

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEV STABİLİTESİ ANALİZİNDE GERİ HESAP YÖNTEMİ VE TEKKE
HEYELANININ GERİ HESAP YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

Semiha GÖKCAN

**Danışman
Prof. Dr. Mümin FİLİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2014**

© 2014 [Semiha GÖKCAN]

TEZ ONAYI

Semiha GÖKCAN tarafından hazırlanan "**Şev Stabilitesi Analizinde Geri Hesap Yöntemi ve Tekke Heyelanının Geri Hesap Yöntemiyle İncelenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Yapı Eğitimi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Prof. Dr. Mümin FİLİZ**
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT**
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Cengiz ÖZEL**
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü **Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Semih GÖKCAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	13
2. ŞEV STABİLİTESİ	15
2.1. Şev Stabilitesi.....	15
2.2. Şevlerde Stabilite Sorunlarını Doğuran Sebepler.....	16
2.3. Düşme.....	21
2.4. Devrilme	22
2.5. Kayma	22
2.5.1. Dönel (Dairesel) kayma.....	24
2.5.2. Ötelenmeli (Düzlemsel) kaymalar	25
2.6. Yanal Yayılma.....	26
2.7. Akma	26
2.8. Karmaşık hareketler	28
3. ŞEV STABİLİTESİ ANALİZİ	30
3.1. Şev Stabilitesi Analizinde Geoteknik Çalışmalar ve Tarihçe.....	30
3.2. Şev Duraylılığının İncelenmesi	32
3.3. Şev Duraylılığına Etkiyen Etkenler.....	33
3.3.1. Su etkisi	34
3.3.1.1. Yüzey suları	35
3.3.1.2. Yeraltı suyu	35
3.3.1.3. Çatlak suyu etkisi	37
3.3.2. Deprem ve diğer titreşim ivmeleri.....	37
3.3.3. Giderek kırılma	38
4. ŞEV STABİLİTESİ ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	39
4.1. Duraylılık Analizi Genel Kavramlar	39

4.2. Analiz İçin Dayanım Özellikleri- Killi Ve Karma Zeminler	41
4.3. Duraylık Analizi İçin Temel Yöntem.....	43
4.4. Limit Denge Analizleri.....	44
4.4.1. Fellenius yöntemi (İsveç dilim yöntemi).....	44
4.4.2. Bishop metodu	45
4.4.3. Janbu yöntemleri.....	46
4.4.4. Spencer yöntemi	51
4.4.5. Culmann yöntemi.....	53
4.4.6. Basitleştirilmiş bishop dilim yöntemi.....	53
4.5. Çekme Çatlaklarının Analize Etkileri	54
4.6. Kayan Blok Analizi	55
4.7. Kayma Gerilmesindeki Değişiklikler Ve Emniyet Katsayısı.....	58
4.8. Şev Stabilitesi Parametrelerinin Tayini	59
4.8.1. Laboratuvar deneyleri	59
4.8.2. Arazi deneyleri.....	59
4.8.3. Geri hesap yöntemi	60
4.8.3.1. Ortalama kesme dayanımının geri hesap yöntemi ile bulunması.....	61
4.8.3.2. Geriye hesaplamanın kayma yüzeyi geometrisine göre yapılması	64
4.8.4. PLAXİS Programı	65
4.8.4.1. Geometrik Modelin Oluşturulması	66
4.8.4.2. Elemanlar	67
4.8.4.2.1. Zemin Elemanları	67
4.8.4.2.2. Kiriş Elemanlar.....	67
4.8.4.2.3. Geogrid elemanı	68
4.8.4.2.4. Ara yüzey elemanı.....	69
4.8.4.3. Zemin Modelleri.....	69
4.8.4.3.1. Lineer Elastik Model (LE).....	69
4.8.4.3.2. Mohr- Coulomb Model (MC).....	70
4.8.4.3.3. Jointed-Rock Model (JR)	70
4.8.4.3.4. Soft Soil Model (SS)	70
4.8.4.3.5. Soft Soil Creep Model (SSC)	71
4.8.4.3.6. Hardenin Soil Model (HS).....	71
4.9. Şevlerde Heyelanın Önlenmesi Ve Sağlamaştırma (İyileştirme).....	71
4.9.1. Heyelanın önlenmesi	71

4.9.2. Heyelanın sağlamlaştırılması.....	72
4.9.2.1. Heyelan olan kesimden eksende yeterli bir ripaj yaparak yolu uzaklaştırmak	72
4.9.2.2. Kırmızı çizgiyi yükseltmek	73
4.9.2.3. Yüzeysel drenaj yapmak	73
4.9.2.4. Derin yeraltı drenajı yapmak.....	74
4.9.2.5. Kayan zemini kaldırmak, geri kalan zeminde yükleri azaltmak, şev eğimini yatıklaştırmak	75
4.9.2.6. Kayan gevşek zeminler içinde çimento enjeksiyonu yapılması.....	76
4.9.2.7. Etek ve topuk kesimine karşılayıcı yükler koymak	76
4.9.2.8. Kaya düşmesi, kaya heyelanı bölgelerinde alınacak önlemler.....	76
4.9.2.9. Kayaların güçlendirilmesi ve desteklenmesi.....	77
4.9.2.9.1. Güçlendirme	77
4.9.2.9.2. Destekleme	79
4.9.2.9.3. Düşmelerin tehlikesinin önlenmesi	79
4.9.2.9.4. Kafes çitler.....	79
4.9.2.9.5. Çelik ağlar	80
4.9.2.10. İstinat duvarları	80
4.9.2.11. Ankrajlar	81
4.9.2.12. Bitkilendirme.....	81
5. TEKKE HEYELANININ GERİ HESAP YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ	84
5.1. Güzergâhın Yeri ve Özellikleri	84
5.2. Etüt Alanı Jeolojisi	85
5.2.1. Genel jeoloji.....	85
5.3. Stratigrafi.....	88
5.4. Tektonik Evrim.....	93
5.5. Yapısal Jeoloji	94
5.6. Jeomorfoloji.....	94
5.7. Depremsellik	96
5.8. Arazi Çalışmaları.....	97
5.9. Etüt Alanı Jeolojisi Ve Tekke Heyelanının Boyutları.....	99
5.10. Hidroloji	103
5.10.1. Yüzey ve yer altı suyunun etkileri	103
5.10.2. Birimlerin suya karşı hassasiyeti	103

5.11. Geoteknik Projelendirme.....	104
5.12. Heyelan Sırasında Çevre Koşulları	104
5.13. Geri Hesap Analizi	108
5.14. Betonarme Hesapları	112
6. SONUÇ	120
7. KAYNAKLAR	123
EKLER.....	127
8. ÖZGEÇMİŞ	142

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi ŞEV STABİLİTESİ ANALİZİNDE GERİ HESAP YÖNTEMİ VE TEKKE HEYELANININ GERİ HESAP YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Semiha GÖKCAN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mümin Filiz

Şev stabilitesi analizinde uygulanan yöntemlerden birisi geri hesap yöntemidir. Yöntem kapsamında bilinen parametrelerden bilinmeyen parametrelerin bulunması sağlanır. Bu çalışmada, şev stabilitesi yöntemlerinde biri olan geri hesap yöntemi hakkında bilgilere yer verilerek yöntemin uygulandığı Tekke Heyelanı incelenmiştir.

Şev stabilitesini kontrol eden etmenler arasında zemin profilinin özellikleri mevcuttur. Bunun yanında; topografik, jeolojik, hidrolojik, iklimsel şartlar ile şev üzerinde yer alabilen ilave yükler ve titreşim kuvvetleri bulunmaktadır. Antalya-Burdur Karayolu üzerinde bulunan Tekke Heyelanının mevcut zemin malzeme durumu incelenmiştir ve güzergâhın mevcut standardının artırılması için iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan değerlendirme ve hesaplar sonucunda; mevcut kesimi boyutu giderek artan bir heyelandan korumak için, en uygun çözüm forekazık uygulaması olduğu saptanmıştır. Heyelanlı bölgenin etrafı uygun şekilde drene edilecek biçimde düşünülmüştür. Heyelanlı kısımdaki şevin altına su girişlerine izin verilmeyecek şekilde tasarlanmış ve uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şev, Stabilite, Tekke Heyelanı

2014, 142 sayfa.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

SLOPE STABILITY ANALYSIS METHOD OF ACCOUNT BACK AND EXAMINATION OF TEKKE LANDSLIDE WITH BACK ANALYSIS METHOD

Semiha GÖKCAN

**Suleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department Of Construction Education**

Supervisor: Prof. Dr. Mümin Filiz

One of the methods used in slope stability analysis is the method of back accounts. In the method provides the detection of unknown parameters from the parameters are known. In this study, which is one of slope stability methods back calculation method by including information about the method applied Tekke Landslide was investigated.

There are the characteristics of the soil profile among the factors that control the slope stability. In addition; there are additional loads can be located on the slope with topographic, geological, hydrological, climatic conditions and vibration forces. Ground material condition of Tekke Landslide on Antalya-Burdur highway were investigated and improvement works were carried out for path to enhance the existing standards. As a result of the assessment and accounts; the most appropriate solution is found to be the fore-piling applications for area available protect from landslides an increasing size. This situation has been deducted around the landslide areaso as to be properly drained. This situation was designed and implemented will not be allowedto the water inlets the bottom of the slope in landslide area.

Key Words: Slope, Stability, Tekke Landslide

2014, 142 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım süresince çalışmalarına yön veren, bilgi ve tecrübesini paylaşan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mümin Filiz'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm öğrenim hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmamda da her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Desteklerini esirgemeyip tez çalışmam süresince yanımda olan sevgili Esen Poyraz'a teşekkür ederim.

Yardımları ve paylaştığı bilgiler için Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına, İnşaat Müh. Suat Erol'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı 3918-YL1-14 Nolu Proje ile destekleyen, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Semiha GÖKCAN
ISPARTA, 2014

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Kütle hareketlerinin genel sınıflandırılması ve türleri	18
Çizelge 2.2. Şev hareket hızına göre sınıflandırma.....	19
Çizelge 3.1. Yamaçta gerilme ve direnç değişimi.....	34
Çizelge 4.1. Şev duraylılığı inceleme yöntemleri	41
Çizelge 5.1. Tekke Heyelanı Bölgesi Laboratuvar Deney Sonuçları.....	98
Çizelge 5.2. Sondaj listesi	99
Çizelge 5.3. Sondajlarda geçilen yeraltı su seviyeleri.....	103
Çizelge 5.4. Analize kullanılan malzeme parametreleri	109
Çizelge 5.5. Analiz sonuçları ve fore-kazık tasarımında kullanılan değerler	112

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Şevleri tanımlamada kullanılan terminoloji.....	18
Şekil 2.2. Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler	21
Şekil 2.3. Devrilme türleri.....	22
Şekil 2.4. Eğrisel yüzeyli kayma (heyelan) türleri.....	23
Şekil 2.5. Şev kayması örneği.....	24
Şekil 2.6. Dairesel kayma.....	24
Şekil 2.7. Düzlemsel kayma (a), Kama tipi kayma (b) Farklı ortamlarda gelişebilen çok yüzeyli kaymalar (c).....	26
Şekil 2.8. Yayılmalar.....	26
Şekil 2.9. Akma yenilmesi	27
Şekil 2.10. Bazı akma türleri.....	28
Şekil 2.11. Bir kısım akma özellikleri de içeren karmaşık kayma.....	29
Şekil 3.1. Bir şev hareketinde ölçülmesi gerekenler	33
Şekil 3.2. Heyelanla sonuçlanan deformasyon süreci.....	33
Şekil 3.3. Yamaçlarda olası su hareketleri	35
Şekil 3.4. Boşluk suyu basınçlarının akım ağları ile belirlenmesi	36
Şekil 4.1. Şev duraylılık analizinde kullanılan terimlerin ve esas yöntemin tanımlanması	40
Şekil 4.2. Konsolidasyonsuz-drenajsız deneylerden elde edilen kesme dayanımı zarfının niteliksel karşılaştırması	43
Şekil 4.3. Fellenius yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler ve kuvvet poligonu....	45
Şekil 4.4. Dilime etkiyen kuvvetler	47
Şekil 4.5. Şev ile dilime etki eden kuvvetler.....	48
Şekil 4.6. Janbu yöntemi	51
Şekil 4.7. Spencer stabilite abakları.	52
Şekil 4.8. Culmann kırılma yüzeyi.....	53
Şekil 4.9. Bir toprak şevde blok kayması.....	56
Şekil 4.10. Toprak barajlarda kayan blokların değerlendirilmesinde geçerli olan koşullar.....	58
Şekil 4.11. Normal konsolidasyonlu ve aşırı konsolidasyonlu zemin örneklerinde, şev yüksekliği arttıkça çökme bölgesinin büyüklüğünde görülen artışlar	59
Şekil 4.12. Yenilen homojen yamaç.	61
Şekil 4.13. Homojen yamaç içerisinde piyezometrik çizgi.....	63

Şekil 4.14. Güvenlik sayısının c' değerine göre değişimi.....	64
Şekil 4.15. Güvenlik sayısını 1.0 veren üç farklı kesme dayanımı seti için kritik daireler.....	65
Şekil 4.16. (a) Düzlem şekil değiştirme (b) aksenal simetrik problem.....	66
Şekil 4.17. Zemin elemanlarındaki düğüm ve gerilme noktalarının pozisyonu	67
Şekil 4.18. Kiriş Elemanları	68
Şekil 4.19. Geogrid elemanları	68
Şekil 4.20. Ara yüzey elemanlarının zemin elemanlarına bağlanması	69
Şekil 4.21. Şev düzenlemesi Örneği	72
Şekil 4.22. Şev düzenlenmesi örneği	72
Şekil 4.23. şev drenajı ve basınç azaltma önlemleri	74
Şekil 4.24. Kaya dolgusu yapılmış şev düzenlemesi	75
Şekil 4.25. Jet grout uygulaması	78
Şekil 4.26. Zemin çivisi uygulaması.....	78
Şekil 4.27. Şoklet uygulamalar	79
Şekil 4.28. Düşen kayaları yakalamak için şevde çelik ağ	80
Şekil 4.29. Yapısal stabilizasyon elemanları, geniş çaplı keson kuyu ve ankrajlar ...	81
Şekil 4.30. Bitkilendirmenin stabilizasyona katkısı.....	83
Şekil 4.31. Erozyon kontrol örtüsü olarak bitkilendirme.....	83
Şekil 5.1. Yer bulduru haritası	85
Şekil 5.2. Proje alanı ve yakın çevresinin Stratigrafik kolon kesiti	92
Şekil 5.3. Proje alanı ve yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası	93
Şekil 5.4. Bölgenin yapısalılık haritası.....	94
Şekil 5.5. Çalışma güzergâhı ve çevresine ait depremsellik haritası	97
Şekil 5.6. Çalışma alanı ve çevresinde 1900 tarihinden bugüne kadar belirlenen M>3 depremler.....	97
Şekil 5.7. Sahada yapılan sondajlar	99
Şekil 5.8. Heyelan Bölgesi Kesiti	101
Şekil 5.9. Heyelanlı kesimin şeve doğru olan görünümü.....	105
Şekil 5.10. Heyelanlı kesimde yolun diğer tarafındaki dik yamacın görünümü.....	106
Şekil 5.11. Heyelanlı kesimin 2003'de alınan uydu görüntüsü	106
Şekil 5.12. Heyelanlı kesimin 2006'da alınan uydu görüntüsü	107
Şekil 5.13. Heyelanlı kesimin 2010'da alınan uydu görüntüsü	107
Şekil 5.14. Heyelanlı kesimin görünümü ve heyelan sonucu oluşan deformasyonlar.....	108
Şekil 5.15. Oluşturulan PLAXIS modeli.....	108

Şekil 5.16. Sahadaki mevcut malzeme parametreleri ile olası bir kayma durumu analizi	109
Şekil 5.17. Heyelanın boyutları.....	110
Şekil 5.18. Birinci yükleme durumu	111
Şekil 5.19. İkinci yükleme durumu	111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Φ_d	Hesaplanan içsel sürtünme açısı
Φ	Öngörülen içsel sürtünme açısı
F	Bulunan güvenlik sayısı
c'	Efektif kohezyon değeri
c'_g	Kayma dairesinde ve /veya düzleminde stabilite için gerekli efektif kohezyon değeri
O'	Efektif içsel sürtünme açısı
O'_g	Kayma dairesinde ve /veya düzleminde stabilite için gerekli efektif içsel sürtünme açısı
σ	Yenilme – Kırılma yüzeyine etki eden normal gerilme
u	Yenilme – Kırılma yüzeyine etki eden boşluk su basıncı
H	Şev yüksekliği
H_k	Yenilme koşuluna karşı gelen şev yüksekliği
r_u	Boşluk suyu basıncı oranı
τ_f	Kayma dayanımı
σ_1	Büyük asal gerilme
σ_3	Küçük asal gerilme
α	Zemin numunesi kırılma açısı

1. GİRİŞ

Ülkemizde kütle hareketlerinin sonucunda ortaya çıkan kayıplar son derece önemlidir. Hemen hemen her yıl ülkemizin pek çok yerinde görülen şev hareketlerinin çok sayıda can ve mal kayıplarına yol açtığı bilinen bir gerçektir. Şev hareketleri, ülkemizin engebeli topografyasından dolayı tarımsal hasarlara, şehirleşmenin olduğu yerlerde yapısal hasarlara ve yollarımızda çeşitli sebeplerden ötürü yaşanan şev bozulmalarına neden olmaktadır. Heyelanların bu kadar yaygın bir şekilde görülmesi ve olayların sonucunda büyük kayıpların ortaya çıkması, ülkemizin doğal özellikleri yanında sosyoekonomik yapısından da kaynaklanmaktadır (Akçakal, 2009).

Şevlerin stabilitesi insanoğlunun müdahalesi ile kaybolabileceği gibi insanoğlunun müdahalesi gerekmeden de kaybolabilir. Üzerinde yaşadığımız dünya patlayan volkanları, sürekli küçük adımlarla yer değiştiren kara parçaları ile yeryüzünde farklı şekillerin oluşumuna sebep olur. Ayrıca dünyanın periyodik hareketleri ve gerçekleşen doğa olayları sayesinde bu düzensizlik kırılır. Rüzgâr ve yağmur gibi etkenler ile yalçın sarp dağlar sürekli olarak aşınır ve küçülür. Bu doğa olayları eğimli bölgelerin mevcut stabiliteilerini zaman içerisinde kaybetmelerine yol açar.

Şev stabilitesi hesaplamalarında günümüzde ülkemizde kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur (Akçakal, 2009).

Toprak kayması çoğu zaman zeminin önceden tahmin edilemeyen bir davranışı olup, çeşitli şev parçalarına ya insandan kaynaklanan ya da kendiliğinden oluşan sebeplerden ötürü bozulabilmektedir. Ayrıca spesifik bir stabilite problemi ile ilgili zemin davranışı, geri hesap yöntemi kullanılarak gelecekteki davranışın ve uygun tedbirlerin belirlenmesinde kullanılır. Şev bozulmaları farklı sebeplerden ötürü yaşanabilecek olup, bu yöntem bilinen parametrelerden bilinmeyene ulaşabilmeyi hedeflemektedir. Bilinen bir toprak kayması geometrisi (topoğrafya ve kayma yüzeyi) için stabilite bozukluğuna (bire eşit bir güvenlik faktörüne $F.S.=1.0$) neden olabilecek kayma mukavemeti ve yeraltı suyu durumu kombinasyonlarının belirlenmesini sağlar (Durgunoğlu vd., 1992).

Antalya-Burdur Yolu, Tekke geçişinde jeolojik birimlerin zayıflığı ve yer altı suyunun varlığı sonucu stabilite problemine istinaden heyelan meydana gelmiştir. Bu nedenle güzergâh üzerinde jeolojik-jeoteknik çalışmalar yaparak yersel iyileştirmeler oluşturmak amacı ile jeolojik sondajlar açılarak geri hesap yöntemi için verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Tekke Heyelanına ait elde edilen veriler ise bir sonlu eleman analiz programı olan PLAXIS ile yorumlanarak sağlamlaştırma yöntemi geliştirilmiş ve tekrarlanmaması için gerekli tedbirlerin alınması yönünde çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2. ŞEV STABİLİTESİ

2.1. Şev Stabilitesi

Mühendislikte, zemin ya da kaya yüzeylerinin oluşturdukları geometrik şekillere şev denilmektedir ve yüzeyin yatayla yaptığı açı da şev açısı olarak tanımlanmaktadır. Genelde, mühendislik çalışmaları için gerçekleştirilen şevler kazı veya dolgu şevi olarak adlandırılırken, doğa tarafından şekillendirilen şevler ise doğal şev ya da yamaç olarak adlandırılmaktadır. Mühendislik çalışmaları boyunca ve çalışmalar bittikten sonra şevlerin kendi ağırlıkları ve ek yüklemeler altında, kayma göçme hareketine karşı gösterdikleri yapısal performansa kısaca şev stabilitesi denir (Keskin, 2008).

Şev hareketleri zemin mühendislerinin karşılaştığı önemli problemlerden olup geçmişten bu yana karşılaşılan hasarlara bakıldığında kolayca anlaşılabilir. Şev hareketleri gelişmekte olan ülkelerde de sık görülmekle birlikte, ekonomik kayıpları bazen ülke ekonomilerini aşacak boyutlara varmaktadır (Sassa vd., 2005).

Ülkemizde ise doğal afet zararlarının, her yıl Gayri Safi Milli Hasılanın % 1-3'ü arasında oranlara ulaştığı tahmin edilmektedir (Özmen vd., 2005).

Şev kaymaları, yaşamı doğrudan ve dolaylı olarak büyük ölçüde etkilemektedir. Yer kabuğunun özel bir noktasında bulunan ülkemiz de bu tür afetlerden payını almaktadır. Ülkemizin engebeli topografyası ve ülkemizde gerçekleştirilen büyük çaplı bayındırlık uygulamaları, geniş toprak ve kaya hacimlerinin kazılmasını veya doldurulmasını gerektirmektedir. Bununla beraber mühendislerin genelde göze almak zorunda kaldığı risklerin büyüklüğü de düşünüldüğünde ülkemiz açısından konunun önemi daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Önalp vd., 2004).

Türkiye'de 1950-2004 yılları arasında heyelandan etkilenmiş konut sayısı yaklaşık 65.000, meydana gelen heyelan olayı sayısı yaklaşık 4.000 ve heyelandan etkilenmiş ve etkilenmekte olan yerleşim yeri sayısı ise yaklaşık 3.500'dür. Meydana gelen afetler nedeni ile nakil edilen konut sayısı 167.787'dir (Öztürk, 2002).

Çeşitli mühendislik amaçları için yapılan şevlerin bozulmadan, sağlam olarak kalabilmesi için uygulanan her türlü çalışma «Şev Stabilitesi» çalışması olarak adlandırılmaktadır. Bu tip çalışmalar mühendislik açısından iki kısma ayrılabilir.

Birincisi; Şevin stabilitesinin bozulmasının yani kayma ihtimalinin bulunup bulunmadığı,

İkincisi; Belirli bir emniyet faktörünü sağlamak için şev üzerinde yapılabilecek, dengesinin bozulmasını önleyici tedbirlerin alınması.

Birinci kısımdaki çalışmaların esası, kayması mümkün kitle ve civarının jeolojik şartları, topografyası, yeraltı suyu durumu, şevin yapılması esnasında kullanılacak teknik ve bölge sismisitesinin detaylı incelenmesi ve bu araştırmalar sonucu elde edilen sayısal değerleri mekanik açıdan yorumlamaktır (Zanbak, 1973).

Şev civarının jeolojik durumu genellikle normal jeolojik araştırmalarda kullanılan ölçeklerden çok daha büyük olan 1/1000 lik ölçekli plânlar üzerinde yapılır ve her türlü jeolojik özellik plana işlenir (Zanbak, 1973).

Şevin bulunduğu ortamın kaya olması halinde yüzeyde görülen veya yapılan sondaj ve inceleme çukurlarındaki bütün süreksizliklerin plâna işlenmesi gereklidir. Bu arada süreksizlik aralarındaki dolgu maddelerinin de özellikleri belirlenmeli ve mekanik özellikleri saptanmalıdır (Zanbak, 1973).

Ortamın ayrık, zayıf çimentolanmış olması halinde ise, zemin olarak tanımlanan bu malzemenin numuneler alınarak mekanik özellikleri saptanmalıdır. Bölgenin yeraltı suyu şartları da çevredeki kuyular, kaynaklar veya araştırma sondajları yardımı ile ortaya çıkarılmalıdır. Şevin açılması esnasında kullanılan teknik veya bölgenin deprenselliğine bağlı olarak ortaya çıkabilecek dinamik kuvvet değerleri, yerçekimi ivmesinin bir katsayısı şeklinde statik olarak hesaplanmalıdır (Zanbak, 1973).

2.2. Şevlerde Stabilite Sorunlarını Doğuran Sebepler

Doğal olarak veya insan eli ile oluşturulmuş bir zemin kitesini sınırlayan eğik yüzeye “şev” adı verilmektedir. Eğik yüzey bir düzlem olabileceği gibi, birbirini

takip eden düzlemlerden de oluşabilir. Şev genel bir tabir olmakla beraber bazen tabii zemin kitlelerini sınırlayan eğik yüzeylere “yamaç” veya etek denilmektedir (Özsoy, 1998).

Şevin en yüksek noktası “şev tepesi”, alt kenarı “şev topuğu”, bu iki nokta arasındaki düşey mesafe “şev eğimi” olarak adlandırılmaktadır (Şekil2.1). Şev eğimi L (düşey) / n (yatay) uzunluk olarak ifade edilmektedir. Bazı teknik literatürde şev eğimi n (yatay) / L (düşey) uzunluk olarak da verilmektedir (Özsoy, 1998).

Mühendislik yönünden şev stabilitesi ile ilgili problemlerle;

- Doğal şevlerin kayma mekanizmalarının incelenmesi
- Çeşitli mühendislik yapılarındaki yapay dolgu ve yarma şevlerinin projelendirilmesi,
- Stabilitesi bozulmuş şevlerde hasarın giderilmesi,
- Gerekli önlemlerin alınması gibi konularla karşılaşılır (Kara, 2010).

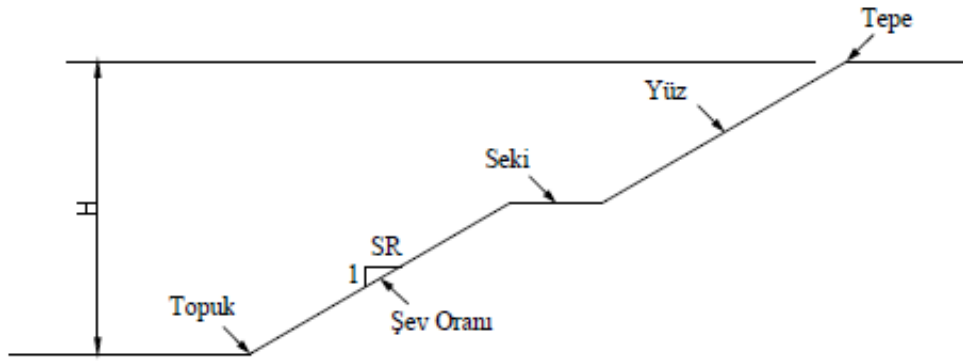
Şev ile sınırlandırılmış zemin kütlesi içindeki düzlemler esas olarak yer çekim kuvvetlerinden doğan kayma gerilmeleri nedeniyle devamlı olarak aşağıya doğru çekilerek daha yatık bir yüzeye sahip olmaya zorlanmaktadır. Sözü geçen düzlemlerde doğabilecek kayma mukavemetleri, mevcut kayma gerilmelerine karşı durabilecek seviyede ise şevin stabilitesi vardır. Aksi durumda ise şev kayar. Bazı hallerde şevlerde çok yavaş ilerleyen “krip” hareketi de görülebilir. Şevlerin bozulmadan, göçmeden kalması yani verilen şekli koruması en önemli problemlerden biridir. Bu kapsamda şev stabilitesi, şev yüzeyinin arkasında bulunan kitlede göçme ve yıkılma tehlikesinin olup olmadığının araştırılması ve doğrulanmasıdır (Özsoy, 1998).

Şev stabilitesini kontrol eden etmenler arasında zemin profilinin özelliklerinin yanında topografik, jeolojik, hidrolojik ve iklimsel şartlar ile şev üzerinde yer alabilen ilave yükler ve titreşim kuvvetleri bulunmaktadır (Özsoy, 1998).

Şevlerin stabilite etüdünde;

Yamaçlarda meydana gelebilecek heyelanların, kaymaların saptanarak korunma ve önleme işlemlerinin belirlenmesinde;

- Şevlere gerekli stabil durumun verilmesi ve kayma olasılıklarının giderilmesi
- Şev ve yamaçlarda oluşan heyelanların, kaymaların önlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması araştırılmalıdır.



Şekil 2.1. Şevleri tanımlamada kullanılan terminoloji (Coduto, 2006)

Çizelge 2.1. Kütle hareketlerinin genel sınıflandırılması ve türleri (Varnes, 1978)

HAREKET TÜRÜ	Malzemenin türü		
	KAYAÇLAR	ZEMİNLER	
		İri Daneli	İnce Daneli
DÜŞME	Kaya düşmesi	Moloz düşmesi	Zemin düşmesi
DEVİRİLME	Kaya devrilmesi	Molozda devrilme	Zeminde devrilme
AKMA	Yavaş	Kaya kripti	Moloz kripti
	Hızlı	Çok parçalı kayaç akması	Moloz akması
KAYM	Ötelenmeli	Kayada blok türü ötelenme	Zeminde ve molozda blok türü ötelenme
	Dönel (daireysel)	Sıkı çatlaklı kayada dönel kayma	Zeminde ve molozda dönel kayma
YANAL YAYILMA	Kaya yayılması	Zemin veya moloz yayılması	
KARMAŞIK	Hareket türü ve malzeme karışık		

Çizelge 2.2. Şev hareket hızına göre sınıflandırma (Keleşoğlu,2012)

Hız (m/s)	Hareket	Hız	Sınıflama
10^2	Aşırı hızlı	3 m/s	kütleli heyelan
10			
1	Çok hızlı	0,3 m/dak	kayma
10^{-1}			
10^{-2}	Hızlı	1,5 m/gün	akma
10^{-3}			
10^{-4}	Orta hızlı	1,5 m/ay	
10^{-5}			
10^{-6}	Yavaş	1,5 m/yıl	
10^{-7}			
10^{-8}	Çok yavaş	0,3 m/5 yıl	
10^{-9}			
	Aşırı yavaş		

Diagramde, hız (m/s) logaritmik olarak gösterilmiştir. Hızlar, hareket türleri ve sınıflandırmalarla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, 'başlangıç safhası ara', 'nihai durum' ve 'düzlemsel kayma-kaya kütleli' gibi süreçler de belirtilmiştir.

Kütle hareketlerinin genel sınıflandırılması ve türleri Çizelge 2.1.'de verilmiş olup, şevli toprak yığınlarının hareketleri, yanında veya altında bulunan toprağa göre oluşan hareketin türüne ve hızına bağlı olarak geniş sınıflara ayrılabilir (Çizelge2.2). Heyelan (toprak kayması), kaymanın meydana geldiği yerde, hareket eden kütlemin altında veya yanında bulunan topraktan, bir düzlemlerle veya bitişik düzlemlerin bulunduğu bir hatla ayrıldığı olaylardır. Kayma düzlemi veya zonu, toprak malzemesinin maksimum kesme kuvvetine ulaştığı ve bunun sonucunda büyük deformasyonların meydana geldiği kesintisiz yüzeyi temsil eder. Çökme yığını kırılarak alt birimlere ayrılabilir ancak genelde tek parça halinde kalır (McCarthy,1962).

Kayma olayları toprak yığınının şekline ve hareket ettiği yöne göre dönele veya ötelenmeli olarak sınıflandırılır. Dönele kaymalar kohezyonlu homojen malzemelerden oluşan doğal şevlerde ve toprak setlerde meydana gelir. Çökme yüzeyi eğimlidir. Çöken kütle karakteristik olarak orijinal şevin etek kısmına yığılır. Dönüş, uzayda şeve paralel hayali bir eksenin etrafında gerçekleşir. Ötelenmeli

kaymalar ise kayma mekanizmasının aşağı doğru bir dalma yeri bulunan zayıf bir dözlem veya zonda gerçekteştiği katmanlı malzemelerden oluşan şevlerde ve koşullarda bir değişikliğin (sızıntı veya drenaj gibi) yaşadığı, kohezyonsuz topraklardan oluşan şevlerde meydana gelir. Kütlenin çökmüş pozisyona ulaştığı zaman hareketin genellikle sona erdiği dönel kaymanın aksine ötelenmeli kayma uzun mesafeler boyunca devam edebilir. Hareketi sırasında kayan kütle, tek parça olarak kalabilir veya parçalara ayrılabilir (McCarthy,1962).

Blok ve kama tipi kayma, bütün bir toprak kütesinin bitişiğindeki zeminin hareket etmesinden dolayı yer değiştirmesini ifade eder. Çatlaklar, kırıklar veya ek yerleri ya da farklı özellikleri olan malzemeler bulunduğu için toprak blokları veya kamaları bitişiğindeki zeminden ayrılabilir. Blok çökmeleri, ötelenmeli kaymalar veya aşağıda açıklanan yanal kaymaların bulunduğu doğal şevler ve setlerde görölmüştür (McCarthy,1962).

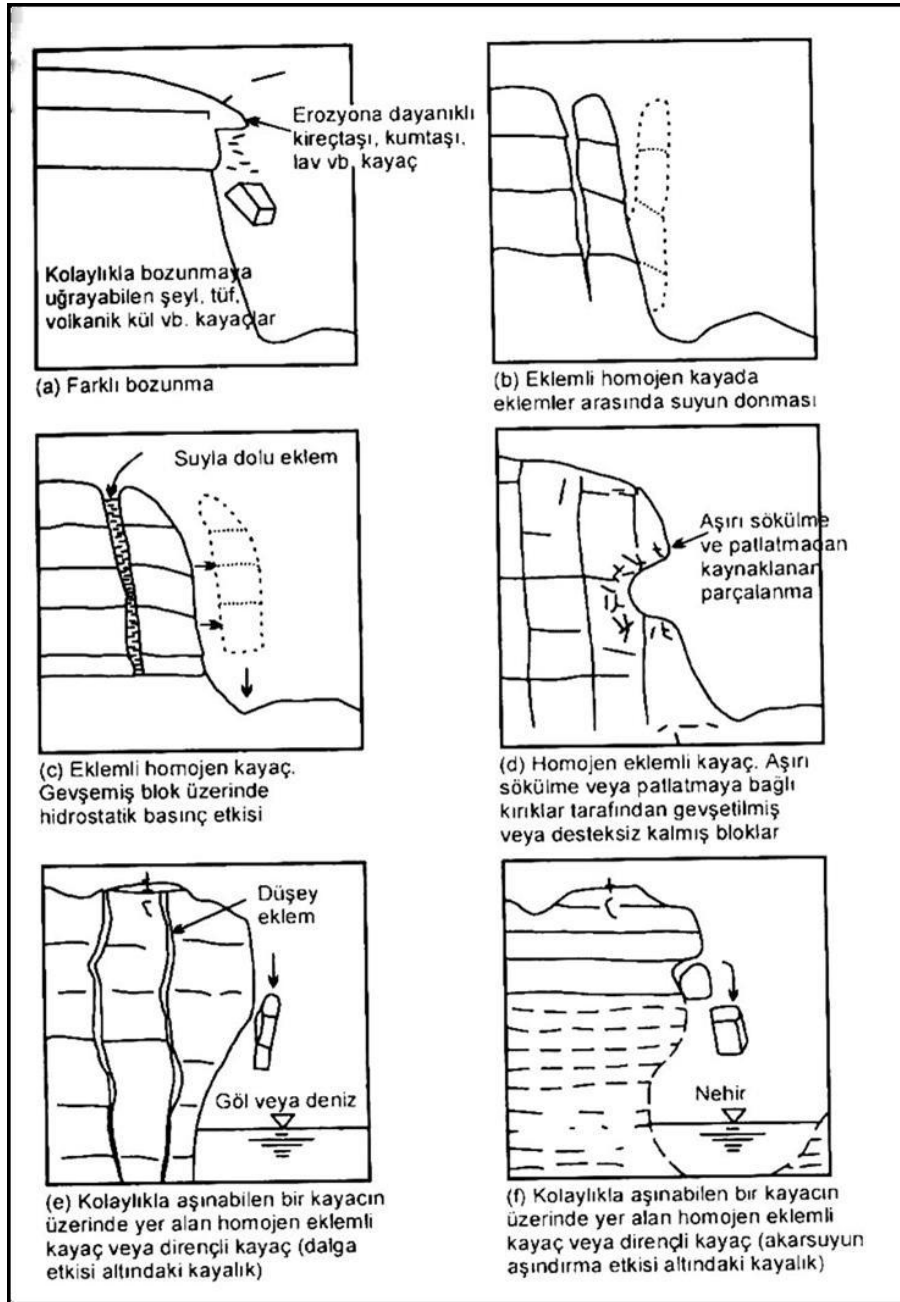
Akmalar ve dağılmalar, toprak yığınlarının yaptığı daha karmaşık hareket tipleridir. Akma koyu bir akışkanın davranışı özelliklerine sahip olan toprağın yanal hareketidir, ancak hareket eden kitlenin gerçekte kıvamı çok nemli ile kuru arasında değişebilir. Akmanın tanımı kayan kütle kadar belirgin değildir. Kütle içinde kayma yüzeyleri sürekli ortaya çıkabilir ve kaybolabilir. Dağılma ise kırılmış bir toprak kütesinin çok yönlü yanal hareketini ifade eder. Bu olgunun nedenleri ötelenmeli kaymaların nedenlerine benzer. Bu olayda da yerçekimi kuvveti veya başka etmenler nedeniyle hareket eğilimine karşı koyamayacak kadar zayıf bir gömülü dözlem veya katman bulunur. Depremler yanal dağılmaların tipik nedenlerinden birisidir (McCarthy,1962).

Mühendislik mekaniği prensiplerini kullanarak mevcut ve yapılması planlanan şevlerin duraylılığını değerlendirme yöntemleri toprak kaymaları (dönel ve ötelenmeli) ve blok hareketleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bir arazinin akmaya ve dağılmaya karşı hassasiyetini değerlendirmede kullanılan yöntemler, öncelikle jeolojik koşulların yorumlanmasına veya hidrolik dolgular gibi toprak taşıma projelerinde dolgu ve temel malzemelerinin özelliklerine ve koşullarına dayanır (McCarthy,1962).

2.3. Düşme

Düşme; bir yamaçtan aşağıya hızla düşen, yol boyunca yuvarlanan ve hatta havada savrulan zemin veya kaya parçalarından oluşan yamaç yenilmeleridir (Şekil2.2) (Coduto, 2006).

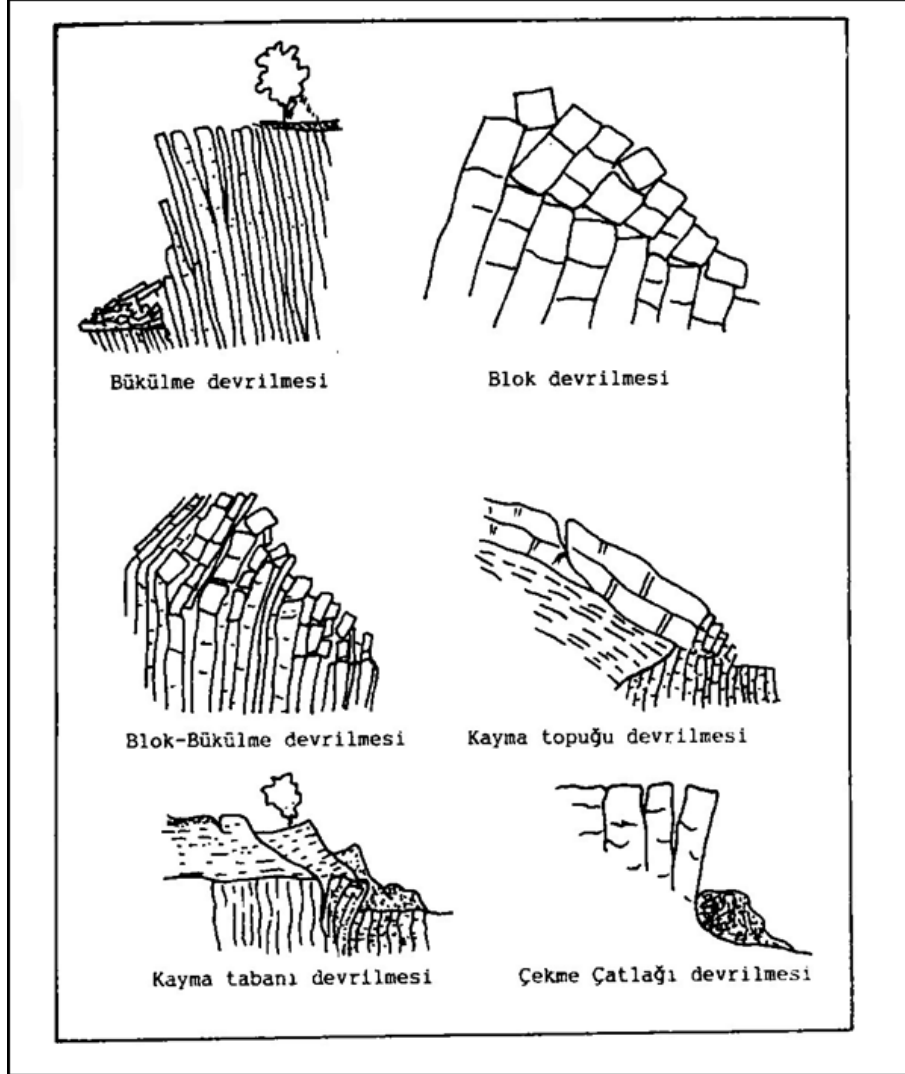
Düşen malzemenin cinsine göre; 'Kaya Düşmesi', 'Moloz Düşmesi', 'Zemin (Toprak) Düşmesi' gibi isimler alabilirler (Tekin,2011).



Şekil 2.2. Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler (Ulusay, 2001)

2.4. Devrilme

Süreksizlik yüzeyleri fazla olan kayaların orijinal konumlarının bozularak yıkılmalarına □ Devrilme denilmektedir (Şekil2.3). Doğada çeşitli devrilme tipleri saptanmıştır. Bükülme Devrilmesi, Blok Devrilmesi veya her ikisinin karışımı olan bir devrilme çeşidi de oluşabilir.

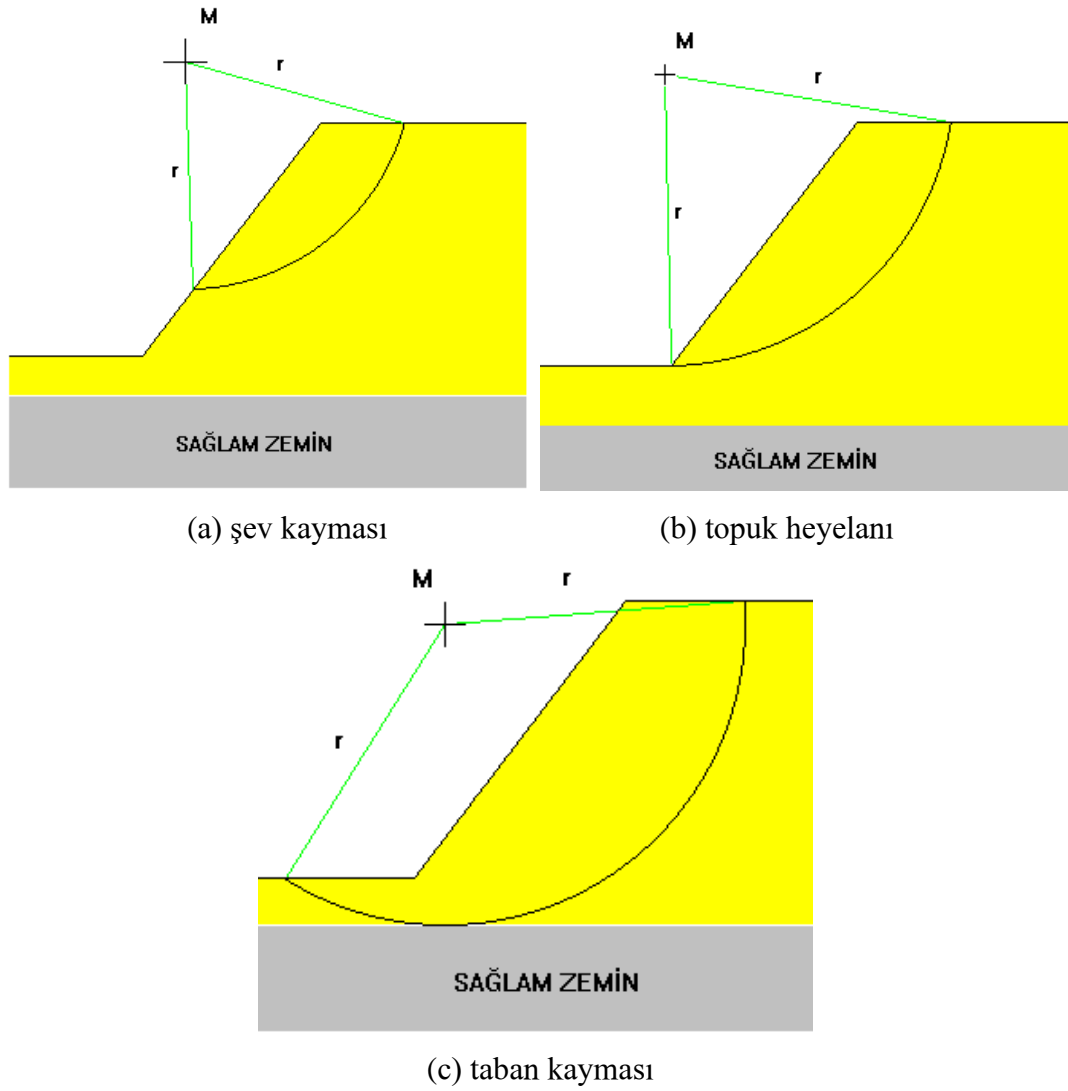


Şekil 2.3. Devrilme türleri (Goodman ve Bray, 1976)

2.5. Kayma

Şekil 2.4'de de gösterildiği gibi eğrisel yüzeyli kayma (heyelan) türleri şev kayması, topuk heyelanı ve taban kayması olmak üzere 3 şekilde gerçekleşir (Vardar vd., 2012).

