

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÜRTÜN BARAJ GÖLÜNÜN SAĞ SAHİLİNDEKİ ÖZKÜRTÜN
(GÜMÜŞHANE) BELDESİNİN HEYELAN ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Müh. Mevlüt PEHLİVAN

**ŞUBAT 2008
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÜRTÜN BARAJ GÖLÜNÜN SAĞ SAHİLİNDEKİ ÖZKÜRTÜN
(GÜMÜŞHANE) BELDESİNİN HEYELAN ANALİZİ**

İnşaat müh. Mevlüt PEHLİVAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.01.2008
Tezin Savunma Tarihi : 07.02.2008**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Bayram Ali UZUNER
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fikri BULUT**

Enstitü Müdür V.: Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

Ülkemizde ve dünya genelinde sıklıkla karşılaşılan heyelan haberleri ve bunun sonucunda oluşan büyük mal ve can kayıpları bu konunun önemini arttırmaktadır.

Bölgemizde son yıllarda özellikle yol ve enerji yatırımları hızlı bir şekilde artmaktadır. Bölgemizin topoğrafik yapısı nedeniyle bu yatırımlar çevreye olumsuzluklara sebebiyet vermekte ve heyelanları tetiklemektedir. Bu tezde kullanılan program ve benzer programlar hızlı karar verme sürecinde etkili olmaktadır. Mühendislik yaşamımda ilgim olan bu konuya yönelerek danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN yönetiminde Kürtün Barajı gölünden etkilenen Özkürtün Beldesi yerleşimi heyelanı incelenmiştir.

Çalışmamda, her konuda yardımcı olan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN'a, bugüne kadar bana emeği geçen bütün hocalarıma ve desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Mevlüt PEHLİVAN

Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kütle Hareketleri.....	1
1.3. Kütle Hareketlerinin Sınıflanması.....	5
1.3.1. Düşme.....	6
1.3.2. Devrilme.....	7
1.3.3. Akma.....	8
1.3.4. Kayma.....	9
1.3.4.1 Dairesel (Heyelan) Kayma.....	9
1.3.4.1.1 Heyelanın Bölümleri ve Şekline Göre Adlandırma.....	10
1.3.4.2. Ötelenmeli (Düzlemsel) Kayma.....	11
1.3.4.2.1. Düzlemsel Kayma.....	12
1.3.4.2.2. Kama Türü Kayma.....	12
1.3.4.2.3. İki veya Çok Yüzeyle Kayma.....	12
1.3.5. Yanal Yayılma.....	13
1.3.6. Karmaşık Hareketler.....	13
1.4. Şev Stabilitesi Problemleri.....	13
1.4.1. Şev Stabilitesine Etki Eden Nedenler.....	16
1.5. Şev Stabilizasyonu ve Onarımı.....	18
1.6. Heyelanlarda Kayma Dairesinin Amprik Yöntemlerle Belirlenmesi.....	24
1.6.1. Kayma Dairesi Yöntemi.....	24
1.6.2. Konsantrik Daire Yöntemi.....	25
1.6.3. Gerilme Çatlakları Yöntemi.....	25
1.6.4. Fellenius Yöntemi.....	26
1.6.5. Jumikis yöntemi.....	26
1.6.6. Hoek ve Bray'in Yöntemi.....	27
1.7. Yamaç Dengesinin Hesaplama Yöntemleri.....	28
1.7.1. Boşluk Suyu Basıncı Katsayısı (r_u).....	30
1.7.2. Sonsuz Yamaçta Duraylık.....	31
1.7.3. Duraylığın Dilim Metotlarıyla Hesaplanması.....	33
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	37
2.1 Kürtün Baraj Gölünden Kaynaklanan Özkürtün Heyelanının İncelenmesi.....	37
2.1.1. Ön Bilgiler.....	37
2.1.2. Kürtün Barajı ve HES Karakteristik Bilgileri.....	39
2.1.3. İnceleme Alanının Genel Jeoloji.....	39
2.1.4. Yapısal Jeoloji.....	42
2.1.5. Jeojolik ve Jeoteknik Harita Çalışmaları.....	42
2.1.6. HSK-1 no'lu Temel Sondaj Kuyusu.....	43

2.1.7.	Jeofizik Rezistivite Çalışmaları	44
2.2	Yapılan Çalışmalar	45
2.3.	Stable Programı	51
3.	İRDELEME	54
4.	SONUÇLAR.....	55
5.	ÖNERİLER	57
6.	KAYNAKLAR.....	58
7.	EKLER	60

ÖZET

Ülkemiz, jeolojik ve topoğrafik yapısı, iklimsel özellikleri nedeniyle büyük can ve mal kayıplarına sebep olan doğal olaylarla karşı karşıya kalmaktadır. Ülkemizin en çok yağış alan bölgesi olan Karadeniz Bölgesinin doğu bölümü, yamaçlarının dik eğimli olması nedeniyle heyelan açısından riskli bir konumdadır. Heyelan alanlarının belirlenmesi, olumsuzluklarının azaltılması veya ortadan kaldırılabilmesi yerleşim alanlarının belirlenmesi açısından çok önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, Kürtün Baraj Gölünün oluşumundan sonra Özkürtün Beldesinde oluşan heyelan incelenmiştir.

Barajda su tutulduktan sonra, baraj gölü 630 m kotlarına ulaştığında belde içerisinden geçen karayolu üzerinde ve yol ile göl arasında çatlaklar oluşmuş ve daha sonradan heyelan gerçekleşmiştir. Bu çalışmada daha önce arazide yapılan çalışmalar irdelenmiş eksik olan veriler için arazide etütler yapılarak bazı laboratuvar deneyleri için örnekler alınmıştır. Heyelandan önceki kesiti elde edebilmek için bilgisayar ortamında haritalar sayısallaştırılarak kesitler belirlenmiş ve bunların içinde en kritik kesit seçilmiştir. Jeolojik kesit belirlendikten sonra kesitler analiz edilmiştir.

Yerleşim alanını belirlemeden önce, barajın planlama aşamasında yapılacak çalışmalarla böyle büyük bir tehlike daha önce önlenebilir mi? Sorusuna cevap oluşturabilmek adına hazırlanan bu çalışmada kritik kesitte alınabilecek önlemler araştırılmış ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kütle hareketleri, Yamaç Stabilitesi, Yük Azaltılması

SUMMARY

The Landslide Analysis in Özkürtün Town Which is Located Right Bank of The Kürtün Dam Lake

Our Country is subject to the natural events due to its geological – topographical nature and climatic characteristics. East part of the Black Sea Region, which is most precipitation region in our Country, is a risky region by the sliding point of view because of having very steep slopes. Defining the sliding areas is important for reducing or eliminating the negativity in order to define the settlement areas.

In this study, after originating the Kürtün Dam Lake, slide occurred in Özkürtün Town has been reviewed.

After impounding, when the dam lake reached to elevation 630 masl, there had been cracks between the highway passing through the town and the lake and afterwards there had been slides. In this study, works performed at the site are reviewed and studies are performed at the site and samples were taken for some laboratory tests. Sections are defined by digitizing the maps on computer and most critical section is chosen. After defining the geological section, the sections are analysed.

In this study, measures which can be taken in the critical section are investigated and solutions are proposed in order to give an answer to the question of “before defining the settlement area, could such a big danger be prevented by studies at the dam planning stage?”

Key Words: Mass movements, Slope Stability, Load Reduction

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye'deki heyelan sayısı.....	4
Şekil 2. Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler.....	6
Şekil 3. Doğada gözlenen devrilme türleri.....	7
Şekil 4. Bazı akma türleri.....	8
Şekil 5. Dairesel kayma.....	9
Şekil 6. (a) İleri derecede eklemli kaya kütlelerinde kayma ve (b)Ayrılmış kayalarda dairesel kayma	9
Şekil 7. Tipik heyelan kesiti.....	10
Şekil 8. Kayma yüzeylerinin konumu.....	11
Şekil 9. (a) Düzlemsel kayma, (b) Kama tipi kayma ve (c) Farklı ortamlarda gelişebilen çok yüzeyli kaymalar	12
Şekil 10. (a) Yanal kaya yayılması ve (b) Yanal zemin yayılması	13
Şekil 11. Yamaçta heyelan özellikleri.....	16
Şekil 12. Drenaj sistemleri.....	19
Şekil 13. Zemin ankrajı elemanları.....	21
Şekil 14. Kayma dairesi yöntemi.....	24
Şekil 15. Konsantrik daire yöntemi.....	25
Şekil 16. Gerilme çatlağı gidişinden kayma dairesi.....	25
Şekil 17. Fellenius yöntemiyle kritik dairenin merkezinin tayini.....	26
Şekil 18. Jumikis yöntemiyle kritik dairenin tayini.....	26
Şekil 19. Kuru (drene olmuş) bir şevde kritik kayma yüzeyinin ve gerilim çatlağının lokasyonlarının tayin grafikleri.....	27
Şekil 20. Yer altı suyunun bulunduğu kritik kayma yüzeyinin ve gerilim çatlağının lokasyonlarının tayin grafikleri.....	28
Şekil 21. Zeminde düşey toplam gerilme.....	30
Şekil 22. Boşluk suyu basınç oranının grafik yolla belirlenmesi.....	31
Şekil 23. Sonsuz yamaçta özellikler.....	33
Şekil 24. Dilim analizinde kuvvetler.....	35
Şekil 25. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	37
Şekil 26. Karayolunun baraj gölü tarafında yaklaşık 100 m uzunlukta yay şeklinde oluşan çatlak.....	38
Şekil 27. Arazide oluşan çatlaklar.....	40

Şekil 28.	Özkürtün beldesinde 5 Haziran 2002 tarihinde aniden hareket eden bölge.	40
Şekil 29.	Heyelan sonucunda hareket eden evler.....	41
Şekil 30.	Heyelandan sonra Özkürtün beldesinden genel bir görünüm.....	41
Şekil 31.	Heyelan bölgesinde yapılan temel sondaj kuyusu yerleri.....	44
Şekil 32.	Forekazık ya da duvar yapılması düşünülen bölgenin görünüşü	45
Şekil 33.	Heyelan öncesi kritik kesit.....	47
Şekil 34.	Heyelan öncesi şevde su yüksekliğine göre güvenlik sayısındaki değişim..	48
Şekil 35.	Kazı şevleri alternatifleri.....	50
Şekil 36.	Şevde kazı yapıldıktan sonra su yüksekliğine göre güvenlik sayısındaki değişim.....	50
Şekil 37.	İki durumun tek grafikte değişimi.....	51

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Varnes heyelan sınıflandırma sistemi.....	5
Tablo 2. Kütle hareketlerini etkileyen nedenler.....	15
Tablo 3. Yamaç ve şevlerde güvenlik sayısı.....	29
Tablo 4. Analizlerde kullanılan zemin parametreleri.....	48
Ek Tablo 1,2. HSK-1 nolu sondaj kuyusu logu.....	60
Ek Tablo 3. HSK-1 nolu sondaj kuyusu karot fotoğrafı.....	62
Ek Tablo 4. Deney sonuçları 1.....	63
Ek Tablo 5. Deney sonuçları 2.....	64
Ek Tablo 6. Heyelan bölgesinin haritası.....	65

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğal afetler içinde, sıklığından dolayı önemli bir yer tutan kütle hareketleri, etkin oldukları yerleşim yerlerinde can ve mal kaybı olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, bu alanlarda ulaşım, haberleşme gibi günlük hayatı etkileyen çok büyük sosyal ve kültürel olayları da etkiler. Kütle hareketi sonucu, yollar, tarım alanları, yerleşim yerleri de çok büyük maddi kayıplara uğramaktadırlar. Bu tür alanlar yerleşime kapatılabilmektedir. Ya da yerleşime açılrsa bile çok pahalı mühendislik önlemleri alınması gerekmektedir.

Çalışmamda Kürtün Baraj Gölünün Özkürtün Beldesi yerleşimi üzerine olan heyelan etkisi incelenmiş ve ıslahına yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

1.2. Kütle Hareketleri

Kütle hareketi, doğal afetlerde en sık rastlanan ve nüfus arttıkça yeni yerleşim yerleri oluşturulurken karşılaşılan büyük bir problemdir. Belirli bir zaman içinde yamacın ilk geometrisini gözle görülür bir şekilde kaybetmesine, üzerindeki ya da önündeki mühendislik yapılarının güvenliğinin kaybolmasına veya işlevini yitirmesine sebep olur. Yeryüzünün şeklini ve insanlar tarafından yapılan yapıların konumunu değiştiren, çatlatan, kıran ve kullanılmaz hale getiren, sonuç olarak zeminlerin veya kaya ortamlarının hissedilebilir bir şekilde aşağıya ve dışarıya doğru olan hareketidir.

Şev; düzensiz veya belirli bir geometriye sahip eğimli yüzeydir. Şevler, düzensiz geometriye sahip doğal şevler (yamaç) ve belirli bir geometrisi olan yapay şevlerdir.

Ülkemizde özellikle Karadeniz ve Marmara bölgesinde kütle hareketlerinde yoğunluklar gözlenmektedir. Karadeniz bölgesinde genellikle yoğun yağışlardan sonra gözlenen kütle hareketleri can ve mal kaybına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla bu tip afetlerin faturası da ağır olmaktadır. Bölgemizin topoğrafyasının yapılaşmaya müsait olmaması ve dik eğimli yamaçlardaki arazilerin kütle hareketlerine elverişli olması yerleşimi etkilemektedir. Bu sebeptendir ki; yerleşim yerlerin seçilmesine dikkat

edilmelidir. Ayrıca yoğun yağışların olacağı bu periyotlardan önce kamuoyunun özellikle kütle hareketlerine karşı uyarılması gerekmektedir.

Kütle hareketleri zemin, kaya veya bunların karışımlarından meydana geldiği gibi, yapay şevlerde de stabilite problemleri olarak yaşanmaktadır.

Bunlar,

- Barajlar,
- Açık maden işletmeleri,
- Atık depoları,
- Yol dolgu ve yarmaları,
- Geçici desteksiz kazılar,

Bugüne dek bilinen en büyük kütle hareketi Peru And Dağlarında 1962 yılında Huascaran tepesinde meydana gelen kaya, toprak, buz ve su karışımından oluşan moloz akmasıdır. Bu kütle hareketi sonucu 4000-5000 kişi ölmüştür. Bu tarihten 8 yıl sonra meydana gelen 7.7 büyüklüğündeki Peru depremi sonucunda aynı yerde, daha büyük moloz akması afet şeklinde oluşmuş, akan malzeme büyük bir vadiyi kaplamış ve 18000 kişinin ölmesine neden olmuştur [1].

İtalya'da Vajont Barajında su tutulmaya başlandığı 1963'de, 265 m yüksekliğindeki barajın göl alanı içerisindeki kütle hareketlerinde 250 milyon metreküp toprak ve kaya kayarak baraj gölünü doldurmuştur. Göl suyu baraj üzerinden aşarak yerleşim alanlarına ulaşmış ve 2600 kişinin ölmesine neden olmuştur [1].

Heyelan sorunları ile karşı karşıya kalan İskandinav ülkeleri bilinen tarihleri içinde yaygın heyelanlara sahne olmuşlardır. Heyelanlar özellikle İsveç ve Norveç'te en önemli doğal afetleri oluştururlar. Norveç'in önemli bir kısmı sağlam anakaya üzerine okyanus içerisine çökelmiş killi siltlerle kaplıdır. Bu bölgeler buzul çağı sonunda buzulların erimesiyle denizden 500 m'ye varan yükseltilere ulaşmışlardır. Aşırı tuzlu suda çökelmiş siltli killer aradan geçen 10000 yıl içinde yağışların etkisiyle yıkanma süreci geçirmişler ve kilin dokusu aynı kaldığı halde kayma direnci aşırı düşük düzeylere inmiştir. Hassas kil olarak adlandırılan formasyonlarda eğimi oldukça düşük araziler günümüzde bazen küçük kazılar, bazen de titreşimler sonucu birkaç milyon metre küpe ulaşan hacimlerde sivilaşarak akmakta ve kaymaktadır [2].

İsveç'te ise göl kökenli killer oldukça duraysızdır. Bu ülkede XX. Yüzyılın başında demiryolu çağının başlamasıyla yapılan kazılarla dikkat çekecek kadar çok sayıda kütle hareketi oluştuğunda devlet bu olayların anlaşılması için İsveç Geoteknik Enstitüsüyle

(SGI) geniş bir araştırma programı örgütlemiştir. Bu araştırmaların sonucunda bugün de kullanılan ilk heyelan analiz yöntemi belirlemiştir (Fellenius ve İsveç Dilim) [2].

Pinole yakınında Interstate 80 otoyolunun bir kesiminde oluşmuş şev yenilmesi, yolun bu kesiminde, iyi sıkıştırılmış killi zeminden oluşan dolgu üzerine gelmektedir. Kaymanın taç kısmı çok diktir. Bunun iki anlamı olabilir. Birincisi dolgu malzemesinin çok sağlam olmasıdır. Diğeri de, yaklaşık 10 m yükseklikte ve düşeye yakın kayma yüzeyi üzerinde dolgunun duraylı kalamamasıdır. Kaymadaki zayıf halka, organik zemin içeren ve otoyol yapıldığında kazılıp atılmayan temel malzemesidir. Doğal zemin yüzeyinin eğimi, dolgunun güney tarafında yamaç yukarı ve sağ tarafında da yamaç aşağı yöndedir. Dolgu altında drenaj sistemi olmadığı için, yağışlar sırasında güney tarafta dolgu gerisinde biriken sular dolgu içinden kuzey tarafa sızmıştır. Kayma, 1969 kışındaki aşırı yağmurlu bir dönemden sonra meydana gelmiştir [3].

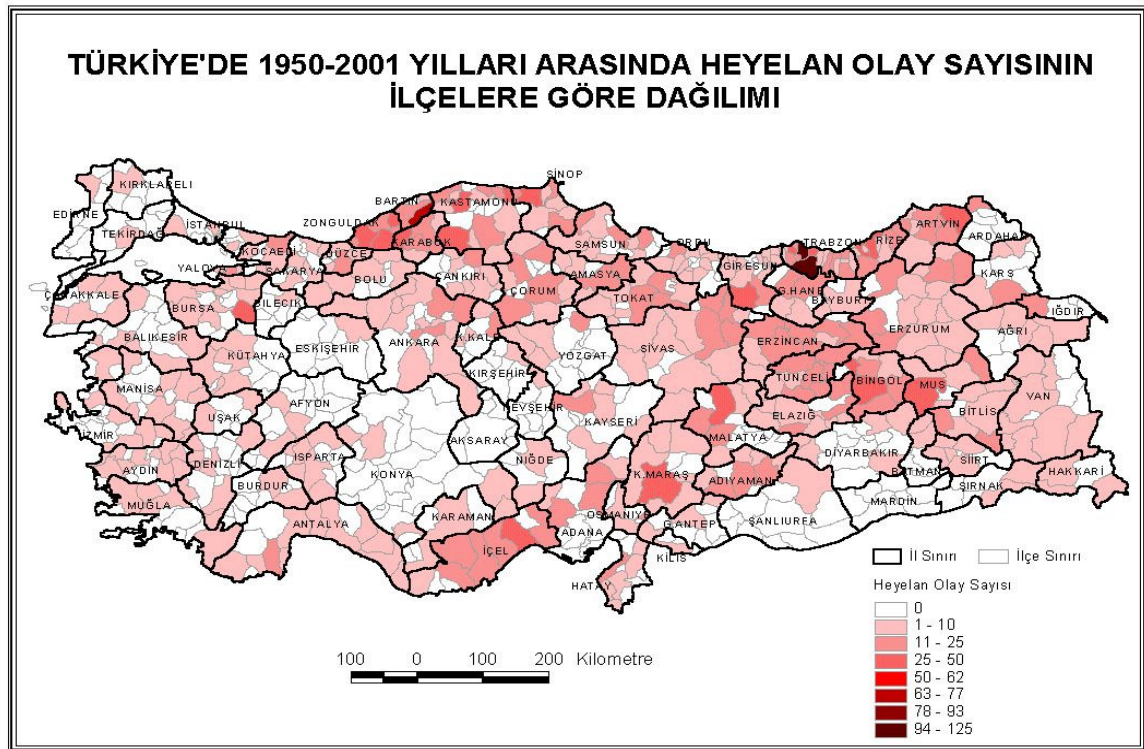
Ülkemiz, doğal afetlerin yoğun olarak oluştuğu bir bölgede yer almaktadır. Ülkemizde, 1950-2005 yılları arasında 12794 heyelan olmuştur. İller içerisinde dağılımı yapılıncaya 1016 heyalan olayı ile Trabzon birinci sırada, 869 heyelan ile Rize ikinci sırada yer almaktadır [4]. Bilinen en eski heyelanlardan, Trabzon-Of-Sürmene heyelanı 1929 yılında, Trabzon- Maçka Işıklar heyelanı 1959 yılında, İstanbul Boğazı – Büyükdere heyelanı 1955 yılında, İstanbul Basınköy heyelanı 1963 yılında, Trabzon –Akçaabat Sera Gölü heyelanı 1950 yılında, Kayseri-Ayvazhanı heyelanı 1980 yılında, Isparta-Senirkent çamur-moloz akması 1995 yılında olmuştur ve değişik zamanlarda ülkemizin hemen hemen her bölgesinde şev stabilitesi problemleri ile karşı karşıya kalınmıştır.

Trabzon-Of-Sürmene heyelanı, 1929 Temmuzunda çok şiddetli yağışlar, ayrışmış andezitik, tüf-lav ve anglomeraları sürükleyerek çok kısa zamanda, (8-10 saat içinde), vadilere yığılmıştır. Bu olaylar sonucunda, Sürmene havalesinde 12 kişi ölmüş, 9 kişi yaralanmış, 328 bina, 18 köprü yıkılmış, 8733 dönüm ekili arazi yok olmuştur. Of bölgesinde 134 kişi ölmüş, 2211 bina ve bütün köprüler yıkılmış, dere boyu tarlaların hepsi, yamaç arazisinin %50'si kullanılmaz hale gelmiştir. Solaklı vadisinde Zisino köyü civarında, 20 m yükseklikle, 300 m genişlikte ve 1500 m uzunlukta, takriben 9 000 000 m³; Sürmene'de Kaçalar dağının eteklerinden derelere doğru 15 000 000 m³ taş-toprak taşınmış, vadiler kapanmış, 30-35 m yüksekliğinde göller oluşmuştur [1].

1949 yılında Trabzon-Akçaabat arasında Sera vadisinde, Bazaltik- andezit, lav, tüf, anglomeralarda, buna benzer şekilde heyelanlar, dağ kaymaları olmuş, sera vadisi kapanmış,

30-35 m. derinlikte; 125 m. genişlikte; 1.6 km uzunlukta büyük heyelan gölü oluşmuştur[1].

Büyük kentlerde oluşan en önemli hareket, İzmir Kadife Kale bölgesinde halen sürmekte olan 1500 ün üzerinde konutu etkileyen harekettir. En yoğun yerleşim bölgesi olan İstanbul'da Marmara Deniz kıyısı ve içinde Küçük Çekmece – Şarköy kesiminde bulunduğu bölgelerde çok önemli kütle hareketleri oluşmuş ve oluşmaktadır [2].



Şekil 1. Türkiye'deki heyelan sayısı [4]

Yukarıdaki haritada Afet İşleri Genel Müdürlüğünün 1950-2001 yılları arasında yapmış olduğu heyelan etütleri neticesinde meydana gelen heyelan olay sayısının ilçelere göre dağılımı görülmektedir (Şekil 1.). Haritadan anlaşıldığı gibi Türkiye'de; Heyelan olaylarının yoğunlukla gözlemlendiği yerler Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleridir. Kaya düşmesi ve heyelan beraber değerlendirilirse ve su baskınlarıyla beraber toplam %44.02 oranında deprem kadar etkili olduğunu görürüz[4]. Heyelan, su baskını ve kaya düşmesi olayları oluşum mekanizmaları gereği, jeolojik, topoğrafik ve iklimsel koşulların uygun olduğu her ortamda meydana gelebilmektedir. Ülkemizde bölgesel ölçekli heyelan ve su baskını afetleri meydana gelmiş, bunlar hem can hem de mal kaybı ile alt ve üst yapı tahribatlarına yol açmıştır. Bu afetler sonucunda yeniden yapılanma sürecinin ülke

ekonomisine ne ölçüde zarar vermiştir. Dolayısıyla, kaya düşmesi, heyelan, ve su baskını gibi afet olayları ülkemiz için çok önemli olduğu görülmektedir.

