ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYRIŞMIŞ GRANADİYORİTLERDE ŞEV DURAYLILIĞININ İNCELENMESİ, KÖPRÜBAŞI BARAJI, BOLU, TÜRKİYE

Yasemin UYUKLU

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2011

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AYRIŞMIŞ GRANODİYORİTLERDE ŞEV DURAYLILIĞININ İNCELENMESİ, KÖPRÜBAŞI BARAJI, BOLU, TÜRKİYE

Yasemin UYUKLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep KILIÇ

Bu yüksek lisans tezi kapsamında, Bolu ili, Köprübaşı barajı çevresindeki ayrışmış granodiyoritlerin kütle ve malzeme özellikleri incelenmiş, bunlarda açılan şevlerin duraylılığı ve farklı yenilme türleri için yenilme kriterleri belirlenmiştir. Granodiyoritlerde J1=70/285, J2=36/50, J3=80/170 ve J4=87/75 derece eğim miktarı ve yönüne sahip başlıca dört süreksizlik takımı ve ayrıca gelişigüzel çatlaklar mevcuttur. Süreksizlikler kırık ve çatlak şeklinde gelişmiş olup, açıklıkları 0.1 mm ile 5 mm olup, "çok ince çatlaklı" ile "orta çatlaklı" arasında değişmektedir. Çatlaklar arası mesafesi 60 cm den küçük olup, "orta", "yakın", ve "çok yakın" dır. Süreksizlik yüzeyleri "dalgalı pürüzlü" ve "düz"dür. Çatlaklar granodiyoritin ayrışma ürünü olan kil, silt ve kum ile doludur su ile ıslanmıştır. Yüzeydeki çatlaklar genellikle yıkamanın etkisi ile dolgusuz ve kurudur. Granodiyoritler, hacimsel eklem sayısına göre küçük bloklar (10-30 eklem/m^3) ve çok küçük bloklar (>30 eklem/m^3) olarak tanımlanmıştır. Granodiyoritler "az ayrışmış" ve "tamamen ayrışmış" arasında değişmektedir. Schmidt çekici darbe sayılarına göre granodiyoritin tek eksenli basma dayanımı 17-160 MPa arasında değişmektedir. Granodiyoritlerde gözlenen heyelanların kayma yüzeylerinden alınan örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan makaslama deneyinden ve statik koşullar için geriye dönük analizler ile ayrışmış granodiyoritin kohezyonu ve içsel sürtünme açıları belirlenmiştir. İçsel sürtünme açısı ile güvenlik katsayısı arasındaki ilişki incelenerek yenilme şartları belirlenmiş ve uygulanabilir çözüm önerileri hakkında bilgi verilmiştir.

Eylül 2011, 50 sayfa

Anahtar Kelimeler: Granodiyorit, süreksizlik, ayrışma, şev duraylılığı, Köprübaşı barajı.

ABSTRACT

Master Thesis

SLOPE STABILITY ANALYSIS OF THE ALTERED GRANODIORITE, KÖPRÜBAŞI DAM SITE, BOLU, TURKEY

Yasemin UYUKLU

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

Supervisor: Prof. Dr. Recep KILIÇ

The aim of this thesis study is to investigate the material and mass properties of the weathered granodiorites cropping out around the Köprübaşı Dam, Bolu. Slope stability and failure criteria based on various instabilities were examined. Dip and dip direction of the main discontinuity sets are J1=70/285, J2=36/50, J3=80/170, J4=87/75 with random joint sets. Discontinuities are identified as fractures and joints those have apertures between 0.1 mm to 5 mm to be classified as "very tight" to "moderatley wide". Discontinuity spacing is less than 60 mm, classified as "moderate", "close" and "very close". Discontinuity surfaces are "Smooth, undulating" and "smooth". Joints are filled with weathered granodiorites' clay, silt and sand, sometimes wet. Joints on the outcrops washed away with no fillings. Granodiorites are classified as "small blocks (10-30 discontiniuty /m^3) and very small blocks (>30 discontinuity /m^3) based on volumetric discontinuity frequency. Granodiorites vary between "slightly weathered" to "completely weathered". Uniaxial compressive strength of the granodiorites are between 17-160 MPa calculated from the Schmidt Hardness Values. Undisturbed samples can be obtained from the sliding surface of landslides in the extremely weathered granodiorite mass, leading to determine the internal friction angle and cohesion of the sliding surface material using the shear box test and back analysis. Relation between the internal friction angle and factor of safety was examined to specify the failure and improvement methods for slopes are suggested.

September 2011, 50 pages

Key Words: Granadiorite, discontinuity, alteration, slope stability, Köprübaşı dam site.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında değerli görüş ve katkıları ile her zaman desteğini gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. Recep KILIÇ' (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı) a teşekkür eder saygılar sunarım.

Arazi çalışmaları ve şev duraylılık analizleri aşamasındaki destekleri için Dr. Koray ULAMIŞ' a ve mineralojik ve petrografik analizler için Dr. Koray SÖZERİ'ye teşekkür ederim.

Ayrıca tezimin gelişmesindeki değerli katkıları için Prof. Dr. Ergun GÖKTEN (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Nail ÜNSAL' a teşekkür ederim.

Yasemin UYUKLU
Ankara, Eylül 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET……i
ABSTRACT ……ii
TEŞEKKÜR ……...iii
SİMGELER DİZİNİ……...……...v
ŞEKİLLER DİZİNİ……....vi
ÇİZELGELER DİZİNİ…….……...vii
1. GİRİŞ……1
1.1 Amaç ve Kapsam……...1
1.2 Materyal ve Yöntem……..1
1.3 Önceki Çalışmalar……....2
1.4 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım……....3
1.5 İklim ve Bitki Örtüsü……...……..…...4
1.6 Akarsu ve Göller……...4
2. JEOLOJİ…….....5
3. GRANODİYORİTLERİN ÖZELLİKLERİ ……8
3.1 Mineralojik ve Petrografik Özellikleri ……...……....…8
3.2 Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ……...9
3.3 Kaya Kütle Özellikleri ……....11
4. KÜTLE HAREKETLERİ ……...17
5. GRANODİYORİTTEKİ YENİLME TÜRLERİ ……..22
5.1 W1 Kama Tipi Kayma…….....23
5.2 W2 Kama Tipi Kayma…….…...26
5.3 H1 Heyelanı …….....29
5.4 H2 Heyelanı …….……....31
6. ŞEV DURAYLILIK ANALİZLERİ……...34
6.1 Kama Tipi Kaymada Duraylılık Analizi……...34
6.2 Heyelanlarda Duraylılık Analizi…….……...35
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER…….....41
KAYNAKLAR……...43
EKLER……...45
Ek 1 Km : 0+120 'deki w1 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri……46
Ek 2 Km : 0+320 'deki w2 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri……..48
ÖZGEÇMİŞ……...50

SİMGELER DİZİNİ

Km	Kilometre
m	Metre
AİGM	Afet İşleri Genel Müdürlüğü
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
γ_d	Doygun birim hacim ağırlığı
γ_s	Kuru birim hacim ağırlığı
ω_n	Doğal su içeriği
LL	Likit limit
PL	Plastik limit
PI	Plastisite indisi
c	Kohezyon
ϕ	İçsel sürtünme açısı
GC	Killi çakıl
SC	Killi kum
GSI	Jeolojik dayanım indeksi
SM	Siltli kum
GK	Güvenlik katsayısı
^oC	Santigrad derece
MW	Mega watt
J1	1 no.lu süreksizlik
S1	1 no.lu kayma yüzeyi
MPa	Megapaskal
K	Kuzey
ψ_{fi}	Şev eğimi
ψ_i	Kama tipi kaymada kesişme doğrusunun eğimi
β	Kama tipi kaymada A ve B düzlemleri arasındaki açı ortayının yatayla yaptığı açı
ξ	Kama tipi kaymada A ve B düzlemleri arasındaki açı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanı yer belirleme haritası……....4
Şekil 2.1 Köprübaşı barajı ve çevresinin jeolojisi ……...6
Şekil 3.1 Feldispatlardaki yoğun serizitleşme-killeşme ve kataklazma izleri…….....9
Şekil 3.2 Kuvars ve feldispatlarda gözlenen yoğun kırık ve çatlaklar……....9
Şekil 3.3 H1 heyelanı makaslama deney sonucu……....10
Şekil 3.4 H2 heyelanı makaslama deney sonucu ……...10
Şekil 3.5 Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin gül Diyagramı…….....11
Şekil 3.6 Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan Gösterimleri…….....12
Şekil 3.7. Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin gül Diyagramı……....12
Şekil 3.8 Km:1+320 deki (W2) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan Gösterimleri…….....13
Şekil 4.1 Heyelanın planı ve boyutları (Varnes 1978…….....18
Şekil 4.2 Kaya şevlerinde gelişen başlıca duraysızlık türleri ve bunların stereonette gösterilmesi……....20
Şekil 4.3 Düzlemsel ve kama tipi kaymanın şekilleri, kesitleri ve stereonette gösterilmesi…….....21
Şekil 5.1 İnceleme alanındaki kütle hareketlerinin yerlerini gösterir harita……...23
Şekil 5.2 Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan gösterimleri ve kaymanın eğim miktarı ve yönü (43/3)……...24
Şekil 5.3 Köprübaşı Barajı yolu Km: 0+120 deki W1 kama tipi şev yenilmesi.....25
Şekil 5.4 Köprübaşı Baraj yolu Km: 0+120 deki W1 kama tipi kaymanın jeoloji haritası ve kesit hatları……...25
Şekil 5.5 Köprübaşı yolu (Km:0+120) W1 kama tipi kaymanın kesişme doğrusuna dik A-A' (a) ve kesişme doğrusu boyunca B-B' (b) kesiti……26
Şekil 5.6 Km:1+320 deki (W2) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan gösterimleri ve kaymanın eğim miktarı ve yönü (48/357)……...27
Şekil 5.7 Köprübaşı Baraj yolu Km:1+320 deki W2 kama tipi kayma……...27
Şekil 5.8 Köprübaşı Baraj yolu Km: 1+320 deki W2 şevin jeoloji haritası ve kesit hatları……....28
Şekil 5.9 Köprübaşı yolu (Km: 1+320) W2 kama tipi kaymanın kesişme doğrusuna dik A-A' (a) ve kesişme doğrusu boyunca B-B' (b) kesiti…….....28
Şekil 5.10 Köprübaşı baraj yolu Km:2+790 H1 nolu heyelanın görünüşü……....30
Şekil 5.11 Köprübaşı baraj yolu Km:2+790 H1 nolu heyelanın jeolojisi……...30
Şekil 5.12 Köprübaşı baraj yolu Km:2+790 H1 nolu heyelanın jeoloji kesiti……....31
Şekil 5.13 Köprübaşı baraj yolu Km:3+260 H2 nolu heyelanın görünüşü 32
Şekil 5.14 Köprübaşı baraj yolu Km:3+260 H2 nolu heyelanın kesit hattı……....33
Şekil 5.15 Köprübaşı baraj yolu Km:3+260 H2 nolu heyelanın jeoloji kesiti……...33
Şekil 6.1 m_α değişimleri……....36
Şekil 6.2 H1 no.lu heyelanda A-A' kesitinde statik koşullarda oluşan kayma daireleri ve güvenlik sayıları……....37
Şekil 6.3 H2 no.lu heyelanda A-A' kesitinde statik koşullarda oluşan kayma daireleri ve güvenlik sayıları ……...37

Şekil 6.4 H1 no.lu heyelanda güvenlik katsayısı - içsel sürtünme açısı ilişkisi……..…39
Şekil 6.5 H2 no.lu heyelanda güvenlik katsayısı - içsel sürtünme açısı ilişkisi……..39
Şekil 6.6 H1 no.lu heyelanda A-A' kesitinde statik koşullarda gerilme çatlağında suyun bulunması durumda oluşan kayma dairesi ve güvenlik sayısı……...40
Şekil 6.7 H2 no.lu heyelanda A-A' kesitinde statik koşullarda gerilme çatlağında suyun bulunması durumda oluşan kayma dairesi ve güvenlik sayısı……...40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Bolu ili 1975-2010 yılları arasındaki ortalama sıcaklık(^{o}C) ve yağış (kg/m^2)…….....…...……....4
Çizelge 3.1 Tamamen ayrışmış granadiyoritin sınıflama özellikleri …….....10
Çizelge 4.1 Kütle hareketlerinin genel sınıflandırılması (Varnes 1978) …….....17
Çizelge 5.1 Granodiyoritlerde oluşan kütle hareketlerinin simgesi, tipi ve uzaklığı.....22
Çizelge 6.1 H1heyelanında içsel sürtünme açısı - güvenlik katsayısı…….....38
Çizelge 6.2 H2 heyelanında içsel sürtünme açısı - güvenlik katsayısı ……...38

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı, Bolu ili, Köprübaşı barajı çevresindeki ayrışmış granodiyoritlerde açılan şevlerin duraylılığını incelemek ve farklı yenilme türleri için kritik şev açılarını belirlemektir. Bu amaçla barajın inşasından sonra baraj gölü altında kalacak olan Yedigöller-Bolu yolunun bu kesiminin yeniden inşaası için baraj gölünün kuzey batı kıyısında açılmış olan yolun Km: 0+000 ile Km: 3+260 arasındaki kuzeybatı şevlerindeki granodiyoritin minerolojik ve petrografik özellikleri incelenmiş, süreksizlik ölçümleri yapılmış, arazide Schmidt çekici geri tepme sayısı belirlenmiş, ayrıma derecesi incelenmiş, önemli kütle hareketlerinin ve çevresinin jeoloji haritası yapılarak iki adet kama tipi kayma ve iki adet heyelanın boyutları belirlenmiş ve jeoloji kesitleri hazırlanmıştır. Heyelanların kayma yüzeylerinden alınan örselenmemiş örnekler üzerinde makaslama deneyleri ile kohezyon ve içsel sürtünme açısı belirlenmiş ve ayrıca statik koşullar için geriye dönük analizler ile kayma yüzeyindeki malzemenin içsel sürtünme açıları belirlenmiştir. Heyelanlarda kayma yüzeyindeki doygunluk şartlarına bağlı olarak değişen içsel sürtünme açısı ile güvenlik katsayısı arasındaki ilişki incelenerek yenilme şartları belirlenmiş ve uygulanabilir çözüm önerileri hakkında bilgi vermektir.

1.2 Materyal ve Yöntem

Köprübaşı baraj gölünün Kuzey batısındaki yolun içinde bulunduğu granodiyoritlerin farklı ayrışma zonlarından ve kayma yüzeylerinden alınmış örselenmemiş örnekler materyali oluşturmaktadır. Örneklerin mineralojik ve petrografik analizleri yapılmış, heyelanın kayma yüzeyinin üzerindeki ayrışmış granodiyoritten alınan örselenmemiş örneklerin kuru ve doygun birim hacim ağırlığı TS 699 (2007) stveardına göre Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün ilgili laboratuvarlarında incelenmiştir.

Arazide şev yüzeylerinin farklı yerlerinde Schmidth çekici ile geri tepme sayısı belirlenmiş ve granodiyoritin tek eksenli basma dayanımı bu verilerden belirlenmiştir.

Granodiyoritlerdeki süreksizlik takımlarına bağlı olarak ölçümler yapılmıştır. Süreksizlik ölçümleri kullanılarak Schmidt ağı üzerinde olabilecek kütle hareketleri kinematik analizlerle incelenmiştir.

İncelenen yol üzerinde iki adet heyelan ile iki adet kama tipi kayma gözlenmiş olup, heyelanların uzunluğu, genişliği, yaklaşık kayma dairesi derinliği, esas ayna derinliği, yaklaşık kayan malzemenin kütlesi, kama tipinde kayma yüzeylerinin eğim miktarı ve yönü, kayma ekseninin uzunluğu, eğimi ve dalım yönü arazide belirlenerek jeoloji haritaları ve kesitleri çizilmiştir. Ayrıca kütle hareketlerinin fotoğrafları üzerinde karakteristikleri gösterilmiştir.

Heyelanların duraylılığı Slide 5.0 Stability programı (Bishop, 1955) ile statik şartlar için incelenmiştir. Kama tipi kaymada güvenlik katsayıları Hoek ve Bray (1989) yöntemine göre incelenmiştir.

Heyelanların farklı içsel sürtünme açılarına bağlı olarak güvenlik katsayısı değişimi incelenmiştir. Sonuçlar çizelge ve grafiklerle ifade edilmiştir.

1.3 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki çalışmalar başlıca genel jeoloji ve jeoteknik amaçlı olup, bunlar ayarı ayrı kısaca açıklanmıştır.