Kayma olayı, şevi oluşturan zemin türünde, belirgin bir yüzey boyunca ve makaslama yenilmesine bağlı olarak, kazı boşluğuna doğru, dönel veya ötelenmeli (düzlem üzerinde) bir hareket sonucu meydana gelen bir duraysızlık türüdür (Şekil 2.5). Şevlerde karşılaşılan en yaygın duraysızlık türü olan kaymalar, dönel ve ötelenmeli kaymalar olmak üzere iki şekilde gelişirler (Ulusay, 2001).



Şekil 2.4. Eğrisel yüzeyli kayma (heyelan) türleri (Vardar vd., 2012)

Kaymalar yer, yamaç veya şev eteklerinde oluşan yığıntıları ile tanınırlar (Kara,2010).

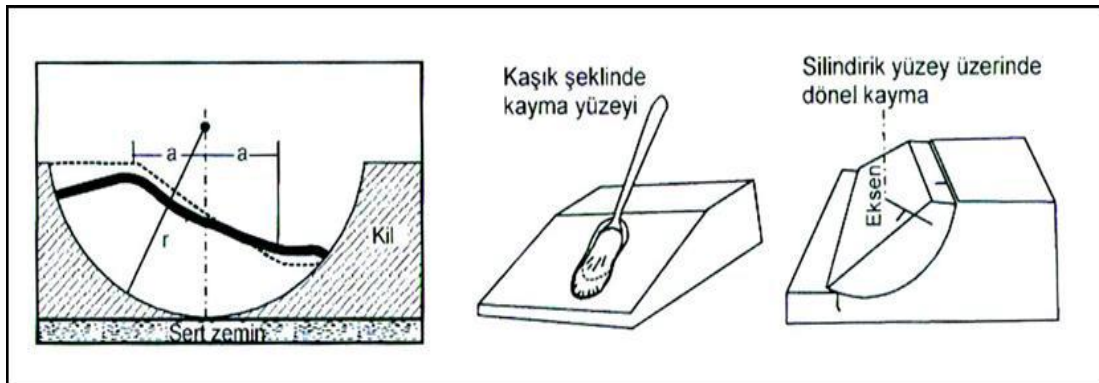


Şekil 2.5. Şev kayması örneği

2.5.1. Dönel (Dairesel) kayma

Bu tür kaymalar, dairesel (kaşık şeklinde) yüzeyler boyunca gelişir ve hareket sırasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum kazanır (Şekil 2.6). Kayma yavaş veya orta derecede bir hızla ve belirgin bir yenilme yüzeyi boyunca meydana gelir (Ulusay, 2001).

Kil, silt, kum vb. türdeki toprak zeminlerin yanı sıra, akarsu kanallarında, yol yarmalarında, dolgularda, atık yığınlarında ve ileri derecede eklemlili kaya kütlelerinde ve/veya ileri derecede ayrılmış kayalarda meydana gelir (Ulusay, 2001).



Şekil 2.6. Dairesel kayma (Ulusay, 2001)

2.5.2. Ötelenmeli (Düzlemsel) kaymalar

Düz veya çok az pürüzlü bir yüzey boyunca gelişen makaslama yenilmesine bağlı olarak, malzemenin kayma yüzeyine paralel şekilde öne doğru hareketiyle gelişir. Hareket eden kütle, dairesel kaymalarla karşılaştırıldığında, aşırı derecede deforme olmaz. Bu tür duraysızlıklar kayaç veya toprak zemin malzemesine oranla daha düşük makaslama dayanımına sahip süreksizlik yüzeyleri (tabakalanma, eklem, fay, makaslama zonu v.b.) boyunca meydana gelen, dolayısıyla süreksizlik denetimli duraysızlıklardır. Bu tür kayma çeşitleri Ulusoy (2001) tarafından şu şekilde sınıflandırılmıştır:

a) Düzlemsel kayma

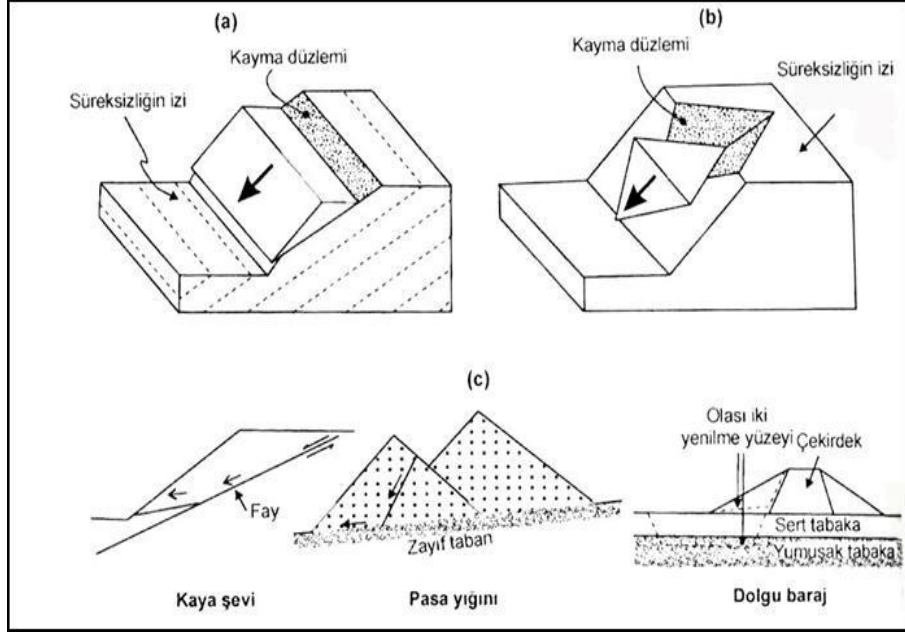
Şekil2.7’de verilmiş olan şekilde de görüldüğü gibi düzlemsel kayma; eğimi şev eğiminden küçük olan düşük dayanımlı zayıf bir düzlem üzerindeki kütlelerin, kazı boşluğuna doğru hareket etmesidir (Ulusay, 2001).

b) Kama türü kayma

Bu tür duraysızlık, kesişen iki süreksizliğin oluşturduğu tetrahedral bir kama bloğunun, eğimi şevinkinden daha yatık olan kesişme hattı boyunca öne doğru hareket etmesi sonucu meydana gelir (Ulusay, 2001).

c) İki veya çok yüzeyli kayma

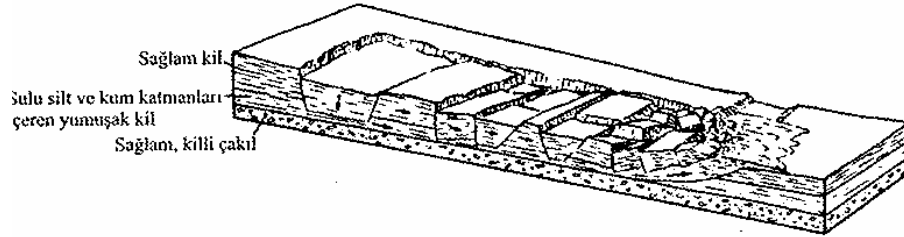
Bu duraysızlık türü, birden fazla süreksizlik veya zayıflık yüzeyi üzerinde meydana gelir. Özellikle fay veya tabakalanma yüzeylerinin birleşmesi sonucu doğal ortamlarda veya zayıf zeminler üzerinde yer alan parça yığınları ile dolgularla gelişebilen tipik bir duraysızlıktır (Ulusay, 2001).



Şekil 2.7. Düzlemsel kayma (a), Kama tipi kayma (b) Farklı ortamlarda gelişebilen çok yüzeyli kaymalar (c) (Ulusay, 2001)

2.6. Yanal Yayılma

Bu tür duraysızlıkların meydana gelmesinde, makaslama ve çekme çatlaklarının eşlik ettiği yanal bir genişleme hareketi rol oynamaktadır. Şekil2.8’de gösterildiği gibi iki türü bulunmaktadır (Ulusay, 2001).



Şekil 2.8. Yayılmalar (Coduto, 2006)

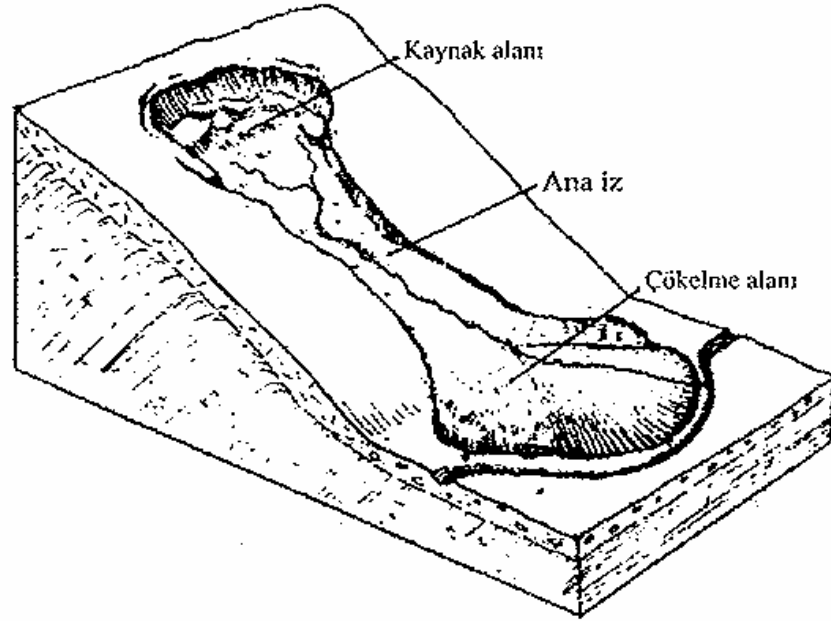
2.7. Akma

Konsolide olmamış (pekişmemiş) malzemelerin doygun veya kuru halde ve yavaş veya hızlı şekilde yamaç boyunca kıvamlı bir sıvı gibi hareket etmeleri, akma duraysızlığına neden olmaktadır (Şekil2.9). Akmalar, kaya düşmesi, yer sarsıntısı veya dış vibrasyon etkenleri ile kuru malzemenin harekete geçmesi sonucu oluşur.

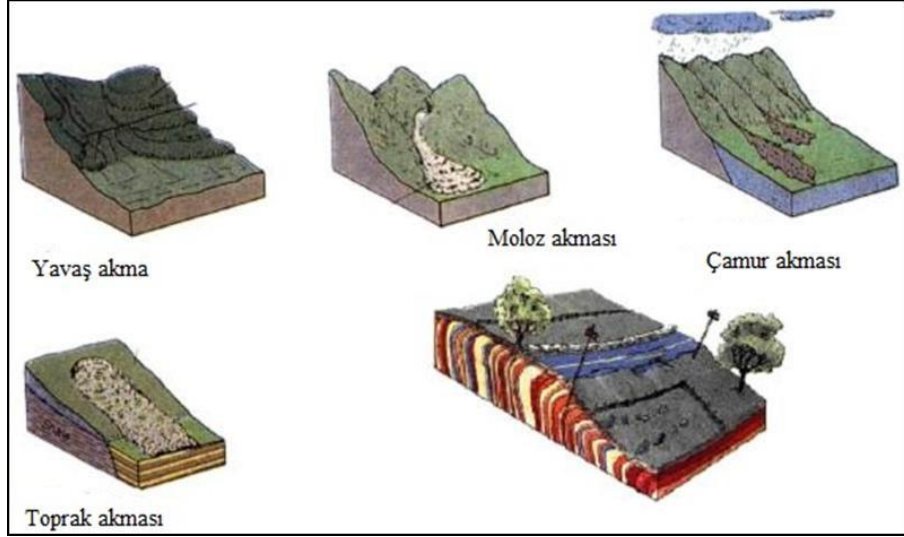
Oluştuktan onra tanınmaları kolay olup, önceden tahmin edilmeleri güçtür. Üniform taneli silt ve kumlar çok hızlı ve kısa sürede hareketlerini tamamlarlar. Akmalar; belirgin bir topuklarının olmayışıyla da tanınırlar. Genellikle eğimli arazide oluşmaları, çekme çatlakları ve blok halinde parçaların bulunmayışı belirgin özellikleridir (Kara,2010).

Bünyedeki su muhtevastındaki değişiklikler ıslak akmalara neden olur. Akma çok sulu ve süratli ise ağaçlar ve çevredeki sabit noktalar üzerinde çamur izleri bırakırlar (Kara,2010).

Şekil 2.10’da da görüldüğü gibi Kuru kumlar ile kil boyutundan moloz boyutuna kadar değişen malzemelerde bu tür duraysızlık gelişebilir ve kum akması, çamur akması ve moloz akması şeklinde adlandırılır (Ulusay, 2001).



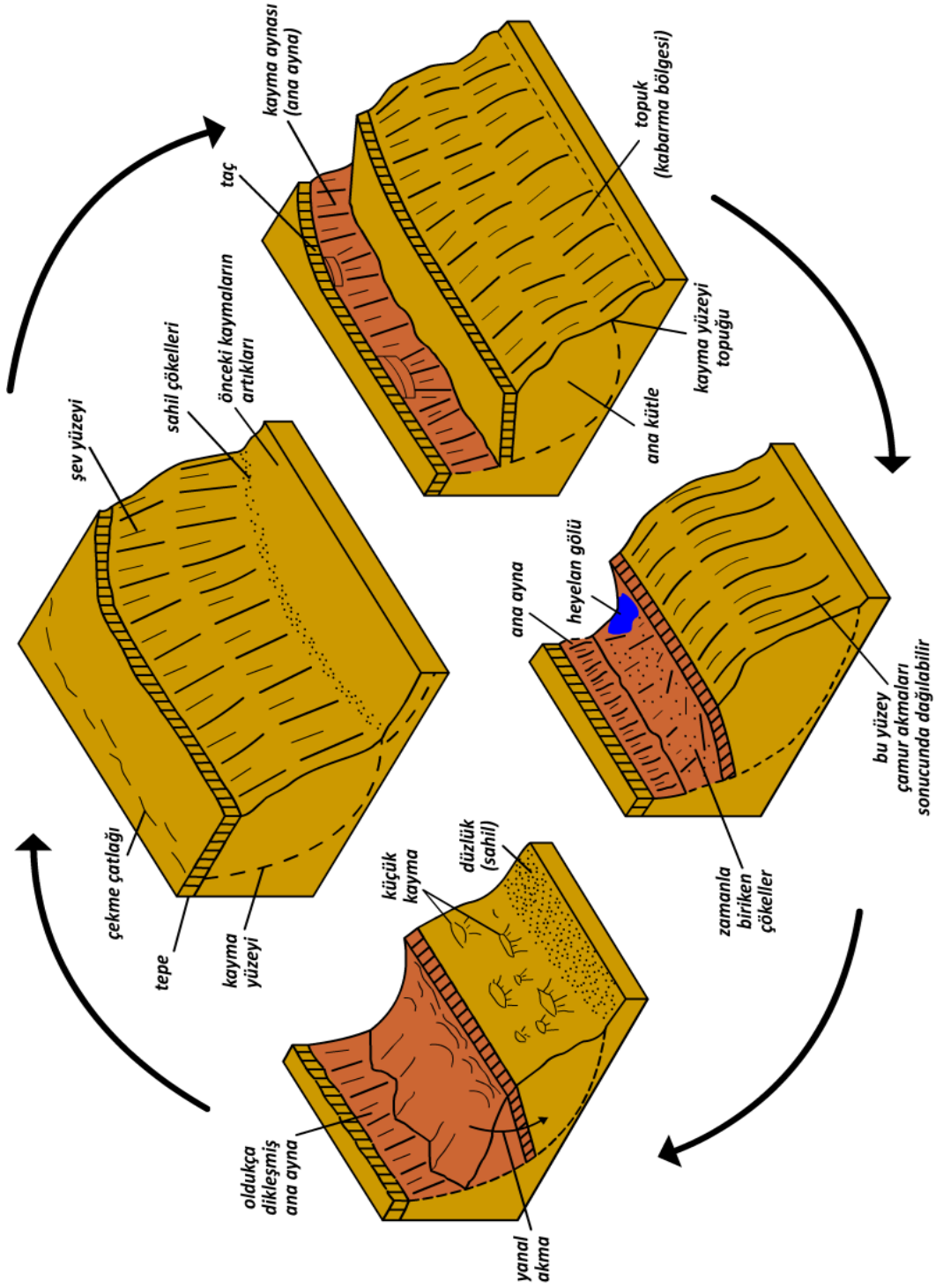
Şekil 2.9. Akma yenilmesi (Coduto, 2006)



Şekil 2.10. Bazı akma türleri (Ulusay, 2001)

2.8. Karmaşık hareketler

Birden fazla türde heyelanın bir arada görüldüğü olaylara karmaşık heyelanlar denir. Örneğin; devrilme türü bir hareket kaya düşmesine, daha sonra da kaya akmasına, kaya kayması da kaya düşmesine dönüşebilir (Şekil2.11). Killi, siltli zeminlerde meydana gelen heyelan, daha sonra çamur akmasını meydana getirebilir (Ulusay, 2001).



Şekil 2.11. Bir kısım akma özellikleri de içeren karmaşık kayma (Bromhead, 1986)

3. ŞEV STABİLİTESİ ANALİZİ

3.1. Şev Stabilitesi Analizinde Geoteknik Çalışmalar ve Tarihçe

Şev stabilitesi (duraylılığı) kavramı, 1800'li yılların sonuyla 1900'li yılların başında ortaya çıkmış ve o zamandan günümüze, şev diye adlandırılan doğal veya çeşitli mühendislik çalışmalarıyla kazılarak oluşturulmuş yeryüzü açıklıklarıyla ilgili çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Özellikle 1900'li yılların ilk yarısında hız kazanan mühendislik ve madencilik çalışmaları, büyük miktarda ve gittikçe derinleşen ya da taban ve tavanı arasındaki kot farkı gittikçe artan kazıları gerektirmiş ve bütün bu çalışmaların sonucunda, şev olarak adlandırılan çok yüksek eğimli yüzeyler oluşmuştur. Derin ya da yüksek kot farklı kazılar sonucu oluşan şevlerde, zamanla duraylılık problemleri çıkmış ve büyük kazalar meydana gelmeye başlamıştır. Duraylılık sorunları ise bu konuda çalışan bilim insanlarını, duraylılık sorunları ile ilgili çeşitli çalışmalar yapmaya itmiştir. Günümüze kadar hazırlanan şevlerle ilgili tüm çalışmaların temini mümkün olmadığından, bu bölümde, ulaşılabilen temel ve güncel çalışmalara yer verilerek içeriklerine değinilmiştir (Keskin, 2008).

Heyelan sorununu inceleme yöntemleri, zemin mekaniğindeki kuramsal çalışmalara paralel olarak gelişmiştir. Bugünkü bilgilerimizin kaynaklandığı çalışmalar ancak 18. yüzyılın sonlarından itibaren başlamıştır. 1773'de Coulomb zemin mekaniğinin en önemli ilkelerinden birini geliştirmiştir. Coulomb'un daneli ve kohezyonlu zeminler için geliştirdiği önemli kavramlar, kohezyon ve sürtünme açısıdır.

Fakat uygulamada kohezyon ve içsel sürtünme açısına verilen anlamlar çok farklıdır. Coulomb'un zemin mekaniğine getirdiği yeniliklerden biri de zemin kütlesi içindeki bir noktadaki gerilme durumunu incelemeyip, doğrudan doğruya bir kayma kamasının dengesini incelemiş olmasıdır. Buradaki denge, zemin ağırlığı, kayma yüzeyini etkileyen kuvvetler ve duvardan gelen tepki ile sağlanmaktadır. Coulomb'un kayma yüzeyi kabulü bu tip çalışmaların temelini oluşturmuştur. 1856'da Rankine zemin kütlesi içinde denge sorununu ele almış, sonuçlarını pratik problemlere uyarlamıştır. Ayrıca 1886'da Culmann aynı konulara ilişkin grafik bir metot geliştirmiştir (Tekin, 2011).

Heyelan sorunu büyük yol ve kanal yapımlarında çok önem kazanmıştır. Bu sorunu ele alan Fransız mühendis Collin (Çamlıbel, 1982), kaymaların eğri bir yüzey boyunca oluştuğunu saptamıştır. Aynı zamanda Airy de (Çamlıbel, 1982) heyelan sorunu ile ilgilenmiştir. 20. yüzyılın başlarında Almanya’da ve İsveç’te yol ve demiryolu yapımında büyük kaymalar, Amerika’da baraj yıkılmaları ile Panama kanalında kaymalar olmuş ve bu olaylar mühendislerin konuya dikkatlerini çekmiştir (Tekin, 2011).

Maddi zararların büyük boyutlara ulaşması ile heyelan sorununu incelemek üzere çeşitli kuruluşlar oluşturulmuştur. Bunlardan 1913 yılında İsveç’te kurulan Stateus Jarnagars Geotekniska Comission ile Amerika’da kurulan Society of Civil Enginners kuruluşlarını sayabiliriz. Bu kuruluşlar heyelan sorununu incelemişler, araştırmaları sonucunda geçerli olan yöntemler önermişlerdir (Tekin, 2011).

Bu araştırmalardan, K.E. Peterson’un 1955 yılında kayma yüzeyinin dairesel silindir olduğunu belirten bildiri raporu önemli bir çalışma olarak görülmektedir. Aynı konuda Fellenius önemli çalışmalar yapmış olup, uygulamada çok geçerli olan sonuçlara varmıştır. Fellenius, 1927 senesinde Erdstatische Berechnungen (1927) adlı eserinde, kohezyon ve içsel sürtünme açısını içeren bir ‘Şev Stabilite Analizi’ yöntemi geliştirmiştir. Daha sonraları Terzaghi’nin zemin mekaniğine kazandırdığı geniş boyutlardan yararlanan araştırmacılar, heyelan konusunu daha ayrıntılı olarak incelemişler ve önemli sonuçlara varmışlardır. Bunlardan Krey, Gilboy, Frontard, Resal, Caquot, Jaky, heyelan sorununu grafik ve analitik yöntemle çözme girişiminde bulunmuşlardır. Ayrıca Rendulic, kayma yüzeyini logaritmik spiral olarak kabul edenlerin başında gelir. Taylor, bütün bu çalışmalarını içeren ve karşılaştıran bir makale yayınlamıştır (Tekin, 2011).

Bu çalışmalardan sonra yapılan araştırmalarda, önceki çalışmalardaki ‘Dilim Yöntemi’nde ihmal edilen yanal kuvvetler hesaba katılmaya başlanmıştır. Janbu, Bishop bu konularda çalışmalar yapmışlardır (Tekin, 2011).

Bu konuda son gelişmeler Bishop ve Morgenstern (1960), Morgenstern, Morgenstern ve Price (1965) in çalışmalarında görülmektedir (Skempton, 1964). Bu çalışmalarda bir yönden analiz yöntemleri geliştirilirken, diğer yönden de laboratuvar

yöntemlerinin geliştirilmesi ve ortaya konan yöntemlerin uygulama sınırlarının genişletilmesi amaçlanmıştır. Bjerrum ve Skempton bu alanda oldukça başarılı sonuçlara ulaşmışlardır. Günümüzde zemin kayması mühendisler için son derece önemlidir. Kayma yüzeyinin belirlenmesi için, kullanılan Φ sürtünme dairesi ve Dilim Yöntemi aşağı yukarı aynı sonucu vermektedir. Bu yöntemlerden herhangi birinin uygulanması ile yapılan analizlerde güvenlik sayısının oldukça büyük olmasına karşın heyelanlara yine de rastlanılmaktadır (Tekin, 2011).

Fisürlü killerdeki kaymalar da mühendisler için önemli bir konu oluşturmaktadır. Kayma yüzeyini belirleyen geliştirilmiş yöntemler ve problemin çözümünde kullanılacak yeni algoritmalar yerine laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar ve gözlemlerden elde edilen bilgileri, pratikteki problemlere daha iyi uygulama olanakları araştırılmaktadır (Tekin, 2011).

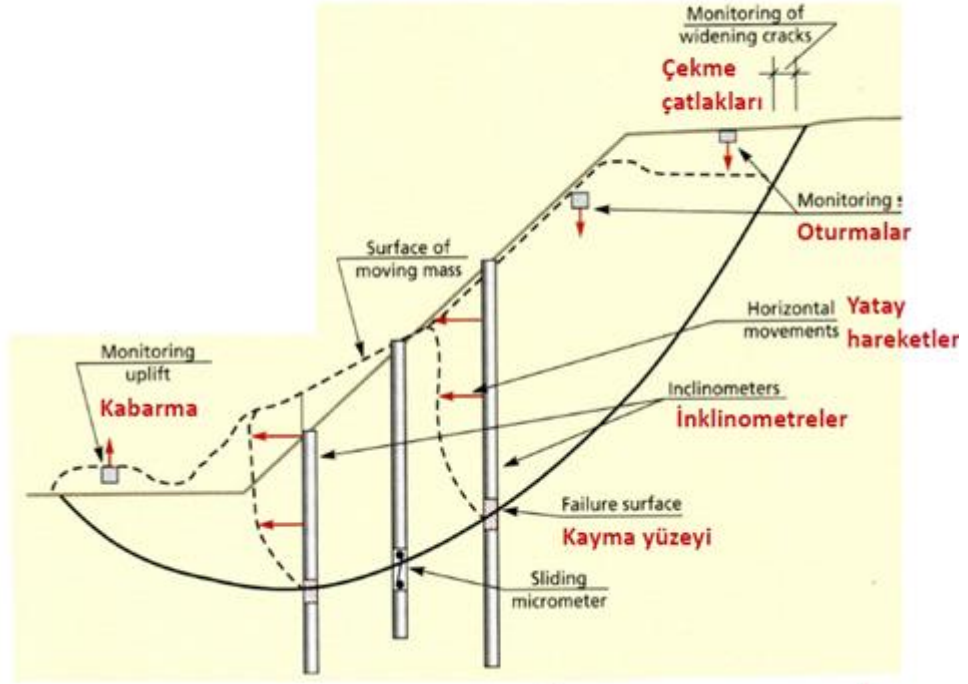
3.2. Şev Duraylılığının İncelenmesi

Bir şevin stabilitesini değerlendirmek için gerekli ana unsurlar şunlardır (Keleşoğlu, 2012):

- Zeminin kayma mukavemeti
- Şev geometrisi
- Boşluk suyu basınçları ya da akım kuvvetleri
- Yükleme ve çevre koşulları

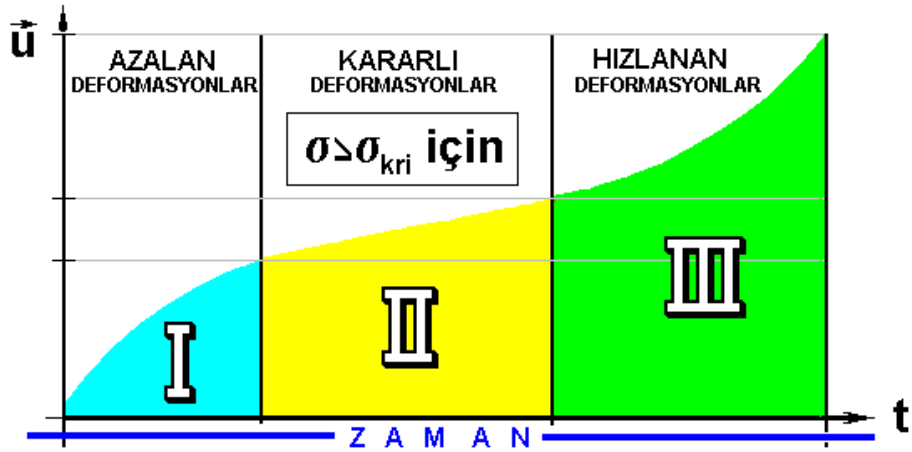
Bir şev hareketinde ölçülmesi gerekenler:

- Taç kısmındaki çekme çatlakları ve oturmalar
- Topukta kabarma
- Zemin yüzeyinde ve kayma yüzeyinde yatay hareket miktarı
- Stabil zemin ile kayan kütle arasındaki rölatif deplasman



Şekil 3.1. Bir şev hareketinde ölçülmesi gerekenler (Keleşoğlu, 2012)

Bir şevin heyelanla sonuçlanan deformasyon süreci ise zamana bağlı olarak azalmaktadır ve Şekil3.2 üzerinde görülmektedir (Vardar vd., 2012).



Şekil 3.2. Heyelanla sonuçlanan deformasyon süreci (Vardar vd., 2012)

3.3. Şev Duraylılığına Etkiyen Etkenler

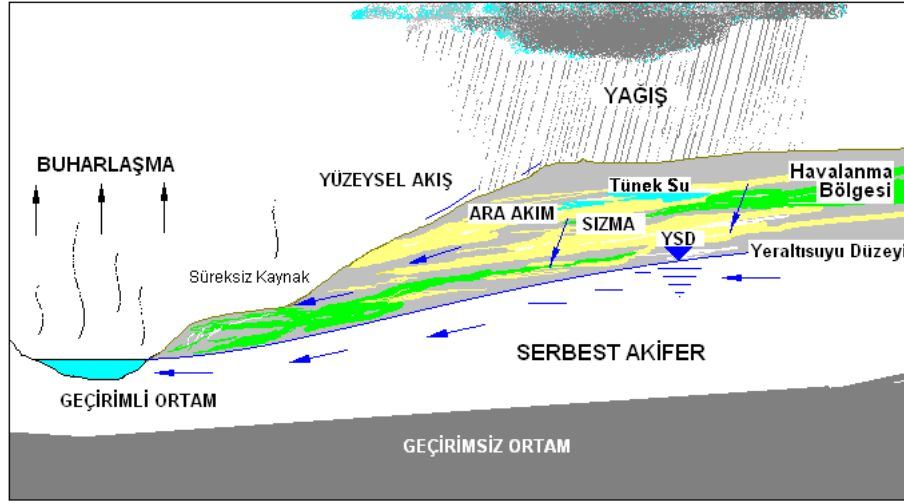
Yamaçta denge kaybı, gerilmelerde artış veya ortamın direnme gücünde azalma sonucu oluşur (çizelge3.1).

Çizelge 3.1. Yamaçta gerilme ve direnç değişimi (Önalp vd., 2004)

GERİLME ARTIŞI	DİRENÇTE AZALMA
Yamaç üstünde yük artışı	Aşınma, yıpranma
Topuğa yakın bölgeden malzeme kaybı	Süreksizlik yüzeylerinde su basıncı
Deprem ve diğer titreşim ivmeleri	Kuru ortamda ani ıslanma ve yapının bozulması
Boşluk veya çatlak suyu basınçlarında artış	Zaman ve hareket sonucu dirençte maksimumdan kalıcıya düşme
Çekme çatlaklarına su dolması	Çatlak ve boşluklarda bulunan buz mercleklerinin erimesi
Giderek kırılma olayı	Çimentolayıcı malzemenin yıkanması
Yamaç dışındaki su yüzeyinde düşme	

3.3.1. Su etkisi

Yeryüzündeki toplam su miktarının %1 kadarının karalar içinde yeraltı su seviyesi olarak bulunduğu tahmin edilmektedir. Geri kalan su ise deniz ve okyanuslarda tuzlu su, atmosferde buhar halinde bulunmaktadır. Su, bir çevrim içinde, yağış ile yer yüzeyine düşer. Yağışın bir kısmı zemin yüzeyindeki bitki örtüsü, yüzey kaplaması, zeminin su geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak yeraltına sızar. Diğer kısmı yerçekimi etkisi altındaki yüzeysel akış akarsular ile göl ve denizlere ulaşır, tekrar buharlaşarak atmosfere çıkar. Yer altına sızan su da yer çekim kuvveti altındadır. Zemin boşlukları veya kaya çatlaklarını dolduran su yeraltı su tablası olarak adlandırılır. Bu yüzeydeki basınç atmosfer basıncına eşittir. Bu seviyedeki su, yer çekimi etkisindedir. Hareket ederken zemin boşluklarında direnç gördüğü için hidrolik yük farkı oluşur ve yeraltı su seviyesinin yüzeyi topografyaya benzerlik gösterir. Yeraltındaki su da sonuçta bir kaynaktan yeryüzüne ulaşır akarsulara katılır veya zemin içinden deniz ya da göle ulaşır. Yaşanan bu dönüşüm Şekil3.3'de de gösterilmiştir (Tan, 2013).



Şekil 3.3. Yamaçlarda olası su hareketleri (Vardar vd., 2012)

Yamaç dengesini en fazla etkileyen etken sudur. Yamaca etkileyen hidrostatik kuvvetler, yüzey ve yeraltı suları olarak ayrılabilir (Tan, 2013).

Şev kaymalarının sebeplerinden birisi yeraltı suyunun olması ve zeminde ayrışma etkisi yaratarak zemini harekete geçirmesidir. Bu durumda mukavemet hesaplarında kullanılması gereken en önemli faktör de boşluk suyu basıncı olmaktadır. Boşluk suyu basıncı değişiminin güvenlik faktörü üzerindeki etkisi çizelgede belirtilmiştir (Yılmaz vd., 2003).

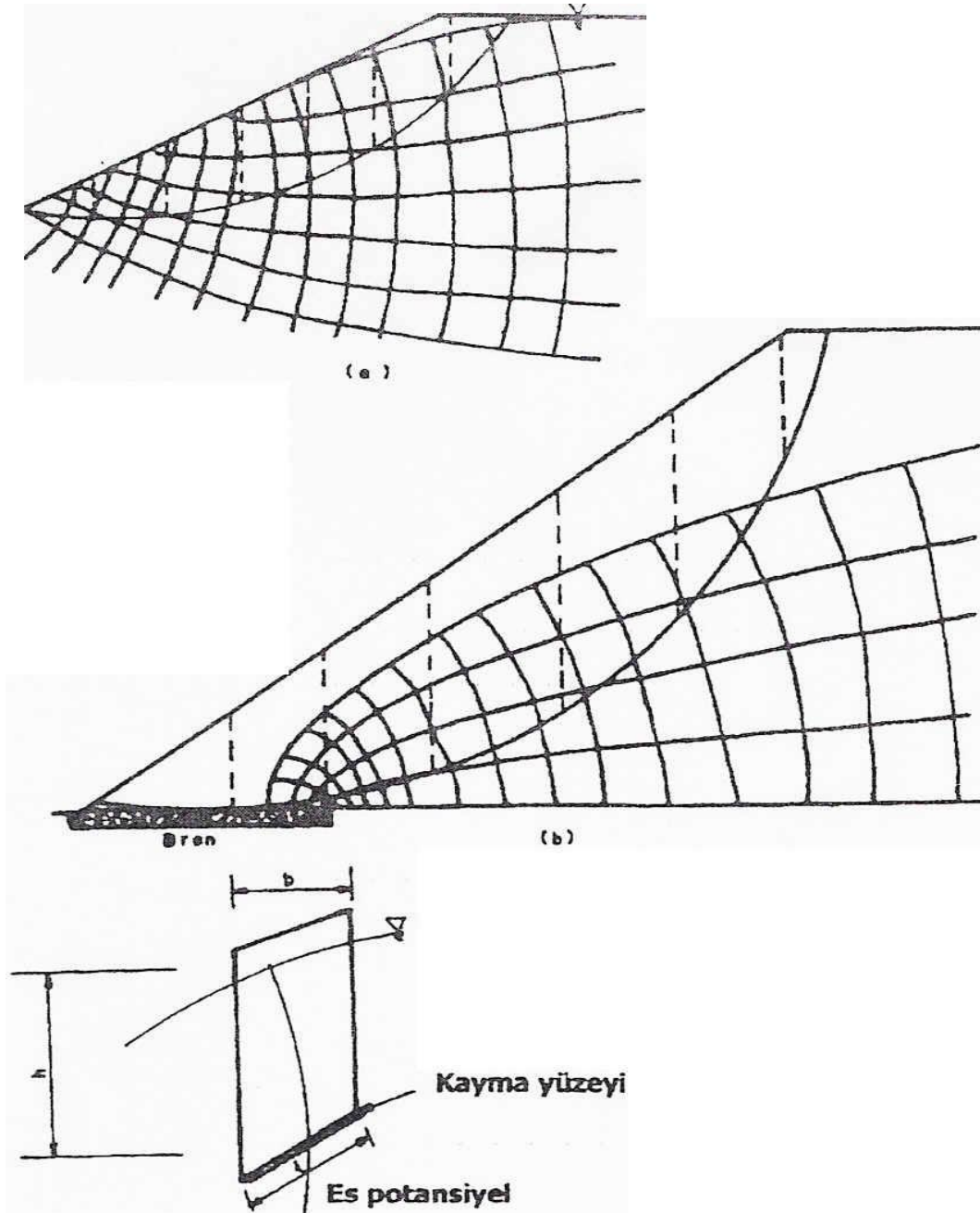
3.3.1.1. Yüzey suları

Yüzey suları, yamacı, toplam gerilmelerde yol açtığı artışlar ve aşındırma olarak etkiler. Duraylılık için toplam veya efektif gerilme analizi yapıldığında yüzey suyu, mukavemet parametreleri $c=\Phi=0$ olan bir zemin kabulüyle, kayan kütle sınırlarına etkileyen bir dış yük olarak göz önüne alınır (Yılmaz vd., 2003).

3.3.1.2. Yeraltı suyu

Yeraltı suyunun varlığı ve basıncı, sondajlar veya yamaca yerleştirilen piyezometrelerle belirlenir. Bu yöntem piyezometre bulunmadığı zamanlarda sadece bir fikir edinmek amacıyla kullanılır. Şekil 3.4'de boşluk suyu basınçlarının akım ağları yardımıyla bulunması gösterilmektedir. Şekil 3.4a'da yer altı suyunun şev yüzüne paralel akması durumu için akım ağı çizilmiştir. Şekil 3.4b'de ise şevin burun

bölgesine yerleştirilmiş drenin etkisiyle beliren akım ağı gösterilmektedir. Şekil 3.4c’de ise boşluk suyu basıncının hesaplanması gösterilmektedir. Serbest su yüzeyi es potansiyel çizgisinin dilim tabanının ortasını kestiği nokta arasındaki yüksekliğin, suyun birim hacim ağırlığıyla çarpılması sonucu dilime etkiyen boşluk suyu basıncı bulunur (Yılmaz vd., 2003).



Şekil 3.4. Boşluk suyu basınçlarının akım ağları ile belirlenmesi (Yılmaz vd., 2003)

3.3.1.3. Çatlak suyu etkisi

Çekme çatlaklarına su dolması, şevde ek hidrostatik kuvvetin doğmasına neden olur.

3.3.2. Deprem ve diğer titreşim ivmeleri

Zeminler, depremler sırasında oluşan tekrarlı kayma gerilmeleri etkisi altında cinslerine, sıklıklarına, statik kayma gerilmelerine, gerilme geçmişlerine ve tekrarlı yükleme özelliklerine yani çevrim sayısı ve etkiye süresine göre farklı davranışlar gösterirler (Ansal ve Siyahi, 1994).

Zeminlerin tekrarlı kayma gerilmeleri altındaki davranışı ile ilgili ilk çalışmalar Seed ve Chan (1966) tarafından yapılmış olup, araştırmacılar tekrarlı kayma gerilmesi değerinin drenajsız kayma mukavemetine ulaştığı durumda büyük kalıcı deformasyonların oluşacağını belirtmişlerdir.

Örselenmemiş killi zeminler üzerinde üç eksenli dinamik deney aletinde önce tekrarlı yük uygulayıp daha sonra statik deformasyon kontrollü deneyler geçmişte yapılmış olup farklı şekilde hazırlanmış numunelerde aynı frekans ve değişik tekrarlı kayma gerilmesi oranları için çevrim sayısına bağlı olarak değişen bir kayma mukavemetinin bulunduğu bilinmektedir. Bu değer de statik kayma mukavemeti değerinin %50'si olduğu görülmüştür (Matsui ve Bahr,1991; Özay ve Erken, 2002).

Dinamik etkiler altında oluşan boşluk suyu basınçları sönmelenmeden yapılan statik deneylerden anlaşılacağı gibi, mukavemet azalmasının, tekrarlı gerilme oranına ve çevrim sayısına bağlı olarak önemli mertebelere çıkabildiği bilinmektedir (Ansal ve Yıldırım, 1985).

Zeminlerde tekrarlı kayma, suya doygun zeminlerde, deprem sonucu boşluk suyu basınçlarında artış oluşur. Boşluk suyu basıncındaki artış sönmelenemiyorsa efektif gerilmenin azalmasına ve zamanla sifıra düşmesine neden olarak, zemin dayanımını etkiler. Bunun sonucunda yamaçta önemli deformasyonlar ve akmalar oluşur (Olgun ve Acar, 2009).

Deprem etkisinin şevlerde hesaba katılması genellikle, tekrarlı kayma gerilmeleri sebebiyle zeminin kayma mukavemetindeki azalmanın stabilite analizinde dikkate alınmasıyla olmaktadır. Kayma mukavemeti kaybının iki nedeni olabilir; birincisi tekrarlı gerilmeler nedeniyle boşluk suyu basıncının artması ve efektif gerilmelerin azalması, ikincisi ise tekrarlı kayma gerilmelerinin yol açtığı tekrarlı şekil değiştirmelerin dane yapısında bir yoğrulmaya neden olmasıdır (Olgun vd., 2009).

Şevlerde depremin neden olduğu tekrarlı kayma gerilmeleri, suya doymuş zeminlerde boşluklardaki suyun yüklenme sonuna kadar drene olamamasından dolayı boşluk suyu basınçlarının artmasına neden olmaktadır (Olgun ve Acar, 2009).

3.3.3. Giderek kırılma

Giderek ilerleyen kırılma mekanizması başlangıçta güvenlikte olduğu hesaplanan bir yamacın uzun veya kısa vadede dengesini kaybetmesidir. Bunun nedeni zeminde bir noktada (şevler için topuk noktası) yoğunlaşan şekil değiştirmelerin kitle içine yayılmasıdır. Sonuçta, artan deformasyonlar kayma direncini de maksimum düzeyinden kalıcı bir değere düşürdüğünde bir kayma yüzeyi belirlemektedir (Olgun ve Acar, 2009).

Şevlerin stabilitesinin etüdü şu üç sorunun çözümü için gerekir:

- Doğal eğik yamaçlarda meydana gelecek heyelan ve kaymaların önceden saptanması ve korunma, önleme işlemlerinin belirlenmesi,
- Yol yapımında oluşturulan yapay şevlere gerekli stabil durumun verilmesi, kayma olasılıklarının giderilmesi,
- Doğal ve yapay şevlerde oluşan kayma ve heyelanların düzeltilmesi sağlanmalıdır.

