

K.B.İ. MURGUL ÇAKMAKKAYA VE DAMAR SAHALARINDA BİLGİSAYAR DESTEKLİ ŞEV STABİLİTE ANALİZİ

COMPUTER ASSISTED SLOPP STABILITY ANALYSIS IN
ÇAKMAKKAYA AND DAMAR FIELDS OF K.B.İ.
MURGUL COPPER MINE

E.NASUFC»)

N.BİLGİN (•)

Ş. ESKİKAYA (»)

H. ÇOPUR (**)

R.KONT(»»*)

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Şev Stabilitesi, Bilgisayar, Karadeniz Bakır İşletmeleri, K.B.İ.

ÖZET

Bu çalışmada, Karadeniz Bakır İşletmeleri (K.B.İ.) Murgul Madeni'nde yer alan Çakmakkaya ve Damar Bakır Sahaları'ndaki şevlerin stabilitesi araştırılmıştır. Öncelikle, Çakmakkaya sahasında Mart 1989'da meydana gelen heyelanın nedenleri araştırılmış ve daha sonra Çakmakkaya ve Damar sahalarındaki mevcut şevler ile gelecekte ocakların ilerleme yönünde oluşturulacak şevlerin stabiliteyi araştırılmıştır. Araştırmalar arazi, laboratuvar ve bilgisayar çalışmaları olmak üzere üç aşamada yapılmıştır.

ABSTRACT

In this study, the stabilities of the slopes in Çakmakkaya and Damar Copper Fields in KB.1. Murgul Mine are investigated. Firstly, the causes of the slope failure occurred in Çakmakkaya Field in March 1989 are investigated and then, the stabilities of the existing slopes and the future slopes which will be arranged towards the direction of the mine operations are examined. This study is carried out at three stages as the field, laboratory and computer studies.

- * Prof. Dr., I.T.Ü. Maden Fakültesi Maslak, İSTANBUL
- ** Araş. Gör., I.T.Ü. Maden Fakültesi, Maslak, İSTANBUL
- *** K.B.İ. Genel Müdürü, ANKARA

1.GİRİŞ

Karadeniz Bakır İşletmeleri (K.B.İ.) Murgul Açık Ocakları, Kuzeydoğu Anadolu'da yer almaktadır (Şekil. 1). Murgul'da bulunan Çakmakaya ve Damar bakır sahaları, ortalama %0.95Cu tenörlü toplam 47 milyon ton rezerve sahiptir. Bölgede işlenmiş cevherden bakır ve pirit konsantresi, blister bakır ve sülfürkasiit üretilmektedir.

Murgul Çakmakaya Açık Ocak sahasında Mart 1989'da tüm madencilik faaliyetlerini etkileyen büyük bir heyelan meydana gelmiştir. Heyelan esnasında yaklaşık 1 milyon m³ toprak kayması olmuş, bir ekskavatör ve bir delici toprak altında kalmış, can kaybı olmamıştır. Bu çalışmada öncelikle meydana gelen bu heyelanın nedenleri araştırılmış, daha sonra Çakmakaya ve Damar sahalarında mevcut olan şevler ile gelecekte ocakların ilerleme yönünde oluşturulacak şevlerin stabiliteeleri araştırılmıştır. Söz konusu araştırmalar arazi, laboratuvar ve bilgisayar çalışmaları olmak üzere üç aşamada yapılmıştır (ESKİKAYA,Ş.,1992).

Temmuz 1991'de yapılan arazi çalışmalarının ilk aşamasında, Mart 1989'da Çakmakaya bölgesinde meydana gelen heyelanın nedenlerini ve tipini belirlemek amacıyla arazideki kayaçların konumları ve yeraltısuyunun durumu gözlemlenmiştir. İkinci aşamada, Çakmakaya sahasının Dikkaya bölgesinde ve Damar sahasının Yeşiltepe bölgesinde, hakim ana çatlakların belirlenmesi amacıyla çatlak eğim ve doğrultu ölçümleri yapılmıştır. Arazi çalışmalarının son aşamasında ise mevcut şevlerden ve ileride şev oluşturulacak yerlerden örselenmemiş kayaç numuneleri alınmıştır.

Araziden alınan örselenmemiş kayaç numuneleri, fiziksel ve mekanik özelliklerin tesbiti için İT.Ü.Maden Fakültesi laboratuvarlarına götürülmüştür. Burada, kaya mekaniği ve zemin mekaniği laboratuvarlarında numunelere çeşitli testler uygulanmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından sonra, Çakmakaya sahasında heyelan olan bölgedeki şevlerin stabilitesi, bilgisayar yardımıyla araştırılmıştır. Bu amaçla REAME isimli bir bilgisayar paket programı kullanılmıştır. (HUANG, Y.H.,1983). Bilgisayar yardımıyla yapılan şev stabilite analizi şu çalışmaları içermektedir:

*Arazi çalışmalarının yapıldığı tarih olan Temmuz 1991'deki mevcut topoğrafik koşullarda şevlerin stabilite analizi

* Çeşitli yük hafifletme koşullarında şevlerin stabilite analizi.

