YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106396

ZAYIF KAYALARDA ŞEV STABİLİTESİNİ ETKİLEYEN ETKİN PARAMETRENİN BELİRLENMESİ

Jeo.Yük. Müh. Rıza MUCUKGİL

FBE İnşaat Mühendisliği Geoteknik Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

106396

Tez Savunma Tarihi: 04 Temmuz 2001
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sönmez YILDIRIM
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Okay EROSKAY(KÜ)
: Doç. Dr. Mustafa YILDIRIM

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL, 2001

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....i

KISALTMA LİSTRESİ.....ii

FOTOĞRAF LİSTESİ.....iii

ŞEKİL LİSTESİ..... iv

ÇİZELGE LİSTESİ.....v
.....
ÖNSÖZ..... vi

ÖZET..... vii

ABSTRACT..... viii

1. GİRİŞ..... 1

1.1 Önceki Çalışmalar..... 1

2. ZAYIF KAYA..... 13

2.1 Zayıf Kaya Tanımı..... 13
2.2 Kayanın Zayıflama Nedenleri..... 14
2.2.1 Mineral ve Çimentonun Ayrışması, Hidrotermal ve Volkanik Sokulum Etkisi..... 13
2.2.2 Süreksizliklerin Etkisi..... 15
2.3 Kayaç Ayraç Deneyleri..... 15
2.4 Zayıf Kayaların Gruplandırılması..... 16
2.5 Zayıf Kayalarda Numune Alımı ve Karşılaşılan Zorluklar..... 17
2.6 Zayıf Kayalarda Şev Stabilitesi İçin Analiz 17
2.7 Yamaç Yüksekliği ve Şev Açı Arasındaki..... 18
2.8 Zayıf Kayalarda Stabilite Etkin Parametresinin Belirlenmesi..... 19
2.8.1 Hoek-Brown Kırılma Kriteri..İlişki..... 20
2.8.2 Mohr-Coloumb Lineer Kırılma Yaklaşımı..... 24
2.8.3 Yamaç Şev Tasarımı Etkin Parametresi İçin Geriye Analiz Yaklaşımı Ölçütleri..... 25
2.8.3.1 Geriye Analiz Sonuçlarının Genel Varsayımları..... 25
2.8.4 Süreksizlik Kontrolündeki Şevlerde Tasarım Parametresinin Belirlenmesi..... 26
2.8.4.1 Düzlemsel Süreksizlik Yüzeyinde Kesme Mukavemetinin Belirlenmesi..... 28
2.8.4.2 Pürüzlü Süreksizliklerin Kesme Mukavemetinin Belirlenmesi..... 29
2.8.4.3 Dolgulu Süreksizlik Düzleminin Kesme Mukavemetlerinin Belirlenmesi..... 30
2.8.4.4 Süreksizlik Düzlemlerinde Normal Gerilme İçin Anlık Kohezyon ve Sürtünme 30

3. ÖZGÜN ÇALIŞMA 33

3.1 Giriş..... 33
3.2 Kavak-Merzifon Tünel-1 Giriş ortalı..... 33
3.2.1 Armutlu Formasyonu..... 34
3.2.2 Yağbasan Formasyonu..... 34
3.2.3 Faylar..... 35
3.2.4 Jeoteknik Değerlendirme..... 35
3.1.4.1 Giriş Portalı..... 35
3.2.4.2 Şev Stabilitesini Etkileyen Parametrenin belirlenmesi..... 36
3.3 Uluburun Tünel Girişi..... 45
3.3.1 Dasit..... 47
3.3.2 Ayrışmış Aglomera ve Tüf..... 47
3.3.3 Yamaç Molozu..... 48
3.3.4 Faylar..... 48
3.3.5 Kaya Mekaniği Deneyleri..... 50
3.3.6 Şev Stabilitesini Etkileyen Etkin Parametrenin..... 51

4. SONUÇ..... 62

KAYNAKLAR..... 63

EKLER.....69

Ek 1 Yapılan Analizlere Ait Hesaplama Basamakları.....70
Ek 2 Kaya Sınıflamasında Kullanılan Q Çizelgesi 77
Ek 3 Kaya Sınıflamasında Kullanılan RMR Çizelgesi 82
Ek 4.1 Arazi Tek Eksenli Basma Dayanım Tahmin 83
Ek 4.2 Sağlam Kaya İçin m_i Sabiti 84
Ek 4.3 Eklem Ayrışma ve İç Bağlanmaya Dayanan Kaya Kütle Karakteristiği Çizelgesi 85
Ek 4.4 Eklem Ayrışma ve İç Bağlanmaya Dayanan GSI Çizelgesi 86
Ek 5 Schimidt Sertliği ile Kayanın Tek Eksenli Bama Dayanımı Arasındaki İlişki 87
Ek 6 Eklem Pürüzlülüğü (JRC) ve Sayısal Karşılığı.....88
Ek 7 Sondaj Loğları 90

ÖZGEÇMİŞ..... 116

SİMGE LİSTESİ

τ	Kayma gerilmesi
σ_n	Efektif normal gerilme
$(Ø_b)$	Sağlam kayanın temel sürtünme açısı
A ve B	Malzeme sabiti
c_i	Anlık kohezyon
c_r	Kalık değerler'
Ja	Eklem ayrışma sayısı,
Jr	Eklem pürüzlülük sayısı,
Jv	Bir metre küp birimdeki eklem sayıs
Jw	Eklem suyu durumu,
k	Büyük ve küçük asal gerilmelerin oluşturduğu eğrinin eğimi
m_i	Sağlam (intact) kaya için Hoek-Brown sabiti
n	Yapılan deney sayısı
n	Deney sayısı değeridir.
Ø	İçsel sürtünme açısıG
$Ø_i$	Anlık içsel sürtünme açısı
s, a, m_b	Kaya kütlesi karakterine bağlı sabitler
σ'_1 ve σ'_3	Kırılma anındaki mak. ve min. efektif asal gerilme
σ_{ci}	Sağlam (intact) kaya kütlesinin tek eksenli basma dayanımı
σ_{cm}	Kaya kütlesinin tek eksenli basma dayanımı
σ_{tm}	Kaya kütlesinin çekme mukavemeti
τ	Kohezyon,

KISALTMA LİSTESİ

GSI	Jeolojik dayanım indeksi
ISRM	Uluslararası Kaya Mekaniği Topluluğu
JCS	Eklem duvarı basınç mukavemeti
JRC	Eklem pürüzlülük katsayısı
Q	Kaya kalite sayısı
RMR	Kaya Kütle Oranı
RQD	Kaya karot yüzdesi,
SRF	Gerilim azaltma faktörü
YASS	Yeraltısuyu şartları

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1 Uluburun Tüneli giriş kesiminde oluşmuş heyelan 45
Fotoğraf 3.2 Uluburun Tüneli giriş kazısı (Kayma öncesi Kasım 1999) 46
Fotoğraf 3.3 Uluburun Tüneli giriş heyelanı (Kasım 1999).....46
Fotoğraf 3.4 Uluburun Tüneli girişi kayma sonrası hattın güneye kaydırılmış görünümü.....47
Fotoğraf 3.5 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan sondaj karot numuneleri (deney sonrası).....66
Fotoğraf 3.6 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan sondajların değişik seviyelerinden alınan üç eksenli basma dayanım deney karotları (deney sonrası).....67
Fotoğraf 3.7 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan sondajların değişik seviyelerinden alınan üç eksenli basma dayanım deney karotları (deney sonrası).....68
Fotoğraf 3.8 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan sondajların değişik seviyelerinden alınan ve tek eksenli basma dayanım deneyi yapılan karotlar (deney sonrası).....68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Toplam porozite ile doygun durumdaki tek eksenli basma dayanımı arasındaki ilişki 3
Şekil 1.2 Üç eksenli basınç deneyinde normal gerilme ile pik sürtünme Açısı arasındaki ilişki..... 4
Şekil 1.3 Makaslama mukavemeti ile dolgu malzemesinin relatif Kalınlığı arasındaki ilişki..... 4
Şekil 1.4 Dolgu malzemesinin relatif kalınlığının çatlak mukavemeti üzerine etkisi..... 5
Şekil 1.5 Dolgu kil kalınlığı ile sürtünme açısı arasındaki ilişki 6
Şekil 2.1 Yapısal olarak homojen olmayan yerlerde mevcut yamaç açısı ile yamaç yüksekliği arasındaki ilişki..... 18
Şekil 2.2 Mohr-Coloumb kesme ve basma dayanım ilişkisi..... 25
Şekil 2.3 Yamaç dışarı süreksizlik konumunun stabiliteye olumsuz etkisi..... 27
Şekil 2.4 Yamaç içeri süreksizlik konumunun stabiliteye olumlu etkisi..... 27
Şekil 2.5 Kesme deneyi A, normal ve kesme gerilmesi arasındaki ilişki..... 28
Şekil 2.6 Testere dişli süreksizlikler üzerinde kesme mukavemet deneyi..... 29
Şekil 2.7 Non-lineer kırılmada anlık kohezyon ve sürtünme açısı..... 31
Şekil 3.1 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi asal gerilmeler arasındaki ilişki.....41
Şekil 3.2 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi normal ve kesme gerilmeleri arasındaki lineer ve non-lineer ilişki.....42
Şekil 3.3 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi anlık normal gerilme altında anlık Kohezyon ve içsel sürtünme açısı 43
Şekil 3.4 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi analiz çıktısı (g=0.0).....44
Şekil 3.5 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi analiz çıktısı (g= 0.20).....44
Şekil 3.6 Uluburun Tüneli girişi asal gerilmeler arasındaki lineer ve non-lineer ilişki.....56
Şekil 3.7 Uluburun Tüneli girişi normal ve kesme gerilmesi ilişkisi.....57
Şekil 3.8 Uluburun Tüneli girişi anlık normal gerilme altında içsel sürtünme ve kohezyon değişimi.....58
Şekil 3.9 Uluburun Tünel girişi İçin Limit Denge Koşullarında (F=0.999) Geriye analiz sonuçları.....59
Şekil 3.10 Uluburun Tüneli girişi kazı öncesi analiz çıktısı..... 60
Şekil 3.11 Uluburun Tüneli girişi kazı sonrası analiz çıktısı.....60
Şekil 3.12 Uluburun Tüneli girişi geriye analiz çıktısı..... 61

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Kaya Kalite Derecesine (Q) göre sınıflama 8
Çizelge 1.2 Süreksizlik aralığı sınıflaması 10
Çizelge 3.1 Kavak-Merzifon Tünel-1'in girişinde yapılan SK-37 nolu sondaj laboratuar verisi 36

Çizelge 3.2 Kavak-Merzifon Tünel-1 giriş kesimi Q kaya sınıflaması 37
Çizelge 3.3 Kavak-Merzifon Tünel-1 giriş kesimi RMR kaya sınıflaması 38
Çizelge 3.4 Kavak-Merzifon Tüneli-1 giriş kesimi analiz sonuçları 40
Çizelge 3.5 Uluburun Tüneli girişi temel sondaj verileri 49
Çizelge 3.6 Uluburun Tünel girişinde temel sondajlardan alınan numune laboratuar sonuçları .....
50
Çizelge 3.7 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan Kaya Kütle Kalite (Q) sınıflaması 53
Çizelge 3.8 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan Kaya Jeomekanik (RMR) sınıflaması 54
Çizelge 3.9 Uluburun Tüneli giriş kesimi analiz sonuçları 54
Çizelge Ek 1.1 Kavak-Merzifon Tünel-1 sağlam kaya laboratuar değerleri 70
Çizelge Ek 1.2 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi sağlam kaya Hoek m_i hesaplama verileri 70
Çizelge Ek 1.3 Kaya kütle m_b sabitini belirlemede kullanılan küçük asal gerilme değerleri 71
Çizelge Ek 1.4 Kaya kütle m_b sabitini belirlemede kullanılan küçük asal gerilme değerleri 72
Çizelge Ek 1.5 Kaya kütle normal gerilmeleri 72
Çizelge Ek 1.6 Kaya kütle kesme değerleri 73
Çizelge Ek 1.7 Kaya A ve B sabiti için X değerleri 73
Çizelge Ek 1.8 Kaya A ve B sabiti için Y değerleri 74
Çizelge Ek 1.9 Kaya A ve B sabiti için X ve Y değerleri 74
Çizelge Ek 1.10 Kaya kütlesinin anlık kohezyon ve içsel sürtünme değerleri 74
Çizelge Ek 1.11 Asal gerilmeler arasındaki eğimin (k) belirlenmesinde kullanılan asal gerilme değerleri 75
Çizelge Ek 1.12 Sağlam kaya ve kaya kütle değerleri karşılaştırılması 76

ÖNSÖZ

Yüksek lisansa başlamama yardımcı olan ve tez çalışmamı üstlenip çalışmama yön veren Sayın Prof. Dr. Sönmez YILDIRIM'a, olumlu eleştirileri ve katkılarından dolayı jüri üyeleri Prof. Dr. Okay EROSKAY ve Doç. Dr. Mustafa YILDIRIM'a, yüksek lisans çalışmam konusunda yardımlarını gördüğüm Sayın Prof.Dr. Kutay ÖZAYDIN'a, yüksek lisans çalışmamın tüm aşamalarında büyük bir özveri gösteren eşim Elmas MUCUKGİL'e, çalışmam esnasında idari yardımlarından dolayı Karayolları Gn.Mg.lüğü.Tek. Araş. Dai. Baş. Sayın Münevver ATASARAL'a ve Jeolojik Hizmetler Şubesi Müdürü Sayın Kenan KAYA'ya, yardımları olan tüm iş arkadaşlarıma, özellikle Sayın Mehmet TOKGÖZ'e, tez için gereken deneylerin yapılmasında her türlü kolaylığı sağlayan Zemin Mekaniği ve Tüneller Şubesi Müdürü Sayın Nefise AKÇELİK'e, deneyleri yürüten Sayın Dr. Nejdet KÖKSAL'a, teknik ve kaynak temini konularındaki yardımlarından dolayı Sayın Hasan ÖZASLAN'a, Sayın Mustafa Kemal AKMAN'a, Sayın Dr. Ali BAŞTEKİN'e teşekkür ederim.

Bu çalışma ile zayıf kayaların şev stabilite tasarımına genel bir bakış yapmak ve genelde olarak fazla incelenmemiş olan zayıf kayalarda güvenli tasarım parametresi üretilme alternatifleri çalışılmıştır. Bu konuda en önemli olaylardan bir kayanın doğal koşullarını çok iyi ortaya konulma, yorumlanmasıdır.

ÖZET

Zayıf kayalarda şev stabilitesini etkileyen etkin parametrenin belirlenmesindeki yöntem ve ilkelerin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak uluslararasında yapılan çalışmalar incelenmiş ve belirli ilkeler ortaya konmuştur. Kaya kütlesi, eklem, çatlak, fay, ayrışma-bozuşma ve maruz kaldıkları tektonik etkilerden dolayı homojen davranmamaktadır. Bu gibi sebeplerden dolayı bu tür kayalardan kurulu yamaçlar için belirlenecek etkin stabilite parametresi, kayanın geçirmiş olduğu jeolojik olayları da yansıtacak şekilde belirlenmelidir. Bu amaçla süreksizliklerin özellikleri, stabiliteye etkisi, kaya sınıflamasındaki yeri belirlenmelidir.

Şev stabilitesini, kaya kütle parametreleri kontrol ettiğinden özellikle zayıf kayanın sağlam numuneleri üzerinde basma dayanım deneyleri, süreksizlik durumu, ayrışma ve bozuşma dereceleri dikkate alınarak kaya kalite (Q), jeomekanik (RMR) ve jeolojik dayanım indeks (GSI) sınıflaması yapılmalıdır. Elde edilen verilere dayanarak stabilite etkin parametresi aranan yamaç modellenerek

a- ortam masif kaya kontrolünde ise laboratuar verileri ,
b- kaya ortamının stabilitesini süreksizlikler kontrol ediyorsa süreksizlik yüzeyi direk kesme deney verileri,
c- kaya koşulları çok sık çatlaklı ise sağlam kaya numunesi laboratuar verisi ve GSI birlikte değerlendirilerek elde edilen sonuçlar, kaya ortamını en iyi şekilde yansıtmaktadır.

Belirlenen bu ilkeler doğrultusunda masif kaya ve çok sık çatlaklı kaya ortamları için iki örnek çalışma yapıldı. Elde edilen parametreler zayıf kayalar için uluslararası düzeyde kabul görmüş limitler içinde kaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Zayıf kaya, masif kaya, kaya numunesi, kaya kütlesi

ABSTRACT

Investigation of the methods and the principles, that are used in order to find out the effective parameter determining the stability of slopes in weak rocks, is the aim of this thesis. According to this aim, internationally performed studies were investigated and then certain principles were defined. Rock environment behave uniformly due to joint, fracture, fault, weathering – deterioration and tectonic effects acting on it. Because of such reasons, the effective stability parameter which will be determined for the slopes containing that kind of rocks, should be determined while taking the geological history of the rock into account. Accordingly, properties of the discontinuities, their effect on stability and the place of rock in rock classification should be defined. Since the stability of slope depends on rock mass parameters, by utilizing especially compression tests on the intact samples of weak rock, discontinuity condition, weathering and deterioration rates; rock quality (Q), geomechanic (RMR) and geologic strength index (GSI) classifications should be done. Under the lights of obtained data, the slope whose effective stability parameter is being considered, is simulated and the conclusions obtained by using the following results are perfectly describing the rock environment.

a- laboratory test results if the environment is composed of solid rock
b- direct shear test results of discontinuity surface if the stability of rock environment is controlled by discontinuities
c- laboratory data of intact rock sample together with GSI if the rock is highly fractured

According to those principles, two sample studies were performed for solid rock and highly fractured rock environments. It has been noted that the gathered results are within the internationally accepted limits for weak rocks.

Keywords: Weak rock, massive rock, rock sample, rock mass

1.GİRİŞ

Karayolu, demiryolu, bina temeli ve yamaç ile diğer tüm kazılar doğal dengeyi bozmaktadır. Bozulan bu denge özellikle zayıf kayalar üzerinde yeni gerilmelerin oluşması, fisürlerin gelişmesi, boşluk suyu basıncının değişmesi gibi sonuçları olmaktadır.

Kayaçlar; günlenme, yağışlar, yeraltısuyu, donma-çözülme, hidrotermal etkiler, tektonik olaylar, içerdiği mineralin kimyasal yapısı, süreksizlik yoğunluğu gibi sebeplerin bir veya bir kaçının bir arada olması sonucu ayrışarak bozuşmaktadır. Bu iç ve dış etkiler altında kaya zaman içerisinde orijinal mukavemetini kaybederek zayıf kaya niteliğini kazanmaktadır.

Bu çalışma, dünyada yeni, ülkemizde ise çok yeni olan zayıf kayalarda şev tasarımı için etkin mukavemet parametrelerinin belirlenmesine bir katkı amacını hedeflemektedir. Bu kapsamda öncel çalışmalar taranmış, parametre belirlenmesinde kaya kütlesinin jeolojik koşullarını dikkate alan bir yöntem benimsenmiştir.

Bu bağlamda Uluburun ve Kavak-Merzifon Tünel-1 giriş şevi, tasarım parametresinin belirlenmesi için tünel girişleri iki özgün örnek olarak çalışılmıştır.

1.1 Önceki Çalışmalar

Zayıf kayalar ayrı bir çalışma konusudur. Orijinal nitelik ve özelliklerini kaybettikleri için bunlar ana kayadan oldukça farklıdır. Taşıma ve oturma problemi yaratan zayıf kayalar bir çok çalışmacı tarafından araştırılmıştır.

Zayıf kayaların ilk olarak araştırılması, 1975 yılında Arjantin'de Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği konulu V. Panamerikan Konferansında Deer (1975) tarafından sunulan Uygulamalı Kaya Mekaniği kapsamında Zayıf Malzemelerin Mekanik Özellikleri olarak sunulmuştur. Gerçek anlamda zayıf kayalar üzerinde yapılan çalışmaların sunulması, 1981'de Japonya'da yapılan Uluslararası Zayıf Kaya Sempozyumunda olmuştur.

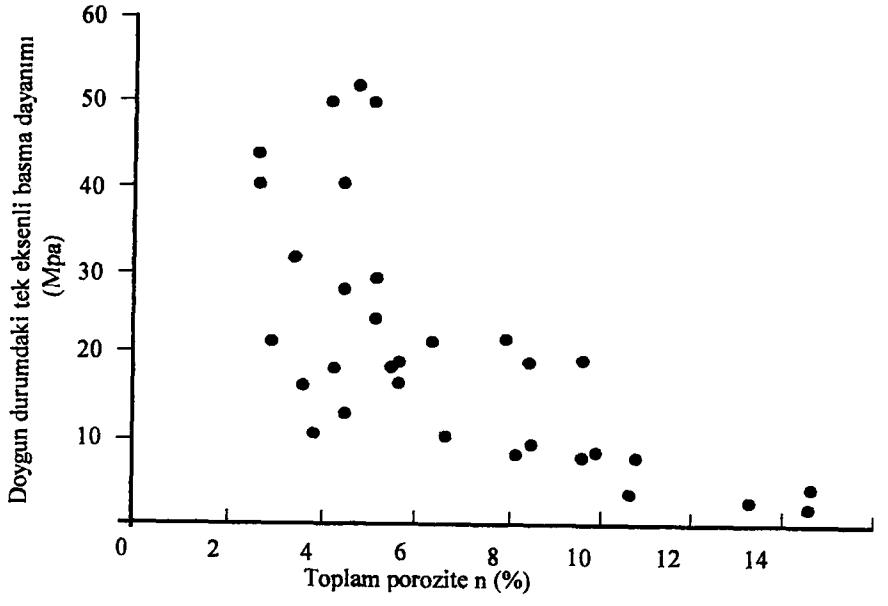
Leddra vd.(1993), yaptıkları çalışmaya göre çimentolu tortul kayalarda (örneğin tebeşir) deformasyon, kaya dokusunun dağılmasının yanında hem derinde hem de yüzeyde büyük gerilme deformasyonlarına neden olmaktadır. Çünkü oldukça saf, uniform, ince taneli ve kompaksiyondan öte çimentolanmadan kaynaklanan bir porozite spektrumunu göstermektedir. Çimentolu tortul kayalarda konvansiyonel zemin mekaniği deneyleri uygulanmıştır. Zemin mekaniğinde kompaksiyon (tanelerin yeniden yerleşmesi), ya toplam gerilmenin yükselmesi ya da boşluk suyu basıncının düşmesi sonucu oluşan efektif

gerilme ile analiz edilmektedir, yani bu aynı zamanda efektif gerilme ve hacim değişimi olarak ifade edilebilir. Buna karşın poroz kayalarda ise taneler çimento bağı ile tutulmakta ve efektif gerilme ile hacim değişimi arasındaki ilişkisinin çimento malzemesinin mineral yapısının katılığına bağlı olduğu ileri sürmektedirler. Ayrıca bu araştırmacılar tortul kayalar için yaptıkları çalışmalar yatay efektif gerilme, düşey efektif gerilme ve porozite; deviyatorik gerilme, ortalama efektif gerilme ve porozite; boşluk oranı, ortalama efektif gerilme ve porozite arasında ilişki kurmuşlardır.

Addis (1987) ve Leddra (1990), tebeşirin deformasyon davranışındaki değişimi incelemişler; düşük basınçlarda çimentolu tebeşir yapısı, deformasyon karakteri elastik davranış gösterdiğini saptamışlardır. Eğer efektif gerilme artırılırsa çimento yapısındaki parçalanma azar azar artar ve malzeme sonuçta kırılır (Addis 1987). Kırılmayı ya gerilme yumuşaması ya da gerilme sertleşmesi izlemektedir. Düşük oranda kil ve silika içeren değişken boşluklu tebeşir örnekleri üzerinde yapılan deneylerde boşluk oranı azaldıkça, kırılma gerilmesinin arttığını ileri sürmektedirler.

Zhiyl ve Jinfeng (1990), Çin'deki Chongqing çamurtaşları ve kumtaşları ardalanmasının mühendislik özelliklerini incelemişlerdir. Birim, tektonik olaylar sonucunda aşırı kıvrımlanarak eklemli bir yapı kazanmıştır. Bu birimde 25 örnek üzerinde yapılan analizde %74-95 kırıntılı malzeme , %2-20 ise kil miktarı bulunmuştur. X-ray çalışmasında kil minerali illit %60-90, montmorillonit %10-40; kırıntılı malzemenin ise %70-100 arasında olduğu görülmüştür Çamurtaşının tek eksenli basınç dayanımı 2.0-30.0 MPa arasında değiştiği bulunmuş ve bunu Harmol (1961) kaya ile zemin arasında geçiş malzemesi olarak tariflemiştir. Mukavemet değeri porositeye bağlı olarak doygunlukla değişmektedir. Porozite arttıkça makaslama dayanımı azalmaktadır. Yapılan çalışmalarda toplam porozite %7 den az ise mukavemet hızla artmakta; %14 civarlarında ise hızla azalmaktadır (Şekil 1.1).

Freitas'ın zayıf kayanın Tek Eksenli Basınç Dayanımı, ISRM (1978)'e göre: 0.250-25 MPa; İngiliz Jeoloji Topluluğu'na (1970) göre:1.25-5.0 MPa olduğunu belirtmiş, taneli kayalarda bağ (çimento) malzemesinin karakterinin de dikkate alınması gerektiğini ileri sürmüştür. Diğer taraftan Hoek (1993), zayıf kaya kavramı tasarımcı mühendisin kafasını karıştırmamalı diyerek tek eksenli basınç dayanımı ne olursa olsun üzerine konulan yükü taşıyamayan her kaya zayıf olarak tanımlamaktadır.



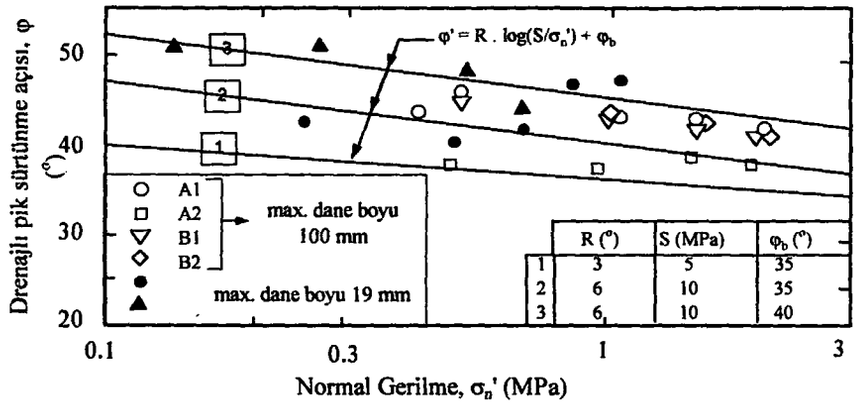
Şekil 1.1 Toplam porozite ile doygun durumdaki tek eksenli basma dayanım arasındaki ilişki (Zhiyl, Jinfeng, 1990)

Dapples (1972), Pettijohn vd. (1973), Scholle ve Schlunger (1979), Dobereiner ve Freitas (1986), Molenaar (1990); çimentolu kayalardaki mukavemet değerini, kayaların jeoteknik sınıflamasında kullanmaktadırlar. Barton vd. (1993), mukavemetin, büyüyen taneler veya basınçlı eriyiklerin etkisi ile oluşan othogenik mineraller, kil matriks bağ, interlock kohezyon tarafından oluşturulduğundan, kayaların sınıflamasında bir anlam ifade ettiğini belirtmekte, düşey yük ile bağlanmış malzemenin davranış değişimi ve benzer poroziteli fakat farklı bağ mukavemetli malzemelerin belli bir kırılma yüzeyini izlemekte olduğunu ileri sürmektedirler.

Bell ve Culshaw (1993), yoğunluk, porozite ve permeabilite özellikleri ve Nottingam Cattle kumtaşların mukavemet, elastik değiştirgeler (parametre) ve sertliği konusunda çalışmışlar, ortalama en yüksek kuru basınç mukavemet değerini araştırmış çalışmanın kuru iken mukavemetin arttığı, su alınca mukavemetin hızla azaldığını gözlemlemişlerdir.

Brenner ve Straubhaar (1993) Atatürk Barajı dolgusunda kullanılan tabakalı ve tebeşirli kireçtaşlarını araştırmışlardıur, sağlam kayacın temel sürtünme açısı ($Ø_b$), çelik testere ile kesilen yüzeyden direk kesme deneyi ile elde edilmiştir. Bu çalışmada direk kesme yüzeyi 15 000 mm^2, uygulanan normal düşey yük Natau ve diğerleri (1979) tarafından önerilen standart yük kademeleri gözetilerek uygulanmıştır. Üç değişik düşey yük 0.35-1.0 MPa. ve

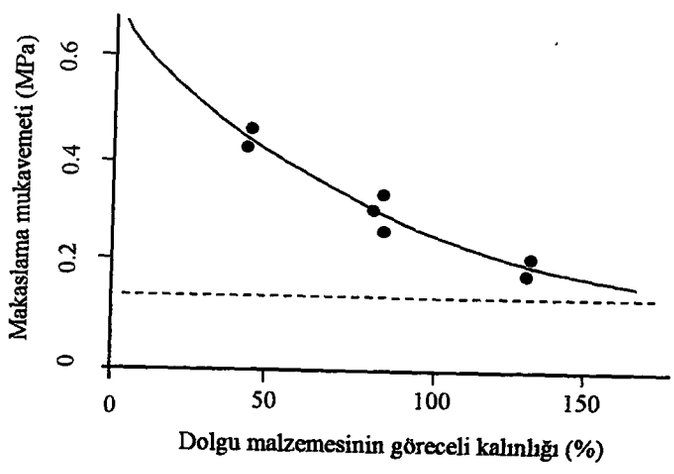
0.5 mm/sn'lik kesme hızı uygulanarak, kohezyon c = 0.161-0.231 MPa. sürtünme açısı ise Ø = 39.8°- 40.8° olarak ölçülmüştür. Temel sürtünme açısı, gerilme ve pik sürtünme açısı arasında ilişki Şekil 1.2'de verilmektedir.



