ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kırıkkale - Kalecik (Ankara) karayolundaki heyelanın jeoteknik değerlendirmesi

Nurgül PARLAK ŞEKER

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2010

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Nurgül PARLAK ŞEKER tarafından hazırlanan "Kırıkkale-Kalecik (Ankara) Karayolundaki Heyelanın Jeoteknik Değerlendirmesi" adlı tez çalışması 22/09/2010 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.Recep KILIÇ

Jüri Üyeleri :

Başkan: Prof.Dr.Reşat ULUSAY, Hacettepe Üniversitesi

Üye : Prof.Dr.Ergun GÖKTEN, Ankara Üniversitesi

Üye : Prof.Dr.Recep KILIÇ, Ankara Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof.Dr.Orhan ATAKOL

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Kırıkkale - Kalecik (Ankara) karayolundaki heyelanın jeoteknik değerlendirmesi

Nurgül PARLAK ŞEKER

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep KILIÇ

Bu yüksek lisans tezi kapsamında, Kırıkkale ile Kalecik (Ankara) arasındaki dört küçük heyelandan oluşan Kalecik heyelanının mühendislik jeolojisi ve yenilme şartlarındaki jeoteknik özellikleri incelenerek değerlendirilmiştir. Heyelan alanında Üst Kretase Ofiyolitik Melanjına ait tamamen ayrışmış serpantinit ile ayrışmış radyolarit blokları bulunmaktadır. Heyelan alanında 8 noktada toplam 165.0 m jeoteknik amaçlı sondaj yapılmıştır. Sondaj kuyularına yerleştirilen inklinometreler ile heyelanın kayma yüzeyi hakkında bilgiler elde edilmiştir. Ayrışmış serpantinit ve radyolaritler, birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre kili kum, killi çakıl, düşük ve yüksek plastisiteli kildir. Litolojik birimlerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı makaslama deneyleri ile belirlenmiştir. Şev duraylılık analizi için gerekli olan artık makaslama dayanımı parametrelerin belirlenmesinde "Slide 5.0" şev duraylılık analizi programı kullanılarak Bishop (1955) yöntemi ile geriye dönük analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda statik koşullarda güvenlik sayısının 1.00 olması için artık kohezyon 15.3 kPa ve artık içsel sürtünme açısı 14^{o} hesaplanmıştır. Yamacın uzun dönemde duraylılığının sağlanabilmesi için yamaç eğimi 3/1 (yatay / düşey) olarak yeniden kademelendirilmesi ve yüzey sularına karşı drenaj önlemlerinin alınması önerilmiştir. Bu durumda, statik koşullarda güvenlik sayısı 1.30 olarak hesaplanmıştır.

Eylül 2010, 64 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kırıkkale-Kalecik karayolu, inklinometre, şev duraylılığı, geriye dönük analiz, makaslama dayanımı, ofiyolitik melanj

ABSTRACT
Master Thesis

Geotechnical assesment of the landslide on the Kırıkkale - Kalecik hıghway (Ankara, Turkey)
Nurgül parlak şeker

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

Supervisor: Prof. Dr. Recep KILIÇ

In this master thesis, engineering geology and geotechnical characteristics under the terms of failure of the Kalecik landslide which composed of four small landslides between Kırıkkale and Kalecik (Ankara) are investigated. The Kalecik landslide area comprises of completely weathered serpentinite and weathered radiolarite blocks belonging to the Upper Cretaceous Ophiolitic Melange. Eight geotechnical boreholes with a total length of 165 m were drilled in the landslide area. These boreholes were equipped with inclinometers and the probable slide surface was investigated using the data gathered from the inclinometers. Altered serpentinite and radiolarites are identified as clayey sand and clayey gravel with high and lower plastic clay according to the Unified Soil Classification System. Cohesion and coefficient of internal friction of lithological units are determined by shear box test. Residual shear strength parameters necessary for slope stability analysis are obtained by back analysis method according to Bishop (1955) is method using Slide 5.0 Stability Analysis sofware. As a result of stability analysis in static conditions for a safety factor of 1.00, residual cohesion and internal friction angle are determined as 15,3 kPa and 14 degree, respectively. To ensure in the longterm stability of the slope, the cut-slope is redesigned and benched with a ratio of 3/1 (horizontal/vertical) in association with drainage works against the surface water. In this case, the safety factor of the slope for static conditions was calculated as 1,30 .

September 2010, 64 pages
Key Words: Kırıkkale-Kalecik highway, inclinometer, slope stability, back analysis, shear box test, ophiolitic melange

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında değerli görüş ve katkıları ile her zaman desteğini gördüğüm danışman hocam, Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünden Sayın Prof. Dr. Recep KILIÇ'a teşekkürlerimi ve en derin saygılarımı sunarım.

Tezin değerlendirilmesi aşamasında bilimsel desteğini esirgemeyen Hacettepe Üniversitesinden Prof. Dr. Reşat ULUSAY ve Ankara Üniversitesinden Prof. Dr. Ergun GÖKTEN' e teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında yardım ve desteğini esirgemeyen Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanı Sayın Münevver ATASARAL' a, Jeolojik Hizmetler Şubesi Müdürü Sayın Rıza MUCUKGİL' e, özellikle her konuda yardımlarını esirgemeyen Malzeme Etüt Şefi Sayın Yavuz ERGİNTAV' a ayrıca arazi çalışmalarımda yardımını gördüğüm Jeolojik Etüt Mühendisi Özgür SATICI' ya teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım ve stabilite analizleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Dr. Koray ULAMIŞ'a ve teknik yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Emrullah KASIM' a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında gösterdiği sabır, anlayış ve desteğinden dolayı eşim Ahmet Aydın ŞEKER'e sonsuz teşekkür ederim.

Nurgül PARLAK ŞEKER
Ankara, Eylül 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ ix
1. GİRİŞ 1
1.1 Amaç ve Kapsam 1
1.2 Malzeme ve Yöntem 2
1.3 Önceki Çalışmalar 3
1.4 İnceleme Alanının Tanıtımı 4
2. JEOLOJİ 7
2.1 Stratigrafi 7
2.1.1 Eldivan Ofiyolitik Melanjı 8
2.1.1.1 Ayrışmış serpantinit 8
2.1.1.2 Radyolarit blokları 9
2.1.1.3 Ayrışmış radyolarit 9
2.1.2 Üst Miyosen yaşlı kireçtaşları 12
2.1.3 Kuvaterner 12
2.1.3.1 Yamaç molozu 12
2.1.3.2 Alüvyon 12
2.2 Sismotektonik 12
2.3 Yeraltısuyu Durumu 14
3. ARAZİ ÇALIŞMALARI 15
3.1 Jeoteknik Sondajlar 15
3.2 Arazi Deneyleri 16
3.2.1 Standart penetrasyon deneyi (SPT) 16
3.2.2 Örselenmemiş (C) örneklerinin alınması 17
3.2.3 İnklinometre ölçümleri 17
4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI 19
4.1 Makaslama Dayanımı 23
4.2 Jeoteknik Özellikler Ve Değerlendirmeler 23
5. HEYELANLARIN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ 26
5.1 Heyelanın Morfolojisi 28
5.1.1 H1 no.lu heyelan 28
5.1.2 H2 no.lu heyelan 31
5.1.3 H3 no.lu heyelan 31
5.1.4 H4 no.lu heyelan 32
5.1.5 H5 no.lu heyelan 33
6. ŞEV DURAYLILIK ANALİZLERİ 34
6.1 Yeraltısu Seviyesi Durumuna Göre Geri Analizler 35
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 48
KAYNAKLAR 49
EK 1 Sondaj Logları 52
EK 2 İnklinometre Sonuçları 60
ÖZGEÇMİŞ 64

SİMGELER DİZİNİ

Km	Kilometre
m	Metre
SPT	Standart penetrasyon deneyi
D	Örselenmiş örnek
DMİGM	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
C	Karot
Of	Ofiyolitik melanj
Of_s	Serpantinit
Of_r	Radyolarit blokları
Of_{ra}	Radyolarit
Q_{ym}	Kuvaterner yamaç molozu
Q_{al}	Kuvaterner alüvyon
DAD	Deprem Araştırma Dairesi
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
γ_n	Doğal birim hacim ağırlığı
γ_{doy}	Doygun birim hacim ağırlığı
γ_s	Kuru birim hacim ağırlığı
SK	Sondaj kuyusu
ω_n	Doğal su içeriği
LL	Likit limit
PL	Plastik limit
PI	Plastisite indisi
c	Kohezyon
ϕ	İçsel sürtünme açısı
τ	Makaslama gerilmesi
σ	Normal gerilme
GC	Killi çakıl
SC	Killi kum
SM	Siltli kum
CL	Düşük plastisiteli inorganik kil
CH	Yüksek plastisiteli inorganik kil
GS	Güvenlik sayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanı yer belirleme haritası 4
Şekil 1.2 Kalecik ilçesine ait yıllara göre yağış karşılaştırma grafiği 5
Şekil 1.3 Kalecik heyelan alanı ve Kızılırmak'ın görünüşü 6
Şekil 1.4 Kalecik heyelanının topuk kısmı ve Kızılırmak'ın görünüşü 6
Şekil 2.1 İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası 7
Şekil 2.2 Heyelan alanı stratigrafi dikme kesiti (ölçeksiz) 8
Şekil 2.3 Ofiyolitik Melanj içerisindeki ayrışmış serpantinit (Of_s) ve radyolarit (Of_{ra}) 10
Şekil 2.4 Ofiyolitik Melanj içerisindeki serpantinitler (Of_s) 10
Şekil 2.5 Ofiyolitik Melanj içerisindeki serpantinitler (Of_s), radyolarit (Of_{ra}) ve radyolarit blokları (Of_r) 11
Şekil 2.6 H3 no.lu heyelan bölgesindeki ayrışmış serpantinit (Of_s) ve ayrışmış radyolaritler (Of_{ra}) 11
Şekil 2.7 İnceleme alanının deprem bölgeleri haritasındaki yeri 14
Şekil 3.1 Heyelan topuğunda yapılan SK2 no.lu sondaj yeri 16
Şekil 3.2 SK1 no.lu sondaj kuyusuna yerleştirilmiş inklinometre borusu 18
Şekil 5.1 Kalecik heyelanının yer belirleme haritası 26
Şekil 5.2 Kalecik heyelanının mühendislik jeolojisi haritası 27
Şekil 5.3 Heyelan alanının kot bölgelendirme haritası 28
Şekil 5.4 H1 no.lu heyelanın A-A' kesiti 29
Şekil 5.5 H1, H2, H3 ve H5 no.lu heyelanların GB' dan görünümü 30
Şekil 5.6 H2 no.lu heyelanın C-C kesiti 31
Şekil 5.7 H1, H2 ve H3 no.lu heyelanların aynaları ve litolojik birimler 32
Şekil 5.8 H4 no.lu heyelanın D-D' kesiti 33
Şekil 5.9 H5 no.lu heyelanın B-B' kesiti 33
Şekil 6.1 Bishop (1955) eşitliğinde ifade edilen değişkenlerin tanımlamaları 34
Şekil 6.2 m_α değişimleri 34
Şekil 6.3 H1 heyelanındaki A-A' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 36
Şekil 6.4 H5 heyelanındaki B-B' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 36
Şekil 6.5 H2 heyelanındaki C-C' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 37
Şekil 6.6 H4 heyelanındaki D-D' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 37
Şekil 6.7 H1, H5, H2 ve H4 heyelanları için 1. su tablası koşuluna ait geri analizden elde edilen c ve ϕ değerlerinin doğrusal grafiği 38
Şekil 6.8 H1 heyelanındaki A-A' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 39
Şekil 6.9 H5 heyelanındaki B-B' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 39
Şekil 6.10 H2 heyelanındaki C-C' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 40
Şekil 6.11 H4 heyelanındaki D-D' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 40

Şekil 6.12 H1, H5, H2 ve H4 heyelanları için 2. su tablası koşuluna ait geri analizden elde edilen c ve ϕ değerlerinin doğrusal grafiği 41
Şekil 6.13 H1 heyelanındaki A-A' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 42
Şekil 6.14 H5 heyelanındaki B-B' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 42
Şekil 6.15 H2 heyelanındaki C-C' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 43
Şekil 6.16 H4 heyelanındaki D-D' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS'nin 1.00 olduğu kayma dairesi 43
Şekil 6.17 H1, H5, H2 ve H4 heyelanları için 3. su tablası koşuluna ait geri analizden elde edilen c ve ϕ değerlerinin doğrusal grafiği 44
Şekil 6.18 1-2 ve 3. su tablası koşuluna ait geri analizlerden elde edilen c ve ϕ değerlerinin noktasal grafiği 45
Şekil 6.19 A-A' heyelan kesitinde statik koşulda yapılan duraylılık analizi 46
Şekil 6.20 Kademelendirilmiş şevin statik koşullardaki duraylılık analizi 47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Kalecik ilçesi 2006 yılı yağış verileri 5
Çizelge 3.1 Kalecik heyelan bölgesindeki sondajların numarası, kotu, derinliği ve koordinatları 16
Çizelge 3.2 Sondaj kuyularında yapılan inklinometre ölçümü tarihleri 18
Çizelge 3.3 Sondaj kuyularındaki inklinometre ölçümü ile belirlenen kayma derinlikleri ve kayma miktarları 18
Çizelge 4.1 H1, H2 ve H5 no.lu heyelanların kayma yüzeyinden alınmış ayrışmış serpantinitin fiziksel özellikleri 19
Çizelge 4.2 Heyelan sahasındaki zeminlerin fiziksel özellikleri 20
Çizelge 4.3 Serpantinit ve Radyolaritin konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) şartlarındaki makaslama dayanımı deney sonuçları 23
Çizelge 4.4 SK4, SK6 ve SK7 no.lu sondajlarda kesilen ayrışmış radyolaritlerdeki (Of_{ra}) GC türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi 24
Çizelge 4.5 SK1, SK2, SK5, SK6, SK7 ve SK8 no.lu sondajlarda kesilen ayrışmış radyolaritlerdeki (Of_{ra}) SC türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi 24
Çizelge 4.6 SK1 ve SK2 no.lu sondajlarda kesilen ayrışmış serpantinitlerdeki (Of_s) SC türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi 25
Çizelge 4.7 SK8 no.lu sondajda kesilen ayrışmış serpantinitlerdeki (Of_s) CL-CH türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi 25
Çizelge 6.1 H1, H5, H2 ve H4 heyelanlarının 1. su tablasına koşuluna ait geri analizi ile elde edilen ve GS=1.00 koşulunu sağlayan c ve ϕ değerleri 38
Çizelge 6.2 H1, H5, H2 ve H4 heyelanlarının 2. su tablasına koşuluna ait geri analizi ile elde edilen ve GS=1.00 koşulunu sağlayan c ve ϕ değerleri 41
Çizelge 6.3 H1, H5, H2 ve H4 heyelanlarının 3. su tablasına koşuluna ait geri analizi ile elde edilen ve GS=1.00 koşulunu sağlayan c ve ϕ değerleri 44

1.GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Kırıkkale - Kalecik karayolu yapım çalışmaları 1998 yılında tamamlanarak trafiğe açılmıştır. Karayolunun Km:17+200-17+500 kesiminin inşaatına ilişkin şev kazısı sırasında heyelanlar meydana gelmiştir. Bununla ilgili olarak Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından öncelikle kayan kesimler temizlenerek geçici önlemler alınmıştır. Ancak zaman içerisinde söz konusu heyelan etkisini arttırarak yol gövdesini de içine alacak şekilde kaymalar devam etmiş ve trafiğin kesilmesine neden olmuştur. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2006 yılında heyelanlı alandan yolun geçirilmesi için iyileştirme projesi hazırlatmış, iyileştirme projesinde yolun doğu ve batı tarafında fore kazık yapılması önerilmiş, ancak uygulamaya konmamıştır (Toker vd. 2006).

Bu çalışmanın amacı; dört adet küçük heyelandan oluşan ve "Kalecik Heyelanı" olarak adlandırılan duraysızlığın nedenlerini araştırarak, kayma yüzeyinin derinliğini, heyelanın boyutlarını, kayan malzemenin yenilme anındaki kohezyon ve içsel sürtünme açısını belirlemek ve heyelanı durdurmak için alınabilecek önlemler hakkında değerlendirmeler yapmaktır.

Bu kapsamda, heyelan yüzeyinden örnekler alınmış ayrıca Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi tarafından jeoteknik amaçla yapılan sondajlardan ve tüm kuyulardan alınan inklinometre okumalarından yararlanılmıştır. Jeoteknik amaçlı sondajlar ile heyelan alanlarındaki litolojik birimlerin yatay ve düşey yöndeki dağılımı, kayma yüzeylerinin derinliği, zeminlerin sıkılık veya kıvamları ile heyelan yüzeyinden ve sondajlardan alınan örneklerin jeomekanik özellikleri belirlenmiştir. Heyelan alanının 1/2000 ölçekli topoğrafik haritası üzerine; heyelanların geometrisi, litolojisi, sondaj yerleri, kaynaklar işlenerek mühendislik jeolojisi haritası ve kesitleri hazırlanmıştır. Hazırlanan kesitler üzerinde sondaj verileri ve inklinometre sonuçlarına göre kayma yüzeyleri çizilmiştir.

Laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen jeoteknik özellikler ve yeraltısuyu seviyesi derinliği dikkate alınarak yapılan geriye dönük analizlerle yenilme koşulları belirlenmiştir. Ayrıca heyelanların durdurulmasına yönelik, statik koşullarda uygulanabilir çözüm önerileri hakkında bilgiler verilmiştir.

1.2 Malzeme ve Yöntem

Heyelan alanında, Karayolları Genel Müdürlüğü' nün isteği üzerine Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi tarafından derinlikleri 15.0 m ile 25.0 m arasında değişen toplam 165.0 m derinliğinde 8 sondaj yapılmıştır (Toker vd. 2006). Sondajlar sırasında ince taneli zeminlerin kıvamını, iri taneli zeminlerin sıkılığını belirlemek ve örselenmiş örnekler almak amacıyla standart penetrasyon deneyleri (SPT) yapılmıştır. Karotiyer ile örselenmiş (D) ve örselenmemiş (C) örnekler alınmıştır. Ayrıca heyelanın kayma yüzeyinden örselenmiş (D) örnekler alınmıştır.

Zeminlerin doğal su içeriği, tane boyu dağılımı, likit limit, plastik limit, plastisite indisi gibi fiziksel ve indeks özelliklerinin yanı sıra, makaslama deneyleri yapılarak kohezyon ve içsel sürtünme açısı belirlenmiştir. Sondajlar ile alınan örneklerin tanımlama, fiziksel ve mekanik özellikleri Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi Zemin Mekaniği Laboratuvarında, heyelanın kayma yüzeyinden alınan örselenmiş (D) örneklerin sınıflama özellikleri ise Karayolları Genel Müdürlüğü Zemin Mekaniği Laboratuvarında ASTM (1994) standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Heyelanın kayma yüzeyinin belirlenmesi için tüm sondaj kuyularına inklinometre boruları yerleştirilmiş ve 14 Haziran 2006 ile 26 Temmuz 2006 tarihleri arasında değişen sıklıklarda ölçümler alınmıştır (Toker vd. 2006). Heyelanların duraylılığı Slide 5.0 Stability analiz programı (Anonymous 2001) ile Bishop (1955) tarafından geliştirilen dairesel kayma analiz yöntemine göre incelenmiştir.

1.3 Önceki Çalışmalar

Bailey ve McClallien (1950), Ankara civarında yapmış oldukları çalışmalarda bölgede gözlenen Triyas'tan Kretase'ye kadar farklı yaşlardaki ve birbirleri ile tektonik ilişkili metamorfik, kireçtaşı ve ofiyolitik kaya bloklarını içeren birimi Ankara Melanjı olarak tanımlayarak ilk kez Ankara Melanjı kavramını ortaya koymuşlardır.

Erol (1954), Ankara bölgesinde yaklaşık 8500 km^2 gibi çok geniş bir alanın ilk kez 1/100 000 ölçekli jeolojik haritasını yapmış ve bölgedeki jeolojik, stratigrafik, tektonik, jeomorfolojik sorunları, 1954'ten önceki çalışmalara da değinerek ayrıntılı bir biçimde tartışmıştır. Erol (1954)'a göre serpantinitler; zaman zaman Ankara antiklinalinin yamaçlarına sürüklenerek, tortul seriler arasına karışmış ve bu nedenle Ankara civarındaki karışık seriler oluşmuştur. Önceki çalışmaları göz önüne alan araştırmacı, serpantinit ve radyolarit serisinin Orta-Üst Jura yaşlı olabileceğini savunmuştur.

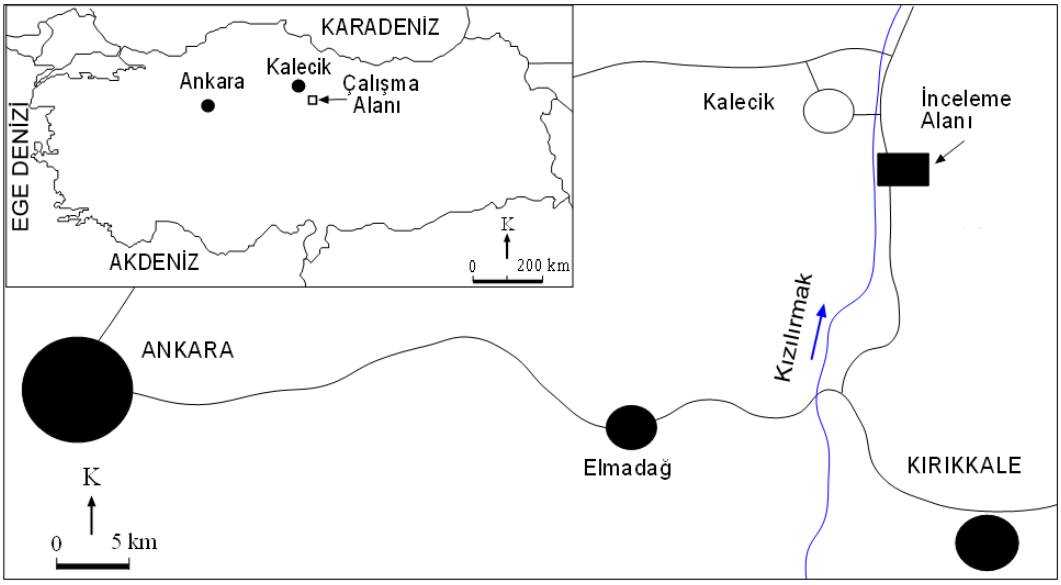
Akyürek vd. (1979), Çankırı dolayındaki Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanjı inceleyerek, haritasını yapmışlar ve melanj içerisinde serpantinit, kireçtaşı, radyolarit, metadetritik, bazalt, gabro ve diyabaz gibi kaya birimlerini ayrı ayrı haritalamışlardır.

Kılıç vd. (1998), Çankırı ve Çorum civarındaki Ankara Ofiyolitik Melanjı içerisinde, Alanpınar, Karatekin, Maruf ve Yenihayat baraj yerlerindeki serpantinitlerin jeomekanik özelliklerini inceleyerek ayrışma derecesini belirlemişlerdir. Birleşik ayrışma indeksine göre beş gruba ayrılan serpantinitlerin çok ayrışmış ve son derece ayrışmış olanlarının zemin davranışı göstereceğini belirtmişlerdir.

Karayolları Genel Müdürlüğü, Kırıkkale ile Kalecik arasındaki Karayolunda meydana gelen heyelanın topuk kısmından geçen yol için Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi' ne iyileştirme projesi hazırlatmıştır (Toker vd. 2006). Bu çalışma kapsamında yolun her iki tarafına fore kazık yapılması çözüm önerisi olarak sunulmuş, bu doğrultuda analiz ve hesaplamalar yapılmıştır.

1.4 İnceleme Alanının Tanıtımı

İnceleme alanı, 1/25 000 ölçekli Çankırı H-30-c3 no.lu topoğrafik harita içerisinde yer alır. İnceleme alanının Ankara'ya uzaklığı 65 km'dir. Ankara-Kalecik ayrımına kadar 47 km olup, Kalecik ayrımından itibaren heyelan alanına olan uzaklık 18 km'dir (Şekil 1.1).



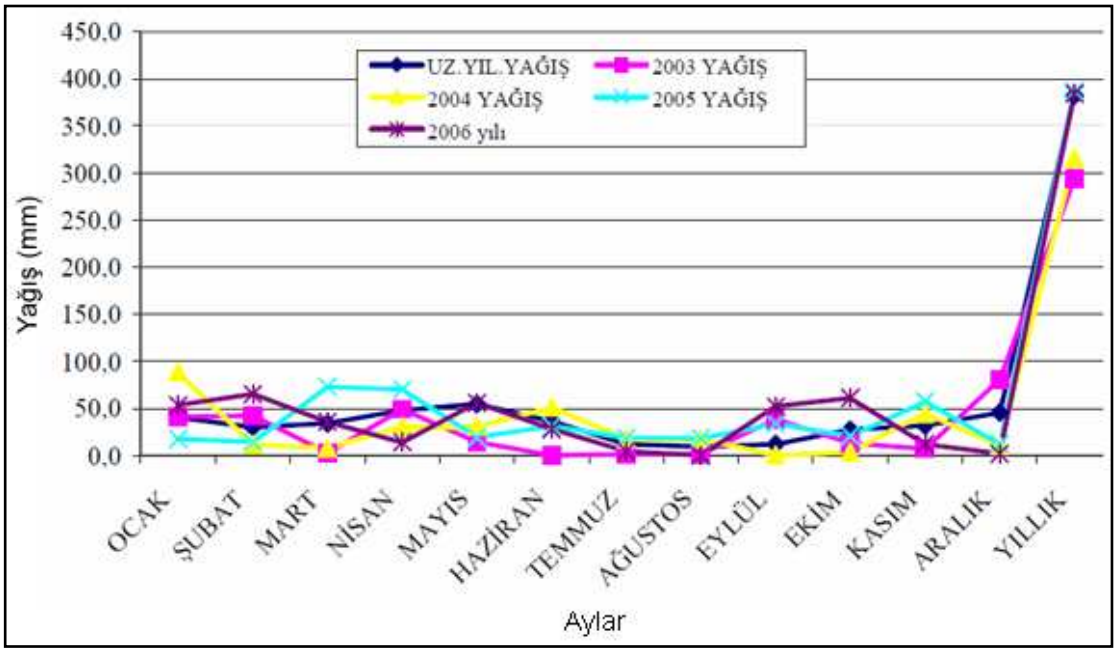
Şekil 1.1 İnceleme alanı yer belirleme haritası

Yörede tipik karasal iklim özellikleri gözlenmektedir. Kızılırmak'ın ilçe yanından geçmesi nedeniyle Kalecik'te mikroklima iklim karakteri görülmektedir. Yılın 6 ayı dağlardan kar kalkmamaktadır. İdris dağı, Ankara yöresinin en çok yağış alan bölgelerindendir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, ilçede en çok yağış 65.2 mm ile Şubat ayında, en az yağış ise hiç yağışın olmadığı Ağustos ayında gözlenmiştir. 2006 yılı yağış durumu Çizelge 1.1'de, yıllara göre yağış karşılaştırma grafiği ise Şekil 1.2'de verilmiştir (Anonim 2009).