2.BÖLGENİN JEOLJİSİ

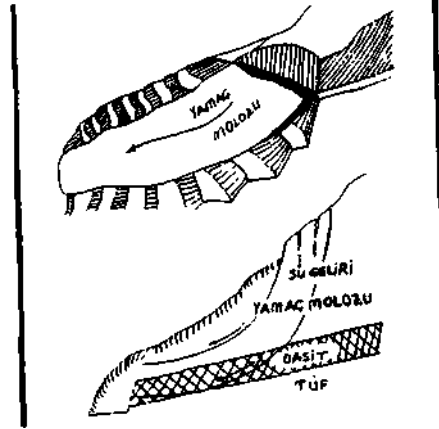
Murgul civarı, Alp Orojenizi ile etkilenmiş olan panditlerin kuzeydoğu kenarındadır. Bu civarda en eski kayalar Artvin-Yusufeli arasında Çoruh vadisi boyunca görülen paleozoik yaşlı metamorfiklerdir. Bunları kesen granitler, kuvvetli denizaltı volkanizmasıyla oluşan kretase-üstkretase yaşlı formasyonlarla örtülmüşlerdir. Bu volkanizmayla oluşan birimler aşağıdan yukarıya doğru alt bazik seri, alt dasitik seri, üst bazik seri ve üst dasitik seri'dir. Bu seriler kuvars diyorit, granodiyorit, granit vb. gibi intruzitlerle kesilmiştir (M.T.A.,1988).

3.ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazi çalışmalarının ilk aşamasında, Mart 1989'da Çakmakaya bölgesinde meydana gelen heyelanın nedenlerini ve tipini belirlemek amacıyla arazideki kayaçların konumları ve yeraltısuyunun durumu gözlemlenmiştir. Gözlemler esnasında, heyelana ait gerilme çatlaklarından sızan yağmur sularının tüf ve dasit kayaçlarının kontak zonu boyunca kaynaklar halinde yeryüzüne çıkarak tabii bir drenaja maruz kaldığı ve bu durumun şevlerdeki yeraltısuyu seviyesini düşürdüğü görülmüştür. Dolayısıyla tüf-dasit kontak zonu boyunca bir zayıflık düzlemi oluşmaktadır. Bölgede topuk görevi yapan arazi parçasının

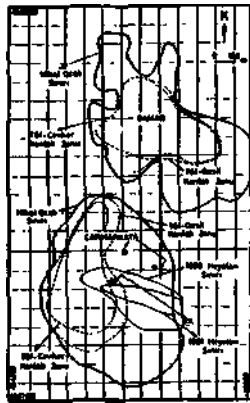


Şekil. I. KBİMurgul Bakır Ocaklarının Yeri

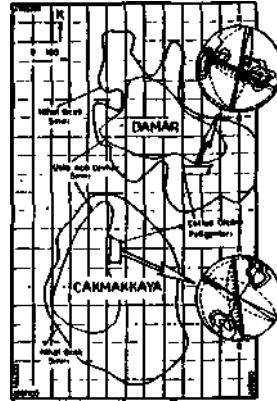


Şekil.2. 1989'da Çakmakkaya'da Olan Heyelanın Şematik Görünüşü

üretim ve dekapaj çalışmaları esnasında alınması, tuf üzerinde yer alan ayrılmış dasit ve bitki örtüsünden oluşan "yamaç molozu" ve "dasit" kayalarının, tuf-dasit kontak zonundaki zayıflık düzlemi boyunca kaymasına neden olmuştur. Bu kaymanın taban heyelanı tipinde dairesel bir kayma olduğu sonucuna varılmıştır. Çakmakkaya bölgesinde meydana gelen bu heyelanın şematik bir görünümü Şekil.2'de verilmiştir. Şekil.3'de ise heyelanın odugu Mge ve arazi çalışmaları esnasında yapılan topografik ölçümler sonucu ortaya çıkan tuf-dasit kontak zonuun mostrası, açık ocak planı üzerinde görülmektedir.