Şekil 1.2 Üç eksenli basınç deneyinde normal gerilme ile drenajlı pik sürtünme açısı arasındaki ilişki (Brenner ve Straubhaar, 1990)

Zayıf kayalar üzerinde çalışan Anon (1981) ise serbest basınç dayanımı 5 MPa dan az olan kayaları zayıf kaya olarak nitelemektedir.

Rongqiang vd.(1993), eklem açıklığında yer alan kil kalınlığının, eklemlerin mekanik özellikleri üzerine etkisini araştırmak için yaptıkları ortak çalışmada, "kil kalınlığının artması ile birlikte mukavemet azalmakta" olduğunu ileri sürmektedirler. Yapılan çalışmada kil kalınlığının etkisi araştırılmış Goodman (1969), testere dişli eklemli jipsler üzerinde deney



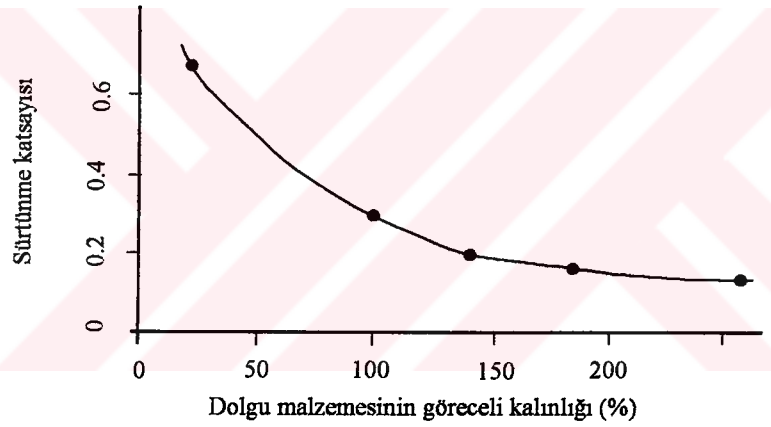
Şekil 1.3 Makaslama mukavemeti ile dolgu malzemesinin göreceli kalınlığı arasındaki ilişki (Rongqiang vd. 1990)

yapmış ve eklem mukavemetinin yaklaşık kil mukavemetine eşit olduğu sonucuna varmıştır. Burada kilin kalınlığı, süreksizlik yüzeyi ondülasyon kalınlığının 1.5 katı kadardır

(Şekil 1.3).

Lama (1978), kaolin kili ile dolgulu ve dolgu kilin kalınlığı arasındaki ilişkiyi araştırmış; eklem ondülasyon kalınlığı (Rz) 0.35'den 0.70' e çıkıp ve dolgu kili kalınlığı 0.07 Rz'den 0.25 Rz'ye yükseldiğinde, yapay olarak oluşturulan eklemin mukavemetinin azaldığı, bu çalışmada kille dolu eklemin mukavemeti, dolgusuz eklemin mukavemetinin % 50'sine kadar düştüğü görülmüştür.

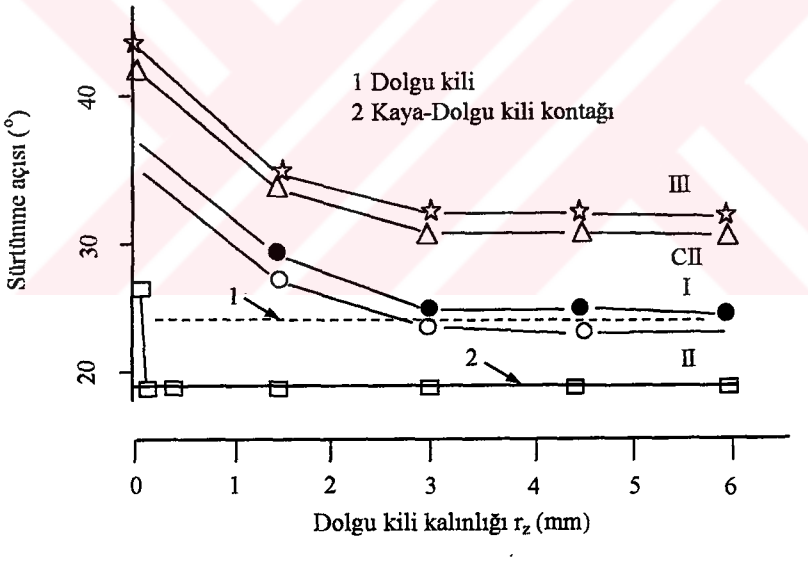
Çin Bilim Akademisi'nin (1984), yaptığı çalışma sonuçları dolgu kilinin göreceli kalınlığı (kil kalınlığı / ondülasyon kalınlığı) 2.0 den büyük olduğu zaman eklem mukavemetinin azaldığını (Şekil 1.4) göstermiştir.



Şekil 1.4 Dolgu malzemesinin göreceli kalınlığının çatlak mukavemeti üzerine etkisi(Rongqiang vd.1990)

Ganji (1969), eklem pürüzlülük etkisini araştırdığı deney sonuçlarına göre kil dolgulu eklemlerin mukavemeti, dolgu kilinin mukavemetinden daha düşüktür; dolgusuz süreksizlik temas yüzeyinin mukavemeti, kil dolgulu süreksizliklerin mukavemetinden daha yüksektir. Cook (1977) yaptığı çalışmalarda "dolgu kilinin mukavemeti, dolguda kullanılmayan aynı kilin mukavemetinden daha düşük" olduğu sonucuna varmıştır. Her iki kilin mukavemeti, kille dolgulu pürüzlü eklemin mukavemetinden daha azdır. Bu çalışmayı kontrol eden etkin faktörler dolgu kilinin kalınlığı, fiziksel durumu, eklem düzleminin geometrisi (ondulation) ve durumu, deney sırasında yükleme oranı olarak sayılmakta ve yapılan çalışma şu şekilde özetlenmektedir.

- Eklem sürtünme açısı, dolgu kilinin kalınlığı ile ters orantılıdır, ancak kilin kalınlığı 3.0 mm veya izafi kalınlık 2.0 - 2.5 arasında olduğu zaman açı sabit kalmaktadır. Sürtünme açısı, dolgu kilin kalınlığı aynı kalsa, hatta 3.0 mm den daha fazla olsa bile, daha çok ondülasyon kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Bu da mukavemetin her zaman süreksizlik yüzeyi özelliğinin kontrolünde olduğunu göstermektedir. Belki de kritik dolgu kilinin kalınlığı oldukça değişkendir. Eklem sürtünme açısı, dolgu kilinin kalınlığı ne olursa olsun, hızla 21°' den 14°'ye düşmektedir (Şekil 1.5). Ayrıca eklem kohezyonu 0.01-0.11 MPa arasında değişmekte olup bu mukavemetin dolgu kili ile herhangi bir ilişkisi de belirlenememiştir. Hafif ondülasyonlu eklemin mukavemeti, belli bir kalınlığa ulaşan dolgu kil mukavemetinden daha azdır. Ayrıca süreksizlik mukavemeti, dolgu kilinin kalınlığı, yoğunluğu, su içeriği, tane boyutu, mineral cinsi ve diğer nedenlere bağlıdır.



Şekil 1.5 Dolgu kili kalınlığı ile sürtünme açısı arasındaki ilişki CII: yapay dolgu, I, II, II: Doğal dolgu (Rongqiang vd. 1990)

- Kille dolgulu düz eklemlerin içsel sürtünme açısı, kille dolgulu pürüzlü eklemlerin (hatta kil dolgusu 3mm den daha büyük de olsa) sürtünme açısından daha azdır.
- Birçok eklem için kesme düzlemi farklı konumlarda oluşmaktadır. Pürüzlülüğün mekanik etkileri, kil kalınlığı ile ilgili değildir ve pürüzlülük belli bir değere ulaşınca, makaslama düzlemi kili rasgele kesmektedir. Bu da pürüzlülük, kırılma düzlemini kontrol eden en önemli bir etken olduğunu göstermektedir.

Morgenstern ve Eigenbrod (1974), çalışmasından çamurtaşı için haftalar süren yavaş yumuşama sonucunda orijinal malzeme mukavemetinin %40 oranında azaldığı; drenajsız kayma mukavemetinin 1.8 MPa'dan ve serbest basınç dayanımının 3.6 MPa'dan büyük olduğu; şeyl için yumuşamanın birkaç gün sürdüğü ve orijinal mukavemet kaybının % 60 dan fazla olduğu; makaslama mukavemetinin 0.6-1.8 MPa arasında, serbest basınç dayanımının 0.6- 1.8 MPa arasıda değişmekte olduğu; kilde ise yumuşamanın birkaç saat sürdüğü ve mukavemetini ise % 60 oranında kaybettiği; orijinal drenajsız kayma mukavemetinin 300 kPa, serbest basınç dayanımının 0.6 MPa olduğunu belirtilmektedir. Bazı araştırmacılara göre kil-çamurtaşı duraylılık sınırı drenajsız kesme mukavemeti için 1.8 MPa olarak verilmektedir. Grainger (1984) bu sınırın 300 kPa olduğunu öne sürmekte ve ayrıca çamurtaşının drenajsız mukavemeti 1.8 MPa'dan büyükse "kayaç duraylıdır" demektedir.

Ayrıca kum-kumtaşı arasındaki sınır Dobereiner ve de Freittas (1986), Barton ve arkadaşları (1990) tarafindan 0.5 MPa serbest basınç dayanımı olarak belirtilmiştir.

Kaya sınıflamasında zayıf/orta ayracı tek eksenli basınç dayanımına göre 12.5 MPa'dır. Kayacın tek eksenli basınç dayanımı 12.5 MPa'nın üzerinde olmasına karşın, içerdiği süreksizlik miktarı kayacın mukavemetini düşürmektedir. Farklı mühendislik amaçları için birden fazla kaya sınıflama sistemi Terzaghi (1948), Lauffer (1958), Deer (1963), Bieniawski (1973, 1974, 1976) ve Barton (1974) tarafindan geliştirilmiştir. Bianiawski (1974) (CSIR) tünelcilikte yaygın olarak kullanılan RMR jeomekanik sınıflaması ve Barton (NGI) Q sınıflaması yapılmıştır.

RMR'ye göre sağlam kayanın tek eksenli basınç mukavemeti, RQD, eklem aralığı, eklem koşulları, eklem su durumu dikkate alınarak kayaçların sınıflandırılması esasına dayanmaktadır. Burada kayaç 5 gruba ayrılmaktadır. RMR: 100-81 Çok İyi; 80-61 İyi; 60-41 Orta; 40-21 Zayıf ve 20' den küçük Çok Zayıf Kayaç olarak gruplandırılmaktadır.

Q Kaya sınıflama sisteminin formülü ve sınıflamanın dayandığı 6 kaya parametresi

$$Q = \frac{RQD}{Jn} * \frac{Jr}{Ja} * \frac{Jw}{SRF} \qquad (1.1)$$

RQD Kaya kalite derecesi

Jn Eklem takım sayısı,

Jr Eklem pürüzlülük sayısı

Ja Eklem ayrışma sayısı,

Jw Eklem yüzeyi su durumu

SRF Gerilme azaltma etkeni

Çizelge 1.1 Kaya Kalite Derecesine (Q) göre sınıflama

Q Değeri	Kaya Kütle Niteliği
0.001-0.01	Olağanüstü Zayıf
0.01-0.1	Aşırı Zayıf
0.1-1.0	Çok Zayıf
1.0-4.0	Zayıf
4.0-10.0	Orta
10.0-40.0	İyi
40.0-100.0	Çok İyi
100.0-400.0	Aşırı İyi
400.0-1000.0	Olağanüstü İyi

Kaya sınıflamasında RMR < 40 ve Q < 4 Zayıf kaya olarak nitelenmektedir.

RMR ve Q kaya sınıflamaları uluslararasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Öncelikle kayanın bu sınıflamaları yapılmakta, daha sonra RMR ve Q değerleri sırası ile 40 ve 4 referans sayısı ile karşılaştırılarak, kaya sınıfı belirlenmektedir.

Q sınıflamasında kayayı zayıf olarak nitelemede önemli etkenler;

1-Eklem yapısı,

2-Eklemlerin ayrışmasıdır.

Eklemlerin dolgu malzemesinin kalınlığı, niteliği kütlesinin jeomekanik (RMR) değeri arasında karşılaştırma oluşturmuştur. Diğer taraftan Bieniawski (1979) eklemli kayaların deformasyon nitelikleri ile RMR arasında bir ilişki önermiştir. Ayrıca Kulhawy (1978) eklem aralığı, sağlam kayanın elastisite modülünü ve eklem pürüzlülüğüne dayanan tahmini kaya kütle deformasyon davranışı için bir jeomekanik model önermiştir. Burada kaya elastisite modülünü kontrol eden en önemli etken eklem aralığı ve eklem pürüzlülüğüdür.

Hoek ve Brown (1980)'a göre Young's modülü ile RMR arasındaki yüksek gerilme seviyesinde $E=100\ (RMR)^4$ ve düşük gerilme seviyesinde $E=1\ (RMR)^4$ ilişkisi vardır.

Eklem yönelim düzeltmesi yapılmamış RMR değeri kullanılarak

$E = 3.5\ (RMR)^{3.75}$ formülü secant modülü yarı değerine göre poison oranı n = 0.3 alınarak, bütün kayalar için güvenle kullanılmaktadır.

Constrained modülü $D = 1/m_v$ (1.2)

$$D = \frac{E(1-n)}{(1+n)(1-2n)} \tag{1.3}$$

Makaslama modülü

$$G = \frac{E}{2(1+n)} \tag{1.4}$$

Bulk modülü

$$K = \frac{E}{3(1-2n)} \tag{1.5}$$

olarak belirlenmektedir.

Birim hacimdeki eklem yoğunluğu ile kayacın toptan stabilitesi arasında çok yakın ilişki bulunmaktadır (Sadagah ve de Freitas 1990). Kaya kütle davranışı en çok kayanın içerdiği mineral tane boyutu ve kayanın zayıflık zonlarınca (eklemler) kontrol edilmektedir. Fakat uygulamada Jv (bir m^3 'deki eklem sayısı) tespit etmek oldukça zor olduğundan dolayı kayayı en iyi temsil eden yerlerden veri toplanmalıdır. Brown (1981)0, Palmstrom (1982, 1985) Jv miktarının belirlenmesindeki yanlışlara karşın elde edilen Jv değeri, drenajlı duraylı yamaçlardaki ortalama yamaç açısı ile efektif gerilme cinsinden elde edilen içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Jv 1.0'dan az ise blok çok büyük, Jv 5 ise RQD = % 100; Jv 30 ise blok çok küçük ve RQD = % 0 dır.

Annon (1988), aşağıdaki Çizelgede kaya ve zeminlerdeki süreksizlik aralıklarına göre sınıflamasını verilmiştir

Çizelge 1.2 Süreksizlik aralığı sınıflaması

Süreksizlik Tanımı	Süreksizlik Açıklık
Aşırı geniş aralıklı	> 6 m
Çok geniş aralıklı	2 m-6 m
Geniş aralıklı	600mm-2 m
Orta aralıklı	200mm-600mm
Sık aralıklı	60mm-200mm
Çok sık aralıklı	20mm-60mm
Aşırı sık aralıklı	< 20 mm

Christodoulias ve Giannaros(1990), Yunanistan'da yaptıkları çalışmada iki yağışlı mevsim sonucunda orta dayanımlı kiltaşları ve silttaşları suyun etkisi ile parçalanarak, yamaç molozu haline geldiği görülmüştür. Bu malzemelerin ne LL =%27-36 değerinin düşük olması ne de mukavemet değeri (c' =15-17 kPa ve $Ø'$=30-38°) potansiyel problemin anlaşılmasında faydalı olmamıştır. Burada yapılan deneylerde alandaki malzeme içinde büyük oranda kuvars, feldspat ve kalsit belirlenmiştir. Büyük olasılıkla flişdeki hızlı parçalanmaya, birim içindeki montmorillonit neden olmuştur. Bu gibi yerlerde tasarım parametreleri seçimi, daha çok slake test sonuç verilerine dayandırılmalıdır. Fakat buna karşılık MacGregor ve diğerleri(1993) likit limiti yüksek (LL=%82-118) ayrışmış bazaltlarda yenilmeyi, hızlandırılmış malzeme parametreleri yerine daha çok düşük kesme mukavemeti ve yüksek yer altı su seviyesi koşullarına bağlamışlardır. Böyle durumlarda alışıla gelmiş zemin mekaniği duraylılık analizleri daha güvenlidir. Ancak analizler için eklem eğim ve devamlılığını dikkate alarak kaya mekaniği kurallarına göre belirlenen parametreler kullanılmalıdır. Ayrışmış filişlerde genellikle ya yüzeysel kayma ya da dönel kayma gelişmektedir Coumantakis (1975), Koukis (1982).

Mac Gregor vd. (1993), Viktora, Planets Hill'daki aşırı ayrışmış bazaltlar ve kolüvyonlardaki kaymaları incelemişler ve aşırı ayrışmış bazalt üzerinde yapılan üç eksenli ve direk kesme deneylerinde ortalama olarak pik değerler: c' = 42-90 kPa, $Ø'$ = 18°-32°; süreksizlik kayma yüzeyinde efektif değerler c'= 13-22 kPa, $Ø'$ = 15°-24°; artık değerler c_r'= 0, $Ø'$ = 11°-13° bulunmuştur. Kolüvyonlarda yapılan üç eksenli ve direk kesme deneylerinde pik değerler; c'=12-70 kPa, $Ø'$= 25°-31°; ortalama kayma dayanım değerler; c'=18kPa, $Ø'$=23° olarak belirlenmişlerdir.

Böyle bir yerde seçilen tasarım parametresi :

- Fissürlerin konumu, devamlılığı ve koşullarına,
- Pik ve artık kesme mukavemet verilerine,

Mevcut kırılmalar; geriye analiz sonuçlarına göre belirlenerek, tasarım parametresi süreksizlik konumu da dikkate alınarak alt veya üst değer seçilebilir.

Nathanail (1993), tektonik hareketlerle aşırı deforme olan açık kömür kazı alanlarında yamaç tasarım parametrelerini sağlam kayanın mukavemeti, malzemenin özellikleri, süreksizlik varsa süreksizliğin özelliklerinin kontrol ettiğini belirtmiştir.

Açık Kömür Alanlarındaki Yamaç Şevlerinin Stabilitesi için Yayımlanan Pratik Kodlarda belirtildiği üzere, kazı alanlarda daha sonraki şev tasarımı için devamlı deformasyon ölçümü yapılarak en uygun tasarım yapılmalıdır (Anon 1990).

Bieniawski (1989) tüneller için geliştirdiği Kaya Kütle Oranı (RMR), Romana (1985) tarafından şevlerin tasarımında kullanılmak üzere değiştirilmiştir. Şev tasarımı için Romana dört etkiyi aşağıdaki gibi özetlemiştir.

- F_1 Süreksizlik doğrultusu ile yamaç arasındaki paralelliği yansıtmaktadır,
- F_2 Kayma türü düzlemindeki süreksizlik dalımını göstermektedir,
- F_3 Yamaç açısı ile süreksizlik dalımı arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır,
- F_4 Şevde yapılan kazı şeklini yansıtmaktadır.

Romana (1991), içinde yer yer ince şeylli ve siltli seviyeler içeren çamurtaşları, zayıf ve yer yer de oldukça bloklu çamurtaşları tabakalarından oluşan Üst Karbonifer yaşlı Etruria Marnları içinde 200 m. uzunluğunda ve 40 m. yüksekliğindeki bir şevde 5-8 m. yükseklikli kademelerle 45°-60° açılarla kesilerek oluşturulan yamacı incelemiş, üç düzenli bir sıradışı süreksizlik sistemi kontrolünde kayma oluşmuştur. Süreksizlik düzlemleri ve kesişim noktaları dikkate alındığında, süreksizliklerin konumu toptan yamaç stabilitesi üzerinde önemli etkisi vardır. Toptan stabilite analizleri için kaya kütlesi, Bianiawski (1974), Barton (1974), Hoek ve Brown (1980)'nın tariflediği gibi RMR ve Q sistemine göre sınıflandırılmalı ve analiz parametresi belirlenmelidir. Bu şevde kaya kütlesi RMR=32 Zayıf-Çok zayıf kaya; Q=0.27, olduğu bulunmuştur. Yamaçta dönel kayma karakteri görüldüğünden, Hoek ve Bray (1981)'in önerdikleri dönel kayma Çizelgeları kullanılarak kolaylıkla diğer kesimler için de mukavemet parametreleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu amaçla ayrıntılı jeoteknik çalışma kapsamında süreksizlik düzlemlerini de içeren bozulmamış büyük

blok numuneleri alınarak, kesme kutusu deneyi, küçük parçalara da nokta yükleme deneyi yaparak tasarım parametresi üretilmiştir.

NTF İnşaat Ltd. Şti.'ince 1999 da yaptırılan bir çalışmada Dalaman Çayı-Akköprü Baraj Dolusavak Yeri ve Kil Ocağı Yolunda Şev Stabilitesi kapsamında açılan şevlerin duraylılığı, şev üst kotlarında kazı ile birlikte çatlak gelişimi izlenerek, yapay şevler hangi açıya kadar hangi yükseklikte duraylı kaldığı belirlenip tasarıma katkı sağlanmıştır.

2. ZAYIF KAYA

2.1 Zayıf Kaya Tanımı

Zayıf kaya, en yaygın olarak zayıf ve yumuşak kaya şeklinde tariflenmektedir. Bazen bozuşmamış zemin de bu gruba dahil edilmektedir. Bazı yazarlar da zayıf kayayı, düşük mukavemetli kaya şeklinde nitelendirmektedirler. Çünkü sınıflandırmalarda mukavemet yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan zayıflık göreceli bir kavramdır. Bir kaya üzerine bir viyadük veya beton kemer yapıldığındaki davranışı ile aynı zemin üzerine iki katlı hafif bir bina oturtulduğunda ortaya koyacağı davranış aynı olmayacaktır. Bundan dolayı sınıflandırma mutlak olmalı ve dış etmenlerden etkilenmemelidir. Zayıf kaya, zayıf çimentolanmış yumuşak kaya olarak da tariflenmektedir. ISRM tarafından Tokyo'da organize edilen sempozyumda ''zayıf kaya'' yumuşak, parçalı ve ayrışmış gibi alt başlıklara ayrılarak tanımlamıştır.

Diğer bir önemli problem de zayıf kaya ile zemin arasındaki çizginin çizilmesidir. Rocha (1977), üzerinde çalıştığı bir çok kaya ve zemin örneği (kumlar, killer, çamurtaşı, şeyl, kireçtaşı, granit,şist...) deney sonuçlarını karşılaştırmıştır. Kohezyon ve tek eksenli basınç dayanımının en iyi zemin ve kaya ayıracı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmada içsel sürtünme açısı da çalışılmış fakat faydalı bir ayraç olarak görülmemiştir. Bu çalışmaya göre kohezyon > 0.3.0 MPa, tek eksenli basınç dayanımı > 2.0 MPa ise malzeme kaya olarak değerlendirilmektedir. 2.0 MPa' lık tek eksenli basınç dayanımı, ISRM'nin 1981 yılındaki Kaya Sınıflandırma Komisyonu tarafından Kayacın Geoteknik Tanımlanmasında alt sınır; 20.0 MPa'lık tek eksenli basınç dayanımı ise üst sınır olarak kabul edilmiştir. Alt ve üst sınır arasında 6.0 MPa'lık dayanım ise Çok Zayıf ve Zayıf kaya arasındaki ayraç sınırı olarak kabul edilmiştir. Elastisite modülüne göre zayıf kaya için 500-5000 MPa aralığı kabul edilmiştir. Zayıf kayalarda E_m (Elastisite modülü) 5000 MPa'in altına düştüğünde deformabilite kritik durum oluşturmaktadır.

Zayıf kayaları sınıflandırmanın bir diğer ölçütü de slaking (soyulma) dayanıklılık ve şişme deneyidir. Slaking deneyi, tekrarlı ıslatılma ve kuruma şartları altında kayanın içeriğindeki mineral dağılım düzeni ile ilgilidir. Şişme deneyi ise kayacın içerdiği minerallerin özelliği ile ilgilidir. Slaking ve şişme deneyleri sonucunda bazı orta (20-60 MPa) derece sağlam kayaların bile yeteri kadar sağlam olmadıkları ortaya çıkmaktadır. Marn, şeyl, ve marnlı kireçtaşı bu gruba giren kayalar olarak sayılabilir.

Zayıf kayalar için bir başka önemli ayraç da porozitedir. Zayıf kayalarda porozite ya ayrışmış minerallerin yıkanması sonucu ya da çimento malzemesinin erimesi ile oluşmaktadır. Porosite ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki ''yüksek poroziteli kayaçlar düşük basınç dayanımına'' sahiptir Dobereiner (1989).

Zayıf kayalar, kullanılan kriter limitlerden daha az mukavemet değerine sahip olmalarına rağmen, zayıflık olgusu kayanın içeriğinin değişimine bağlıdır. Bazı kayalar zayıftır. Çünkü bunlar hiçbir zaman sağlam olmamışlardır (örneğin genç tortul kayalar). Fakat buna karşın bazı zayıf kayalar ise orijinal mukavemet değerlerini kaybettikleri için zayıftır. Zayıflık sebebi her ne olursa olsun, kaya malzemesinin kaynağı bilinmese dahi bu malzemenin mukavemeti, yaygın olarak bağ (bonding) kavramı ile açıklanmaktadır.

2.2 Kayanın Zayıflama Nedenleri

Zayıf kayaların zayıflığı kendi doğası ve çevre koşullarından kaynaklanan etkenlere bağlı olarak oluşmaktadır.

Bu nedenle:

1. Kayayı oluşturan malzemeler arasındaki bağ zayıflığı,
2. Kayaç malzemesinin ayrışması,
3. Minerallerin erimesi, yıkanması ve hidrotermal etkiler, oluşan yeni mineraller ve boşluklar,
4. Tektonik olaylar sonucu oluşan kıvrımlanma, faylanma ve makaslama ile mukavemet kaybı olarak sayılabilir.

İlk iki konu kayanın malzeme, diğer ikisi ise kütle özellikleri ile ilgilidir. Yukarıdaki 1. ve 2. sebebin etkisi ile oluşan kaya grubuna çamurtaşı, silttaşı, şeyl, marn, tebeşir, kumtaşı, kalkaranit, şist ve fillat örnek olarak sayılabilir. 3. ve 4. etkisi ile oluşan kaya grubuna ise çok ayrışmış volkanik ve rezidüel zemin gibi davranan metamorfik kayalar örnek olarak verilebilir.

2.2.1 Mineral ve Çimentonun Ayrışma, Hidrotermal ve Volkanik Sokulumun Etkisi

Kalsitler, plagioklaslar, pirtler, mika gibi minerallerin mekanik özelliklerinin bozuşması ile zayıf kayaya dönüşmektedir. Bu tür kayalarda ayrışma ile birlikte porozite artmakta ve buna bağlı olarak kayanın mukavemeti azalmaktadır (Dobereiner 1990). Ayrıca tortul kayalarda

taneleri bir arada tutan kalsit, silis, kil, jips gibi çimento bağlayıcısı çeşitli nedenlerden dolayı yıkanmaktadır. Çimento bağlayıcısı yıkanan kayanın porozitesi artmakta, bununla birlikte mukavemet değeri düşerek, kaya zayıflamaktadır. Zaman zaman volkanik sokulumlarla birlikte yükselen yüksek sıcaklıklı eriyikler kaya ortamını etkilemekte ve ikincil minerallerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu ikincil mineraller genellikle killi veya suya hassas karakterli olmaktadır. Böylece hidrotermal etkilerle ana kaya bir şekilde başkalaşıma uğrayarak zayıflamaktadır.

2.2.2 Süreksizliklerin Etkisi

Bazı kaya şartlarını tanımlamak ve sayısallaştırmak oldukça zordur, çünkü tektonik olarak deforme olan yerlerde hem yapısal hem de litolojik değişimden dolayı kaya orijinal niteliklerini kaybetmiştir. Süreksizlikler, kayanın yapısal ve mineral özelliklerinin devamını engelleyen birer kesinti yüzeyleridir. Böyle olunca çok sık süreksizlikler içeren kayaların nitelikleri tüm kaya kütlesi içerisinde aynı değildir. Bu da kaya mukavemetini düşürmekte ve kaya zayıf olarak değerlendirilmektedir. Böyle kritik kaya ortamları için şev tasarımında jeoteknik parametre seçimi basit kırılma ve laboratuar deneylerine dayandırılmamalıdır (Hantz vd., 1986).

Tektonik olarak deforme olan kaya ortamlarında kazıdan önce kaya şartlarını ortaya koymak fazla isabetli olmamaktadır. Fazla deforme olan kesimlerdeki tasarımlar kazı ile birlikte revize edilmelidir. Ortam tektonik olarak aşırı deforme olmuşsa kaya mukavemeti her yerde aynıdır ve mukavemet değeri süreksizlik mukavemetinden büyük, kaya malzemesi mukavemetinden küçüktür (Hantz vd., 1986).

2.3 Kaya Ayraç Deneyleri

Kayanın sağlam veya zayıf olduğunun anlaşılması makro gözlemlerin yanında deneysel çalışmalarda yapılmalı ve elde edilen sonuçlar mutlaka birlikte değerlendirilmelidir.Zayıf kayalar üzerinde aşağıdaki çalışmalar ayraç deneyi olarak yapılabilir.

