Tutak Fayı	72	Sağ Yanal Transform Fay	5,3
7	Erzurum Fay Zonu	155	Sol Yanal Transform Fay	6,8
8	Karayazı Fayı	125	Sağ Yanal Transform Fay	4,6
9	Iğdır Fayı	40	Sağ Yanal Transform Fay	4,5



Şekil 4.2 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan sismik kaynak haritası

4.1 Deterministik Sismik Tehlike Analizi

Deterministik sismik tehlike analizi için öncelikle proje sahasını etkileyebilecek deprem kaynakları ve bu kaynakların oluşturdukları maksimum depremler ortaya konulmalıdır. İkinci aşamada ise, proje sahasının bulunduğu alan için bölgenin karakteristiklerine en uygun azalım denklemleri seçilir. Proje sahasına belirli bir uzaklıkta bulunan deprem kuşağındaki maksimum büyülükteki depremin proje sahasındaki ana kayada oluşturacağı maksimum deprem ivmesi azalım ilişkileri yardımı ile hesaplanır (Kayabaklı 1995). Deterministik sismik tehlike analizinin esasları şekil 4.3'te verilmiştir



Şekil 4.3 Deterministik yaklaşımın aşamaları (Kayabaklı 1995)

- a) deprem oluşturan kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi,
- b) azalım ilişkileri ile proje alanındaki maksimum yer ivmesinin bulunması

Deterministik sismik tehlike analizi için Türkiye'de çeşitli yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş sönum denklemleri ya da deprem azalım ilişkileri kullanılmaktadır. Belirli bir bölge için geliştirilmiş azalım denklemleri, sismotektonik açıdan benzerlikler gösteren başka bölgeler için de kullanılmaktadır. Türkiye'de özellikle 1990'lı yılların ortalarına kadar mühendisler San Andreas Fayı ile Kuzey Anadolu Fayı arasındaki sismotektonik benzerliklerden yola çıkarak Kuzey Amerika'nın batısı için geliştirilen Joyner ve Boore (1988), Campbel (1988), Sabetta ve Pugliese (1987), Fukushima ve Tanaka (1990) azalım denklemleri kullanmışlardır (Kayabaklı ve Beyaz 2010). Sismotektonik benzerliğe rağmen iki fayın kayma hızı ve fizyografik özellikleri birbirinden farklıdır (Ketin 1976).

Buna rağmen, yabancı araştırmacıların geliştirdikleri denklemler içerisinde, diğer yabancı azalım bağıntıları ile kıyaslandığında ülkemizde meydana gelen depremlerin pik ivme değerlerine daha yakın sonuçlar verdiginden, yukarıda sözü edilen bağıntılar Türkiye için en çok kullanılan yabancı kaynaklı azalım denklemleridir. Bu denklemlerden, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (1996)'nın hazırlanışında birbirleri ile kıyas yapılarak yararlanıldıklarından, deprem risk analizlerinde de bunların kullanılması önerilmektedir (Hasgür 1996).

Türkiye için geliştirilen azalım denklemleri 1990'lı yılların ortalarına uzanmaktadır (İnan vd. 1996, Aydan vd. 1996, Gürgan ve Kalkan 2002, Ulusay vd. 2004, Özbey vd. 2004). Afet İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı olarak çalışan Deprem Araştırma Merkezi tarafından işlenilen kuvvetli yer hareketi kayıt istasyonlarının neredeyse yarısı, işletme ve vandalizm kontrolünün kolaylığı nedeniyle şehir merkezlerinde ve zeminler üzerinde yer almaktadırlar (Kayabalı ve Beyaz 2010).

Kayabalı (2002) ve Kayabalı ve Akın (2003), yerli bağıntılar ile tahmin edilen değerlerdeki sarsıcı değişimlerin tamamen zeminlerin büyütme etkilerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye için yerli araştırmacılar tarafından üretilen sönümlü denklemleri incelendiğinde ya zemin etkilerinin hesaplamalara katılmadığı (İnan vd. 1996, Aydan vd. 1996) ya da Ulusay vd. (2004)'te olduğu gibi kaya ve zemin gibi genel kategoriler dikkate alınarak yapılan sınıflamaları içerecek şekilde geliştirildikleri görülmüştür (Kayabalı ve Beyaz 2010). Ayrıca Çizelge 4.3'te de görülebileceği gibi bazlarında standart sapma değeri verilmemiş, bazlarının standart sapma değerlerinin güvenilirliği tartışımlı, bazlarında ise değişkendir. Aydan vd. (1996) tarafından geliştirilen sönümlü denklemde kullanılan deprem kayıtlarının bir kısmı tarihsel dönem öncesini de içermektedir. İnan vd. (1996) tarafından geliştirilen sönümlü denklemde kullanılan veriler arasında bir tasnif (magnitüd ölçüği, fay türü, mesafe bilgisi, zemin koşulları, kullanılan ivme bileşeni, ivme genlik aralığı gibi) yapılmamıştır. Ulutaş vd. (2003) tarafından geliştirilen sönümlü denklemde kullanılan depremlere ait veriler 17 Agustos ve 12 Kasım 1999 depremleri ile bunların artırıcı şoklarından ibarettir ve sadece Kuzeybatı Anadolu'dan alınmış kayıtları içermektedir. Gürgan ve Kalkan (2004) tarafından geliştirilen azalım modelinde kullanılan kayıtların büyük çoğunluğu 17

Ağustos 1999 depremi kayıtlarıdır. Ayrıca denklemde kullanılan veriler içinde fay türü ve faylanmanın etkileri gibi özellikler göz ardı edilmiştir. Özbeý vd. (2004) tarafından önerilen söñüm denklemi Kuzeybatı Türkiye için geliştirilmiştir. Ulusay vd. (2004) tarafından geliştirilen azalım ilişkisinde kullanılan deprem verilerinde de fay türü ve faylanma mekanizmasını dikkate almamış, bazı fay zonlarındaki segmentler bağımsız fay olarak tanıtlımıştır. Ayrıca bazı kayıtlarda çok net gözlenen eksen kayması hataları düzeltmemiştir (Beyaz 2004 ve Çeken 2007). Çeken (2007) tarafından geliştirilen azalım modeli ise sadece Marmara Bölgesini kapsamaktadır.

Kayabalı ve Beyaz (2010) tarafından geliştirilen azalım denkleminde kullanılan verilerdeki depremdataları Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi ile İstanbul Teknik Üniversitesi kayıtlarından alınmıştır. Deprem verileri 1976 ile 2004 yılları arasında büyüklükleri $M \geq 4$ olan dataları kapsamaktadır. Kullanılan deprem verilerinde zemin etkileri dekonvolüsyon işlemi uygulanarak temizlenmiş ve tüm Türkiye'deki önemli deprem bölgelerinden elde edilen kayıtların tamamı moment magnitüdü cinsinde kullanılarak azalım modeli Türkiye geneli için geliştirilmiştir. Modelde yaklaşık 4000 deprem verisi ile aktif faylar üzerinde açılmış derinlikleri 25 – 100 m arasında değişen toplam 64 adet ve 4500 m derinlikte sondaj verisi kullanılmıştır.

Yabancı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve Türkiye'de de kullanılması önerilen söñüm denklemi çizelge 4.3'te, yerli araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş söñüm denklemi ise çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Yabancı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve Türkiye'de kullanılan söñüm denklemi

Söñüm Denklemi	σ	Araştırmacı(lar)
$\log A = -1.562 + (0.306 * M) - (\log (R^2 + 33.6)^2)$	0,173	Sabetta and Pugliese (1987)
$\log A = -3.303 + (0.85 * M) - 1.25 * \ln(R + 0.0872 * e^{0.678 * M}) + 0.0059 * R$	0,30	Campbell (1988)
$\log A = 0.43 + (0.23(M-6) - \log(R) - 0.0027R)$	0,26	Joyner and Boore (1988)
$\log A = (0.41 * M) - \log_{10}(R + 0.025 * 10^{0.42 * M}) - (0.0033 * R) + 1.22$	0,28	Fukushima and Tanaka (1992)
$\ln(A_H) = -3.512 + 0.904M - 1.328\ln[R^2 + (0.149e^{0.647}M^2)]^{1/2}$ $+ (0.125 - 0.112\ln R - 0.0957M)F + (0.44 - 0.171\ln R)S_{SR}$ $+ (0.405 - 0.222\ln R)S_{HR} + f_A(D)$	0,27	Campbell (1997)

Çizelge 4.4 Yerli araştırmacılar tarafından Türkiye için geliştirilmiş sönümlü denklemleri

Sönümlü Denklemi	σ	Araştırmacı(lar)
$PGA = 2.8(e^{(0.9MS)} e^{(0.025R)} - 1)$	*	Aydan vd. (1996)
$PGA = 10^{((0.65M) - (0.9\log(R)) - 0.44)}$	*	İnan vd. (1996)
$\log A = 0.753 + 0.737 M_D - \log(R + 0.01868 * 10^{0.5MD}) - 0.001047 R$	*	Ulutaş vd. (2003)
$\ln Y = 0.393 + 0.576(M_w - 6) - 0.107(M_w - 6)^2 - 0.899 \ln(r) - 0.200 \ln(V_s/V_A)$ $r = \sqrt{r_{cl}^2 + h^2}$ $V_A = 1381$ ve $h = 4.48$	0,562	Gülkan ve Kalkan (2004)
$PGA = 2.18e^{(\frac{0.0218(33.3M_w - Re + 7.8427SA + 18.9282SB)}{W})}$	0,63**	Ulusay vd. (2004)
$\log(Y_{ij}) = a + b(M_{wi} - 6) + c(M_{wi} - 6)^2 + \log(\sqrt{r_{ij}^2 + h^2}) + eG_1 + fG_2$	***	Özbey vd. (2004)
$\log_{10}(PGA) = c_1 + c_2 M_w + c_3 M_w + c_4 \log_{10} R + c_5 S_B + c_6 S_C + c_7 S_D + \sigma$ $r = \sqrt{r_{Rup}^2 + h^2}$	***	Çeken (2007)
$\log A = \beta_0 + (\beta_1 M) + (\beta_2 \log(R+1))$	0,712	Kayabaklı ve Beyaz (2010)

* : Belli değil veya verilmemiş

**: Deprem kayıtlarındaki pik yatay yer ivmesi değerleri arazi ölçümülerine dayanmayan rastgele sayılar kullanılarak azaltıldığından σ değerinin güvenilirliği tartışılmalıdır.

***: Farklı periyod değerleri için değişik katsayılar önerildiğinden σ değişimektedir.

Bölüm 4.1'deki açıklamalar dikkate alınarak, bu çalışma kapsamında deterministik sismik tehlike analizi için, epistemik belirsizliğin giderilmesi amacı ile Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'de verilen her sismik kaynak için Sabetta and Pugliese (1987), Joyner and Boore (1988), Fukushima and Tanaka (1990), Campbell (1997) ve Kayabaklı ve Beyaz (2010) denklemleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

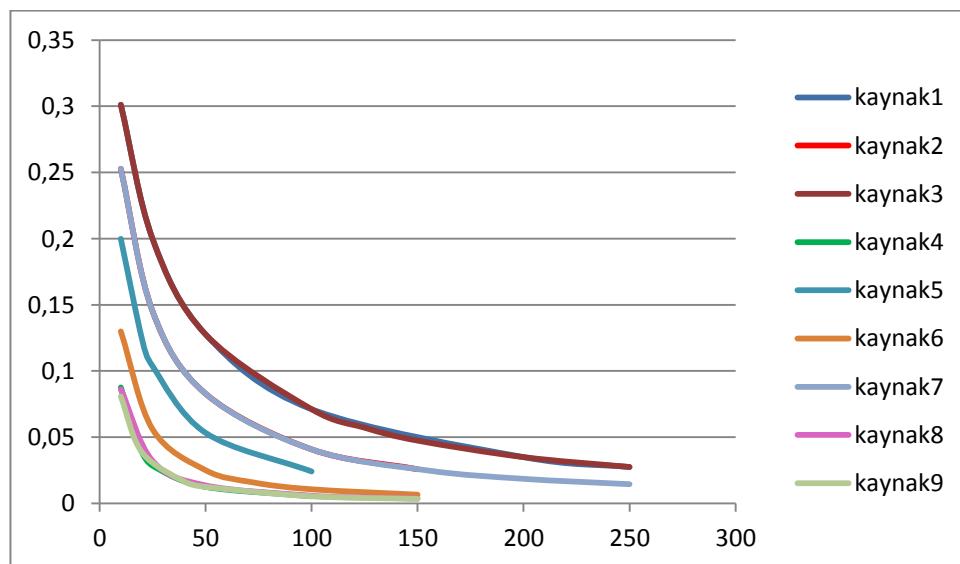
Deterministik sismik tehlike analizi için öncelikli olarak, teze konu olan alan yakınındaki en önemli deprem kaynakları ve çalışma alanına olan uzaklıklar ile oluşturdukları maksimum moment magnitüdü değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Maksimum magnitüd değerleri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi kayıtlarından alınmıştır. Daha sonra bu deprem kaynakları için yukarıda belirlenen azalım denklemleri kullanılarak maksimum yatay yer ivmesi değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları çizelge 4.5'te sunulmuştur. Çizelgede ayrıca her fay için hesaplanan tüm değerlerin ortalamaları da verilmiştir. Ayrıca her deprem kaynağı için çeşitli odak uzaklıklarını ortalama yatay yer ivmesi grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.4).

Şekil 4.4'te verilen çizelgede ve grafiklerde elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek ivme değerlerinin Campbell (1997) ile Fukushima ve Tanaka (1992) bağıntıları ve Kaynak1, Kaynak3, Kaynak5 için elde edildiği görülmektedir.

Yapılan deterministik sismik tehlike analizi sonucu çalışma alanında maksimum yatay deprem ivmesi Kaynak5'e göre Campbell (1997) bağlantısına göre $A = 0,27g$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Deterministik sismik tehlike analizinde kullanılan deprem kaynakları ve değişik söñüm denklemleri için elde edilen maksimum yatay yer ivmesi değerleri ile ortalama sonuçlar

Kaynak No	Maksimum Yatay Yer İvmesi (A-g)					
	Sabetta and Pugliese (1987)	Joyner and Boore (1988)	Fukushima and Tanaka (1992)	Campbell (1997)	Kayabaklı ve Beyaz (2010)	Ortalama
1	0,03870	0,00859	0,10184	0,05887	0,00084	0,03495
2	0,03299	0,02208	0,10240	0,08346	0,00158	0,04082
3	0,04841	0,02191	0,14944	0,12059	0,00135	0,05717
4	0,01283	0,03650	0,04400	0,05150	0,00474	0,02572
5	0,04532	0,10246	0,19442	0,26761	0,00588	0,10360
6	0,01354	0,01649	0,03747	0,02436	0,00197	0,01597
7	0,02665	0,01012	0,07042	0,03876	0,00102	0,02483
8	0,00627	0,00472	0,01141	0,00236	0,00110	0,00449
9	0,01053	0,02371	0,03141	0,02654	0,00335	0,01648



Şekil 4.4 Her kaynak için ortalama yatay yer ivmesi değerlerinin mesafe ile değişimi

4.2 Probabilistik Sismik Tehlike Analizi

Probabilistik yaklaşım depremlerin zamana bağlı olarak meydana gelişini temsil eden bir stokastik yaklaşımından faydalananmaktadır. Probabilistik yaklaşımda en basit ve sıkça kullanılan stokastik metod Poisson Modeli'dir. Bu modele göre deprem oluşumu zaman ve mekandan bağımsız olup, iki sismik olayın aynı yer ve zamanda oluşma ihtimali sıfıra yaklaşır (Kayabalı 1995).

(0, t) zaman aralığında proje sahasını etkileyebilecek a değerini aşan hiç bir depremin olmama olasılığı (4.1) bağıntısı ile ifade edilir.

$$P_t(A \geq a) = e^{-\lambda_a t} \quad (4.1)$$

Burada, λ_a proje alanı için a değerini aşmayan tüm depremlerin ortalama sayısı olarak ifade edilir. (0, t) zaman aralığında proje sahasını etkileyebilecek en az bir depremin olma olasılığı da (4.2) bağıntısı ile ifade edilir.

$$P_t(A \geq a) = 1 - e^{-\lambda_a t} \quad (4.2)$$

λ_a ile dönüş periyodu (DP) arasındaki ilişki ise (4.3) formülü ile ifade edilmektedir (Kayabalı 1995).

$$DP = 1/\lambda_a \quad (4.3)$$

Bir bölgenin depremselliğinin önemli bir unsuru olan sismik etkinlik, depremlerin oluşumu ile doğrudan ilgilidir. Bir bölgenin depremselliği o bölgenin sismik etkinliğinin fonksiyonu şeklinde tanımlanabilmektedir (Seyrek ve Tosun, 2013). Deprem oluşum frekansının deprem magnitüdü ile ilişkisi genellikle Gutenberg-Richter bağıntısı ile ifade edilmektedir.

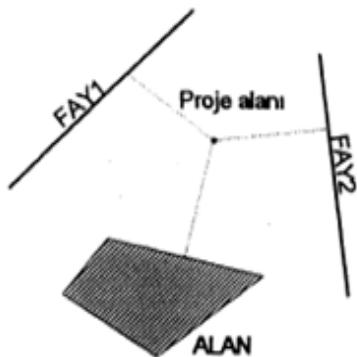
$$\log N(M) = a - bM \quad (4.4)$$

Burada $\log N(M)$; belli bir alanda ve zaman aralığındaki (çoğu zaman 1 yıl) M 'e eşit ve daha büyük deprem sayısı, a ; sıfırdan büyük magnitüdlü depremlerin toplam sayısı, ve b ; magnitüd-frekans eğrisinin eğimidir (Kayabaklı 1995).

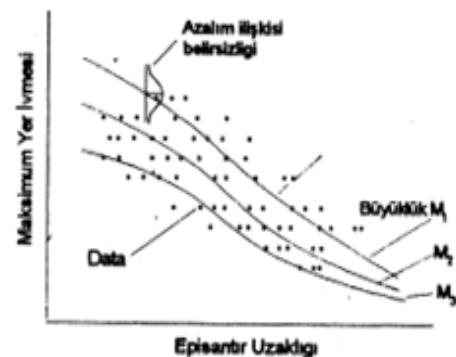
Deterministik yaklaşımда olduğu gibi Probabilistik yaklaşımda da bir deprem kaynağının ürettiği maksimum deprem büyüklüğünü belirleme zorunluluğu vardır. Yine deterministik yaklaşımda olduğu gibi probabilistik yaklaşımda da bir deprem kaynağında herhangi bir noktada meydana gelen depremden kaynaklanacak yer hareketinin (çoğu zaman ivme) proje sahasındaki amplitüdü yine bir azalım denklemi ile belirlenir (Kayabaklı, 1995).

Probabilistik yaklaşımın aşamaları şekil 4.5'te verilmiştir.

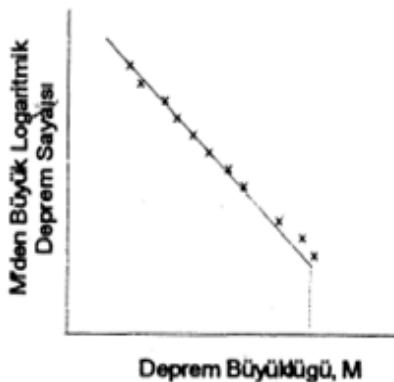
Probabilistik sismik tehlike analizi için çalışma alanı merkez nokta olarak alınarak, 100 km yarıçapında bir alanda meydana gelen depremler incelendiğinde 144 yıllık bir süre için magnitüd-oluşum sayısı ilişkisi kullanılarak Poisson Olasılık Dağılımı ile Ortalama Tekrarlama Periyotları ve çalışma alanında maksimum depremin 50 yılda % 10 aşılma ihtimaline göre yatay deprem ivmesi belirlenmiştir.



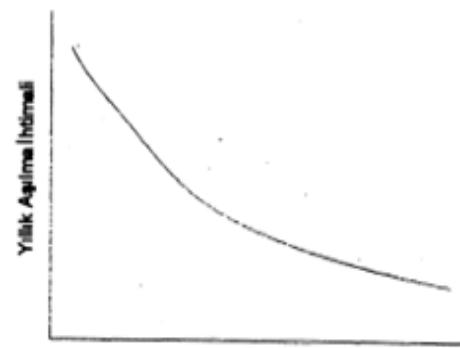
Aşama 1. Deprem kaynaklarının belirlenmesi



Aşama 3. Azalım ilişkilerinin belirlenmesi



Aşama 2. Deprem büyüklüğü tekerrürünün belirlenmesi



Aşama 4. Tehlike eğrisinin değerlendirilmesi

Şekil 4.5 Probabilistik yaklaşımın aşamaları (Kayabalı 1995)

Çalışma alanını da içine alan 100 km yarıçaplı alan içerisindeki deprem kayıtları incelenmiş ve önceki bölgelerde de belirtildiği gibi büyüklüğü 4,5 ve daha üzeri olan 503 deprem belirlenmiştir. Yapılan probabilistik sismik tehlike analizinin aşamaları ve sonuçları çizelge 4.6 - 4.7 ve şekil 4.7- 4.8'de sunulmuştur.

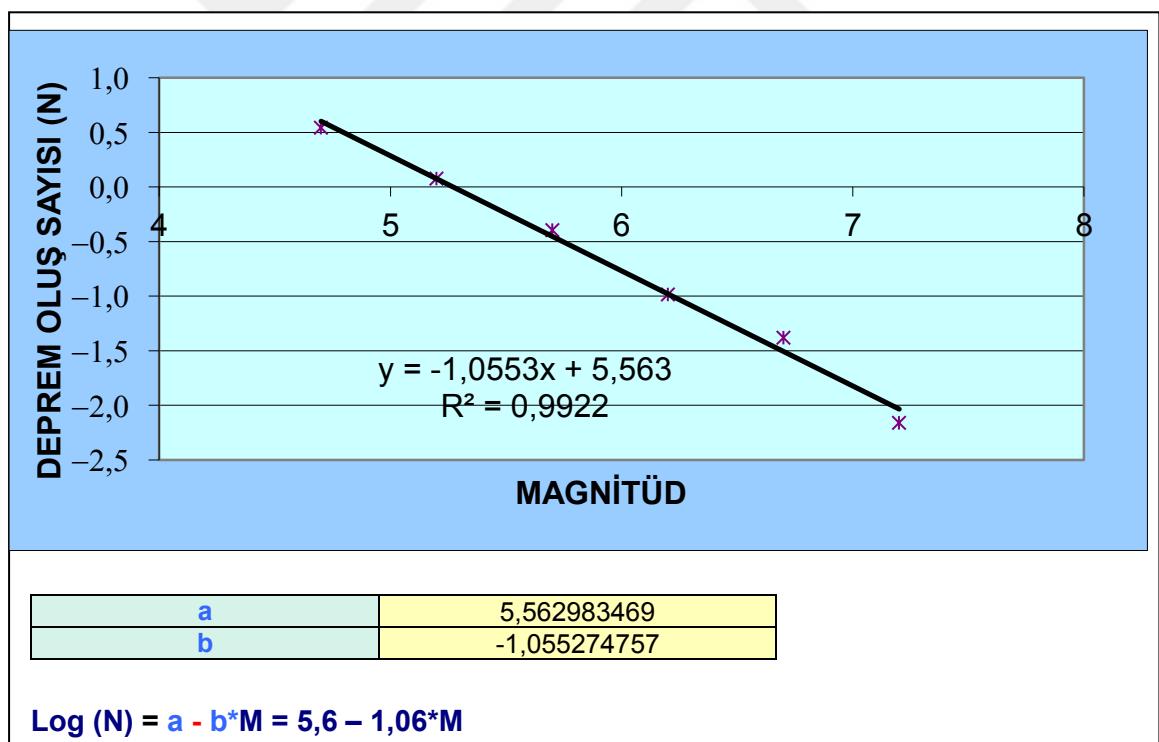
Yapılan probabilistik sismik tehlike analizi sonucunda 50 yılda % 10 aşılma olasılığı için maksimum deprem magnitüdü $M_{max} = 7,8$ ve maksimum yatay yer ivmesi ise $A_{max} = 0,29g \cong 0,3g$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 Magnitüd aralıklarına göre deprem oluş sayıları

Magnitüd Aralıkları	4,5[M<5,0]	5,0[M<5,5]	5,5[M<6,0]	6,0[M<6,5]	6,5[M<7,0]	7,0[M<7,5]
Ni (Oluş Sayıları)	331	114	43	9	5	1

Çizelge 4.7 Ortalama magnitüd değerlerine göre kümülatif oluş sayıları ve t zaman için oluş sayıları

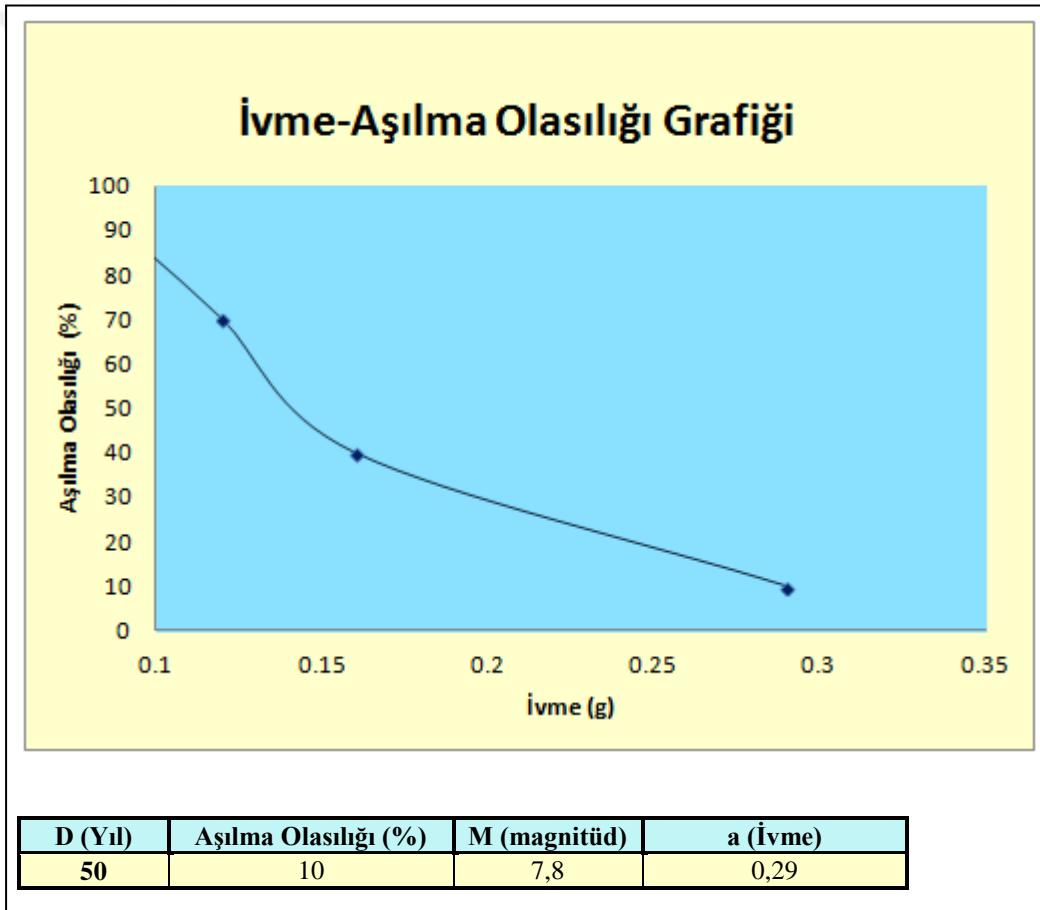
Ort. Magnitüd M yada Xi	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2
ΣNi (Kümülatif Oluş Sayıları)	503	172	58	15	6	1
$\Sigma Ni/t$ (t = 144 yıl)	3,49	1,19	0,40	0,10	0,042	0,007
Log $\Sigma Ni/t$ yada Yi	0,54	0,077	-0,39	-0,98	-1,38	-2,16



Şekil 4.6 Magnitüd-oluş sayısı ilişkisi ve Gutenberg-Richter Bağıntısı

Çizelge 4.8 M Magnitüd İçin 10, 50, 75 ve 100 Yıllık Aşılma İhtimalleri ve Tekrarlama Periyotları

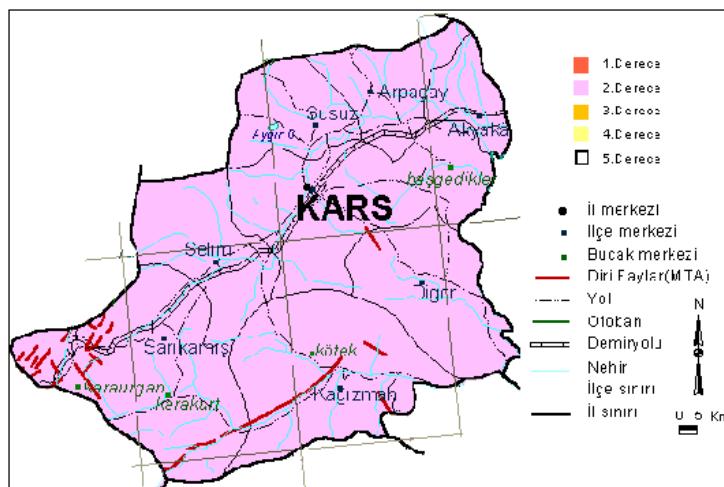
N(M)	Magnitüd	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	$R_m = 1 - e^{-(N(M) * D)}$		Ortalama Tekrarlama Periyodu (Yıl)
		10	50	75	100	
1.93	5	100	100	100	100	1
0.57	5,5	100	100	100	100	2
0.17	6	81	100	100	100	6
0.05	6,5	39	92	98	99	20
0.018	7	13	53	68	78	67
0.006	7,5	4,35	20	28	36	225



Şekil 4.7 50 yıl için ivme – aşılma olasılığı grafiği

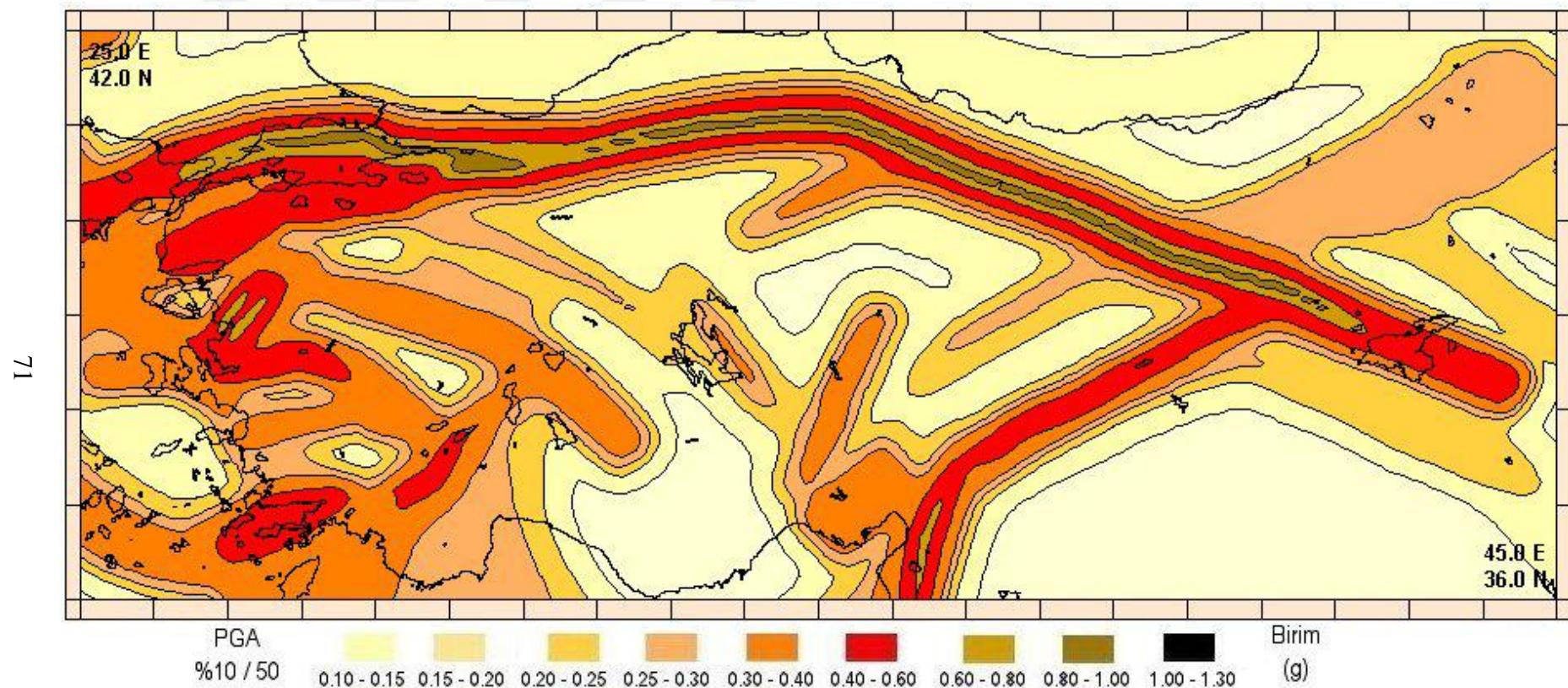
4.3 Çalışma Alanı İçin Belirlenen Maksimum Yatay Deprem İvmesi

Deterministik sismik tehlike analizinde çalışma alanı maksimum yatay yer ivmesi $a_{max} = 0,27g$, probabilistik sismik tehlike analizinde ise 50 yıl için % 10 aşılma ihtimaline karşılık gelen en büyük yatay yer ivmesi $a_{max} = 0,29g \approx 0,3g$ olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı için maksimum yatay deprem ivmesi değerinin belirlenebilmesi amacı ile deterministik sismik tehlike analizi sonucu elde edilen deprem ivme değeri ile probabilistik sismik tehlike analizi sonucu elde edilen ivme değerleri, “Kars ili deprem bölgelendirme haritası” (Anonim 1996) ve Ulaştırma Bakanlığı tarafından, Türkiye için kullanılmak üzere hazırlanan probabilistik deprem tehlike analizi sonucu elde edilen “50 yılda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen en büyük yatay yer ivmesi haritası” (Erdik vd. 2006) üzerinden elde edilen ivme değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Teze konu olan çalışma sahası, şekil 4.8'e göre 2. derecede tehlikeli deprem bölgesindedir ve yatay deprem ivmesi katsayıları yapılar için $A = 0,3g$ olarak alınmaktadır. Şekil 4.9'da verilen haritaya göre çalışma alanında 50 yılda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen pik deprem ivmesi değeri PGA = 0,25-0,30g arasındadır.



Şekil 4.8 Kars İli Deprem Bölgelendirme Haritası (Anonim, 1996)

Yapılan tüm araştırma ve analizlerin sonuçlarına göre teze konu olan alan için maksimum yatay yer ivmesi değeri yapılar için $a_{max} = 0,3g$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9 50 yilda % 10 aşılma olasılığına karşılık gelen en büyük yer ivmesi (PGA, "g") (Erdik vd. 2006)

Tez çalışması kapsamında sismik şev stabilite analizleri, statik şev yenilmesinde kullanılan limit denge analizlerine büyük benzerlik sunan psödo-statik analiz yöntemi ile gerçekleştirılmıştır. Psödo-statik yaklaşım düzlemsel, dairesel ve dairesel olmayan yüzeylerin psödo-statik emniyet katsayılarını hesaplamada kullanılır (Kramer 1996). Limit denge şev stabilite analizleri için yazılmış bilgisayar programlarının çoğunda psödo-statik analiz seçeneği bulunmaktadır ve bu çalışma kapsamında kullanılan Slide v.5.0 programı kullanılarak yapılan pödo-statik analizlerde de bu seçenek tercih edilmiştir.

Psödo-statik analizlerde deprem sarsıntısının etkileri genellikle atalet kuvvetleri üreten psödo-statik ivmeler ile temsil edilmektedir. F_h ve F_v şeklindeki bu atalet kuvvetleri, yenilen kütlenin ağırlık merkezinden geçmektedir ve büyüklükleri (4.5) ve (4.6)'daki gibidir (Kramer 1996).

$$F_h = \frac{a_h W}{g} = k_h W \quad (4.5)$$

$$F_v = \frac{a_v W}{g} = k_v W \quad (4.6)$$

Burada a_h ve a_v : yatay ve düşey psödo-statik ivmeler, k_h ve k_v : boyutsuz yatay ve düşey psödo-statik katsayıları ve W : yenilen kütlenin ağırlığıdır. Psödo-statik ivmelerin büyüklükleri, beklenen yer hareketinin önme derecesi ile ilişkilidir. Potansiyel yenilme kütlesi üzerine etkiyen kuvvetler; yenilme yüzeyine paralel yönde bileşenlerine ayrılarak genel güvenlik sayısı formülü elde edilir (Kramer 1996).

$$GS = \frac{c l_{ab} + [(W - F_v) \cos\beta - F_h \sin\beta] \tan\phi}{(W - F_v) \sin\beta + F_h \cos\beta} \quad (4.7)$$

Burada c ve ϕ : yenilme düzleminin kayma dayanımını tanımlayan Mohr-Coulomb dayanım parametreleri, l_{ab} : yenilme düzleminin uzunluğu ve β : kayma düzleminin yatayla yaptığı açıdır. (4.7) formülüne göre yatay psödo-statik kuvvet hem tutucu kuvvetleri azaltıp ($\phi > 0$ durumunda) hem de kaydırıcı kuvveti arttırdığından güvenlik

sayısını doğrudan azaltmaktadır. Ancak düşey psödo-statik kuvvet hem kaydırıcı kuvveti hem de tutucu kuvveti azalttığından (ya da yönüne bağlı olarak arttırdığından) psödo-statik analizlerde çoğu zaman dikkate alınmazlar (Kramer, 1996).

Psödo-statik analizlerde kullanılacak psödo-statik yer yatay yer ivmesinin seçilmesi oldukça zor ve karmaşıktır. Psödo-statik analizlerde kullanılacak sismik katsayı, yenilme kütlesi üzerindeki psödo-statik kuvveti kontrol eder; bu nedenle sismik katsayının değeri, potansiyel olarak duraysız malzeme içinde gelişen atalet kuvvetlerinin büyüklüğü ile ilişkili olmalıdır. Şebe malzemesinin rıjıt olması durumunda, potansiyel kayma kütlesi üzerindeki atalet kuvveti, gerçek yatay ivme ile duraysız malzeme kütlesinin çarpımına eşit olur. Ancak gerçek şevlerin rıjıt olmadığı ve pik ivmelerin de sadece kısa bir süre içinde etkili olduğu gerçeğinden hareketle, pratikte kullanılan psödo-statik katsayılar genellikle a_{max} 'ın çok altındaki değerlerine karşılık gelmektedir (Kramer 1996).

Bu konuda ilk olarak Terzaghi (1950) “büyük” (Rossi-Forel ölçeginde şiddeti IX olan) depremler için $k_h = 0,1$, “şiddetli-yıkıcı” (Rossi-Forel ölçeginde şiddeti X olan) depremler için $k_h = 0,2$ ve “afet düzeyindeki” depremler için $k_h = 0,5$ önermiştir. Seed (1979) deprem kuşağında bulunan 10 ülkedeki 14 baraja ait psödo-statik tasarım kriterlerinin listesini çıkarmıştır. Bunların 12'sinde minimum emniyet katsayı 1,0 – 1,5 arasında olacak şekilde, psödo-statik katsayılar 0,1 – 0,12 arasında alınmıştır. Marcuson (1981) barajın maruz kaldığı büyütme ve küçültme de dahil olmak üzere, barajlar için uygun psödo-statik katsayının, maksimum ivmenin üçte biri ile yarısı arasında alınmasını önermiştir. Seed (1979) sünek zeminler kullanarak inşa edilen toprak barajlarda 0,75g'den daha küçük kret ivmelerinde, psödo-statik emniyet katsayısının en az 1,15 ve $k_h = 0,1$ ($M = 6,5$) ile, $k_h = 0,15$ ($M = 8,25$) olduğu şartlarda deformasyonların kabul edilebilir düzeyde düşük olduğunu belirtmiştir (Kramer 1996).

Hynes-Griffin ve Franklin (1984) Newmark Kayan Blok Analizini 350'den fazla akselorama uygulamış ve psödo-statik emniyet katsayısının 1.0'den büyük alındığı durumda toprak dolgu barajlarda “tehlikeli ölçüde büyük” deformasyonlarının gelişmediği (4.5) formülü geliştirilmiştir (Kramer, 1996).

$$k_h = 0,5a_{max} \text{ (g)} \quad (4.5)$$

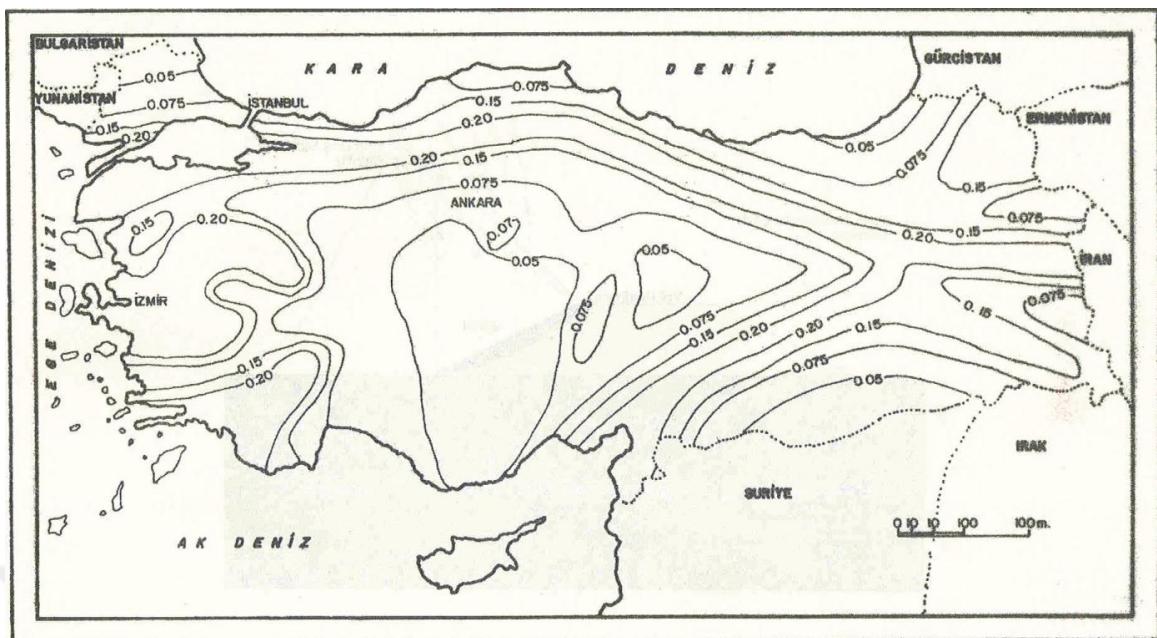
Tasarım için psödo-statik katsayının seçiminde herhangi bir kesin ve pratik kural yoktur. Ancak; psödo-statik katsayının yenilme kütlesinde beklenen gerçek ivme düzeyine dayanması gerektiği ve beklenen pik ivmenin belirli bir kesirine karşılık gelmesi gerektiği ortadadır (Krame 1996). Gerçekte her durumda araştırmayı yapan mühendisin mühendislik yargısı önemli olsa da Kramer (1996) tarafından Hynes-Griffin ve Franklin (1984) kriterlerinin pek çok şevisin uygulanabileceği belirtilmiştir.

Bu açıklamalar göz önüne alındığında çalışma alanı için Hynes-Griffin ve Franklin bağıntısına göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$k_h = 0,5a_{max} = 0,5 * 0,3 = 0,15\text{g} \quad (4.6)$$

Ayrıca şekil 4.11'de verilen Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma-Geliştirme (AR-GE) Dairesi Başkanlığı tarafından oluşturulmuş "şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayıları haritasına göre, çalışma alanında yapılacak psödo-satistik şev stabilite analizleri için kullanılacak yatay deprem ivmesi katsayısı $a_h = 0,15-0,075\text{g}$ arasında kalmaktadır.

Tüm bu açıklama ve değerlendirmelerin sonucunda tez çalışmasında yapılacak şev stabilite analizlerinde $a_h = 0,15\text{g}$ olarak seçilmiştir.



Şekil 4.10 Şev stabilite analizleri için yatay deprem katsayıları haritası (Anonim, 2008)

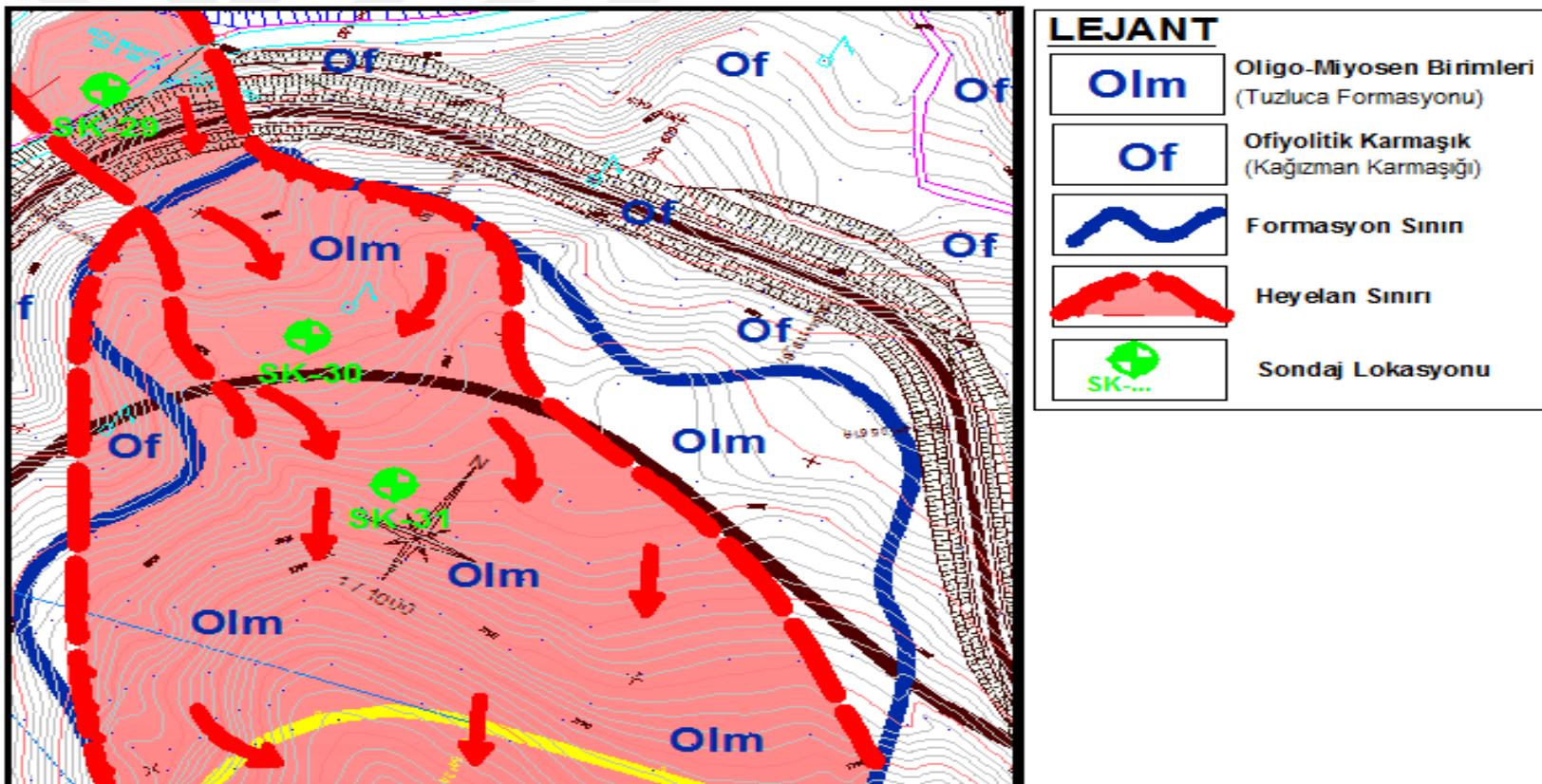
5. BULGULAR

5.1 Ağrı-Kağızman Karayolu Boyunca Gelişen Heyelanların Anatomisi

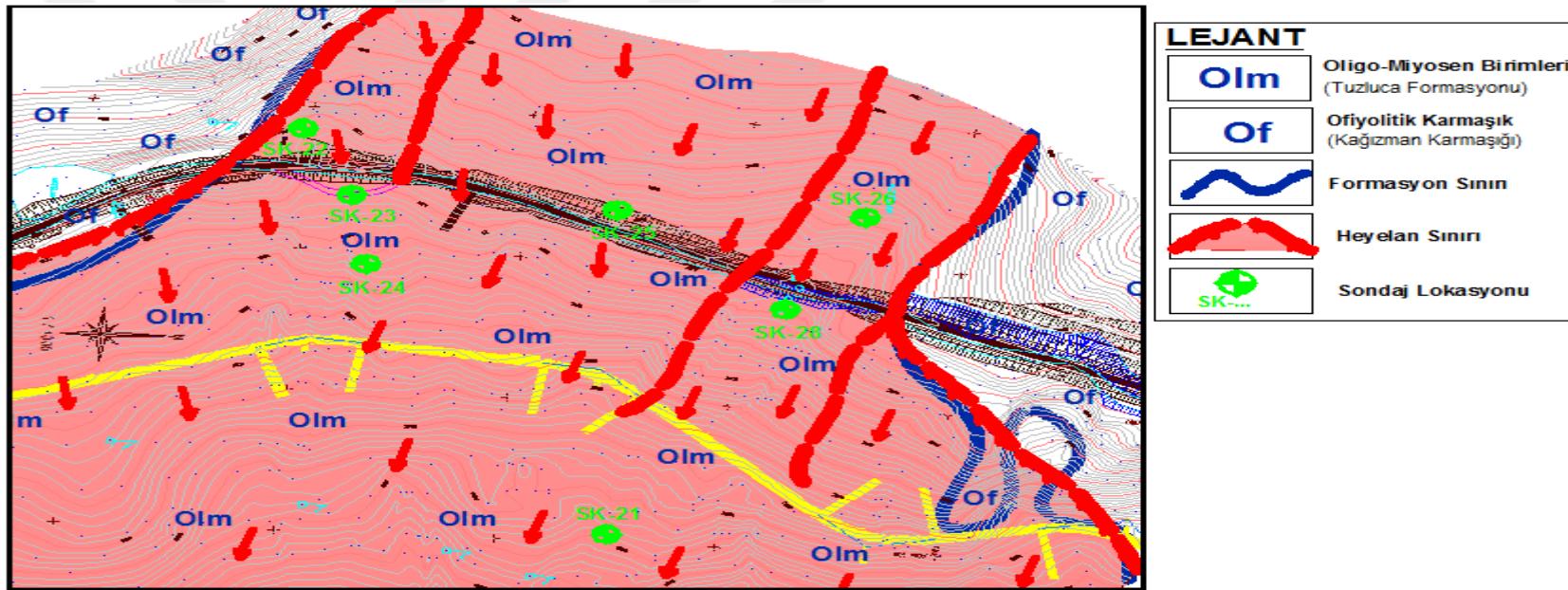
Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi Ağrı – Kağızman Karayolu kapsamında yol yapım çalışmaları halen devam etmektedir. 1997 – 2008 yılları arasında Ağrı – Cumaçay arası, 2008 – 2009 yılları arasında ise Cumaçay – Sarıbulak Köyü arası yapım işi bitirilmiştir. 2009 – 2017 sezonunda Sarıbulak Köyü – (Kağızman-Tuzluca) Ayrımı arasına (Km: 68+000 – 90+000) devam edilecektir. Ancak Km: 82+300-85+000 aralığında çeşitli km aralıklarında güzergahı kesen aktif heyelanlar bulunmaktadır. Heyelanların tamamı akma şeklinde gelişmiştir.