Bölgede Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından genel jeoloji amaçlı çalışmalar yapılmış olup, inceleme bölgesinde yer alan birimlerin granitoid olup, yer yer diyabaz, bazalt, aplit sokulumlarıyla kesilmiş olduğu belirtilmektedir (Anomim, 1995).

İnceleme alanında yapılan en önemli jeolojik ve jeoteknik çalışma Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından planlanan Köprübaşı Barajı ve HES yeri, derivasyon tünel hattı, dolu savak yeri, enerji tünel hattı, santral yeri ve kuyruk suyu tünel hattında

yapılan sondajlı çalışmalardır (Anonim, 2001). Köprübaşı Barajı ve HES karakteristikleri DSİ tarafından aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (www.dsi.gov.tr, 2011).

Barajın Yeri	: Bolu ili, Mengen ilçesi, Bolu Çayı üzerindedir.
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	: 03.05.2002 - 14.08.2009
Amacı	: Enerji + Taşkın Kontrolü
Gövde dolgu tipi	: Kil çekirdekli kaya dolgu
Gövde hacmi	: 9.01 hm^3
Yükseklik (talvegden)	: 108 m
Normal su kotunda göl hacmi	: 199.26 hm^3
Normal su kotunda göl alanı	: 5.27 km^2
Güç	: 2 x 40.44 MW

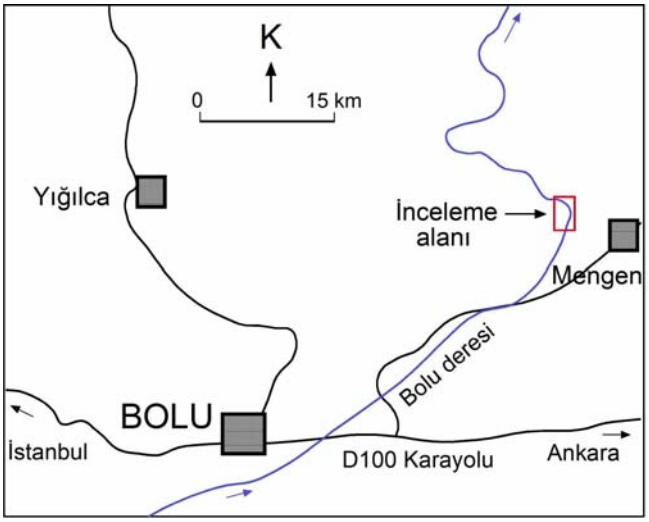
Pamuksuz (2007), "Köprübaşı Barajı (Mengen-Bolu) ve HES İnşaatı Mühendislik Jeolojisi" konulu, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans Tezi hazırlamıştır. Araştırmacı bu tezde DSİ tarafından yapılan arazi, sondaj ve haritalarından yararlanarak barajdaki yapı yerlerindeki birimlerin mühendislik jeolojisi çalışmasını sunmuş olup, bu çalışmadaki incelenen konu ile doğrudan ilgisi bulunmamaktadır.

Ulamış vd. (2007) tarafından Hidroelektrik Üretim Amaçlı Bolu Köprübaşı Barajı ve Mühendislik Jeolojisi hakkında yeniden değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışmanın konusunu oluşturan granodiyoritlerdeki şevlerinin duraylılığı ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır.

1.4 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşım

İnceleme alanı Bolu ili, Mengen ilçesinin 18 km kuzeybatısında ve Bolu çayı üzerinde yapılmış olan Köprübaşı Barajı ve HES yerinin kuzeybatı sınırını oluşturmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 İnceleme alanı yer belirleme haritası

1.5 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı Batı Karadeniz iklimine sahip olup, aylara göre (1975-2010 yılları arasındaki ortalama sıcaklık ve yağış miktarları çizelge 1.1'de verilmiştir (Anonim , 2011). Yol güzergahı ve çevresi yoğun ağaçlarla kaplıdır.

Çizelge 1.1 Bolu ili 1975-2010 yılları arasındaki ortalama sıcaklık (^{o}C) ve yağış(kg/m^{2})

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık	0.9	2.1	5.2	9.9	14.0	17.5	19.9	19.8	16.1	11.8	6.6	2.7
Ortalama Yağış	56.7	44.8	49.2	51.2	59.6	52.9	32.2	27.8	27.0	45.3	48.2	62.3

1.6 Akarsu ve Göller

Bölgedeki en önemli akarsu Bolu çayıdır. Bu çaya birleşen çok sayıda akıntı halinde dereler mevcuttur.

2. JEOLOJİ

İnceleme alanı çevresinde en yaşlı birimler Prekambriyen yaşlı ayrılmamış gnays, şist, amfibol v.b. gibi kayaçlardan oluşur. Bu birimlerin inceleme konusu ile ilgisi bulunmamaktadır.

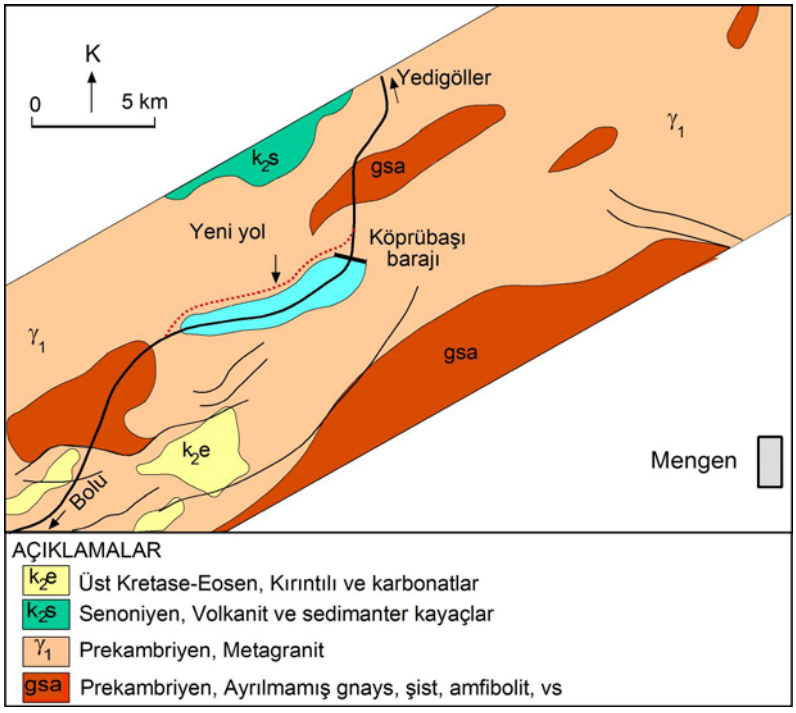
İnceleme alanı ve çevresinde Prekambriyen yaşlı metagranit olarak tanımlanan granodiyoritler bulunmaktadır (Şekil 2.1). Granitoyitler genel olarak granodiyorit, granit ve siyenitten oluşmaktadır ve yer yer diyabaz, bazalt, aplit sokulumlarıyla kesilmiştir. Masifde genellikle granodiyorit bileşimi yaygındır (Anomim, 1995). Daha sonra sırasıyla diyorit, kuvars diyorit, kuvars monzonit ve granitler görülmektedir. Genel olarak iri kristalli, breşimsi-kataklastik yapıda, sert ancak gevrek ve çekiç darbesiyle dağılabilir özelliktedirler. Yer yer sık çatlaklı, çatlaklar kuvars, kalsit, klorit, limonit ve kil dolguludur. Kataklastik-breşimsi yapı, çok parçalı, yer yer ayrışma belirgin özelliğidir. Birimi oluşturan magmatik derinlik kayaçları, iri taneli, hipidiyorfik dokulu, bileşimleri granitten diyorite kadar değişen masif kayalardır. Bolu granitoyidini oluşturan kayalar genel olarak inceleme alanının güney kesimlerinde Paleozoyik yaşlı istifler ile sınırlanmaktadır. Bu kesimlerdeki dokanaklar, ilksel ilişkileri izlenmeyecek şekilde tektonik etkinlik yansıtır özelliktedir.

2001 yılında DSİ tarafından Köprübaşı baraj yeri araştırması sırasında yapılan jeoteknik amaçlı sondajlara göre Bolu deresi yatağında granodiyoritlerin üstten ortalama 8 m lik kısmının tamamen ayrışmış olduğu, alt seviyelerin çatlaklı olmasına rağmen sağlam kaya özelliği gösterdiği ifade edilmektedir.

İnceleme alanının çevresinde Senoniyen yaşlı volkanik ve sedimanter kayaçlar ile Üst Kretase - Eosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar bulunmaktadır (Anomim, 1995). Birimi oluşturan litolojiler yaygınlık sırasına göre kumtaşı, silttaşı ve konglomeradır. Kırmızı- mor renkli, orta kalın masif tabakalı, ince taneli, yer yer şistozite gösteren kumtaşı, genel olarak sedimanter yapılardan yoksun tek düze bir görünüm belirtmektedir. Yer yer derecelenme, düzgün ve hafif bükümlü laminalanma gözlenmekle birlikte boylanması kötüdür. Başlıca bileşenleri kuvars, feldispat ve kayaç

kırıntılarıdır; ayrıca serisit, klorit, muskovit, epidot, ve bol olarak opak mineral içermektedir. Yine kırmızı-mor renkte olan silttaşı, içerdiği mineraller ve kayaç kırıntıları, derecelenme ve laminalanma şekline göre kumtaşına benzer özellik göstermektedir

İncelenen alvea granodiyoritin üzerinde bazı kesimlerde uyumsuz olarak 2.0 m kalınlığa varan granodiyorit kökenli blok, çakıl, kum ve kilden oluşan yamaç molozu bulunmaktadır. İnceleme alanında çok sayıda irili ufaklı fay mevcuttur. İnceleme alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu'na 25 km uzaklıktadır.



Şekil 2.1 Köprübaşı barajı ve çevresinin jeolojisi (Anomim, 1995)

Köprübaşı baraj yeri Kuzey Anadolu Fay Zonu'na 25 km, Mengen Fayı'na 12 km uzaklıktadır. Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Köprübaşı Barajı proje alanını KD-GB doğrultusunda 350 km boyunca kat etmektedir. KAF'ın antitetik fayları çalışma alanında etkin olarak gözlenmektedir. Özellikle uzun mesafeler kateden faylar KD-GB yönünde uzanım gösterirler. Bu faylanmalara dik gelecek şekilde KB-GD yönlü ikincil faylanmalara da rastlanılmaktadır.İnceleme alanının oluşmasında KB-GD yönlü bir

sıkışmanın izleri gözlenmektedir. KD-GB yönünde uzanımlar gösteren pek çok bindirmeler genellikle düşük açılı olup, hareketin yönü KB'dan GD'ya doğrudur. Baraj yeri göl alanında yer alan birimlerin hemen hepsi KD-GB yönünde uzanan yüzeylemeler halinde devam etmektedir (Anomim, 1995). Baraj yeri, AİGM (1996) Deprem Bölgeleri Haritası'nda birinci derece deprem bölgesindedir. 50 yılda %10 risk ile aşılması beklenen maksimum yatay yer ivmesi 412.4 gal dir (Anonim , 1993).

3. GRANODİYORİTLERİN ÖZELLİKLERİ

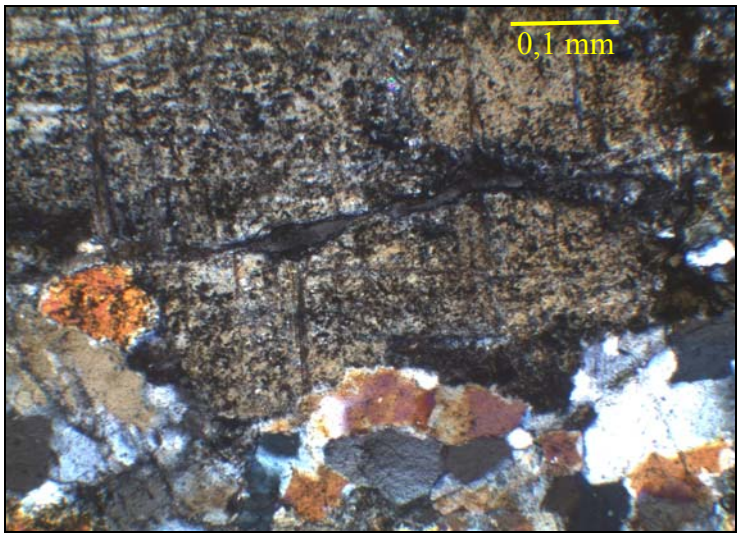
Granodiyoritin mineralojik ve petrografik özellikleri ile kaya kütle özellikleri incelenerek elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

3.1 Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

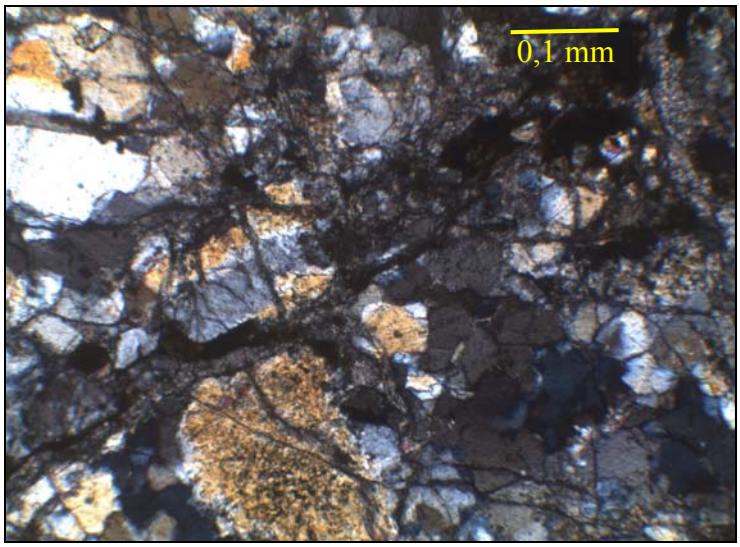
İnceleme alanındaki ayrışmış granodiyoritlerin mineralojisini ve petrografisini incelemek amacı ile alınan el örneklerinin ince kesitleri yapılmıştır. Granodiyorit, faneritik dokulu, ince-orta taneli, masif bir yapıya sahip, yoğun kataklazma ve alterasyona uğraması nedeniyle düşük dayanımlı bir yapıya sahiptir. Holokristalin (tümü kristalli) tanesel, ince-orta taneli mineraller içermektedir.

Mineralojik bileşiminde; orta-iri taneli, tipik polisentetik ikizlenmeye sahip, genellikle yarı öz şekilli kristaller halinde plajioklas alkali feldspat, ince-orta tane boyuna sahip yoğun kataklazma etkisi ile belirgin dalgalı sönme ve kırık-çatlak içeren, bir kısmı ikincil olarak oluşmuş taneler şeklinde izlenen ve kayacın yaklaşık % 60 lık bir bölümünü oluşturan kuvars ile çok az orvea gözlenen ince taneli opak mineraller bulunmaktadır. :

Ayrışma etkisi ile plajioklas ve alkali feldispatlarda belirgin olarak serizitleşme ve killeşme gözlenmektedir. Bu durum kayacın dayanımını oldukça azaltmaktadır. İncekesit fotoğrafları Şekil 3.1 - 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Feldispatlardaki yoğun serizitleşme-killeşme ve kataklazma izleri (Çapraz nikol)



Şekil 3.2 Kuvars ve feldispatlarda gözlenen yoğun kırık ve çatlaklar (Çapraz nikol).

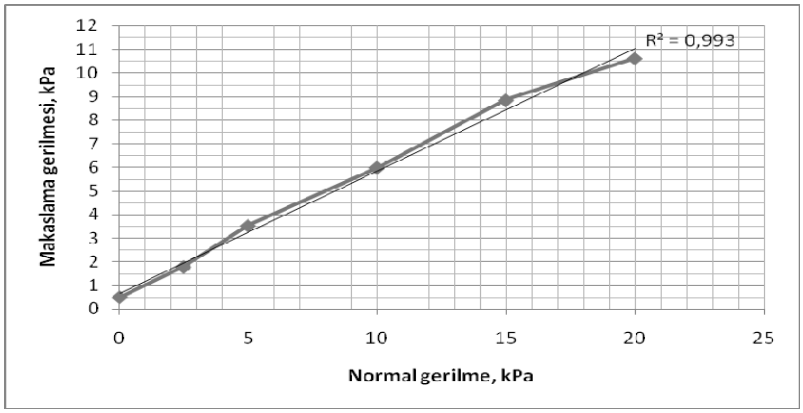
3.2 Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Süreksizlik yüzeylerinden örselenmemiş örnekler alınamamıştır. Ayrıca granodiyoriti temsil eden el örnekleri alınmıştır. Süreksizliklerden ve tamamen ayrışmış kesimlerden alınan 4 adet örselenmemiş örneğin doğal su içeriği, tane boyu dağılımı Ankara Üniversitesi, Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarında TS-1900 (1987) ve ASTM (1994) stveartlarına uygun olarak belirlenmiş ve sonuçları çizelge 4.1'de verilmiştir.