Şekil.1. Açık Ocak Planı Üzerinde Heyelan Bölgesi *e Tuf-Dasit Kontak Zonu



Şekil.2. Açık Ocak Planı Üzerinde Çatlak Otenno Yandan BOfelei ve İlgili Steronetlerin Ozel Gotünümü

Arazi çalışmalarının ikinci aşamasında, bölgedeki bakım ana çatlakların belirlenmesi amacıyla gelecekte şev oluşturulacak Çakmakkaya sahasının Dikkaya bölgesinde ve Damar sahasının YeşUtepe bölgesinde dasit ve tuf kayaların üzerinde çatlak doğrultu ve eğim ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları bilgisayar yardımıyla değerlendirilmiştir. İlgili bilgisayar programına girilen verilerin steronetleri çizdirilmiştir. Buna göre bölgede hakim iki ana çatlak takımı belirlenmiştir. Çakmakkaya sahası Dikkaya bölgesi için birinci ve ikinci

ana çatlak takımlanmn doğrultu ve eğimleri sırasıyla (K45B/76GB) ve (K53B/70KD)'dir. Damar sahası Yeşiltepe bölgesi için birinci ve ikinci ana çatlak takımlanmn doğrultu ve eğimleri sırasıyla (K8D/30KB) ve (K14D/72GD)'dir. Şevlerin stabilitesine hakim çatlak takımlanmn etkisini araştırmak amacıyla, çatlak takımlanmn oluşturduğu arakesit vektörlerinin eğim ve doğrultulan bulunarak, bölgelerdeki dasit ve tuf içinde bulunan basamak şevlerinin eğim ve doğrultulan ile karşılaştırılmıştır. Ana çatlak takımlanmn arakesit vektörlerinin eğimleri yaklaşık 90° civarındadır. Mevcut basamakların şev açılan ise Çakmakaya bölgesi için 65-70° arasında ve Damar bölgesi için 70-75° arasındadır. Bu arada 4.Bölüm'de anlatılacak olan dasit ve tuf ün geomekanik özellikleri de gözönünde bulundurulduğu zaman, tuf ve dasit üzerindeki mevcut basamak şevlerinde çatlak takımlanndan kaynaklanan hiç bir stabilite problemi olmadığı söylenebilir. Dasit ve tuf üzerindeki basamakların şev açılan artırılabilir, ancak bir emniyet tedbiri olarak mevcut basamak şev açılanmn korunmasının daha doğru olduğu söylenebilir. Şekil.4'de çatlak ölçümü yapılan bölgelerin yerleri ve ilgili steronetler ocak planı üzerinde gösterilmektedir.

Arazi çalışmalarının üçüncü ve son aşamasında sahadaki kayaçların geomekanik özelliklerinin tesbiti için Çakmakaya sahasında açık ocağın ilerleme yönünde bulunan, ilerde şev stabilitesi problemi olabilecek Dikkaya ve Ormantepelerden ve ayrıca Damar sahasında bulunan Yeşiltepe bölgesinde mevcut şevlerin bulunduğu yerlerden örselenmemiş kayaç numuneleri alınmıştır. Bu numuneler daha sonra I.T.Ü.Maden Fakültesi'ne gönderilmiştir.

4.LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Sahadan alınan örselenmemiş kayaç numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kaya mekaniği laboratuvarında bazı standart deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarının ortalamaları Tablo, 1'de verilmiştir. Sahada bulunan yamaç molozu ve altere tuf ü tane boyutuna göre sınıflandırmak amacıyla zemin mekaniği laboratuvarında standart elek ve hidrometre analizleri yapılmıştır. Sonuçta yamaç molozu'nun %36 çakıl, %31 kum, %27 silt ve %4 kil'den oluştuğu; altere tuf ün ise %7 çakıl, %57 kum, %32 silt ve %4 kil'den oluştuğu görülmüştür.

Tablo. 1.Murgul Açık Ocaklan'ndaki Kayaçların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Keyuç Tipi	BirimHacim Ağırlığı (to/a*)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Çetine Dayanımı (kg/cm ²)	Kesme Dayanımı (kg/cm ²)	(İsel Sort Açısı	EhstJsite ModifiH
Ahrece Mor Dasit	2.58	33*	40	58	52	47500
Mor Dnıl	264	620	75	107	52	86300
YesiJ Dasit	Z60	477	65	89	50	37420
Cevher	245	655	78	113	52	52300
Tül	●	404	39	63	55	-

5.BİLGİSAYAR YARDIMIYLA ŞEV STABİLİTESİNİN İNCELENMESİ

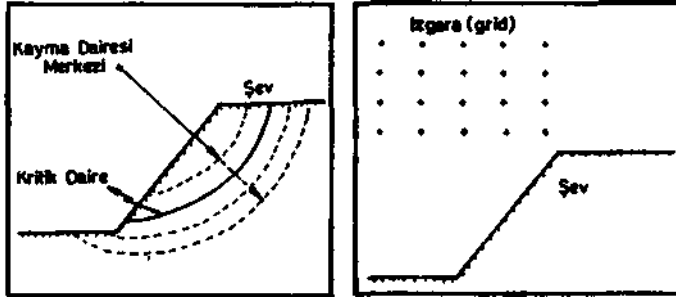
Arazi ve laboratuvar çalışmalarından sonra, Çakmakaya'da heyelan olan bölgedeki şevlerin stabilitesi, bilgisayar yardımıyla incelenmiştir. Bu amaçla dairesel kayma analizi yapabilen REAME isimli bir bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Sözkonusu paket program yardımıyla yapılan şev stabilite analizi şu çalışmalarını içermektedir:

* Arazi çalışmalarının yapıldığı tarih olan Temmuz 1991'deki mevcut topografik koşullarda Şevlerin stabilite analizi.