Arazi çalışmalarının başlangıcında, yol güzergahının 2 ayrı kesimde (Km: 82+300 – 83+400 ve Km: 84+100-84+400 aralıkları) toplam 1400 metrelik bir uzunlukta heyelan içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu aktif heyelanlı kesimden güzergahın geçirilmesi uygun görülmemiş ve olabildiğince heyelanlı alandan çıkışılmuştur.

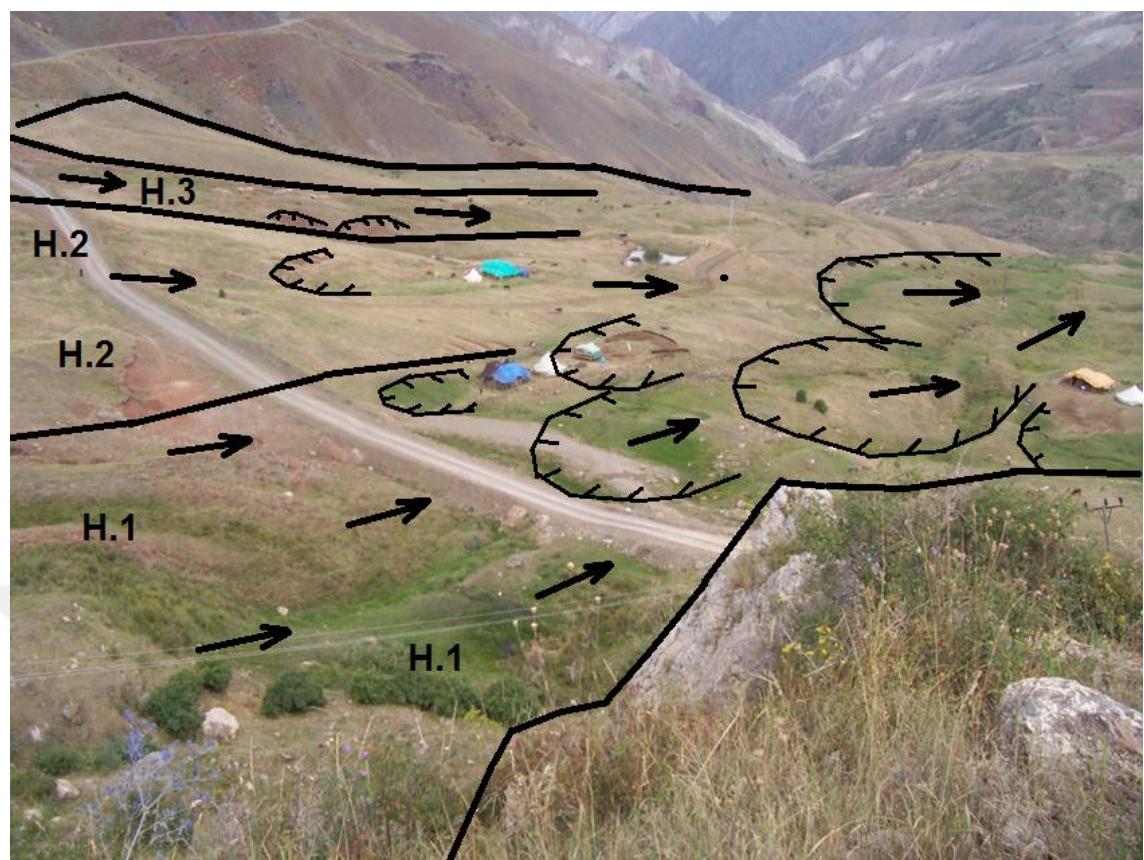
Heyelanlı arazideki genel jeolojik yapı; temelde gözlenen Kağızman Karmaşığına ait ofiyolitler ve onun üstündeki Oligo – Miyosen yaşı kırmızı renkli kilitası ve/veya sert kilden müteşekkil Tuzluca Formasyonu birimlerinden oluşmaktadır. Heyelanlar genelde kırmızı renkli kilitaları içerisinde gelişmiştir. Bu durum göz önünde bulundurularak yol güzergahının yeni durumda batı-kuzeybatıda ofiyolitten oluşan daha stabil yamaçlara yaklaştırılarak geçirilmesinin daha uygun olduğu belirlenmiş ve yolun geometrik şartları elverdiğinde güzergah yamaçlara yaklaştırılarak, Tuzluca Formasyonu birimleri içerisinde çıkarılmaya çalışılmıştır. Yapılan güzergah değişiklikleri neticesinde tamamen heyelanlı saha terkedilememiş olsa da, yolun daha kısa aralıklarda ve toplamda 400 metrelik bir uzunluk oluşturan 4 ayrı kesimde (Km: 82+650-82+750, Km: 82+750-82+900, Km: 82+900-83+000 ve Km: 83+800-84+000) heyelanlı alanlar içerisinde uygulanabilir çözüm örnekleri geliştirilerek geçirilmesi sağlanmıştır. Km: 82+650 – 83+000 (H.1, H.2 ve H.3) arası ve Km: 83+800-84+000 arası (H.4) heyelanların yüzeysel jeoloji ve sondaj lokasyon haritaları şekil 5.1 - 5.2'de, heyelanlı alanların genel görünümleri ise şekil 5.3 - 5.5'te verilmiştir.



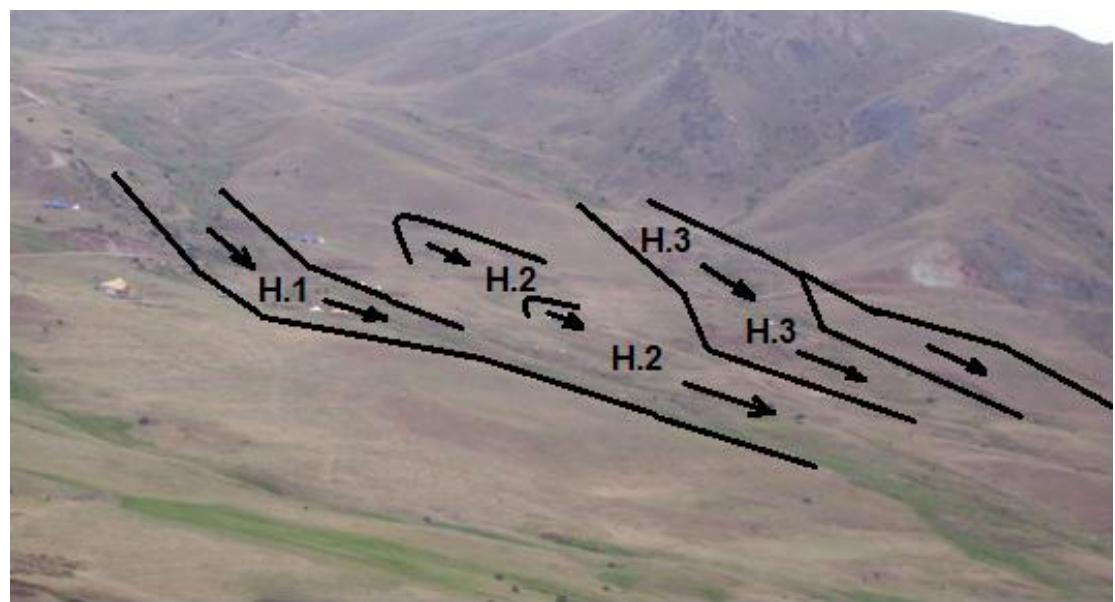
Şekil5.1 Km: 82+650-83+000 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri



Şekil 5.2 Km: 83+880-83+940 arası heyelanları jeolojik haritası ve sondaj yerleri



Şekil 5.3 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (batı-kuzeybatıdan doğu-güney doğuya bakış)



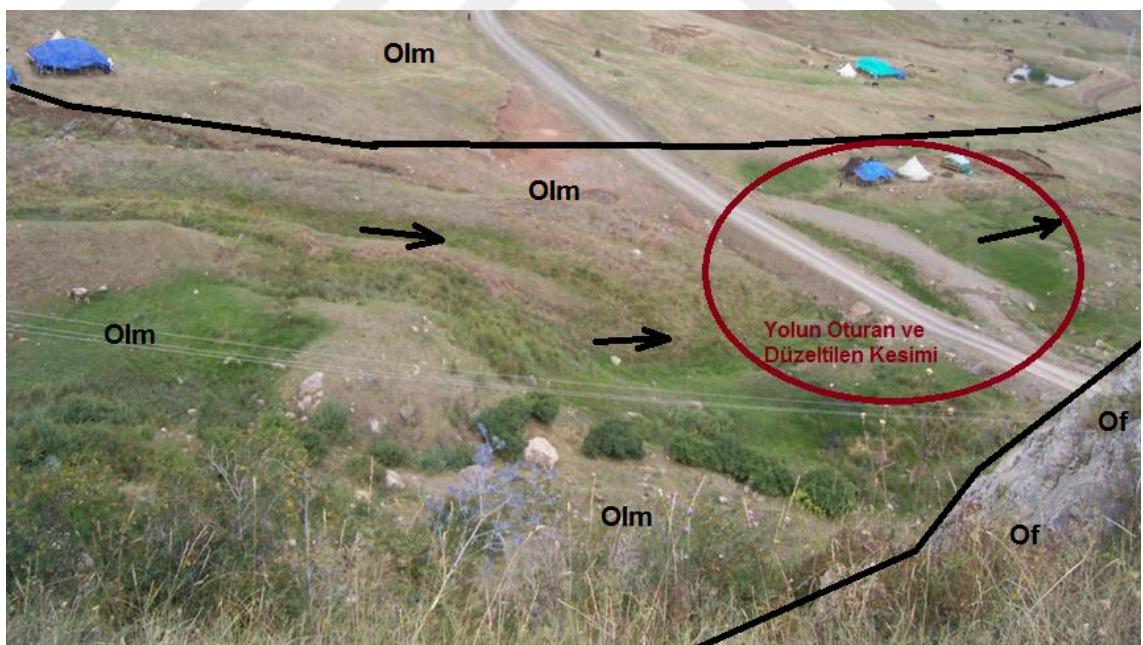
Şekil 5.4 Km: 82+650-83+000 arası heyelanlarının (H.1, H.2 ve H.3) arazideki görünümü (güneyden kuzeye bakış)



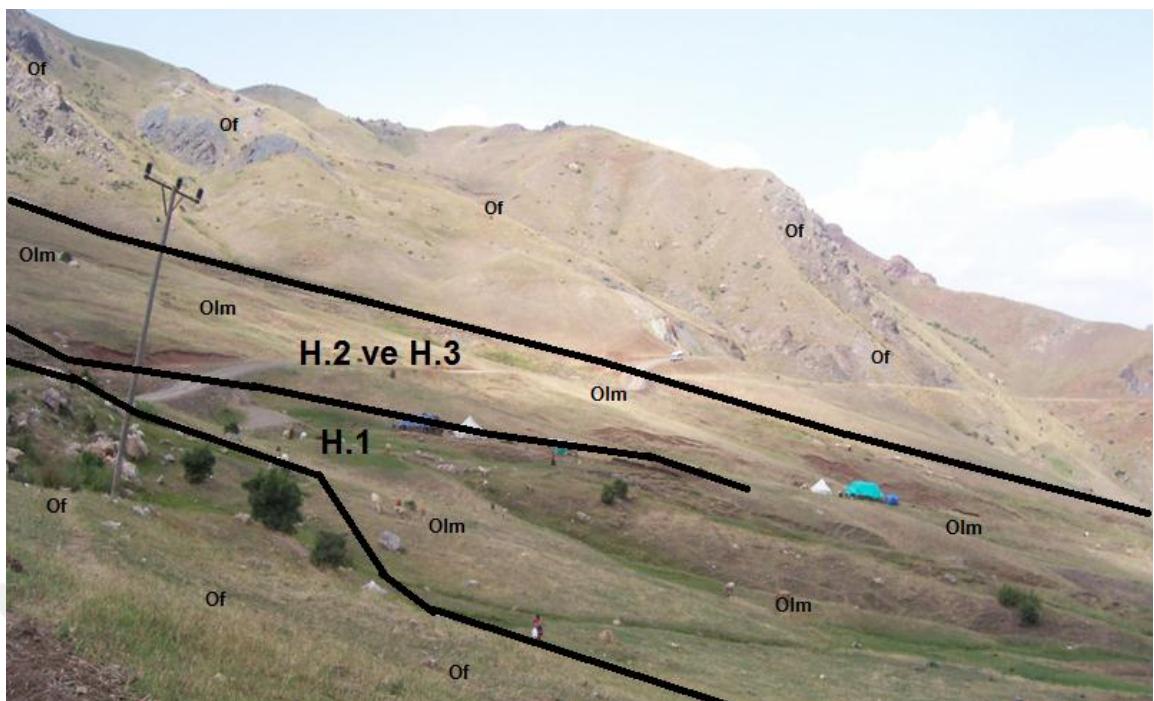
Şekil 5.5 Km: 83+880-83+940 arası heyelanının (H.4) arazideki görünümü (güney batıdan kuzey doğuya bakış)

5.1.1 H.1 heyelanı (km: 82+650 – 82+750) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

Heyelan; Oligo – Miyosen renkli kırmızı kıltaşı ile ofiyolit sınırında iki birimin kontağındaki derede gelişmiştir. İki birimin kontağı farklı aşınmadan dolayı dere halini almıştır. Bu dere arazinin yukarısında küçük sızıntılar ve küçük kaynaklar ile su almaktadır. Bu sular Oligo – Miyosen yaşılı killi birimleri yumusatmaktadır, dayanımını düşürmekte ve yükselen su tablası nedeniyle efektif gerilme azalmaktadır. Böylece yüksek eğimli derede yumuşayan ve dayanımı düşen bu killi zemin akma şeklinde alttaki kıltaşı üzerinde hareket etmektedir. Hareketin gerisi yani memba tarafı dar bir şerit halinde 50 – 100 metre genişliktedir. Mansap tarafı da genişleyerek ve araziye yayılarak, aşağıdaki ana dereye kadar devam etmektedir. Ana dere 500 – 600 m daha aşağıdadır. Km: 82+650 – 82+750 arasında yol sürekli oturarak aşağıya doğru kaymaktadır. H.1'in genel görünümü ve yolun oturan kesimi Şekil 5.6'da, yoldaki oturma farkı ve Ofiyolitler ile Oligo-Miyosen Birimleri (Tuzluca Formasyonu) sınırı Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.6 H.1'in (Km: 82+650 – 82+750) arazideki görünümü ve yolun oturan ve düzeltilen kesimi (kuzey batıdan güney doğuya bakış)



Şekil 5.7 Ofiyolitler ile Oligo-Miyosen Birimleri (Tuzluca Formasyonu) sınırı ile yoldaki oturma farkı (güneyden kuzeye bakış)

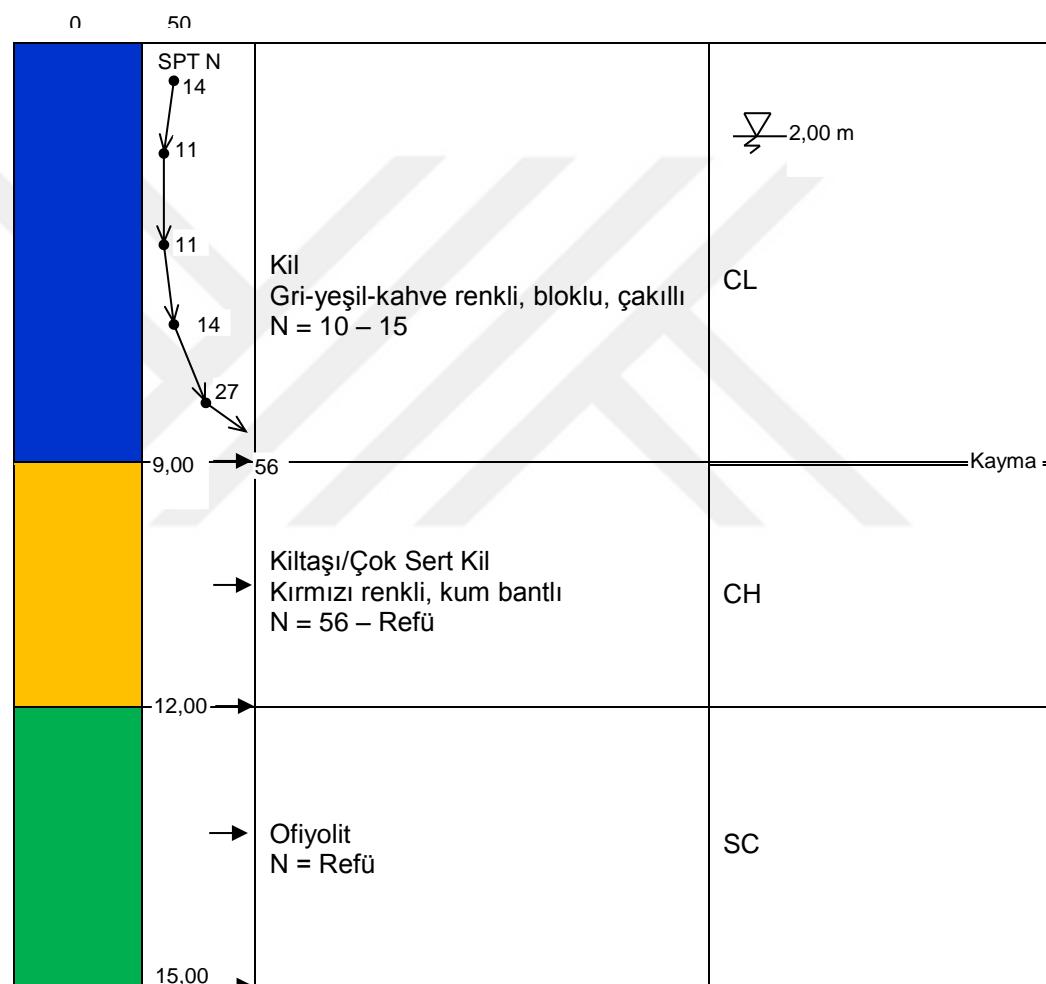
H.1'de heyelanın derinliğini ve kayma mekanizmasını anlamak için hareket doğrultusunda SK – 22, SK – 23 ve SK – 24 No.'lu sondajlar yapılmıştır.

Yapılan sondajlarda kayma derinliği ve kayma mekanizması, sondaj esnasında meydana gelen su kaçakları ile sertlik, yapı ve renk farklılıklarından net olarak anlaşılmıştır. Sondajlara göre gri-yeşil-kahve renkli bloklu çakılı killi kütle, kırmızı renkli sert kil/kiltaşı üzerinde kaymaktadır. Kayma derinliği SK-22 No.'lu sondajda 9 m, SK – 23 ve SK – 24 No.'lu sondajlarda ise 11 m olarak belirlenmiştir.

SK – 22 No.'lu sondajda 0 – 9 m arasında düzensiz ve kayma ürünü çakılı bloklu kil malzeme belirlenmiştir. Birimin zemin sınıfı yapılan deneylerde CL çıkmıştır. Ancak malzeme çakılı bloklu karmaşık bir yapı sunmaktadır. Malzeme içinde yapılan SPT deneylerinde genellikle $N = 10 – 15$ arasında belirlenmiştir. Malzemenin çakılı bloklu yapısı N değerlerinin olduğundan bir miktar yüksek çıkışına neden olmuştur. Bu birim altında 12. metreye kadar sert kil ve/veya kiltaşı birimi, 12. metreden sonra ise bölgenin temel kayası olan ofiyolit belirlenmiştir. Kiltaşı içinde $N = 40 – \text{Refü}$ arasında

iken Ofiyolitte N = Refü bulunmuştur. Sondajda 9 m civarında yarıklar gözlenmiştir. Bu durum ile SPT N değerlerindeki değişim, 9. metreye kadar gözlenen birimin düzensiz ve çakılı-bloklu karmaşık yapısı ile formasyon sınırları göz önünde bulundurulduğunda sondajda kayma derinliği 9 m olarak belirlenmiştir.

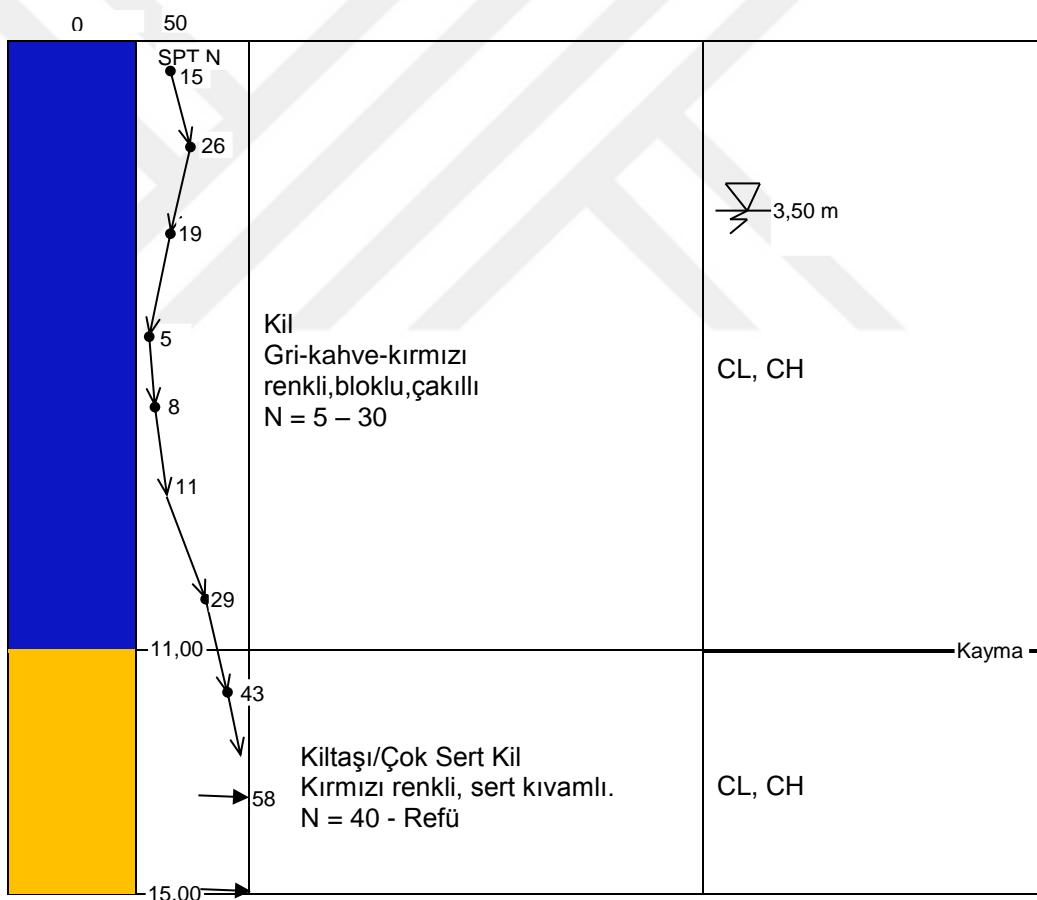
SK – 22 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8 SK-22 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK – 23 No.'lu sondajın ilk 11 metrelık kesimi kayma sonucu karışmış, düzensiz yapıda gri-kahve-kırmızı renkli çakılı kilden oluşmaktadır. Malzemenin zemin sınıfı CL, CH çıkmıştır. Ancak yüksek N değerleri düzensiz yapıda malzeme içinde gözlenen çakıl ve bloklardan kaynaklanmaktadır ve birim yer yer çok yumuşak, hatta akıcı durumdadır. Bu yumuşak örtü 11. metreye kadar devam etmektedir, 11 metrenin altında ise sert kil ve/veya kiltaşı bulunmaktadır. Üstteki karmaşık malzeme içinde yapılan SPT deneylerinde $N = 5 - 30$ arasında belirlenmiştir. Kilitte ise $N = 40 - \text{refü}$ arasındadır. Sondajda kayma düzlemi derinliği 11 m olarak belirlenmiştir.

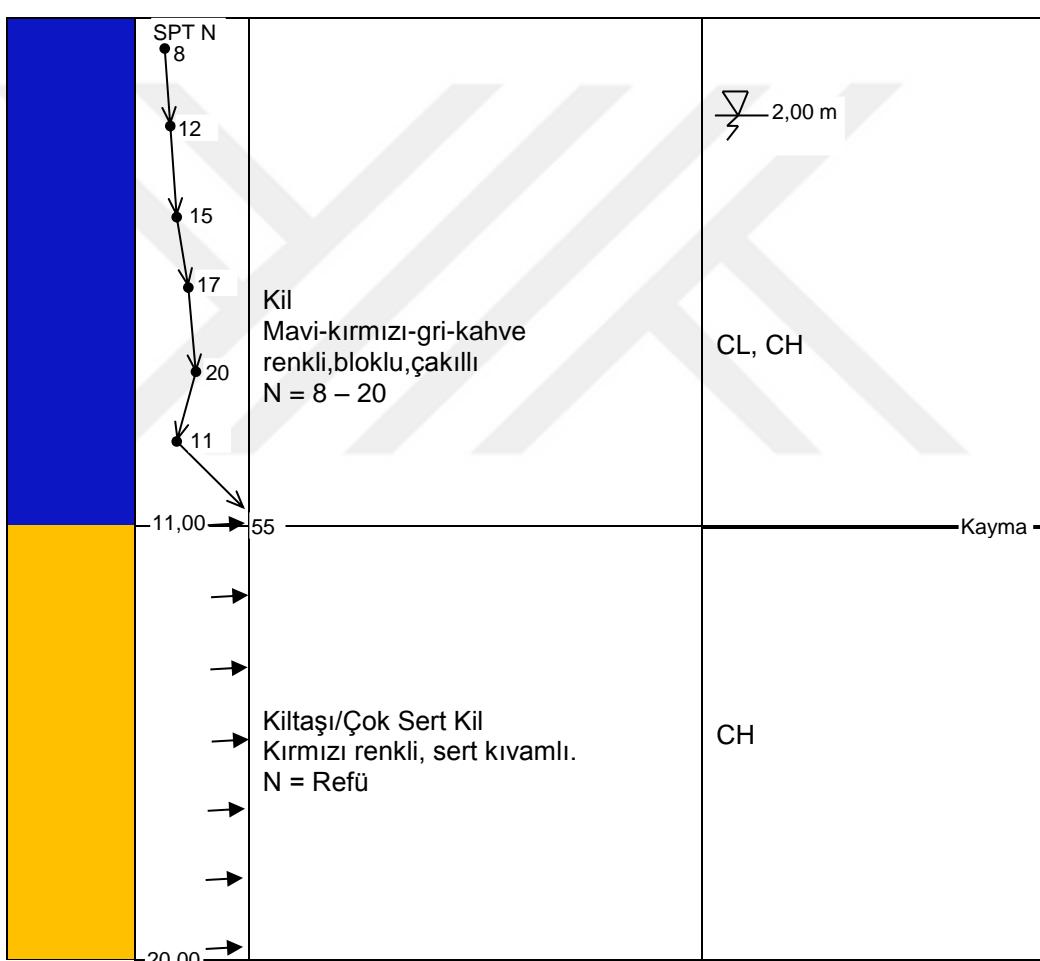
SK – 23 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği şekil 5.9'da sunulmuştur.



Şekil 5.9 SK-23 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK – 24 No.'lu sondajın ilk 11 metresinde gözlenen killi malzeme renk ve doku açısından karışmış, mavi-kırmızı-gri-kahve renkli ve bloklu-çakılıdır. Birimde yapılan

SPT deneylerinde $N = 8 - 20$ arasında değişmektetir. Bu değerler yüksektir; nedeni ise malzemenin çakıl içeriğidir. Zemin içinde çakıl içeriğinin daha az olması durumunda bu değerlerde önemli bir düşüş gözlenecektir. Nitekim UD tüpleri içerisinde örneklerin durmayıp akıyor olmaları ve ancak birkaç denemeden sonra örnek alınabilmesi bu durumun en açık göstergesidir. 11 metreden sonra gözlenen temel zemin kırmızı renkli çok sert kil ve/veya kiltaşıdır. Temel zemin olan kiltaşı içinde yapılan SPT deneylerinde $N = \text{Refü}$ sonuçları vermiştir. Böylece ana kayma düzlemi 11. m olarak belirlenmiştir. SK – 23 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği şekil 5.10'dadır.



Şekil 5.10 SK-24 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

Bu bilgiler ışığında heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeysel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.11'de verilmiştir. Bu kesit heyelanın en kritik kesitidir.

Şekil 5.11'de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi kayma düzlemi topoğrafyaya yaklaşık paralel olarak devam etmektedir.

Tez kapsamında tüm stabilite analizleri Rocscience Slide v 5.0 programı kullanılarak gerçekleştirılmıştır.

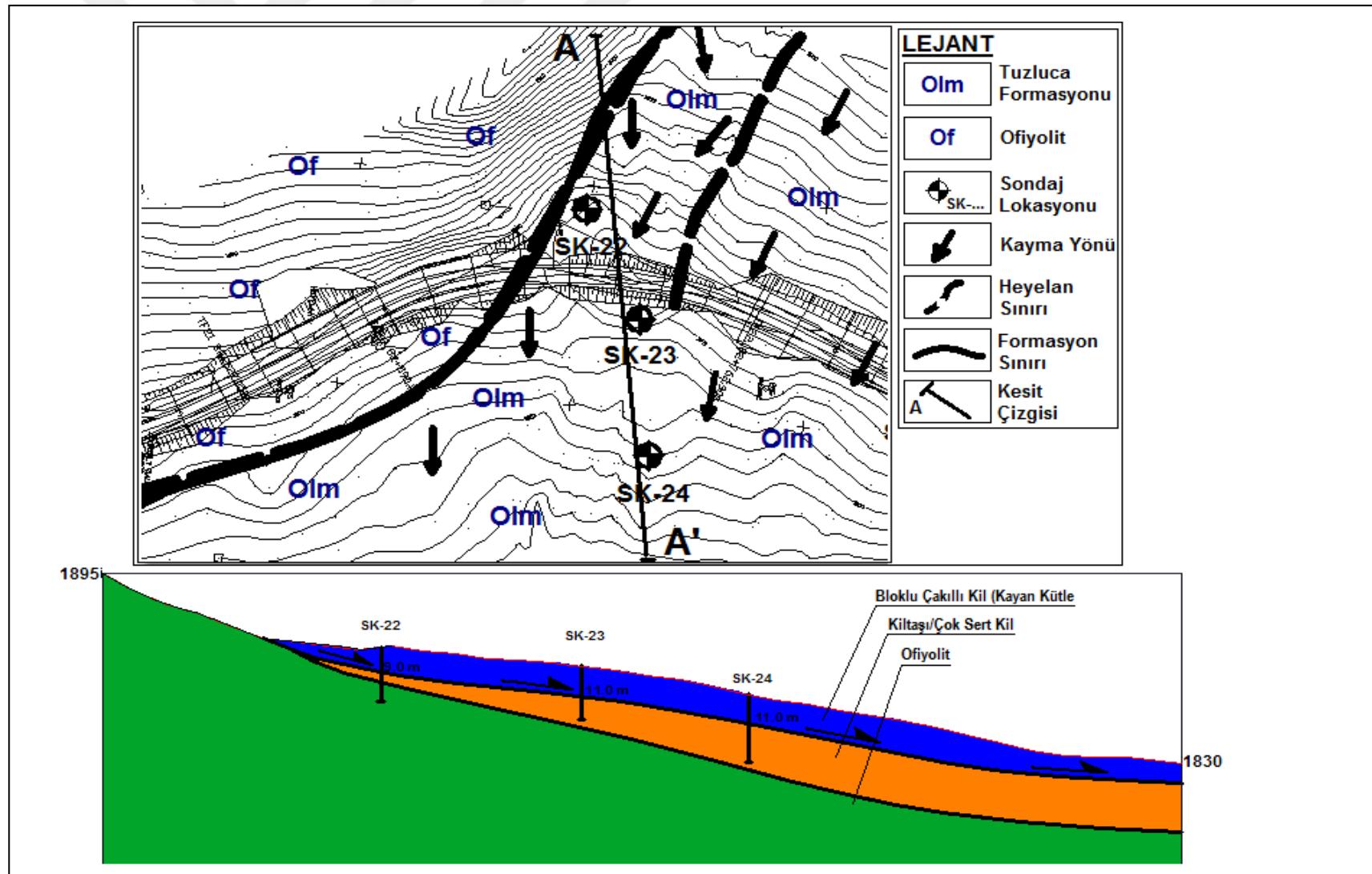
5.1.1.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilité parametreleri

Sondajda gözlenen ve yukarıdaki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri ayrı ayrı aşağıda sunulmuştur.

Bloklu Çakılı Kil (Kayan Kütle): Bu tabakada SPT N değerleri 10 – 20 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yüksektir ve zemin yer yer akıcıdır. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.1'de verilen parametreler belirlenmiştir.

Çizelge 5.1 Bloklu çakılı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c _u (kPa)	ϕ_u (°)	c _r (kPa)	ϕ_r (°)
CL	18,26	63	7	2	14
CH	18,39	-	-	2	18
CH	18,14	62	6	-	-
CL	18,09	-	-	2	16
CH	18,08	-	-	0	10
CH	18,32	60	8	-	-



Şekil 5.11 H.1 heyelanı (Km: 82+650 – 82+750) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Birim içerisinde yeraltı suyu derinliği 2,0-3,5 metre arasında ölçülmüştür. Bu derinlik yağışlı mevsimlerde daha da yükselecektir. Kayma malzemesi yeraltı suyuna doygun kohezyonlu birimlerden olduğu için analizlerde kullanılacak boşluk suyu basıncı parametresi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu problemin çözümü için aşağıda yapılan açıklamalar neticesinde boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri analizlere dahil edilmiştir.

Boşluk suyu basıncı dolgu yapımı esnasında ve inşaat sonrasında örtü basıncının bir fonksiyonudur ve suya doygun kohezyonlu zeminlerdeki en önemli sorunlardan biridir.

Boşluk suyu basınç katsayısı r_u , boşluk suyu basıncının örtü yükü basıncına oranı olarak tanımlanır.

$$r_u = u_w / \sum (\gamma_t)_i * h_i \quad (5.1)$$

$$r_u = \gamma_w * h_w / \sum (\gamma_t)_i * h_i \quad (5.2)$$

Burada; γ_w : suyun birim ağırlığı, h_w : ilgili tabakadaki su yüksekliği, γ : toplam birim ağırlık, h_i : ilgili tabakanın kalınlığıdır. Yenilme yüzeyindeki güncel boşluk suyu basıncı geniş bir alanı kapsamasına ve kayma yüzeyi boyunca boşluk suyu basıncı az veya çok değişmesine rağmen burada r_u değeri boşluk suyu rejiminin bir ortalamasını sunmaktadır (Sarsby 2000).

Boşluk suyu basınç katsayısı değerinin yaklaşık aralığı 0 – 0,55'tir. Sıfır değeri çok düşük su tablası ya da çok düşük doygunluk derecelerini işaret ederken, 0,55 değeri ise çok yüksek su tablası olması durumunda ya da zemin yüzeyinin tamamen su ile kaplı olması dumunu göstermektedir (Sarsby 2000). Uzun yıllar boyunca elde edilen deneyimlerin sonucunda r_u değerinin genellikle 0,3-0,45 arasında değiştiği ve çoğunlukla dizayn değerlerinin de yaklaşık 0,35 civarında olduğu belirlenmiştir. $r_u > 0,35$ değeri genellikle duraysız şartları göstermektedir. Boşluk suyu basınç katsayısının (r_u) ortalama değeri seçilirken yukarıdaki eşitlikle kayma yüzeyinin çeşitli

kesimleri için hesaplanan değerlerin yanısıra arazi çalışmalarını yürüten mühendislerin deneyimlerinden ve yamacın geçmiş dönemdeki davranışlarından da faydalanalması doğru sonuçlar alınmasını sağlayacaktır (Fredlund 1986 ve Sarsby 2000).

Özellikle stabilitenin Bishop yöntemi ile çözümlerinde boşluk suyu basınç parametresi olarak, boşluk suyu basınç katsayı r_u değerinin kullanımı pratik bir çözüm olarak öne sürülmektedir (Fredlund 1986 ve Ağırarioğlu 2005) ve bu nedenle yapılan stabilite analizlerinde kullanılan Slide v 5.0 programının veri girdisine de uygun olarak boşluk suyu basıncı için, boşluk suyu basıncı katsayı (r_u) değeri kullanılmıştır. r_u değeri güvenlik sayısı hesaplamasında tutucu kuvvetlere ağırlığın bir fonksiyonu olarak $W(1 - r_u)$ şeklinde katılır (Ağırarioğlu 2005).

Boşluk suyu basınç katsayı değeri, SK – 22, SK – 23 ve SK – 24 No.'lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış (Çizelge 5.2) ve analizlerde kullanılmak üzere ortalama bir değer seçilmiştir. Hesaplamlarda $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$ olarak alınmıştır.

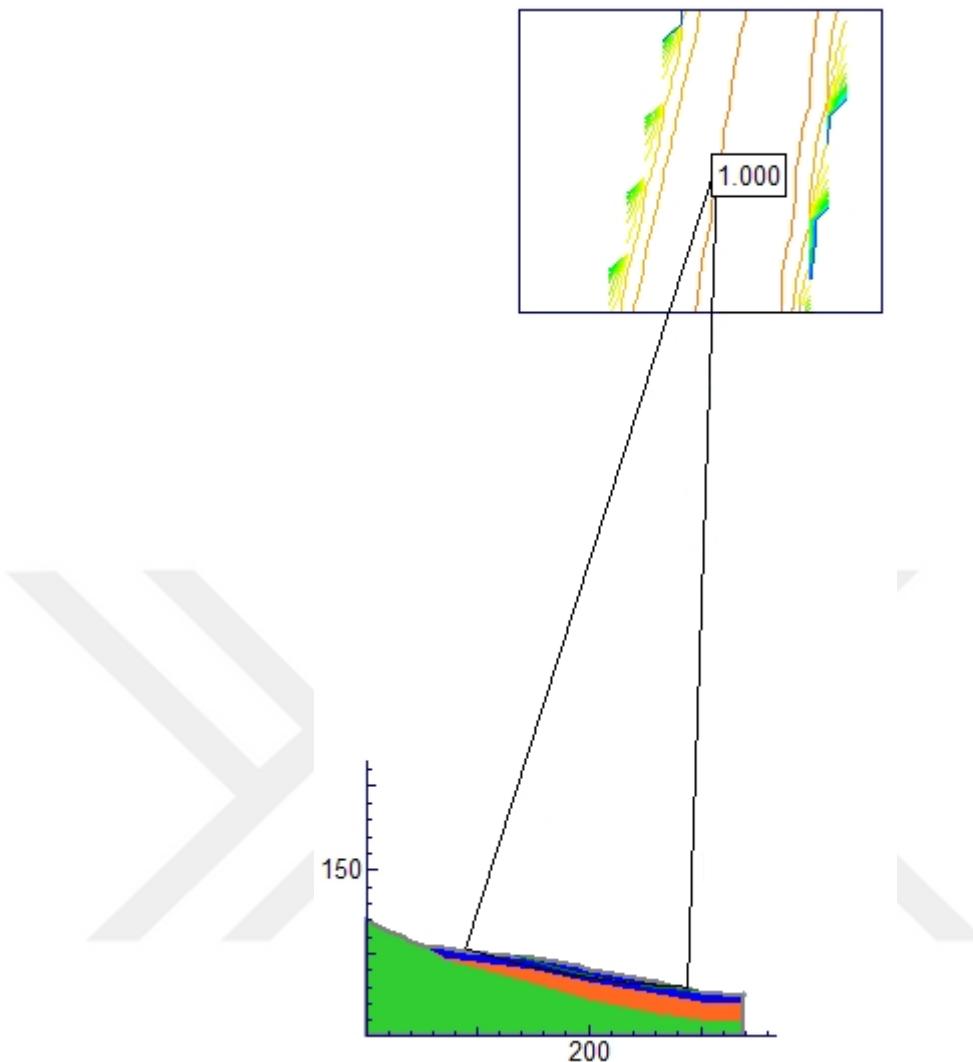
Çizelge 5.2 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayı

Sondaj No	r_u
SK-22	0,4
SK-23	0,37
SK-24	0,446
Ortalama	0,4

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.12) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Geri analizlerde belirlenen rezideül kayma dayanımı parametreleri

$c_r (\text{kPa})$	$\phi_r (^{\circ})$
0	17
2	15
3	13,5
5	11,5



Şekil 5.12 Heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Kırmızı Renkli Kilitaşı/Çok Sert Kil: Bu tabakada SPT N değerleri 40 – Refü arasında değişmektedir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan UU deneylerinde elde edilen sonuçlar çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kilitaşı/çok sert kile ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
CH	18,39	91	6
CH	19,15	95	8

Birim bozuşmuş kultaşı (çok sert kil) olarak kabul edilmiş ve analizlerde laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen stabilite parametreleri kullanılmıştır.

Ofiyolit (Temel Kaya): Ofiyolit içinde yapılan SPT deneylerinde $N = \text{Refü}$ sonucu elde edilmiştir. Birim bölgede kırmızı-yeşil renkli ve kultaşının altında parçalı ve kırıklı özelliktedir. Bölgede yapılan sondajlarda sadece SK – 22 No.'lu sondajda ofiyolit içerisinde ilerlenmiş, SK – 23 No.'lu sondaj ise ofiyolit başlangıcında kesilmiştir. Ofiyolitin sondajda çok kırıklı, parçalı ve bloklu yapıda olduğu belirlenmiştir. Birim çok kötü kaya kalitesinde ve çok zayıf – zayıf kaya özelliğindedir. Zayıf – çok zayıf kayalar için Bieniawski (1989)' ye göre $c = 50 – 150 \text{ kPa}$, $\phi = 15 – 30^\circ$ aralıklarındadır. Ofiyolit için kayma dayanımı parametreleri bu aralıklar göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

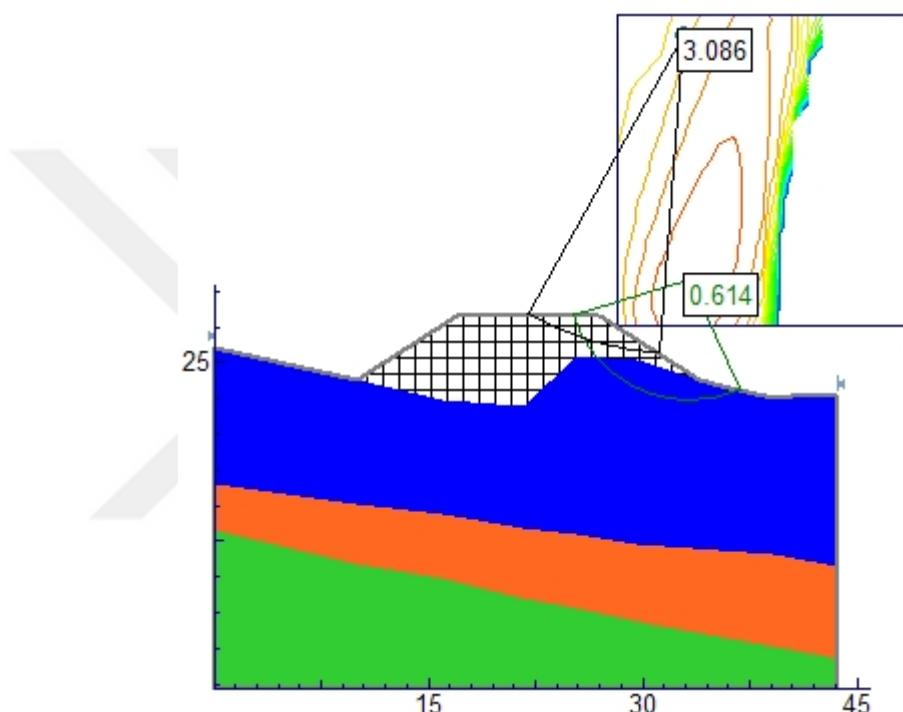
Birim	γ_n (kN/m^3)	$c/c'/c_r$ (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ ($^\circ$)	Mevcut Durum (r_u)	Drenaj Önlemi Sonrası (r_u)
Bloklu Çakılı Kil	18	2	15	0,4	0,1
Kultaşı/Çok katı-sert Kil	19	95	8	0	0
Ofiyolit (Temel Kaya)	20	75	30	0	0
Dolgu	19	5	32	0	0
Kaya Dolgu	22	3	45	0	0

5.1.1.2 H.1 heyelani için uygulanabilir çözüm önerisi

H.1 heyelani içerisinde yolun sorunsuz bir şekilde geçirilebilmesi için, heyelan malzemesinin platform altından kazılarak heyelan malzemesinin temizlenmesi ve yol platformunun kaya dolgu üzerinde oluşturulması çözümü benimsenmiştir.