4. ŞEV STABİLİTESİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.1. Duraylılık Analizi Genel Kavramlar

Eğimli bir toprak yığınının (şevin) duraylılığı dairesel bir kayma yüzeyi boyunca kayarak çökme olasılığı inceleneceği zaman, stabil veya stabil olmayan bir durum olduğunu belirlemek için mühendislik statik ilkeleri uygulanabilir. Kayan toplam kütlelerin silindir veya kaşık biçiminde olduğu varsayıldığında, analiz için şevin yüzü boyunca birim genişlik alınır ve şev kesitinin kayma yüzeyi bir daire parçası olarak değerlendirilir. Varsayılan çökme kütlelerinin dengesini etkileyebilecek kuvvetler belirlenir ve bu kuvvetlerin kayma dairesi yayının merkezini temsil eden noktaya (bu nokta aslında şevin yüzüne paralel uzayda bir eksendir) göre döndürme momentleri hesaplanır. Bu işlemle, harekete yol açan momentlere katkıda bulunan kayan kütledeki zeminin ağırlığı ile şevin yüzü ve tepesindeki dış yükler de dikkate alınır. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi kaymaya karşı direnci varsayılan kayma yüzeyindeki zeminin kesme mukavemeti sağlar (McCarthy, 1962).

Emniyet katsayısının hesaplanması:

$\tau = \tau_{azami}$ olsun (maksimum zemin kesme mukavemeti)

$$\text{Emniyet Katsayısı} = \frac{\tau_{azami} \times Lxr}{(W_1 x d_1) + (W_2 x d_2)}$$

(a) $\tau_{gerekli}$ = denge için gerekli kesme mukavemeti olsun

Buna göre $\tau_{gerekli} \times Lxr = (W_1 x d_1) + (W_2 x d_2)$

$$\tau_{gerekli} = \frac{(W_1 x d_1) + (W_2 x d_2)}{Lxr}$$

$$\tau_{gerekli} = \frac{\tau_{azami}}{\tau_{gerekli}}$$

Kaymaya neden olan moment = $(W_1 x d_1) + (W_2 x d_2)$

$$EK = \frac{\text{Zeminin sahip olduğu kesme mukavemeti}}{\text{Denge için gerekli zemin kesme mukavemeti}}$$

Bu yöntemle belirlenen emniyet katsayısı zeminin kesme mukavemetine bağlı bir değerdir. Bu yöntem pek çok matematiksel şev duraylılık kuramında kullanılır.

Çizelge 4.1’de gösterildiği gibi; yukarıda açıklanan temel kavramları kullanan, ama denge durumunu etkileyen kuvvetlerin değerlendirilmesi için farklı yöntemler izleyen ya da pratik basitleştirici varsayımlarda bulunan pek çok analitik yöntem geliştirilmiştir (McCarthy, 1962).

Çizelge 4.1. şev duraylılığı inceleme yöntemleri (McCarthy, 1962)

Yöntem	Tipik Uygulamaları ve Sınırları	Kullanımla İlgili Yorumlar
Temel yöntem	İzotropik killi şevlerde dairesel çökme yüzeyleri	Çok karmaşık olmayan; el hesap makinesi ile çözüm pratiktir.
Fellenius yöntemi	Bütün zemin çeşitlerinde dairesel çökme yüzeyleri	Çok karmaşık olmayan yöntem; el hesap makinesi ile çözüm pratiktir.
Bishop dilim yöntemi	Bütün zemin çeşitlerinde dairesel çökme yüzeyleri	Karmaşık yöntem; çözüm için en iyi yol bilgisayar programıdır.
Basitleştirilmiş Bishop yöntemi	Bütün zemin çeşitlerinde dairesel çökme yüzeyleri	Yarı karmaşık yöntem; el hesap makinesi ile çözüm pratiktir, ama bilgisayarlı yöntem tercih edilir.
Morganstern-Price dilim yöntemi	Bütün zemin çeşitlerinde dairesel ve dairesel olmayan çökme yüzeyleri	Karmaşık yöntem; çözüm için bilgisayar gerekir.
Spencer dilim yöntemi	Bütün zemin çeşitlerinde dairesel ve dairesel olmayan çökme yüzeyleri	Karmaşık yöntem; çözüm için bilgisayar gerekir.
Janbu dilim yöntemi	Bütün zemin çeşitlerinde dairesel ve dairesel olmayan çökme yüzeyleri	Dairesel olmayan çökme yüzeylerinde yaygın olarak kullanılır; karmaşık yöntem için bilgisayarlı çözüm en iyisidir, ancak tablolar, el hesap makinesi ile çözümü pratik hale getirir.

4.2. Analiz İçin Dayanım Özellikleri- Killi Ve Karma Zeminler

Killi zeminin kesme dayanımı (mukavemeti), zeminin gerilme geçmişi (normal konsolidasyonlu veya aşırı konsolidasyonlu), şu anda etkileyen efektif veya konsolidasyon gerilmesi, mevcut boşluk suyu basıncı durumu ve boşluk suyu

drenajının meydana gelme olasılığına bağlıdır. Yerinde belirlenen zemin kesme dayanımının kullanılması örneğin $\Phi=0$ ve $\tau=c_u$ toplam gerilme durumunda, konsolidasyonsuz-drenajsız kesme deneylerinden ve sınırlanmamış basınç deneylerinden elde edilen değerlerin kullanılması inşaat sonrası ve kısa vadeli duraylılığın değerlendirilmesi için uygundur. $\Phi=0$ koşulu olarak bilinen toplam gerilme analizi normal konsolidasyon koşullarına sahip zeminlerde kullanılmalı, ancak aşırı konsolidasyonlu ve kırıklı veya çatlaklı zeminlerin incelenmesinde uygulanmamalıdır. Şevlerin uzun vadeli duraylılığı ve aşırı konsolidasyonlu kırıklı-eekli zeminlerin kısa vadeli duraylılığının değerlendirildiği çalışmalarda efektif gerilme durumuna uygun kesme dayanımı özellikleri kullanılmalıdır. Efektif gerilmenin boşluk suyu basıncını dışarıda bırakarak tanecikler arasındaki net sıkıştırma gerilmesi olmasıyla, bir zemin kütleindeki toplam gerilme, efektif gerilme ve boşluk suyu basıncı arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir (McCarthy, 1962):

Toplam gerilme= Efektif gerilme + Boşluk suyu basıncı

Veya

$$\sigma = \sigma' + u$$

Toplam gerilme ($\Phi=0$) analizinin yeni inşa edilmiş şevlerde kullanılmasının pratik bir nedeni yeni açılan şevin drenajı devam ettikçe değerler değiştiği için boşluk suyu basıncı seçmenin zor olmasıdır. Aşırı boşluk suyu basıncının olmadığı durumda toplam gerilme kavramıyla çalışmak daha kolaydır (McCarthy, 1962).

Toplam gerilme aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\sigma = \gamma_{toplam} Z$$

Burada γ_{toplam} boşluk suyu dâhil, toplam zemin ağırlığını,

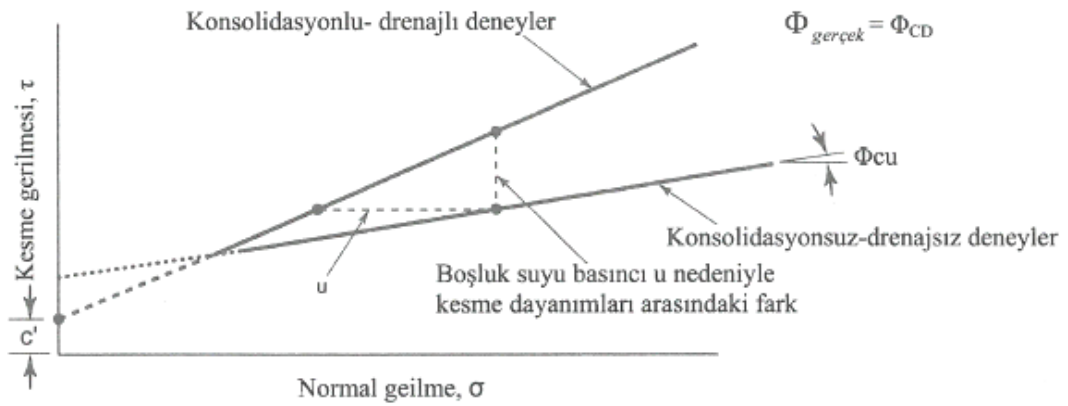
Z ise incelenen düzleme olan derinliğini ifade eder.

Karma ve killi zeminlerin (kohezyonlu zeminler) *efektif gerilmeye dayalı* kesme dayanımı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\tau = c' + (\sigma - u)\tan\phi_{gerçek} = c' + \sigma'\tan\phi_{gerçek}$$

Burada c' ve $\tan\phi_{gerçek}$ değerleri konsolidasyonlu-drenajlı kesme deneylerinden veya boşluk suyu basıncı u değerinin ölçüldüğü konsolidasyonsuz-drenajsız deneylerden elde edilir (şekil4.2).

c' 'nin büyüklüğü genelde normal konsolidasyonlu ve çok az konsolidasyonlu killi zeminler için küçüktür ve efektif gerilme parametrelerini kullanan bir şev analizinde tutucu olarak değeri verilebilir.



Şekil 4.2. Konsolidasyonsuz-drenajsız deneylerden elde edilen kesme dayanımı zarfının niteliksel karşılaştırması (McCarthy, 1962)

4.3. Duraylık Analizi İçin Temel Yöntem

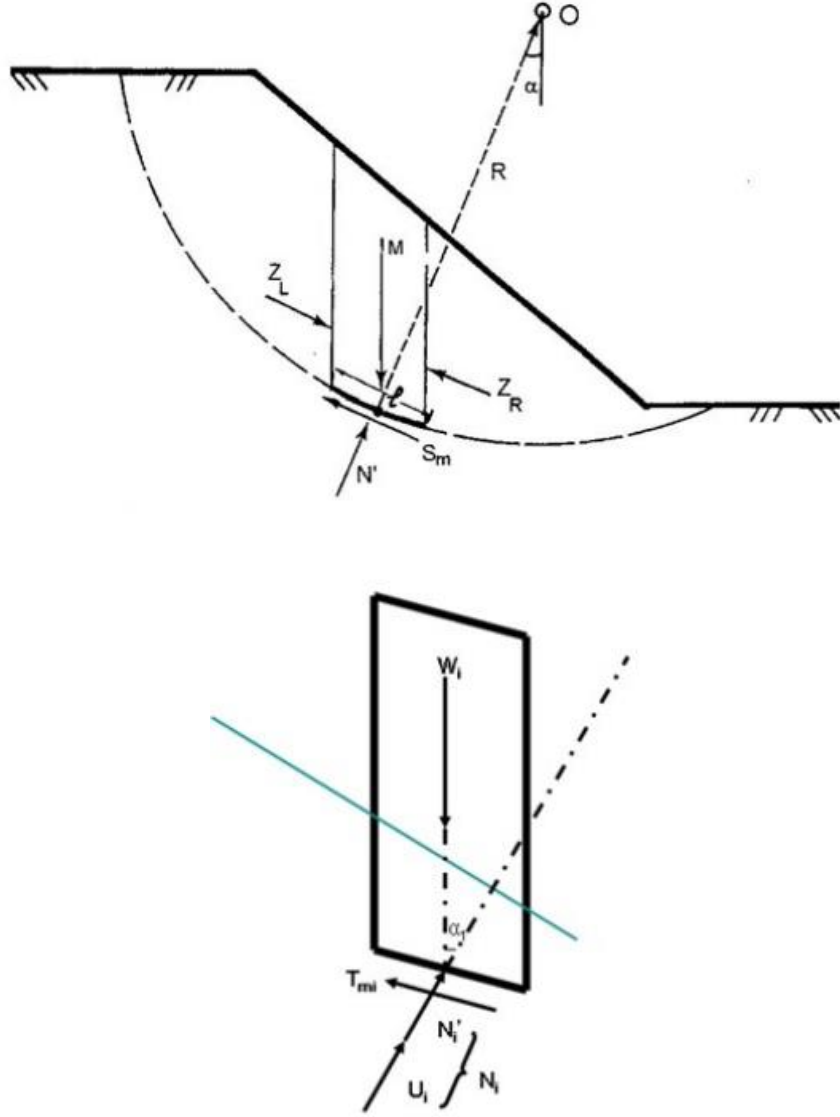
İzotropik bir killi şevde, seçilen bir çökme kütlesi ve kayma yüzeyi için emniyet katsayısı belirlendikten sonra, toplam kesme dayanımı drenajsız kesme deneylerinden (konsolidasyonsuz-drenajsız deneyler veya sınırlamasız basınç deneylerinden) elde edilen kohezyon değeri c' 'dir. Değerlendirmede kayma yüzeyinde mevcut olan etkin gerilmelerin bilinmesi, bunlar kullanılan kesme dayanımı değerini etkilemediği için şart değildir. Ancak, zeminin kayma yüzeyindeki kesme direncine katkıda bulunan bir zeminin iç sürtünme taşıdığı durumlarda ($\Phi = 0$ değildir), $\sigma' \tan\Phi$ katsayısındaki eldeki kesme dayanımı (direnci) değerlerine ulaşmak amacıyla, varsayılan kayma yüzeyindeki farklı noktalarda efektif normal gerilmenin belirlenmesi gereklidir. İç sürtünme taşıyan zeminlerin bulunduğu şevleri değerlendirmek için uygulanan işlemlerden birisi dilimler yöntemidir (McCarthy, 1962).

4.4. Limit Denge Analizleri

Limit denge analizleri geoteknik mühendisliği problemleri çözümlerinde yıllardır yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Limit denge analizleri ile kaymanın belli bir yüzey boyunca oluştuğu kabulü yapılır ve kayan kütle bir bütün olarak veya dilimlere ayrılarak, kayma yüzeyi boyunca oluşan gerilmeler ile kayma mukavemeti karşılaştırılır. Bu analiz yöntemleri ile temelde, Mohr Coulomb gerilme kriterleri kullanılarak şevlin üç ana statik denge eşitliği aranmaktadır (Hammouri ve diğ., 2008). Singh ve diğ. (2008) tarafından yapılan çalışmaya göre ise limit denge yöntemleri içerdikleri sınırlamalara karşın güvenilir sonuçlar verdiğini ispatlamıştır fakat aynı anda tüm kesme dayanımının mobilize olduğu varsayıldığı için olduğundan daha düşük güvenlik sayıları verdiği belirtilmiştir. Bu yöntem ile günümüze kadar bir çok araştırma yapılmış ve yöntem geliştirilmiştir (Yu ve diğ., 1998).

4.4.1. Fellenius yöntemi (İsveç dilim yöntemi)

Bir şevli alan için incelenen kayma yüzeyinin kesme dayanımı, iç sürtünme ve etkin gerilmeye dayalı olduğu zeminlerin geçtiği yerlerde, dilim yöntemi varsayılan kayma yayının farklı bölümlerinde gelişen kesme direncinde görülmesi beklenen farklılıkları açıklamanın pratik bir yoludur. Bu yöntem, izotropik zeminlerde, katmanlı zeminlerde ve izotropik olmayan zeminlerde bulunan şevlerde uygulanabilir (McCarthy, 1962).



Şekil 4.3. Fellenius yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler ve kuvvet poligonu

$$G_s = \frac{\sum [c' + (M \cos \alpha - u_w)] \tan \Phi'}{\sum M \sin \alpha}$$

4.4.2. Bishop metodu

Bishop Yöntemi, çalışma biçimi açısından İsveç Dilim Yöntemi ile büyük benzerlik gösterir. Burada da dairesel kayma yüzeyi üzerinde dilimler oluşturulmakta, önce her dilim ve daha sonra da tüm kütle için tutucu ve kaydırıcı etmenler birbirleriyle oranlanarak güvenlik sayısı hesaplanmaktadır. Yöntemin farklı ve ilgi çeken yanı ise, geçirgenliği düşük ve dolayısıyla çok uzun zamanda ve güçlükte drene olabilen

zeminlerdeki boşluk suyu basıncını dikkate alması v etkin gerilme analizlerinden yararlanmasıdır (Vardar vd., 2012).

A.W. Bishop tarafından ortaya konulan değerlendirme yöntemi de dilimler metodunu kullanarak her dilim üzerinde etkiyen kuvvetler değerlendirilir (Şekil4.4). Şevi meydana getiren dilimlere denge koşulu uygulanır; şevin çökmesine karşı emniyet katsayısı zeminin deneysel kayma düzlemi üzerinde sahip olduğu maksimum kesme dayanımının denge için gerekli kesme direncine oranı olarak tanımlanır (McCarthy,1962).

$$G_s = \frac{\sum[c'b + ((M \cdot ub) + \Delta X)\tan\Phi'] / m_a}{\sum M \sin\alpha}$$

$$m_a = \cos\alpha \left(1 + \tan\alpha \frac{\tan\Phi'}{G_s}\right)$$

b: dilim genişliği,

M: dilim toplam ağırlığı,

c': kohezyon,

Φ' : efektif kayma mukavemeti açısı,

u: dilim tabanına etkiyen boşluk suyu basıncı,

α : dilimin tabanıyla yatay arasındaki açı.

4.4.3. Janbu yöntemleri

Bu yöntem temelde Bishop yöntemine benzer olup en belirgin farklılığı herhangi bir yenilme yüzeyine uygulanabilmesidir.

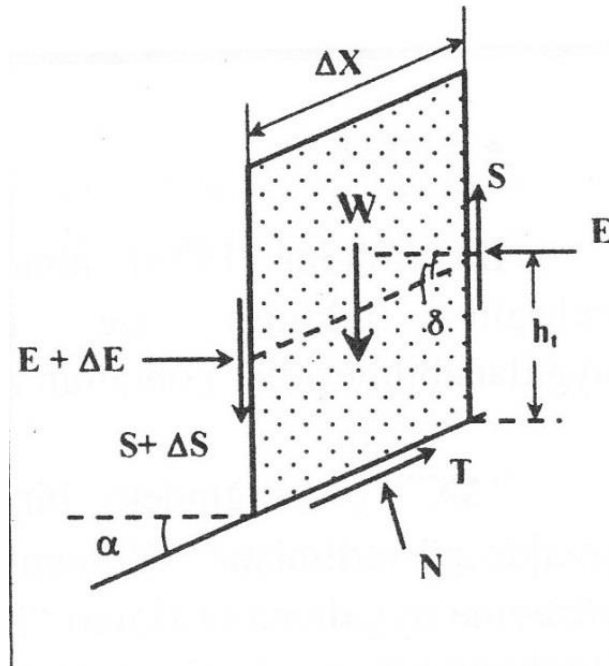
Herhangi bir şevi oluşturan zeminin, çok zayıf kaya, atık veya pasa malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri şev boyunca çok değişiklik gösteriyorsa ve düşük kayma dayanımlı (kil gibi) düzlemsel düzeylerin olduğu durumlarda 'daireysel

yenilme ' esasına dayanan stabilite yöntemleri yetersiz kalmaktadır (McCarthy, 1962).

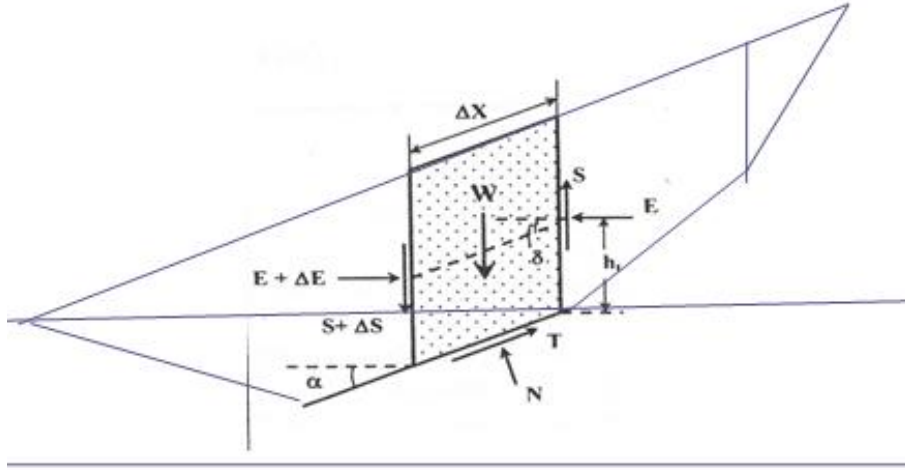
Janbu yönteminde (Şekil 4.5);

- Kayma yüzeyi bir seri kritik daire kabulü yerine bir kayma yüzeyi kabulüne dayandırılır.
- Güvenlik Sayısı düzeltme sayısı (f_0) ile belirlenir.
- Yatay kuvvetleri dengede kabul eder.

Dairesel olmayan kayma yüzeylerinde iyi sonuç vermektedir.



Şekil 4.4. Dilime etkiyen kuvvetler (McCarthy, 1962)



Şekil 4.5. Şev ile dilime etki eden kuvvetler (McCarthy, 1962)

Yöntemin çalıştırılması aşağıda özetlenmiştir;

$\Delta S=0$ kabulü yapılır ve güvenlik katsayısı " G_K " ifadesinden hesaplanır. Bu değer ilk deneme-yanılma işleminde esas alınır. Her dilim için T değerleri bulunur. Hesaplanan kayma kuvvetleri "T" ifadesinde yazılarak, yeni bir güvenlik katsayısı elde edilir. Bu işleme kabul edilen " G_K " ve bulunan yeni güvenlik katsayılar, " G_K " birbiriyle eşit oluncaya kadar devam edilir.

Nihai T değeri yerine koyularak " ΔE " hesaplanır. " ΔE " nin bilinmesiyle toplam alınarak bir dilimin her bir yüzeyine etki eden "E" kuvveti belirlenir. E kuvveti için uygun bir itki hattı kabulü ile her bir dilime ait " δ " ve " h_t " geometrik büyüklükleri tespit edilebilir. Bu durumda "S" kuvvetleri hesaplanır ve her bir dilim için " ΔS " değeri için yeni bir güvenlik katsayısı elde edilir (Huang, 1983).

Düşey kuvvetlerin dengesinden

$$(1a) N \cdot \cos \alpha = W + \Delta S - T \cdot \sin \alpha$$

$$(1b) N = (W + \Delta S) \sec \alpha - T \cdot \sin \alpha$$

Yatay kuvvetlerin dengesinden

$$(2a) \Delta E = (W + \Delta S) \cdot \text{tg} \alpha - T \cdot \text{sec} \alpha$$

(1b) ifadesi (2a) no'lu denklemde yerleştirilirse;

Kuvvetlerin dilim orta noktasına göre momentleri alınırsa;

$$S \cdot \Delta x = -E \Delta x \cdot \text{tg} \delta + h_t \cdot \Delta E$$

$$S = -E \cdot \text{tg} \delta + h_t \cdot \frac{\Delta E}{\Delta x}$$

Kuvvetlerin dilim orta noktasına göre momentleri alınırsa;

$$S \cdot \Delta x = -E \Delta x \cdot \text{tg} \delta + h_t \cdot \Delta E$$

$$S = -E \cdot \text{tg} \delta + h_t \cdot \frac{\Delta E}{\Delta x}$$

Bütününde yatay denge koşulu için $\sum \Delta E = 0$

Olmalıdır. Buradan (2b) ifadesi;

$$(W + \Delta S) \text{tg} \alpha - T \cdot \text{sec} \alpha = 0$$

Mohr-Coulomb yenilme ölçütüne göre kayma kuvveti "T";

$$T = \frac{c \cdot \Delta x \cdot \text{sec} \alpha + N \cdot \text{tg} \Phi}{G_K}$$

Şeklinde yazılabilir. Güvenlik katsayısı "G_K" yalnız bırakılırsa ve

$$G_K = \frac{c \cdot \Delta x \cdot \text{sec} \alpha + N \cdot \text{tg} \Phi}{T}$$

$$G_K = \frac{\sum (c \cdot \Delta x \cdot \text{sec} \alpha + N \cdot \text{tg} \Phi) \cdot \text{sec} \alpha}{\sum (W + \Delta S) \cdot \text{tg} \alpha}$$

$$G_K = \frac{\sum\{c \cdot \Delta x \cdot \sec\alpha + [(W + \Delta S) \cdot \text{tg}\Phi]\} \cdot \sec\alpha}{\sum(W + \Delta S) \cdot \text{tg}\alpha}$$

Olarak elde edilir (Huang,1983).

Janbu yönteminin uygulanması zahmetli olup, özellikle hesapların elle yapılma olanağını güçleştirmektedir. Pratik mühendislikte Janbu yönteminin uygulanmasında şu şekilde yapılmaktadır:

$$G_K = \frac{f_0 \sum\{(c' \cdot b + W - ub) \cdot \text{tg}\Phi'\} \frac{1}{\cos\alpha \cdot m_a}}{\sum W \cdot \text{tg}\alpha}$$

Bağlantısından yararlanılmaktadır (McCarthy, 1998).

Burada;

G_K = Güvenlik katsayısı

c' = Zeminin efektif kohezyon değeri

Φ' = Efektif içsel sürtünme açısı

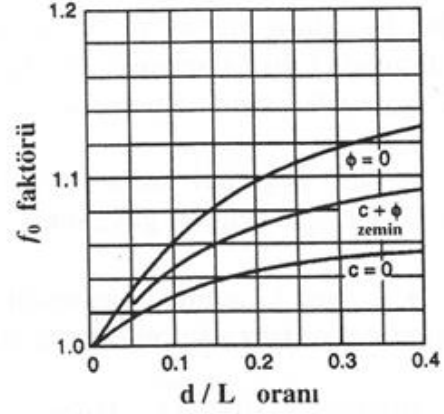
b = Dilim genişliği

W = dilimin statik ağırlığı

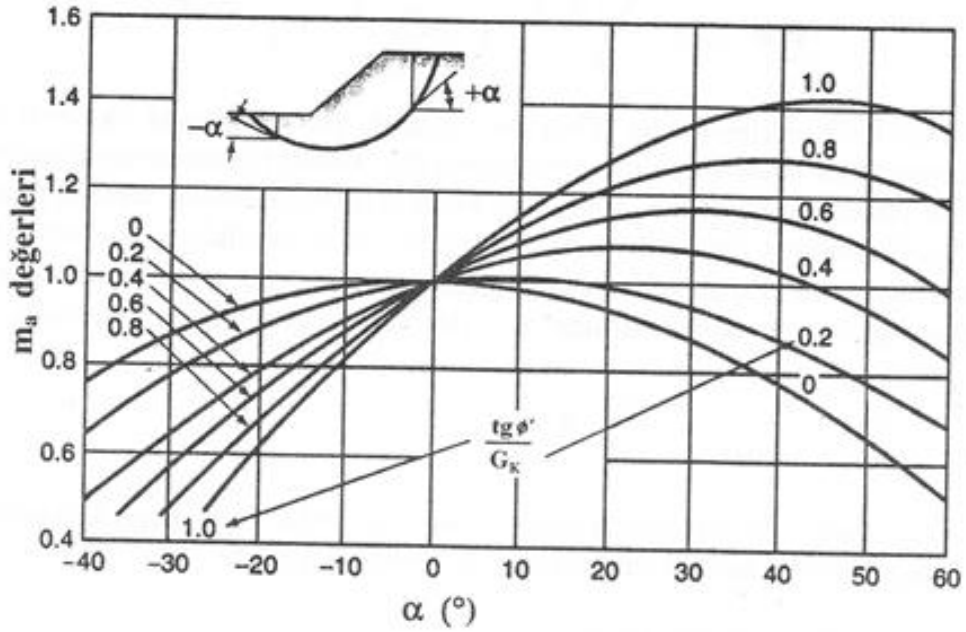
u = boşluk basıncı

$m_a = f\left(\frac{\text{tg}\Phi'}{G_K}\right)$ değişimi

f_0 = Düzeltme faktörü. Bu faktör, kabul edilen kayma yüzeyinin geometrik büyüklüklerine ve zeminin türüne (granüler, kohezyonlu, granüler-kohezyonlu-siltli zemin) bağlıdır. Janbu tarafından geliştirilen $f_0 = f(d/L, \text{zemin türü})$ abağından kestirilir (Şekil4.6).



A: Janbu yönteminde düzeltme faktörü abağı $\Phi = 0$: Kohezyonlu zemin
 $c = 0$: Granüler zemin

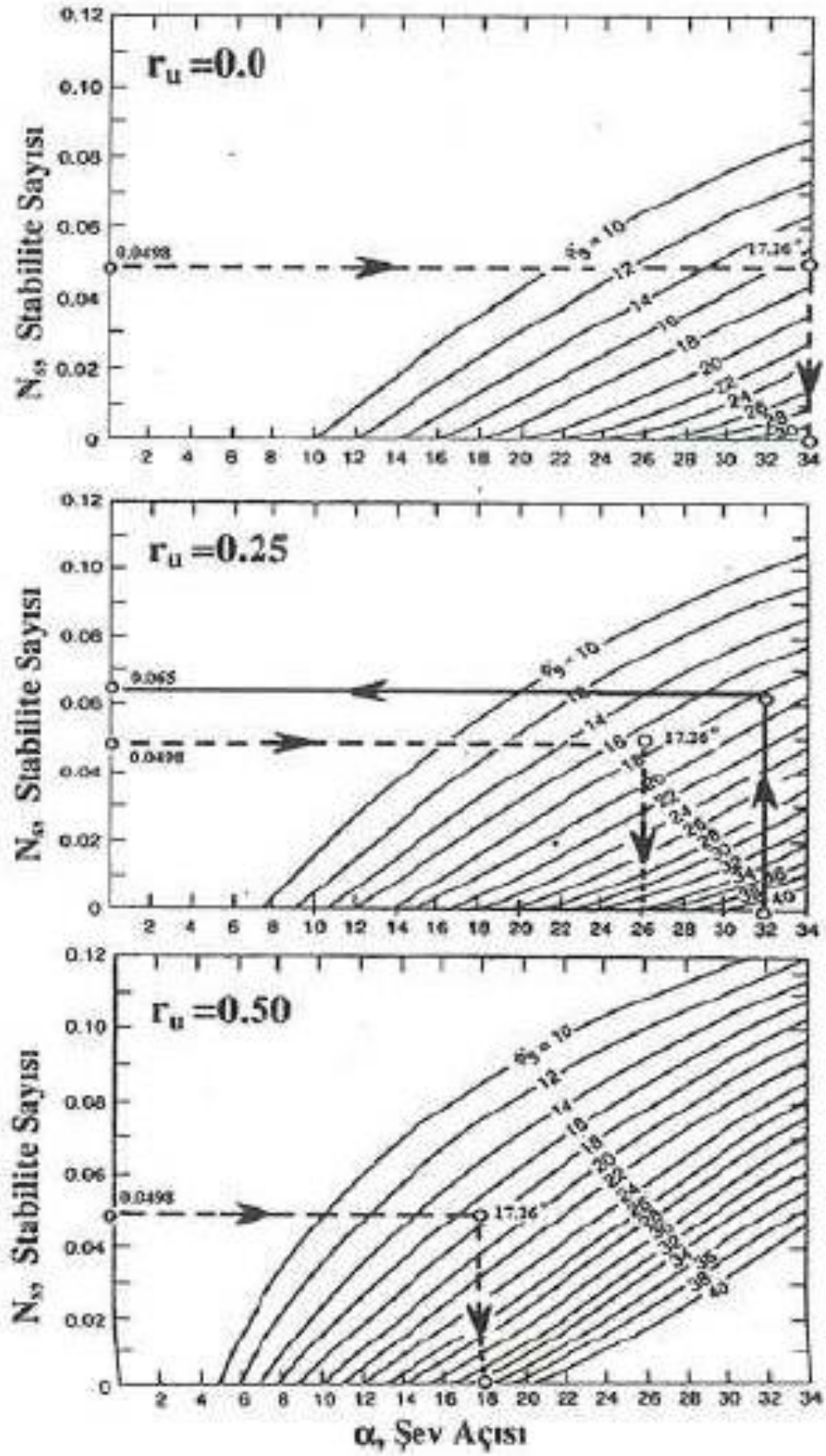


$$B: m_a = f\left(\frac{tg\phi'}{G_k}, \alpha\right)$$

Şekil 4.6. Janbu yöntemi (McCarthy, 1998)

4.4.4. Spencer yöntemi

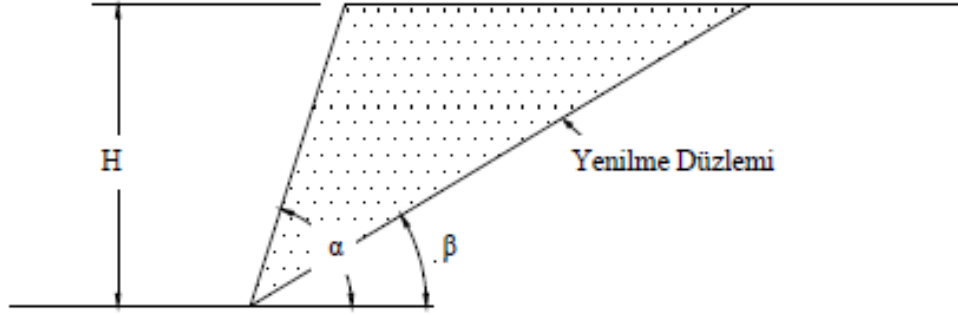
Spencer yöntemi moment eşitliği sağlanıp kuvvet eşitliğinin sağlanmadığı bir yöntemdir. Bu yöntem ile öncelikle verilen şev için c , γ , H , b , ϕ , r_u değerleri belirlenir ve herhangi bir G_s değeri varsayılır. $N_s = c / (G_s \text{ varsayılan } \cdot \gamma \cdot H)$ değeri hesaplanarak Şekil 4.7'de verilen abak yardımı ile ϕ_d değeri elde edilir. Güvenlik sayısına ise $G_s = \tan\phi / \tan\phi_d$ eşitliğinden ulaşılır (Şekil4.7) (McCarthy, 1998).



Şekil 4.7. Spencer stabilite abakları (McCarty, 1998).

4.4.5. Culmann yöntemi

Şekil 4.8’de gösterildiği gibi kaymanın düz bir yüzey boyunca gerçekleşmiş olması kabulüne dayanan bu yöntem, kayma yüzeyi boyunca oluşan kayma gerilmeleri sonucu oluşan kayma direncinin dengesinden kritik kayma açısı ve maksimum kazı yüksekliği hesaplanabilmektedir (Das, 2006).



Şekil 4.8. Culmann kırılma yüzeyi (Das, 2006)

Kritik kayma açısı, β_k ;

$$\beta_k = \frac{1}{2} (\alpha + \phi_g)$$

Maksimum kazı yüksekliği, H_k

$$H_k = \frac{4c}{\gamma} \left[\frac{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1 - \cos (\alpha - \phi)} \right]$$

4.4.6. Basitleştirilmiş bishop dilim yöntemi

Suya doymun killerde toplam gerilmeler kullanılarak yapılan incelemeler için olduğu kadar, her türlü zeminde efektif gerilmeler kullanılarak yapılan incelemeler için de elverişlidir. Bu yöntemde göre bir şevin stabilize analizi yapılırken şeve gelen dinamik kuvvetlerin etkisini dikkate alan ve pik deprem ivmesini kullanan eş değer bir yatay kuvvet ele alınmıştır. Bishop yönteminde dilimler esas olduğuna göre, her dilimin ağırlığı ile orantılı bir yatay kuvvet hesaba katılmıştır. Her dilime etki eden yatay kuvvetler sonunda toplanarak, kaymaya neden olan momentler kısmında yer almaktadır. Tekrarlı kayma gerilmeleri nedeniyle zeminlerde oluşan boşluk suyu

basıncı artışları ve kayma mukavemeti açısındaki azalmalar da hazırlanan bilgisayar programında analize katılmıştır. Buna göre güvenlik katsayısı (Fs) şu şekildedir: (Olgun ve Acar, 2009)

$$\frac{\sum(c'b + (W - u_{son} \cdot b)\tan\phi') / M(\alpha)}{\sum W \cdot \sin\alpha + \sum a_p \cdot W}$$

c' : zeminin kohezyonu,

b : dilim genişliği,

W : dilim ağırlığı,

ϕ' :zeminin kayma mukavemeti açısı,

a_p : yerçekimi ivmesi cinsinden pik deprem ivmesi,

α :şev açısı,

u_{son} : Deprem etkisi altındaki nihai boşluk suyu basıncı değeri,

$u_{son} = u_{baş} + u$ şeklindedir. Burada $u_{baş}$; depremden önceki boşluk suyu basıncı değeri, u ise, hesaplanan ilave boşluk suyu basıncı değeridir (Olgun ve Acar 2009).

4.5. Çekme Çatlaklarının Analize Etkileri

Şevin tepesinde veya yüzünde meydana gelen çekme çatlakları (kohezyonlu zeminlerin bulunduğu yerlerde sık görülen bir durumdur) şevin duraylılığını etkileyebilir. Bir analizde kayma düzleminin çekme çatlaklarının suyla dolması mümkünse, çatlağın içinde bir hidrostatik basınç dağılımının var olduğu kabul edilir ve basınç şev hareketine neden olan kuvvetlere ve momentlere katkıda bulunur. Ancak genelde şev çatlaklarının şevin hesaplanan emniyet katsayısı üzerinde çok küçük bir etkide bulunduğu kabul edilir. Bu çatlaklar suyun gömülü olan ve suya maruz kalmasıyla kuvveti zayıflayabilecek olan zemin katmanlarına ulaşmasına imkân verebilir. Bu durum şevlerin analizinde hesaba katılmalıdır (McCarthy,1962).

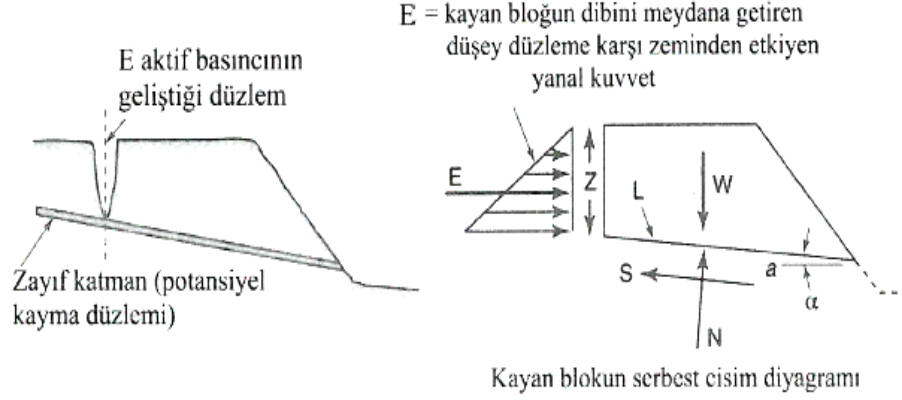
Kaya şevlerinde ise, şev tepesi gerisinde oluşan çekme çatlaklarının bazıları onlarca yıl yüzeyde görülebilir ve pek çoğunun şevin duraylılığına olumsuz bir etkisi olmaz. Bu nedenle, bu çatlakların nasıl oluştuğularının ve şev duraylılığına herhangi olumsuz bir etkilerinin olup olmadığı belirlenmelidir (Keskin, 2008).

Barton (1971) eklemlili kayalarda yenilen şevler üzerine yaptığı ayrıntılı model çalışmalarında, çekme çatlağının kaya kütlesi içerisindeki küçük küçük kesme hareketleri sonucu oluştuğunu gözlemlemiştir. Bu gözlem oldukça önemlidir; çünkü bir çekme çatlağı şev yüzünde belirlediğinde, kaya kütlesi içerisinde kesme yenilmesi başlamış demektir (Keskin, 2008).

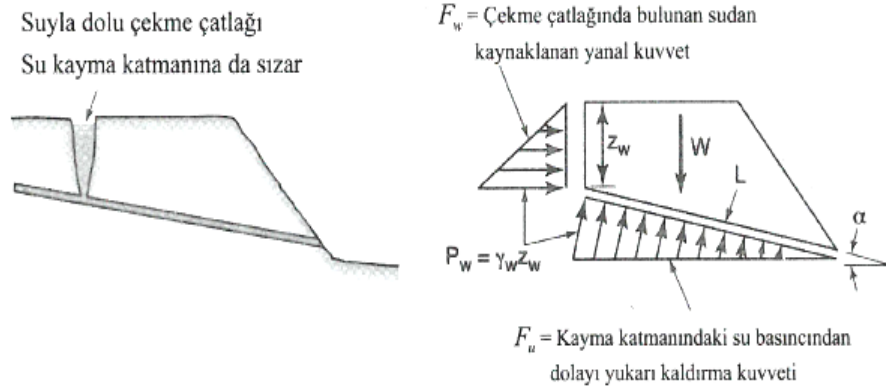
Bir çekme çatlağının tespiti, potansiyel bir duraysızlık belirteci olarak algılanmalı ve önemli şev kazılarında, bu belirteçten hareketle ayrıntılı bir duraylılık analizi yapılmalıdır (Keskin, 2008).

4.6. Kayan Blok Analizi

Katmanlı malzemelerin bulunduğu doğal şevler ve katmanlı zemin temellerin üzerine yapılan toprak set yapılar bir veya daha çok zayıf katmanda meydana gelen kaymadan dolayı kırılmaya (çökmeye) uğrayabilir (Şekil4.9). Bu tür çökmeler, genelde bir arazideki koşulların değişmesinin hassas katmanların suya maruz kalmak suretiyle ince taneli tortul birikintiler gibi bazı zemin malzemelerinin fiziksel olarak ayrışmaya uğramasına ve zayıflamasına neden olurken, zeminin doygunlaşması artan boşluk suyu basınçları nedeniyle, bir katmanın kesme dayanımının azalmasına yol açabilir (McCarthy, 1962).



a) Kayan bloğun tepesindeki aktif basınç alanının zayıf düzlemin çökmesine katkısı



b) Çekme çatlığında ve kayma katmanında su basıncı oluşumuyla zayıf katmanın çökmesi

Şekil 4.9. Bir toprak şevde blok kayması (McCarthy, 1962)

Bir bloğun kayma potansiyeli incelendiği zaman, varsayılan kayma düzlemindeki zeminin kesme dayanımı ile ilgili emniyet katsayısı Şekil4.9.a'da belirtilen koşullar için ve blok üzerinde boşluk suyu basıncı etkilerinin olmadığı durumda aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$EK \text{ (Emniyet katsayısı)} = \frac{cL + (W \cos \alpha + E \sin \alpha) \tan \phi}{W \sin \alpha + E \cos \alpha}$$

Bu denklemde E kohezyonsuz zeminler için yaklaşık $0,25 \gamma_{\text{toprak}} Z^2$ ve kohezyonlu zeminler için yaklaşık $0,5 \gamma_{\text{toprak}} Z^2$ olarak alınabilir.

Eğer şevin tepesinde bir çekme çatlakının oluşması şekilde 4.5.b gösterildiği gibi çatlakta ve kayma bölgesinde su basınçlarının gelişmesine neden olursa emniyet katsayısı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$EK \text{ (Emniyet katsayısı)} = \frac{cL + (W \cos \alpha - F_u + F_w \sin \alpha) \tan \phi}{W \sin \alpha + F_w \cos \alpha}$$

Burada F_w çekme çatlakındaki su basıncından kaynaklanan '0,5 $\gamma_{su} Z_{su}^2$ ' ye eşit kuvvettir ve $F_u = 0.5 \gamma_{su} Z_{su} L$.