1.3. Kütle Hareketlerinin Sınıflanması

Heyelanların sınıflandırılması yapılırken birçok araştırmacı aşağıdaki parametrelere göre sınıflandırma yapmışlardır [1];

- Hareketin türü, miktarı ve hızı,
- Hareket eden malzemenin türü, dizilişi, yaşı
- Hareket eden kütlelerin şekli,
- Su miktarı
- Hareket edenle alttaki arasındaki bağıntı,
- Hareketin nedenleri,
- Kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ)

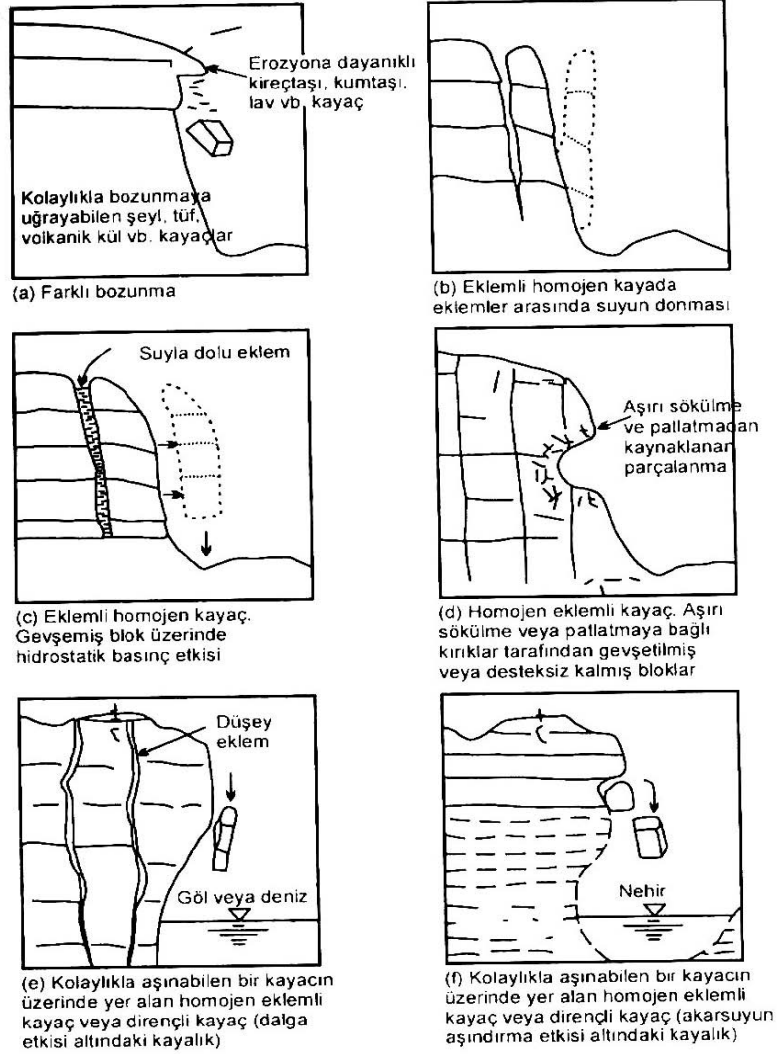
Heyelanlar veya kütle hareketleri ile ilgili birçok sınıflama bulunmakta birlikte en çok kullanılan sınıflama Varnes 1978'in yapmış olduğudur (Tablo 1.)

Tablo 1. Varnes heyelan sınıflandırma sistemi

HAREKET TÜRÜ		MALZEMENİN TÜRÜ		
			ZEMİNLER	
			<i>Kayaçlar</i>	<i>iri Daneli</i>
DÜŞME		Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
DEVİRİLME		Kaya Devrilmesi	Molozda devrilme	Zeminde devrilme
AKMA	Yavaş	Kaya Kripi	Moloz Kripi	Zemin Kripi
	Hızlı	Çok Parçalı Kayaç Akması	Moloz Akması	Zemin Akması
KAYMA	Ötelenmeli	Kayada blok türü ötelenme	Zeminde ve molozda blok türü ötelenme	
	Dönel (Dairesel)	Sıkı Çatlaklı Kayada dönel kayma	Zeminde ve molozda dönel kayma	
YANAL YAYILMA		Kaya yayılması	Zemin veya moloz yayılması	
KARMAŞIK		Hareket Türü ve Malzeme Karışık		

1.3.1. Düşme

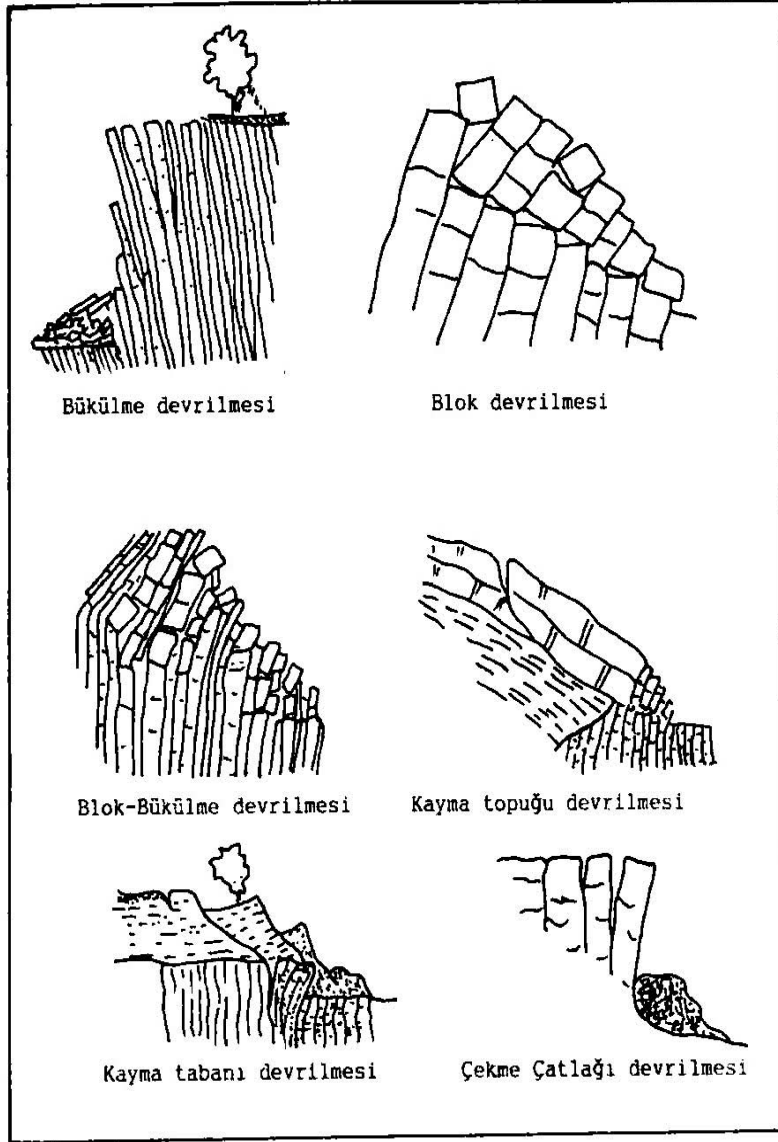
Düşey ya da düşeye yakın yamaçtan makaslama hareketi olmadan kopan parça ve blokların hareketleridir [5]. Deniz, göl kenarlarından ve dik kazı şevlerinden, dik yamaçlardan, mağara tavanlarından, sivri dağ doruklarından, deniz kenarındaki dik falezlerden, özellikle süreksizlik yüzeyi ile sınırlanmış münferit bloklarının değişik boy ve çeşitteki kaya veya zemin parçalarının yer çekimi etkisi ile aşağıya doğru hareket ederek düşmesi olayıdır. Nehir erozyonu, kazılar vb sebeplerle şevlerin topuğunun oyulması sonucunda zemin kütlelerinin askıda kalması, çatlaklarda biriken suların donması sonucu oluşan itki kuvvetleri sonucu düşme hareketi gerçekleşebilir [6]. Düşen malzemenin cinsine göre “Kaya Düşmesi, Moloz Düşmesi, Zemin (Toprak) Düşmesi” gibi adlar alabilirler. Şekil 2.’de düşme hareketleri görülmektedir.



Şekil 2. Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler[5]

1.3.2. Devrilme

Bir zemin veya kaya kütesinin yamaç dışına, kendi ağırlık merkezinin altında bir nokta veya eksen boyunca öne doğru dönmesidir. Yamaç içine eğimli olan süreksizliklerde görülen bir denge kaybıdır. Fazlaca süreksizlik içeren kayaların orijinal konumlarının bozularak yıkılmalarına “Devrilme” denilmektedir. Devrilme olayının sebebi blokların ağırlık vektörünün taban dışına düşmesi ve yanal sürtünme direncinin yenilmesidir. Ayrıca, blokların genişlik/yükseklik oranı devrilme üzerinde etkili olmaktadır. Doğada çeşitli devrilme tipleri saptanmıştır. Bükülme Devrilmesi, Blok Devrilmesi veya her ikisinin karışımı olan bir devrilme çeşidi oluşabilir. Şekil 3.'te çeşitli devrilme tipleri verilmektedir.



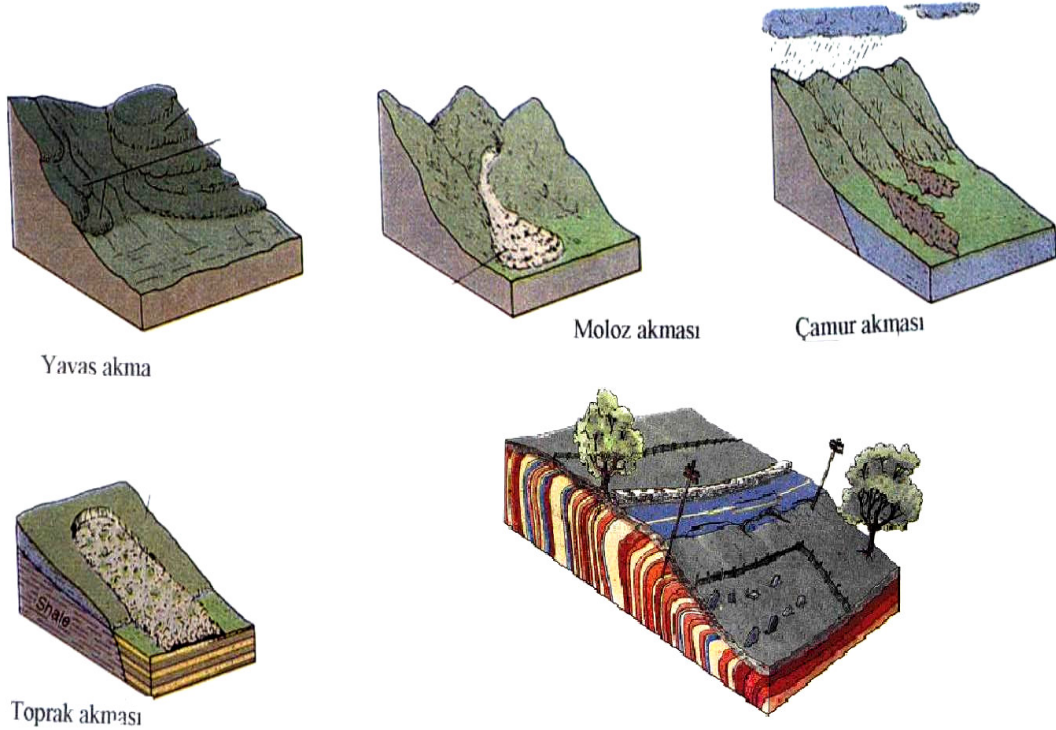
Şekil 3. Doğada gözlenen devrilme türleri[7]

1.3.3. Akma

Konsolide olmamış (pekişmemiş) malzemelerin doymun veya kuru halde ve yavaş veya hızlı şekilde yamaç boyunca kıvamlı bir sıvı gibi hareket etmeleri, akma duraysızlığına neden olmaktadır. Kuru kumlar ile kil boyutundan moloz boyutuna kadar değişen malzemelerde bu tür duraysızlık gelişebilir ve kum akması, çamur akması ve moloz akması şeklinde adlandırılır[7]. Akma çeşitleri malzeme türlerine göre de sınıflandırılabilir. (Şekil 4.)

Yavaş Akma: yamacın ya da şevin yüzeysel kısmının sürekli, fakat çok yavaş akmasına kripi denir. Burada hareket genellikle çok yavaştır. Hareket ancak devamlı yapılan gözlemlerle ve aletsel ölçümlerle anlaşılabilir. Hareket hızı senede 2-3 cm kadar olabilir. Bu hareket, bloktan silt ve kile kadar her çaptaki malzemede görülebilir.

Hızlı Akma: yukarıda açıklanan kripi olayının olduğu toprak ve kayalarda su miktarı azdır. Suyun artması ve devamlı darbe titreşim ya da boşluk basıncının çoğalması zeminin hareket hızını artırır ve birikmiş olan malzeme büyük bir hızla sürüklenir, adeta akar. Bu tür akmalarda, su miktarı kütle için direnci için gerekli olan sudan fazladır.



Şekil 4. Bazı akma türleri

1.3.4. Kayma

Kayma, şevi oluşturan malzemede, 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. Şevlerde karşılaşılan en yaygın duraysızlık türü olan kaymalar, dönel ve ötelenmeli kaymalar olmak üzere iki şekilde gelişirler[5].

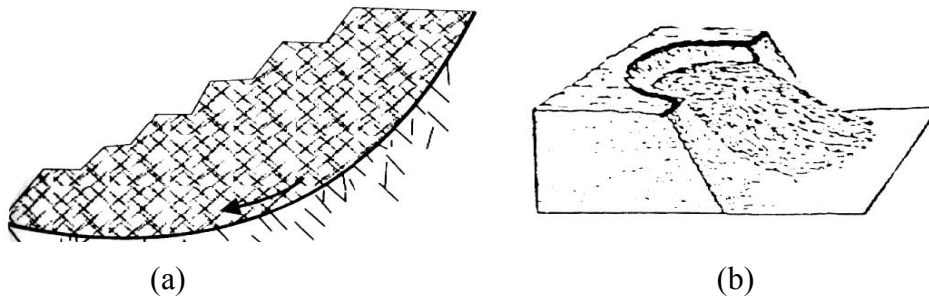
1.3.4.1 Dairesel (Heyelan) Kayma

Bü tür kaymalar, dairesel (kaşık şeklinde) yüzeyler boyunca gelişir ve hareket sırasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum kazanır. Kayma yavaş veya orta derecede bir hızla ve belirgin bir yenilme yüzeyi boyunca meydana gelir (Şekil 5.).



Şekil 5. Dairesel kayma[5]

Dairesel kayma; kil, silt, kum vb türdeki toprak zeminlerin yanı sıra, akarsu kanallarında, yol yarmalarında, dolgularda, atık yığınlarında ve ileri derecede eklemli kaya kütlelerinde ve/veya ileri derecede ayrılmış kayalarda meydana gelir (Şekil 6. a,b).

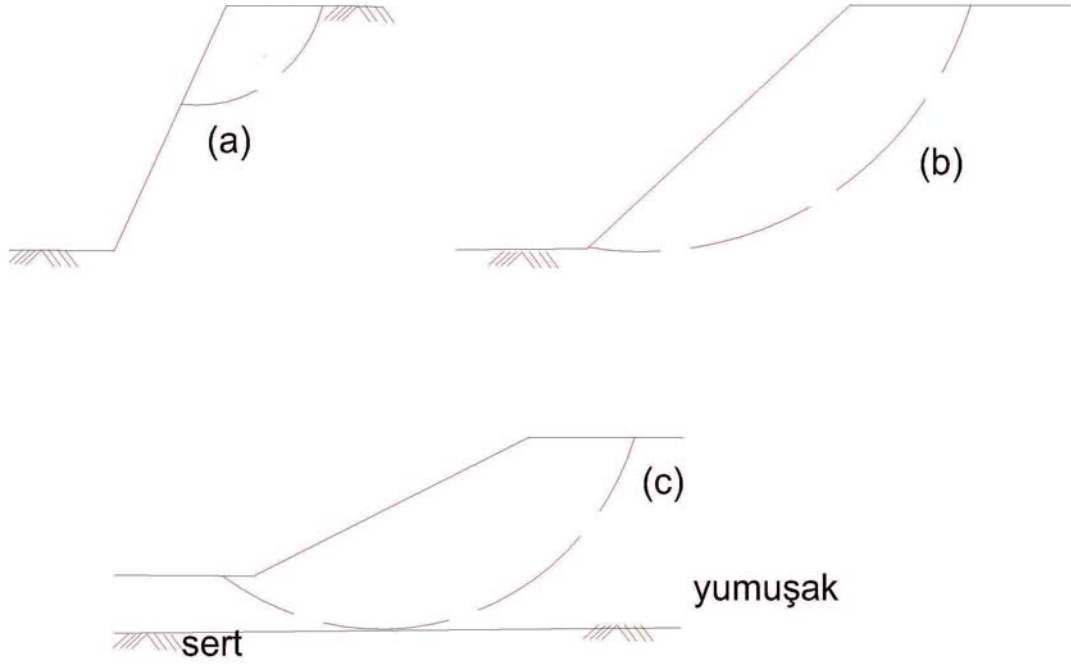


Şekil 6.(a) İleri derecede eklemli kaya kayma kütlelerinde ve (b) Ayrılmış kayalarda dairesel kayma [5]

Şev dairesi; kayma yüzeyinin topuktan yukarıda, yamaç yüzünde oluşması durumudur (Şekil 8.a).

Topuk dairesi; makaslama gerilmelerinin topukta yoğunlaşması sonucu kaymanın topuktan geçtiği kayma dairesidir (Şekil 8.b).

Taban Dairesi; kayma yüzeyinin temel zeminindeki sağlam katmana teğet geçtiği durumudur (Şekil 8.c).



Şekil 8. Kayma yüzeylerinin konumu

1.3.4.2. Ötelenmeli (Düzlemsel) Kayma

Bu tür duraysızlıklarda kaymalar, düz veya çok az ondülasyonlu 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 olan süreksizlik yüzeyleri (tabakalanma, eklem, fay, makaslama zonu, şistozite vb) boyunca meydana gelen, dolayısıyla süreksizlik denetimli duraysızlıklardır. Türleri aşağıda verilmiştir[8].

1.3.4.2.1. Düzlemsel Kayma

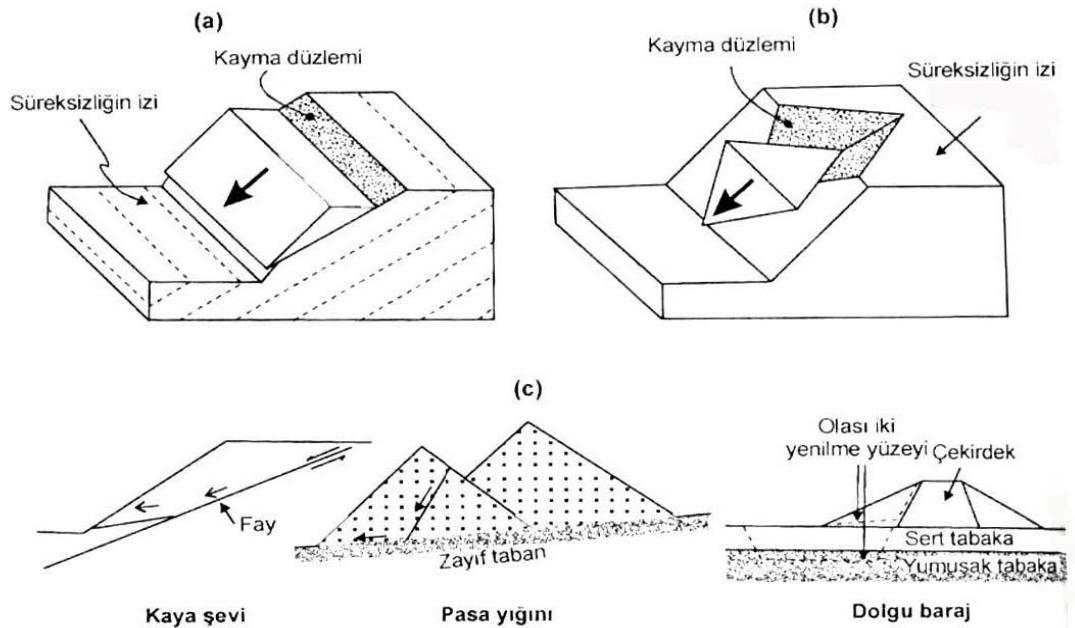
Eğimi şev eğiminden küçük olan düşük dayanımlı zayıf bir düzlem üzerindeki kütlelerin kazı boşluğuna doğru hareket etmesidir(Şekil 9.a.).

1.3.4.2.2. Kama Türü Kayma

Bu tür duraysızlık, keşişen iki süreksizliğin oluşturduğu tetrahedral bir kama bloğunun, eğimi şevinkinden daha yatık olan keşişme hattı boyunca öne doğru hareket etmesi sonucu meydana gelir(Şekil 9.b.).

1.3.4.2.3. İki veya Çok Yüzeyle 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 pasa yığınları ile dolgularda gelişebilen tipik bir duraysızlıktır (Şekil 9.c.).



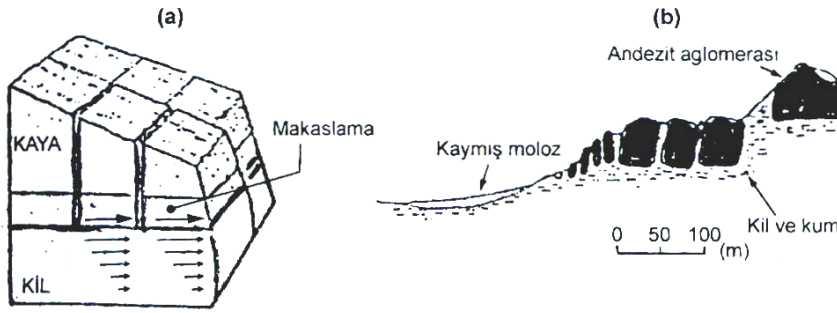
Şekil 9.(a.) Düzlemsel kayma, (b.) Kama tipi kayma ve (c.) Farklı ortamlarda gelişebilen çok yüzeyle kaymalar[5]

1.3.5. Yanal Yayılma

Bu tür duraysızlığın meydana gelmesinde, makaslama ve çekme çatlaklarının eşlik ettiği yanal bir genişleme hareketi rol oynamaktadır. İki türü bulunmaktadır.

Yanal kaya yayılması şev yumuşak bir malzemenin üzerinde yer alan daha sıkı-sert birimden oluşur. Yumuşak malzeme şevin dışına doğru plastik bir davranış sergiler ve akma şeklindeki harekete bağlı olarak alttaki sert malzeme de bloklara ayrılır ve plastik malzeme tarafından taşınarak bu harekete katılır(Şekil 10.a).

Yanal zemin yayılması bu duraysızlık türü killi, göreceli olarak zayıf ve sönümlü bir malzeme içinde yüzer konumdaki sert ve eklemli büyük kaya bloklarının bu malzeme ile birlikte yavaş bir harekete maruz kalmasını tanımlar. Yıllık hareket hızı 10-25 mm arasında değişir ve genellikle hareket kolay fark edilmez. Aşırı gözenek suyu basıncı hareketi etkileyen önemli faktörlerden biridir[5].