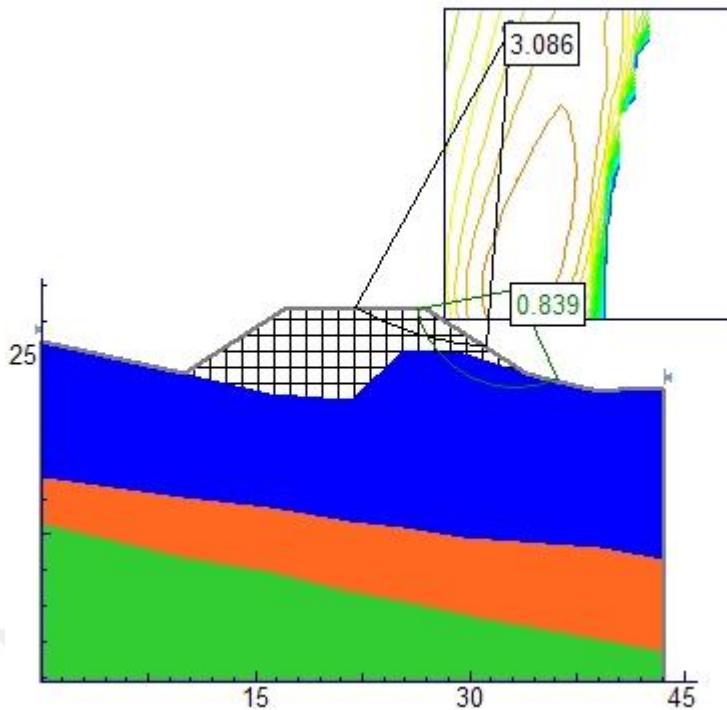
Kaya dolgu hem yol için sağlam ve geçirimli bir platform oluşturacak, hem de heyelana karşı topuk görevi görecektir.

Heyelanlı alanda mevcut durum açısından en kritik yol geçiş şekli enkesiti Km: 82+700 enkesitidir. Bu mevcut yol kesiti kullanılarak yapılan stabilite analizi sonucu $F_s = 0,614$ bulunmuştur (Şekil 5.13). Yani sonuç güvensizdir.



Şekil 5.13 Km: 82+700 enkesiti mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$)

Bölgede drenaj önlemleri alındıktan sonra yeraltı suyunun yaklaşık 5-7 m düşüğü varsayılmış ve bu durum göz önünde bulundurularak ortalama $r_u = 0,1$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.14) $F_s = 0,839$ bulunmuş ve bu kesimde stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin yetersiz kaldığı görülmüştür.



Şekil 5.14 Km: 82+700 enkesiti için drenaj önlemleri sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)

Böylece çözüm için yukarıda da bahsedildiği gibi kayma malzemesinin sıyrılarak, yol platformunun kaya dolgu üzerine oturtulması durumu incelenmiştir. Kaya dolgu yapılarak oluşturulan çözüm kesiti kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre statik durumda $F_s = 1,938$ (Şekil 5.15), sismik durumda ise $F_s = 1,115$ (Şekil 5.16) olarak bulunmuştur.

Böylece güvenli geçişin kaya dolgu ile yapılmasının uygun olacağı analiz sonuçları ile de desteklenmiştir.

Kaya dolgu imalatına esas maksimum boyutlar ve çözümün aşamaları aşağıdadır.

L : Uzunluk = 100 m

(Km: 82+650 – Km: 82+750 arası)

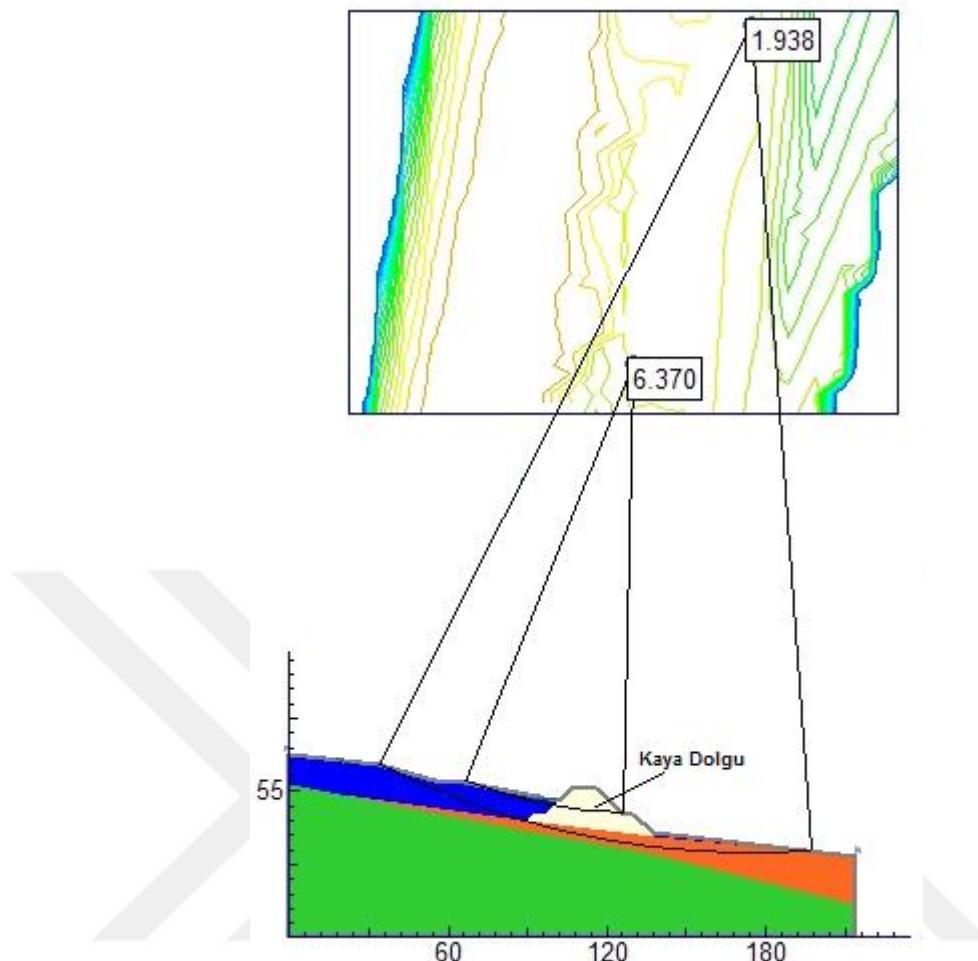
B₁: Tepe genişliği = 10 m (Yol Platformu)

B₂: Taban genişliği = 50 m

H₁: Kaya dolgu yüksekliği = 18,1 m

H₂: Kazı derinliği = 11 m

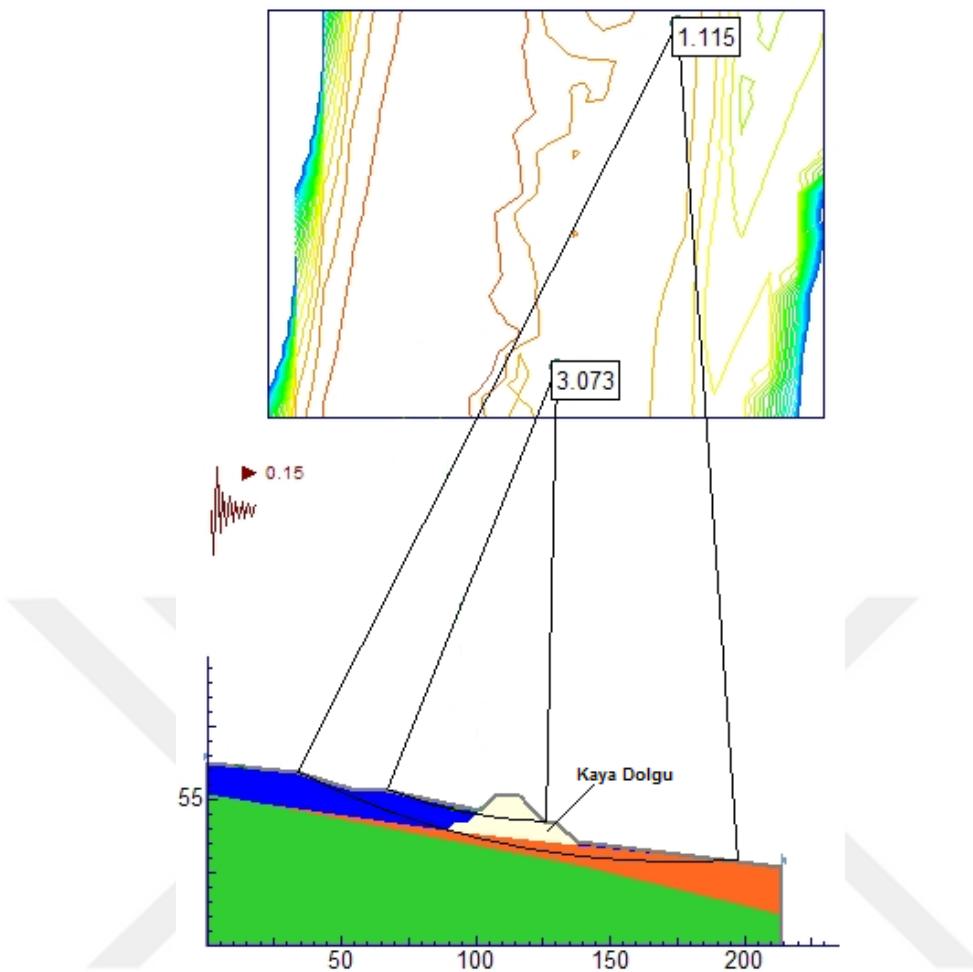
V: Kaya dolgu hacmi $\cong 55.000 \text{ m}^3$



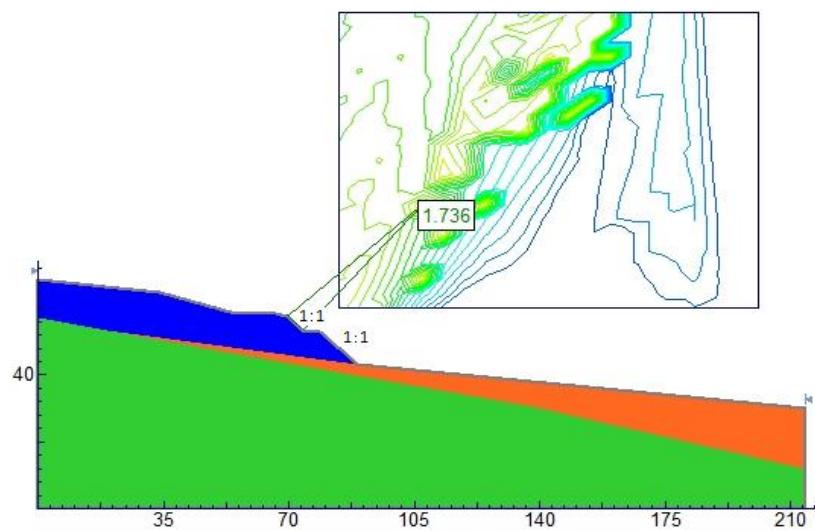
Şekil 5.15 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi

Kaya dolgu imalatı için öncelikli olarak sıyırmaya kazısı ve temel kazısı işlemlerinden önce, kazının yapılacak olduğu alanda bulunan dereden gelen sular ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Suyun ortamdan uzaklaştırılması işine kazı işleminden minimum 15 gün önce başlanmalıdır ve bu iş imalat boyunca devam ettirilmelidir. Böylece kazı yapılacak alanda imalat kolaylığı ve belli bir drenaj sağlanmış olacaktır.

Kaya dolgu ve temelinin imalatı için öncelikli olarak üstte gözlenen ve sondajlarla derinliği belirlenen kayan malzemenin sıyrılması gerekmektedir. Sıyırmaya işlemi için geçici bir şev değeri, yapılan stabilite analizi sonucu 1d:1y olarak belirlenmiştir. Yapılan analize göre 1d:1y şev değeri için güvenlik sayısı $F_s = 1,736$ 'dır (Şekil 5.17).

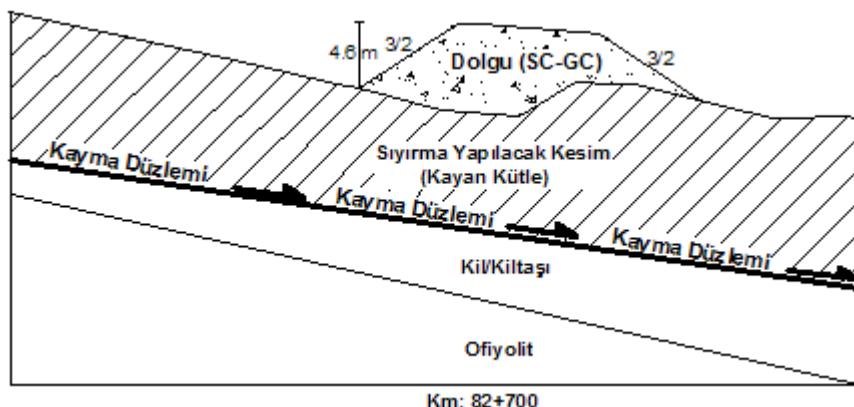


Şekil 5.16 Km: 82+700 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilité analizi



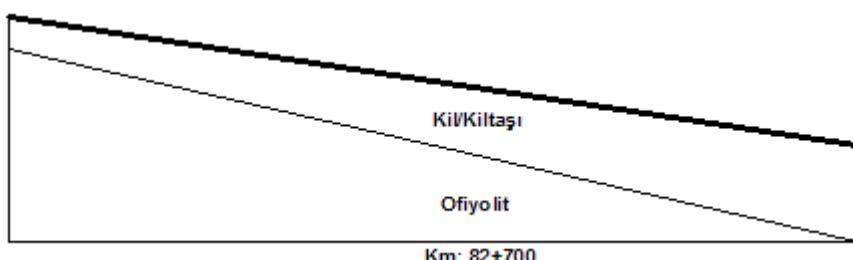
Şekil 5.17 Km: 82+700 enkesiti heyelan sıyırması geçici kazı şevi stabilite analizi

Kaya dolgu çözümün çözümleme adımlarında da görülebileceği gibi sırasıyla aşağıdaki aşamalar takip edilecektir. Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.18'de verilmiştir.



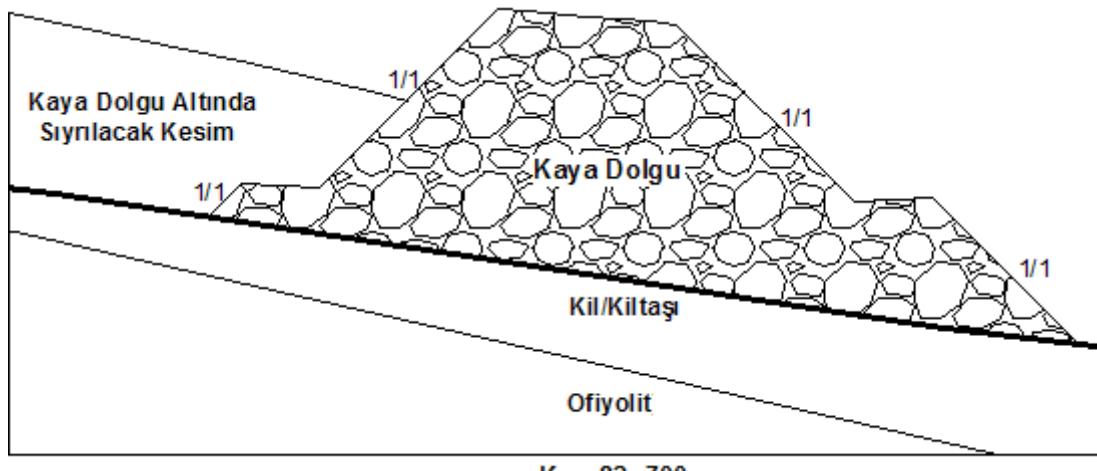
Sekil 5.18 Siyırma yapılmadan önce mevcut yol geçiş şekli

Kaya dolgu imalatından önce ortalama 11 m kalınlığındaki heyelan malzemesi 1d:1y şev oranı ile kırmızı renkli kiltaşı/sert kil özelliğindeki temel zemine ulaşılınca kadar temizlenecektir. Sıvımdan sonra oluşacak topografiya şekil 5.19'dadır.



Sekil 5.19 Sıırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya

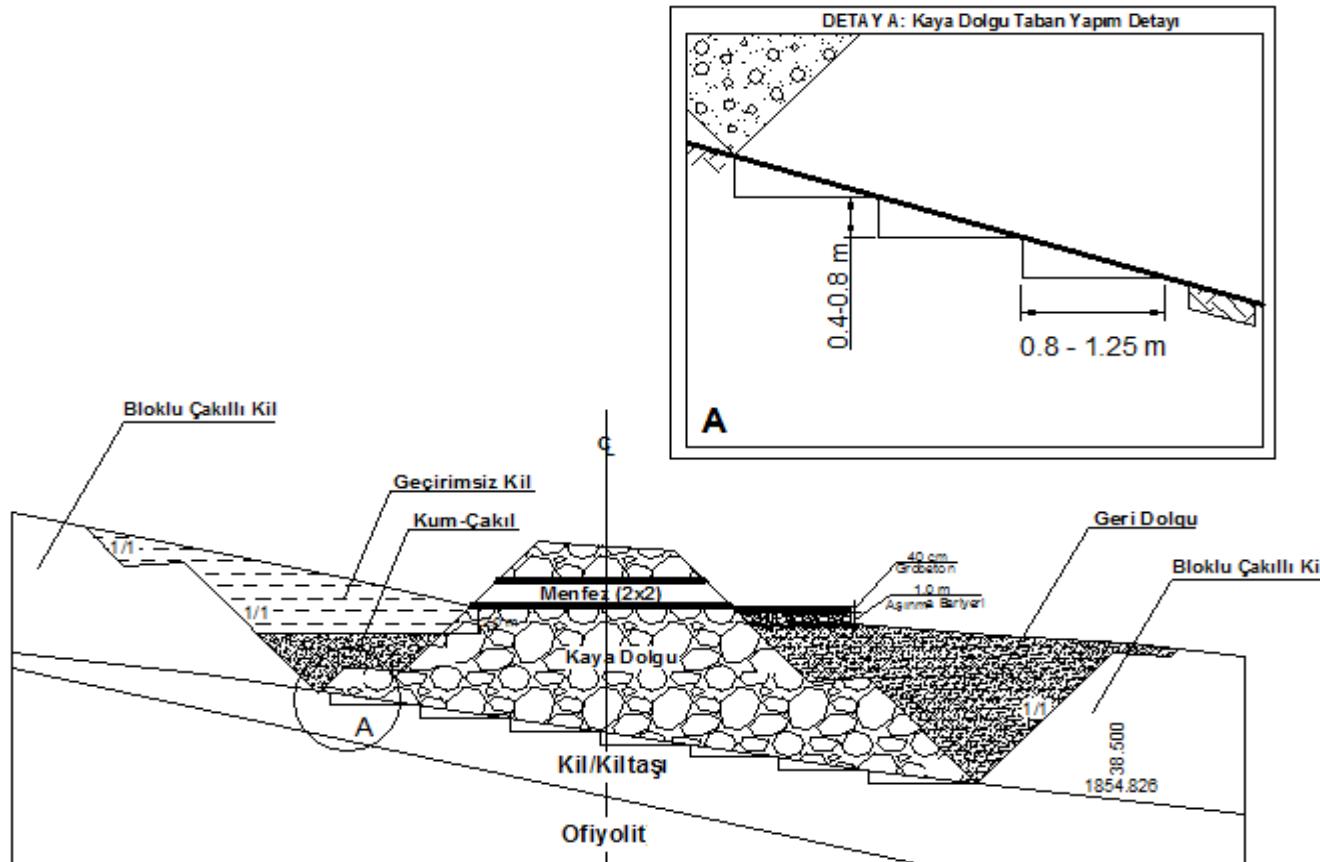
Dolgu tabanı başlangıç ve bitiş noktasında merkeze yani dere talveğine doğru V şeklinde eğimli olmalıdır ve V şeklinde birleştirilmelidir. Bu yapı dolgu tabanındaki suyu talveğe doğru drene edecek ve böylece taban drenaj kesiti sağlanmış olacaktır. Dolgu tabanı bu şekilde hazırlanıktan sonra kaya dolgu oluşturulmalıdır. Siyirmadan sonra kaya dolgu ile oluşturulacak yol platformu şekil 5.20'de verilmiştir.



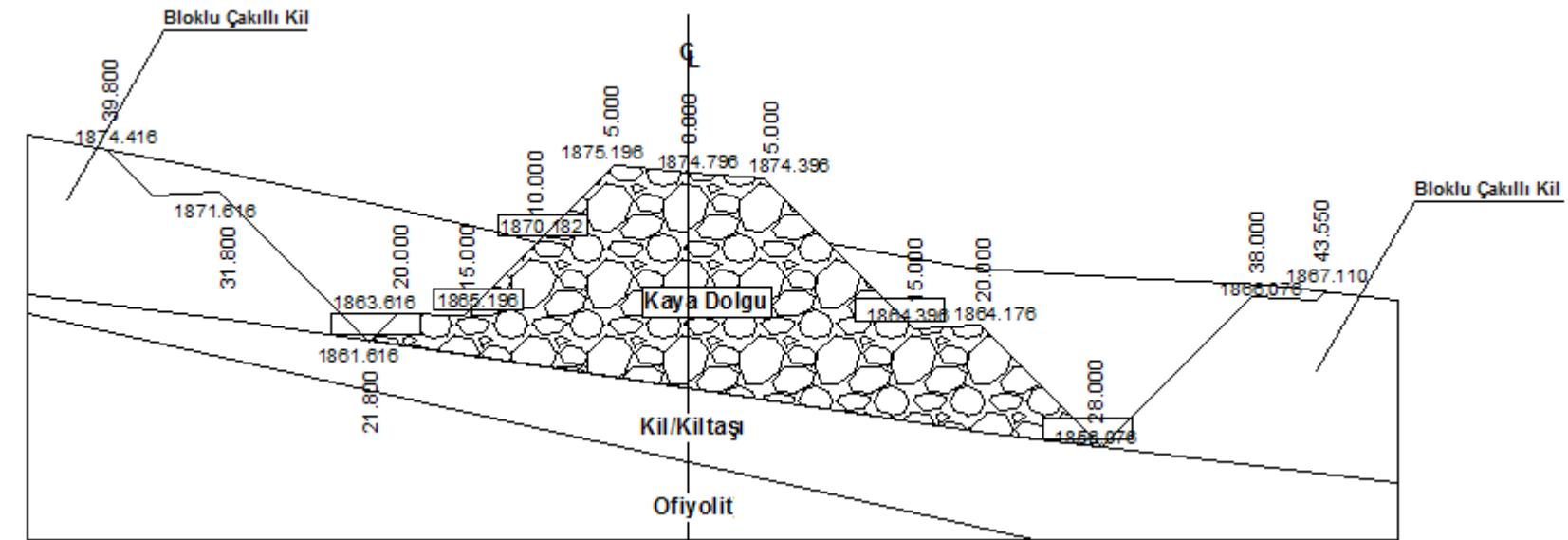
Şekil 5.20 Sıvımadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu

Dolgunun yükselmesine paralel olarak taban gerisi kum-çakıl ile oluşturulmalı ve son iki metresi menfez hizasına kadar geçirimsiz killi topraktan inşa edilmelidir. Bu açıklamalara göre kaya dolgu, menfez ve diğer dolgular yapıldıktan sonra oluşacak duruma ait çözüm kesiti şekil 5.21'de, kotlandırmış çözüm kesiti ise şekil 5.22'de verilmiştir.

Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



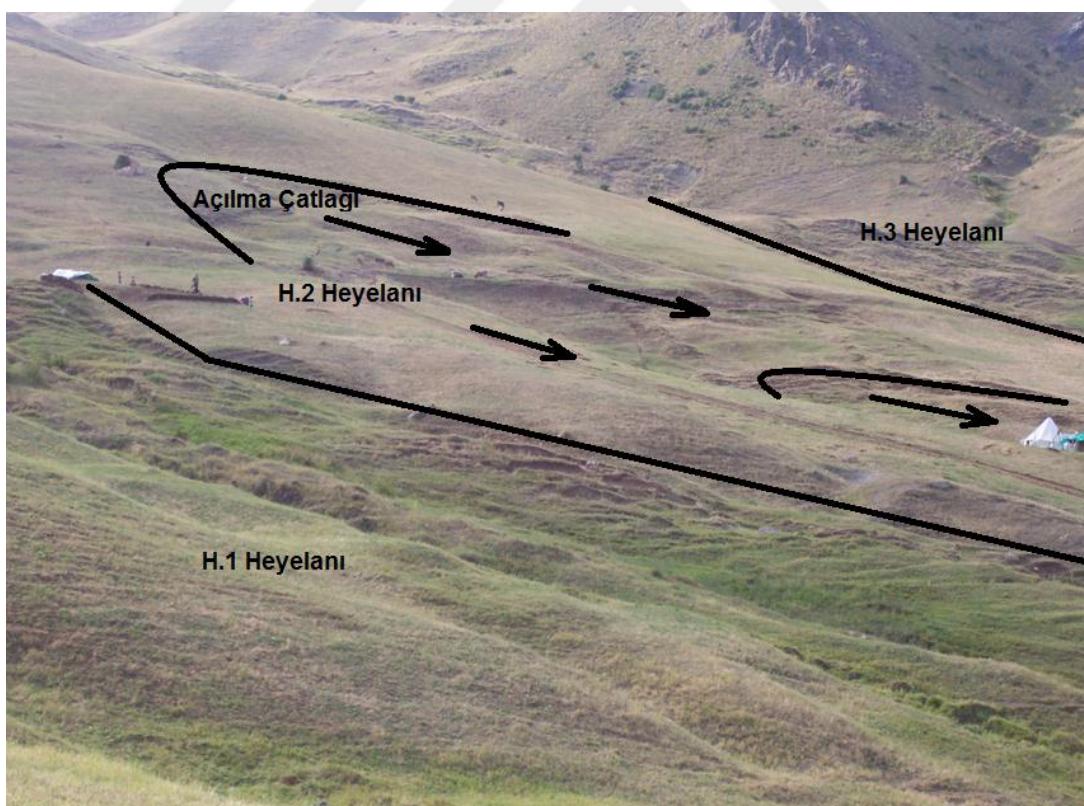
Şekil 5.21 Kaya dolgu ve diğer geri dolgularından sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti



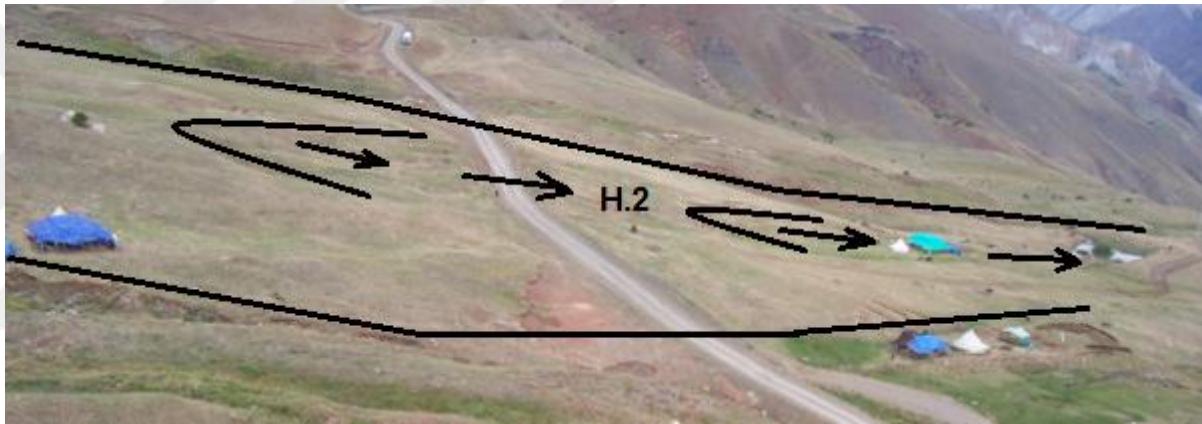
Şekil 5.22 Kaya dolgu ve geri dolguların yapılmasından sonra oluşacak kesitin ara mesafeleri ve kotları

5.1.2 H.2 heyeları (km: 82+750 – 82+900) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

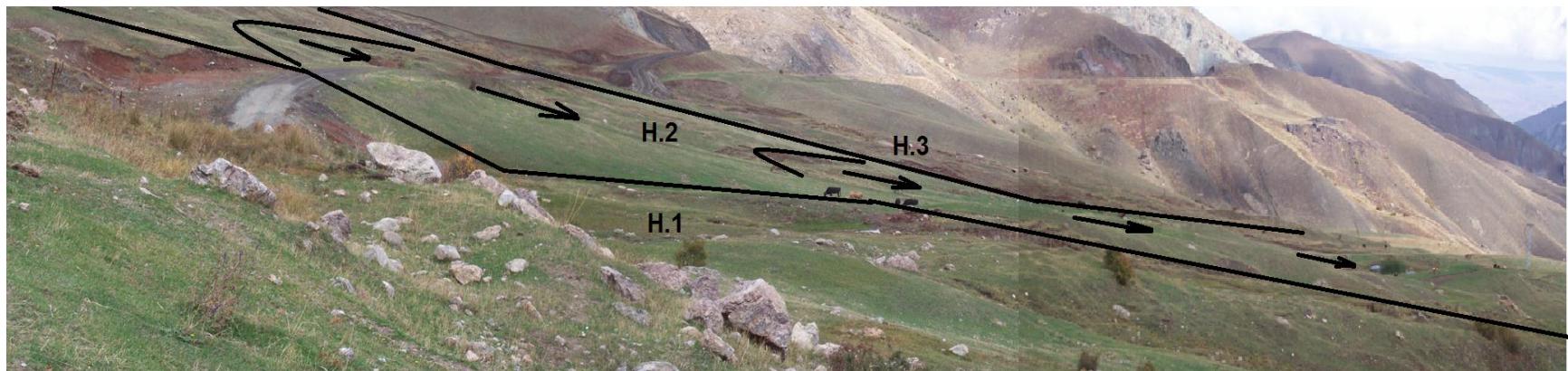
Km: 82+750 – 82+900 aralığında kalın ve homojen görünümlü kırmızı renkli killi malzeme hakimdir. Birim Oligo – Miyosen renkli kırmızı renkli kiltaslarının bozuşması ile oluşmuştur ve heyelan da bu kesim içinde meydana gelmiştir. Killi malzemenin yüzeyinde kaşık şeklinde sıç kripler gelişmiştir. Zamanla bu kripler; birimin içine doğru 2. ve 3. evreler halinde progresif (yani yayılmacı) bir hareket şeklinde işleyebilirler. Ancak, killi malzeme homojen, kalın ve sert nitelikte olduğundan, bu hareketlerin kütlenin içine doğru hızlı bir şekilde işlemesi söz konusu değildir. Sondaj kayıtlarına ve yüzeyde yapılan gözlemlere göre bu homojen kütle içinde şu anda hareketsiz olan ve/veya çok yavaş hareket eden bir zayıflık zonu bulunmaktadır. Bu harekete ait izler (açılma çatlığı) yolun 60 – 70 m yukarısındadır (Şekil 5.23- 5.24). H.2 No.’lu heyelanın yamaç boyunca genel görünümü şekil 5.25’te verilmiştir.



Şekil 5.23 H.2 No.’lu heyelan ile zayıflık zonu ve/veya açılma çatlığı (güney-güneydoğudan kuzey-kuzeybatıya bakış)

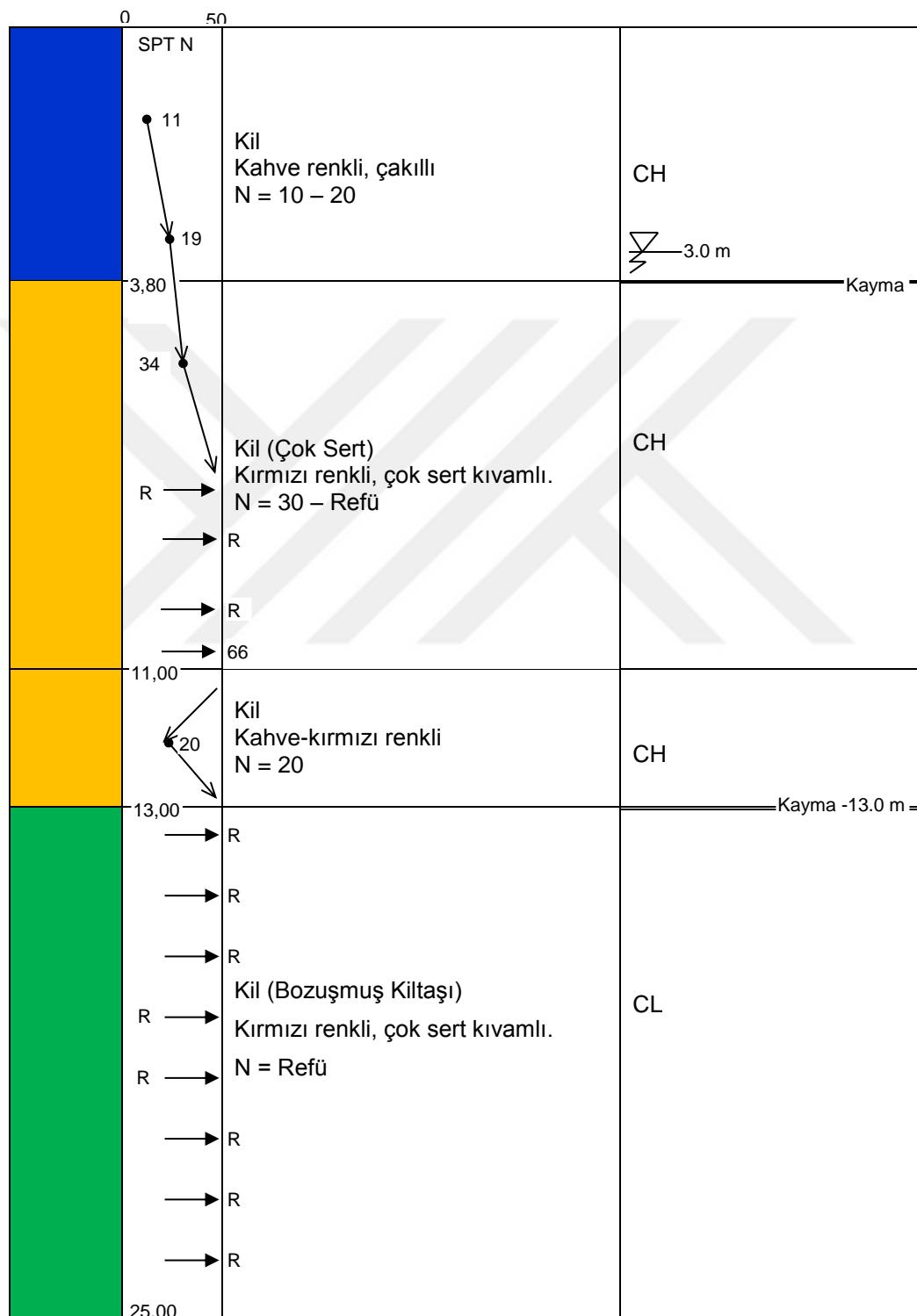


Şekil 5.24 H.2 No.'lu heyelanın ve açılma çatlağının genel görünümü (batıdan doğuya bakış)



Şekil 5.25 H.2 No.'lu heyelanın yamaç boyunca genel görünümü (güneyden kuzeye bakış)

Hareketin güzergah ekseni içerisindeki geçişinin ve derinliğinin incelenmesi amacıyla bu aralıkta SK – 25 No.'lu sondaj yapılmıştır. Kayma yüzeyi derinliği ve sondaj çalışması profili şekil 5.26'da verilmiştir.



Şekil 5.26 SK-25 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

Yapılan sondajda 2 ayrı kayma düzlemi saptanmıştır. İlk kayma düzlemi 3,80 m derinlikte olup, bu kayma arazi gözlemlerinde yüzeyde küçük çaplı bir krip olarak gözlenmiştir. Yapılan deneylerde birimin zemin sınıfı CH çıkmıştır. Malzeme düzensiz bir yapı sunmakta olup, $N = 10 - 20$ arasında değişmektedir.

İkinci kayma düzlemine ise 13,0 metrede girilmiştir. Bu düzeye bariz yumuşak ve örselenmiş bir zon görülmemiştir. Fakat, sondajda 12-13 m arasında meydana gelen su kaçakları ve ayrıca 10,5 ve 12. metrelerde yapılan SPT deneylerinde N değerlerindeki düşüş ile arazide yapılan gözlemlerde sondajın yaklaşık 100 m ilerisinde taç kısmının ve tansiyon çatlaklarının gözlenmesi ile 13,0 m derinlikte gözlenen anomalinin kayma düzlemi anomalisi olduğunu göstermiştir. SPT deneylerinde $N = 20-30$ -refü sonucu çıkmıştır. Birimin zemin sınıfı CH çıkmıştır.

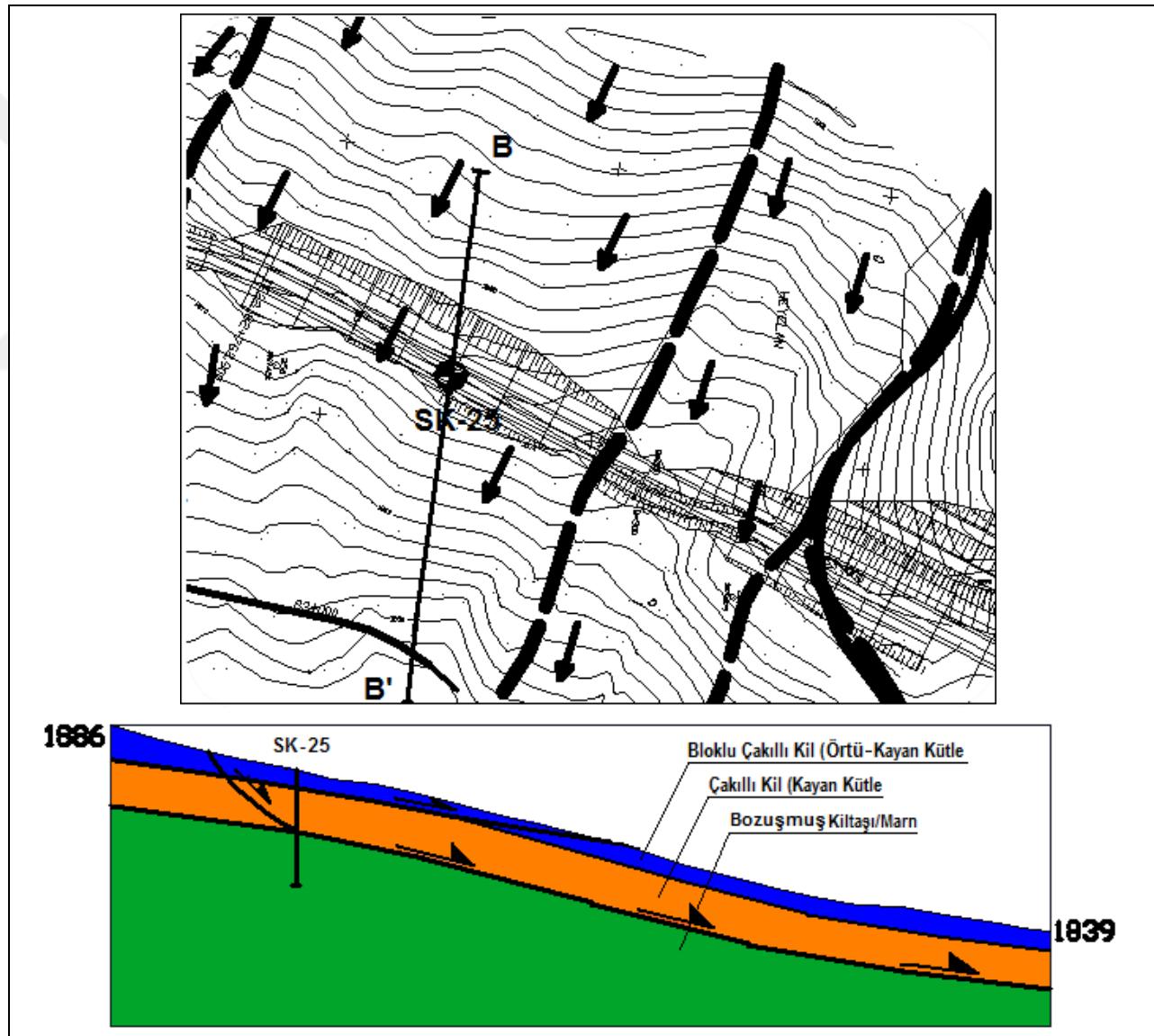
Yukarıda da dephinildiği gibi, kaymanın taç kısmında çatlağımsı zayıf zonlar mevcuttur ve bu zayıf zonların su alması önlenmelidir. Eğer buraya su gelişşi önlenirse hareket pasifleşip durabilir.

Bu bilgiler ışığında mevcut güzergahın durumuna göre heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeysel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.27'de verilmiştir. Bu doğrultu aynı zamanda heyelan geçişinin en kritik kesitidir.

Şekil 5.27'de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi, 13,5 m derinlikteki kayma düzlemi topoğrafyaya yaklaşık paralel olarak devam etmektedir. Yaklaşık 4 m derinliğinde de yüzeyde izleri gözlenmiş olan küçük bir krip mevcuttur.

5.1.2.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilite parametreleri

Sondaj profilinden de anlaşılabileceği gibi ana kayma zonu, kiltaşının su alarak bozmuş ve rezidüel hale dönüşmüş malzemesi ile kiltaşı sınırında gerçekleşmiştir. Kayan kütle içinde ayrıca küçük kripler de mevcuttur. Sondajda gözlenen ve önceki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri aşağıda ayrı ayrı sunulmuştur.



Şekil 5.27 H.2 heyelanı (km: 82+750 – 82+900) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Bloklu Çakılı Kil (Örtü-Kayan Kütle): Bu tabakada SPT N değerleri 10 – 20 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yer yer yüksektir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.6'da verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.6 Bloklu çakılı kil (örtü-kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	17,92	66	5	1	15

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.28) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini bloklu çakılı kil birimi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakılı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri

c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	20
2	15
3	12,5
5	10

Çakılı Kil (Kayan Kütle): Bu tabakada SPT N değerleri 20 – Refü arasında değişmektedir. N = 20 değeri su kaçaklarının gözlendiği kayma sınırına yakın 12 m derinlikten elde edilmiştir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.8'de verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.8 Çakıllı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	18,45	-	-	3	19
CH	18,55	76	7	-	-

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.28) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini çakıllı kil birimi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Geri analizlerde çakıllı kil için belirlenen rezideül kayma dayanımı parametreleri

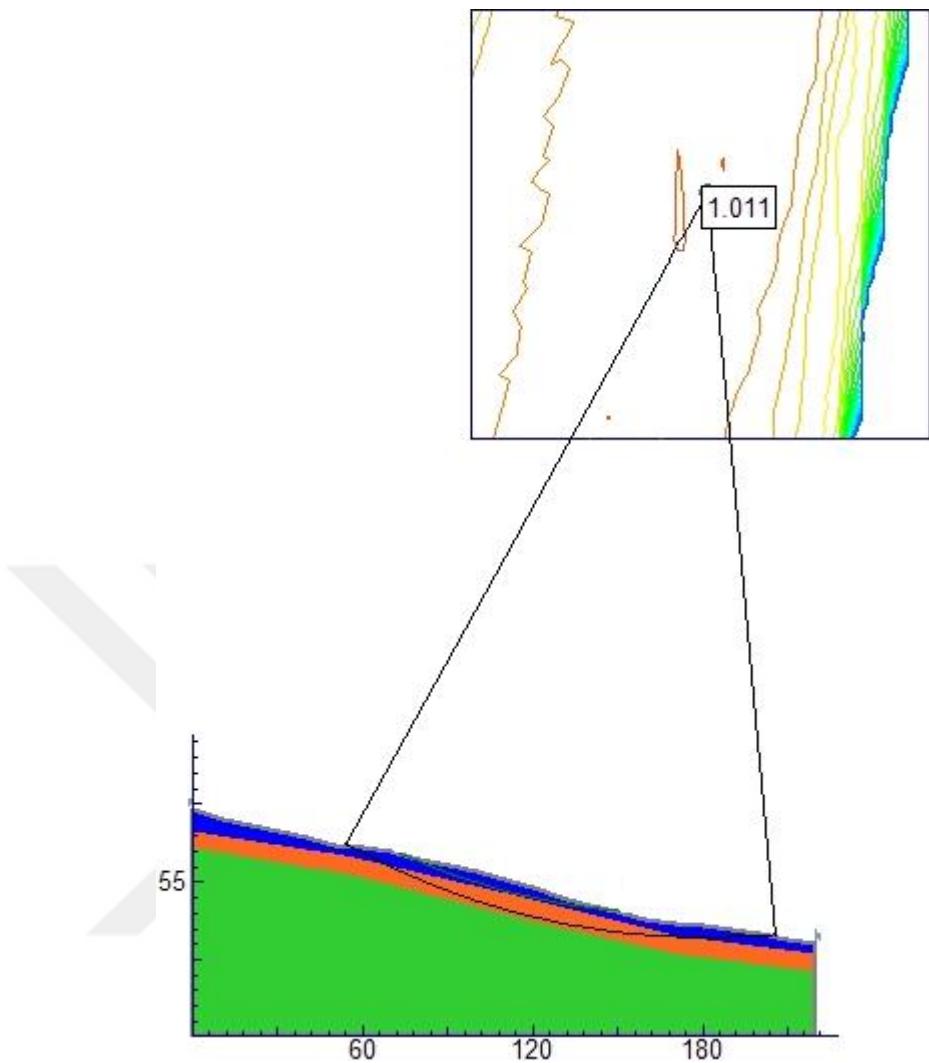
c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	22,5
2	20,5
3	20
5	19
8	17
10	16

Sondajda yeraltı suyuna 3 metrede rastlanmıştır. Kayan kütle yeraltı suyuna doygun kohezyonlu birimlerden olduğu için analizlere boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri eklenmiştir. Kayan malzeme için boşluk suyu basınç katsayısı değeri $r_u = 0,4$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplamada $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$ olarak alınmıştır.

Kırmızı Renkli, Bozuşmuş Kilitası/Marn: Bu tabakada SPT N değerleri Refü bulunmuştur. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç (UU) deneylerinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.10 Bozuşmuş kilitası/marna ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
CL	19,36	98	6



Şekil 5.28 H.2 heyelani için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Birim bozmuş kultaşı (çok sert kil) olarak kabul edilmiş ve analizlerde laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen dayanım parametreleri kullanılmıştır.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

Birim	γ_n (kN/m ³)	c/c'/c _r (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ (°)	Mevcut Durum (r_u)	Drenaj Önlemi Sonrası (r_u)
Bloklu Çakılı Kil	18	2	15	0,4	0,1
Çakılıl Kil	18,5	3	20	0,4	0,1
Bozuşmuş Kilitası/Marn	19	98	6	0	0

5.1.2.2 H.2 heyelani için uygulanabilir çözüm önerisi

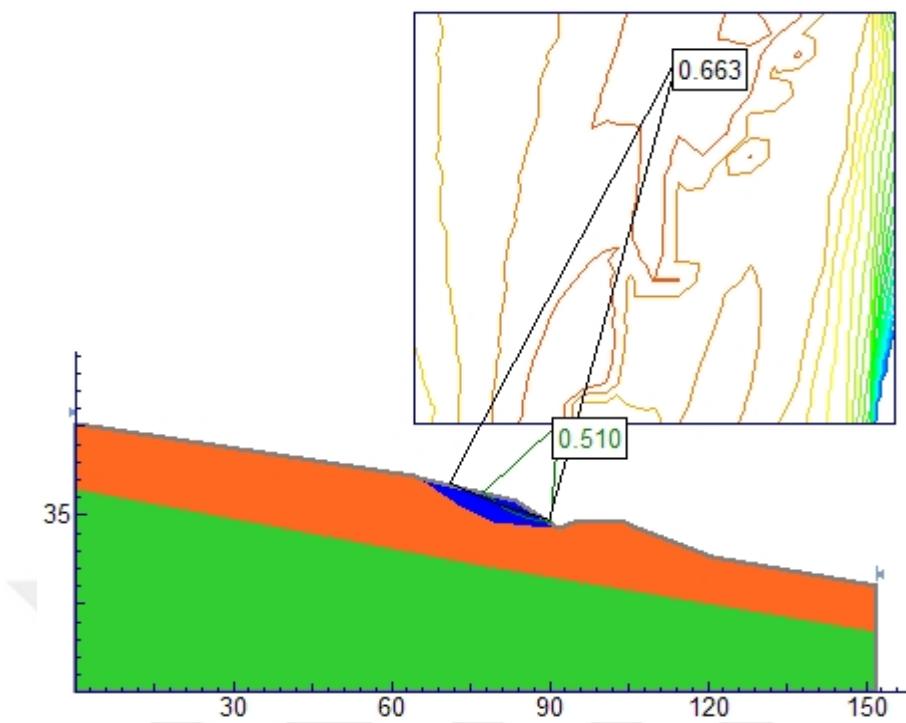
H.2 heyelani içerisinde yolu sorunsuz bir şekilde geçirilebilmesi için önlem projesi drenaj ve yatkı sevlendirme olarak tasarlanmıştır.