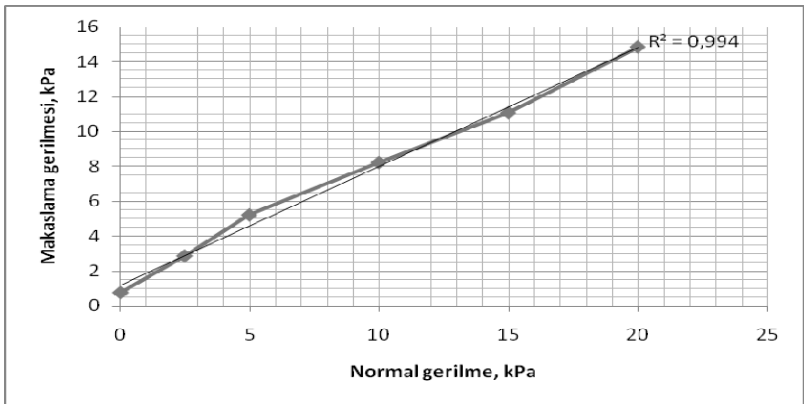
Çizelge 3.1 Tamamen ayrışmış granodiyoritin sınıflama özellikleri

		Atterberg Limitleri			Tane boyu (% geçen)				Kohezyon c, kN/m^2	İçsel s.açısı ϕ, derece	Zemin sınıfı
Örnek no.	ω_n (%)	LL	PL	PI	4	10	40	200			
H1a	12.3	36.9	17.0	19.9	76.8	63.9	41.9	21.4	0.55	29	SC
H2a	11.4	39.6	17.6	22.0	71.7	55.3	31.7	19.5			SC
H2a	9.3	NP	NP	NP	86.5	64.2	38.7	6.8			SM
H2b	10.1	41.3	19.0	22.3	74.1	57.7	36.4	18.1	0.75	36	SC

Makaslama deney sonuçlarına göre H1 nolu heyelanın süreksizlik yüzeylerindeki killi kum (SC) grubundaki tamamen ayrışmış granodiyoritin c = 0.55 kPa ve ϕ = 29° (Şekil 3.3) ve H2 nolu heyelan yüzeyindeki killi kumun (SC) c = 0.75 kPa ve ϕ = 36° (Şekil 3.4) elde edilmiştir.



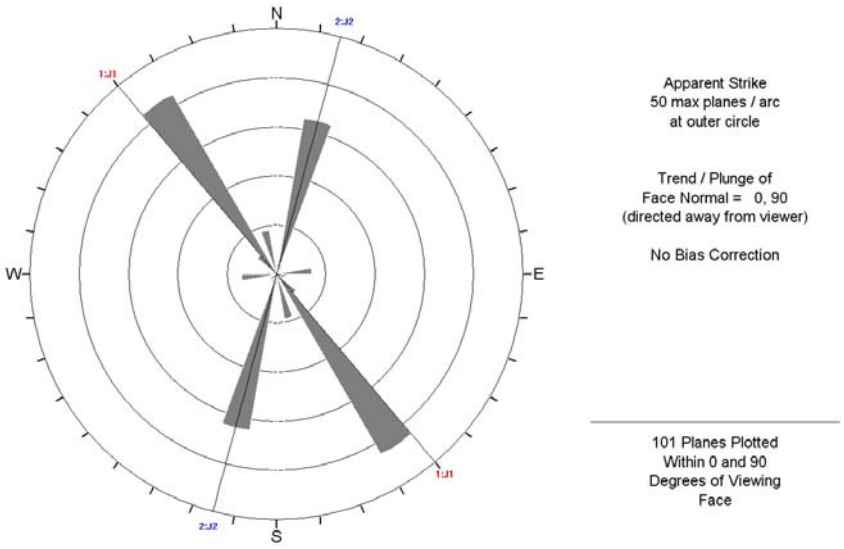
Şekil 3.3 H1 heyelanı makaslama deney sonucu (c = 0.55 kPa, ϕ = 29°)



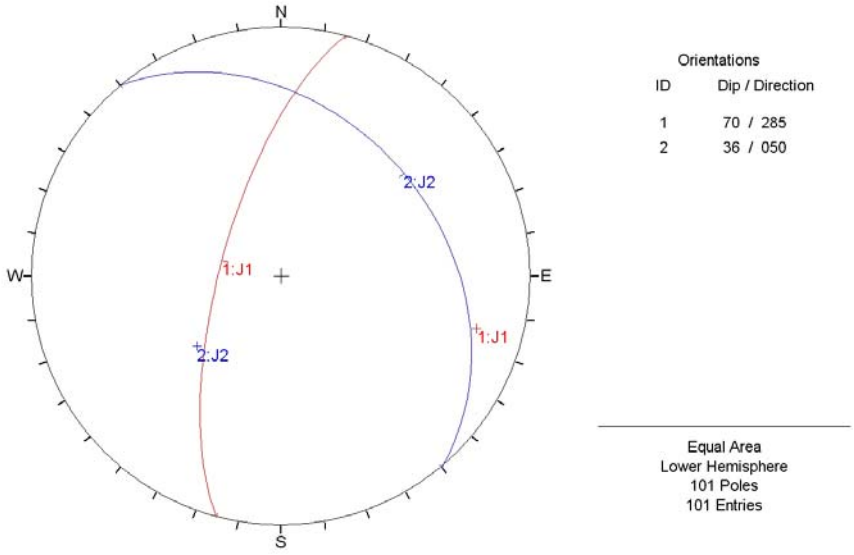
Şekil 3.4 H2 heyelanı makaslama deney sonucu (c = 0.75 kPa, ϕ = 36°)

3.3 Kaya Kütle Özellikleri

İnceleme alanındaki ayrışmış granodiyoritlerde açılan yol yarmalarındaki duraylılığının incelenmesi amacıyla mevcut heyelan ve kama tipi kaymalar 1/1000 ölçekli topoğrafik harita üzerine ölçekli olarak işlenmiştir. Granodiyoritler "bloklu kaya" kütleleridir (Goodman, 1995). Kütle hareketlerinin boyutları şerit metre ile ölçülmüştür. Süreksizlik ölçümleri hat etüdü ile pusula ve şerit metre kullanılarak yapılmıştır. Granodiyoritlerde genel olarak eğim miktarı ve yönü J1=70/285, J2=36/50, J3=80/170 ve J4=87/75 derece olan başlıca dört süreksizlik takımı ve ayrıca gelişigüzel çatlaklar mevcuttur. Km: 0+120 deki süreksizliklerin eğim miktarı ve yönleri Ek1'de, gül diyagramı şekil 3.5, eşit alan gösterimi kinematik analize altlık olacak şekilde şekil 3.6'da verilmiştir. Bu şekilde "sağ el kuralı" kullanılmamıştır.

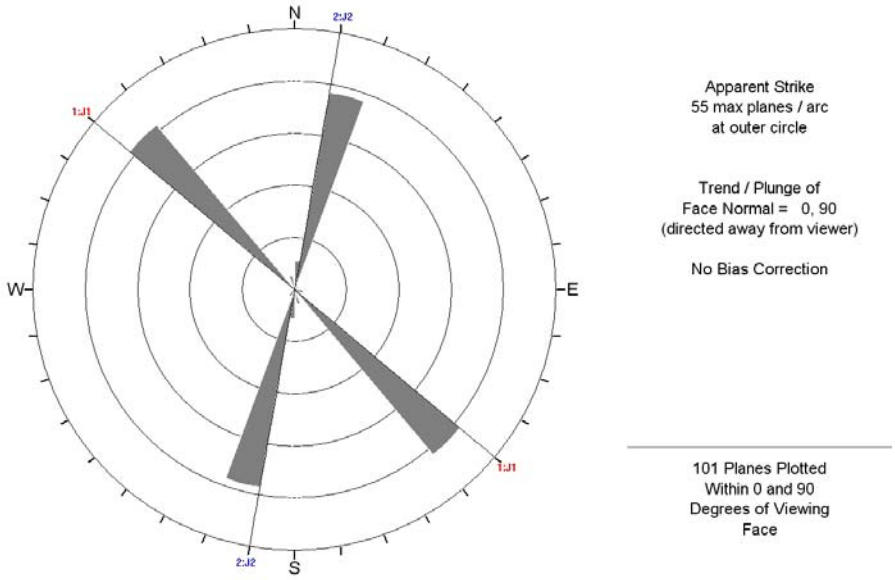


Şekil 3.5 Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin gül diyagramı

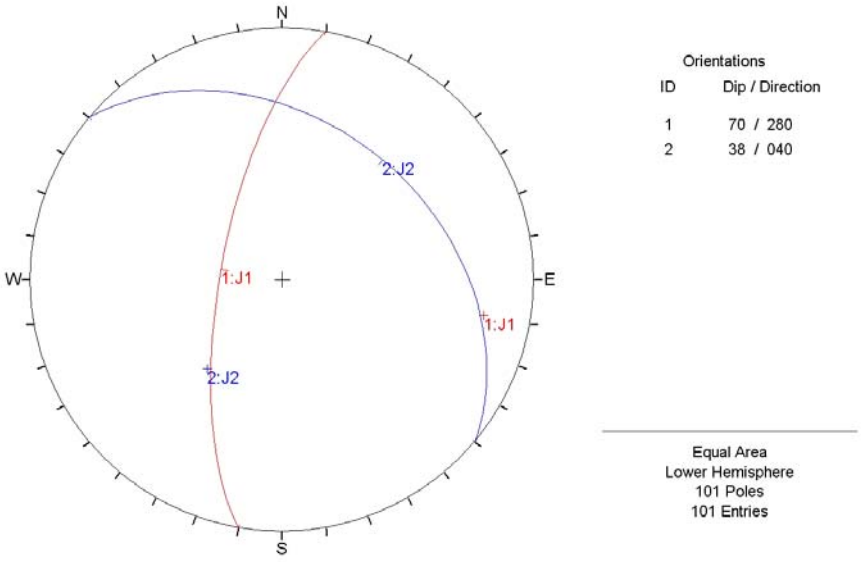


Şekil 3.6 Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan gösterimleri

Km: 1+320 deki süreksizliklerin süreksizliklerin eğim miktarı ve eğim yönleri Ek 2'de, gül diyagramı şekil 3.7, eşit alan gösterimi şekil 3.8'de verilmiştir. Bu şekilde J1 ve J2 süreksizlikleri ile kama tipi kaymanın olduğu görülmektedir.



Şekil 3.7. Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin gül diyagramı



Şekil 3.8 Km:1+320 deki (W2) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan Gösterimleri

Süreksizlikler kırık ve çatlak şeklinde gelişmiş olup, açıklıkları 0.1 mm ile 5 mm olup, "çok ince çatlaklı" ile "orta çatlaklı" arasında değişmektedir (Deer 1963). Çatlaklar arası mesafesi 60 cm den küçük olup, "orta", "yakın", ve "çok yakın" dır (ISRM, 1981). Süreksizlik yüzeyleri dalgalı pürüzlü ve düzdür (Anonymous 1981). Çatlaklar granodiyoritin ayrışma ürünü olan kil, silt ve kum ile doludur su ile ıslanmıştır. Yüzeydeki çatlaklar genellikle yıkamanın etkisi ile dolgusuz ve kurudur.

Granodiyoritler, hacimsel eklem sayısına göre küçük bloklar (10-30 eklem/m^3) ve çok küçük bloklar (>30 eklem/m^3) olarak tanımlanmıştır (Anonymous 1981).

Granodiyoritlerin ayrışma derecesi "az ayrışmış" ve "tamamen ayrışmış" arasında değişmektedir. (Anonymous 1981)

Jeolojik dayanım indeksi (GSI) ne göre granadiyoritler Parçalanmış-köşeli ve yuvarlak kaya parçalarından oluşan, zayıf kenetlenmiş, aşırı derecede kırıklı kaya kütlesidir. Yüzey durumu "Çok zayıf kaya" kaygan ileri derecede ayrışmış, yumuşak dolguludur (Hoek vd. 1995, Hoek ve Brown, 1997)

Granodiyoritlerin tek eksenli dayanımlarını tahmin etmek amacı ile Schmidt çekici geri tepme sayıları arazide mümkün olduğunca düzensiz sağlam blok üzerinde yüzeyler temizlendikten sonra düzleme dik olarak ölçülmüştür. Kama tipi kaymaların ve heyelanın oluştuğu kesimlerdeki düzensiz blokların Schmidt çekici geri tepme sayısı farklılık göstermektedir. Kama tipi kaymaların olduğu kesimdeki az ayrışmış granodiyoritteki Schmidt çekici darbe sayıları 30 ile 60 arasında değişmekte olup, ortalama 46 ve heyelanların olduğu kesimdeki düzensiz bloklardaki darbe sayıları 12 ile 40 arasında değişmekte olup, ortalama 22 dir.

Schmidt çekici darbe sayılarına göre kama tipi kaymaların olduğu kesimdeki granodiyoritin tek eksenli basma dayanımı 43-160 MPa arasında ve ortalama 95 MPa ve heyelanların olduğu kesimdeki tek eksenli basma dayanımı 17-90 MPa ve ortalama 30 MPa dır.

Kaya Kütle Oranı (RMR)

Kaya kütlesi puanlama sisteminde kaya kütlesinin geometrisi ve mekanik özellikleri ile ilgili

a) Sağlam kayanın dayanımı
b) Kaya kalite göstergesi (RQD)
c) Süreksizlik açıklığı
d) Süreksizlik yüzeylerinin durumu
e) Yeraltı suyu durumu ve
f) Süreksizlik yönelimi (tünel, temeller ve şevler için)

parametrelerin puanlamaları toplanarak kütle sınıfı belirlenir.

Kama tipi yenilmelerin bulunduğu alanlardaki kaya kütlesi için;

A. Sağlam kayanın dayanımı, Sağlam (7); Kaya kalite göstergesi, İyi (17)
B. Süreksizlik açıklığı, Çok yakın (5); Süreksizlik yüzeylerinin durumu, Az ayrışmış ve sert (25)
C. Yeraltı suyu durumu, Islak (7); Süreksizlik yönelimi, şevler için (-5) olup,

RMR = 7+17+5+25+7-5 = 56 (III – Orta) dır.

Heyelanların bulunduğu alanlardaki kaya kütlesi için;

A. Sağlam kayanın dayanımı, Zayıf (2); Kaya kalite göstergesi, Kötü (8)
B. Süreksizlik açıklığı, Çok yakın (5); Süreksizlik yüzeylerinin durumu, Yumuşak- dolgulu (0)
C. Yeraltı suyu durumu, Süzülme (4); Süreksizlik yönelimi, şevler için (-5) olup,

RMR = 2+8+5+0+4-5 = 14 (V- Çok zayıf) dır.

Kaya Kütle Kalitesi (Q)

Q sistemi, birbirinden bağımsız 6 değişkenin fonksiyonu olarak aşağıdaki ifadeden hesaplanmaktadır (Barton vd., 1974).

$Q= (RQD/J_n).(J_r/J_a).(J_w/SRF)$

RQD : Kaya kalitesi göstergesi J_n : Eklem takımı sayısı

J_r : Eklem pürüzlülük sayısı J_a : Eklem alterasyon sayısı

J_w : Eklem su azaltma faktörü SRF : Gerilim azaltma faktörü

Kama tipi yenilmelerin bulunduğu alanlardaki kaya kütlesi için;

RQD = %90; J_n - Üç eklem takımı ve gelişigüzel eklemler (12); J_r - Düz, dalgalı (2)

J_a - Çok az bozunmaya uğramıs süreksizlik yüzeyleri.Yumuşamayan mineral kaplamaları, kum taneleri, kil içermeyen kaya vb. (2)

J_w - Kısmi kazı veya düşük su gelimi (1)

SRF - Kil veya kimyasal olarak ayrışmış kaya içeren tek bir zayıf zon (2.5) olup,

$Q = (90/12)x(2/2)x(1/2.5) = 3.0$ (Zayıf, $1<Q<4$) dır.