Şekil 10.(a.)Yanal kaya yayılması ve (b.)yanal zemin yayılması[5]

1.3.6. Karmaşık Hareketler

Birden fazla türde hareketin bir arada görüldüğü olaylara karmaşık hareketler denir. Örneğin devrilme türü bir hareket kaya düşmesine, daha sonrada kaya akmasına, kaya kayması da kaya düşmesine dönüşebilir. Killi, siltli zeminlerde meydana gelen heyelan daha sonra çamur akmasını meydana getirebilir.

1.4. Şev Stabilitesi Problemleri

Yamaçların dengesi, etki eden gerilmelerin değişmesi sonucu bozular. Gerilmelerdeki artış ve ortamın direncinin azalması denge kaybına neden olur. Kütlelerin dengesindeki değişimin bir kısmı kütleyle ait özelliklerden bir kısmı ise dışarıdan müdahale

sonucunda oluşur. Yamaç stabilitesini diğerlerinden fazla etkileyen faktörün su olduğunu göstermektedir. Örneğin, yağışlardan sonra oluşan heyelan sayısı diğer nedenlerden kaynaklanana oranla çok daha yüksektir [9]. Heyelanlar gerek doğal gerekse yapay faktörlerin etkisi altında meydana gelebilirler. Bölgenin jeolojik tarihçesi ve insan aktivitesi sonucu bölgede meydana gelen değişiklikler şevlerin dayanımının bozulmasına etki eder. Ayrıca meydana gelen depremler de kritik denge konumundaki yamacın stabilitesini bozarak kaymaya neden olabilmektedir. Şev stabilitesine etki eden en birincil faktör yerçekimi etkisidir. Heyelana uğrayan birimler diğer ana ve tali etkilerin de yardımıyla yerçekimi kuvvetinin etkisi altında hareket ederler.

Ülkemiz karayollarındaki şev göçmeleri üzerinde yapılan araştırmalarda, şev göçmelerinin birincil nedeninin su etkisi (YASS yüksekliği) olduğu belirlenmiştir. YASS etkisinden hemen sonra %37 ile ayrışma, %28 ile dik yamaç problemleri, %23 ile zemin koşulları ve %12 ile diğer nedenler sıralanmaktadır [10].

Heyelana neden olan faktörler değişik şekillerde sınıflandırılmış olup dört ana faktör şunlardır:

- Şev açısı (Topoğrafya),
- Yağış, (Yoğun yağış, Ani kar erimesi, Uzun süreli yağış)
- Tekrar aktivite kazanabilecek eski heyelan kütlelerinin varlığı
- Ana kaya ve onun üzerindeki konsolide olmamış birimlerin litolojik özellikleri[8],

Zemindeki kütle hareketleri sebepleri incelenirken kesme direnci ile kesme gerilmesinin kıyaslanması gerekir. Stabilitenin sağlanabilmesi için kesme direncinin kesme gerilmesinden büyük olması gerekmektedir. Stabilité bu yüzden iki yönüyle incelenmelidir.

- Kesme dayanımındaki azalma,
- Kesme gerilmesindeki artış [11] (Tablo 2.)

Kütle yenilmelerini tek bir nedene bağlamaya çalışmak yerine arazide çok iyi etütler yaparak nedenleri tam olarak ortaya koymak gerekmektedir. Yenilmiş olan zeminlerde ortaya konan gerçek neden, şevlerin onarımında doğru işler yapılmasını sağlar. Yeni şevler projelendirilirken, işletme aşamasında sorun yaşanması istenmiyorsa çok fazla etüt ve gözlem yapmak gerekir. Şekil 11. tipik bir heyelan planıdır.

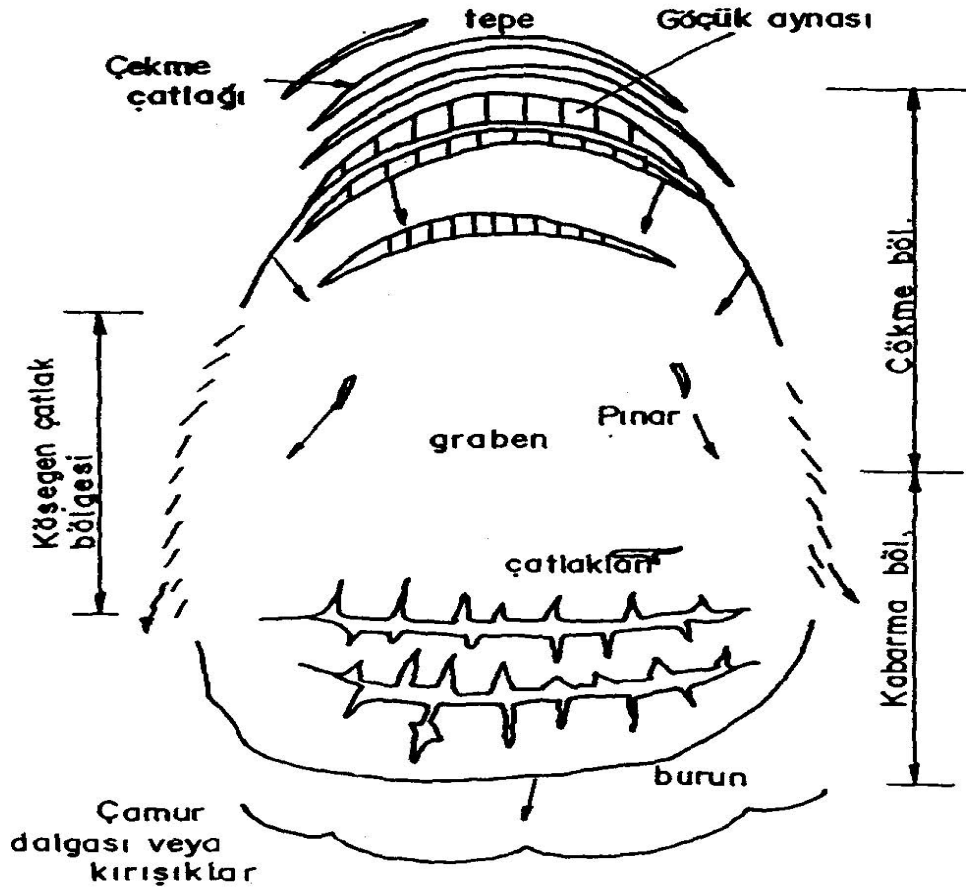
Kayma homojen killerde derin yüzeylerle, kohezyonsuz zeminlerde sığ yüzeylerle, kayalarda ise süreksizlik yüzeyinin konumuna bağlı olarak düşmeden blok kaymasına

kadar değişen şekillerde olur. Sorun çıkaran ortamlar aşırı konsolide killer ve şeyller, zayıf çimentolanmış kumtaşları, reziduel zeminler ve hızlı ayrışmaya maruz kalmış kayaçlardır. Kazı yapıldığında çok sağlam gözükken aşırı konsolide killer zamanla stabilite kaybı gösterir. Bunlara örnek; Panama kanalının yapımı sırasında büyük ve sürekli heyelanlar benzer özellikteki şeyllerde oluşmuştur. İklim-çevre koşulları ve ana kayacın özelliklerine

Tablo 2. Kütle hareketlerini etkileyen nedenler

I - Gerilme Artışı	II - Dirençte Azalma
1.Yamaç üstünde yük artışı	1.Aşınma, yıpranma
2.Topuğa yakın bölgeden malzeme kaybı	2.Süreksizlik yüzeylerinde su basıncı
3.Deprem ve diğer titreşim ivmeleri	3.Kuru ortamda ani ıslanma ve yapının bozulması
4.Boşluk veya çatlak suyu basınçlarında artış	4.Zaman ve hareket sonucu dirençte maksimumdan kalıcıya düşme
5.Çekme çatlaklarına su dolması	5.Killi matrisin şişmesi
6.Giderek kırılma olayı	6.Çatlak ve boşluklarda bulunan buz mercceklerinin erimesi
7.Yamaç dışındaki su düzeyinde düşme	7. Çimentolayıcı malzemenin yıkanması

bağlı olarak oluşma hızı değişen reziduel zeminler heyelan açısından önemli sorunlar oluştururlar. Türkiye’de bazı bölgelerde heyelanlar bu tür zeminde etkin olmakta, bitki örtüsünün azlığı çoğunlukla sorunu daha ciddi hale getirmektedir. Reziduel zeminin olduğu bölgede üstte reziduel zemin altta ayrılmış kayaç (özellikle heyelan oluşumuna neden olan bölge) ve en altta ana kayaç bulunur. Özellikle granitin ayrışma ürünlerinde heyelan sık sık görülür. Eklemlili veya Çatlaklı kayaçlar ve fissürlü zeminler, şistozite düzlemlerine sahip kayaçlar, değişken permeabiliteye sahip kayaç veya zeminler, Gravite ile taşınan ve depolanan Talus, Yamaç molozu ve heyelan depoları, suyla taşınan ve depolanan Alüvyal teraslar ve göl çökeltileri, Okyanus dalgaları ve akıntıları ile taşınan ve depolanan Kıyı çökeltileri ve Deniz killeri detaylı incelenmelidir. Bunlar dışında detay olarak heyelana neden olan faktörler; Jeolojik, morfolojik, fiziksel ve insan aktivitesi olarak ayrılabilir[12].



Şekil 11. Yamaçta heyelan özellikleri[11]

1.4.1. Şev Stabilitesine Etki Eden Nedenler

Heyelanlar iç ve dış nedenler olmak üzere ikiye ayrılmıştır[1].

Dış Nedenler;

- Şev ve yamaç eteklerinde yapılan kazılar,
- Şev ve yamaç topuklarının sular tarafından oyulması,
- Aşınma ile şev eğiminin artması, yani şev yüksekliğini (H) ve şev açısının (β)değişmesi,
- Zemine doğal ve yapay olarak ek yüklerin yüklenmesi,
- Zemin üstündeki bitki örtüsünün kaldırılması, yüzey sularının sızmasının kolaylaştırılması,
- Çatlak ve fissürlerde suların donması,
- Depremler,

- Yapay patlamalar ve sarsıntılar (dinamit patlatılması gibi) olarak verilebilir.

İç Nedenler ;

- Boşluk suyu basıncının artması,
- Şev ve malzeme kohezyonunun azalması,
- Kabarma ve şişme basınçları

Yeraltı su tablasının yükselmesi, sızma, yağış veya kar erimesi gibi sebeplerden ötürü şev zeminin su içeriğinin artmasına neden olacaktır. Zeminde artan su içeriği nedeniyle kohezyonsuz zeminlerin sürtünme direncinin azalmasına, kohezyonlu zeminlerde şişme potansiyelinden ötürü ilave gerilmelerin artmasına ve efektif kohezyon azalmasına ayrıca yeraltı suyunun yaratacağı yatay toprak basıncından ötürü kaymaya çalışan kuvvetlerin artmasına ve kayma dirençlerinin azalmasına neden olacağından şevin stabilitesi bozulacaktır[8].

Özellikle sonbahar- kış aylarındaki şiddetli yağışlardan sonra yeraltı su seviyesinin yükseleceğini diğer bir deyişle; şevin boşluk basınç oranının büyük değerler alabileceğini, daima göz önünde bulundurmalıdır. Ayrıca, çamurtaşı gibi içeriğinde kil bulunan şevler, şiddetli yağışlardan sonra kuruyarak bünyesindeki fisürleşme (ince çatlaklar) daha da yaygın hale gelebilir ve izleyen şiddetli yağış sonrasında şev stabilitesini tamamen kaybederek göçebilir. Ayrıca, çamurtaşında gözlenen ayrışmanın boyutu, başka bir deyişle “ayrışma derecesi” özellikle kayma mekanik büyüklüklerini kohezyon “ c ” ve içsel sürtünme açısı “ ϕ ” azalarak şevin stabilitesini olumsuz yönde etkiler. Diğer taraftan, şev yüzeyinde suyun dış kuvvet gibi etkilemesi stabilizeyi artırır[13]

Kar ve yağmur, yeraltı su düzeyinin değişmesine, şev malzemesinin kısmen ya da tamamen doymuş süspansiyon haline gelmesine ve dolayısıyla boşluk suyu basıncının artmasına, içsel sürtünmenin azalmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı, büyük heyelanlar şiddetli yağışlardan sonra oluşur. Yağışsız aylarda olanlar çok azdır. Ayrıca su, zeminin birim hacim ağırlığını azaltır ve ince daneli kum zeminlerde kohezyonu sağlayan yüzeysel gerilimi azaltır. Bazen de su; yağlayıcı etki yapar, ortamın kayma direncini azaltır. İçsel sürtünme açısını $2-3^\circ$ düşürür.

Su, bazen zeminin içindeki kayaçları kimyasal olarak değiştirir, ayrıştırır ve kütle direncini azaltır.

Yeraltı suları, kütle hareketlerine çeşitli yollarla etki yapar, önce boşlukları doldurur, boşluk suyu basıncı oluşur. Boşluk suyunun duraylılığa etkisi özellikle toprak barajların şevlerinde, sızıntının ve daneler arasındaki basıncın değiştiği yerlerde önemlidir [1].

Sıcaklık, zeminlerde donma ve çözülme yoluyla erozyona ve gerilme değışikliklerine sebebiyet vermektedir. Bitkiler suların kütle içerisinde uzaklaştırılmasını kolaylaştırmakta, yüzeysel akışı yavaşlatmakta ve azaltmaktadır. Bu ise kütle hareketinin erozyona uğramasını engellemektedir.

Erozyon ve yapılan kazılar şevlerin yüksekliklerini ve eğim açılarını etkilediği için şevi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu değışimler kütlede gerilme değışikliğine sebebiyet verdiği için, kütle yüzeyinde çatlamlar oluşmakta ve buradan sızan sular kütlede direncini zayıflatarak harekete geçmesine sebebiyet vermektedir.

Tanelerin biçimi kayaçların porozite, boşluk oranı, özgül ağırlık gibi fiziksel özelliklerini, içsel sürtünme açısını, sıkışabilirliklerini, basınç direnci gibi mekanik özellikler üzerinde etkili olur. Tanelerin köşeli olması içsel sürtünme açısını, sıkışabilirliğini ve boşluk oranını artırır. Buna karşılık basınç direncini azaltır. Taneleri birbirine bağlayan çimento türü ve çimentolanma derecesi denge üzerinde etkilidir[7].

Kütlelerin oluşturduğu yamaçlara, herhangi bir şekilde ilave bir yük konulması gerilme artışına sebebiyet vermekte, killi zeminlerde ise boşluk suyu basıncının artmasına neden olmaktadır. Bu yüklemeler sonucu dengede olan şev kritik bir hal alabilmektedir.

Titreşimler kütlelerin ilave gerilmeler oluşmasını sağlayarak kütlede dengesini etkilemektedir. Kütlede, kohezyon ve içsel sürtünme açısının azalmasına neden olarak zemin harekete geçmesini tetikleyebilmektedir.

1.5. Şev Stabilizasyonu ve Onarımı

Şev iyileştirilmesi yapılabilmesi için arazi etüdlerinin yeterince yapılması ve nedenlerinin ortaya konulması gerekmektedir. Şev yenilmesindeki araştırmalar dikkatlice yapılmalıdır. Gerekli jeolojik araştırmalar, harita çalışmaları, araştırma sondajları ve hendekler açılmalıdır. YASS araştırılmalıdır.

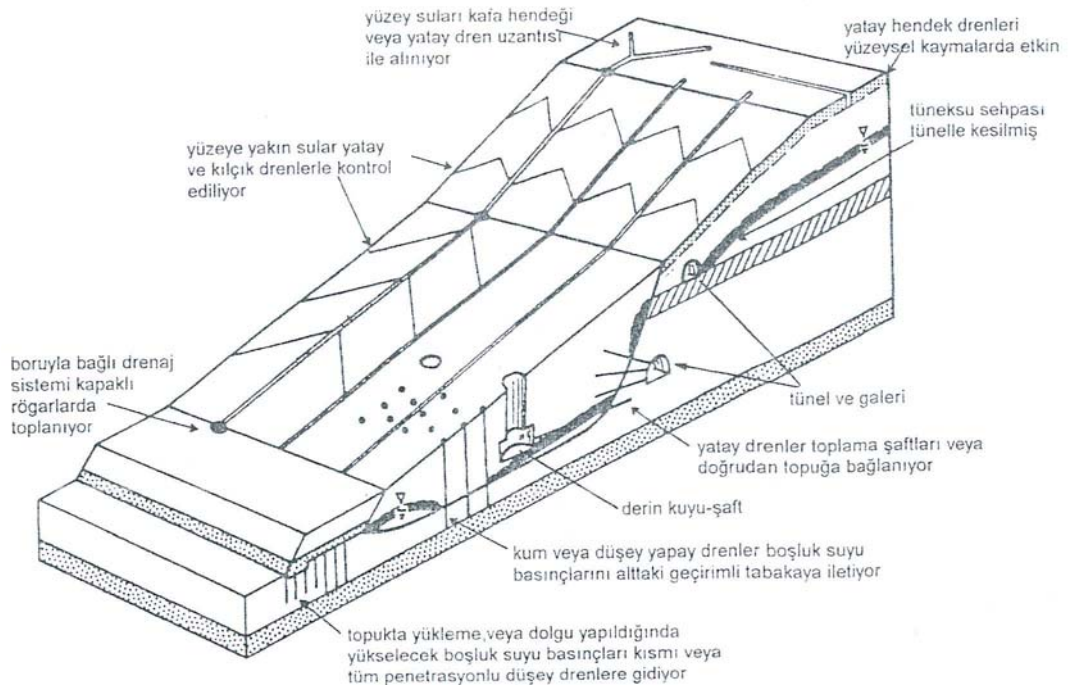
Şev stabilitesi düşünülürken, sorunlar doğru tespit edilmeli ve çözüm önerilerini iyi belirlenmelidir.

- İyileştirme sonucu sadece hareket dursun mu? Yoksa yapılaşmaya devam edilecek mi?
- Onarım için sınırlayıcı bir sürenin olup olmaması,

- Önlem alınabiliyor mu? Ulaşım sorunu var mı?
- Maliyet nedir? Maliyet yüksekse onarılmadan terk edilebili mi? Sorularının başlangıçta cevaplanması gerekmektedir [3].

Drenaj, şevlerin stabilizasyonunda ilk sorgulanan yöntemdir. Şev yenilmeleri genellikle YASS yükselmesi ve boşluk suyu basınçlarının ani değişimi sonucu oluşur. Bu nedenle genellikle YASS düşürülerek boşluk suyu basıncının azaltılması hedeflenir. Boşluk suyu basıncının azaltılması efektif gerilmeyi ve kesme dayanımını artırır. Drenaj sistemi dizayn edilirken devamlı çalışması esas alınmalıdır (Şekil 12.). Yüzey drenleri ve hendekler erozyondan etkilenirken, yer altı drenleri de siltlenme veya bakteri büyümesiyle tıkanabilir. Filtre kullanılarak siltlenme önlenir [3]. Ayrıca kimyasal madde yıkanmasıyla da bakteri tıkanması önlenir.

Yüzey Drenajı; suyun yüzeyde göllenmesinin önlenmesi ile suyun yüzey alanından uzaklaştırır. Suyu sahadan uzaklaştıracak kaplamalı kafa hendekleri ve kanalları yapılıır. Suyun birikeceği çukurlar düzenlenir. Oluşan çekme çatlaklarından suyun girişi engellenir.



Şekil 12. Drenaj sistemleri[2]

Yatay drenler; bir şevde yer altı drenajı sağlamak üzere açılan yatay sondaj kuyularına yerleştirilen delikli borulardır. Yer altı suyunun yerçekimi ile drene olabilmesi için hafif yukarı eğimli yerleştirilmelidir. Uzunlukları 30-90 m kadar olabilir. İçi delikli

sondaj burguları içinde zemine sürülürler. Burgu dışarı çekilir. Boru delik içinde kalır. Boru ile zemin arasında filtre malzemesi bulunmaz. Şevlerde alt kotlarda yapılması tercih edilir.

Düşey Drenaj Kuyuları; geçirgenliği değişken katmanların yatay olmadığı durumlarda, düşey drenler kullanılır. Kuyular açılır ve buralar filtre ölçütlerindeki malzeme ile doldurulur. Drenajın yerçekimi ile sağlanması hedeflenir. Bunun için alt kotlarda yatay drenler açılır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda özel teçhiz edilmiş derin kuyu pompaları kullanılarak su uzaklaştırılır.

Drenaj galerileri; yamaçlarda derin drenajlara gerek duyulduğunda drenaj galerisi (tüneli) kullanılabilir. Çevre koşullarının diğer yöntemleri kullanmaya izin vermediği durumlarda bu yöntem kullanılır. Galeri içinde değişik yönlerde drenaj sondajları açılabilir.

Yamaç / şev geometrisinin değiştirilmesi; yamaç geometrisini değiştirme işlemleri kazı, dolgu veya her ikisini de aynı anda uygulayarak, eğim düşürme yoluyla veya yamaç yüksekliğini azaltmak yoluyla yapılır [3]. Böylece kaydırıcı kuvvetleri azaltılmış olmaktadır. Kayma dairesi, taban ve topuk tipi ise bunun önüne dolgu yapılması faydalı olmaktadır. Dolgu için kaya gibi ağır malzeme tercih edilmelidir. Bu işlemlerin maliyeti oldukça yüksektir. Maliyet analizlerini iyi yapmak gerekir. Bazı durumlarda da şevde kazı yapılarak, altına drenaj malzemesi konulmak suretiyle dolgu olarak kullanılabilir. Şevin kademelendirilmesi işlemi, 10 m yüksekliğinde 4 m genişliğinde palyeler oluşturularak platformlar halinde yapılmaktadır. Bir şevin eğiminin azaltılması potansiyel kayma yüzeyi boyunca kesme gerilimini azaltır ve emniyet katsayısını artırır.

Kayan kütlelerin kazılıp yerine başka malzeme konulması; kayan bir kütlelerin şev hareketi sonucunda önemli ölçüde örselendiği ve kayan alanda yapılar veya yolların inşa edilmesi gerektiği durumlarda, kayan kütle tamamen kazılarak bu alanda uzaklaştırılarak başka bir malzeme ile değiştirilir. Bu işlem sırasında serilen malzemenin sıkıştırma ve drenaj işlemleri son derece önemlidir.

Yapısal Önlemler; yapısal önlemlerde direnen kuvvetler artırılarak duraylılık sağlanmaya çalışılır [3].

- Dış önlemler (Ağırlık, yarı ağırlık, yanal yüklü kazıklar, sandık ve kafes duvarlar)
- İç önlemler (Donatılandırılmış zemin)

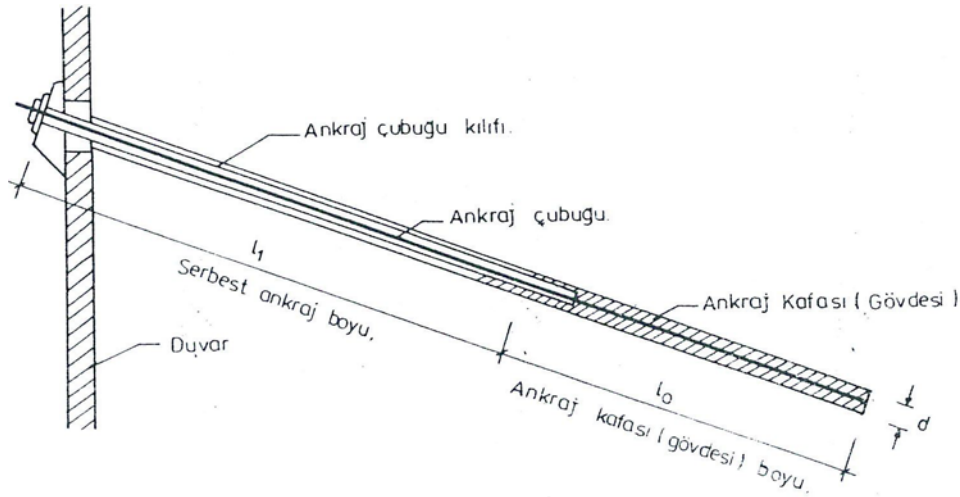
Rijit duvarlar, zeminde oluşabilecek hareket beton ağırlık duvar, betonarme duvar v.b yapılarla durdurulmaya çalışılır. Burada, belki şev, topuk heyelanında duvarı oturtacak zemin bulunabilir. Fakat taban heyelanını oturtmakta temel olarak alınacak kot kazıklı

temellerle sağlanabilmektedir. Bu tip çözümler sisteme ilave maliyet getirir. Bu yapılar tasarlanırken drenaj işleminin eş zamanlı olarak çözülmesi gerekir.