* Çeşitli yük hafifletme koşullarında şevlerin stabilite analizi

5.1.KuUamlan Yöntemin Tanıtılması

Araştırmalarda dairesel kayma analizi, Bishop Yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde, aynı dönme merkezli bir seri daire gözönünde bulundurularak en kritik kayma dairesi belirlenir. Aynı dönme merkezli dairelerin herbiri için emniyet faktörleri bulunur. Bu emniyet faktörlerinin minimum olduğu daire, kritik dairedir (Şekil.5). Şevin tümüne ait minimum emniyet faktörünü bulmak için, böyle bir çalışmanın bir çok merkezden yapılması gerekmektedir. Bu amaçla aralarında belirli mesafeler olan bir ızgara (grid) kullanılır. Bu ızgara üzerindeki bir çok merkezden yapılan araştırmalar sonucu bulunan emniyet faktörlerinin kıyaslanması ile bulunan minimum emniyet faktörü, tüm sevin emniyet faktörünü gösterir (Şekil.6).



Şekil 5. Kritik Kayma Dairesinin Araştırılması

Şekil 6. Grid ile Kritik Kayma Dairesinin Sistematiik Olarak Arattırılması

5.1.1. Mevcut Topografik Koşullarda Şev Stabilite Analizi

Arazi çalışmalarının yapıldığı tarih olan Temmuz 1991'deki genel şev açısı 35° olan topografik koşullardaki şevlerin stabilite analizlerinde, Şekil.3'de doğrultusu A-A' olarak belirtilen tipik bir kesit kullanılmıştır. Bölgede yağış oranının fazla olduğu ve bölgenin Kuzey Anadolu Fay Hattı'na çok yakın olduğu bilindiğinden, bilgisayar çalışmalarında "yeraltısuyu seviyesi" ve "sismik katsayı" parametreleri değişken olarak kullanılmıştır.

Çalışmalarda yeraltısuyu seviyesinin (piezometrik seviye) iki durumu gözönünde bulundurulmuştur. Bunlardan birincisi (P₁) olarak isimlendirilen ve yeraltısuyu seviyesinin yüzey (şev) topografyasına eşit olduğu durumdur. İkincisi ise (P₂) olarak isimlendirilen ve yeraltısuyu seviyesinin dasit ve yamaç molozu'nun kontak zonuna (dasit tabakasının üst yüzeyine) eşit olduğu durumdur. (P₁) koşulu en kötümser durumu ve (P₂) koşulu da gerçeğe daha yakın durumu temsil etmektedir.

Çalışmalarda, sismik katsayının iki durumu gözönüne alınmıştır. Bunlardan birincisi (S₁=0.00)'dir ve bölgede tektonik hareketlerin olmadığını temsil eder. İkincisi ise (S₂=0.15)'dir ve bölgedeki tektonik hareketlerin maksimum durumunu temsil eder.

Bilgisayar çalışmalarında gözönünde bulundurulan bazı deneysel veriler ve bazı kabuller şunlardır:

* Dasit'in kohezyonu 100 kg/cm², içsel sürtünme açısı 50° ve özgül ağırlığı 2.5 gr/cm³'dür.

* Yamaç molozu'nun kohezyonu 20 kg/cm², içsel sürtünme açısı 20° ve özgül ağırlığı 1.2 gr/cm³'dür.

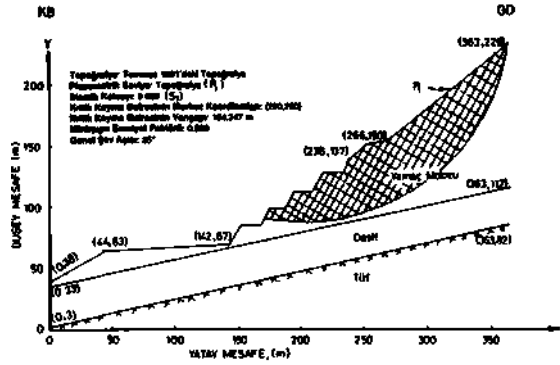
* Yeraltısuyu'nun özgül ağırlığı 1.0 gr/cm³'dür.