Toprak set dolgularının zayıf bir temel katmanı veya bölüsi boyunca ötelenme sonucunda çökebildiği bilinir. Harekete neden olan kuvvet seti kendi içinde ortaya çıkan yanal toprak basınçlarından doğar. Toprak barajlarda kayma hattı barajda su tutulmasının bir süre ardından, olası kayma hattında çökmeye yol açacak kadar sızıntı meydana gelmesiyle ortaya çıkar. Şekil 4.10'da verilen koşullar için, blok ötelenmesine karşı emniyet katsayısı aşağıdaki denklemle değerlendirilir.

$$EK \text{ (Emniyet katsayısı)} = \frac{S}{E_l - E_r + P_{w1} - P_{w2}}$$

Burada :

$S = cL + (W - U)$ kayan b'-d veya b-c düzleminde $\tan \phi$

$E_l = a-b'$ veya a-b düzleminde aktif zemin basıncının kuvveti

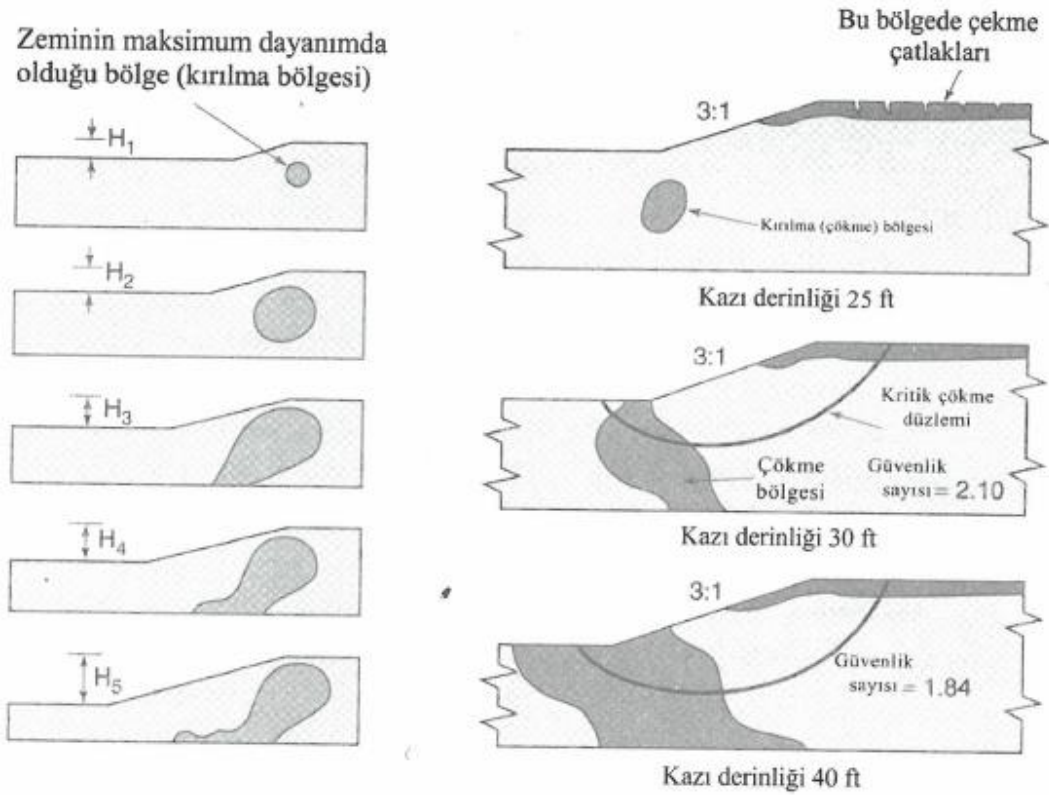
$E_r = c-d$ düzleminde pasif zemin basıncının kuvveti

$P_{w1,2} = b'-b, c-d$ düzleminde yanal su basıncı kuvveti

$U = b'-d$ veya b-c düzleminde yukarı kaldırma kuvveti

Bu yöntemde yukarı kaldırma ve yanal su basınçları akım ağları veya diğer sızıntı çalışmalarıyla belirlenir.

plastik bölgelerin şev ve taban bölgesinde genişleyerek kaymanın çıkmasına neden olabileceğidir.



Şekil 4.11. Normal konsolidasyonlu ve aşırı konsolidasyonlu zemin örneklerinde, şev yüksekliği arttıkça çökme bölgesinin büyüklüğünde görülen artışlar (McCarthy, 1962)

4.8. Şev Stabilitesi Parametrelerinin Tayini

4.8.1. Laboratuvar deneyleri

Laboratuvar deneyleri, şev stabilitesi tahkiklerinde kullanılan zemin ve kaya özelliklerinin belirlenebildiği en yaygın yöntemdir. Sahadan elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde saha dışında farklı bir ortamda modelleme yapılır ve zeminin mühendislik özellikler ortaya konur (Coduto, 2006).

4.8.2. Arazi deneyleri

Arazi deneyleri diğer bir alternatiftir. Laboratuvar deneylerinden farklı olarak, bu deneyler, yerinde yapılarak modelleme olmaksızın ortam değiştirilmemiş olmaktadır.

Bu deneyler özel ekipmanların araziye getirilerek zemine uygulanmasını içerir. Bu tür deneyler, temiz kum gibi özellikle numune almanın zor olduğu zeminlerde faydalıdır. Laboratuvar deneylerine kıyasla, yerinde deneyler genellikle daha ekonomiktir. Bu sayede aynı bütçe ile daha fazla deney yapılması sağlanabilmektedir. Bu ilave bilgiler ile planlanan inşaat sahasında yer alan zemin profilinin değişkenliği hakkında daha fazla bilgi edinilebilmektedir (Coduto, 2006).

4.8.3. Geri hesap yöntemi

Bir şev kayması incelendiği zaman, zemin ve çevre koşulları hakkında bir takım bilgiler edinmek mümkün olmaktadır. Bu şevin kaydığı andaki yük, yeraltı suyu durumu ve zemin özellikleri arasında bazı ilişkiler kurulabilmektedir. Meydana gelen şev kayması, kayma mukavemeti parametrelerinin tespiti için “1:1 ölçekli” bir deney olarak kullanılabilir (Durgunoğlu ve diğ., 1991).

Şev yenilmiş olduğundan yenilme anındaki güvenlik katsayısı 1.0 olarak değerlendirilir. Bu bilgiyi uygun bir analiz yöntemi ile birlikte kullanmak suretiyle, şevin yenildiği zaman için bir model geliştirmek mümkündür (Duncan ve Wright, 2005).

Model içinde yer alan unsurlar aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir;

- Zemin tabakalarının birim ağırlıkları,
- Kesme dayanımı özellikleri,
- Yeraltı suyu ve boşluk suyu basınç koşulları,
- Analiz yöntemi,
- Yenilme mekanizması.

Bir yenilme durumundan koşulları belirleme ve şev için uygun bir modelin ortaya konması işlemine geriye analiz yöntemi denir. Bu yöntemle model oluşturulurken bilinen parametreler girilir. Bilinmeyenler uygun bir aralıkta değerler verilerek öngörülür ve göçmenin gerçekleştiği anda güvenlik sayısının 1.0'e eşit olması durumundan bilinmeyen bir parametreye karar verilir (Duncan ve Wright, 2005).

Geri hesap yöntemi, göçmenin gerçekleştiği şevlerde iyileştirme projelerinin güvenilir ve ekonomik bir şekilde yapılmasına efektif bir şekilde katkı sağlamaktadır (Popescu ve Sasahara, 2009).

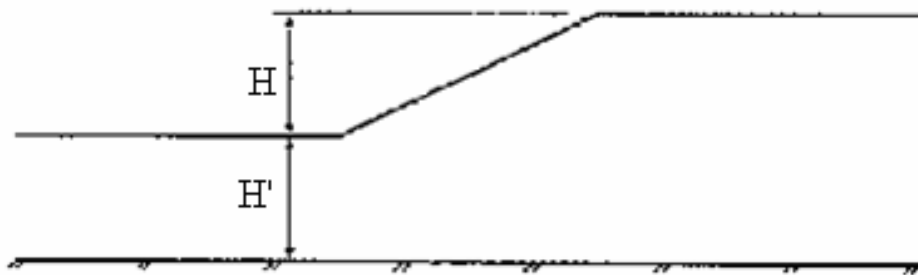
Bu analiz, zeminin birim hacim ağırlığı, yükleme koşulları, kesme dayanımı parametreleri, sızma koşulları ve boşluk suyu basınçları, kayma yüzeyinin şekli gibi çok sayıda değişkene bağlıdır. Bu yüzden hesap edilen parametreler bu belirsizlikleri aynen üstlerinde taşırlar. Bu sebepten dolayı problem iyi analiz edilmeli ve bilinmeyen sayısı mümkün olduğu kadar minimuma indirilmelidir (Duncan ve Wright, 2005).

Bu nedenle geoteknik mühendisi tıpkı bir dedektif gibi tüm bu bilinmeyen koşullar ile ilgili yerinde kanıt toplamalı, teoriler üretmeli, ilave etütler yapmalı ve tüm bu çalışmaları yorumlamalıdır. Kaymanın neden gerçekleştiği sorusunun yanıtı aranmalı ve özellikle tetikleyen unsurlar ortaya çıkarılmalıdır (Popescu ve Sasahara, 2009).

4.8.3.1. Ortalama kesme dayanımının geri hesap yöntemi ile bulunması

Yerinde tespit edilen şev geometrisi ve zemin birim ağırlıkları kullanılarak hesaplanan kesme dayanımı, geriye analizin en basit şekli olarak nitelendirilebilir. Bu işlem, içsel sürtünme açısı sıfır kabul edilerek emniyet katsayısını 1.0 olarak veren kohezyon değeri hesaplanarak yapılmaktadır (Duncan ve Wright, 2005).

Şev geometrisinin Şekil 4.12’de gibi olduğunu düşünülerek, içsel sürtünme açısı sıfır olarak alınıp, bir kohezyon değeri verilir. Bu durumda hesap edilen güvenlik sayısı yardımıyla tasarımda kullanılacak kohezyon değerine, aşağıdaki şekilde karar verilir.



Şekil 4.12. Yenilen homojen yamaç (Duncan ve Wright, 2005).

$$cd = \frac{c}{F}$$

C_d : Hesaplanan kohezyon değeri,

c : Öngörülen kohezyon değeri,

F : Bulunan güvenlik sayısı.

Kohezyon değeri için sıfır verilerek içsel sürtünme açısı geri hesap yöntemi ile aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir.

$$\Phi_d = \arctan \frac{\tan \phi}{F}$$

Φ_d = Hesaplanan içsel sürtünme açısı

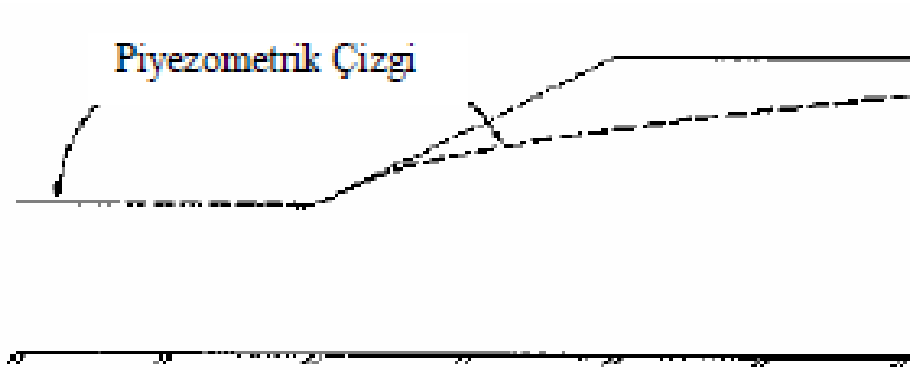
Φ = Öngörülen içsel sürtünme açısı

F : Bulunan güvenlik sayısı.

Yukarıda içsel sürtünme açısının sıfır olması varsayımı ile kohezyon olarak ifade edilen bir ortalama kesme dayanımı geriye hesaplama ile elde edilmiştir. Eldeki mevcut bilgi sadece şev yenilmesi ise, daha fazla bir şey yapmak mümkün değildir.

Ancak şev yenilmesinden, yük, yeraltı suyu durumu ve zemin özellikleri gibi diğer koşulların da tanımlanmasıyla birlikte, kesme dayanımının tahminine yönelik daha fazla bilgi edinmek mümkündür. Yukarıda tanımlanan şevin, şev oluşturulduktan yıllar sonra yenildiği düşünüldüğünde stabilite analizi, drenajlı kesme dayanımları ve efektif gerilmeler kullanılarak yapılır. Şev inşaat tamamlandıktan kısa bir süre yenilmediği sürece sürtünme açısı sıfır olarak değerlendirilmez. Deneyimlere dayalı ve daha ileri bir varsayım olarak, bu şevdeki gibi killerin sürtünme açısının ϕ' olduğu varsayılabilir. Buna göre Şekil 4.13'de gösterildiği gibi piyezometrik çizgi de dikkate alınarak uzun dönem koşulları öngörülen ϕ' değeri dikkate alınarak farklı bir kaç c' değeri denenmek suretiyle tahkik edilir. Kullanılan farklı c' değerlerine karşı gelen

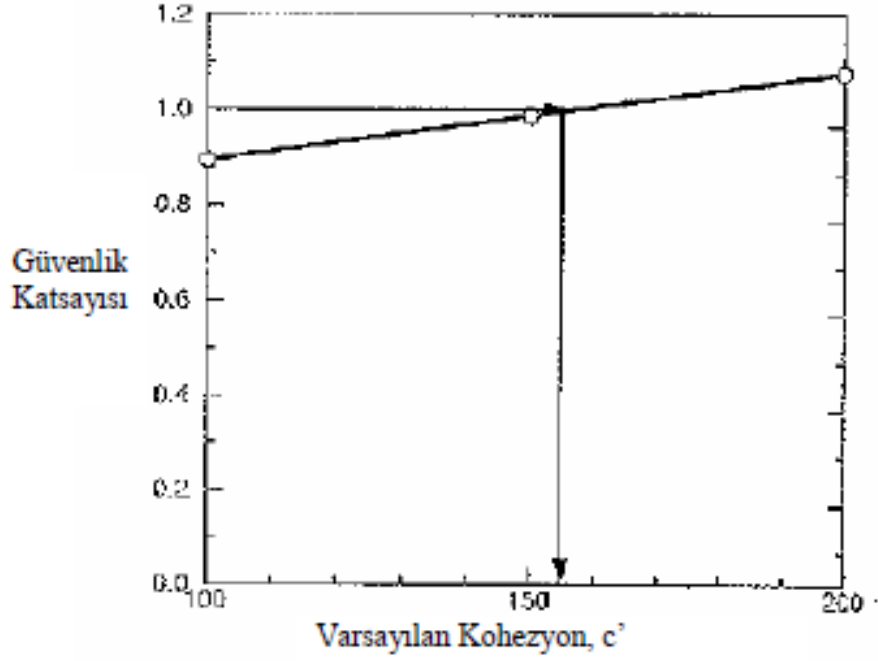
güvenlik sayıları kullanılarak Şekil 4.14'deki grafik elde edilir ve güvenlik sayısını 1.0 veren c' değeri elde edilmiş olur.



Şekil 4.13. Homojen yamaç içerisinde piyezometrik çizgi (Duncan ve Wright, 2005)

Duncan (2005) tarafından bir örnek şev problemi yukarıda tariflendiği şekilde, şevin içsel sürtünme açısını sıfır kabul ederek elde edilen kısa dönem parametreleri ve bir ϕ' değeri dikkate alınarak elde edilen uzun dönem parametreleri ile ayrı ayrı çözümlenerek, bir iyileştirme paterni belirlenmiştir. Uygulanacak aynı iyileştirme paterni sonucunda uzun dönem parametreleri ile bulunan güvenlik sayısının kısa dönem parametreleri ile bulunan güvenlik sayısının oldukça altında kaldığı görülmüştür.

Kohezyon olarak ifade edilen ortalama kesme dayanımının hesaplandığı bu uygulama şekli şevin uzun dönem – kısa dönem koşullarında ve drenajlı durumda olup olmaması durumuna göre kesme dayanımının hatalı temsil edilmesine ve hatalı iyileştirme uygulamalarının tasarlanmasına neden olabilmektedir.



Şekil 4.14. Güvenlik sayısının c' değerine göre değişimi (Duncan ve Wringht, 2005).

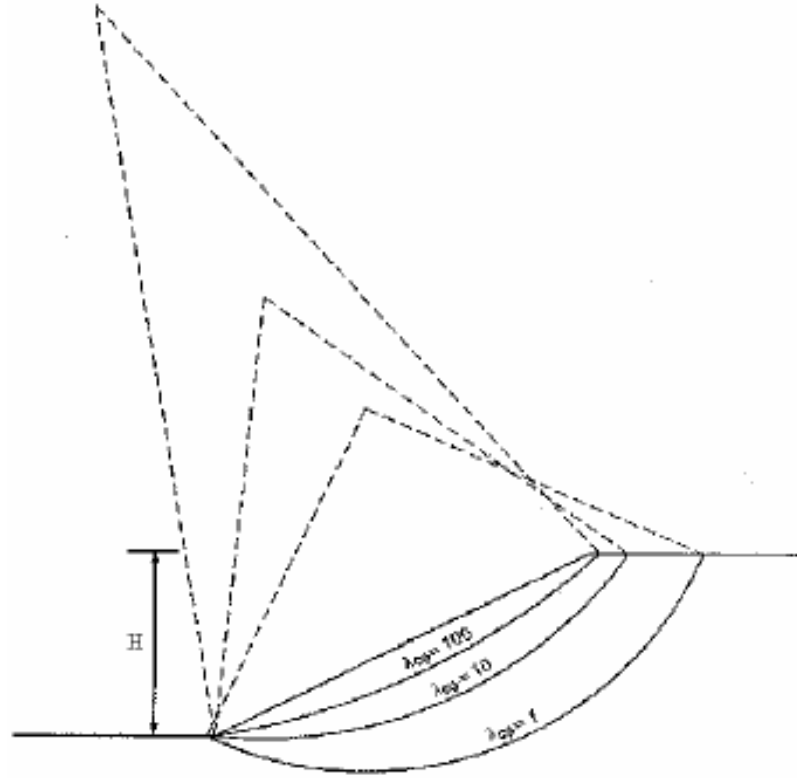
Sonuç olarak geri hesapta kullanılan yenilmenin şevin inşasından kısa bir süre sonra mı yoksa uzun bir süre geçtikten sonra mı gerçekleştiği, yenilme anında yeraltı suyu durumunun belirlenmesi, bulunan parametrelerin doğruluğu ve tasarlanacak iyileştirme projesi açısından önem arz etmektedir.

4.8.3.2. Geriye hesaplamanın kayma yüzeyi geometrisine göre yapılması

Geri hesap yönteminde herhangi bir şev için güvenlik katsayısını 1 olarak verecek sonsuz sayıda kohezyon ve sürtünme açısı çifti söz konusu olsa da, bu çiftlerin her biri kritik kayma yüzeyi için farklı yerler verecektir. Şekil 4.15'de üç kesme parametresi seti ve bunlara karşılık gelen kritik daireler gösterilmiştir. Şekil 4.15'de verilen tüm parametre setleri ile hesaplanan güvenlik katsayısı 1 olsa da kritik kayma yüzeyi farklı yerlerden geçmektedir. Şekil 4.15'deki gibi basit homojen bir şev için kayma yüzeyi derinliği, aşağıda ifade edilen boyutsuz parametre ($\lambda c\phi$) ile ilişkilidir (Duncan ve Wright, 2005).

Şekil 4.15'de görüldüğü gibi, $\lambda c\phi$ değeri artarken kayma derinliği azalmaktadır. $\lambda c\phi$ sıfır olduğu zaman kayma yüzeyi derin, sonsuz olduğu zaman kayma yüzeyi sıgırdır.

Bir başka deyişle, kesme dayanımına kohezyonun katkısının çok olduğu ince daneli zeminlerde kayma yüzeyi derin, sürtünme açısının katkısının çok olduğu kaba daneli zeminlerde kayma yüzeyi sığdır (Duncan ve Wright, 2005).



Şekil 4.15. Güvenlik sayısını 1.0 veren üç farklı kesme dayanımı seti için kritik daireler

- Kohezyon ve sürtünme açısı için bir kaç çift değer alınır. Bu değer çiftleri boyutsuz parametrede λ_{cp} belirli bir aralığı temsil edecek şekilde seçilir fakat güvenlik sayısını 1.0 olarak vermeleri şart koşulmaz.
- Dayanım parametrelerinin her bir çifti için kritik daireler ve bunlara karşılık gelen en küçük emniyet katsayısı belirlenir.

4.8.4. PLAXİS Programı

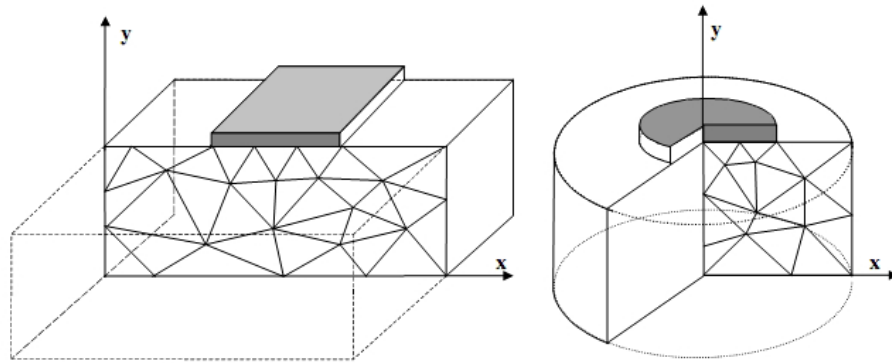
PLAXIS (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis), değişik geoteknik problemleri için, sonlu elemanlar yöntemiyle, deformasyon ve stabilite analizleri gerçekleştirebilen bir bilgisayar programıdır. İlk olarak 1987 yılında Hollanda Delft Teknik Üniversitesi tarafından yumuşak zemin üzerindeki nehir dolgularının sonlu

elemanlar yöntemi ile kolay bir şekilde analiz edilebilmesi için tasarlanmıştır. Sonraki yıllarda ise, geoteknik mühendisliğinin diğer uygulama alanlarını da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Program, geoteknik mühendisliği projelerinin tasarımında ihtiyaç duyulan, zemin-yapı etkileşimi, gerilme – şekil değiştirme, konsolidasyon, taşıma gücü, akım ağı, zemin dinamiği konularında ve malzeme farklılığı olan durumlarda kullanılabilmekte ve pratikte uygulanabilir sonuçlar vermektedir (Yavuz, 2012).

4.8.4.1. Geometrik Modelin Oluşturulması

Programda; zemin tabakaları, yapılar, kazı safhaları, yükler ve sınır şartlarının girişi için özel bir grafik ortamı (CAD) kullanılmaktadır. Böylece program bünyesinde geometrik model, gerçek konumuna uygun olarak doğru ve detaylı bir şekilde oluşturulabilmektedir. Programda, problem tipine göre düzlem şekil değiştirme veya aksel simetrik geometri koşulları kullanılmaktadır (Yavuz, 2012).

Düzlem şekil değiştirme durumu, cismin bir doğrultudaki boyutunun (z eksen), bu boyuta dik diğer iki doğrultudaki boyutundan çok büyük olması durumunda kullanılabilir. Şekil 4.16a'da gösterildiği gibi düzlem şekil değiştirme durumunun uygulanabilmesi için, z doğrultusunda sadece düzgün yayılı yükler etki etmeli ve hacimsel kuvvetler z doğrultusundan bağımsız olmalıdır. Problemin z eksen etrafında çepçevre simetrik olması durumunda, deformasyonlar ve gerilmeler dönme açısından bağımsız olmakta, bu nedenle problem Şekil 4.16b'de görülen alan üzerinde 2 boyutlu problem olarak ele alınabilmektedir (Yavuz, 2012).

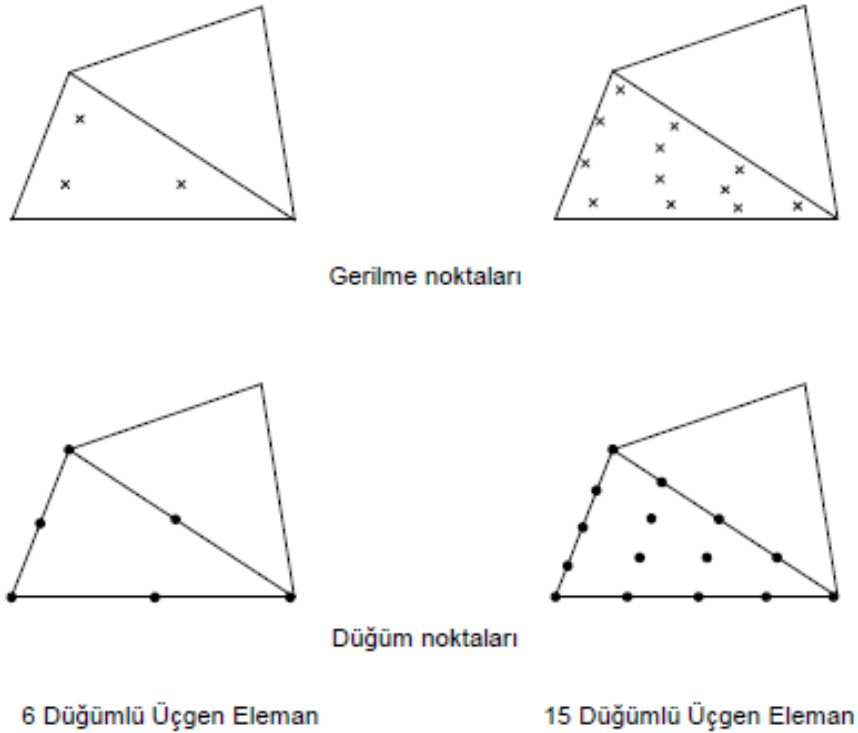


Şekil 4.16. Düzlem şekil değiştirme (a) aksel simetrik problem (b) (PLAXIS manuel 2002)

4.8.4.2. Elemanlar

4.8.4.2.1. Zemin Elemanları

Sonlu elemanlar ağının oluşturulması sırasında, zemin ortam iki boyutlu üçgen elemanlara ayrılır. Programda, 6 ve 15 düğüm noktalı iki farklı üçgen eleman bulunmaktadır (Şekil 4.17) Aynı sonlu elemanlar ağında, 15 düğüm noktalı elemanlar, 6-düğüm noktalı elemanlara göre daha hassas çözüm yapabilmektedirler. Sonlu elemanlar analizinde, deplasmanlar düğüm noktalarında, gerilmeler ise düğümler yerine her bir Gauss-noktasında (veya gerilme noktasında) hesaplanmaktadır (Yavuz, 2012)

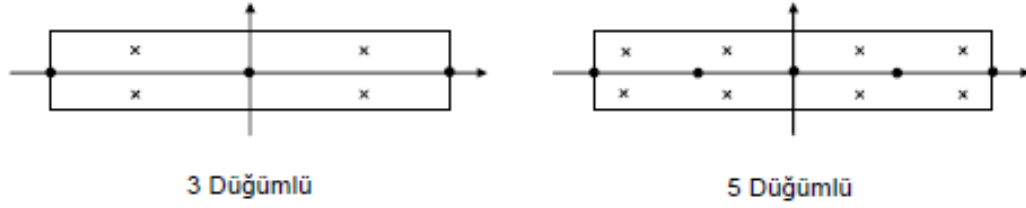


Şekil 4.17. Zemin elemanlarındaki düğüm ve gerilme noktalarının pozisyonu (Yavuz, 2012)

4.8.4.2.2. Kiriş Elemanlar

Programda; duvar, plak ve temel gibi yapı elemanları 3 ve 5 düğüm noktasına sahip iki farklı kiriş eleman kullanılarak tanımlanır (Şekil 4.18). Analizlerde eğer 6 düğümlü zemin elemanı kullanılıyorsa, 3 düğümlü kiriş eleman, 15 düğümlü zemin elemanı kullanılıyorsa, 5 düğümlü kiriş eleman kullanılmaktadır. Kiriş elemanı,

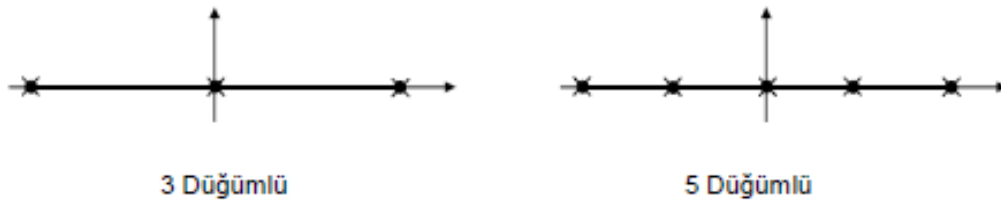
Mindlin kiriş teorisine dayanılarak geliştirilmiştir. Bu teoriye göre, kiriş eleman eğilmeye ve kaymaya maruz kalmaktadır. Ayrıca aksenal bir kuvvet uygulandığında eleman boyu değişmektedir. Kiriş elemanı önceden tanımlanan eğilme momenti veya maksimum aksenal kuvvete ulaştığında plastik hale gelmektedir. Kiriş elemanların malzeme özelliği olarak programa eğilme rijitliği (EI) ve aksenal rijitlik (EA) değerleri girilmektedir (Yavuz, 2012).



Şekil 4.18. Kiriş Elemanları (Yavuz, 2012)

4.8.4.2.3. Geogrid elemanı

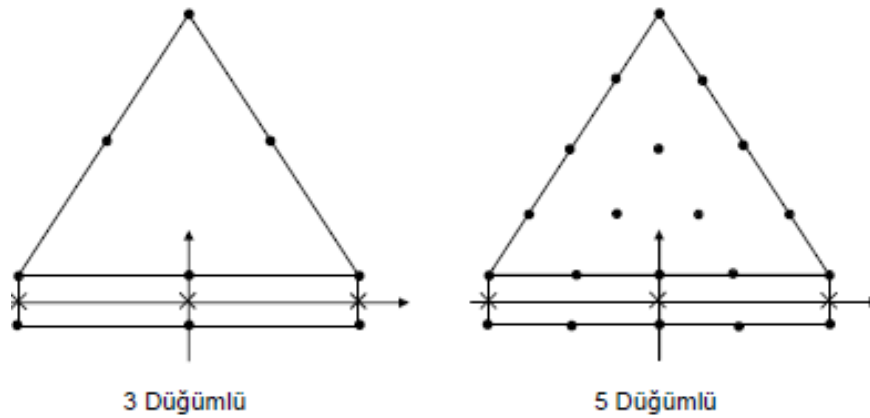
Geoteknik uygulamalarda kullanılan donatı malzemeleri PLAXIS programında geogrid elemanı ile modellenmektedir. Geogridler; sadece aksenal rijitliğe sahip, eğilme rijitliği çok düşük malzemelerdir. Dolayısıyla, çekme dayanımı yüksek olan bu malzemelerin basınç dayanımı ihmal edilmektedir. Programa malzeme özelliği olarak sadece aksenal rijitlik (EA) değeri girilmektedir. PLAXIS’de geogridler, her düğüm noktasında iki serbestlik derecesine sahip (u_x , u_y) geogrid elemanlar kullanılarak tanımlanır (Şekil 3.11). Analizlerde 6 düğümlü zemin elemanları kullanılması durumunda geogrid elemanlar 3 düğümlü olarak, 15 düğümlü zemin elemanları kullanılması durumunda ise 5 düğümlü olarak tanımlanırlar (Yavuz, 2012).



Şekil 4.19. Geogrid elemanları (Yavuz, 2012)

4.8.4.2.4. Ara yüzey elemanı

Yapı ile zemin veya donatı ile zemin arasındaki etkileşimi modellemek için ara yüzey elemanlar kullanılır. Ara yüzey elemanlarının, zemin elemanlarına nasıl bağlandığı şekil 4.20’de görülmektedir. Ara yüzey elemanları, 6 düğüm noktalı zemin elemanları kullanıldığı durumda 3 düğümlü, 15 düğüm noktalı zemin elemanları kullanıldığı durumda ise, 5 düğümlü olarak tanımlanır (Yavuz, 2012).



Şekil 4.20. Ara yüzey elemanlarının zemin elemanlarına bağlanması (Yavuz, 2012)

Yapı ile zemin veya donatı ile zemin arasındaki etkileşim, ara yüzey elemanı için uygun bir mukavemet azaltma faktörü (Rinter) seçilerek modellenmektedir. Bu faktör, ara yüzey mukavemeti (çeper sürtünmesi ve adhezyon) ve zemin mukavemeti (sürtünme açısı ve kohezyon) ile ilişkilidir (Yavuz, 2012).

4.8.4.3. Zemin Modelleri

PLAXIS’de zemin ve diğer ortamların (Kaya v.b.) davranışını modellemek için 6 farklı model kullanılmaktadır.

4.8.4.3.1. Lineer Elastik Model (LE)

Bu modelde. Zemin davranışının Hooke yasasına uyduğu ve izotropik lineer elastik bir malzeme olduğu kabul edilir. Programda giriş bilgileri olarak 2 adet rijitlik parametresi, Elastisite modülü, E ve Poisson oranı, ν değerleri girilir. LE model,

zemin davranışını çok sınırlı bir şekilde temsil edebilir. Genellikle, zemin içerisindeki rijit yapıları modellemek için kullanılır (Yavuz, 2012).

4.8.4.3.2. Mohr- Coulomb Model (MC)

Elasto-plastik zemin modelidir. Programda, giriş bilgileri olarak 5 parametre girilir. Bunlar; Elastisite modülü, E , Poisson oranı, ν , kohezyon, c , içsel sürtünme açısı, ϕ ve dilatasyon açısı, ψ 'dir. Ayrıca modelde, doğru bir K_0 seçilerek zemindeki başlangıç yatay gerilme durumu oluşturulabilir. Zemin rijitliği için kullanılan E parametresi, tüm zemin tabakaları için sabittir. Bu modelde, hesaplamaların hızlı ve kısa zamanda yapılabilmesi nedeniyle genellikle analizlerde zeminde oluşacak deformasyonlar hakkında ilk izlenimleri elde etmek için kullanılır (Yavuz, 2012).

4.8.4.3.3. Jointed-Rock Model (JR)

Plastik kaymanın sadece sınırlı sayıda kayma doğrultularında meydana geldiği anizotropik elasto-plastik modeldir. JR model, tabakalı veya birleşik kayaların davranışını modellemede kullanılır. Modelde giriş parametreleri olarak, Elastisite modülü, E , Poisson oranı ν , kohezyon c , içsel sürtünme açısı ϕ ve dilatasyon açısı ψ değerleri girilmektedir (Yavuz, 2012).

4.8.4.3.4. Soft Soil Model (SS)

Zemin mekaniğinde normal konsolide killer, killi siltler ve turba zeminler yumuşak zemin olarak kabul edilir. Bu tür zeminlerin yüksek mertebedeki sıkışabilirlik özelliğine bağlı olarak farklı özellikleri vardır. Bu nedenle, bu tür zeminlerde SS model kullanılır. Model en iyi performansını birincil sıkışma durumlarında gösterir. Modelde giriş parametreleri olarak, kohezyon c , içsel sürtünme açısı ϕ , dilatasyon açısı ψ , modifiye sıkışma indeksi λ^* ve modifiye şişme indeksi κ^* değerleri girilmektedir (Yavuz, 2012).

4.8.4.3.5. Soft Soil Creep Model (SSC)

SSC modeli, konsolide killer, killi siltler ve turba gibi yumuşak zeminlerin zamana bağlı davranışının modellenmesinde kullanılmaktadır. Temel ve dolgulardaki zamana bağlı davranışının modellenmesinde kullanılmaktadır. Temel ve dolgulardaki zamana bağlı oturma problemleri ile tüneller ve derin kazı gibi zemindeki yük boşalması problemlerinde bu model kullanılır. Modelde giriş parametreleri olarak, kohezyon c , içsel sürtünme açısı ϕ , dilatasyon açısı ψ , modifiye sıkışma indeksi λ^* ve modifiye şişme indeksi, κ^* ve modifiye sünme indeksi μ^* değerleri girilmektedir (Yavuz, 2012).

4.8.4.3.6. Hardenin Soil Model (HS)

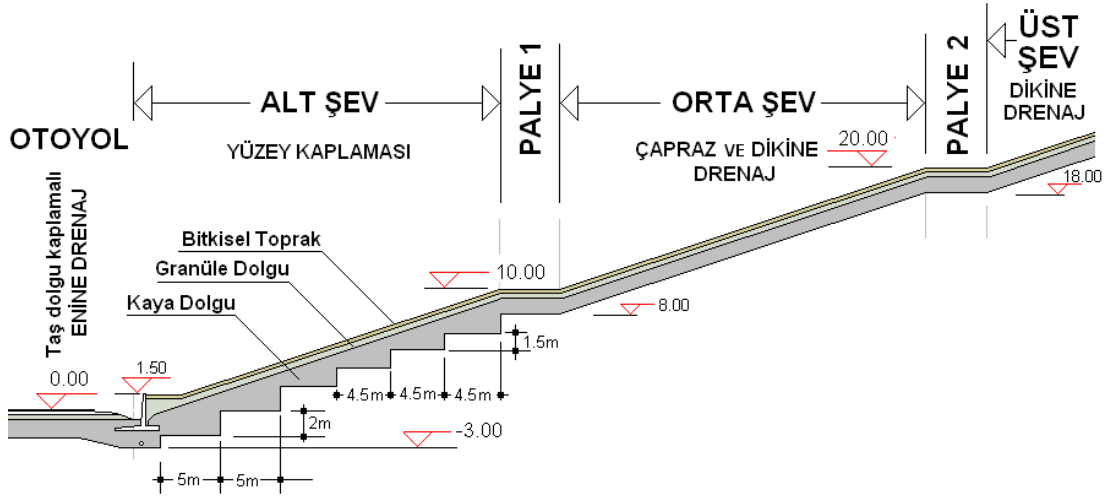
Hardening Soil modeli, farklı tiplerdeki yumuşak ve sert zeminlerin davranışını modellemekte kullanılan ve Mohr Coulomb modeline göre çok daha gelişmiş bir zemin modelidir (Yavuz, 2012).

4.9. Şevlerde Heyelanın Önlenmesi Ve Sağlamaştırma (İyileştirme)

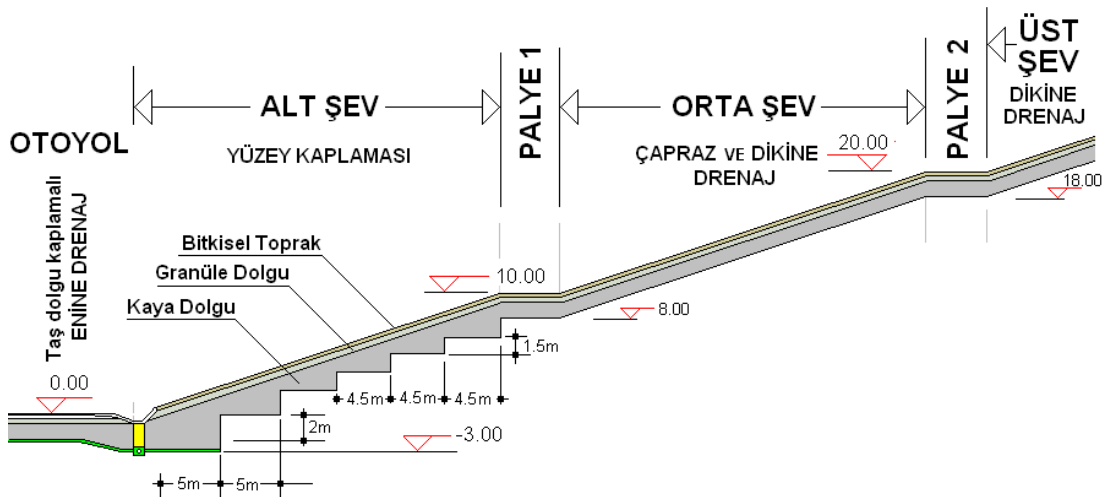
4.9.1. Heyelanın önlenmesi

Heyelanın oluşunu önlemenin etkinliği ve başarı şansı heyelanın olabileceğini önceden görmektir. Yol güzergâhının geçtiği bölgede jeolojik, jeofizik, hidrojeolojik ve zemin mekaniği ile ilgili etütlerin yapılarak bölgenin heyelan yönünden durumu belirlenmelidir. Güzergâhı heyelan olabilecek kesimlerden yeterince uzaktan geçirmek birinci ilke olmalıdır. Ancak bu durum sağlanamıyorsa derin yarmalardan, yüksek dolgulardan kaçınılmalıdır. Yarmada ve dolgu şev eğimlerini etütlerle elde edilen verilerden yararlanarak iyi saptamaya çalışılmalıdır. Şevlerde kritik yükseklikler aşılmamalıdır. Yeter genişlikte kademeler oluşturularak şevler de kritik yüksekliği aşamayan ara şevler yapılmalıdır. Yerüstü suları iyi drene edilmelidir. Dışarıdan, alan içine su akımı olması önemlidir. Ayrıca yer altı sularına drenaj sistemleri uygulanmalıdır (Özsoy, 1998).

Otoyol kenarındaki bir şev düzenlemesiyle ilgili çalışma örneği Şekil4.21 ve Şekil 4.22 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.21. Şev düzenlemesi Örneği (Vardar vd., 2012)



Şekil 4.22. Şev düzenlenmesi örneği (Vardar vd., 2012)

4.9.2. Heyelanın sağlamlaştırılması

4.9.2.1. Heyelan olan kesimden eksende yeterli bir ripaj yaparak yolu uzaklaştırmak

Bu önlem bir sağlamlaştırma önlemi değildir. Heyelan bölgesini terk etmektir. Sorunu tümden ortadan kaldırır. Ancak yeni proje düzenlenmesi, yeni yapım organizasyonu ve ihalesi gerektirir. Harcamalar yapılmış ise bunların bir bölümü boşa gidebilir. Ripaj ayrıca yeni harcamalar getirir. Baştan beri yapılmış işlerin

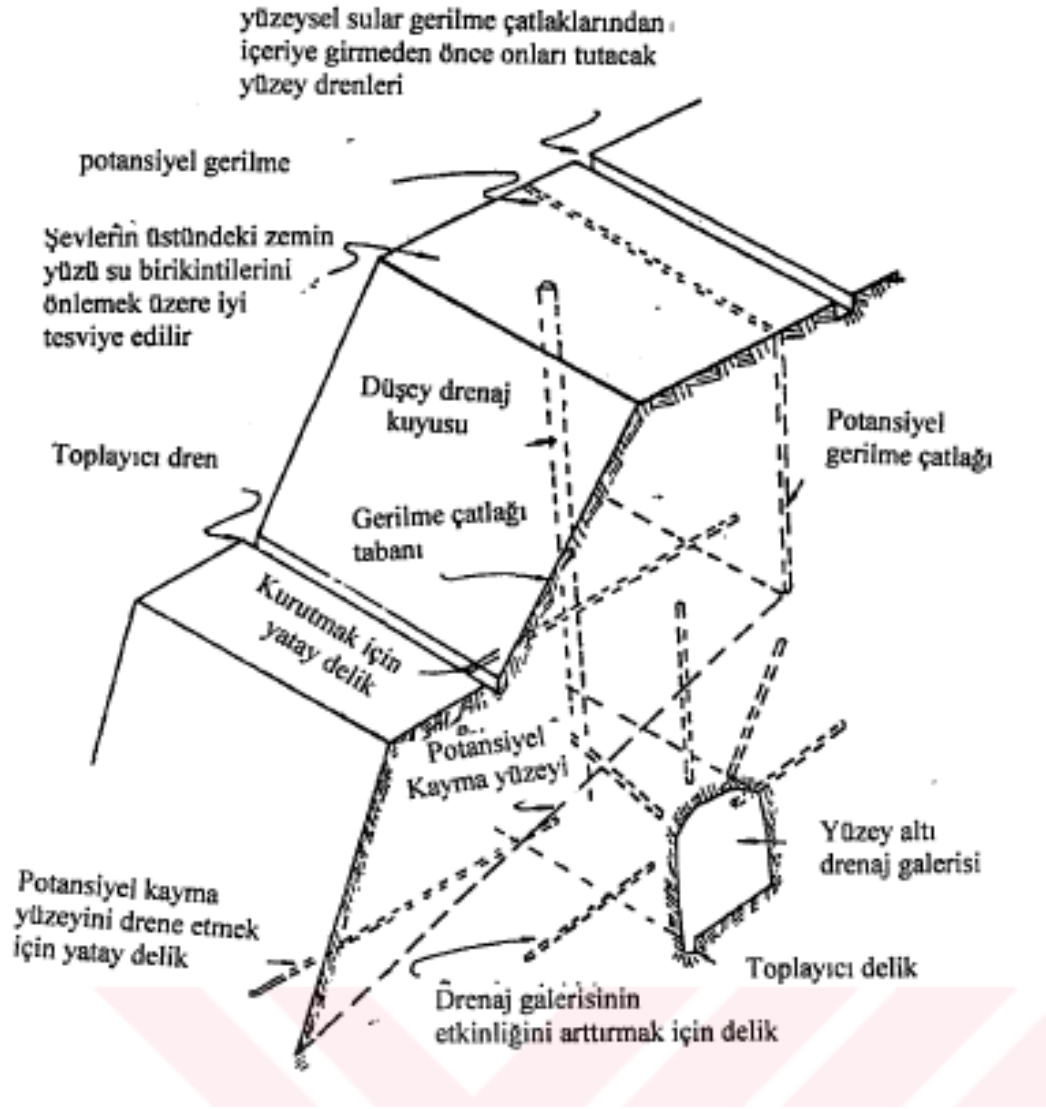
toplamı artar. Sonuç olarak çok zaman ve para harcamaları gerekebilir. Heyelanı sağlamlaştırmak ile ripaj arasında bir maliyet karşılaştırması yapılmalıdır (Özsoy, 1998).