Kazıklar, şev duraylılığını geliştirmede kayan kütleyle geçerek alttaki daha duraylı zemin içine inen kazıklar kullanılabilir. Kazıklar, şevin tepesine paralel bir veya daha fazla hat üzerinde inşa edilirler. Kazıklar sağlam zemin içine kadar indirilir. Zemin özelliklerine ve kayma yüzeyi derinliğine bağlı olarak kazık araları ve uzunlukları saptanır.

Ankrajlar, düşey duvarlar olmadan kullanılabilirse de, yükleri şev yüzüne yaymak için taşıma levhaları kullanılmaktadır. Şevlerin stabilitesinin artırılmasında ankrajlardan uzun zamandan beri yararlanılmaktadır. Ankrajlı sistemler tabii yamaçlarda kullanıldığı gibi derin otopan ve demiryolu kazı şevlerinin tutulmasında da yaygın olarak uygulanmaktadır. Yamaçlarda kullanılacak ankrajların korezyona karşı muhafazası özel bir önem taşımaktadır. Şevlerin güvenliğe alınmalarında ankrajların kullanılması ekonomik ve pratik çözümler verebilmektedir [15].

Zeminin içine yerleştirilen çekmeye dayanıklı malzeme bu teknolojinin özünü oluşturmaktadır (Şekil 13.). Zemine gömülü donatı içinde oluşan çekme gerilmeleri serbest, yahut basınçlı çimento şerbeti enjeksiyonu sırasında oluşan sürtünme ile zemine aktarılmaktadır.



Şekil 13. Zemin ankrajı elemanları

Ankrajlar granüler zeminlerde 100 ton, kohezyonlu zeminlerde ise 60 tonu aşan proje yükleri taşıyabilmektedir. Bunlar 8 – 12 cm'lik bir delgi çapı ile 4-8 m'lik ankraj boyları ile sağlanabilmektedir.

- ϕ 8-12-14 cm çapında bir delgi koruma borusunun yerleştirilmesi

- Boru içine ankraj gergi elemanlarının sokulması
- Boruyla çimento şerbetinin enjekte edilmesi (Enjeksiyon sadece projesinde kuvvet aktarma bölgesi olarak belirlenen ankraj gövdesi bölgesinde yapılacaktır. [16])

Enjeksiyon yöntemleri, düşük maliyette uygulanabildiklerinden, enjeksiyon yöntemleri caziptir. Akışkan enjeksiyonlarının yapıldığı durumlarda kısa dönem etkisi şevi daha az duraylı yapacak şekilde olabilir. Ancak, enjekte edilen malzeme daha sonra sertleşir ve zemin ile etkileşime girerek özelliklerini değiştirerek zemini iyileştirir. Çimento enjeksiyonuyla, kumlu, çakıllı, bloklü zeminler sağlamlaştırılmaktadır. Tane ve parçalar çimento şerbeti ile birbirine yapıştırılmakta ve sürtünme direnci hem de kohezyonu arttırılmaktadır. Boşluk suyu basıncı oluşumu da engellenebilmektedir. Su ve çimento karışımı belirli basınçlarla zemin boşluklarına enjekte edilerek zeminin sertleştirilmesi sağlanmaktadır[3].

Kireç kazıkları, kireç ile doldurulmuş sondaj delikleridir. Kireç şerbeti kazıkları da su ve kireç karışımı ile doldurulmuş sondaj delikleridir.

Vejetasyonun rolü; Otsu odunsu vejetasyonun erozyon kontrolündeki başlıca etkileri; intersepsiyon, engelleme, geciktirme, infiltrasyon ve transpirasyonu yoluyla gerçekleşir[17].

Vejetasyon, öncelikle de odunsu bitkiler, aynı zamanda yamaç ve şevlerde kütle hareketinin, özellikle sığ kaymaların önlenmesinde yararlı olur. Bilindiği üzere, yamaç ve şev stabilitesini etkileyen faktörler genellikle ya kayma direncini azaltan faktörler ya da kayma zorlanmasını arttıran faktörlerdir.

Kökler, toprak kütle içindeki kayma zorlanmalarını kökler içindeki gerilme direncine transfer etmek suretiyle toprağa mekanik olarak destek sağlar ve onu güçlendirir.

Ayrıca, kökler vasıtasıyla toprağın rutubetinin etkisini azaltır. Ağaç gövdeleri de toprağa çakılan tahkim kazıklar gibi görev yaparak zemini destekler. Erozyona da olumlu katkısı vardır. Fakat, bitkilerin sürsarj yükünün olumsuz etkileri görülebilir[17].

Önalp, alınacak önlemleri aşağıdaki gruplar halinde ayırmıştır[2].

Yamaç/Şev Geometrisinin Değiştirilmesi

- Olası veya mevcut hareket bölgesinden kazı veya patlamayla malzeme alınması
- Malzeme alınan yere hafif gereç yerleştirilmesi
- Topuğa dolgu yapılması, gereç yüklenmesi
- Yamaç eğiminin tümüyle bölümler halinde azaltılması

Suyun Kontrolü (Drenaj)

- Alana gelen yüzey sularının uzaklaştırılması
- İçi geçirimli gereç dolgu sığ ve derin hendeklerin yapımı
- Ortam içine geçirimli kama/payanda yerleştirilmesi
- Küçük çaplı pompajlı ve pompajsız sondaj kuyuları
- Yer çekimiyle çalışan büyük çaplı drenaj kuyuları
- Düşeyden sapmış drenaj delikleri
- Drenaj tünel veya galerileri
- Vakumla su alma yöntemleri
- Sifonla drenaj
- Elektro-osmotik yoldan su alma
- Ağaç ve bitkilerle yüzey koruma ve su alma

Yapısal Önlemler

- Geleneksel dayanma duvarları
- Sandık duvarlar
- Kafes duvarlar
- Pasif kazık ve kesonlar
- Donatılı zemin sistemleri
- Betonarme perde veya iri daneli payandalar
- Düşme kontrolü için yamaç yüzeyde ağ
- Blok düşmeleri/yuvarlanmalarına karşı hendek çit ve duvarlar
- Aşınmayı önlemek için kaplama elemanları

Ortamın İyileştirilmesi (İçten Güçlendirme)

- Kaya saplamaları
- Mikrokazık sistemleri
- Zemin çivilemesi
- Ankrajlar (gergili veya gergisiz)
- İçitimi (enjeksiyon)
- Taş, kireç veya çimento kolonları
- Derin karıştırma yöntemleri
- Dondurma
- Isıtma / yakma
- Elektro-Osmotik ankraj

- Güçlü kökleri olan ağaç dikme

1.6. Heyelanlarda Kayma Dairesinin Ampirik Yöntemlerle Belirlenmesi

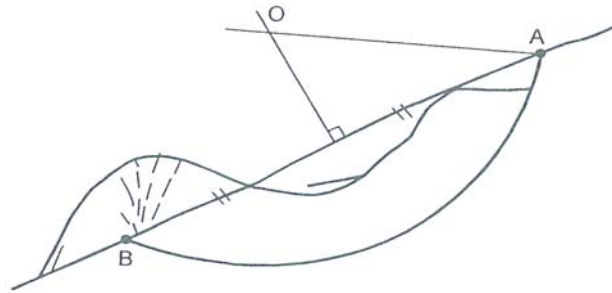
Heyelanlarda kayma dairesi arazi gözlemleri sonucunda çeşitli yöntemler kullanılarak yaklaşık olarak bulunabilir. Bu yöntemler:

- Kayma dairesi yöntemi,
- Konsantrik daire yöntemi,
- Gerilme çatlakları yöntemidir,
- Fellenius yöntemi,
- Jumikis yöntemi,
- Hoek ve Bray'in yöntemidir.

Bu yöntemlerin uygulanmasında heyelanların kayma daireleri, kaymaya ait karakteristik noktaların saptanması ve bu noktaların bir ölçek dahilinde çizimleri ile bulunur.

1.6.1. Kayma Dairesi Yöntemi

Bu yöntem ile heyelanın kayma dairesinin belirlenebilmesi için heyelanın başlangıç (A) ve topuk (B) noktalarının bulunması gerekir(Şekil 14.). Bir heyelanda başlangıç noktası açıkça görülür. Topuk noktası ise heyelanın kabarma bölgesi altındadır [14].



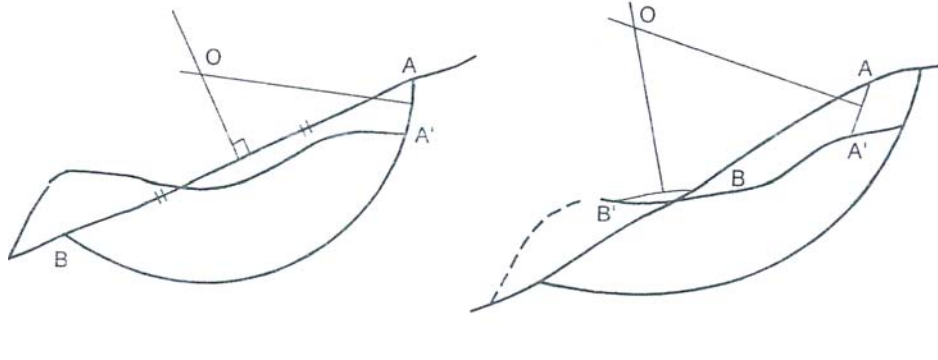
Şekil 14. Kayma dairesi yöntemi

Kabarma bölgesindeki enine çatlaklar B noktasında kesişirler. B noktası yamacın hareket etmeden önceki yüzeyi üzerinde bulunur. Bu iki özellikten yararlanarak B noktasının yeri yaklaşık olarak belirlenir. Kayma dairesinin merkezi (O), A ile B noktalarını birleştiren doğruyun orta dikmesi ile A noktasından çizilen yatay doğruyun

kesiştği noktadır. Bu nokta merkez olmak üzere OA doğrusunu yarıçap kabul eden daire heyelanın yaklaşık kayma dairesidir.

1.6.2. Konsantrik Daire Yöntemi

Konsantrik daire yöntemi ile heyelanın kayma dairesinin bulunabilmesi için kayma oluşumundan önce ve sonraki belirli noktaların saptanması gerekir. Örneğin kayan yollar, çitler veya duvarların sabit ve kaymadan sonraki durumları ortaya konur(Şekil 15.). Kayan noktalar belirlenir birinci durumda (a), kayma dairesi yolunda olduğu gibi A ve B noktaları bulunur. Bu noktaların sınırladığı doğru parçası ile kayan noktalar (A-A') arasındaki doğru parçasının orta dikmelerinin kesim noktası (O) kayma dairesinin merkezini verir. OA

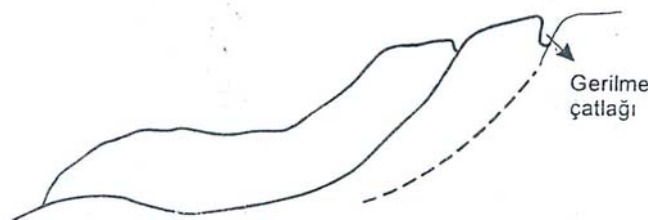


Şekil 15. Konsantrik daire yöntemi

yaraplı daire parçası kayma dairesini yaklaşık olarak belirler. O noktası ile heyelan başlangıcı arasındaki uzaklığı yarıçap kabul eden daire yaklaşık kayma dairesini oluşturur[14].

1.6.3. Gerilme Çatlakları Yöntemi

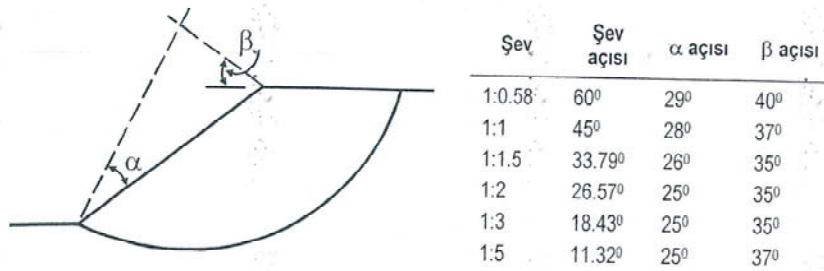
Bu yöntemde hareket eden kütlelerin tepe noktası arkasında oluşan gerilme çatlaklarının uzanımı (Şekil 16.), kayma dairesinin bulunmasında yardımcı olmaktadır[14].



Şekil 16. Gerilme çatlakları gidişinden kayma dairesi

1.6.4. Fellenius Yöntemi

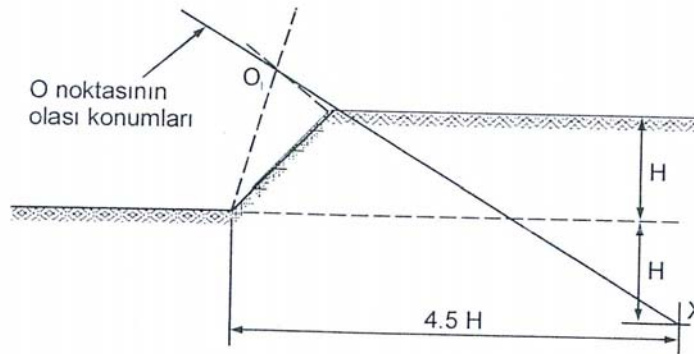
Homojen, kohezyonlu zeminlerde açılan şevlerde kritik dairenin merkezinin doğrudan tayininde kullanılan bir yöntemdir. Kritik kayma dairesinin merkezi, şevin topuk ve tepe noktalarından geçen α ve β gibi belirli iki açığa göre çizilen doğruların kesim noktasında yer alır [5]. Her iki açının değeri verilen çizelgeden şev açısının değerine göre belirlenir. Yöntem, sadece kohezyonlu zeminlerde uygulanır(Şekil 17.).



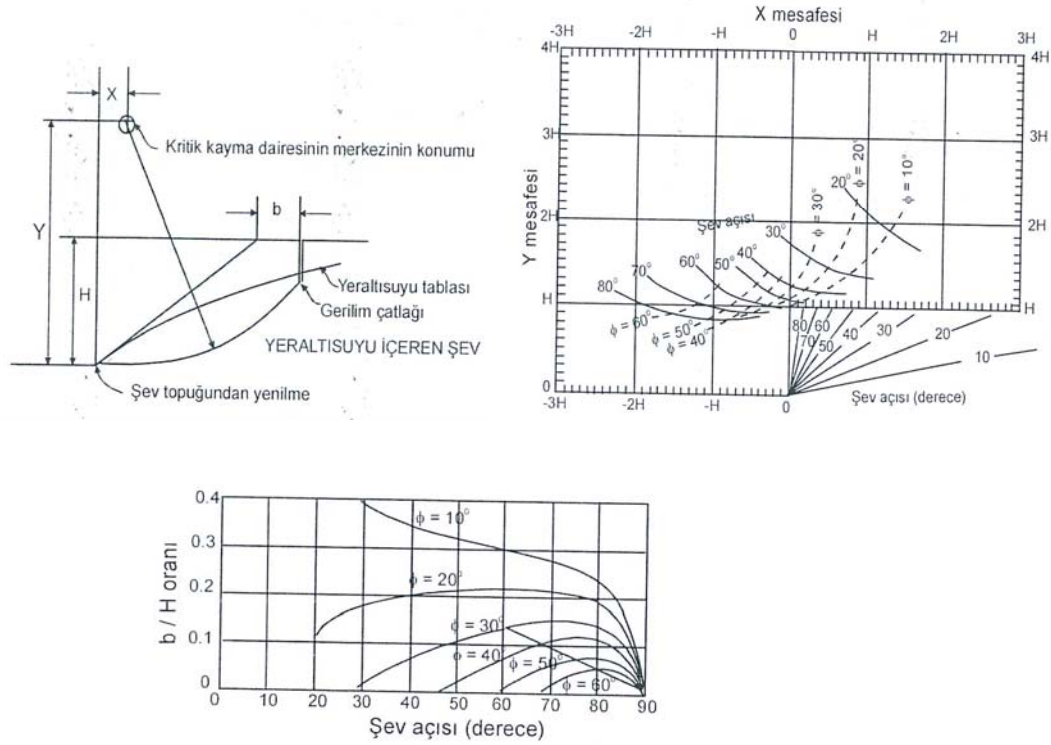
Şekil 17. Fellenius yöntemiyle kritik dairenin merkezinin tayini

1.6.5. Jumikis yöntemi

Yöntem, hem içsel sürtünmeye, hem de kohezyona sahip homojen zeminlerde uygulanabilir. İlk aşamada, Fellenius yönteminde önerildiği şekilde α ve β açıları kullanılarak O_1 noktası belirlenir. Daha sonra şevin üst yüzeyinde şev yüksekliğinin iki katı ($2H$) derinlikte ve şev topuğundan $4.5 H$ uzaklıktaki X noktası işaretlenir. Kritik dairenin merkezi olan O ve XO_1 doğrusunun uzantısı üzerinde ve O_1 noktasının arkasında yer alır [5]. Ancak bu noktanın O_1 noktasına uzaklığı, içsel sürtünme açısının değeri büyüdükçe artar(Şekil 18.).



Şekil 18. Jumikis yöntemiyle kritik dairenin merkezinin tayini



Şekil 20. Yer altı suyunun bulunduğu bir şevde kritik kayma yüzeyinin ve gerilim çatlaklarının lokasyonları tayin grafikleri[5]

1.7. Yamaç Dengesinin Hesaplama Yöntemleri

Şevlerle şekillendirilmiş zemin / kaya kütlelerinin verilen proje süresi ve yükleme koşulları (kazı ve yükleme makinelerinin taban basınçları, yapı temel yükleri, yer altı su seviyesi değişimleri, su yükleri, deprem v.b) altında denge konumlarını araştıran “stabilite analizi” zemin ve kaya mekaniğinin temel konularından biridir. Stabilite analizinde temel amaç tasarlanan şev kütlelerinin verilen işletme ve yükleme koşullarında güvenlik katsayısının belirlenmesidir. Şev stabilite analizlerinde kritik kayma yüzeyleri aranmaktadır. Bu şekilde en küçük güvenlik sayısı belirlenmeye çalışılmaktadır[13]. Bu araştırmalar yapılırken, şevleri oluşturan malzemenin cinsine göre, harekete neden olan ve direnen parametreler belirlenmelidir.

Güvenlik sayısı dengeyi koruyan kuvvet veya momentlerin, kaymayı sağlayacak kuvvet ve momentlere oranı olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Güvenlik Sayısı (F)} = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Kaydırmaya çalışan kuvvetler}} \quad (1)$$

Bu genel ifadeye uyulacak olursa, uygulamada Tablo 3.'te verilen değerler kullanılabilir. Heyelanlar ve Şev kaymalarında parametrelerin aşırı deęiŐkenlięi göz önünde tutulduğunda bunların gerçeğe yakınlığı oranında güvenlik sayılarının bire doğru düŐürülmesi dahi söz konusu olabilir.

Tablo 3. Yamaç ve Şevlerde güvenlik sayıları [11]

Őart	Güvenlik Sayısı F		
	Toplam Gerilme	Efektif Gerilme	Deprem
Dolgularda yapım sonu	1,50	-	-
Yarmalar	1,50	1,25	1,0
Barajda sızıntı	1,50	1,25	-
Barajda ani su düşmesi	1,50	1,10	-
Laboratuvar maksimum direnç	1,50	1,35	1,0
parametreleri kullanımı (peak) ile	--		
Kalıcı dirence göre		1,20	1,0
Uzun vadede duraylık		1,20	-
Yamaç üzerinde yapı bulunması	1,80	1,50	1,2
fisrl killer	-	1.50	-

Güvenlik sayısının hesaplanmasında kullanılan yöntemlerde, zemin kütlesi içinde kayma veya göçmeye neden olan normal ve kayma gerilmelerinin ortak etkisini ortaya koyan eşitlik Mohr-Coulomb eŐitlięidir.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$$

ϕ , zeminin içsel sürtünme açısı, c ise kohezyondur. Bu parametreler zeminin kayma direnci parametreleridir.

Zeminin kayma direnci (τ), kırılma anında kayma yüzeyine etki eden normal gerilme (σ), zeminin drenaj ve konsolidasyon koŐullarından etkilenen kayma direnci parametrelerine göre değişir.

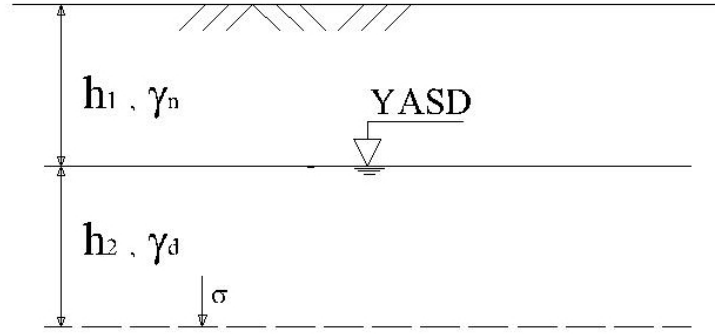
Zemin zerindeki herhangi bir kesitteki gerilme, üzerindeki zeminin ağırlığı nedeniyle meydana gelir.

σ = Toplam gerilme

σ' = Efektif gerilme (taneler arası gerilme)

U = Boşluk suyu basıncı

$$\sigma = \sigma' + u \quad (3)$$



Şekil 21. Zeminde düşey toplam gerilme

$$\sigma = \gamma_n h_1 + \gamma_d h_2 \quad (4)$$

γ_n, γ_d zeminin doğal ve doymun birim hacim ağırlığıdır.

Gerilme, birim alana uygulanan yük şiddetidir. Zemin daneli bir yapıya sahip olmasına rağmen sürekli bir ortam olarak kabul edilmektedir. Toplam düşey gerilme, üzerinde yer alan toplam malzeme ağırlığının yol açtığı basınca eşittir. Boşluk suyu basıncı (u) ise o noktada üzerindeki piyezometrik yükseklik ile suyun birim hacminin çarpımına eşittir[18].

$$u = \gamma_w Z \quad (5)$$

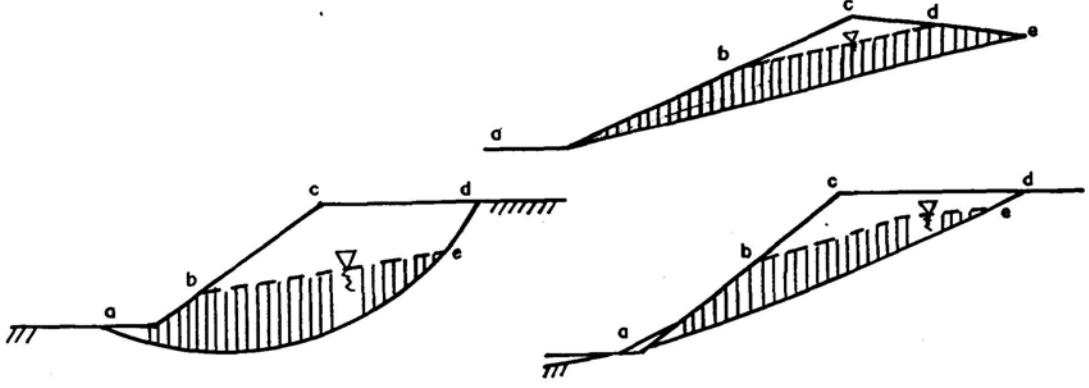
(z) piyezometrik yükseklik olup o noktaya daldırılan bir borudaki serbest su yüksekliğidir. Boşluk suyu basıncı bir noktada her yöne doğru aynı büyüklükte etkir. Efektif gerilme (σ'), toplam gerilme ile boşluk suyu basıncının arasındaki farktır. Toplam gerilmenin zemin iskeleti tarafından taşınan bileşeni olduğu kabul edilmektedir[19]. Herhangi bir noktadaki su basıncı veya nötr basınç daneleri birbirinden ayırıcı etki yapar[20].