Arazi topografyasının Temmuz 1991'deki durumu gözönüne alınarak ve yukarıda sözedilen değişkenler, veriler ve kabuller kullanılarak bilgisayarda yapılan dört adet denemeye ait sonuçlar Şekil.7,8,9 ve 10'da özetlenmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi kaymalar yamaç molozu içinde olmaktadır. Şekil. 10'da görülen durum (P_2, S_2 koşulları), arazinin gerçeğe en yakın verilerini içermektedir. Bu koşullarda minimum emniyet faktörünün 1.454 olduğu görülmektedir. Yeraltısuyu seviyesi yükseldikçe (P^1 koşulları, Şekil.9) minimum emniyet faktörünün 0.791'e düştüğü görülmektedir. Sınır emniyet faktörünün 1.2 olduğu gözönüne alındığında, Şekil. 10'da görülen 1.454'lük bir emniyet faktörünün şevlerin stabilitesi bakımından yeterli olduğu düşünülebilir. Ancak, bölgede uzun süreli yoğun bir yağış olması durumunda 1.454 olan emniyet katsayısının 0.791'e kadar düşeceği açıktır. Bu nedenle, (P_2, S_2) koşullarında 1.454 olan emniyet katsayısının kritik bir değer olduğu ve yükseltilmesi gerektiği söylenebilir. Bu amaçla, Bölüm 5.3'de arazi yükünün hafifletilmesi (traşlama) sonucunda, minimum emniyet faktörünün nasıl değiştiği araştırılmıştır.

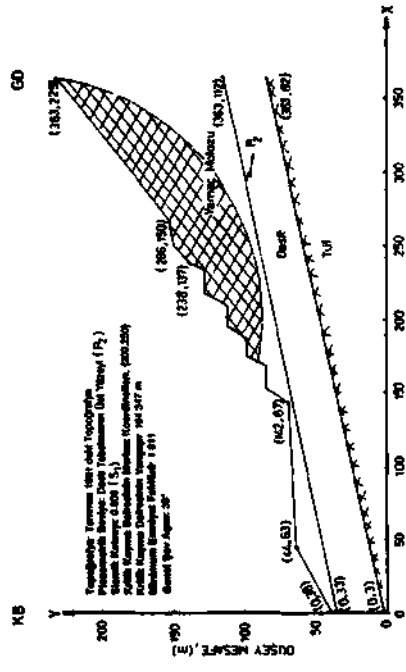
SJ.Çeşitli Yük Hafifletme Koşullarında Şev Stabilité Analizi

Yük hafifletme çalışmalarının emniyet katsayısına olan etkisini araştırmak amacıyla, değişik topografik veriler kullanılarak bilgisayarda bazı denemeler yapılmıştır. Şekil.9'da görülen stabilite bakımından en kötü yeraltısuyu seviyesi (P_1) ve en kötü sismik katsayı (S_2) koşullarında, 35° olan genel şev açısının 30° 'ye düşürülmesi ile minimum emniyet faktörü 0.791'den 1.232'ye (Şekil.11) ve 25° 'ye düşürülmesi ile 1.817'ye (Şekil. 12) çıkmıştır. Gerçekte yeraltısuyu seviyesinin daha düşük olacağı gözönüne alındığında, 1.232 ve 1.817 olan emniyet faktörlerinin (P_2, S_2 koşullarında) sırasıyla 1.397 ve 2.450 olduğu görülmüştür (Şekil. 13 ve 14). Sınır emniyet faktörünün 1.2 olduğu gözönüne alındığında, Şekil.11'de görülen yük hafifletme çalışmalarının yapılması, diğer bir deyişle yamaç molozu'nun bulunduğu yerlerde genel şev açısının $30-35^\circ$ arasına düşürülmesi, kazı çalışmalarının yapıldığı şevleri, daha stabil ve emniyetli bir duruma getirmek açısından gereklidir.

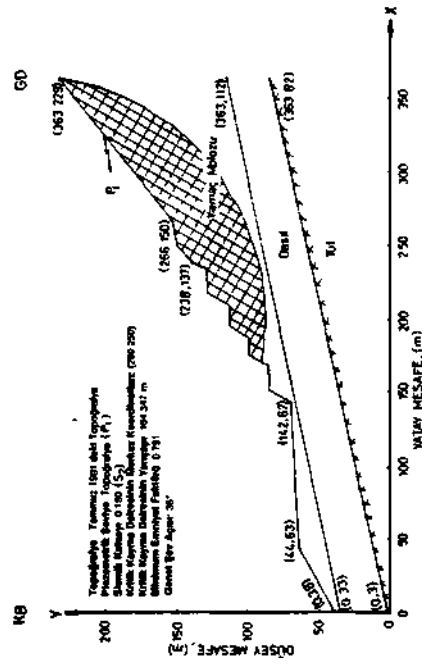
Bu araştırma yapılmadan önce, işletmenin gerçekleştirdiği bazı yük hafifletme çalışmaları vardır.Şekil.3'de doğrultusu B-B' olarak belirtilen kesit üzerinde, işletmenin gerçekleştirdiği yük hafifletme çalışmaları ile ilgili olarak yapılan bilgisayar çalışmasına ait sonuçlar Şekil. 15'de özetlenmiştir.İşletme, genel şev açısını 25° 'ye düşürmüştür. Şekil. 15'de görüldüğü gibi, stabilite bakımından en kötü yeraltısuyu (P_1) ve en kötü sismik katsayı (S_j) koşullarında, genel şev açısı 25° olduğunda, minimum emniyet faktörü 8.128 olmaktadır. Bu emniyet katsayısı, gereğinden çok stabil bir ortamı göstermektedir. Dolayısıyla, yamaç molozu'nun bulunduğu yerlerde ekonomik ve emniyetli genel şev açısının $30-35^\circ$ arasında olması gerektiği söylenebilir.