İndex Deneyler:

- Su içeriği
- Yoğunluk
- Gözeneklilik
- Nokta Yükleme

- Schmidt Çekici

Dayanıklılık Deneyleri:

- Şişme
- Aşınma Kaybı
- Kimyasal Deneyler:
- Sülfata Dayanım

Mekanik Deneyler (Tasarım Deneyleri) :

- Tek Eksenli Basınç
- Üç Eksenli Mukavemet ve Deformasyon
- Kesme Kutusu
- Konsolidasyon

Zayıf kayalar üzerinde yapılan odometre deney sonuçları genellikle sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Çünkü bağ elemanlarının diyajenez etkisi, konsolidasyon eğrisindeki aşırı konsolidasyon kırılma noktasını oldukça yüksek efektif gerilme seviyesine taşımaktadır.

Bir çok araştırmacının belirttiği gibi listelenen kaya kütlelerinin indeks nitelikleri ile mekanik davranışları arasında ilginç ilişkiler vardır. Tortul ve rezidüel kayaların porozitesi ve tek eksenli basınç dayanımı arasında bu ilişki dikkat çekicidir. Çok ayrışmış ve zayıf granitik kayalarda su absorpsiyonu ve tek eksenli basınç dayanımı arasında "kaya ne kadar su absorbe edip ileri derece ayrışmış ise o kadar düşük mukavemete sahip" ilişkisi vardır (Hamrol 1961). Zayıf kayalarda örnek alımı zorluğu nedeni ile kayanın gerçek niteliklerinin belirlenmesi için yerinde deneylerin (plaka yükleme , dilatometre, presiyometre gibi) yapılması daha güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Diğer taraftan zayıf kayaların (özellikle marn, kiltaşı, silttaşı gibi) mineral içeriği, şişme potansiyelini belirleyen en önemlidir etkendir.

2.4 Zayıf Kayaların Gruplandırılması

Zayıf kayalar kendi içinde üç alt başlık altında toplanabilir.

1. Ayrışma-bozuşma ve hidrotermal etkilerle oluşanlar,
2. Çökelim/oluşum koşulları etkisi ile oluşanlar,
3. Süreksizliklerin etkisi ile zayıflayan kayalar sayılabilir.

Ayrışma, bozuşma, dış etkiler, eriyikler (hidrotermal sıvılar) ve tektonik olayların etkisi ile kayada yeni nitelikler oluşmaktadır. Bu yeni nitelikler ana kayanın mineral yapısı, bağ dokusu ve yapısal özelliklerinde değişiklere sebep olmaktadır. Bunlara ayrışmış çamurtaşı, silttaşı, şeyl, marn, tebeşir, kumtaşı, kalkaranit, çok ayrışmış volkanik ve rezidüel zemin gibi davranan metamorfik kayalar ile şist ve fillat örnek olarak verilebilir.

2.5 Zayıf Kayalarda Örnek Alımı ve Karşılaşılan Zorluklar

Herhangi bir nedenle zayıflayan kayanın porozitesi artmakta, buna karşın kaya mukavemeti azalmaktadır (Dobereiner 1990). Bu tür kayalardan zaman zaman alışıla gelmiş yöntemlerle örnek alımı oldukça zordur (Lnec 1976). Örnek alımı zor olan kaya ortamında 86 mm.lik büyük çaplı çift veya üç tüplü karotiyer ve özel sıvılar kullanılarak örnek alımı yapılmalıdır Dobereiner ve Oliveira (1986). Bu çalışmalara karşın zaman zaman bu ve diğer nedenlerden dolayı yinede laboratuar için gerekli deney örneği alımı olanağı yoktur. Bundan dolayı ayrışma ve bozuşması yüksek kayalarda mukavemet parametrelerinin belirlenmesi yerinde deneyler (presiyometre, nokta yükleme v.b.) ve laboratuarda üç eksenli, tek eksenli, direk kesme ve diğer deneyler yapılarak, yamaç homojen ve izotropik kabul edilerek analiz parametreleri, arazi ve laboratuar sonuçları birlikte değerlendirilip, yorumlanarak üretilebilir.

2.6 Zayıf Kayalarda Sev Stabilitesi İçin Analiz Yaklaşımı

Şev duraylılık analizlerinin sağlıklı olabilmesi için analiz yaklaşımları aşağıda verilmektedir.

- Şekilsel yöntem analizi (Matheson 1983),
- Deterministik limit denge analizi (Janbu 1973, Bishop 1955, Hoek ve Bray 1981),
- Probabilistik limit denge analizi (Priest,Brown 1983, Nathanail,Rosenbaum 1991),
- Sayısal modelleme (Naylor ve diğerleri 1981),
- Limit denge geriye analizi (Hoek ve Bray 1981) olarak sayılabilir.

Tektonik olarak deforme olan kaya kütlelerindeki karışık jeolojiden dolayı stabilite analiz yöntemlerinin yetersizliği söz konusudur ve bu ortamlardaki stabilite analiz yöntemlerinde kısıtlamalar mevcuttur. Bu sorunlar aşağıdaki yaklaşımlarla aşılabilir.

- Yamaç kazı şevinde yatay ve düşey hareketleri izlemek için gözlem noktaları oluşturup, kayma-zaman ilişkisi izlenerek, şev yüksekliği ve şev açısı arasında ilişki kurularak,

- Şev yüksekliği ve şev açısı arasındaki açı ilişkisini kurmak,
- Şev stabilite analizlerinde kaya kütle sınıflamasının kullanılmasını dikkate almak

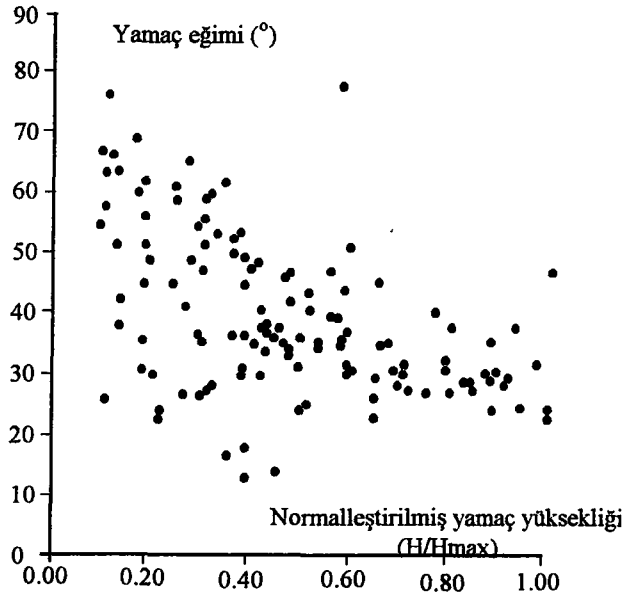
Göçen yamaçlarda hareket tipi ve kayma geometrisi tanımlanır ve problem iyi modellenirse limit denge şartları kullanılarak geriye analizler yardımı ile benzer yamaçlar için çok sağlıklı parametreler elde edilebilir. Fakat göçmemiş yamaçlarda veya kayma şartları iyi tanımlanmamış şevlerde şev yüksekliği ve şev açısı arasında kurulan ilişki faydalı bilgi vermektedir (Hoek ve Bray 1981).

Şev yüksekliği ve şev açısı arasındaki bu yaklaşımın avantajları aşağıda sıralanmaktadır.

1. Kayma şeklini bilmek önemli değildir,
2. Farklı yükseklikler deki yamaç çalışmalarıyla ölçek etkileri modellenebilir,
3. Doğal ve yapay yamaçlar çok ucuz bilgi kaynağıdırlar,
4. Etkiyen bütün etkenler bilinmese dahi analiz çalışması yapılabilir.

2.7 Yamaç Yüksekliği ve Şev Açısı Arasındaki İlişki

İyi oluşturulan geriye analiz, tektonik olarak deforme olmuş kaya kütleleri için en uygun yöntem olacaktır. Şekil 2.1 de duraylı şev yükseklikleri ile şev açıları arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Verilen bir şev yüksekliği için gereken şev açısı Şekil 2.1'de açıkça görülmektedir.



Şekil 2.1 Yapısal olarak homojen olmayan yerlerde mevcut yamaç açısı ile yamaç yüksekliği arasındaki ilişki (Nathanail, 1990)

2.8 Zayıf Kayalarda Stabilite Etkin Parametresinin Belirlenmesi

Eğer kaya masif, yani süreksizlik devamlılığı az (5-30cm.) ve süreksizlik aralığı kapalı, mukavemet dayanımı, zayıf kaya kriterleri içinde kalıyorsa, böyle ortamlarda stabilite çalışmaları kayma düzlemi dairesel kabul edilerek analiz yapılmalıdır. Burada analiz yöntemi olarak alışılmış zemin mekaniği kuralları uygulanabilir.

Yatay tabakalı, kırıntılı genç çökel kayalar, taşlaşma evresini tam tamamlayamadığı için porozitesi fazla ve çimentolanmanın zayıf bağlı olmasından dolayı mukavemet değerleri düşüktür. Bundan ötürü da üstte anlatıldığı gibi tasarım parametreleri kayma yüzeyi dairesel veya dairesele yakın kabul edilebilir. Bir yamaçta kazı yapılmadan önce kaya şartlarını tanımlamak ve sayısallaştırmak oldukça zordur. Tektonik olarak deforme olan yerlerde hem yapısal hem de litolojik kargaşadan dolayı daha da zordur (Roberts ve James 1986, Nathanail vd., 1989). Böyle kritik yerlerdeki şevlerin ayrıntılı tasarımı için jeoteknik parametre seçimi basit kırılmalara ve labortuvar deneylerine dayandırılmamalıdır (Hantz vd., 1986).

Arıca Hantz vd. (1986) göre ortamda bir süreksizlik varsa kayma düzlemsel, birden fazla süreksizlik var ise kayma süreksizlik grupları ile kontrol edilmektedir. Eğer ortam çok sık çatlaklı, çatlaklar düzensiz, hakim süreksizlik şev içine doğru ve kaya kütlesi homojen değilse potansiyel kayma yüzeyini ve tipini belirlemek oldukça zordur.

Tektonik olarak deforme olan kaya ortamlarında kazıdan önce kaya şartlarını ortaya koymak fazla isabetli olmamaktadır. Fazla deforme olan kesimlerdeki tasarımlar kazı ile birlikte revize edilmelidir (Nathanail vd.,1989). Ortam tektonik olarak aşırı deforme olmuşsa kaya mukavemeti her yerde aynıdır ve mukavemet değeri süreksizlik mukavemetinden büyük, malzeme mukavemetinden küçüktür (Hantz vd.,1986).

Birçok kaya, oluşum koşullarından dolayı süreksizlik içermektedir. Süreksizliğin uzanımı, sıklığı, dolgu malzemesi niteliği ve niceliği ile süreksizliklerin özelliği kaya mukavemeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Süreksizlik etkisi ile kaya davranışı değişiyorsa, kaya mukavemetine süreksizliklerin etkisi yansıtılmalıdır. Süreksizlik iki veya ikiden fazla ve çok sık, devamlı ise kaya ortamı izotropik ve homojen kabul edilebilir. Bu gibi çok sık çatlaklı kaya ortamlarında kayma modeli dairesel olarak varsayılabilir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İleri derecede süreksizliklerle parçalanmış kayalarda laboratuar için örnek alım olanağı yoktur veya alınan örnekler tüm kaya ortamını yansıtmakta yetersiz kalmaktadır. Bu tür kaya ortamlarında non-lineer Hoek-Brown kırılma kriteri kullanımı sağlıklı sonuçlar vermektedir. Bilindiği üzere Hoek-Brown non-lineer kırılma kriteri, kaya ortamının tasarım değiştirgelerinin hesaplanmasında ortamın jeomekanik özelliklerini de hesaba katmaktadır ve böylece süreksizliklerin etkisi tasarıma yansıtılmaktadır. Tasarım değiştirgelerine içinde tüm kaya koşulları yansıtılmış ve analizler daha gerçeğe yakın olduğundan daha güvenli bir çalışma olarak değerlendirilmelidir. Masif yapılı zayıf kayada şev stabilitesini etkileyen etkin değiştirgesinin belirlenmesi, laboratuar deneyleri, şev yüksekliği, YASS, ayrışma derecesi gibi unsurlar birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir.

2.8.1 Hoek-Brown Kırılma Kriteri

Konuya ilişkin yapılan çalışmalarda düşük yanal gerilme σ_3 veya düşük normal gerilme (200 kPa > σ_n) ile elde edilen Mohr-Coloumb lineer kırılma eğrisinden hesaplanan güvenlik sayısı, gerçek güvenlik sayısından daha büyük olduğu görülmüştür. Buda yamaç için gerçek güvenlik sayısını temsil etmemektedir. Bunun yerine kaya şartlarını tasarım parametresi hesaplamalarına yansıtan Hoek-Brown Non-lineer kırılma kriteri kullanılmalıdır. Hoek-Brown yaklaşımı özellikle süreksizlik etkisi ile zayıflayan kaya kütlelerinde daha güvenle kullanılabilir. Kaya ortamları için genelleştirilmiş Hoek-Brown non-lineer kırılma kriterini aşağıdaki eşitlik ile tanımlanmaktadır.

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}'} + s \right)^a \qquad (2.1)$$

σ'_1 : Düşey efektif asal gerilme,

σ'_3 : Yanal efektif asal gerilme,

σ_{ci} :Sağlam kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımı,

m_b,a,s :Kaya kütlesinin içeriği, yüzey koşulları ve yapısal durumuna bağlı Hoek-Brown sabiti,

Arazi şartlarını olabildiğince yansıtacak şekilde planlanan çalışmalar, 'denklem 2.1' kullanılarak oluşturulan bir seri üç eksenli basınç dayanımı testleri ve istatistiksel çalışmalarla elde edilen Mohr Zarfi eğrisi, denklem 2.2 ile tariflenen Mohr Zarfi eğrisi ile çok uyumludur.

Böylece kayma mukavemeti, denklem 2.2 ile oluşturulan Hoek-Brown non-lineer kırılma zarfi ile tariflenmektedir.

$$\tau = A\sigma_{ci}\left(\frac{\sigma_n^{'} - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}}\right)^B \qquad (2.2)$$

A ve B : Hoek-Brown malzeme sabiti

σ_{tm} : Kaya kütlesinin çekme gerilmesi

Kaya kütlesinin çekme mukavemeti denklem 2.3 ile hesaplanabilir.

$$\sigma_{tm} = \frac{\sigma_{ci}}{2}\left(m_b - \sqrt{m_b^2 + 4s}\right) \qquad (2.3)$$

Zayıf kaya ortamı için bir seri üç eksenli, tek eksenli basınç dayanım (σ_{ci}) deneyi, sağlam kaya için Hoek-Brown sabiti (m_i) ve jeolojik dayanım indeksinin (GSI) bilinmesi halinde Hoek-Brown kırılma kriteri kolaylıkla uygulanabilir.

Diğer taraftan laboratuarda elde edilen üç eksenli dayanım sonuçları yanında σ_{ci}, m_i ve GSI tespit edilip, denklem 2.1 aşağıdaki gibi sadeleştirilebilir.

$$y = m\ \sigma_{ci}\ x + s\,\sigma_{ci} \qquad (2.4)$$

Burada $x = \sigma_3^{'}$, $y = \left(\sigma_1^{'} - \sigma_3^{'}\right)^2$ (2.4.1)

$$\sigma_{ci}^2 = \frac{\sum y}{n}\left(\frac{\sum xy - \left(\sum x * \sum y / n\right)}{\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2 / n}\right)\frac{\sum x}{n} \qquad (2.5)$$

$$m_i = \frac{1}{\sigma_{ci}}\left(\frac{\sum xy - \left(\sum x * \sum y / n\right)}{\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2 / n}\right) \qquad (2.6)$$

n: Yapılan deney sayısı

$$r^2 = \frac{\left(\sum xy - \left(\sum x * \sum y / n\right)\right)}{\left(\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2 / n\right)\left(\sum y^2 - \left(\sum y\right)^2 / n\right)} \qquad (2.7)$$

Çalışmalarda laboratuar deneyi yapma imkanı yok veya laboratuar deney sonuçları çalışılan alanı temsil etmekte yetersiz ise Ek 4.1 ve Ek 4.2'deki bilgiler kullanılarak (Hoek, 1997) kaya kütlesinin m_i ve σ_{ci} değerleri belirlenebilir.

Hoek, Kaiser ve Bawden (1995) bir çalışma da arazinin gerçek jeolojik koşullarını yansıtan GSI'ni oluşturulmasını önermektedirler. GSI'nin tespit edilmesi ile ilgili olarak gerekli bilgi ve tariflemeler Ek 4.3 ve Ek 4.4 de sunulmaktadır. Arazide elde edilen veriler Ek 4.3 ve Ek 4.4 form kıstasları ile karşılaştırılarak kaya kütlesinin GSI değeri belirlenir.

Kaya koşullarının hesaplamalara yansıtılmasında aşağıdaki 2.8 nolu denklem çok önem taşımaktadır, çünkü kayacın ayrışma-bozuşma, tektonik olaylar sonucu geçirdiği zayıflamalar hesaplara katılmaktadır.

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right) \qquad (2.8)$$

Zayıf kayalar için GSI < 25 koşulu dikkate alınmalıdır (Hoek 1997). Kaya ortamının GSI < 25 durumunda kaya kütlesinin karakterine bağlı sabitler s ve a'nın değeri:

$$s = 0, \quad a = 0.65 - \frac{GSI}{200} \qquad (2.9)$$

formülü ile hesaplanabilir. Diğer taraftan GSI'nın belirlenmesi zor olması durumunda

$$GSI = RMR\ (\text{Bieniawski } 1989) - 5 \qquad (2.10)$$

ilişkisinden yararlanılabilir, fakat RMR hesaplamalarında YAS koşulları –15 olarak alınıp, RMR toplamına yansıtılmalıdır. Bazı durumlarda arazi çalışmalarından çoğu zaman çeşitli sebeplerden dolayı yeterli veri elde edilememektedir. Bu durumlarda, yani laboratuar için yeterli ve gerekli numune alınamadığı durumlarda yapılması gereken iş, öncelikle çok iyi bir arazi çalışması yapılmalı sonra yapılan sondaj karotları, ayrışma ve bozuşma durumu incelenerek bir GSI değeri belirlenmelidir (Hoek 1997).

Normal ve makaslama mukavemeti arasındaki ilişki Balmer (1952)'e göre zayıf kayaların (GSI< 25 ve a = 0.5 alınarak) için:

Normal gerilme $$\sigma_n' = \sigma_3' + \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2 + am_b^a \left(\frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}}\right)^{a-1}} \quad (2.11)$$

Makaslama gerilmesi $$\tau = \left(\sigma_1' - \sigma_3'\right)\sqrt{1 + am_b^a \left(\frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}'}\right)^{a-1}} \quad (2.12)$$

Çekme gerilmesi $$\sigma_{tm} = \frac{\sigma_{ci}}{2}\left(m_b - \sqrt{m_b^2 + 4s}\right) \quad (2.13)$$

2.2 nolu denklem $$Y = \log A + B X \quad (2.14)$$

olarak yazılabilir. X ve Y'nin değerleri aşağıdaki denklemlerle bulunur.

$$Y = \log\left(\frac{\tau}{\sigma_{ci}}\right), \qquad X = \log\left(\frac{\sigma_n' - \sigma t_{tm}}{\sigma_{ci}}\right) \quad (2.15)$$

Formül 2.13 ile hesaplanan çekme gerilmesi değeri ile formül 2.11 ve 2.12 ile hesaplanan normal ve makaslama gerilme değerleri kullanılarak A ve B'nin değeri lineer regrasyon analizi yapılarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$B = \frac{\sum XY - \left(\sum X * \sum Y\right)/n}{\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2/n} \quad (2.16)$$

$$A = 10^{\left(\left(\sum Y\right)/n - B\left(\sum X\right)/n\right)} \quad (2.17)$$

Denklem 2.2 ile tariflenen Mohr Zarfı üzerinde verilen her hangi bir normal gerilme için anlık içsel sürtünme açı denklem 2.18; anlık kohezyon değeri ise denklem 2.19 ile bulunabilir.

$$Ø_i' = \arctan\left(AB\left(\frac{\sigma_{ni}' - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}}\right)^{B-1}\right) \quad (2.18)$$

$$C'_i = \tau_i - \sigma'_{ni} \tan\phi'_i \qquad (2.19)$$

σ_{ni} : Kaya kütlesinin anlık tek eksenli basınç dayanımı

C'_i : Kaya kütlesinin anlık kohezyonu

τ_i : Kaya kütlesinin anlık kesme mukavemeti

Yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan asal gerilmeler arasındaki eğim 'k' değeri aşağıdaki denklem ile bulunabilir.

$$k = \frac{\sum \sigma_1 \sigma_3 - \sum \sigma_1 \sum \sigma_3 / n}{\sum \sigma_3^2 - \left(\sum \sigma_3\right)^2 / n} \qquad (2.20)$$

n: Yapılan deney sayısıdır.

Hesaplanan k değeri Mohr-Coloumb kırılma kriteri denklem 2.22 ve 2.23 kullanılarak kaya kütlesinin kohezyon ve içsel sürtünme açıları bulunabilir. σ_{cm} kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımı hesaplanan asal gerilmelerin ortalaması alınarak bulunabilir.

Yapılan çalışmalar 2.22, 2.23 nolu denklemlerle elde edilen değerler gerçek değerlerin yaklaşık % 25 daha fazlasını ifade ettiğini göstermiştir. Bundan dolayı elde edilen bu değerler % 25 azaltılarak tasarım için kullanılabilir.

2.8.2 Mohr-Coloumb Lineer Kırılma Kriteri Yaklaşımı

Bir çok bilgisayar programında kayaların Mohr-Coloumb kırılma kriteri, kohezyon C' ve içsel sürtünme açısı $Ø'$ ile tariflenmektedir. Burada büyük σ'_1 ve küçük asal σ'_3 gerilmeler arasındaki ilişi lineerdir (Şekil 2.2).

$$\sigma'_1 = \sigma_{cm} + k\,\sigma'_3 \qquad (2.21)$$

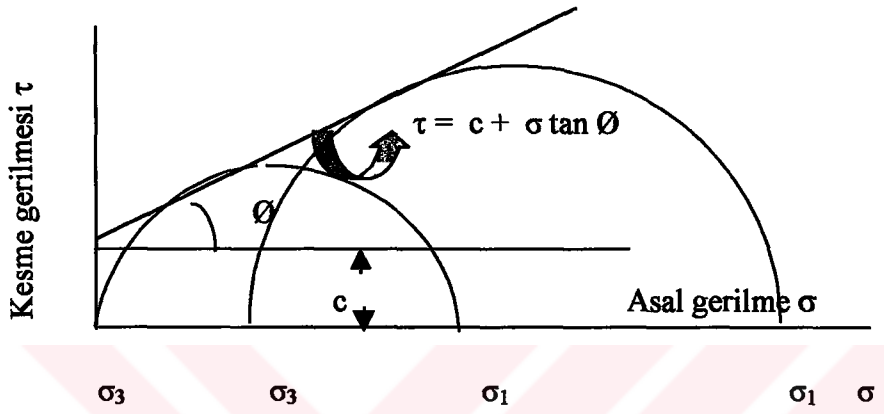
σ_{cm} : Kaya kütlesinin tek eksenli basınç dayanımı

Üç eksenli basınç dayanımı ile elde edilen çalışmada içsel sürtünme ve kohezyon değerleri nin bulunması

$$\sin Ø' = \frac{k-1}{k+1} \qquad (2.22)$$

$$c' = \sigma_{cm} \frac{(1 - \sin\phi')}{2\cos\phi'} \tag{2.23}$$

Mohr-Coloumb lineer kırılma kriteri ile denklem 2.4'daki Hoek-Brown kırılma kriteri arasında direkt bir ilişki kurulamamıştır. Bu yaklaşım hem sağlam hem de çatlaklı kayalar ve zeminler için kullanılmakta olup kayaların kütle özellikleri hesaplamalara yansıtmamaktadır.



Şekil 2.2 Mohr-Coloumb kesme ve basınç dayanım ilişkisi

Bu çalışmada malzemenin C' ve Ø' si bulunabilir. Fakat bu değere eklem, çatlak ve diğer süreksizliklerin etkileri yansıtılamaması önemli bir eksikliktir. Bu konuda eksikliğin giderilmesi için Hoek-Brown non-lineer kırılma kriteri dahilinde bir seri üç eksenli ve tek eksenli mukavemet deneyi sonuçları kullanarak C' ve Ø' değerleri bulunabilir.

2.8.3 Yamaç Şev Tasarımı Etkin Parametresi İçin Geriye Analiz Yaklaşım Ölçütleri

- Kayma öncesi ve kayma sonrası yamaç geometrisi (G),
- Gerilme çatlaklarının yeri,
- Kayma anında kayma yüzeyindeki (F= 0.99) limit denge koşulları,
- Kayma mekanizması,
- Yamaçtaki yer altı su seviyesi (YASS) veya boşluk suyu basıncı (r_u)

2.8.3.1 Geriye Analiz Sonuçlarının Genel Varsayımları

1. Alışıla gelmiş geriye analiz ile bulunan C ve Ø değerleri, diğer parametrelerin bilinmesi veya varsayımına dayanmaktadır.

2. Limit denge yamaç duraylılık analizinde güvenlik sayısı bir fonksiyon olarak belirlenir F= f (c, Ø, u, G).
3. Yamaç geometrisi en düşük güvenlik sayısı (F) kaymış yüzeydir.
4. Kaymış yamaçtaki güvenlik sayısı F = 0.99 kabul edilebilir.

Eğer yamaçta kayma olmuş veya tasarlanan yamacın kritik dengede olduğu kabul edilirse duraylılığı etkiyen kaya değiştirgeleri, geriye analiz yapılarak burada bulunabilir.

Geriye analiz çalışmasında yamaç geometrisi bilinmekte veya bilindiği varsayılmaktadır. Diğer taraftan YASS ise geometri gibi biliniyor olmalı veya konumu varsayılmalıdır.

Eğer G ve YASS biliniyor ise C- Ø ikilisi F = 0.99 sağlayıncaya kadar denenir. G biliniyor ve YASS bilinmiyor ise farklı YASS değerlerinde C- Ø ikilisinin kullanılarak uygun analiz yöntemi ile F = 0.99 sağlayıncaya kadar denenir ve kayma durumundaki yeraltısuyu konumu tahmin edilir.

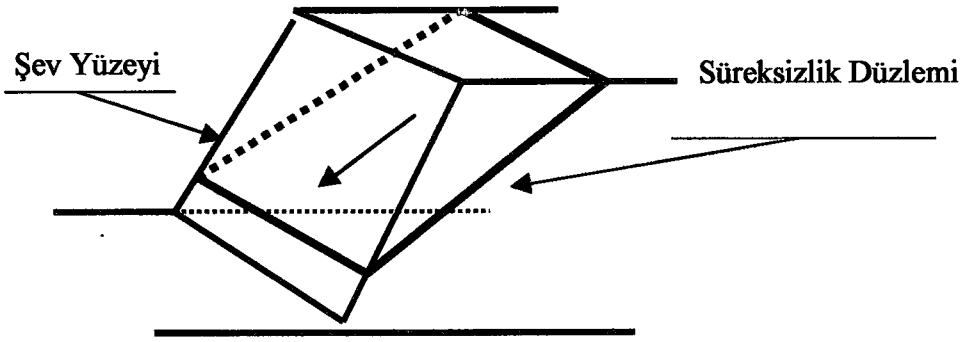
2.8.4 Süreksizliğin Kontrolündeki Yamaçlarda Tasarım Parametresinin Belirlenmesi

Bir yerde kaya şev çalışması yapılırken, kaya şev stabilite teorilerinin yanında o yörenin daha önce oluşturulmuş kaya kütlelerinin şev durumları dikkate alınmalıdır. Eklem yönelimi, devamlılığı, açıklığı ve sıklığı arasındaki ilişki şev duraylılığı ve kaya kütle mukavemetini etkileyen en önemli faktörlerdir. Zayıflık zonları genellikle çatlaklar boyunca oluşmakta olup doğrudan eklem devamlılığı ve blok boyutu ile ilgilidir. Kaya şevleri oluşturulurken arazinin jeolojik şartları, tasarım için oldukça önemlidir ve ayrıca bu çalışmada süreksizlik koşulları iyi aydınlatılmalıdır.

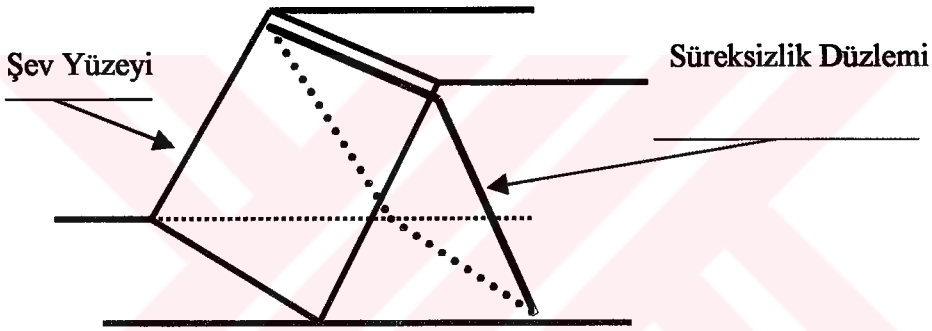
Mühendislik jeolojisi harita çalışmalarında derlenen veriler her çalışma noktası için Hoek ve Bray (1981)'de tariflendiği gibi streografik projeksiyon üzerine süreksizliklerin kutup noktaları işlenmeli; tabaka, eklem yoğunlaşması belirlenmeli ve bu yoğunlaşmaların temsil edildiği dip/dip eğimi ölçülmelidir. Bu süreksiz grupları ile şev arasında düzlemsel, kama tipi kayma veya devrilme olma durumu aydınlatılmalıdır. Süreksizliğin konumunun yamaç stabilitesi üzerinde çok önemli fonksiyona sahip olduğu bilinmektedir. Süreksizlik yamaç dışarı ise süreksizlik boyunca kayma ihtimali vardır (Şekil 2.3); süreksizlik yamaç içine ise o zaman süreksizlikten kaynaklanan kayma söz konusu değildir (Şekil 2.4).