Zeminin kayma direnci eşitliğini efektif gerilme cinsinden yazdığımızda ise eşitlik;

$$\tau' = c' + (\sigma - U)\tan \phi = c' + \sigma' \tan \phi \quad (6)$$

1.7.1 Boşluk Suyu Basıncı Katsayısı (r_u)

Boşluk suyu basıncı katsayısı, herhangi bir noktadaki boşluk suyu basıncının katman yükü eşdeğeri basınca oranıdır ($U/\gamma h$). Şekil 21. boşluk basınç oranının grafik yolla belirlenmesi görülmektedir.



$$r_u = \frac{ALAN \quad abe}{ALAN \quad abcde}$$

$$r_u = \frac{ALAN \quad abe}{ALAN \quad 2 \quad (acd)}$$

Şekil 22. Boşluk suyu basınç oranının grafik yolla belirlenmesi [11]

1.7.2. Sonsuz Yamaçta Duraylık

Şekil 22.a'da gösterildiği gibi kayan kütle için derinliği diğer iki boyutuna oranla çok küçükse çözüm sonsuz yamaç kabulü ile yapılır [11].

Kohezyonsuz zeminde, yamaç üniform boşluk suyu basıncı alacağından güvenlik sayısı;

$$F = \frac{\gamma'}{\gamma' + \gamma_w} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \quad \text{formülü ile hesaplanır. (Şekil 22.)} \quad (7)$$

Burada; γ' = Zeminin batık birim hacim ağırlığıdır.

Kohezyonlu zeminde, sızıntı kuvvetleri zeminin durumu ve geçirimsizlik katsayısına bağlı olarak yamaç eğimine paralel veya farklı eğimde oluşur.

Akımın Yamaç Düzeyine Paralel Olması Durumu

$$r_u = \frac{X}{T} \frac{\gamma_w}{\gamma} \cos^2 \beta \quad (8)$$

Şekil 22.b.'de Bu durumda boşluk suyu basıncı katsayısı olarak ifade edilir.

Akımın Farklı Eğimde Olması Durumu (Şekil 22.b.)

Yeraltı suyu yamaç yüzeyinde belirecek biçimde ise (pınar), boşluk suyu basıncı katsayısı

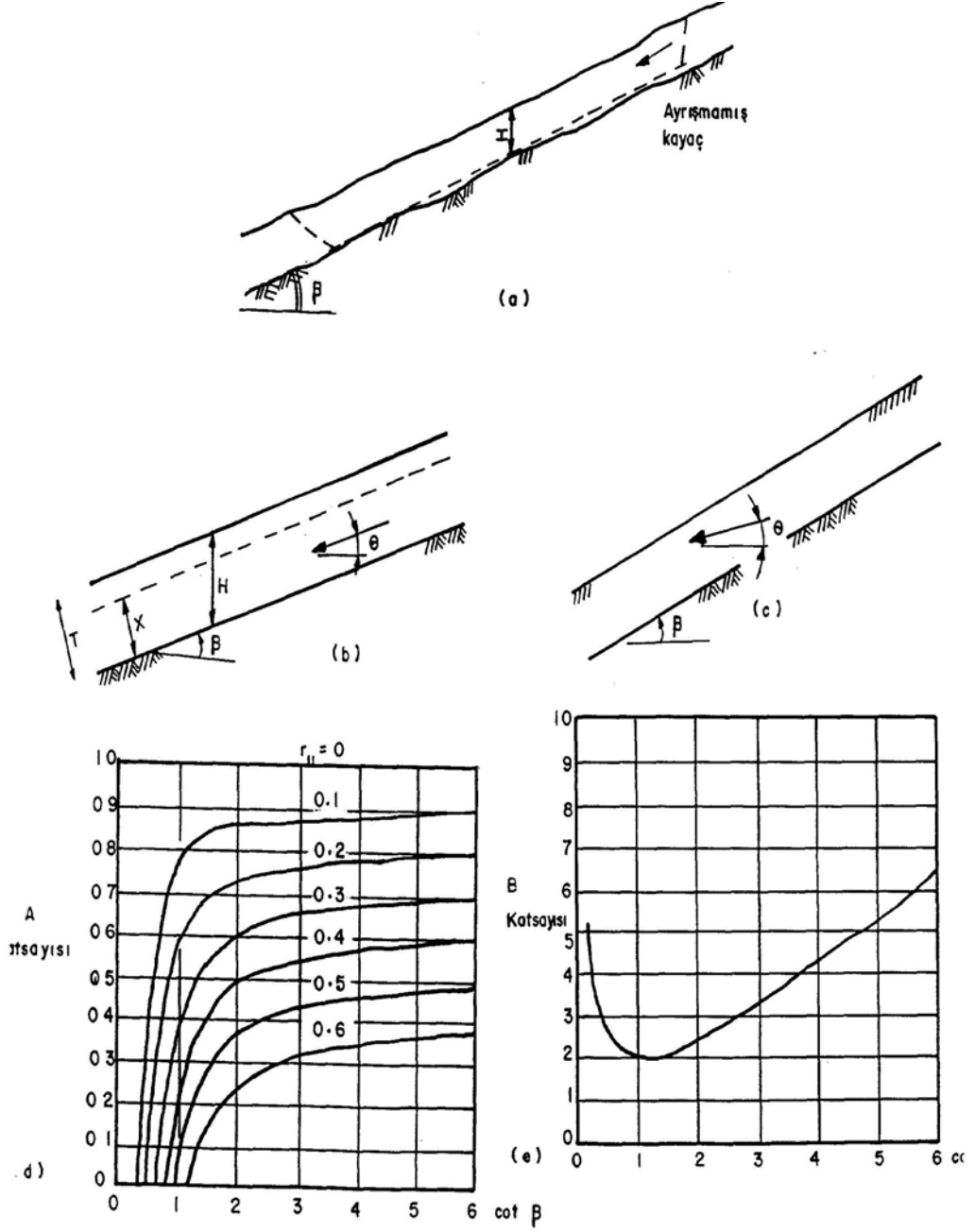
$$r_u = \frac{\gamma_w}{\gamma} \frac{1}{1 + \tan \beta \tan \phi} \quad \text{formülü ile hesaplanır.} \quad (9)$$

Yamaçta efektif gerilme analizi yapılacaksa Şekil 22.d. ve Şekil 22.e.'deki abakların kullanılmasıyla güvenlik sayısı;

$$F = A \frac{\tan \phi}{\tan \beta} + B \frac{c}{\gamma H} \quad \text{olarak hesaplanır.} \quad (10)$$

Toplam gerilme analizinde boşluk suyu basınçları alınmayacağından formüle sadece B katsayısı girer. Böylece güvenlik sayısı

$$F = \frac{\tan \phi}{\tan \beta} + B \frac{c}{\gamma H} \quad (11)$$



Şekil 23. Sonsuz yamaçta özellikler (a) Yamaç kesidi, (b) Sızıntı yamaca paralel, (c) Sızıntı yamaç dışına(pınar) ve (d) Sonsuz yamaçta duraylılık hesabı için abak[11]

1.7.3. Duraylılığın Dilim Metotlarıyla Hesaplanması

Kayma yüzeyi biçiminin düzlemden bir eğriye yönelmesi durumunda analiz, denge kaybının dairesel bir kesitte olduğu kabulüyle yapılır[11].

Adi dilim metodu; bu metotta yanıl kuvvetler bileşkesinin her diliminin tabanına paralel etkiği kabulü yapıldığından tabana, dikey kuvvetler etkimemekte böylece

güvenlik sayısı en düşük düzeyde çıkmaktadır. Bu özeliği sebebiyle diğer metotların kontrolünde kullanılabilir. Güvenlik sayısı;

$$F = \frac{\sum (W \cos \alpha - u_w \cdot 1) \tan \phi + \sum c/l}{\sum W \sin \alpha} \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (12)$$

Bu metot, kayma direnci açısının değişiklik gösterdiği ortamlarda daha gerçekçi çözüme imkan sağlar. Artan boşluk suyu basınçları, hesaplarda hata oranını yükselttiğinden kuru yamaçlarda uygulanması tercih edilmelidir.

Sadeleştirilmiş Bishop metodu; bu metotla dilimlere etkiyen yanal kuvvetlerin yatay olduğu, normal kuvvet ve ağırlığın dilim tabanının ortasına etki ettiği varsayımı yapılır (Şekil 23.a, Şekil 23.b., Şekil 23.c).

Böylece;

$$F = \frac{\sum [cb + (W - u_w \cdot b) \tan \phi] / m\alpha}{\sum W \sin \alpha} \text{ güvenlik sayısı olarak ifade edilir.} \quad (13)$$

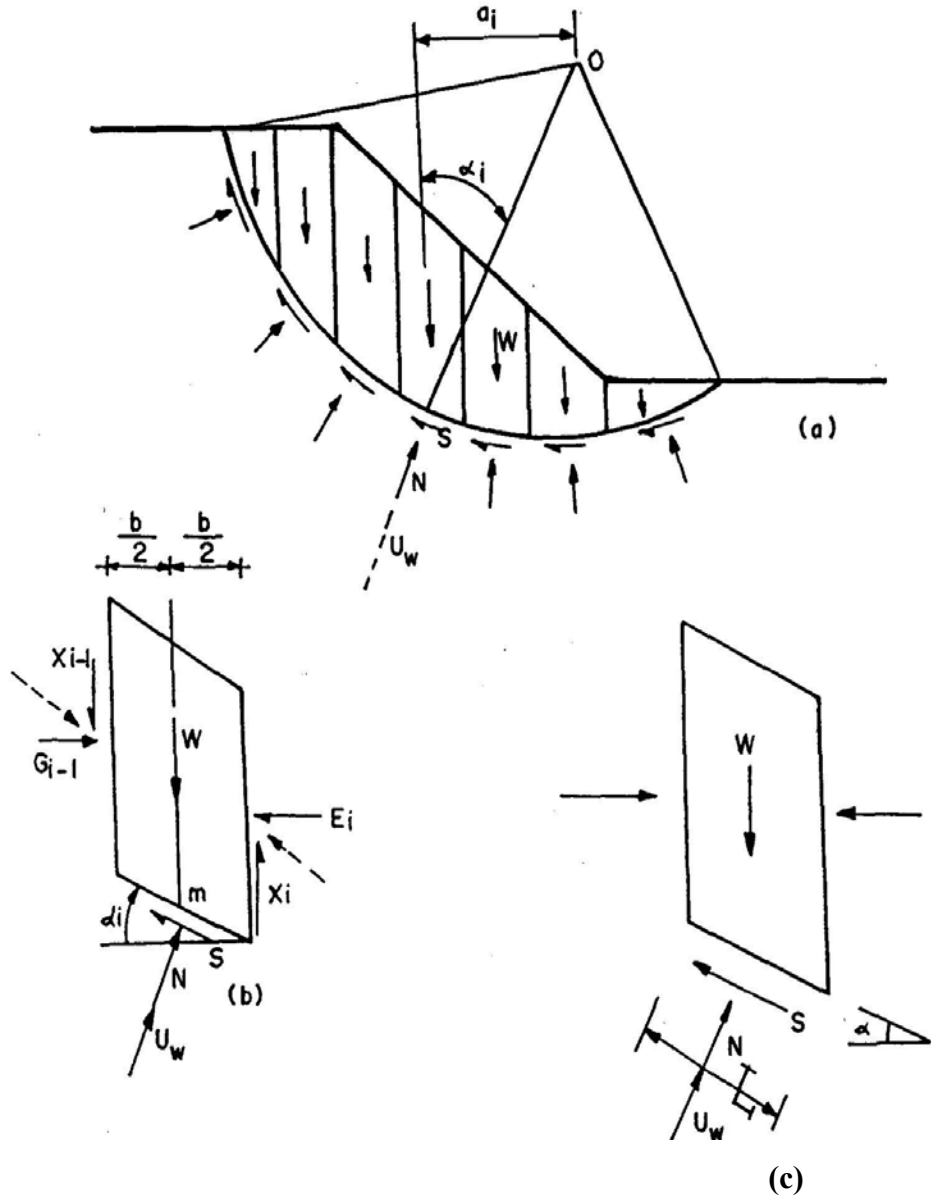
Bishop metodu kısmen batık yamaçlara uygulandığında güvenlik sayısı;

$$F = \frac{\sum [cb + (W_a + W_b - u_w \cdot b) \tan \phi] / m\alpha}{\sum (W_a + W_b) \sin \alpha} \text{ formülüyle hesaplanır.} \quad (14)$$

Burada; $m\alpha$, geometriden kaynaklanan katsayıdır ve

$$m\alpha = \left(1 + \frac{\tan \phi \tan \beta}{F} \right) \cos \alpha \text{ formülüyle ifade edilir.} \quad (15)$$

W_a ve W_b ise aynı dilimin su üzerinde kalan ve batık bölümlerinin ağırlığını göstermektedir.



Şekil 24. Dilim analizinde kuvvetler a)Yamaç kesidi b) Dilime etkiyen tüm kuvvetler c)Dilime etkiyen kuvvetler(Sade Bishop)[11]

Hesapta izlenecek yol,

- Yamaç profili, belirli bir ölçekte çizilip, zemin tabakaları ve varsa yeraltı su seviyesi gösterilir.
- Olası kayma yüzeyi belirlenir. Tek kayma yüzeyi ile gerçek güvenlik sayısı bulunamayacağından, kayma dairesi merkezi yeterli sayıda değiştirilerek hesaplanan güvenlik sayılarından minimum olanı alınır.

- Yamaç duraylılığına etkileyen faktörlerden biri de çekme çatlaklarına biriken sular olduğuna göre, çatlak genişliği ve yüksekliği belirlenmeli çatlağın oluşturduğu hidrostatik kuvvet hesaplanarak olası kayma düzlemi de buradan geçirilmelidir.

- Deneme daireleri, eşit genişlikte ve sayısı 10 civarında dilimlere ayrılır. Yamaç heterogen yapıya sahipse dilim tabanlarının tek malzemede kalmasına çalışılmalıdır.

- Dilimlere ait, kohezyon, kayma direnci açısı, birim hacim ağırlık, boşluk suyu basıncı ve çizim sonucu bulunan dilim ağırlıkları, dilim genişliği ve kayma yüzeyi eğimi Tablo 4.'de verilen şekilde düzenlenir.

Tahmini bir güvenlik sayısı seçilerek her dilim için $m\alpha$ değeri bulunur. Hesaplanan $m\alpha$ değeri formül 14'de yerine konularak gerçek güvenlik sayısı hesaplanır. Bulunan gerçek güvenlik sayısı ile tahmin edilen değer birbirine eşit çıkana kadar işlem tekrarlanır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Kürtün Baraj Gölünden Kaynaklanan Özkürtün Heyelanının İncelenmesi

2.1.1. Ön Bilgiler



Şekil 25. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Özkürtün beldesinin yaklaşık 2 km akış aşağısında Harşit Çayı üzerinde inşa edilmiş olan Kürtün Barajı ve HES İnşaatı işinde, gövde inşaatının bitirilmesi ile Şubat 2002 tarihinde DSİ'nin uyguladığı su tutma programı doğrultusunda su tutulmaya başlanmıştır. Su seviyesi 19 Nisan 2002 tarihinde 630 m kotuna ulaşmıştır. Baraj gölü seviyesinin bu kota ulaşmasından sonra da Kürtün Beldesi Merkez Camii'nden yaklaşık 500 m akış yukarıda Tirebolu-Torul Devlet Karayolunun baraj gölü tarafındaki bölümünde yaklaşık 100 m uzunlukta yay şeklinde bir çatlak belirmiştir, bu çatlak zamanla karayolu altındaki arazide de izlenmiş, bu arazi üzerinde inşa edilmiş binalarda çeşitli deformasyonlara neden olan bu hareket sonucunda açılan yay şeklindeki çatlak ile sınırlanan ve bir kütle 5 Haziran 2002 tarihinde aniden hareket ederek baraj gölüne kaymıştır. Hareket eden kütle üzerinde bulunan binalar tamamen yıkılmış, karayolunun da yaklaşık 150m'lik bölümünün göl tarafındaki şeridi tahrip olmuştur. Heyelandan sonra 630 metre olan göl kotu seviyesi 585 metreye düşürülmüştür.



Şekil 26. Karayolunun baraj gölü tarafında yaklaşık 100m uzunlukta yay şeklinde oluşan çatlak

2.1.2 Kürtün Barajı ve HES Karakteristik Bilgileri

• YERİ	: Gümüşhane İli Özkürtün Beldesinin 2 km Mansabında yer alır.
• AMACI	: Enerji
• İŞLETMEYE AÇILDIĞI YIL	: 2003
• KARAKTERİSTİKLER	
Yağış alanı	: 2 686 km ²
Yıllık ortalama su	: 829 hm ³
Tipi	: Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu
Yüksekliği (talvegten)	: 110,00 m
Yüksekliği (temelden)	: 133,00 m
Max. Su kotu ve hacmi	: 644,00 – 109,505 hm ³
Min. Su kotu ve hacmi	: 610,00 – 46,84 hm ³
Aktif hacim	: 61,40 hm ³
Kret kotu	: 650.00
Kret uzunluğu	: 300 m
Kret genişliği	: 12.00 m
Max. Su kotunda gölalanı	: 265 ha
Türbin gücü	: 2 X 40 MW
Yıllık enerji üretimi	: 198 GWh
Dolusavak deşarj Kapasitesi	: 3775 m ³ /s
Dipsavak deşarj kapasitesi	: 46,00 m ³ /s

2.1.3 İnceleme Alanının Genel Jeoloji

Özkürtün Beldesi yerleşim yerinde görülen en yaşlı birim Kretase yaşlı volkaniklerdir. Geniş alanda yayılım gösteren granodiyoritler ise tersiyerde batolit olarak yerleşmişlerdir. Bu birimleri yer yer asitik ve bazik kökenli dayklar kesmişlerdir. Bu birimlerin üzerinde değişik kalınlıklarda yamaç molozları bulunmaktadır [21].



Şekil 27. Arazide oluşan çatlaklar



Şekil 28. Özkürtün beldesinde 5 Haziran 2002 tarihinde aniden hareket eden bölge



Şekil 29. Heyelan sonucunda hareket eden evler



Şekil 30. Heyelandan sonra Özkürtün beldesinden genel bir görünüm

Volkanikler (Diyabaz, Andezit , Bazalt), yeşil, gri, boz renkli, yüzeyde ve eklem boylarınca orta derecede, derinlerde az ayrılmış oldukça sık eklemli olan bu birimlerin granodiyorit kantağına yakın kesimlerde silisleşme yaygındır. Granit batolitinin yükselimi sonucu volkaniklerdeki birincil yapılar yer yer bozulmuştur. Taze yüzeyleri ayrılmaz, sıkı, sert, çok sert özelliktedir.

Magmatikler (Granit, Granodiyorit), ince – orta taneli, taze yüzeyleri gri-açık yeşil, ayrılmış kesimleri kahve renklidir. Oldukça sık eklemli, eklem ve fay zonları boyunca orta derecede, Özkürtün Beldesinin merkez camii çevresinde ve Torul tarafındaki kesiminde çok ayrılmıştır. Granit batolitinin yükselimi çevre kayaları kontak metamorfizmaya uğratmıştır.

Yamaç Molozları, arazinin morfolojisi, birbirlerini farklı doğrultuda kesen sık eklem sistemleri ve farklı aşınım nedeniyle oluşmuştur. Yamaç molozu malzemesinin çakıl ve blok boyutları (5-50)cm arasında değişmekte olup daha sonra ayrışma ve yuvarlanma etkisiyle kum-silt boyutuna kadar incelmışlerdir. Genel dağılım olarak kil yoğun gözlenmektedir.

2.1.4. Yapısal Jeoloji

Baraj yerinde görülen en yaşlı birim Kretase yaşlı kireçtaşları ve volkaniklerdir. Kireçtaşları ve volkanikler granodiyorit batolitinin yerleşiminden etkilenmiş, orijinal durum ve dayanımlarını kaybetmişlerdir. Akabinde bütün bu birimleri kesen dayklar sokuldukları kırık hatları boylarınca kontak metaforfizma etkisi oluşturmuşlardır. Süreksizlikler daha çok K-G yönünde gelişmişlerdir.

2.1.5. Jeojolik ve Jeoteknik Harita Çalışmalar

Özkürtün Beldesinin 1 / 1000 ölçekli ayrıntılı jeoteknik harita çalışması yapılarak, yerleşim yerlerinin de üzerinde bulunduğu kesimdeki yamaç molozu kalınlığı, özellikleri, ana kayanın cinsi, ayrışma durumu ve tektonik özellikleri tespit edilmiştir. İnceleme alanın değişik yerlerinde 18 adet karotlu temel sondajı kuyuları açılmıştır. Buralardaki yamaç molozu kalınlıkları anakaya ile ilişkileri tespit edilmiştir[21].

Özkürtün beldesi yerleşim yerinin olduğu kesimdeki anakaya olan granodiyoritler genellikle orta-çok ayrılmış kaya özelliğindedir. Süreksizlik yüzeyleri az-orta ayrılmış kesimlerde (3-5) cm kalınlığında yumuşak dolgulu, (2-7)m uzunluğunda; ayrılmamış kesimlerde ise dolgusuz, yada (1-3)mm sert dolgulu pürüzlü ve (1-3)m uzunluğundadır.

Bu temel kaya üzerinde ise Merkez Camii'nde bulunduğu sırttan itibaren menba tarafa doğru karayolu ile baraj gölü arasında kalan yaklaşık 450 m uzunluktaki yamaç boyunca 36.5 m- 5.5 m arasında değişen kalınlıkta bloklu, çakıllı ve killi bir yamaç molozu örtüsü yer almaktadır.

Yamaç molozunun killi bölümlerinden alınan örnek üzerinde yapılan laboratuvar sonuçlarında likit limit =33.8, plastik limit= 24.4, plastisite indisi= 9.4, özgül ağırlık= 26.68kN/m³, permeabilite=1.41* 10⁻⁶, c= 206 kN/m², $\phi=17^\circ$ (Ek Tablo 3)

Özkürtün beldesinin karayolu ile baraj gölü arasında kalan yerleşim birimleri (30 işyeri ve 70 konuttan oluşan toplam 35 adet bina), caminin bulunduğu sırt bölgesinde ortalama 15° ve buradan itibaren menba tarafa doğru (20°-30°) topoğrafik eğime sahip yamaç üzerindeki bu kalın yamaç molozu örtüsü üzerinde inşa edilmişlerdir.

İnceleme alanında 18 adet temel sondaj kuyusu açılmış olup bu kuyuların toplam uzunluğu 402.5 metredir.

2.1.6. HSK-1 no'lu Temel Sondaj Kuyusu

Heyelan eden bölgenin taç noktasının üst tarafında, 661 m kotunda karayolu kenarında, 18 metre derinliğinde açılmıştır[21]. Açılan kuyuda;

0.00-7.20 m. Yamaç Molozu (0.00- 7.20)m ler arası çakıllı, siltli kil özelliğinde ve çakıl oranı %10 olup, kil açık sarı, kahverenkli az plastik özelliktedir.