Sondajda belirlenen kayma düzlemleri önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere çok aktif değildir. Ancak malzeme suya doygundur. Bu durum hem yapılan sondajda gözlenmiş, hem de yamacın aşağı kısmında bu su açığa çıkarak küçük sizıntılar ve kaynaklar oluşturmuştur.

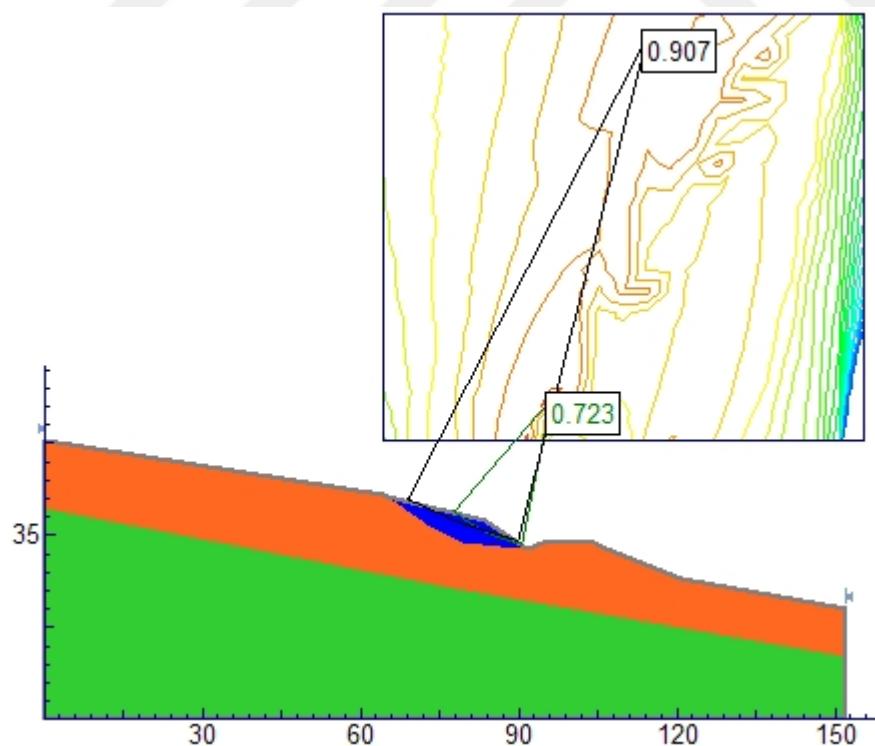
Bu aralıktaki potansiyel risk yarmanın 1d:3y şev eğimi ile açılması ve zemine drenaj yapılarak suyun ortamdan uzaklaştırılması yoluyla önlenmeye çalışılmıştır. Aşağıda verilen kayma analizleri ile bu durumun güvenilirliği incelenmiştir.

Heyelanlı alanda mevcut durum açısından en kritik yol geçiş şekli Km: 82+820 enkesitidir. Bu mevcut yol kesiti kullanılarak yapılan stabilite analizi sonucu 1d:1,5y eğimli yarma şevi için $F_s = 0,51$ bulunmuştur (Şekil 5.29). Sonuç güvensizdir.

Bu kesimde alınan drenaj önlemleri sonucunda yeraltı su seviyesinin 7-10 m düşüğü varsayılmış ve bu durum göz önünde bulundurularak $r_u = 0,1$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.30) $F_s = 0,723$ bulunmuş ve bu kesimde stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin tek başına yetersiz kaldığı anlaşılmıştır.

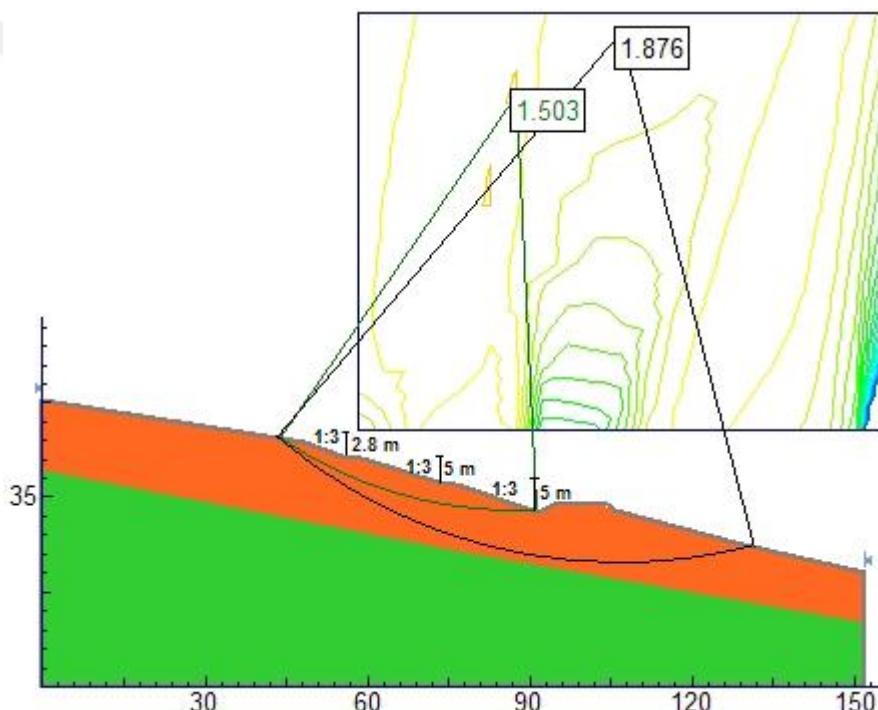


Şekil 5.29 H.2 heyelanı (Km: 82+820 enkesiti) mevcut yol geçiş şékli analizi ($r_u = 0,4$)



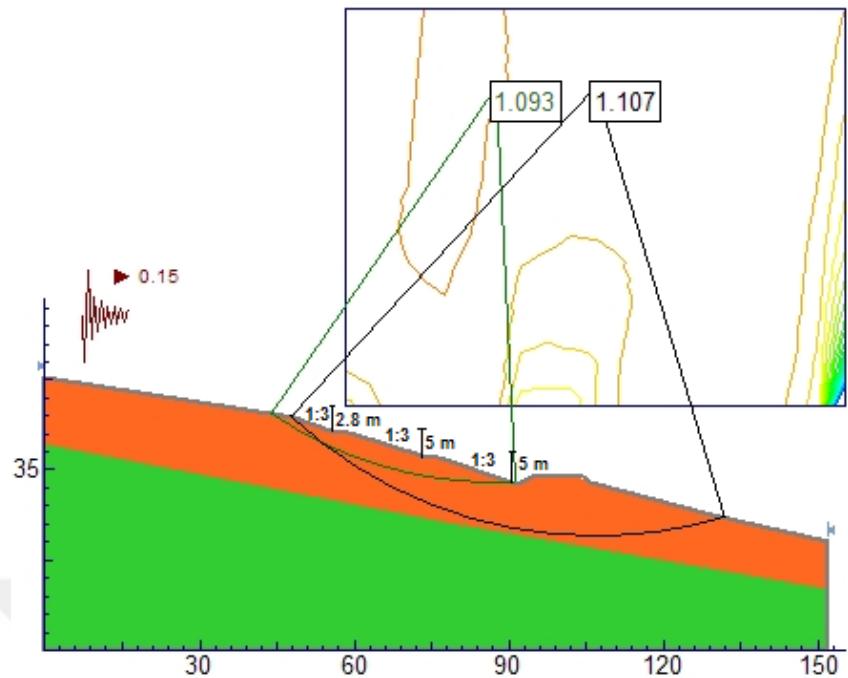
Şekil 5.30 H.2 heyelanı (Km: 82+820 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şékli analizi ($r_u = 0,1$)

Bu analiz sonuçları neticesinde yarma şev eğimi ve şev yükseklikleri revize edilmiştir. 1d:3y şev eğimi ve $H = 5$ m şev yüksekliğinde palyeler oluşturulmuş ve palye uzunlukları ise standart olan 5 metrenin altına düşürüülerek 2 m seçilmiştir. Böylece yapılan şev düzenlemesi ile drenaj önlemleri birleştirilerek heyelenli kesimin yol geçiş şekli son haline getirilmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda statik durumda $F_s = 1,503$ (Şekil 5.31), sismik durumda ise $F_s = 1,093$ (Şekil 5.32) olarak bulunmuştur. Sismik durum sonucu güvenli değer olan 1,1'in altındamasına rağmen çok yakın bir değer saptandığından çözüm güvenli kabul edilmiştir. Böylece güvenli yol geçiş şekli analizlerle de desteklenmiştir.

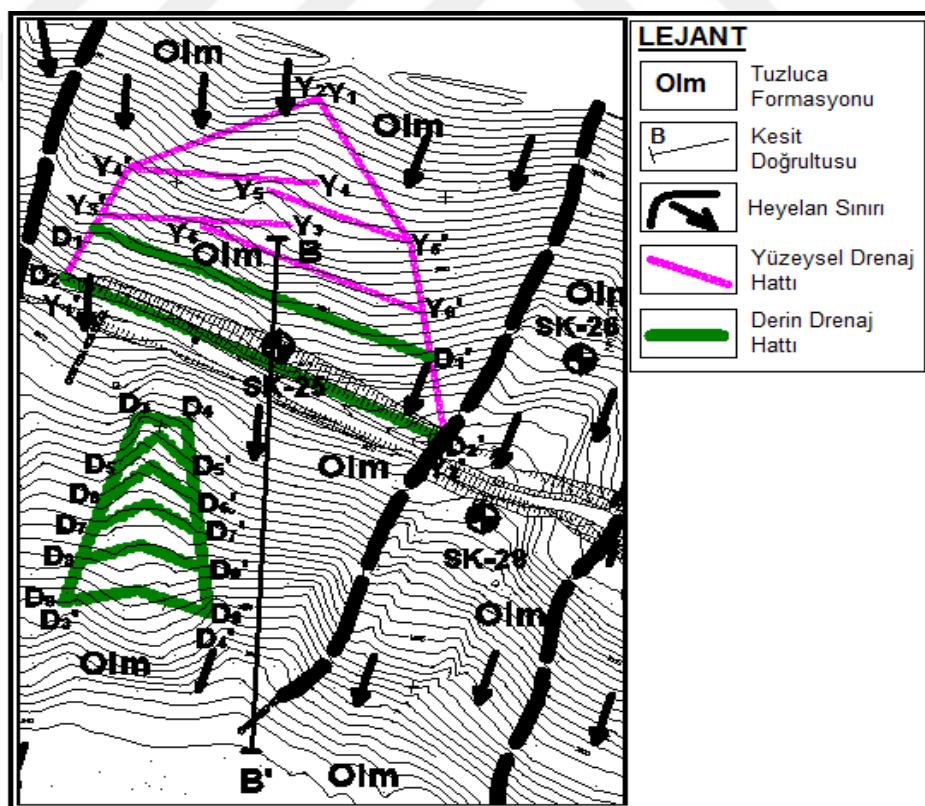


Şekil 5.31 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzenlemesi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi

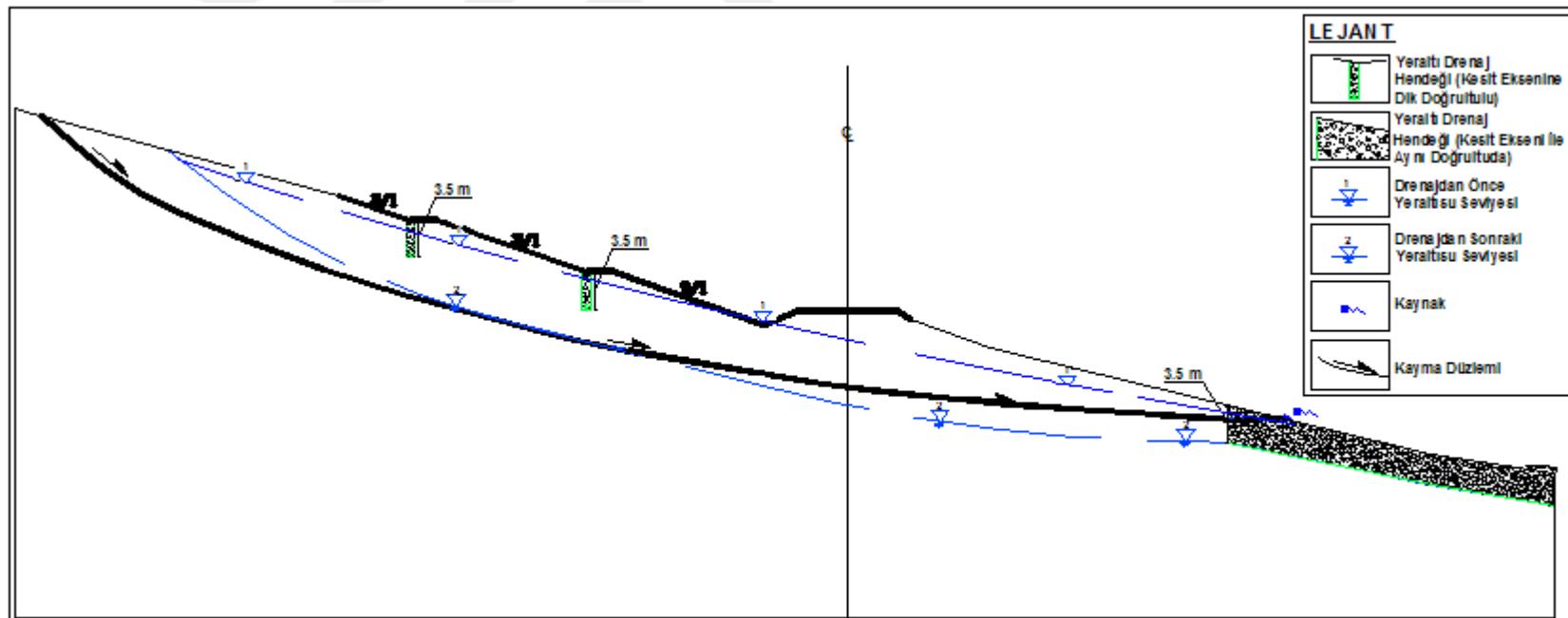
Proje için yapılması planlanan drenajlar hem yüzeysel hem de derin drenaj olarak projlenedirilmiştir. Drenaj projesi ve drenaj profilleri ile yol geçiş şekline ait proje aşamaları eklerde sunulmuştur. Derin drenaj 2 hat halinde yamaç aşağıda yapılacaktır. Yüzeysel drenajlar ise çoğunlukla yolun yamaç yukarısında birkaç hat boyunca toplanacaktır. Drenajların plan (Şekil 5.33) ve en kesit görünümleri (Şekil 5.34) ile yüzeysel (Şekil 5.35) ve derin drenaj (Şekil 5.36) kesitleri aşağıda verilmiştir.



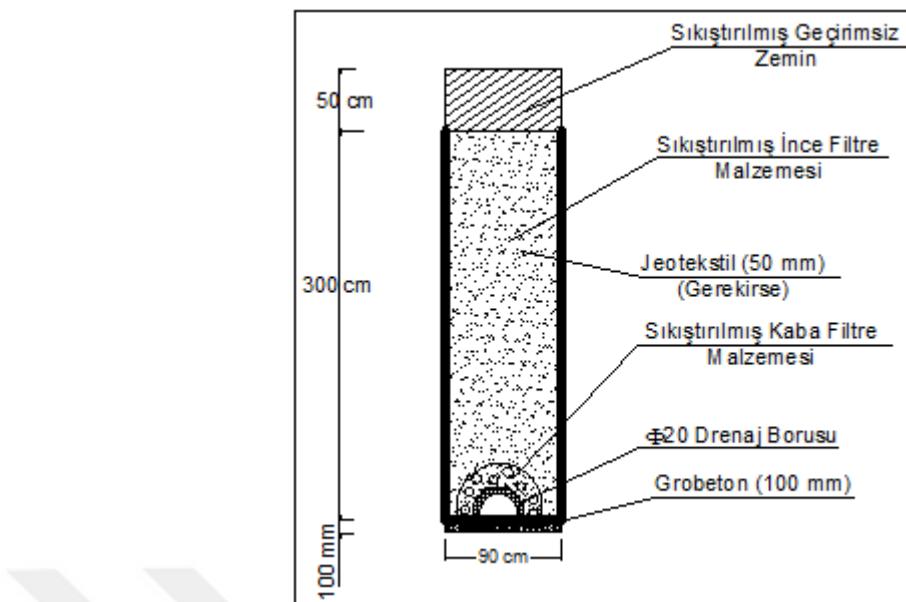
Şekil 5.32 Km: 82+820 enkesiti için yarma düzenelemesi ve drenaj önlemleri sonrası (çözüm kesiti) sismik stabilitet analizi



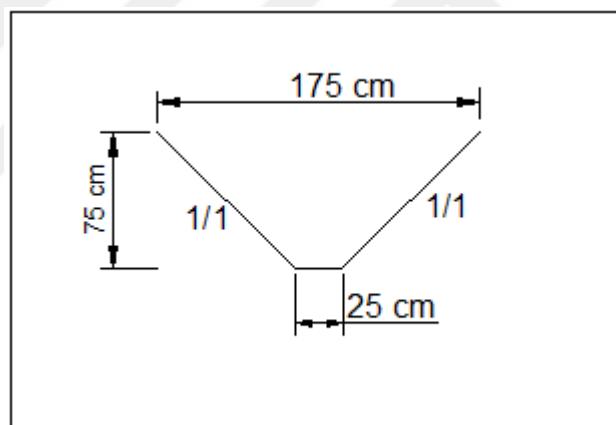
Şekil 5.33 H.2 heyelani drenaj projesi planı



Şekil 5.34 H.2 heyelani çözüm enkesiti (Km: 82+820) üzerinde derin drenajlar ile drenaj önlemi sonra ve yeraltı su seviyesindeki değişim



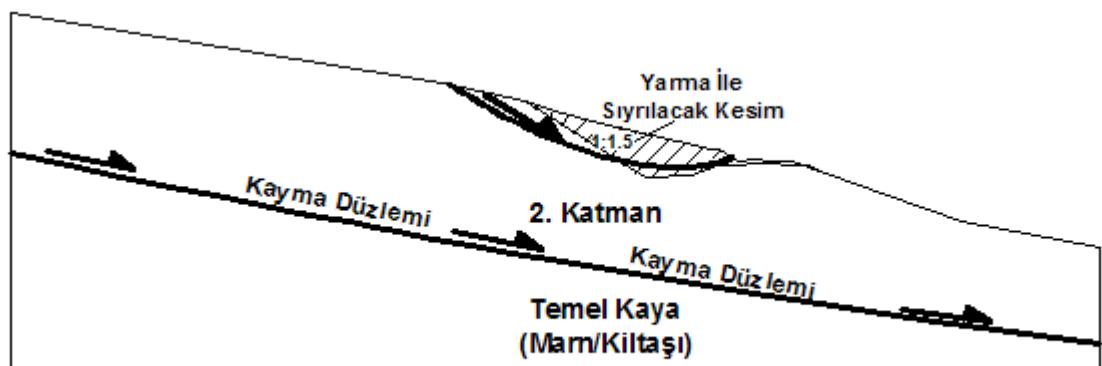
Şekil 5.35 Derin drenaj hendeği kesiti



Şekil 5.36 Yüzeysel drenaj hendeği detayı

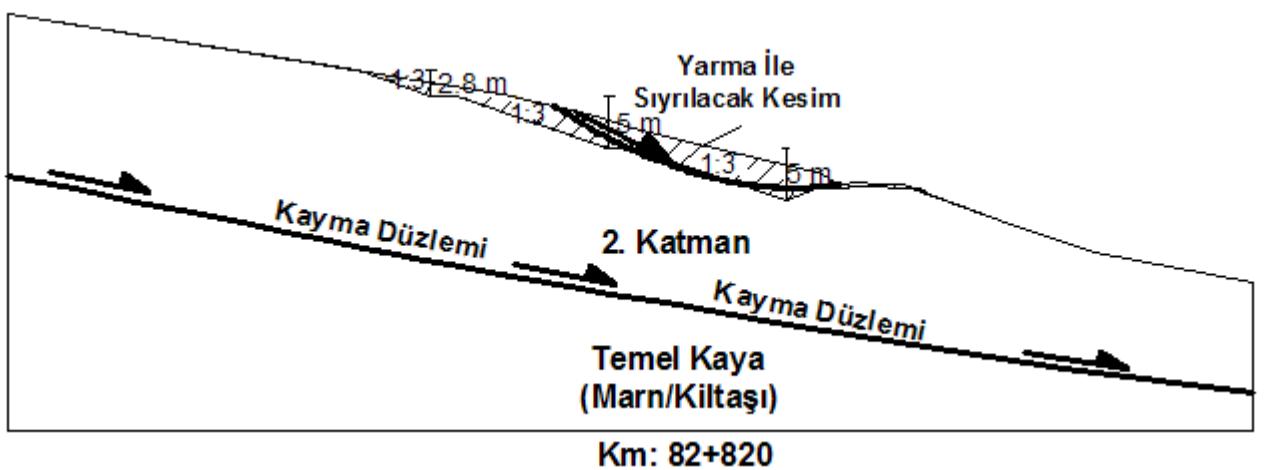
Bu drenaj hatları ile ana kayma zonundaki su riskinin büyük oranda önüne geçileceği düşünülmüştür. Çünkü özellikle derin drenajların projelendirildiği söz konusu alanda yamaç dibinde yüzeye vuran ufak su sızıntıları mevcuttur. Bu sızıntıların kolay tahliye olabilmesi için çıkış noktalarının drenaj ile rahatlatılması ve suyun yamaç kütlesi içerisinde hızlı bir şekilde uzaklaştırılması stabiliteyi de artıracaktır.

Şematik olarak jeoteknik çözümlemeye ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir. Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.37'de sunulmuştur.



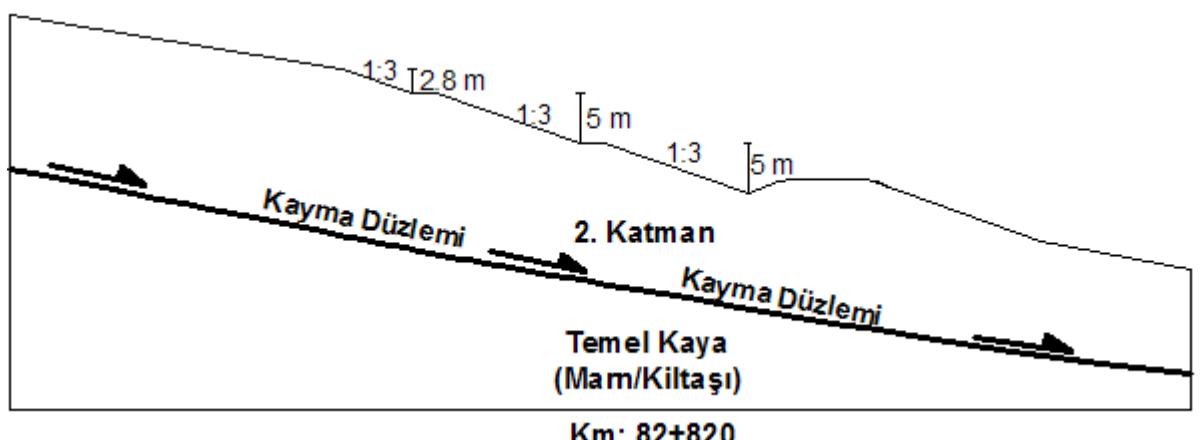
Şekil 5.37 Mevcut yol geçiş şekli (1d:1,5y şev eğimi)

1d:3y şev oranı ve $H = 5$ m palye yüksekliği sonucu arazide sıyrılacak kesim şekil 5.38'de görülmektedir.



Şekil 5.38 1d:3y şev eğimi ve 5 m şev yüksekliği ile mevcut topografyada yapılacak sıyrırma

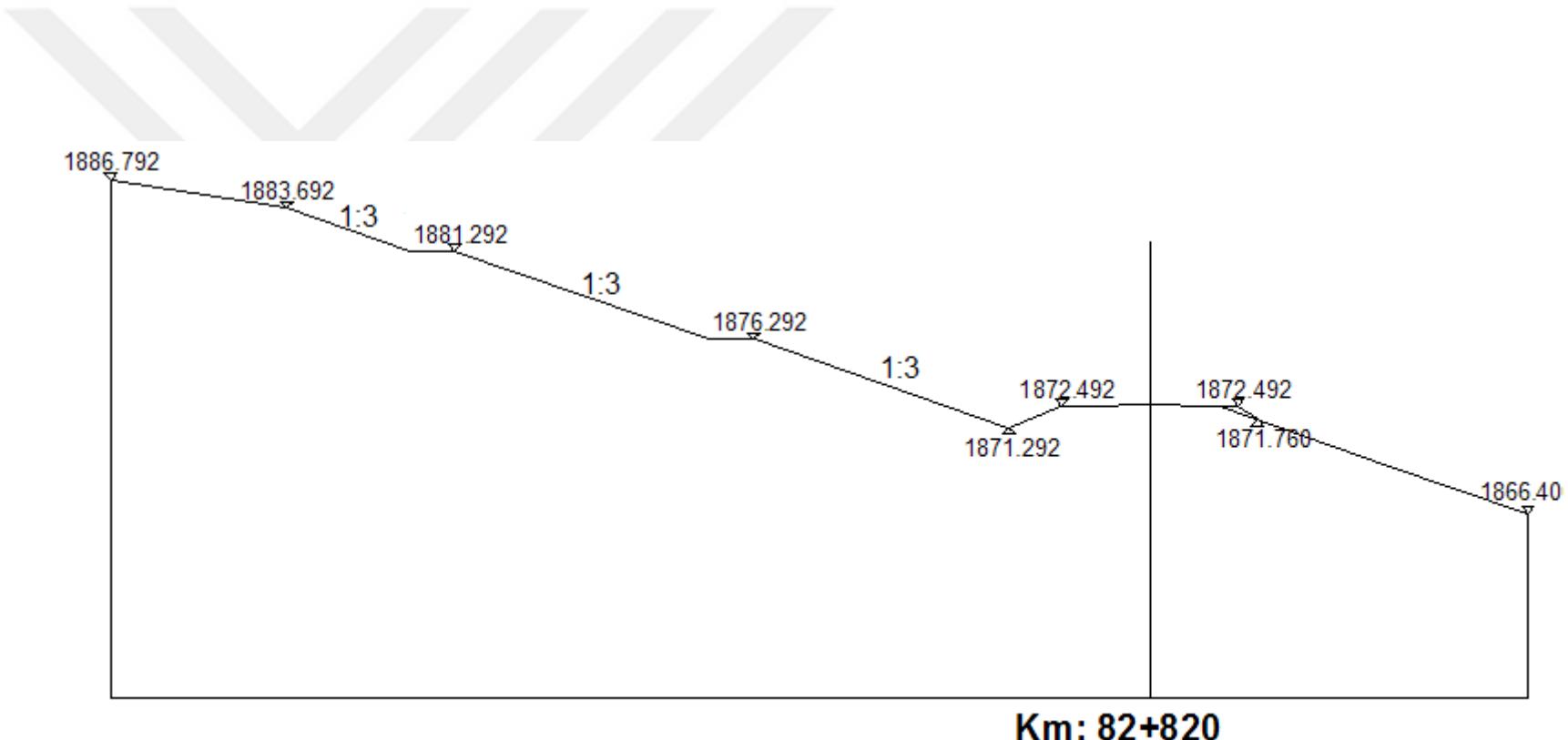
İmalattan sonra oluşacak yol geçiş şekli şekil 5.39'da verilmiştir.



Şekil 5.39 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu

Bu açıklamalara göre oluşacak kotlandırılmış çözüm kesiti Şekil 5.40'da verilmiştir.

Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



Şekil 5.40 Oluşacak yeni yol platformu ve çözüm kesiti

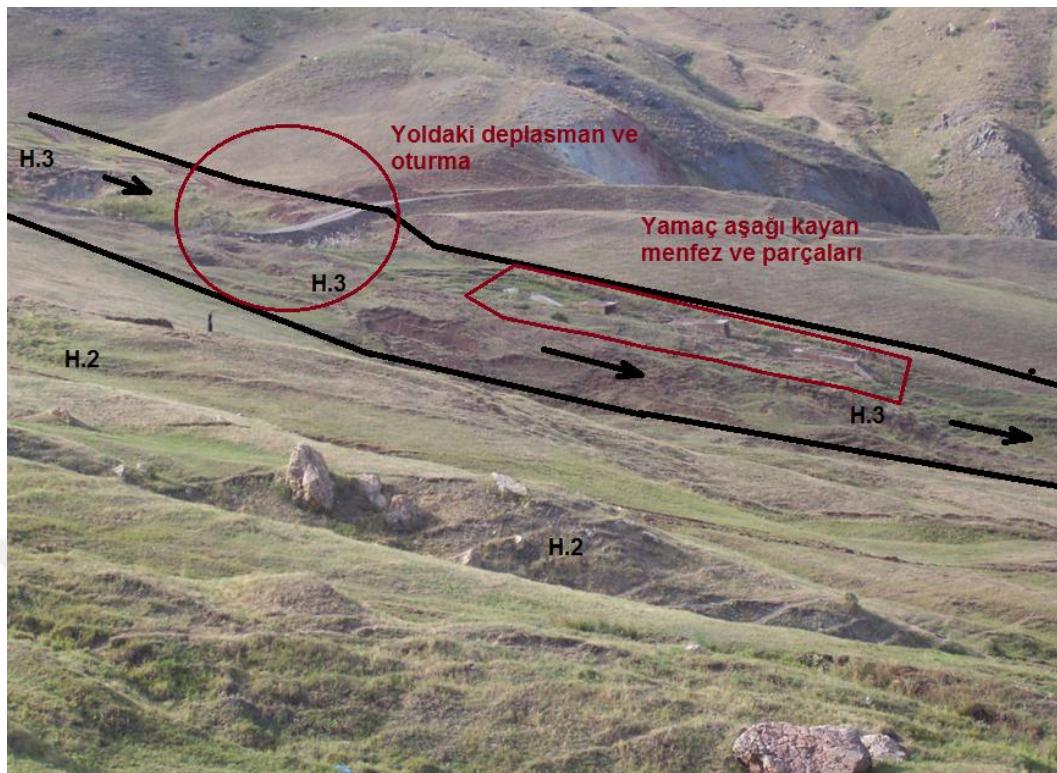
5.1.3 H.3 heyelanı (km: 82+900 – 83+000) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

Yolun bu km aralığında Oligo-Miyosen yaşlı kırmızı renkli kilitası ile ofiyolit birimlerinin sınırı bulunmaktadır. İki formasyonun kontağı farklı aşınma durumu nedeniyle küçük bir dere ya da dere görünümlü bir topografiya oluşturmuştur. Gerek formasyon kontaklarında gerekse dere içerisinde az miktarda da olsa bir su varlığı söz konusudur. Ayrıca derede yılın çoğu zamanında düşük debili de olsa bir su akışı söz konusudur ve bu su varlığı zemini sürekli olarak beslemektedir.

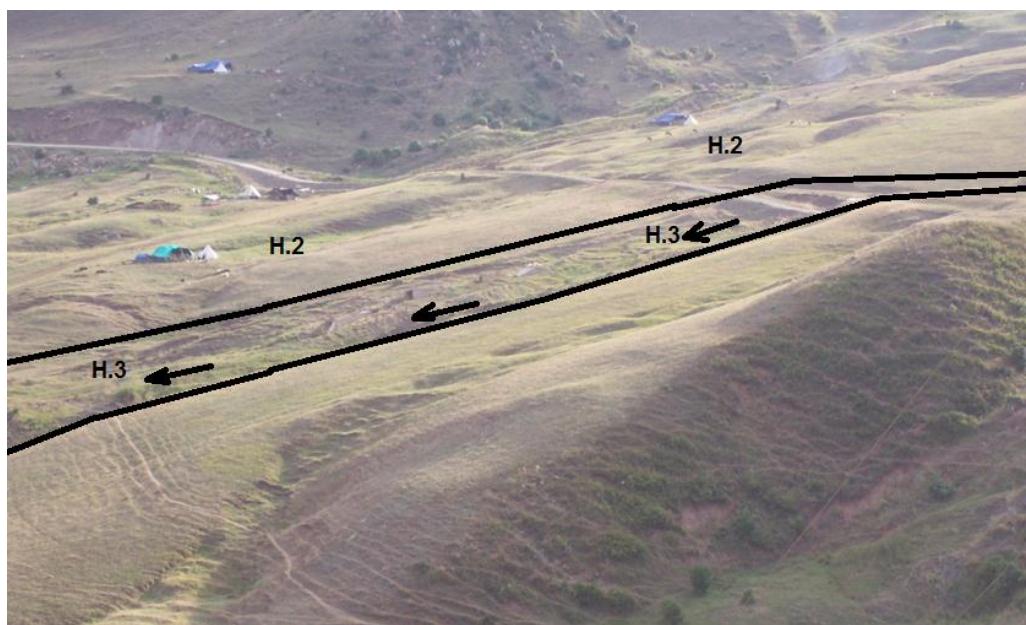
Dere zemini kırmızı renkli kil/kilitasından oluşmaktadır. Killi malzeme suya doyduğunda yüksek topografik eğimden dolayı dengesini yitirmekte ve akarak heyelanlara neden olmaktadır. Bu kesimdeki heyelan dar bir şerit içinde (dere talvegi ve kenarı), oldukça aktif ve akıcı bir hareket şeklindedir. Heyelan malzemesi aşırı yumuşamış kil ile onunla karışmış az ve iri çakıldan oluşmaktadır. Bu aşırı yumuşamış malzeme altta gözlenen sert kilitası üzerinde kaymaktadır.

Bu kesimde heyelanın farklı açılardan yamaç aşağı görünümü ile kaymanın mevcut yoldaki izleri olan deplasman ve oturma ile şekil 5.41 - 5.42'de görülebilir. Heyelanın yolun üzerinden yamaç yukarı görünümü ve yol kenarında oluşan göllenme ise şekil 5.43 - 5.44'tedir. Ayrıca kaymanın etkisi ile mevcut yolun menfezi parçalar halinde 40-50 m aşağı kaymıştır (Şekil 5.41 - 5.43).

Km: 82+900 – 83+000 aralığı zemin özellikleri ve heyelanın meydana geliş mekanizması açısından H.1 heyelanı ile benzerlikler göstermektedir. Her iki kesimde de heyelan hızlıdır ve adeta akma şeklinde gelişmektedir. Her iki heyelanda da kayma malzemesi benzer niteliktir ve benzer kayma parametrelerine sahiptir. Ancak heyelanlar kayma derinliği ve kayma mekanizması açısından bir miktar farklılık göstermektedir.



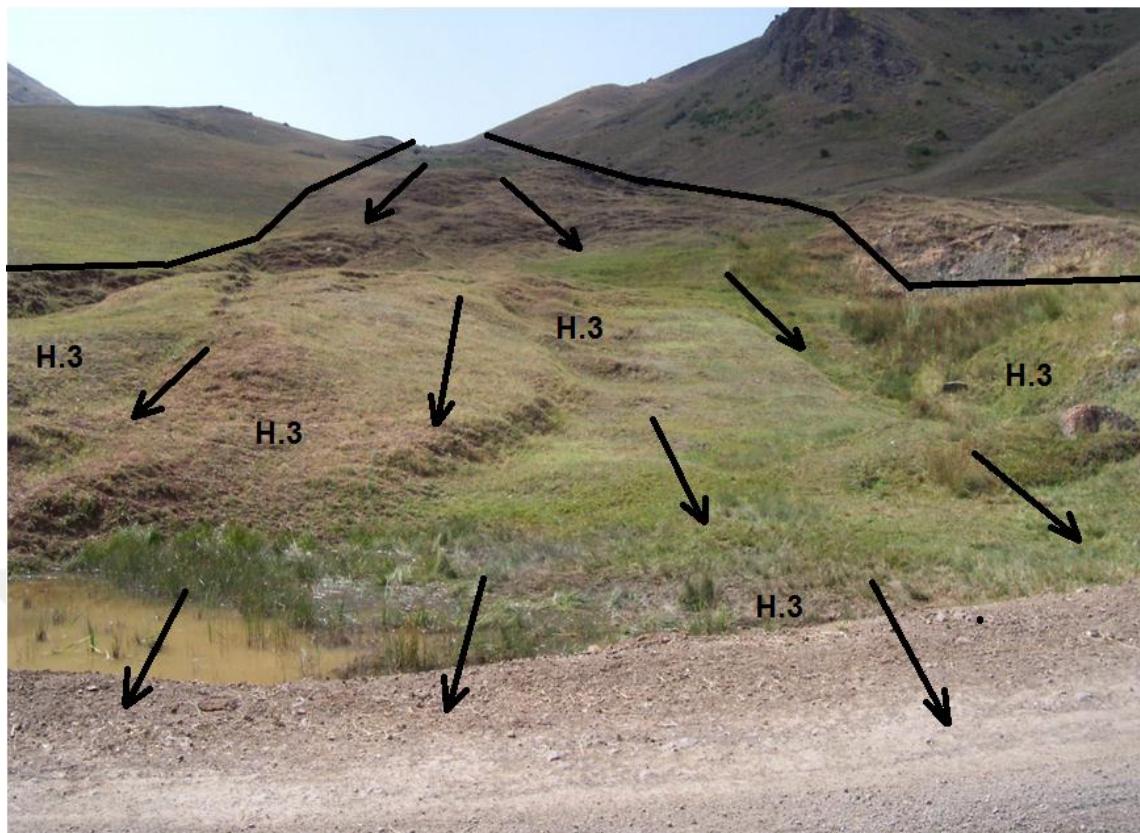
Şekil 5.41 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ile yolda oluşan deplasman ve oturma ile yamaç aşağı hareket etmiş menfez (güneydoğudan kuzeybatıya bakış)



Şekil 5.42 H.3 No.'lu heyelanın yamaç aşağı görünümü ve yamaç aşağı hareket etmiş menfez (kuzeyden güneye bakış)



Şekil 5.43 H.3 No.'lu heyelan ile kayan menfezin ve oluşan göllenmenin yol üzerinden görünümü (kuzey doğudan güneybatıya bakış)



Şekil 5.44 H.3 No.'lu heyelanın yamaç yukarı görünümü ve oluşan su göllenmesi
(doğu-güneydoğudan batı-kuzeybatıya bakış)

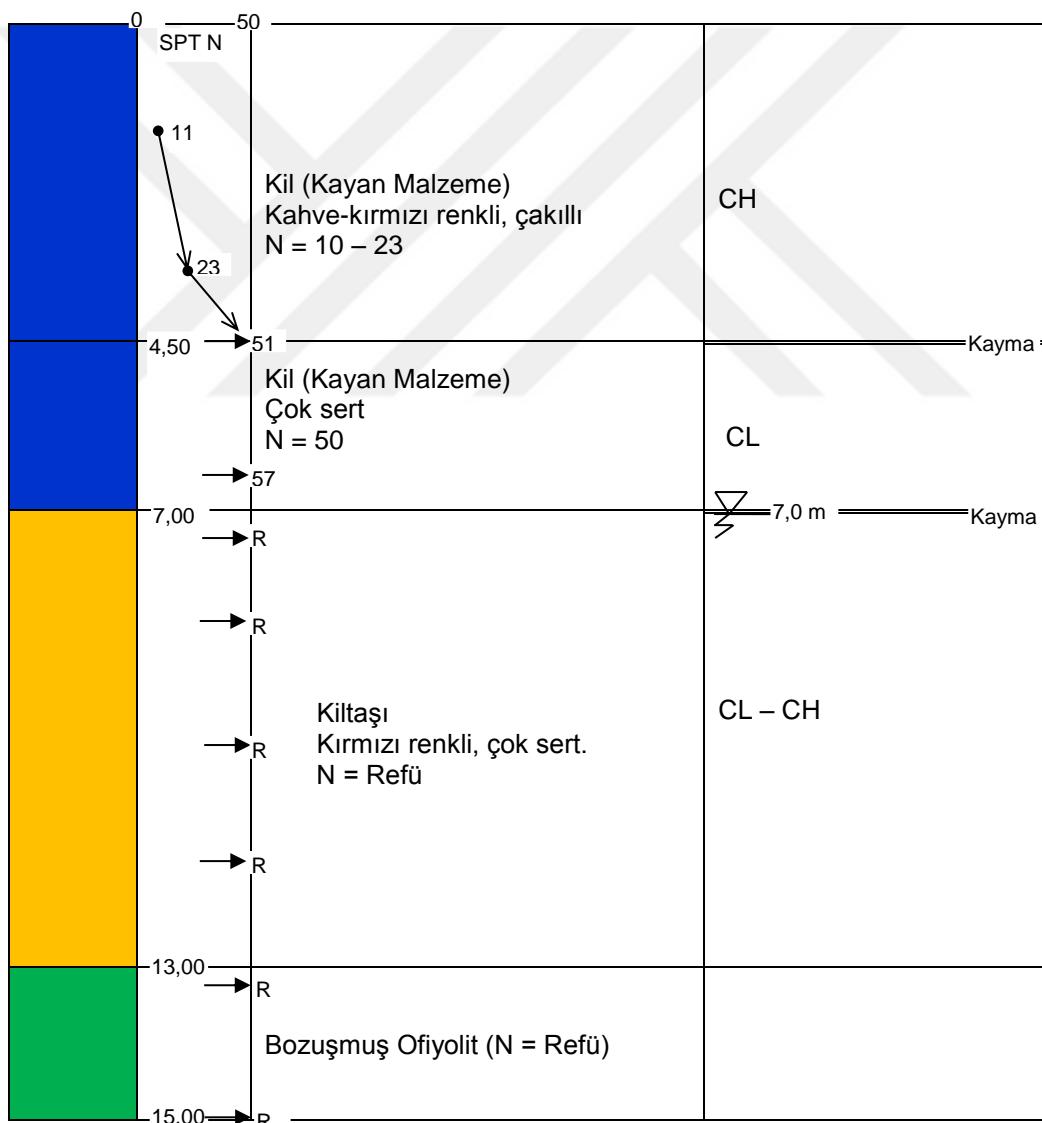
Hareketin güzergah eksenindeki geçişinin ve derinliğinin incelenmesi amacıyla bu aralıkta SK – 26 ve SK – 28 No.'lu sondajlar yapılmıştır.

Yapılan sondajlarda kayma derinliği ve kayma mekanizması, sondaj esnasında meydana gelen su kaçakları ile sertlik, yapı ve renk farklılıklarını yardımcı ile belirlenmiştir. Sondajlara göre gri-yeşil-kahve renkli bloklu çakılı killi kütle, kırmızı renkli sert kil/kiltaşı üzerinde kaymaktadır. Kayma derinliği SK-26 No.'lu sondajda 4,5 ve 7. metrelerde, SK – 28 nolu sondajda ise 8. metrede belirlenmiştir. Projelendirme güzergah ekseninde yapılan SK – 28 nolu sondaja göre yapılmıştır.

SK – 26 No.'lu sondaj akmaların en yoğun olduğu dere talveginde yapılamamış, talvegden yaklaşık 3 m yükseklikte ve 3 m uzaklıktada yapılmıştır. Yapılan sondajda ilki 4,5 metrede diğeri ise 7. metrede olmak üzere 2 ayrı kayma sınırı gözlenmiştir.

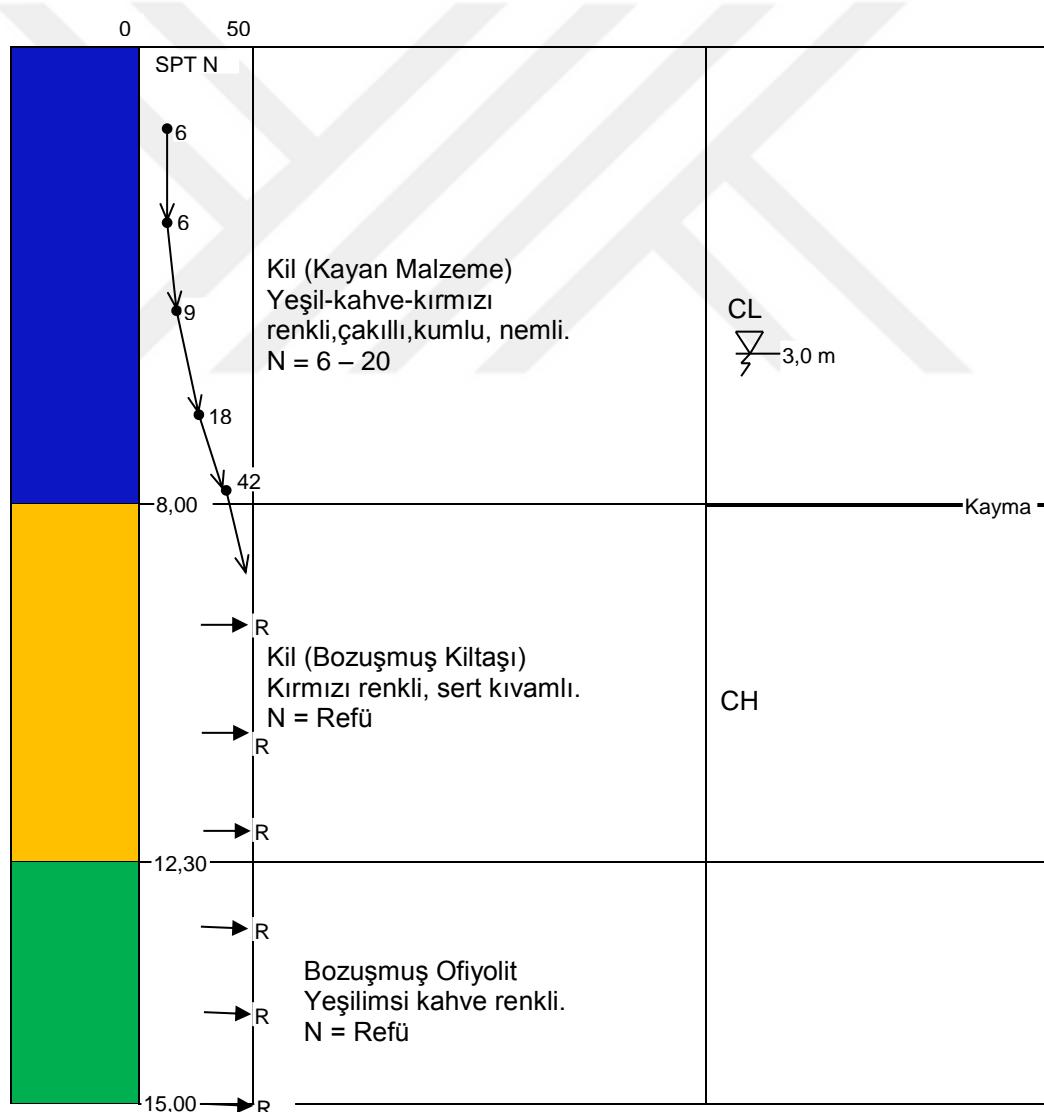
Yapılan deneylerde kayma malzemesinin zemin sınıfı CL ve CH olarak belirlenmiştir. Sondajda ana kayma düzeyi yeraltı su seviyesi civarında yani 7. metrede belirlenmiştir. Ancak sondajın akmaların en yoğun olduğu dere talveginden 3 m yükseklikte yapıldığı düşünüldüğünde yeraltı su seviyesinin 2-4 m civarında olabileceği öngörülmüştür. Kayma malzemesi, ilk özellikle 4,5 metrelük kesimi çok karmaşık yapıda olmak üzere, karışmış ve düzensiz bir şekil almış çakılı kumlu killi yapıdadır. Dokusal özellikler yitirilmiş durumdadır.

SK – 26 No.'lu sondaja ait zemin profili şekil 5.45'tedir.