Çizelge 1.1 Kalecik ilçesi 2006 yılı yağış verileri (DMİGM 2009)

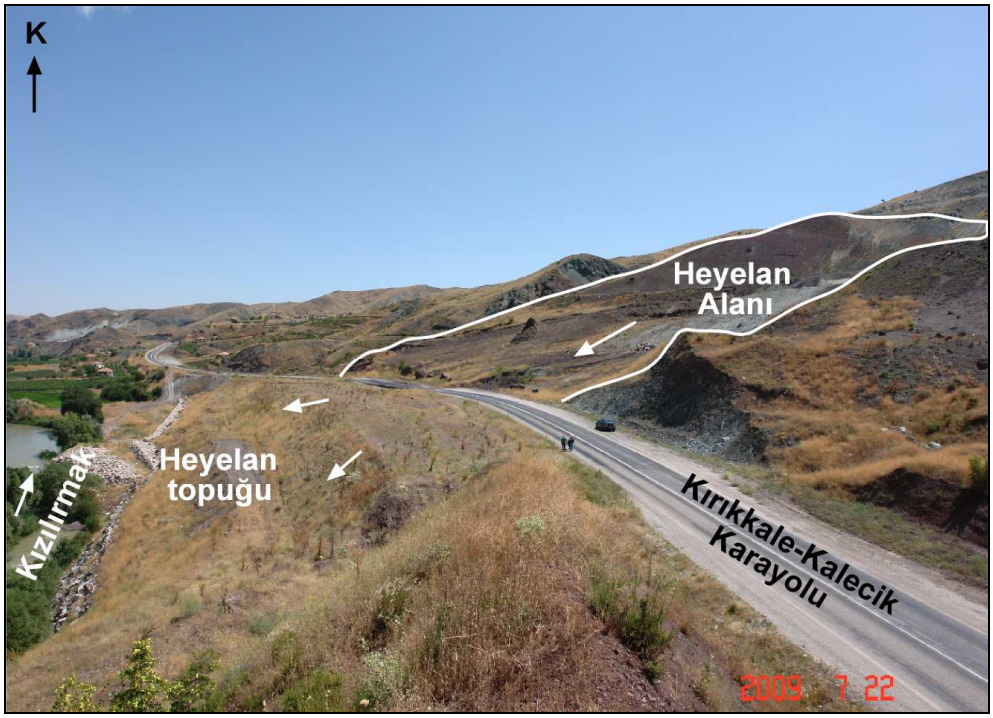
Aylar	Ortalama toplam yağış miktarı (mm)	Günlük en çok yağış miktarı (mm)
Ocak	53.3	13.0
Şubat	65.2	19.4
Mart	35.6	14.0
Nisan	14.1	8.2
Mayıs	56.0	22.0
Haziran	27.9	6.6
Temmuz	4.6	4.2
Ağustos	0.0	0.0
Eylül	52.2	13.2
Ekim	61.2	12.8
Kasım	12.0	4.8
Aralık	1.8	1.7
Yıllık	383.9	22.0



Şekil 1.2 Kalecik ilçesine ait yıllara göre yağış karşılaştırma grafiği

İnceleme alanı ve drenaj alanında bodur meşe ve ardıçtan oluşan seyrek ağaçlar bulunmaktadır. Yağışlar bitki örtüsü yoğun olmadığından ofiyolitlerin kırık ve çatlaklarından süzülmekte ve heyelanın kayma yüzeyine hızla ulaşabilmektedir.

Çalışma alanında, heyelan topuğundan geçen ve güneyden kuzeye doğru akan Kızılırmak en önemli akarsudur (Şekil 1.3-1.4). Kızılırmak'ı kuzey ve güney yamaçlardan besleyen sulu ve kuru dereler mevcuttur.



Şekil 1.3 Kalecik heyelan alanı ve Kızılırmak' ın görünüşü



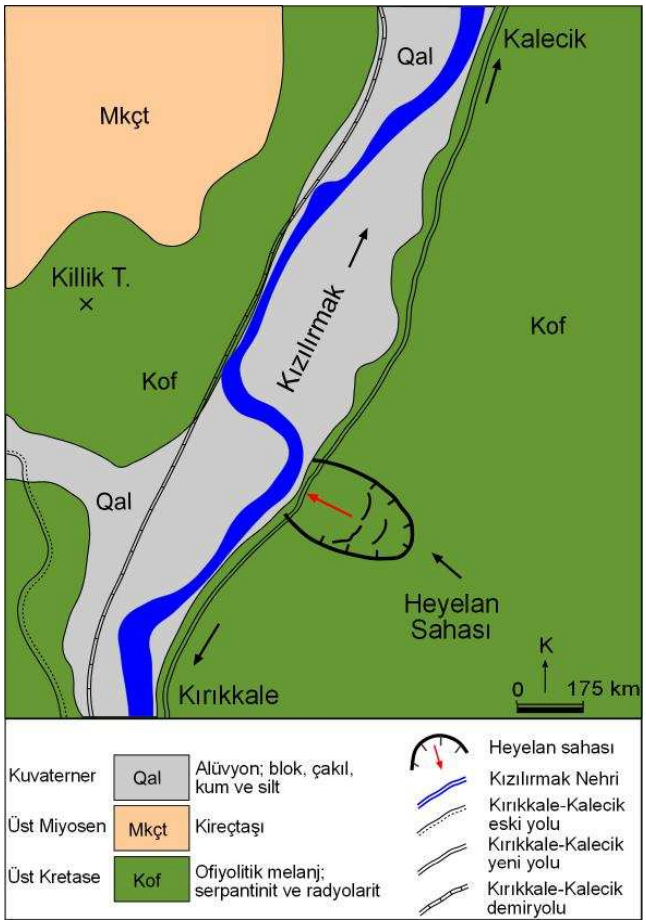
Şekil 1.4 Kalecik heyelanının topuk kısmı ve Kızılırmak'ın görünüşü

2. JEOLOJİ

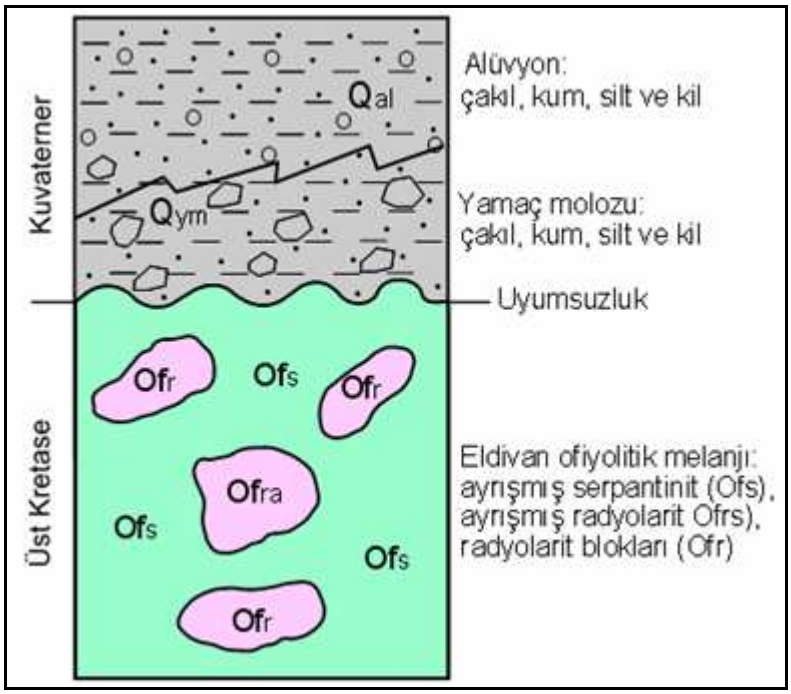
2.1 Stratigrafi

İnceleme alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru Üst Kretase yaşlı Eldivan Ofiyolitik Melanjı, Üst Miyosen yaşlı kireçtaşları ile örtü şeklinde Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon yer almaktadır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası Şekil 2.1'de, heyelan alanının stratigrafik dikme kesiti ise Şekil 2.2'de verilmiştir. Şekil 2.1'de gösterilen güzergah üzerinde gözlenen litolojik birimlerin özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.1 İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası
(MTA 1982'den düzenlenmiştir)



Şekil 2.2 Heyelan alanı stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz)

2.1.1 Eldivan ofiyolitik melanjı

Eldivan ofiyolitik melanjı, Orta Anadolu' da gözlenen ofiyolitli melanj yayılımlarında iç düzeni kısmen korunmuş okyanus kabuğu malzemesidir. Eldivan ofiyolitik melanjı yeşilin farklı tonlarında serpantinit, kırmızımsı kahverengi radyolarit, kireçtaşı, koyu gri ve kahverengimsi metaderitikler ile gri renkli kalsit damarlı kireçtaşı bloklarından oluşur (Akyürek vd. 1997).

Çalışma alanında, ofiyolitik melanj içerisindeki ayrışmış serpantinit, radyolarit blokları ve ayrışmış radyolarit gözlenmektedir.

2.1.1.1 Ayrışmış serpantinit

Melanj içerisinde hamuru oluşturan serpantinit yeşilin değişik tonlarındadır. Çok ayrışmış ve tamamen ayrışmış olan serpantinit, zayıf ve çok düşük dayanımlıdır.

Ayrışmanın az olduğu kesimlerde koyu yeşil, fazla olduğu kesimlerde açık yeşil renktedir. Tektonizmanın etkisi ile kırılmış, parçalanmış ve ufalanmış bir görüntü sunmaktadır (Şekil 2.3-2.4).

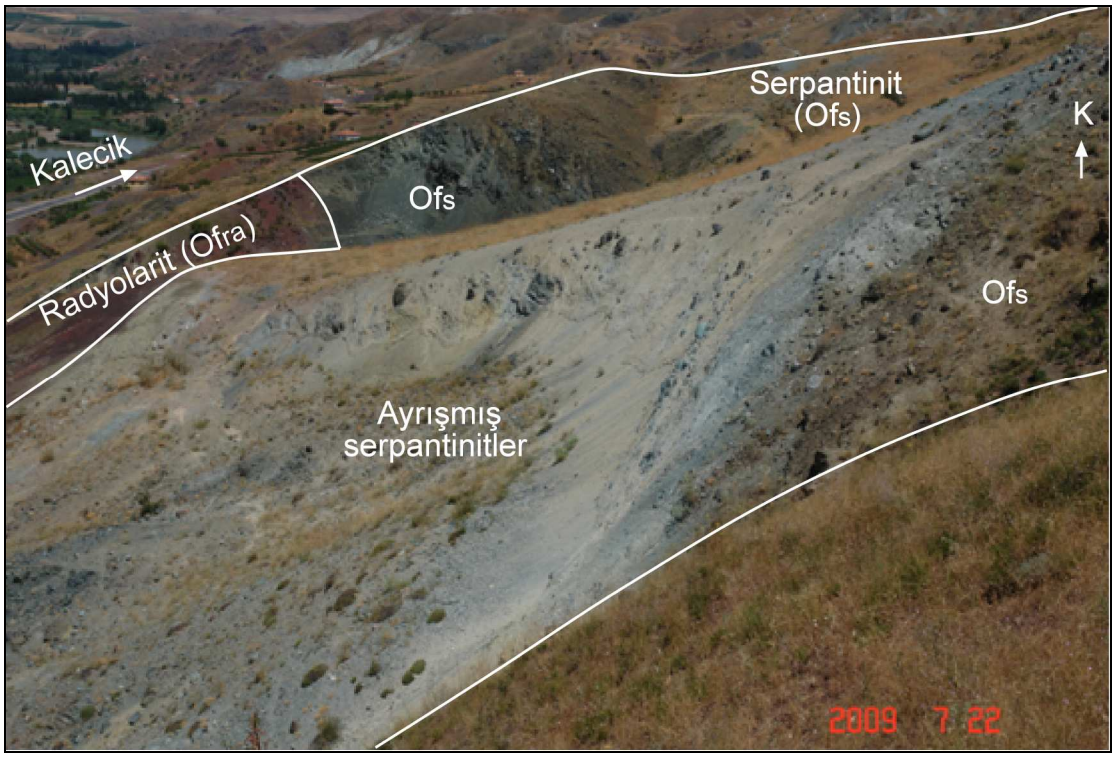
Serpantinitler gabro, diyabaz ve peridotit gibi kayaçların ayrışması sonucu oluşmuş olup, ince krizotil damarcıkları, kalıntı halde az plajiyoklaz ve piroksen içerirler. Kataklastik doku belirgindir, ince çatlaklar içinde gelişmiş ikincil kalsit bulunmaktadır (Akyürek vd. 1979). Mekanik ayrışma; olivin minerallerinin ayrışması ile kayacın önce krizotil damarcıklarından oluşan bir iskelet halini alması ve sonunda da zayıflayarak tümüyle parçalanmaya uğramasıyla da hızlandırılmıştır.

2.1.1.2 Radyolarit blokları

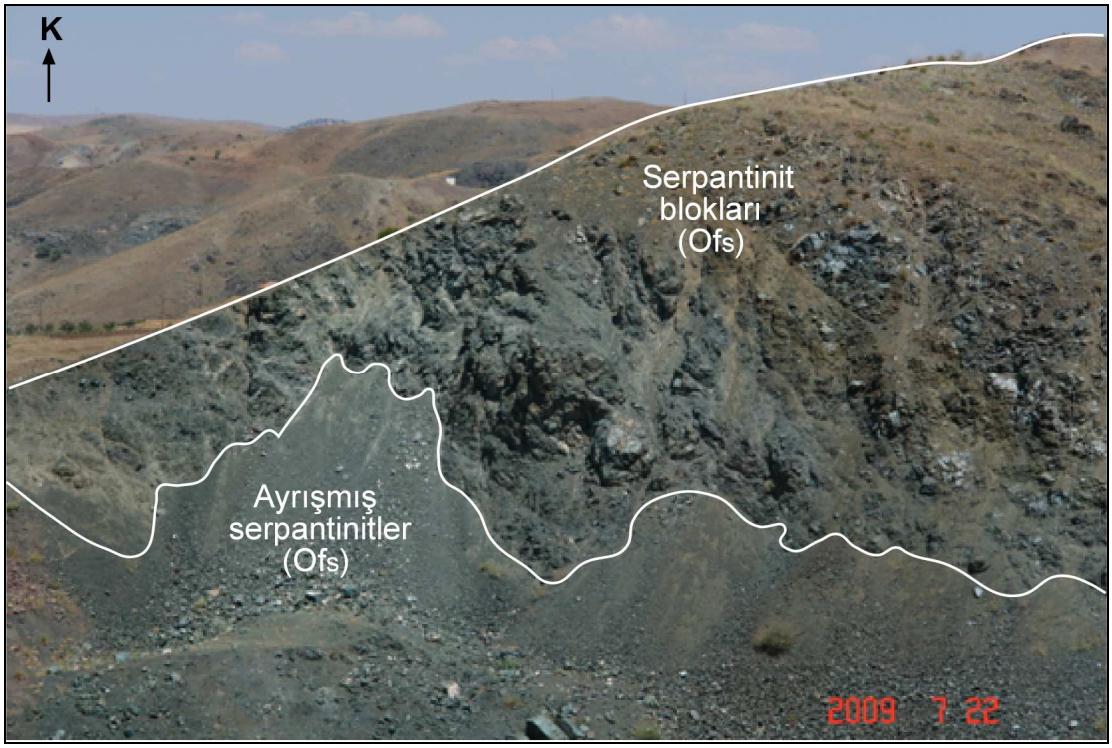
Ofiyolitik melanj içerisindeki radyolarit; kırmızı-kahverenkli ve blok halinde olup, topoğrafyanın yüksek kesimlerinde görülür (Şekil 2.5). Yüzeyde küçük tepecik, blok ve çakıl boyutunda olan radyolarit düşük dayanımlıdır.

2.1.1.3 Ayrışmış radyolarit

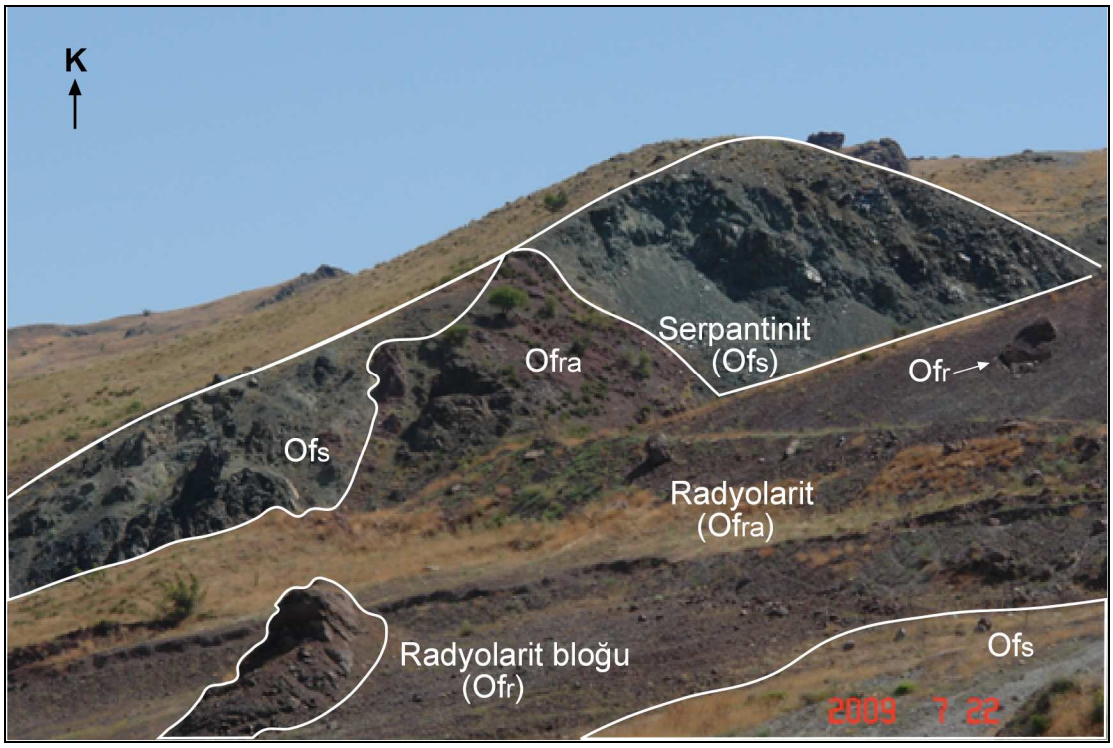
Kırmızı-kahverenkli radyolarit bloklarının melanjın yerleşimi sırasında tektonizmanın etkisi ile tamamen kırılıp, parçalanmış ve ayrışmasından oluşmuştur. İçerisinde çakıl ve kum boyutunda taneler mevcuttur. Serpantinit ile karışmış halde zayıf ve çok düşük dayanımlıdır (Şekil 2.6).



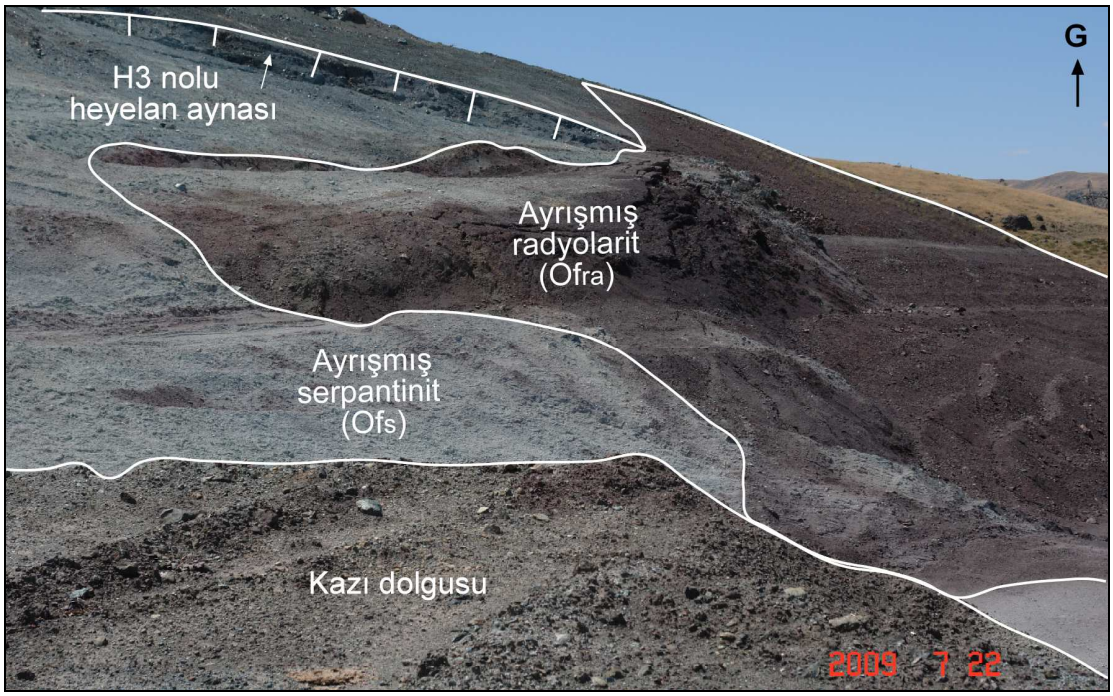
Şekil 2.3 Ofiyolitik melanj içerisindeki ayrışmış serpantinit (Of_s) ve radyolarit (Of_{ra})



Şekil 2.4 Ofiyolitik melanj içerisindeki serpantinitler (Of_s)



Şekil 2.5 Ofiyolitik Melanj içerisindeki serpantinitler (Of_s), radyolarit (Of_{ra}) ve radyolarit blokları (Of_r)



Şekil 2.6 H3 no.lu heyelan bölgesindeki ayrışmış serpantinit (Of_s) ve ayrışmış radyolaritler (Of_{ra})

2.1.2 Üst Miyosen yaşlı kireçtaşları

Üst Miyosen yaşlı kireçtaşları, heyelan alanında gözlenmemekle birlikte, inceleme alanı yakın çevresinde Kızılırmak Nehri'nin kuzey ve güney kenarları boyunca yüzlek verirler. Bu birim; boz, gri, kırmızı renkli, çapraz tabakalanmalı, normal derecelenmeli, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşı ardalanmasından oluşmuştur (Atalay 1999).

2.1.3 Kuvaterner

2.1.3.1 Yamaç molozu

Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, yamaçlarda örtü şeklinde bulunur. Üzerinde bulunduğu birimlere ait parçaları içeren ve blok, çakıl, kum ve kil tane boyutundaki bu birim çimentosuzdur. Çakıllar köşeli-yarı köşeli ve yuvarlak-yarı yuvarlaktır.

2.1.3.2 Alüvyon

Koyu gri, gri ve kahverengimsi Kuvaterner yaşlı alüvyon; vadi içerisinde ve dere yataklarında bulunmakta olup, önceki birimleri uyumsuz olarak örter. Alüvyon; çakıl, kum, silt, kil ve bunların karışımından oluşmaktadır.

2.2 Sismotektonik

Bölgede temel birimleri, kuzeyden sürüklenerek yerleştiği düşünülen Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj oluşturur. Bunlar üzerinde inceleme alanı dışında birbirleriyle yanal ve dikey yönde geçişli sedimanter, volkano-sedimanter ve volkanik kayalar uyumsuz olarak gelir (Ketin 1955).

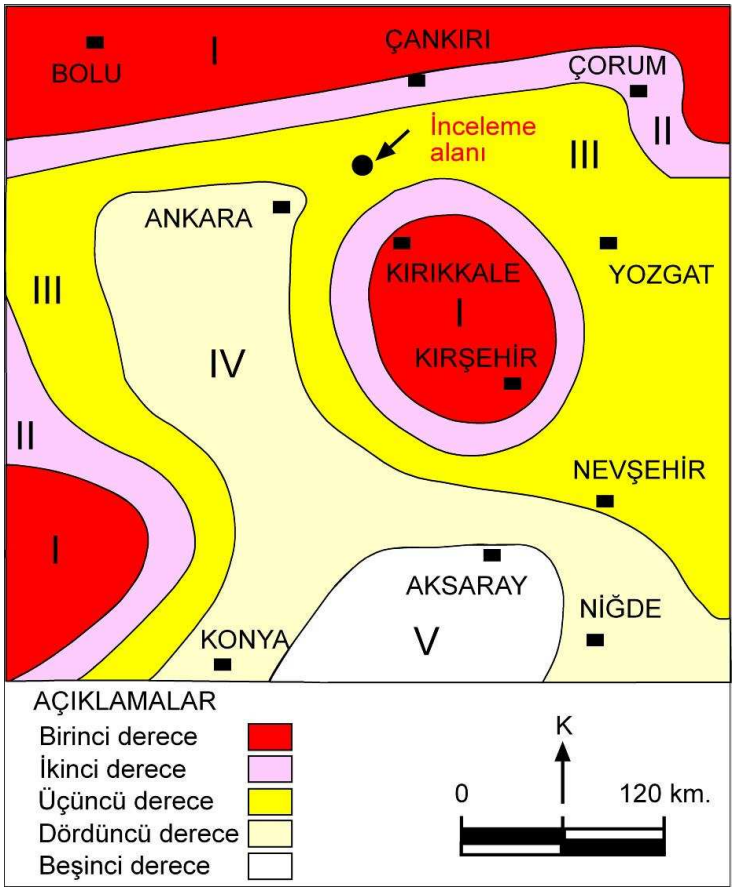
Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)' nun güneyinde Anatolit tektonik kuşağı içerisinde yer alır. Tektonik yapısını ise, Alpin Orojenik evresi sırasında kazanmıştır. Bölgenin kazandığı en önemli tektonik yapı ve jeolojik olaylar, Neotetis okyanusunun izlerini taşıyan ofiyolitli melanj oluşumu ile ilgilidir (Ketin 1955).

Heyelan alanına en yakın diri faylar; sahanın yaklaşık 100 km kuzeyinden geçen KAFZ ile yaklaşık 60 km doğusundan başlayarak doğuya doğru devam eden ve Niksar'da KAFZ ile birleşen Kırıkkale - Erbaa fayı bulunmaktadır. Ayrıca sahanın güneyinde bulunan Akpınar Fayı da heyelan alanını etkileyebilecek küçük çaplı diri faylardır (Ulamış 2007).

Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu arasında kalan kama şekilli alanda ve Kırıkkale-Erbaa Fayına yakın kesimlerde, Eosen'den Geç Pliyosen'e kadar olan kaya-stratigrafi birimlerinde bazı önemli deformasyon yapıları görülmektedir. Sıkışma kökenli olan bu yapılar Kırıkkale-Erbaa Fay zonuna yakın ve ona paralel olarak KD-GB doğrultusunda uzanırlar. Kama (Çankırı - Çorum tektonik kaması) şeklindeki bölgenin kuzey ve orta kesimlerinde farklı yönelimler sunan sıkışma yapılarının bu faya yakın alanda faya paralel yönelimleri ve ileri deformasyon durumları bunların, bu tektonik kama içerisinde saat yönündeki bir dönmeyle ilgili olduklarını açıklar (Gökten ve Meydan 2006).

KAFZ ile Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu'nun yamulma hızı farklılığı, tektonik kamanın batıya hareketinin Elmadağ bindirme zonunda durdurulması ve KAFZ'nun Havza'dan sonra güneybatıya yönelimi bu dönmenin, Kırıkkale-Erbaa Fayı üzerinde meydana getirdiği KB-GD doğrultulu sıkışma etkisi ise, faya yakın yer alan yoğun deformasyonların nedenidir (Gökten ve Meydan 2006).

İnceleme alanı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı' nın Deprem Bölgeleri Haritasına göre üçüncü derece deprem bölgesi içinde bulunmaktadır (DAD 1996). Çalışma alanının deprem bölgeleri haritasındaki konumu Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 İnceleme alanının deprem bölgeleri haritasındaki yeri (Anonim 1996)

2.3 Yeraltısuyu Durumu

İnceleme alanında Kızılırmak Nehri'nin yatağındaki alüvyonlarda yeraltısuyu bulunmaktadır. Yamaçlardaki ayrışmış serpantinit ve radyolaritlerde yapılan sondajlar sırasında yeraltısuyu seviyesi ölçülmemiştir. Ancak yamaçlardaki yamaç molozları ile ayrışmış serpantinit ve radyolaritlerin, kırık ve çatlakları ile kuruma çatlaklarından süzülen yağmur ve kar gibi yüzey suları kayma düzlemine ulaşmaktadır. Heyelan alanında süzülen bu suların çıkış yerleri 5. Bölümde verilen mühendislik jeolojisi haritasında gösterilmiştir (Şekil 5.2).

3. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazi çalışmalarında, heyelan alanının 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır. Heyelan alanında Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi tarafından yapılan jeoteknik amaçlı sondajlar sırasında iri taneli zeminlerin sıkılığını ve ince taneli zeminlerin kıvamını belirlemek amacıyla Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmış ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Sondaj çalışmaları sırasında sağlam kesimlerden karot örnekleri (C) alınarak ASTM (1994) standartlarına uygun olarak Toker laboratuvarında deneye tabi tutulmuşlardır. Ayrıca, tüm kuyulara inklinometre boruları yerleştirilerek kayma derinliği hakkında periyodik olarak ölçümler yapılmıştır.

3.1 Jeoteknik Sondajlar

Kalecik heyelan alanında KGM'nin isteği üzerine Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi tarafından 30/05/2006-14/06/2006 tarihleri arasında derinlikleri 15.0 m ile 25.0 m arasında değişen toplam 165 m derinliğinde 8 adet jeoteknik amaçlı sondaj yapılmıştır (Şekil 3.1).

Sondaj kuyularında yeraltısuyu seviyesi ölçülmemiştir. Ancak arazide ayrışmış serpantinit ve radyolaritin kırık ve çatlakları ile kuruma çatlaklarından süzülen yağış sularının oluşturduğu yeraltısuyunun seviyesi, heyelan üzerindeki küçük kaynakların çıkış noktaları dikkate alınarak belirlenmiştir. Sondajlardan elde edilen verilerin işlenmiş olduğu sondaj logları Ek 1'de verilmiştir. Sondajların numarası, kotu, koordinatı ve derinliği Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Sondajlar sırasında Toker Sondaj ve İnşaat Ltd. Şti. tarafından SK 1 no.lu kuyuda 10, SK 2 no.lu kuyuda 4, SK 3 no.lu kuyuda 1, SK 4 no.lu kuyuda 2, SK 5 no.lu kuyuda 6, SK 6 no.lu kuyuda 4, SK 7 no.lu kuyuda 7 ve SK 8 no.lu kuyuda 10 adet olmak üzere toplam 44 adet SPT yapılmıştır. SK 4 no.lu kuyuda 1, SK 5 no.lu kuyuda 2 ve SK 8 no.lu kuyuda 3 adet olmak üzere toplam 6 adet numune alıcı ile örselenmiş (D) örnekler alınmıştır. Ayrıca karotiyer ile 4 adet örselenmemiş karot (C) örneğinde makaslama deneyi yapılmıştır.



Şekil 3.1 Heyelan topuğunda yapılan SK2 no.lu sondaj yeri

Çizelge 3.1 Kalecik heyelan bölgesindeki sondajların numarası, kotu, derinliği ve koordinatları (UTM)

Sondaj No.	Kot (m)	Derinlik (m)	Koordinat	
			X (Doğu)	Y (Kuzey)
SK1	652	15.00	538168.74	436310.90
SK2	666	20.00	538195.12	436238.61
SK3	665	20.00	538241.15	436307.79
SK4	665	20.00	538241.15	436307.79
SK5	667	20.00	538257.26	436332.56
SK6	695	25.00	538299.83	436238.17
SK7	697	25.00	538224.45	436152.93
SK8	710	20.00	538335.03	436196.96
Toplam	165.00			

3.2 Arazi Deneyleri

3.2.1 Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Jeoteknik amaçlı sondajlarda her 1.5 m'de bir iri taneli zeminlerin sıkılığını ve ince taneli zeminlerin kıvamını belirlemek amacıyla SPT yapılarak darbe sayıları (Nf) belirlenmiş ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Sondaj sırasındaki SPT, TS EN (1997) standardına göre yapılmıştır.

3.2.2 Örselenmemiş (C) örneklerinin alınması

Heyelan alanında yapılan sondajlar sırasında Shelby tüpü ile örnek alınamadığından SPT darbe sayılarının yüksek olduğu derinliklerden zeminlerin fiziksel ve dayanım parametrelerini belirlemek amacıyla karotiyer ile hidrolik basınç uygulanarak karot (C) örneği alınmaya çalışılmıştır. Ancak heyelan alanında sadece SK1, SK2, SK3, SK4 no.lu sondajların farklı derinliklerinden karot örneği alınabilmiştir.

3.2.3 İnklinometre ölçümleri

Yerleştirildikleri sondaj deliğinin eksenine dik yönde oluşan hareketlerin ölçülmesinde kullanılan inklinometreler yardımıyla düşey doğrultudaki deliğin iki tarafında 10^{o} ile 20^{o}'lik sapmalar ölçülebilmekte, hareketin yeri, büyüklüğü ve yönü saptanabilmektedir. Uygulaması son derece basit olan bu yöntem ile hareketlerin üçüncü boyutta da izlenmesi mümkündür.

Bir tek inklinometre cihazı kullanılarak çok sayıda sondaj deliğinden ölçüm alınabilmekte ve ölçüm hassasiyetinin diğer yöntemlerden daha yüksek olması sebebiyle kaya kütlelerinde ve zeminde gelişebilecek çok yavaş hareketler de kaydedilebilmektedir (Hanna 1985).

Heyelan alanında yapılan tüm sondaj kuyularına Şekil 3.2'de görüldüğü gibi Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi tarafından inklinometre boruları yerleştirilmiştir (Toker vd. 2006). Firma tarafından 09 Haziran 2006 - 26 Temmuz 2006 tarihleri arasında ölçümler alınmıştır.

Ölçümlerin yapıldığı tarihler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Derinliğe bağlı olarak alınan ölçümler Ek 2' de verilmiştir. Çizelge 3.3'de ise, inklinometre kuyu derinlikleri, kayma derinlikleri ve kayma miktarları yer almaktadır.



Şekil 3.2 SK1 no.lu sondaj kuyusuna yerleştirilmiş inklinometre borusu (Toker vd. 2006)

Çizelge 3.2 Sondaj kuyularında yapılan inklinometre ölçümü tarihleri

Sondaj No.	Baz ölçüm tarihi	1. Ölçüm tarihi	2. Ölçüm tarihi	3. Ölçüm tarihi	4. Ölçüm tarihi	5. Ölçüm tarihi
SK1	12.06.06	14.06.06	21.06.06	28.06.06	05.07.06	26.07.06
SK2	10.06.06	14.06.06	21.06.06	28.06.06	05.07.06	26.07.06
SK3	10.06.06	14.06.06	21.06.06	28.06.06	05.07.06	26.07.06
SK4	10.06.06	21.06.06	28.06.06	05.07.06	26.07.06	-
SK5	09.06.06	14.06.06	21.06.06	28.06.06	05.07.06	26.07.06
SK6	16.06.06	18.06.06	21.06.06	05.07.06	26.07.06	-
SK7	12.06.06	18.06.06	21.06.06	28.06.06	05.07.06	26.07.06
SK8	12.06.06	14.06.06	21.06.06	28.06.06	05.07.06	26.07.06

Çizelge 3.3 Sondaj kuyularındaki inklinometre ölçümü ile belirlenen kayma derinlikleri ve kayma miktarları

Sondaj No.	Kuyu derinliği (m)	Kayma derinliği (m)	Kayma miktarı (mm)
SK1	14.00	8.00	12.50
SK2	21.00	12.00	6.00
SK3	11.00	8.00	18.00
SK4	17.00	13.00	22.00
SK5	20.00	9.00	23.00
SK6	25.00	12.00	3.00
SK7	26.00	9.00	5.00
SK8	19.00	12.00	8.00

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Heyelan alanında kaymanın meydana geldiği H1, H2 ve H5 no.lu heyelanların kayma yüzeylerinden 3 adet örselenmiş (D) örneği alınmıştır. Örneklerin doğal su içeriği (ω_n), tane boyu dağılımı, doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), Atterberg limitleri (LL, PL, PI) KGM Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır (Çizelge 4.1).

Sondajların farklı derinliklerinden birimleri temsil eden 44 adet örselenmiş SPT, 4 adet örselenmiş (D) ve 4 adet karotiyer ile alınan karot numunesi (C) alınmıştır. Örneklerin doğal su içeriği (ω_n), tane boyu dağılımı, doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), Atterberg limitleri (LL, PL, PI), 2006 yılında Toker Sondaj ve İnşaat Limited Şirketi Zemin Mekaniği Laboratuvarında ASTM (1994) standartlarına uygun olarak tayin edilmiştir (Çizelge 4.2).

.

Çizelge 4.1 H1, H2 ve H5 no.lu heyelanların kayma yüzeyinden alınmış ayrışmış serpantinitin fiziksel özellikleri

Örnek No.	ω_n (%)	γ_n (kN/m^3)	Atterberg limitleri (%)			Tane boyu (yüzde geçen)			Zemin sınıfı	Litolojik birim
			LL	PL	PI	Çakıl (%)	Kum (%)	Kil ve silt (%)		
H1-D1	21.1	19.30	47.7	21.7	26.0	7.0	43.0	50.0	CL	Serpantinit
H2-D2	14.6	21.60	74.6	49.2	25.4	20.0	53.0	27.0	SC	Serpantinit
H5-D3	41.5	19.80	107.5	28.3	79.2	0	3.0	97.0	CH	Serpantinit

Çizelge 4.2 Heyelan sahasındaki zeminlerin fiziksel özellikleri (Toker vd. 2006)

Örnek			ω_n (%)	γ_n (kN/m^3)	n (%)	γ_s (kN/m^3)	(.....)	Atterberg limitleri (%)			Çakıl (%)	Kum (%)	Kil ve silt (%)	Zemin sınıfı	Litolojik birim
Sondaj No.	Örnek No.	Derinlik (m)						LL	PL	PI					
SK1	SPT-1	1.50-1.95	11.2	20.39	28	18.55	23.75	43.1	19.5	23.6	33.3	44.2	22.5	SC	Yamaç molozu
SK1	SPT-3	4.50-4.95	10.3	20.39	28	18.55	23.75	43.2	20.0	23.2	37.9	43.1	19.0	GC	Yamaç molozu
SK1	SPT-5	7.50-7.95	12.1	20.39	28	18.55	23.75	38.7	18.1	20.6	26.1	44.0	29.9	SC	Yamaç molozu
SK1	SPT-6	9.00-9.45	9.3	20.39	22	18.45	22.51	38.9	16.2	22.7	23.2	30.3	46.5	SC	Radyolarit
SK1	SPT-7	10.50-10.95.	10.8	20.39	22	18.45	22.51	28.1	14.5	13.6	27.0	46.8	26.2	SC	Radyolarit
SK1	SPT-8	12.00-12.40	8.8	20.39	22	18.45	22.51	28.1	13.8	14.3	25.7	52.7	21.6	SC	Radyolarit
SK1	C-7	12.40-13.50	9.1	20.39	20	18.69	22.43	29.8	13.9	15.9	26.9	47.4	25.7	SC	Serpantinit
SK1	SPT-9	13.50-13.95	12.5	20.39	20	18.69	22.43	28.4	16.0	12.4	16.5	52.4	31.1	SC	Serpantinit
SK1	SPT-10	15.00-15.45	9.3	20.39	22	18.45	22.51	31.6	14.0	17.6	28.1	37.8	34.1	SC	Radyolarit
SK2	SPT-2	3.00-3.45	12.0	22.30	28	18.55	23.75	39.4	22.4	17.0	35.7	51.1	13.2	GC	Yamaç molozu
SK2	SPT-3	4.50-4.78	10.1	22.30	20	18.69	22.43	37.3	18.4	18.9	17.2	69.9	12.9	SC	Serpantinit
SK2	C-2	8.00-8.20	10.3	22.30	20	18.69	22.43	32.4	17.6	14.8	17.5	67.9	14.6	SC	Serpantinit
SK2	SPT-4	12.00-12.45	9.9	22.30	22	18.45	22.51	28.6	16.2	12.4	17.7	66.0	16.3	SC	Serpantinit
SK2	C-7	15.00-16.50	16.6	22.30	22	18.45	22.51	26.7	16.4	10.3	24.6	48.2	23.6	SC	Radyolarit
SK2	C-10	19.40-19.60	11.8	22.30	22	18.45	22.51	28.2	17.3	10.9	7.1	59.7	33.2	SC	Radyolarit

Çizelge 4.2 Heyelan sahasındaki zeminlerin fiziksel özellikleri (devam)

Örnek			ω_n (%)	γ_n (kN/m^3)	n (%)	γ_s (kN/m^3)	γ_{doy} (kN/m^3)	Atterberg limitleri (%)			Çakıl (%)	Kum (%)	Kil ve silt (%)	Zemin sınıfı	Litolojik birim
Sondaj No.	Örnek No.	Derinlik (m)						LL	PL	PI					
SK3	C-6	10.50-12.00	12.6	21.03	22	18.45	22.51	31.3	17.7	13.6	10.2	58.5	31.3	SC	Serpantinit
SK4	SPT-1	1.50-1.95	12.7	19.76	22	18.45	22.51	29.5	16.6	12.9	25.7	46.0	28.3	GC	Yamaç molozu
SK4	SPT-2	3.00-3.07	6.2	19.76	22	18.45	22.51	33.4	16.7	16.7	48.8	29.9	21.3	GC	Radyolarit
SK4	C-1	3.50-5.00	13.4	19.76	22	18.45	22.51	32.9	16.9	16.0	3.7	59.5	36.8	SC	Radyolarit
SK4	D-1	19.50-19.70	11.9	19.76	22	18.45	22.51	38.9	17.0	21.9	33.3	38.8	27.9	SC	Radyolarit
SK5	SPT-2	3.00-3.07	16.1	19.62	28	18.55	23.75	36.5	18.9	17.6	20.9	58.7	20.4	SC	Yamaç molozu
SK5	C-1	4.00-4.30	12.6	19.62	22	18.45	22.51	35.3	17.5	17.8	2.3	46.1	51.6	SC	Radyolarit
SK5	SPT-3	4.50-4.91	11.3	19.62	22	18.45	22.51	39.1	16.7	22.4	3.6	41.4	55.0	CL	Radyolarit
SK5	D-1	6.00-6.20	10.9	19.62	22	18.45	22.51	32.2	15.2	17.0	24.9	55.8	19.3	SC	Radyolarit
SK5	SPT-4	6.20-6.63	13.0	19.62	22	18.45	22.51	37.3	17.8	19.5	1.0	50.8	48.2	SC	Radyolarit
SK5	D-2	9.00-9.10	13.5	19.62	22	18.45	22.51	39.7	15.6	24.1	30.3	38.3	31.4	SC	Radyolarit
SK5	SPT-6	9.10-9.55	16.9	19.62	22	18.45	22.51	46.6	19.8	26.8	30.4	38.8	30.8	SC	Radyolarit
SK6	SPT-2	3.00-3.20	5.7	19.76	22	18.45	22.51	26.6	16.4	10.2	62.7	22.9	14.4	GC	Radyolarit
SK6	SPT-3	7.50-7.95	3.7	19.76	22	18.45	22.51	26.7	14.3	12.4	69.3	18.6	12.1	GC	Radyolarit
SK6	SPT-4	9.00-9.14	9.2	19.76	22	18.45	22.51	32.9	14.2	18.7	31.3	43.9	24.8	SC	Radyolarit
SK7	SPT-2	3.00-3.45	12.2	20.39	22	18.45	22.51	36.7	19.3	17.4	8.6	58.5	32.9	SC	Radyolarit

Çizelge 4.2 Heyelan sahasındaki zeminlerin fiziksel özellikleri (devam)

Örnek			ω_n (%)	γ_n (kN/m^3)	n (%)	γ_s (kN/m^3)	γ_{doy} (kN/m^3)	Atterberg limitleri (%)			Çakıl (%)	Kum (%)	Kil ve silt (%)	Zemin sınıfı	Litolojik birim
Sondaj No.	Örnek No.	Derinlik (m)						LL	PL	PI					
SK7	SPT-4	6.00-6.25	10.2	20.39	22	18.45	22.51	30.0	19.1	10.9	11.8	58.6	29.6	GC-GM	Radyolarit
SK7	SPT-6	9.00-9.08	8.0	20.39	22	18.45	22.51	20.4	13.9	6.5	57.1	25.4	17.5	SC	Radyolarit
SK7	SPT-7	10.50-10.70	9.9	20.39	22	18.45	22.51	27.1	13.2	13.9	34.5	44.0	21.5	SC	Radyolarit
SK8	SPT-4	6.10-6.55	13.3	19.62	22	18.45	22.51	32.7	16.6	16.1	3.6	61.1	35.3	SC	Radyolarit
SK8	SPT-6	9.00-9.40	10.8	19.62	22	18.45	22.51	35.0	16.4	18.6	3.8	58.0	38.2	SC	Radyolarit
SK8	SPT-7	10.50-10.85	12.3	19.62	22	18.45	22.51	33.7	14.8	18.9	10.5	61.4	28.1	CL	Radyolarit
SK8	SPT-8	12.00-12.45	17.0	19.62	20	18.69	22.43	47.5	21.1	26.4	0	31.1	68.9	CH	Serpantinit
SK8	D-3	13.50-13.60	16.8	19.62	20	18.69	22.43	55.6	18.7	36.9	1.5	38.7	59.8	CH	Serpantinit
SK8	SPT-10	15.00-15.25	18.7	19.62	20	18.69	22.43	50.0	19.8	30.2	0	39.7	60.3	SC	Serpantinit

ω_n: doğal su içeriği, γ_n: doğal birim hacim ağırlık, n: gözeneklilik, γ_s: kuru birim hacim ağırlık , γ_{doy}: doygun birim hacim ağırlık

4.1 Makaslama Dayanımı

Zeminlerin makaslama dayanımı, zemine uygulanan sürekli makaslama yer değiştirmeleri altında zemin tanelerinin birbirine göre rölatif hareketlerine karşı gösterdikleri dirençtir. Makaslama deneyi, hem kohezyonlu hem de kohezyonsuz zeminlerde örneğin konsolide ve drene olup olmamasına göre farklı koşullarda yapılır (Çetin vd. 2002).

Heyelan alanında 4 adet sondaj kuyusundan (SK1, SK2, SK3, SK4) karotiyer ile alınan örselenmemiş karot örneklerinde konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) şartlarda makaslama deneyi yapılmıştır. Makaslama deneyi SK1 ve SK3 no.lu sondaj kuyusunda serpantinit, SK2 ve SK4 no.lu sondaj kuyusunda ise radyolarit biriminde yapılmıştır.

Ancak, deneyler konsolidasyonsuz ve drenajsız (UU) şartlarda yapıldığı için uzun süreli duraylılık açısından bu dayanım parametreleri statik analizlerde kullanılmamıştır. Deney sonuçları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Serpantinit ve radyolaritin konsolidasyonsuz - drenajsız (UU) şartlarındaki makaslama dayanımı deney sonuçları

Kuyu No.	Örnek No.	Deney tipi	Derinlik (m)	ω (%)	γ_n (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ (derece)	Litolojik birim
SK1	C-7	UU	12.0-13.4	9.1	20.39	44	27	Serpantinit
SK2	C-7	UU	15.0-16.5	16.6	22.30	55	21	Radyolarit
SK3	C-6	UU	10.5-12.0	12.6	21.03	23	30	Serpantinit
SK4	C-1	UU	3.5-5.0	13.4	19.76	33	22	Radyolarit

4.2 Jeoteknik Özellikler ve Değerlendirmeler

Kalecik heyelan alanında yapılan sondajlarda killi, çakıllı kumdan oluşan yamaç molozu, ayrışmış radyolarit ve ayrışmış serpantinit olmak üzere üç tür zemin tespit edilmiştir.

Radyolaritler GC-SC ve serpantinitler ise SC, CL-CH olarak gruplara ayrılmış olup, bu zemin gruplarının fiziksel-indeks özellikleri en az, en çok, ortalama, standart sapma ve standart hata değerleri sırasıyla Çizelge 4.4 - 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 SK4, SK6 ve SK7 no.lu sondajlarda kesilen ayrışmış radyolaritlerdeki (Ofra) GC türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi

Özellikler	Örnek sayısı	GC				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği (ω_n) %	5	3.70	12.70	7.26	3.41	1.53
Birim hacim ağ. (γ_n) kN/m^3	3	19.76	20.39	19.97	0.37	0.22
Likit limit (LL) %	5	20.40	33.40	27.32	4.76	2.13
Plastik limit (PL) %	5	13.90	16.70	15.58	1.37	0.62
Plastisite indisi (PI) %	5	6.50	16.70	11.74	3.75	1.68
Kum %	5	30.70	74.30	47.28	16.68	7.45
Kil ve silt %	5	12.10	28.30	18.72	6.37	2.85

Çizelge 4.5 SK1, SK2, SK5, SK6, SK7 ve SK8 no.lu sondajlarda kesilen ayrışmış radyolaritlerdeki (Ofra) SC türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi

Özellikler	Örnek sayısı	SC				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği (ω_n) %	18	8.80	16.90	11.30	2.04	0.49
Birim hacim ağ. (γ_n) kN/m^3	6	19.62	22.30	20.35	1.02	0.24
Likit limit (LL) %	18	27.10	46.60	34.30	5.19	1.23
Plastik limit (PL) %	18	13.20	19.80	16.13	1.95	0.46
Plastisite indisi (PI) %	18	10.90	26.80	18.15	4.28	1.01
Kum %	18	65.50	99.00	80.60	11.78	2.78
Kil ve silt %	18	16.30	55.00	31.54	10.30	2.43

Çizelge 4.6 SK1 ve SK2 no.lu sondajlarda kesilen ayrışmış serpantinitlerdeki (Ofs) SC türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi

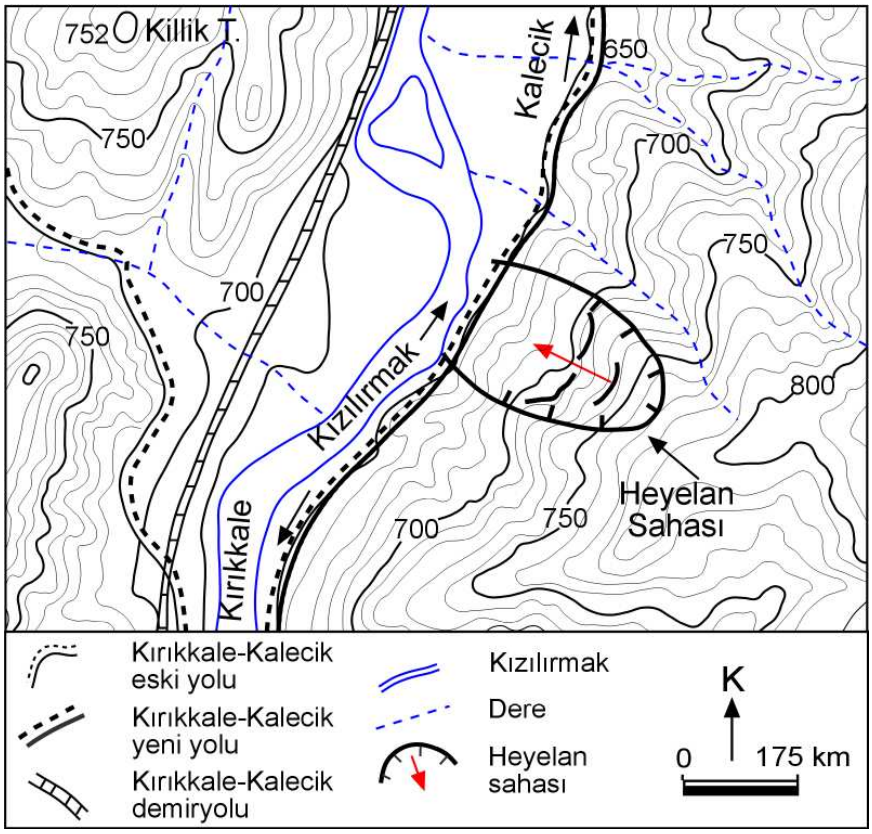
Özellikler	Örnek sayısı	SC				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği (ω_n) %	3	10.10	14.60	12.40	1.98	1.14
Birim hacim ağ. (γ_n) kN/m^3	3	20.39	22.30	21.43	0.94	0.54
Likit limit (LL) %	3	28.40	74.60	46.77	24.51	14.17
Plastik limit (PL) %	3	16.00	49.20	27.87	18.51	10.70
Plastisite indisi (PI) %	3	12.40	25.40	18.90	6.54	3.78
Kum %	3	80.00	83.50	82.10	1.85	1.07
Kil ve silt %	3	12.90	31.10	23.67	9.52	5.50

Çizelge 4.7 SK8 no.lu sondajda kesilen ayrışmış serpantinitlerdeki (Ofs) CL-CH türü zeminlerin fiziksel-indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi

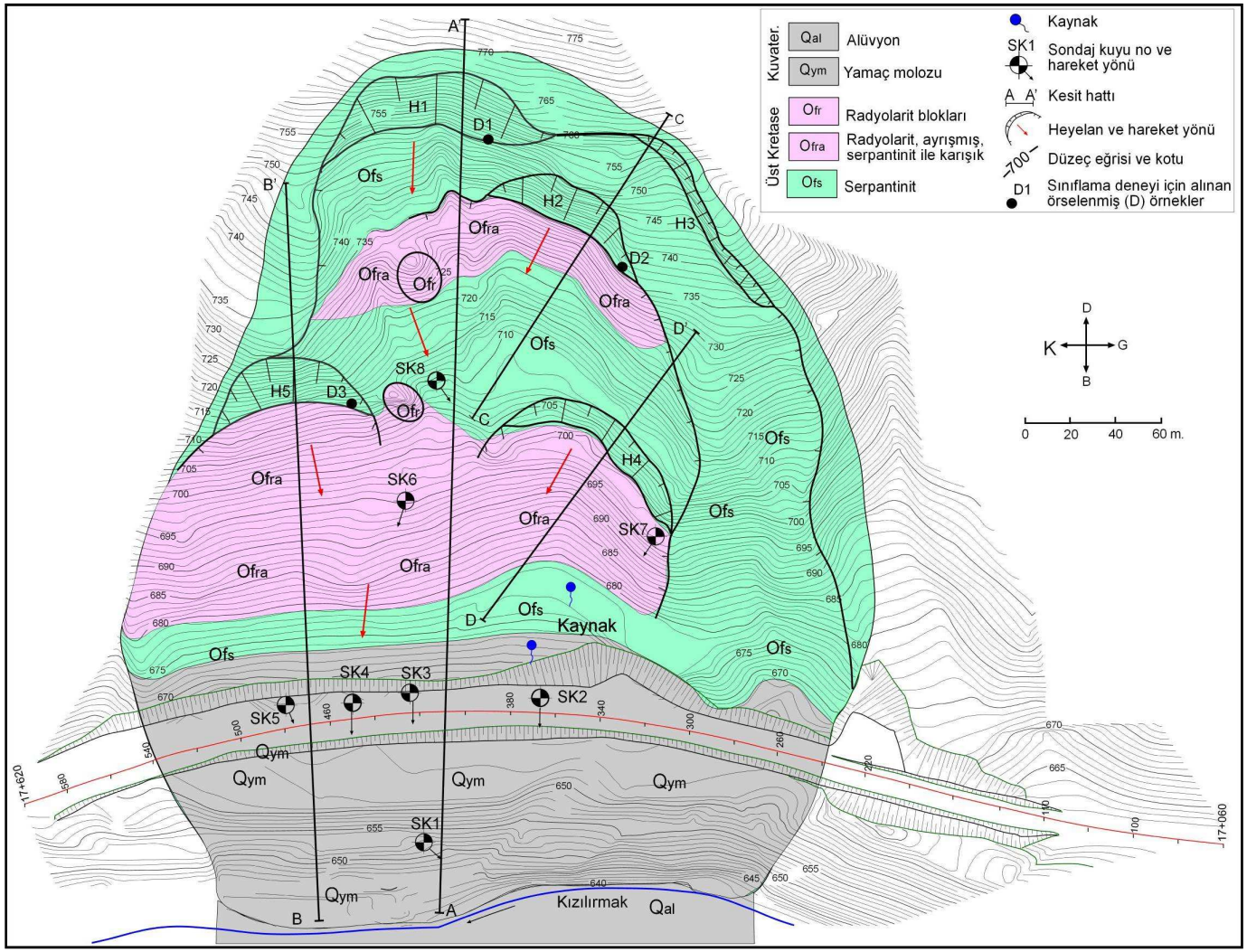
Özellikler	Örnek sayısı	CL-CH				
		En az	En çok	Ortalama	Standart sapma	Standart hata
Doğal su içeriği (ω_n) %	4	17.00	41.50	24.58	11.41	5.71
Birim hacim ağ. (γ_n) kN/m^3	3	19.30	19.80	19.57	0.06	0.02
Likit limit (LL) %	5	33.70	107.50	58.40	28.56	12.75
Plastik limit (PL) %	5	14.80	28.30	20.92	4.94	2.21
Plastisite indisi (PI) %	5	18.90	79.20	37.48	24.18	10.80
Kum %	5	89.50	100.0	96.20	4.72	2.11
Kil ve silt %	5	28.10	97.00	60.76	25.30	11.29

5. HEYELANLARIN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

Kırıkkale - Kalecik yolundaki heyelanın yer belirleme haritası Şekil 5.1'de, heyelan alanı için hazırlanan 1/2000 ölçekli mühendislik jeoloji haritası ise Şekil 5.2'de verilmiştir.