7.20-9.00 m. Eski Alüvyon (Teras) çakıllı , siltli kum özelliğinde olup %10-20 çakıl bulundurmaktadır.

9.00-18.00 m. Granodiyorit Çok parçalı kırıklı olup, siyahımsı yeşil renkli, eklem yüzeyleri ayrılmış ve orta –sert özelliktedir. (14.00-15.00)m lerde çakıl boyutunda karot alınabilmiştir. 16.30-16.50 m.lerde muhtemel fay zonu tespit edilmiştir. Maksimum karot boyu 20 santimetredir. RQD çok düşük olup 10 cm yi geçen bir tek karot alınabilmiştir.



Şekil 31. Heyelan bölgesinde yapılan temel sondaj kuyu yerleri

2.1.7. Jeofizik Rezistivite Çalışmaları

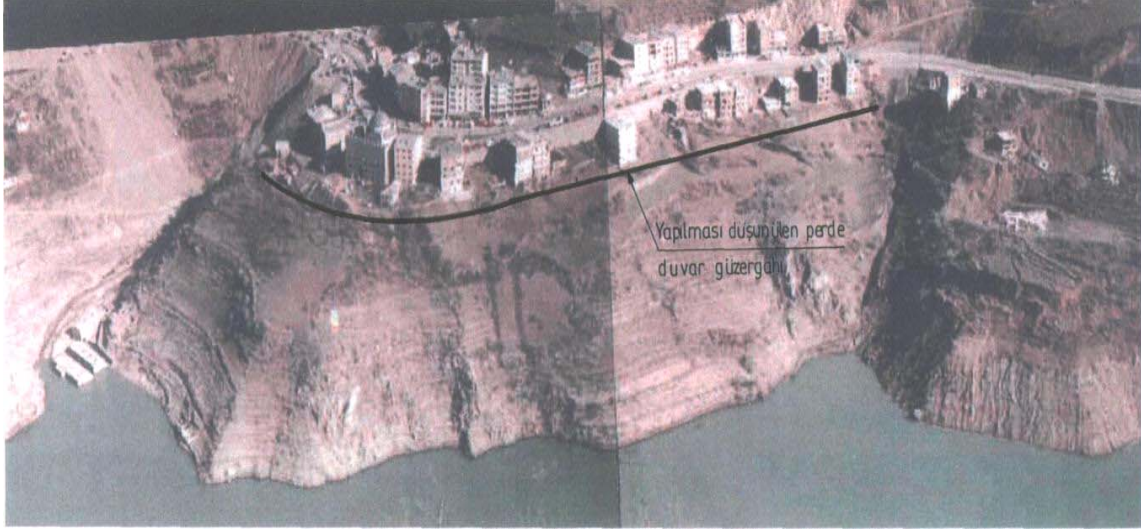
Özkürtün Beldesi'nin çeşitli yerlerinde 4 hat boyunca 76 noktada yapılan rezistivite ölçümleriyle muhtemel ana kaya topoğrafyası belirlenmeye çalışılmıştır[21]. Bu çalışmalar ve sonuçları;

A Hattı, Tirebolu-Kürtün karayolu platformunda 660.00 m kotunda alınmıştır. Toplam uzunluğu 450 m olup 20 noktada düşey elektrik sondajı yapılmıştır. Hat üzerinde güneyden kuzeye doğru gidildikçe yamaç molozu kalınlığı arttığı ve heyelan olan kısımda (A10-A20 arasında) 4.5-26.5 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.

B-C Hattı, Kürtün Barajı maksimum su seviyesi 644.00m kotunda toplam 1000m uzunluğunda olup 42 noktada düşey elektrik sondajı yapılmıştır. Yamaç molozu kalınlığı 10.0-36.0m arasında değişmektedir.

İnceleme alanında yapılan çalışmalar sonucunda karayolu ile baraj gölü arasında kalan yamacın stabilitesinin, özellikle baraj varlığı nedeniyle çok kritik olduğu anlaşılmış. Santral işletme çalışmaları sonucu baraj gölü sularının alçalıp yükselmesi ve buna bağlı olarak yamaç molozu içerisine sızacak ve daha sonra boşalacak göl sularının yamacın dengesini bozacağına karar verilmiş. Göl sularının yamaç molozu içerisine sızmasını önlemek maksatıyla fore kazıkla beraber beton perde düşünülmüş fakat kamulaştırma ile kıyaslandığında yapılmamasına karar verilmiştir[21]. Sonuç olarak DSİ yetkilileri, karayolunun alt bölümünde bulunan binaların yerinde tutmak için yapılacak çalışmaların

maliyetinin çok yüksek olacağına karar vererek; Tirebolu-Torul Devlet Karayolu altındaki evlerin ve arazilerin kamu yararı alınarak kamulaştırılmasına karar vermişlerdir.



Şekil 32. Forekazık ya da duvar yapılması düşünülen bölgenin görünüşü

2.2 Yapılan Çalışmalar

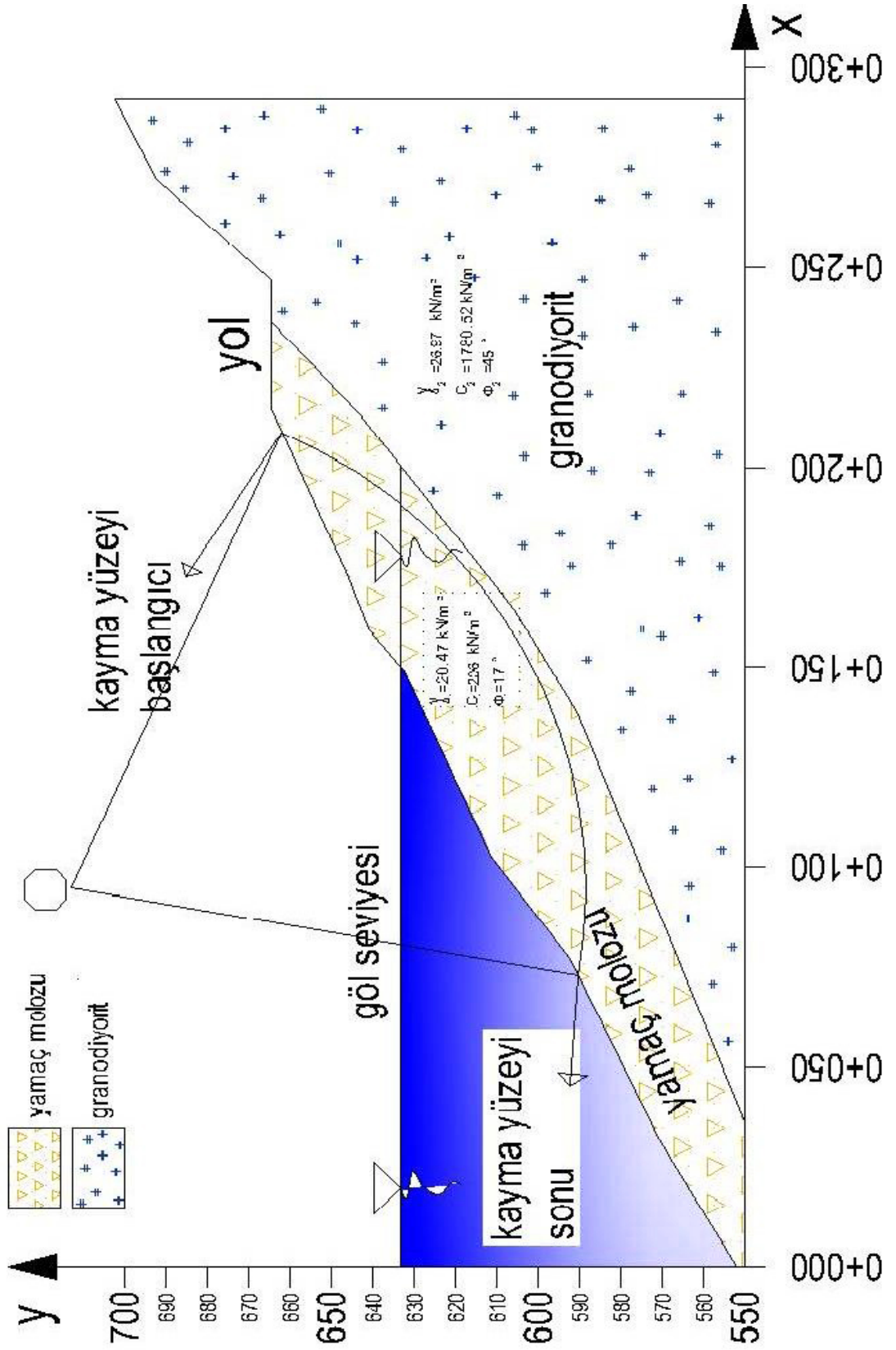
Konu ile ilgili olarak önce büro çalışması yapılmış ve çalışma planı oluşturulmuştur. Ön çalışmalar sonucunda, mevcut materyaller toplanmıştır. İlk önce 1/1000'lik heyelan sonrası harita incelenmiş ve heyelan alanının topoğrafyası belirlenmiştir. DSİ'nin heyelan bölgesi için hazırlamış olduğu "Kürtün Barajı'nın Özkürtün Beldesine Etkileri Jeoteknik Etüd Raporu" temin edilmiştir. Konunun raporda detaylı incelenmesinden sonra, arazide etüd yapmaya karar verilmiştir. İnceleme alanı yerinde gezilerek neler yapılabileceği konuları irdelenmiş, daha önce hangi incelemelerin yapıldığı araştırılmış ve gerekli tespitler yapılmıştır. Heyelan öncesi harita alımı yapılmadığı için elimizde heyelan öncesi harita olmadığı tespit edilmiştir. Bu bölge için harita çalışmaları araştırılmış İller Bankasından ve DSİ'den temin edilen haritalar (Ek Tablo 6.) bilgisayar ortamında sayısallaştırılarak heyelan öncesi haritası oluşturulmuştur.

Heyelan yerinde incelendikten sonra, nasıl oluşmuştur? Sorusu araştırılmaya başlanmıştır. Amacımız heyelanın kayma yüzeyini elde etmek, oluş nedenlerini araştırmak, zamanında önlem alınıp alınamayacağını tespit etmektir. Heyelan mekanizması incelenirken sebeplerin iyice araştırılması problemin çözümü için doğru karar verilmesini

sağlamaktadır. Bunun için jeoloji araştırılmış, elde edilen sondaj logları rezistivite bilgilerine göre jeolojik kesit oluşturulmuştur (Şekil 33.). Harita çalışmaları yapılmış, bu harita üzerinden değişik kesitler ele alınmış ve HSK-1 sondajı ile çakışan kesit hem yamaç molozu kalınlığı hem de şev açısı büyük olduğu için en kritik kesit olarak belirlenmiştir. Bu kesit çıkarılmış ve çalışmalar bu kesit üzerinden yapılmıştır. Hareket incelendiğinde, barajda su tutulmaya başlandığı tarihten sonra, göl seviyesinin yükselmesi ile heyelan bölgesinde karayolu üzerinde ve arazide önce çatlaklar oluşmuş ve daha sonra da heyelan gerçekleşmiştir. Hareketin açık sebebinin gölden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Suyun zeminin boşluk kısımlarına girmesiyle kritik kesit üzerindeki kayma gerilmesinin artmasına sebep olmuştur ki bu gerilme kaymayı zorlayıcı bir gerilmedir. Ayrıca yine su yüzünden suya doymun bölgede kayma parametreleri kohezyon ve içsel sürtünme açısının değerleri azalmıştır. Yine kayma direncinin önemli parametrelerinden efektif gerilmede de boşluk suyu basıncının artışı dolaylı azalma olmuştur. Kayma direncini oluşturan kohezyon, efektif gerilme ve içsel sürtünme açısındaki düşüş sonucunda zeminin stabilitesi bozulmuş ve zeminin hareket etmesinin ana sebebinin su olduğu anlaşılmıştır.

Bu aşamada, elde edilen kritik kesit üzerindeki değişik göl kotlarında heyelan öncesi güvenlik sayısını araştırmaya başlanılmıştır. Bu analizler için elimizde stabl88 programı mevcuttur. Bu şev değişik göl kotlarında analiz edebilmek için programda kullanılacak veriler tespit edilmiştir. Eksik veriler, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları ile giderilmiştir. Öncelikle programda kullanılacak kesit üzerinde veriler oluşturularak STABL88 programı ile şev analizi yapılmıştır. Hareket kalın yamaç molozu içerisinde olmuştur. Oluşturulan kesit üzerinde; göl seviyesinin 590 metre kotundan başlayarak her 10 metre yükseklikte 640 metre kotuna kadar analizler yapılmıştır. Heyelan öncesi analiz olarak tanımlananlar, şevde herhangi bir önlem alınmadan doğal haldeki kesit üzerinde yapılmıştır.

Programa veriler hazırlanırken, öncelikle oluşturulan kesitte zemin yüzeyi değişim gösteren noktalara göre doğru parçalarına ayrılmıştır. Bu yüzey sınırlarının önce sol sonra sağ noktalarının koordinatları programa girilmiştir. Su seviyesi, göl seviyesi kotlarında yatay alınarak programa girilmiştir. Stabl88 şev analiz programı veri girişi 2.3 nolu konu başlığa altında detaylı olarak verilmiştir. Zemin parametre değerleri birim hacim ağırlığı, kohezyon ve içsel sürtünme açısı sırasıyla programa girilmiştir. Tespit edilen zemin parametreleri Tablo 4. verilmiştir. Tabloda ikinci zemin olarak tanımlanan bölge suya doymun yamaç molozudur. Bu bölgenin kayma parametreleri 0.667 oranında azaltılmıştır [22].

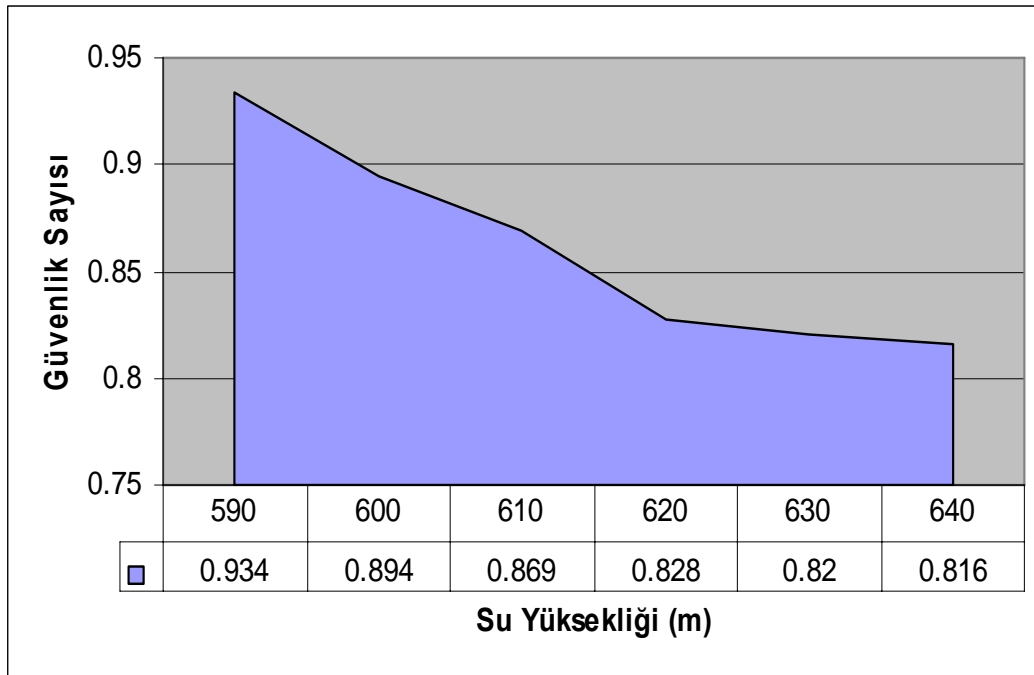


Şekil 33. Heyelan öncesi kritik kesit

Tablo 4. Analizlerde kullanılan zemin parametreleri

Zemin No	γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	Kohezyon (kN/m ²)	ϕ°
1	20.47	23.64	206	17
2	20.47	23.64	137	11.3

Stabl88 programına bu veriler girildikten sonra her kot için güvenlik sayıları elde edilmiştir. Bu güvenlik sayıları Şekil 34. verilmiştir.



Şekil 34. Heyelan öncesi şevde su yüksekliğine göre güvenlik sayısındaki değişim

Elde edilen bu sonuçlar değerlendirilirken acaba zamanında şev iyileştirilmesi yapılabilmeydi? sorusu akla gelmiştir. Çalışmalar bu noktadan sonra bu yönde olmuştur. İyileştirme çözümleri arasında bulunan duvar, ankraj ve benzer çözümlerin böyle büyük kütlelerin olduğu yerde ekonomik olmayacağı irdelenmiş ve yüksek maliyet nedeniyle uygun olmayacağına karar verilmiştir. Zeminin yamaç geometrisini değiştirecek olan kazı alternatifi kaydırıcı kuvvetleri azaltarak kayma yüzeyi boyunca kesme gerilmesini azaltmış

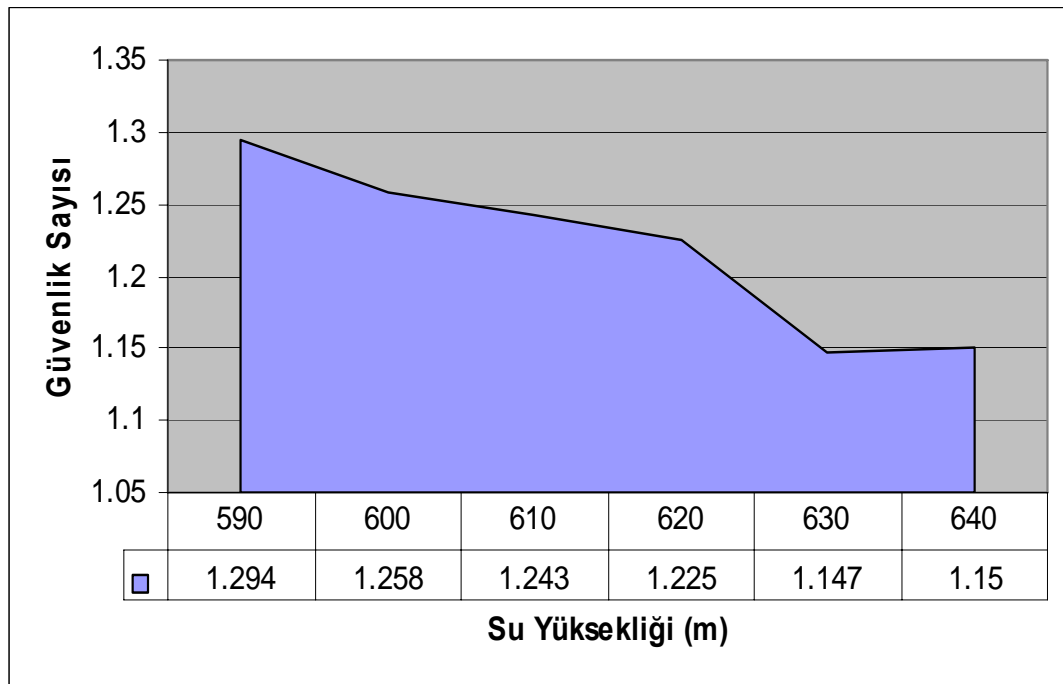
olur. Böylece kazı alternatifinin faydalı olacağı görüşü uygun bulunmuştur. Bu çözüm uygun şev açısı ile analiz edilmiştir.

Kesit üzerinde yapılan çalışmada, yolun 660 m kotunda olduğu görülmüştür. Bu kotta yola yeterince genişlik bırakılarak uygun yol platformundan sonra, şev aşağıya doğru 10 m palye yüksekliği ve 5 m palye genişliği sabit kalmak koşuluyla, üç adet şev açısı denenmiştir. 1. alternatifte 1 yatay ve 1 düşey şev eğiminde kazı kesiti oluşturulmuştur. Fakat bu eğimin çok dik olduğu ve zemin dışıyla kesişmediği, uygulama imkanı ve ekonomisinin olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 35.). Daha sonra 2. alternatifte ise 3 yatay ve 2 düşey bir şev açısı seçilmiş, yine 660 m yol kotundan aşağı inilerek elde edilen şev incelenmiştir. Bu şev uygulandığında, kesitte 1000 m² lik bir alanın kazılarak çıkarılma imkanı olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda tam 7 adet palye oluşmuştur. 660 kotundan başlayan bu şev eğimi zeminle tekrar 590 m kotlarında yüzeyle birleşmiştir. 3. kazı alternatifinde ise 2 yatay 1 düşey şev açısı çalışılmış bundan da 3 palye sonra kazının yüzeyle birleşmesi sağlanmış ve takriben 300 m² lik bir kazı kesiti elde edilmiştir. Tüm çalışmalar socunda en uygun kazı şevinin, 660 m kotundan başlayarak 3 yatay 2 düşey eğimi ile 10 m yükseklik 5m genişlik 7 adet palye ile beraber kazı kesitinin yani 2. alternatifin en uygun kazı şevi olduğu tespit edilmiştir. Buradan elde edilen kazı yüzeyi programa girilerek diğer parametrelerle beraber analiz edilmiştir.

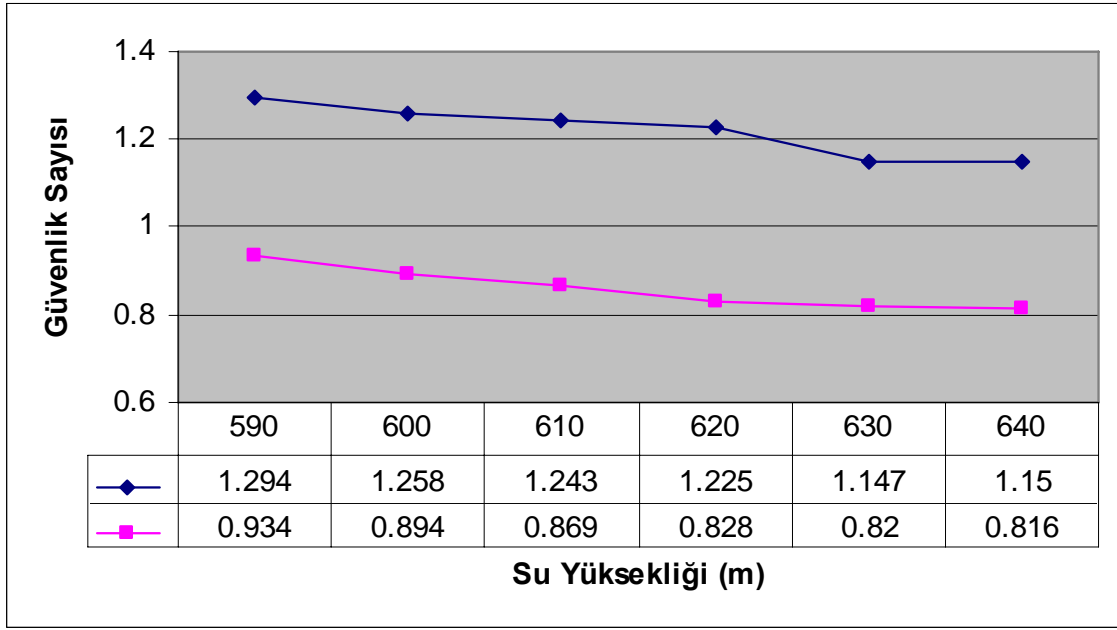
Su tutulduktan sonra ve alternatif 2'ye göre kazı yapılması halinde yine 590 m göl kotundan başlayarak su yüksekliğini 10'ar metre artırarak 640 m kotuna kadar 6 adet şev analizi yapılmış ve bu analizler sonucunda en kritik kayma yüzeyleri ve güvenlik sayıları elde edilmiştir. Bu değerler Şekil 36'da verilmiştir. Ayrıca programda elde edilen bütün analiz sonuçları orjinalleri Ek 2.'te verilmiştir.