4.9.2.2. Kırmızı çizgiyi yükseltmek

Kırmızı çizginin şevdeki heyelan topuğunun üzerinde belirli bir yüksekliğe çıkarılması çok faydalı olur. Eğer heyelan topuğu yarma sevi dip noktası altında ve yol platformunda çatlak varsa, platform yüzeyi biraz kabarmış ise kayma yüzeyi platformun altından geçiyor demektir. Bu bir taban kayması hareketidir. Kırmızı çizgi gerektiği kadar yükseltilerek yarma içinde dolgu yapılabilir. Bu işlem kaymaya ve heyelana karşı olan direnç kuvvetlerini ve karşı yükleri, karşı momentleri artırır ve böylece faydalı olur (Özsoy, 1998).

4.9.2.3. Yüzeysel drenaj yapmak

Şeve doğru eğimli olan doğal arazi yüzeyinden şeve doğru yüzeysel suların gelmesi önlenir. Bu amaç ile heyelan kreti üzerinde kafa hendekleri açılarak yüzey suları, bu hendeklerde toplanır ve heyelan halindeki kitleye girmeden uzaklaştırılır. Heyelana uğrayan toprak kütlelerinde su birikmesini önleyen tesviye işleri yapılmalıdır. Şekil4.23'da gösterildiği gibi bu önlemler heyelana uğramış kitlenin daha da ağırlaşmasını, böylece kaydırıcı kuvvetlerin artmasını, heyelana uğramamış kitlelere yeni su girişine engel olur (Özsoy, 1998).



Şekil 4.23. şev drenajı ve basınç azaltma önlemleri (Özsoy, 1998)

4.9.2.4. Derin yeraltı drenajı yapmak

Bu tip drenajda amaç kayan ya da kayacağı düşünülen toprak kütlelerini onun önünde buna destek olacak ağırlıkta bir kitleyi ve kayma yüzeyini kuru tutmaktır. Bunun için yer altı suları olduğunca geriden ve yeterli derinlikten alınarak uzaklaştırılmalıdır (Özsoy, 1998).

4.9.2.6. Kayan gevşek zeminler içinde çimento enjeksiyonu yapılması

Gevşek malzemeyi stabil duruma getirmek için zeminin uygun bölümlerine çimento şerbeti enjekte edilebilir. Kohezyonlu zeminlerde bu yöntem ile kitle içinde düşey kolonlar oluşur. Bunlar bir kazık sistemi gibi etkir. Bu yöntemde hareket eden kitlenin kayma direnci yükselir. Yöntem en çok granüler zeminlerde başarılı sonuç vermektedir. Ancak geniş ölçüde yeraltı suyu sızıntısı olan yerlerde suyun potansiyel basıncı azaltılmamış ise bu basınç altında önlemlerin etkisi azalır (Özsoy, 1998).

4.9.2.7. Etek ve topuk kesimine karşılayıcı yükler koymak

Yükler konulurken dönel heyelanlarda dönme merkezine göre momenti kaydırıcı momentlere karşı olması sağlanmalıdır (Özsoy, 1998).

4.9.2.8. Kaya düşmesi, kaya heyelanı bölgelerinde alınacak önlemler

- Kaya şevlerine, kaya tabaka eğimlerine, kaya oluşum ve cinsine uygun eğimler vermek,
- Kazı işlerinde şev yüzeyine şekil verilirken dikkatli olmak,
- Kazıdan sonra geride kalacak kaya kitlesini örselemeyen, stabilitesini bozmaya kazı ve patlatma yöntemlerini kullanmak,
- Kaya şevlerinde kademeler yapmak; kademeler, kaya topukları üzerindeki yükleri azaltmak amacıyla kullanılmazlar. Kayalarda kazı ile yük azaltmak ve bunun bir gereği olarak kademelendirme pahalı bir işlemdir. Kayada kademelerin fonksiyonu düşerken kaya parçalarını tutmaktır. Ancak bu kademelerin dolması işlevlerini sürdürmelerine engel olur. Kademelerin faydalı olmaları için:
 - Kademelerin kaya parçalarını tutabilecekleri en olası kesimlerin altında oluşturulmalarını sağlamalıdır.
 - Şev yüzeyinde sürekli olmalıdır. Bu maksatla yarmanın başından sonuna kadar uzanmalıdır.
 - Genişlikleri, konum ve eğimleri bakımından da girilebilir, erişilebilir olmalıdır.
 - Kademelerde biriken kayalar trafiği yaşayan yola sakınca vermeden alınıp yol dışında bir yere taşınabilmelidir.

- Drenaj yapmak; yüzeysel sular şev kretlerinde yapılan kafa hendekleri kademelerde açılan kanallarda toplanıp dışarı atılabilir.
 - -kademedeiki şevlerde yer altı sularının drenaj için en uygun sistem yatay drenajdır. Bu amaçla bazen galeriler de kullanılabilir. Şekil 4.16'da gösterilmiştir (Özsoy, 1998).

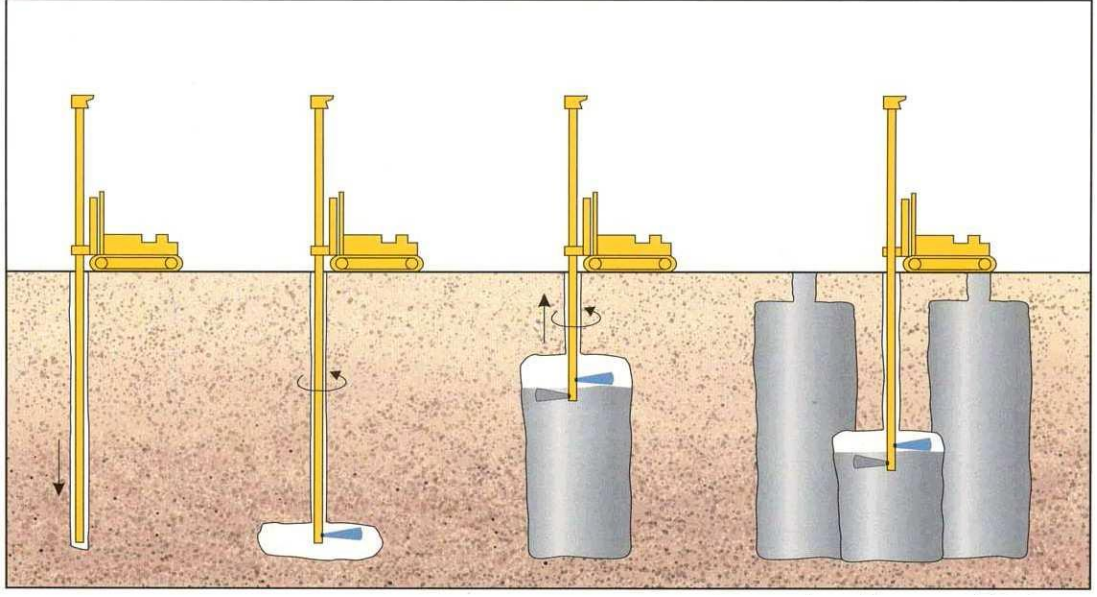
4.9.2.9. Kayaların güçlendirilmesi ve desteklenmesi

4.9.2.9.1. Güçlendirme

Dilimli ve bloklu kaya şevlerinde bloklardan birisinin düşmesi başka blokların altının boşaltılmasına yol açabilir. Bunun sonucunda bir bloğun düşüşünü başka blokların düşmesi izleyebilir. Bundan dolayı ilk düşmeleri önlemek çok önemlidir. Kayma ve düşme ihtimali olan kayaların çelik çubuklar ile ankre edilmesi bu güne kadar yapılan pratik uygulamalarda başarılı olmuştur. Sağlam kayaya kadar delikler açılır. Bu deliklere çelik çubuklar yerleştirilir. Yöntem kayanın çelik çubuklar ve cıvatalar ile adeta iliklenmesidir. Çelik cıvatalar ve çubuklar ya ön çekme gerilmesi uygulamadan kaya kitleleri içine sokulur ve daha sonra kayada olacak hareketler onu gerer veya yerleştirmeleri sırasında kendilerine bir ön gerilme verilir. Birinci türden olanlar daha çok kademe tabanlarına yerleştirilir. İkinci türden olanlar ise gevşek kaya kitlelerini daha derindeki sağlam kaya kitlelerine bağlarlar. Başlarındaki bir ankraj levhasına somunlarla tespit edilirler. Bir başka güçlendirme yöntemi ise çelik kablolar kullanmaktır. Bunlar çelik çubuk ve cıvatalara benzer biçimde kullanılırlar. Yalnız bunlar çekme güçlerine çelik çubuklardan daha çok dayanırlar (Özsoy, 1998).

Son yıllarda yapılan araştırmalarla ilerleme kaydeden, kireç/çimento ile, enjeksiyon veya jet grout ile ya da zemin çivisi ile güçlendirme metotlarının iyileştirme yöntemleri arasında hızla on plana çıktığı görülmektedir. Bu sistemler dayanımı artırır ve böylece şevlerin daha yüksek sev acılarında inşa edilmesi sağlanabilir. Kireç/çimento kullanılarak ya da enjeksiyon (jet grout) yöntemi ile zeminin kayma dayanımı artırılabilir (Şekil 4.25).

Şekil4.26'de gösterildiği gibi şev stabilitesi; uygulanan zemin çivilerinin kesme gerilmelerini alması ile de sağlanabilmektedir (Pupescu ve Sasahara, 2009).



Şekil 4.25. Jet grout uygulaması

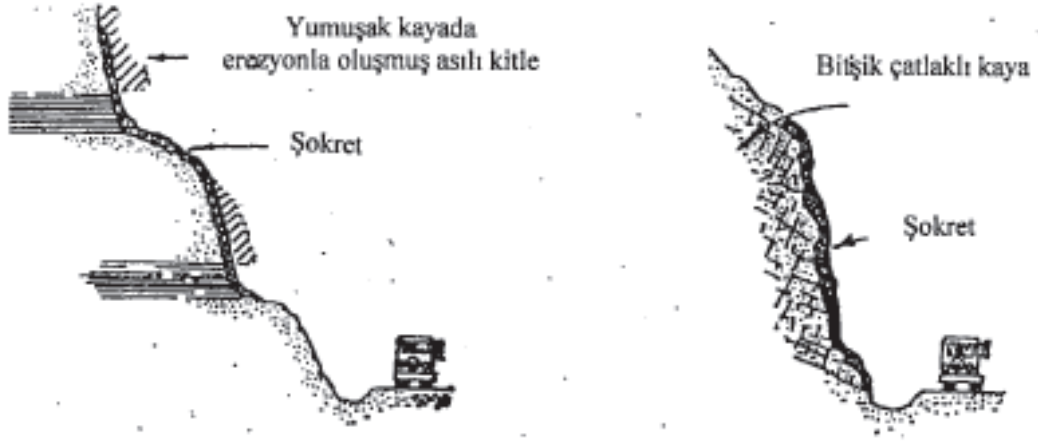


Şekil 4.26. Zemin çivisi uygulaması

4.9.2.9.2. Destekleme

Kayaların desteklenmesi amacıyla istinat ve kaplama duvarları uygulanabilir.

Şoklet; ince agregalı bir betondur. Bu kaya şev yüzeyine pnomatik olarak spreyc edilird. Bir tür kalın şokletin tabaka kalınlığı takriben 30 cm. kadar olabilir. Genelde 5-7.5 cm. kalınlığında tabakalar halinde yapılır. Şekil 4.27'da Şoklet uygulamalar gösterilmektedir.



Şekil 4.27. Şoklet uygulamalar

4.9.2.9.3. Düşmelerin tehlikesinin önlenmesi

Şevlerin taban ile birleştiği yerlerde açılan hendekler düşen kayaların tutulmasında kullanılır. Bu hendeklerin kazısı şevlerin stabilizasyonu için yapılan başka çalışmalardan daha düşük maliyetlidir. Hendeklerin boyutu şevlerin açısı ve yüksekliğine bağlı olarak değişir. Hendeklerin boyutları şevler dikleştikçe azalır (Özsoy, 1998).

4.9.2.9.4. Kafes çitler

Kafes çitler 40 dereceden fazla olmayan diklikteki kaya şevlerde düşen kayaları tutmada kullanılabilir. Daha dik şevlerde kayaların düşüş ivmesi çok yüksek olduğundan bu metot uygulanmaz. Bu kafes çitler ya kafes örgüler ya da sıra teller halinde olurlar. Kafes olanlar kaya şev üzerine dikilmiş dikmeler arasında gerili olan gergi kablolarına asılır. Kafesler kaya blokların çarpmasını karşılayacak ve hızlarını

kırarak güç ve esneklikte olmalıdır. Zemine yakın kesimlerinde bir aralık bulunur. Burada hızı kesilen kaya parçaları aşağı iner ve yapılan çitin önünde birikmez. Aslında çitler belirli büyüklüğe kadar olan kaya parçalarını karşılayabilirler. Çitleri daha güçlü kılmak için dikmeler, gergi telleri ve örgü telleri daha güçlü yapılmalıdır (Özsoy, 1998).

4.9.2.9.5. Çelik ağlar

Şevler üzerinde serilen asılı çelik ağlar düşen kayaları tutarlar ve hendeğe veya başka bir kaya yakalama yerine doğru yönlendirirler (Şekil 4.28). Bu ağlar şevin üst kesimlerdeki ankraj çubuklarına ya da gergi tellerine asılı olup aşağıya doğru kaya şevi yüzeyince sarkarlar. Çelik ağlar kaya parçalarının otuz santimden büyük olduğu yerde uygun değildir (Özsoy, 1998).



Şekil 4.28. Düşen kayaları yakalamak için şevde çelik ağ (Özsoy, 1998)

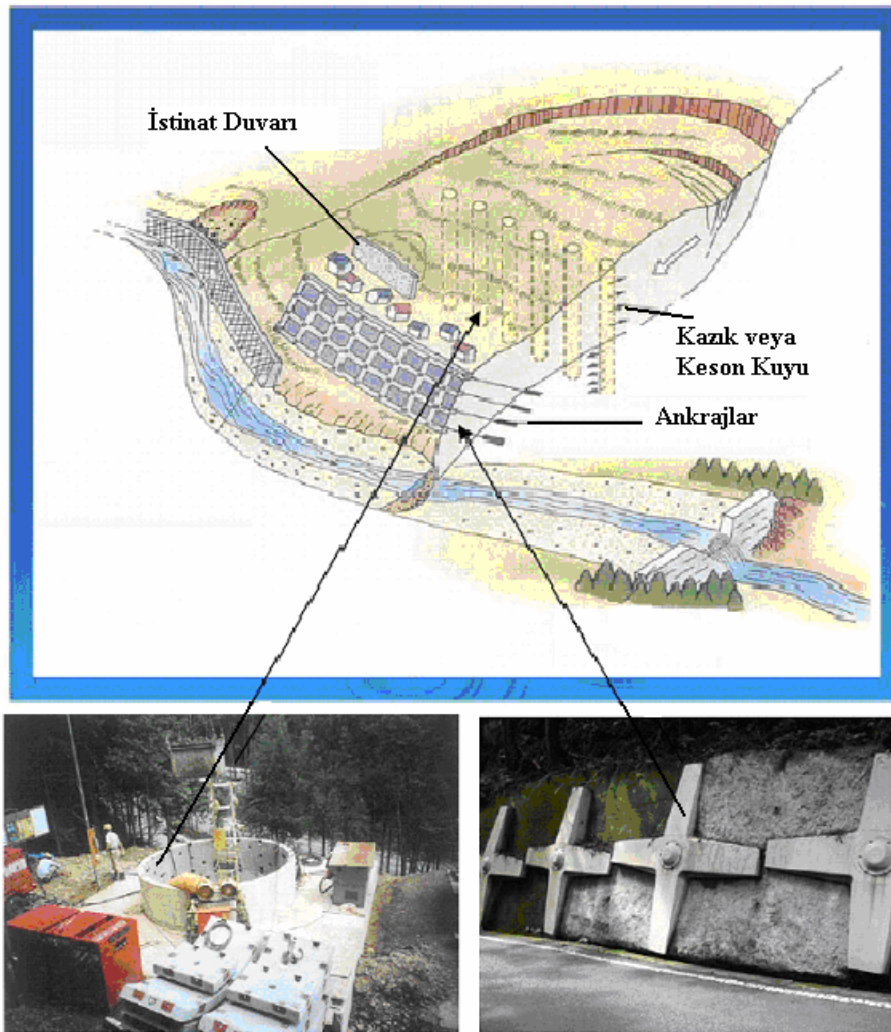
4.9.2.10. İstinat duvarları

Zemin yüzeylerini iki farklı seviyede muhafaza eden yapısal elemanlara istinat duvarı denir. İstinat duvarları kullanım amacına göre kalıcı veya geçici olarak

tasarlanır. İstinat duvarları, yerinde dökme betonarme elemanlar, fore-mini kazıklar, donatılı zemin gibi birçok teknik ile teşkil edilebilmektedir (Coduto, 2006).

4.9.2.11. Ankrajlar

Bir başka yapısal önlemse Şekil 4.29’de görüldüğü gibi şeve dengeleyici kuvvetler uygulayan, çekme elemanları olan ankrajlardır. Ankrajlarla, kritik kayma dairesinin oldukça ilerisine uzanan enjeksiyonlu kuyular ve içindeki çelik çubuklardan oluşur (Coduto, 2006).



Şekil 4.29. Yapısal stabilizasyon elemanları, geniş çaplı keson kuyu ve ankrajlar

4.9.2.12. Bitkilendirme

Şev stabilizasyonunda bir diğer önemli iyileştirme yöntemi şevin uygun bir şekilde bitkilendirilmesidir.

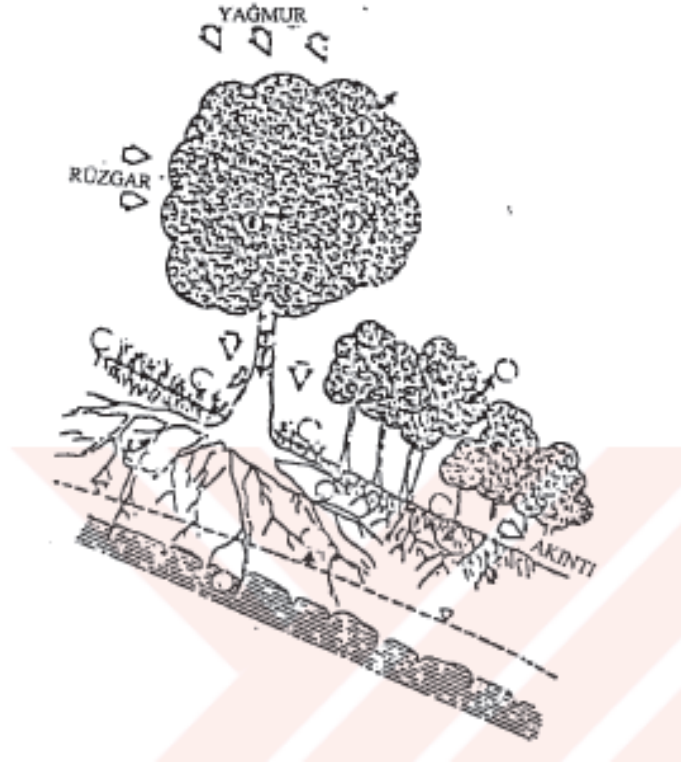
Bitkilendirme sayesinde;

- Erozyondan korunma,
- Zemin suyunun dışarı alınması,
- Sığ kaymaların önlenmesi,
- Yüzeysel stabilizasyon,
- •Estetik bir görünüm sağlanmış olmaktadır. Derin köklere sahip bitkiler ile yeşillendirilen bir şevin donatılı sev özelliği göstererek stabilitesinin arttırıldığı söylenebilmektedir (Karikari ve Agyei, 2000).

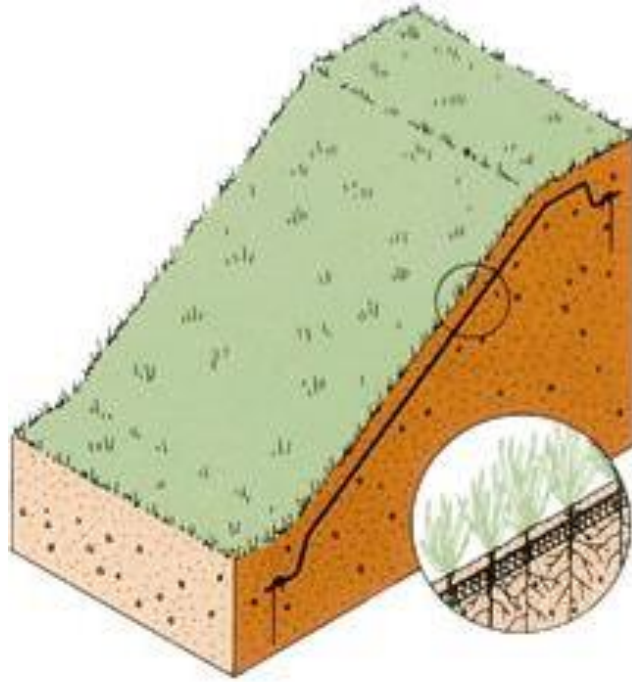
Ayrıca kökler sayesinde topraktan emilen suyun şevde boşluk suyu basıncını düşürdüğü, kohezif özelliğin arttığı ve böylece bitkilendirmenin stabiliteye son derece olumlu katkıda bulunduğu söylenebilmektedir (Greenwood ve Voskamp, 1996).

Genellikle arzu edilen bitkilendirmeyi tesis etmek ve sürdürmek için sulama sistemleri yerleştirmek gereklidir. Bu sistemler dikkatli bir biçimde denetlenmelidir. Çünkü aşırı sulama boşluk suyu basıncını büyük oranlarda arttırabilir ve ciddi stabilite problemlerine neden olabilir (Coduto, 2006).

Bitkilendirme yöntemi ile stabilizasyonu sağlanmış bir şev Şekil 4.30'de görülebilmektedir.



Şekil 4.30. Bitkilendirmenin stabilizasyona katkısı



Şekil 4.31. Erozyon kontrol örtüsü olarak bitkilendirme (Artusa, 2014)

Bitkilendirmenin erozyonu önlemeye katkısı Şekil4.31’de de görülmektedir.

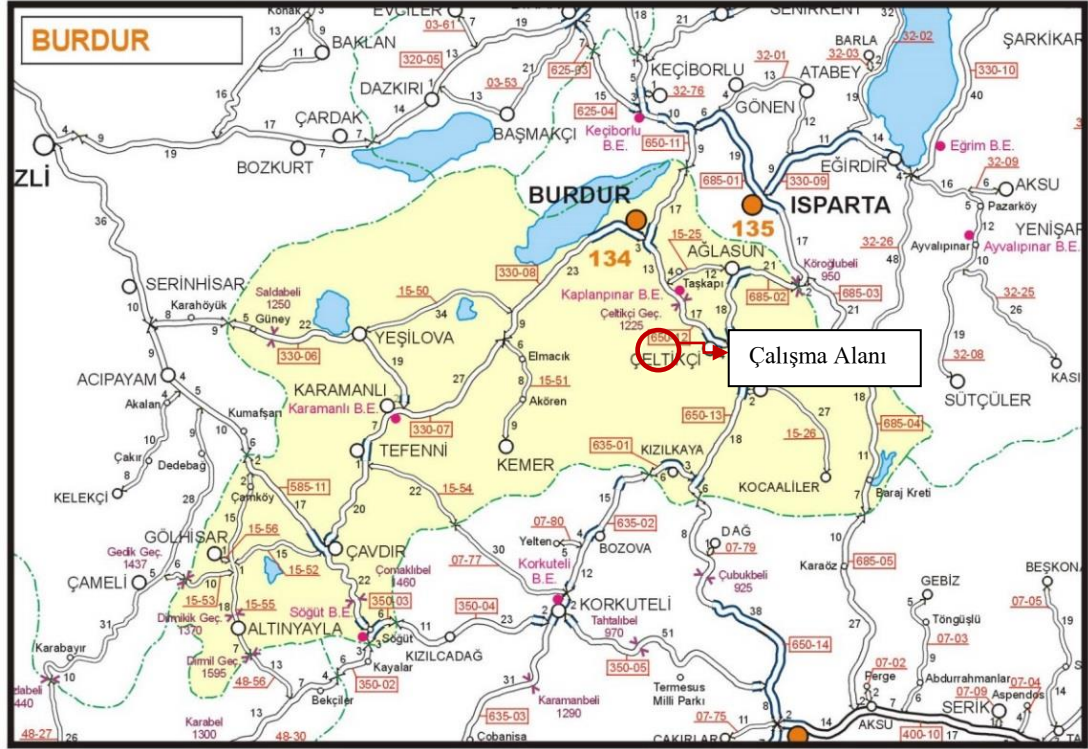
5. TEKKE HEYELANININ GERİ HESAP YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Antalya-Burdur Yolu Tekke mevkiinde yolun mevcut kalitesi bozularak şev kayması meydana gelmiştir. Yol güzergahına ait yer gösterim haritası Şekil 5.1’de verilmiştir. Yol kalitesini arttırmak ve ülkemizin gelişmesi ile paralel olarak artan trafik yükünü karşılamak amacı ile Burdur- Antalya karayolu üzerinde iyileştirmeler yapılarak sıcak karışım ile yeniden yapılandırılması gerekmiştir. İyileştirme projesi kapsamında mevcut şev bozulmasından yola çıkılmış ve stabilite bozukluğunun nedenleri ortaya konulmuştur. Güvenlik katsayısı 1 kabul edilerek zemin parametreleri ele alınmış ve geri hesap yöntemi kullanılarak Plaxis programında modelleme yapılmış, göçme durumunu veren parametreler belirlenmiştir. Bu elde edilen parametreler daha sonra iyileştirme projesi için kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında Antalya-Burdur Yolu, Tekke mevkiinde meydana gelen heyelanda sondaj çalışmaları yapılarak heyelanın geometrisine yönelik jeolojik - jeoteknik etüt çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda sondajlar yapılmış ve sondajlardan alınan örnekler üzerinde gerekli deneyler yapılarak, güzergâhın plan-profil üzerine jeolojik ve jeoteknik haritalama işlemleri yapılmış ve bu bulgular heyelan önlemine yönelik uygun iyileştirme projesi için kullanılmıştır.

5.1. Güzergâhın Yeri ve Özellikleri

Etüdü yapılan Antalya--Burdur Yolu, Tekkeköy yakınlarından geçmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Yer bulduru haritası

5.2. Etüt Alanı Jeolojisi

5.2.1. Genel jeoloji

İl arazisi farklı jeolojik zamanlara ait çeşitli formasyonların bir araya geldiği nispeten karışık bir yapıya sahiptir. İkinci jeolojik zamandan önce TETİS jeosenkinal sahası içinde kalmış olan il arazisi Alp orojenezi ile ikinci, üçüncü ve dördüncü zaman boyunca jeolojik oluşum safhalarının hepsini geçirerek bugünkü görünümü kazanmıştır. İl arazisinde yaygın olarak görünen formasyonlar mesozoik ve tesiyer'in muhtelif devirlerine aittir. Kuvaterner depoları ise bölgenin alçak sahalarda yer alır.

Pliyosen dönemine ilişkin birimler;

Ofiyolitik Melanj

En yaşlı birim Koçyiğit (1983) tarafından "İç Toros Napı" olarak ta adlandırılan Allohton kökenli melanj'dır. Birim serpantinleşmiş harzburjit, serpantin, gabro,

amfibolit ve spilitten oluşmuş bazik-ultrabazikler ile kireçtaşı bloklarından oluşan karmaşık halindedir. Napın bölgeye yerleşimi ise Burdigaliyen sonrasıdır. Burdur Gölü kuzeybatısında Oligosen çakıl taşları üzerinde, Kemer-Çamoluk arasında Miyosen (Burdigaliyen) birimleri üzerinde, havza içerisinde ise; Pliyosen gölsel çökelleri altında yaygın olarak gözlenmektedir.

Eosen

Yalçinkaya ve diğerleri (1986) tarafından Garipçe formasyonu olarak adlandırılan birim, orta katmanlı, kahve, boz renkli detritik kireçtaşları ve beyaz renkli marnlar ve çoğunlukla fliş özelliğinde gözlenir, istif üstte yer alan konglomeralarla son bulur. Yaklaşık kalınlığı 1500 metreyi bulan birim, Eosen'e ilişkin diğer birimler tarafından uyumlu olarak örtülürler. Birim sadece Burdur Gölü kuzeydoğusunda Gölbaşı-Gökçebağ köyleri arasında izlenir.

Oligosen

Yalçinkaya ve diğerleri (1986) tarafından birkaç formasyona ayrılan Oligosen'e ilişkin birimlerin en altında Eosen yaşlı birimler üzerine açısız uyumsuzlukla gelen yaklaşık 50 m. kalınlığında beyaz, bej renkli ince-orta tabakalanmalı karasal kumtaşı marn ardışıklı birimler yer almaktadır. İstif gri renkli orta tabakalanmalı bol Oligosen nümümlitleri içeren neritik kireçtaşlarıyla devam eder. Üstte ise yer yer aralarında karbonat çimentolu kumtaşları düzeyi bulunan polijenik çakıl taşlarıyla son bulur. Yaklaşık kalınlığı 1000-1500 m'dir. Birim geniş yayılımlı olarak Burdur Gölü batısında Kılıç kasabası ile İlyas köyü arasında izlenir.

Miyosen

Altta 25-50 m. kalınlığında gri ve grimsi siyah renkli resifal kireçtaşlarıyla başlayıp, boz-kahve renkli ince-orta katmanlı kumtaşı-marn ardalanması şeklinde devam eden bu birimler yaklaşık 1500 m. kalınlıkta ve fliş karakterindedir. Altta, kendisinden yaşlı tüm birimleri açısız uyumsuzlukla örten birim, Alt Miyosen sonundaki tektonik hareket sonucu batıdan bindiren allohton birimlerce örtülmüştür. Söz konusu üzerlemenin en iyi gözlemlendiği yer Kemer kuzeydoğusundaki Çamoluk köyü

dolaylarıdır. Miyosen'e ilişkin bu denizel birimler Kemer dolayında allokton birimler tarafından, diğer kesimlerinde ise Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı gösel ve flüviyal çökellerle örtülmüştür.

Pliyosen

Önceki araştırmacılar tarafından (örneğin Karaman, 1986) "Burdur Formasyonu" olarak adlandırılan ve Akdere ile Gölcük üyeleri olmak üzere iki üyeye ayrılan bu formasyonun üç üyeye ayrılması gerektiği sonucuna varılarak incelenmiştir. Kuyucak üyesi olarak adlanan birim, Burdur Gölü'nün kuzeybatısında Kuyucak köyü dolayında tüm özellikleriyle izlenmektedir. Kırmızı kahve renkli, kanal dolgulu, çakıl ve kum mercekleri içeren çamurtaşı biçiminde bir doku sunmaktadır. Üst düzeylerine doğru yer yer ince karbonat bantları gözlenmektedir. Yaklaşık kalınlığı 150-200 m. dolayındadır. Birim çoğunlukla Oligosen yaşlı çakiltasları üzerinde ve bazen de Kuyucak fayı önünde izlenmektedir. Çakıl mercekleri ve genelde tane boyu üste doğru kabalanmaktadır.

Birimin kuzey ve kuzeybatıdan kaynaklandığı içsel yapısından anlaşılmaktadır. Pliyosen çökeliminin tabanını oluşturan bu birim tümüyle akarsu ortamının ürünü halindedir. Birimin havza içlerine doğru devamında da, gösel çökellerle yanal ve düşey geçişli olduğu görülmektedir.

Akdere Üyesi: Karaman (1986) tarafından adlanan bu üye, formasyon içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Çalışma alanında; Burdur kentinin hemen kuzeyinde başlayıp Kemer ilçesine kadar uzanan bu birim açık sarı ve beyaz rengeyle oldukça tipiktir. Genellikle kil, marn, killi kireçtaşı şeklinde devam eden istif üst düzeylerine doğru tuf, tüfit katmanları içermektedir. Ardalanmalı biçimde gözlenen istifteki marnlar güneyde kalınlaşmaktadır. Birim içerisinde ince linyitli düzeyler bulunmaktadır. Tefenni Havzasındaki Pınarbaşı köyünün 2-3 km. güneyi ile yine Akören köyünün 5-6 km. güneyinde izlenen kömürlü düzeyler, birbirinin devamı şeklinde gözükmemektedir. Bu da göl kıyı çizgisinin veya düzeyinin salınım yaptığını göstermektedir. Kırmızı renkli flüviyal çökellerle yanal ve düşey geçişli olan bu üye, havza içerisinde kalmış allokton birimleri de örtmektedir.

Gölcük Üyesi: Karaman (1986) tarafından adlanan bu üye Pliyosen gölüne malzeme vermesi açısından önem arz etmektedir. Akdere üyesi içerisindeki tuf, tufit ve ponzalar, Isparta-Burdur arasındaki Gölcük volkanizmasından gelmiştir. Genel olarak özellikleri verilmeye çalışılan Burdur formasyonu fosil içeriği yönünden oldukça fakirdir. Karaman tarafından Prof. Dr. Erol Akyol'a polen analizi için gönderilen örneklerden birimin yaşı "muhtemelen Pliyosen" olarak gelmiştir. İstifin üst düzeylerine yakın bir yerden aldığımız omurgalı fosilin yaslandırmasında ise, "Üst Pliyosen'in altı" olduğu saptanmıştır.

Kuvaterner

Bölgede yer alan Alüvyon yelpazesi, birikinti konisi, yelpaze deltası, göl ve akarsu sekileri, eski göl tabanı v.b. Kuvaterner yaşlı çökelimler birer jeomorfolojik birim oluşturduklarından dolayı, "jeomorfolojik birimler" bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmışlardır. Bu bölümde, özel bir jeomorfolojik birim oluşturmayan travertenlere değinilecektir.

Travertenler inceleme alanının doğusunda, Burdur-Antalya yolu üzerindeki Yakaköy dolaylarında çok geniş alanlar kaplamaktadır. Yaklaşık kalınlığı 200 m. kadardır (Karaman, 1986). Sarımsı beyaz ve açık kahve renkli olan bu travertenler Pliyosen gölssel birimleri üzerine uyumsuz olarak geldiği gibi vadi içlerinde de gözlenebilmektedir (Kurna Köyü dolayı). Bulunduğu yerlerde geniş alanlar kaplayan diğer bir deyişle "traverten düzlükleri" oluşturan bu birim, Pliyosen sonu tektonik aktivite ile karstik rezervuarların kesilmesi (Insuyu gibi) ve CaCO₃'a doymuş karstik suların birdenbire boşalmasıyla oluşmuştur. Söz konusu sular çukur alanlarla mevcut drenaj sistemine uygun şekilde çökelmişlerdir. Travertenler inşaat malzemesi olarak kullanılmaktadır.

5.3. Stratigrafi

Çalışma sahası ve yakın çevresinde tespit edilen birimler aşağıda verilmektedir.

Alüvyon (Qal)

Mevcut derelere bağılı olarak gelişen 50-100 m yatay yayılımlı alüvyonlar ile mevcut yolun batı kısmına 250 m ile 1500 m arasında yaklaşan geniş bir depozit bulunmaktadır. Genel olarak kil, silt, kum ve çakıl tane boyunda, nehir yataklarında, düzlüklerde ve göl kenarlarındaki güncel birikimlerdir.

Alüvyon Yelpazesi (Qay)

Yolun doğu kısmında yer alan dağların eteklerinde, hızlı erozyon neticesinde birikmiş depozitlerdir. Yelpaze yer yer ince malzeme yer yer ise kumlu, çakıllı, bloklu ve kil bağlayıcı malzemelerden meydana gelmiştir. Yelpaze içindeki bu farklı yapı, yüksek dağlardaki litolojik farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Traverten (PlQt)

Pliyo-Kuvaterner yaşlı adlandırılmamış travertenler bulunmaktadır. Travertenler yer yer gevşek tutturulmuş, kireçli, yuvarlak çakıllı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı birimlerinden meydana gelmiştir. Eski akarsu ve göl kenarı oluşukları olan birimde en üst kısımlarda yer yer sert bir kireçli kabuk bulunmaktadır.

Çameli (Burdur) Formasyonu (Plç)

Gösel tortularla temsil edilen formasyon, ince-orta-kalın tabakalı, beyaz, kirli beyaz, kirli sarı, açık gri, yeşil vb. renkli; kiltası, kumtaşı, marn, konglomera ve siltaşından oluşur. Birim içinde yer yer tuf ve tüfit seviyeleri gözlenir.

Likya Napları üzerinde açısız uyumsuz olarak bulunan formasyon; üstte Kuvaterner yaşlı oluşuklar (Qay) tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Birimin çevrede ölçülen kalınlığı 0-650 m arasında değişir (Yalçınkaya ve diğ. 1986). Genelde göl ortamında çökelmiş olan formasyonun tabanında yer yer akarsu-bataklık ortam koşulları görülür. Göl kıyı fasiyesleri, alüvyon yelpazesi göle uzanan yelpaze deltası ve delta ortamları kapsar.

Dutludere Kireçtaşı (TRJd)

Çoğunlukla Kızılcadağ Melanjı'nın üzerinde sürüklenmiş olarak durmaktadır. Yersel megalodonlu, rekristalize kireçtaşlarından oluşan formasyona ait birimler; orta-kalın tabakalı, yer yer masif, aşınma yüzeyi gri, açık gri, kırılma yüzeyi beyaz, kirli beyaz, krem, bej, açık gri renklidir.

Formasyon, alt kısmı masif görünümlü, üst düzeyinde orta-kalın tabakalı, gri-krem renkli kireçtaşı ile temsil edilir. Formasyonun alt ilişkisi tektoniktir. Bu sebeple sık kırıklı parçalı durumdadır. Formasyon bazı yerlerde mermer olarak işletilmektedir.

Dutludere Kireçtaşının altındaki Kızılcadağ Melanjı ile ilişkisi tektoniktir. Üst ilişkisi araştırma alanında izlenmez. Kalınlığı yaklaşık 700 metre civarındadır. Birim sığ karbonat şelf ortamında çökelmiştir ve paleontolojik çalışmalara göre Orta Trias-Liyas yaşlıdır.

Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu (Kkzm)

Ofiyolit melanj ve olistostromla temsil edilen birim Poisson (1977) tarafından adlandırılmıştır.

Ofiyolit melanj; Serpantinit, serpantinleşmiş harzburjit, dunit vb. kaya türlerinden oluşur. Genelde bazik volkanik, neritik kireçtaşı, pelajik kireçtaşı, radyolarit, çört, dolomit vb. blokludur. Serpantinit bir hamur içine makaslanarak yerleşen yabancı bloklar birime kaotik bir yapı kazandırmıştır. Yer yer ofiyolitli melanjdan ayırtlanamayan olistostromlar da birime dâhil edilmiştir. Birim genelde ofiyolit üstü kireçtaşı naplarına (Gülbahar napı, Domuzdağ napı) ait kütleler içerir. Bazik volkanik ve metamorfik dilimler de içeren bu birim yer yer değişik kökenli, yaşı belirlenememiş radyolarit, çört, şeyl vb. bloklar kapsar. Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu içinde bloklar ve/veya üzerinde klipler halinde Permiyen yaşlı karbonatlar bulunur.

Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu üzerinde Dutludere Kireçtaşları bulunmaktadır.


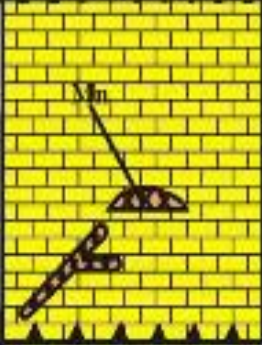


Elmalı Formasyonu (Te)

Formasyon Önalın (1979) tarafından adlandırılmıştır. Kumtaşı, silttaşı ve şeyllerden oluşan formasyon; MTA tarafından Yavuz formasyonu (Tey) olarak ayrıca bölünmüş ve ayırtlanmıştır.

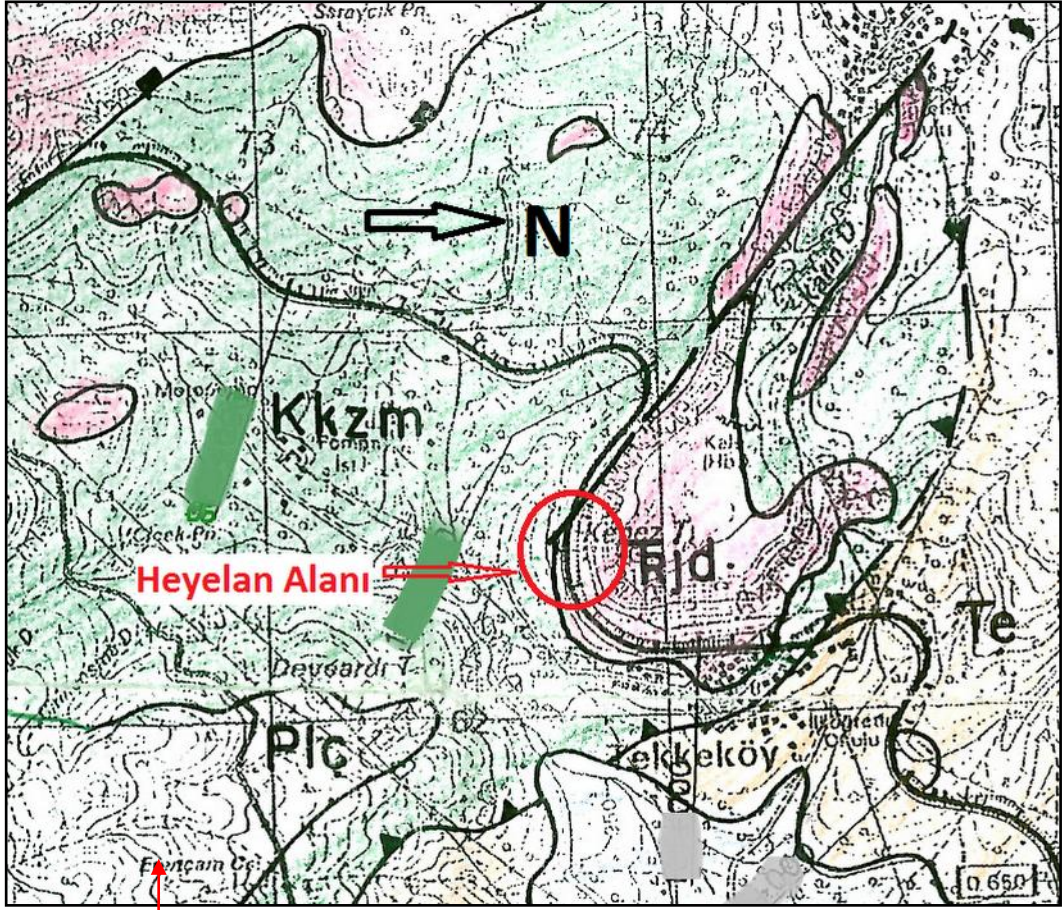
Elmalı Formasyonu; ince-orta kalın tabakalı, gri, koyu gri, bej, yeşilimsi gri, yeşil, kahve renklerde bulunur. Birimler arasında yer yer kumlu-killi kireçtaşı seviyeleri yer alır. Birim tamamen türbiditik niteliklidir ve kendi içinde kıvrımlı, kırıklı ve ekaylı bir yapı sunar. Birim türbiditik akımların etkin olduğu duraysız yamaç-havza ortamında çökelmiştir.

Çalışma alanı içinde alt ve üst sınırları tektoniktir. Üstte Kızılcadağ melanjı kantağı gözlenmektedir. Formasyon çevrede 750 m kalınlık gösterir (Şenel ve diğ. 1989, MTA).

Proje alanı ve yakın çevresinin Stratigrafik kolon kesiti Şekil 5.2'de, bölgenin jeoloji haritası ise Şekil 5.3'de verilmiştir.