Heyelanların bulunduğu alanlardaki kaya kütlesi için;

RQD = %50 (Zayıf); J_n - Zemin benzeri tamamen parçalanmış kaya (20); J_r - Düz, dalgalı (1)

J_a – Killi ve sitli bölge veya bantlar, kil oranı göreceli olarak az (5)

J_w – Orta derecede su gelimi ve süreksizliklerin yıkanması (0.66)

SRF – Düşük gerilme, yüzeye yakın açık süreksizlikler (2.5) olup,

$Q = (50/20)x(1/5)x(0.66/2.5) = 0.132$ (Çok Zayıf, $0.1<Q<1$) dır.

Şev Kütle Oranı (SMR)

Kaya şevlerinde duraylılığa yönelik olarak geliştirilen sınıflamada süreksizlikler ile şevin konumu ve kazı yöntemine göre geliştirilen düzeltme faktörleri kullanılarak aşağıdaki formül ile puanlama yapılır (Romana, 1985).

$SMR = RMR - (F_1.F_2.F_3) + F_4$

F_1 : Süreksizlikler ile sev yüzeyi doğrultusu arasındaki paralellik

F_2 : Düzlemsel yenilmede süreksizlik eğim açısı

F_3 : Süreksizlikler ile sev yüzeyi doğrultusu arasındaki paralellik

F_4 : Kazı yöntemi düzeltmesi

Kama tipi yenilmelerin bulunduğu kütle W alanları için

F_1 : Açı > 30° (0.15) ; F_2 : Açı > 45° (1.0); F_3 : 0°< Açı < 10° (-6.0); F_4 : Mekanik kazı (0)

SMR = 56.9 olup,

Normal, kısmen duraylı, düzlemsel ve çok sayıda kama tipi yenilme gözlenebilir.

Heyelanların olduğu tamamen ayrışmış kütle H alanları için

F_1 : Açı > 30° (0.15); F_2 : Açı > 45° (1.0); F_3 : Açı > 10° (0); F_4 : Mekanik kazı (0)

SMR = 14 olup,

Tamamen ayrışmış graodiyorit çok kötü, tamamen duraysız, büyük düzlemsel veya zeminlerde dairesel yenilmeler gözlenebilir grupta ye ralmaktadır.

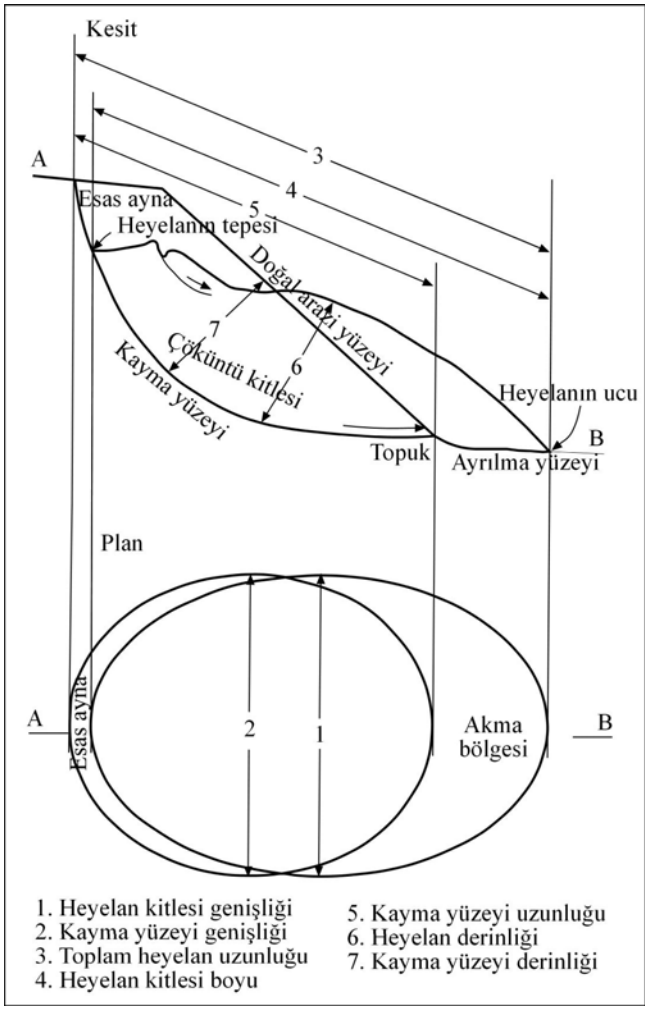
4. KÜTLE HAREKETLERİ

Yeryüzünün ve yeryüzünde insanlar tarafından inşa edilen yapıların konumunu, şeklini değiştiren doğal olaylar kütle hareketleri olarak tanımlanır. Kütlelerin dengesine etki eden başlıca faktörler; jeolojik özellikleri, iklim koşulları, bitki örtüsü, kayaçların ayrışma derecesi, titreşimler, yamaç eğiminin değişmesi ve yamaçların aşırı yüklemesidir.

Kütle hareketlerinin sınıflaması çizelge 4.1'de verilmiştir. Heyelanların tanımlanmasında Şekil 4.2'de verilen geometrik boyutlar kullanılmaktadır (Varnes, 1978).

Çizelge 4.1 Kütle hareketlerinin genel sınıflveırılması (Varnes, 1978)

Hareket türü		Kayma yüzeyi	Kütle türü		
			Kaya	Zeminler	
				İri taneli	İnce taneli
Düşme		Yok	Kaya düşmesi	Moloz düşmesi	Zemin düşmesi
Akma	Yavaş	Yok	Kaya kripi	Moloz kripi	Zemin kripi
	Hızlı		Parçalı kaya akması	Moloz akması	Zemin akması
Kayma	Düzlemsel	Var	Kaya kaması	Yanal genişleyerek kayma (yayılma)	
	Dairesel		Sık çatlaklı kayada	Değişik türde zemin heyelanları	
Devrilme		Yok	Kaya devrilmesi	Zayıf çimentolu zeminlerde devrilme	
Karışık		Yok veya var	Hareketin türü ve malzeme karışık		
Çökme veya oturma		Yok	Kaya çökmesi	Zemin oturma ve çökmeleri	



Şekil 4.1 Heyelanın planı ve boyutları (Varnes, 1978)

Heyelan kütle genişliği, hareket eden kütlenin iki kenar arasındaki dik uzunluktur.

Kayma yüzeyi genişliği, heyelanın kanatları arasındaki dik uzaklıktır.

Toplam heyelan uzunluğu, heyelanın tacından ucuna kadar olan uzaklıktır.

Heyelan kütlesinin boyu, heyelanın tepesi ile ucu arasındaki uzaklıktır.

Kayma yüzeyi uzunluğu, kayma yüzeyi taç ile topuk arasındaki uzaklıktır.

Heyelan derinliği, kayan kütlenin üst sınırı ile kayma yüzeyi arasındaki dik uzaklıktır.

Kayma yüzeyi derinliği: Kaymadan önceki doğal arazi yüzeyi ile kayma yüzeyi arasındaki dik uzaklıktır.

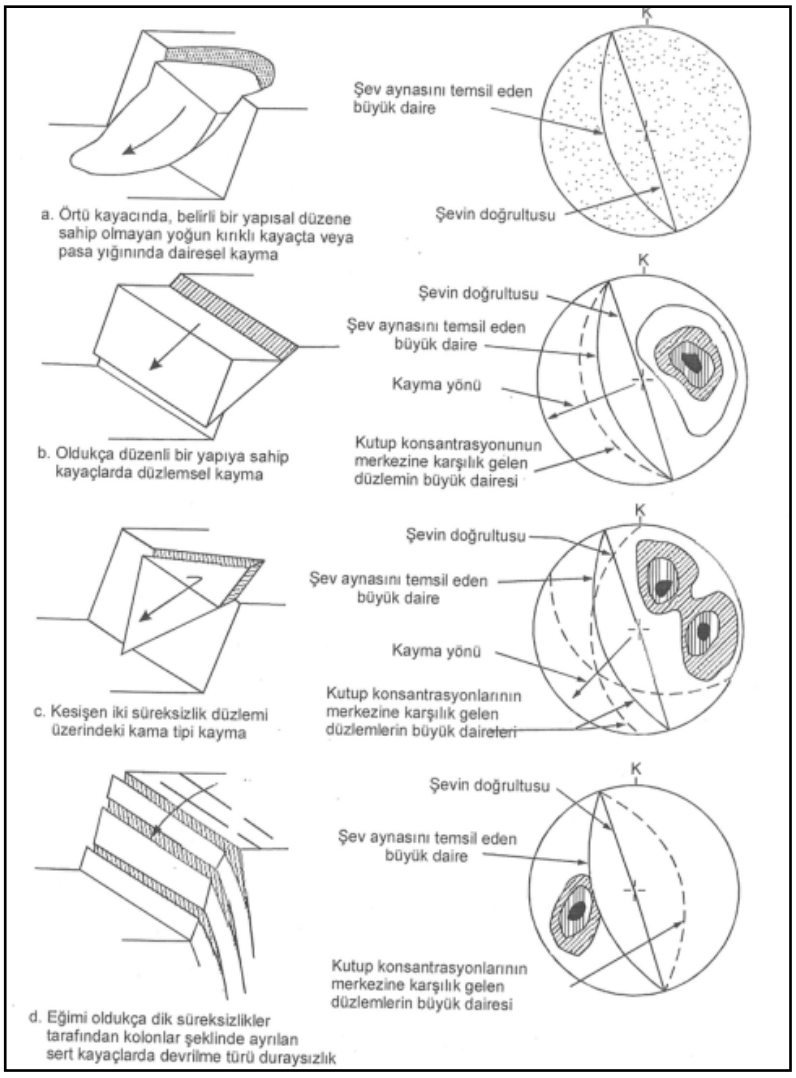
Düzlemsel kayma

Düzlemsel kayma, bir süreksizlik düzleminin, şev yönünde ve sürtünme açısından daha büyük bir eğimli olduğunda meydana gelir. Kayma, kaya şevlerinde nadiren görülen bir yenilme türüdür (Önalp ve Arel, 2004).

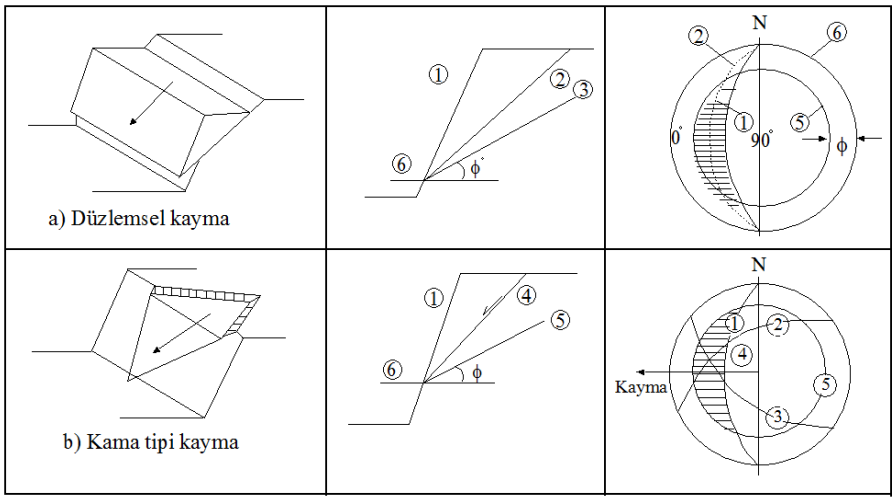
Düzlemsel kayma için;
-Kayma düzleminin doğrultusu şev aynasının doğrultusuna paralel ya da paralele yakın olmalıdır.
-Kayma düzleminin eğimi şev eğiminden küçük olmalıdır.
-Kayma düzleminin eğimi bu kayma yüzindeki içsel sürtünme açısından büyük olmalıdır.
-Kayan kütlenin iki tarafında kaymaya karşı çok az direnç gösteren yan yüzeyler bulunmalıdır.

Kama tipi kayma

İki süreksizlik düzlemi oblik olarak şev yüzeyini kestiği, onların kesişme doğrusu şev yüzeyine çakıştığı ve bu doğrunun eğimi süreksizliklerin içsel sürtünme açısından büyük olduğu zaman bu süreksizliklerin üzerinde duran kama şeklindeki kütlenin kesişme doğrusu boyunca aşağı hareket etmesidir. Kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlık türleri ve stereonette izdüşümleri şekil 4.2'de, düzlemsel ve kama tipi kaymanın şekilleri, kesitleri ve stereonette gösterilmesi ve şekil 4.3 verilmiştir.



Şekil 4.2 Kaya şevlerinde gelişen başlıca duraysızlık türleri ve bunların stereonette gösterilmesi (Hoek ve Bray, 1981)



① Şev yüzeyi
② Süreksizlik (S1)
③ Süreksizlik (S2)
④ Süreksizlik kesişme noktası
⑤ Sürtünme açısı, ϕ
⑥ Yatay düzlem

Şekil 4.3 Düzlemsel ve kama tipi kaymanın şekilleri, kesitleri ve stereonette Gösterilmesi (Özgenoğlu, 1986, Hoek ve Bray, 1981)

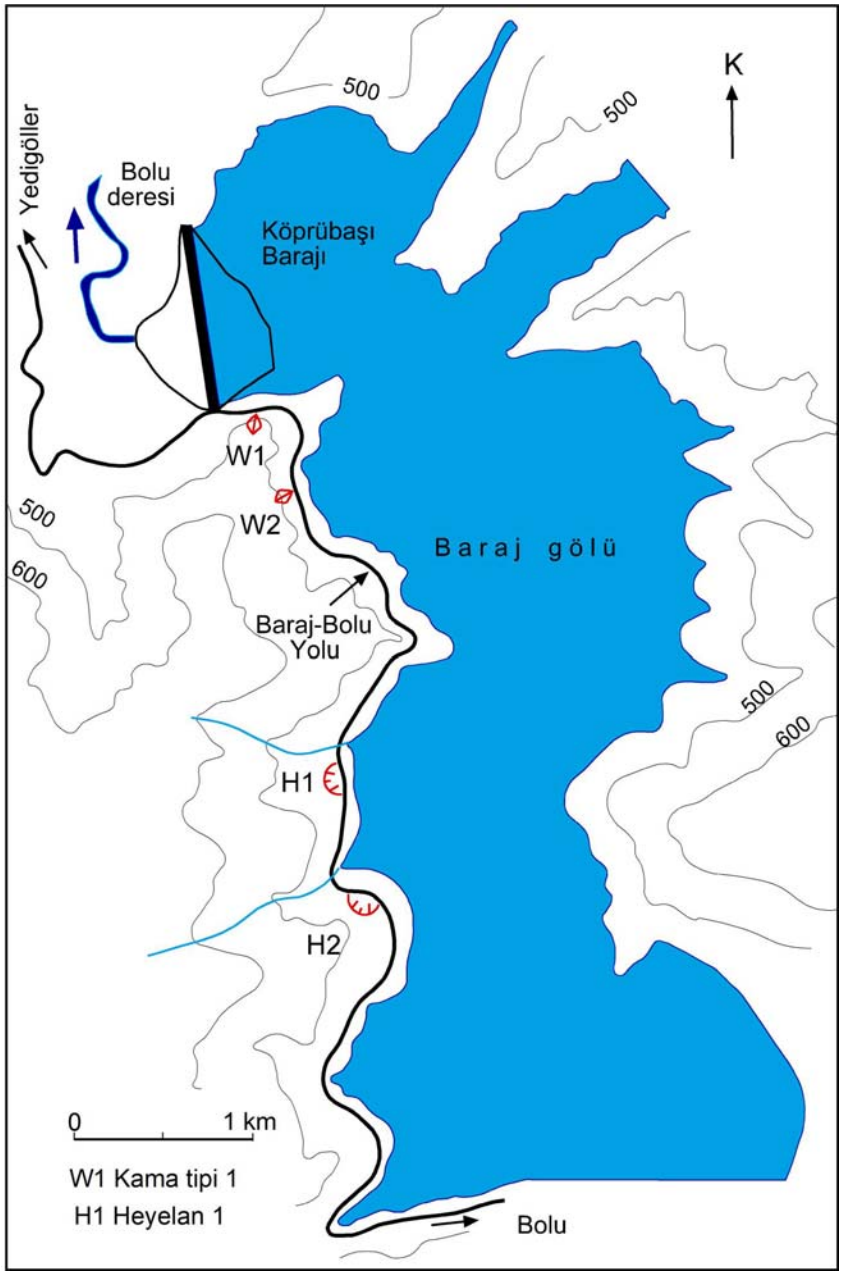
5. GRANODİYORİTTEKİ YENİLME TÜRLERİ

İnceleme alanı ve çevresindeki granodiyoritlerdeki en belirgin yenilme türleri, Köprübaşı baraj gölünün kuzey batısı boyunca açılan yeni yol yarmalarının kuzey batı şevlerinde gözlenmiş olduğundan, bu çalışmada baraj eksen yeri başlangıç olmak üzere Km: 0+000 ile Km: 2+780 arasındaki yolun kademelendirilmiş şevlerinde gözlenen başlıca iki adet kama tipi kayma ve iki adet heyelanın mühendislik jeolojisi incelenmiştir. İnceleme alanında gözlenen bu kütle hareketlerinin simgesi, tipi ve baraj eksenine olan uzaklığı çizelge 5.1'de ve yerleri ve konumları şekil.5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Granodiyoritlerde oluşan kütle hareketlerinin simgesi, tipi ve uzaklığı

Kütle hareketinin simgesi	Tipi	Yol başlangıcından uzaklığı
W1	Kama tipi	Km: 0+120
W2	Kama tipi	Km: 1+320
H1	Topuk heyelanı	Km: 2+790
H2	Topuk heyelanı	Km: 3+260

Bu bölümde kama tipi kayma ve heyelanların görünüşü, jeolojisi, morfolojisi ve jeoloji kesitleri başlangıç mesafesine göre sırası ile açıklanmıştır.