Şekil 35. Kazı şevleri alternatifleri



Şekil 36. Şevde kazı yapıldıktan sonra su yüksekliğine göre güvenlik sayısındaki değişim



Şekil 37. İki durumun tek grafikte değişimi

2.3. Stable Programı

Stable, Amerika Birleşik Devletleri İndiana Eyaleti Karayolları Araştırma Dairesi ile Purdue Üniversitesinin birlikte hazırladıkları ve yine A.B.D. Wisconsin-Madison Üniversitesinde adaptasyonu yapılarak kullanıma sunulan bu program, şev stabilitesi için hazırlanmış Fortran IV dilinde, interact karakterde bir yazılımdır[23].

Ülkemizde özellikle Karayollarında uygulanan yarma ve dolgu şevlerinin stabilitesinin yanı sıra, DSİ Genel Müdürlüğünde baraj ve göletlerin memba ve mansap şevlerinin stabilitesi ile rezervuar sahası şev analizlerinde 1988 yılından itibaren yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca ankrajlı ve geotekstilli şevlerde de kullanıma elverişli olan STABLE, dizayn mühendislerinin sıkça başvurdukları bir programdır.

Bu programda modifiye (tadil) edilmiş Bishop metodu kullanılarak dilimler yöntemi ile güvenlik katsayıları hesaplanmaktadır. Çok sayıda kayma dairesinin inceleneceği durumlarda büyük kolaylık sağlayan bu program dairesel olmayan kayma yüzeylerinde blok veya random (düzensiz-rasgele) kayması şeklinde kullanmamıza da fırsat verir.

Aşağıda sıralanacak olan komplikasyonlar da STABLE programı ile en uygun şekilde çözülebilir. Bunlar; farklı karakterlerde zemin tabakaları, izotropik olmayan zemin kayma dayanımı özellikleri, kayma gerilmesinin ortaya çıkaracağı fazla boşluk suyu basıncı, yer altı su yüzeyi ve yüzey suyu pseudo-statik deprem yükü ve yüzeysel yüklerdir.

Ekranında çizilmiş ve dökümü yapılmış bütün girdi ve çıktıları görmek mümkün olup şayet hata varsa yine bu hatanın nerede olduğu ve hata numarası ile verilmektedir.

Çözümlemesi istenen problemin geometrisi, öncelikle uygun bir koordinat sistemi içerisinde ve düzgün karelere ayrılmış bir plana işlenmesidir. Seçilen koordinat eksenleri içinde problemin geometrisinin, ne dışarı taşması ne de çok küçük olması tavsiye edilmez. Şayet problemin herhangi bir koordinatı bu eksenlerin dışında verilirse STABLE programı hata düzeltilmediği müddetçe işlem yapmamaktadır.

İlk olarak, profili uygun bir koordinat sistemi içerisine yerleştirmek gerekir. Daha sonra zemin yüzeyi ve farklı tabakalar, gerçeğe yakın bir şekilde doğru parçaları haline dönüştürülür. İkinci olarak bu doğru parçalarına soldan itibaren önce profil yüzeyi tanımlamak kaydı ile birer numara verilip, daha sonra profil içi farklı zemin tabakaları yine soldan sağa ve yukarıdan aşağıya bir düzen dahilinde numaralanır.

İncelenecek problemde muhtemel kayma yüzeyinden geçen su yüzeyi varsa, bu su profilinin küçük parçalara ayrılarak birer doğru parçalarından oluşması istenir. Yatay doğrultuda, koordinat ekseni içerisinde kalmak kaydıyla istenilen noktaya kadar uzatılabilir. Böylece farklı eğimde olan noktaların koordinatları profil yüzeyinde olduğu gibi soldan sağa bir sıra ile X ve Y koordinatları şeklinde girilir.

Her bir zemin için aşağıdaki izotropik zemin parametreleri bulunacaktır. Bunlar; tabii birim hacim ağırlığı, doymuş birim hacim ağırlığı, kohezyon, kayma mukavemeti açısı, boşluk suyu basıncı parametresi ve boşluk basıncı katsayısıdır.

Problemimizdeki geometri uygun bir koordinat sistemine yerleştirildikten sonra, zemin yüzeyi doğru parçaları ile üzerinden geçilir. Doğru parçaları soldan itibaren başlayarak başlangıç ve bitiş noktasına birer numara verilerek bu numaraların koordinatları bir tabloda oluşturulur. Bu değerler programa girdikten sonra zemin bilgileri girilir. Daha sonra varsa yer altı su seviyesinin koordinatları girilir ve daha sonra program analiz edilir. Stable şev analiz programı veri girişi aşağıda verilmiştir.

PROFIL

İŞİN ADI(Analiz ile ilgili açıklama)

Yüzey sınırı sayısı(tamsayı)

1.Yüzey sınırının sol ve sağ noktalarının koordinatları (x,y)(feet, gerçel sayı)

2.Yüzey sınırının sol ve sağ noktalarının koordinatları (x,y) (feet, gerçel sayı)

.

SOIL(Zemin Parametreleri)

Zemin türleri sayısı(tamsayı)

Birim hacim ağırlığı (pcf, gerçel sayı)

Doygun birim hacim ağırlığı (pcf, gerçel sayı)

Kohezyon (psf, gerçel sayı)

İçsel sürtünme açısı(deg, gerçel sayı)

Zeminin boşluk basıncı parametresi (gerçel sayı)

Piyezometrik yüzey sayısı

WATER(Su yüzeyi)

Su yüzeyi sayısı (tamsayı)

Su yüzeyi nokta sayısı

Su yüzeyinin 1. noktasının koordinatı (x,y)

Su yüzeyinin 2. noktasının koordinatı (x,y)

LIMITS(Anakaya yüzeyi)

Doğru parçası sayısı(tamsayı)

1. Yüzey sınırının sol ve sağ noktalarının koordinatları (x,y) (feet, gerçel sayı)

2. Yüzey sınırının sol ve sağ noktalarının koordinatları (x,y) (feet, gerçel sayı)

.

BISHOP ANALİZİ

CIRCL2

- Başlangıç noktalarının sayısı
Her bir başlangıç noktasından üretilmiş yüzey sayısı
- Başlangıç noktasının en solunun X koordinatı(feet, gerçel sayı)
Başlangıç noktasının en sağının X koordinatı(feet, gerçel sayı)
Bitiş sınırının sol X koordinatı(feet, gerçel sayı)
Bitiş sınırının sağ X koordinatı(feet, gerçel sayı)
- Geliştirilen yüzeyin minimum yüksekliği(feet, gerçel sayı)
Belirlenmiş yüzeyin dilimlerinin boyu(feet, gerçel sayı)
Başlangıç yüzeyi için saat ibresinin ters doğrultu sınırı(deg, gerçel sayı)
Başlangıç yüzeyi için saat ibresi doğrultu sınırı (deg, gerçel sayı)

3. İRDELEME

Çalışmam, heyelan olmadan önce alınabilecek tedbirlerin olup olmadığının araştırılmasıdır. Baraj yapım aşamasındayken, özellikle heyelan sorunları nedeniyle bir çok ana ünitesinin yeri değişmiştir. Açıkta inşa edilecek olan santral ünitesi yer altına ve yine açıkta inşa edilecek olan dolusavak ünitesi tünel içerisine alınmıştır. Sağ sahil dolusavağının enerji kırıcısının üst kotlarında Çöplüce Heyelanından dolayı yük azaltılması ve ankraj uygulaması gibi pahalı önlemler alınmıştır. Zaten, heyelan eden bu bölge de baraj eksenine 2.5 km yakınlıktadır.

Barajda yukarıda belirtilen sorunlar yaşanmışken, su tutulduktan sonrada benzer sorunla göl sahasının sağ sahilindeki Özkürtün Beldesi yerleşim yerinde karşılaşılmıştır. Çalışmamda heyelannın nedeni araştırılmış ve oluşumu incelenmiş, alınabilecek önlemler irdelenmiştir. Veriler ve inceleme alanı tetkik edildikten sonra göl suyunun sevi hareket ettirdiği çok açık bir şekilde gözlenmiştir. Baraj gölünde su tutulmasının ardından; su yükseldikçe çatlaklar oluşmuş ve nihayetinde su seviyesi 630 m kotuna geldiğinde şev hareket etmiştir. Şevin göl sularının etkisinden korunması için hemen akla gelen istinad duvarı çözümü ise, yüksekliğinin yaklaşık 40 m çıkması ve uzun ankrajlarla beraber uygulanma zorluğu bu alternatifi ortadan kaldırmıştır. Uygulanabilirliği ve ekonomisi yoktur. İyileştirme çalışması araştırılırken hem ekonomi hem de uygulanabilirlik ön planda tutulmuştur. Diğer bir alternatif olarak yük azaltılması seçeneğinin irdelenmesine karar verilmiştir. Bununla zemin yükünden kaynaklanan gerilmelerin azaltılması amaçlanmıştır. Kaydırma itkisi azaltıldığı zaman, güvenlik sayısının "1" üzerinde kalıp kalmayacağı irdelenmiştir. Bu tespit yapılırken önemli parametrelerden biri de, hangi şev eğiminde bu çalışmanın yapılması gerektiği konusudur. 660 m kotundan başlayarak 3 yatay 2 düşey şev eğimi ile 10 m yüksekliğinde 5 m genişliğinde 7 adet palye oluşturulmuştur. Elde edilen bu kazı sevi suyun 590 m, 600 m, 610 m, 620m, 630 m ve 640 m kotlarında olduğu kabulüyle her seviye için analiz edilmiş ve güvenlik sayılarının "1" in üzerinde kaldığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Kürtün Barajı yapılıp su tutulduktan sonra; baraj göl sahasının sağ sahilinde yer alan Özkürtün Beldesinde, karayolunda çatlaklar oluşmuş ve çatlaklar kısa zamanda gelişerek heyelana neden olmuştur. Devlet karayolunun göl tarafındaki yerleşim yerleri boşaltılmış ve araziler kamulaştırılmıştır. Bu çalışmada heyelan eden bu bölge Stabl88 programı ile analiz edilmiş ve sonuçlar aşağıya çıkarılmıştır:

- Çatlaklar başladıktan sonra arazide DSİ tarafından etüdler yapılmıştır. Bu aşamada karotlu sondajlar, arazi deneyleri, laboratuar deneyleri, gözlemler, jeodezik ve jeofizik çalışmaları yapılmış ve jeolojik kesit elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar çalışmamızda veri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada da ilave arazi çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca kurumlardan temin edilen haritalar sayısallaştırılarak heyelan öncesi kesitler elde edilmiştir. Heyelandan önceki kritik kesit üzerinde analiz çalışmaları yapılmıştır.

- Gölde su tutulmaya başlandıktan belirli bir süre sonra, yolda ve arazide çatlamlar oluşmuştur. Su seviyesi 630 m kotuna geldiği zaman heyelan gerçekleşmiştir. Heyelan kütlesi üzerinde olan yerleşim yerleri bir gün önce boşaltıldığı için can kaybı olmamıştır. Heyelandan dolayı yaklaşık 150-200 m uzunluğundaki bir yerleşim alanı etkilenmiştir. Yine yol güzergahının bir kısmı heyelan ettiği için yol güzergahı bir miktar şev tarafına ötelenmiştir.

- Su tutulduktan sonra şevin stabilitesi bozulmuştur. Yamaç molozu içerisine sızan sular hem zemini doygun hale getirmiş hem de zemin kayma parametrelerinin düşmesine sebep olmuştur. Heyelan yamaç molozu içerisinde olmuştur.

- Yapılan analizler için ilk önce kritik zemin kesiti tespit edilmiştir. Jeolojik kesit belirlenmiştir. Heyelan öncesi durumda, su tutulmuş halde iken 590 m kotundan başlayarak 640 m kotuna kadar her 10 m'de bir şev analizleri yapılarak güvenlik sayıları tespit edilmiştir. Güvenlik sayıları, 590 m kotunda 0.934, 600 m kotunda 0.894, 610 m kotunda 0.869, 620 m kotunda 0.828, 630 m kotunda 0.820, 640 m kotunda 0.816 olarak bulunmuştur. Tüm bu değerler "1"den küçüktür. Su seviyesi yükseldikçe güvenlik sayısının düştüğü gözlenmiştir.

▪ “Yamaçta heyelandan önce kazı yapılması öngürülmüş olsaydı” seçeneği analiz edilmiştir. Üst kottan başlayarak aşağıya doğru kademelendirme, kritik kesit üzerinde yapılmıştır. Yolu bir miktar şeve doğru kaydırarak 10 m yüksekliğinde ve 5 m genişliğinde palye ile kazı kotu 660 m’den başlayarak 590 m kotuna kadar indirilmiştir. Bu durum 150-200 bin m³ lük bir kazı yapılmasına karşılık gelmektedir. Kazı kesiti elde edildikten sonra yine su seviyesi, 590 m’den başlayarak 10 m de bir 640 m kotuna kadar analiz edilmiştir. Bu durumda güvenlik sayıları, 590 m kotunda 1.294, 600 m kotunda 1.258, 610 m kotunda 1.243, 620 m kotunda 1.225, 630 m kotunda 1.147, 640 m kotunda 1.150 olarak elde edilmiştir. Tüm bu sonuçlar “1” sayısından büyüktür. Su yükseldikçe güvenlik sayısının bire yaklaştığı tespit edilmiştir.

▪ İnceleme alanında sonuçlar incelendikten sonra, kazı yapılarak oluşturulan bu çözüm önerisi, duvar ve ankraj çözümlerine göre daha uygun görülmüştür.

5. ÖNERİLER

1. Bölgemizde, bahar aylarında kar erimesi, yaz aylarında da ani yağışlar sonucunda sık sık yersel heyelanlar olmaktadır. Yamaçların çok dik olduğu bölgemizde yamaç molozları kritik dengeye yakındır. İklim, bitki örtüsündeki değişim, yeni ulaşım yolları yapılması vb. heyelan risklerini arttırmaktadır. Bu şevler dışarıdan olan küçük müdahalelere bile çok çabuk tepki verebilmekte ve can mal kaybına neden olmaktadır. Bu müdahalelerin mutlaka kontrollü bir şekilde yapılması sağlanmalıdır. Suyun ve dış müdahalelerin kritik şevlerden uzak tutulması sağlanmalıdır. Ayrıca kritik yerlerde yaşayan vatandaşlara, nakil gerekiyorsa bu sağlanmalı yoksa yağışlı periyotlardan önce uyarı yapılmalı ve önlem alınmalıdır.

2. Heyelan alanlarının mutlaka tespit edilmesi gerekmektedir. Envanter tutulmalı bu bilgiler de diğer kurumlarla paylaşılmalıdır. Heyelan bölgelerinin yerleşime açılmaması can ve mal kaybı açısından önemlidir. Bu sahalar mümkünse tarım alanları veya derin köklü ağaçlarla orman alanı olarak bırakılmalıdır.

3. Bölgemizde özellikle görev yapmakta olan büyük kamu kuruluşları, büyük su yapıları ile uğraşan DSİ, yerleşim alanlarını belirleyen İller Bankası ve yol ulaşımını sağlayan TCK ile İl Özel İdareleri özellikle çevreye olan müdahalelerini en aza indirip kritik yerlerin etüdünü iyi yapmalıdırlar. Karşılaşılabilecek sorunların irdelenip, çözüm yollarının önceden araştırılması gerekmektedir. Kamu kurumları çalışmalarını sırasındaki tespitlerini paylaşmalıdırlar.

4. Baraj göl sahalarında, yerleşim yerleri ve yol güzergahı belirlenirken yamaç molozunun gölden etkilenip etkilenmeyeceği irdelenmelidir. Ayrıca barajlarda barajın ekonomik ömrünün 45-50 yıl olarak planlandığı göz önünde tutulursa, heyelanların ölü hacmi kısa zamanda dolduracağı ve barajın işletme süresini azaltacağı aşikardır.

5. Planlama çalışmaları aşamasında benzer programlar kullanılarak hızlı bir şekilde heyelan etüdüleri analizleri yapılmalıdır. Bu sonuçlarla planlamalar uygulamaya yakın sonuçlar verebilecektir.

6. KAYNAKLAR

1. Erguvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, 1995.
2. Önalp, A. ve Arel, E., Geoteknik Bilgisi Cilt II-Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.
3. Duncan, J.M. ve Wright, S.G., Zemin Şevlerinin Duraylılığı, Kayabalı, K., Gazi Kitapevi, Ankara, 2005.
4. Gökçe, O., Demir, A. ve Özden, Ş., Türkiye'nin Heyelanlı Yerleşim Birimlerinin Dağılımı ve CBS Ortamında Sorgulama, 1. Heyelan Sempozyumu, Kasım 2006, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 24-40.
5. Ulusay, R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:38, Ankara, 2001.
6. Slope Design, Meng Final Year Project Report, School of Engineering, University of Durham, Connolly H., www.dur.ac.uk, 11 Mayıs 2007.
7. Tarhan, F., Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, 3. baskı., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2002.
8. Tunç, A., Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002.
9. Önalp, A., Geoteknik Bilgisi Cilt II, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1983.
10. Selçuk, M.E. ve Terzi, N.U., YASS'nin Drenaj Hendekleri ile Düşürülmesinin Bir Şev Duraylılığı Örneğinde İncelenmesi, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, Kasım 2005, İstanbul, 467- 474.
11. TSE 8853, Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metodları, Ankara, 1991.
12. Ünsal, N., Heyelanlar ve Kütle Hareketleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Ankara, 2005.
13. Arıoğlu, E., Tokgöz, N., Şev Stabilitesi Analizi, Evrim Yayınevi, İstanbul, 2005.
14. Şekercioğlu, E., Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:28, Ankara, 2002.
15. İncecik, M, Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi Dayanma Yapıları Semineri, Devlet Su İşleri Yayını, Cilt II, Samsun, 1987.
16. Erdemgil, M., Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi Dayanma Yapıları Semineri, Devlet Su İşleri Yayını, Cilt II, Samsun, 1987.

17. Görçeliođlu, E., Türkiye I. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, Trabzon, 1991.
18. Uzuner, B.A., Temel Zemin Mekaniđi, Teknik Yayınevi, Ankara, 1996.
19. Özaydın, K., Zemin Mekaniđi, Meva Matbaacılık, İstanbul, 1989.
20. Hotz, R.D. ve Kovacs, W.D., Geoteknik Mühendisliğine Giriş, Gazi Kitapevi, Ankara, 2002.
21. Kürtün Barajı'nın Özkürtün Beldesine Etkileri Jeoteknik Raporu, Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü, Trabzon, 2003.
22. Özudođru, K., Tan, O., Aksoy, İ.H., Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniđi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1988.
23. Diniz, A.R., Stable Bilgisayar Programı Eğitim Kitabı, Devlet Su İşleri Yayını, Konya, 1995.

Ek Tablo 3. HSK-1 nolu sondaj kuyu karot fotoğrafı



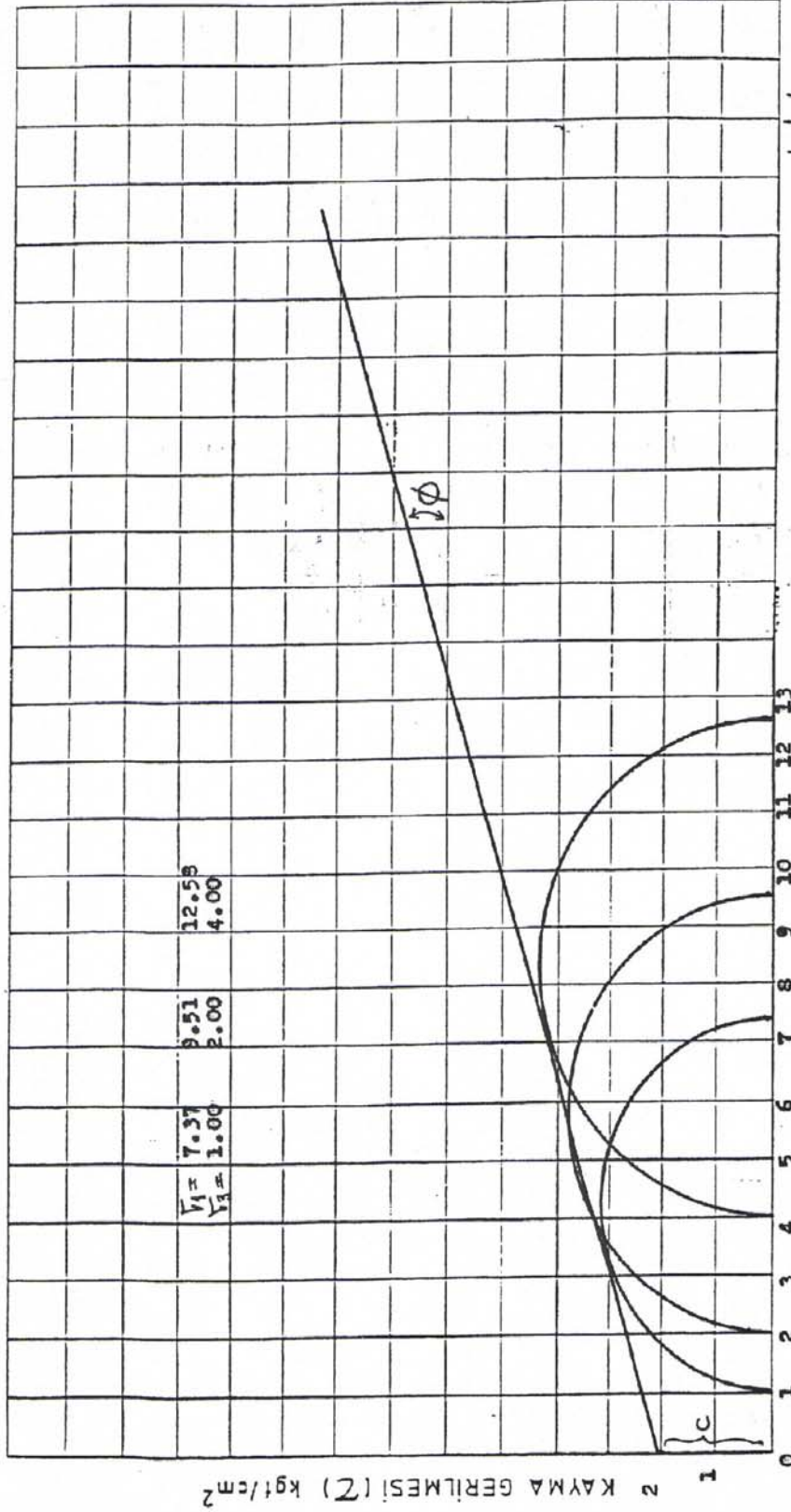
Ek Tablo 5. Deney sonuçları 2

UÇ EKSEHLİ KESME DENEYİ DEĞERLENDİRME FORMU

NUMUNESİ GÖNDEREN : JeoTek.His.ve YAB Şb.Md.LÜĞÜ

ALT OLDUĞU PROJE : ÖZMİTTİN Beldesi Kaya lan Sabası

Num No: HSK-3 Derinlik: - (UU)