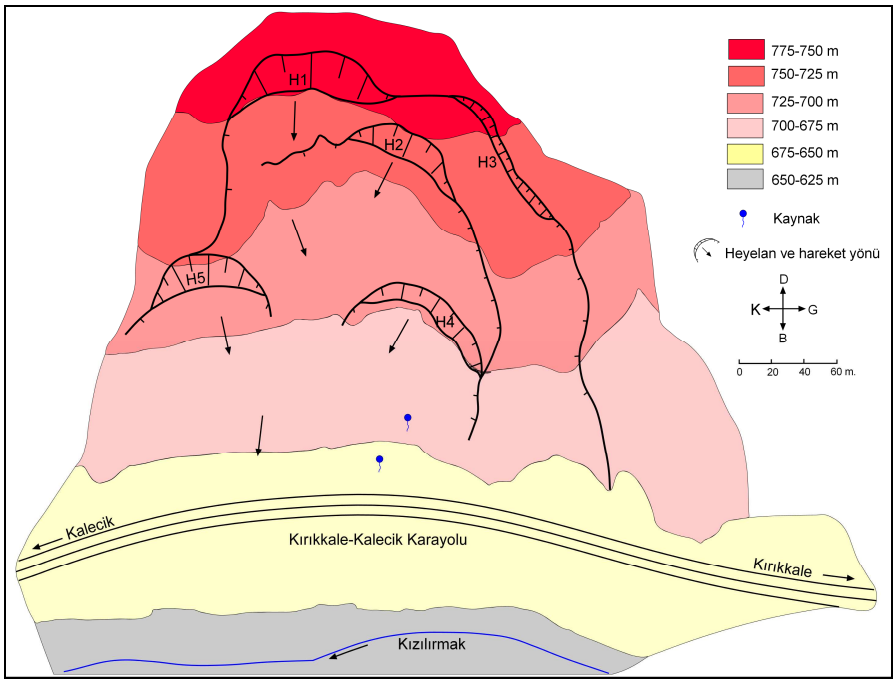
Şekil 5.1 Kalecik heyelanının yer belirleme haritası (Anonim 1982)



Şekil 5.2 Kalecik heyelanının mühendislik jeolojisi haritası

5.1 Heyelanın Morfolojisi

İncelenen heyelan; doğu-batı yönünde 367.0 m ve kuzey-güney yönünde 322.0 m boyutlarında olup, yaklaşık 118.174 m^2'lik bir alanı kaplamaktadır. Heyelan alanında kot 625 m ile 775 m arasında değişmekte olup, kot değişimi hakkında bilgi vermek amacıyla hazırlanmış olan kot bölgelendirme haritası Şekil 5.3'de verilmiştir. H1 esas heyelan aynası olmak üzere, 5 ayrı heyelan aynası saptanmıştır. H2, H3, H4 ve H5 no.lu heyelanlar H1 no.lu heyelanın içerisinde başlamış ve gelişmiştir. Hareket genel olarak doğudan batıya doğrudur. Her bir heyelanın özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

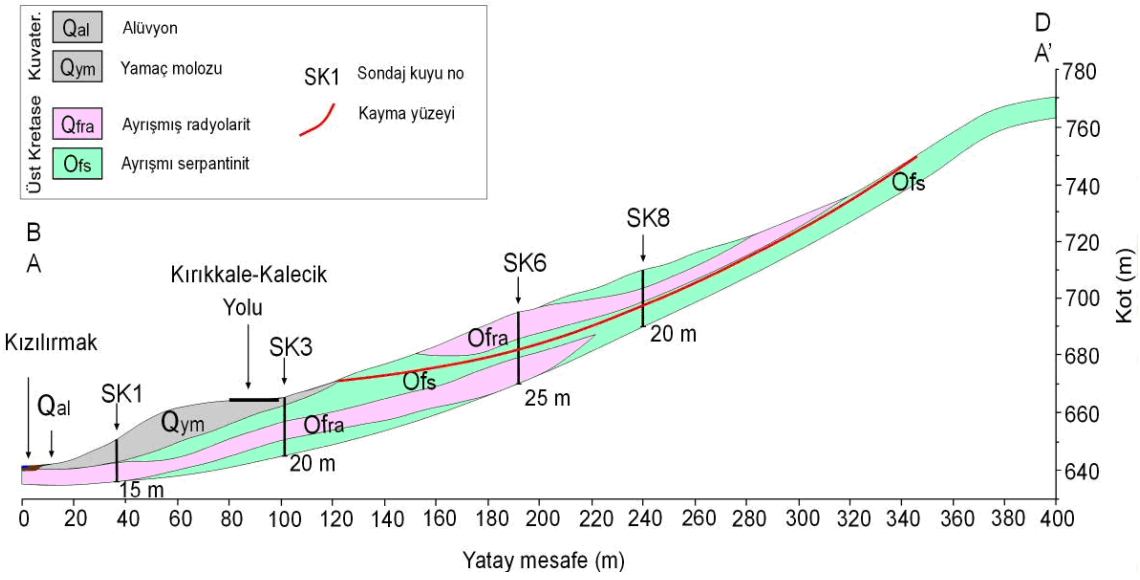


Şekil 5.3 Heyelan alanının kot bölgelendirme haritası

5.1.1 H1 no.lu heyelan

Kalecik heyelanındaki esas heyelan H1 simgesi ile gösterilmiş olup, kayma ayrışmış serpantinit içerisinde meydana gelmiştir. Heyelan esas olarak, Kızılırmak'ın yamaç topuğunu aşındırması ile oluşmuştur. Bunun yanında yerçekimi, yüzey suları ve yeraltısuyunun heyelanın oluşumunu etkilediği, yol kazısı sırasında topuktan yük alınmasının heyelanı tetiklediği düşünülmektedir.

Oluş tarihi kesin olarak bilinmemekle beraber 1970 yılından önce meydana gelmiş olduğu tahmin edilen H1 heyelanı dairesel bir kayma düzlemi boyunca Kızılırmak'a doğru kaymıştır. Heyelanın esas aynasının eğimi 25^{o} batıya doğru olup, yaklaşık 640.0 m olan Kızılırmak' ın akış kotunda sonlanmaktadır. Heyelanın esas aynası Şekil 5.2'deki mühendislik jeolojisi haritasında görüldüğü üzere 766.0 m ile 750.0 m kotları arasındadır. Heyelanın uzunluğu yaklaşık 375.0 m ve genişliği 315.0 m' dir. H1 heyelanının üzerinde gösterilen kayma dairesi SK6 ve SK8 no.lu jeoteknik amaçlı sondaj verileri ve inklinometre okumaları ile arazi gözlemlerine dayanarak belirlenmiştir. Heyelanın kayma dairesinin üst kotu 750.0 m ve alt kotu 670 m'dir. Kayma yüzeyi radyolarit tabanında ve serpantinit içerisinde gelişmiştir. Duraylılık analizleri sonradan oluşan kayma seviyesi için yapılmıştır. H1 heyelanının 1/2000 ölçekli topoğrafik haritadan çıkarılan A-A' mühendislik jeolojisi kesiti Şekil 5.4'de verilmiştir.

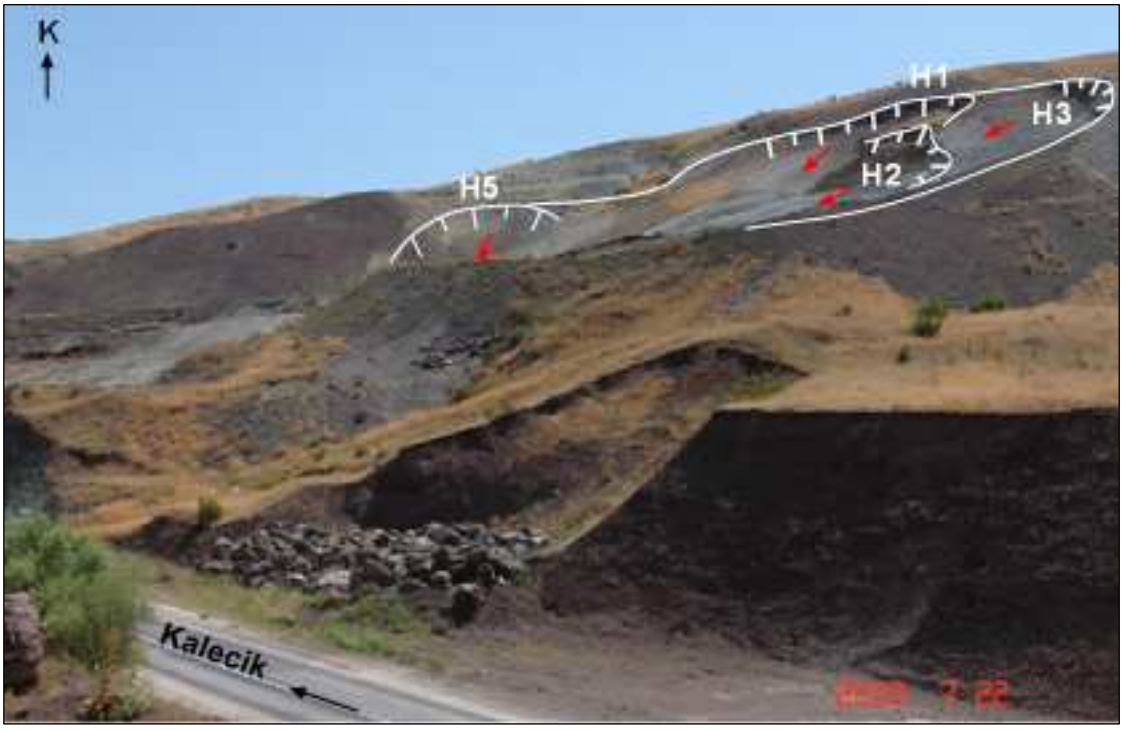


Şekil 5.4 H1 no.lu heyelanın A-A kesiti

Heyelan, kırmızı-kahverenkli, serpantinit ile karışık ayrışmış radyolarit ve ayrışmış serpantinit içerisinde dairesel bir düzlem üzerinde kaymaktadır. H1 heyelanı içerisindeki küçük H2, H3, H4 ve H5 no.lu heyelanların gelişmesinde litolojik dağılım etkili olmuştur. Mühendislik jeolojisi haritasında gösterilen ve boyut itibari ile

heyelanın kayma yüzeyinin altında bulunduğu tahmin edilen radyolarit bloklarının (Of_r) kaymayı engelleyici rol oynamış olabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak kırmızı-kahverenkli ayrışmış radyolaritlerin tamamen ayrışmış serpantinit üzerinde kaydığı gözlenmektedir. Bu durum, heyelanların ayna kesiminde arazi gözlemleri sırasında saptanmıştır (Şekil 5.5). Ayrışmış radyolaritin serpantinit hamuru üzerinde blok durumunda olduğu göz önüne alınırsa, esas kayma yüzeyinin zemin davranışı gösteren ayrışmış serpantinit üzerinde olduğu, bazı kesimlerde tamamen ayrışmış radyolarit üzerinde de kaymaların olduğu sondaj verilerinden anlaşılmaktadır. SK6 ve SK8 no.lu sondajlarda (Ek 1) ayrışmış serpantinit derinliği ve inklinometre ölçümleri (Ek 2) dikkate alındığında heyelanın kayma yüzeyinin yaklaşık 12.0 m derinlikten geçtiği kabul edilmiştir.

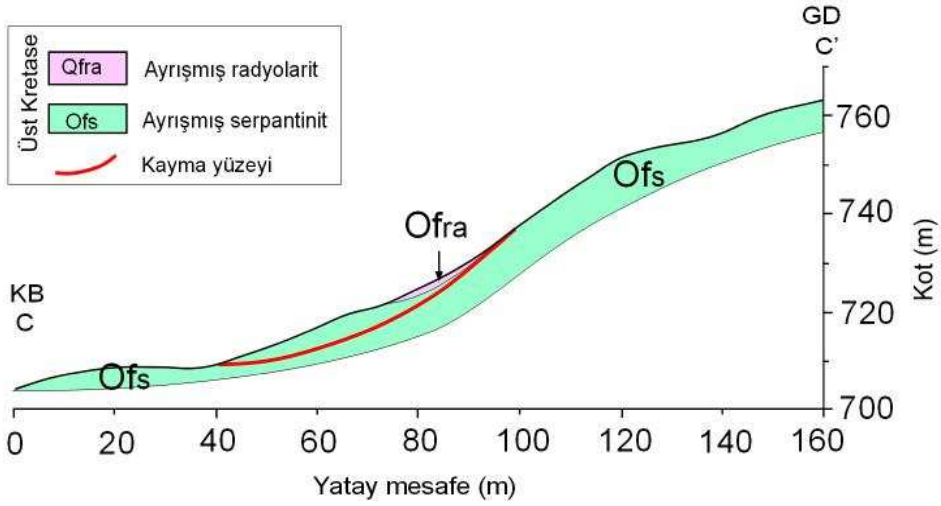


Şekil 5.5 H1, H2, H3 ve H5 no.lu heyelanların GB'dan görünümü

5.1.2 H2 no.lu heyelan

H2 heyelanı, yaklaşık olarak güneydoğudan kuzeybatıya doğru ilerleyen dairesel türde bir heyelandır. Heyelan aynasının eğimi 36^{o} KB olup, Şekil 5.2'deki haritada görüldüğü üzere ayna 751.0 m kotunda başlar ve 735 m kotunda sonlanır. Ancak Şekil 5.6'daki kesitte ayna 745.0 m kotunda başlar ve 735 m kotunda sonlanır. Heyelanın kayma dairesinin üst kotu 735.0 m ve alt kotu 710 m'dir. H2 heyelanının uzunluğu yaklaşık 108.0 m, genişliği 123.0 m ve derinliği 9.0 m'dir.

Bu heyelanın aynasında ayrışmış serpantinit ile kayan kütlenin radyolarit olduğu gözlenmiştir. Sondaj verisi bulunmamaktadır. Bu nedenle kayma düzleminin ayrışmış serpantinit ile radyolarit kontağından geçtiği düşünülmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.6 H2 no.lu heyelanın C-C' kesiti

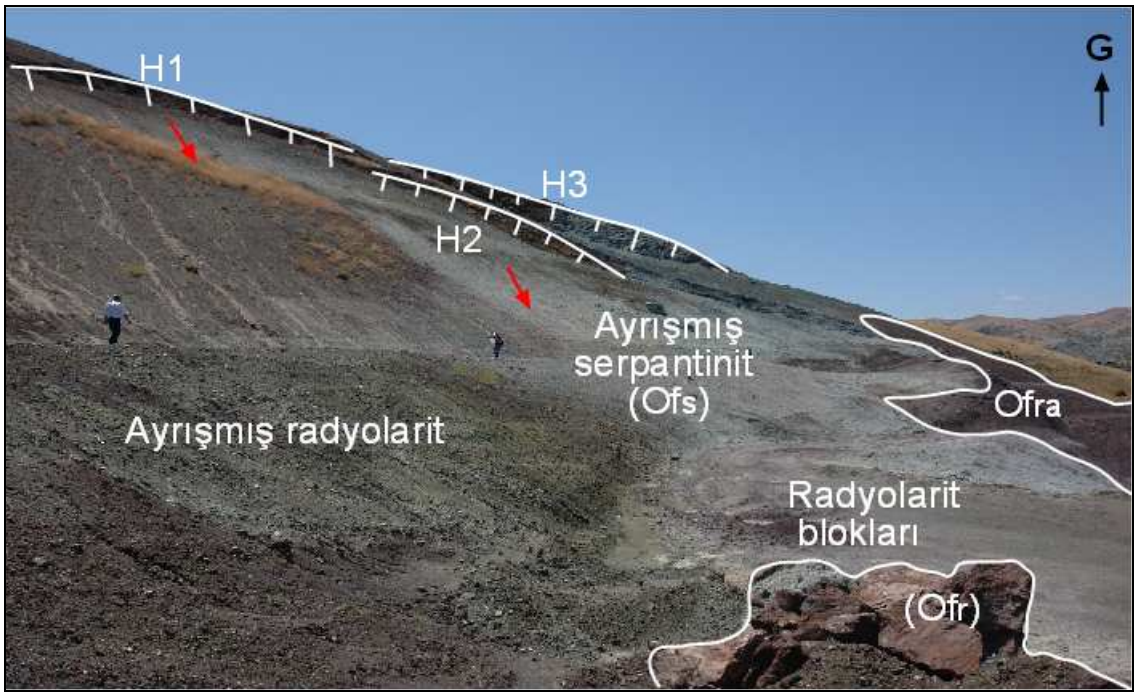
5.1.3 H3 no.lu heyelan

H3 no.lu heyelan, H1 no.lu ana heyelan ile birlikte gelişmiş olup, heyelan aynası H1'in güney kesiminde yaklaşık 760.0 m ile 735.0 m. kotları arasında yer almaktadır. Hareket yönü kuzeybatıya doğrudur ve dairesel türde bir heyelandır. Heyelanın yaklaşık uzunluğu 44.0 m ve genişliği 90.0 m'dir.

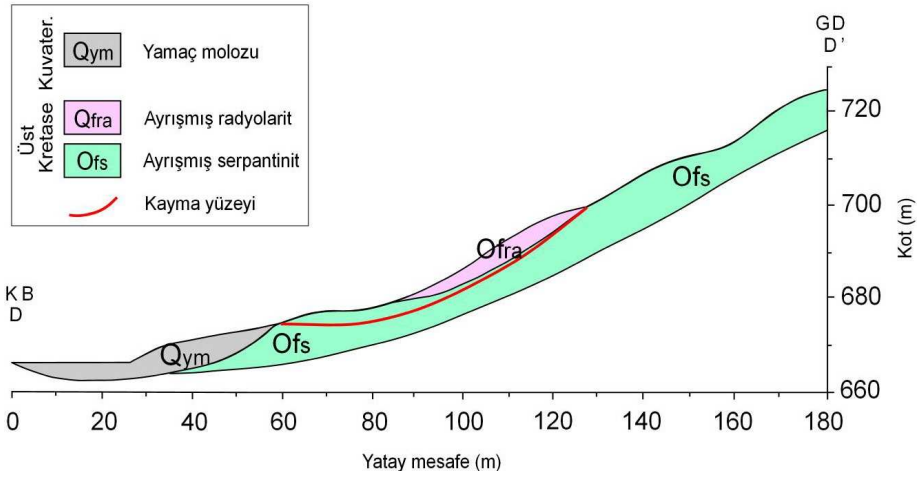
H1 heyelanında olduğu gibi, kırmızı-kahverenkli, ayrışmış radyolarit; ayrışmış serpantinit dokanağında dairesel bir yüzey üzerinde kaymaktadır. Bu nedenle kesiti hazırlanmamış ve statik şev analizi yapılmamıştır.

5.1.4 H4 no.lu heyelan

H4 heyelan aynası Şekil 5.2'de 709.0 m kotunda başlayıp 700.0 m kotunda sonlanır. Ayna eğimi 27^{o} kuzeybatıdır. Heyelanın kayma dairesinin üst kotu 700.0 m ve alt kotu 674 m'dir. Heyelan uzunluğu 108.0 m, genişliği 92.0 m ve kayma derinliği yaklaşık 6.0 m'dir. Şekil 5.8'deki jeoloji kesitinde görüldüğü gibi kırmızı-kahverenkli, ayrışmış radyolarit altta bulunan ayrışmış serpantinitler üzerinde kaymaktadır.



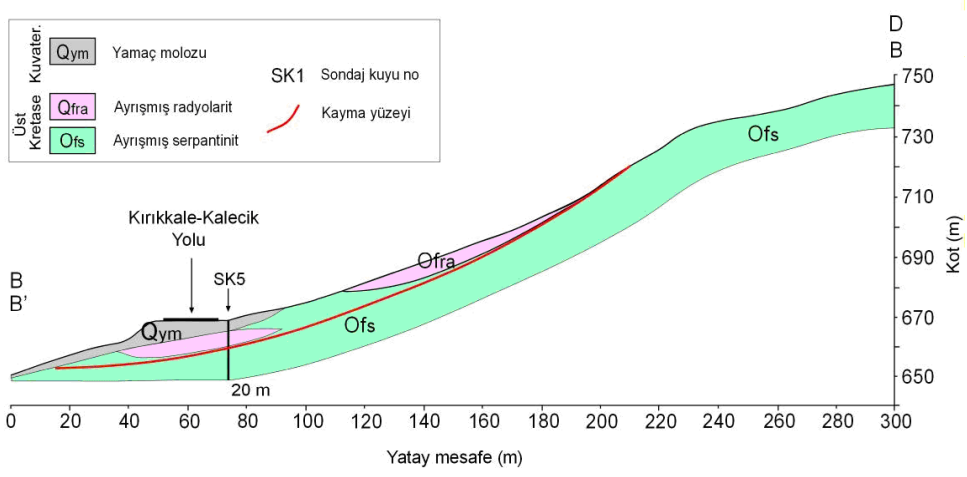
Şekil 5.7 H1, H2 ve H3 no.lu heyelanların aynaları ve litolojik birimler



Şekil 5.8 H4 no.lu heyelanın D-D' kesiti

5.1.5 H5 no.lu heyelan

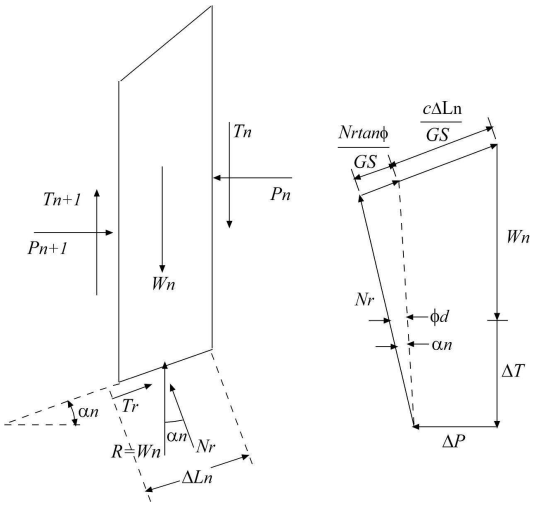
H5 no.lu heyelanda kayma ayrışmış serpantinit içerisinde meydana gelmiştir. H5 heyelanı, yaklaşık doğudan batıya doğru dairesel bir yüzey boyunca hareket etmektedir. Heyelan aynasının eğimi 33^{o} batı olup, 730.0 m kotunda başlamakta ve 715.0 m kotunda sonlanmaktadır. Heyelanın kayma dairesinin üst kotu 715.0 m ve alt kotu 652.0 m'dir. Heyelanın uzunluğu yaklaşık 244.0 m, genişliği 78.0 m ve derinliği SK5 no.lu sondajdan elde edilen inklinometre okumalarına göre en fazla 12.0 m'dir. H5 heyelanından geçen B-B' mühendislik jeolojisi kesiti Şekil 5.9'da verilmiştir.



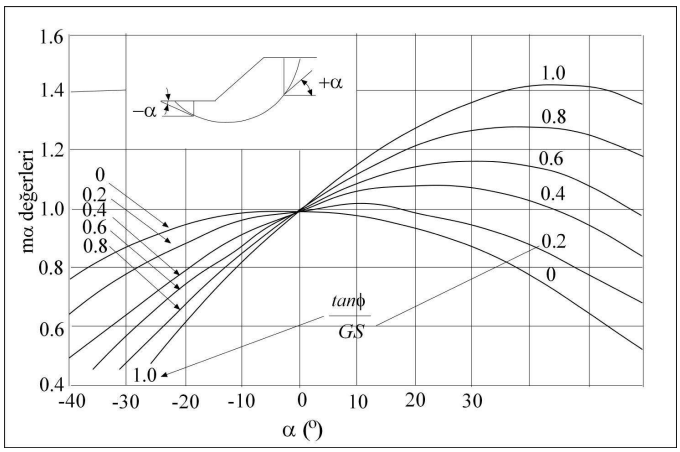
Şekil 5.9 H5 no.lu heyelanın B-B kesiti

6. ŞEV DURAYLILIK ANALİZLERİ

İnceleme alanındaki H1 ve H3 no.lu heyelanlar esas heyelanlar olup, birlikte ele alınmış ve kısmen duraylılığını kazanmış durumdadır. H1 ve H3 no.lu heyelanların topuk kısmında Kırıkkale-Kalecik yolu şev kazısı sonrasında duraylılık bozulmuş ve H2, H4 ve H5 no.lu heyelanlar meydana gelmiştir. Tüm heyelanlarda hareket dairesel tipte gelişmiş olup, aşağıda açıklanan ve Bishop (1955) tarafından dairesel kayma için önerilen analiz yöntemi kullanılarak güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Bu eşitlikte ifade edilen tanımlamalar Şekil 6.1 - 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Bishop (1955) eşitliğinde ifade edilen değişkenlerin tanımlamaları



Şekil 6.2 m_α değişimleri

Heyelan alanının 1/2000 ölçekli topoğrafik haritasından hazırlanan 4 kesit üzerinde H1, H2, H4 ve H5 no.lu heyelanlar için statik koşullardaki kayma daireleri belirlenerek gerekli olan rezidüel değerlerin belirlenmesi için Slide 5.0 programı (Anonymous 2001) ile geriye dönük duraylılık analizleri yapılmıştır (Şekil 6.3-6.17).

Heyelanların kayma daireleri sondajlardaki inklinometre okumaları, litolojik birim değişiklikleri, esas aynaların eğimleri, esas aynalar altındaki litolojik birimler ile kaya birimlerin konumları ve topoğrafya dikkate alınarak, yaklaşık olarak belirlenmiştir. Analizlerdeki kayma daireleri bu veriler ışığında değerlendirilmiştir.