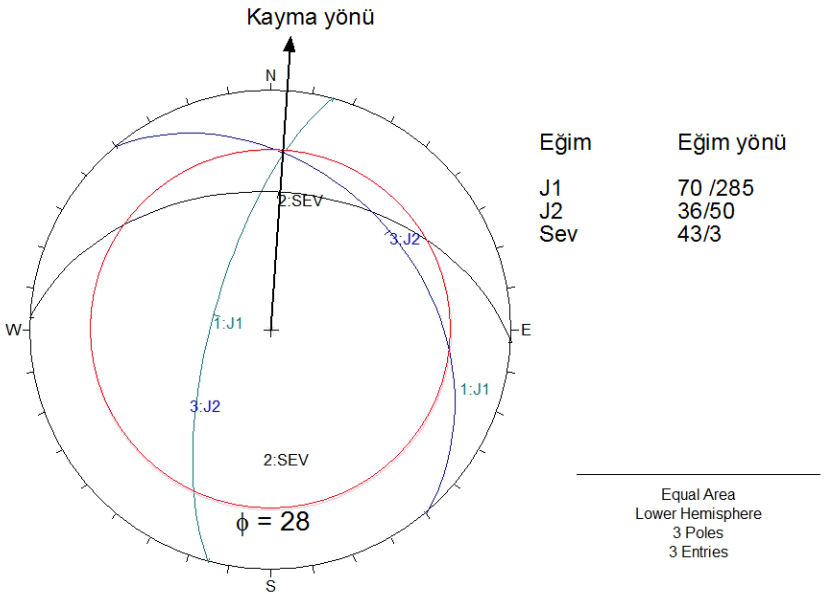


Şekil 5.1 İnceleme alanındaki kütle hareketlerinin yerlerini gösterir harita

5.1 W1 Kama Tipi Kayma

Baraj gövdesinin güneyindeki yolun Km: 0+120 de oluşan W1 olarak isimlendirilen kaymanın hareket yönü eğim miktarı ve yönü $43^o/3^o$ dür (Şekil 5.2). 474 m kotu ile 521 m kotu arasındaki kaymanın uzunluğu 70.0 m, yüksekliği 47.0 m, kalınlığı 15.0 m ve genişliği 45.0 m dir. W1 kama tipi kaymanın görünüşü şekil 5.3, jeolojisi ve kesit

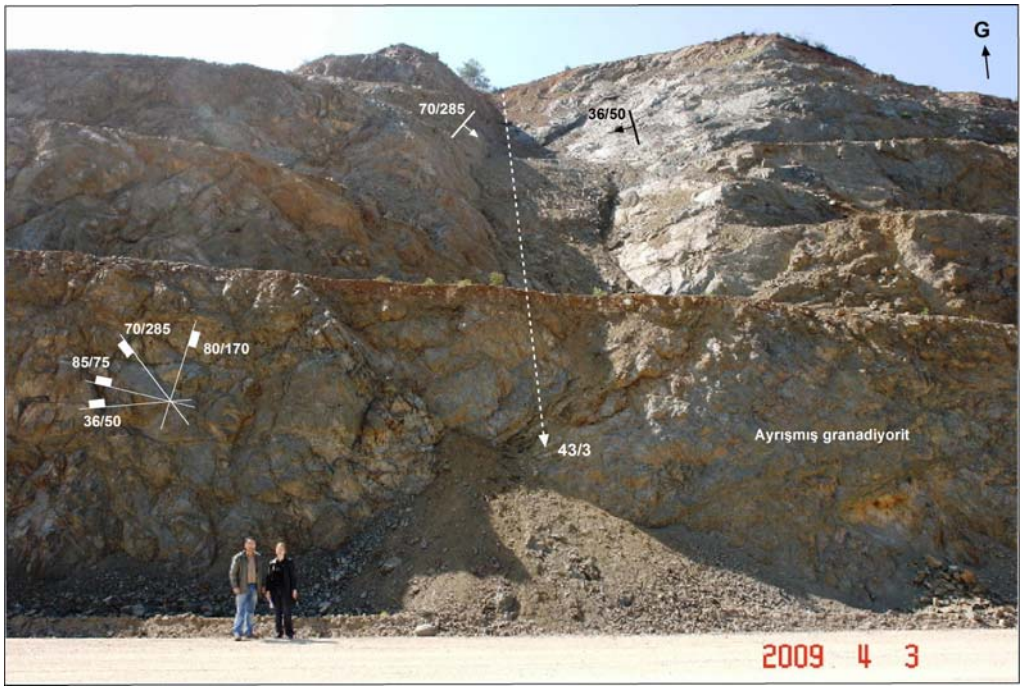
hatları şekil 5.4 ve kaymanın kesişme doğrusuna dik ve kesişme doğrusu boyunca kesitleri şekil 5.5'de verilmiştir.



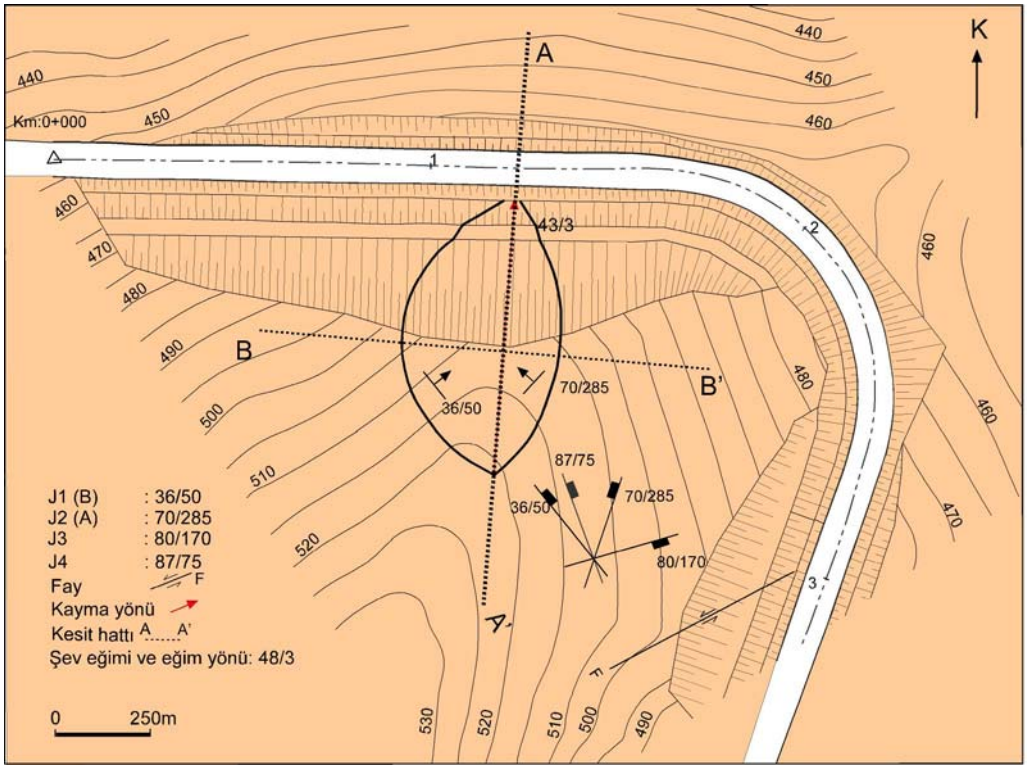
Şekil 5.2 Km:0+120 deki (W1) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan gösterimleri ve kaymanın eğim miktarı ve yönü (43/3)

Şekil 5.2'de görüldüğü gibi, süreksizliklerin ara kesitinin eğimi yamaç eğiminden daha az olduğundan kayma potansiyeli bulunmaktadır.

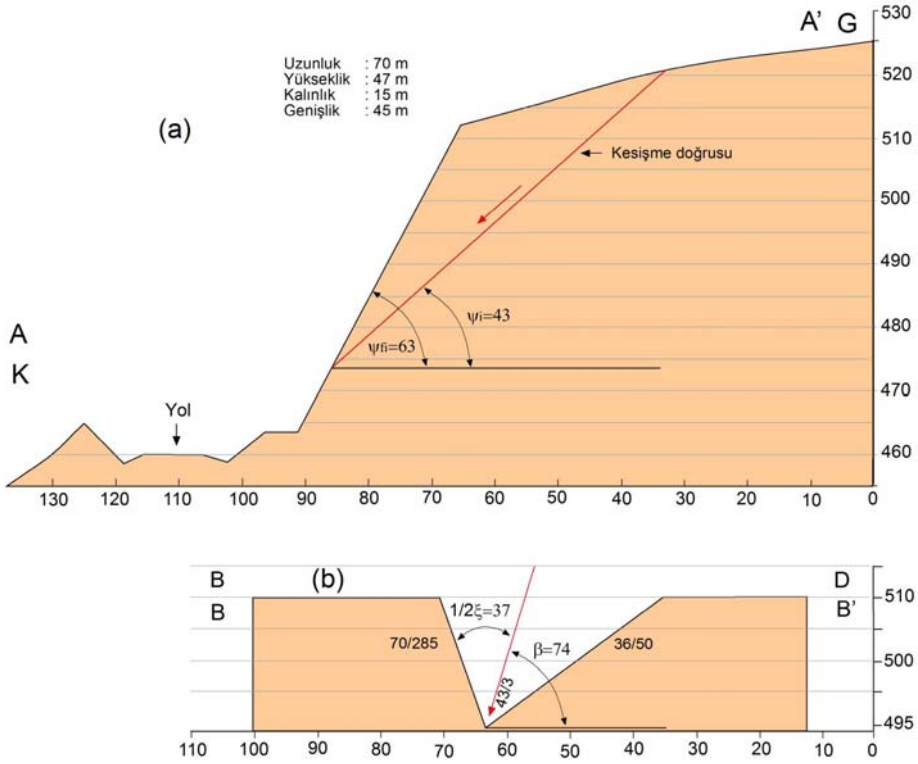
Kama tipi kaymaların oluşum sebepleri olarak yerçekimi, şevlerin eğiminin yüksek olması, süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısının düşük olması, yağışlar ile süreksizliklerde boşluk suyu basıncının artması ve bölgenin depremselliği sayılabilir. Bunlar içerisinde bu kaymaların deprem sırasında oluştuğu ile ilgili bir veri bulunmamaktadır.



Şekil 5.3 Köprübaşı Barajı yolu Km: 0+120 deki W1 kama tipi şev yenilmesi



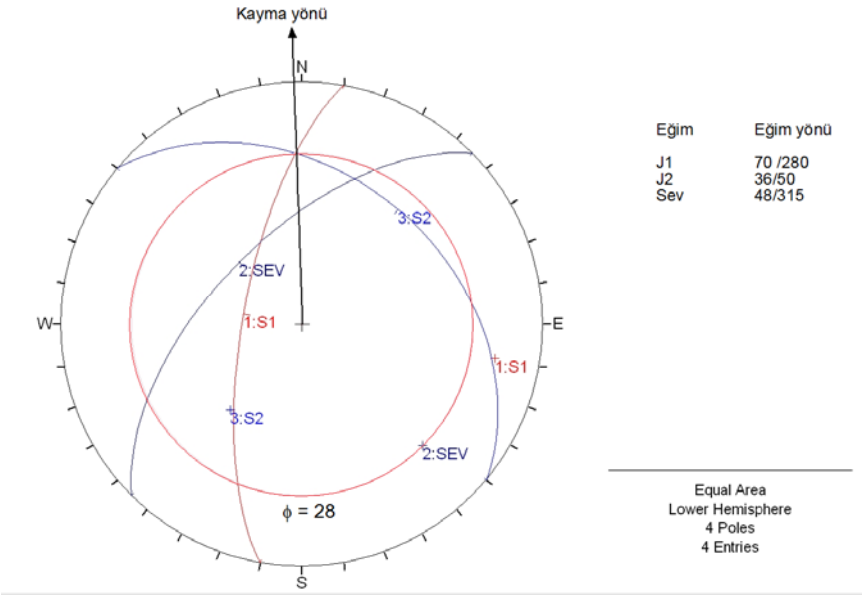
Şekil 5.4 Köprübaşı Baraj yolu Km: 0+120 deki W1 kama tipi kaymanın jeoloji haritası ve kesit hatları



Şekil 5.5 a.Köprübaşı yolu (Km:0+120) W1 kama tipi kaymanın kesişme doğrusuna dik A-A' b. ve kesişme doğrusu boyunca B-B' kesiti

5.2 W2 Kama Tipi Kayma

Yolun Km:1+320 de oluşan W2 olarak isimlendirilen kaymanın hareket yönü eğim miktarı ve yönü 48/357 dür (Şekil 5.6). 500 m kotu ile 525 m kotu arasındaki kaymanın uzunluğu 42.0 m, yüksekliği 30.0 m, kalınlığı 5.5.0 m ve genişliği 36.0 m dir. W1 kama tipi kaymanın görünüşü şekil 5.7, jeolojisi ve kesit hatları şekil 5.8 ve kaymanın kesişme doğrusuna dik ve kesişme doğrusu boyunca kesitleri şekil. 5.9' da verilmiştir.

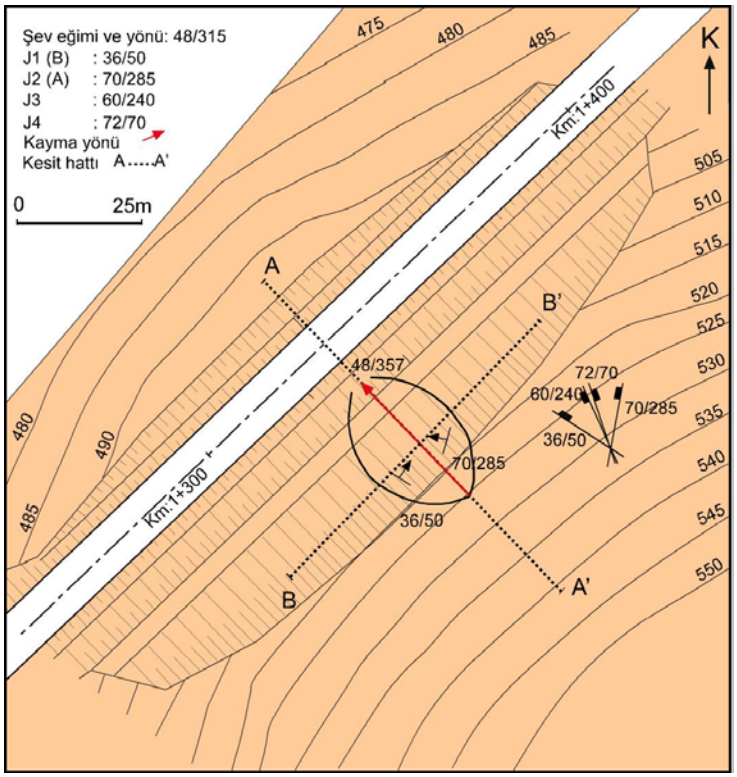


Şekil 5.6 Km:1+320 deki (W2) granodiyoritlerdeki süreksizliklerin eşit alan gösterimleri ve kaymanın eğim miktarı ve yönü (48/357)

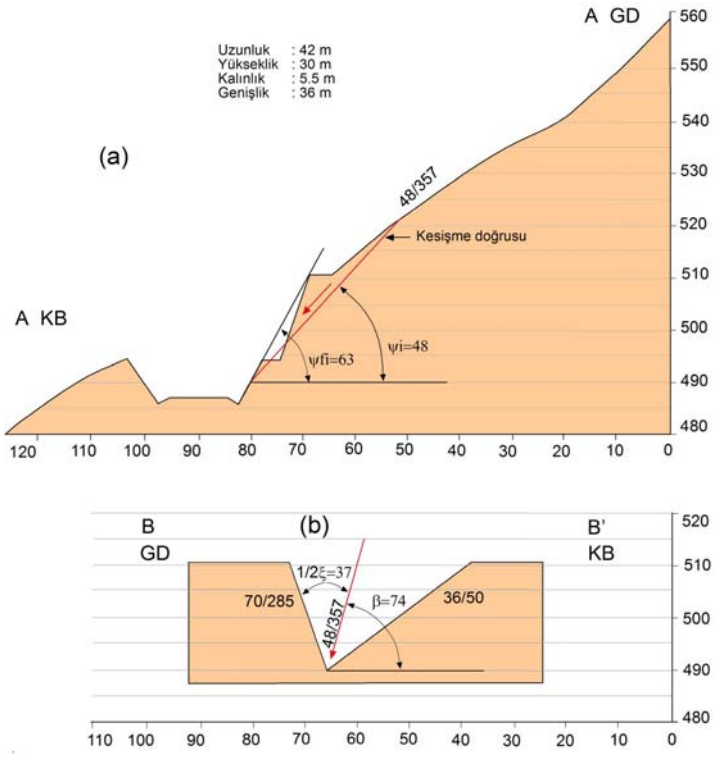
Şekil 5.6'da görüldüğü gibi süreksizliklerin ara kesitinin eğimi yamaç eğiminden daha az olduğundan kayma potansiyeli bulunmaktadır.



