



Kaya Mekaniği Bülteni
Bulletin of Rock Mechanics
Haziran / June 1995

11





Kaya Mekaniği Bülteni

Bulletin of Rock Mechanics

Haziran / June 1995

11

TÜRK ULUSAL KAYA MEKANİĞİ DERNEĞİ

Turkish National Society for Rock Mechanics

Yönetim Kurulu / Executive Committee

Prof.Dr. A.Günhan Paşamehmetoğlu
Prof.Dr. Abdurrahim Özgenoğlu
Prof.Dr. Seyfi Kulaksız
Hasan Şişman
Sedat Esen

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof.Dr. Hasan Gerçek
Doç.Dr. Reşat Ulusay
Y.Doç.Dr. Bahtiyar Ünver
Mehmet Altıntaş
Mehmet Ali Hindistan

Yazışma Adresleri / Addresses

Prof.Dr. Abdurrahim Özgenoğlu
Genel Sekreter / Secretary General
Maden Mühendisliği Bölümü, ODTÜ
06531 ANKARA
Tel : (312) 2101000 / 2655
Fax : (312) 2101265

Türk Ulusal Kaya Mekaniği Derneği
P.K.311
06423 Kızılay - ANKARA

Baskı : Kozan Ofset, Ankara, 1995

İçindekiler

Contents

Sayfa

Page

- | | |
|---|----|
| Ayrık Elemanlar Yöntemi ile Süreksiz-Eklemlili Kaya Kütlesinde Gerilme Analizi Tekniği
<i>Stress analysis technique in rock having non-persistent joints with distinct element method (DEM)</i>
Hasan ÜÇPİRTİ | 1 |
| Dolgu Karışım Parametrelerinin İrdelenmesi İçin İstatistiksel Bir Yaklaşım
<i>A statistical approach for evaluation of backfill mixture parameters</i>
Lütfullah GÜNDÜZ | 17 |
| Eynez Yeraltı Ocağının Yapısal Jeoloji ve Jeoteknik Açısından İncelenmesi
<i>An investigation into structural geology and geotechnic of Eynez colliery</i>
Bahtiyar ÜNVER | 27 |
| Bazı Mermer Ocaklarının (Sivas-Burdur-Isparta-Muğla) incelenmesi ve Kaya Malzeme/Kütle Özelliklerinin sınıflandırılması
<i>Investigation of some marble quarries (Sivas-Burdur-Isparta-Muğla) and the classification of rock material/mass properties</i>
Atilla CEYLANOĞLU, Kazım GÖRGÜLÜ | 41 |
| Bilimsel ve Teknik Etkinlik Duyuruları
<i>Scientific and technical announcements</i> | 57 |

YAZIM VE YAYINA KABUL İLKELERİ

Kaya Mekaniği Bülteninde yayımlanması istemiyle gönderilecek olan yazılar; kaya mekaniğine yeni bir katkısı olan araştırmaları, bilimsel ve teknik yöntemlerle yapılmış özgün sonuçları olan çalışmaları, kaya mekaniğinin herhangi bir konusunda daha önce yapılmış çalışmaları eleştirel bir yaklaşımla derleyip o konuda yeni bir görüş ortaya koyan eleştiri-derleme yazılarını ve tanıtma amaçlı çalışmaları veya ülkemizde kaya mekaniği camiasına yararlı olabilecek yabancı yayınların çevirilerini kapsayabilir.

Bültende yayımlanabilmesi için yazıların daha önce Türkçe olarak yayımlanmamış olması gerekir. Daha önce yabancı dilde yayımlanmış olan yazılar geniş bir araştırmacı ve uygulamacı kitlelerini ilgilendirdiği takdirde Türkçe olarak Bülten'de yayımlanabilir.