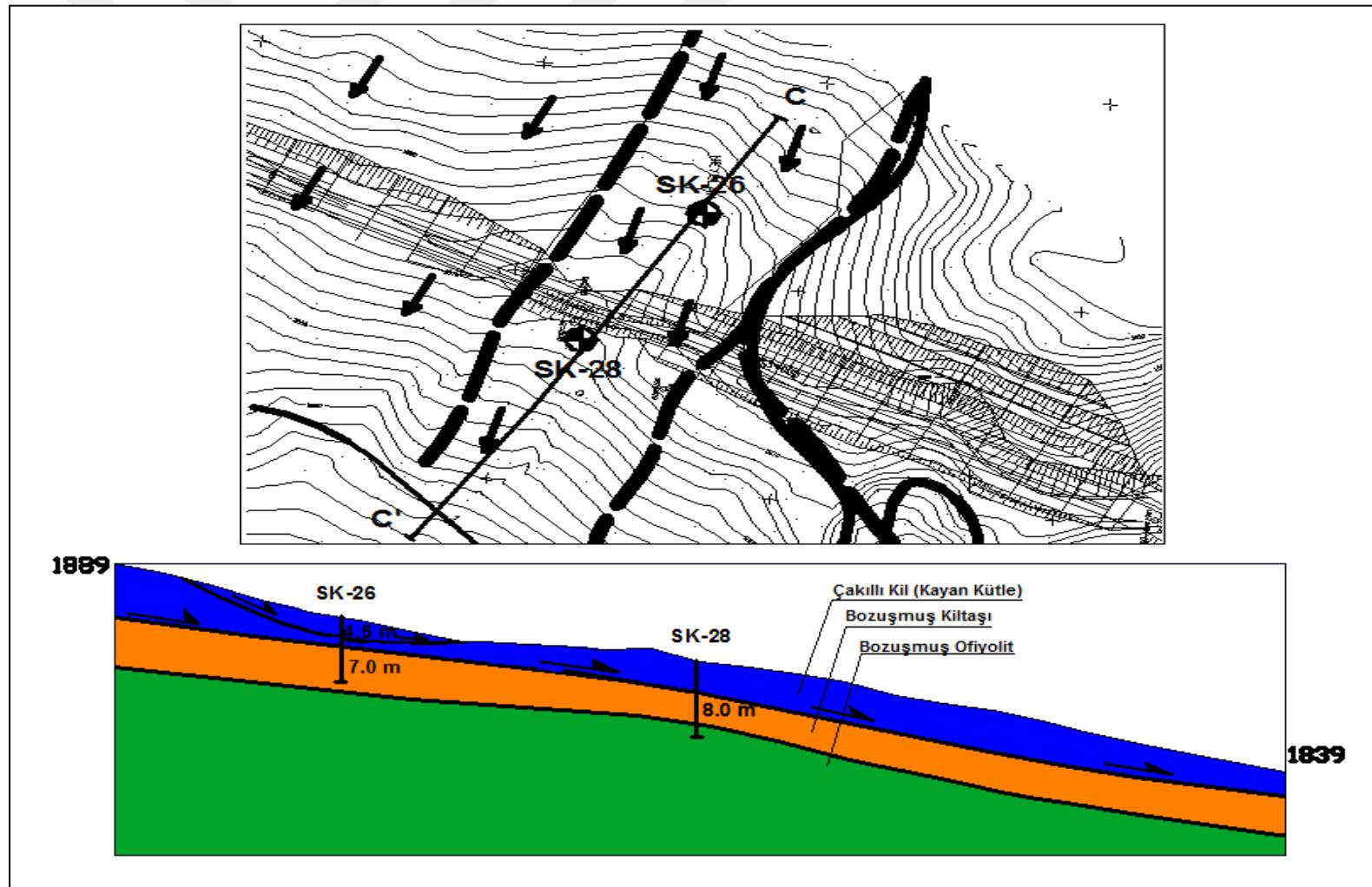


Şekil 5.45 SK-26 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK – 28 nolu sondaj dere talvegine daha yakın bir seviyede yapılmıştır. Sondajda ilk 8 metrelilik kesimde gözlenen malzeme suya doygun, akma nedeniyle karışmış ve yumuşamış niteliktedir. SPT N değerleri 6 – 20 arasında değişmektedir. Nispeten yüksek değerler birim içindeki çakıllı seviyelerden kaynaklanmaktadır. 8 metrenin altında ise ayrışmış kilitası vardır. Sondajda yeraltı su derinliği 3 m olarak ölçülmüştür. Ancak yol seviyesindeki göllenmeler dikkate alınarak yeraltı su derinliği 1 m olarak kabul edilmiştir. Kayma malzemesi zemin sınıfı yapılan deneylerde CL bulunmuştur. SK – 28 No.'lu sondajın zemin profili şekil 5.46'dadır. Heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeysel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.47'dedir. Bu doğrultu aynı zamanda heyelan geçişinin en kritik kesididir.



Şekil 5.46 SK-28 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği



Şekil 5.47 H.3 heyelanı (km: 82+900 – 83+000) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Şekil 5.47'de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi yaklaşık 7-8 m derinlikteki ana kayma düzlemi topoğrafyaya yaklaşık paralel olarak devam etmektedir. SK-26 nolu sondajın yapıldığı kesimde de 4,5 m derinliğinde de küçük bir krip mevcuttur.

5.1.3.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve stabilité parametreleri

Sondaj profilinden de anlaşılabileceği gibi, ana kayma zonu, kiltaşının su alarak bozmuş ve rezidüel hale dönüşmüş malzemesi ile kiltaşı sınırlıdır. Kayan kütle içinde ayrıca küçük kripler de mevcuttur. Sondajda gözlenen ve önceki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri ayrı ayrı aşağıda sunulmuştur.

Çakılı Kil (Kayan Kütle): Bu tabakada SPT N değerleri 6 – 23 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yer yer yüksektir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.12'de verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.12 Çakılı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	18,22	-	-	2	15
CH	18,51	73	8	-	-

Sondajlara ve yapılan arazi gözlemlerinde yol kotunda belirlenen göllenmelere göre yeraltı suyu 1-4 m civarında kabul edilmiştir. Kayma malzemesi yeraltı suyuna doygun kohezyonlu birimlerdenoluştugu için analizlere boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri eklenmiştir. Boşluk suyu basınç katsayısı değeri, SK – 26 ve SK – 28 No.'lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış ve analizler için ortalama bir değer seçilmiştir.

Çizelge 5.13 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayısı

Sondaj No	r_u
SK-26	0,375
SK-28	0,477
Ortalama	~ 0.4

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.48) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini kayma malzemesi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5.14 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakılı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri

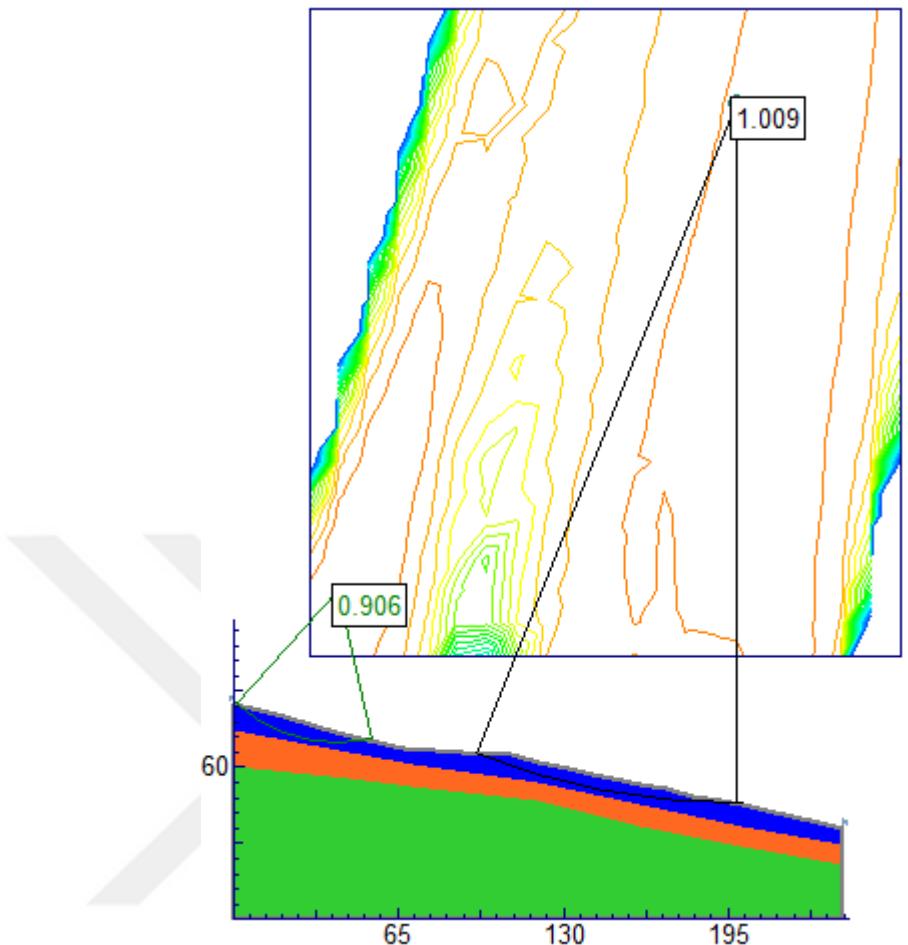
c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	22,5
2	18
3	15
5	13

Kırmızı Renkli Bozuşmuş Kilitası: Bu tabakada SPT N değerleri 57 - Refü arasında değişmektedir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan UU deneylerinde elde edilen veriler çizelge 5.15'te sunulmuştur.

Çizelge 5.15 Ayrışmış kilitası/marna ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)
CL	18,89	78	12

Birim bozuşmuş kilitası (çok sert kumlu kil) olarak kabul edilmiş ve analizlerde laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen stabilite parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 5.48 H.3 heyelanı için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Ofiyolit (Temel Kaya): Ofiyolit içinde yapılan SPT deneylerinde $N = \text{Refü}$ sonucu elde edilmiştir. Birim bölgede kırmızı-yeşil renkli ve kiltasının altında parçalı ve kırıkkılı özelliktedir. Yapılan her iki sondajda da ofiyolit içerisinde ilerlenmiştir. Ofiyolitin sondajda çok kırıkkılı, parçalı ve bloklu yapıda ve yer yer bozmuş nitelikte olduğu belirlenmiştir. Birim çok kötü kaya kalitesinde ve çok zayıf – zayıf kaya özelliğindedir. Zayıf – çok zayıf kayalar için Bieiański (1989)' ye göre $c = 50 - 150 \text{ kPa}$, $\phi = 15 - 30^\circ$ aralıklarındadır. Ofiyolit için kayma dayanımı parametreleri bu aralıklar göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.16 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

Birim	γ_n (kN/m ³)	c/c'/c _r (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ (°)	Mevcut Durum (r_u)	Drenaj Önlemi Sonrası (r_u)
Bloklu Çakılı Kil	18	3	15	0,4	0,1
Bozuşmuş Kilitası	19	78	12	0	0
Ofiyolit (Temel Kaya)	20	75	30	0	0
Dolgu	19	5	32	0	0
Kaya Dolgu	22	3	45	0	0

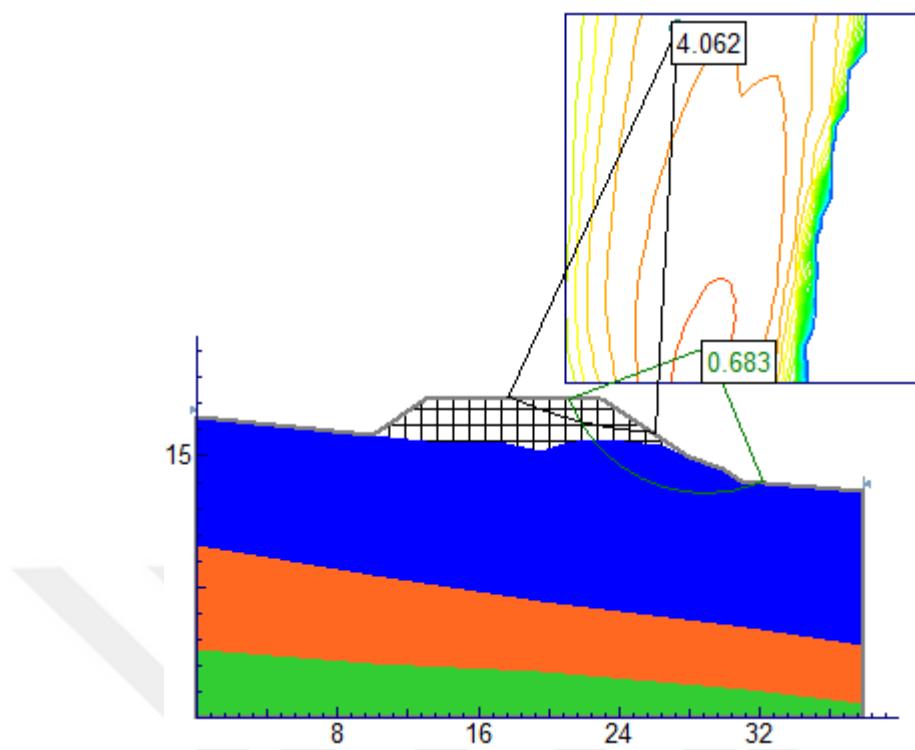
5.1.3.2 H.3 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi H.3 heyelan mekanizması H.1 heyelanı ile benzer özellikler sunmaktadır. Bu kesimde kayma malzemesi kalınlığı 8 metredir. Bu aralıkta da çözüm H.1 heyelanında olduğu gibi kayan malzemesinin sıyrılmaması ve yol platformunun kaya dolgu ile oluşturulması ile gerçekleştirilecektir.

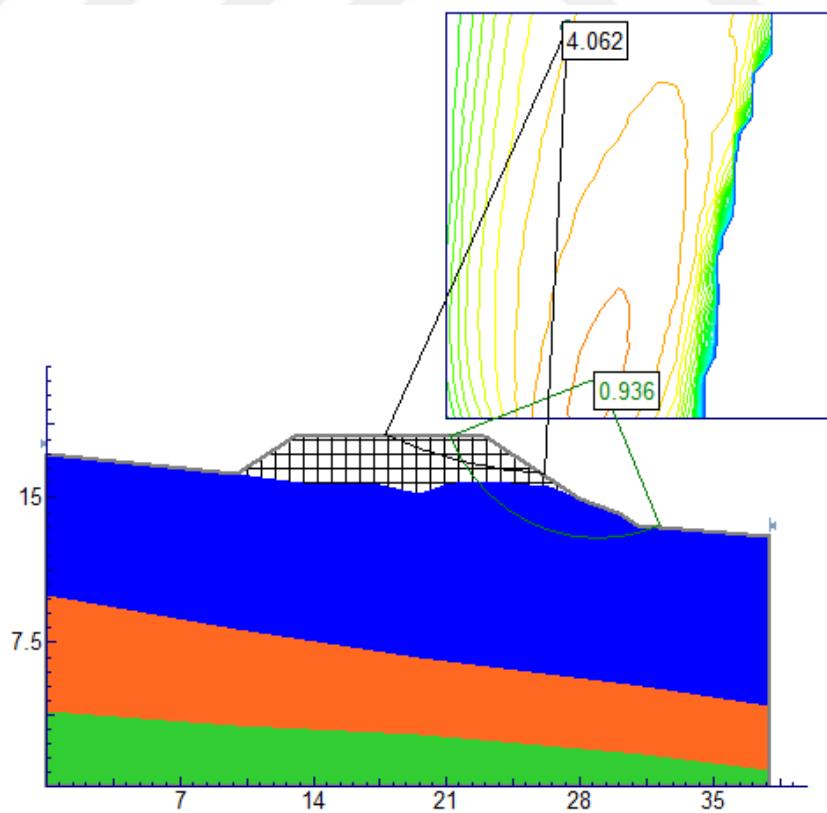
H.3 heyelanı derenin içinde dar bir alanda oluşmuştur. Bu kayan malzeme üzerine menfez ve yol yapılamayacağından, yol geçişi için kayan malzemenin sıyrılmaması ve yolu sağlam bir platform üzerine oturtularak geçirilmesi gerekmektedir. Sağlam platform olarak da kaya dolgu seçeneği düşünülmüştür. Kaya dolgu aynı zamanda topuk görevi görerek heyelanı durduracak ve drenaj açısından da avantaj sağlayacaktır.

Heyelanlı alanda mevcut durum açısından en kritik yol geçiş şekli enine kesiti Km: 82+920 enkesitidir. Bu mevcut yol kesiti kullanılarak yapılan stabilite analizi sonucu $F_s = 0,683$ bulunmuştur (Şekil 5.49). Yani sonuç güvensizdir.

Bu kesimde alınan drenaj önlemleri sonucunda yeraltı su seviyesinin 5 m düşlüğü varsayılmış ve bu durum göz önünde bulundurularak $r_u = 0,1$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.50) $F_s = 0,936$ bulunmuş ve bu kesimde stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin yetersiz kaldığı anlaşılmıştır.

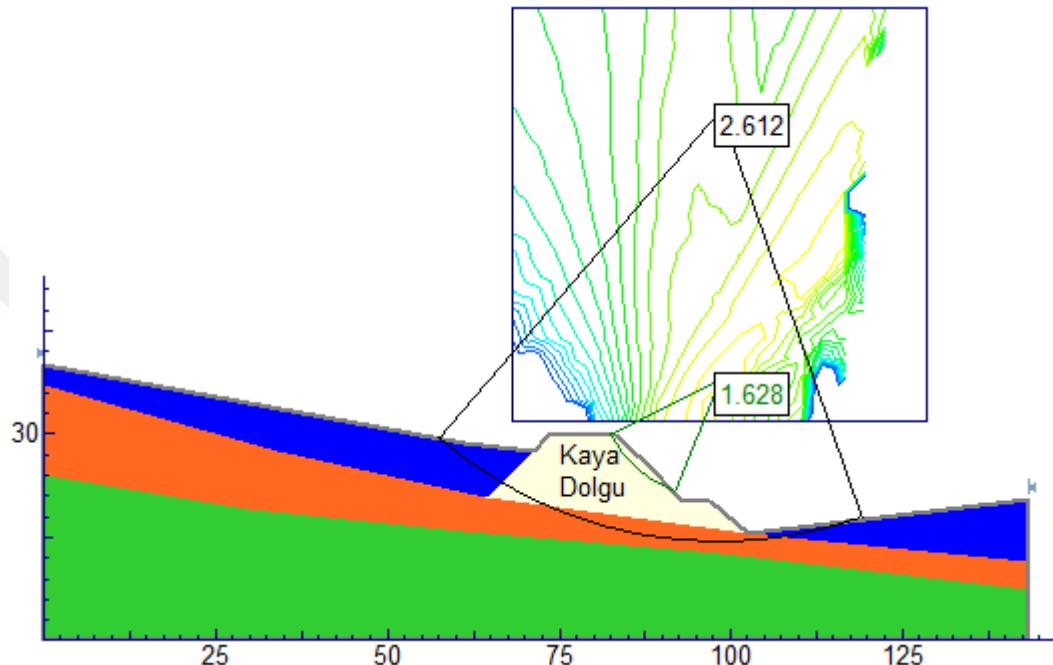


Şekil 5.49 H.3 heyelanı (Km: 82+920 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,4$)



Şekil 5.50 H.3 heyelanı drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,1$)

Böylece çözüm için yukarıda da bahsedildiği gibi kayma malzemesinin sıyrılarak, yol platformunun kaya dolgu üzerine oturtulması durumu incelenmiştir. Kaya dolgu yapılarak oluşturulan çözüm kesiti kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre statik durumda $F_s = 1,628$ (Şekil 5.51), sismik durumda ise $F_s = 1,269$ (Şekil 5.52) olarak bulunmuştur.



Şekil 5.51 Km: 82+920 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) psödo-statik stabilite analizi

L : Uzunluk = 100 m

(Km: 82+900 – Km: 83+000 arası)

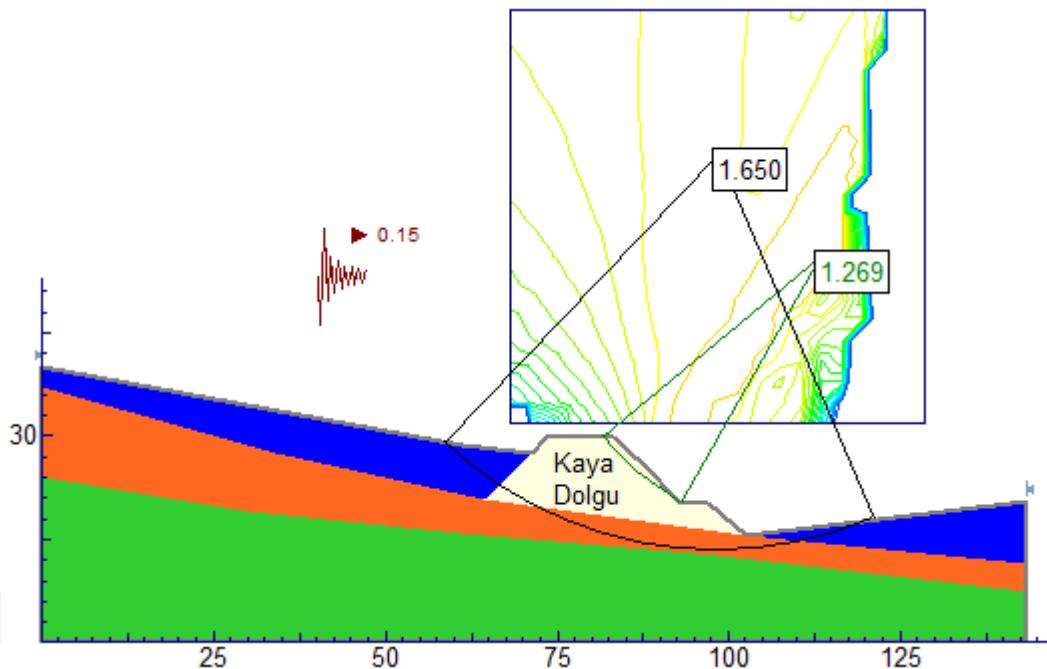
B_1 : Tepe genişliği = 10 m (Yol Platformu)

B_2 : Taban genişliği = 40 m

H_1 : Kaya dolgu yüksekliği = 14 m

H_2 : Kazı derinliği = 8 m

V: Kaya dolgu hacmi $\geq 35.000 \text{ m}^3$

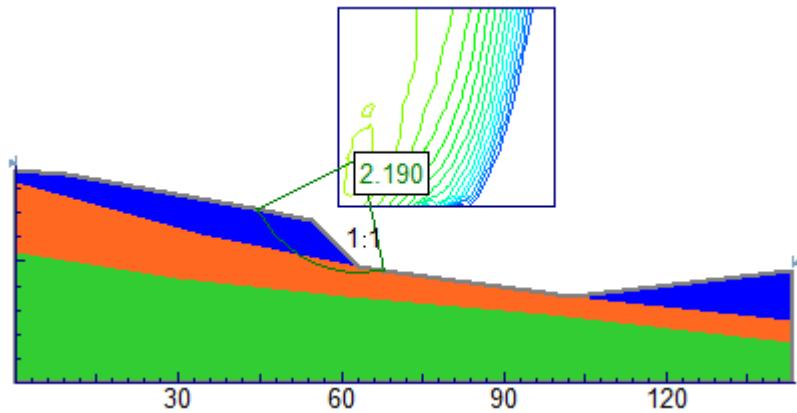


Şekil 5.52 Km: 82+920 enkesiti için kaya dolgu ile oluşturulan yol platformu için (çözüm kesiti) sismik stabilité analizi

Çözümleme sonuçlarına göre geçiş güvenlidir. Ancak yine de yol gövdesinin dışında yamaç yukarı küçük akmalar gelişebilecektir. Bu nedenle servis zamanında dolgu etek şevleri ile menfez ağızlarında bakım ve temizleme çalışmalarının yapılması gerekebilecektir. Kaya dolgu imalatına esas maksimum boyutlar ve çözümün aşamaları aşağıdadır.

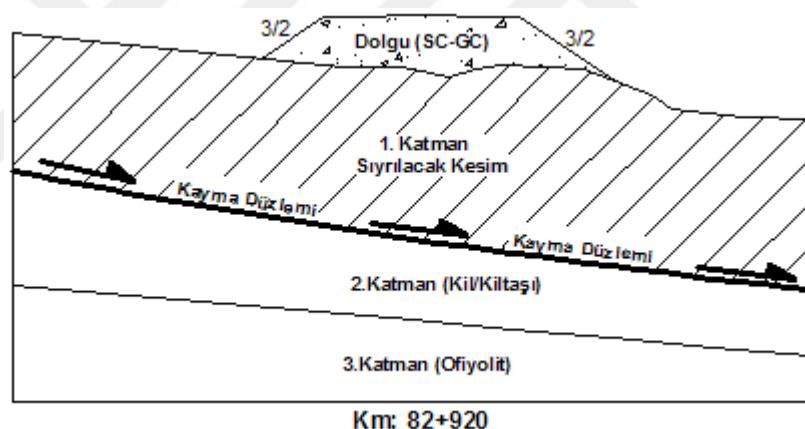
Kaya dolgu için sıyrma işlemi H.1 heyelanına benzer şekilde gerçekleştirilecektir. Kaya dolgu imalatı için öncelikli olarak sıyrma kazısı ve temel kazısı işlemlerinden önce, kazının yapılacak alanda bulunan dereden gelen sular ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Suyun ortamdan uzaklaştırılması işine kazı işleminden minimum 15 gün önce başlanmalı ve bu iş imalat boyunca devam ettirilmelidir.

Kaya dolgu ve temelinin imalatı için öncelikli olarak üstte gözlenen ve sondajlarla derinliği belirlenen kayan malzemenin sıyrılması gerekmektedir. Sıyrma işlemi için geçici şev değeri, yapılan stabilité analizi sonucu 1d:1y olarak belirlenmiştir. Yapılan analize göre (Şekil 5.53) 1d:1y şev değeri için güvenlik sayısı $F_s = 2,19$ 'dur.



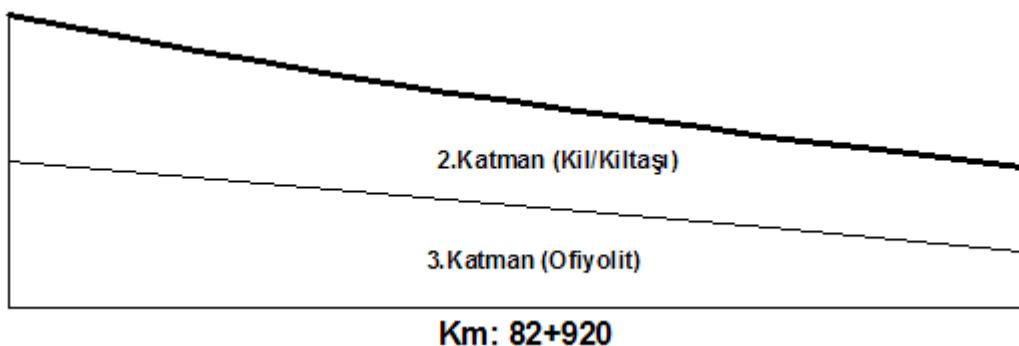
Şekil 5.53 Km: 82+920 enkesiti heyelan sıyırması geçici kazı şevi stabilite analizi

Şematik olarak geoteknik çözümlemeye ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir.
Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.54'te sunulmuştur.



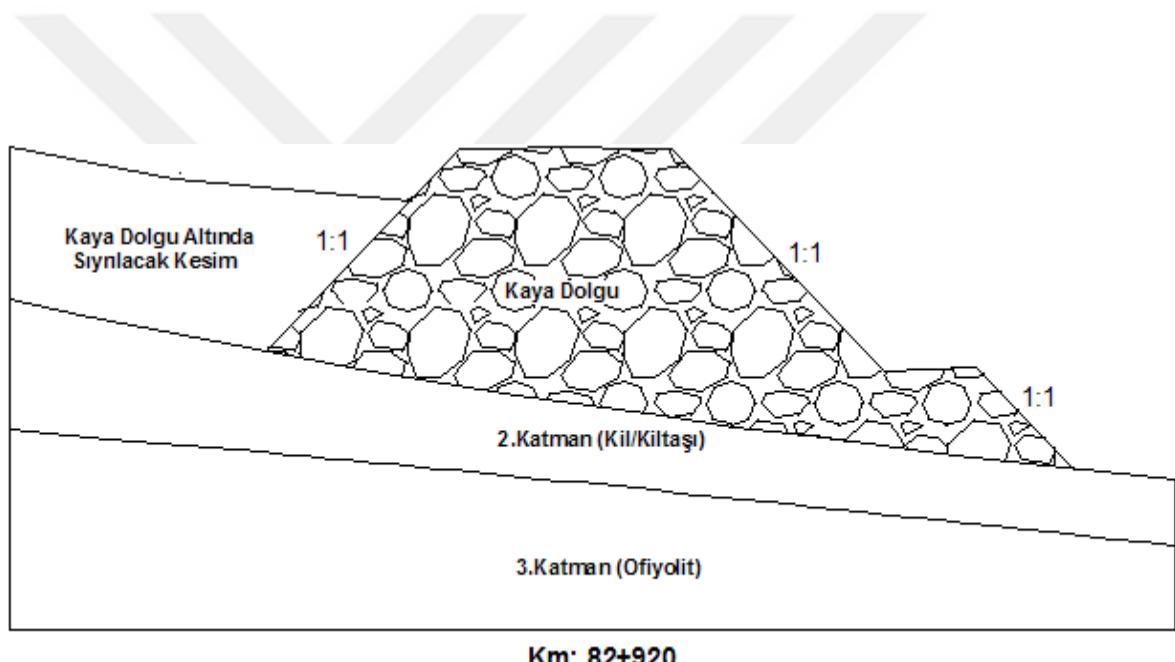
Şekil 5.54 Mevcut yol geçiş şekli (1d:1,5y dolgu şev eğimi)

Kaya dolgu imalatından önce ortalama 8 m kalınlığındaki heyelan malzemesi 1d:1y şev oranı ile kırmızı renkli kilitası/sert kil özelliğindeki temel zemine ulaşılıncaya kadar temizlenecektir. Sıyrımdan sonra oluşacak topografiya Şekil 5.55'tedir.



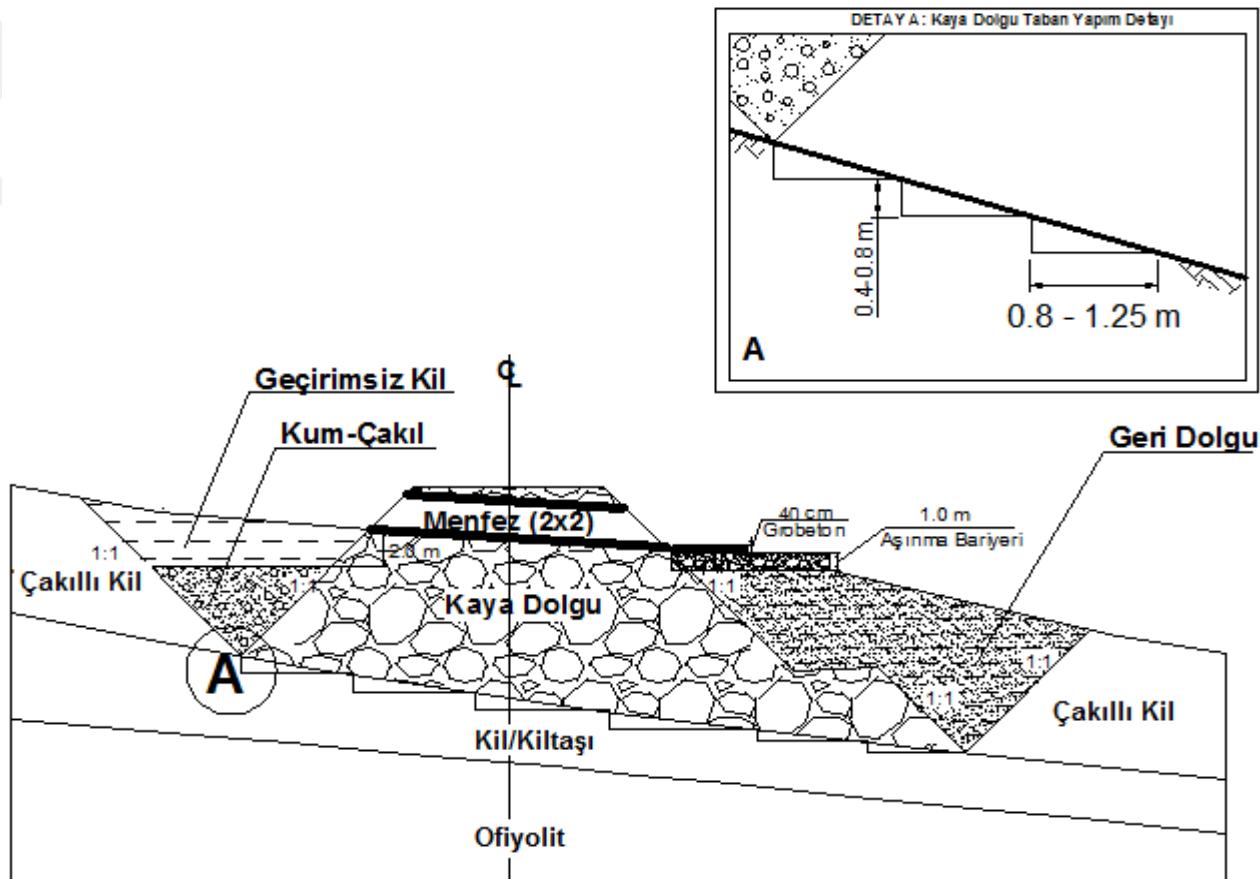
Şekil 5.55 Sıyırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topoğrafya

Sıyırmadan sonra kaya dolgu ile oluşturulacak yol platformu Şekil 5.56'da verilmiştir.

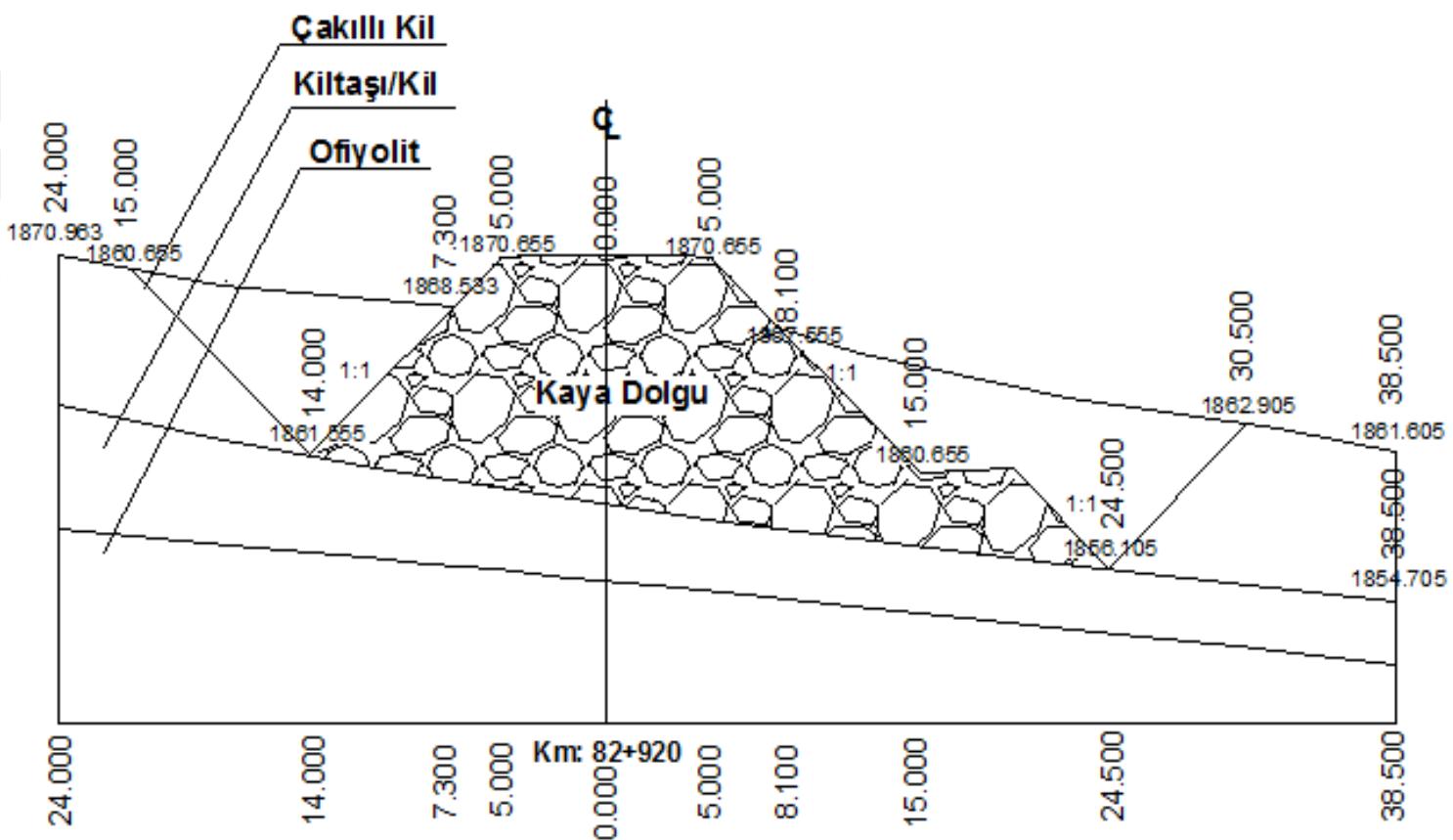


Şekil 5.56 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşan yol platformu

Dolgunun yükselmesine paralel olarak taban gerisi kum-çakıl ile oluşturulmalı ve son iki metresi menfez hizasına kadar geçirimsiz killi topraktan inşa edilmelidir. Bu açıklamalara göre kaya dolgu, menfez ve diğer dolgular yapıldıktan sonra oluşacak duruma ait çözüm kesiti şekil 5.57'de, kotlandırmış çözüm kesiti ise şekil 5.58'de verilmiştir. Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



Şekil 5.57 Kaya dolgu ve diğer geri dolgulardan sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti



Şekil 5.58 Kaya dolgu ve geri dolguların yapılmasından sonra oluşacak kesitin ara mesafeleri ve kotları

5.1.4 H.4 heyelanı (km: 83+880 – 83+940) mekanizması ve uygulanabilir çözüm önerisi

Yolun bu km aralığında Kretase yaşılı koyu yeşil-siyah renkli serpentin (ofiyolit) birimi bulunmaktadır. Heyelan serpantinin bozmuş-killeşmiş kesimi ile sert serpentin kontağında gelişmiştir.

Heyelanlı arazi profili boyunca yapılan sondajlarda heyelan derinliğinin yamaç aşağı mesafelerde arttığı belirlenmiştir. Heyelan akma şeklinde gelişmiştir.

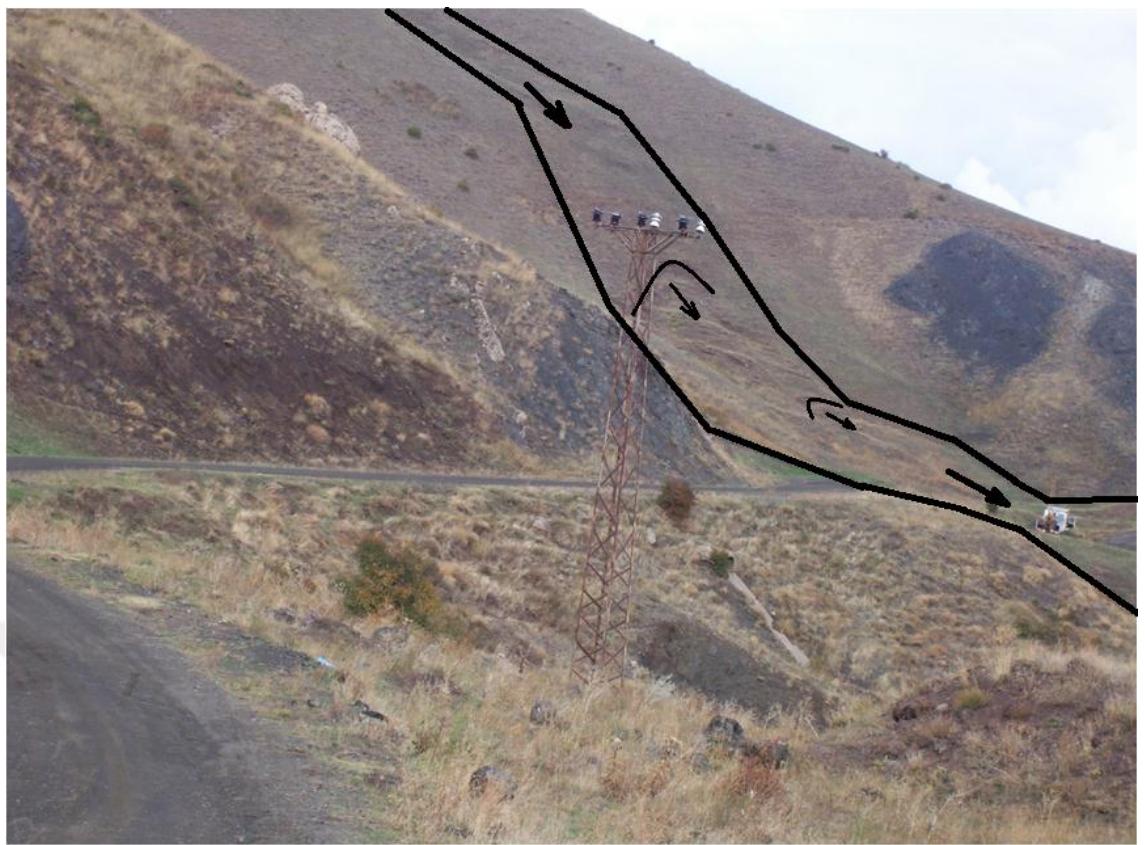
Bu kesimde heyelanın farklı açılardan yamaç aşağı görünümü şekil 5.59 - 5.61'de, kaymanın yolda oluşturduğu deformasyonun çeşitli yönlerden görünümleri ise şekil 5.62 - 5.63'te sunulmuştur.



Şekil 5.59 H.4 No.'lu heyelanın görünümü (kuzeybatıdan güneydoğuya bakış)



Şekil 5.60 H.4 heyelanının arazideki görünümü (güney batıdan kuzey doğuya bakış)



Şekil 5.61 H.4 heyelanının yamaç yukarı görünümü (güneydoğudan kuzbatıya bakış)



Şekil 5.62 H.4 heyelanının yolda oluşturduğu deformasyon (güneyden kuzeye bakış)



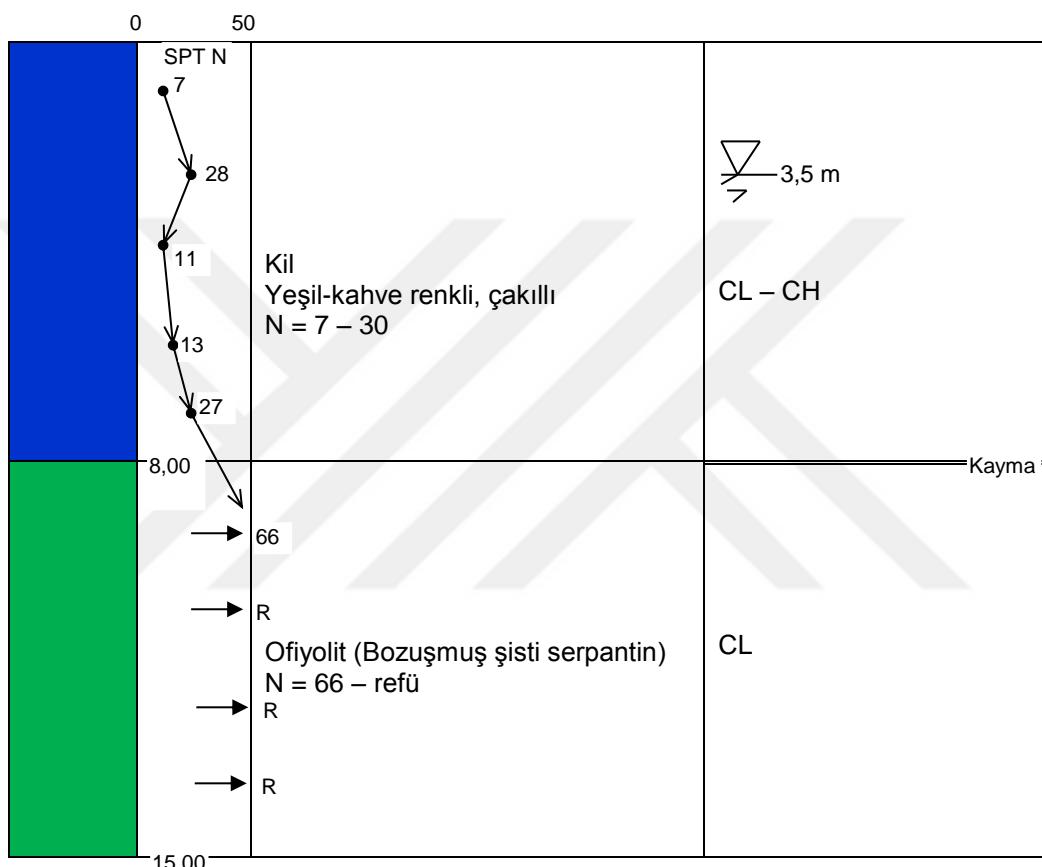
Şekil 5.63 H.4 heyelanının yolda oluşturduğu deformasyon (kuzeyden güneye bakış)

Hareketin güzergah eksenindeki geçişinin ve derinliğinin incelenmesi amacıyla bu aralıkta SK – 29, SK – 30 ve SK – 31 No.'lu sondajlar yapılmıştır.

Yapılan sondajlarda kayma derinliği ve kayma mekanizması, sondaj esnasında meydana gelen su kaçakları ile sertlik, yapı ve renk farklılıklarını yardımcı ile belirlenmiştir. Sondajlara göre gri-yeşil-kahve renkli bloklu çakılı killi kütle, kırmızı renkli sert kil/kiltaşı üzerinde kaymaktadır. Kayma derinliği SK-29 No.'lu sondajda 8 m; SK-30 No.'lu sondajda 4., 10,5. ve 13,5. metrelerde ve SK – 31 No.'lu sondajda ise 7. ve 11. metrelerde belirlenmiştir. Sondajlarda belirlenen kayma derinliklerinden de anlaşılırileceğ gibi yamaç aşağı yönde hareketin derinliği artmaktadır. Projelendirme, güzergah eksenini üzerinde yapılan SK-29 nolu sondaja göre yapılacaktır.

SK – 29 No.'lu sondaj mevcut yol üzerinde yapılmıştır. Yapılan sondajda kayma derinliği 8 m olarak saptanmıştır. Laboratuvar deneylerinde kayma malzemesinin zemin

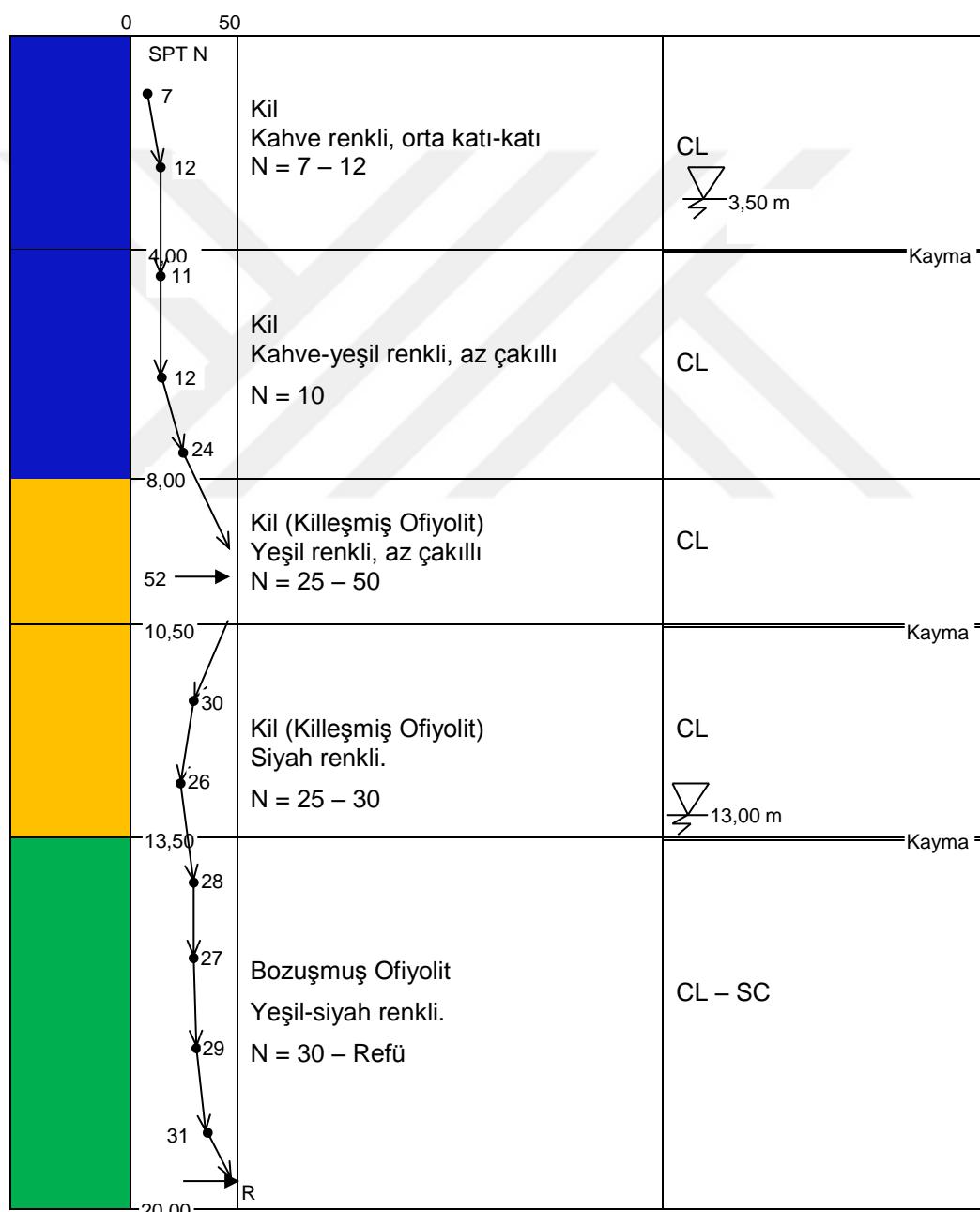
sınıfı sondaj sonuçları ile uyumlu bir şekilde CL ve CH olarak belirlenmiştir. Sondajda yeraltı su seviyesi 3,5 m olarak ölçülmüştür. Kayma malzemesi özellikle ilk metrelerde daha karmaşık yapıda olmak üzere, karışmış ve düzensiz bir şekil almış yeşil-kahve renkli çakılı kilden oluşmaktadır. Üstteki 8 metrelük killi malzeme içinde N değerleri 7 – 20 arasında değişmektedir. Ofiyolit içinde ise N = 66 – refü arasındadır. SK – 29 No.'lu sondaja ait zemin profili şekil 5.64'teki gibidir.