Şekil 5.7 Köprübaşı Baraj yolu Km:1+320 deki W2 kama tipi kaymanın görünüşü



Şekil 5.8 Köprübaşı Baraj yolu Km: 1+320 deki W2 şevin jeoloji haritası ve kesit hatları



Şekil 5.9 a.Köprübaşı yolu (Km: 1+320) W2 kama tipi kaymanın kesişme doğrusuna dik A-A' b. ve kesişme doğrusu boyunca B-B' kesiti

5.3 H1 Heyelanı

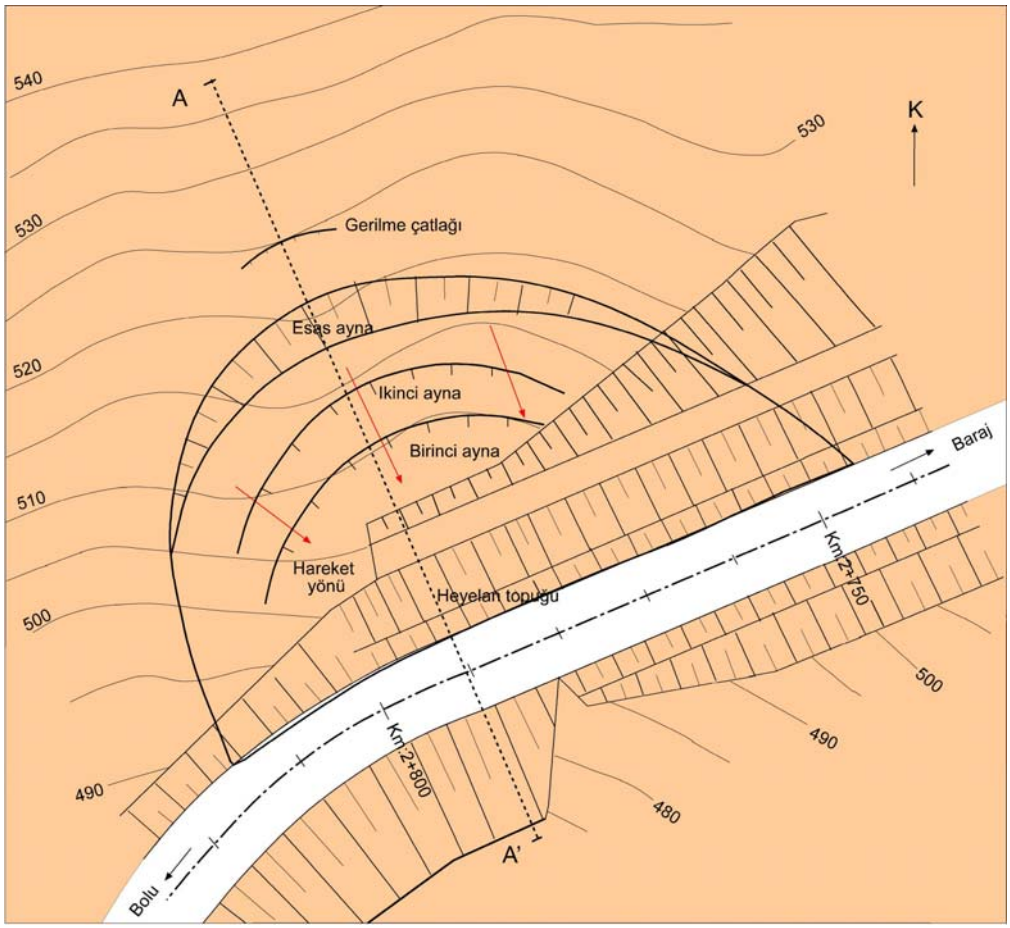
Granodiyoritlerin içerisinde tamamen ayrışmış, kırıklı ve parçalı kesimlerde açılan yol şevlerinde geriye doğru ilerleyen topuk heyelanı olarak meydana gelmiştir. Km: 2+790 da bulunan bu heyelan harita ve şekillerde H1 simgesi ile gösterilmiştir. Kayma granodiyoritin ayrışma zonundaki bloklar arasında gözlenen koyu kahverenkl killi çakıl (GC), killi kum (SC) ve siltli kum (SM) zeminler içersinde gelişmiştir. Bu kayma yüzeyinin altında daha az ayrışmış çatlak ve kırıklı granodiyoritler bulunmaktadır. Heyelanın oluş sebepleri; yerçekimi, yol şev eğiminin yüksek olması, bölgenin iklimi dikkate alındığında yağışın yüksek olması ve bu yüzey suyunun kayma yüzeyini doygun hale getirmesi ve birinci derece deprem bölgesinde bulunan inceleme alanının deprem aktivitesi olarak sıralanabilir.

H1 heyelanında, dairesel bir düzlem üzerinde kuzeybatıdan güneydoğuya doğru bir hareket gözlenmektedir. Heyelanın geriye doğru ilerleyen gelişiminde öncelikle birinci ayna, arkasından da ikinci ayna ve son olarak esas ayna oluşmuştur. Esas aynanın üzerinde 525.0 m kotunda ve yaklaşık 2.50 m derinlikte gerilme çatlağı bulunmaktadır. Gözlemin yapıldığı 2009 yılı Nisan ayında gerilme çatlağı kuru durumdadır. Heyelan aynasının eğimi yaklaşık 45^{o} güneydoğu olup 522.0 m kotunda başlayıp, 493.0 m kotunda yolun kuzeybatı şevinin topuğunda sonlanmaktadır. Heyelanın esas aynası 522.0 m ile 516.0 m kotları arasındadır. Heyelanın uzunluğu yaklaşık 52.0 m, genişliği 72.0 m ve derinliği 8.0 m' dir.

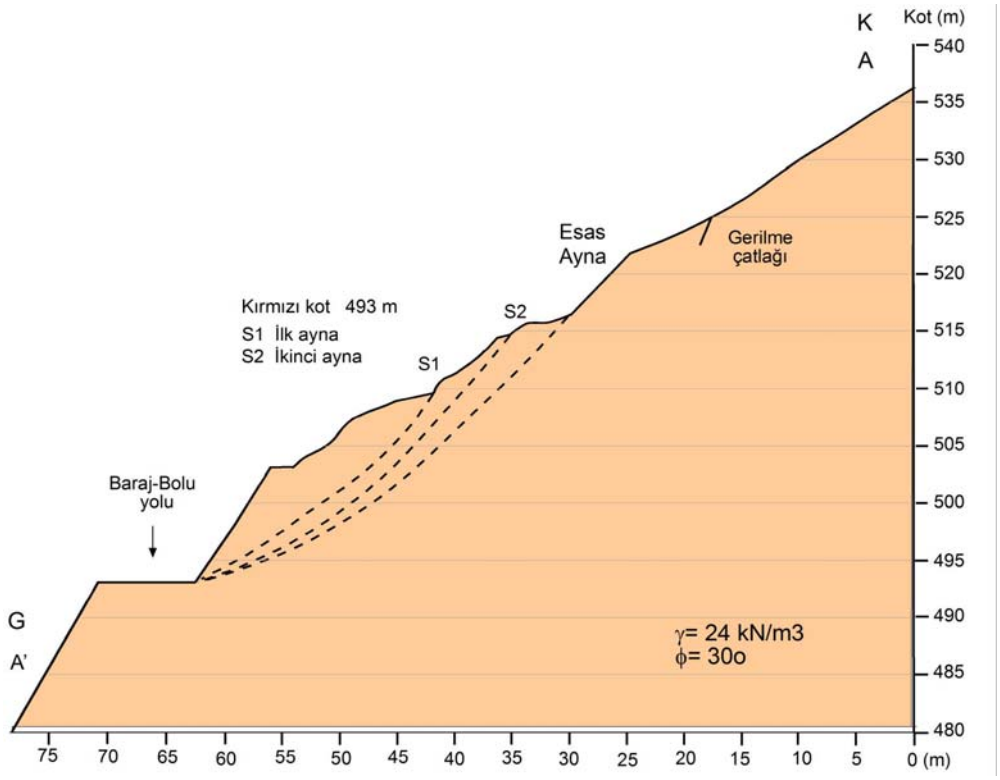
H1 heyelanının görünüşü şekil 5.10'da, jeolojisi ve kesit hattı şekil 5.11'de ve A-A' jeoloji kesiti şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.10 Köprübaşı baraj yolu Km:2+790 H1 nolu heyelanın görünüşü



Şekil 5.11 Köprübaşı baraj yolu Km:2+790 H1 nolu heyelanın jeolojisi ve kesit hattı



Şekil 5.12 Köprübaşı baraj yolu Km:2+790 H1 nolu heyelanın jeoloji kesiti (S1:1 no.lu kayma yüzeyi)

5.4 H2 Heyelanı

H2 heyelanı, H1 heyelanında olduğu gibi granodiyoritlerin içerisinde tamamen ayrışmış, kırıklı ve parçalı kesimlerde açılan yol şevlerinde geriye doğru ilerleyen topuk heyelanı olarak meydana gelmiştir. Km: 3+260 da oluşan bu heyelan harita ve şekillerde H2 simgesi ile gösterilmiştir. Kayma granodiyoritin ayrışma zonundaki bloklar arasında gözlenen koyu kahverenkl killi çakıl (GC), killi kum (SC) ve siltli kum (SM) zeminler içersinde gelişmiştir. Bu kayma yüzeyinin altında daha az ayrışmış granodiyoritler bulunmaktadır. Heyelanın oluş sebepleri; yerçekimi, yol şev eğiminin yüksek olması, bölgenin iklimi dikkate alındığında yağışın yüksek olması ve bu yüzey suyunun kayma yüzeyini doygun hale getirmesi ve birinci derece deprem bölgesinde bulunan inceleme alanının deprem aktivitesi olarak sıralanabilir.

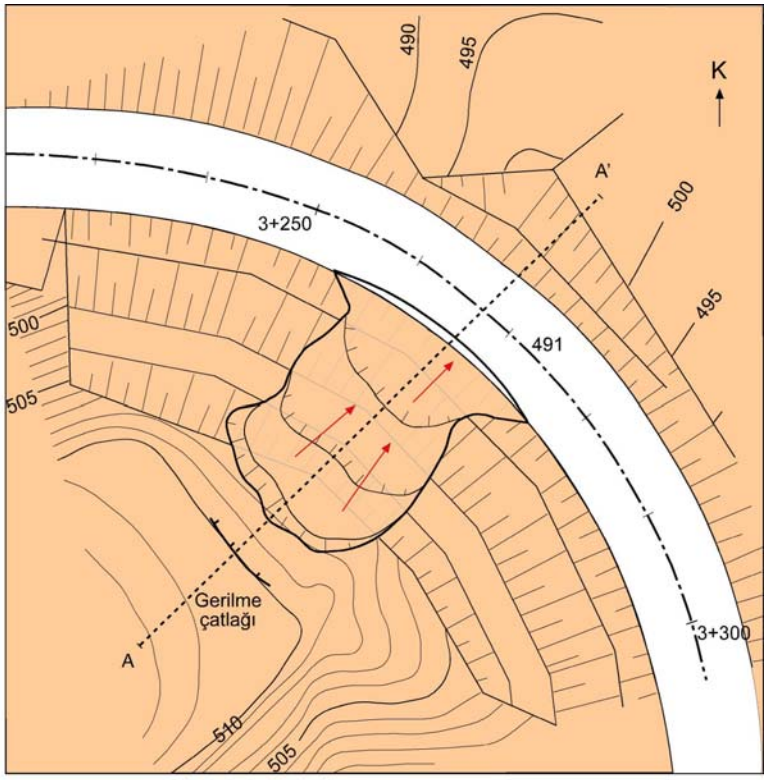
H2 heyelanında, dairesel bir düzlem üzerinde güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir hareket gözlenmektedir. Heyelanın geriye doğru ilerleyen gelişiminde öncelikle birinci

ayna, arkasından da ikinci ayna ve son olarak esas ayna oluşmuştur. Esas aynanın üzerinde 510.0 m kotunda ve yaklaşık 2.50 m derinlikte gerilme çatlağı bulunmaktadır. Gözlemin yapıldığı 2009 yılı Nisan ayında gerilme çatlağı kuru durumdadır. Heyelan aynasının eğimi yaklaşık 45^{o} kuzeydoğu olup, 509.0 m kotunda başlayıp, 491.0 m kotunda yolun kuzeydoğu şevinin topuğunda sonlanmaktadır. Heyelanın esas aynası 509.0 m ile 506.0 m kotları arasındadır. Heyelanın uzunluğu yaklaşık 28.0 m, genişliği 16.0 m ve derinliği 5.0 m' dir. Plajiyoklas ve alkali feldispatlarda belirgin olarak serizitleşme ve killeşme etkisi ile oluşan ayrışmanın ve tektonizmanın etken olduğu alvea H2 heyelanı şev kademelendirmesinden sonra oluşmuştur. Hem az ayrışmış, hem de tamamen zemin davranışı gösteren kütle içinde şev kademelendirmesi aynı ölçülerde yapılmış ve tamamen ayrışmış kesimlerde duraylılık sorununa neden olmuştur.

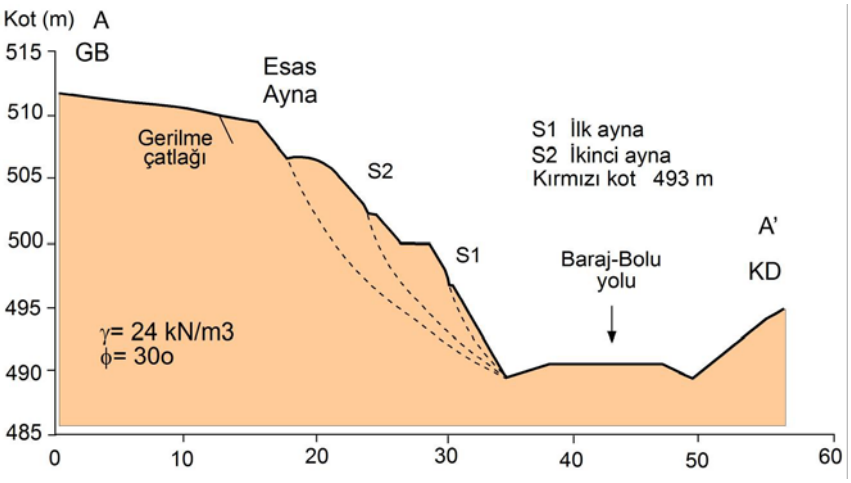
H1 heyelanının görünüşü şekil 5.13'de, jeolojisi ve kesit hattı şekil 5.14'de ve A-A' jeoloji kesiti şekil 5.15'de verilmiştir.