Zayıf veya sağlam kaya olması, Şekil 2.4'deki yamaç konumu için stabilite üzerinde fazla bir etkisi yoktur. Çünkü yamaç stabilitesi, süreksizlik düzleminin devamlılığı, pürüzlülük

durumu, açıklığı, dolgu malzemesinin niceliği, niteliği ve yamaç doğrultusu ile süreksizlik düzlemi arasındaki açı gibi faktörlere bağlıdır.



Şekil 2. 3 Yamaç dışarı süreksizlik konumunun stabiliteye olumsuz etkisi



Şekil 2.4 Yamaç içeri süreksizlik konumunun stabiliteye olumlu etkisi

Bilindiği üzere eklem sürtünme açısı, dolgu kilinin kalınlığı ile ters orantılıdır ancak kilin kalınlığı 3mm veya göreceli kalınlık 2-2.5 arasında olduğu zaman açı sabit kalmaktadır. Eklem sürtünme açısı, dolgu kilin kalınlığı aynı kalsa, hatta 3mm den daha fazla olsa dahi hızla 21°' den 14°'ye düşebilmektedir (Cook, 1977). Buna karşın sürtünme açısı, eklem ondülasyonu ile artmaktadır. Eklem kohezyonu 0.01-0.11 MPa arasında değişmekte ve bu mukavemetin dolgu kili ile de herhangi bir ilişkisi belirlenememektedir. Ayrıca eklem mukavemeti, dolgu kilinin kalınlığı, yoğunluğu, su içeriği, tane boyutu, mineral cinsi ve diğer etkilere bağlıdır. Bir çok araştırmacının yaptığı deneylere göre pürüzlülüğün mekanik etkileri kil kalınlığı ile ilgili değildir ve pürüzlülük belli bir değere ulaşınca, makaslama düzlemi kili rasgele kesmektedir. Bu da göstermektedir ki pürüzlülük, kırılma düzlemini kontrol eden en önemli faktör olduğunu göstermektedir. Öyle olunca süreksizlik mukavemet değerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Çünkü yamaç duraylılığı kontrol eden süreksizliğin (fay, eklem, tektonik kırılma, eklem, tabaka, iki farklı birim arasındaki ince kil bandı gibi)

doğrultu / dalım açısı, açıklığı, pürüzlülük durumu, ondülasyonu, dolgu malzemesinin niteliği ve niceliği belirlenmelidir.

2.8.4.1 Düzlemsel Süreksizlik Yüzeyinde Kesme Mukavemetin Belirlenmesi

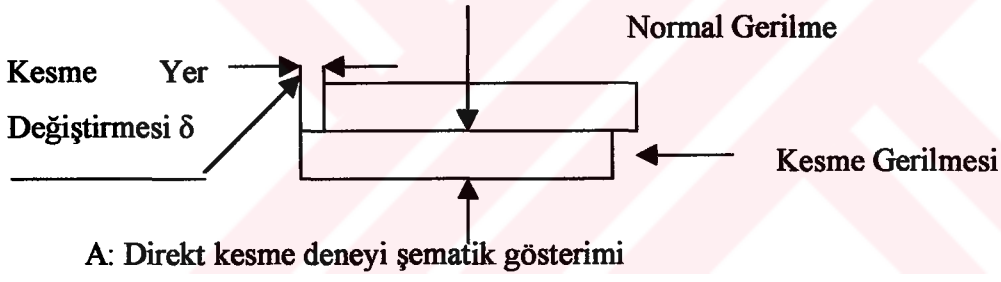
Genellikle tabaka ve tektonik hareketlenme sonucu oluşan süreksizlikler düz ve ondülasyonsundur. Böyle bir süreksizlik düzleminden alınan örnek üzerinde yapılacak direkt kesme deneyi, süreksizlik düzleminin pik kesme mukavemeti ile normal gerilme değerleri

$$\tau_p = c + \sigma_n \tan Ø \qquad (2.24)$$

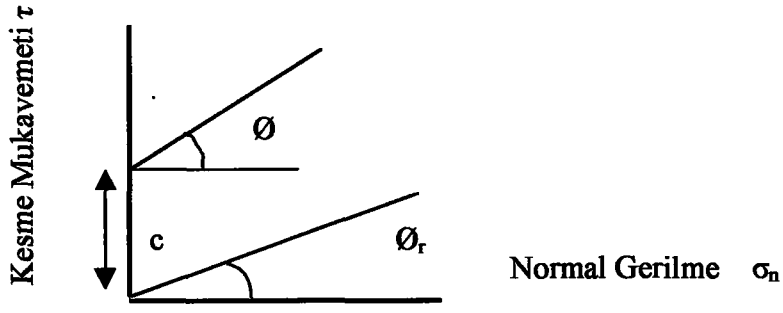
formülü ile hesaplanabilir. Aynı deney düşey yük altında kesme tekrarlanarak artık kesme mukavemet değeri

$$\tau_r = \sigma_n \tan Ø_r \qquad (2.25)$$

formülü ile hesaplanabilir.



A: Direkt kesme deneyi şematik gösterimi



B: Normal ve kesme gerilmesi arasındaki ilişki

Şekil 2.5 Kesme deneyi A, normal ve kesme gerilmesi arasındaki ilişki B

Süreksizlik düzlemi boyunca bir artık temel yada asal sürtünme açısı ($Ø_b$) bulunmakta ve yaklaşık artık içsel sürtünme açısına eşittir (Hoek 1997). Bu temel açı genellikle zig-zaklı süreksizlik yüzeylerinden ölçülmektedir. O zaman süreksizlik mukavemet değeri:

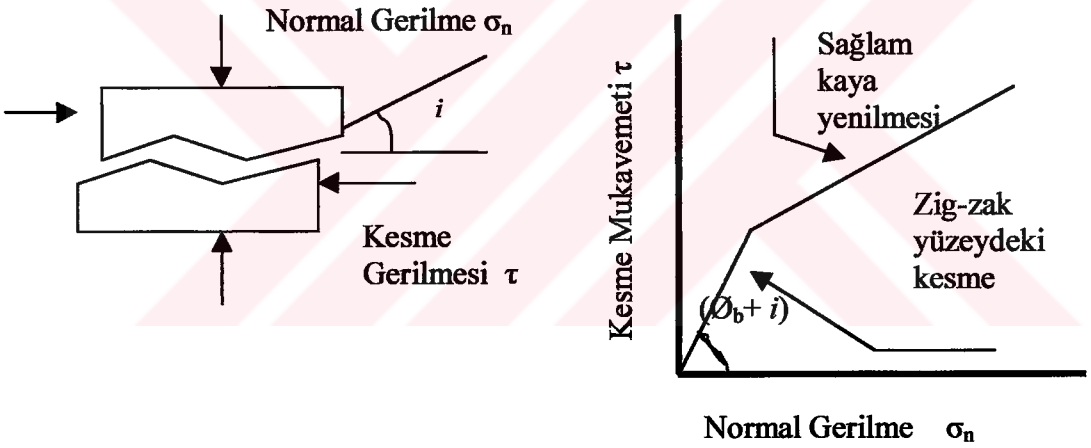
$$\tau_r = \sigma_n \tan Ø_b \qquad (2.26)$$

formülü ile bulunabilir.

2.8.4.2 Pürüzlü Süreksizliklerin Kesme Mukavemetinin Belirlenmesi

Doğada çekme gerilmesi altında oluşan süreksizliklerin yüzeyleri genellikle pürüzlü ve ondülelidir, çünkü çekme kuvveti altında süreksizlik yüzeyleri (duvarları) arasında genellikle bir sürtünme meydana gelmemektedir. Bundan dolayı duvarlar pürüzlü ve ondüleli yapılarını korumaktadır. Böyle pürüzlü yüzeyler üzerinde kesme mukavemeti oldukça yüksektir.

Pürüzlü süreksizlik düzlemlerini araştıran Patton (1966), testere dişleri gibi süreksizlikler kullanarak süreksizlik düzlemine özgü sürtünme açısının yanında bir de zig-zaklıktan gelen eğim (Şekil 2.6) açısı da dikkate alarak kesme mukavemetini şu şekilde formüle etmiştir.



Şekil 2.6 Testere dişli süreksizlikler üzerindeki kesme mukavemet deneyi (Patton, 1966)

$$\tau = \sigma_n \tan (Ø_b + i) \qquad (2.27)$$

$Ø_b$: Sağlam kayanın temel sürtünme açısı

i : Ondülasyon açısı

Bu çalışma düşük normal gerilmeler altındaki kesme mukavemetleri için geçerli olabilir. Fakat yüksek normal gerilme altında süreksizlik yüzeyindeki zig-zaklar yenildiği için Barton ve arkadaşları (1973, 1976, 1977, 1990) doğal kaya eklemleri üzerinde çalışma yaparak, formül 2.27'ye süreksizlik pürüzlülük katsayısını ve süreksizlik (duvar) yüzeylerinin basınç mukavemet değerlerini de yansıtacak şekilde ilaveler yaparak, aşağıdaki denklemi oluşturmuşlardır.

$$\tau = \sigma_n \tan (Ø_b + JRC \log (JRS / \sigma_n) \quad (2.28)$$

JRC : Eklem pürüzlülük katsayısı

JRS : Eklem pürüzlülük dayanımı

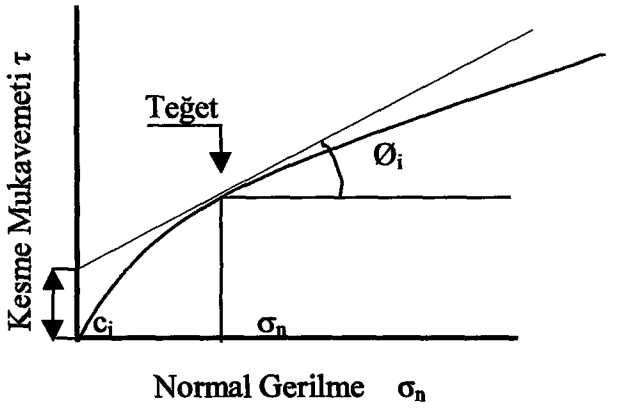
JRC, arazide belirlenebilmesi için Barton ve Choubey (1977) tarafından süreksizliğin özelliğine bağlı standart formlar yayınlanmıştır (Ek 5 ve Ek 6) . Diğer taraftan JCS değerinin arazide tahmin edilebilmesi için ISRM'ce (Uluslar arası Kaya Mekaniği Topluluğu, 1978) kabul edilen ve Deer ve Miller (1966) tarafından süreksizlik yüzeyinde Schmidt çekici sertlik ölçütleri kullanılarak bir çalışma yayımlanmıştır (Ek 5).

2.8.4.3 Dolgulu Süreksiz Düzlemlerinin Kesme Mukavemetlerinin Belirlenmesi

Süreksizliklerin karşılıklı yüzeyleri bir biri ile tam temasta değil veya yumuşak dolgu malzemesi girmesi durumunda kesme mukavemeti önemli derecede düşmektedir. Tortul kayaçları düz süreksizliklerinin çok ince dolgu ile dolması veya ondüleli bir süreksizlikte dolgu kalınlığı ondülasyon kalınlığından kalın olması durumunda kesme mukavemeti, dolgu malzemesinin mukavemetine düşmektedir. Bu durumlarda en güvenli veri, süreksizlik düzlemi üzerinde kesme deneyleri yaparak sağlanabilir

2.8.4.4 Süreksizlik Düzlemlerinde Normal Gerilme İçin Anlık Kohezyon ve Sürtünme Açısı

İlk çalışmalarda Mohr-Coulomb'un C ve Ø arasındaki lineer ilişki denklem 2.24 ile tanımlanmıştır. Daha sonraki çalışmalarda bu ilişkiyi non-lineer eğrinin daha iyi temsil ettiği Barton (1973) tarafından ileri sürülmüştür. Şekil 2.7 de gösterildiği üzere verilen normal gerilme σ_n anlık kohezyon c_i ve anlık sürtünme açısı $Ø_i$ şematik olarak tariflenmektedir. Eğer normal gerilme teğet noktasındaki normal gerilmeye yakın değerde ise edilen anlık kohezyon ve anlık sürtünme açısı Mohr-Coulobm formülü kullanılarak analiz yapılabilir.



Şekil 2.7 Non-lineer kırılmada anlık kohezyon ve içsel sürtünme açısı

Anlık sürtünme açısı

$$Ø_i = \tan\left(Ø_b + JRC \log\left(JRS / \sigma_n \right) - \frac{\pi JRC}{180 \ln 10}\left[\tan^2\left(JRC \log\frac{JCS}{\sigma_n} + \phi_b\right) + 1\right]\right. \qquad (2.29)$$

İle bulunabilir.

Anlık kohezyon ise

$$c_i = \tau - \sigma_n \tan Ø_i \qquad (2.30)$$

ile hesaplanır.

Pratik uygulamalarda süreksizliğin ortalama normal gerilmesi belirlenmeli ve bu değere en yakın kohezyon ve sürtünme açısı analizlerde kullanılmalıdır.

Tektonik faaliyetler kayaların zayıflamasında önemli bir unsurdur. Kıvrımlanma sonucu kaya içinde makaslama ve ezilmeler oluşmakta yeni mikro çatlaklar meydana gelmekte, bu da kaya malzemesini zayıflatmaktadır. Tektonik olayların şiddetine bağlı olarak kayacın mekanik davranışı azalmakta ve hatta kaya daha çok rezidüel bir zemin gibi davranmaktadır. Aynı şekilde faylanma da kayaçların mukavemetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu tür zayıf kayaçlardan laboratuar için örnek alımında özellikle çok heterojen ve zayıf çimentolu aranitik kayaçlarda oldukça zorluklarla karşılaşılmaktadır (Lnec 1976). Örnek alımı için bilinen sondaj makinelerinde çapı 86 mm.'den büyük, çift veya üç tüplü karotiyer, köpük/temiz su kullanılarak alınabilir (Dobereiner ve Oliveira 1986). Çoğu kez büyük tüp kullanılmasına karşın örnekleme noktasının derinde ve kaya kütlesinin heterojen olmasından dolayı istenen başarı sağlanamamaktadır

Kayma, ayrışmış ve bozuşmuş zayıf kayalarda (yatay tabakalı zayıf, yerinde ayrışmış ve çok sık çatlaklı) çoğunlukla dairesel veya dairesele yakın bir düzlem üzerinde oluşmaktadır. Yatay tabakalı, yerinde ayrışmış ve çok sık çatlaklı zayıf kayalarda kayma analizi, kayma dairesel kabul edilerek yapılacak çalışmalar daha sağlıklı oluşmaktadır.

Öncelikle stabilitesi incelenecek yamacı oluşturan kaya ortamının tanımlanması gerekmektedir. Yani yamaç kayası ISRM'ye göre zayıf veya sağlam olduğuna karar verilmelidir.

Daha sonra bu kaya ortamının doğal yamaç geometrisi belirlenmeli ve tasarım için düşünülen yamaç geometrisi ortaya konulmalıdır. Bu genel çalışmadan sonra kayacın mekanik özelliklerini (poison oranı, elastisite, kohezyon, içsel sürtünme açısı, birim hacim ağırlığı) belirlemek için gerekli deneyler yapılmalıdır.

3.ÖZGÜN ÇALIŞMA

3.1 Giriş

Bu çalışmada birisi Karadeniz Sahil Devlet Yolu İyileştirme Projesi kapsamındaki Giresun-Espiye (Km:0+000-24+576.14) arasında yapımı devam eden Uluburun Tünel Giriş heyelanı, diğeri ise henüz tünel yapım çalışması başlamamış Kavak- Merzifon-Çorum Yolu (Kavak-Merzifon Arası) Tünel-1 Tüneli Girişi örnek olarak araştırılmıştır. Yamaç stabilitesini etkileyen etkin kaya parametresinin belirlenmesi, önceki bölümlerde anlatılan ilkeler ışığında yapılmıştır. Bu çalışma yapılırken Hoek-Brown non-lineer kırılma kriteri kullanılmış ve geriye analizler yöntemi ile de kritik denge analizi yapılarak, belirlenen parametreler karşılaştırılmıştır.

Çift tüp olarak tasarımlanan her iki tünel hattı üzerinde yüzeyde belirlenen kaya koşullarının derinlikle değişimini araştırmak, yeraltısu seviyesini ve şartlarını ortaya koymak, yerinde deney yapmak, tasarı parametrelerinin üretilmesine yönelik laboratuar örneği alımı için 5'i tünel girişi ve yakınında olmak üzere Uluburun tünelinde 11 adet; 2'si tünel girişinde olmak üzere Kavak-Merzifon Tünel-1 tünelinde toplam 4 adet sondaj yapılmıştır. Yapılan arazi çalışmaları ve laboratuar verileri birlikte değerlendirilip yorumlanarak jeoteknik tasarıma yönelik jeolojik-jeoteknik model oluşturulmuştur.

3.2 Kavak-Merzifon Tüneli-1 Giriş Portalı

Kavak-Merzifon-Çorum Devlet Yolu (Kavak-Merzifon Arası) Etüt Proje Mühendislik Hizmetleri kapsamında yeralan Tünel-1 portal (km:84+373.25 - 84+395) projelendirilmesine yönelik jeoteknik etütler ve bu çalışmaları kapsamda sondaj yapılmıştır. Bu bağlamda tünel girişi mühendislik jeolojisi açısından ayrıntılı olarak incelenmiş; topoğrafik ve zemin koşulları dikkate alınarak kazı şevleri, yapılan bir seri çalışma sonunda belirlenmiştir.

İnceleme alanı ve çevresinde farklı yaş ve kökene ait sedimenter kayaçlar yüzeylenmektedir. Bunlar yaşlıdan gence doğru; Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat çökelleri (Ağılönü Formasyonu), bunları uyumsuzlukla örten Eosen yaşlı detritiklerle (Çeltek, Armutlu Formasyonları), Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı gölsel çökeller (Yedikır Formasyonu), Pliyostosen yaşlı karasallar Yağbasan Formasyonu alanında yer alan litostratiŞekil birimler gözlenmektedir. Fakat tünel giriş kesiminde yalnız **Armutlu ve Yağbasan Formasyonu** içinde çalışılacaktır.

3.2.1 Armutlu Formasyonu

Boz, kahve, sarı, pembemsi renkli, ince-orta-kalın düzgün katmanlı, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltaşı, marn ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır.

Çakıltaşları ve kumtaşları orta-kalın tabakalı olup sert-orta sert, dayanımlı-orta dayanımlı, az-orta derecede ayrışmıştır. Az köşeli ve yuvarlak taneler kuvars, şist, kireçtaşı ve volkaniklerden oluşmaktadır. Kumtaşları-silttaşları genelde sert-orta sert, dayanımlı-orta dayanımlı, orta derecede ayrışmıştır.

Kiltaşları- şeyl genelde dağılan, zayıf dayanımlı, orta-çok ayrışmıştır. Fay zonlarında ise tüm birimler orta-çok ayrışmış, dağılgan ve az dayanımlıdır.

Armutlu Formasyonunda eklemler 20-50 cm de bir ardalanırlar. Kalın kum taşlarının bulunduğu kesimde bu ardalanma 1 m ye kadar ulaşırken, Tünel-1 girişinde silttaşının egemen olduğu seviyelerde ardalanma kalınlığı 5-10 cm' ye kadar iner ve çok parçalanmış bir görünüm sunar. Eklem açıklığı ortalama 1-3 mm olup çoğunlukla kalsit, yer yer kil dolgulu ve demir oksit boyamalıdır. Eklemler 3 yönde belirgindir. Belirlenen ana süreksizliklerin yönelimleri aşağıya çıkarılmıştır.

J_1 = 136/82, J_2=225/85, J_3=234/14

3.2.2 Yağbasan Formasyonu

Genelde kırmızımsı mor-kahverengi-yeşil-boz renkli, orta-kalın düzgün katmanlı çakıltaşı, aglomera, volkanik breş, tüf, kumtaşı ardalanması ve andezit, andezitik bazalt düzeylerinden oluşan bu birim geniş bir yarılım gösterir.

Volkanitlerde andezit egemen kaya türü olup, andezitik bazalt, trakit, trakiandezit, biyotit andezit, ojit andezit de bulunmaktadır.

Andezit ve andezitik bazalt seviyeleri çok sert, dayanımlı, az ayrışmış olup sık çatlaklıdır. Ancak makaslama zonlarında orta-çok ayrışmış ve çok parçalıdır. Tüf az-orta sert, orta-zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış, ince-iri tanelidir.

Volkanoklastik kumtaşı da orta sert-sert, orta dayanımlı, az ayrışmıştır. Genelde tüf matriksli olan aglomera ve volkanik breş ise sert-orta dayanımlı, az-orta ayrışmış, yer yer masif görünümlüdür.

3.2.3 Faylar

Eski tektonik dönemde yaklaşık K-G yönünde sıkışmaya uğrayan çalışma alanı yeni tektonik döneminde de Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) etkisi altında kalmış ve bu sisteme bağlı faylarla deforme olmuştur. Yenice yakınında güzergahı kesen KAFZ'undan ayrılan bir fay Tersakan çayına paralel, yaklaşık DKD-BGB doğrultusunda Havza'ya kadar gelir. Tersakan çayının güney yamacında heyelanların oluşturduğu çok tipik morfoloji ile karakterize olan bu fay, Havzadan itibaren GB ya döner ve bir kaç faydan oluşan bir fay seti şeklinde Tersakan vadisine ulaşır.

3.2.4 Jeoteknik Değerlendirme

Yamaç şevlerinin duraylılığını kontrol eden faktörlerin belirlenmesi için yüzey jeolojisi çalışması ve sondaj (SK-37) yapılarak alınan numuneler üzerinde Çizelge 3.1 de özetlenen deneyler yapılmıştır.Tabaka, eklem, fay vb. süreksizlik düzlemlerinin konumu ve birbirleriyle olan geometrik ilişkileri şev projelendirmesinde önemli yer tutmaktadır. Öte yandan kayaçların türü, ayrışma derecesi, yeraltısuyu durumu, şev yüksekliği ve açısı tasarımı etkileyen diğer faktörlerdir.

Bu çalışmada süreksizlikler, yüzey ayrışmış ve nebati örtü ile kapalı olduğundan devamlılıkları kesin olarak belirlenememiştir. Ancak kaya ortamı zayıf ve genç olması ve yeterince sondaj yapılamaması gibi nedenlerden dolayı analizlerde kaya kütlesinin davranışı homojen olduğu varsayılmıştır.

3.2.4.1 Giriş Portalı

Tünel giriş portalı ve yaklaşım bölümünü, bej-açık kahve-açık gri renkli, ince-orta katmanlı, orta zayıf, orta sert, orta-çok ayrışmış; çatlaklar açık-kapalı, düz-düzlemsel, pürüzsüz ve kil dolgulu Armutlu Formasyonunun silttaşı- kumtaşı-kiltaşı seviyelerinde açılacaktır.

Bu kesimde yapılan SMK-37 no.lu sondajın verilerine göre RQD değerleri %67 civarındadır. Ana kayayı yüzeyleyen ve kalınlığı 0.5-1.50 m arasında değişen bordo-kırmızımsı kahve renkli killi kumlu yer yer bloklu çakıl niteliğinde örtü malzeme gözlenmektedir. Tünel ekseninden uzaklaştıkça düşük kotlarda bu birimin kalınlığı artmaktadır. Yeraltısuyu seviyesi yüzeyden 5.60 m. derinlikte olup yarma tabanının yaklaşık 5-6 m üzerindedir. Yol eksenini dikine kesen katmanların eğimi 12°-17° arasında olup konumları şev stabilitesi açısından olumludur. Diğer taraftan giriş bölgesinde 60-70° eğimli, 1.0-1.50 m düşey atımlı faylar

izlenmektedir. Ekseni dike yakın bir açı ile kesen fayların öngörülen kazıları olumsuz yönde etkilemesi beklenmez.

Öte yandan tünel ekseninin km. artış yönüne göre solunda Km:84+545-84+670 aralığında eski bir heyelan morfolojisi gözlenmektedir. Aşınma ve üzerinde gelişmiş kalın örtü nedeniyle özellikle bu heyelan tünel giriş kazısı ile birlikte harekete geçebilir.

3.2.4.2 Şev Stabilitesini Etkileyen Parametrenin Belirlenmesi

Yamaç stabilite parametrenin bulunması için öncelikle kaya ortamının zayıf olup olmadığı çalışması araştırılmış ve tünel giriş kesimi analizlerinin yapılabilmesi için kaya ortamı bu kesimde öncelikle arazi verileri, sondaj loğları ve deney sonuçları birlikte değerlendirilerek Tünel Girişinde yer alan kayalar Q, RMR ve GSI'a göre sınıflandırılmıştır.

Bu amaçla SK-37 nolu sondaj karotlarından sağlanan örnekler ile ilgili deneyler Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Zemin Mekaniği ve Tüneller Şubesi Müdürlüğünde yapılmıştır. Sağlam kaya numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge 3.1 de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Kavak-Merzifon Tünel-1'in girişinde yapılan SK-37 nolu sondaj laboratuar verisi

KM	YASS (m)	Poison Oranı	Elastisite Modülü MPa	Kohezyon MPa	İçsel Sürtünme Açısı (°)	Birim Hacim Ağ. KN/M³	Derinlik (m)	Tek eksenli Basınç Dayanımı MPa	Üç Eksenli Basınç Dayanımı MPa	
									σ_1	$\sigma 3$
84+438	5.60	0.22	2500	19.3	24	23.56	12.60-12.80 20.40-20.60 23.00-23.15	18.2	74.2	10
									109.6	20
									117.9	30
									124.6	40
									132.3	50

Bu çalışmada öncelikle arazi jeolojik koşulları ortaya konulmuştur. Bu koşullar ışığında kaya sınıflaması Q, RMR ve GSI'ye göre yapılmıştır. Ancak GSI= RMR(89)-5 bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır.

Her iki kaya sınıflamanın ayrıntısı Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3 de görüleceği üzere eski bir heyelan kütlesi içinde açılması tahmin edilen tünel giriş şevinin açılacağı kaya ortamı: Q sistemine göre **Çok Zayıf -Zayıf (2.05-0.31)**; RMR kaya sınıflama sistemine göre kayası **Zayıf Kaya (26)** olarak tespit edilmiştir. Aynı kaya ortamı GSI değeri RMR(89)-5 çıkarılarak bulunmuştur ve GSI = 21 değeri tespit edilmiştir.

Üç kaya grubunun (Q, RMR ve GSI) değerleri bir biri ile çok yakın değere sahip olmasından dolayı hesaplamalarda GSI = 21 değeri kullanılmıştır.

Ortamın kaya sınıflaması yapıldıktan sonra Çizelge 3.1 de verilen laboratuar sonuçları kullanılarak 'sağlam kaya Hoek-Brown m_i sabiti' denklem 2.6 yardımı ile hesaplanmıştır. Diğer taraftan Çizelge 3.1 de verilen deney sonuçları şev tasarımında kullanılması kayalar için söz konusu olamaz, zira Çizelge 3.3 deki laboratuar sonuçları arazideki gerçek kaya koşullarını yansıtmamaktadır.

Çizelge 3.2 Kavak-Merzifon Tünel-1 giriş kesimi Q (NGI) kaya sınıflaması

KM	LİTOLOJİ	SONDAJ NO	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	KAYA SINIFI
84+395 84+600	Silttaşı-Kumtaşı	SK-37	74 (1C)	9 (2F)x	1.5 (3E)	4 (4F)	1 (5A)	5 (6B)	0.31	**Çok Zayıf**
			74 (1C)	9 (2F)	1 (3F)	4 (4E)	1 (5A)	1 (6J)	2.05	**Zayıf**

Çizelge 3.3 Kavak-Merzifon Tünel-1 giriş kesimi RMR (CSIR) kaya sınıflaması

KM	LİTOLOJİ	SONDAJ NO	Kaya Mukavemeti	RQD	Eklem Sıklığı	Eklem Durumu	Yeraltı-suyu	Düzeltme Sayısı	RMR	KAYA SINIFI
84+395 84+600	Silttaşı Kumtaşı	SK-37	6	15	10	10	-15	0	26	**Zayıf (IV)**
			4	13	10	17	10	-5	49	**Orta (IV)**

GSI = 21, m_i = 2.44 ve sağlam kaya tek eksenli basınç dayanımı kullanılarak şev stabilitesinde etkin olan parametrenin bulunması hedeflenmiştir. Tünel girişinin etkin şev stabilite parametresinin belirlenmesi için yapılan çalışmada Hoek-Brown non-lineer kırılma kriteri kapsamındaki formüller kullanılmıştır (hesaplama ayrıntısı ve kullanılan formüller EK-1 de verilmektedir). Bu çalışma sonucunda zayıf kayadaki yamaç duraylılığını etkileyen etkin parametreler yapılan çalışma sonucunda

içsel sürtünme açısı Ø = 14.5°,

kohezyon değeri ise C = 0.259 MPa olarak bulunmuştur. Bu hesaplamalarla ilgili tüm sonuçlar Çizelge 3.4'de görülebilir.

Yamaç stabilitesini etkileyen etkin parametrenin belirlenmesi çalışmalarında hesapla elde edilen değerler, gerçek kaya koşullarını yansıtmamaktadır. Bu çalışma ile elde edilen değerler, gerçek kaya verilerinden yaklaşık % 25 daha büyüktür. Bundan dolayı bu veriler Hoek-Brown'ın belirttiği gibi % 25 oranında azaltılarak kullanılmalıdır.