Yazıların hazırlanması ve düzeni :

- a) Metin A4 ebadında kağıt üzerine 1.5 satır aralıklı ve bilgisayarla yazılmış olmalı, ayrıca sayfanın kenarlarında 3'er cm.lik boşluk bırakılmalıdır. Baskıda ofset tekniği kullanılacağından bilgisayar çıktılarının silik olmaması gereklidir.
- b) Başlık kısa, konuyu en iyi şekilde belirtebilir ve 10 sözcüğü geçmeyecek şekilde seçilmeli ve Türkçe başlığın (tamamı büyük harfle ve koyu yazılmış) yanısıra, İngilizcesi (küçük harflerle ve koyu) de yazılmalıdır.
- c) Yazının başlangıcında 200 kelimeli geçmeyecek şekilde hazırlanmış Türkçe ve İngilizce özet (abstract) bulunmalıdır. Özet içinde; yararlanılan kaynaklara, şekil, çizelge ve eşitlik numaralarına değinilmemelidir. Ayrıca, özet ve abstract bölümlerinin altına, bir satır ara verilerek *anahtar kelimeler* ve *key words* (en az 2 en çok 6) verilmelidir.
- d) Yazının genel olarak aşağıda belirtilen düzene göre sunulmasına özen gösterilmelidir:
 1. Başlık (Türkçe ve İngilizce)
 2. Yazar ad(lar)ı ve adres(ler)i
 3. Özet (anahtar kelimeler eklenerek)
 4. Abstract (key words eklenerek)
 5. Giriş (2.sayfanın başından başlayacak)
 6. Metin bölümü (yöntemler, teknikler, çalışılan malzeme, saha tanımlamaları, vb.)
 7. Sonuçlar
 8. Tartışmalar
 9. Katkı belirtme (gerekliyse)
 10. Kaynaklar
 11. Ek açıklamalar
- e) Metin içinde kaynaklara atıf yapılırken aşağıdaki örnekler dikkate alınmalıdır.
(Hoek(1990) veya (Aydan ve Paşamehmetoğlu, 1994; Hoek vd., 1994; gibi).
- f) Yararlanılan kaynaklar, yazar soyadları esas alınarak alfabetik sırayla verilmeli ve metin içinde değinilen tüm kaynaklar, kaynaklar dizininde eksiksiz olarak belirtilmelidir. Kaynakların yazılmasında aşağıdaki örneklerde belirtilen düzen dikkate alınmalıdır.
-Sürelî yayınlar ve bildiriler için:

Hoek, E., 1990. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from Hoek-Brown failure criterion.

Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr., 27, No.3, 227-229.

-Kitaplar için:

Goodman, R.E., 1989. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 pp.

g. Metin içerisinde verilen eşitliklerin karşısına sırayla ve parantez içinde numara verilmelidir.

Çizimler ve Çizelgeler:

- Çizimler teknik çizim normlarına uygun olarak çini mürekkep ile aydınlar kağıda çizilmeli, harf, rakam ve simgeler kolaylıkla okunabilmelidir. Bilgisayar çıktısı olarak alınan çizimlerin de yeterli koyulukta olması gereklidir. Çizimler metin içindeki yerlerine aydınlar olarak veya temiz bir fotokopisi çekilerek yerine yapıştırılmalıdır.
- Fotoğraflar aydınlık olmalı ve parlak kağıda siyah-beyaz olarak basılmalıdır ve fotoğraflar da şekil olarak değerlendirilmelidir.
- Yazarlar, Bültenin boyutlarını dikkate alarak, çizelgeleri sınırlamalı ve gerekiyorsa küçük karakterlerle hazırlamalıdır. Çizelgelerin altında gerekli durumlarda açıklayıcı dipnotlarına yer verilmelidir. Çizelge başlıkları kısa ve öz olarak seçilerek, çizelgelerin üzerine ilk harfleri büyük olmak kaydıyla yazılmalıdır.
- Bülten ofset tekniği ile basılacağı için şekil, fotoğraf ve çizimler metin içinde anıldıkları ilk paragraftan sonraki uygun bir başlığa, gerekiyorsa küçültülerek, monte edilip gönderilmeli ve bunlar metindeki sıralarına göre numaralandırılmalıdır. Şekil altı açıklamaları küçük harflerle yazılmalıdır.

Yazıların gönderilmesi:

Yazılar, biri orijinal diğer ikisi fotokopi olmak üzere 3 nüsha halinde gönderilmelidir. Yazıyla birlikte yazının kaydedildiği disket (tercihan 3.5", double density (DD) veya high density (HD)) de kullanılan yazılım programı ve versiyonu belirtilerek gönderilmelidir.