SONUÇ

c = 2.10 kgf/cm²

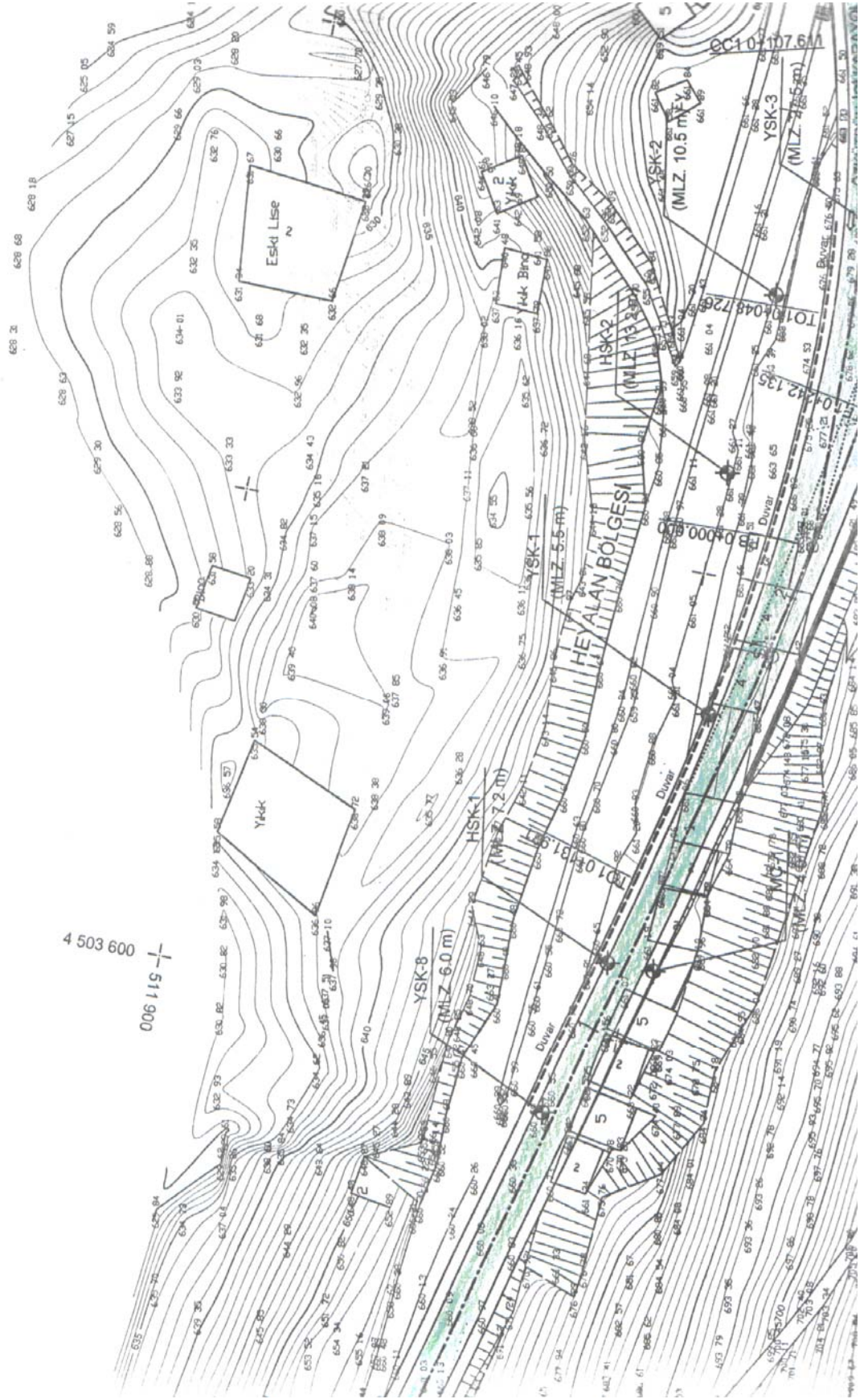
φ = 17°

γ₀ φ = *

L. K. K.

Ek Tablo 6. Heyelan bölgesinin haritası

KÜRTÜN BARAJ GÖLÜ



7.2 Ek 2 Analiz Sonuçları

Ek 2.1 Heyelan öncesi su seviyesi 590'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of Slices

Run Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: ilk590.data
Output Filename: ilk590.out

PROBLEM DESCRIPTION MEVLUT PEHLIVAN ILK

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries
10 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
End	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	246.08	1936.37	2
	3	246.08	1936.37	328.10	1998.14	1
	4	328.10	1998.14	475.75	2065.60	1
	5	475.75	2065.60	508.56	2089.91	1
	6	508.56	2089.91	557.77	2109.77	1
	7	557.77	2109.77	689.01	2167.28	1
	8	689.01	2167.28	787.44	2169.66	1
	9	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	10	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Total Saturated Cohesion Friction Pore Pressure
Piez.

Surface No.	Type	Unit Wt. (pcf)	Unit Wt. (pcf)	Intercept (psf)	Angle (deg)	Pressure Param.	Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	1935.79
2	442.94	1935.79

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries
Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.66	1869.02
3	214.65	1869.74
4	264.33	1875.43
5	313.19	1886.03
6	360.76	1901.45
7	406.55	1921.51
8	450.13	1946.04
9	491.04	1974.77
10	528.90	2007.44
11	563.32	2043.71
12	593.96	2083.22
13	620.52	2125.58
14	627.92	2140.51

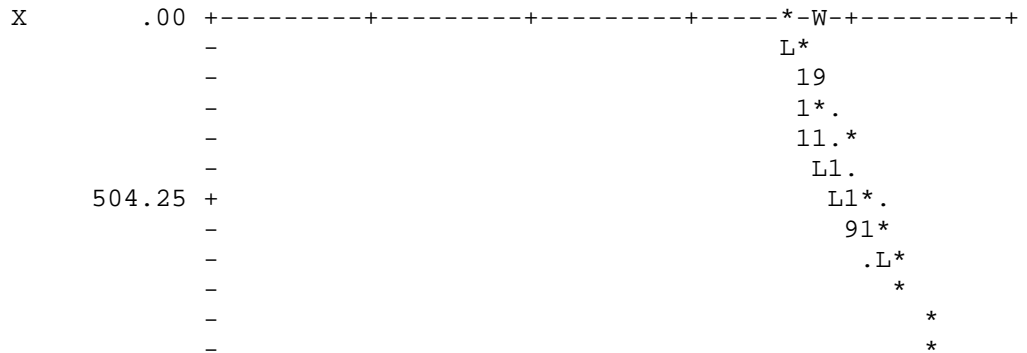
Circle Center At X = 182.4 ; Y = 2370.7 and Radius, 502.0

*** .934 ***

Y A X I S F T

2521.22

.00 504.25 1008.49 1512.73 2016.98



Ek 2.2 Heyelan öncesi su seviyesi 600'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: ilk600.data
Output Filename: ilk600.out

PROBLEM DESCRIPTION MEVLUT PEHLIVAN kurtun

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries
11 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
Bnd	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	246.08	1936.37	2
	3	246.08	1936.37	288.73	1968.60	2
	4	288.73	1968.60	328.10	1998.14	1
	5	328.10	1998.14	475.75	2065.60	1
	6	475.75	2065.60	508.56	2089.91	1
	7	508.56	2089.91	557.77	2109.77	1
	8	557.77	2109.77	689.01	2167.28	1
	9	689.01	2167.28	787.44	2169.66	1
	10	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	11	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0
1							

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	1968.60
2	500.35	1968.60

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4
Boundaries
Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.66	1869.02
3	214.65	1869.74
4	264.33	1875.43
5	313.19	1886.03
6	360.76	1901.45
7	406.55	1921.51
8	450.13	1946.04
9	491.04	1974.77
10	528.90	2007.44
11	563.32	2043.71
12	593.96	2083.22
13	620.52	2125.58
14	627.92	2140.51

Circle Center At X = 182.4 ; Y = 2370.7 and Radius, 502.0

*** .894 ***

Ek 2.3 Heyelan öncesi su seviyesi 610'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of Slices

Run Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: ilk610.data
Output Filename: ilk610.out

PROBLEM DESCRIPTION MEVLUT PEHLIVAN kurtun

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries
10 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
End	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	246.08	1936.37	2
	3	246.08	1936.37	328.10	1998.14	2
	4	328.10	1998.14	475.75	2065.60	1
	5	475.75	2065.60	508.56	2089.91	1
	6	508.56	2089.91	557.77	2109.77	1
	7	557.77	2109.77	689.01	2167.28	1
	8	689.01	2167.28	787.44	2169.66	1
	9	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	10	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2001.41
2	549.70	2001.41

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft. and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.66	1869.02
3	214.65	1869.74
4	264.33	1875.43
5	313.19	1886.03
6	360.76	1901.45
7	406.55	1921.51
8	450.13	1946.04
9	491.04	1974.77
10	528.90	2007.44
11	563.32	2043.71
12	593.96	2083.22
13	620.52	2125.58
14	627.92	2140.51

Circle Center At X = 182.4 ; Y = 2370.7 and Radius, 502.0

*** .869 ***

Ek 2.4 Heyelan öncesi su seviyesi 620'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: ilk620.data
Output Filename: ilk620.out

PROBLEM DESCRIPTION MEVLUT PEHLIVAN kurtun

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries
11 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
Bnd	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	246.08	1936.37	2
	3	246.08	1936.37	328.10	1998.14	2
	4	328.10	1998.14	410.13	2039.80	2
	5	410.13	2039.80	475.75	2065.60	1
	6	475.75	2065.60	508.56	2089.91	1
	7	508.56	2089.91	557.77	2109.77	1
	8	557.77	2109.77	689.01	2167.28	1
	9	689.01	2167.28	787.44	2169.66	1
	10	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	11	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2034.22
2	598.78	2034.22

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft. and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.66	1869.02
3	214.65	1869.74
4	264.33	1875.43
5	313.19	1886.03
6	360.76	1901.45
7	406.55	1921.51
8	450.13	1946.04
9	491.04	1974.77
10	528.90	2007.44
11	563.32	2043.71
12	593.96	2083.22
13	620.52	2125.58
14	627.92	2140.51

Circle Center At X = 182.4 ; Y = 2370.7 and Radius, 502.0

*** .828 ***

Ek 2.5 Heyelan öncesi su seviyesi 630'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: ilk630.data
Output Filename: ilk630.out

PROBLEM DESCRIPTION MEVLUT PEHLIVAN kurtun

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries
10 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
Bnd	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	246.08	1936.37	2
	3	246.08	1936.37	328.10	1998.14	2
	4	328.10	1998.14	475.75	2065.60	2
	5	475.75	2065.60	508.56	2089.91	1
	6	508.56	2089.91	557.77	2109.77	1
	7	557.77	2109.77	689.01	2167.28	1
	8	689.01	2167.28	787.44	2169.66	1
	9	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	10	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 3 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2067.03
2	475.75	2067.03
3	639.80	2067.03

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft. and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.66	1869.02
3	214.65	1869.74
4	264.33	1875.43
5	313.19	1886.03
6	360.76	1901.45
7	406.55	1921.51
8	450.13	1946.04
9	491.04	1974.77
10	528.90	2007.44
11	563.32	2043.71
12	593.96	2083.22
13	620.52	2125.58
14	627.92	2140.51

Circle Center At X = 182.4 ; Y = 2370.7 and Radius, 502.0

*** .820 ***

Ek 2.6 Heyelan öncesi su seviyesi 640'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of Slices

Run Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: ilk640.data
Output Filename: ilk640.out

PROBLEM DESCRIPTION MEVLUT PEHLIVAN kurtun

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries
10 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
Bnd	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	246.08	1936.37	2
	3	246.08	1936.37	328.10	1998.14	2
	4	328.10	1998.14	475.75	2065.60	2
	5	475.75	2065.60	508.56	2089.91	2
	6	508.56	2089.91	557.77	2109.77	1
	7	557.77	2109.77	689.01	2167.28	1
	8	689.01	2167.28	787.44	2169.66	1
	9	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	10	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2099.84
2	685.73	2099.84

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft. and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.66	1869.02
3	214.65	1869.74
4	264.33	1875.43
5	313.19	1886.03
6	360.76	1901.45
7	406.55	1921.51
8	450.13	1946.04
9	491.04	1974.77
10	528.90	2007.44
11	563.32	2043.71
12	593.96	2083.22
13	620.52	2125.58
14	627.92	2140.51

Circle Center At X = 182.4 ; Y = 2370.7 and Radius, 502.0

*** .816 ***

Ek 2.7. Kazı yapılmış su seviyesi 590'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: tr590.data
Output Filename: tr590.out

PROBLEM DESCRIPTION mev ozkurtun-kazi

BOUNDARY COORDINATES

19 Top Boundaries
19 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
End	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	251.00	1939.05	2
	3	251.00	1939.05	270.68	1939.05	2
	4	270.68	1939.05	319.90	1971.86	1
	5	319.90	1971.86	336.30	1971.86	1
	6	336.30	1971.86	385.52	2004.67	1
	7	385.52	2004.67	401.92	2004.67	1
	8	401.92	2004.67	451.14	2037.48	1
	9	451.14	2037.48	467.54	2037.48	1
	10	467.54	2037.48	516.76	2070.29	1
	11	516.76	2070.29	543.00	2070.29	1
	12	543.00	2070.29	592.22	2103.10	1
	13	592.22	2103.10	608.63	2103.10	1
	14	608.63	2103.10	657.84	2135.91	1
	15	657.84	2135.91	674.25	2135.91	1
	16	674.25	2135.91	721.82	2168.72	1
	17	721.82	2168.72	787.44	2169.66	1
	18	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1

1 19 869.47 2258.60 935.09 2292.02 1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	1935.79
2	442.94	1935.79

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4
Boundaries
Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.33	1866.13
3	214.32	1865.28
4	264.02	1870.73
5	312.64	1882.41
6	359.40	1900.12
7	403.55	1923.58
8	444.40	1952.41
9	481.29	1986.17
10	513.63	2024.30
11	540.90	2066.20
12	542.88	2070.29

Circle Center At X = 196.0 ; Y = 2260.8 and Radius, 396.0

*** 1.294 ***

Ek 2.8. Kazı yapılmış su seviyesi 600'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: tr600.data
Output Filename: tr600.out

PROBLEM DESCRIPTION mev ozkurtun-kazi

BOUNDARY COORDINATES

19 Top Boundaries
19 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
Bnd	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	251.00	1939.05	2
	3	251.00	1939.05	270.68	1939.05	2
	4	270.68	1939.05	319.90	1971.86	2
	5	319.90	1971.86	336.30	1971.86	2
	6	336.30	1971.86	385.52	2004.67	1
	7	385.52	2004.67	401.92	2004.67	1
	8	401.92	2004.67	451.14	2037.48	1
	9	451.14	2037.48	467.54	2037.48	1
	10	467.54	2037.48	516.76	2070.29	1
	11	516.76	2070.29	543.00	2070.29	1
	12	543.00	2070.29	592.22	2103.10	1
	13	592.22	2103.10	608.63	2103.10	1
	14	608.63	2103.10	657.84	2135.91	1
	15	657.84	2135.91	674.25	2135.91	1
	16	674.25	2135.91	721.82	2168.72	1
	17	721.82	2168.72	787.44	2169.66	1

	18	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	19	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	1968.60
2	500.35	1968.60

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.33	1866.13
3	214.32	1865.28
4	264.02	1870.73
5	312.64	1882.41
6	359.40	1900.12
7	403.55	1923.58
8	444.40	1952.41
9	481.29	1986.17
10	513.63	2024.30
11	540.90	2066.20
12	542.88	2070.29

Circle Center At X = 196.0 ; Y = 2260.8 and Radius, 396.0

*** 1.258 ***

Ek 2.9. Kazı yapılmış su seviyesi 610'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: tr610.data
Output Filename: tr610.out

PROBLEM DESCRIPTION mev ozkurtun-kazi

BOUNDARY COORDINATES

19 Top Boundaries
19 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
Bnd	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	251.00	1939.05	2
	3	251.00	1939.05	270.68	1939.05	2
	4	270.68	1939.05	319.90	1971.86	2
	5	319.90	1971.86	336.30	1971.86	2
	6	336.30	1971.86	385.52	2004.67	2
	7	385.52	2004.67	401.92	2004.67	2
	8	401.92	2004.67	451.14	2037.48	1
	9	451.14	2037.48	467.54	2037.48	1
	10	467.54	2037.48	516.76	2070.29	1
	11	516.76	2070.29	543.00	2070.29	1
	12	543.00	2070.29	592.22	2103.10	1
	13	592.22	2103.10	608.63	2103.10	1
	14	608.63	2103.10	657.84	2135.91	1
	15	657.84	2135.91	674.25	2135.91	1
	16	674.25	2135.91	721.82	2168.72	1
	17	721.82	2168.72	787.44	2169.66	1
	18	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	19	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2001.41
2	549.70	2001.41

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries

Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced
 Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
 and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
 and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
 At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
 Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
 First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method
 * *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.33	1866.13
3	214.32	1865.28
4	264.02	1870.73
5	312.64	1882.41
6	359.40	1900.12
7	403.55	1923.58
8	444.40	1952.41
9	481.29	1986.17
10	513.63	2024.30
11	540.90	2066.20
12	542.88	2070.29

Circle Center At X = 196.0 ; Y = 2260.8 and Radius, 396.0

*** 1.243 ***

Ek 2.10 Kazı yapılmış su seviyesi 620'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: tr620.data
Output Filename: tr620.out

PROBLEM DESCRIPTION mev ozkurtun-kazi

BOUNDARY COORDINATES

19 Top Boundaries
19 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
End	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	251.00	1939.05	2
	3	251.00	1939.05	270.68	1939.05	2
	4	270.68	1939.05	319.90	1971.86	2
	5	319.90	1971.86	336.30	1971.86	2
	6	336.30	1971.86	385.52	2004.67	2
	7	385.52	2004.67	401.92	2004.67	2
	8	401.92	2004.67	451.14	2037.48	2
	9	451.14	2037.48	467.54	2037.48	2
	10	467.54	2037.48	516.76	2070.29	1
	11	516.76	2070.29	543.00	2070.29	1
	12	543.00	2070.29	592.22	2103.10	1
	13	592.22	2103.10	608.63	2103.10	1
	14	608.63	2103.10	657.84	2135.91	1
	15	657.84	2135.91	674.25	2135.91	1
	16	674.25	2135.91	721.82	2168.72	1
	17	721.82	2168.72	787.44	2169.66	1
	18	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1

1 19 869.47 2258.60 935.09 2292.02 1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2034.22
2	598.78	2034.22

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4
Boundaries
Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced
 Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
 and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
 and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
 At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
 Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
 First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.33	1866.13
3	214.32	1865.28
4	264.02	1870.73
5	312.64	1882.41
6	359.40	1900.12
7	403.55	1923.58
8	444.40	1952.41
9	481.29	1986.17
10	513.63	2024.30
11	540.90	2066.20
12	542.88	2070.29

Circle Center At X = 196.0 ; Y = 2260.8 and Radius, 396.0

*** 1.225 ***

Ek 2.11 Kazı yapılmış su seviyesi 630'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: tr630.data
Output Filename: tr630.out

PROBLEM DESCRIPTION mev "zk rt n-kaz

BOUNDARY COORDINATES

19 Top Boundaries
19 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
Bnd	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	251.00	1939.05	2
	3	251.00	1939.05	270.68	1939.05	2
	4	270.68	1939.05	319.90	1971.86	2
	5	319.90	1971.86	336.30	1971.86	2
	6	336.30	1971.86	385.52	2004.67	2
	7	385.52	2004.67	401.92	2004.67	2
	8	401.92	2004.67	451.14	2037.48	2
	9	451.14	2037.48	467.54	2037.48	2
	10	467.54	2037.48	516.76	2070.29	2
	11	516.76	2070.29	543.00	2070.29	2
	12	543.00	2070.29	592.22	2103.10	1
	13	592.22	2103.10	608.63	2103.10	1
	14	608.63	2103.10	657.84	2135.91	1
	15	657.84	2135.91	674.25	2135.91	1
	16	674.25	2135.91	721.82	2168.72	1
	17	721.82	2168.72	787.44	2169.66	1
	18	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	19	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2067.03
2	639.80	2067.03

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries

Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced
 Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
 and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
 and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
 At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
 Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
 First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.33	1866.13
3	214.32	1865.28
4	264.02	1870.73
5	312.64	1882.41
6	359.40	1900.12
7	403.55	1923.58
8	444.40	1952.41
9	481.29	1986.17
10	513.63	2024.30
11	540.90	2066.20
12	542.88	2070.29

Circle Center At X = 196.0 ; Y = 2260.8 and Radius, 396.0

*** 1.147 ***

Ek 2.12 Kazı yapılmış su seviyesi 640'daki analiz sonuçları

** PCSTABL5 **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of SlicesRun Date: 1.1.2007
Time of Run: 11.11
Run By: MP
Input Data Filename: tr640.data
Output Filename: tr640.out

PROBLEM DESCRIPTION mev ozkurtun-kazi

BOUNDARY COORDINATES

19 Top Boundaries
19 Total Boundaries

Type	Boundary	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Soil
Bnd	No.	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	Below
	1	.00	1804.55	114.84	1873.27	2
	2	114.84	1873.27	251.00	1939.05	2
	3	251.00	1939.05	270.68	1939.05	2
	4	270.68	1939.05	319.90	1971.86	2
	5	319.90	1971.86	336.30	1971.86	2
	6	336.30	1971.86	385.52	2004.67	2
	7	385.52	2004.67	401.92	2004.67	2
	8	401.92	2004.67	451.14	2037.48	2
	9	451.14	2037.48	467.54	2037.48	2
	10	467.54	2037.48	516.76	2070.29	2
	11	516.76	2070.29	543.00	2070.29	2
	12	543.00	2070.29	592.22	2103.10	2
	13	592.22	2103.10	608.63	2103.10	2
	14	608.63	2103.10	657.84	2135.91	1
	15	657.84	2135.91	674.25	2135.91	1
	16	674.25	2135.91	721.82	2168.72	1
	17	721.82	2168.72	787.44	2169.66	1
	18	787.44	2169.66	869.47	2258.60	1
	19	869.47	2258.60	935.09	2292.02	1

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Piez. Surface No.	Soil Type No.	Total Unit Wt. (pcf)	Saturated Unit Wt. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (psf)
1	1	130.2	150.4	4301.1	17.0	1.00	.0
1	2	130.2	150.4	2867.4	11.3	1.00	.0

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 62.40

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (ft)	Y-Water (ft)
1	.00	2099.84
2	685.73	2099.84

1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 4 Boundaries

Of Which The First 4 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (ft)	Y-Left (ft)	X-Right (ft)	Y-Right (ft)
1	114.84	1801.07	442.94	1932.83
2	442.94	1932.83	524.96	1979.11
3	524.96	1979.11	680.81	2099.84
4	680.81	2099.84	754.63	2169.25

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

25 Surfaces Initiate From Each Of 4 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 114.84 ft.
and X = 246.08 ft.

Each Surface Terminates Between X = 508.56 ft.
and X = 787.44 ft.

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 ft.

50.00 ft. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

**** ERROR - RC11 ****

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

* *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (ft)	Y-Surf (ft)
1	114.84	1873.27
2	164.33	1866.13
3	214.32	1865.28
4	264.02	1870.73
5	312.64	1882.41
6	359.40	1900.12
7	403.55	1923.58
8	444.40	1952.41
9	481.29	1986.17
10	513.63	2024.30
11	540.90	2066.20
12	542.88	2070.29

Circle Center At X = 196.0 ; Y = 2260.8 and Radius, 396.0

*** 1.150 ***

ÖZGEÇMİŞ

Mevlüt PEHLİVAN, 1971’de Trabzon’da doğdu. İlkokulu Kanuni Sultan Süleyman İlkokulunda bitirdikten sonra orta öğrenimini Cumhuriyet Ortaokulu ve Trabzon Lisesinde tamamladı. 1989 yılında kazanmış olduğu İ.T.Ü İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 1993 yılında İzzettin Silier Seçkin Öğrenci ödülüyle mezun oldu. Aynı yıl Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Dairesinde inşaat mühendisi olarak göreve başladı. 1996 yılında Kürtün Barajı ve HES inşaatına kontrol mühendisi olarak atandı. 1997 yılı sonunda DSİ 22. Bölge Müdürlüğü Barajlar ve HES şubesine atandı. 2003 yılı Kasım ayında çalıştığı kurumun Proje ve İnşaat Şubesine Şube Müdürü olarak atandı. 2005 yılı sonunda atandığı Bölge Müdür Yardımcılığı görevini halen sürdürmektedir. İngilizce bilmektedir.

PEHLİVAN, evli ve iki çocuk babasıdır.