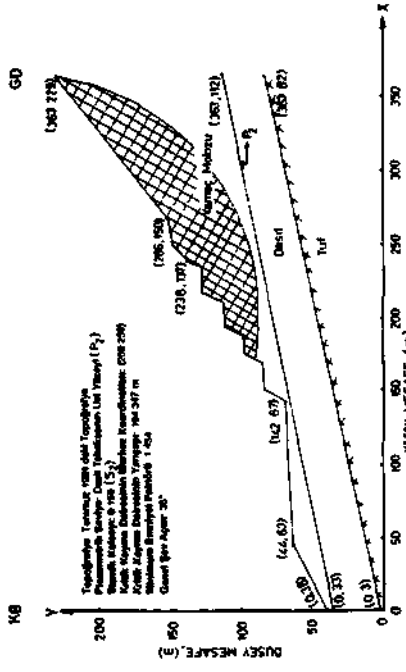
Şekil 7 Temmuz 1991'deki Topografik Durumda Piyemmelik Seviyenin Şev YÖneyine Bili Oldutu ve Sismik KaMyının Sifr OWnlu KiWlarde İcnlik Kayma Daireli ve Minimum Emniyet Fakımı (Derlem* T)



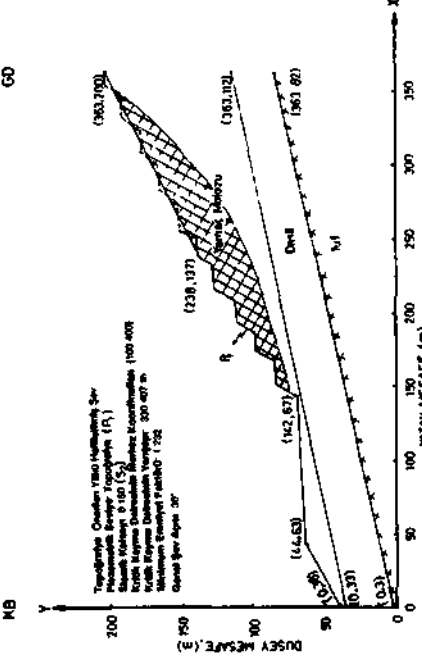
Şekil 6 Temmuz 1991'deki Tıngırdüzü Deresinde Patlamış Bir Sığınak Damağının Uzun Yatay Eği ve Sırtın Katmanlı Sırt Ölçülme Koppallarına Kritik Kısımın Kesiti ve Minimum Emniyet Faktörü (Devre-2)



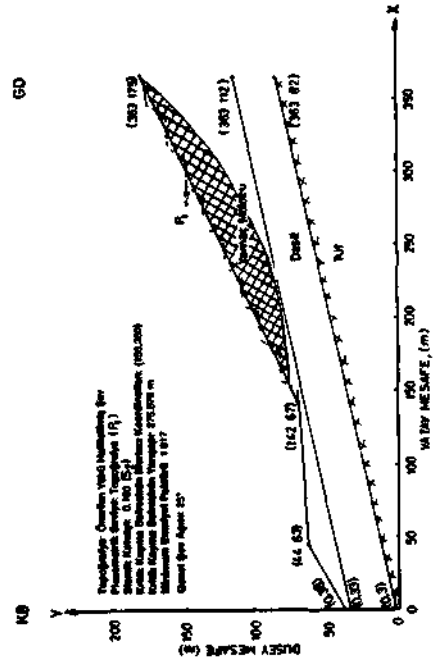
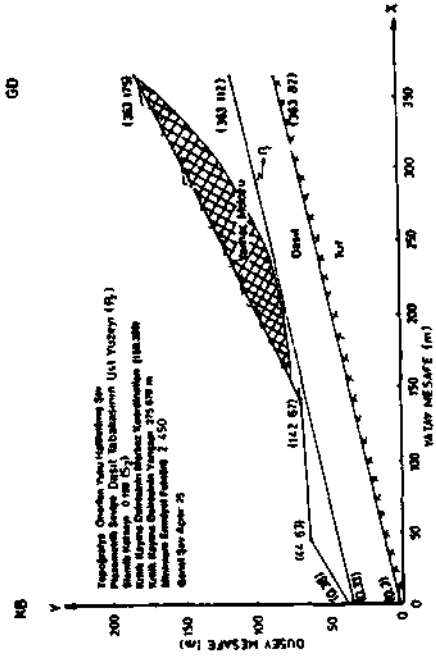
Şekil 9 Temmuz 1991'deki Tıngırdüzü Deresinde Patlamış Bir Sığınak Damağının Uzun Yatay Eği ve Sırtın Katmanlı Sırt Ölçülme Koppallarına Kritik Kısımın Kesiti ve Minimum Emniyet Faktörü (Devre-2)