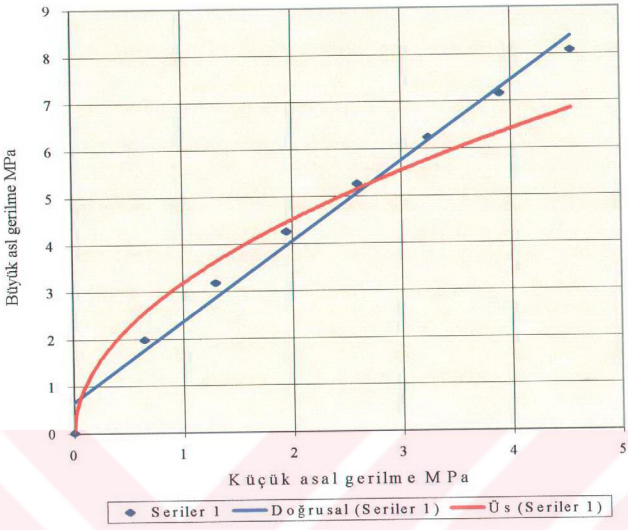
Ayrıca elde edilen parametrelerle SLOPEW paket programı kullanarak piezometrik su seviye yüzeye yakın kabul edilerek tünel girişi 72° şev açısına göre analiz edilmiştir. Analizde kohezyon % 25 azaltılarak **C = 0.194 MPa**, içsel sürtünme açısı **olarak Ø = 11°** değerleri kullanılarak yapıldı. Yapılan çalışma sonucu yamaç güvenlik katsayısı deprem(a=0.0 g) etkisiz **F = 1.286** elde edilmiştir (Şekil 3.4). Aynı veriler

depremli(a=0.20g) durum için tekrarlandığında güvenlik katsayısı **F = 1.031** elde edilmiştir (Şekil 3.5).

Arazi gözlem ve verileri dikkate alındığında bu araştırmada içsel sürtünme açısı literatürde kabul edilen değerlerin altında, kohezyon değeri ise literatürde kabul edilen değerlerin değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.4 Kavak-Merzifon Tüneli-1 giriş kesimi analiz sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
GSI	21								
m_i	2.44								
σ_3	1^-5	0.65	1.3	195	2.6	3.25	3.9	4.55	18.2
σ_1	0.01	1.98	3.18	4.26	5.26	6.23	7.16	8.07	36.15
σ^2_3	0.00	0.42	1.69	3.8	6.76	10.56	15.21	20.70	59.14
$\sigma_1 \sigma_3$	0.00	1.29	4.14	8.29	13.68	20.25	27.92	36.72	112.29
σ_{ci}	18.2								
σ_n	0.02	1.1	2.1	2.86	3.67	4.48	5.26	6.04	25.53
τ	18.6	1.24	1.50	1.68	1.81	1.93	2.03	2.12	30.91
x	-2.96	-1.22	-0.94	-0.80	-0.70	-0.61	-0.54	-0.48	-8.25
y	0.01	-1.17	-1.08	-1.03	-.1.00	-0.97	-0.95	-0.93	-7.12
x*y	-0.3	1.43	1.02	0.82	0.70	0.59	0.51	0.45	5.22
x^2	8.76	1.49	0.88	0.64	0.49	0.37	0.29	0.23	13.35
$Ø_i°$	82	37	27	24	21	19	17	16	
C_i	18.45	0.411	0.429	0.406	0.401	0.387	0.422	0.388	
s	0.0								
a	0.55								
m_b	0.15								
B	0.44								
A	0.36								
k	1.69								
C MPa	**0.259**								
Ø°	**14.5**								
σ_{cm} MPa	0.674								

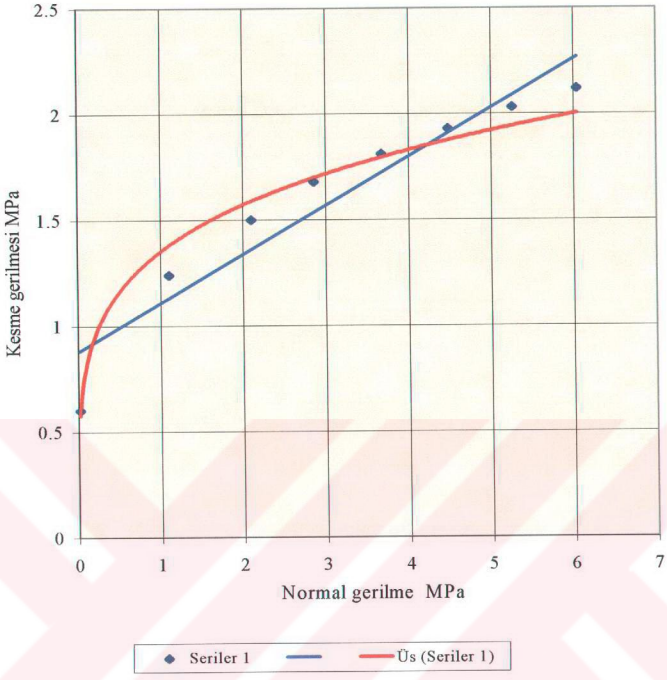


Şekil 3.1 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi asal gerilmeler arasındaki ilişki

Kırmızı renkli eğri Hoek-Brown Non-Lineer eğrisi $\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s\right)^a$ formülü,

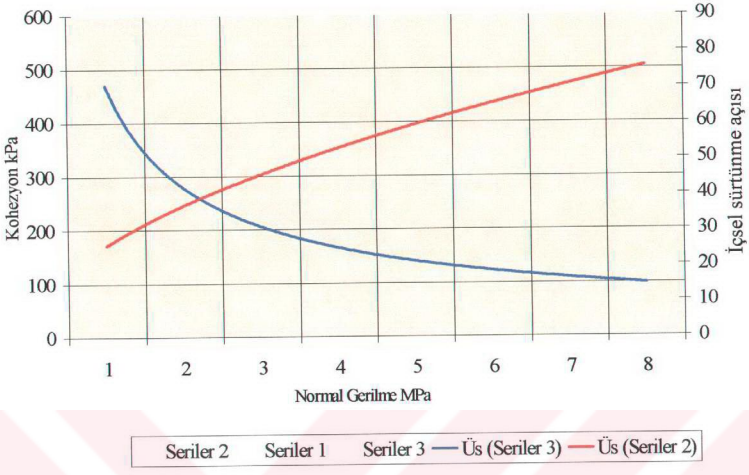
Mavi renkli eğri Mohr-Coloumb lineer eğrisi ise $\sigma'_1 = \sigma_{cm} + \frac{1+\sin\phi'}{1-\sin\phi'}\sigma'_3$ formülü

ile ifade edilir



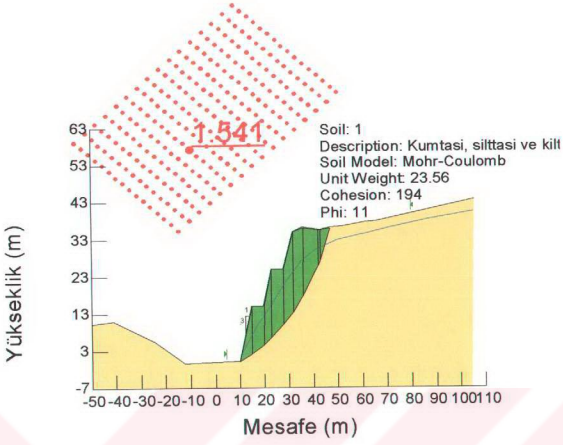
Şekil 3.2 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi normal ve kesme gerilmeleri arasındaki lineer ve non-lineer ilişki

Kırmızırenkli Hoek-Brown Non-Lineer eğrisi $\tau = A\sigma_{ci}\left(\frac{\sigma_n^{'} - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}}\right)^B$ formülü ile Mavi renkli Mohr-Coloumb lineer eğrisi ise c'= $\tau - \sigma_{ni}^{'} \tan\phi_i^{'}$ formülü ile ifade edilir.

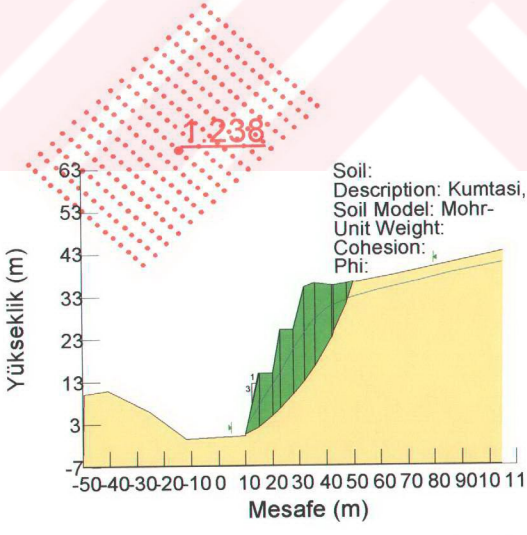


Şekil 3.3 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi anlık normal gerilme altında anlık kohezyon ve içsel sürtünme açısı

Yapılan deneylerde elde edilen büyük asal gerilme ve küçük asal gerilme arasındaki lineer ve non-lineer ilişki Şekil 3.1 de görülmektedir. Bu şekilde büyük ve küçük asal gerilmeler arasındaki eğim **k** olarak ifade edilmekte ve parametre belirlenmesinde önemli bir faktördür. Bu araştırma ile ilgili tüm hesaplama ayrıntısı Ek-1 dedir.



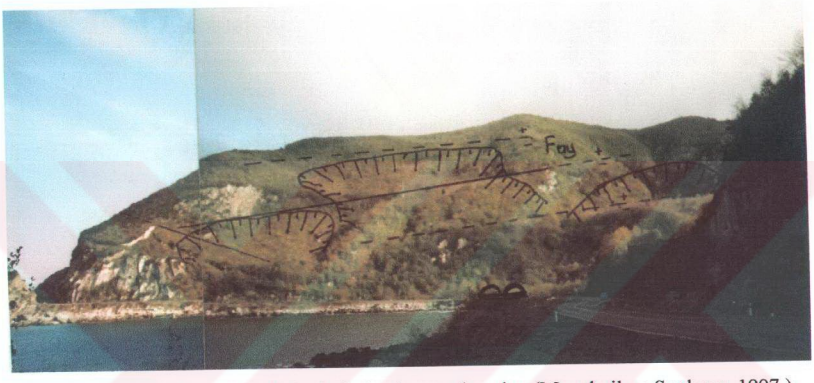
Şekil 3.4 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi analiz çıktısı (Deprem ivmesi a=0.0 g)



Şekil 3.5 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi analiz çıktısı (Deprem ivmesi a=0.20 g)

3.3 Uluburun Tünel Girişi

Proje alanı ve çevresi Doğu Karadeniz Bölgesinde geniş yayılım gösteren Üst Kretase yaşlı dasit / aglomera ve ayrışmış aglomera-tüf kayaçları tünel giriş kayasını oluşturmaktadır. Bu giriş kayasında tektonizmaya bağlı olarak ikincil çatlaklar gelişmiştir. Faylaşma, ayrışma, topoğrafik yükselim, yoğun çatlaklar, erozyon ve su gibi etkilerle kaya kütlesi heyelan etmiş (Fotoğraf 3.1), heyelan kütlesi kendi içinde dengeye gelmiştir.



Fotoğraf 3.1 Uluburun Tüneli kesiminde oluşmuş heyelan (Mucukgil ve Sonkaya, 1997)

Bölgedeki yol standardının yükseltilmesi aşamasında yapılan çalışmada, buradan tünel yapılmasının sakıncaları ortaya konulmuş; tünel yerine mevcut yolun geometrik standardının yükseltilmesi önerilmiştir. Yoğun çatlak ve eski heyelandan dolayı bu kesimde tünel tasarlanması ile eski heyelanın hareket kazanacağı (Fotoğraf 3.1), kütlenin kaya gibi değil zemin gibi davranacağı (Mucukgil ve Sonkaya 1997) vurgulanmıştır.

Çeşitli nedenlerden dolayı tünel yapımı tercih edilmesi ile yapılan tünel giriş kazısından (Fotoğraf 3.2) kısa bir süre sonra heyelan gelişmiştir (Fotoğraf 3.3). Tünel hattı yaklaşık 10 m. sağ tarafa alınmış ve yeni tünel hattı kazısına yamaçta herhangi bir kazı yapılmadan başlanılmıştır (Fotoğraf 3.4).

Tünel girişinin kısa jeolojik durumu aşağıda kısaca anlatılmaktadır. Adayayı volkanizması ürünü volkanik ve piroklastik birimler inceleme alanının en yaygın kayaçları olup yer yer yamaç molozu ile örtülüdür.

Fotoğraf 3.2 Uluburun Tünel girişi kazısı (Kaymanın hemen öncesi Kasım 1999)

Fotoğraf 3.3 Uluburun Tüneli giriş heyelanı (Kasım 1999)

Fotoğraf 3.4 Uluburun Tüneli girişi kayma sonrası hattın güneye kaydırılmış durum (Şubat 2001)

3.3.1 Dasit

Yapılan saha çalışmaları sırasında ayrıntılı olarak incelenen dasit türü kayaçlar genel olarak kırmızımsı-pembemsi, açık sarı ve yeşil renklerde olup, çoğun sert, dayanımlı ve az-orta derecede ayrışmış özellikler sunar. Eklemler 6 ila 20 cm yer yer 20-60 cm aralıklarla tekrarlanmaktadır. Çoğunlukla az pürüzlü yer yer kayma yüzeyli, düz-düzlemsel, fay zonlarına yakın sürtünme izlidir. Açıklıklar 1 mm'den az yer yer birkaç mm'dir. Dolgu çoğunlukla 5 mm'den az kalınlıklarda kil dolguludur. Egemen eklem takımlarının yönelimleri J_1=006/78 (eğim yönü / eğim miktarı), J_2=201/71 ve J_3=297/50 olarak belirlenmiştir.

Kayanın rijit özelliği ve bölgenin aktif tektonik etki altında kalması nedeniyle birçok yönde gelişen irili ufaklı çok gelişmiş eklem takımı ve faylar kayaca parçalı bir görünüm vermiştir.

3.3.1 Ayrışmış Aglomera ve Tüf

Tünel girişinde tüf ve aglomeradan kurulu piroklastik birimler, kırıntı boyutu çok ince kumdan iri blok boyutuna kadar değişkenlik göstermektedir. Bu birim grimsi-sarımsı kahve renkli olup, orta sert-sert, orta dayanımlı, orta derecede yer yer çok ayrışmıştır. Tünel giriş bölgesinde yaygınca izlenen aglomera-tüf birimi iki yönde gelişmiş düzenli ve sıradışı eklem

takımına sahiptir. Eklemler 20-60 cm aralıklarla tekrarlanmaktadır. Yüzeyler pürüzlü, yer yer az pürüzlü, düzlemsel-düzensiz çoğunlukla ondülelidir. Açıklıklar 1 mm'den az yer yer bir kaç mm'dir. Süreksizlikler çoğunlukla 5 mm'den az kalınlıklarda yumuşak kil dolguludur.

Egemen eklem takımlarının yönelimleri J_1 = 109/85 ve J_2=292/50 olarak belirlenmiştir. Giriş bölgesi ve güzergah boyunca yapılan UBAR, UB-1, UB-1A UB-1B ve UB-2 sondajlarında RQD değerleri sırasıyla %35, 44, 87, 75, ve 80 olarak bulunmuştur.

3.3.3 Yamaç Molozu

Bölgenin topoğrafik özelliğinden dolayı yüksek eğimli doğal yamaçlarda ayrışan kayalar yağış, yerçekimi, topoğrafik eğim ve çoğunlukla tektonizmanın etkisiyle yamaç eteklerinde ve düzlüklerde birikmiştir. Bu birim yer yer 8.0 metreye varan kalınlığa sahiptir. İçerisinde blok boyutuna kadar köşeli-yarı köşeli volkanik malzeme içeren yamaç molozu orta çimentolanmış özellikte olup aşınma ve ayrışmaya karşı duyarlıdır.

3.3.4 Faylar

Proje alanı ve çevresinde magmatik kayaçlarda soğumaya bağlı gelişen süreksizlikler dışında bölgede etkin olan genç tektonizma sonucu büyük boyutlu gelişmiş eklemler ve faylar oluşmuştur. Faylar genel olarak KB-GD ve KD-GB yönlerinde ardışık olarak gözlenir.

Özellikle tünel giriş bölgesinde KB-GD doğrultulu ardışık faylar morfolojiyi belirlemektedir. Bu faylar aglomera-tüf biriminde 5-10 m'ye varan yükseklikte dik doğal şevler oluşturmuştur. Fayların eğimleri yaklaşık 80° olup düşen bloklar üzerinde, içerisinde büyük boyutta aglomera blokları bulunan ve kalınlığı 3-8 metreye ulaşan yamaç molozu gelişmiştir.

Tünel girişinde çatlak sistemlerinin nicelik ve niteliğine bağlı olarak yeraltı suyunun dolaşımına izin verebilir. Ancak ayrışmaya bağlı yersel geçirimli zonlarda ve gelişmiş çatlaklara su taşıyabilir. Tünel giriş kesiminde yapılan sondaj verileri özeti Çizelge 3.5 görülebilir.

Çizelge 3.5 Uluburun Tüneli girişi temel sondaj verileri

SONDAJ NO	KİLOMETRE	LİTOLOJİ	DERİNLİK (m)	YERALTI SUYU SEVİYESİ (m)	SİYAH KOT (m)	KOORDİNAT		AÇIKLAMA
						Y	X	
UB-1	17+201	Dasit	30.00	12.00	20.094	468146.304	4537175.971	Giriş Portalı
UB-1A	17+254	Alomera	65.00	-	66.097	468192.940	4537207.801	Giriş Portalı
		Tüf		31.00				
UB-1B	17+276	Aglomera	86.00	20.00	82.979	468220.956	4537189.206	Tünel
UB-2	17+347	Tüf	115.00	-	117.799	468283.710	4537228.989	Tünel
		Dasit						
		Aglomera Tüf		19.00				

NOT: Çizelgedeki tüm sondajların üst kesimleri kaya litolojisine bağlı kalmaksızın ayrışmış ve davranış olarak aynı niteliklerdedir. Stabilite analiz çalışmasında kesit üst seviyeleri bundan dolayı aynı nitelikte olması nedeni ile aynı renkle gösterilmiştir.

3.3.5 Kaya Mekaniği Deneyleri

Tünel tasarımına esas teşkil edecek parametrelerin saptanmasına yardımcı olacak şekilde birim hacim ağırlığı, tek eksenli basınç dayanımı, üç eksenli basama dayanımı deneyleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.6 da verilmektedir. Tüneli girişini oluşturan kaya birimlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla Uluburun Tüneli girişinde açılan temel sondajların karotlarından sağlanan örnekler ile ilgili deneyler Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Zemin Mekaniği ve Tüneller Şubesi Müdürlüğünde yapılmıştır. Yapılan deney numuneleri karotları Fotoğraf 3.5 , 3.6, 3.7, 3.8 de görülmektedir.

Açık sarı renkli çok ayrışmış aglomera-tüf ve koyu gri renkli dasit/aglomera ardalanması üzerinde 5 er adet üç eksenli ve tek eksenli basınç dayanım deneyi her iki kaya grubundan bir seri birim hacim ağırlık deneyi yapılarak ortalama $\gamma = 19$ kN bulunmuştur.

Çizelge 3.6 Uluburun Tünel girişinde temel sondajlardan alınan numune laboratuar sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Büyük Asal Gerilme σ_1 MPa	Küçük Asal Gerilme σ_3 MPa	Birim Hacim Ağırlık kN/M^3	Tek Eksenli Basınç Dayanımı σ_{ci} MPa	RMR	GSI
UB.1A-1	4.70-4.95	56.5	10	19.50	15.6	19	14
UB.1A-3	18.70-18.95	87.5	20	19.50			
UB.1A-4	13.80-14.00	126.6	30	19.50			
UB.1A-2	25.00-25.15	158.4	40	19.50			
UB.1A-5	26.70-26.80	178.8	50	19.50			

3.3.6 Şev Stabilitesini Etkileyen Etkin Parametrenin Belirlenmesi

Yamaç stabilitesinde parametrenin bulunması için öncelikle kaya ortamının zayıf olup olmadığı çalışması araştırılmış ve tünel giriş kesimi analizlerinin yapılabilmesi için kaya ortamı arazi gözlemleri, laboratuar verileri göre sınıflandırılmıştır.

Kaya kütle kalite arazi ve sondaj verileri Ek 2 ışığında (Q) sınıflaması yapılarak özet olarak Çizelge 3.7 de verilmektedir. Heyelan eden kütlenin Q ortalama değeri 0.243 olarak bulunmuştur. Buda kayanın Q sınıflamasına göre zayıf - çok zayıf aralığında yer göstermektedir.

Aynı kaya ortamını yansıtan arazi ve laboratuar deney sonuçları RMR sınıflandırma kriterlerin yer aldığı Ek 3 doğrultusunda yapılan çalışmada sonuçlar Çizelge 3.8 de özet olarak verilmektedir. Buradan da görüleceği üzere tünel giriş kesimi RMR sınıflamasına göre kaya kütle değeri ortalama 19 olup, heyelanın geliştiği bölgedeki kaya şartları zayıf kaya olarak tariflenmektedir.

Tünel giriş kesiminde kaya ortamının GSI sınıflaması üsteki veriler dikkate alındığında Ek 4.3 ve Ek 4.4 deki kıstaslarla oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Buda Q ve RMR kaya sınıflaması birbiri ile uyumluluk göstermektedir. Ayrıca RMR'den GSI'ye geçiş de oldukça anlamlı değer vermektedir ve tünel girişindeki çok parçalı ortamı en iyi şekilde yansıtmaktadır. Hesaplamalarda GSI = 14 değeri ve arazi sondaj verileri kullanılarak m_i Ek 4.2 yardımı ile 6 olarak varsayılmıştır. .

Şev stabilitesini etkileyen etkin parametresinin bulunması çalışmasına öncelikle Hoek-Brown malzeme sabitinin belirlenmesi ile başlanmıştır. Bu kaya ortamı için yapılan çalışmada Hoek-Brown non-lineer kırılma kriterini belirlenmesindeki formüller kullanılmış ve hesaplama ayrıntısı Ek-1 de verilmektedir (Ek-1 deki gibi aynı yol izlenerek hesaplanabilir).

Uluburun Tüneli için yamaç duraylılığını etkileyen etkin parametreler yapılan çalışma sonucunda

içsel sürtünme açısı Ø = 16°,

kohezyon ise C = 0.208 MPa olarak bulunmuştur.

Analiz sonucu bulunan büyük ve küçük asal gerilmeler, normal ve kesme gerilmesi ile anlık kohezyon ve içsel sürtünme açısı arasındaki ilişki Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8 de görülmektedir.

Aynı şev geometrisi **Limit Denge** şartlarında **Geriye Analiz** yapılarak yamaç kayma öncesi kritik limit denge koşulları dikkate alınmış (tünel yamaç kazısı yapılmış fakat kayma henüz olmamış). Ayrıca elde edilen parametreler özellikle kohezyon değeri çatlaklı ve parçalı olan bu kesim için azaltılarak alınmış ve SLOPEW paket programı kullanarak yeraltısu koşulları r_u =0.80 varsayılarak tünel girişi analiz edilmiştir. Analizde ve kohezyon yaklaşık %25 azaltılarak C = 0.156 MPa, içsel sürtünme açısı ise olarak Ø = 16° değerleri kullanılarak

- Kazı öncesi topografya , c = 156 kPa ve Ø = 16° ,
- Kazı sonrası topografya , c = 156 kPa ve Ø = 16° ,
- Limit denge koşullarında geriye analiz yapılmıştır (kayma olmuş).

Kazı öncesi durumda güvenli sayısı F = 1.211, kazı sonrası güvenlik sayısı F = 0.974 ve geriye analiz (F= 0.999) çalışmasına göre parametrelere geriye analiz yapılarak C = 0.159 MPa, Ø = 16° olarak bulunmuştur. Bu analizlerle ilgili bilgisayar çıktıları Şekil 3.10, 3.11, 3.12 de görülebilir. Yamaç kritik denge koşullarında stabiliteyi etkileyen etkin parametreler

içsel sürtünme açısı Ø = 16°,

kohezyon değeri ise C = 0.156 MPa olarak tasarımda kullanılabilir.

Çizelge 3.7 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan Kaya Kütle Kalite (Q) sınıflaması

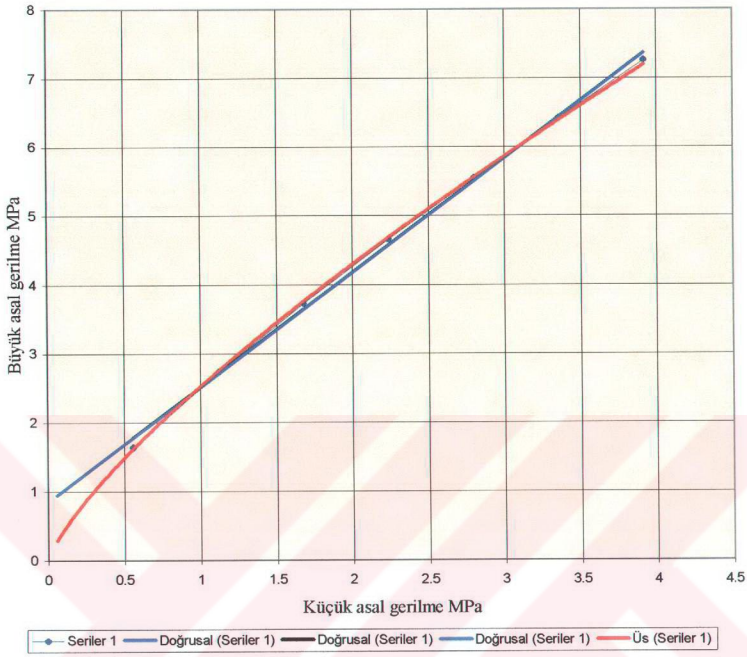
KM	LİTOLOJİ	SONDAJ NO	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	KAYA SINIFI
17+210-17+275	Aglomera/Dasit	UB-1	35 (1B)	6 (2E)x2	1.5 (3E)	8 (4H)	1 (5A)	1 (6J)	0.546	**Ç.Zayıf**
	Aglomera/Dasit	UB-1A	44 (1B)	6 (2E)	0.5 (36)	4 (4F)	0.66 (5B)	2.5 (6C)	0.242	**Ç.Zayıf**
17+275-17+400	Aglomera	UB-1B	87 (1D)	6 (2E)	3 (3B)	3 (4D)	1 (5A)	2.5 (6C)	5.80	**Orta**
	Aglomera	UB-2	75 (1D)	6 (2E)	İ.5 (3E)	3 (4D)	1 (5A)	1 (6J)	6.25	**Orta**

Çizelge 3.8 Uluburun Tüneli giriş kesiminde yapılan Kaya Jeomekanik RMR (CSIR) Sınıflaması

KM	LİTOLOJİ	SONDAJ NO	Kaya Mukav.	RQD	Eklem Sıklığı	Eklem Durumu	Yeraltı-suyu	Düzeltme Sayısı	RMR	KAYA SINIFI
17+210-17+275	Ayrışmış Aglomera / Tüf	UB-1	4	11	10	9	-1 5	0	19	**Zayıf (IV)**
	Aglomera / Dasit	UB-1A								
17+275-17+400	Aglomera	UB-1B	2	17	10	22	3	0	58	**Orta (III)**
	Aglomera	UB-2	2	17	10	22	5	0	61	**Orta (III)**

Çizelge 3.9 Uluburun Tüneli giriş kesimi analiz sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
GSI	14								
m_i	6								
σ_3	1^-4	0.56	1.12	1.68	2.24	2.8	3.36	3.92	15.6
σ_1	0.01	1.64	2.74	3.73	4.66	5.55	6.42	7.26	32.02
σ^2_3	0.00	0.31	1.25	2.82	5.02	7.84	11.30	15.37	43.91
$\sigma_1\ \sigma_3$	0.00	0.92	3.07	6.27	10.44	15.54	21.57	28.46	86.27
σ_{ci}	15.6								
σ_n	0.0001	1.24	1.69	2.44	3.16	3.87	4.57	5.26	22.2
τ	0.06	1.57	2.19	2.67	3.08	3.45	3.78	4.08	20.88
x	-5.19	-1.1	-0.97	-0.81	-0.69	-0.61	-0.53	-0.47	-11.59
y	-2.41	-0.99	-0.85	-0.77	-0.71	-0.66	-0.62	-0.58	-7.59
x*y	12.50	1.1	0.82	0.62	0.49	0.40	0.33	0.27	16.53
x^2	26.93	1.21	0.86	0.66	0.48	0.37	0.28	0.22	31.01
$\varnothing_1$ °	89	36	31	26	22	20	18	17	
C_i MPa	0.05	0.66	1.17	1.47	1.80	2.04	2.29	2.47	
s	0.0								
a	0.58								
m_b	0.28								
B	0.39								
A	0.41								
k	1.77								
C MPa	**0.208**								
$\varnothing$ °	**16**								
σ_{cm} MPa	0.551								