Şekil 5.64 SK-29 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

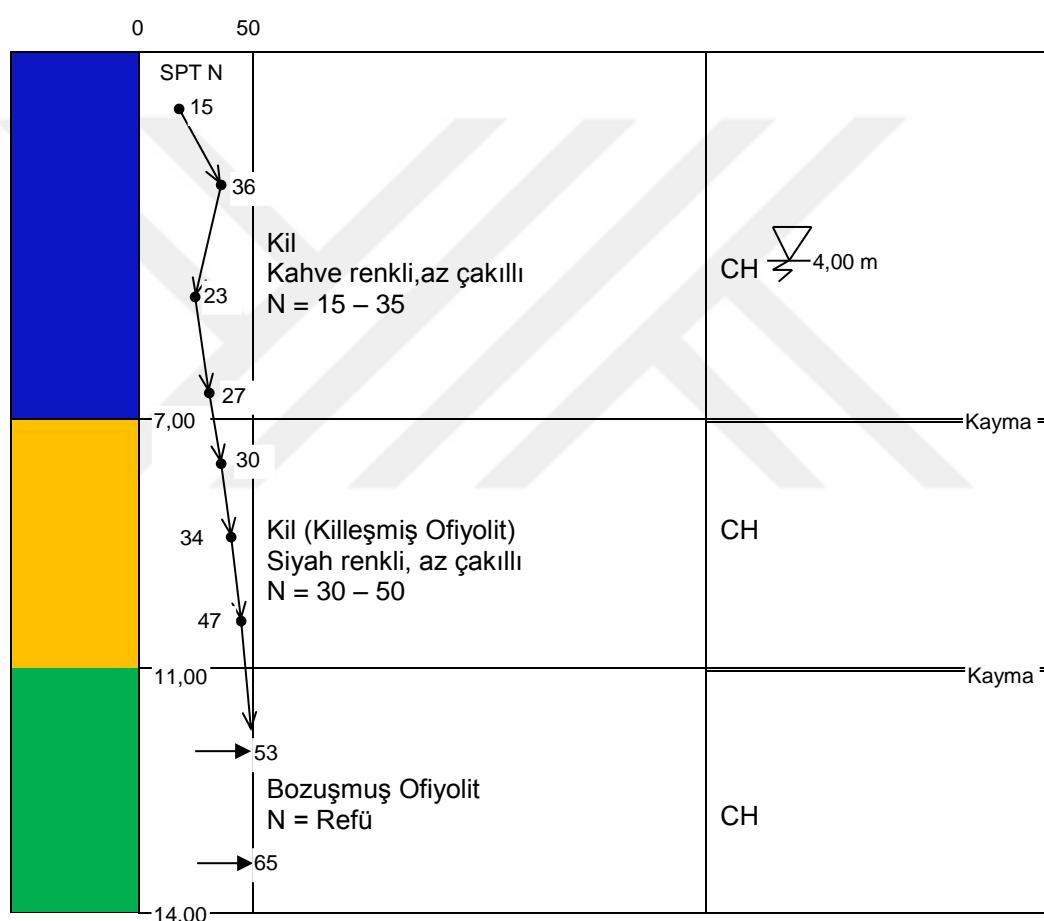
SK – 30 No.'lu sondajda yüzeyden 8. metreye kadar kahve – yeşil renkli kil, 8 – 13,5 metreler arasında killeşmiş ofiyolit ve 13,5. metreden itibaren ise bozmuş ofiyolit belirlenmiştir. Sondajda kayma düzlemleri 4 m, 10,5 m ve 13,5 m olarak belirlenmiştir. Sondajda ilk 8 metrede belirlenen kahve renkli kil ile ofiyolit orijinal killi birim orijinal formunda değildir. Kayma sonucu orjinal yapı ve doku bozulmuştur. Daha derinlerde ise orijinal yapı ve doku kısmen korunmuş olmasına rağmen birim oldukça karışmış ve killeşmiştir. Sondajda ilk 4 metrelük kahve renkli kil ile 4 metreden sonra gözlenen yeşil renkli kil birimi arasında 3,5 m civarında yeraltı suyu emareleri izlenmiştir. Bu ilk 4

metrelik kesim ile onun altında 8 metreye kadar gözlenen orta katı kil kayma sonucu karışmış ve gevşemiş niteliktedir. 8 metreden 13,5 metreye kadar gözlenen kil birimi de nispeten daha korunmuş bir yapı ve doku gösterse de 13,0 m derinlikte ayrı bir yeraltı su seviyesi ile birlikte yeni bir kayma düzlemi de belirlenmiştir. Daha derinde gözlenen bozmuş ofiyolit herhangi bir hareket gözlenmemiş olmasına rağmen hareketin önlem alınmazsa, daha da derinlere inme ihtimali mevcuttur. SK – 30 No.’lu sondajın zemin profili şekil 5.65’tedir.



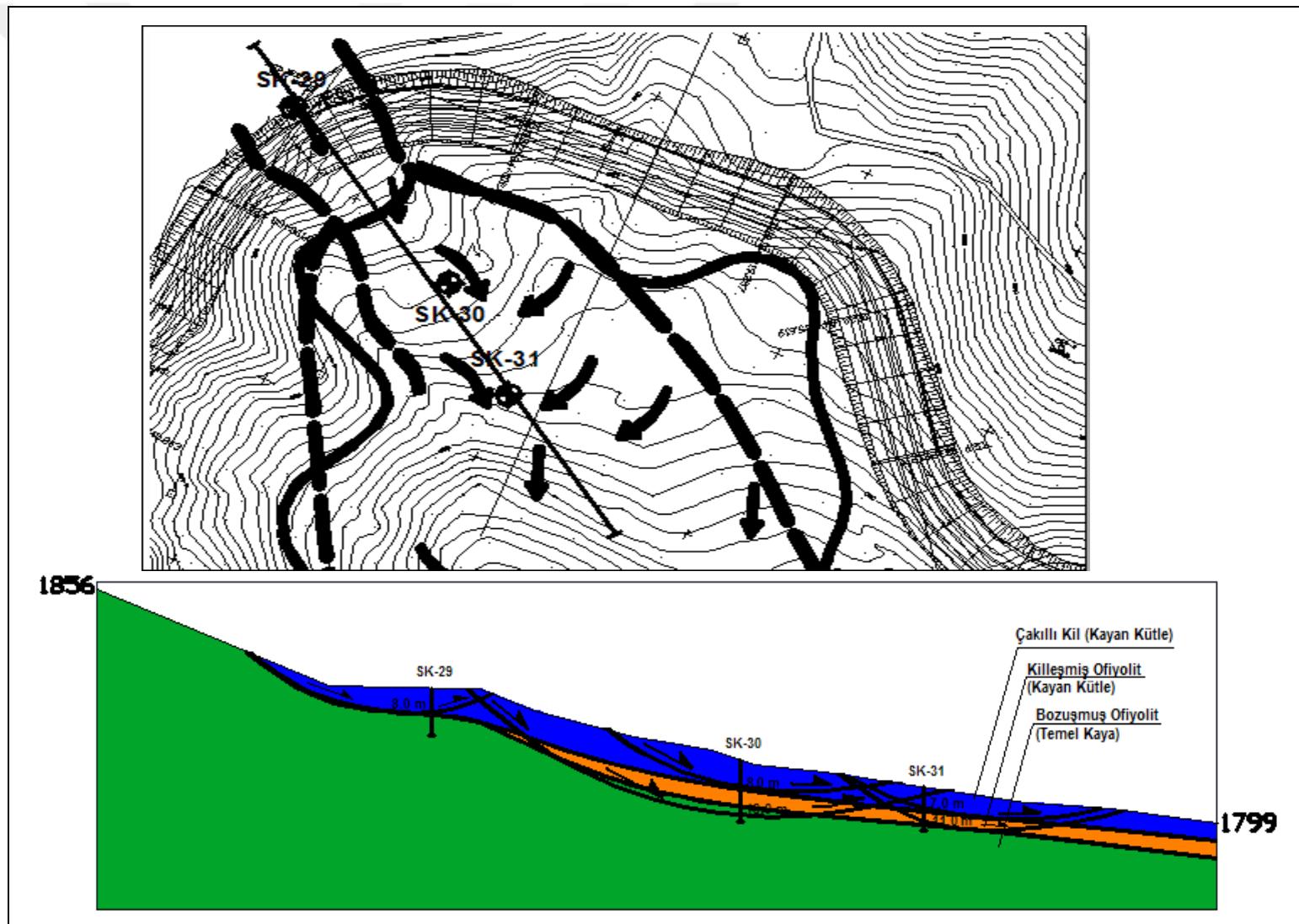
Şekil 5.65 SK-30 No.’lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

SK-31 nolu sondajda kayma sınırı 7. ve 11. metrelerde belirlenmiştir. Sondajda ilk 7 metrede kahve renkli az çakılı kil gözlenmiştir. Malzemenin zemin sınıfı CH'dir. Birim kayma nedeniyle karmaşık ve düzensiz bir yapı kazanmış olup, SPT N değerleri 15-35 arasındadır. 7 m – 11 m arasında gözlenen birim ofiyolitin killeşmesi oluşmuştur. 11. metrede gözlenen kayma düzlemi nedeni ile malzeme yapı ve dokusunu büyük oranda yitirmiştir. Kaymanın altındaki temel zemini şisti görünüm kazanmış ofiyolittir. Sondajda yeraltı suyuna 4,0 m civarında rastlanmıştır. Sondaja ait zemin profili şekil 5.66'daki gibidir.



Şekil 5.66 SK-31 No.'lu sondajda gözlenen zemin profili ve kayma derinliği

Heyelana ait jeolojik kesit ve kayma yüzeyi ile heyelanın yüzeysel konumu ve kesit doğrultusu şekil 5.67'dedir. Bu doğrultu aynı zamanda heyelan geçişinin en kritik kesitidir.



Şekil 5.67 H.4 heyelanı (Km: 83+880 – 83+940) jeolojik planı ve jeolojik kesiti

Şekil 5.67'de verilen plan ve kesitte de görüldüğü gibi güzergahın bulunduğu kesimde ana kayma düzlemi yaklaşık 8 m derinliktedir. Yamaç aşağı kayma derinlikleri de artmaktadır.

5.1.4.1 Birimlerin jeoteknik özellikleri ve dayanım parametreleri

Sondaj profilinden de anlaşılabileceği gibi, 3 ana zemin katmanı mevcuttur. Bu ana zemin katmanları üstteki 7 – 8 metrelük kil, onun altında maksimum 13,5. metreye kadar gözlenen killeşmiş ofiyolit ve onun altında şisti yapılı bozmuş ofiyolittir. Sondajda gözlenen ve önceki başlıkta verilen jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri aşağıdadır.

Kahve Renkli Çakılı Kil (Kayan Kütle): Kahve renkli çakılı kil 3 sondajda da 7-8 m kalınlıkta gözlenmiştir. Birim içinde SPT N değerleri 7 – 35 arasında değişmektedir. N değerleri zeminin çakıl ve blok içeriği nedeniyle yer yer yüksektir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde çizelge 5.17'de verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.17 Çakılı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CL	18,32	-	-	3	17
CH	18,24	61	9	-	-

Sondajlarda yeraltı suyuna 3,5 – 4 m civarında rastlanmıştır. Kayma malzemesi yeraltı suyuna doygun kohezyonlu birimlerden olduğu için analizlere boşluk suyu basıncı katsayısı r_u değeri de eklenmiştir. Boşluk suyu basınç katsayısı değeri, SK – 29, SK – 30 ve SK – 31 No.'lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış ve analizlerde kullanılmak üzere ortalama bir değer seçilmiştir (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.18 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayıları

Sondaj No	r_u
SK-29	0,24
SK-30	0,24
SK-31	0,31
Ortalama	0,26

Heyelan için yapılan geri analizlerde ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini kayma malzemesi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakılı kil için rezidüel kayma dayanımı parametreleri

c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	24,5
2	21
3	19
5	16

Killeşmiş Ofiyolit (Kayan Kütle): Yeşil ve siyah renklerde killeşmiş ofiyolit SK-30 ve SK-31 nolu sondajlarda gözlenmiştir. Yeşil ve siyah renkli bu malzeme ile üstte gözlenen kahve renkli kil arasında renk, sertlik ve doku açısından farklılıklar bulunduğuundan bu malzeme üstteki birimden ayrı değerlendirilmiştir. Birim içinde SPT N değerleri 25 – 50 arasında değişmektedir. Bu birim içinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri (UU) ile rezidüel kesme dayanımı deneylerinde Çizelge 5.10'da verilen kayma dayanımı parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 5.20 Çakılı kil (kayan kütle) içinden alınan örneklerin deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_r (kPa)	ϕ_r (°)
CH	18,29	69	8	5	19

Bu birim için de analizlere boşluk suyu basıncı katsayıları r_u değeri eklenmiştir. Boşluk suyu basınç katsayısı değeri, SK – 30 ve SK – 31 No.'lu sondajlara göre ayrı ayrı hesaplanmış ve analizlerde kullanılmak üzere ortalama bir değer seçilmiştir.

Çizelge 5.21 Analizlerde kullanılmak üzere belirlenen boşluk suyu basınç katsayıları

Sondaj No	r_u
SK-30	0,15
SK-31	0,20
Ortalama	0,175

Heyelan için yapılan geri analizlerde (Şekil 5.68) ise en kritik kayma dairesi için 1,0 değerini kayma malzemesi için veren rezidüel kayma dayanımı parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5.22 Geri analizlerde belirlenen bloklu çakılı kil için rezideül kayma dayanımı parametreleri

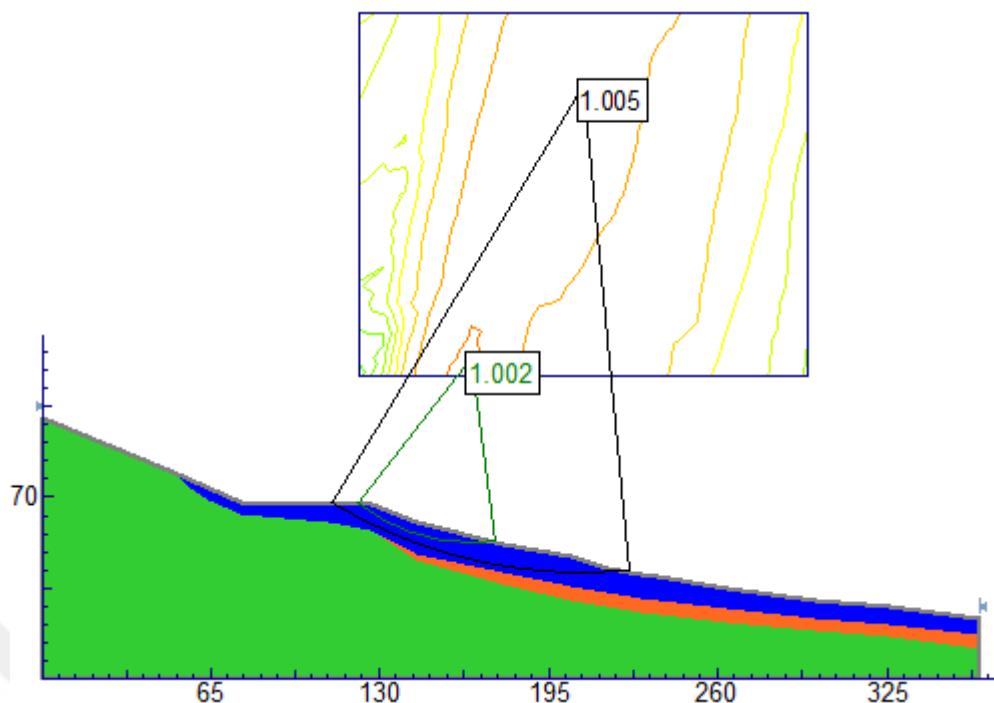
c_r (kPa)	ϕ_r (°)
0	25
2	22
3	20
5	18

Bozuşmuş Şisti Ofiyolit (Temel Kaya)

Bu tabakada SPT $N = 30 - \text{refü}$ arasında değişmektedir. Bu birimin ilk metrelerinden alınan UD örnekleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneylerinde elde edilen veriler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.23 Bozuşmuş şisti ofiyolite ait deney sonuçları

BZS	γ_n (kN/m ³)	q_u (kg/cm ²)
CL	18,81	2,77



Şekil 5.68 H.4 heyelanı için heyelanlı malzemeye ait geri analiz kesiti

Birim bölgede yeşil-gri-siyah renkli parçalı ve kırıklı özellikte ve bozmuşmuş yapıdadır. Ofiyolitin sondajda da çok kırıklı, parçalı ve bloklu yapıda ve yer yer bozmuşmuş-çok bozmuş nitelikte olduğu belirlenmiştir. Birim çok kötü kaya kalitesinde ve çok zayıf kaya kalitesinde yer yer de çok sert-katı kil niteliğindedir. Çok zayıf kayalar için Bieniawski (1989)'ye göre $c = 50 - 150 \text{ kPa}$, $\phi = 15 - 30^\circ$ aralıklarındadır. Ofiyolit için kayma dayanımı parametreleri bu aralıklar ile ofiyolitin çok bozmuşmuş ve kısmen killeşmiş kesiminden alınan örnek üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

Tüm birimler için analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.24 Tüm birimlerin analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

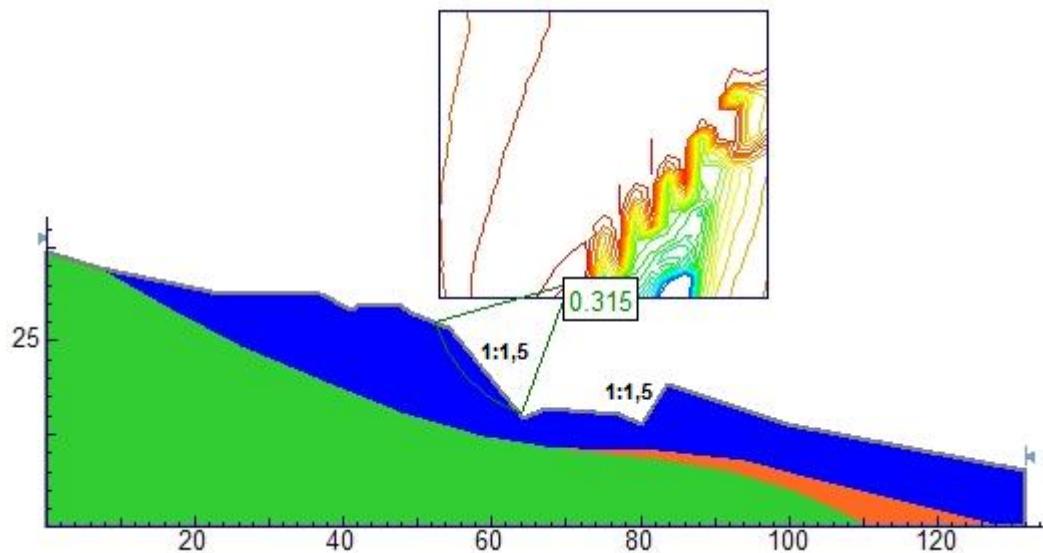
Birim	γ_n (kN/m ³)	c/c'/c _r (kPa)	$\phi/\phi'/\phi_r$ (°)	Mevcut Durum (r _u)	Drenaj Önlemi Sonrası (r _u)
Kahve Renkli Çakılı Kil (Kayan Kütle)	18	3	18	0,26	0,05
Kahve Renkli Çakılı Kil (Kayan Kütle)	18	5	18	0,175	0,05
Ofiyolit (Temel Kaya)	20	140	15	0	0
Dolgu	19	5	32	0	0

5.1.4.2 H.4 heyelanı için uygulanabilir çözüm önerisi

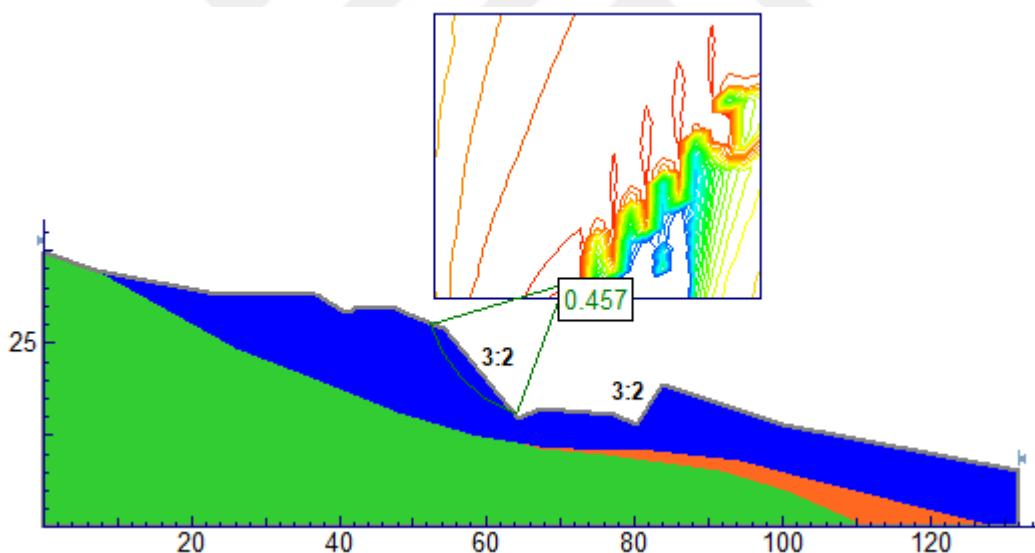
Yarma ile geçilmesi planlanan H.4 heyelan alanında, heyelan dar bir daire içinde akan malzeme şeklini almıştır. Bu heyelanlı malzemenin kalınlığı 8 metredir. Heyelanlı geçişte çözüm için, bu kesimdeki 8 metrelük heyelan malzemesinin sıyrılmaması planlanmıştır. Bu kesimde yapılacak yarma ile heyelanlı malzeme de sıyrılacaktır; ancak, yarma tabanı ve yol platformu kayma yüzeyinin üstünde kalmaktadır. Yani, heyelan malzemesi yarma ile de tam olarak temizlenmemektedir. Bu nedenle, bu kesimde tüm heyelan malzemesinin sıyrılmamasının ve yeni durumda yol geçisinin dolgu ile yapılması uygun olacağı düşünülmektedir.

Yol geçisi için yapılan mevcut durum analizinde kullanılan en kritik kesit Km: 83+880'dir. Bu kesitte yarma şevi 1d:1,5y eğimle açılmıştır. Yapılan stabilite analizi sonucu $F_s = 0,315$ bulunmuştur (Şekil 5.69). Yani sonuç güvensizdir.

Bu kesimde alınan drenaj önlemleri sonucunda $r_u = 0,05$ kabul edilmiştir. Aynı şekil üzerinde yeniden stabilite analizi yapılarak bu koşullar altında drenajlı durum incelenmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 5.70) $F_s = 0,457$ bulunmuş ve stabilitenin sağlanabilmesi için drenaj önlemlerinin yetersiz kaldığı anlaşılmıştır.

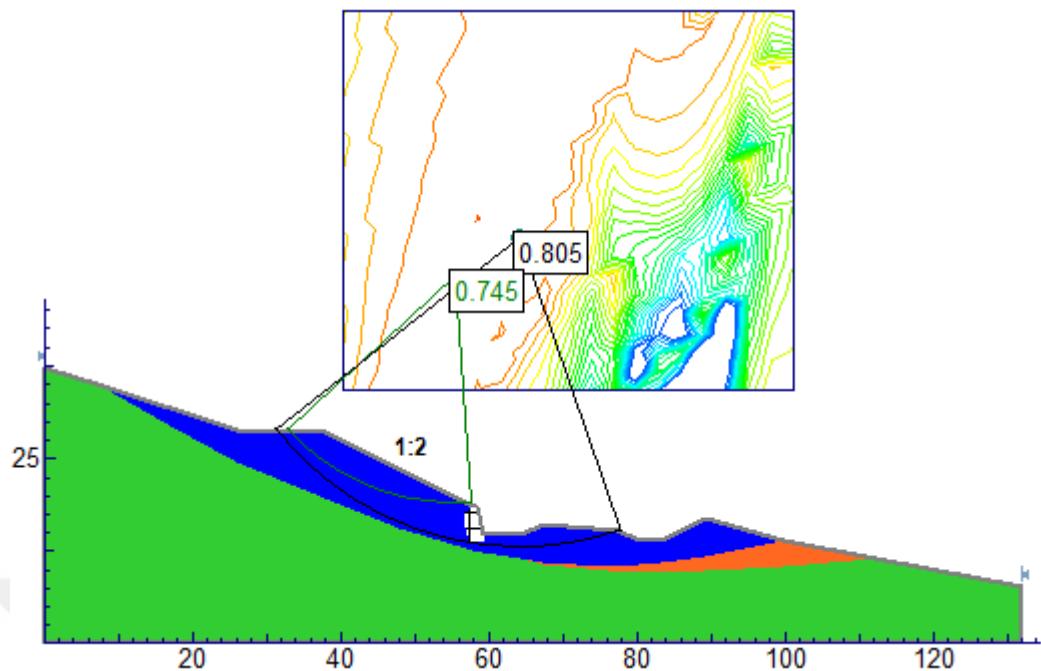


Şekil 5.69 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,26$ ve şev eğimi 1d:1,5y)

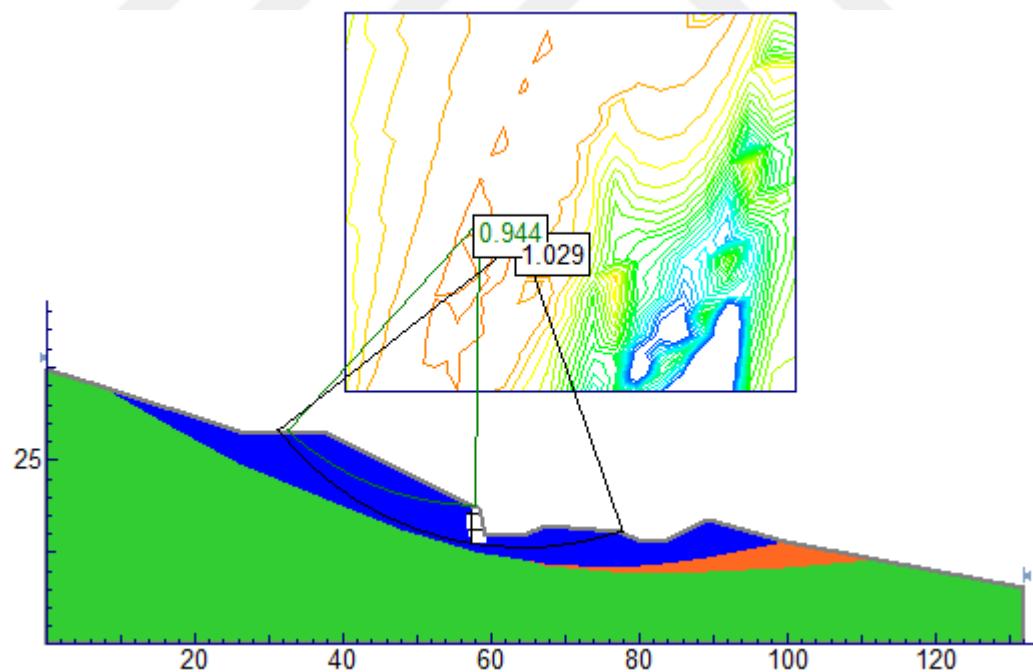


Şekil 5.70 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) drenaj önlemi sonrası mevcut yol geçiş şekli analizi ($r_u = 0,05$ ve yarma şev eğimi 1d:1,5y)

Ayrıca analizler daha düşük şev eğimlerinde (1d:2y) ve duvarlı kesitlerle ve drenaj yapılması durumları da ele alınarak tekrarlanmasına rağmen heyelan malzemesinin tamamı sıyrılmadığından ve yol platformu heyelan içerisinde kaldığından istenilen güvenlikte sonuçlara ulaşılamamıştır (Şekil 5.71 ve Şekil 5.72).

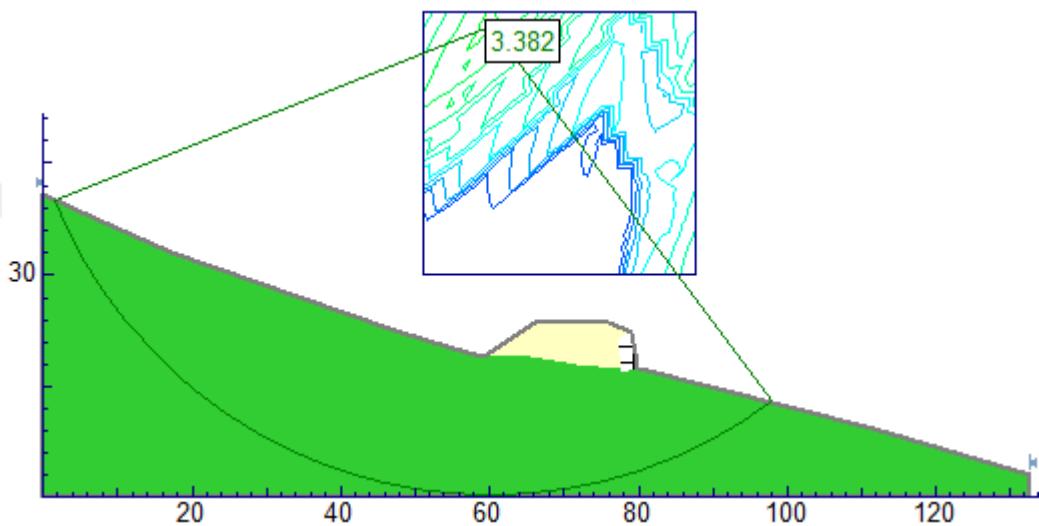


Şekil 5.71 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) yarma şev eğimi 1:2 durumu için mevcut yol geçiş şekli stabilite analizi ($r_u = 0,26$)

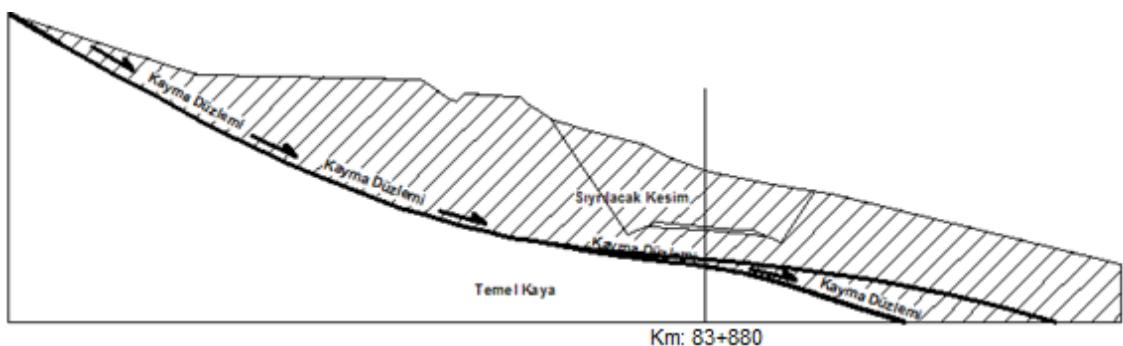


Şekil 5.72 H.4 heyelani (Km: 83+880 enkesiti) drenaj önlemi sonrası yarma şev eğimi 1:2 durumu için mevcut yol geçiş şekli stabilite analizi ($r_u = 0,05$)

Tüm bu analizler ve çalışmalar neticesinde çözüm için yukarıda da bahsedildiği gibi kayma malzemesinin tamamen sıyrılarak, yol platformunun oluşan yeni yamaç üzerinde dolgu ile oluşturulması durumu incelenmiştir. Dolgu etekleri de dolgular, devam edeceğini duvar ile tutulacaktır. Dolgu yapılarak oluşturulan çözüm kesiti kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre statik durumda $F_s = 3,382$ (Şekil 5.73), sismik durumda ise $F_s = 2,061$ (Şekil 5.74) olarak bulunmuştur.

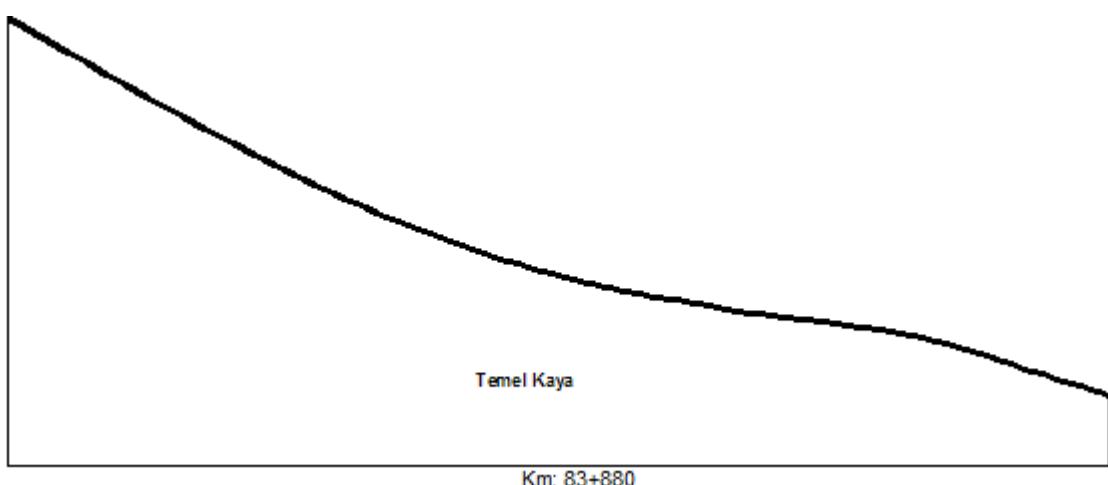


Çözümleme sonuçlarına göre geçiş güvenlidir. Şematik olarak geoteknik çözümlemeye ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir. Mevcut yol geçiş şekli şekil 5.75'te sunulmuştur.



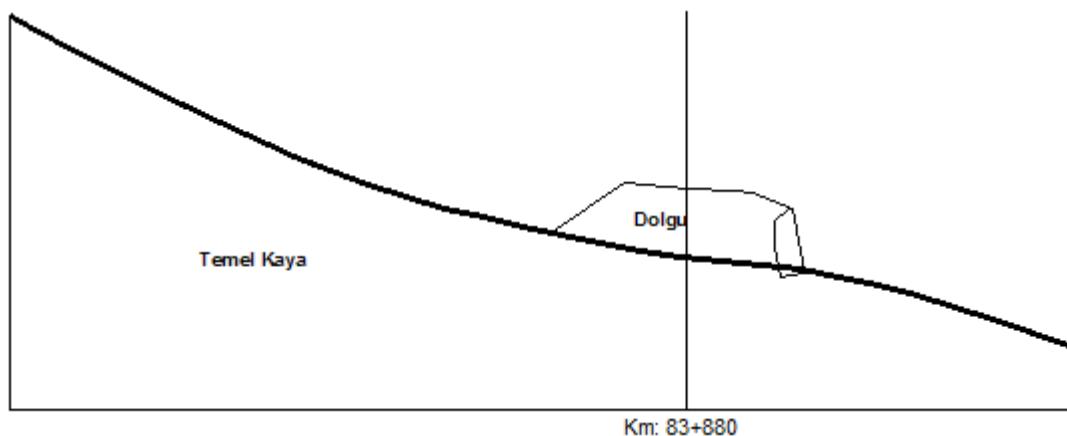
Şekil 5.75 Mevcut yol geçiş şekli (yarma şev eğimi 3:2)

Dolgu imalatından önce ortalama 8 m kalınlığındaki heyelan malzemesi ofiyolitten oluşan temel zemine ulaşılıncaya kadar temizlenecektir. Sıyırmadan sonra oluşturacak topografiya şekil 5.76'dadır.



Şekil 5.76 Sıyırma yapıldıktan sonra kaya dolguya temel olacak topografiya

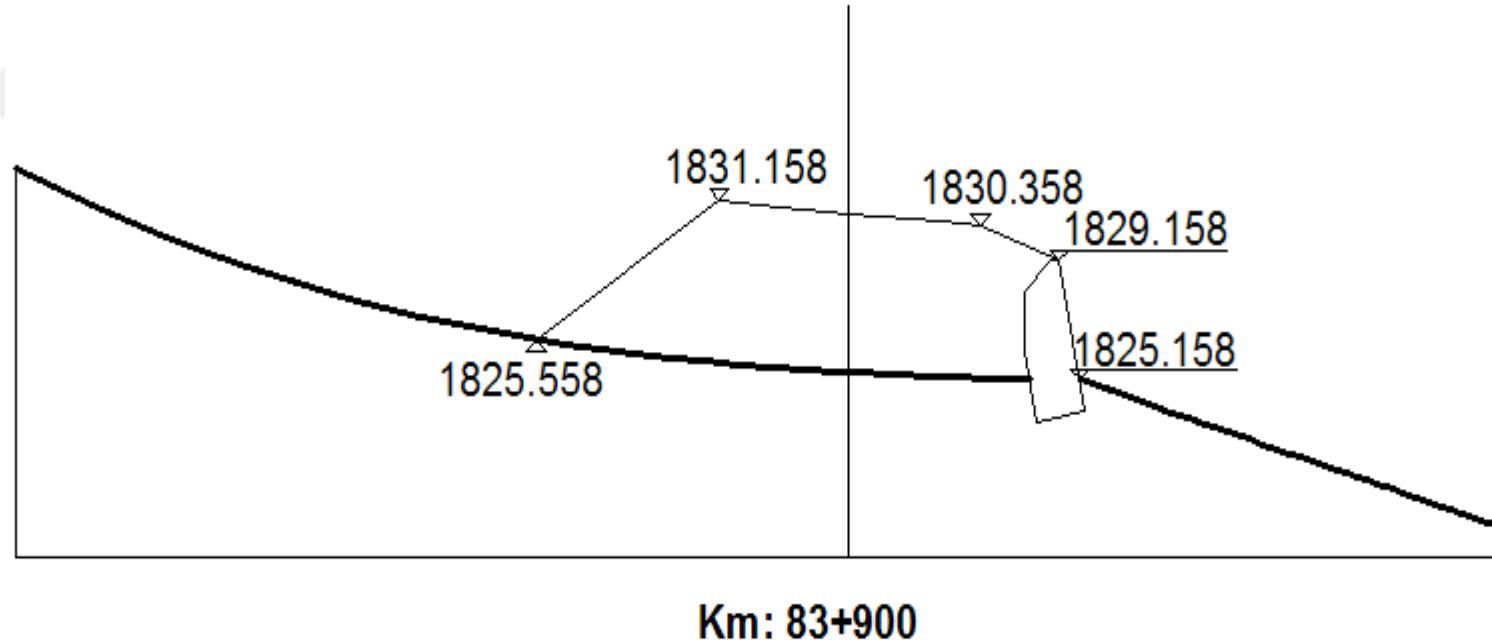
Sıyırmadan sonra dolgu ile oluşturulacak yol platformu şekil 5.77'de verilmiştir.



Şekil 5.77 Sıyırmadan ve kaya dolgu imalatından sonra oluşan yol platformu

Dolgular yapıldıktan sonra oluşan duruma ait kotlandırılmış çözüm kesiti şekil 5.78'de verilmiştir.

Heyelana ait plan ve profiller ile çözüme yönelik uygulama kesitleri ayrıca eklerde sunulmuştur.



Şekil 5.78 Sıyrma ve yeni yapılan dolgu imalatından sonra oluşacak yol platformu ve çözüm kesiti

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması; yapımı halen devam eden Ağrı – Kağızman Karayolu'nun Km: 82+300-85+000 aralığında gözlenen güzergahı kesen aktif heyelan alanları içerisinde yol geçişinin mecbur kalıldığı kesimlerden güzergahın sorunsuz bir şekilde geçirilebilmesi amacıyla yapılan aletsel ve gözlemsel arazi çalışmaları ile laboratuvar çalışmaları sonucu belirlenen uygun yol geçiş şekillerini kapsamaktadır. Bu kapsamında, yapılan bu tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Arazi çalışmalarının başlangıcında, yol güzergahının 2 ayrı kesimde (Km: 82+300 – 83+400 ve Km: 84+100-84+400 aralıkları) toplam 1400 metrelik uzunlukta bir kesiminin heyelanlı alan içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu aktif heyelanlı kesimden güzergahın geçirilmesi uygun görülmemiş ve olabildiğince heyelanlı alandan çıkışması amaçlanmıştır. Yapılan güzergah değişiklikleri ile heyelanlı saha tamamen terkedilememiş olsa da, yolun daha kısa aralıklarda ve toplamda 360 metrelik bir uzunluk oluşturan 4 ayrı kesimde (Km: 82+650-82+750, Km: 82+750-82+900, Km: 82+900-83+000 ve Km: 83+880-83+940) heyelanlı alanlar içerisinde uygulanabilir çözüm örnekleri geliştirilerek geçirilmesi sağlanmıştır.
2. Çalışma alanında yapılan çalışmalar sonucunda; heyelanların çoğunlukla Tuzluca Formasyonu ile Kağızman Karmaşığı sınırında ve Tuzluca Formasyonunu oluşturan kalın kilitaşlarının bozmuş-killeşmiş kesimleri içinde meydana geldiği belirlenmiştir.
3. Bölgedeki heyelanların ana nedenlerinden biri, bölgenin gerek yüzey suları gerekse yeraltı suları açısından oldukça zengin olmasıdır. Çalışma alanındaki yüzey suları ile birlikte yeraltı suları serpentin, kilitası-marn vb. killi malzemeler ile temas ettiklerinde bozumalarına sebep olmakta ve heyelanları oluşturmaktadır.
4. Km: 82+650 – 82+750 ve Km: 82+900 – 83+000 aralıklarında 100'er metrelik uzunluğu kapsadığı belirlenen H.1 ve H.3 heyelanları benzer yapıda olup, kilitası ile ofiyolit sınırında, iki birimin kontağındaki derede gelişmişlerdir. Her iki heyelan da dairesel kayma mekanizmasına sahip olup, kayma derinliğinin H.1 No.'lu

heyelanda 9 – 11 m arasında, H.3 No.’lu heyelanda ise 7 – 8 m arasında olduğu saptanmıştır.

5. H.1 ve H.3 heyelanları için yapılan çalışmalar sonucunda her iki heyelan için de aynı çözüm şekli belirlenmiştir. Heyelanlı alanlarda yolun geçtiği kesimde heyelan malzemeleri sıyrılacak ve yol geçisi kaya dolgu üzerinde yapılacaktır. Kaya dolgular hem dereler boyunca kayan malzemeler için topuk görevi görecek ve heyelan malzemesini tutacak, hem de yol için sağlam bir platform oluşturacaktır.
6. Km: 82+750 – 82+900 arasında 150 metrelük bir uzunluğu oluşturan H.2 heyelanının kiltaşlarının bozuşması ile oluşmuş killi malzemenin yüzeyinde kaşık şeklinde sığ kripler halinde geliştiği belirlenmiştir. Heyelanın en aktif kesiminde kayma derinliği 3,5 m olarak belirlenmiştir. Bu kesimde yapılan çalışmalar neticesinde çözüm şekli olarak mevcut topografya ile uyumlu 1:3 eğimli yatık şevlendirme ile derin ve yüzeysel drenaj hatları yapılması belirlenmiştir. Sonuçta belirlenen şev ile 3,5 metrelük aktif heyelanlı malzeme temizlenmiş ve yapılan drenajlar ile de platformun geçirileceği yamacın su alması engellenmiş olacaktır.
7. Km: 83+880 – 83+940 arasında 60 metrelük bir uzunluğu kapladığı belirlenen H.4 heyelani şisti yapılı serpentinlerin bozuşmuş kesiminde kaşık şeklinde dar bir alanda dairesel mekanizmada akan malzeme şeklindedir. Heyelanın kayma derinliğinin 8 – 13,5 metreler arasında olduğu belirlenmiştir. Bu heyelan için çözümün, tüm heyelan malzemesinin sırlararak yeni durumda geçişin kum-çakıl dolgu ile yapılması olarak belirlenmiştir.
8. Çalışmaya konu olan yol güzergahında yapım aşamasında meydana gelen stabilite problemlerinin ana nedenleri; proje aşamasında yapılan jeolojik-jeoteknik çalışmaların yetersizliği, mevcut yolda gözlenen stabilite problemlerinin gözden kaçırılarak güzergah seçiminin sadece yolun geometrik özellikleri göz önünde bulundurularak ve jeoteknik problemler göz ardı edilecek şekilde yapılmasından kaynaklı hatalar ile yapım aşamasında da son ana kadar stabilite sorunlarının göz ardı edilmesi olarak sıralanabilir.

KAYNAKLAR

- Akçelik, N., Etkesen, Z. and Aksoy, S. 1998. The effects of landslides on roads and remedial measures in Turkey. Natural Disaster Reduction For Roads In Mediterranean Countries-International Seminar. Yollar Türk Milli Komitesi, İstanbul.
- Akçelik, N., Etkesen, Z., Güngör, A.G., Akyüzoglu, M., Bozkurt, Ş., Mısırlı, E. ve Timur, İ. 2002. Karayollarında heyelanlar ve çözüm örnekleri. Zemin Mekanığı ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, 584-593, Eskişehir.
- Aktimur, H.T., Tekirli, M.E., Yurdakul, M.E., Tuncay, T., Keçer, M., Aktimur, S., Ürgün, B.M., Gürbüz, M., Can, B. ve Yaşar, T. 1991. Kars-Arpaçay ve Çıldır dolayının jeolojisi. MTA Derleme Yay. No. 9257, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara.
- Alacantara-Ayala, İ. 2002. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47, 107-124.
- Al-Homoud, A.S., Ahmed, B.T. and Salah, A.T. 1997. A comparative study of slope stability methods and mitigative design of a highway embankment landslide with a potential for deep seated sliding. *Engineering Geology*, 47, pp. 157-173.
- Anonim. 2004. Türkiye'de doğal afetler konulu ülke strateji raporu. Japon Uluslar Arası İşbirliği Ajansı ve TC. İçişleri Bakanlığı, 164 s., Ankara.
- Anonim. 2008. Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 118 s., Ankara.
- Anonim. 2015. Web sitesi. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/deprem-katalogu>. Erişim tarihi: 2015.
- Atalay, F.İ. ve Bekaroğlu, N. 1973. Heyelanlar ve mühendislik uygulaması. Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, Yay. No: 200, 350 s., Ankara.
- Aydın, Ö., Sedaki, M. and Yarar, R. 1996. The seismic characteristics of Turkish earthquakes. Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- Barka, A., Saroğlu F. ve Güner, Y. 1983. Horasan – Narman (1983) depremi ve bu depremin Doğu Anadolu neotektoniğiindeki yeri. *Yeryuvarı ve İnsan Dergisi*, 8 (3), 16-21, Ankara.
- Beyaz, T. 2004. Zemin etkisinden arındırılmış deprem kayıtlarına göre Türkiye için yeni bir deprem enerjisi azalım bağıntısının geliştirilmesi. Doktora Tezi (Basılmamış), Ankara Üniversitesi, 226 s. Ankara.
- Bıçakçı, O. ve Özgür, Ö. 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki karayolu heyelanları ve önleme metotları. 3.Ulaştırma Kongresi, 393-406, İstanbul.
- Bozkuş, C. 1999. Karakurt (Kars) yörensinin jeomorfolojik evriminde volkanizma ve tektonığın etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5 (1), 993-1000, Denizli.