Şekil 10 Temmuz 1991'deki Tıngırdüzü Deresinde Patlamış Bir Sığınak Damağının Uzun Yatay Eği ve Sırtın Katmanlı Sırt Ölçülme Koppallarına Kritik Kısımın Kesiti ve Minimum Emniyet Faktörü (Devre-2)

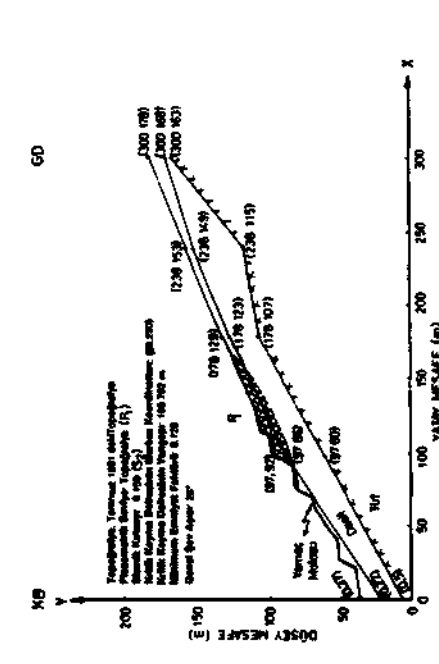


Şekil 11 Özetin Yıkılma Durumunda Patlamış Bir Sığınak Damağının Uzun Yatay Eği ve Sırtın Katmanlı Sırt Ölçülme Koppallarına Kritik Kısımın Kesiti ve Minimum Emniyet Faktörü (Devre-2)

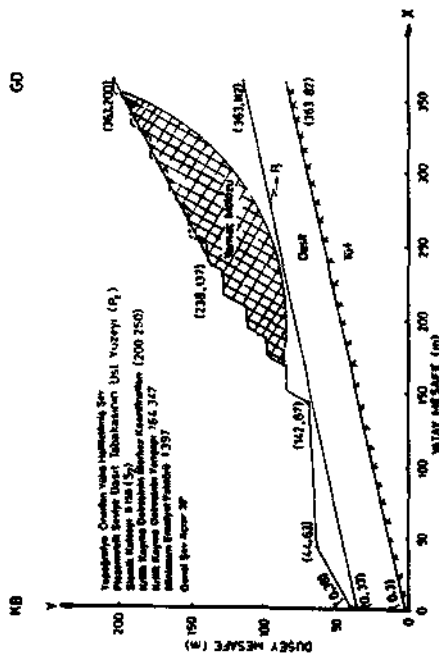


Şekil 12. Örneğin Yeni Havzaların Kuvvetli ve Diğer Etkilerinde Kritik Kayma Düzeyi ve Minimum Emniyet Faktörü (Değerler 6)

Şekil 13. Örneğin Yeni Havzaların Kuvvetli ve Diğer Etkilerinde Kritik Kayma Düzeyi ve Minimum Emniyet Faktörü (Değerler 6)



Şekil 14. Örneğin Yeni Havzaların Kuvvetli ve Diğer Etkilerinde Kritik Kayma Düzeyi ve Minimum Emniyet Faktörü (Değerler 6)



Şekil 15. Yeni Havzaların Kuvvetli ve Diğer Etkilerinde Kritik Kayma Düzeyi ve Minimum Emniyet Faktörü (Değerler 6)

Şekil 16. Örneğin Yeni Havzaların Kuvvetli ve Diğer Etkilerinde Kritik Kayma Düzeyi ve Minimum Emniyet Faktörü (Değerler 6)

6.SONUÇLAR

Bu çalışmada, Karadeniz Bakır İşletmeleri (K.B.İ.) Murgul bölgesinde yer alan Çakmakaya ve Damar Açık Ocakları'ndaki şevlerin stabilitesi araştırılmıştır. Öncelikle, Çakmakaya sahasında Mart 1989'da meydana gelen heyelanın nedenleri araştırılmış ve daha sonra Çakmakaya ve Damar sahaslarında mevcut şevler ile gelecekte ocakların ilerleme yönünde oluşturulacak şevlerin stabiliteeleri araştırılmıştır. Söz konusu araştırmalar arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve bilgisayar çalışmaları olmak üzere üç aşamada yapılmıştır.