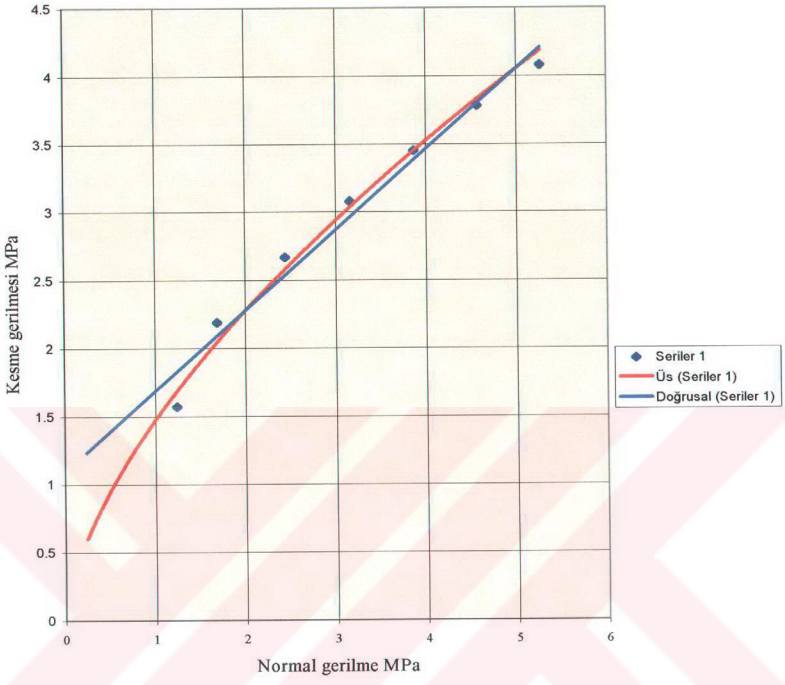


Şekil 3.6 Uluburun Tüneli Girişi asal gerilmeler arasındaki lineer ve non-lineer ilişki

Kırmızı renkli eğri Hoek-Brown Non-Lineer eğrisi $\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s\right)^a$ formülü,

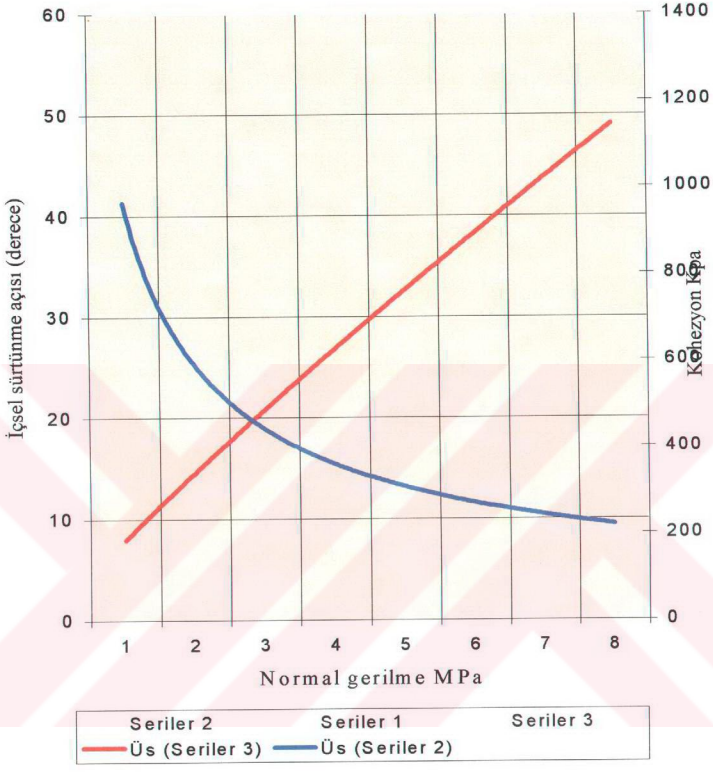
Mavi renkli eğri Mohr-Coloumb lineer eğrisi ise $\sigma'_1 = \sigma_{cm} + \frac{1+\sin\phi'}{1-\sin\phi'}\sigma'_3$ formülü

ile ifade edilir

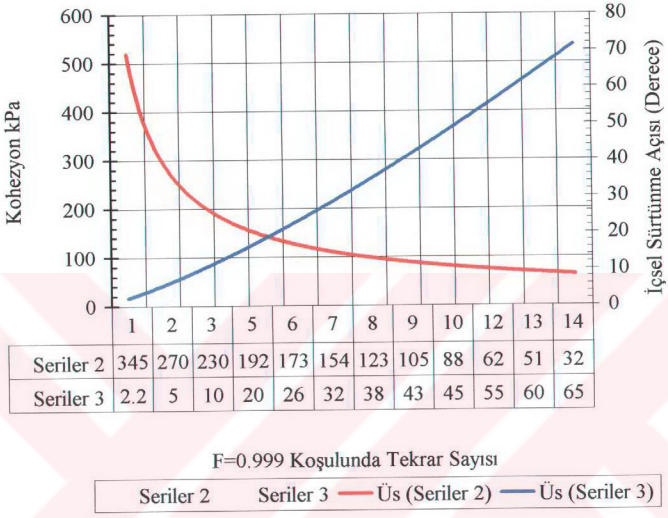


Şekil 3.7 Uluburun Tünel girişi normal ve kesme gerilmesi ilişkisi

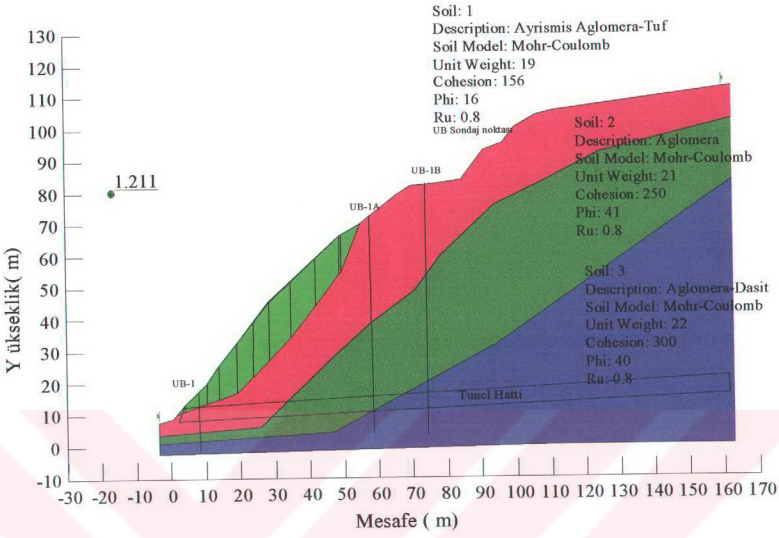
Kırmızı renkli Hoek-Brown Non-Lineer eğrisi $\tau = A\,\sigma_{ci}\left(\frac{\sigma'_n - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}}\right)^B$ formülü ile, mavi renkli Mohr-Coloumb lineer eğrisi ise c'= $\tau - \sigma'_{ni}$ tan ϕ'_i formülü ile ifade edilir.



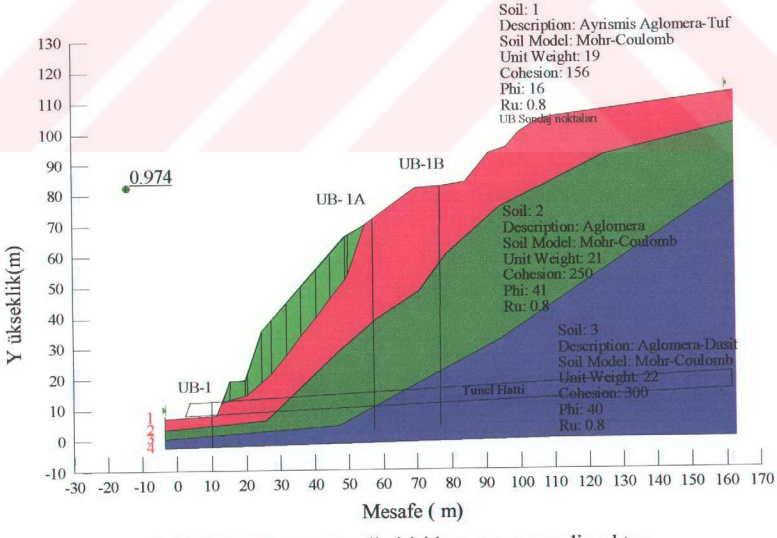
Şekil 3.8 Anlık normal gerilme altında anlık içsel sürtünme açısı ve kohezyon ilşikisi



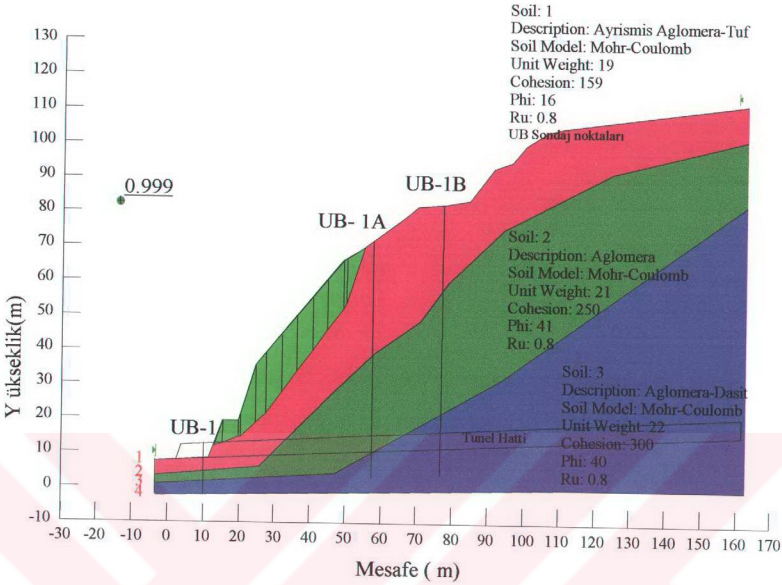
Şekil 3.9 Uluburun Tüneli Girişi için limit denge koşullarında (F=0.999) geriye analiz sonuçları



Şekil 3.10 Uluburun Tüneli kazı öncesi analiz çıktısı



Şekil 3.11Uluburun Tüneli girişi kazı sonrası analiz çıktısı



Şekil 3.12 Uluburun Tünel girişi analiz çıktısı

4 . SONUÇ

Bu tez kapsamında öncelikle zayıf kayalar üzerinde uluslararasında yapılan çalışmalar taranmıştır. Uluslararasında yapılan çalışmalar ışığında zayıf kayalarda şev tasarımında stabiliteyi etkileyen etkin parametrenin belirlenmesi için izlenmesi gereken kurallar ortaya konmuştur. Bu kurallar kısaca şöyle özetlenebilir.

1- Öncelikle kaya ortamının zayıf olup olmadığı belirlenmelidir.

2- Kaya cinsi tespit belirlenmelidir (Kaya volkanik, magmatik, tortul veya başkalaşım kayalarından hangisi olduğuna karar verilmeli).

3- Kayanın zayıflaması süreksizlik, ayrışma-bozuşma veya hidrotermal etkilerden hangisinin neden olduğu aydınlatılmalıdır.

4- Sağlam kaya numunesi üzerinde tek eksenli, üç eksenli, çekme, dayanımı gibi deneyler yapılmalıdır.

5- Mohr-Coloumb lineer kırılma kriteri ile Hoek-Brown non-lineer kırılma kriteri arasında doğrudan bir bağlantı kurulamamıştır. Mohr-Coloumb lineer kırılma kriteri homojen olmayan kaya ortamını yansıtmakta yetersiz kaldığı görülmüş olduğundan kaya ortam verilerini parametre belirlenmesinde hesaba katan Hoek-Brown non-lineer kırılma kriterinin kullanımı daha güvenlidir.

6- Kaya ortamı, Hoek-Brown çizelgeları kullanılarak GSI değeri belirlenmeli; eğer GSI doğrudan bulunamıyorsa Bieniwski'nin 1989 sınıflamasından faydalanılarak kayacın RMR'i belirlenmelidir. Daha sonra GSI = RMR-5 formülü ile kaya ortamının GSI'i bulunmalıdır.

7- Elde edilen parametreler, non-lineer kırılma zarfı üzerindeki anlık normal gerilme değerine gelen değerdir. Yamacı yansıtacak parametre değeri, bulunan bu değerlerin % 25 azaltılması ile elde edilebilir.

8- Mohr-Coloumb lineer kırılma kriteri ancak çok miktarda laboratuar deneyi yapılıp ve kullanılması durumunda Hoek-Brown non-lineer kırılma kriterinde uygulanan çalışma yapılıp sabit değerler belirlenip, bulunan bu değerlerle Mohr-Coloumb lineer kırılma kriteri formülleri kullanılarak analiz yapılabilir.

Ancak elde edilen veriler jeomekanik (RMR) ile bulunan değerlerle

karşılaştırılması hata oranını belli bir seviyeye indirebilir

9- Yamaç stabilitesi tek bir süreksizlik kontrolünde olma durumunda, süreksizlik düzlemini içeren numuneler alınıp direkt kesme deneyleri ile elde edilen parametreler stabiliteyi kontrol eden değerler olarak tasarımda kullanılmalıdır.

10- Yamaçta kaymanın olduğu durumlarda şevi kontrol eden etkin parametre geriye limit denge analizi yaparak belirlenebilir ki bu değerler şevin güvenli hale getirilmesinde tasarım parametresi olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Abramson, W.L., Lee, S.E., Boyce, M.G., (1996), Slope Stability and Stabilization Methods, A.Wiley-Interscience Publication , Bristbance, Toronto, Singapore.

Barton, N., (1990), Rock Joints, NGI ., Oslo.

Bell, F.G. ve Culshaw, M.G., (1993), A Survey of Geotechnical Propertiesof Some Relatively Weak Triassic Sandstone, Department of Geology and Applied Geology, Üniversity of Natal, Durban , South Africa.

Brenner, R.P. ve Straubhaar, R., (1990), The Use of a Platey, Marly Limestone in an Embankment Dam, Proceeding of 24th Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, 9-13 September 1990, Leeds, U.K.

Daemen, J., Schultz, A., (1995), Rock Mechanics Proceeding of the 35 the U.S. Symposium, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield .

Discontiuity Group, (1990), Weak , Soft, Fractured and Weathered Rock, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.

Fell,R., MacGregor, J.P., Olds,R., (1990), Landslide in Extremely Weathered Bazalts, Planet Hill, Victoria, Proceeding of 24th Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, 9-13 September 1990, Leeds, U.K.

Freitas, M.H., (1990), Weak Arenaceous Materials, Proceeding of 24th Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, 9-13 September 1990, Leeds, U.K.
Giani, G.P., (1992), Rock Slope Stability Analysis, Tecnical University of Turin.

Hantz, D.,(1986), Open Pit Slope Back Analysis in Complex Rock Formation, Proceeding of the International Symposium on Engineering in Complex Rock, Gard Colliery , France.

Hatzar, Y., 81990), Slope Stability Assessment Using Slope Mass Rating Tecnique, Ben-Gurian University, İsrael.

Hoek, E., (1998), Rock Engineering for Tunnel, Geotecnical Group , Graz, Austria.

Hoek, E., Bray, J.W., (1991), Kaya Şev Stabilitesi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.

Hoek, E., Kaiser, K.P., Bawden, W.F., (1995), Support of Underground Excavation in Hard Rocks, Brookefield, Rotterdam.

Knipe, R.J., Rutter, E.H., (1990), Deformation Mechanics, Rheology and Tectonics Geology Society Special Publication No 54, London.

Leddra, M.J., Jones, M.e., Goldsmith, A.S., (1993), Compaction and Shear Deformation of Weakly-Cemented, High Porosity Sedimantary Rock, ÜniversityCollage London, UK.

Morgenstern, N.R. ve Eingenbrod, K.D., (1974), Classification of Argillacaceous Soil and Rock, American Society of Civil Engineering, 100: GT10, 1137-1156.

Nathanail, C.P., (1990), Rock Slope Design in Extremely Tectonically Deformed Opencast Coal Sites, Proceeding of 24th Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, 9-13 September 1990, Leeds, U.K.

NTF İnşaat Ltd. Şti., (1999), Dalaman Çayı – Akköprü Baraj Dolusavak Yeri ve Kil Ocağı Yolu Şev Stabilitesi ile İlgili Jeolojik-Jeoteknik Rapor, Ankara.

Önalp, A., (1982), İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, KTÜ, Trabzon.

Preston, F.M.R. ve Jones, M.E., (1987), Deformation of Sediment and Sedimentary Rock, Department of Geological Sciences , University Collage, London.

Rodrıguez, R. A., Castillo,H., Sowers, F.G., (1988), Soil Mechanics in Highway Engineering Trans Tech Publication, Germany .

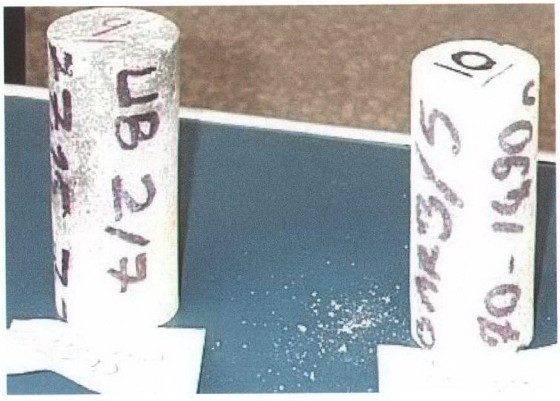
Rongqiang, L., Hongxin, C., Defang, K., (1990), Research on the Effect of Gouge Thickness on the Mechanical Properties of Joints, Proceeding of 24th Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, 9-13 September 1990, Leeds, U.K.

Ünal, E., (1996), Modified Pock Clasification System Middle East Technical University, Ankara.

Zhiyl, L. ve Jinfeng, W., (1990), Engineering Properties of Chongqing Mudstone, Chine, Proceeding of 24th Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, 9-13 September 1990, Leeds, U.K.

Fotograf 3.5 Uluburun Tüneli Girişin kesiminde yapılan sondaj karot numuneleri
(deney sonrası)

Fotograf 3.6 Uluburun Tüneli girişin kesiminde yapılan sondajların değişik seviyelerinden alınan Üç eksenli basınç dayanım deney karotları (deney sonrası)



Fotograf 3.7 Uluburun Tüneli Girişin kesiminde yapılan sondajların değişik seviyelerinden alınan Üç eksenli basınç dayanım deney karotları (deney sonrası)

Fotograf 3.8 Uluburun Tüneli Girişin kesiminde yapılan sondajların değişik seviyelerinden alınan ve tek eksenli basınç dayanın deneyi yapılan karotlar

EKLER

Ek-1 Yapılan Analizlere Ait Hesaplama Basamakları

Öncelikle sağlam kaya numunesi üzerinde tek ve üç eksenlin basma dayanım deneyleri yapılarak, bu sağlam kaya verilerinden kohezyon ve içsel sürtünme açısı bulunmalıdır.

Çizelge Ek 1.1 Kavak-Merzifon Tünel-1 sağlam kaya laboratuar değerleri

σ_1' (MPa)	74.2	109.6	117.9	124.6	132.3
σ_3' (MPa)	10	20	30	40	50
σ_{ci}' (MPa)	18.2				
C' (MPa)	19.3				
$\phi°$	24				

Yukarıdaki sonuçlar laboratuar verileri olduğundan arazi koşullarını hesaplamalara yansıtılmalıdır.

1. Öncelikle sağlam kaya numunesi için Hoek-Brown kaya sabiti m_i belirlenmelidir. Bu iş için $x = \sigma_3'$,

   $y = (\sigma_1' - \sigma_3')^2$ bağıntısından yapılan deney sayısı kadar x ve y değeri bulunur.

   $x_1 = 10$; $x_2 = 20$; $x_3 = 30$; $x_4 = 40$, $x_5 = 50$

   $y_1 = (74.2-10)^2 = 4121.6$; $y_2 = (109.6-20)^2 = 8028$; $y_3 = (117.9-30)^2 = 7726$;

   $y_4 = (124.6-40)^2 = 7157$; $y_5 = (132.3-50)^2 = 6773$ olarak bulunmuştur. Daha sonra hesaplamalarda kolaylık sağlamak için bu sonuçlar çizelge haline getirilmiştir.

Çizelge Ek 1.2 Kavak-Merzifon Tünel-1 girişi sağlam kaya Hoek m_i hesaplama verileri

	1	2	3	4	5	Toplam
σ_1'	74.2	109.6	117.9	124.6	132.3	
σ_3'	10	20	30	40	50	150
σ_{ci}'	18.2					
x	10	20	30	40	50	150
y	4121.6	8028	7726	7157	6773	33805
x*y	41216	160560	231780	286280	338650	1058485
x^2	100	400	900	1600	2500	5500

Sağlam kaya numunesinin Hoek-Brown kaya sabiti m_i bulmak için formül kullanılmıştır.

$$m_i = \frac{1}{\sigma_{ci}}\left(\frac{\sum xy - \left(\sum x * \sum y / n\right)}{\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2 / n}\right)$$ n : deney sayısı

Burada $$m_i = \frac{1}{18.2}\left(\frac{1058485 - 150 * 33805/5}{5500 - (150)^2/5}\right) = 2.44$$

2. Öncelikle kayanın Q, RMR ve GSI'i belirlenmelidir. Bu kesim için Q = 0.31-2.03, RMR = 26 ve GSI =21 olarak tespit edilmiştir. Hesaplamalarda GSI = 21 kullanılacaktır.
3. Arazideki kaya kütlesine ait m_b Hoek-Brown kaya kütle sabiti bulunması için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right) = 2.44 \exp\left(\frac{21 - 100}{28}\right) = 0.15$$ olarak bulunmuştur.

GSI<25 olduğundan s= 0 ve $a = 0.65 - \left(\frac{GSI}{200}\right)$ formülü kullanılmalıdır.

$a = 0.65 - \left(\frac{21}{200}\right) = 0.55$ bulunur.

Şimdi sıra kaya kütlesinin yerindeki asal , normal ve kesme gerilmelerinin bulunması gerekmektedir. Bu konuda Hoek-Bray tarafında yapılan çalışmalarda şu önerilmektedir. Öncelikle küçük asal gerilme için çok sembolik bir değer seçilmelidir. Diğer taraftan sağlam kayanın tek eksenli basma dayanımı $\sigma_{ci}/28$ 'e bölünerek elde edilen değer arazi koşullarındaki üç eksenli basma dayanımı deneyinin ikinci hücre basıncı olsun kabullenmesi yapılmaktadır. Üçüncü aşama hücre basıncı için ikinci 2 ile çarpılmalıdır. Daha sonraki hücre basınçları için ikinci ilave edilmelidir. Bu işlen birinci dahil toplam 8 kez yapılmalıdır. Böylece arazi koşulları için hücre basınçları elde edilmiş olmaktadır.

Öncelikle σ_3' değerleri belirlenmeli, σ_{ci} (=18.2) / 28 = 0.65 = σ_3'

Çizelge Ek 1.3 Kaya kütle m_b sabitini belirlemede kullanılan küçük asal gerilme değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
σ_3'	$1*10^{-10}$	0.65	1.3	1.95	2.6	3.25	3.9	4.55	18.2

Şeklinde küçük asal gerilmeler bulunmuş olmaktadır. Bu değerlerden faydalanarak birincil asal gerilmeler aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir. Burada küçük asal gerilme yaklaşık küçük bir değer alınabilir σ_3=0.00001

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}'} + s \right)^a = 1*10^{-5} + 18.2 \left(0.15 \frac{1*10^{-5}}{18.2} + 0 \right)^{0.5}$$

= 1.65 0larak hesaplanmıştır. Diğer değerlerde aynı şekilde formülde yerine konularak bulunabilir.

Çizelge Ek 1.4 Kaya kütle m_b sabitini belirlemede kullanılan küçük asal gerilme değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
σ_1'	1.65	1.98	3.18	4.26	5.26	6.23	7.16	8.07	36.15

Bu çalışmadan sonra kaya kütlesinin normal gerilmesi alttaki formül kullanılarak hesaplanmalıdır.

Normal $$\sigma_n' = \sigma_3' + \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2 + m_b^a \left(\frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} \right)^{a-1}}$$

$$\sigma_n' = 0.00001 + \frac{1.65 - 0.00001}{2 + 0.55 * 0.15^{0.55} \left(\frac{0.00001}{18.2} \right)^{0.55-1}}$$ = 0.02 dir. Bu değer birinci basamak normal gerilme değeridir. Aynı şekilde diğer normal gerilme değerleri ilgili faktörler yukarıdaki çizelgelerden alınarak formülde yerine konularak bulunabilir. Yapılan çalışmanın sonuçları aşağıdadır.

Çizelge Ek 1.5 Kaya kütle normal gerilmeleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
σ_n'	0.02	1.1	2.1	2.86	3.67	4.48	5.26	6.04	25.53

Aynı şekilde kesme gerilmesi bulunacaktır. Buda yukarıda olduğu gibi aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanacaktır.

$$\tau = \left(\sigma_1' - \sigma_3'\right)\sqrt{am_b^a\left(\frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}}\right)^{a-1}}, \tau = \left(1.65 - 0.00001\right)\sqrt{0.55*0.15^{0.55}\left(\frac{0.00001}{18.2}\right)^{0.55-1}} = 0.23$$

bulunmuştur. Aynı şekilde diğer kesme gerilmeleri τ sıra ile bulunabilir ve bulunan değerler aşağıya çizelgeleştirilmiştir.

Çizelge Ek 1.6 Kaya kütle kesme değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
τ	18.6	1.24	1.50	1.68	1.81	1.93	2.03	2.12	30.91

Üste bulunan değerler ilave olarak kaya kütlesinin çekme mukavemeti de hesaplanacaktır.

Çekme gerilmesi $\sigma_{tm} = \frac{\sigma_{ci}}{2}\left(m_b - \sqrt{m_b^2 + 4s}\right)$ formülü ile hesaplanacaktır.

Değerler yerine konulduğunda $\sigma_{tm} = \frac{18.2}{2}\left(0.15 - \sqrt{0.15^2 + 4*0}\right) = 0$ elde edilir.

Şimdi sıra X ve Y değerlerini bulup Buradan A ve B katsayılarını bularak tasarım için gerekli olan kohezyon ve içsel sürtünme açıları hesaplanacaktır.

$$Y = \log\left(\frac{\tau}{\sigma_{ci}}\right), \qquad X = \log\left(\frac{\sigma_n' - \sigma t_{tm}}{\sigma_{ci}}\right)$$

X değerleri :

$X_1 = \log\left(\frac{0.02}{18.2}\right) = -2.96$ bulunur. Diğer X değerleri de aynı şekilde bulunur. Yapılan hesaplamada bulunan X değerleri çizelgeleştirilmiştir.

Çizelge Ek 1.7 Kaya A ve B sabiti için X değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
X	-2.96	-1.22	-0.94	-0.80	-0.70	-0.61	-0.54	-0.48	-8.25

Benzer şekilde yukarıdaki formülden faydalanılarak Y'nin değerleri bulunup aşağıya Çizelgeleştirilmiştir.

Çizelge Ek 1.8 Kaya A ve B sabiti için Y değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
Y	0.01	-1.17	-1.08	-1.03	-1.00	-0.97	-0.95	-0.93	-7.12

X ve Y değerleri tek Çizelge yapılarak çarpımları ve diğer gerekli olan çarpanlar hesaplanacaktır.

Çizelge Ek 1.9 Kaya A ve B sabiti için X ve Y değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
X	-2.96	-1.22	-0.94	-0.80	-0.70	-0.61	-0.54	-0.48	-8.25
Y	0.01	-1.17	-1.08	-1.03	-1.00	-0.97	-0.95	-0.93	-7.12
X*Y	-0.3	1.43	1.02	0.82	0.70	0.59	0.51	0.45	5.22
X^2	8.76	1.49	0.88	0.64	0.49	0.37	0.29	0.23	13.35

$$B = \frac{\sum XY - \left(\sum X * \sum Y\right)/n}{\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2 n} = \frac{5.22 - (-8.25)(-7.12)/8}{13.35 - (-8.25)^2/8} = -0.44$$ Bunun mutlak değeri

değer yardımı ile A'nın değeri de ilgili girdiler yerine konularak hesaplanmıştır.

$$A = 10^{\left(\left(\sum Y\right)/n - B\left(\sum X\right)/n\right)} = 10^{(-7.12/8 - (0.44(-8.25/8))} = 0.36$$ olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan sonra her bir normal ve kesme gerilmesi etkisinde anlık içsel sürtünme açısı ve anlık kohezyon değerleri aşağıdaki ilgili formüller yarımı ile bulunmuş ve çizelgeleştirilmiştir.

$$C'_i = \tau - \sigma'_{ni} \tan\phi'_i$$

$$Ø_i' = \arctan\left(AB\left(\frac{\sigma'_{ni} - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}}\right)^{B-1}\right) = \arctan\left((0.36*0.44)\left(\left(\frac{(0.02-0)}{18.2}\right)^{-0.56}\right)\right) = 82°$$ ve

kohezyon değeri de $C'_i = 18.6 - 0.02 \tan 82° = 18.45$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Çizelge Ek 1.10 Kaya kütlesinin anlık kohezyon ve içsel sürtünme değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8
$Ø°_i$	82	37	27	24	21	19	17	16
C_i'(MPa)	18.45	0.411	0.429	0.406	0.401	0.387	0.422	0.388

Yukarıdaki bu çalışmalardan sonra yamaç stabilitesini etkileyen etkin parametrenin bulunması aşamasına gelinmiştir. Buraya kadar yapılan hesaplamalarda yardımcı unsurlar belirlenmiştir. Şev stabilitesi etkin parametresinin belirlenmesi seçenekleri:

- Kaya ortam koşullarını yansıtan asal gerilmeler arasındaki eğim 'k' bulunur.

Kaya ortamının asal gerilmeleri arasındaki 'k' eğimin tespit edilmesi gerekir.