- Campbell, C.W. 1997. Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra. *Seismological Research Letters*, 68 (1), p.154-179.
- Cooper, M.R. 1984. The application of back analysis to the design of remedial works for failed slopes. Proceeding 4th International Symposium on Landslides, 1, pp.631-638, Toronto.
- Çeken, U. 2007. Marmara Bölgesinin kuvvetli yer hareketi azalım ilişkisi modeli. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Sakarya Üniversitesi, 213 s. Adapazarı.
- Doğu, A.F., Çiçek, İ. ve Gürgen, G. 1989. Çatak Heyelanı (Trabzon-Mağka). Coğrafya Araştırmaları Dergisi, 1, 103-117, Atatürk Kültür-Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Yayınları, Ankara.
- Duman, T.Y., Olgun, Ş., Çan, T., Nefeslioğlu, H.A., Hamzaçebi, S., Elmacı, H., Durmaz, S. ve Çörekçioglu, Ş. 2009. 1/500000 ölçekli Türkiye heyelan envanteri haritaları Erzurum paftası. M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Yayınları, Ankara.
- Duncan, J.M. ve Wright, S.G. 2005. Zemin Şevlerinin Duraylılığı (çeviri: K. Kayabalı ve M. Mollamahmutoğlu), Gazi Yayınları, 303 s., Ankara.
- Erdik, M., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M.B. ve Durukal, E. 2006. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Havameydanları İnşaati Genel Müdürlüğü, kıyı yapıları, demiryolları, karayolları ve havameydanları inşaatları deprem teknik yönetmeliği için deprem tehlikesi belirlenmesi. Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Yayınları, 48 s., İstanbul.
- Erentöz, C. 1954. Aras Havzasının jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 5 (1-2), 1-54, Ankara.
- Eşder, T. 1967. Orta Aras depresyon bölgesinin 1/25000 ölçekli etüd raporu. MTA Raporları Derleme No: 42543, 105 s., Ankara.
- Fredlund, D.G. 1986. Slope stability analysis incorporating the effect of soil suction. *Slope Stability*, John Wiley and Sons Ltd., pp.105-136.
- Fukushima, Y. and Tanaka, T. 1990. A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan. *BSSA*, 80, 757-783.
- Goodman, R.E. and Bray, J.W. 1976. Toppling of slopes. *Rock Engineering for Foundation and Slopes*, pp. 201-234. American Society Of Civil Engineers Publishes, New York.
- Gülkan, P., Yücen, M.S., Koçyiğit, A., Doyuran, V. ve Başöz, N. 1993. En son verilere göre hazırlanan Türkiye deprem bölgeleri haritası. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Rapor, Rapor No: 92-03-03-18, 156 s., Ankara.
- Gülkan, P. and Kalkan E. 2002. Attenuation modeling of recent earthquakes in Turkey. *Journal of Seismology*, 6, 347-409.
- Hasgür, Z. 1996. Deprem risk analizinde kullanılan azalım ilişkileri. *Türkiye Deprem Vakfı Yayınları*, Rapor No: TDV/TR 96-002, 26 s., Ankara.

- Hynes-Griffin, M.E. and Franklin A.G. 1984. Rationalizing the seismic coefficient method. Miscellaneous Paper GL-84-13, U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 21 pp.
- Ildır, B. 1995. Türkiye'de heyelanların dağılımı ve afetler yasası ile ilgili uygulamalar. İlkinci Ulusal Heyelan Sempozyumu, 1-9, Adapazarı.
- Joyner, W.B. and Boore, D.M. 1988. Measurement, characterization, and prediction of strong ground motion: Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 2, Recent, Advances in Ground Motion Evaluation, pp.43-102.
- Karamanderesi, İ.H. 1970. Kars H49-b3-c2 paftalarının 1/25000 ölçekte detaylı petrol etütleri. MTA Raporları Derleme No: 4285, 65 s., Ankara.
- Kayabalı, K. 1995. Sismik tehlike analizi teori ve uygulama. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 48, 28-43, Ankara.
- Kayabalı, K. 2002. Modeling of seismic hazard for Turkey using the recent neotectonic data. *Engineering Geology*, 63, 221-232.
- Kayabalı, K. and Akın, M. 2003. Seismic hazard map of Turkey using the deterministic approach. *Engineering Geology*, 69, 127-137.
- Kayabalı, K. and Beyaz, T. 2011. Strong motion attenuation relationship for Turkey-a different perspective. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 70 (3), pp.467-481.
- Keller, E. A. 2000. Environmental Geology (5th Edition). Prentice Hall, 562 p., New Jersey, USA.
- Keskin, M. 1998. Erzurum-Kars platosunun çarşılma kökenli volkanizmasının çarşılma kökenli volkano-stratigrafisi ve yeni K/Ar yaşı bulguları ışığında evrimi, Kuzeydoğu Anadolu. MTA Dergisi, 120, 135-157, Ankara.
- Ketin, İ. 1976. San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma. TJK Bülteni, 19 (2), 149-154, Ankara.
- Kıral, K. ve Çağlayan, A. 1980. Kağızman (Kars) – Ağrı – Taşlıçay (Ağrı) dolayının jeolojisi. MTA Raporu, Rapor No: 6785, 88 s., Ankara.
- Koçyiğit, A. 1983. Doğu Anadolu Bölgesi'nin depremselliği ve gerekli çalışmalar. Yeryuvarı ve İnsan Dergisi, 8 (3), 25 – 29, Ankara.
- Koçyiğit, A. 1985. Karayazı Fayı. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 67 – 72, Ankara.
- Kramer, S.L. 1996. Geoteknik Deprem Mühendisliği (çeviri: Doç. Dr. K. Kayabalı), Gazi Yayınları, 708 s., Ankara.
- Marcuson, W.F. III. 1981. Moderator's report for session on 'Earth dams and stability of slopes under dynamic loads'. Proceedings, International Conference on Recent Advances in Geotechnical Eartquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri, Vol.3, p.1175.
- Musallam, K. 1989. Geologische, petrologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen an den ophiolitischen Gesteinen des Aras Gebirges (Provinz Kars, Türkei). No: 105875, 71 p., BGR – Hannover.

- Önalp, A. ve Arel, E. 2004. Geoteknik bilgisi II yamaç ve şevlerin mühendisliği. Birsen Yayınevi, 414 s., İstanbul.
- Özbey, S., Sarı, A., Manuel, L., Erdik, M. and Fahjan, Y. 2004. An empirical attenuation relationship for Northwestern Turkey ground motion using a random effects approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 25, 115-125.
- Öztürk, K. 2002. Heyelanlar ve Türkiye'ye etkileri. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 35-50, Ankara.
- Özşahin, E. 2013. Kütle hareketleri ve Türkiye. *Ege Üniversitesi Yayınları, Edebiyat Fakültesi Yayın No: 180*, 227-250, İzmir.
- Sabetta, F. and Pugliese, A. 1987. Attenuation of peak horizontal acceleration and velocity from Italian strong ground motion records. *BSSA*, 86 (2), 337-352.
- Sarsby, R.W. 2000. Environmental Geotechnics. Thomas Telford Publishing, 600 p., London.
- Schuster, R.L. and Fleming, R.W. 1986. Economic losses and fatalities due to landslides. *Bulletin Association Engineering Geologists*, 23(1), 11-28.
- Seed, H.B. 1979. Considerations in the earthquake-resistant design of earth and rockfill dams. *Geotechnique*, Vol.29, No.3, pp. 215-263.
- Sertel, N. ve Şener, S. 2007. Kağızman (Kars) ve civarının jeolojisi. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 156-158, Ankara.
- Sevindi, C., Kopar, İ. ve Kaya, G. 2004. Akdam (Kağızman-Kars) Heyelanı. *Atatürk Üniversitesi Doğu Coğrafya Dergisi*, 11, 167-188, Erzurum.
- Seyrek, E. ve Tosun H. 2013. Sismik tehlike analiz yöntemlerinin ülkemizdeki büyük beton barajların toplam riski üzerindeki etkisi. *Gazi Ünv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 28 (1), 67-75. Ankara.
- Sümengen, M. 2009. 1/100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Kars H-50 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Yayın No: 108, 18 s., Ankara.
- Şahin, C. 1996. Aydoğan ve yakın çevresinde heyelanlar (Gölköy-Ordu). II. Ulusal Eğitim Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 287-308, İstanbul.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y. 1979. Tutak diri fayı, özellikleri ve Çaldırın fayı ile ilişkisi. *Yeryuvarı ve İnsan Dergisi*, 4 (1), 11-14, Ankara.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. 1986. Doğu Anadolu'da neoteknik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *MTA Dergisi*, 107, 73-93, Ankara.
- Şenalp, M. 1969. Tuzluca (Kars) havzasının 1/25000 ölçekli detay petrol etüdü raporu. MTA Raporu, Rapor No: 4084, 67 s., Ankara.
- Temiz, A. 2005. Coğarfi bilgi sistemleri kullanılarak heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanması: Karabük örneği. *Deprem Sempozyumu*, 1264-1266, Kocaeli.
- Terzaghi, K. 1950. Mechanism of landslides. *The Geological Society of America: Application og Geology to Engineering Practice, Berkey Volume*, pp.83-123.
- Tüysüz, N. 1991. Kazıkkaya (Kağızman-Kars) plaserlerindeki altının dağılımı ve kökeni. *MTA Dergisi*, 113, 105-112, Ankara.

- Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gokceoğlu, C. 2004. An attenuation relationship based on Turkish strong motion and iso-acceleration map of Turkey. *Engineering Geology*, 74, 265-291.
- Ünsal, N. 2005. *İnşaat mühendisleri için jeoloji*. Alp Yayınevi, 376 s., Ankara.
- Varnes, D.J. 1978. Slope movement types and processes, Chapter 2 in *Landslides, anasisis and control*. Highway Research Board National Research Council, Special Report 176.
- Yılmaz, I. ve Sendir, H. 2004. Heyelanlar ve nedenleri: Çevresel bir bakış. I. Ulusal Çevre Kongresi, 113-125, Sivas.
- Yılmaz, A. Terlemez, İ. ve Uysal, Ş. 1988. Hınıs (Erzurum Güneydoğu) dolaylarının bazı stratigrafik ve tektonik özellikler. MTA Dergisi, 108, 38-56, Ankara.



EKLER

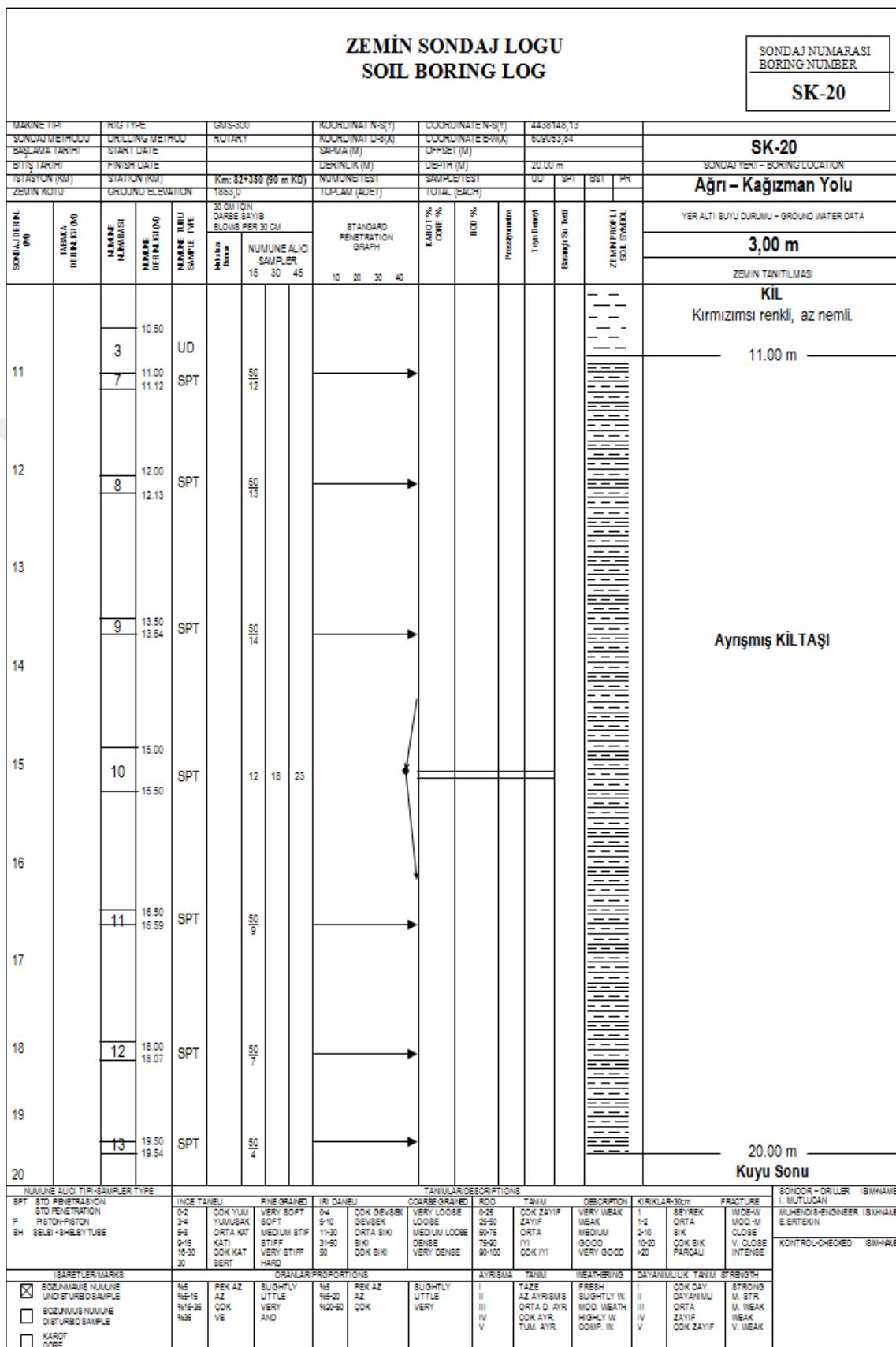
EK 1 Sondaj Logları

EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları

EK 3 H.1 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları

EK 1 Sondaj Logları

EK 1 Sondaj Logları (devam)



EK 1 Sondaj Logları (devam)

EK 1 Sondaj Logları (devam)

EK 1 Sondaj Logları (devam)

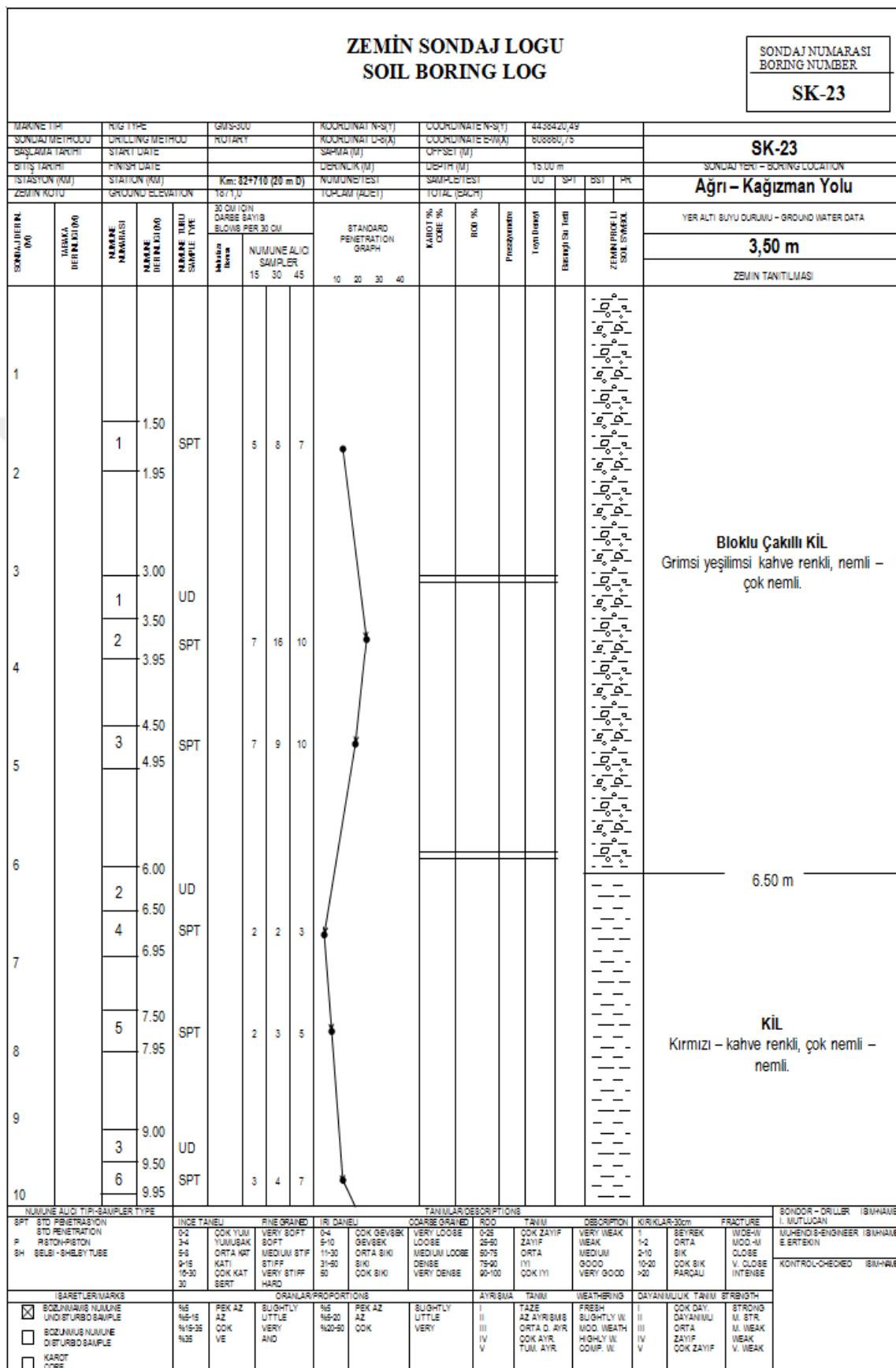
EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
												SK-22	
MAKİNE TİPİ : RIG TYPE : QMS-300												SONDAJ TARİHİ : START DATE	
SONDAJ METodu : DRILLING METHOD : ROTARY												SAYMA (M) : COORDINATE (X-Y)	
BASŁAMA TARİHİ : START DATE												OFFSET (M) : COORDINATE (X-Y)	
BITİŞ TARİHİ : FINISH DATE												DERİNLİK (M) : DEPTH (M)	
TİSTASTON (KM) : STATION (KM)												15.00 m	
ZEMİN KOTU : GROUND ELEVATION												Km: 82+685 (25 m B)	
NUMUNA TEST : SAMPLE TEST												TEST : UD SPT BS1 PR	
TOPLAM (ADET) : TOTAL (EACH)												TOTAL (EACH)	
30 CM İÇİN DARBE SAYISI BLOWS PER 30 CM												YER ALTı SUyu DURUMU - GROUND WATER DATA	
10 20 30 40												2,00 m	
SONDAJ NR. : NO.												ZEMİN TANITILMASI	
1												Çakılı KIL	
1.50												Grimsi yeşilimsi kahve renkli, nemli – çok nemli.	
2												4.00 m	
3												Kumlu Çakılı KIL	
1 3.00												Yeşilimsi kahve renkli, çok nemli.	
2 3.50												9.00 m	
3 3.95												KIL	
3 4.50												Kırmızı renkli, yer yer çakılı, yer yer kum bantlı.	
4 4.95												I. MULUCA	
5 6.00												MÜHENDİS-ENGINEER ISM-HİNAME	
2 6.50												E. ERTEKİN	
4 6.95												KONTROL-CHECHED ISM-HİNAME	
5 7.50												DAYANIMLU TANIM STRİGTH	
7 7.95												DAYANIMLU DAYANIMLU STRENG	
8 9.00												M. STA	
3 9.50												M. WEAK	
6 9.95												V. WEAK	
SPT : STD PENETRATION												AYRILMA	
INCE TABULU : FINE GRAINED												TANIM : DESCRIPTION	
STD PENETRATION : İNCE TABULU												KIRIKLAR-30cm : FRACTURE	
P : RİTON-PISTON												I. MULUCA	
SH : SHELBY TUBE												MÜHENDİS-ENGINEER ISM-HİNAME	
SERTLER MARKA : GAZAK												E. ERTEKİN	
BOZULMAŞ NUMUNE : DISTURBED SAMPLE												KONTROL-CHECHED ISM-HİNAME	
BOZULMAŞ NUMUNE : DISTURBED SAMPLE												DAYANIMLU DAYANIMLU STRENG	
KAROT CORE : KAROT CORE												M. STA	
DRİLLER : İBİMHİAME												V. WEAK	
DRİLLER : İBİMHİAME												DAYANIMLU DAYANIMLU STRENG	
DRİLLER : İBİMHİAME												M. WEAK	
DRİLLER : İBİMHİAME												V. WEAK	

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG													SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER		
													SK-22		
MAKİNE TIPI : GMS-300 SONDAJ METROJU : DRILLING METROJU BAŞLATMA TARİHİ : START DATE BITS TARİHİ : FINISH DATE TİSTASTON (KM) : STATION (KM) ZEMİN KUTU : GROUND ELEVATION													SONDAJ YERİ - BORING LOCATION Ağrı - Kağızman Yolu		
KOORDİНАT (N-S) : 4435395,13 KOORDİNAAT (E-W) : 868615,38 SAPTA (M) : OFFSET (M) DEVRİKLİK (M) : DEPTH (M) NUMUNELER TEST : SAMPLE TEST TOPDAM (ADEL) : TOTAL (SACHT)													YER ALTı SUyu DURUMU - GROUND WATER DATA 2,00 m ZEMİN TANITILMASI		
30 CM İÇİN ÇARBE SAYISI BLOW PER 30 CM NUMUNE ALICI SAMPLER 15 30 45													KIL Kırmızı renkli, yer yer çakılı, yer yer kum bantlı.		
11	06	TABAKA DEREK KESİME	NAMENE NAMENİ NAME NAME NAME	DEREK KESİME	NAMENE NAMENİ NAME NAME NAME	SPT	10.50 11.72	38 50 7	10 20 30 40	STANDARD PENETRATION GRAPH	KİRİK % COKE %	ROK %	PİAZİDƏN Təqibləri	Başlangıç İst. Başlangıç İst. ZƏMİN PİAZLI SOL SÝMEX	KIL 12.00 m
12	07	12.00	SPT	50 10	12.10	13.50 13.53	SPT	50 10	10 20 30 40	Çakıl (Boş)					OFİYOLİT
13	08	12.10	SPT	50 10	13.53	SPT	13.53	50 10	10 20 30 40	Çakıl (Boş)					15.00 m Kuyu Sonu
14	09	13.53	SPT	50 10	15.00 15.03	SPT	15.03	50 10	10 20 30 40	Blok (Boş)					
15	10	15.03	SPT	50 10											
16															
17															
18															
19															
20															
NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE													BÖNDÜR - DRILLER ISMHAİME İ. MULUGAN MÜHENDİS/ENGINEER ISMHAİME E. ERTEKİN KONTROL-CHECHED ISMHAİME		
SPT STD PENETRATION STD PENETRATION P PIŞTÖN-PISTON SH SELİBİ - SHELBİ TUBE													AYRIBAMA TANIM WEATHERING DAYANIMLU TANIM STRİNGTH		
İNCE TANEU FINE GRAINED İKİ DANEU COARSE GRAINED İKİ COK YUM. VERT SOFT 0-4 COK GEVSK VERİ LOOSE DÜZÜK 4-10 GEVSK VERT LOOSE ORTA KAT 4-10 COK BIK MEDİUM LOOSE MEDIUM STIFF 10-30 COK BIK MEDİUM KATI 10-30 COK BIK DENSE ÇOK KAT 10-30 COK BIK VERY DENSE HARD 30 BERT COK BIK GÜZGÜZÜK DÜZÜK ORTA ORTA D. AYR. COK AYR. TUM. AYR.													AYRIBAMA TANIM WEATHERING DAYANIMLU TANIM STRİNGTH		
BOZULMAMIS NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE BOZULMUS NUMUNE DISTURBED SAMPLE KAROT CORE													AYRIBAMA TANIM WEATHERING DAYANIMLU TANIM STRİNGTH		
<input checked="" type="checkbox"/> BOZULMAMIS NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE <input type="checkbox"/> BOZULMUS NUMUNE DISTURBED SAMPLE <input type="checkbox"/> KAROT CORE													AYRIBAMA TANIM WEATHERING DAYANIMLU TANIM STRİNGTH		

EK 1 Sondaj Logları (devam)



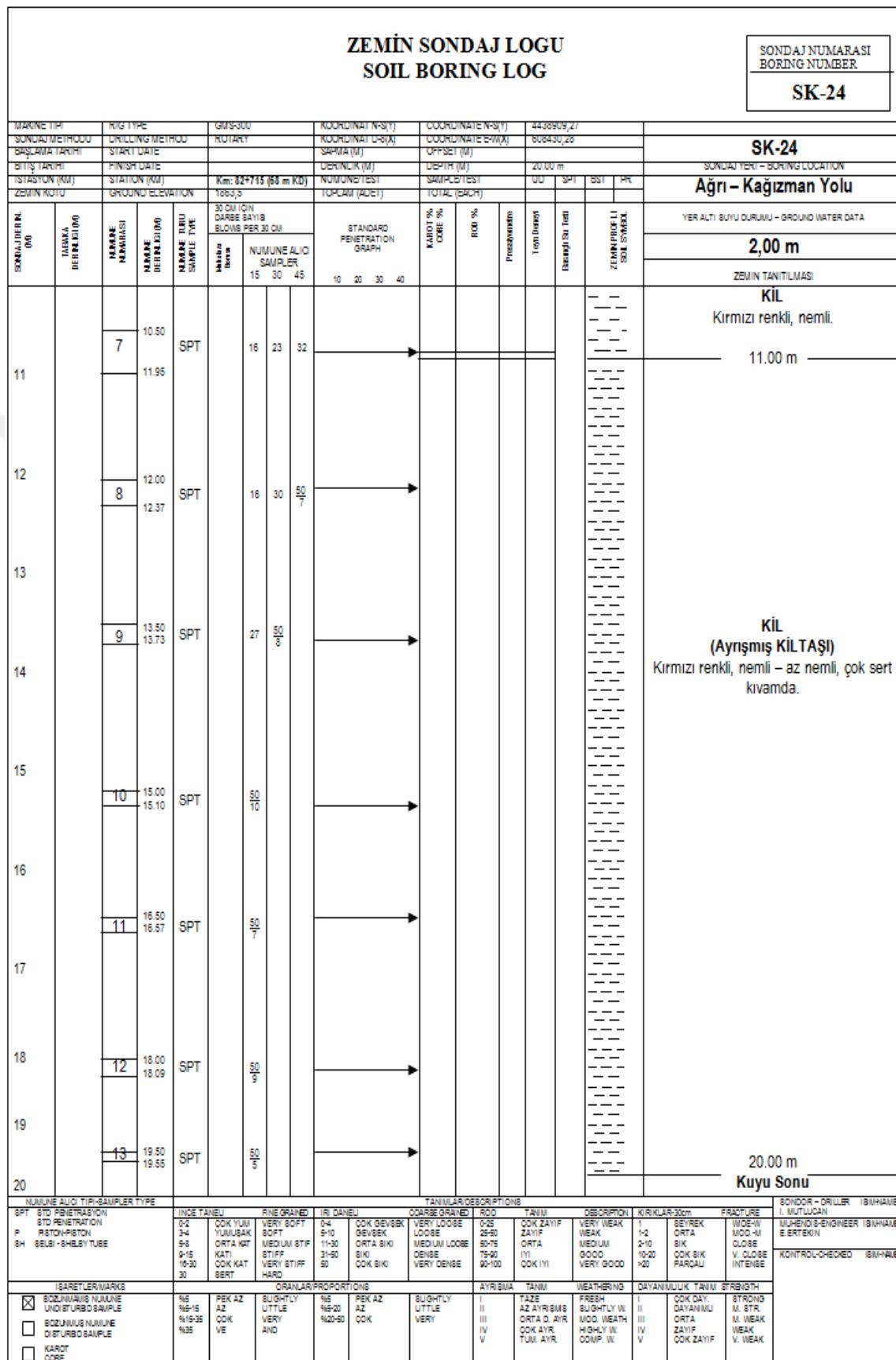
EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER											
												SK-23											
MAKİNE TIPI	RIG TYPE	GMS-300		KOORDİНАT X-SİTİ	COORDINATE X-SITI		4438420,49		SONDAJ TESİ - BORING LOCATION				Ağrı - Kağızman Yolu										
SONDAJ TARİHİ	DRILLING METRİ	ROTARY		KOORDİNAAT U-SİTİ	COORDINATE Z-SITI		BÜBÜBU,75						SK-23										
BASLAMA TARİHİ	START DATE	SAFMA (M)		DEP. DEZ (M)	DEPTH (M)		30,00 m						YER ALTI SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA										
BITİŞ TARİHİ	FINISH DATE	DERINKLN(M)		DERİNLİK(M)	DEPTH (M)		30,00 m						3,50 m										
İSTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+710 (20 m D)		NUMUNELER (S)	SAMPLE(S)		UD SP1 BS1 PR						ZEMİN TANITILMASI										
ZEMİN KUTU	GROUND ELEVATION	TOPLAM (ADET)		TOTAL (EA/RT)																			
SONDAJ İŞLEM N.		TAHMINALI DERİNLİK (M)		NAME NAME NAME NAME NAME NAME		NAME NAME NAME NAME NAME NAME		30 CM'DE ORJİNAL DARBE SAYISI BLOW PER 30 CM		STANDARD PENETRATION GRAPH		KAROT % CORE %		ROD %		PİREZİMETRE		TON DURUMU		BENZİGİ SU İSTİ		ZEMİN PROFİLİ SOİL SYKL	
				Metreler Metreler		15 30 45		10 20 30 40															
11		7		10.50		SPT		9 13 16															
12		8		11.95																			
13		9		12.00		SPT		14 18 25															
14		10		12.45																			
15		11		13.50		SPT		17 25 33															
16		12		13.95																			
17		13		15.00		SPT		42 50															
18		14		15.53																			
19		15																					
20		16																					
NUMUNA TİPİ / SAMPLER TYPE				İNCE TANEU		FİNE GRAINED		DÜZ DANIŞ		COARSE GRAINED		RDO		TANIM		DESCRIPTION		KIRIKLAR-20cm		FRACTURE			
SPT SİT PENETRATION STD PENETRATION				0-2		ÇOK YUN SOFT		2-4		ÇOK BEV/BBK SOFT		4-6		ORTA MEDIUM		ZAYIF WEAK		YERİNE YAKI MOD-IV		BETİREK ORTA ÇOK BIK PARCALI			
P ASTON-ASTON				3-4		ORTA KAT MEDIUM		5-10		ORTA BIK MEDIUM		6-8		ORTA MEDIUM		ZAYIF WEAK		MOD-III		CLOSE			
SH SELBY-SHELBY TUBE				5-6		KATI STIFF		11-30		ORTA BIK MEDIUM		9-12		ORTA MEDIUM		ORTA MEDIUM		MOD-II		V CLOSE			
SİT PENETRATION STD PENETRATION				9-15		ÇOK KAT VERY STIFF		11-30		ORTA BIK MEDIUM		13-18		ORTA MEDIUM		ORTA MEDIUM		MOD-I		INTENSE			
DISTURBED SAMPLE				9-15		KATI STIFF		11-30		ORTA BIK MEDIUM		13-18		ORTA MEDIUM		ORTA MEDIUM		MOD-I		INTENSE			
DISTURBED SAMPLE				9-15		KATI STIFF		11-30		ORTA BIK MEDIUM		13-18		ORTA MEDIUM		ORTA MEDIUM		MOD-I		INTENSE			
KAROT CORE				%		PEK AZ VE		BÜYÜKTÜ AND		%		PEK AZ VE		BÜYÜKTÜ AND		TAZE VERY		FRESH SLIGHTLY W. MOD. WEATH.		STRONG M. STR. M. WEAK			
BOZUNMAŞ NUMUNE DISTURBED SAMPLE				%		%		%		%		%		%		ORTA D. AYR. COKE AYR. TUM. AYR.		ORTA HIGHLY W. COMP. W.		ZAYIF ZAYIF ZAYIF			
BOZUNMAŞ NUMUNE DISTURBED SAMPLE				%		%		%		%		%		%		ORTA D. AYR. COKE AYR. TUM. AYR.		ORTA HIGHLY W. COMP. W.		ZAYIF ZAYIF ZAYIF			
KAROT CORE				%		%		%		%		%		%		ORTA D. AYR. COKE AYR. TUM. AYR.		ORTA HIGHLY W. COMP. W.		ZAYIF ZAYIF ZAYIF			
												BÖNDÜR - DRILLER ISM-HİNAME MÜHENDİS-ENGINEER ISM-HİNAME E.ERTEKİN		KONTROL-CHEKED ISM-HİNAME									

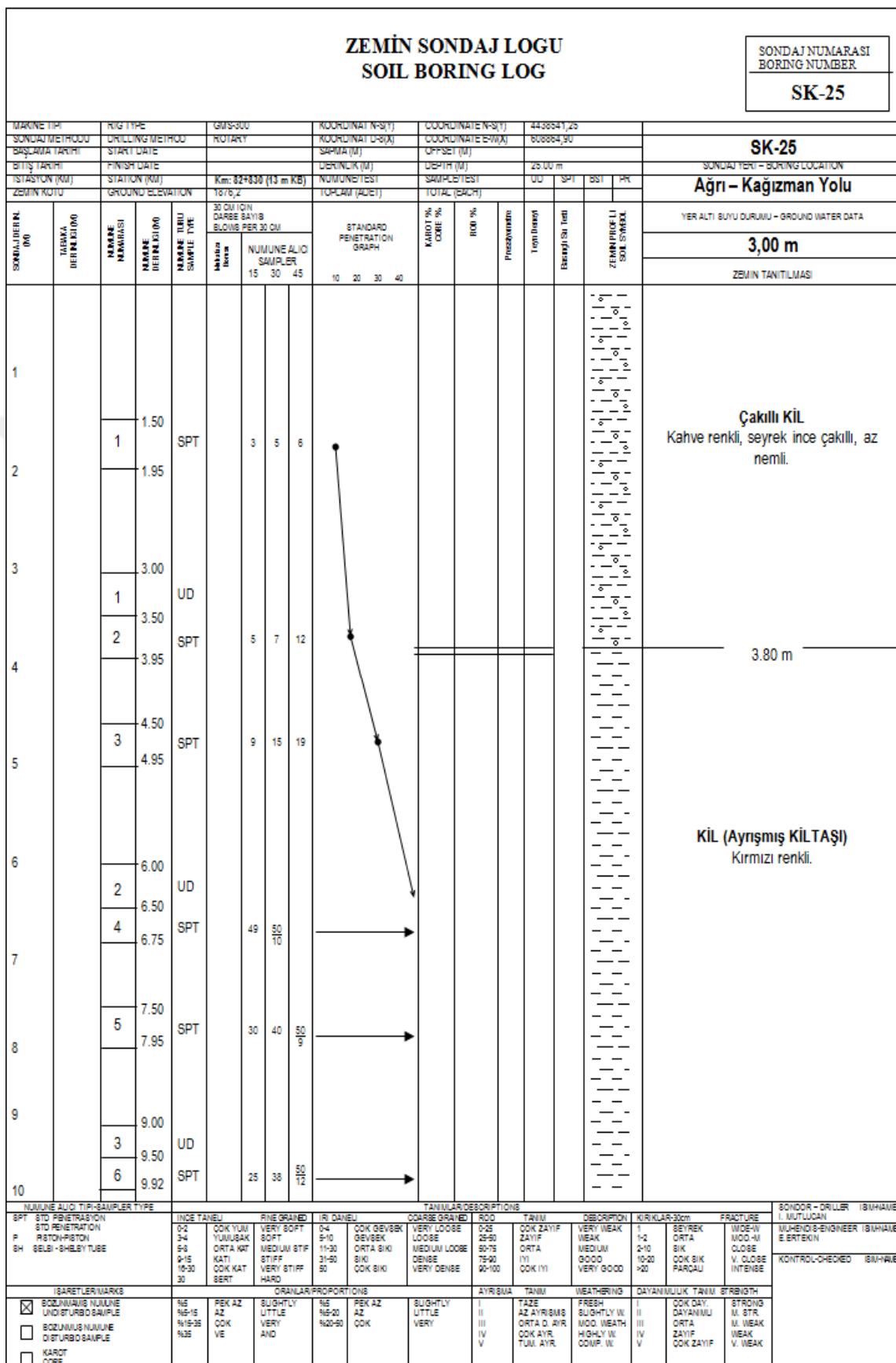
EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER		
												SK-24		
MAKİNE TİPİ	RIG TYPE	GMS-300	KOORDİНАT N-S(Y)	4438909,27										
SONDAJ METodu	DRILLING METHOD	ROTARY	KOORDİНАT U-S(X)	866430,26										
BASLAŞMA TARİHİ	START DATE		SAPMA(M)	OFFSET (M)										
BITİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DERİNLİK (M)	DEPTH (M)	20.00 m									
ISTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+715 (88 m KD)	NUMUNESİ TEST	SAMPLE TEST	UU	SPI	BSI	PR						
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1063,5	TOPLAM (ADET)	TOTAL (BACH)										
SONDAJ İNCELEMƏ NO	TABAKA BEDİDİ	NAMES	NAME BİRİMİ	NAME TURU	NAME SAMPLE TYPE	30 CM İÇİN DARBE SAYISI BLOWS PER 30 CM		STANDARD PENETRATION GRAPH	KAROT % CORE %	100 %	PROFİL PROFİLE	İçin İstirahət Etapı / İstirahət Etapı	ZEMİN İŞİ LI SOL SWELL	
						15 30 45		10 20 30 40						
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
NUMUNE ALICI TIPI/SAMPLER TYPE												SONDOR - DRILLER İBRAHİME İ. MÜTLÜCAN		
BPT	STD PENETRATION	INDİRİTELÜ	RİNE GRANED	İBİ DANEU	COARSE GRAINED	ROD	TANIM	DESCRIPTION	KIRKLAR-30cm	FRACTURE				
P	PISTON-PISTON	0-2 3-4 5-8 9-15 15-30 30	COK YUM SOFT	VERY SOFT	0-4 5-10 11-30 31-50 50	COK GİVBİR GEVBEK ORTA SIKI SIKI COK SIKI	VERY LOOSE LOOSE MEDIUM LOOSE DENSE VERY DENSE	0-5 5-10 10-20 20-50 50-75 75-100 100-150	ZAYIF ZAYIF ORTA ORTA YI YI	VERY WEAK WEAK MEDIUM GOOD VERY GOOD	1-2 2-10 10-20 20-100	BEYREK ORTA BIK COK BIK PARÇALI	WIDE-W MOD-M CLOSE V. CLOSE INTENSE	MUHENİS-ENGINEER İBRAHİME E. ERTEKİN
SH	SEBELİ-SHELBİ TUBE												KONTROL-CHECKED İBRAHİME	
SARETLER/MARKS												AYRISMA TANIM WEATHERING DAYANIMLUK TANIM STRENGTH		
<input checked="" type="checkbox"/>	EZGİNAVARIS NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE	%6 %6-15 %15-35 %35	PEK AZ AZ COK VE	SLIGHTLY LITTLE VERY ANO	%6 %6-20 %20-50	PEK AZ AZ COK	SLIGHTLY LITTLE VERY	I II III IV V	TAZE AZ AYRISMI ORTA D. AYR COK A.YR. TUM AYR.	FRESH SLIGHTLY W. MOD. WEATH HIGHLY W. COMP. W.	I II III IV V	COK DAY. DAYANIMLI ORTA ZAYIF ZAYIF ZAYIF	STRONG M. STR. M. WEAK WEAK V. WEAK	
<input type="checkbox"/>	EZGİNAVARIS NUMUNE DISTURBED SAMPLE													
<input type="checkbox"/>	KAROT CORE													

EK 1 Sondaj Logları (devam)



EK 1 Sondaj Logları (devam)

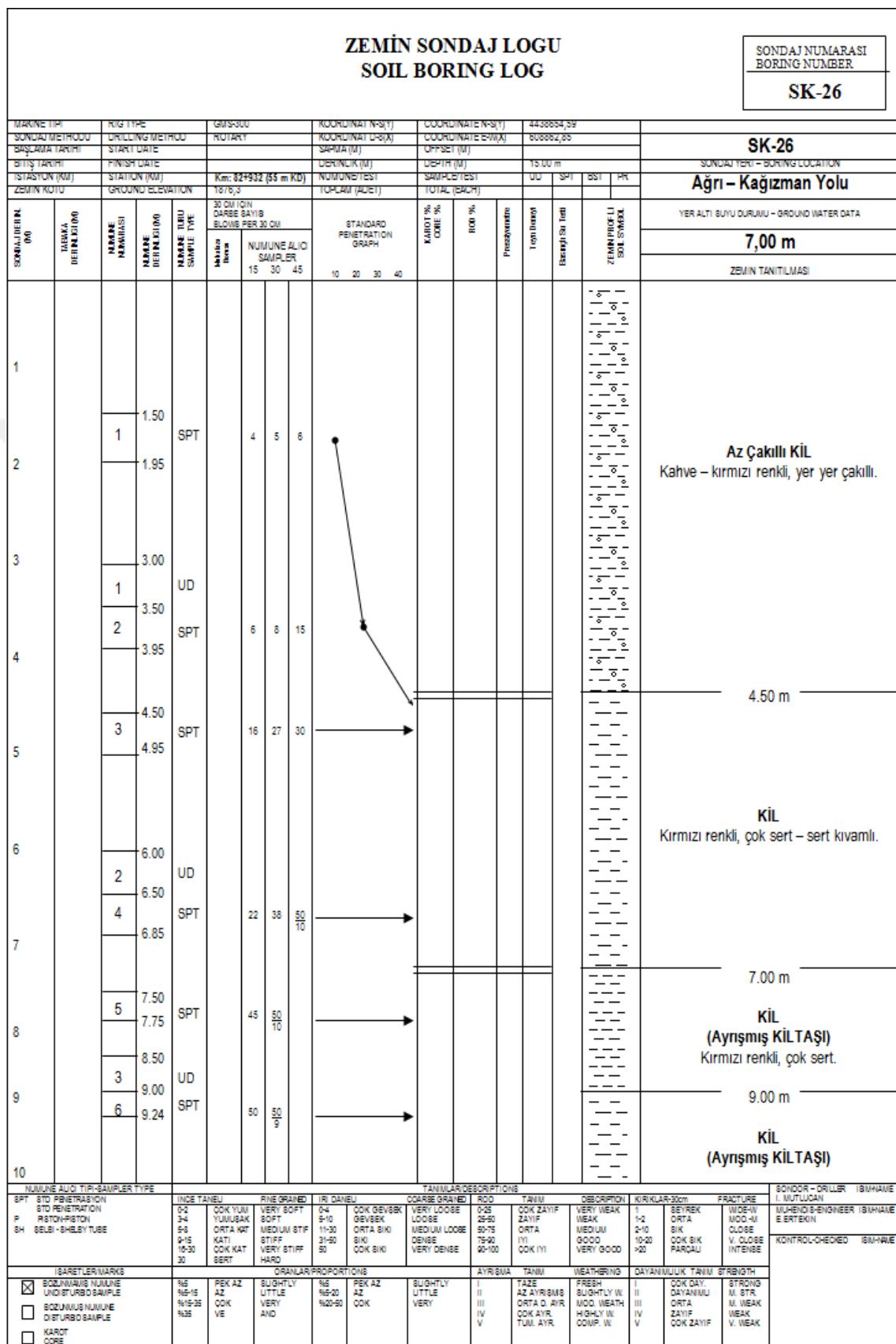


EK 1 Sondaj Logları (devam)

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
												SK-25	
MAKİNE TİPİ	RIG TYPE	GMS-300	KOORDINAT N-S(Y)	443854,125									
SONDAJ METRÖÜ	DRILLING METRÖÜ	ROTARY	KOORDINAT U-Z(X)	800084,90									
BASLAŞ TARIHI	START DATE		SAYMA(M)	OFFSET (M)									
BITİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DEVRİLİK(M)	DEPTH (M)	30.00 m								
ISTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 82+830 (13 m KB)	NUMUNE/TEST	SAMPLE/TEST	UD	SPI	BST	PR					
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	TOPLAM (ADET)	TOTAL (BALR.)										
SONDAJ DEĞERLENDİRME	TAHMIN EDİLEN DEĞER	PARÇA KARMAŞASI	NAME DEVRİLİK	NAME THRU SAMPLE	30 CM'DE KARŞI SAYIŞ BLOW PER 30 CM	STANDARD PENETRATION GRAPH	KAHVE % CODE %	HOD %	FREZZEYİM	İşin Durum	Barajlı Su Tabakası	YER ALTı SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA	
					15 30 45	10 20 30 40							
21			14	21.00 21.07	SPT	50 7							
22			15	22.50 22.53	SPT	50 10							
23													
24			16	24.00 24.17	SPT	18 50 2							
25													
26													
27													
28													
29													
30													
NUMUNE ADI / TIP - SAMPLER TYPE		TANIMLAR DESCRIPTIONS											
SPT	SIM PENETRATION	INDICE TANELİ	FINE GRAINED	IRI DANEKİ	COARSE GRAINED	ROD	TRIM	DESCRIPTION	KIRIKLAR-20cm	FRACTURE	SONDAJ - DRILLER ISMİ/HATE İ. MULUCAN		
P	PISTON PENETRATION	0-4	COK YUMUŞAK	VERY SOFT	0-4	COK GEVGENİK	VERİ LOOSE	0-20	COK ZAYIF	SEBİREK	MÜHENDİS-B-ENGINEER ISMİ/HATE E. ERTEKİN		
P	PİSTON - PİSTON	4-8	YUMUŞAK	SOFT	4-10	GEVGENİK	LOOSE	20-50	ZAYIF	ORTA	M. İ. M. MOD-İ. İ.		
SH	SEBİR - SHEBİTUBE	5-8	ORTA KAT	MEDIUM STIFF	11-30	ORTA BİKİ	MEDIUM LOOSE	50-75	ORTA	MEDİUM	CLOSE		
		9-15	KATI	STIFF	31-50	BİKİ	DEİSİ	75-90	(Y)	DOĞU	V. CLOSE		
		10-30	ÇOK KAT	VERY STIFF	50	COK BİKİ	VERY DENSE	90-100	COK İYİ	VERY DOĞU	INTENSE		
		30	BERT	HARD						>20	COK BİK PARÇALI		
ISARETLER/ MARKS		ÖRİGNAL PROPORTİONS											
<input checked="" type="checkbox"/>	BOZUNMUS NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE	%6 %15-35 %35	PEK AZ AZ VE	BÜĞÜNTÜ LITTLE AND	%6 %6-20	PEK AZ AZ COKE	BÜĞÜNTÜ LITTLE VERY	AYRIBA I II III IV V	TAZ AZ AYRIBA ORTA D. AYR COK AYR. TUM AYR.	FRESH SLIGHTLY W. MOD. WEATH HIGHLY W. COMP. W.	DAYANIMLU II III IV V	STRONG M. STR. M. WEAK WEAK V. WEAK	
<input type="checkbox"/>	BOZUNMUS NUMUNE DISTURBED SAMPLE												
<input type="checkbox"/>	KAROT CORE												

EK 1 Sondaj Logları (devam)