Ü.SİSTEM	SİSTEM	SERİ	GRUP	FORMASYON	LİTOLOJİ	SİMGE	AÇIKLAMA
MESOZOYİK	KUVATERNER	I					Alüvyon (Al) ve yamaç molozu (Ym) Uzunuzluk
						Tkd	Orta-kalın tabakalı genel olarak açık renkli rekristalize kireçtaşları ve Mn cevherleşmesi Tektonik Dokanak
	JURA-KRETASE		Marmaris ofiyolit napı (Lıkyā Napı)	Kızılcaadağ melanj ve olistostromu		Kkm	Serpantinli bir hamur içerisinde farklı kökene ait bloklardan oluşan melanj ve konglomera, kumtaşı ve silttaşı matrisli olup farklı türde ofiyolit kökenli olistolitleri kapsayan olistostrom Tektonik Dokanak
	TRİYAS-JURA	LİYAS	Domuzdağ Napı (Lıkyā Napı)	Dutdere Kireçtaşı			
	JURA-KRETASE		Marmaris ofiyolit napı (Lıkyā Napı)	Kızılcaadağ melanj ve olistostromu			
	JURA-KRETASE		Marmaris ofiyolit napı (Lıkyā Napı)	Kızılcaadağ melanj ve olistostromu			
SENOZOYİK	TERSİYER	EOSEN-MİYOSEN		Elmalı Formasyonu		Te	İnce-orta tabakalı, genelde kahverenginin hakim olduğu türbiditik kumtaşı ve şeyl ardalanması ÖLÇESİZ

Şekil 5.2. Proje alanı ve yakın çevresinin Stratigrafik kolon kesiti



Şekil 5.3. Proje alanı ve yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası

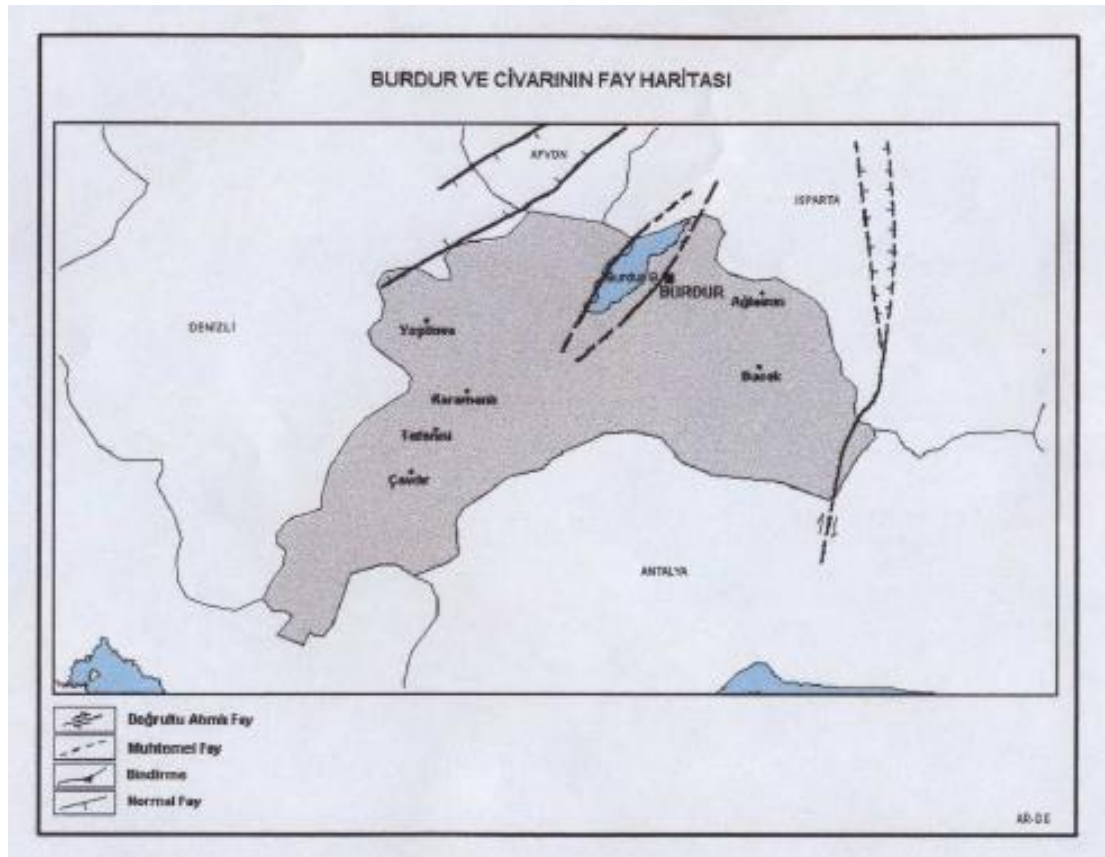
5.4. Tektonik Evrim

Burdur kenti ve çevresi, 1.Derece Deprem Kuşağı üzerinde yer almakta olup, geçtiğimiz yüzyıl içinde 11'i orta ve yüksek şiddette olmak üzere sayısız deprem yaşamıştır. Bu depremler sonucu kent ve çevresinde ola gelen can kaybının ötesinde, maddi hasarlarla birlikte bölgeden göç olayı da yaşanmıştır. Bu ise ekonomik ve sosyal yaşamı etkilemiş, büyümeyi önemli ölçüde engellemiştir (Deprem Araştırma Dairesi, Ankara).

Burdur şehir merkezi tümüyle Batı Anadolu'nun en önemli aktif faylarından biri olan Burdur fay zonu üzerinde kurulmuştur (Şekil 5.4). 1914, 1957 ve 1971 yıllarında Burdur-Fethiye arasında büyüklükleri 6.1 – 7.1 arasında değişen 3 önemli deprem kaydedilmiştir. Yeraltı suyunun yüzeyden derinliği 1.derece deprem riski taşıyan bölgelerde zemin sıvılaşması açısından önem taşımaktadır.

5.5. Yapısal Jeoloji

Burdur ve civarı, "İç Toros Napı" olarak adlandırılan birimin yöreye yerleşimi sırasında sıkışma tektoniği ve Pliyosen sonrasında başlayan çekme tektoniği etkisi altında kalmış ve değişik yönlü çekim faylarıyla kesilmiştir. Yassıgüme Köyü'nün 1.5 km doğusunda K-D yönlü, diri normal fay buyunca Pliyosen yaşlı karasal tortullar ile ofiyolitli karışık tektonik dokanağı getirilmiştir. Bölgedeki diğer önemli bir fay da Burdur Fayı'dır. Faylı dokanıklarda ileri derecede deformasyon ve breş zonu gelişmiştir.



Şekil 5.4. Bölgenin yapısal haritası

5.6. Jeomorfoloji

Jeomorfolojik özellikleri bakımından iki ana bölüme ayrılmaktadır. Bunlardan birisi, Burdur ve Yarışlı göllerini içerisine alan Burdur Havzası, diğeri ise; Burdur Havzasının güneybatısında uzanan ve Karamanlı-Tefenni ve Kemer arasında kalan Tefenni Havzası'dır. Oluşum ve gelişimleri açısından birbirinden farklı süreçlerle

ortaya çıkmış olan bu genç havzalar, günümüzde bir boğazla birbirine bağlanmaktadır.

Yukarıda genel tanımları yapılan bu genç, Pleistosen yaşlı havzalar, aynı Pliyosen Havzası içerisinde yer almaktadırlar. Keçiörlü güneyinden başlayan Burdur Pliyosen havzası, kuzeydoğu-güneybatı yönünde yaklaşık 100 km. uzandıktan sonra Tefenni güneyinde allokon birimlerle sonlanır.

Burdur Havzası

Göller bölgesinin batısında yer alan ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan Burdur Havzası 55 km. uzunluğa ve 15 km. genişliğe sahip tektonik kökenli bir havzadır. Havza içerisinde havzanın genel uzanımına koşut ve günümüzde birbirinden bağımsız olan Burdur ve Yarışlı gölleri bulunmaktadır.

Endoreyik özellikteki havzanın çevresi değişik yaş ve türdeki kayalardan oluşan yüksek alanlarla çevrilmiştir (Ardel, 1951). Gölün batı ve kuzeyi, Oligosen yaşlı çakıl taşları ve yer yer bunları üzerleyen Likya Napı'na ilişkin kireçtaşı bloklu serpantin, spilit vb.nin oluşturduğu yüksek alan ile flüviyal kökenli Pliyosen tortullarının oluşturduğu tepelik alanlardan oluşur. Bu kaya birimleri üzerinde Pliyosen sonrası aşınım yüzeyleri ile Kuvaterner ve daha eski drenaj sistemleri gelişmiştir. Gölün doğusunda ise; çoğunlukla Eosen yaşlı kumtaşı ve kıltaşı birimlerinin oluşturduğu tepelik alanlar ile üzerindeki parçalanmış aşınım yüzeyleri ve "badlands" topografyasına ilişkin oluşumlar gözlenmektedir.

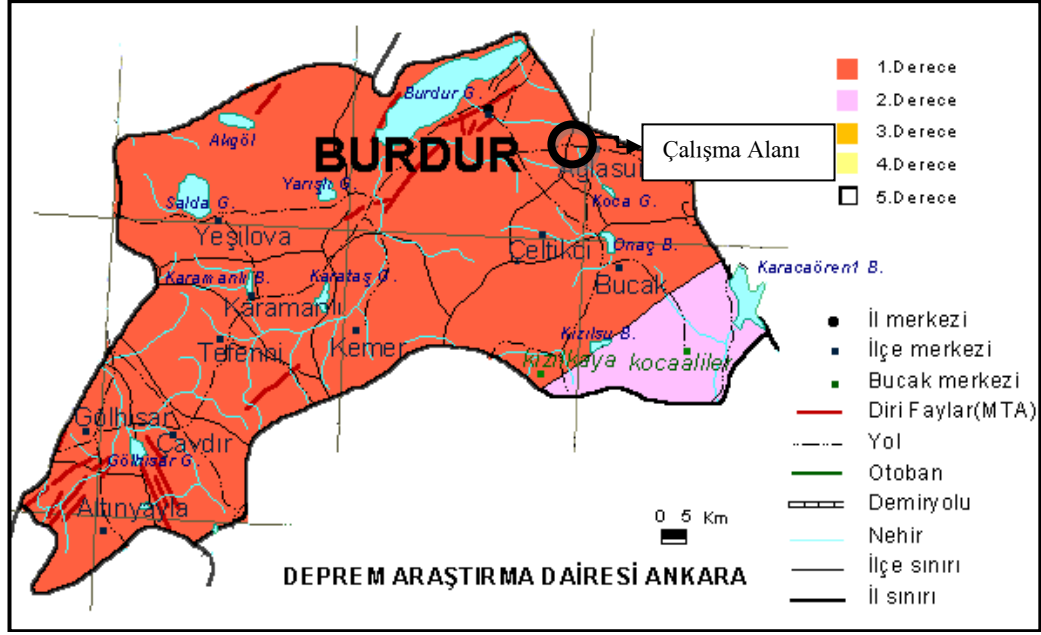
Burdur yerleşim merkezinden güneye doğru ise, Burdur formasyonu diye tanımlanan ve Pliyosen gölüne ilişkin kil-marn ve tüflerden oluşmuş birim yer alır ki, bunlar üzerinde özellikle geniş alanlı aşınım yüzeyleri ve Kuvaterner vadileri oldukça dikkat çekicidir. Pliyosen yaşlı birimler bu kesimde genellikle güneydoğuya eğimli monoklinal bir yapıya, yer yer geniş açılı kıvrımlara ve birçok normal ve ters faylara sahiptir. Birçok yerde Pliyosen çökelleri altında ve kimi yerde de havza tabanı içerisinde sertgen tepeler şeklinde kalmış kireçtaşı blokları, havzalaşma açısından çok önemli unsurlardır.

Havzanın güneybatı kesimi ise tümüyle mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Erimeye elverişli olan bu birimlerde doğal olarak karstik şekiller gelişmiştir. Bunlardan en önemlisi Yarışlı polyesidir.

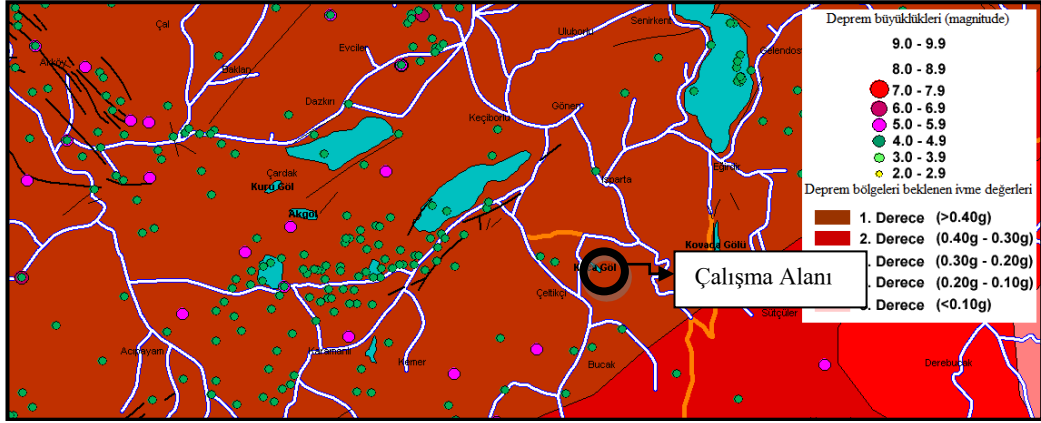
Yukarıda ana hatlarıyla tanıtılan havzanın tabanında ise; aktüel göller ile bunların Pleistosen içerisindeki salınımlarıyla oluşmuş Pleistosen depoları yer almaktadır. Bunlardan Burdur gölü yaklaşık 35 km uzunluk ve en geniş yerinde 7.5 km genişliğe sahip acı su içeren bir göldür. Deniz seviyesinden yüksekliği 855 m. En derin yeri ise; İlyas-Karakent köyü arasında 110 metredir. Derinliğin en fazla olduğu güneybatı kenarında kireçtaşlarından ibaret olan dik kıyılar mevcut olup kıyı düzlüğü gelişmemiştir. Gölün diğer kesimleri çok sığ olup özellikle kuzeydoğu kenarında kıyı düzlüğü oldukça geniş alan kaplamaktadır. Kıyı düzlüğü ile havzayı çevreleyen yüksek alanlar arasında gölsel şekiller, alüvyon yelpazeleri ve glasiler gibi birimler gözlenmektedir. Gölsel sekiler, genellikle havzanın kuzey ve güneyinde yer alırlar. Bunların en yüksek noktası 960 metrede olduğuna göre gölün Orta Pleistosen'den beri 105 metre çekilmiş olduğu ortaya çıkmaktadır.

5.7. Depremsellik

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası” verilerine göre proje alanı 1. Derece Deprem Bölgesi'nde kalmaktadır (Şekil 5.5). Şev stabilite analizlerinde kullanılacak yatay deprem ivmesi değerinin $a_h \approx 0.2$ g olarak alınması gerekmektedir. Çalışma alanı ve çevresinde 1900 tarihinden bugüne kadar belirlenen büyüklüğü 3'den fazla deprem merkezleri Şekil 5.6.'da verilmiştir.



Şekil 5.5. Çalışma güzergâhı ve çevresine ait depremsellik haritası



Şekil 5.6. Çalışma alanı ve çevresinde 1900 tarihinden bugüne kadar belirlenen M>3 depremler

5.8. Arazi Çalışmaları

Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen sondaj çalışmaları sonucunda elde edilen zemin özellikleri Antalya-Burdur Yolu, Tekke geçişinde jeolojik birimlerin zayıflığı ve yer altı suyunun varlığı sonucu stabilite problemine istinaden heyelan meydana gelmiştir. Bu nedenle güzergâh üzerinde jeolojik-jeoteknik çalışmalar yaparak yersel iyileştirmeler oluşturmak amacı ile jeolojik sondajlar açılmıştır (Şekil 5.7) ve ilgili loglar EK-A ve EK-B' de sunulmuştur. Açılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri tamamlanmıştır ve

Tekke Heyelanı bölgesinden alınan SK5, SK6 ve SK7 sondaj loglarının laboratuvar deney sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Bu sonuçlar sonucunda heyelan bölgesi zemin türünün Siltli Kum ve Killi Kum’dan olduğu saptanmış olup tasarımlarda bu durumlar dikkate alınmıştır.

Alınan numuneler doğrultusunda yapılan elek analizi sonuçları; zemin danelerin yüzdesel olarak çoğunluğu 200 nolu elekten geçtiğini ve bu sebeple Atterbeng Limitleri deneylerinin yapılmasının gerekliliğini göstermiştir.

Rapor kapsamında alınan sondaj numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine göre Atterbeng Limitleri sonuçları ise;

Likit Limit LL (%)=31-44

Plastik Limit PL (%)= 15-17

Plastisite İndeksi PI (%)= 15,5-27,5 şeklinde olup;

Tabi Su Muhtevası (%): 10-11 arasındadır

Çizelge 5.1. Tekke Heyelanı Bölgesi Laboratuvar Deney Sonuçları (Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü)

DENEY SONUÇLARI TABLOSU											
NUMUNE/ SAMPLE			W _a (%)	Atterbeng Limitleri			Elek Analizi %Geçen				USCS Zemin Sınıfı
Sondaj No	Derinlik (m)	Numune No		LL	PL	PI	4 %	10 %	40 %	200 %	
SK-5	9,00-9,07	SPT-6	6,8		N-P		52,0	39,5	24,5	3,2	SP
SK-5	10,50-10,95	SPT-7	19,0	36,3	15,2	21,1	72,5	66,9	55,2	40,0	SC
SK-5	13,50-13,67	SPT-9	9,4	43,7	16,2	27,5	75,5	72,3	61,7	47,8	SC
SK-6	1,50-1,95	SPT-1	7,4		N-P		61,7	51,8	39,2	18,6	SM
SK-6	4,50-4,85	SPT-3	12,0		N-P		76,1	62,5	38,3	23,0	SM
SK-6	9,00-9,28	SPT-6	4,2		N-P		69,8	59,1	45,0	20,9	SM
SK-6	15,00-15,35	SPT-10	10,9	31,8	16,1	15,7	62,1	54,4	45,0	35,1	SC
SK-6	19,50-19,60	SPT-13	13,3		N-P		63,2	49,5	32,4	12,1	SM
SK-7	4,50-4,70	SPT-3	11,2	37,3	17,0	20,3	97,0	88,7	65,4	46,3	SC
SK-7	10,50-10,60	SPT-7	9,5		N-P		65,3	54,3	44,1	25,5	SM

Çizelge 5.2’de sırasıyla güzergâh üzerinde açılan sondajların numara ve derinlikleri verilmektedir.



Şekil 5.7. Sahada yapılan sondajlar (SK-7)

Çizelge 5.2. Sondaj listesi

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	YASS. (m)
1	SK-5	34,00	-
2	SK-6	30,00	15,50m
3	SK-7	20,00	-

5.9. Etüt Alanı Jeolojisi Ve Tekke Heyelanının Boyutları

Mevcut yolun yapımı esnasında sağ kesimde yer alan masif ve dik yamaç halindeki Dutludere Kireçtaşlarının (TRjd) geçildiği kesimde yol karışık (miks) konumda ve yolun bir bölümü dolgu (Qm) ile geçilmiştir. Yolun sol tarafında yamaç eğiminin yüksek olması, yapılan dolgunun temelde yer alan Kolüvyon (Qc) ve Kızılcadağ Melanjı (Kkzm) ile kontağının basamaklı diş şeklinde sıkıştırılarak etekten yukarıya doğru yapılamamış olması eski yamaç (Qc) ile dolgu arasında bir süreksizlik yüzeyi oluşmasına sebep olmuştur.

Diğer yandan 1050-1053 kotlarında, heyelanın ortasından geçen (muhtemelen dolgunun kaymadan önceki eteklerine yakın yerde) halen akışını sürdürmekte olan, mevcut dereden alınarak Tekke köyü istikametine doğru akışı olan su kanalı bulunmaktadır. Su kanalı kaplamasız ve kontrolsüz bir şekilde heyelanlı kesim içerisinden akmaya devam etmektedir. Gelen suyun bir bölümü ise heyelan içerisinde kaybolmaktadır. Söz konusu su kanalının dolgunun topuk kısmını zayıflatarak heyelanı aktifleştirdiği düşünülmektedir.

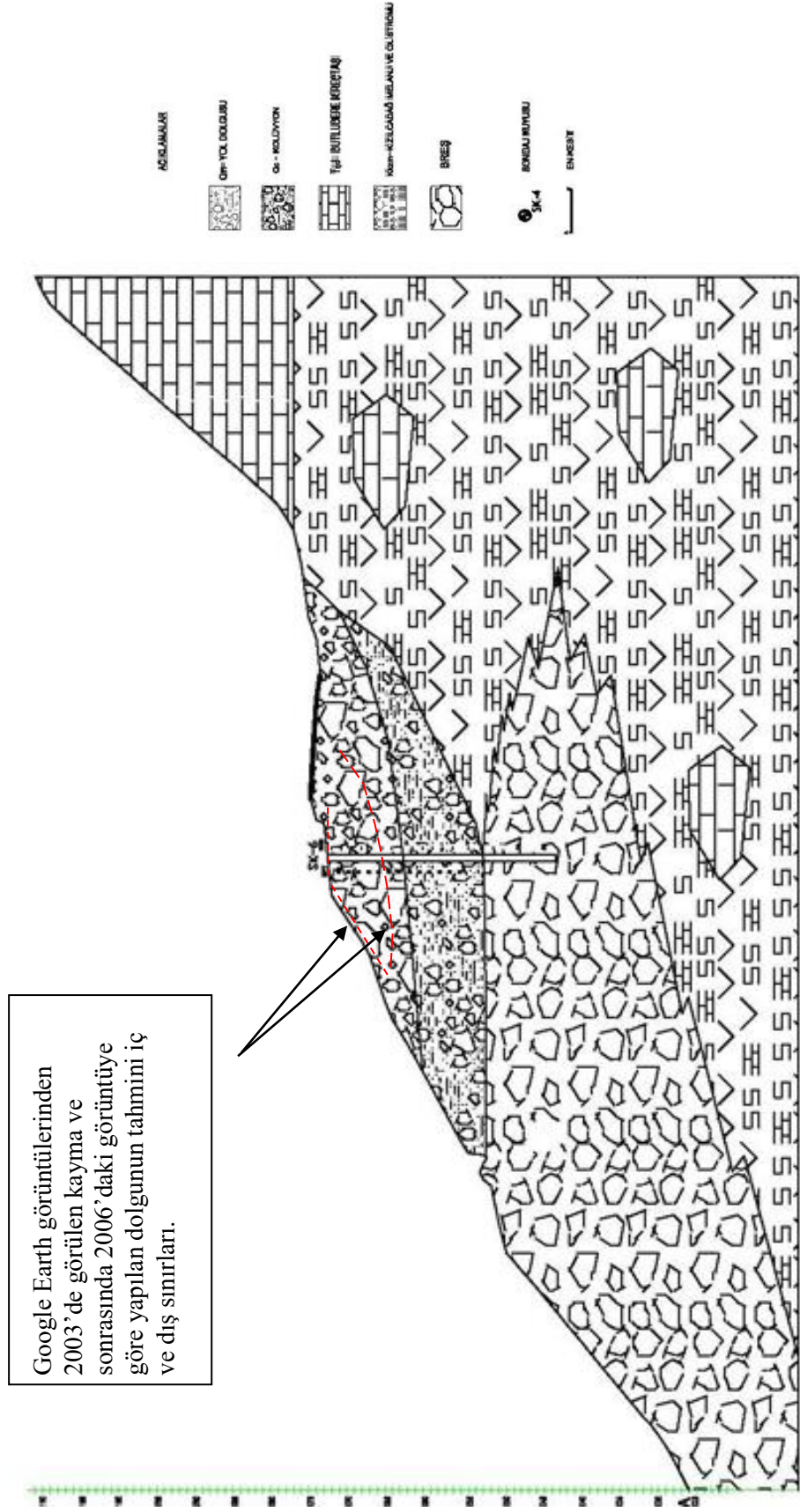
Diğer taraftan yağış sularının dolgu+kolüvyon- ana zemin kontağı arasından sızarak süreksizlik yüzeyi oluşturduğu ve yer çekiminin de etkisiyle stabilite problemi oluşmaktadır. Kaldı ki temelde yer alan melanjların (Kkzm) üst seviyeleri çok zayıf-zayıf dayanımlı, çok- tamamen ayrılmış, parçalı, killeşmiş durumdadır.

Heyelanın topuk bölgesinde önceki yıllarda yapılmış olan bir istinat duvarı vardır. Mevcut duvarda ve dilatasyonlarda ve betonda dışa doğru açılmalar ve oturmalar nedeniyle duvar stabilitesini kaybetmiştir. Bunun 2 sebebi bulunmaktadır:

Birincisi; yapılan duvar üstte yer alan dolgunun yükünü karşılayamamıştır. İkincisi ise; duvarın hemen alt kısmında bulunan su kanallarında sızan suların zemini doyurmasıdır.

Sonuç olarak, Tekke heyelanı; yaklaşık olarak 70 metre eninde, 80-90 metre boyunda, derinliği dolgu kalınlığı ile sınırlı olan bir dolgu heyelanıdır.

Tekke Heyelan alanında toplam 3 adet SK-5, SK-6 ve SK-7 sondajları yapılmıştır. Yapılan sondajlara göre hazırlanan heyelan bölgesi kesiti Şekil5.8' de verilmektedir.



Şekil 5.8. Heyelan Bölgesi Kesiti (Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü)

Buna göre;

– **SK-5 Sondajında;**

- 0,000- 9,00 metre arasında; Alacalı renkli, çok sıkı, killi, kumlu, bloklu Çakıl/ çakıllı Blok'lardan oluşan yol dolgusu yer almaktadır. Blok ve çakıllar tortul-vulkanik kayaç kökenli, köşeli ve max. 40cm ebadındadır.
- 9,00- 10,50 metre arasında Yeşilimsi kahverenkli, çok sıkı, yer yer çakıllı, killi, siltli, ince- iri taneli Kum'dan oluşan Kolüvyon (Qc),
- 10,50- 16,50 metre arasında Alacalı renkli, çok sıkı, kumlu, genelde tortul kayaç kökenli, yarı köşeli bloklu Çakılların oluşturduğu Kolüvyon (Qc) yer almaktadır.
- 16,50- 34,00 metre arasında ise; Kızılcadağ Melanjı'nın içerisinde (Kkzm) yer alan Konglomeralar (Kkzm-k) yer almaktadır. Konglomeralar, Gri- koyu gri renkli, genelde sert- orta sert, dayanımlı- orta dayanımlı, az- orta derecede ayrılmış, yer yer süreksizliklerin sıklaştığı kesimlerde ufalanabilir- zayıf dayanımlı, çok ayrılmıştır. (Birim köşeli kireçtaşı çökellerinin ofiyolitik matrkse oluşturduğu Konglomera özelliğinde)

– **SK-6 Sondajında;**

- 0,000- 20,50 metre arasında; Gri- açık kahverenkli, çok sıkı, killi, kumlu, bloklu çakıllardan oluşan yol dolgusu ve Kolüvyon (Qc) yer almaktadır. Blok ve çakıllar tortul- kayaç kökenli, köşeli ve max. 20cm ebadındadır. Yer yer çakıl oranının azalması ile birim, sert, çakıllı bloklu, kumlu orta plastisiteli kil özelliği göstermektedir.

20,50- 30,00 metre arasında ise; Kızılcadağ Melanjı'nın içerisinde (Kkzm) yer alan Konglomeralar (Kkzm-k) yer almaktadır. Konglomeralar, Gri- koyu gri renkli, genelde sert- orta sert, dayanımlı- orta dayanımlı, az- orta derecede ayrılmış, yer yer süreksizliklerin sıklaştığı kesimlerde ufalanabilir- zayıf dayanımlı, çok ayrılmıştır. (Birim köşeli kireçtaşı çökellerinin ofiyolitik matrkse oluşturduğu Konglomera özelliğinde)

– **SK-7 Sondajında;**

- 0,00- 20,00 metre arasında; Kızılcadağ Melanjı'nın içerisinde (Kkzm) yer alan Serpantinit ve Kireçtaşları yer almaktadır. Serpantinitler; Yeşilimsi, mavimsi gri

renkli, ufalanabilir, zayıf- çok zayıf dayanımlı, çok- tamamen ayrılmış, yer yer killeşmiştir.

Kireçtaşları ise; Gri renkli, sert- orta sert, orta dayanımlı az- orta derecede ayrılmış olmakla beraber bloklar halinde yer almaktadırlar.

5.10. Hidroloji

5.10.1. Yüzey ve yer altı suyunun etkileri

Çalışma sahasında heyelanın oluşumunda yer altı sularının varlığı yadsınmaz bir gerçektir. Çalışma sahasında yapılan sondajlarda ölçülen yer altı suyu derinliği Çizelge 5.3.' de verilmektedir.

Çizelge 5.3. Sondajlarda geçilen yeraltı su seviyeleri (Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü)

Sıra No	Sondaj No	YASS. (m)
1	SK-5	-
2	SK-6	15,50m
3	SK-7	-

5.10.2. Birimlerin suya karşı hassasiyeti

Birimlerin geçirimsizlikleri göz önüne alınırsa, mevcut yol dolgusu, kumlu, bloklu Çakıl ve bloklardan oluşmuş olup geçirimsiz, Kolüvyonlar içerdikleri çakıl ve kil oranına bağlı olarak geçirimsiz- yarı geçirimsizdir. Dutdere Kireçtaşı (TRjd) içerisinde yer alan Rekrystalize kireçtaşları, Kızılcadağ melanjının (Kkzm) içerisinde yer alan konglomera ve kireçtaşı blokları içerdikleri kırık, çatlak ve boşluklara bağlı olarak yarı geçirimsiz- geçirimsizdir. Kızılcadağ Melanjı (Kkzm) içerisinde yer alan serpantinler killeşmiş bir yapıda olup geçirimsizdirler.

5.11. Geoteknik Projelendirme

Bu proje çalışmalarının amacı, Antalya Burdur Yolu Km 99+200’de meydana gelen Tekke Heyelanı’na kalıcı bir çözüm oluşturmaktır.

Söz konusu çözüm kapsamında, heyelanın oluş şekli ve mekanizması hakkında fikir sahibi olabilmek için sahaya gidilip yerinde incelemeler yapılmıştır. Heyelan sahası ile ilgili detaylı jeolojik ve jeoteknik etüt çalışmaları yaptırılmıştır. Bu çalışmalar ışığında yapılan deney ve varsayımlara göre belirlenen jeoteknik parametreler tasarımda kullanılmıştır. Mevcut şev ve yol durumu ile geçmiş görüntülere Google Earth programı vasıtası ile ulaşılmıştır. Bu görüntüler heyelanın oluş şekli ve ileride ne tür stabilite problemleri yaratabileceği ile ilgili faydalı fikirler vermiştir.

Yapılan değerlendirme ve hesaplar sonucunda mevcut Antalya-Burdur yolunun 99+200 kesiminde boyutu giderek artan bir heyelandan yolu korumak için en uygun çözüm fore-kazık uygulamasıdır. Fore-kazıklar projelendirilirken temel zemin mekaniği prensiplerinden faydalanılmıştır. Tasarım için PLAXIS programı kullanılmıştır. Fore-kazıkların betonarme tasarımı Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500) ve Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik dikkate alınarak kontrol edilmiş ve sonlandırılmıştır.

Ayrıca fore-kazıklara destek olması ve kazıkların üstüne gelebilecek olası yüklemelerin azaltılması için çeşitli tavsiye ve önerilere de yer verilmiştir.

5.12. Heyelan Sırasında Çevre Koşulları

Tekke Heyelanı, Burdur-Antalya Karayolu’nun KM: 99+200 kesiminde meydana gelmiştir. Saha gezisi sırasında alınan fotoğraflardan ve jeolojik kesitten de görüldüğü gibi yolun heyelan tarafındaki şev eğimi 30 derece civarındadır (Şekil 5.8). Hareket edip yaklaşık 1 m oturan dolgunun üst kısımlarında ise şev açıları 30 derecenin altındadır (Şekil 5.14 ve Şekil 5.15). Bu malzemeler jeoteknik bölümde sırasıyla yol dolgusu ve kolüvyon olarak adlandırılmışlardır. Hareket etmiş duvardan vadi tabanına doğru ise şev eğimleri 35 dereceye kadar çıkmaktadır. Bu malzeme Breş olarak tanımlanmıştır. Yolun diğer tarafında 40-45 derecelik eğime sahip kireç

taşlarından oluşmuş dik bir yamaç bulunmaktadır (Bkz Şekil 5.10 ve Şekil 5.15). Mevcut bu şev eğimleri sahadaki malzemenin yerindeki mukavemeti ile ilgili faydalı bilgiler vermektedir.

Heyelanlı kesimin Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'deki uydu görüntüleri heyelanın oluş şekli ve nedeni ile ilgili önemli fikirler vermektedir. 2003 senesine ait görüntüde (Şekil 5.11) yol 3 şeritli iken şevin yoldan vadi tabanına doğru olan 15-20 m'lik ilk kısmında o zamandan bir heyelanın yaşandığı ve dolguların kaydığı anlaşılmaktadır. 2006 senesine ait görüntüde (Şekil 5.12) ise kayan kesimin yaklaşık 30 derecelik eğime sahip bir dolgu ile tamir edildiği görülmektedir. 2010 senesine ait görüntüde (Şekil 5.13) ise tamir edilen bu dolgunun kaydığı anlaşılmaktadır. Şekil 5.15'de yapılan tahmini dolgunun sınırları kırmızı kesikli çizgiler ile gösterilmiştir. Görüntüler incelendiği zaman şevin aşağı kesiminde bulunan 2-3 metre yüksekliğindeki duvar 2003 senesinde yaşanan heyelanda stabilitesi bozulmaya başlamıştır. 2006 ve 2010'da alınan görüntüler karşılaştırıldığı zaman, dolgu ile dolgunun duvar tarafında hareketlendiği gözden kaçmayacaktır. Bütün bu bulgular heyelanın kayma mekanizmasının karışık (miks) kesit yüzeyince oluştuğunu düşündürmektedir.



Şekil 5.9. Heyelanlı kesimin şeve doğru olan görünümü



Şekil 5.10. Heyelanlı kesimde yolun diğer tarafındaki dik yamacın görünümü



Şekil 5.11. Heyelanlı kesimin 2003'de alınan uydu görüntüsü



Şekil 5.12. Heyelanlı kesimin 2006'da alınan uydu görüntüsü



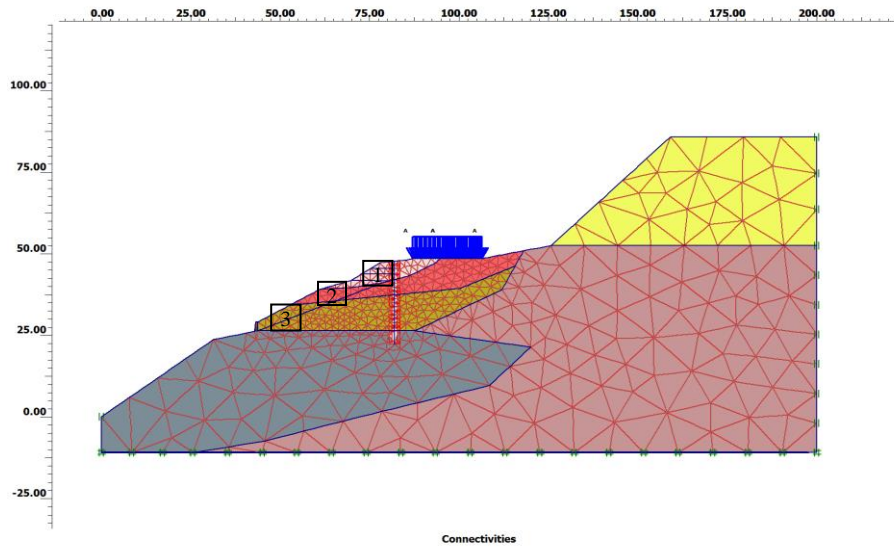
Şekil 5.13. Heyelanlı kesimin 2010'da alınan uydu görüntüsü



Şekil 5.14. Heyelanlı kesimin görünümü ve heyelan sonucu oluşan deformasyonlar

5.13. Geri Hesap Analizi

Tekke Heyelanına ait analizler bir sonlu eleman analiz programı olan PLAXIS ile yapılmıştır. Hazırlanan sonlu eleman modeli Şekil 5.15’de görülmektedir. Yol 10 kPa’lık düzgün yayılı yük ile temsil edilmektedir.



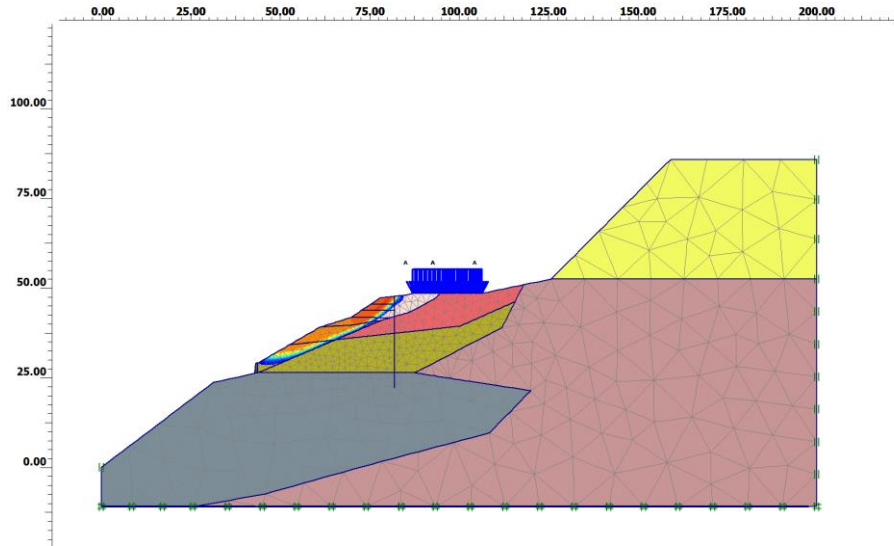
Şekil 5.15. Oluşturulan PLAXIS modeli (Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü)

Heyelan bölgesinde yapılan gözlemler ve elde edilen laboratuvar deney sonuçları doğrultusunda analizler yapılmış heyelanın kayma yüzeyinin modellenmesi ile kayma şekli ortaya çıkarılmıştır (Şekil 5.16). Şekil 5.17'den de görüldüğü gibi heyelan yaklaşık 60 m uzunluğundadır. Bu doğrultuda, büyüyen bir heyelandan yolu koruyabilmek için heyelan başlangıcının 15 m ilerisine ve gerisine başlık kirişi ile birbirine bağlanmış kazıklar yapılması uygulama açısından dikkate alınabilecek en kolay çözüm olmuştur. Kazık uygulaması kotu yapım esnasında belirlenmiştir.

Analizlerde kullanılan malzeme parametreleri Çizelge 5.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.4. Analize kullanılan malzeme parametreleri (Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü)

ID	Name	Type	γ_{unsat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	k_x [m/day]	k_y [m/day]	ν [-]	E_{ref} [kN/m ²]	C_{ref} [kN/m ²]	Φ (°)	Ψ (°)	E_{incr} [kN/m ³]	C_{incr} [kN/m ³]	γ_{ref} [m]	T- Strength [kN/m ²]	R_{inter} [-]
1	Yol Dolgusu	Dranied	19.0	19.0	0.0000	0.0000	0.30	35000.0	4.0	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60
2	Yol Dolgusu	Dranied	19.0	19.0	0.0000	0.0000	0.30	40000.0	4.0	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1E10	0.65
3	Koluvyon	Dranied	19.0	19.0	0.0000	0.0000	0.30	45000.0	4.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70
4	Bres	Dranied	22.0	22.0	0.0000	0.0000	0.30	2E5	100.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0.90
5	Melanj	Dranied	22.0	22.0	0.0000	0.0000	0.30	3E5	250.0	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50	0.90
6	Kireçtaşı	Dranied	22.0	22.0	0.0000	0.0000	0.30	4E5	350.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500	0.90
7	Duvar	Dranied	24.0	24.0	0.0000	0.0000	0.20	2.8E7	5E3	55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2000	1.00



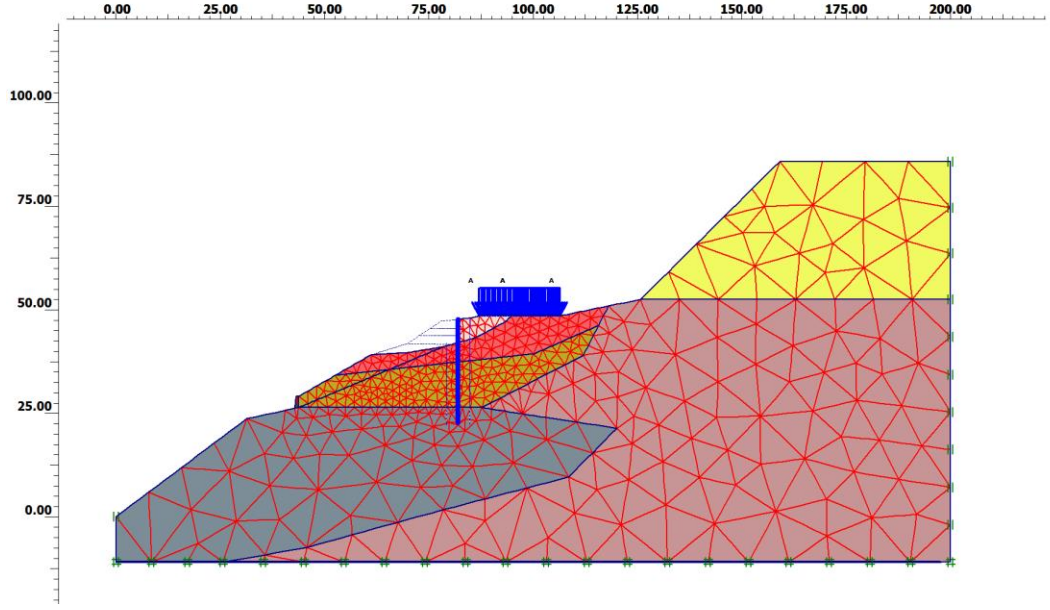
Şekil 5.16. Sahadaki mevcut malzeme parametreleri ile olası bir kayma durumu analizi



Şekil 5.17. Heyelanın boyutları

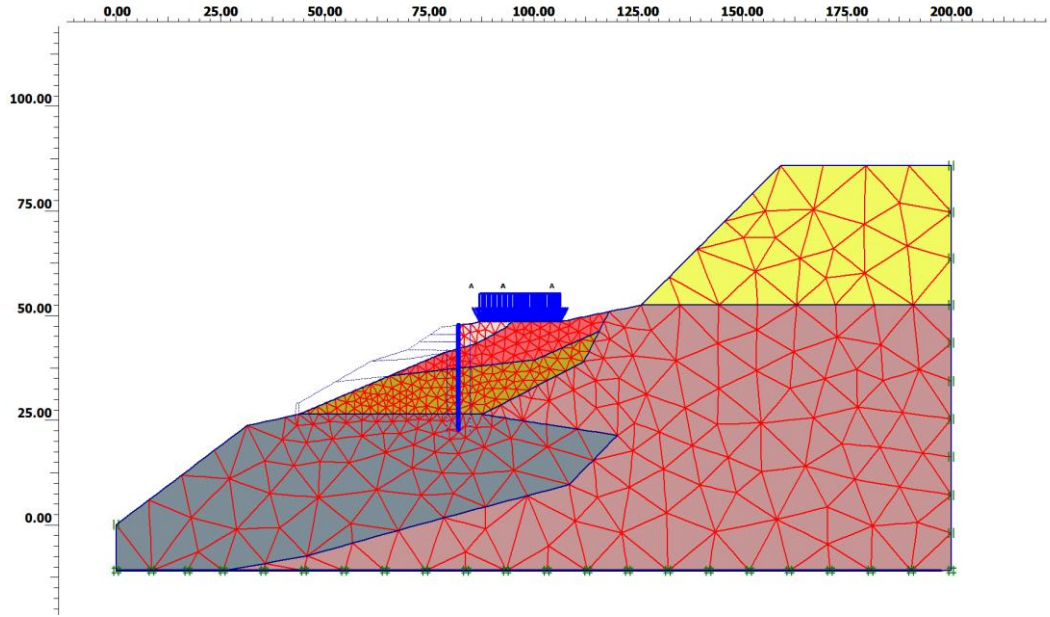
Kazıklar 80 cm çapında, merkezden merkeze uzaklıkları 1 m, toplam 25 m uzunluğunda ve tabandaki sağlam Breş katmanına 3 m soketlenecek şekilde tasarlanmışlardır. Kazıkların boyutlandırılmasında 3 yükleme şekli dikkate alınmıştır:

1. 2006 senesinde yapılan dolgunun tamamen kayarak pasif direncini yitirmesi durumu (Şekil 5.18)



Şekil 5.18. Birinci yükleme durumu

2. Şevin altındaki duvarın mukavemetini kaybederek yıkılması durumu (Şekil 5.19)



Şekil 5.19. İkinci yükleme durumu

3. Deprem durumu (yatay deprem ivmesi 0.2g alınarak)

5.14. Betonarme Hesapları

Analizler sonucunda elde edilen kesit tesiri değerleri ve tasarımda kullanılan değerler Çizelge 5.5’de verilmiştir. Tasarım değerleri 1. ve 2. durum için 1.6 katsayısı kullanılarak büyütülmüş ve tasarıma öyle gidilmiştir. Deprem durumu için ise değerler olduğu gibi kullanılmıştır.