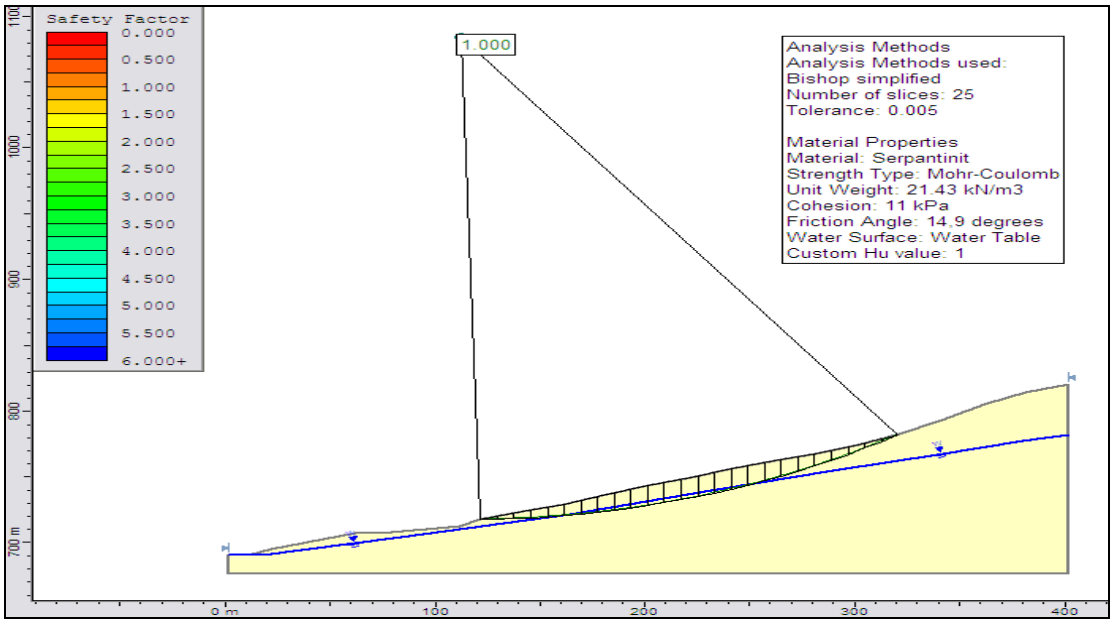
Sondaj kuyularında yeraltısuyu ölçülmemiş olduğundan heyelan alanındaki kaynak çıkışlarına göre yeraltısuyu seviyeleri tahmini olarak yerleştirilmiştir. Ayrıca bu yeraltısuyu seviyesinin altında ve üstünde iki farklı yüzey belirlenmiş toplam 3 adet farklı yeraltısuyu seviyesine göre duraylılık analizleri yapılmıştır.

H3 no.lu heyelan, H1 no.lu esas heyelan ile birlikte geliştiğinden analizlerde birlikte değerlendirilmiştir. Tüm kesitlerde kayma ayrışmış serpantinitler içinde gelişmiş olup, birim hacim ağırlığı 21.43 kN/m^3 alınmıştır.

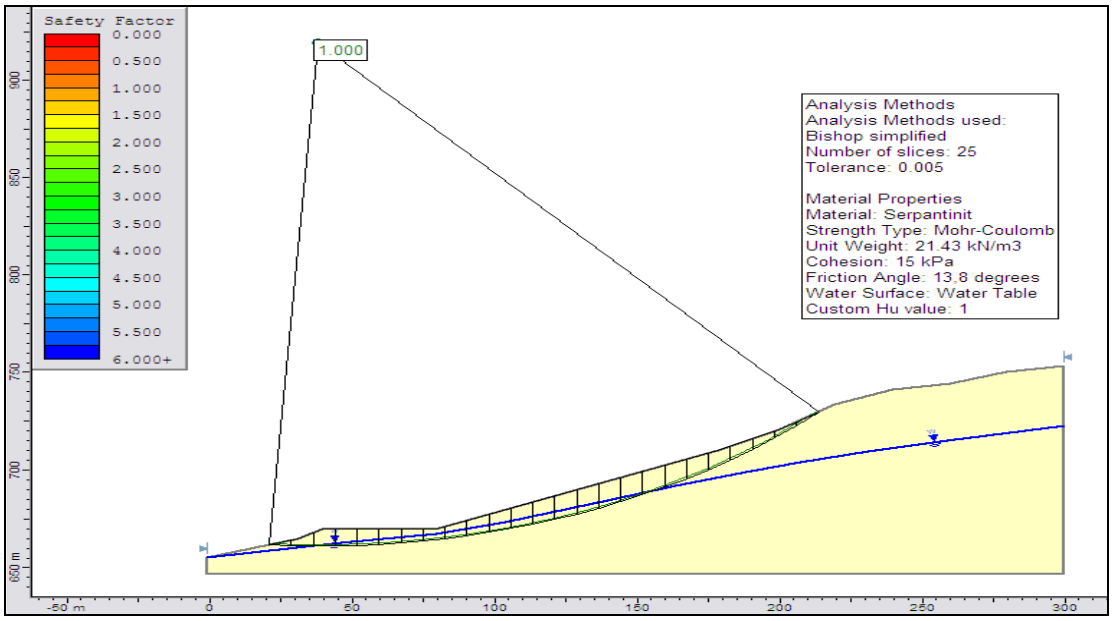
6.1 Yeraltısuyu Seviyesi Durumuna Göre Geriye Dönük Analizler

Laboratuvar verilerine göre UU deney sonuçları olduğundan kayma parametreleri uzun dönem için elde edilememiştir. Geriye dönük analizlerle elde edilen artık kohezyon ve içsel sürtünme açısı olası 3 adet yeraltısuyu tablası koşuluna göre GS=1.00 için analizler yapılarak aşağıda verilmiştir.

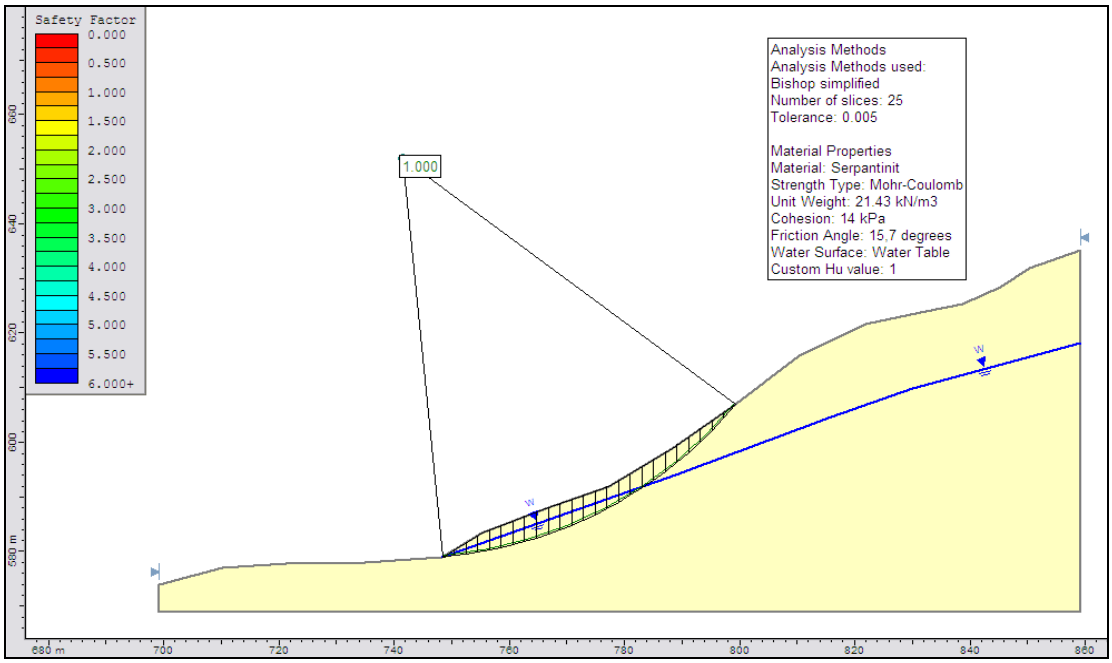
1. Su Tablası Koşuluna Ait Analiz



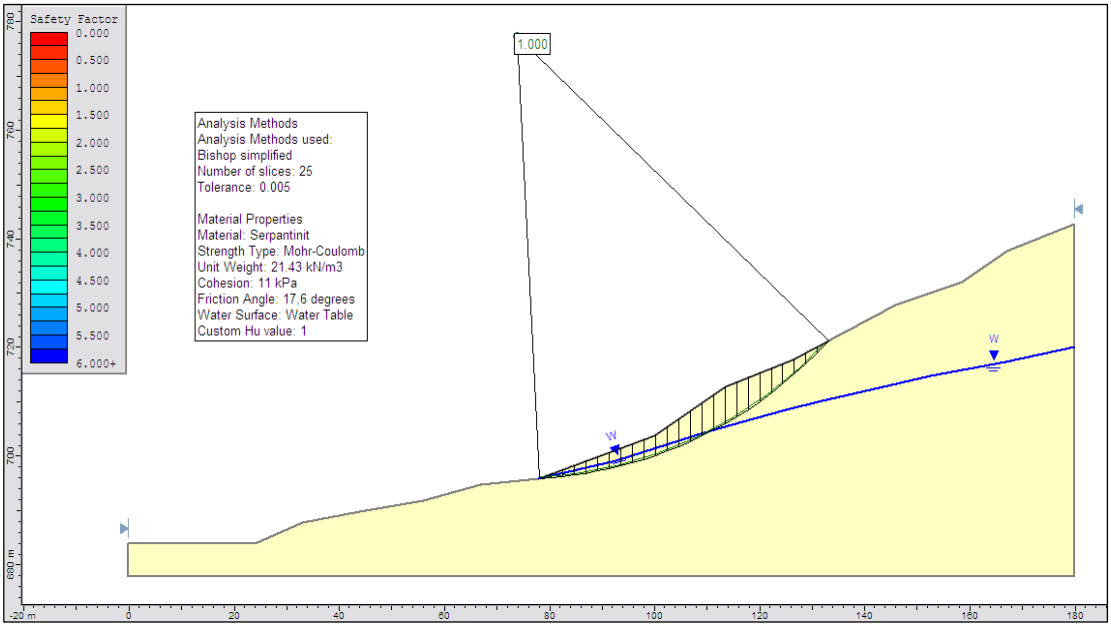
Şekil 6.3 H1 heyelanındaki A-A' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi



Şekil 6.4 H5 heyelanındaki B-B' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi



Şekil 6.5 H2 heyelanındaki C-C' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi

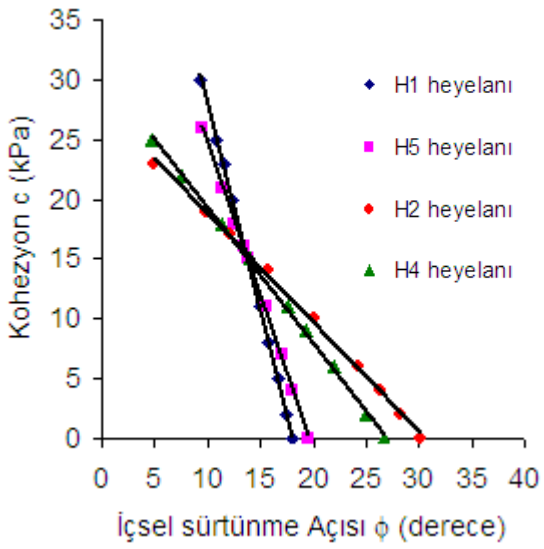


Şekil 6.6 H4 heyelanındaki D-D' kesitinde 1. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi

Her bir kesit için farklı artık kohezyon ve artık içsel sürtünme açısı değerlerinde statik koşullar için kritik denge durumu (GS=1.00) sağlanmıştır. (Çizelge 7.1). Elde edilen verilerin oluşturduğu doğruların kesişim noktalarından artık kohezyon 15 kPa, artık içsel sürtünme açısı 14^{o} bulunmuştur (Şekil 7.10).

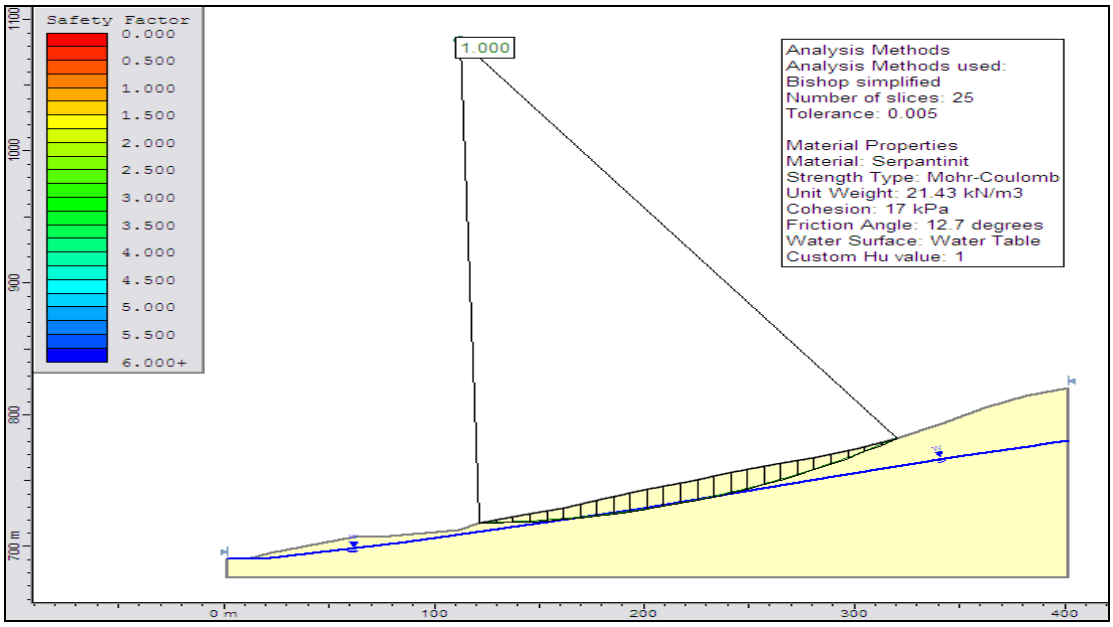
Çizelge 6.1 H1, H5, H2 ve H4 heyelanlarının 1. su tablasına koşuluna ait geri analizi ile elde edilen ve GS=1.00 koşulunu sağlayan c ve ϕ değerleri

KESİT-A		KESİT-B		KESİT-C		KESİT-D	
c	ϕ	c	ϕ	c	ϕ	c	ϕ
0	18	0	19,6	0	30,1	0	26,7
2	17,4	4	18,1	2	28,2	2	25,1
5	16,6	7	17	4	26,4	6	21,9
8	15,8	11	15,5	6	24,3	9	19,3
11	14,9	15	13,8	10	20,1	11	17,6
20	12,3	16	13,4	14	15,7	15	14
23	11,5	18	12,6	17	12,2	18	11,3
25	10,9	21	11,4	19	9,8	22	7,5
30	9,3	26	9,4	23	4,9	25	4,7

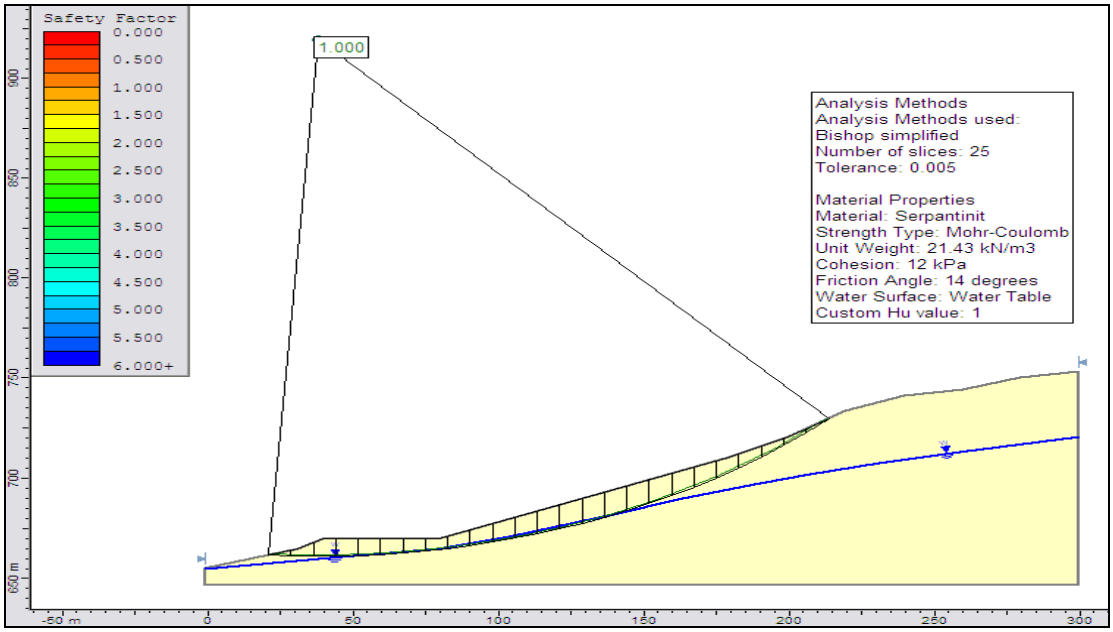


Şekil 6.7 H1, H5, H2 ve H4 heyelanları için 1. su tablası koşuluna ait geri analizden elde edilen c ve ϕ değerlerinin doğrusal grafiği

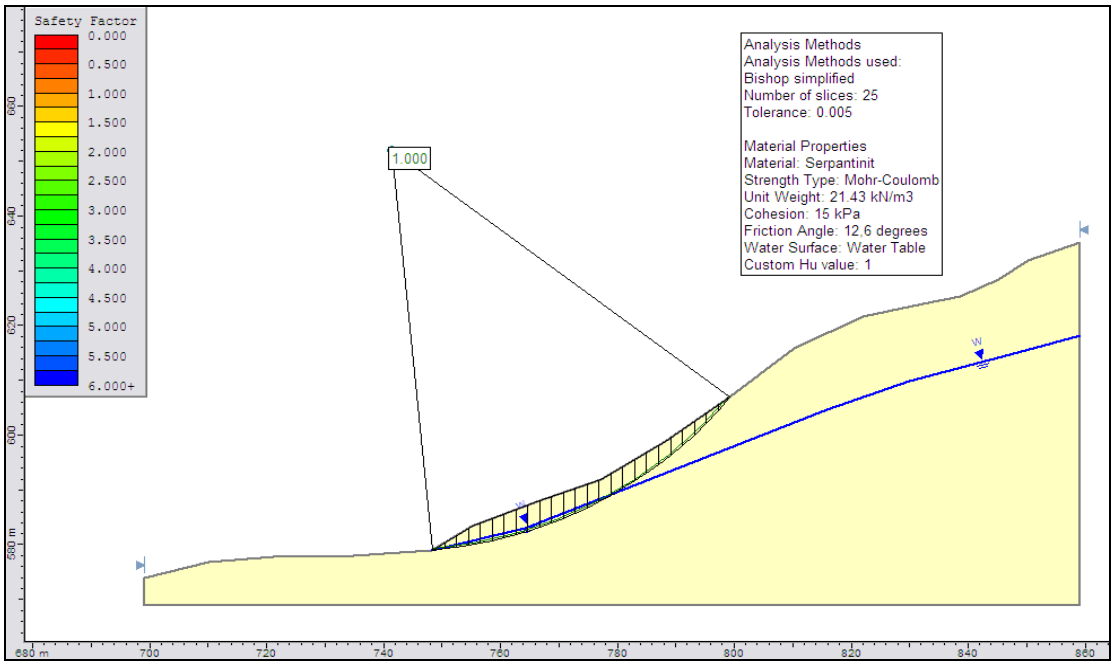
2. Su Tablası Koşuluna Ait Analiz



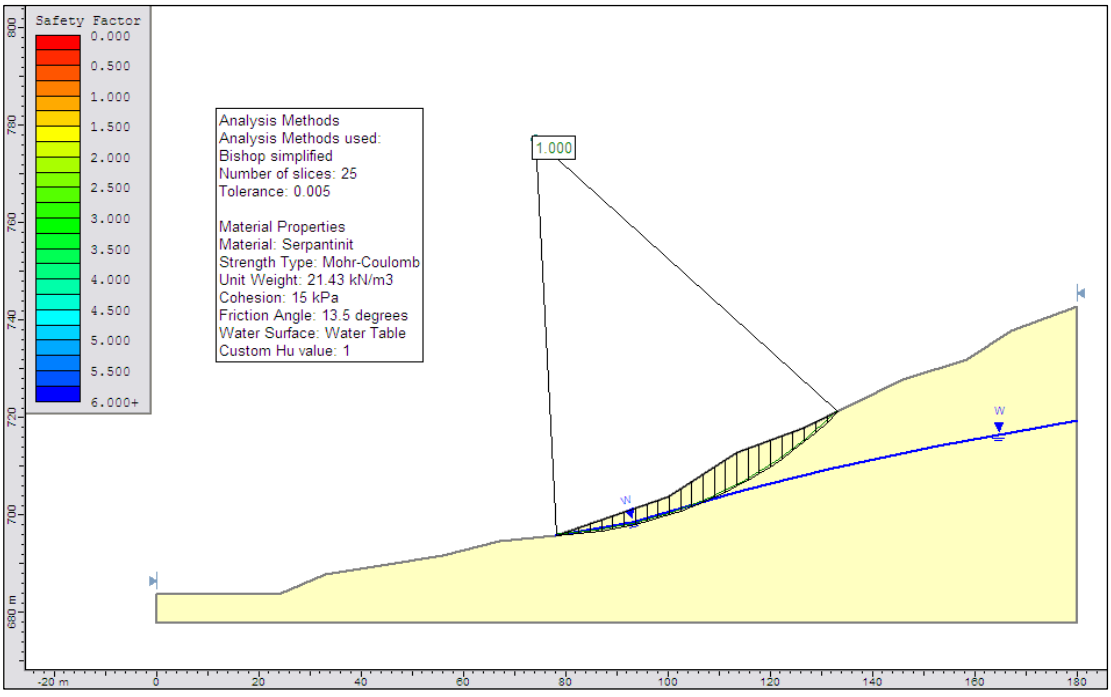
Şekil 6.8 H1 heyelanındaki A-A' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi



Şekil 6.9 H5 heyelanındaki B-B' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi



Şekil 6.10 H2 heyelanındaki C-C' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi

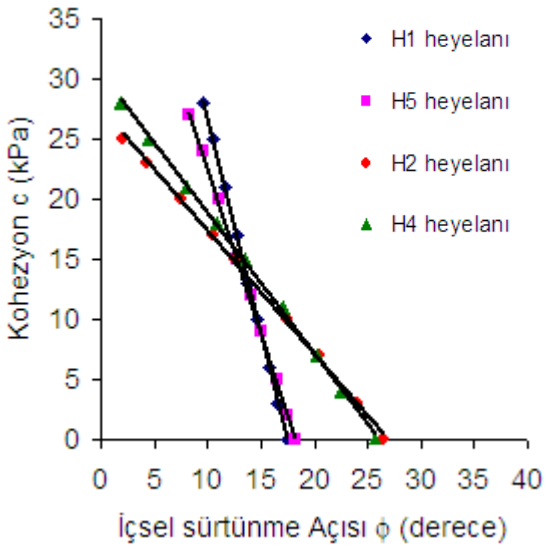


Şekil 6.11 H4 heyelanındaki D-D' kesitinde 2. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi

Her bir kesit için farklı artık kohezyon ve artık içsel sürtünme açısı değerlerinde statik koşullar için kritik denge durumu (GS=1.00) sağlanmıştır. (Çizelge 7.2). Elde edilen verilerin oluşturduğu doğruların kesişim noktalarından artık kohezyon 15 kPa, artık içsel sürtünme açısı 13^{o} bulunmuştur (Şekil 7.15).

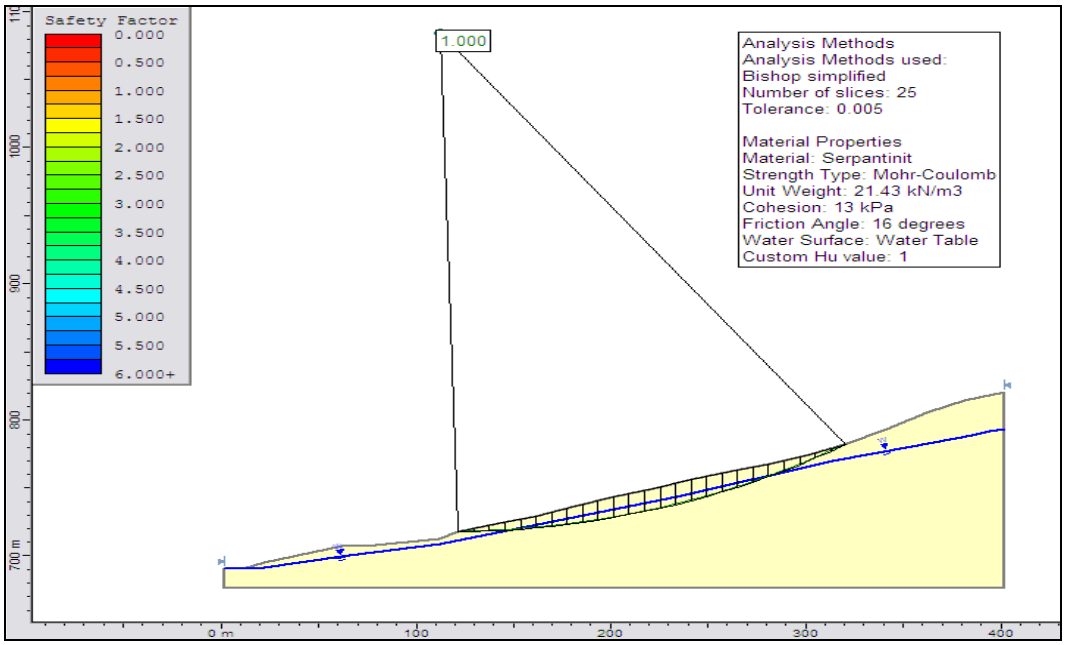
Çizelge 6.2 H1, H5, H2 ve H4 heyelanlarının 2. su tablasına koşuluna ait geri analizi ile elde edilen ve GS=1.00 koşulunu sağlayan c ve ϕ değerleri

KESİT-A		KESİT-B		KESİT-C		KESİT-D	
c	ϕ	c	ϕ	c	ϕ	c	ϕ
0	17,4	0	18,3	0	26,5	0	25,7
3	16,6	2	17,5	3	24	4	22,6
6	15,8	5	16,5	7	20,4	7	20,3
10	14,7	9	15	10	17,5	11	17
13	13,8	12	14	15	12,6	15	13,5
17	12,7	15	12,8	17	10,5	18	10,8
21	11,6	20	11	20	7,5	21	8,1
25	10,5	24	9,5	23	4,3	25	4,5
28	9,6	27	8,3	25	2	28	1,8

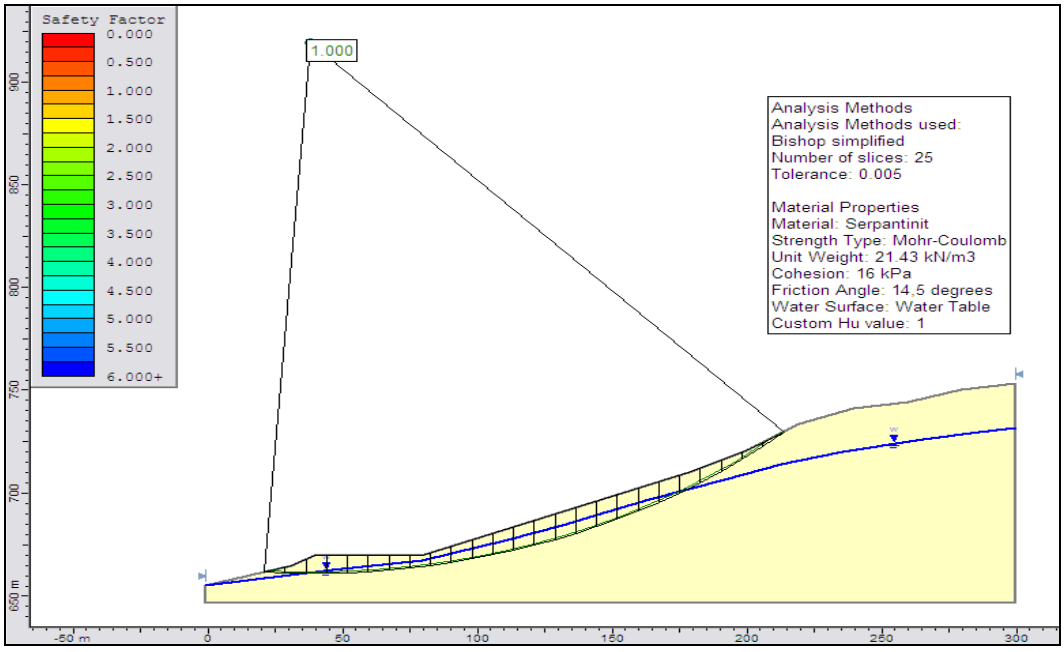


Şekil 6.12 H1, H5, H2 ve H4 heyelanları için 2. su tablası koşuluna ait geri analizden elde edilen c ve ϕ değerlerinin doğrusal grafiği