Çizelge Ek 1.11 Asal gerilmeler arasındaki eğimin (k) belirlenmesinde kullanılan asal gerilme değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
σ_3'	$1*10^{-5}$	0.65	1.3	1.95	2.6	3.25	3.9	4.55	18.2
σ_1'	0.01	1.98	3.18	4.26	5.26	6.23	7.16	8.07	36.15
$\sigma_1' \sigma_3$	0	1.29	4.14	8.29	13.68	20.25	27.92	36.72	112.29
$\sigma_3'^2$	0	0.42	1.69	3.8	6.76	10.56	15.21	20.70	59.14
n	8								

$$k=\frac{\sum\sigma_1\sigma_3-\sum\sigma_1\sum\sigma_3/n}{\sum\sigma_3^2-\left(\sum\sigma_3\right)^2/n} = \frac{112.29-18.2*36.15/8}{59.14-18.2^2/8} = 1.69$$

yukarı çizelgedeki veriler kullanılarak 'k'nin bulunmuştur. Asal gerilmeler arasındaki bu değer kullanılarak içsel sürtünme açısı Ø° hesaplanabilir.

$$\text{Sin } Ø^\circ = \frac{k-1}{k+1} = \frac{1.69-1}{1.69+1} = 14.8^\circ$$

; kaya kütlesinin tek eksenli basma dayanımı değeri $\sigma_{cm} = \sum\sigma_1'/n - k\sum\sigma_3'/n$ formülü ile bulunabilir.

σ_{cm} = 73.8 / 8 – 1.65*18.2 / 8 = 0.674 MPa olarak hesaplanmıştır.

Aynı kaya kütlesi için kohezyon değeri

$c' = \sigma_{cm} \frac{(1 - \sin\phi')}{2\cos\phi'}$ formülü ile bulunabilir

$c' = \sigma_{cm} \frac{(1 - \sin\phi')}{2\cos\phi'} = 0.674 \frac{(1 - \sin 14.8)}{2\cos 14.8} = 0.259$ MPa Bulunmuştur.

Çizelge Ek 1.12 Sağlam kaya ve kaya kütle değerleri

Sağlam kayanın lab. sonuçlarına göre dayanım değerleri		Kaya kütlesinin(arazi şartlarındaki) jeolojik koşulları içeren dayanım değerleri	
σ'_{ci} (MPa)	18.2	0.674	σ_{cm} (MPa)
C' (MPa)	19.3	0.259	C' (MPa)
$\phi°$	24	14. 8	$\phi°$

Ek 2 Kaya Sınıflamasında Kullanılan Q Çizelgesi

ÇİZELGE: 1) RQD, Jn, Jr TANIMLAMALARI VE SAYISAL DEĞERLENDİRMESİ

1. KAYA KALİTE TANIMI (RQD)

A.	Çok zayıf	0-25
B.	Zayıf	25-50
C.	Orta	50-75
D.	İyi	75-90
E.	Çok iyi (mükemmel)	90-100

Not:

(i) RQD≤10 (0 dahil)ise, Q'nun hesaplamasında 10 gibi bir nominal değer kullanılır.

(ii) RQD için 100, 95, 90 ..... v.b. gibi 5'lik aralıklar yeterlidir.

2. EKLEM TAKIMI SAYISI (Jn)

A.	Masif, eklem çok az veya hiç yok	0.5-1.0
B.	Bir eklem takımı	2
C.	Bir eklem takımı ve gelişigüzel eklemler	3
D.	İki eklem takımı	4
E.	İki eklem takımı ve gelişigüzel eklemler	6
F.	Üç eklem takımı	9
G.	Üç eklem takımı ve gelişigüzel eklemler	12
H.	Dört veya daha fazla eklem takımı, gelişigüzel,çok fazla sayıda, küp şeker görünümünde	15
J.	Parçalanmış kaya, toprak görünümünde	20

Not:

(i) Arakesitleri için (3.0xJn) kullanılır.

(ii) Portallar (girişler) için (2.0xJn) kullanılır.

3. EKLEM PÜRÜZLÜLÜK SAYISI (Jr)

(a) Sürekzislik dokanağı ve
(b) 10 cm kayma öncesi sürekzislik dokanağı

A.	Süreksiz eklemler	4
B.	Pürüzlü veya düzensiz,dalgalı	3
C.	Düz, dalgalı	2
D.	Sürtünme izli, dalgalı	1.5
E.	Pürüzlü veya düzensiz, düzlemsel ..	1.5
F.	Düz, düzlemsel	1.0
G.	Sürtünme izli, düzlemsel	0.5

Not:

(i) İlgili eklem takımının ortalama aralığı 2 m'den daha büyük ise 1.0 ilave edilebilir.

(ii) Minimum direnc göre yönlenmesi koşuluyla, lineasyonlara sahip düzlemsel sürtünme yüzlü eklemler için Jr=0.5 kullanılabilir.

ÇİZELGE: 1) DEVAMI

(c) Kaymaya uğradığında süreksizlik dokanağı yok

H. Süreksizlik duvarlarının birbirine temasını önleyecek yeteri kalınlıkta kil minerali içeren zon 1.0

J. Süreksizlik duvarlarının birbirine temasını önleyecek yeteri kalınlıktaki kumlu, çakıllı ya da parçalanmış zon 1.0

ÇİZELGE: 2) Ja ve Jw TANIMLAMALARI VE SAYISAL DEĞERLENDİRMESİ

4. EKLEM ALTERASYON SAYISI	(Ja)	ø(Yaklaşık derece)
(a) Süreksizlik dokanağı		
A. Sıkıca bağlanmış,sert,yumuşamayan geçirimsiz dolgu (örneğin kuvars veya epidot)	0.75	(-)
B. Altere olmamış eklem yüzeyleri, yalnızca yüzeysel kirlenme	1.0	(25°-35°)
C. Az altere olmuş eklem yüzeyleri, yumuşamayan mineral kaplamaları, kum taneleri, kil içermeyen kaya parçaları vs.	2.0	(25°-30°)
D. Siltli veya kumlu-kil kaplamaları, küçük kil fraksiyonu (yumuşak değil)	3.0	(20°-25°)
E. Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil minerali kaplamaları,örneğin; kaolen veya mika. Ayrıca klorit, talk,jips,grafit vs.ve az miktarda şişen killer	4.0	(8°-16°)
(b) 10 cm kayma öncesi süreksizlik dokanağı		
F. Kum tanelir, kil içermeyen parçalanmış kaya vs.	4.0	(25°-30°)
G. Aşırı konsolide olmuş,yumuşamayan kil minerali dolguları (sürekli, ancak 5mm'den az kalınlıkta)	6.0	(16°-24°)
H. Orta veya düşük derecede konsolide olmuş yumuşayan kil minerali dolguları (sürekli, ancak 5mm'den az kalınlıkta)	8.0	(12°-16°)

ÇİZELGE: 2) DEVAMI

J.	Şişen kil dolguları, örneğin; montmorillonit (sürekli,ancak 5mm den az kalınlıkta)Ja değeri şişen kil boyutundaki tanelerin yüzdesine ve suyun etkisine bağlıdır.....	8-12	(6°-12°)
	(c) Kaymadığı zaman süreksizlik dokanağı yok		
K.	Parçalanmış kaya veya kil zonları veya bantları (kil durumunun tanımlanması için G, H ve J'ye bakınız)	6-8 veya (8-12)	(6°-24°)
L.	Siltli veya kumlu kil zonları veya bantları, düşük kil fraksiyonu (yumuşamayan)	5.0	(-)
M.	Kalın, sürekli kil zonları veya bantları (kil durumunun tanımlanması için G,H ve J'ye bakınız	10-13 veya 13-20	(6°-24°)

5. EKLEM SU AZALTMA FAKTÖRÜ	(Jw)	Yaklaşık Su Basıncı (kg/cm2)
A. Kuru kazılar ya da küçük sızma, örneğin;lokal olarak <5lt/dak.	1.0	<1
B. Orta derecede su gelişi veya basınç,yer yer eklem dolgularının yıkanması	0.66	1-2.5
C. Dolgusuz,eklemli,dayanıklı kayada büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç	0.5	2.5-10
D. Büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç, eklem dolgularının fazlaca yıkanması	0.33	2.5-10
E. Patlatmada son derece fazla su gelişi veya su basıncı, zamanla azalan	0.2-0.1	10
F. Zamanla azalmaksızın devam eden son derece fazla su gelişi veya su basıncı	0.1-0.05	>10

Not:

(i) C ile F faktörleri kaba tahminlerdir Şayet drenaj ölçümleri yapılırsa Jw artırılır

(ii) Buz oluşumunda kaynaklanan özel problemler dikkate alınmamıştır

ÇİZELGE: 3) SRF TANIMLAMASI VE SAYISAL DEĞERLENDİRMESİ

6. GERİLİM AZALTMA FAKTÖRÜ (SRF)

(a) Kazıyı kesen zayıf zonlar, tünel kazılırken kaya kütlesinin gevşemesine neden olabilir.

A.	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren zayıf zonlar, çok gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)	10
B.	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği <50m)	5
C.	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği >50m)	2.5
D.	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta birden fazla makaslama zonu, gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)	7.5
E.	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu (kazı derinliği <50m)	5.0
F.	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu (kazı derinliği >50m)	2.5
G.	Gevşek ve açık eklemler, fazla eklemli "küp şekeri" görünümlü (herhangi bir derinlikte)	5.0

(b) Dayanıklı kaya, kaya gerilimi sorunları

		σ_c/σ_1	σ_t/σ_1	(SRF)
H.	Düşük gerilim, yüzeye yakın	>200	>13	2.5
J.	Orta derecede gerilim	200-10	13-0.66	1.0
K.	Yüksek gerilim, çok sıkı yapı (genellikle stabiliteye uygun, duvar stabilitesi için uygun olmayabilir)	10-5	0.66-0.33	0.5-2
L.	Az kaya patlaması (masif kaya)	5-25	0.33-0.16	5-10

Not:

(i) İlgili kayma zonları yalnızca kazıyı etkiliyor, ancak kesmiyorsa, SRF'nin bu değerleri %25-50 miktarında azaltılmalıdır.

(ii) Oldukça anizotrop bakir bir gerilim alanı için (ölçülebilirse): $5 \leqslant \sigma_1/\sigma_3 \leqslant 10$ olduğunda σ_c ve σ_t; 0.8 σ_c ve 0.8 σ_t'ye düşürülür. $\sigma_1/\sigma_3 > 10$ olduğunda σ_c ve σ_t 0.6 σ_c ve 0.6 σ_t'ye düşürülür. Burada; σ_c tek eksenli sıkışma dayanımı ve σ_t çekme dayanımı ve σ_1 ile σ_3 de büyük ve küçük asal gerilimlerdir.

ÇİZELGE: 3) DEVAMI

M.	Aşırı kaya patlaması (masif kaya)	<2.5	>0.16	10-20
	(c) Yüksek kaya basıncının etkisi altında dayanımsız kayaçta plastik akma			
N.	Az sıkışan kaya basıncı			5-10
O.	Fazla sıkışan kaya basıncı			10-20
	(d) Suyun varlığına bağlı olarak kimyasal şişme aktivitesi			
P.	Az şişen kaya basıncı			5-10
R.	Fazla şişen kaya basıncı			10-15

(iii) Yüzey altındaki taç (crown) derinliğinin açıklık genişliğinden daha az olduğu yerlere ait bazı bitmiş proje kayıtları mevcuttur. Bu tip durumlar için SRF'nin 2.5'dan 5'e çıkarılması önerilir.

Ek 3 Kaya Sınıflamasında Kullanılan RMR Çizelgesi

RMR KAYA SINIFLAMASI (Bieniawski, 1989).

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER								
Parametreler			Değer Aralığı					
1	Sem Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Bu aralıkta tek eksenli basınç dayanımı yeğlenir	
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 MPa	100-250 Mpa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100 %	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25 %		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Eklem Aralıkları		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz-E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm. Çok ayrışmaa eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm. veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumusak Dolgu >5mm veya Açıklık > 5 mm Sürekli	
	Değerlendirme		30	25	20	10	0	
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m.si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125	
		(Eklem suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
		Genel durumlar	Bütünüyle Kuru	Islak	Yaş	Sızıntı	Akıntı	
		Değerlendirme	15	10	7	4	0	

B. SÜREKSİZLİKLERİN KONUMU İÇİN DEĞER DUZELTME						
Eklemlerin Doğrultu ve Eğimi		Cok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Cok Olumsuz
Değerlendirme	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	

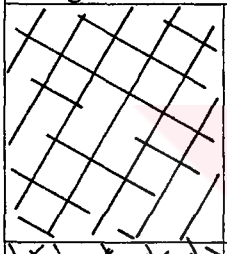
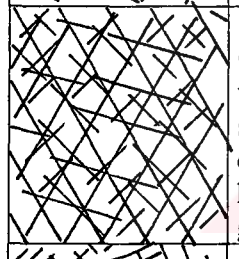
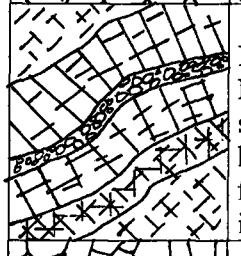
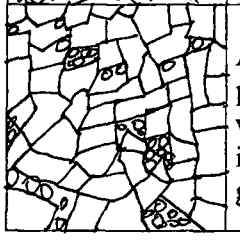
C. TOPLAM DEĞERLENDIRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ					
Değerlendirme	100 ___ 81	80 ___61	60 ___41	40 ___21	<21
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Nitel Tanım	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya

D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI					
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Ortalama kendini tutma suresi	15 m açıklık için 20 yıl	10 m açıklık için 1 yıl	5 m açıklık için 1.hafta	2.5m açıklık için 10 sa.	1 m açıklık için 30 dak.
Kaya kütlesinin kohezyonu (KPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	<100
Kaya kütlesinin içsel sürtünme (°)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA OZGÜ SINIFLAMA KILAVUZU					
Süreksizlik uzunluğu Değerlendirme	<1 m 6	1-3 m 4	3-10 m 2	10-20 m 1	>20 m 0
Açıklık Değerlendirme	Yok 6	<0.1 mm 5	0.1-1.0 mm 4	1-5 mm 1	> 5 mm 0
Pürüzlülük Değerlendirme	Çok Pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az Pürüzlü 3	Pürüzsüz 1	Cilalı Yüzlü 0
Dolgu Değerlendirme	Yok 6	Sert dolgu < 5 mm 4	Sert dolgu > 5 mm 2	Yumuşak dolgu < 5 mm 2	Yumuşak dolgu >5mm 0
Ayrışma Değerlendirme	Taze 6	Az ayrışmalı 5	Orta ayrışmalı 3	Çok Ayrışmalı 1	Bütünüyle Ayrışmalı 0

F. SÜREKSIZLIKLERIN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKILERI			
Doğrultu Tünel Eksenine Dik		Doğrultu Tünel Eksenine Paralel	
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90°	Dalım yönünde ilerleme Dalım 20-45°	Dalım 45-90°	Dalım 20-45°
Çok uygun	Uygun	Çok uygun	Ortar
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90°	Dalıma karşı ilerleme Dalım 20-45°	Doğrultudan bağımsız Dalım 0-20°	
Orta	Olumsuz	Orta	

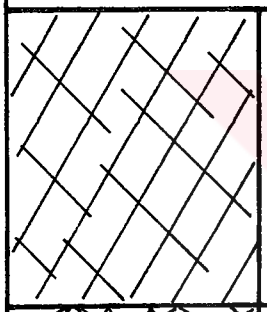
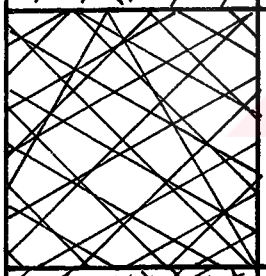
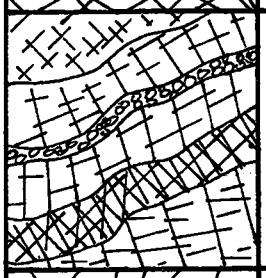
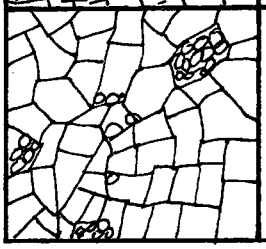
Ek 4.3 Eklem Ayrışma ve İç Bağlanmaya Dayanan Kaya Kütle Karakteristiği Çizelgesi

MUKAVEMET TAHMİNİ İÇİN KAYA KÜTLE TAHMİNİ Kayaçların yerindeki görünümlerine dayanan ve bozulmamış niteliklerini dikkate alarak yapılan sınıflamadır. Patlatma sonucu oluşan yeni yüzlekler kayacın derinlikle özelliklerinin tahmininde yanlışa sebep olabilir. Patlatmanın sebep olduğu hasar düzeltmesi gereklidir. Bu düzeltmede sondaj karotları, ön kesmeli patlatma veya yumuşak patlatmalar faydalı olabilir. Ayrıca Hoek-Brown kıstasları yalnızca çok çatlaklı ve küçük boyutlu blok oluşturulabilen kaya ortamları için geçerli olduğu dikkate alınmalıdır.		**Yüzey Şartları**	**Çok İyi** Çok pürüzlü, taze ve ayrışmamış yüzeyler	**İyi** Yüzeyler pürüzlü v e orta yada ayrışmış	**Orta** Düz yüzeyler, orta veya ayrışmış yüzeyler	**Zayıf** Yüzeyler kaymadan dolayı cilalanmış, yüzeyler kil kaplamalı yada taneli parçalarla dolgulu	**Çok Zayıf** Yüzeyler kaymadan dolayı cilalanmış, yumuşak kil sıvalı veya dolgulu ileri derecede ayrışmış yüzey
	**BLOKLU** üç ortogonal süreksizliklerle kübik olarak şekillendirilmiş, bozuşmamış ve çok iyi iç-içe geçmiş	Kaya Parçalarının İç Bağları Zayıflamaktadır	**B/Çİ**	**B/İ**	**B/O**	**B/Z**	**B/ÇZ**
	**ÇOK BLOKLU** dört veya daha fazla süreksizlik seti ile oluşturulmuş açılı, kısmi bozuşmuş iç-içe geçmiş		**ÇB/Çİ**	**ÇB/İ**	**ÇB/O**	**ÇB/Z**	**ÇB/ÇZ**
	**BLOKLU/PARÇALANMIŞ** bir çok süreksizlikler içeren, kıvrımlanmış, faylanmış köşeli bloklar içermektedir.		**BP/Çİ**	**BP/İ**	**BP/O**	**BP/Z**	**BP/ÇZ**
	**AYRIŞMIŞ** çok parçalanmış yuvarlak ve köşeli parçalar içermekte ve iç-içe geçmesi zayıf		**A/Çİ**	**A/İ**	**A/O**	**A/Z**	**A/ÇZ**

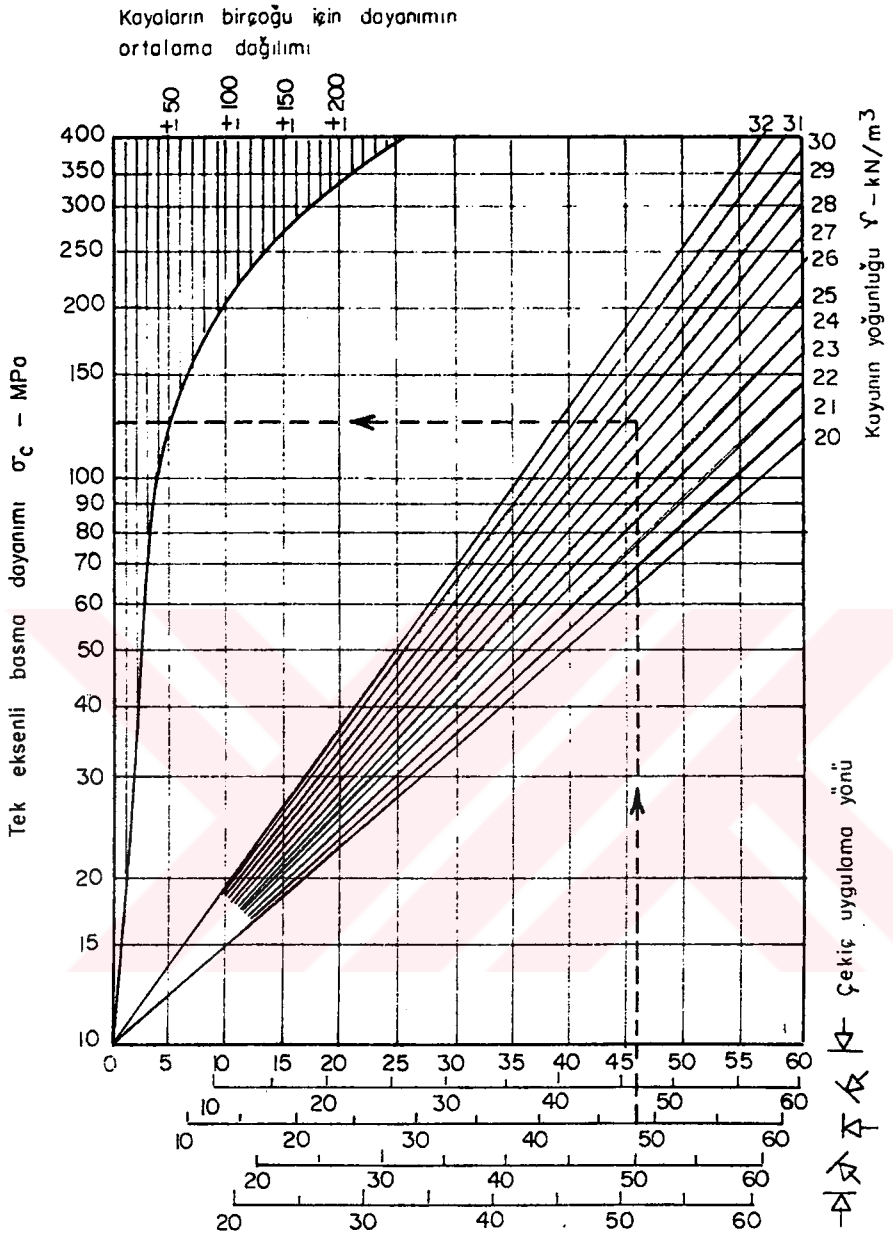
Ek 4.4 Eklem Ayrışma ve İç Bağlanmaya Dayanan GSI Çizelgesi

MUKAVEMET TAHMİNİ İÇİN KAYA KÜTLE TAHMİNİ

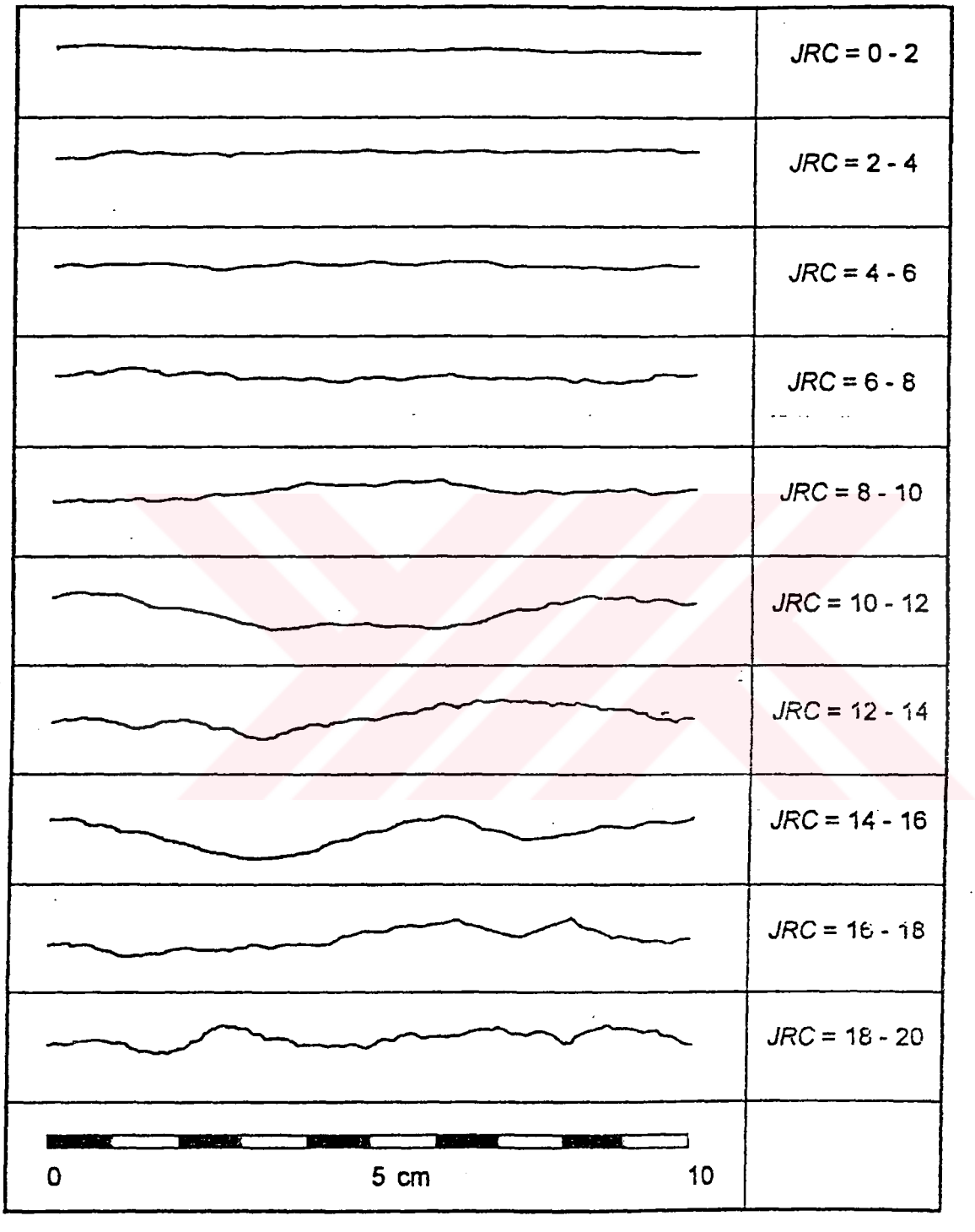
Kayaçların yerindeki görünümlerine göre yapılan sınıflandırmadaki harflendirme ile tahmin edilen **Jeolojik Mukavemet İndeksi** aşağıdaki sayısallaştırılan eş eğriler vasıtası ile **GSI** belirlenir.