Çizelge 5.5. Analiz sonuçları ve fore-kazık tasarımında kullanılan değerler

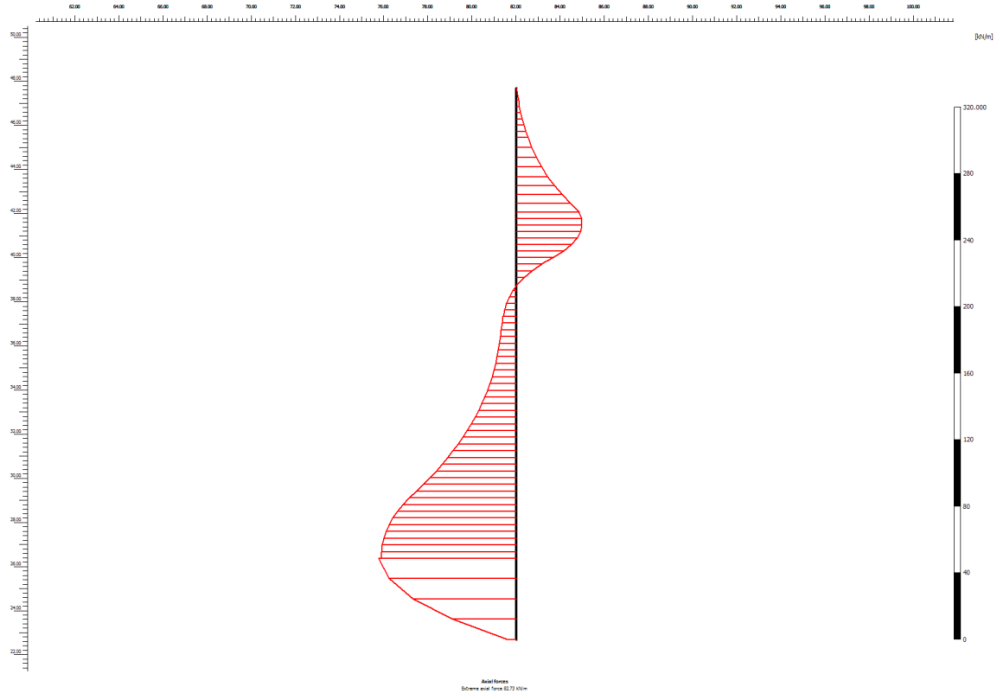
	Analiz Sonuçları		
	N (kN/m)	V(kN/m)	M (kN.m/m)
1. Durum	83	89	290
2. Durum	63	91	335
3. Durum	148	154	364

	Tasarımda Kullanılan Değerler		
	N (kN/m)	V(kN/m)	M (kN.m/m)
1. Durum	132,8	142,4	464
2. Durum	100,8	145,6	536
3. Durum	148	154	364

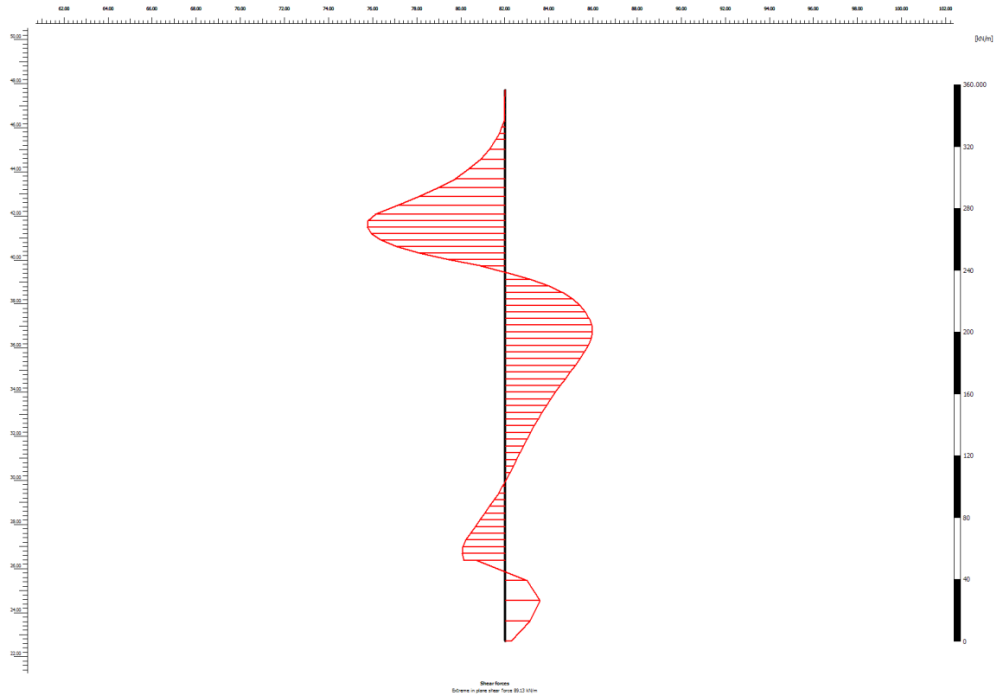
Fore-kazıkların betonarme tasarımı Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500) ve Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik dikkate alınarak Karayollar 13. Bölge Müdürlüğü’nce yapılmıştır.

PLAXIS programında yapılan analizler sonuçları aşağıdaki gibi olup 1. Durum ve 2. Durum için güvenli olmasının sağlanması amacıyla katsayı 1.6 kullanılarak tasarlanmış olup 3. Durum yani deprem durumu için değerler aynen kullanılmıştır.

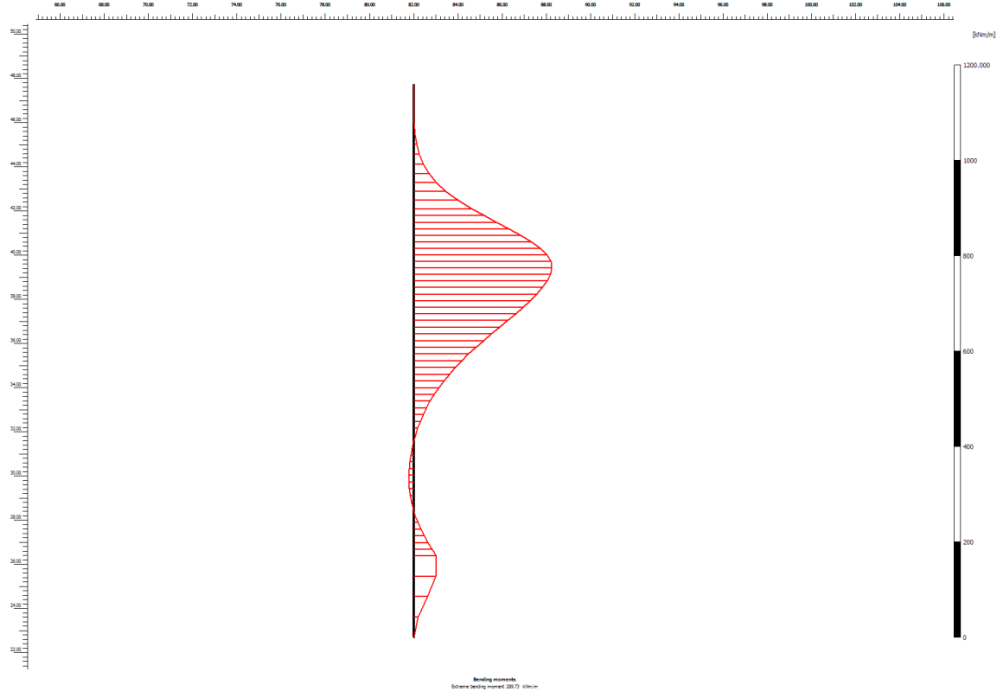
1. Durum için sonuçlar (Eksenel Kuvvet (N), Kesme Kuvveti (V), Moment (M) Diyagramları)



Eksenel Kuvvet Diyagramı

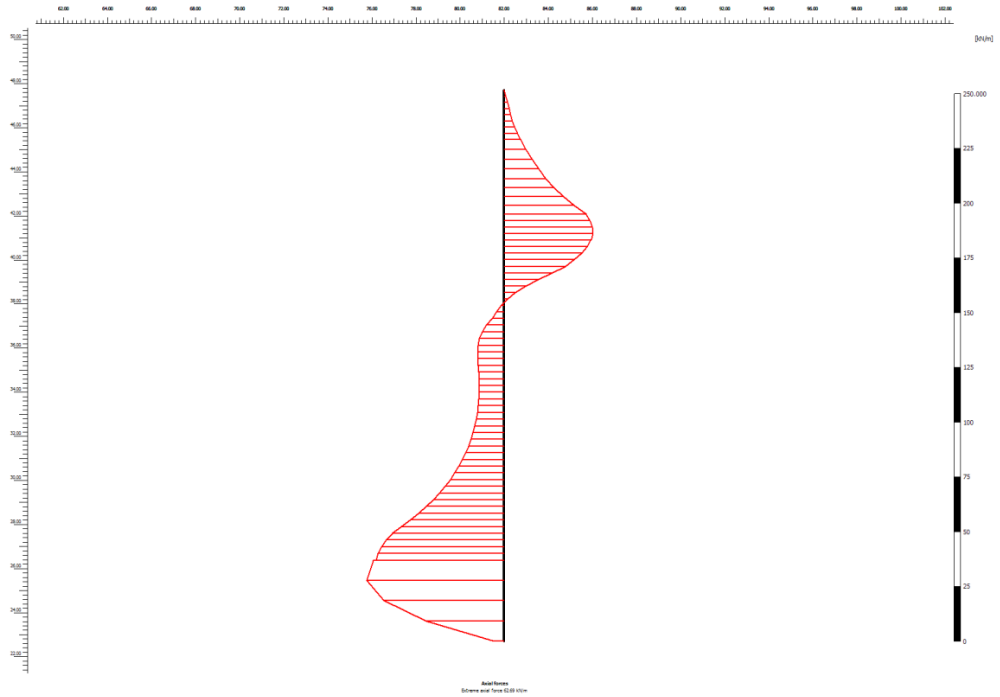


Kesme Kuvveti Diyagramı

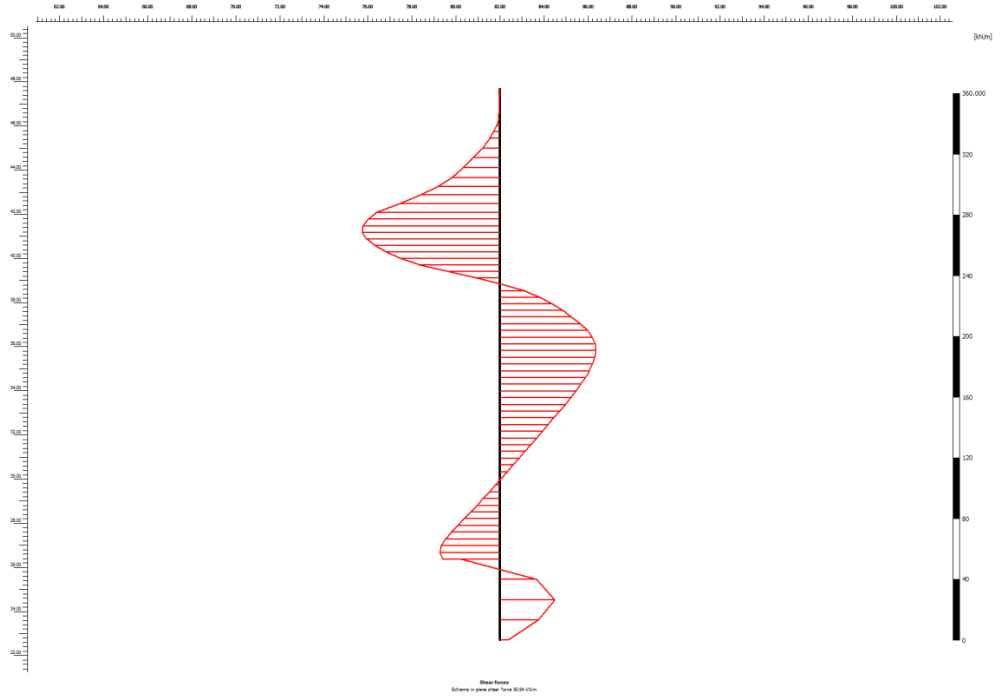


Moment Diyagramı

2. Durum için sonuçlar (Eksenel Kuvvet (N), Kesme Kuvveti (V), Moment (M) Diyagramları)



Eksenel Kuvvet Diyagramı



Kesme Kuvveti Diyagramı

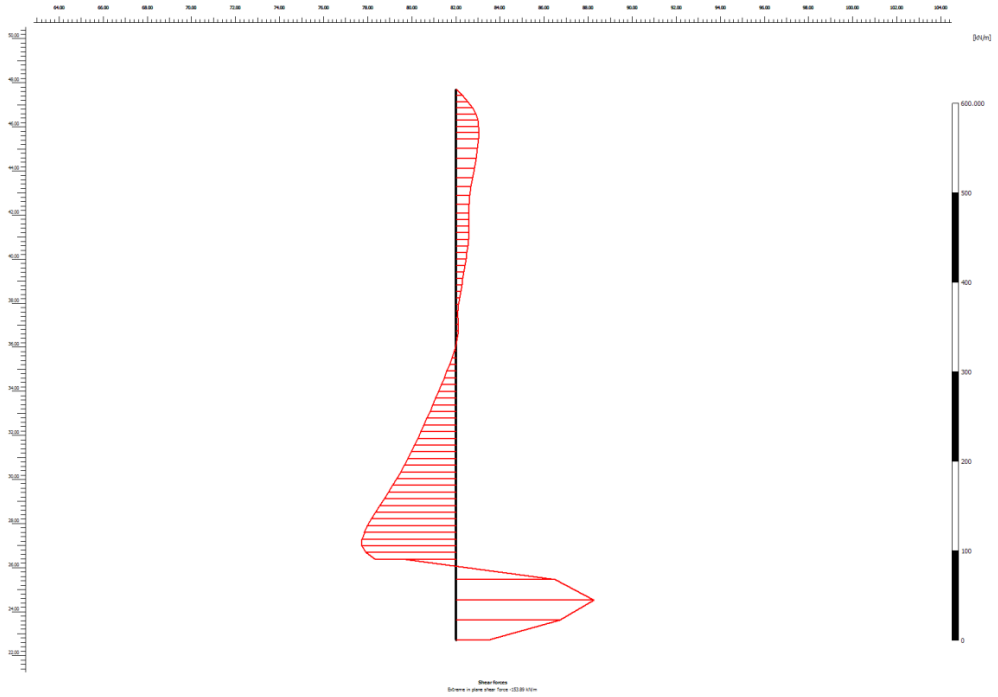


Moment Diyagramı

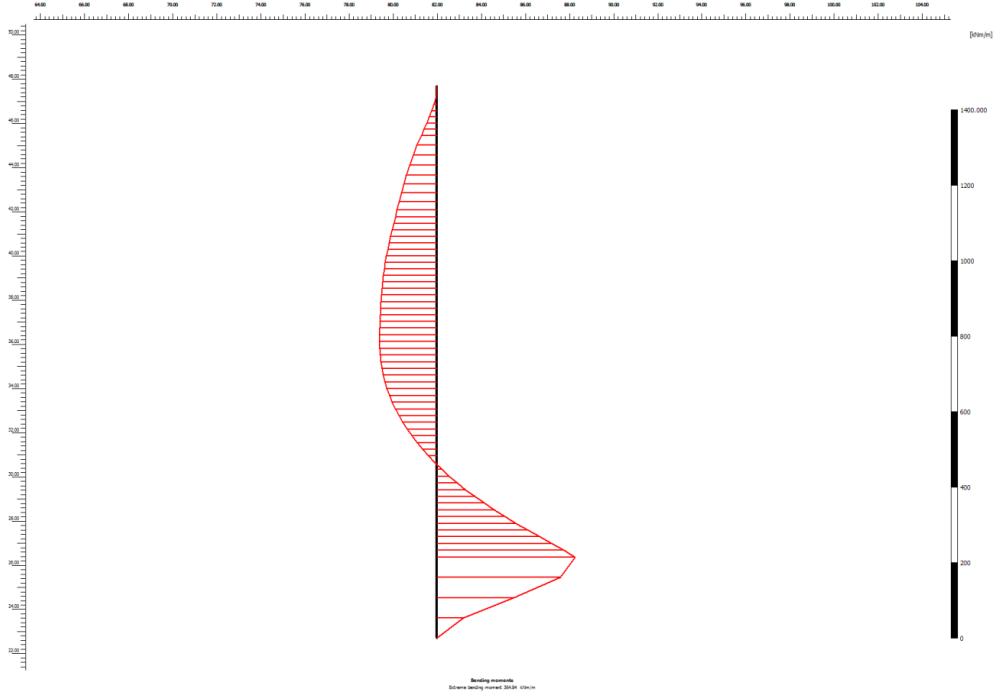
3. Durum (Deprem Durumu) için sonuçlar (Eksenel Kuvvet (N), Kesme Kuvveti (V), Moment (M) Diyagramları)



Eksenel Kuvvet Diyagramı



Kesme Kuvveti Diyagramı



Moment Diyagramı

Fore Kazık Betonarme Analiz Sonuçları (Heyelan Bölgesinde Uygulanan Fore Kazıkların ve Kirişlerin Mevcut Özellikleri)

KESME DONATISI HESABI

CALCULATIONS

Pile Diameter	800 mm
Clear Concrete Cover	75 mm
Concrete Class	C 20
Shear Reinforcement Steel Grade	S 420
Longitudinal Reinforcement	Φ 25
Shear Reinforcement	Φ 8
V_d (kN)	155

INPUT

V_{max} (kN)	1653.227
V_{cr} (kN)	390.7627

if $V_{max} < V_d$ increase pile diameter
 if $V_{cr} > V_d$ no need to calculate shear reinforcement, use minimum shear reinforcement and maximum steel spacing

s_{max}	143.4 mm
-----------	----------

check if $s_{max} < d/2$ and $s_{max} < d/4$ if $V_d > 3*V_{cr}$, use whichever SMALLER!!!...

$s_{calculated}$	143.4 mm	OUTPUT
------------------	----------	--------

USE 125 mm

SHEAR REINFORCEMENT DESIGN FOR PILES

Pile Diameter, d	800 mm
Clear Concrete Cover, c_c	75 mm
Concrete Class	C 20
Shear Reinforcement Steel Grade	S 420
Longitudinal Reinforcement	Φ 25
Shear Reinforcement	Φ 8
Design Shear Force, V_d (kN/pile)	155

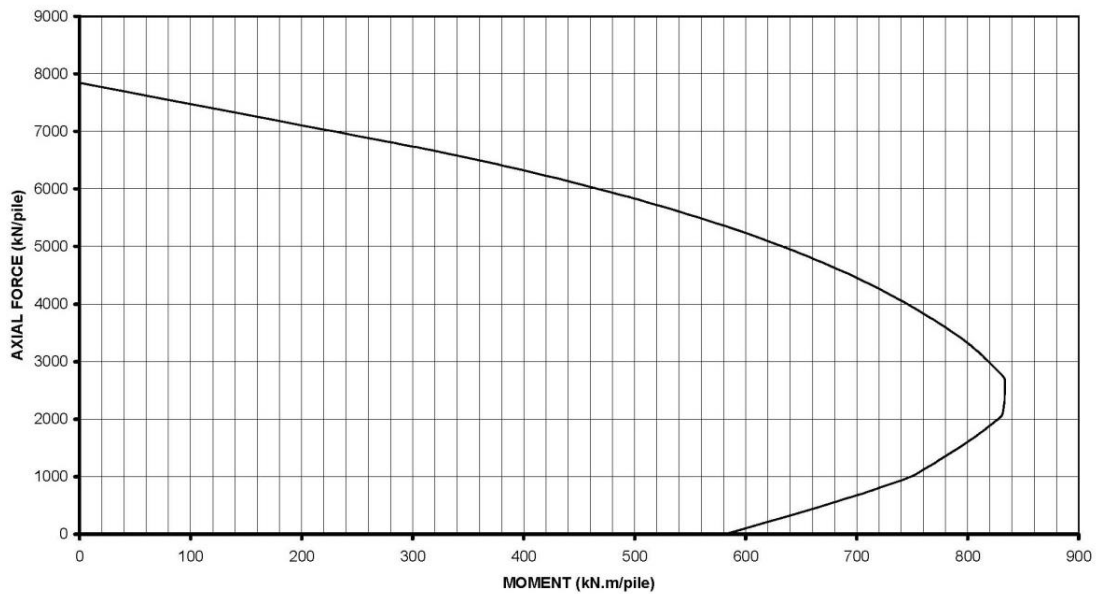
INPUT

USE Φ 8 / 125 AS SHEAR REINFORCEMENT

BOYUNA DONATI HESABI

MOMENT INTERACTION DIAGRAM FOR PILE REINFORCEMENT DESIGN			
pile diameter	= 800 mm	concrete grade	= C 20
Φ long. reinforcement	= 25 mm	Φ spiral	= 8 mm
# of reinforcement	= 12	clear concrete cover	= 75 mm
steel grade	= S 420		
steel ratio	= 0.0117	dist. from axis of long. reinf. to top conc. fiber	= 96 mm

INTERACTION DIAGRAM FOR CIRCULAR PILES $D= 800\text{mm}$ WITH 12 Φ 25



BAŞLIK KİRİŞİ HESABI

KAZIK BAŞLIK KİRİŞİ HESABI

Donatı Hesabı (TS 500)

Malzeme ; BS 20 , S 420

$f_{yd} = 365 \text{ MPa}$ $f_{ywd} = 365 \text{ MPa}$

$f_{ctd} = 13.33 \text{ MPa}$

$f_{ctd} = 1.07 \text{ MPa}$

Kiriş boyutları ;

$b_w = 1000 \text{ mm}$, $h = 1000 \text{ mm}$, paspayı = 75 mm , $d = 925 \text{ mm}$

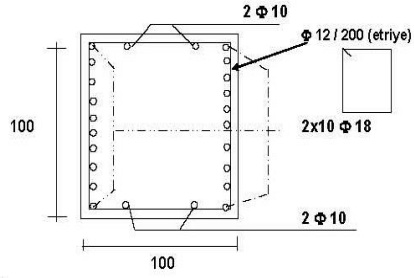
$$A_{s \min} = 0.8 f_{ctd} / f_{yd} \cdot b_w \cdot d = 2163.2 \text{ mm}^2 \longrightarrow 10 \Phi 18 \text{ (iç, dış)}$$

Malzeme ; BS 20 , S 420

$s = 200 \text{ mm}$ için

minimum etriye :

$$A_o = 0.30 / 2 \cdot b_w \cdot s \cdot f_{ctd} / f_{ywd} = 87.70 \text{ mm}^2 \longrightarrow \Phi 12 / 200 \text{ (etriye)}$$



6. SONUÇ

Geriye analiz yöntemi ile şev yenilmesi durumundaki koşulları belirlemek ve şev için uygun bir modelin ortaya konması işlemini gerçekleştirmekteyiz. Bu sayede, model oluşturulurken bilinen parametreleri girerek, bilinmeyenleri uygun bir aralıkta değerler verilerek, bilinmeyen bir parametreye karar verilmektedir.

Geri hesap yöntemi, göçmenin gerçekleştiği şevlerde iyileştirme projelerinin güvenilir ve ekonomik bir şekilde yapılmasına efektif bir şekilde katkı sağladığı ülkemizde de bilinen ve oluşan şev vakalarında kullanılan en etkili yöntemlerden birisidir. Yöntemin pratik ve güvenilir şekilde kullanıldığı PLAXİS programı da bu çalışma çerçevesinde başvurulan bir kaynak olmuştur. PLAXİS programı kendi bünyesinde oluşturabildiği geometrik modeli, gerçek konumuna uygun olarak doğru ve detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Antalya-Burdur yolu üzerinde Km 99+200'de meydana gelen Tekke Heyelanının incelenmesi ve karayolunun tekrar güvenli bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla Geri Hesap Yöntemi kullanılarak soruna güvenli bir yöntemle yaklaşmıştır. Bu doğrultuda bölge; jeolojik, depremsellik, jeoteknik v.b. çeşitli bakımlardan araştırılmıştır. Heyelan alanında belirlenen jeolojik birimler; Mevcut yol dolgusu (Qm), Kolüvyon (Qc), Rekristalize Kireçtaşları'nın oluşturduğu Dutdere Kireçtaşı (TRjd), Serpantinit, Kireçtaşı ve Konglomeraların oluşturduğu Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu (Kkzm)' dur. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na (1996) göre ise Tekke Heyelanı, 1. Derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Heyelan bölgesinde, mevcut kayma mekanizmasının incelenmesi amacıyla derinlikleri 20-34 m arasında değişen toplam 3 ayrı araştırma sondajı yapılmıştır. Yapılan sondajlardan alınan örneklerin laboratuvar ortamında incelenmesi ve bölgede yerinde yapılan incelemeler neticesinde heyelanın boyutlarının ve türünün belirlenmesiyle elde edilen veriler PLAXİS programında modellenmiştir. Bu modelleme de parametrelerin girilmesiyle birlikte oluşturulan heyelan modeli belli yüklemelere tabi tutulmuştur. Yüklemeler yapılırken 3 ayrı durum belirlenmiş ve bu durumlarla birlikte analiz yapılmıştır. Birinci durum için 2006 senesinde yapılan dolgunun

tamamen kayarak pasif direncini yitirmesi; İkinci durum olarak şevin altındaki duvarın mikavemetini kaybederek yıkılması durumu; Üçüncü durum için ise yatay deprem ivmesi 0.2g alınarak yapılmış olan yüklemelerdir. Analizler sonucunda 1. Ve 2. Durumlar için N, V, M değerleri birbirine yakın değerler olup 3. Durum için oldukça yüksek sonuç ortaya çıktığı görülmektedir. Bunun sebebi ise olası deprem durumunun yaratacağı büyük gerilmelerden kaynaklıdır. Elde edilen bu sonuçlara göre tasarım aşamasında değerler; 1. Ve 2. Durumlar için 1.6 katsayısı ile çarpılarak elde edilmiş, 3. Durum (Deprem durumu) için ise aynen kullanılmıştır. Bütün bu standartlar, Fore-kazıkların betonarme tasarımı Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500) ve Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik dikkate alınarak yapılmıştır.

Heyelanın tam olarak Km 99+175-99+235 arasında bulunduğu, Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü ile birlikte yürütülen çalışmalar sonucu ortaya konmuştur. Derin temel kazıları sırasında çevre yol ve yapılara zarar vermemek için, şevleri destekleme yöntemlerinden birisi de Fore kazık sistemidir. Kazı derinliğine, zemin şartlarına ve sürşarj (çevresel) yüklerine bağlı olarak seçilen fore kazık sistemi yüksek güvenlik gerektiren durumlarda tercih sebebi olmakla birlikte ekonomik çözümler sunmaktadır. Bu doğrultuda bölgede meydana gelen heyelanın önlenmesi için kazık uygulaması projelendirilmiş olup kazıklar; 80 cm çapında, merkezden merkeze uzaklıkları 1 m, toplam 25 m uzunluğunda ve tabandaki sağlam Breş kayacına 3 m soketlenecek şekilde tasarlanmışlardır. Kazık uygulaması heyelan başlangıcının 15 m ilerisine ve gerisine ‘başlık kirişi ile birbirine bağlanmış kazıklar’ şeklinde yapılması uygun görülmüştür. Kazıkların uygulama kotu yapım esnasında belirlenmiştir. Ayrıca kazıklarda kullanılan Beton C20, Çelik ise S420 sınıfı kullanılmış olup uygulamada ϕ 25’lik demirler, etriyelerde ϕ 8’lik demirler kullanılmış ve paspayı 75 mm bırakılmıştır. Kiriş yapımında da kullanılan beton C20, çelik S420 sınıfından olup paspayı 75mm bırakılmıştır. Kiriş donatılarında ϕ 25’lik demir kullanılmış ve etriyeler yine ϕ 8 olarak belirlenmiştir. Kiriş kesiti için 1000x1000 mm’lik ölçüler uygun görülmüştür.

Bozulmuş şevin sağlamlaştırılmasına yönelik Fore Kazık uygulamaları yapılması ile birlikte heyelanların oluşumunda hızlandırıcı rol oynayan su faktörü için de bir önlem düşünülmüştür. Mevcut heyelanlı bölgenin etrafı uygun şekilde drene edilerek

ve heyelanlı kısımda şevin altına su girişlerine izin verilmeyerek heyelanın tekrarlanmaması yönünde gerekli tedbirler alınmıştır.

Bu çalışma sonucunda ülkemizin gerek engebeli topografik yapısı, gerekse deprem kuşağında yer alması sebebiyle özellikle yol inşaatlarında heyelanların önlenmesi konusunda önceden alınması gereken tedbirlerin önemi bir defa daha ortaya çıkmıştır. Bölgenin yeri ve durumuna göre heyelana neden olan etmenler tek tek araştırılıp hangi sebeplerden kaynaklandığı (eğim, yağış, toprak türü, yer çekimi, çeşitli doğal afetler, çeşitli inşaat faaliyetleri v.b.) iyi belirlenmeli ve önlenmesi, tekrarlanmaması yönünde doğru çalışmalar yapılmalıdır. Arazide ve laboratuvarında yapılan deneyler bölgenin sınırlı kısmını teslim ederken, geri hesap yöntemi ile yapılan incelemeler bölgenin kesme dayanımı bilgilerine daha kesin bilgilerle ulaşmamızı sağlamakta olup bu tür olası durumlarda geoteknik verilerden hareket edilerek uygulanan geri hesap yönteminin kullanıldığı PLAXİS (Sonlu Elemanlar Yöntemi) programının kullanılmasıyla, kayan şevlerin iyileştirilmesinin kısa zamanda gerçekleştirilebileceği ortaya konulmuştur.

7. KAYNAKLAR

- AASHTO, 2002. Standart Specifications for Highway Bridges, 17th Edition.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,1998. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı,Ankara.<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.11445&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>
- Akçakal, Ö., 2009. Şev Stabilitesi Analizinde Geri Hesap Yöntemi ve Bir Vaka Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s, İstanbul
- Ansal,A. M., Siyahi, B.G., 1994. Microzonation for Landslides During Earthquakes, Proc. 2nd International Conf. on Earthquake Resistant Construction and Design, 15-17 June 1994, pp.151-157, Berlin.
- Ansal, A. M., Yıldırım, H., 1985. Killerin Tekrarlı Yükler Altında Kayma Mukavemeti. Hacettepe Üniversitesi, II. Ulusal Kil Sempozyumu, 329-34s, Ankara.
- Arslan, MH, Olgun, M, Koroglu, MA, Erkan, IH, Koken, A, TAN Ö, 2013. Kütahya - Simav Earthquake And Evaluation Of Existing Sample Rc Buildings According to the TEC-2007 Criteria", Natural Hazards And Earth System Sciences 13 Issue: 2 Pages: 505-522 DOI: 10.5194/nhess-13-505-2013
- Artusa, 2014. Artusa İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. <http://www.artusa.com.tr/haberler.php>
- Bromhead, E. N. 1986. The Stability Of Slopes. Surrey University Press, London.
- Coduto, D.P., 2006. Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Çamlıbel, A.N., 1982. Yamaç Stabilitesinin Düşey Kazıklarla İyileştirilmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İstanbul.
- Das, B.M., 1994. Principles of Geotechnical Engineering, PWS Publishing Company, USA.
- Duncan, J.M. and Wright, S.G., 2005. Zemin Şevlerinin Duraylılığı, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Durgunoğlu, H. T., Kulaç F., Karadayılar T. ve Baştürk, G., 1990. Stabiltede Zemin Davranışından Geri Hesap Yöntemi: Buğrular Etüdü, İstanbul.
- Goodman, R.E., Bray, J.W., 1976. Toppling of Rock Slopes. Proc. Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations And Slopes. ASCE .2, pp. 201-234, Boulder, Colorado.


- Greenwood, J.H., Voskamp, W., 1996. "Predicting the Long Term Strength of a Geogrid Using the Stepped Isothermal Method", 12s.
- Hunag, Y.H., 1983. Stability Analysis of Earth Slopes, University of Kentucky, Kentucky.
- Janbu, N., 1954. Application Of Composite Slip Surface For Stability Analysis. European Conf. On Stability Of Earth Slopes, 3, pp 43-49, Stockholm.
- Janbu, N., 1973. Slope Stability Computations. Embankment and Dam Engineering, Cassagrande Memorial Volume, Wiley, 47-86, New York.
- Kara, H.B., 2010. Zemin Mekaniği II Ders Notları. Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı. Kayseri.
- Karikari, Y.O. and Agyei, Y.G., 2000. stability Of Slopes Over Colluvium: Investigation, Analysis And Stabilisation. In proceedings, Conference On Geotechnical Engineering GeoEng2000, Melbourne, 19-24 November, Australia.
- Keleşoğlu, K., 2012. Geoteknik Kurs Şevlerin Analizi ve İyileştirme Teknikleri. Erişim Tarihi:02.02.2014.http://www.istanbul.edu.tr/muh/insaat/yonetim/uploads/IM_O_geoteknik_kursu_kelesoglu_sev_stabilitesi.pdf
- Keskin, M.Ö., 2008. Çukurova Yöresi Kuvarsit İşletmelerinde Bilgisayar Destekli Şev Dizaynı ve Şev Stabilite Analizleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 256s, Adana
- Maden Teknik Arama, 100 000'lik Antalya Jeoloji Haritası. <http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed/index.php?id=100cd>
- Matsui, T., Bahr, M.A., 1991. Deradation Of Saturated Clays After Cyclic Loading, Proc. 2. Int. Conf. On Recent Advances İn Geotechnical Earthquake Engrg And Soil Dynamics, St Louis, Missouri, 1-1, 1-8, 41-45, USA.
- Mc Carthy D. F., 2010. Zemin Mekaniğinin Esasları ve Temeller. OYTEV - Orhan Yavuz Teknik Eğitim Vakfı, 850s, İstanbul.
- Olgun, M., Acar., 2009. Deprem Kuvvetleri Etkisi Altındaki Şevlerin Stabilitelerini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi 24., 2. Konya.
- Önalp, A. ve Arel, E., 2004. Geoteknik Bilgisi II Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Özay, R., 2002. Örselenmemiş Killi Zeminlerin Statik Mukavemetine Deprem Yüklerinin Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İstanbul.
- Özay, R., Erken, A., 2003. Killerde Plastisitenin Kayma Gerilmesi Oranına Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, Mühendislik, 2, 1, s. 55-63, İstanbul.

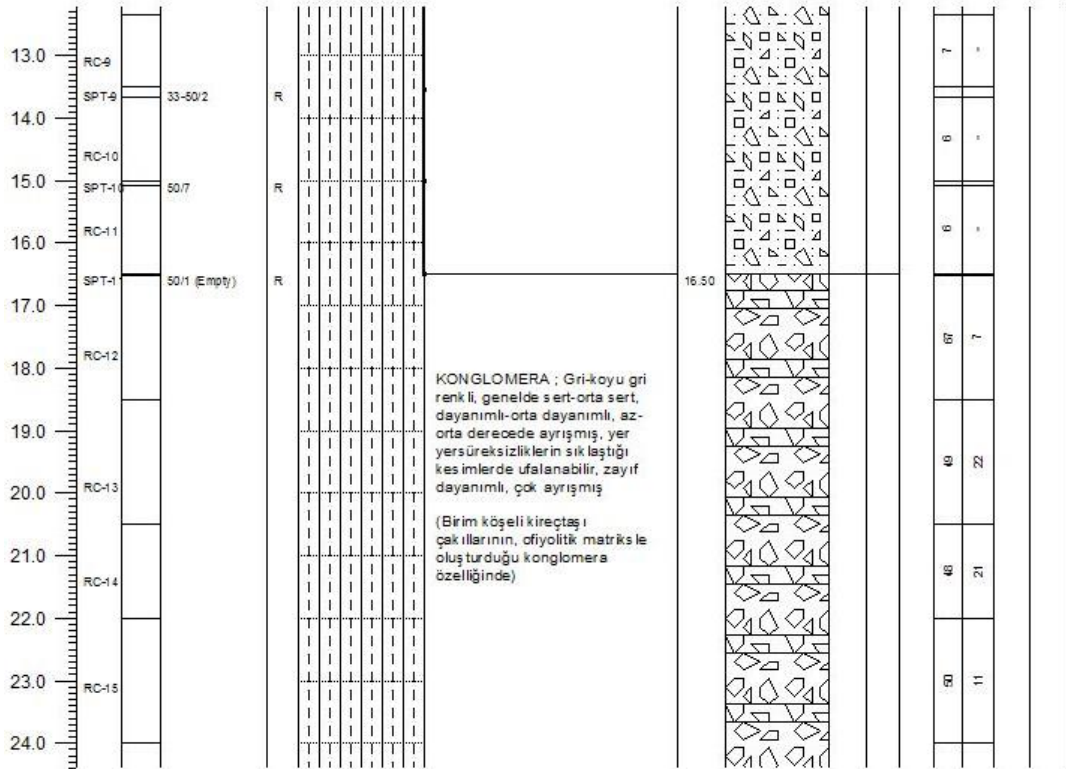
- Özmen, B., Nurlu, M., Kuterdem, K. ve Temiz, A., 2004. Afet Yönetimi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Kocaeli Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.
- Özsoy, C., 1998. Kohezyonlu ve Kohezyonsuz Zeminlerde Şev Stabilitesi ve Uygulama Yöntemleri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 75s, Kütahya
- Öztürk, K., 2002. Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, 2, Ankara.
- Sassa, K., Fukuoka, H., Wang, F.W. and Wang, G., 2005. Landslides, Risk Analysis and Sustainable Disaster Management, Springer.
- Seed, H.B., Chan, C.K., 1966. Clay strength under Earthquake Loading Conditions, Proc. Amer. Soc. Civil Eng. 92, SM2, pp. 53-78.
- Skempton, A.W., 1964. Long Term Stability Of Clay Slopes. Geotechnique, 14, pp 77.101.
- Popescu, M.E. and Sasahara, K., 2009. Landslides-Disaster Risk Reduction, Springer, Berlin Heidelberg.
- Tan, Ö., 2013. Şevlerde Geoteknik İnceleme. Tekke ve Heyelan Sempozyumu, 24-26 Ekim, Trabzon.
- Tekin, A., 2011. Sonlu Elemanlar ve Limit Denge Yöntemleri İle Şev Stabilitesi Analizi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Toker Sondaj ve İnşaat Şti., 2005. Çeltikçi- Burdur- Keçiborlu Ayr. Yolu, Jeolojik- Jeoteknik Araştırma Raporu, Burdur.
- Ulusay R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Başkanlığı Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 38s.
- Vardar M., Demiroğlu M., Koçak C., Şans G., 2012. Yol Mühendisliğinde Yamaç Ve Şevlerin Stabilitesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Notları, İstanbul.
- Varnes, D. J, 1978. Landslides, Analysis and Control, Special Report 176, pp20-47, R. L. Scuster and R. J. Krizek, Ed., Transportation Research Board, Highway Research Council.
- Yavuz V. S., 2012. Şev Stabilitesi Problemlerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İki ve Üç Boyutlu Analizi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- Yılmaz G., Özsoy E.A., 2003. Bozüyük, Yediler Yerleşim Alanı Kaymasının Stabilitate Analizi. Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi C.18, S.2, Eskişehir.

- Yu H., Salgado R., Sloan W. and Kim J., 1998. Limit Analysis Versus Equilibrium For Slope Stability. J. Geotech. Geoenviron. Eng. ASCE 124-1.1–11.
- Zanbak, C., 1973. Kaya Şevlerinin Stabilitesi ve Stereografik İzdüşüm Yöntemi İle Stabilite Analizi. Maden Mühendisleri Odası Dergisi. 1973, 12-3, 1-13s, Ankara.