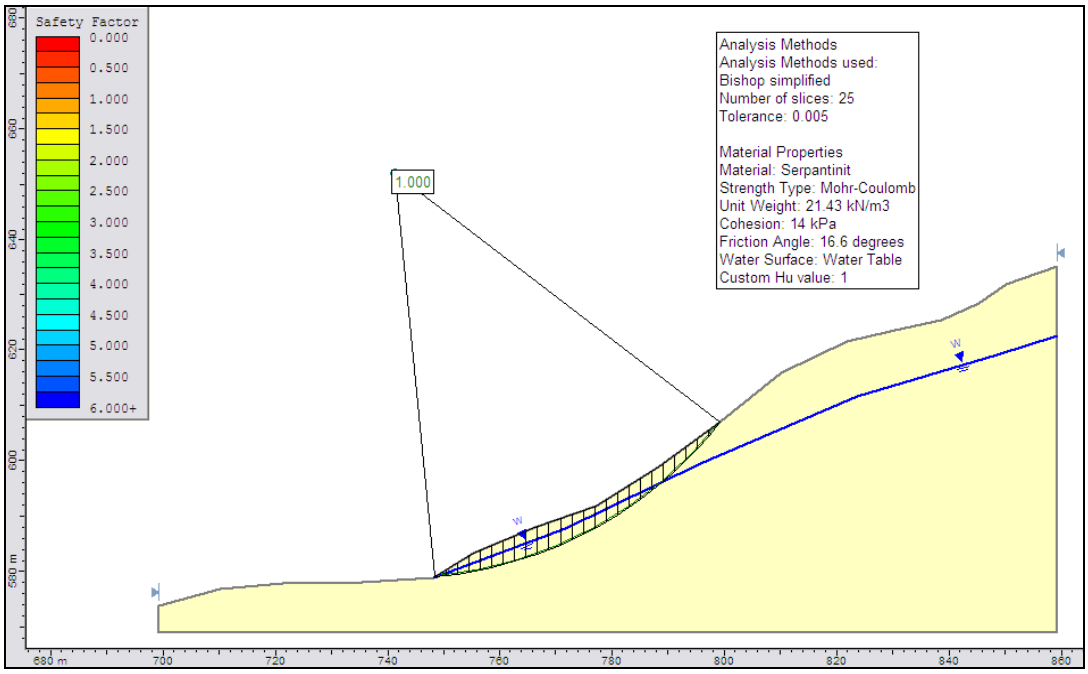
3. Su Tablası Koşuluna Ait Analiz



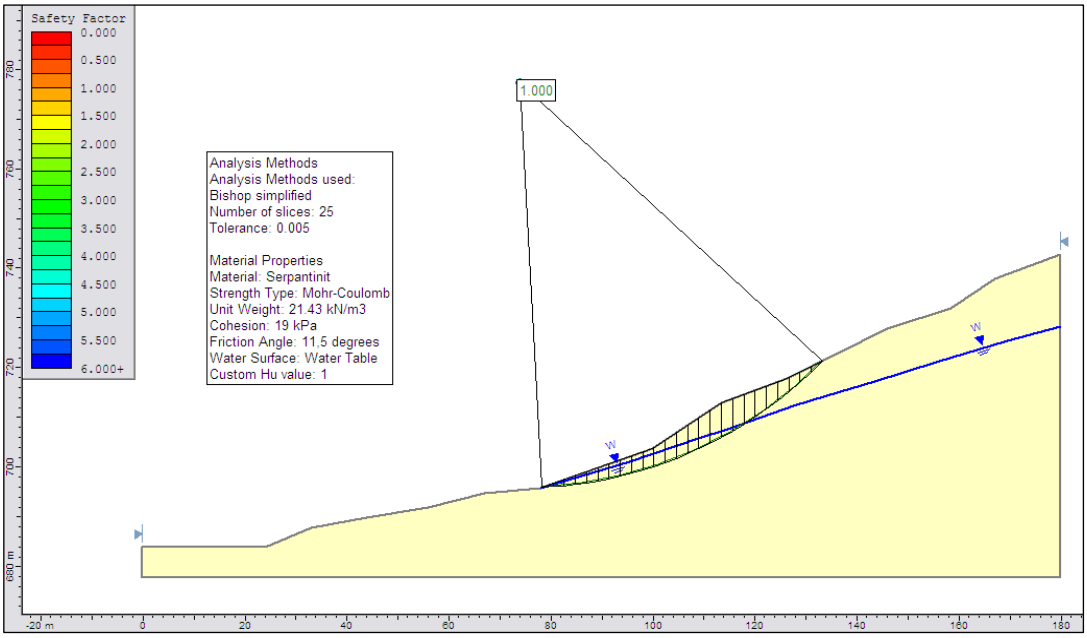
Şekil 6.13 H1 heyelanındaki A-A' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi



Şekil 6.14 H5 heyelanındaki B-B' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi



Şekil 6.15 H2 heyelanındaki C-C' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi

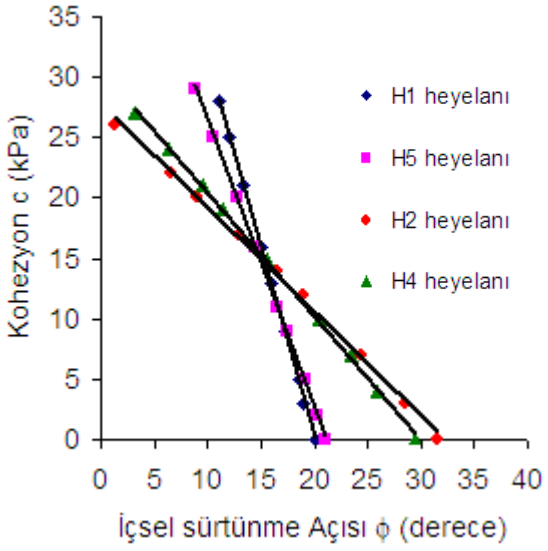


Şekil 6.16 H4 heyelanındaki D-D' kesitinde 3. su tablası koşuluna ait GS' nin 1.00 olduğu kayma dairesi

Her bir kesit için farklı artık kohezyon ve artık içsel sürtünme açısı değerlerinde statik koşullar için kritik denge durumu (GS=1.00) sağlanmıştır. (Çizelge 7.3). Elde edilen verilerin oluşturduğu doğruların kesişim noktalarından artık kohezyon 16 kPa, artık içsel sürtünme açısı 15^{o} bulunmuştur (Şekil 7.20).

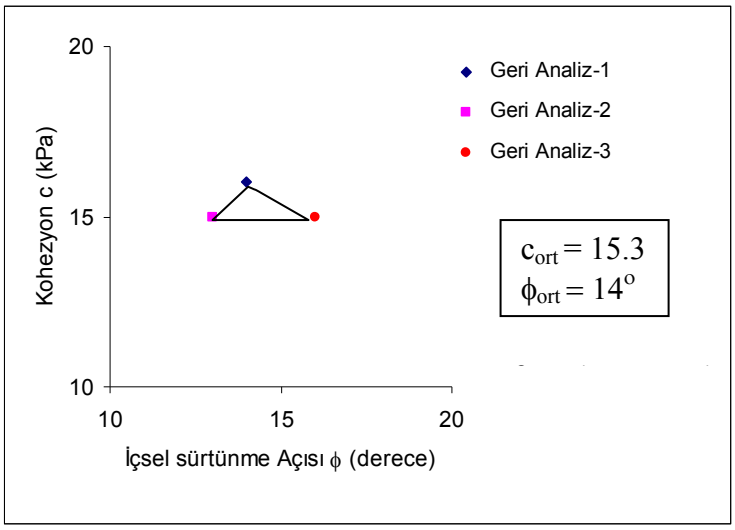
Çizelge 6.3 H1, H5, H2 ve H4 heyelanlarının 3. su tablasına koşuluna ait geri analizi ile elde edilen ve GS=1.00 koşulunu sağlayan c ve ϕ değerleri

KESİT-A		KESİT-B		KESİT-C		KESİT-D	
c	ϕ	c	ϕ	c	ϕ	c	ϕ
0	20	0	21,1	0	31,5	0	29,5
3	19	2	20,3	3	28,6	4	26
5	18,5	5	19,1	7	24,5	7	23,4
9	17,2	9	17,5	12	19	10	20,5
13	16	11	16,6	14	16,6	15	15,6
16	15	16	14,5	17	13	19	11,5
21	13,3	20	12,8	20	9,1	21	9,5
25	12	25	10,6	22	6,5	24	6,3
28	11	29	8,8	26	1,3	27	3,1



Şekil 6.17 H1, H5, H2 ve H4 heyelanları için 3. su tablası koşuluna ait geri analizden elde edilen c ve ϕ değerlerinin doğrusal grafiği

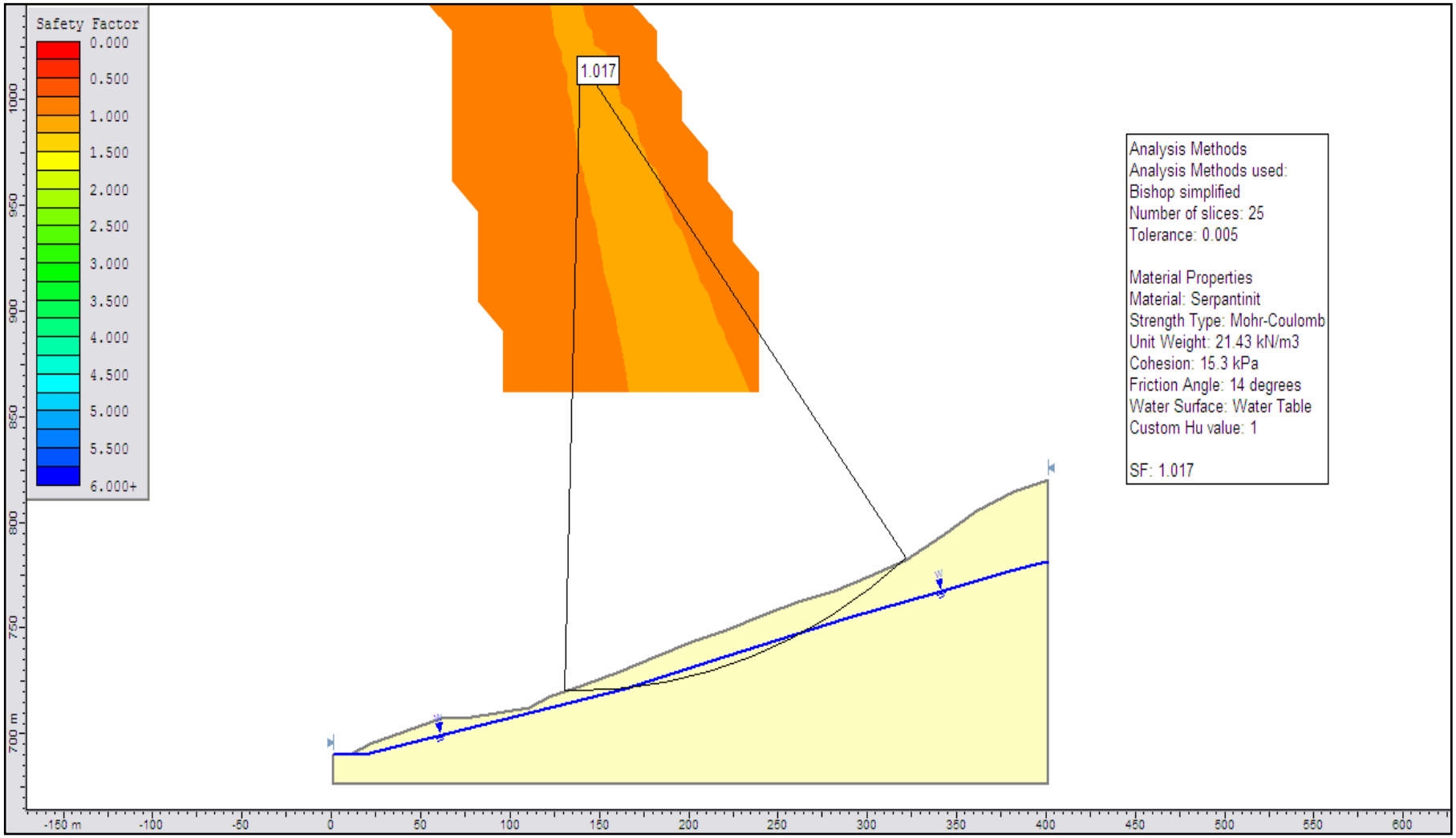
Muhtemel 3 farklı yeraltısuyu seviyesi dikkate alınarak yapılan geri analizlerden elde edilen rezidüel kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerlerinin noktasal grafiği Şekil 6.18'de yer almaktadır. Buna göre analizlerden, ortalama rezidüel kohezyon (c) değeri 15.3 kPa ve içsel sürtünme açısı (ϕ) 14^o bulunmuştur.



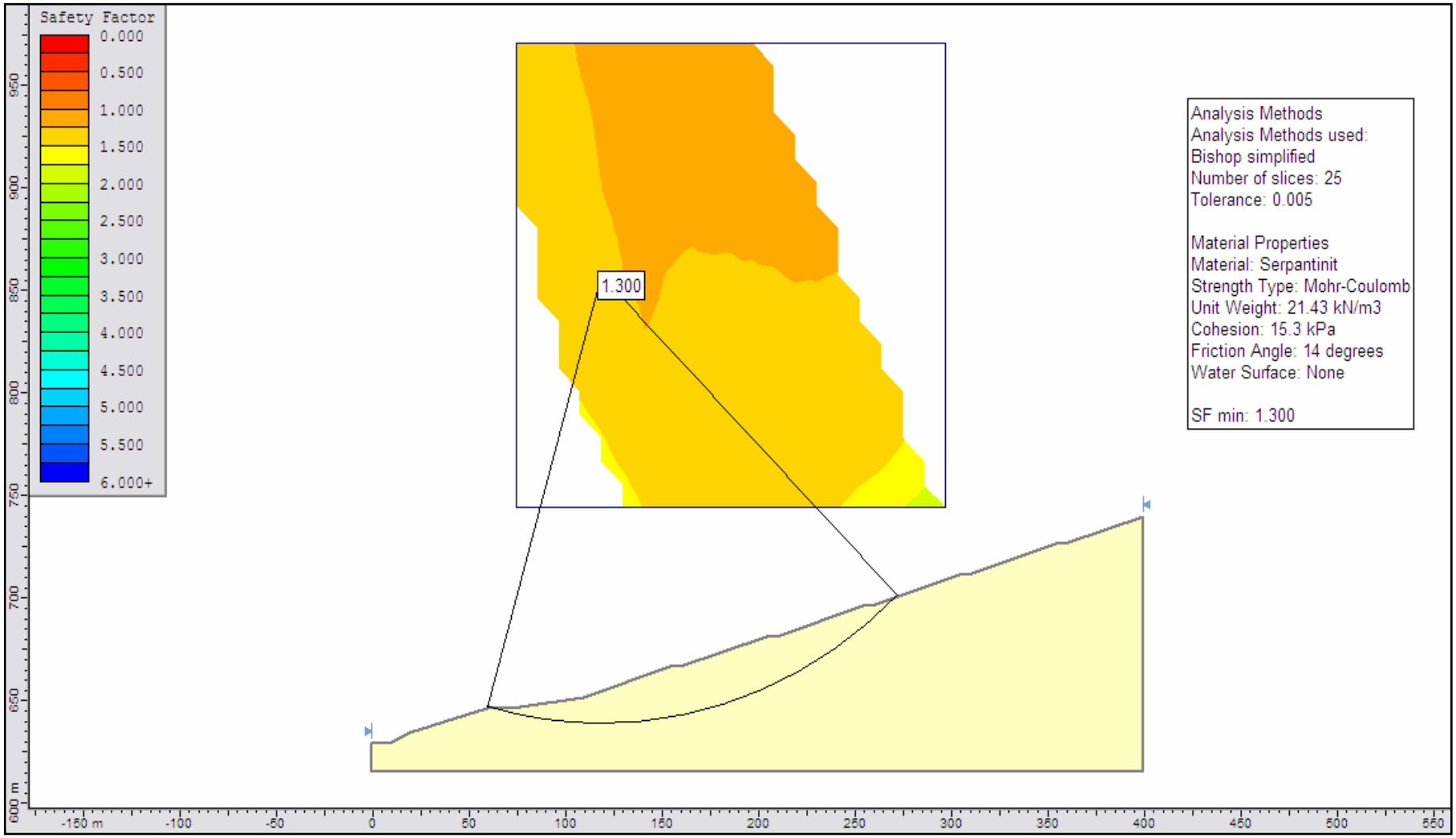
Şekil 6.18 1-2 ve 3. su tablası koşuluna ait geri analizlerden elde edilen c ve ϕ değerlerinin noktasal grafiği

Heyelanı temsil eden A-A' kesitinde statik koşulda yapılan duraylılık analizinde birim hacim ağırlık 21.43 kN/m^3, kohezyon 15.3 kPa ve içsel sürtünme açısı 14^o alınmıştır. Analiz sonucunda güvenlik sayısı 1.017 elde edilmiştir (Şekil 6.19). Bu da şevin dengesinin kritik değere yakın olduğunu ancak duraylı bölgede bulunduğunu göstermektedir. Ancak uzun dönemde duraylı kalabilmesi için güvenlik sayısının > 1.30 koşulunu sağlaması gerekmektedir (Anonymous 1977).

Şevlerin 3/1 (yatay/düşey) yapılması, 15 m yüksekliğinde 6 kademe ve 5 m genişliğinde 5 adet palye düşünülmesi halinde duraylılık analizi yapıldığında ve yüzey suları için drenaj önlemleri alınması durumunda yeniden analiz yapılmış ve güvenlik katsayısı 1.30 olarak elde edilmiştir (Şekil 6.20).



Şekil 6.19 A-A' heyelan kesitinde statik koşulda yapılan duraylılık analizi



Şekil 6.20 Kademelendirilmiş şevin statik koşullardaki duraylılık analizi

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kırıkkale ile Kalecik (Ankara) karayolunun Km: 17+200 ve 17+500 arasındaki dört küçük heyelandan oluşan Kalecik heyelanının mühendislik jeolojisi ve yenilme şartlarındaki jeomekanik özellikleri incelenerek değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

1. Heyelan alanında Üst Kretase Ofiyolitik Melanjı'na ait, tamamen ayrışmış serpantinit ile ayrışmış radyolarit ve radyolarit blokları gözlenmiştir. Ayrışmış serpantinit ve radyolaritler birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre kili kum (SC), killi çakıl (GC), düşük ve yüksek plastisiteli kil (CL-CH)' dir.

2. Slide 5.0 Stability programı kullanılarak elde edilen ortalama rezidüel kohezyon (c) değeri 15.3 kN/m^3 ve içsel sürtünme açısı (ϕ) 14^o bulunmuştur. Elde edilen rezidüel kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) ve birim hacim ağırlık 21.43 kN/m^3 alınarak heyelanı temsil eden A-A' kesiti üzerinde statik koşulda duraylılık analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda GS=1.017 elde edilmiştir. GS=1.017 olması şevin dengesinin kritik değere yakın ve duraylı bölgede bulunduğunu göstermektedir.

3. A-A' kesitinde şevin uzun dönemde duraylılığının sağlanabilmesi için heyelanın şev eğiminin 3/1 (yatay/düşey) alınarak, 5 adet palye ve 6 kademeli ve her kademe yüksekliğinin 15 m olması halinde yeniden duraylılık analizleri yapılmış ve GS= 1.30 elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

Akyürek, B., Bilginer, E., Çatalı, E., Dager, Z., Soysal, S. ve Sunu, O. 1979. "Erdivan-Şabanözü (Çankırı) dolayında ofiyolit yerleşmesine ilişkin bulgular", Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara.

Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Taşar, T. 1997. 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları Ankara F15 paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Anonymous 1977. Part II. Tile 30 Mineral Resources. Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, U.S. Department of the Interior, Federal Register (U.S.), Washington, DC, Chap. VII, Part 715.

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

Anonymous 1994. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standarts-Soil and Rock, Building Stones, Section 4, Contruction. V.04.08., ASTM Publication, 978 p.

Anonim 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Afet İşleri Genel Müdürlüğü. Deprem Araştırma Dairesi.

Anonim 1997. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği Laboratuvar Deneyleri. Türk Standartları Enstitüsü, 153 s.

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

Anonim 2009. İl ve İlçelere Ait İstatistiki Veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Atalay, Z. 1999. "Kızılırmak Nehri Yöresindeki (Sivas Batısı) Üst Miyosen Yaşlı İncesu Formasyonu-Derindere Üyesinin Fasiyes ve Çökelme Ortamı Özellikleri", Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri-A, Yerbilimleri-C, S.1, 1-12.

Bailey, E,B, ve Mc Callien, W.J., 1950. "Ankara Melanji ve Anadolu Şariyajı", Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 40 s.

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

Çetin, Ö., Bakır, S., Yılmaz, R., Gülkan, P., Soyöz, S., Yılmaz, T., Unutmaz, B. ve Ozan, C. 2002. Jeoteknik Amaçlı Zemin Arastırmaları ve Yüzey Zeminlerinin Karakterize Edilerek Belgelendirilmesi Konulu Egitim Semineri Notları, 198s.

Erol, O., 1954, Ankara ve civarının jeolojisi hakkında rapor : MTA Rap., 2491 (yayımlanmamış), Ankara.

Gökten, E. and Meydan, M., 2006. Anticlockwise Rotation Related Deformational Structures in a Wedge-Shaped Area Between The North Anatolian Fault and its Kırıkkale-Erbaa Splay (Turkey)

Hanna, T, H., 1985. " Field, instrumentation in geotechnical engineering, Trans. Tech. Publ, 843 p.

Ketin, İ. 1955. "Yozgat Bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik durumu", Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Cilt VI, Sayı 1, 1-40.

Kılıç, R. 1995. "Geomechenical properties of the ophiolites (Çankırı/Turkey) and alteration degree of diabase", Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 51, 63-69.

Kılıç, R., Koçbay, A. and Sel, T. 1998. "The geomechanical properties and alteration degree of serpentinite in the Ankara ophiolithic melange, Turkey", 8th International IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4.

Toker, M., Kasım, E. ve Ünlü, G. 2006. "(Elmadağ-Kırıkkale) Ayr.- Kalecik Yolu Km:17+200 Heyelanı İyileştirme Projesi Hazırlanması İşi", 107 s.

Ulamış, K. 2007. "Ankara Kenti Batısındaki Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri ve Alüvyonun Sıvılaşma Potansiyeli", Ankara Üniversitesi Doktora Tezi, Ankara.