Şekil 5.13 Köprübaşı baraj yolu Km:3+260 H2 nolu heyelanın görünüşü



Şekil 5.14 Köprübaşı baraj yolu Km:3+260 H2 nolu heyelanın jeolojisi ve kesit hattı



Şekil 5.15 Köprübaşı baraj yolu Km:3+260 H2 nolu heyelanın jeoloji kesiti

6. ŞEV DURAYLILIK ANALİZİ

Ayrışmış granodiyoritlerdeki şevlerde kama tipi ve dairesel tip duraysızlıklar gözlenmiş olduğundan bu iki tip için kayma analizi aşağıda açıklanmıştır.

6.1 Kama Tipi Kaymada Duraylılık Analizi

Kesişen iki süreksizlik düzleminin oluşturduğu kamanın bu iki düzlemin kesişme doğrusu boyunca kaymasının mekaniğini incelemek için öncelikle şev ve kayma geometrisinin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Kama tipi kaymada kayma koşulları düzlemsel kaymada olduğu gibi $\psi_{fi} > \psi_i > \phi$ ile belirlenmektedir. Kaymanın yalnız sürtünme ile engellendiği durumda sürtünme açısı her iki düzlemde de ϕ ise güvenlik katsayısı (GK) kısaca aşağıdaki (1) eşitliği ile hesaplanır (Hoek ve Bray 1981).

$$GK=(Sin\beta/Sin1/2\xi).\ (Tan\phi\ /Tan\psi_i) \qquad (6.1)$$

Burada β, iki düzlem arasındaki arakesitin yatay düzlemle yaptığı açıyı, $1/2\xi$ iki düzlem arasında kalan açının açı ortayını, ψ_{fi} kesişme doğrusuna dik olarak alınan kesitte ölçülen şev aynasının eğimini ve ψ_i ise kesişme doğrusunun eğim miktarını ifade etmektedir.

Kama tipi kaymalarda süreksizlik yüzeyleri kohezyonsuz ve kayan ve sabit bloklar geçirgen olduğunda boşluk suyu basıncı bulunmadığı kabul edilmiştir. Ayrıca süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısı örnek alınamadığından laboratuvarda makaslama deneyleri ile belirlenememiştir.

W1 no.lu kama tipi kaymada şekil 5.5'de görüldüğü gibi;
Şev eğimi (ψ_{fi}) 63 derece
Kesişme doğrusunun eğimi (ψ_i) 43 derece
A ve B düzlemleri arasındaki açı ortayının yatayla yaptığı açı (β) 74 derecedir.
GK=1 için Eşitlik (1) den ϕ = 30.28 derece hesaplanmıştır.
W2 no.lu kama tipi kaymada şekil 5.5'de görüldüğü gibi;

Şev eğimi (ψ_{fi}) 63 derece

Kesişme doğrusunun eğimi (ψ_i) 48 derece

A ve B düzlemleri arasındaki açı ortayının yatayla yaptığı açı (β) 74 derecedir.

GK=1 için Eşitlik (1) den ϕ = 27.58 derece hesaplanmıştır.

Stereonet üzerindeki kinematik analizlerde de süreksizliklerin sürtünme açısı ϕ=28 derece kabul edilmiştir.

6.2 Heyelanlarda Duraylılık Analizi

İnceleme alanındaki tamamen ayrışmış ve zemin davranışı gösteren granodiyoritlerde oluşan heyelanlarda dairesel bir hareket gözlendiği için tüm şevlerin duraylılık analizleri aşağıda açıklanan Bishop (1955) eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte ifade edilen m_α değişimleri şekil 6.1'de gösterilmiştir.

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

Bu eşitlikte;

GK : Güvenlik katsayısı

n : Dilim sayısı

b : Dilim genişliği

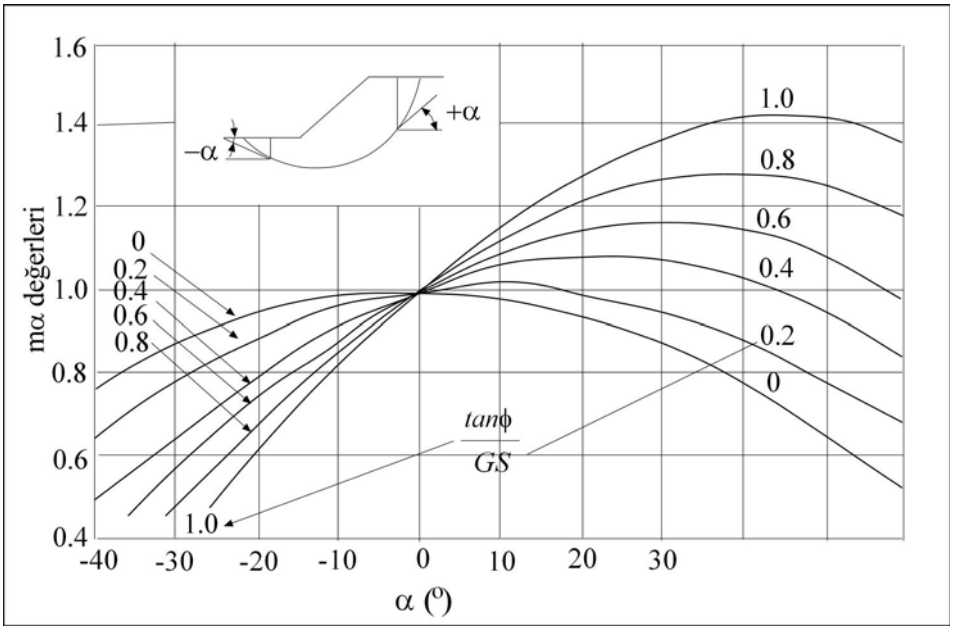
c : Kohezyon

ϕ : İçsel sürtünme açısı

α : Dilimin yatayla yaptığı açı

W : Dilimin ağırlığı

m_α : $f\left(\frac{\tan\phi'}{GS}, \alpha\right)$ değişimi olup şekil 6.1'den elde edilir.

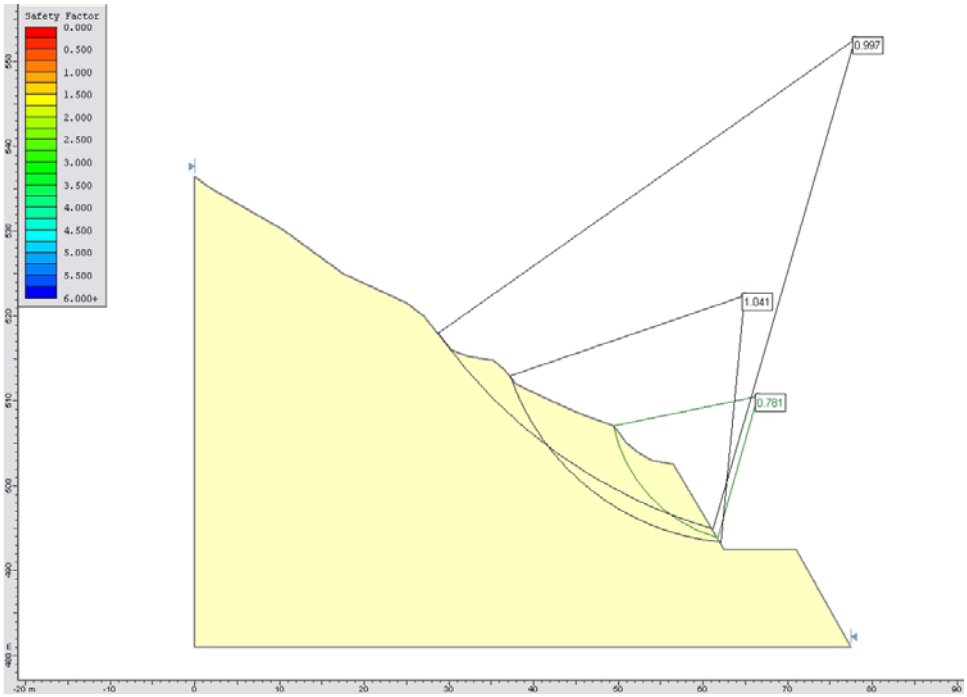


Şekil 6.1 m_α değişimleri

Şev duraylılık analizlerinde kullanılacak rezidüel parametrelerin belirlenmesinde geri analiz yöntemi kullanılmıştır. H1ve H2 heyelanlarının her birisi için oluşan 3 adet kayma dairesinde 1/1000 ölçekli topoğrafik haritasından yapılan kesitler üzerinde, statik koşullardaki kayma daireleri belirlenerek Slide 5.0-Stability programı ile geriye dönük duraylılık analizi yapılmıştır. H1ve H2 nolu heyelanların tüm kesitlerinde kayma işlemi tamamen ayrışmış granodiyorit içinde gelişmiş olup bu malzemenin kuru birim hacim ağırlığı 19.0 kN/m^3 ve doygun birim hacim ağırlığı 24.0 kN/m^3 alınmıştır. Her iki heyelvea da kayan kütle ve tabveaki kütle geçirgen olduğundan boşluk suyu basıncı sıfır kabul edilmiştir.

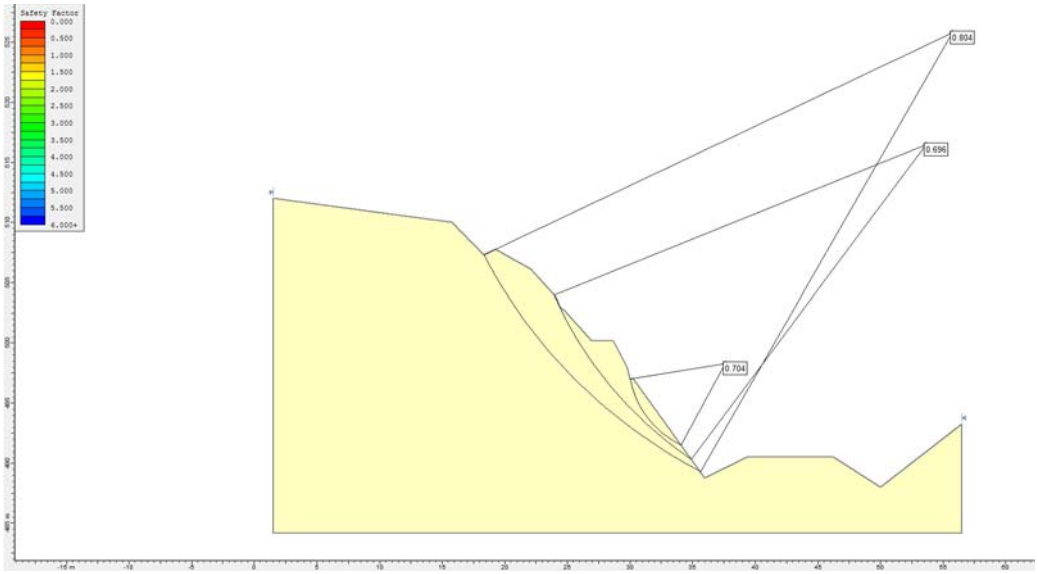
H1 heyelanında ϕ=28 derece için yapılan statik analizlerde üç adet kayma dairesi için topuktan heyelan tepesine doğru güvenlik katsayıları 0.781, 1.041 ve 0.997 olarak hesaplanmış ve şekil 6.2'de verilmiştir.

Bu da şevin mevcut şartlarda kritik denge durumuna yakın olduğunu, uzun dönemde değişecek koşullar altında kritik denge durumunu koruyamayacağını göstermiştir.



Şekil 6.2 H1 no.lu heyelvea A-A' kesitinde statik koşullarda oluşan kayma daireleri ve güvenlik sayıları

H2 heyelanında ϕ=28 derece için yapılan statik analizlerde üç adet kayma dairesi için topuktan heyelan tepesine doğru güvenlik katsayıları 0.704, 0.696 ve 0.804 olarak hesaplanmış ve şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.3 H2 no.lu heyelvea A-A' kesitinde statik koşullarda oluşan kayma daireleri ve güvenlik sayıları

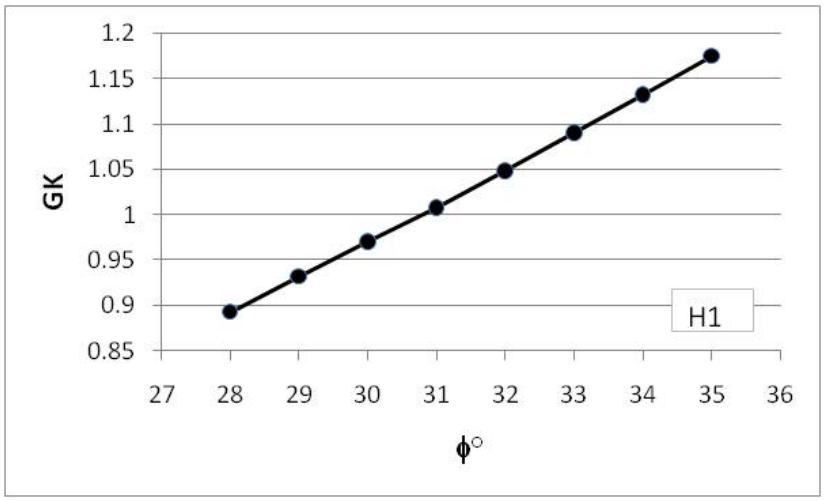
Heyelanlarda içsel sürtünme açısına bağlı olarak elde edilen güvenlik katsayısı H1 için çizelge 6.1 ve H2 için çizelge 6.2 de ve aralarındaki ilişki H1 için şekil 6.4 ve H2 için şekil 6.5'de verilmiştir. İçsel sürtünme açısı arttıkça güvenlik katsayısı artmaktadır.

Çizelge 6.1 H1heyelanında içsel sürtünme açısı - güvenlik katsayısı

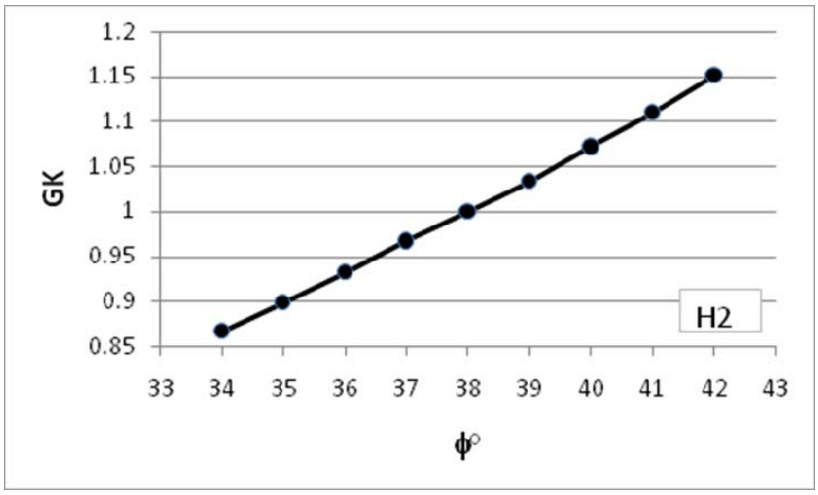
İçsel sürtünme açısı (derece)	Güvenlik katsayısı (GK)
28	0.893
29	0.932
30	0.97
31	1.008
32	1.048
33	1.09
34	1.132
35	1.175

Çizelge 6.2 H2 heyelanında içsel sürtünme açısı - güvenlik katsayısı

İçsel sürtünme açısı(derece)	Güvenlik katsayısı (GK)
34	0.867
35	0.899
36	0.932
37	0.967
38	1.000
39	1.034
40	1.072
41	1.110
42	1.151



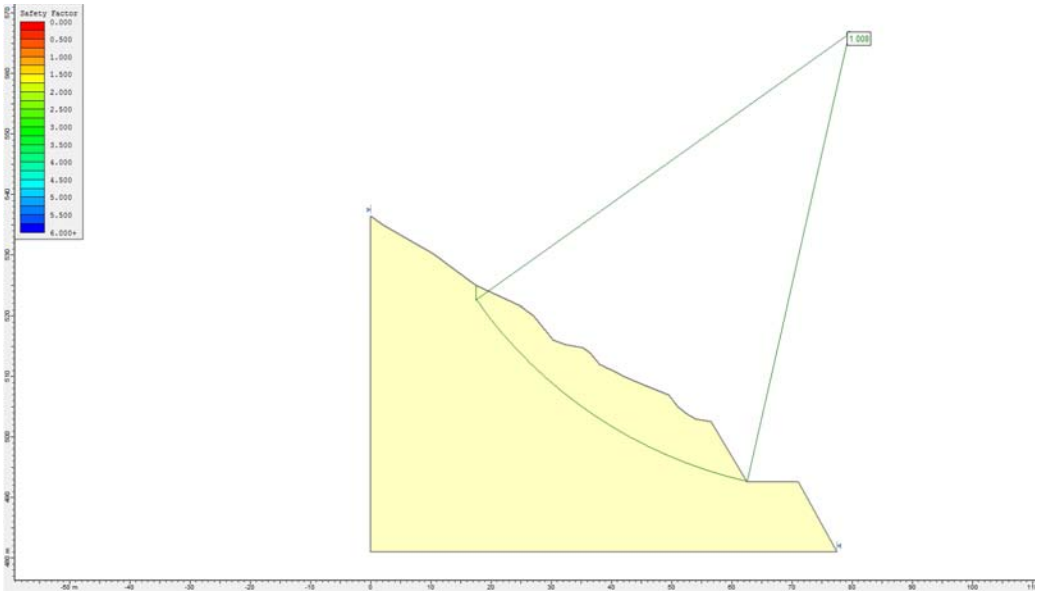
Şekil 6.4 H1 no.lu heyelvea güvenlik katsayısı - içsel sürtünme açısı ilişkisi