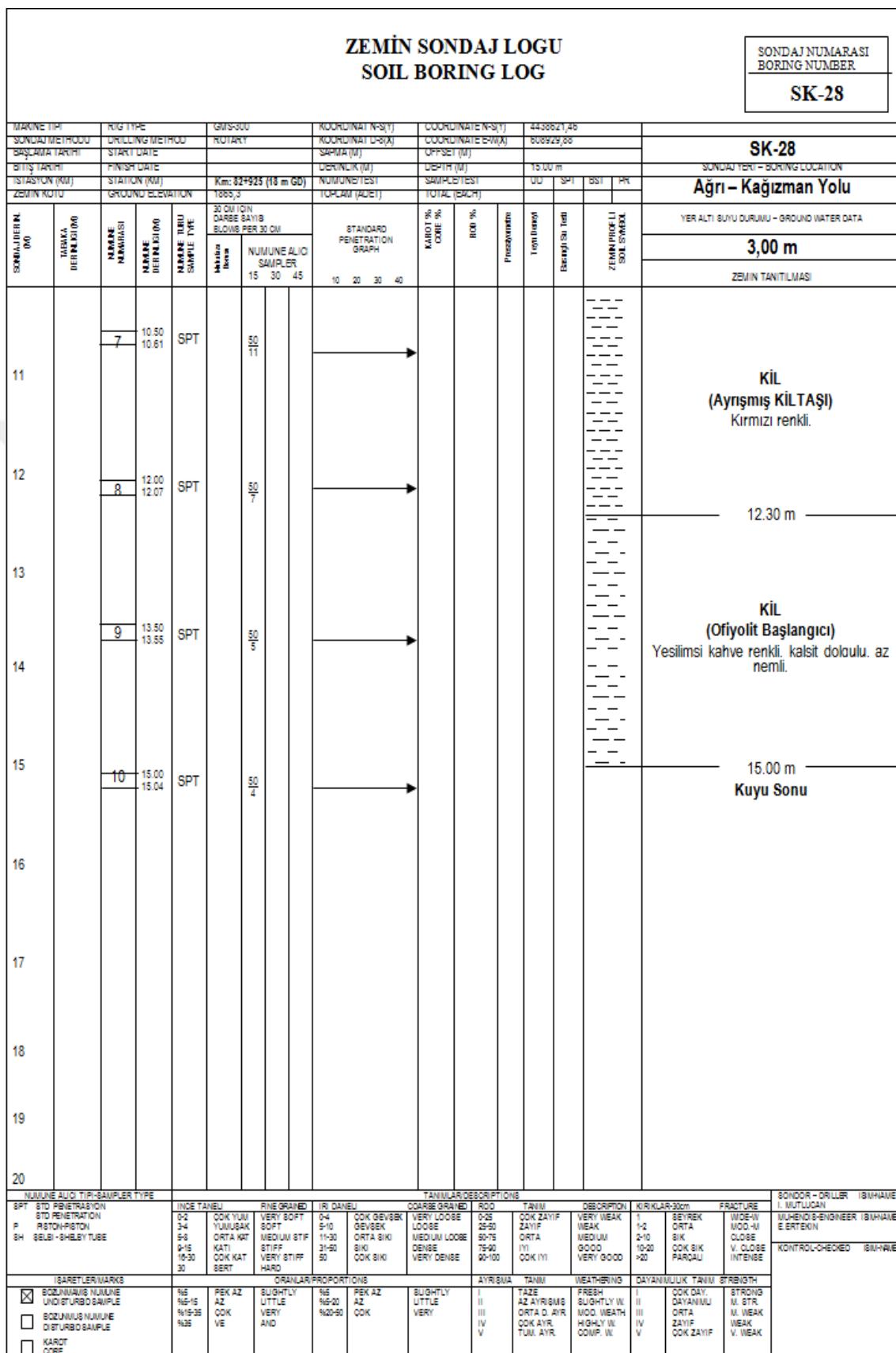


EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG													SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER												
													SK-26												
MAKİNE TIPI		RİNG TİPİ		GMS-300		KOORDİНАT N-S(Y)		KOORDİНАT E-W(X)		4438634,59		600002,05		SK-26											
SONDAJ METodu		DRILLING METHOD		ROTARY		KOORDİНАT U-S(X)		OFFSET (M)		SAYMA(M)		SUNDAJ TARIH		SUNDAJ TESİ - BORING LOCATION											
BAŞLAMA TARİHİ		START DATE												Ağrı - Kağızman Yolu											
BITİŞ TARİHİ		FINISH DATE										YER ALTı SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA		7,00 m											
ISTASYON (KM)		STATION (KM)		Km: 82+932 (55 m KD)		NUMUNE TESTİ		SAMPLE TEST		TESTİ (ADET)		TOTAL (SACH)		ZEMİN KOTU											
ZEMİN KOTU		GROUND ELEVATION		166,3		TOPLAM (ADET)								ZEMİN TANITILMASI											
SONDAJ İNCELEME NO	TABAKA İNCELEME NO	NAME NAME DEBİT KİLO	NAME NAME TUBU SAMPLE TYPE	30 CM İÇİN DARBE SAYISI BLOW PER 30 CM				STANDARD PENETRATION GRAPH				İÇİ İNCE DİKİ %	MOD %	Freze Yüzey İçin İçinde Su (m)	ZEMİNDE LI SU SÜZÜKLÜ										
				Mekanik Birim Birim				10 20 30 40																	
				NUMUNE ALIO SAMPLER 15 30 45																					
				7				10																	
				10.50				10																	
				10.60				SPT																	
				11				10																	
				12				10																	
				13				10																	
				14				10																	
				15				10																	
				16				10																	
				17				10																	
				18				10																	
				19				10																	
				20				10																	
NUMUNE ALIO SAMPLER TYPE				INCE TABU FINE GRAINED				IRI TABU COARSE GRAINED				TANIMLAR DESCRIPTIONS													
SPT STD PENETRATION STD PENETRATION				0-2 0-4 0-6 0-8 0-10 0-15 0-30				0-4 5-10 11-30 31-50 50-75 75-90 90-100				0-25 25-50 50-75 75-100													
P RİTON-PISTON SH SELBI - SHEBY TUBE				COK YUM YUMBUK ORTA KAT KATI COK KAT BERT				YUMBUK SOFT ORTA KAT MEDIUM STIFF VERY STIFF HARD				COK GEVEŞK GEVEŞK ORTA SIKI SIKI COK SIKI													
INCE TABU FINE GRAINED				IRI TABU COARSE GRAINED				RO TANIM				DESCRIPTION													
0-4 5-10 11-30 31-50 50-75 75-90 90-100				0-25 25-50 50-75 75-100				COK ZAYIF ZAYIF ORTA GOOD VERY GOOD				VERY WEAK WEAK MEDIUM GOOD VERY GOOD													
1-2 2-10 10-20 >20				1 2-10 10-20 >20				SEYREK ORTA BİK COK BİK PARÇALI				WİDE MEDIUM CLOSE V. CLOSE INTENSE													
I-II III IV V				TAZE SŁIGHTLY W. ORTA D. AYR. COK AYR. TUM. AYR.				AYRIMLA TANIM				WEATHERING DAYANIMLU TANIM													
I II III IV V				FRESH SŁIGHTLY W. ORTA D. AYR. HİGHLY W. COMP. W.				STRİNGTH				KONTROL-CHECHED IBMHANE İ. MÜTELLİCAN E. ERTEKİN													
BOZUNMAŞ NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE				%6 %15-16 %19-35 %				PEK AZ AZ ORTA KATI COK KAT BERT				I II III IV V													
BOZUNMAŞ NUMUNE DISTURBED SAMPLE				%				PEK AZ AZ ORTA KATI COK KAT BERT				COK DAY. DAYANIMLU ORTA ZAYIF COK ZAYIF													
KAROT CORE				%				VE AND				STRONG M. STR. M. WEAK WEAK V. WEAK													

EK 1 Sondaj Logları (devam)

EK 1 Sondaj Logları (devam)



EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
												SK-29	
MAKİNE TİPİ: RIG TYPE: GMS-300 SONDAJ METROO: DRILLING METROO BAŞLAŞMA TARİHİ: START DATE BITİŞ TARİHİ: FINISH DATE TİSTASTON (KM): STATION (KM) ZEMİN KÜTLÜ: GROUND ELEVATION							KOORDİНАT N-SIT: COORDINATE N-SIT KOORDİНАT E-W(A): COORDINATE E-W(A) SAPMA (M): OFFSET (M) DERİNLİK (M): DEPTH (M) Km: 83+905 (20 m KB) TOPLAM (ADET): TOTAL (SACH)	YER ALTı SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA					
30 CM İÇİN DARBESİ SAYISI BLOW PER 30 CM												SONDAJ TESİ - BORING LOCATION Ağrı - Kağızman Yolu	
10 20 30 40												3,50 m	
SONDAJ NR. NO.												ZEMİN TANITILMASI	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10												KİL Kahve renkli.	
1.50 1.95 3.00 3.50 3.95 4.50 4.95 6.00 6.50 6.75 7.50 7.95 9.00 9.50 9.95												3.00 m Killi ÇAKIL Koyu gri renkli, nemli. 4.00 m	
SPT UD SPT SPT SPT SPT UD SPT SPT SPT SPT UD SPT												Az Çakılı KİL Kahve - yeşil renkli, çok ince seyrek çakılı, nemli.	
3 4 3 38 20 8 4 4 7 10 11 16 17 36 30												8.00 m Ayrışmış OFİYOLİT Siyahimsi renkli.	
INCE TABLO SOFT PENETRATION P: PISTON-PISTON BH: BELGI - SHELL TUBE												SONDOR - DRILLER İSMİ/HİME İ. MULUCA MÜHENDİS-ENGINEER İSMİ/HİME E. ERTEKİN KONTROL-CHECHED İSMİ/HİME	
INCE TABLO FINE GRAINED IR: İRANE COKE GRANED: COKE TANIM: DESCRIPTION KIRIKLAR: CRACKS FRATURA: FRACTURE İ. MULUCA MÜHENDİS-ENGINEER İSMİ/HİME E. ERTEKİN KONTROL-CHECHED İSMİ/HİME													
INCE TABLO FINE GRAINED IR: İRANE COKE GRANED: COKE TANIM: DESCRIPTION KIRIKLAR: CRACKS FRATURA: FRACTURE İ. MULUCA MÜHENDİS-ENGINEER İSMİ/HİME E. ERTEKİN KONTROL-CHECHED İSMİ/HİME													
ISARETLER/MARKS <input checked="" type="checkbox"/> BOZULMAVİS NUMUNE UNI/TURBO SAMPLE <input type="checkbox"/> BOZULMAVİS NUMUNE DISTURBOSAMPLE <input type="checkbox"/> KAROT CORE													
ORANLAR/PROPORTIONS FEK AZ: FEK AZ %6-15 AZ %15-35 COK VE %35 SUYGUM: SUYGUM ORTA KAT: ORTA KAT KATI: KATI COK KAT: COK KAT BERT: BERT												AYRIMA: TANIM: WEATHERING: DAYANIŞMAM: TANIM: STRENGTH: I: AZ AYRIMS: TAZE: FRESH: COK DAY: STRONG: II: MOD. AYR: AZ: BİLTİ: COK DAY: M. STR: III: COK AYR: HIGHLY W: ZAYIF: DAYANIŞMU: M. WEAK: IV: TOM. AYR: COMP. W: COK ZAYIF: DİYANIMU: WEAK: V: V. COMP. W: V. ZAYIF: V. WEAK: V. WEAK	

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
												SK-29	
												SOND AJ YERI - BORING LOCATION	
												Ağrı - Kağızman Yolu	
MAKİNE TIPI	RIG/THE	GMS-300	KOORDİНАT N-S(Y)	KOORDİНАT E-W(X)	COORDINATE N-S(Y)	COORDINATE E-W(X)	DEPİH(M)	DEPİH(M)	UD	SPI	BST	PR	
SONDAJ METRÖÜ	DRILLING METRÖÜ	RUTARY	KOORDİНАT U-V(Z)	KOORDİНАT U-V(Z)	804952,98								SK-29
BASLAMA TARİHİ	START DATE		SAPTA(M)	OFFSET(M)									
BITİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DEVRÜKÜ(M)	DEPTH(M)	15.00 m								
ISTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 83+905 (20 m KB)	NUMUNESİ TEST	SONDAJ TEST	UD	SPI	BST	PR					
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1841,0	TORCAM (ADET)	TOTAL (BACR)									
30 CM'DE GÜN DARBESİ SAYISI BLOW PER 30 CM												YER ALTı BUYU DURUMU - GROUND WATER DATA	
10 20 30 40												3,50 m	
STANDARD PENETRATION GRAPH												ZEMİN TANITIMASI	
SONDAJ İNCELEMESİ NO	TEHLİKELİ DEĞERİ EDİT	NAMEN NAZİMİSİ	NAMEN DEĞERİ EDİT	NAMEN İLE SAMPLER TİPİ	MAHALLE İSMİ	NUMUNE ALICI SAMPLER 15 30 45	KAHVE % LOME %	HİD %	Pratiktest	Təqib testi	Bəzəyişli testi	ZƏMİNDELİ SOL SYAH	
11													
	7		10.50	SPT		29 50 10							
			10.75										
12				SPT		50 4							
	8		12.00										
			12.04										
13				SPT		41 50							
	9		13.50										
			13.70										
14				SPT									
	10		15.00			47 50							
			15.22										
15				SPT									
16													
17													
18													
19													
20													
NUMUNE ALICI TİPİ-SAMPLER TYPE												BÖNDÜR - DRILLER İSMİ/NAME	
SPT STD PENETRATION STD PENETRATION												İ. MÜTELLİCİ İSMİ/NAME	
P PISTON-PISTON												İ. MÜHENDİS-ENGINEER İSMİ/NAME	
SH SELİB - SHIELBY TUBE												E. ERTEKİN	
İÇERİLER/MARKS												KONTROL-CHEKEDİ İSMİ/NAME	
ORANLAR PROPORTİONLAR													
AYRISMA TANIM WEATHERING DAYANIMLUK TANIM STRENGTH													
%													
<input checked="" type="checkbox"/> BOZULMAVAZ NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE													
<input type="checkbox"/> BOZUNMAZ NUMUNE DISTURBED SAMPLE													
<input type="checkbox"/> KAROT CORE													
%													
PEK AZ AZ ORTA ORTA KAT KATI COK KAT COKE HARD													
%													
PEK AZ AZ ORTA ORTA KAT KATI COK KAT COKE HARD													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													
%													

EK 1 Sondaj Logları (devam)

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
												SK-30	
												SOND AJ TERRİ - BORING LOCATION Ağrı - Kağızman Yolu	
												YER ALTı SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA 3,50 m	
MAKİNE TIPI	RIG TYPE	GMS-300	KOORDİНАT N-S(Y)	KOORDİНАT E-W(X)	4439274,77	609452,29	SK-30	SONDAJ TERRİ - BORING LOCATION Ağrı - Kağızman Yolu	YER ALTı SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA 3,50 m	ZEMİN TANITILMASI			
SONDAJ METRÖĞÜ	DRILLING METRÖĞÜ	ROTARY	KOORDİНАT L-R(Z)	KOORDİНАT U-V(W)									
BASLAMA TARİHİ	START DATE		SAPTA(M)	OFFSET(M)									
BITİŞ TARİHİ	FINISH DATE		DEVRÜNLÜK(M)	DEŞİR(M)	20.00 m								
ISTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 834913 (90 m GD)	NUMUNE TESTİ	SAMPLE TEST	UU	SPİ	BSİ	PR					
ZEMİN KOTU	GROUND ELEVATION	1016,3	TÜPLAM (ADET)	TOTAL (SAÇM)									
SONDAJ İNCELEME NO	TEHLİKE DEĞERİ(GRD)	NAMEN ADINASI	NAMEN DEĞERİ(GRD)	NAMEN THU SAMPLE TYPE	30 CM İÇİN DARBESİ SAYISI BLOW PER 30 CM	NAMEN BLOW BLOW	STANDARD PENETRATION GRAPH	HARD % CORE %	ROD %	PROFİLES TESTİ	Toplam TESTİ	Eşdeğerlik TESTİ	ZEMİNDEKİ SOL SİYAH
11		7	10.50	SPT	10 14 16	10 14 16							
12		8	11.95	SPT	10 14 12	10 14 12							
13		9	12.45	SPT	10 14 14	10 14 14							
14		10	13.50	SPT	11 13 14	11 13 14							
15		11	14.95	SPT	13 14 15	13 14 15							
16		12	15.45	SPT	13 15 16	13 15 16							
17		13	16.50	SPT	19 30 50	19 30 50	Pasif						
18													
19													
20													
NUMUNE ADI / TİP - SAMPLE TYPE												20.00 m	Kuyu Sonu
STD PENETRATION SPT PISTON-PISTON SH SELBİ - SHEBY TUBE												BİNDİRİ - DRILLER İSMİ/HANE İ. MİTLÜCAN	
INCE TABEÜ FINE GRAINED IR. DANEÜ COARSE GRAINED ROD TRIM DESCRIPTION KIRIKLAR-30cm FRACTURE WİDOW WİDOW-İ CLOSE V. CLOSE INTENSE												İ. MİTLÜCAN BİNDİRİ - ENGINEER İSMİ/HANE E. ERTEKİN	
İSARETLER/MARKS												KONTROL-CHEKED İSMİ/HANE	
BOZUNMAŞ NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE BOZUNMAŞ NUMUNE DISTURBED SAMPLE KAROT CORE													
ORANLAR PROPORTİONS AYRIMLA TANIM WEATHERİNG DAYANIMLUK TANIM STRENGTH													
<input checked="" type="checkbox"/>	BOZUNMAŞ NUMUNE UNDISTURBED SAMPLE	%6 %15 %15-35 %35	PEK AZ AZ COK VE	SÜGÜNTİ LITTLE VERY AND	%6-20 %20-50	PEK AZ AZ COK	SÜGÜNTİ LITTLE VERY	I II III IV V	AZ AYRIMLA ORTA D. AYR. COK AYR. TUM. AYR.	TAZE SÜGÜNTİ W. MOD. WEATH HIGHLY W. COMP. W.	I II III IV V	COK DAY. ORTA ZAYIF COK ZAYIF	STRONG M. STR. M. WEAK WEAK V. WEAK

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
												SK-31	
												SONDAJ TESİ - BORING LOCATION	
												Ağrı - Kağızman Yolu	
												YER ALTı SUYU DURUMU - GROUND WATER DATA	
												4,00 m	
												ZEMİN TANITILMASI	

EK 1 Sondaj Logları (devam)

ZEMİN SONDAJ LOGU SOIL BORING LOG												SONDAJ NUMARASI BORING NUMBER	
												SK-31	
MAKİNE TIPI	RIG TYPE	GMS-300	KOORDİНАTİ N-S(M)	4439234,91	COORDINATE E-W(M)	8655014,47	DEP. M(M)	14.00 m	UU	SU	BSI	AK	SK-31
SONDAJ METRÖÜ	DRILLING METRÖÜ	ROTARY	KOORDİНАTİ U-V(M)		COORDINATE E-W(M)		DEPTH (M)						SONDAJ YERİ - BORING LOCATION
BASŁAMA TARİHİ	START DATE		SAPTA (M)		OFFSET (M)								Ağrı - Kağızman Yolu
BITS TARİHİ	FINISH DATE		DEVRILİK (M)										
İSTASYON (KM)	STATION (KM)	Km: 834+913 (135 m GR)	NUMUNE TESTİ		SAMPLE TEST								
ZEMİN KUTU	GROUND ELEVATION	1003,4	TOPCAM (ADET)		TOTAL (SAFIR)								
30 CM İÇİN ÇARPE SAYISI BLOWS PER 30 CM												YER ALTı SUYU DURAMU - GROUND WATER DATA	
SPT												4,00 m	
NUMUNE ALICI SAMPLE TYPE												ZEMİN TANITILMASI	
SPT												Çakılı KIL Siyahimsi renkli.	
10.50												11.00 m	
7												ŞİST	
11.95												14.00 m	
12.00												Kuyu Sonu	
12.45													
13.50													
9													
13.95													
10													
20													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE												SONDOR - DRILLER İSMİ/HİME L. MULUCCAN	
FINE GRAVEL COARSE GRAVEL ORTA KAT KATI COK KAT BERT												MÜHENDİS-ENGINEER İSMİ/HİME E. ERTEKİN	
TANIMLAR/DESCRIPTİONS												KONTROL-CHECHED İSMİ/HİME	
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO SOI PENETRATION P RİSTON-PISTON BH BELGI-SHEELEY TUBE													
INCE TABLO 													

EK 2 Laboratuar Deney Sonuçları



AKADEMİ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

Alıntıları Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA

Tel: 0(312) 385 67 67, Faks: 0(312) 385 59 52

DENEY RAPORU



PROJE ADI: KAĞIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU

LAB. KAYIT NO: AKD-13-011-251

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Hidrometre	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi			Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi			
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)		USCS	q_u (kgf/cm²)	I_u (kgf/cm²)	Pik	Rezidüel	c (kPa)	Φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm²)		
SK-21	UD-1	3,00		19,3		18,28	15,32	4,7	65,1	70,0	28,9	41,1	CH						72	8				
SK-21	UD-2	6,00		19,5				0,0	93,1	55,2	27,8	27,4	CH											
SK-21	UD-3	9,00		25,5		18,24	14,53	0,0	85,3	67,2	28,4	38,8	CH						60	8				
SK-21	UD-4	15,00		17,7				0,0	75,5	52,6	23,5	29,1	CH											
SK-21	SPT-12	18,00		19,7				0,0	92,2	57,2	25,9	31,3	CH											
SK-21	SPT-16	24,00		22,1				0,0	95,1	54,1	23,1	31,0	CH											
SK-21	SPT-18	27,00		20,1				0,0	92,2	52,6	25,0	27,6	CH											
SK-22	UD-1	3,00		17,2				0,0	84,5	38,1	17,7	20,4	CL						11	30	2	14	63	
SK-22	UD-2	6,00		25,7		18,26	14,53	4,4	66,1	47,1	22,3	24,8	CL						17,8	32	2	18	91	
SK-22	UD-3	9,00		24,1		18,39	14,82	0,0	91,2	60,1	26,5	33,6	CH						6	1,45	0,151			
SK-22	SPT-8	12,00		12,3				5,3	41,5	26,0	15,3	10,7	SC											

Deney Sorumlusu
Jeoloji Müh. Fatih GÜVEN

*Proje ve adres bilgileri firma beyandır.
*Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarama teslim edilen veya gönderilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmektedir.
*Deney sonuçları kismen veya tamamen laboratuvaramızın izni olmadan kopyalanamaz.
*Laboratuvaramız 4708 Sayılı İpu Denetim Hakkında Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No'lu Laboratuvur İzni Belgesine Sahiptir.

Lab. Denetçi Müh.
Jeoloji Müh. Sertan DEMİR
Belge No: 20668

FR.103/REV.NO/TARİH:00/20.03.2012

(EK 2 Laboratuar Deney Sonuçları devam)



AKADEMİ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI
 Alıntı Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA
[Tel: 0\(312\) 385 67 67.](tel:0(312)3856767) [Faks: 0\(312\) 385 59 52](tel:0(312)3855952)



DENEY RAPORU

PROJE ADI: **KAÇIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU**

LAB. KAYIT NO: AKD-13-011-251

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Hidromete	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m^3)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m^3)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sıvıtı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi				Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi	
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)		USCS	q_u (kN/cm^2)	I_s (kNf/cm^2)	Pik	Rezidüel	c (kPa)	Φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kNf/cm^2)	
SK-23	SPT-1	1,50		9,3				5,8	57,3	31,1	16,7	14,4	CL										
SK-23	UD-1	3,00		23,1		18,14	14,74	2,2	77,1	51,2	22,7	28,5	CH							62	6		
SK-23	SPT-2	3,50		13,6				0,0	94,2	58,2	29,1	29,1	CH										
SK-23	SPT-3	4,50		27,3				0,0	92,9	51,5	24,2	27,3	CH										
SK-23	UD-2	6,00		20,5		18,09	15,01	2,5	74,4	44,1	22,3	21,8	CL				15	30	2	16		0,63	0,072
SK-23	SPT-5	7,50		34,1				0,0	85,2	41,5	20,3	21,2	CL										
SK-23	UD-3	9,00		33,5		17,79	13,33	0,0	89,7	40,1	20,1	20,0	CL									0,75	0,081
SK-23	SPT-7	10,50		25,2				0,0	91,5	60,3	27,0	33,3	CH										
SK-23	UD-4	12,00		23,2		19,25	15,17	0,0	93,1	41,0	20,1	20,9	CL							95	8		
SK-24	SPT-1	1,50		31,1				0,0	93,3	56,5	23,0	33,5	CH										
SK-24	UD-1	3,00		39,4		18,08		0,0	96,5	64,2	31,5	32,7	CH				12	27	0	19			
SK-24	UD-2	6,00		26,8		18,32	14,45	0,0	88,3	59,5	26,7	32,8	CH							60	8		
SK-24	UD-3	9,00		42,3				4,1	69,1	44,2	21,2	23,0	CL										
SK-24	SPT-7	11,50		22,2				0,0	90,9	52,4	24,0	28,4	CH										
SK-24	SPT-8	12,00		21,5				0,0	92,4	55,1	23,0	32,1	CH										
SK-24	SPT-11	16,50		12,3				0,0	86,0	52,6	22,8	29,8	CH										

Deney Sorumlusu
 Jeoloji Müh. Fatih GOVEN

*Proje ve adres bilgileri firma beyanıdır.
 *Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen veya gönderilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.
 *Deney sonuçları kısmen veya tamamen laboratuvarımıza izni olmadan kopyalanamaz.
 *Laboratuvarımızın 4708 Sayılı Yerel Denetim Hakkında Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No'lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Lab. Denetçi Müh.
 Jeoloji Müh. Serhat DEMİR
 Belge No: 20468

FR.103/REV.NO/TARİHİ:00/20.03.2012

EK 2 Laboratuar Deney Sonuçları (devam)



AKADEMİ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

Alıntıları Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA

Tel: 0(312) 385 67 67, Faks: 0(312) 385 59 52



DENEY RAPORU

PROJE ADI: KAĞIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU

LAB. KAYIT NO: AKD-13-011-251

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İperiği (%)	Hidrometre	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi				Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi		
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)				q_u (kgf/cm²)	I_s (kgf/cm²)	Pik		Rezidüel		c (kPa)	Φ (°)	Şişme Yüzdesi (%)
SK-25	SPT-1	1,50	25,8			0,0	91,2	61,2	27,5	33,7	CH						20	22	1	15	66	5		
SK-25	UD-1	3,00	18,3	17,92	14,55	0,0	78,1	61,5	27,8	33,7	CH						15	31	3	19				
SK-25	UD-2	6,00	38,1	18,45		0,0	95,8	63,4	30,4	33,0	CH										76	7		
SK-25	UD-3	9,00	23,2	18,55	15,11	0,0	92,2	57,5	24,5	33,0	CH													
SK-25	SPT-8	12,00	27,5			8,5	54,3	50,0	20,3	29,7	CH													
SK-25	UD-4	14,50	22,3	19,36	15,18	0,0	95,2	40,0	17,7	22,3	CL										98	6		
SK-26	SPT-1	1,50	28,2			0,0	94,4	56,2	23,9	32,3	CH													
SK-26	UD-1	3,00	38,6	18,22		0,0	96,1	58,5	27,8	30,7	CH						16	23	2	15				
SK-26	UD-2	6,00	22,1	18,51	15,31	0,0	85,3	83,5	34,1	49,4	CH										73	8		
SK-26	UD-3	8,50	20,9	18,89	15,47	0,0	91,4	70,0	27,1	42,9	CH										78	12		
SK-26	SPT-7	12,00	19,0			0,0	89,1	52,5	23,4	29,1	CH													
SK-26	SPT-9	15,00	28,6			0,0	90,1	45,2	19,0	26,2	CL													
SK-28	SPT-1	1,50	8,2			4,2	67,9	31,3	18,4	12,9	CL													
SK-28	SPT-2	3,00	7,2			24,0	51,1	31,3	16,7	14,6	CL													
SK-28	SPT-3	4,50	9,7			2,7	69,9	36,8	9,1	27,7	CL													

Deney Sorumlusu
Jeoloji Müh. Fatih GÜVEN

*Proje ve adres bilgileri firma beyanıdır.

*Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen veya gönderilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

*Deney sonuçları kimse veya tıpkı bir laboratuvarımızın izni olmadan kopyalanamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı İtip Denetim Hakkında Kararname Geregi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No'lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Lab. Denetçi Müh.
Jeoloji Müh. Serkan DEMİR
Belge No: 20468

FR.103/REV.NO/TARİH:06/03/2012

EK 2 Laboratuar Deney Sonuçları (devam)



AKADEMİ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

Alıntıları Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA

Tel: 0(312) 385 67 67, Faks: 0(312) 385 59 52



DENEY RAPORU

PROJE ADI: KAÇIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU

LAB. KAYIT NO: AKD-13-011-251

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Hidrostatik	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi	Direk Kesme Deneyi		Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)		Konsolidasyon Deneyi					
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)				q_u (kN/cm^2)	I_s (kNf/cm^2)	Pik	Rezidüel	c (kNf/cm^2)	Φ (%)	c_r (kPa)	Φ_{pik} (%)	c_e (kPa)	Φ_{pik} (%)
SK-28	SPT-4	6,50		9,4				3,6	64,2	32,1	17,2	14,9	CL												
SK-28	SPT-5	7,50		17,3				0,0	90,2	33,2	16,8	16,4	CL												
SK-28	SPT-8	9,50		24,8				0,0	94,1	64,1	29,8	34,3	CH												
SK-28	SPT-9	12,00		20,8				0,0	92,6	61,2	25,4	35,8	CH												
SK-29	SPT-1	1,50		19,5				0,0	92,6	57,1	27,6	29,5	CH												
SK-29	SPT-3	4,50		16,5				0,0	91,5	63,4	26,3	37,1	CH												
SK-29	UD-2	6,00		19,7		18,32		0,0	90,6	42,7	17,3	25,2	CL				17	25	3	17					
SK-29	UD-3	9,00		24,0		18,81	15,17	2,7	74,1	37,1	22,2	14,9	CL	2,77											
SK-29	SPT-9	13,50		13,7				2,5	79,1	35,4	18,7	16,7	CL												
SK-30	UD-1	3,00		12,8				3,8	61,4	39,8	18,2	21,6	CL												
SK-30	SPT-8	12,00		7,1				15,5	39,2	32,5	16,1	16,4	SC												
SK-30	SPT-11	16,50		15,1				0,0	84,1	32,3	17,2	15,1	CL												
SK-30	SPT-13	19,50		14,3				8,1	58,0	29,3	16,6	12,7	CL												

Deneysel Sorumlusu
Jeoloji Müh. Fatih GOVEN

*Proje ve adres bilgileri firmamız tarafından.
**Deneysel sorumluluğu firmamız tarafından.
***Deney sonuçları klasen veya tanevises laboratuvarumuzda istenildiği gibi yapılmıştır.
****Deney sonuçları klasen veya tanevises laboratuvarumuzda istenildiği gibi yapılmıştır.
*****Laboratuvarumuz 4708 Sayılı İsp. Denetim Hakkında Kavşın Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen 15/10/2003 tarih ve 67 No'lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Lab. Denetçi Müh.
Jeoloji Müh. Serkan DEMİR
Belge No: 20068

FR.103/REV.NO/TARİH:00/20.03.2012

EK 2 Laboratuvar Deney Sonuçları (devam)



AKADEMİ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI
Alinteri Bulvarı 1151.Sokak Gül 86 Sitesi No: 1/80-81 Ostim - ANKARA
Tel: 0(312) 385 67 67 Faks: 0(312) 385 59 52



DENEY RAPORU

PROJE ADI: KAĞIZMAN-AĞRI DEVLET YOLU

LAB. KAYIT NO: AKD-13-011-251

Deney Sorumlusu
Jeloloji Müh. Fatih GÜVEN

*Proje ve adres bilgileri firma beyanıdır.

*Deneyler, talep sahibi firma tarafından laboratuvarımıza teslim edilen veya gi

*Dentry sonuçları kesmen veya tamamen laboratuvarınızın izni olmaz.

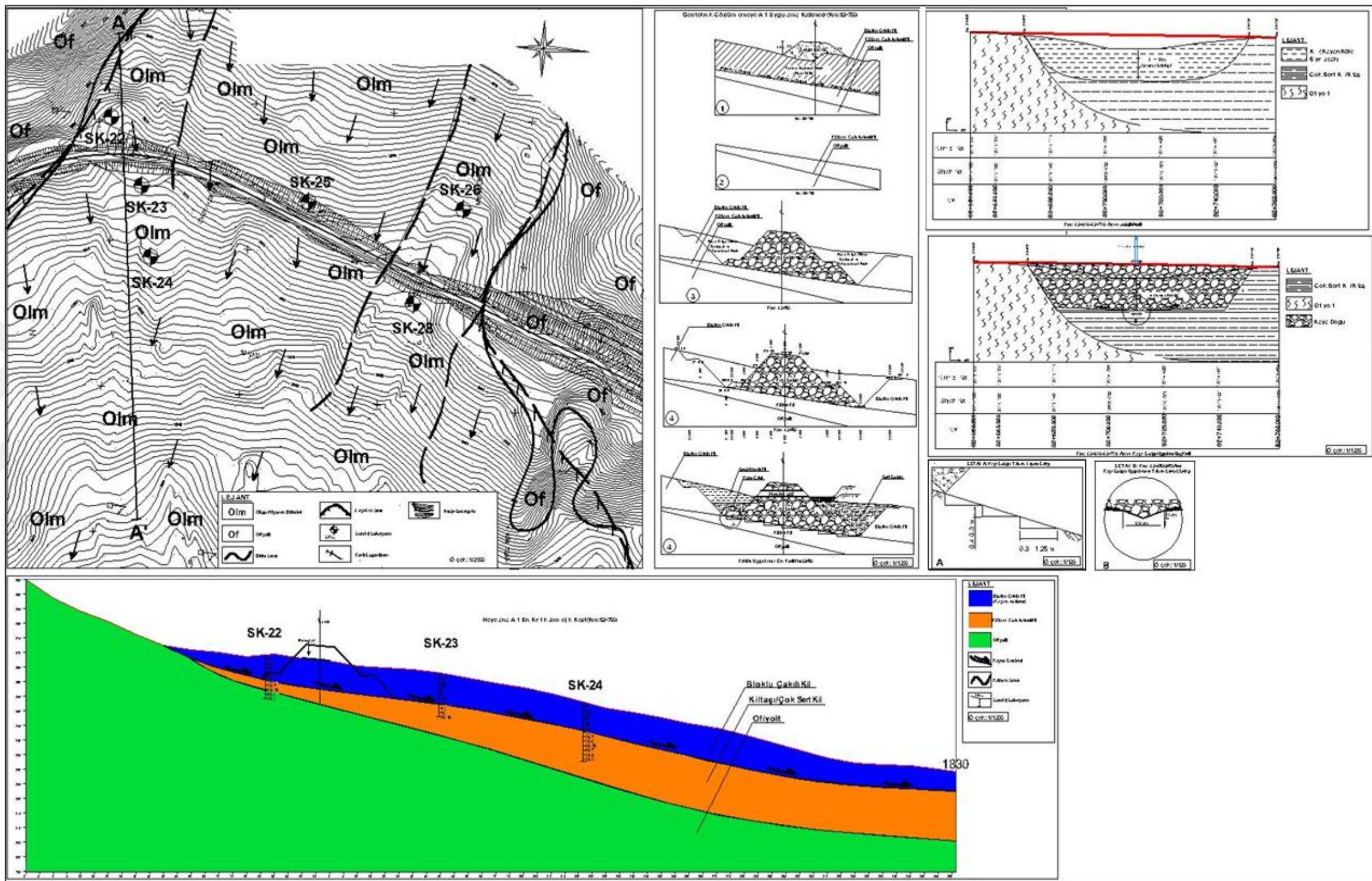
***Laboratuvarımız 4708 Sayılı Yapı Denetim Hakkında Kanun Gereği Çevre ve**

~~taraflarından verilen 17/10/2003 tarih ve 67 No'lu Laboratuvar İzin Belgesine~~

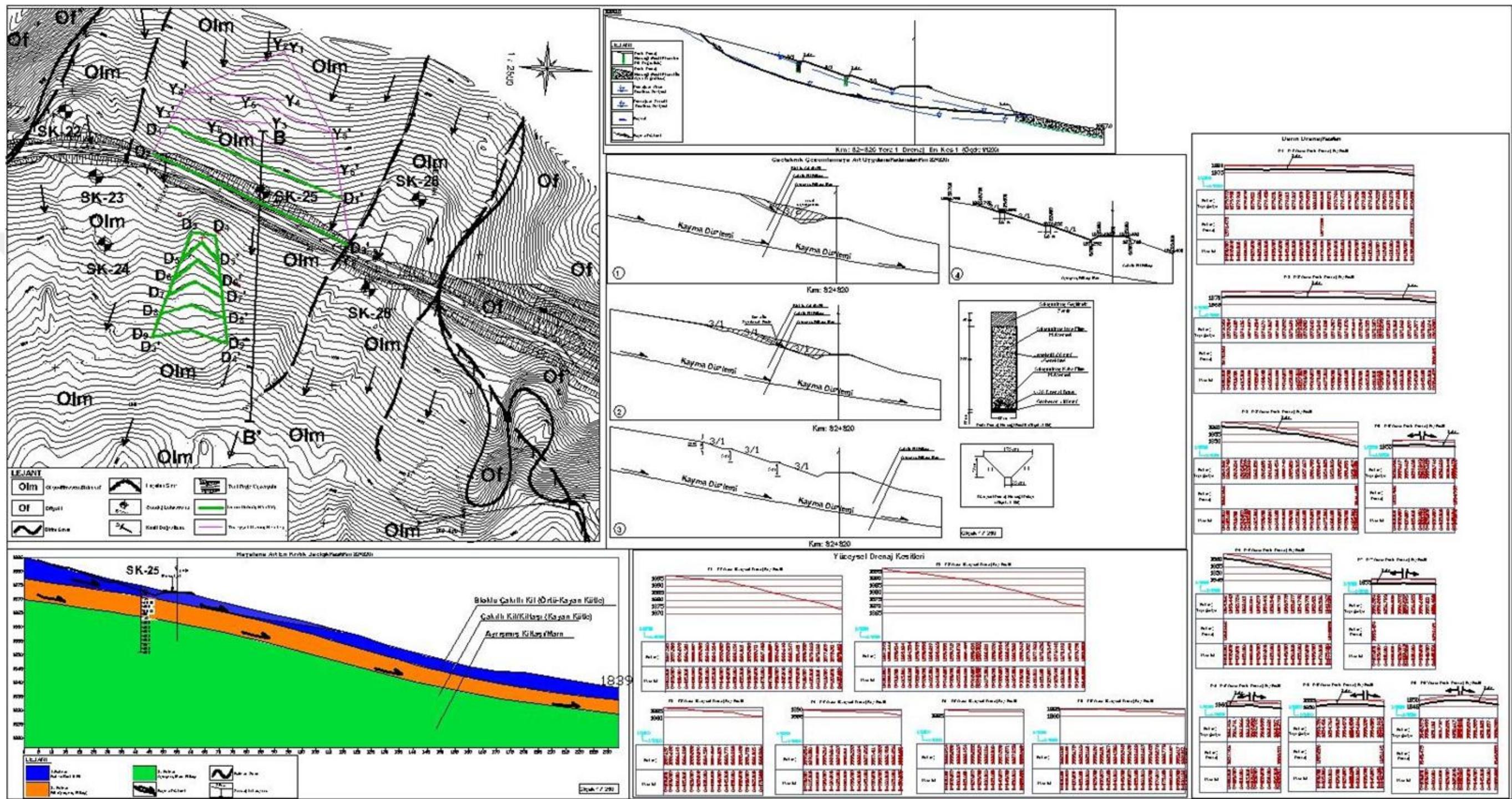
Lab. Denetçi Müh.
Jeoloji Müh. Sertan DEMİR
Belge No: 20668

FR-103/REV.N0/TARIHI:09/29.03.20

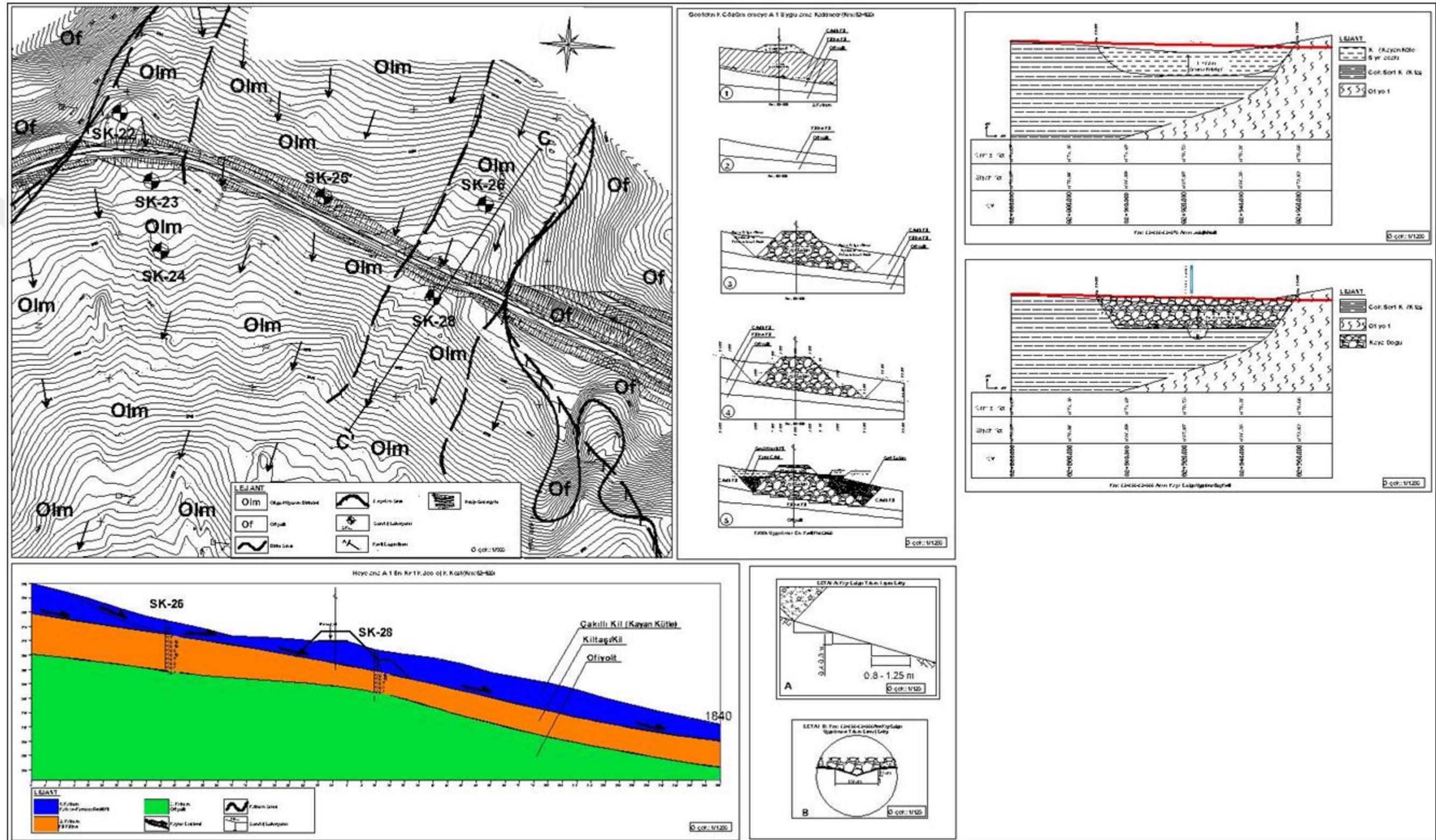
EK 3 H.1 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları



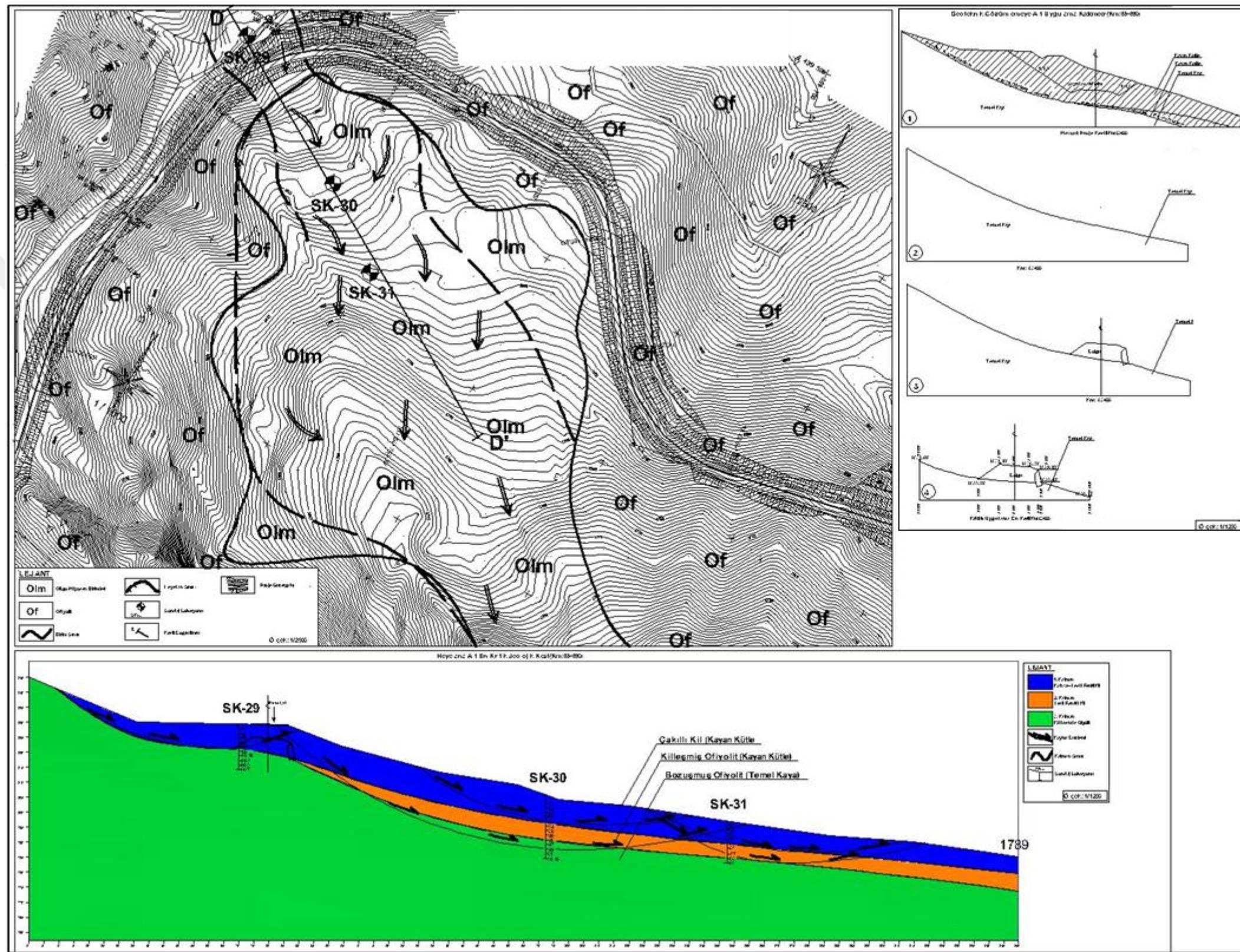
EK 3 H.2 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları (devam)



EK 3 H.3 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları (devam)



EK 3 H.4 Heyelanına Ait Jeolojik-Jeoteknik Plan-Profiller İle Çözüm Aşamaları (devam)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emine ERTEKİN YARDIMCI

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 10.04.1978

Medeni Hali : Evli

Yabacı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Sokullu Mehmet Paşa Lisesi (1995)

Lisans: Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği B. (2000)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği ABD
(Şubat 2004 – Ocak 2018)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

SİSTEM-7 Sondaj İnş. Tic. Ltd. Şti. 2000-2006

KIRMIZI Müş. Müh. Ltd. Şti. 2006-2010

İNPRO Müh. A.Ş. 2010-2014

GETİNSA-İNPRO Ortak Girişimi Otoyol Proje Müş. Teşkilatı 2014-2017

İNPRO Müh. A.Ş. 2017-Devam

Ulusal Kongre Sunum

Ertekin Yardımcı, E., Kayabalı, K., Alagöz, Y., Sarialioğlu, Ş. 2016. Ağrı-Kağızman Yolu Boyunca Oluşan Heyelanların Anatomisi ve Uygulanabilir Çözüm Önerileri. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.