EKLER

EK 1. SONDAJ LOGLARI

EK 2. İNKLİNOMETRE SONUÇLARI

Ek 1. Sondaj Logları

SONDAJ LOGU / BORING LOG

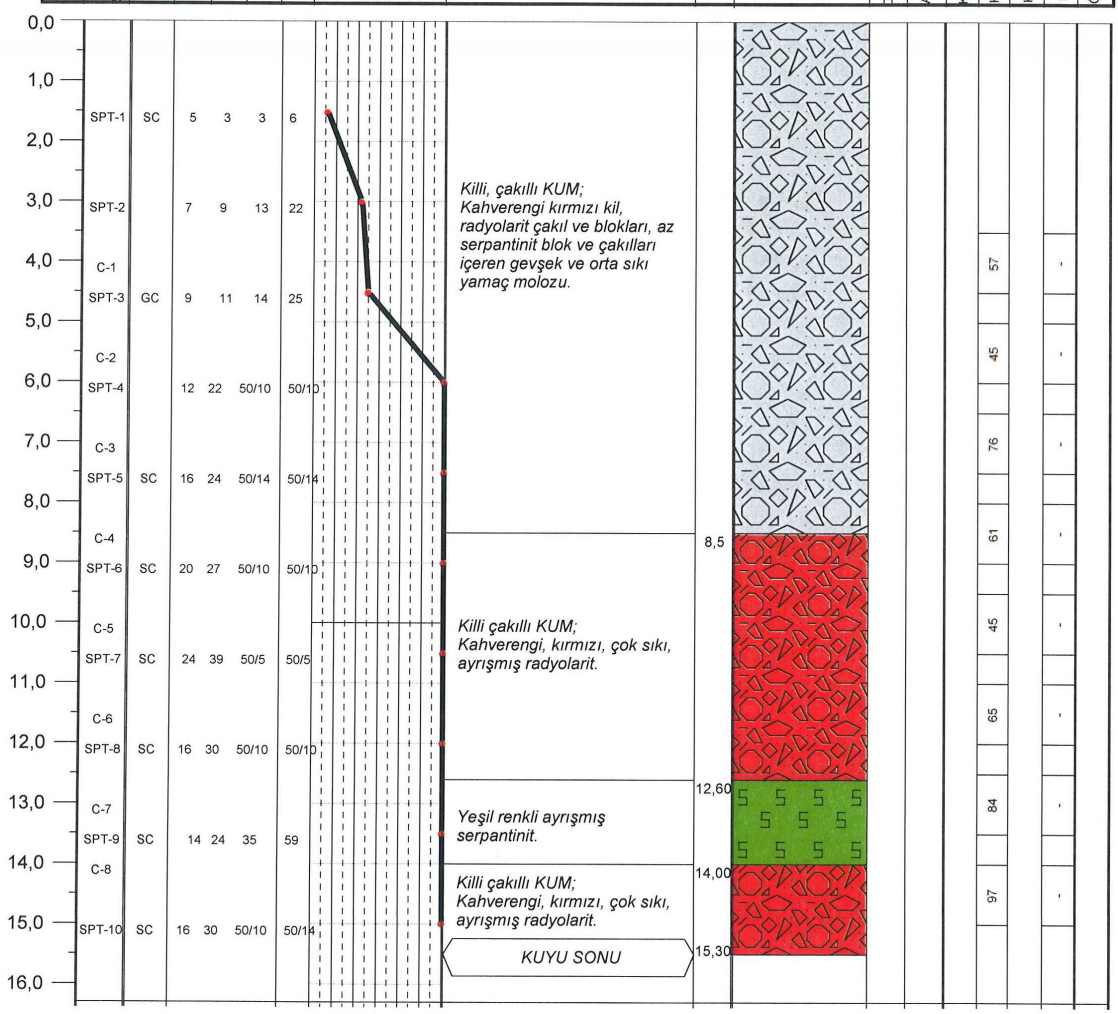
Sondaj No: SK1

PROJE ADI/Project Name	:	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	:	-
KİLOMETRE/Chainage	:	Km:0+370 (Kızılırmak tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	14 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	:	15.30 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	08/06/2006 -- 10/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	:	652 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	:	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	:	538168.74-436310.90

DAYANIMLILIK/Strength		AYRIŞMA/Weathering		İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained	
I ÇOK DAYANIMLI	Strong	I TAZE	Fresh	N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK	Very Soft	N : 0-4 ÇOK GEVŞEK	Very Loose
II DAYANIMLI	M.Strong	II AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4 YUMUŞAK	Soft	N : 5-10 GEVŞEK	Loose
III ORTA	M.Weak	III ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8 ORTA KATI	Moderately Stiff	N : 11-30 ORTA SIKI	Moderately Dense
IV ZAYIF	Weak	IV ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15 KATI	Very Stiff	N : 31-50 SIKI	Dense
V ÇOK ZAYIF	V.Weak	V TÜMÜYLE AYR.	Comp. W.	N :16-30 ÇOK KATI	Stiff	N : >50 ÇOK SIKI	Very Dense
				N : >30 SERT	Hard		

KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures		ORANLAR/Proportions		ORANLAR/Proportions	
% 0-25 ÇOK ZAYIF	Very Poor	1 SEYREK	Wide (W)	% 5 PEK AZ	Slightly	% 5 PEK AZ	Slightly
% 25-50 ZAYIF	Poor	1-2 ORTA	Moderate (M)	% 5-15 AZ	Little	% 5-20 AZ	Little
% 50-75 ORTA	Fair	2-10 SIK	Close (Cl)	% 15-35 ÇOK	Very	% 20-50 ÇOK	Very
% 75-90 İYİ	Good	10-20 ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35 VE	And		
% 90-100 ÇOK İYİ	Excellent	>20 PARÇALI	Crushed (Cr)				

SPT STANDART PENETRASYON TESTİ / Standard Peneration Test
D ÖRSELENMİŞ NUMUNE / Disturbed Sample
UD ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE / Undisturbed Sample
K KAROT NUMUNESİ / Core Sample
P PRESİYOMETRE DENEYİ / Pressuremeter Test
VS VEYN DENEYİ / Vane Shear Test



Ek 1. Sondaj Logları (devam)

SONDAJ LOGU / BORING LOG

Sondaj No: SK2

PROJE ADI/Project Name	:	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	:	-
KİLOMETRE/Chainage	:	Km:0+047 (Şev tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	12 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	:	20,00 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	08/06/2006 -- 10/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	:	666 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	:	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	:	538195,12-436238,61

DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	İNCE DANELİ/Fine Grained	İRİ DANELİ/Coarse Grained
I ÇOK DAYANIMLI — Strong II DAYANIMLI — M.Strong III ORTA — M.Weak IV ZAYIF — Weak V ÇOK ZAYIF — V.Weak	I TAZE — Fresh II AZ AYRIŞMIŞ — Slightly W. III ORTA D. AYR. — Mod. Weath. IV ÇOK AYR. — Highly W. V TÜMÜYLE AYR. — Comp. W.	N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK — Very Soft N : 3-4 YUMUŞAK — Soft N : 5-8 ORTA KATI — Moderately Stiff N : 9-15 KATI — Very Stiff N :16-30 ÇOK KATI — Stiff N : >30 SERT — Hard	N : 0-4 ÇOK GEVŞEK — Very Loose N : 5-10 GEVŞEK — Loose N : 11-30 ORTA SIKI — Moderately Dense N : 31-50 SIKI — Dense N : >50 ÇOK SIKI — Very Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	KIRIKLAR-30 cm/Fractures	ORANLAR/Proportions	
% 0-25 ÇOK ZAYIF — Very Poor % 25-50 ZAYIF — Poor % 50-75 ORTA — Fair % 75-90 İYİ — Good % 90-100 ÇOK İYİ — Excellent	1 SEYREK — Wide (W) 1-2 ORTA — Moderate (M) 2-10 SIK — Close (Cl) 10-20 ÇOK SIKI — Intense (I) >20 PARÇALI — Crushed (Cr)	% 5 PEK AZ — Slightly % 5-15 AZ — Little % 15-35 ÇOK — Very % 35 VE — And	% 5 PEK AZ — Slightly % 5-20 AZ — Little % 20-50 ÇOK — Very

SPT STANDART PENETRASYON TESTİ — Standard Peneration Test
D ÖRSELENMİŞ NUMUNE — Disturbed Sample
UD ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE — Undisturbed Sample
K KAROT NUMUNESİ — Core Sample
P PRESİYOMETRE DENEYİ — Pressuremeter Test
VS VEYN DENEYİ — Vane Shear Test

Boring Depth (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	NUMUNE CİNSİ Sample Type	ZEMİN SEMBOLÜ	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test — DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	KOT / Level	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	KIRIK/Fracture (30 cm)	KAROT %(TCR)/T. Core R.	KAROT %(SCR)/S. Core R.	RQD %	ÖRNEK NO./Sample No.
0,0																	
1,0	SPT-1		3	1	2	3		*Killi çakıllı KUM; Kahverengi kırmızı renkli kil, serpantinit radyolarit çakıl ve bloklardan oluşmuş, gevşek ve orta sıkı yamaç molozu.*									
2,0																	
3,0	SPT-2	GC	7	14	17	31											
4,0									3,5								
5,0	SPT-3	SC	20	50/13		50/13		*Killi çakıllı KUM; Yeşil renkli, çok sıkı, ince, iri köşeli çakıllı Serpantinit.*				IV V IV		47		-	
6,0																	
7,0	C-1																
8,0	C-2													36		-	
9,0									9,0								
10,0	C-3													35		-	
11,0														59		-	
12,0	SPT-4	SC	27	27	30	57		*Killi çakıllı KUM; Kahverengi kırmızı renkli, tamamen ayrışmış, parçalı, yaygın killi, yer yer az kumlu, yer yer serpantinit çakıllı, yer yer çört ara bantlı Radyolarit.*				IV V IV		44		-	
13,0	C-4																
14,0														64		-	
15,0	C-5																
16,0														43		-	
17,0	C-6																
18,0	C-7													49		-	
19,0	C-8													63		-	
20,0	C-9							KUYU SONU	20,00					46		-	
21,0																	

Ek 1. Sondaj Logları (devam)

SONDAJ LOGU / BORING LOG — Sondaj No: SK3

PROJE ADI/Project Name	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	-
KİLOMETRE/Chainage	Km:0+130 (Şev tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	19,00 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	20,00 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	30/05/2006 -- 01/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	665 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	538241,15-436307,79

DAYANIMLILIK/Strength

I ÇOK DAYANIMLI	Strong
II DAYANIMLI	M.Strong
III ORTA	M.Weak
IV ZAYIF	Weak
V ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA/Weathering

I TAZE	Fresh
II AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III ORTA D. AYR.	Mod. Weath.
IV ÇOK AYR.	Highly W.
V TÜMÜYLE AYR.	Comp. W.

İNCE DANELİ/Fine Grained

N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	Very Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	Moderately Stiff
N : 9-15	KATI	Very Stiff
N :16-30	ÇOK KATI	Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ DANELİ/Coarse Grained

N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	Very Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	Moderately Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >50	ÇOK SIKI	Very Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD

% 0-25	ÇOK ZAYIF — Very Poor
% 25-50	ZAYIF — Poor
% 50-75	ORTA — Fair
% 75-90	İYİ — Good
% 90-100	ÇOK İYİ — Excellent

KIRIKLAR-30 cm/Fractures

1	SEYREK	Wide (W)
1-2	ORTA	Moderate (M)
2-10	SIK	Close (Cl)
10-20	ÇOK SIKI	Intense (I)
>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

ORANLAR/Proportions

% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-15	AZ	Little
% 15-35	ÇOK	Very
% 35	VE	And

% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-20	AZ	Little
% 20-50	ÇOK	Very

SPT — STANDART PENETRASYON TESTİ / Standard Peneration Test
D — ÖRSELENMİŞ NUMUNE / Disturbed Sample
UD — ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE / Undisturbed Sample
K — KAROT NUMUNESİ / Core Sample
P — PRESİYOMETRE DENEYİ / Pressuremeter Test
VS — VEYN DENEYİ / Vane Shear Test

Boring Depth (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	NUMUNE CİNSİ Sample Type	ZEMİN SEMBOLÜ	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test — DARBE SAYISI Numb. of Blows: 0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	GRAFİK Graph: 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	KOT / Level	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	KIRIK/Fracture (30 cm)	KAROT %(TCR)/T. Core R.	KAROT %(SCR)/S. Core R.	RQD %	ÖRNEK NO./Sample No.
0,0																	
1,0																	
2,0																	
3,0								*Killi çakıllı KUM; Kahverengi kırmızı renkli kil, radyolarit çakıl ve blokları, az serpantinit blok ve çakılları içeren yamaç molozu.*	3,0							
4,0	C-1																
5,0	C-2							*Killi çakıllı KUM; Yeşil renkli, ayrışmış, parçalı, çok sık kırıklı, çok sıkı Serpantinit.*				II		63		8
6,0														76		22
7,0	C-3													83		11
8,0	C-4								7,8					55		-
9,0																
10,0	C-5							*Killi çakıllı KUM; Kahverengi kırmızı renkli, çok ayrışmış, çok sıkı, 9,5-11,5 arası çok yumuşak kıvamda Radyolarit.*				IV		30		-
11,0	C-6													37		-
12,0	SPT-1	SC	50/7	50+										31		-
13,0	C-7															
14,0	C-8								14,0					39		7
15,0																
16,0	C-9							*Kumlu Çakıl; Yeşil renkli, az ayrışmış, parçalı, az killi Serpantinit.*				II III II		27		-
17,0	C-10													42		-
18,0	C-11													45		-
19,0	C-12													58		-
20,0								*KUYU SONU*	20,0							
21,0																

Ek 1. Sondaj Logları (devam)

SONDAJ LOGU / BORING LOG

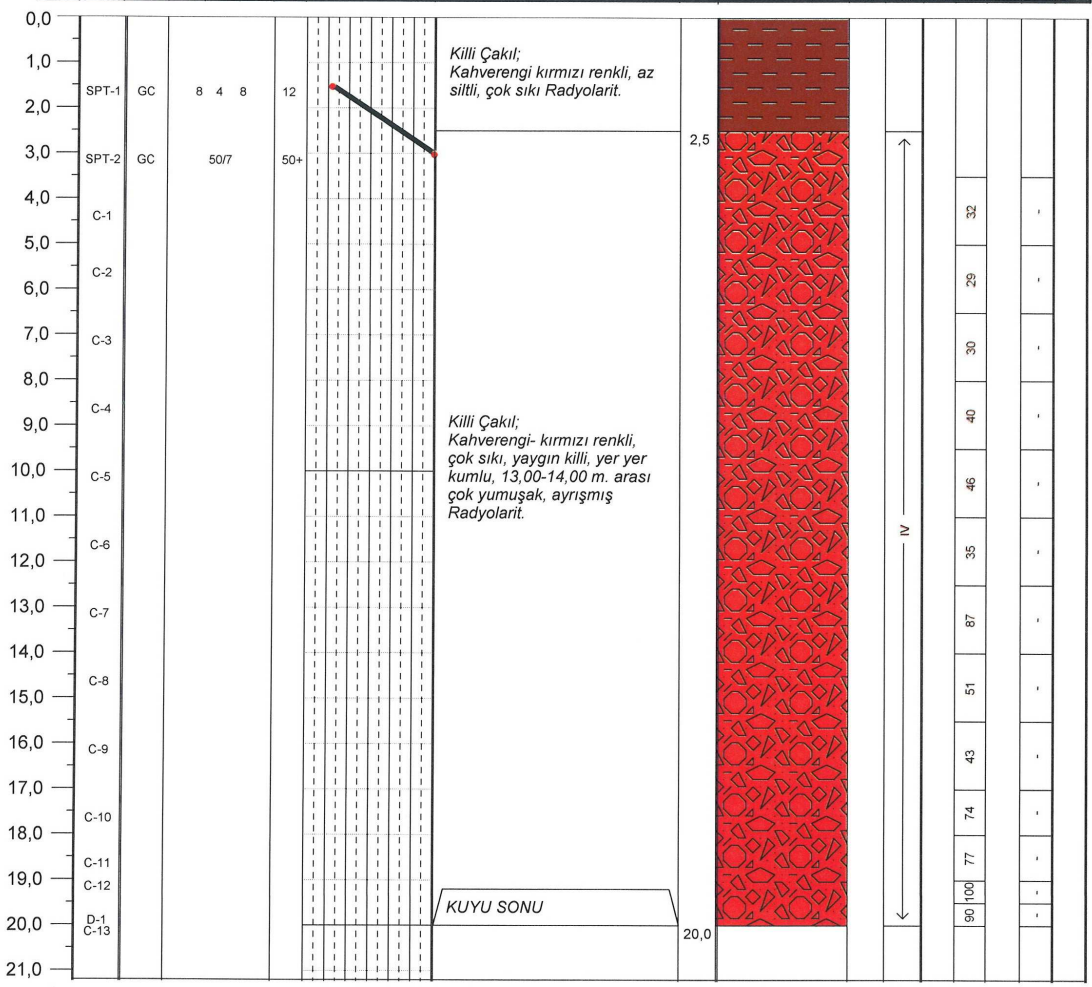
Sondaj No: SK4

PROJE ADI/Project Name	:	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	:	-
KİLOMETRE/Chainage	:	Km:0+130 (Şev tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	19,00 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	:	20,00 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	30/05/2006 -- 01/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	:	665 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	:	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	:	538241,15-436307,79

DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	İNCE DANELİ/Fine Grained	İRİ DANELİ/Coarse Grained
I ÇOK DAYANIMLI — Strong II DAYANIMLI — M.Strong III ORTA — M.Weak IV ZAYIF — Weak V ÇOK ZAYIF — V.Weak	I TAZE — Fresh II AZ AYRIŞMIŞ — Slightly W. III ORTA D. AYR. — Mod. Weath. IV ÇOK AYR. — Highly W. V TÜMÜYLE AYR. — Comp. W.	N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK — Very Soft N : 3-4 YUMUŞAK — Soft N : 5-8 ORTA KATI — Moderately Stiff N : 9-15 KATI — Very Stiff N :16-30 ÇOK KATI — Stiff N : >30 SERT — Hard	N : 0-4 ÇOK GEVŞEK — Very Loose N : 5-10 GEVŞEK — Loose N : 11-30 ORTA SIKI — Moderately Dense N : 31-50 SIKI — Dense N : >50 ÇOK SIKI — Very Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	KIRIKLAR-30 cm/Fractures	ORANLAR/Proportions	
% 0-25 ÇOK ZAYIF — Very Poor % 25-50 ZAYIF — Poor % 50-75 ORTA — Fair % 75-90 İYİ — Good % 90-100 ÇOK İYİ — Excellent	1 SEYREK — Wide (W) 1-2 ORTA — Moderate (M) 2-10 SIK — Close (Cl) 10-20 ÇOK SIKI — Intense (I) >20 PARÇALI — Crushed (Cr)	% 5 PEK AZ — Slightly % 5-15 AZ — Little % 15-35 ÇOK — Very % 35 VE — And	% 5 PEK AZ — Slightly % 5-20 AZ — Little % 20-50 ÇOK — Very

SPT STANDART PENETRASYON TESTİ — Standard Peneration Test
D ÖRSELENMİŞ NUMUNE — Disturbed Sample
UD ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE — Undisturbed Sample
K KAROT NUMUNESİ — Core Sample
P PRESİYOMETRE DENEYİ — Pressuremeter Test
VS VEYN DENEYİ — Vane Shear Test



Ek 1. Sondaj Logları (devam)

SONDAJ LOGU / BORING LOG

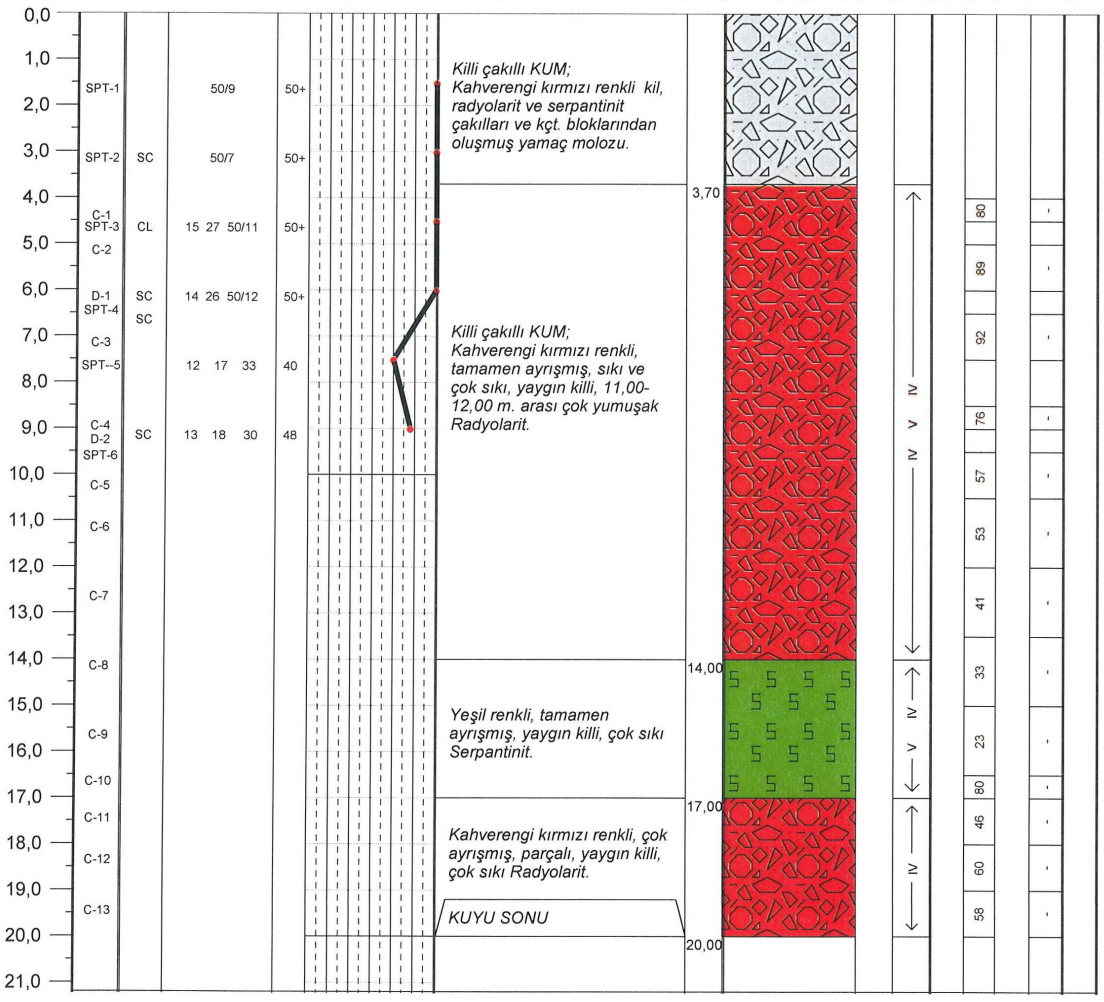
Sondaj No: SK5

PROJE ADI/Project Name	:	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	:	-
KİLOMETRE/Chainage	:	Km:0+160 (Şev tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	18,50 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	:	20,00 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	02/06/2006 -- 04/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	:	667 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	:	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	:	538257,26-436332,56

DAYANIMLILIK/Strength		AYRIŞMA/Weathering		İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained	
I ÇOK DAYANIMLI	Strong	I TAZE	Fresh	N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK	Very Soft	N : 0-4 ÇOK GEVŞEK	Very Loose
II DAYANIMLI	M.Strong	II AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4 YUMUŞAK	Soft	N : 5-10 GEVŞEK	Loose
III ORTA	M.Weak	III ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8 ORTA KATI	Moderately Stiff	N : 11-30 ORTA SIKI	Moderately Dense
IV ZAYIF	Weak	IV ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15 KATI	Very Stiff	N : 31-50 SIKI	Dense
V ÇOK ZAYIF	V.Weak	V TÜMÜYLE AYR.	Comp. W.	N :16-30 ÇOK KATI	Stiff	N : >50 ÇOK SIKI	Very Dense
				N : >30 SERT	Hard		

KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures		ORANLAR/Proportions			
% 0-25 ÇOK ZAYIF	Very Poor	1 SEYREK	Wide (W)	% 5 PEK AZ	Slightly	% 5 PEK AZ	Slightly
% 25-50 ZAYIF	Poor	1-2 ORTA	Moderate (M)	% 5-15 AZ	Little	% 5-20 AZ	Little
% 50-75 ORTA	Fair	2-10 SIK	Close (Cl)	% 15-35 ÇOK	Very	% 20-50 ÇOK	Very
% 75-90 İYİ	Good	10-20 ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35 VE	And		
% 90-100 ÇOK İYİ	Excellent	>20 PARÇALI	Crushed (Cr)				

SPT STANDART PENETRASYON TESTİ / Standard Peneration Test
D ÖRSELENMİŞ NUMUNE / Disturbed Sample
UD ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE / Undisturbed Sample
K KAROT NUMUNESİ / Core Sample
P PRESİYOMETRE DENEYİ / Pressuremeter Test
VS VEYN DENEYİ / Vane Shear Test



Ek 1. Sondaj Logları (devam)

SONDAJ LOGU / BORING LOG

Sondaj No: SK6

PROJE ADI/Project Name	:	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	:	-
KİLOMETRE/Chainage	:	Km:0+220 (Şev tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	25,00 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	:	25,00 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	12/06/2006 -- 14/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	:	695 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	:	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	:	538299,83-436238,17

DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	İNCE DANELİ/Fine Grained	İRİ DANELİ/Coarse Grained
I ÇOK DAYANIMLI Strong II DAYANIMLI M.Strong III ORTA M.Weak IV ZAYIF Weak V ÇOK ZAYIF V.Weak	I TAZE Fresh II AZ AYRIŞMIŞ Slightly W. III ORTA D. AYR. Mod. Weath. IV ÇOK AYR. Highly W. V TÜMÜYLE AYR. Comp. W.	N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK Very Soft N : 3-4 YUMUŞAK Soft N : 5-8 ORTA KATI Moderately Stiff N : 9-15 KATI Very Stiff N :16-30 ÇOK KATI Stiff N : >30 SERT Hard	N : 0-4 ÇOK GEVŞEK Very Loose N : 5-10 GEVŞEK Loose N : 11-30 ORTA SIKI Moderately Dense N : 31-50 SIKI Dense N : >50 ÇOK SIKI Very Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	KIRIKLAR-30 cm/Fractures	ORANLAR/Proportions	
% 0-25 ÇOK ZAYIF Very Poor % 25-50 ZAYIF Poor % 50-75 ORTA Fair % 75-90 İYİ Good % 90-100 ÇOK İYİ Excellent	1 SEYREK Wide (W) 1-2 ORTA Moderate (M) 2-10 SIK Close (Cl) 10-20 ÇOK SIKI Intense (I) >20 PARÇALI Crushed (Cr)	% 5 PEK AZ Slightly % 5-15 AZ Little % 15-35 ÇOK Very % 35 VE And	% 5 PEK AZ Slightly % 5-20 AZ Little % 20-50 ÇOK Very

SPT STANDART PENETRASYON TESTİ / Standard Peneration Test
D ÖRSELENMİŞ NUMUNE / Disturbed Sample
UD ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE / Undisturbed Sample
K KAROT NUMUNESİ / Core Sample
P PRESİYOMETRE DENEYİ / Pressuremeter Test
VS VEYN DENEYİ / Vane Shear Test

Boring Depth (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	NUMUNE CİNSİ Sample Type	ZEMİN SEMBOLÜ	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test — DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	KOT / Level	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	KIRIK/Fracture (30 cm)	KAROT %(TCR)/T. Core R.	KAROT %(SCR)/S. Core R.	RQD %	ÖRNEK NO./Sample No.
0,0																	
1,0																	
2,0	SPT-1		12	21	13	34											
3,0	SPT-2	GC	21	50/5		50+											
4,0	C-1													58			
5,0	C-2													49			
6,0																	
7,0	C-3													40			
8,0	SPT-3	GC	17	23	35	58								44			
9,0	C-4																
10,0	SPT-4	SC		50/4		50+								31			
11,0	C-5																
12,0	C-6													35			
13,0	C-7													35			
14,0	C-8													27			
15,0																	
16,0	C-9													20			
17,0	C-10													20			
18,0																	
19,0	C-11													33			
20,0	C-12													63			
21,0																	
22,0	C-13													63			
23,0																	
24,0	C-14													53			
25,0	C-15													70			

Killi Çakıl; Kahverengi kırmızı renkli, sıkı ve çok sıkı,az kumlu, 7,5-9,5 m. arası tamamen ayrışmış, yer yer serpantinit çakıllı, ayrışmış Radyolarit.

12,00

Yeşil renkli, orta-az ayrışmış, yer yer radyolarit çakıllı, çok sıkı Serpantinit.

16,5

Killi çakıllı KUM; Kırmızı kahve renkli , orta-çok ayrışmış, parçalı,killi, kum ve çakıllı, yer yer serpantinit blok ve çakıllı, çok sıkı Radyolarit.