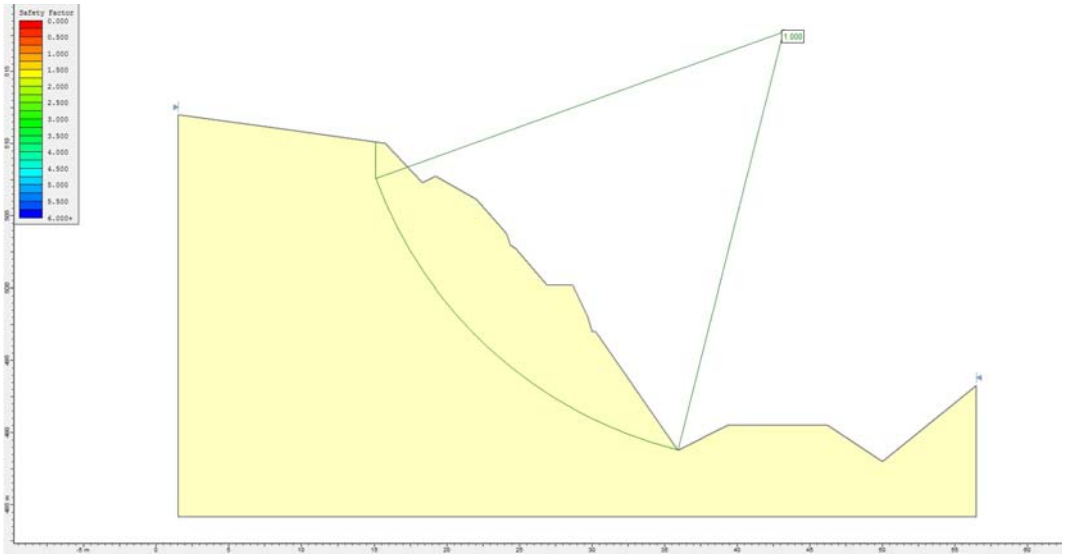
Şekil 6.5 H2 no.lu heyelvea güvenlik katsayısı - içsel sürtünme açısı ilişkisi

Heyelanların gerilme çatlaklarında su bulunması halinde güvenlik katsayısı 1.000 için içsel sürtünme açısı yaklaşık H1 de 31 derece (Şekil 6.6) ve H2 de 38 derece elde edilmektedir (Şekil 6.7).

Hem az ayrışmış, hem de tamamen zemin davranışı gösteren kütle içinde şev kademelendirmesi aynı ölçülerde yapılmış ve tamamen ayrışmış kesimlerde duraylılık sorununa neden olmuştur. Yapılan analizlerde şevin yatıklaştırılması veya farklı ölçülerdeki kademelendirilmenin soruna çözüm getirmesi mümkün görünmemektedir.



Şekil 6.6 H1 no.lu heyelvea A-A' kesitinde statik koşullarda gerilme çatlağında suyun bulunması durumda oluşan kayma dairesi ve güvenlik sayısı (ϕ=31derece ve γ=24kN/m^2 için GK=1)



Şekil 6.7 H2 no.lu heyelvea A-A' kesitinde statik koşullarda gerilme çatlağında suyun bulunması durumda oluşan kayma dairesi ve güvenlik sayısı (ϕ=38 derece ve γ=24kN/m^2 için GK=1)

Statik şartlarda güvenlik katsayısının 1.3 olabilmesi için şev açılarının azaltılması, palye oluşturulması veya dayanma yapılarının projelendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Dinamik şartlar için yeniden analiz yapılması gerekmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında ayrışmış ganodiyoritlerdeki yenilme türleri ve yenilme kriterleri incelenmiştir. Bu kapsamda arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları ile duraylılık analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Granodiyoritlerde J1=70/285, J2=36/50, J3=80/170 ve J4=87/75 derece eğim miktarı ve yönüne sahip başlıca dört süreksizlik takımı ve ayrıca gelişigüzel çatlaklar mevcuttur.
2. Süreksizlikler kırık ve çatlak şeklinde gelişmiş olup, açıklıkları 0.1 mm ile 5 mm olup, "çok ince çatlaklı" ile "orta çatlaklı" arasında değişmektedir. Çatlaklar arası mesafesi 60 cm den küçük olup, "orta", "yakın", ve "çok yakın" dır. Süreksizlik yüzeyleri "dalgalı pürüzlü" ve "düz"dür. Çatlaklar granodiyoritin ayrışma ürünü olan kil, silt ve kum ile doludur su ile ıslanmıştır. Yüzeydeki çatlaklar genellikle yıkamanın etkisi ile dolgusuz ve kurudur.
3. Granodiyoritler, hacimsel eklem sayısına göre küçük bloklar (10-30 eklem/m^3) ve çok küçük bloklar (>30 eklem/m^3) olarak tanımlanmıştır (ISRM, 1981).
4. Granodiyoritlerin ayrışma derecesi ISRM (1981) "az ayrışmış" ve "tamamen ayrışmış" arasında değişmektedir. Ayrışma ürünü olarak kayaç içerisindeki feldspatlarda serizitleşme ve killeşme gözlenmektedir.
5. Schmidt çekici darbe sayılarına göre granodiyoritin tek eksenli basma dayanımı 17-160 MPa arasındadır.
6. Granodiyoritlerdeki başlıca iki adet kama tipi kayma (W1 ve W2) ve iki adet heyelan (H1 ve H2) mevcuttur.
7. W1 no.lu ve W2 no.lu kama tipi kaymada kaymalar süreksizlik yüzeyleri üzerinde olmakta, şev açısı 63 derece, kesişme doğrusunun eğimi sırası ile 43 ve 48 derece, A ve B düzlemleri arasındaki açı ortayının yatayla yaptığı açı (β) 74 derece ve hareket yönü sırası ile 3 derece ve 357 derece olup, genel olarak kuzeyedir.
8. GK=1 için W1 no.lu kama tipi kaymada ϕ = 30.28 derece ve W2 no.lu kama tipi kaymada ϕ = 27.58 derece hesaplanmıştır. Bu içsel sürtünme açıları dikkate

alınarak şevlerin duraylılığının sağlanması için önlemlerin alınması düşünülmelidir.

9. H1 ve H2 no.lu heyelanlar dairesel düzlemde geriye doğru ilerleyen tipdir. Kayma granodiyoritin ayrışma zonundaki bloklar arasında gözlenen koyu kahverenkl killi çakıl (SC), killi kum (SC) ve siltli kum (SM) zeminler içersinde gelişmiştir. Heyelanlarda çok yönlü çatlakları mevcut olup, su bulunmamaktadır.
10. Heyelan aynasının eğimi yaklaşık 45^{o} güneydoğu olup 522.0 m kotunda başlayıp, 493.0 m kotunda yolun kuzeybatı şevinin topuğunda sonlanmaktadır. Heyelanın esas aynası 522.0 m ile 516.0 m kotları arasındadır. Heyelanın uzunluğu yaklaşık 52.0 m, genişliği 72.0 m ve derinliği 8.0 m' dir.
11. H2 no.lu heyelan aynasının eğimi yaklaşık 45^{o} kuzeydoğu olup, 509.0 m kotunda başlayıp, 491.0 m kotunda yolun kuzeydoğu şevinin topuğunda sonlanmaktadır. Heyelanın esas aynası 509.0 m ile 506.0 m kotları arasındadır. Heyelanın uzunluğu yaklaşık 28.0 m, genişliği 16.0 m ve derinliği 5.0 m' dir.
12. Gerilme çatlağında su bulunması halinde H1 no.lu heyelanın içsel sürtünme açısının yaklaşık 31 derece ve H2 no.lu heyelanın içsel sürtünme açısının 38 derece olması halinde güvenlik katsayısı 1.000 elde edilmektedir. İçsel sürtünme açılarının artırılması yüzey ve yeraltı suyunun drenajı ile mümkün olabilecektir.
13. İki heyelveaki GK=1 için, malzeme aynı olmasına karşılık, içsel sürtünme açısının farklı olmasının en önemli sebebi H2 heyelanında şev eğimin daha yüksek olması ve geometrisinin farklılığı ile aç9ıklamak mümkündür.
14. Plajiyoklas ve alkali feldispatlarda belirgin olarak serizitleşme ve killeşme etkisi ile oluşan ayrışmanın ve tektonizmanın etken olduğu alvea H2 heyelanı şev kademelendirmesinden sonra oluşmuştur. Hem az ayrışmış, hem de tamamen zemin davranışı gösteren kütle içinde şev kademelendirmesi aynı ölçülerde yapılmış ve tamamen ayrışmış kesimlerde duraylılık sorununa neden olmuştur. Önceden kademelendirilmiş ve yenilmiş şevlerde yapılan analizlerde statik şartlarda güvenlik katsayısının 1.3 olabilmesi için şevin yatıklaştırılması veya farklı ölçülerdeki kademelendirilmenin soruna çözüm getirmesi mümkün görünmemektedir. Yüzey ve yeraltı suyuna karşı drenaj önlemleri alınarak heyelan topuklarına yük konmasının veya dayanma yapısının projelendirilmesinin daha uygun bir çözüm olabileceği düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

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

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

Anonim , 2001. Filyos Taşkın Koruma Projesi, Köprübaşı Barajı ve HES Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu. 59 s.

Anonim, 2011, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sayfası

Anonim, 1995. 1/100.000 ölçekli Bolu paftasının jeolojisi ve raporu.

Anonymous.(International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock Characterization, Testing ve Monitoring. ISRM Suggested Methods, edited by E.T. Brown, Pergamon Press,Oxford, 211 pp.

Barton, N., Lien, R. ve Lunde, J. 1974 Engineering classification of rock masses for the design of rock support. Rock Mechanics Vol. 6, 1974, pp. 189-236.

Bieniawski, Z.T. 1989 Engineering rock mass classifications. John Wiley & Sons, New York, 251 p.

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

Deere, D. U. 1963 Technical description of rock cores for engineering purposes, Rock Mech. Eng. Geol.,Vol. 1,18 p.

Goodman, R. E. 1995. Block theory ve its application. Geotechnique, Vol 45 (3), pp.383-423.

Hoek, E. ve Bray, J. W. 1981 Rock Slope Engineering, Institution of Mining ve Metallurgy, London, 402 s.

Hoek, E. Kaiser, P.K. ve Bawden, W.F. 1995. Support of underground excavations in hard rock. Rotterdam: Balkema

Hoek, E. ve Brown, E. T., 1997. Practical estimates of rock mass strength. International Journal of Rock Mechanics ve Mining Sciences, Vol.34 (8), pp.1165-1186.

IAEG 1990. A suggested method for reporting a lveslide. International Association of Engineering Geology Bulletin, Vol. .41, pp.5-12.

Önalp, A. ve Arel, E. 2004. "Geoteknik Bilgisi II Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği", Birsen Yayınevi, İstanbul, 414 s.

Özgenoğlu, A.,1986, Madencilikte şev duraylılık analizi yaklaşımları, Madencilik Dergisi, Cilt 25, Sayı 1, s.17-27.

Pamuksuz, P. 2007. Köprübaşı Barajı (Mengen-Bolu) ve HES İnşaatı Mühendislik Jeolojisi.Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 163 s.

Romana, M. 1985, New adjustment ratings for application of Bienawski's classification to slopes, Int. Symp. on the Role of Rock Mechanics, Zacatecas, pp. 49-53.

TS 699 200). Doğal yapı taşları deney stveardı.

TS 1900 1987. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği Deneyleri Stveardı.

Ulamış, K., Bilgehan, r., P., Sağlam, H. ve Kılıç.R. 2007, Hidroelektrik Üretim Amaçlı Bolu Köprübaşı Barajı ve Mühendislik Jeolojisi. Su ve Enerji Sempozyumu Bildiri özleri. 32. s.

Varnes, D. J. 1978. Slope movement types ve processes. In: *Special Report 176:* Lveslides*: Analysis* ve *Control* (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation ve Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33

EKLER

Ek 1 Km : 0+120 ‘deki w1 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri

Ek 2 Km : 0+320 ‘deki w2 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri

EK 1 KM : 0+120 ‘Deki W1 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri

Ölçüm no	Eğim miktarı, °	Eğim yönü
1	70	285
2	36	50
3	42	3
4	73	280
5	78	285
6	72	285
7	73	288
8	74	280
9	71	286
10	38	55
11	37	50
12	38	51
13	38	49
14	36	52
15	77	285
16	72	283
17	36	51
18	39	50
19	38	48
20	37	52
21	36	55
22	36	52
23	36	52
24	75	285
25	75	285
26	75	283
27	72	282
28	71	284
29	70	283
30	79	290
31	38	58
32	31	42
33	32	45
34	33	50
35	36	55
36	35	55
37	32	57
38	36	55
39	31	46
40	70	282
41	71	282
42	77	285
43	81	294
44	80	285
45	80	285
46	70	285
47	70	285
48	71	285
49	72	288
50	35	55
51	36	53
52	36	58
53	35	52
54	36	52

Ek 1 Km : 0+120 ‘Deki W1 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri (devam)

55	33	55
56	71	270
57	75	257
58	81	170
59	82	172
60	80	170
61	80	170
62	87	76
63	88	79
64	85	75
65	87	75
66	87	76
67	87	75
68	87	76
69	80	171
70	82	171
71	36	51
72	36	50
73	36	50
74	36	50
75	71	285
76	72	277
77	37	52
78	34	58
79	37	53
80	71	284
81	70	285
82	72	285
83	81	171
84	87	75
85	35	52
86	34	52
87	33	57
88	35	55
89	36	52
90	36	52
91	70	284
92	71	285
93	70	285
94	70	285
95	37	52
96	36	51
97	35	50
98	36	50
99	36	50
100	36	50

Ek 2 Km : 0+320 ‘deki w2 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri

Ölçüm no	Eğim miktarı, °	Eğim yönü
1	70	280
2	38	40
3	60	315
4	72	284
5	75	279
6	72	281
7	70	281
8	71	282
9	70	280
10	70	280
11	72	280
12	73	285
13	68	279
14	32	44
15	31	41
16	30	40
17	85	70
18	28	44
19	31	41
20	70	281
21	72	279
22	38	40
23	38	40
24	36	44
25	32	45
26	68	281
27	69	280
28	70	280
29	70	280
30	71	280
31	72	282
32	73	279
33	71	283
34	36	42
35	37	42
36	36	42
37	38	44
38	40	40
39	30	43
40	68	285
41	63	270
42	68	281
43	70	282
44	71	280
45	70	282
46	70	283
47	38	40
48	38	41
49	38	40

Ek 2 Km : 0+320 ‘deki w2 numaralı kama tipi yenilmede ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri (devam)

50	36	40
51	36	42
52	87	76
53	85	75
54	32	44
55	71	266
56	72	288
57	70	283
58	71	284
59	38	41
60	38	42
61	38	40
62	38	40
63	38	40
64	36	44
65	32	46
66	30	46
67	31	45
68	68	282
69	69	281
70	68	282
71	70	280
72	70	282
73	70	283
74	32	44
75	38	40
76	38	42
77	38	41
78	36	40
79	35	44
80	38	40
81	86	68
82	69	275
83	68	282
84	70	280
85	71	280
86	70	280
87	70	280
88	70	280
89	72	282
90	38	40
91	38	41
92	38	42
93	38	40
94	70	280
95	70	280
96	29	44
97	35	50
98	36	45
99	72	288
100	38	40

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yasemin UYUKLU

Doğum Yeri : Kırşehir

Doğum Tarihi : 13.08.1975

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Cumhuriyet Fen Lisesi, 1992

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

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, (Şubat 2007-Aralık 2011)

Çalıştığı Kurum :

Türk Silahlı Kuvvetleri, 1996-