Yazıların yayına kabul edilmesi ve ayrı basımlar:

Yayın Kuruluna ulaşan yazılar Yayın Kurulu tarafından en kısa sürede değerlendirilerek incelemecilerden gelecek görüşler doğrultusunda yazının doğrudan veya bazı düzeltmeler yapılarak basılmasına veya basılmamasına Yayın Kuruluna karara verilir ve sonuç bir yazı ile yazara bildirilir.

Gönderilen yazılar Bülten'de yayımlansın yada yayımlanmasın geri iade edilmez. Bültende yayımlanması kabul edilen yazıların ayrı basımından on adet yazarına veya birden fazla yazarlı yazılarda başvuruyu yapan yazara gönderilir.

Okurlarımıza,

Uzun bir aradan sonra, Bülten'imizin onbirinci sayısını çıkarmış olmanın mutluluğu ile sizlerle bir kez daha buluşmuş bulunuyoruz. Sizlerin de farkedeceği gibi, değerli yazı sahiplerinin katkıları ile bu sayımızı daha dolu ve özgün yazılarla çıkarmaya çalıştık. Ayrıca, Bülten'in görüntüsünü iyileştirmek amacıyla yaptığımız bir çalışma sonucunda yazım ilkeleri genişletilerek güncelleştirilmiş ve bundan sonra gönderilecek yazıların bu kurallara uygun olması için bu sayımızda yayımlanmıştır.

Bülten'imizin bu sayısında yer alan yazılardan ilki sayın Hasan ÜÇPİRTİ tarafından kaleme alınan **" Ayrık elemanlar yöntemi ile süreksiz-eklemli kaya kütlelerinde gerilme analizi tekniği "** başlığını taşımaktadır. Bu çalışmada, Ayrık Elemanlar Yöntemi (DEM) tanıtılmakta ve belirsiz uzunlukta eklemeler içeren kaya kütlelerinde gerilme analizi yapabilmek için yöntemin kullanılmasına yönelik yeni bir teknik önerilmektedir.

Sayın Lütfullah GÜNDÜZ'e ait **" Dolgu karışım parametrelerinin irdelenmesi için istatistiksel bir yaklaşım "** başlıklı ikinci yazıda laboratuvarlarda hazırlanan dolgu modelleri kullanılarak gerçekleştirilen deney sonuçları üzerinde yapılan analiz bulguları ve bu bulgular arasında doğrusal regrasyon yöntemi ile elde edilen ilişkiler verilmektedir.

Sayın Bahtiyar ÜNVER'e ait **" Eynez yeraltı kömür ocağının yapısal jeoloji ve jeoteknik açıdan incelenmesi "** başlıklı yazıda, sözkonusu ocaktaki kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmanın sonuçları verilmektedir. Kütle içindeki asal gerilme yönleri tespit edildikten sonra değişik kütle sınıflandırma sistemleri kullanılarak ocakta uygulanan tahkimat yönteminin bir değerlendirmesi verilmiştir.

Bu sayımızda yer alan **" Bazı mermer ocaklarının (Sivas-Burdur-Isparta-Muğla) incelenmesi ve kaya malzeme/kütle özelliklerinin sınıflandırılması "** başlıklı sonuncu yazı sayın Atilla CEYLANOĞLU ve sayın Kazım GÖRGÜLÜ tarafından kaleme alınmıştır. Çalışmada, sözkonusu ocaklarda üretilen mermerlerin bazı kütle ve malzeme özellikleri belirlendikten sonra bir sınıflandırmaya gidilmiştir. Ayrıca, bu özellikler arasında ilişkiler araştırılmış ve makina performansı ile mermer birimleri arasındaki etkileşimin belirlenmesi için özgül kesme enerjisinin etkin bir parametre olabileceği vurgulanmıştır.