KUYU SONU

25

Ek 1. Sondaj Logları (devam)

SONDAJ LOGU / BORING LOG

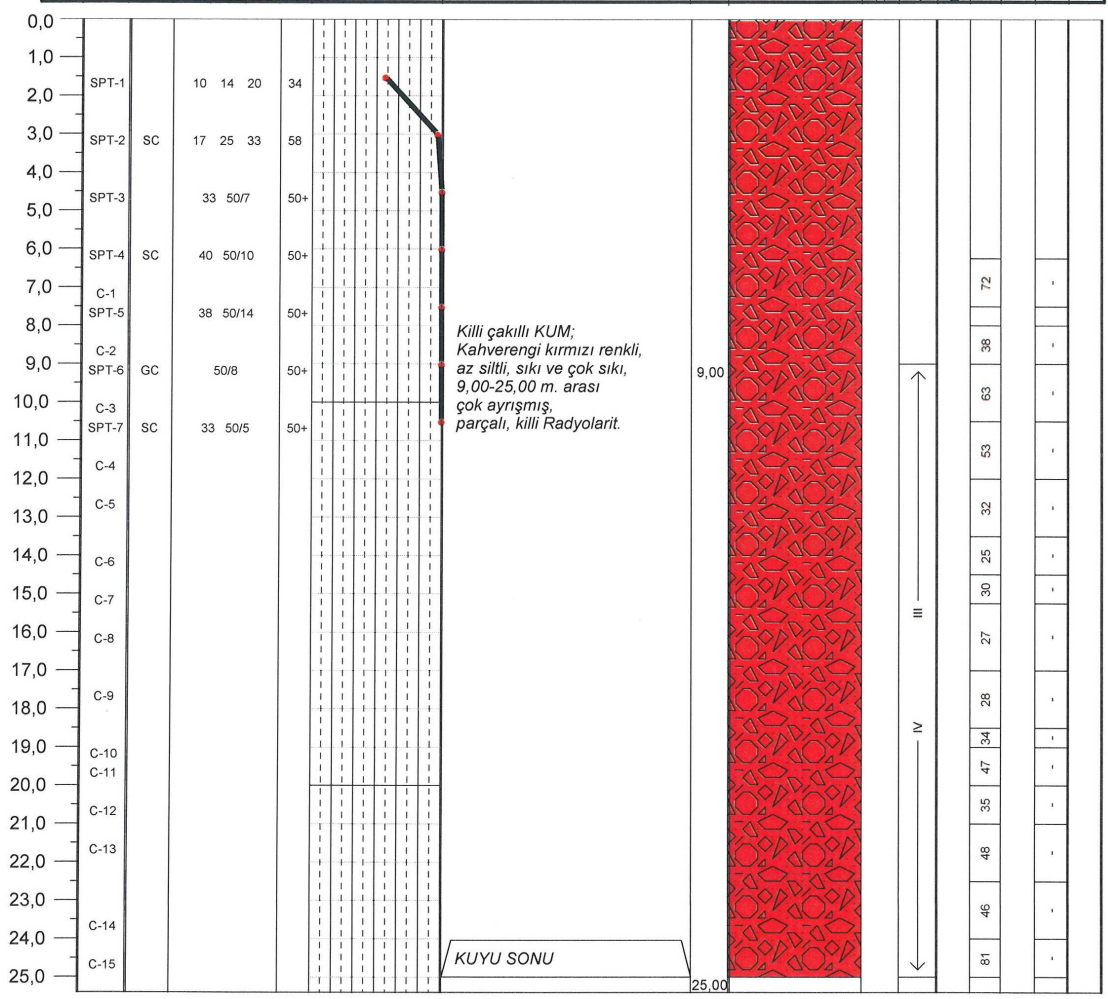
Sondaj No: SK7

PROJE ADI/Project Name	:	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	:	-
KİLOMETRE/Chainage	:	Km:0+148 (Şev tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	25,00 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	:	25,00 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	08/06/2006 -- 10/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	:	697 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	:	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	:	538224,45-436152,93

DAYANIMLILIK/Strength		AYRIŞMA/Weathering		İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained	
I ÇOK DAYANIMLI	Strong	I TAZE	Fresh	N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK	Very Soft	N : 0-4 ÇOK GEVŞEK	Very Loose
II DAYANIMLI	M.Strong	II AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4 YUMUŞAK	Soft	N : 5-10 GEVŞEK	Loose
III ORTA	M.Weak	III ORTA D. AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8 ORTA KATI	Moderately Stiff	N : 11-30 ORTA SIKI	Moderately Dense
IV ZAYIF	Weak	IV ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15 KATI	Very Stiff	N : 31-50 SIKI	Dense
V ÇOK ZAYIF	V.Weak	V TÜMÜYLE AYR.	Comp. W.	N :16-30 ÇOK KATI	Stiff	N : >50 ÇOK SIKI	Very Dense
				N : >30 SERT	Hard		

KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures		ORANLAR/Proportions			
% 0-25 ÇOK ZAYIF	Very Poor	1 SEYREK	Wide (W)	% 5 PEK AZ	Slightly	% 5 PEK AZ	Slightly
% 25-50 ZAYIF	Poor	1-2 ORTA	Moderate (M)	% 5-15 AZ	Little	% 5-20 AZ	Little
% 50-75 ORTA	Fair	2-10 SIK	Close (Cl)	% 15-35 ÇOK	Very	% 20-50 ÇOK	Very
% 75-90 İYİ	Good	10-20 ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35 VE	And		
% 90-100 ÇOK İYİ	Excellent	>20 PARÇALI	Crushed (Cr)				

SPT STANDART PENETRASYON TESTİ / Standard Peneration Test
D ÖRSELENMİŞ NUMUNE / Disturbed Sample
UD ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE / Undisturbed Sample
K KAROT NUMUNESİ / Core Sample
P PRESİYOMETRE DENEYİ / Pressuremeter Test
VS VEYN DENEYİ / Vane Shear Test



Ek 1. Sondaj Logları (devam)

SONDAJ LOGU / BORING LOG

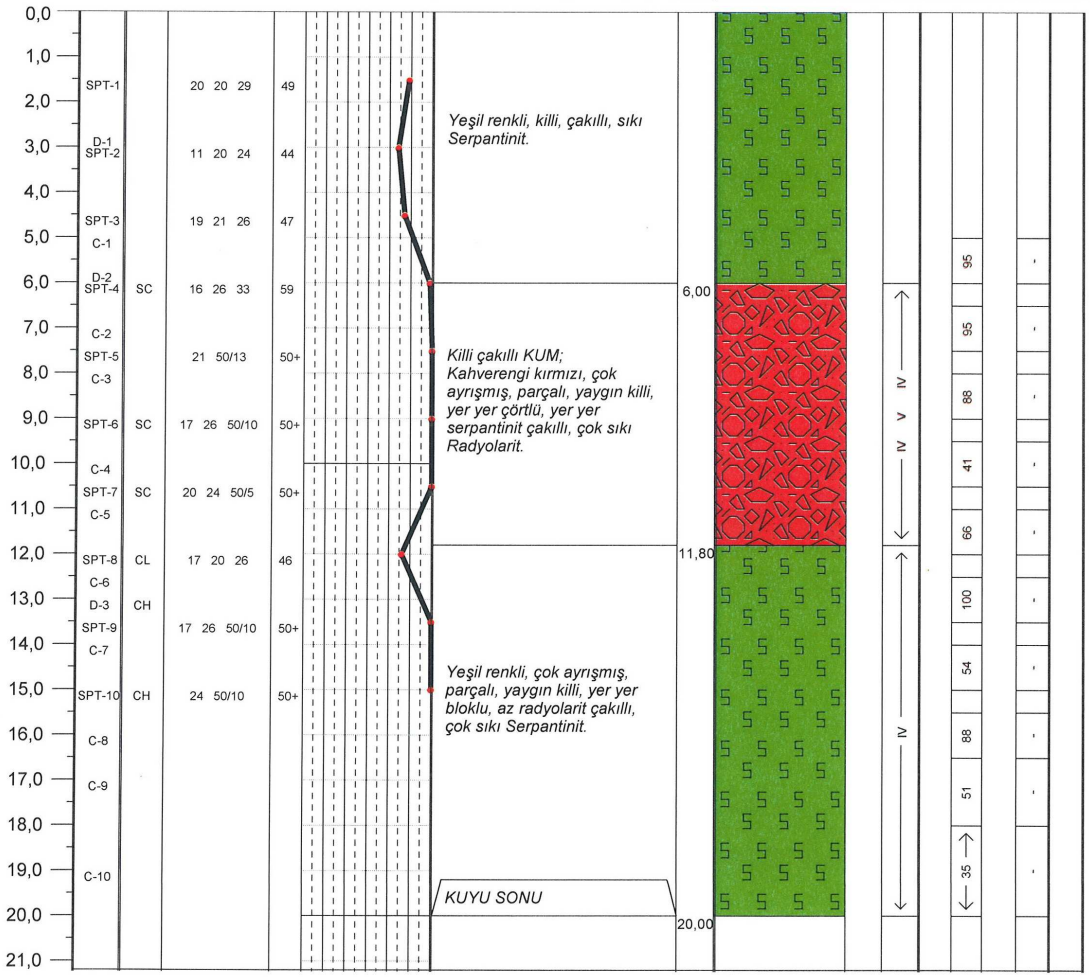
Sondaj No: SK8

PROJE ADI/Project Name	:	Kalecik Yolu Heyelanı	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	114 mm.
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	Kalecik Yol Yarması	YERALTI SUYU/Groundwater	:	-
KİLOMETRE/Chainage	:	Km:0+165 (Şev tarafında)	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	18,00 m.
SONDAJ DER./Boring Depth	:	20,00 m.	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	05/06/2006 -- 07/06/2006
SONDAJ KOTU/Elevation	:	710 m.	KOORDİNAT/Coordinate(Northing)	:	
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	ACKER-1	KOORDİNAT/Coordinate(Easting)	:	538335,03-436196,96

DAYANIMLILIK/Strength		AYRIŞMA/Weathering		İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained	
I ÇOK DAYANIMLI	Strong	I TAZE	Fresh	N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK	Very Soft	N : 0-4 ÇOK GEVŞEK	Very Loose
II DAYANIMLI	M.Strong	II AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4 YUMUŞAK	Soft	N : 5-10 GEVŞEK	Loose
III ORTA	M.Weak	III ORTA D.AYR.	Mod. Weath.	N : 5-8 ORTA KATI	Moderately Stiff	N : 11-30 ORTA SIKI	Moderately Dense
IV ZAYIF	Weak	IV ÇOK AYR.	Highly W.	N : 9-15 KATI	Very Stiff	N : 31-50 SIKI	Dense
V ÇOK ZAYIF	V.Weak	V TÜMÜYLE AYR.	Comp. W.	N :16-30 ÇOK KATI	Stiff	N : >50 ÇOK SIKI	Very Dense
				N : >30 SERT	Hard		

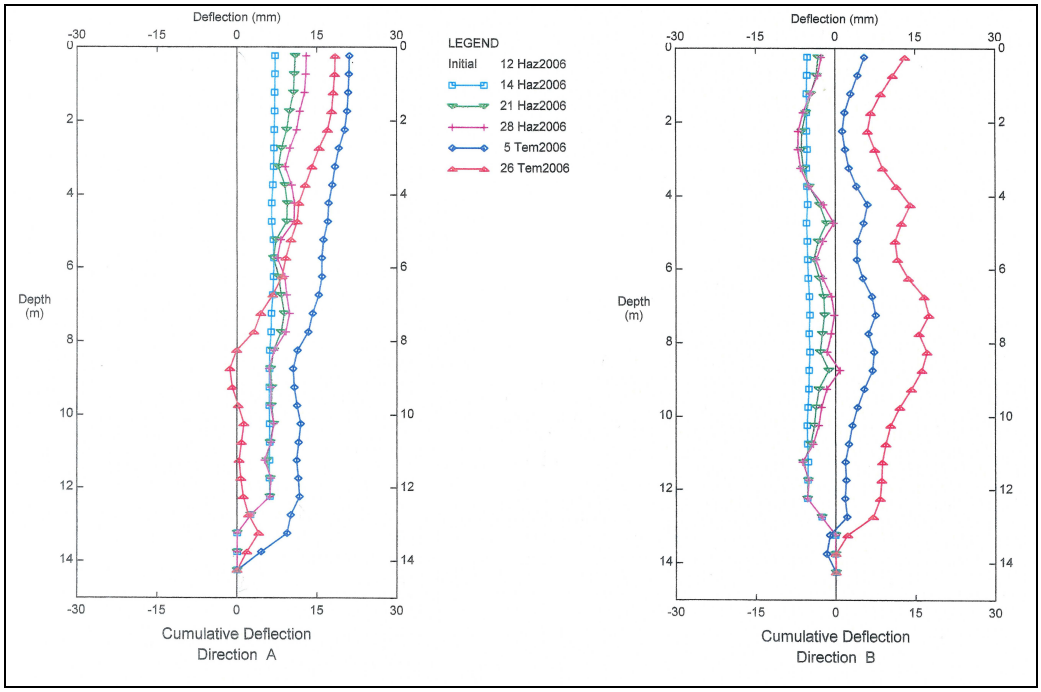
KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures			ORANLAR/Proportions				
% 0-25 ÇOK ZAYIF	Very Poor	1 SEYREK	Wide (W)		% 5 PEK AZ	Slightly		% 5 PEK AZ	Slightly
% 25-50 ZAYIF	Poor	1-2 ORTA	Moderate (M)		% 5-15 AZ	Little		% 5-20 AZ	Little
% 50-75 ORTA	Fair	2-10 SIK	Close (Cl)		% 15-35 ÇOK	Very		% 20-50 ÇOK	Very
% 75-90 İYİ	Good	10-20 ÇOK SIKI	Intense (I)		% 35 VE	And			
% 90-100 ÇOK İYİ	Excellent	>20 PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT STANDART PENETRASYON TESTİ / Standard Peneration Test
D ÖRSELENMİŞ NUMUNE / Disturbed Sample
UD ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE / Undisturbed Sample
K KAROT NUMUNESİ / Core Sample
P PRESİYOMETRE DENEYİ / Pressuremeter Test
VS VEYN DENEYİ / Vane Shear Test

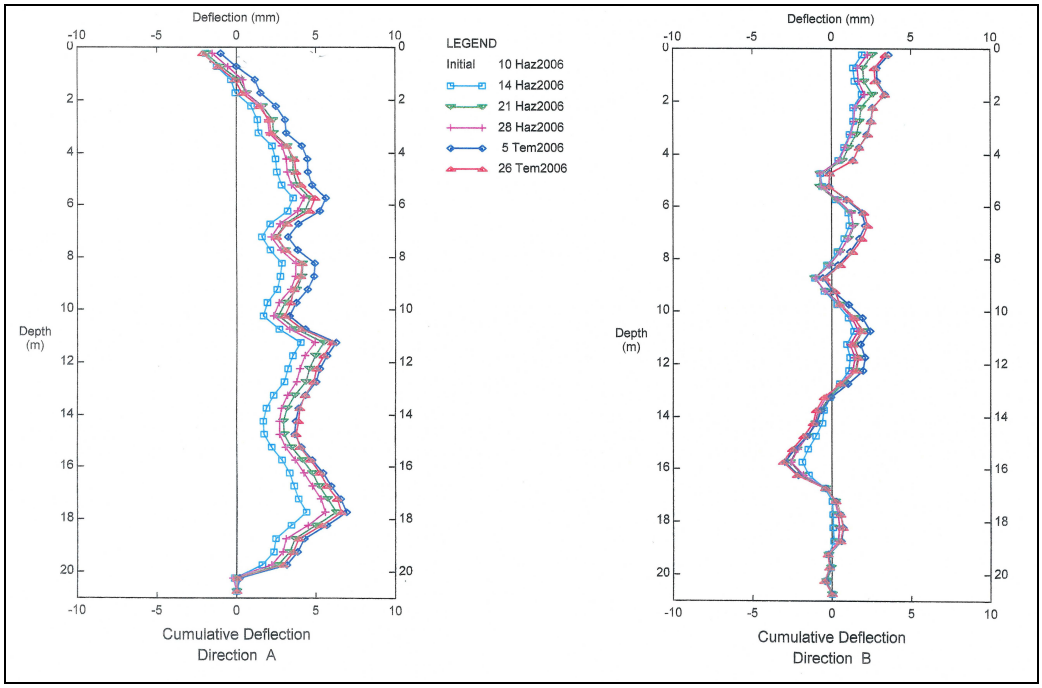


Ek 2. İnklinometre Sonuçları

Kalecik SK1

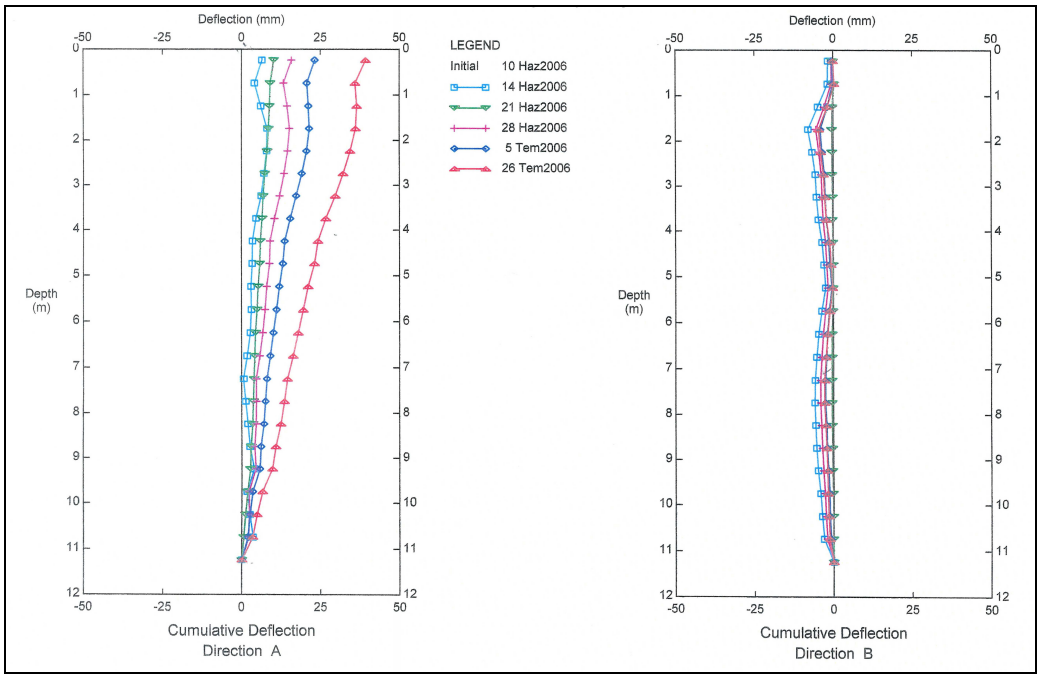


Kalecik SK2

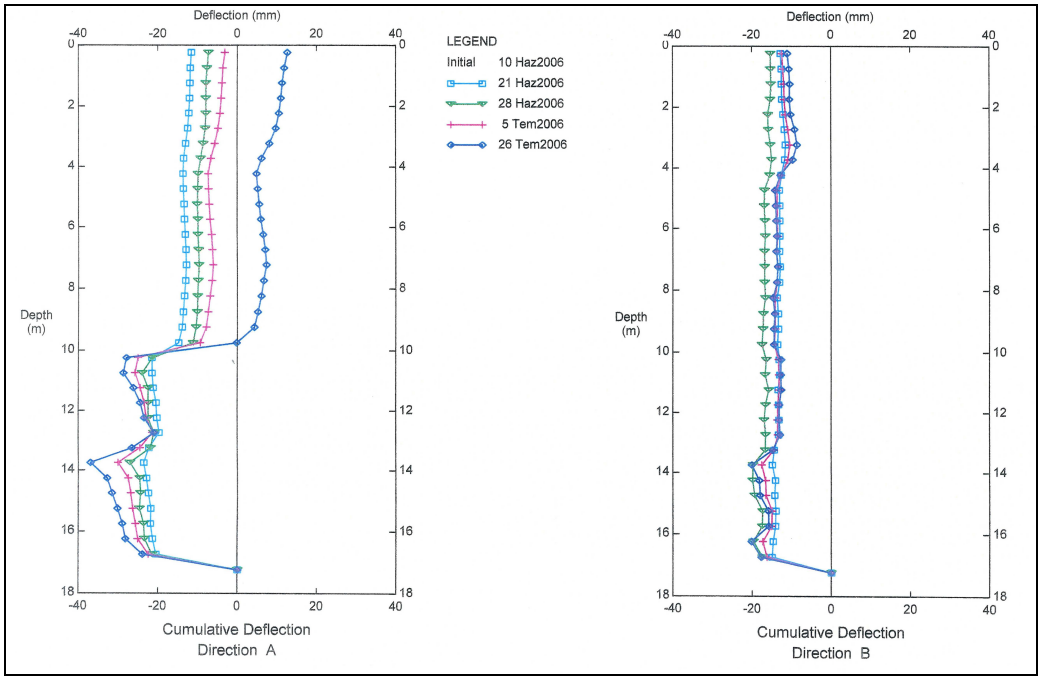


Ek 2. İnklinometre Sonuçları (devam)

Kalecik SK3

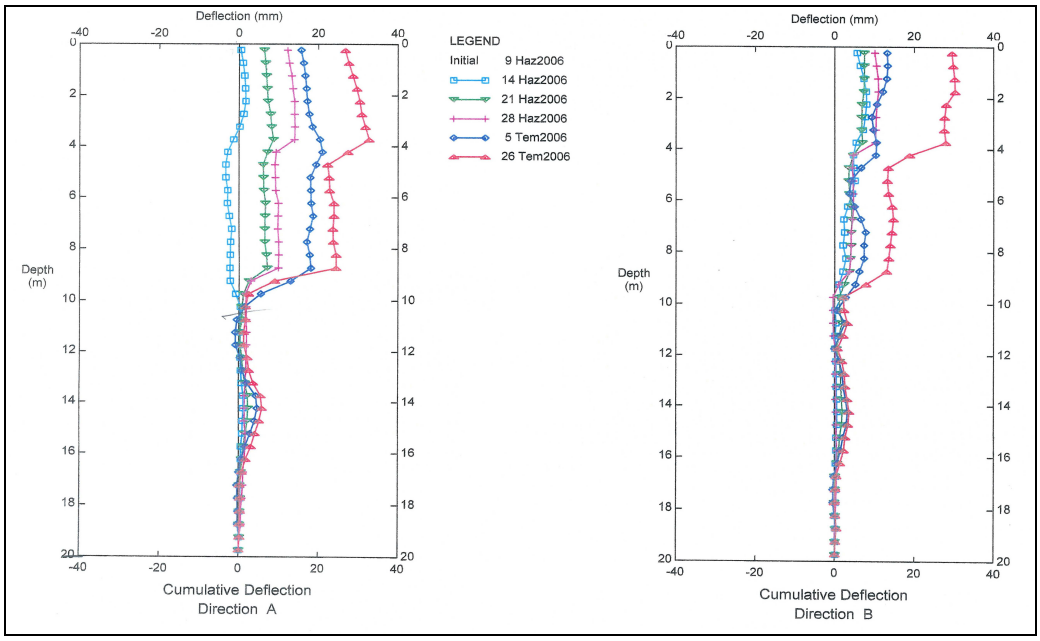


Kalecik SK4

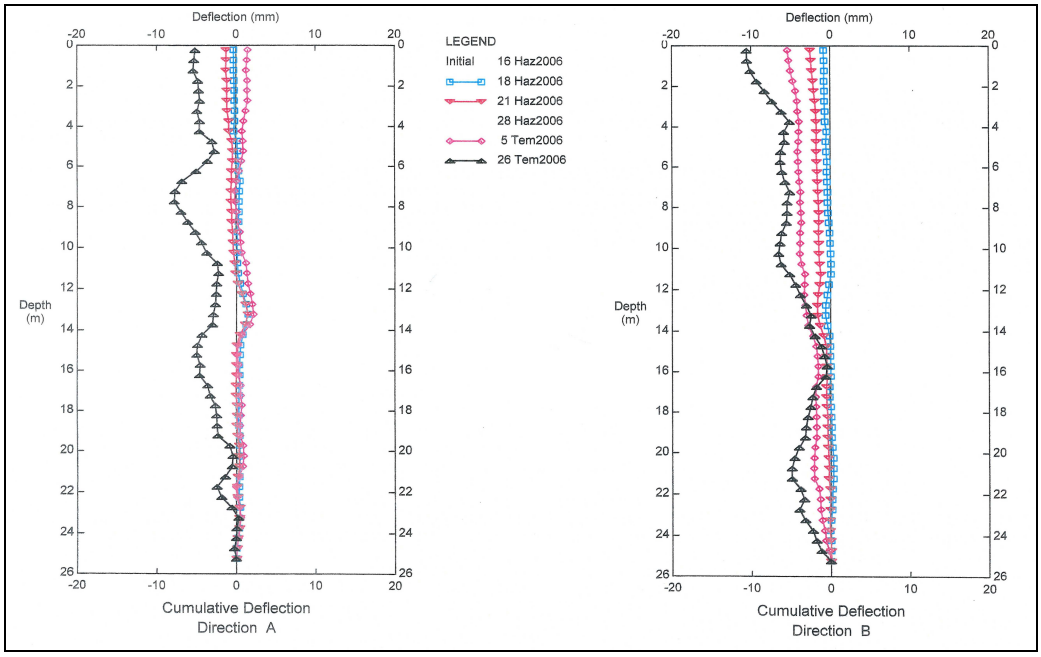


Ek 2. İnklinometre Sonuçları (devam)

Kalecik SK5

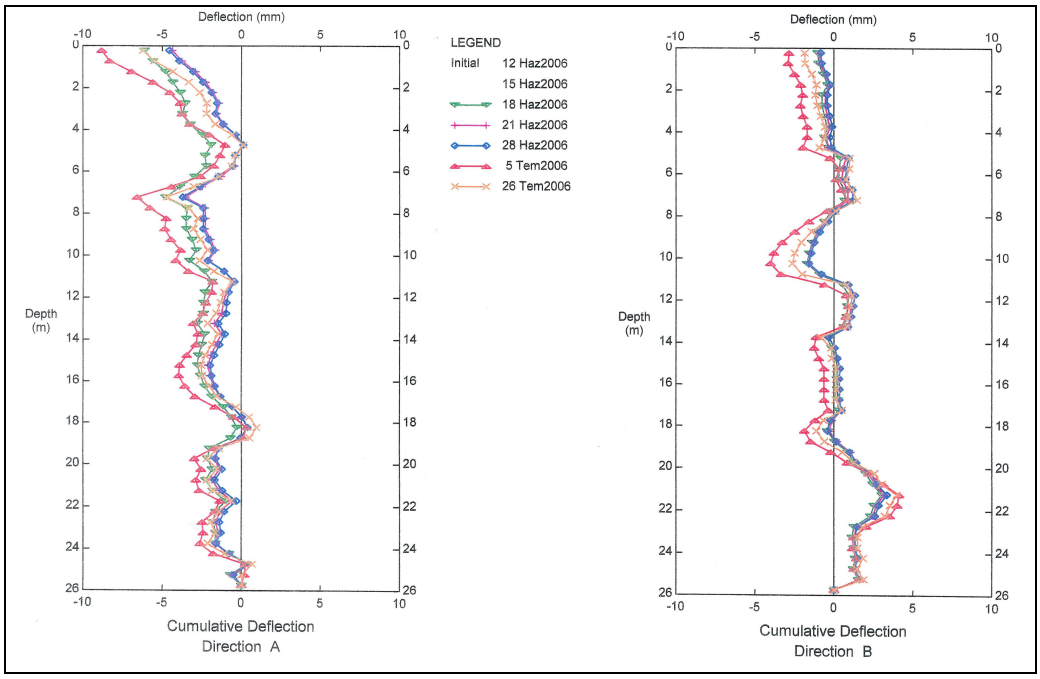


Kalecik SK6

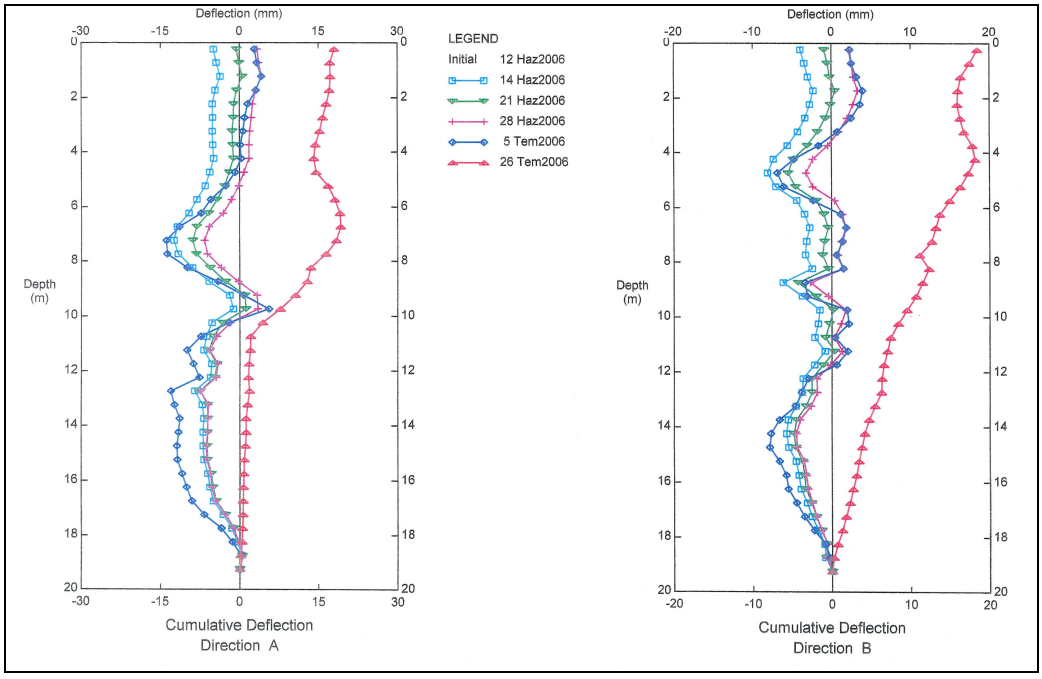


Ek 2. İnklinometre Sonuçları (devam)

Kalecik SK7



Kalecik SK8



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nurgül PARLAK ŞEKER

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 30.06.1980

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İncirli Lisesi (1997)

Lisans : Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2001)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (Ekim 2010)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Karayolları Genel Müdürlüğü, 2005- Halen