EKLER

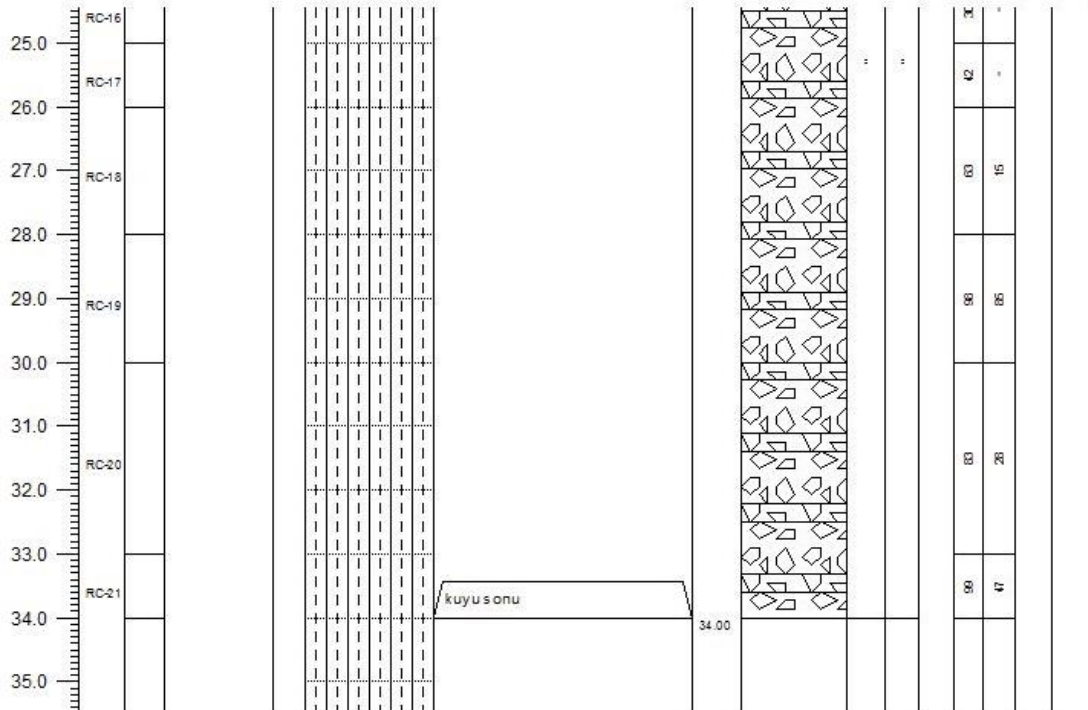
EK A. Sondaj Logları

 Müh.Müş.ve İnş.Ltd.Şti. SONDAJ LOGU / BORING LOG		SONDAJ NO : SK-5 Borehole No	SAYFA Page 2 / 3																																																																																																								
PROJE ADI/Project Name : Antalya-Burdur Yolu Kurna Varyantı Heyelan		DELİK ÇAP/Hole Diameter :																																																																																																									
SONDAJ YERİ/Boring Location :		YERALTI SUYU/Groundwater :																																																																																																									
KİLOMETRE/Chainage :		MUH.BOR.DER./Casing Depth :																																																																																																									
SONDAJ DER./Boring Depth : 34.0 m		BAŞ.-BIT.TARİHİ/Start-Finish Date : 16.07.2011 -- 20.07.2011																																																																																																									
SONDAJ KOTU/Elevation :		KOORDİNAT/Coordinate(Northing) :																																																																																																									
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met. : 40-C-Rotary		KOORDİNAT/Coordinate(Easting) :																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">DAYANIMLILIK/Strength</th> <th colspan="2">AYRILMA/Weathering</th> <th colspan="2">İNCE DANELİ/Fine Grained</th> <th colspan="2">İRİ DANELİ/Coarse Grained</th> </tr> <tr> <td>I. ÇOK DAYANIMLI</td> <td>Strong</td> <td>I. AÇIK</td> <td>Fresh</td> <td>N: 0-2</td> <td>ÇOK YUMUŞAK</td> <td>Very Soft</td> <td>N: 0-4</td> <td>ÇOK GEVİRK</td> <td>Very Loose</td> </tr> <tr> <td>II. DAYANIMLI</td> <td>M.Strong</td> <td>II. AZ AYRILMIŞ</td> <td>Slightly W.</td> <td>N: 2-4</td> <td>YUMUŞAK</td> <td>Soft</td> <td>N: 5-10</td> <td>GEVİRK</td> <td>Loose</td> </tr> <tr> <td>III. ZİHA</td> <td>M.Weak</td> <td>III. ZİHA D. AYRIL</td> <td>Mod. Weath.</td> <td>N: 5-8</td> <td>ÇOKLA KATI</td> <td>Moderately Stiff</td> <td>N: 11-20</td> <td>ÇOKLA SIK</td> <td>Moderately Dense</td> </tr> <tr> <td>IV. ZATIF</td> <td>Weak</td> <td>IV. ÇOK AYRIL</td> <td>Highly W.</td> <td>N: 9-15</td> <td>KATI</td> <td>Very Stiff</td> <td>N: 21-30</td> <td>SIK</td> <td>Dense</td> </tr> <tr> <td>V. ÇOK ZATIF</td> <td>V.Weak</td> <td>V. YUMUŞAK AYRIL</td> <td>Comp. W.</td> <td>N: 16-20</td> <td>ÇOK KATI</td> <td>Hard</td> <td>N: 31-40</td> <td>SIK</td> <td>Very Dense</td> </tr> </table>		DAYANIMLILIK/Strength		AYRILMA/Weathering		İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained		I. ÇOK DAYANIMLI	Strong	I. AÇIK	Fresh	N: 0-2	ÇOK YUMUŞAK	Very Soft	N: 0-4	ÇOK GEVİRK	Very Loose	II. DAYANIMLI	M.Strong	II. AZ AYRILMIŞ	Slightly W.	N: 2-4	YUMUŞAK	Soft	N: 5-10	GEVİRK	Loose	III. ZİHA	M.Weak	III. ZİHA D. AYRIL	Mod. Weath.	N: 5-8	ÇOKLA KATI	Moderately Stiff	N: 11-20	ÇOKLA SIK	Moderately Dense	IV. ZATIF	Weak	IV. ÇOK AYRIL	Highly W.	N: 9-15	KATI	Very Stiff	N: 21-30	SIK	Dense	V. ÇOK ZATIF	V.Weak	V. YUMUŞAK AYRIL	Comp. W.	N: 16-20	ÇOK KATI	Hard	N: 31-40	SIK	Very Dense	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">KAYA KALİTESİ TANIMIR/QD</th> <th colspan="2">KIRIKLAR-30 cm/Fractures</th> <th colspan="2">ORANLAR/Proportions</th> </tr> <tr> <td>% 5-25</td> <td>ÇOK ZATIF</td> <td>1</td> <td>Seyrek</td> <td>Wide (W)</td> <td>% 5</td> <td>1'ık Az</td> <td>Slightly</td> </tr> <tr> <td>% 25-50</td> <td>ZATIF</td> <td>1-2</td> <td>ÇOKLA</td> <td>Moderate (M)</td> <td>% 5-15</td> <td>Az</td> <td>Little</td> </tr> <tr> <td>% 50-75</td> <td>ÇOKLA</td> <td>2-10</td> <td>SİK</td> <td>Close (C)</td> <td>% 15-25</td> <td>ÇOK</td> <td>Very</td> </tr> <tr> <td>% 75-90</td> <td>İYİ</td> <td>10-20</td> <td>ÇOK SIK</td> <td>Intense (I)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% 90-100</td> <td>ÇOK İYİ</td> <td>>20</td> <td>FAZLA</td> <td>Crushed (CR)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		KAYA KALİTESİ TANIMIR/QD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures		ORANLAR/Proportions		% 5-25	ÇOK ZATIF	1	Seyrek	Wide (W)	% 5	1'ık Az	Slightly	% 25-50	ZATIF	1-2	ÇOKLA	Moderate (M)	% 5-15	Az	Little	% 50-75	ÇOKLA	2-10	SİK	Close (C)	% 15-25	ÇOK	Very	% 75-90	İYİ	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)				% 90-100	ÇOK İYİ	>20	FAZLA	Crushed (CR)			
DAYANIMLILIK/Strength		AYRILMA/Weathering		İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained																																																																																																					
I. ÇOK DAYANIMLI	Strong	I. AÇIK	Fresh	N: 0-2	ÇOK YUMUŞAK	Very Soft	N: 0-4	ÇOK GEVİRK	Very Loose																																																																																																		
II. DAYANIMLI	M.Strong	II. AZ AYRILMIŞ	Slightly W.	N: 2-4	YUMUŞAK	Soft	N: 5-10	GEVİRK	Loose																																																																																																		
III. ZİHA	M.Weak	III. ZİHA D. AYRIL	Mod. Weath.	N: 5-8	ÇOKLA KATI	Moderately Stiff	N: 11-20	ÇOKLA SIK	Moderately Dense																																																																																																		
IV. ZATIF	Weak	IV. ÇOK AYRIL	Highly W.	N: 9-15	KATI	Very Stiff	N: 21-30	SIK	Dense																																																																																																		
V. ÇOK ZATIF	V.Weak	V. YUMUŞAK AYRIL	Comp. W.	N: 16-20	ÇOK KATI	Hard	N: 31-40	SIK	Very Dense																																																																																																		
KAYA KALİTESİ TANIMIR/QD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures		ORANLAR/Proportions																																																																																																							
% 5-25	ÇOK ZATIF	1	Seyrek	Wide (W)	% 5	1'ık Az	Slightly																																																																																																				
% 25-50	ZATIF	1-2	ÇOKLA	Moderate (M)	% 5-15	Az	Little																																																																																																				
% 50-75	ÇOKLA	2-10	SİK	Close (C)	% 15-25	ÇOK	Very																																																																																																				
% 75-90	İYİ	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)																																																																																																							
% 90-100	ÇOK İYİ	>20	FAZLA	Crushed (CR)																																																																																																							
<table border="1"> <tr> <td>SPT</td> <td>STANDART PENETRASYON DENEYİ</td> <td>U</td> <td>ÇİZİLENMİŞ NUMUNE</td> <td>V</td> <td>PROBİYONLU DENEYİ</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Standard Penetration Test</td> <td></td> <td>Undisturbed Sample</td> <td></td> <td>Triaxial Test</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>ÇİZİLENMİŞ NUMUNE</td> <td>K</td> <td>KARU NUMUNESİ</td> <td>VS</td> <td>VEYN DENEYİ</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Disturbed Sample</td> <td></td> <td>Core Sample</td> <td></td> <td>Vane Shear Test</td> </tr> </table>		SPT	STANDART PENETRASYON DENEYİ	U	ÇİZİLENMİŞ NUMUNE	V	PROBİYONLU DENEYİ		Standard Penetration Test		Undisturbed Sample		Triaxial Test	U	ÇİZİLENMİŞ NUMUNE	K	KARU NUMUNESİ	VS	VEYN DENEYİ		Disturbed Sample		Core Sample		Vane Shear Test	<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">BORU DERİNLİĞİ Boring Depth (m)</th> <th rowspan="2">SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)</th> <th rowspan="2">NUMUNE ÇİNSİ Sample Type</th> <th rowspan="2">MANEVRA BOYU FH</th> <th colspan="3">STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test</th> <th rowspan="2">DARBE SAYISI Numb. of Blows</th> <th rowspan="2">GRAFİK Graph</th> <th rowspan="2">JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description</th> <th rowspan="2">DERİNLİK (m)</th> <th rowspan="2">PROFİL Profile</th> <th rowspan="2">DAYANIMLILIK/Strength</th> <th rowspan="2">AYRILMA/Weathering</th> <th rowspan="2">KIRIKLAR (cm)</th> <th rowspan="2">KAROT % (TC/BT) Core R.</th> <th rowspan="2">ROD %</th> <th rowspan="2">KAROT % (ÇB/YS) Core R.</th> <th rowspan="2">ÖRNEK NO./Sample No.</th> </tr> <tr> <td>0 - 15 cm.</td> <td>15 - 30 cm.</td> <td>30 - 45 cm.</td> <td>N</td> <td>10 20 30 40 50 60</td> </tr> </table>		BORU DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU FH	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test			DARBE SAYISI Numb. of Blows	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK (m)	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRILMA/Weathering	KIRIKLAR (cm)	KAROT % (TC/BT) Core R.	ROD %	KAROT % (ÇB/YS) Core R.	ÖRNEK NO./Sample No.	0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	10 20 30 40 50 60																																																								
SPT	STANDART PENETRASYON DENEYİ	U	ÇİZİLENMİŞ NUMUNE	V	PROBİYONLU DENEYİ																																																																																																						
	Standard Penetration Test		Undisturbed Sample		Triaxial Test																																																																																																						
U	ÇİZİLENMİŞ NUMUNE	K	KARU NUMUNESİ	VS	VEYN DENEYİ																																																																																																						
	Disturbed Sample		Core Sample		Vane Shear Test																																																																																																						
BORU DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU FH	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test			DARBE SAYISI Numb. of Blows	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK (m)	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRILMA/Weathering	KIRIKLAR (cm)	KAROT % (TC/BT) Core R.	ROD %	KAROT % (ÇB/YS) Core R.	ÖRNEK NO./Sample No.																																																																																									
				0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.													N	10 20 30 40 50 60																																																																																							



SONDÖR / Driller	SONDAJ MÜHENDİSİ / Drilling Engineer	TARİH / Date	İMZA / Sign
Ibrahim Kartal	Gökhan KOÇAK	20.07.2011	

PROJE ADI/Project Name : Antalya-Burdur Yolu Kurna Varyantı Heyelanı		DELİK ÇAP/Hole Diameter :													
SONDAJ YERİ/Boring Location :		YERALTI SUYU/Groundwater : -													
KILOMETRE/Chainage :		MUH.BOR.DER./Casing Depth : -													
SONDAJ DER./Boring Depth : 34.0 m		BAŞ.-BIT.TARİHİ/Start-Finish Date : 16.07.2011 -- 20.07.2011													
SONDAJ KOTU/Elevation :		KOORDİNAT/Coordinate(Northing) :													
SON. MAK.&YONT./D.Rig & Met. : 40-C-Rotary		KOORDİNAT/Coordinate(Easting) :													
DAYANIMLILIK/strength		AYRIŞMA/Veathering													
I ÇDK DAYANIRLI Strong II DAYANIRLI M.Strong III ÇHİA M.Weak IV ZATIF Weak V ÇDK ZATIF V.Weak		I FAZ Fresh II AZ AYRISMA Slightly W. III ÇHİA U. AYIL Mod. Weath. IV ÇDK AYIL Highly W. V YUMUŞUL AYIL Comp. W.													
KAYA KALİTESİ TANIM/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures													
% 0-25 ÇDK ZATIF Very Poor % 25-50 ZATIF Poor % 50-75 ÇHİA Fair % 75-90 İYİ Good % 90-100 ÇDK İYİ Excellent		1 SİYİRK Wide (W) 1-2 ÇHİA Moderate (M) 2-10 SIK Close (C) 10-20 ÇDK SIK Intense (I) 20+ PARÇALI Crushed (CR)													
		İNCE DANELİ/Fine Grained													
		N : 0-2 ÇDK YUMUŞAK Very Soft N : 2-4 YUMUŞAK Soft N : 5-8 ÇHİA KATIL Moderately Soft N : 9-15 KATIL Very Soft N : 16-20 ÇDK KATIL Soft N : 21-30 SIKIL Hard													
		İRİ DANELİ/Coarse Grained													
		N : 0-4 ÇDK ÇEVİRK Very Loose N : 5-10 ÇEVİRK Loose N : 11-20 ÇHİA SIKIL Moderately Dense N : 21-30 SIKIL Dense N : 31-50 ÇDK SIKIL Very Dense													
		ORANLAR/Proportions													
		% 5 İYİ AZ Slightly % 5-15 AZ Little % 15-25 ÇDK Very													
		% 5 İYİ AZ Slightly % 5-20 AZ Little % 20-5 ÇDK Very													
SPT STANDART PENETRASYON TESTİ Standard Penetration Test U GİZELENMİŞ NUMUNE Undisturbed Sample K KARIŞI NUMUNE Core Sample		P İYİLENDİRİLEBİLİR DENEYİ Penetration Test VS İYİLENDİRİLEBİLİR Vane Shear Test													
Boring Depth (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	NUMUNE CİNSİ Sample Type	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Veathering	KIRIK/Fracture (30cm)	KAROT % (TCRYT) Core R.	ROD %	KAROT % (GC-RYS) Core R.	ÖRNEK NO./Sample No.
		DARBE SAYISI Numb. of Blows		GRAFİK Graph											
	MANEVRA BOYU R#	0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	10 20 30 40 50 60									



SONDÖR / Driller	SONDAJ MÜHENDİSİ / Drilling Engineer	TARİH / Date	İMZA / Sign.
Ibrahim Kartal	Gökhan KOÇAK	20.07.2011	



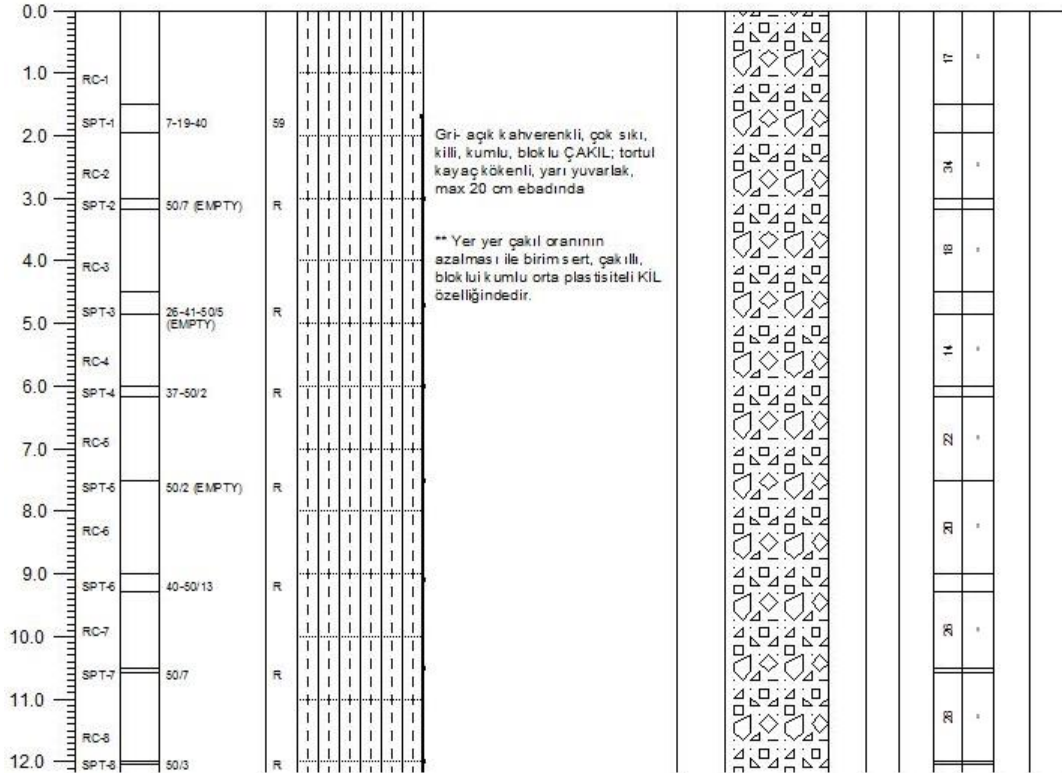
Müh.Müş.ve İnş.Ltd.Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO : SK-6
Borehole No

SAYFA
Page
1 / 3

PROJE ADI/Project Name : Antalya-Burdur Yolu Kurna Varyantı Heyelan	DELİK ÇAPII/Hole Diameter :											
SONDAJ YERİ/Boring Location :	YERALTI SUYU/Groundwater : 15.50 m											
KILOMETRE/Chainage :	MUH.BOR.DER./Casing Depth :											
SONDAJ DER./Boring Depth : 30.0 m	BAŞ.-BIT.TARİHI/Start-Finish Date : 21.07.2011 -- 24.07.2011											
SONDAJ KOTU/Elevation :	KOORDİNAT/Coordinate(Northing) :											
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met. : 40-C-Rotary	KOORDİNAT/Coordinate(Easting) :											
DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	İNCE DANELİ/Fine Grained	İRİ DANELİ/Coarse Grained									
I ÇOK DAYANIMLI Strong II DAYANIMLI M.Strong III ÇIHA M.Weak IV ZAYIF Weak V ÇOK ZAYIF V.Weak	I I.AÇI Fresh II AÇI AYIŞSIZ Slightly W. III ÇIHA A. AYIŞ Mod. Weather. IV ÇOK AYIŞ Highly W. V İZMÜLE AYIŞ Comp. W.	N: 0-2 ÇOK YUMUŞAK Very Soft N: 2-4 YUMUŞAK Soft N: 5-8 ÇIHA KAII Moderately Stiff N: 9-15 KAII Very Stiff N: 16-20 ÇOK KAII Stiff N: >20 SIKI Hard	N: 0-4 ÇOK GEVSEK Very Loose N: 5-10 GEVSEK Loose N: 11-20 ÇIHA SIKI Moderately Dense N: 21-30 SIKI Dense N: >30 ÇOK SIKI Very Dense									
KAYA KALİTESİ TANIMIRQD	KIRIKLAR-30 cm/Fractures	ORANLAR/Proportions										
% 0-25 ÇOK ZAYIF Very Poor % 25-50 ZAYIF Poor % 50-75 ÇIHA Fair % 75-90 İYİ Good % 90-100 ÇOK İYİ Excellent	I SİYİRK Wide (W) I-2 ÇIHA Moderate (M) 2-10 SIK Close (C) 10-20 ÇOK SIK Intense (I) >20 İYİ AÇALI Crushed (C)	% 5 İTK AÇ Slightly % 5-15 AÇ Little % 15-25 ÇOK Very	% 5 İTK AÇ Slightly % 5-20 AÇ Little % 20-5 ÇOK Very									
SPT1 STANDART PENETRASYON TESTİ Standard Penetration Test U GİZELENMİS NÜMUNE Undisturbed Sample	U GİZELENMİS NÜMUNE Undisturbed Sample K KARIŞI NÜMUNE Core Sample	I' PROSİYONFİTİCİ DENETİ (Flowmeter Test) VS VETN DENETİ Vane Shear Test										
BORING DEPTH (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Weathering	KIRIK YAPISI (cm)	KAROT % (TC BYT) Core R.	ROD %	KAROT % (SC BYS) Core R.	ÖRNEK NO / Sample No.
	MANİTÖRE BOYU RM	DARBE SAYISI Numb. of Blows	GRAFİK Graph									
	0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	10 20 30 40 50 60							



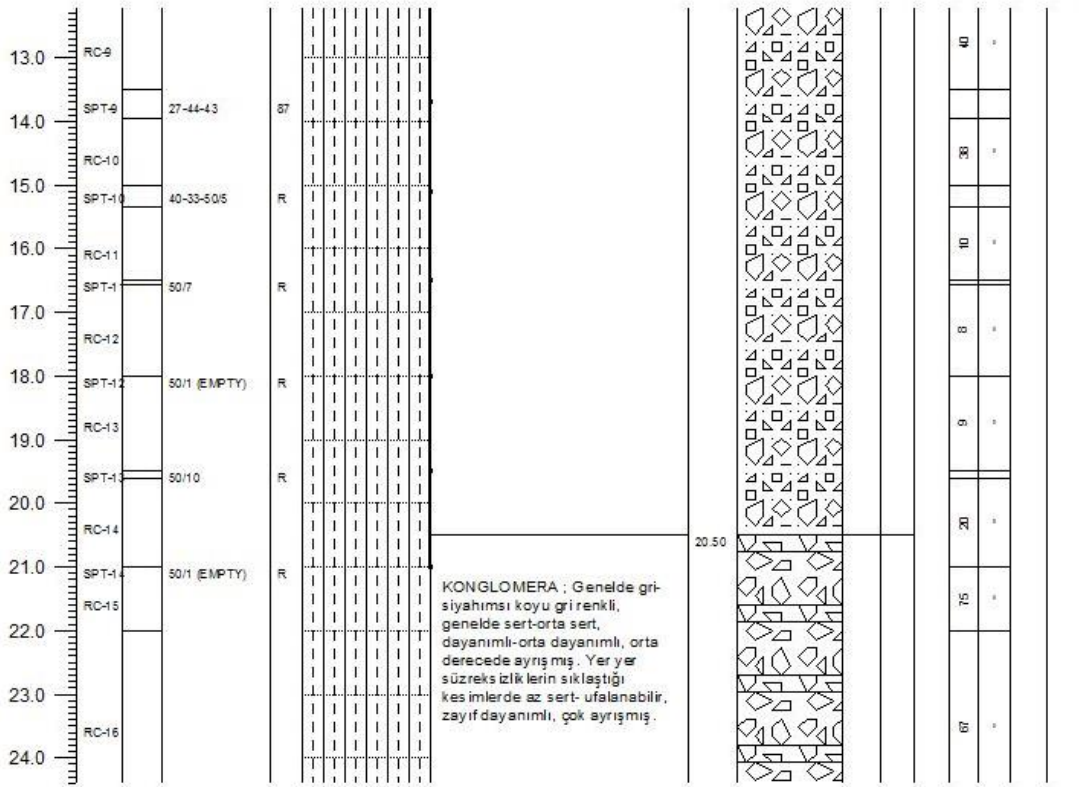
SONDÖR / Driller	SONDAJ MÜHENDİSİ / Drilling Engineer	TARİH / Date	İMZA / Sign
Ibrahim Kartal	Gökhan KOÇAK	24.07.2011	

PROJE ADI/Project Name : Antalya-Burdur Yolu Kurna Varyantı Heyelan	DELİK ÇAP/Hole Diameter :
SONDAJ YERİ/Boring Location :	YERALTI SUYU/Groundwater : 15.50 m
KILOMETRE/Chainage :	MUH.BOR.DER./Casing Depth :-
SONDAJ DER./Boring Depth : 30.0 m	BAŞ.-BIT.TARİHİ/Start-Finish Date : 21.07.2011 -- 24.07.2011
SONDAJ KOTU/Elevation :	KOORDİNAT/Coordinate(Northing) :
SON. MAK.&YONT./D.Rig & Met. : 40-C-Rotary	KOORDİNAT/Coordinate(Easting) :


DAYANIMLILIK/strength		AYRIŞMA/Veathering		İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained	
I ÇOK DAYANIMLI II DAYANIMLI III ÇIĞI A IV ÇIĞI B V ÇOK ZAYIF	Strong M.Strong W.Weak V.Weak	I FAZ II AZ AYRISMA III ÇIĞI U. AYIL IV ÇOK AYIL V YUMUŞULU AYIL	Fresh Slightly W. Mod. Weath. Highly W. Comp. W.	M: 0-2 ÇOK YUMUŞAK N: 3-4 YUMUŞAK N: 5-8 ÇIĞI A KATI N: 9-13 KATI N: 15-20 ÇOK KATI N: >20 SIKI	Very Soft Soft Moderately Stiff Very Stiff Stiff Hard	M: 0-4 ÇOK GEYİBOK N: 5-10 GEYİBOK N: 11-20 ÇIĞI A SIKI N: 21-30 SIKI N: >30 ÇOK SIKI	Very Loose Loose Moderately Dense Dense Very Dense
KAYA KALİTESİ TANIM/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures		ORANLAR/Proportions			
% 0-25 ÇOK ZAYIF % 25-50 ZAYIF % 50-75 ÇIĞI A % 75-100 İYİ % 90-100 ÇOK İYİ	Very Poor Poor Fair Good Excellent	1 SİYİRK 1-2 ÇIĞI A 2-10 SIK 10-20 ÇOK SIK >20 YAPILILI	Wide (W) Moderate (M) Close (C) Intense (I) Crushed (CR)	% 5 FTK AC Slightly % 5-15 AC Little % 15-25 ÇOK Very	% 5 FTK AC Slightly % 5-10 AC Little % 20-5 ÇOK Very		

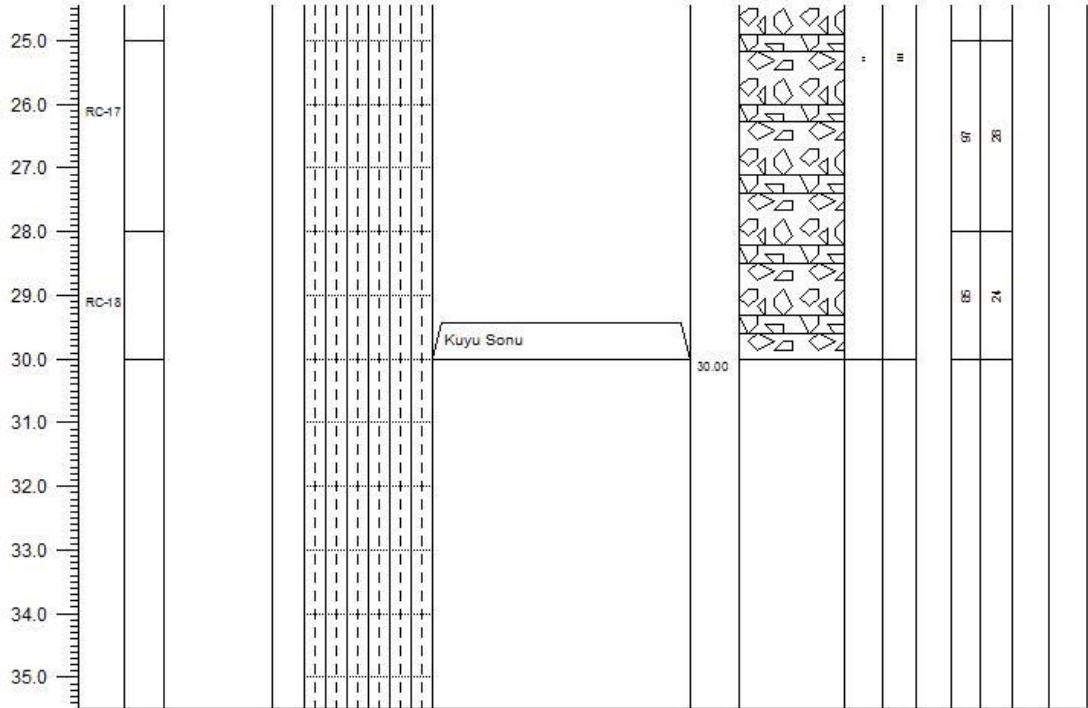
SPT	STANDART PENETRASYON TESTİ Standard Penetration Test	UJ	GİRİŞLENMEYİŞ NÜMUNE Undisturbed Sample	U	YERALTI SUYU DENEYİ Piezometer Test
U	ÇÖZÜLMÜŞ NÜMUNE Disturbed Sample	K	KAROTİ NÜMUNESİ Core Sample	VS	YERİN DEĞİŞİMİ Vane Shear Test

Borings Depth (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	NÜMUNE ÇİMSİ Sample Type	MANEVRAYA BOYU R	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test		JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Veathering	KIRILMA/ Fracture	KAROT % (TC BYT) CORE R.	ROD %	KAROT % (SPT) CORE R.	ÖRNEK NO./Sample No.
			DARBE SAYISI Num. of Blows	GRAFİK Graph										
			0 - 15 cm.	N										
			15 - 30 cm.		10 20 30 40 50 80									
			30 - 45 cm.											




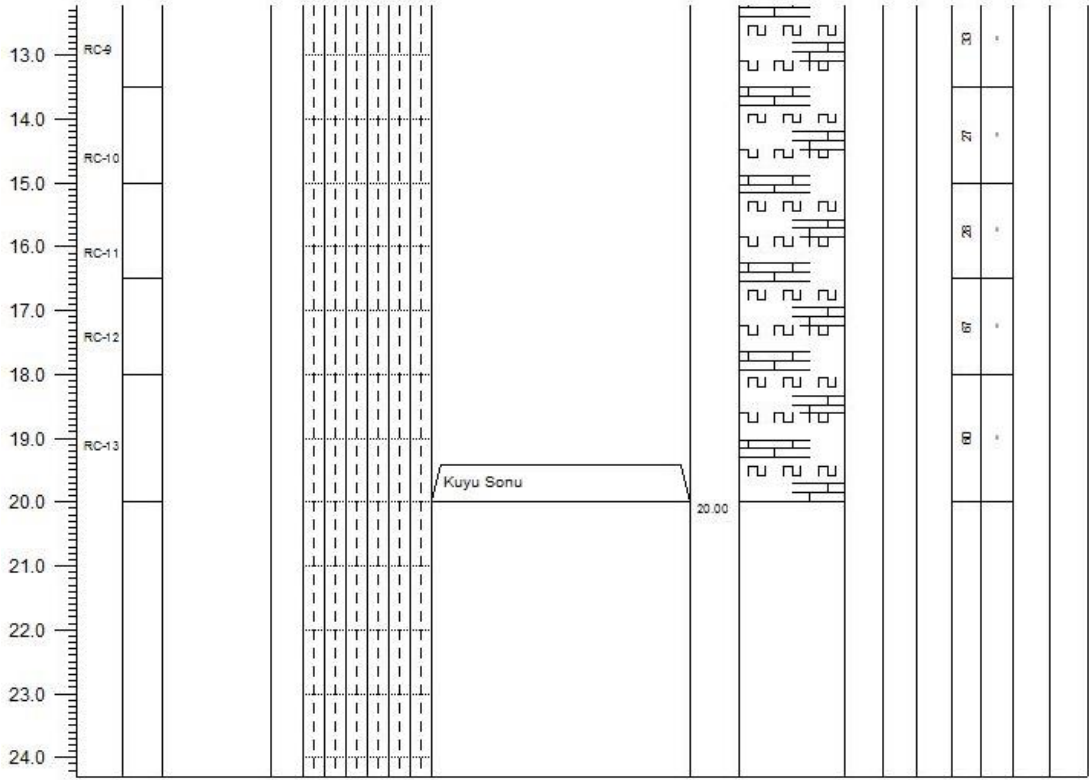
SONDÖR / Driller	SONDAJ MÖHENDİSİ / Drilling Engineer	TARİH / Date	İMZA / Sign
İbrahim Kartal	Gökhan KOÇAK	24.07.2011	

 Müh.Müş.ve İnş.Ltd.Şti. SONDAJ LOGU / BORING LOG		SONDAJ NO : SK-6 Borehole No :	SAYFA Page 3 / 3												
PROJE ADI/Project Name : Antalya-Burdur Yolu Kurna Varyantı Heyelanı		DELİK ÇAP/Hole Diameter :													
SONDAJ YERİ/Boring Location :		YERALTI SUYU/Groundwater : 15.50 m													
KİLOMETRE/Chainage :		MUH.BOR.DER./Casing Depth :													
SONDAJ DER./Boring Depth : 30.0 m		BAŞ.-BIT.TARİHİ/Start-Finish Date : 21.07.2011 -- 24.07.2011													
SONDAJ KOTU/Elevation :		KOORDİNAT/Coordinate(Northing) :													
SON. MAK.&YONT./D.Rig & Met. : 40-C-Rotary		KOORDİNAT/Coordinate(Easting) :													
DAYANIMLILIK/strength		AYRIŞMA/Veathering													
I ÇOK DAYANIMLI Strong II DAYANIMLI M.Strong III ÇIĞI A Weak IV ÇIĞI B Weak V ÇOK ÇIĞI V.Weak		I AZE Fresh II AZ AYIŞMIS Slightly W. III ÇIĞI A U. AYIŞ Mod. Weath. IV ÇOK AYIŞ Highly W. V YUMUŞULU AYIŞ Comp. W.													
KAYA KALİTESİ TANIM/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures													
% 0-25 ÇOK ÇIĞI Very Poor % 25-50 ÇIĞI Poor % 50-75 ÇIĞI Fair % 75-100 İYİ Good % 90-100 ÇOK İYİ Excellent		I SİYİRK Wide (W) I-2 ÇIĞI Moderate (M) 2-10 SIK Close (C) 10-30 ÇOK SIK Intense (I) >30 YAPILMI Crushed (CR)													
ORANLAR/Proportions		% 5 FTK AC Slightly % 5-15 AC Little % 15-25 ÇOK Vary													
SPT STANART PENETRASYON TESTİ Standard Penetration Test U ÇÖZÜLMÜŞ NÜMUNE Disturbed Sample		UJ GİRİLEMEYİŞ NÜMUNE Undisturbed Sample K ÇÖZÜLMÜŞ ÇÖKÜ NÜMUNE Core Sample													
I* FİREŞTİRME/İRE ÜBİMETİ V5 VARYANŞİYON Vane Shear Test															
Borings Depth (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	MURUNECİNSİ Sample Type	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK (m)	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/strength	AYRIŞMA/Veathering	KIRIKLAR (30cm)	KAROT % (TC BYT) Core R.	ROD %	KAROT % (SCT BYS) Core R.	ÖRNEK NO./Sample No.
		MANEVRAYA BOYU R	DARBE SAYISI Numb. of Blows	GRAFIK Graph											
		0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	10 20 30 40 50 80									



SONDÖR / Driller	SONDAJ MÖHENDİSİ / Drilling Engineer	TARİH / Date	İMZA / Sign
İbrahim Kartal	Gökhan KOÇAK	24.07.2011	

 Müh.Müş.ve İnş.Ltd.Şti. SONDAJ LOGU / BORING LOG		SONDAJ NO : SK-7 Borehole No :	SAYFA Page 2 / 2												
PROJE ADI/Project Name : Antalya-Burdur Yolu Kurma Varyantı Heyelan		DELİK ÇAP/Hole Diameter :													
SONDAJ YERİ/Boring Location :		YERALTI SUYU/Groundwater : -													
KİLOMETRE/Chainage :		MUH.BOR.DER./Casing Depth : -													
SONDAJ DER./Boring Depth : 20.0 m		BAŞ.-BIT.TARİHİ/Start-Finish Date : 24.07.2011 -- 26.07.2011													
SONDAJ KOTU/Elevation :		KOORDİNAT/Coordinate(Northing) :													
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met. : 40-C-Rotary		KOORDİNAT/Coordinate(Easting) :													
DAYANIMLILIK/Strength		AYRIŞMA/Veathering													
I ÇOK DAYANIMLI Strong II DAYANIMLI M.Strong III ORTA M.Weak IV ZAYIF Weak V ÇOK ZAYIF V.Weak		I FAZL Fresh II AZ AYRIŞMI Slightly W. III ORTA D. AYRI Mod. Weath. IV ÇOK AYRI Highly W. V YUMUŞUL AYRI Comp. W.													
KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD		KIRIKLAR-30 cm/Fractures													
% 0-25 ÇOK ZAYIF Very Poor % 25-50 ZAYIF Poor % 50-75 ORTA Fair % 75-90 İYİ Good % 90-100 ÇOK İYİ Excellent		I 30-100K Wide (W) II 2-10 ORTA Moderate (M) III 2-10 SIK Close (C) IV 10-20 ÇOK SIK Intense (I) V 20 PARÇALI Cracked (CR)													
İNCE DANELİ/Fine Grained		İRİ DANELİ/Coarse Grained													
N : 0-2 ÇOK YUMUŞAK Very Soft N : 2-4 YUMUŞAK Soft N : 5-8 ORTA KATI Moderately Stiff N : 9-15 KATI Very Stiff N : 16-20 ÇOK KATI Stiff N : 21-30 SIKTI Hard		N : 0-4 ÇOK GEYSEK Very Loose N : 5-10 GEYSEK Loose N : 11-20 ORTA SIKI Moderately Dense N : 21-30 SIKI Dense N : 31-50 ÇOK SIKI Very Dense													
ORANLAR/Proportions															
% 5 İnk AC Slightly % 5-15 AC Little % 15-25 ÇOK Very		% 5 İnk AC Slightly % 5-20 AC Little % 20-5 ÇOK Very													
S1 STANDART PENETRASYON TESTİ Standard Penetration Test U DİZİLENMİŞ NUMUNE Undisturbed Sample K KAROT NUMUNESİ Core Sample		İT İYİLEŞTİRİLMİŞ ÜNİTE Standard Penetration Test VS YETİRLİ GİBİTİ Vane Shear Test													
Boring Depth (m) SONDAJ DERİNLİĞİ	NUMUNE ÇİNSİ Sample Type	MANİEVRA BOYU RII	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test	DARBE SAYISI Numb. of Blows	GRAFIK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK/Strength	AYRIŞMA/Veathering	KIRIKLAR-30 cm	KAROT % (TC BYT) Core R.	RQD %	KAROT % (S-C) Core R.	ÖRNEK NO./Sample No.

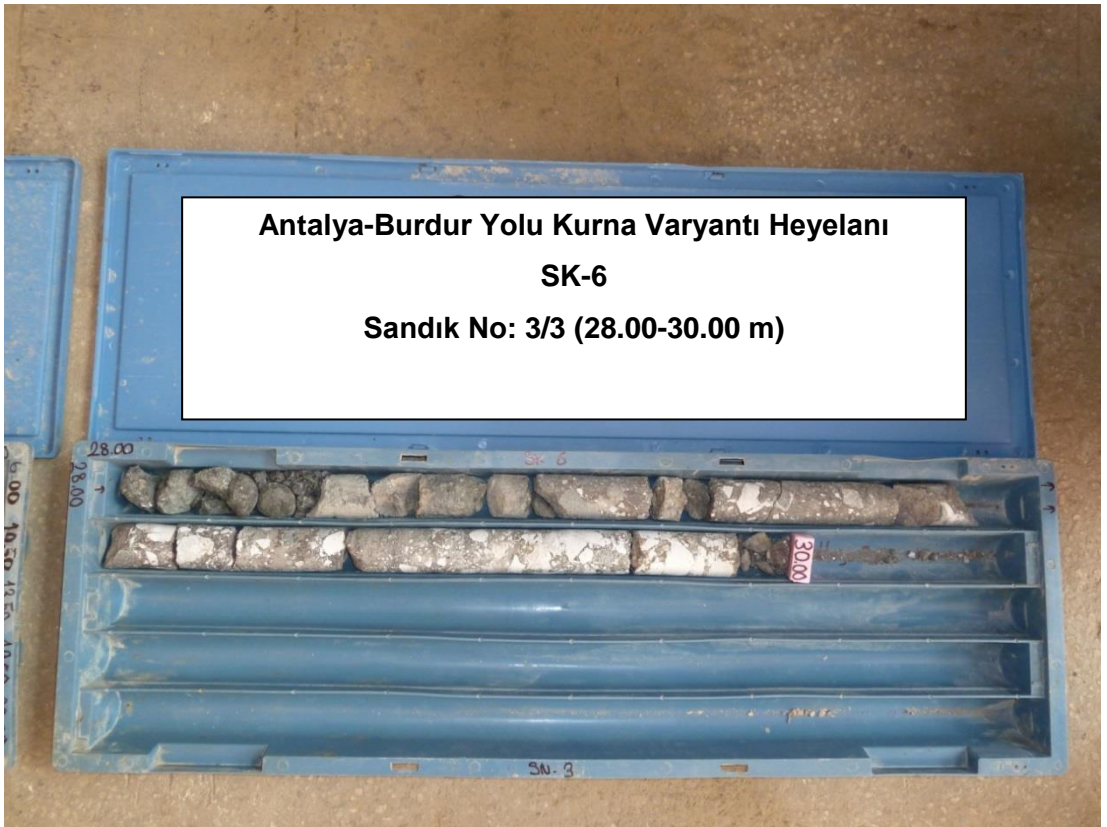
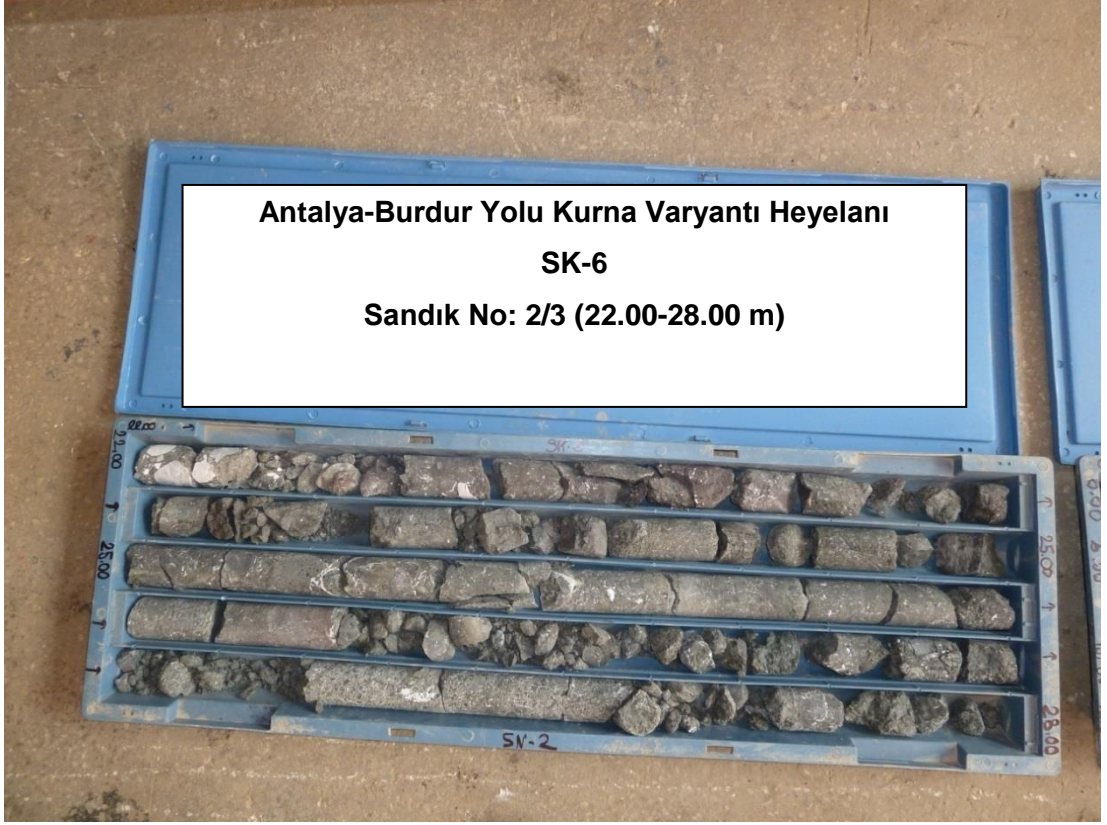


SONDÖR / Driller	SONDAJ MÜHENDİSİ / Drilling Engineer	TARİH / Date	İMZA / Sign
İbrahim Kartal	Gökhan KOÇAK	26.07.2011	

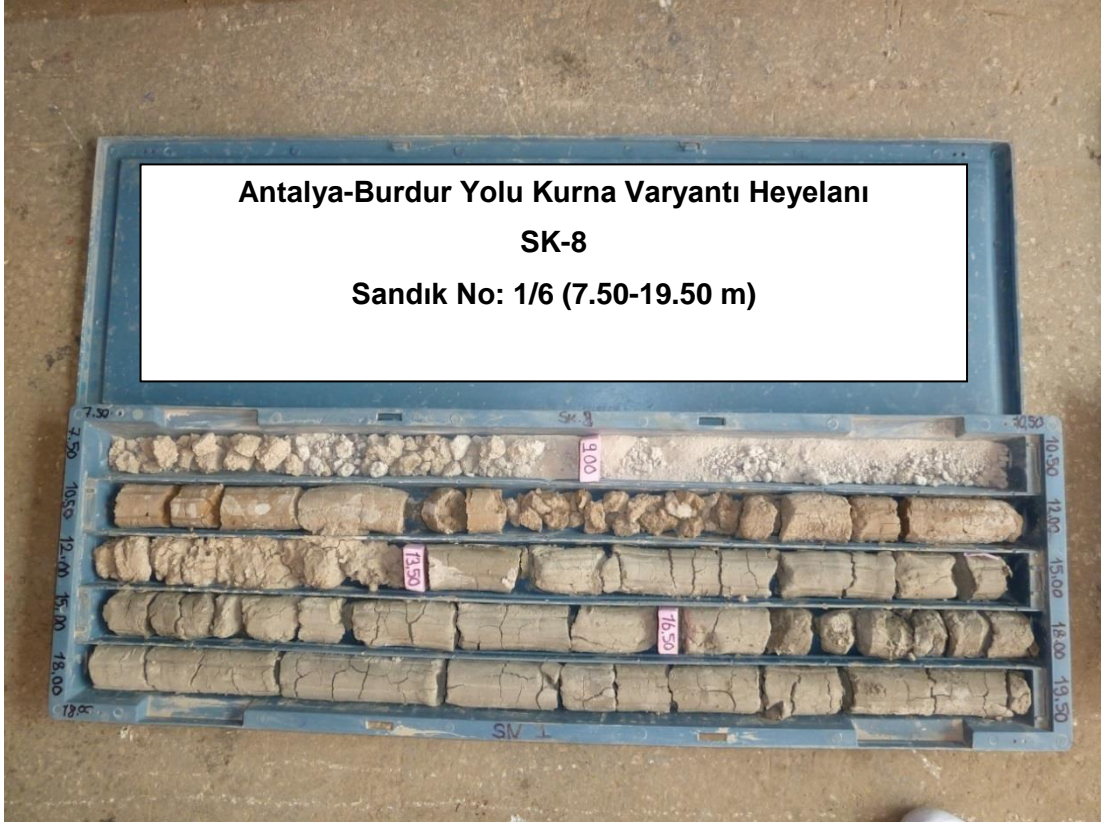
EK B. Karot Resimleri















8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Semiha GÖKCAN

Doğum Yeri ve Yılı: Gökçeada, 1987

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

E-posta: smhgkcnn@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise: Gökçeada Çok Programlı Lisesi, 2004

Lisans: SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Tasarımı Öğretmenliği, 2010

Mesleki Deneyim

İstanbul Aydın Üniversitesi 2013- (Halen)