Kaya Parçalarının İç Bağları Zayıflamaktadır	**Yüzey Şartları**	**Çok İyi** Çok pürüzlü, taze ve ayrışmamış yüzeyler	**İyi** Yüzeyler pürüzlü v e orta yada ayrışmış	**Orta** Düz yüzeyler, orta veya ayrışmış yüzeyler	**Zayıf** Yüzeyler kaymadan dolayı cilalanmış, yüzeyler kil kaplamalı yada taneli	**Çok Zayıf** Yüzeyler kaymadan dolayı cilalanmış, yumuşak kil sıvalı veya dolgulu ileri derecede ayrışmış yüzey
	**BLOKLU** üç ortogonal süreksizliklerle kübik olarak şekillendirilmiş, bozuşmamış ve çok iyi iç-içe geçmiş	80	70			
	**ÇOK BLOKLU** dört veya daha fazla süreksizlik seti ile oluşturulmuş açılı, kısmi bozuşmuş iç-içe geçmiş		60	50		
	**BLOKLU/PARÇALANMIŞ** bir çok süreksizlikler içeren, kıvrımlanmış, faylanmış köşeli bloklar içermektedir.			40	30	
	**AYRIŞMIŞ** çok parçalanmış yuvarlak ve köşeli parçalar içermekte ve iç-içe geçmesi zayıf				20	10

Ek 5 Schimidt Sertliği ile Kaya Tek Eksenli Basınç Dayanımı Arasındaki İlişki (Deer ve Miller, 1966)



Ek 6 Eklem Pürüzlülüğü (JRC) ve Sayısal Karşılığı (Barton ve Choubey, 1977)



Ek 7 Sondaj Logları

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO: UB-1 SAYFA NO / PAGE NO : 1/3

İŞVEREN /CLIENT : GMÖ ADİ ORTAK	ZEM. KOTU/GROUND ELEV. (m): 20.22	YERALTI SUYU DURUMU / GROUND WATER DATA			
SOND. YERİ /BORING LOC.: GİRESUN	KOORD. /COORD. N-S(x) :4537176.02	DERİNLİK DEPTH (m)	TARİH DATE	SAAT HOUR	AÇIKLAMALAR REMARKS
MAKİNA TİPİ/RIG TYPE : DIAMEC 262	KOORD. /COORD. E-W(y) : 468146.36				
SOND. METH./DRILL METH.: ROTARİ/ ROTARY	İSTASYON /STATION (Km): 17+200	12.00	07.02.1999	15.00	D: 30.00 m
BAŞL. TAR. /START DATE : 05.02.1999	SAPMA /OFFSET (m): Sağ 8.00				
BİT. TAR. /FINISH DATE: 07.02.1999	DERİNLİK /DEPTH (m): 30.00				

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEAT
1	1	RC								29	0	Sarımsı kahverenkli, bloklu, killi, kumlu ÇAKIL (Yamaç Molozu)			
		1.50	89												
2	2	RC								36	0				
3		3.00	3.00										3.00		
	3	RC							Açık, düzlemsel - yer yer ondülasyonlu, kil dolgulu, Feo boyanmalı pürüzlü.	49	15				
4		4.00													
	4	RC								50	20				
5		5.00			56	%15						AGLOMERA; Gri renkli, ince - orta taneli, orta sert, orta dayanımlı, orta derecede ayrışmış.			
	5	RC					40			100	39				
6		6.00													
	6	RC					50			100	10	0.00 - 5.00 m'ler arası çok zayıf, tamamen ayrışmış.			
7		7.00													
	7	RC					45			100	38	8.70 - 10.30 m 14.75 - 15.65 m'ler arası zayıf, çok ayrışmış (parçalı).			
8		8.00													
	8	RC					45			100	46				
9		9.00													
	9	RC								100	0				
10		10.00													

KAYA KALİTESİ TANIMI ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)	AÇIKLAMALAR / EXPLANATIONS	NOTLAR / NOTES: 18.00 - 21.00 metreler arasında Basınçlı Su Testi = BST (Paker Deneyi = PD) yapılmıştır.
0 - 25 % ÇOK ZAYIF / VERY POOR 25 - 50 % ZAYIF / POOR 50 - 75 % ORTA / FAIR 75 - 90 % İYİ / GOOD 90 - 100 % ÇOK İYİ / EXCELLENT	RC=KAROT NUMUNE CORE SAMPLE DAY.= DAYANIM STR.= STRENGTH AYR.= AYRIŞMA WEAT= WEATHERING	

SONDÖR/DRILLER	LOG YAPAN/LOGGED BY	ONAYLAYAN/APPROVED BY
Tevrat Demirci	Hasan Seyrek	Şenol Sözer

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1 SAYFA NO / PAGE NO : 2/3

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
	10	RC								100	55				
11		11.00													
	11	RC					45			100	62				
12		12.00							Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
13	12	RC								100	45				
14															
15		15.00											15.00		
16	13	RC		Dst	56	%100				100	36				
17															
18		18.00				18.00									
19	14	RC		Dst		PD1			Açık, düzlemsel yer yer ondüleli, kil dolgulu, dissimine pirit saçınımları gözlenmekte Feo boyanmalı pürüzlü	100	66	DASİT; Gri - koyu gri, ince orta taneli, orta sert, orta dayanımlı - dayanımlı az ayrışmış - orta derecede ayrışmış.			
20															
21		21.00				21.00						15.00 - 17.50 m'ler arası çok zayıf, tamamen ayrışmış.			
22	15	RC		Dst						100	64				
23															
24		24.00													
25	16	RC		Dst						100	41				

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1 SAYFA NO / PAGE NO : 3/3

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KARCT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR WEA
	16	RC		x Dst x						100	41				
27		27.00		x Dst x											
				x Dst x	56	%15			Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
28				x Dst x											
	17	RC		x Dst x						100	40				
29				x Dst x											
30		30.00										KUYU SONU Not: Kuyuya 3 metre PVC yerleştirildi.	30.00		
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO: UB-1A SAYFA NO / PAGE NO : 1/5

İŞVEREN /CLIENT : GMÖ ADİ ORTAK	ZEM. KOTU/GROUND ELEV. (m): 60.16	YERALTI SUYU DURUMU / GROUND WATER DATA			
SOND. YERİ /BORING LOC.: GİRESUN	KOORD. /COORD. N-S(x) :4537194.84	DERİNLİK DEPTH (m)	TARİH DATE	SAAT HOUR	AÇIKLAMALAR REMARKS
MAKİNA TİPİ/RIG TYPE : DIAMEC 262	KOORD. /COORD. E-W(y) : 468181.42				
SOND. METH./DRILL METH.: ROTARİ/ ROTARY	İSTASYON /STATION (Km): 17+239	31.00	07.04.1999	18.00	D:65.00 m
BAŞL. TAR. /START DATE : 04.04.1999	SAPMA /OFFSET (m): Sol 0.11				
BİT. TAR. /FINISH DATE: 07.04.1999	DERİNLİK /DEPTH (m): 65.00				

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEAT
1	1	RC								25	0				
2		2.00	89												
3	2	RC								25	0	0.00 - 4.00 m arası, çok zayıf, çok ayrışmış (parçalı)			
4		4.00							Açık, düzlemsel, yer yer ondülasyonlu Feo boyanmalı kil dolgulu, pürüzlü.						
	3	RC	4.50		56	%100				100	21	AGLOMERA - KAYNAKLANMIŞ TÜF ardalanması; Sarımsı kahve ve gri renkli, ince - orta taneli, orta sert, orta dayanımlı, orta derecede ayrışmış.			
5		5.00													
	4	RC								100	61				
6		6.00													
7	5	RC								100	64				
8		8.00													
9	6	RC								100	83				
10		10.00													

KAYA KALİTESİ TANIMI ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)	AÇIKLAMALAR / EXPLANATIONS
0 - 25 % ÇOK ZAYIF / VERY POOR	RC=KAROT NUMUNE CORE SAMPLE
25 - 50 % ZAYIF / POOR	DAY.= DAYANIM
50 - 75 % ORTA / FAIR	STR.= STRENGTH
75 - 90 % İYİ / GOOD	AYR.= AYRIŞMA
90 - 100 % ÇOK İYİ / EXCELLENT	WEAT= WEAT'

NOTLAR / NOTES: 13.00 - 16.00, 33.00 - 36.00 ve 51.00 - 54.00 metreler arasında Basınçlı Su Testi = BST, (Paker Deneyi = PD) yapılmıştır.

SONDÖR/DRILLER	LOG YAPAN/LOGGED BY	ONAYLAYAN/APPROVED BY
Tevrat Demirci	Hasan Seyrek	Şenol Sözer

SPEKTRA JEOTEK ANKARA

PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU
PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / BORING NO : UB-1A

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
11															
	7	RC								100	67				
12							50								
13		13.00				13.00									
	8	RC					30			66	10				
14						PD1									
		14.50													
15	9	RC								66	19				
16		16.00				16.00									
17	10	RC			56	%100			Yukarısı gibi	50	25	Yukarısı gibi			
18		18.00													
19															
	11	RC								66	32				
20															
21		21.00													
22															
	12	RC								100	59				
23															
24		24.00													
25	13	RC					35			100	23				

JEOTEK ANKARA	İSMİ / [illegible] - ESPİYE [illegible] TÜLÜ PROJE YERİ / PROJECT LOCATION: ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1A SAYFA NO / PAGE NO : 3/5

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR WEA
	13	RC								100	23				
27		27.00													
28	14	RC							Açık, düzlemsel, kil dolgulu, pürüzlü, yer yer pürüzsüz.	100	61	Yukarısı gibi			
29															
30		30.00													
31	15	RC							Açık, düzlemsel, yer yer ondülasyonlu Feo boyanmalı kil dolgulu, pürüzlü.	100	28				
32					56	%100									
												DASİT; Gri renkli, ince taneli, orta sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmış.	32.50		
33		33.00		Dst		33.00									
34	16	RC				PD2				100	71		33.80		
35							35								
36		36.00				36.00									
37	17	RC							Açık, düzlemsel kil dolgulu, pürüzlü, yer yer pürüzsüz.	100	58				
38												AGLOMERA - TÜF Sarımsı kahve ve gri renkli, ince - orta taneli, orta sert, orta dayanımlı, orta derecede ayrışmış.			
39		39.00													
40	18	RC								100	75				
41															

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1A SAYFA NO / PAGE NO : 4/5

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR WEA
43															
	19	RC								100	75				
44							30								
45		45.00							Açık, düzlemsel, yer yer ondülasyonlu Feo boyanmalı kil dolgulu, pürüzlü.						
46	20	RC								80	42				
47															
		47.50													
48	21	RC								66	35	Yukarısı gibi			
49		49.00			56	%100									
50	22	RC								100	62				
51		51.00				51.00									
52	23	RC				PD3				100	66				
53													53.35		
54		54.00		x Dst x		54.00			Açık, düzlemsel kil dolgulu, pürüzlü, yer yer pürüzsüz.			DASİT; Gri renkli, ince taneli, orta sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmış.			
55				x Dst x											
56	24	RC		x Dst x						66	28	53.50 - 58.80 m'ler arası ezik, yer yer tamamen ayrışmış. (Ezilme Zonu)			
57				x Dst x											
		57.50		x Dst											

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1A SAYFA NO / PAGE NO : 5/5

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. ROD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
	25	RC		x Dst x					Yukarısı gibi	50	0				
59		59.00		x Dst x											
	26	RC		x Dst x					Açık, düzlemsel, yer yer ondülasyonlu Feo boyanmalı kil dolgulu, pürüzlü.	100	57				
60		60.00		x Dst x											
	27	RC		x Dst x						51	23				
61		61.00		x Dst x											
	28	RC		x Dst x	56	%100				57	40	Yukarısı gibi			
62		62.00		x Dst x											
63				x Dst x					Açık, düzlemsel, kil dolgulu, pürüzlü, yer yer pürüzsüz.						
	29	RC		x Dst x						83	23				
64				x Dst x											
65		65.00											65.00		
												KUYU SONU Not: Kuyuya 3 m PVC yerleştirildi.			
66															
67															
68															
69															
70															
71															
72															
73															

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO: UB-1B SAYFA NO / PAGE NO : 1/6

İŞVEREN /CLIENT : GMÖ ADİ ORTAK	ZEM. KOTU/GROUND ELEV. (m): 83.42	YERALTI SUYU DURUMU / GROUND WATER DATA			
SOND. YERİ /BORING LOC.: GİRESUN	KOORD. /COORD. N-S(x) :4537191.27	DERİNLİK DEPTH (m)	TARİH DATE	SAAT HOUR	AÇIKLAMALAR REMARKS
MAKİNA TİPİ/RIG TYPE : DIAMEC 262	KOORD. /COORD. E-W(y) : 468220.50				
SOND. METH./DRILL METH.: ROTARİ/ ROTARY	İSTASYON /STATION (Km): 17+276	20.00	03.04.1999	18.00	D:86.00 m
BAŞL. TAR. /START DATE : 01.04.1999	SAPMA /OFFSET (m): Sağ 14.07				
BİT. TAR. /FINISH DATE: 03.04.1999	DERİNLİK /DEPTH (m): 86.00				

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEAT
1	1	RC								50	0				
2		2.00													
3	2	RC								40	0				
4		4.50	89		56	%100			Açık, düzlemsel, yer yer ondülasyonlu, Feo boyanmalı kil dolgulu pürüzlü.			KAYNAKLANMIŞ AGLOMERA; Sarımsı kahverenkli ve gri renkli, ince - orta taneli, orta sert, dayanımlı - orta dayanımlı orta derecede ayrışmış - az ayrışmış.			
5	3	RC								100	70				
6		6.50										0.00 - 4.50 m arası; çok zayıf, tamamen ayrışmış.			
7	4	RC								100	68				
		7.50										7.50 - 9.00 m arası; zayıf, çok ayrışmış.			
8	5	RC					30			66	0				
9		9.00	9.00												
	6	RC								100	64				
10															

KAYA KALİTESİ TANIMI ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)	AÇIKLAMALAR / EXPLANATIONS	NOTLAR / NOTES: 12.00 - 15.00, 30.00 - 33.00, 45.00 - 48.00 ve 66.00 - 69.00 metreler arasında Basınçlı Su Testi = BST, (Paker Deneyi = PD) yapılmıştır.
0 - 25 % ÇOK ZAYIF / VERY POOR 25 - 50 % ZAYIF / POOR 50 - 75 % ORTA / FAIR 75 - 90 % İYİ / GOOD 90 - 100 % ÇOK İYİ / EXCELLENT	RC=KAROT NUMUNE CORE SAMPLE DAY.= DAYANIM STR.= STRENGTH AYR.= AYRIŞMA WEAT= WEATHERING	

SONDÖR/DRILLER	LOG YAPAN/LOGGED BY	ONAYLAYAN/APPROVED BY
Tevrat Demirci	Hasan Seyrek	Şenol Sözer

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1B SAYFA NO / PAGE NO : 2/6

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
11	6	RC								100	64				
12		12.00				12.00									
13	7	RC				PD1	90			100	35	13.00 - 14.00 m arası; zayıf, çok ayrışmış.			
14															
15		15.00				15.00							15.00		
16	8	RC		Dst						100	81				
17				Dst	56	%100	40		Yukarısı gibi			DASİT; gri renkli, ince taneli, orta sert, orta zayıf, ezik, tamamen ayrışmış.			
18		18.00													
19	9	RC		Dst						100	39	19.00 - 20.00 m arası; zayıf, çok ayrışmış.			
20				Dst											
21		21.00											20.90		
22	10	RC								100	79	KAYNAKLANMIŞ AGLOMERA; Sarımsı kahverenkli ve gri renkli, ince - orta taneli, orta sert, dayanımlı - orta dayanımlı orta derecede ayrışmış - az ayrışmış.			
23															
24		24.00													
25	11	RC								100	73				

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-18 SAYFA NO / PAGE NO : 3/6

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR WEA
	11	RC								100	73				
27		27.00													
28															
	12	RC								100	57				
29															
30		30.00				30.00									
31															
	13	RC				PD2				100	85				
32															
							30								
33		33.00				33.00									
34					56	%100			Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
	14	RC								100	45				
35															
36		36.00													
37															
	15	RC								100	82				
38															
							90								
39		39.00													
40															
	16	RC								100	77				
41															

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1B SAYFA NO / PAGE NO : 4/6

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR WEA
				x Dst								DASİT;			
43												gri renkli,	42.60		
												ince taneli,			
	17	RC								100	40	orta sert,			
												orta zayıf,			
44												orta derecede ayrışmış.			
												(Ezilme zonu)			
45		45.00				45.00									
46															
	18	RC				PD3				100	78				
47															
48		48.00				48.00									
49					56	%100			Yukarısı gibi						
	19	RC								100	87				
50												KAYNAKLANMIŞ AGLOMERA;			
												Sarımsı kahverenkli ve			
												gri renkli,			
51		51.00										ince - orta taneli,			
												orta sert,			
												dayanımlı - orta dayanımlı			
52												orta derecede ayrışmış.			
	20	RC								100	91	48.50 - 86.00 m arası;			
53												gri renkli.			
54		54.00													
55															
	21	RC								100	78				
56															
57		57.00													

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1B SAYFA NO / PAGE NO : 5/6

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
59	22	RC								100	97				
60		60.00													
61	23	RC								100	92				
62															
63		63.00													
64	24	RC			56	%100			Yukarısı gibi	100	92	Yukarısı gibi			
65							25								
66		66.00				66.00									
67	25	RC				PD4				100	88				
68															
69		69.00				69.00									
70	26	RC								100	60				
71		71.00													
72	27	RC								100	86				
73															

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-1B SAYFA NO / PAGE NO : 6/6

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
75															
	28	RC								100	85				
76															
77		77.00													
78															
	29	RC								100	88				
79															
80		80.00													
					56	%100			Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
81															
	30	RC								100	88				
82															
83		83.00													
84															
	31	RC								100	85				
85															
86		86.00											86.00		
												KUYU SONU Not; Kuyuya 3 m PVC yerleştirildi.			
87															
88															
89															

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO: UB-2 SAYFA NO / PAGE NO : 1/8

İŞVEREN /CLIENT : GMÖ AOİ ORTAK	ZEM. KOTU/GROUND ELEV. (m): 117.47	YERALTI SUYU DURUMU / GROUND WATER DATA				
SOND. YERİ /BORING LOC.: GİRESUN	KOORD. /COORD. N-S(x) :4537230.58	DERİNLİK DEPTH (m)	TARİH DATE	SAAT HOUR	AÇIKLAMALAR REMARKS	
MAKİNA TİPİ/RIG TYPE : DIAMEC 262	KOORD. /COORD. E-W(y) : 468282.47					
SOND. METH./DRILL METH.: ROTARİ/ ROTARY	İSTASYON /STATION (Km): 17+345	76.00	20.02.1999	17.00	D: 115.00 m	
BAŞL. TAR. /START DATE : 11.02.1999	SAPMA /OFFSET (m): Sol 6.50					
BİT. TAR. /FINISH DATE: 20.02.1999	DERİNLİK /DEPTH (m): 115.00					

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEAT
		0.00													
1	1	RC								33	0				
2															
3		3.00							Açık, düzlemsel yer yer ondüleli, kil dolgulu, Feo boyanmalı Bazı kısımlar yer yer çok parçalı olduğundan süreksizlik gözlenemedi.			KAYNAKLANMIŞ AGLOMERA - TÜF; Kirli beyaz ve yeşilimsi gri renkli, ince taneli, zayıf - orta zayıf, çok ayrışmış - orta derecede ayrışmış, yer yer çok parçalı. 0.00 - 3.00 m'ler arası pembemsi kahve renkli, çok zayıf, tamamen ayrışmış.			
	2	RC								60	20				
4		4.30													
5	3	RC	89		56	%100				30	0				
		5.50													
6															
7	4	RC								40	16				
8		8.00													
9	5	RC								33	6				
10															

KAYA KALİTESİ TANIMI ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)	AÇIKLAMALAR / EXPLANATIONS	NOTLAR / NOTES: 20.00 - 24.50, 32.50 - 35.50, 51.20 - 54.50, 70.00 - 74.50, 81.00 - 84.00 ve 103.00 - 106.00 metreler arasında Basınçlı Su Testi = BST (Paker Deneyi = PD) yapılmıştır.
0 - 25 % ÇOK ZAYIF / VERY POOR 25 - 50 % ZAYIF / POOR 50 - 75 % ORTA / FAIR 75 - 90 % İYİ / GOOD 90 - 100 % ÇOK İYİ / EXCELLENT	RC=KAROT NUMUNE CORE SAMPLE DAY.= DAYANIM STR.= STRENGTH AYR.= AYRIŞMA WEAT= WEATHERING	

SONDÖR/DRILLER	LOG YAPAN/LOGGED BY	ONAYLAYAN/APPROVED BY
Tevrat Demirci	Hasan Seyrek	Şenol Sözer

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-2 SAYFA NO / PAGE NO : 2/8

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR WEA
	5	RC								33	6				
11		11.00													
12	6	RC								50	7				
13		13.00													
14	7	RC								66	20				
		14.50	89												
15	8	RC								66	22				
16		16.00													
17	9	RC								50	0				
18		18.00			56	%100			Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
19	10	RC	19.00							50	0				
20		20.00				20.00									
21	11	RC								66	0				
		21.50													
22						PD1									
23	12	RC								100	16				
24															
		24.50				24.50									
25	13	RC								100	0				

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-2 SAYFA NO / PAGE NO : 3/8

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR. / AYR WEA
	14	RC 26.50		• • •						100	0	Yukarısı gibi	26.50	
27	15	RC 27.00		x Dst x						100	0			
	16	RC 27.50		x Dst x						100	0			
28	17	RC 28.50		x Dst x						100	10			
29	18	RC 29.50		x Dst x						100	0			
30	19	RC 30.50		x Dst x						100	0			
31	20	RC 31.50		x Dst x		%100				100	12			
32	21	RC 32.50		x Dst x		32.50				100	0	DASİT; gri renkli, ince taneli, orta sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmış.		
33	22	RC 33.50		x Dst x						100	0			
34	23	RC 34.50		x Dst x	56	PD2			Yukarısı gibi	100	0			
35	24	RC 35.50		x Dst x		35.50	40			100	0			
36	25	RC 36.50		x Dst x						100	15			
37	26	RC 37.50		x Dst x						100	30			
38	27	RC 38.50		x Dst x						100	0			
39	28	RC 39.00		x Dst x						100	0			
	29	RC 39.50		x Dst x						100	0			
40	30	RC 40.50		x Dst x						100	0			
41	31	RC		x Dst x						100	43			

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-2 SAYFA NO / PAGE NO : 4/8

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
	32	RC 42.50		x Dst x						100	0				
43	33	RC 43.85		x Dst x						100	0				
44	34	RC 44.45		x Dst x						100	0				
45	35	RC 45.15		x Dst x						100	0				
	36	RC 45.75		x Dst x											
46	37	RC 46.35		x Dst x						100	0				
47	38	RC 47.35		x Dst x						100	0				
48	39	RC 48.00		x Dst x						100	0				
49	40	RC 48.60		x Dst x						100	0				
	41	RC 49.20		x Dst x						100	0				
50	42	RC 50.20		x Dst x	56	%100			Yukarısı gibi	100	0	Yukarısı gibi			
51	43	RC 51.20		x Dst x		51.20				100	0				
52	44	RC 51.70		x Dst x						100	0				
	45	RC 52.25		x Dst x						100	0				
53	46	52.45		x Dst x		PD3				100	0				
54	47	RC 53.65		x Dst x						100	21				
55	48	RC 54.50		x Dst x		54.50				100	11				
56	49	RC 56.00		x Dst x						100	0				
57	50	RC 57.25		x Dst x						100	0				
	51	RC		x Dst											

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-2 SAYFA NO / PAGE NO : 5/8

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
	51	RC								100	0				
		58.20		x											
	52	RC		Dst						100	0				
				x											
59		59.00		x											
	53	RC		Dst						100	0				
				x											
		59.80		x											
60	54	RC		Dst						100	0				
		60.40		x											
	55	RC		x						100	0				
		60.70		Dst											
61	56	RC		x						100	0				
		61.30		x											
				Dst											
	57	RC		x						100	0				
62				x											
		62.30		Dst											
	58	RC		x						100	0				
		62.80		x											
63	59	RC		Dst						100	0				
		63.20		x											
	60	RC		x						100	0				
		63.80		Dst											
64				x	56	%100			Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
				x											
				Dst											
	61	RC		x											
65				x						100	10				
				Dst											
				x											
				x											
66		66.00		Dst											
				x											
	62	RC		x						100	38				
				Dst											
67		67.00		x											
				x											
	63	RC		Dst						100	0				
				x											
68		68.00		x											
				Dst											
	64	RC		x						100	15				
				x											
69		69.00		Dst											
				x											
	65	RC		x						100	0				
				Dst											
70		70.00		x		70.00									
				x											
				Dst											
	66	RC		x						66	0				
71				x											
				Dst											
		71.50		x											
				x											
72	67	RC		Dst		PD4				100	17				
				x											
		72.50		x											
				Dst											
73				x			45								
	68	RC		x						100	20				

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLARI SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-2 SAYFA NO / PAGE NO : 6/8

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
	68	RC		x						100	20				
		74.50		Dst											
75	69	RC		x x Dst x x					Yukarısı gibi	66	22	Yukarısı gibi			
76		76.00											76.00		
77	70	RC					90 35			100	82				
78															
79		79.00			56	%100			Açık, düzlemsel, yer yer ondüleli, kil dolgulu, Feo boyanmalı						
80	71	RC								100	67				
81		81.00				81.00						KAYNAKLANMIŞ AGLOMERA - TÜF; Gri yeşilimsi gri, ince - orta taneli, orta sert, orta dayanımlı - dayanımlı az ayrışmış.			
82	72	RC				PD5	90 30			100	76				
83															
84		84.00				84.00									
85	73	RC								100	79				
86		86.00													
87	74	RC								100	90				
88		88.00													
89	75	RC					43			100	88				

SPEKTRA JEOTEK ANKARA

PROJE İSMİ / PROJECT NAME : GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU
PROJE YERİ / PROJECT LOCATION: ULUBURUN TÜNEL GİRİŞİ SONDAJLARI

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / BORING NO : UB-2

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR WEA
	75	RC								100	88				
91		91.00													
92	76	RC								100	83				
93															
94		94.00													
95	77	RC								100	87				
96		96.00													
97	78	RC								100	55				
98		98.00			56	%100			Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
99	79	RC								100	83				
100															
101		101.0													
102	80	RC								100	94				
103		103.0				103.00									
104	81	RC				PD6				100	83				
105															

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

SPEKTRA JEOTEK ANKARA	PROJE İSMİ / PROJECT NAME :GİRESUN - ESPİYE DEVLET SAHİL YOLU PROJE YERİ / PROJECT LOCATION:ULUBURUN TÜNEL SONDAJLAR SONDAJ LOGU / BORING LOG	SONDAJ NO / BORING NO : UB-2 SAYFA NO / PAGE NO : 8/8

SONDAJ DER. HOLE DEPTH (m)	ÖRNEK NO. SAMP. NO.	ÖRNEK DER. SAMP. DEPTH (m)	MUH. BORUSU CASING	ZEMİN PROF. SOIL SYMB.	KAROT ÇAPI CORE DIAM.	DOLAŞIM SUYU KAYBI CIRCULATION LOSS(%)	ÇATLAK AÇILARI FRACT. ANGLES (deg.)	30cm DEKİ KIRIKLAR FRACTURES PER 30cm	SÜREKSİZLİK TANIMLAMASI DISCONTINUTY DESCRIPTION	KAROT % CORE %	KAYA KAL. RQD %	BİRİM TANIMLAMASI LAYER DESCRIPTION	BİRİM DER. LAYER DEPTH (m)	YERİNDE ÖZELLİKLER INSITU PROPERTIES DAY. STR.	AYR. WEA
107	82	RC								100	88				
108		108.0													
109	83	RC					30			100	72				
110					56	%100			Yukarısı gibi			Yukarısı gibi			
111		111.0													
112	84	RC								100	35				
113		113.0													
114	85	RC					20			90	62	–			
115		115.0											115.00		
116												KUYU SONU NOT: Kuyuya 3 m PVC yerleştirildi.			
117															
118															
119															
120															
121															

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
KARAYOLLARI 7.BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Ahmet Rasim Sok. No 11 06650 Çankaya-ANKARA
Tel. (312) 440 60 30 Fax (312) 440 66 77

KAVAK-MERZİFON-ÇORUM YOLU SONDAJ LOGU

SONDAJ / Borehole	No. SMK-37
SAYFA / Page	No. 1 / 3

PROJE ADI / Project Name	KAVAK MERZİFON YOLU	DELİK ÇAPI / Hole Diameter	76.00mm.
SONDAJ YERİ / Boring Location	Tünel 1.Giriş Portali	YERALTI SUYU / Groundwater	5.60 mt.
KILOMETRE / Chainage	84+430	MÜH.BOR.DER. / Casing Depth	6.00 mt.
SONDAJ DER. / Boring Depth	25.00 mt.	BAŞ.BİT.TAR. / Start Finish Date	24.6.1998 - 25.6.1998
SONDAJ KOTU / Elevation	634.81 mt.	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	471010.00
SONDAJ MAK.&YONT. / D.Rig & Met.	D 750 - ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	4533101.00

STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standart Penetration Test

Sondaj Derinliği / Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ / Sample Type	MANEVRA BOYU/Run	DARBE SAYISI / Numb. of Blows 0-15	15-30	30-45	N	GRAFİK / Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description	PROFİL / Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	KAROT%(SCR)/S.CoreR	RQD %
0	K-1							SİLTLİ KİLTAŞI ; Koyu gri renkli,az-orta sert, orta zayıf-zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış.					100		—
1		1.50													
2	K-2												100		68
3		3.00													
4	K-3												100		69
		4.50						4.50mt							
5	K-4							KİLTAŞI-ŞEYL ARDALANMASI ; (Tanımı Sayfa 2/3 ' dedir)					100		86
6		6.00													

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

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
0-25	ÇOK ZAYIF	V 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	Y	Good	10-20	ÇOK SIKI	Intense (I)	% 35	VE	And			
90-100	ÇOK Y	Excellent	>20	PARÇAL	Crushed (Cr)						

PT	Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
	Örselenmiş Numune / Disturbed sample	P	Pressivometre Deneyi / Pressuremeter Test
D	Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample	VS	Veyn Deneyi / Vane Shear Test

LOGU YAPAN / Logged By		KONTROL / Checked
İSİM / Name	D.Malik BAKIR / Jeoloji Mühendisi	Mustafa BAHADIR / Jeoloji Mühendisi
İMZA / Sign		

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
KARAYOLLARI 7.BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Ahmet Rasim Sok. No 11 06650 Çankaya-ANKARA
Tel: (312) 440 60 30 Fax: (312) 440 66 77

KAVAK-MERZIFON-CORUM YOLU SONDAJ LOGU

SONDAJ Borehole No: SMK-37
SAYFA Page No: 2 / 3

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MANEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test — DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15	15-30	30-45	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(SCR)/T CoreR	KAROT%(TCR)/S CoreR	RQD %
6	K-5	6.00										100		53
7														
	K-6	7.50					KİLTAŞI-ŞEYL ARDALANMASI ; KİLTAŞI ; Koyu gri-gri renkli, az-orta sert, orta zayıf-zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış.					100		13
8														
9	K-7	9.00					ŞEYL ; Koyu gri-gri renkli, az sert, zayıf-çok zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış. Tb. kalınlığı 1-3cm. Çatlaklılık ; 40°-50°, açık pürüzlü-kaygan, kil dolgulu. 60°-80°, kapalı.					100		46
10														
	K-8	10.5										100		66
11														
12	K-9	12.0										100		46
13														
	K-10	13.5					13.70m SİLTLİ KİLTAŞI ; Koyu gri-gri renkli, az-orta sert, orta-orta zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış, seyrek çatlaklı. Çatlaklılık ; 40°, açık, pürüzlü, kil dolgulu. 70° kapalı					100		80
14														
15	K-11	15.0										100		73
16														

LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM D Malik BAKIR	Mustafa BAHADIR

Not Kuyuda 7 adet " BST " yapılmıştır

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
KARAYOLLARI 7.BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Ahmet Rasim Sok. No 11 06650 Çankaya-ANKARA
Tel: (312) 440 60 30 Fax: (312) 440 66 77

KAVAK-MERZİFON-ÇORUM YOLU SONDAJ LOGU

SONDAJ / Borehole No: SMK-37
SAYFA / Page No: 3 / 3

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Samp. Type	MAHEVRA BOYU/Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test — DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15	15-30	30-45	%	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30cm)	KAROT%(TCR)/T.CoreR	KAROT%(SCR)/S.CoreR	RQD %
16															
17	K-11												100		73
18		18.0													
19	K-12							SİLTLİ KİLTAŞI ; Koyu gri-gri renkli,az-orta sert, orta-orta zayıf dayanımlı,az-orta derecede ayrışmış,seyrek çatlaklı. Çatlaklılık ; 40°,açık,pürüzlü,kil dolgulu.70° kapalı.					100		100
20															
21		21.0													
22	K-13												100		100
23		22.5													
24	K-14												100		88
25		25.0						Kuyu Sonu ; 25.00 mt.							
26															

Not : Kuyuda 7 adet " BST " yapılmıştır

	LOGU YAPAN Logged By	KONTROL Checked
İSİM Name	Şaban MOLAK Jeoloji Mühendisi	Mustafa BAHADIR Jeoloji Mühendisi
İMZA Sign		

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	22.01.1960	
Doğum yeri	Sivas	
Lise	1975-1977	Ankara Abidinpaşa Lisesi
Lisans	1978-1984	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1984-1986	Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği. Anabilim Dalı, Mühendislik Jeoloji Programı
Yüksek Lisans	1999-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Geoteknik Programı

Çalıştığı Kurumlar

1986-Devam ediyor, Karayolları Genel Müdürlüğü