Temmuz 1991'de yapılan arazi çalışmaları esnasında, öncelikle Mart 1989'da Çakmakaya sahasında meydana gelen heyelanın nedenlerini ve tipini belirlemek amacıyla arazideki kayaçların konumları ve yeraltısuyunun durumu gözlemlenmiştir. Gözlemler esnasında, heyelana ait gerilme çatlaklarından sızan yağmur sularının, tuf-dasit kayaçlarının kontak zonu boyunca kaynaklar halinde yeryüzüne çıkarak tabii bir drenaja maruz kaldığı ve bu durumun şevlerdeki yeraltısuyu seviyesini düşürdüğü görülmüştür. Bölgedeki yeraltısuyu, tuf-dasit kontak zonu boyunca bir zayıflık düzlemi yaratmaktadır. Sahada tomik eörevi vapan arazi parçasının üretim ve dekapaj çalışmaları esnasında alınması, tuf üzerinde yer alan ayrışmış dasit ve bitki örtüsünden oluşan yamaç molozu ile dasit'in, tuf-dasit kontak zonundaki zayıflık düzlemi boyunca kaymasına neden olmuştur. Bu kaymanın taban heyelanı tipinde dairesel bir kayma olduğu sonucuna varılmıştır.

Arazi çalışmalarının ikinci aşamasında, Çakmakaya sahasının Dikkaya bölgesinde ve Damar sahasının Yeşiltepe bölgesinde hakim ana çatlakların doğrultu ve eğimleri ölçtürülmüştür. Daha sonra, elde edilen bu çatlak verilerine ait steronetler bilgisayarda çizdirilmiş ve mevcut şev koşulları da gözönüne alınarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Buna göre sahada hakim iki ana çatlak takımı tesbit edilmiştir. Dasit ve tuf içinde açılan şevlerde, bu çatlakların bir stabilite problemi oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır.

Arazi çalışmalarının son aşamasında ise mevcut şevlerden ve ileride şev oluşturulacak bölgelerden örselenmemiş kayaç numuneleri alınmıştır. Bu numuneler LT.Ü.Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne gönderilmiştir.

Laboratuvar çalışması olarak, sahadan alınan örselenmemiş numunelere kaya mekaniği ve zemin mekaniği laboratuvarlarında çeşitli testler uygulanmıştır. Kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerini tesbit etmek için yapılan testler sonucu, tuf ve dasit kayaçlarının "orta sert" kayaçlar sınıfına girdiği beürlenmiştir. Ayrıca yamaç molozu'nun %36 çakıl, %31 kum, %27 silt ve %4 kil'den oluştuğu, altere tuf ün ise %7 çakıl, %57 kum, %32 silt ve %4 kil'den oluştuğu belirlenmiştir.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından sonra Çakmakaya sahasında heyelan olan bölgedeki şevlerin stabilitesi, bilgisayar yardımıyla incelenmiştir. Bu amaçla dairesel kayma analizi yapabilen ve REAME isimli bir bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Bilgisayar yardımıyla yapılan stabilite analizi şu çalışmalar içermektedir:

* Arazi çalışmalarının yapıldığı tarih olan Temmuz 1991'deki topoğrafik koşullarda şev stabilite analizi.

* Çeşitli yük hafifletme koşullarında şev stabilite analizi.

Analizlerde değişken olarak kullanılan parametreler ise şunlardır: Topografya, yeraltısuyu seviyesi, kohezyon, içsel sürtünme açısı ve sismik katsayı.

Bilgisayar yardımıyla yapılan stabilite analizi çalışmaları sonucu, yamaç molozu içerisinde açılan mevcut şevlerin emniyet açısından kritik koşullarda olduğu ortaya konmuştur. Söz konusu bölgenin stabilitesinin sağlanabilmesi için alınabilecek en önemli önlemin "yük hafifletme çalışmaları" olduğu sonucuna varılmıştır. Mevcut durumda 35° olan genel şev açısının sulu (bol yağışlı) ortamda stabilite açısından kritik olduğu görülmüş ve yapılan çalışmalar sonucu söz konusu bölgedeki ekonomik ve emniyetli genel şev açısının 30-35° arasında bir değer olması gerektiği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

ESKİKAYA,Ş.,NASUF,E.,BİLGİN,N.,ÇOPUR,H., K.B.İ.'ye Proje Nihai Raporu, Temmuz 1992, İ.T.Ü., İstanbul

M.T.A. Jeoloji Raporu, 1988, Trabzon

HUANG,Y.H., Stability Analysis of Earth Slopes, University of Kentucky, 1983