Bundan böyle, Kaya Mekaniği disiplini başta olmak üzere, gerek yurtiçinde gerekse de yurtdışında yapılan bilimsel ve teknik toplantılardan siz değerli üyelerimizi haberdar etmek amacıyla bu düzenlemeleri Bülten'imizde duyurmaya çalışacağız. Temin edebildiğimiz bazı toplantı duyurularını bu sayımızda bulacaksınız. Bu tür yayımlanmasını istediğiniz duyuruları bize göndermenizi dileriz. Ayrıca, Bülten'imizde yapılmasını düşündüğünüz buna benzer yenilikler ile ilgili görüş ve katkılarınızı da beklediğimizi bir kez daha hatırlatırız.

Gelecek sayılarda buluşmak dileğiyle tüm üyelerimize ve okurlarımıza saygılarımızı sunarız.

Yayın Kurulu

AYRIK ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE SÜREKSİZ-EKLEMLİ KAYA KÜTLESİNDE GERİLME ANALİZİ TEKNİĞİ

Stress Analysis Technique in Rock Having Non-persistent Joints with Distinct Element Method (DEM)

Hasan Üçpırtı

Sakarya Üniversitesi

İnşaat Mühendisliği Bölümü

54188 Ozanlar-Adapazarı

Özet

Bu çalışmada, belirli uzunlukta süreksizlikler içeren kaya kütlelerinde gerilme analizi imkanı veren, güçlü ve ekonomik olan ayrık elemanlar yöntemi (DEM) tanıtılmıştır. Eğer, kaya kütlesi sadece belirsiz uzunlukta eklemler içerirse, ayrık elemanlar yöntemi kullanarak gerilme analizi yapmak için, problem kütlenin çokgen bloklara bölünmesi gereklidir. Bu nedenle, yalancı eklemler tanıtılarak çözüm yapan yeni bir teknik önerilmiştir.

Abstract

In this study, the distinct element method is introduced as a powerful and economical tool to perform stress analysis in blocky rock masses formed by persistent discontinuities. If the rock mass contains only non-persistent joints, to perform stress analysis using the

distinct element method, it is necessary to break down the whole problem domain into polygonal blocks. Therefore, the new stress analysis technique is suggested by introducing the concept of fictitious joint.

1. Giriş

Kaya kütleleri içerisindeki süreksizlikler (örneğin: faylar, eklemler, vb.), kaya kütlelerinin mekanik özelliklerini önemli oranda etkiler. Dolayısıyla, kaya kütleleri içerisindeki süreksizliklerin oluşturduğu geometrik ağ, bu tür kayalarla ilgili inşaat, maden ve petrol mühendisliği projelerinde çok önemli rol oynar. Doğal kaya kütlelerinde bulunan süreksizlikler muhtemelen iki grupta toplanabilir (Heuze and Goodman, 1972):

a) Ana süreksizlikler

b) Tali süreksizlikler

Faylar, kayma zonları ve dayklar ana süreksizlikler grubuna girerler ve bunların boyları uzun buna karşın sayıları az olup önceden şekil değiştirmeye uğramışlardır. Mühendislik projesindeki kaya kütlelerinin boyutlarına bağlı olarak, ana süreksizlikler ya bilinen ve tek bir özellik olarak ya da istatistiksel ve çoğul özellik olarak değerlendirilirler. Bir çok inşaat, maden ve petrol mühendisliği projesinde, kaya kütlelerinin en çok birkaç tane ana süreksizlik içerdiği gözlenmektedir. Bu projeler için, ana süreksizlikler tek özellikli olarak düşünülebilir ve geometrileri sayısal olarak tanımlanabilir. Diğer taraftan, tali süreksizliklerin geometrisi, doğal olan istatistiksel niteliklerinden dolayı, istatistiksel olarak tanımlanabilir. Tali süreksizliklerin boyları kısa, fakat çok sayıda olup daha önceden şekil değiştirmeleri söz konusu değildir. Bu çalışmada, "eklem" ifadesi tali süreksizlikleri tanımlamada kullanılmaktadır. "Eklem geometrisi modellemesi" ile ilgili detay çalışmalar için okuyuculara, Kulatilake (1988), Dershowitz ve Einstein (1988), Billaux ve diğerleri (1989) ve Kulatilake ve Wathugala (1990 ve 1992) tarafından kaleme alınan makaleler ve bildiriler önerilebilir.

İki boyutta (2D) eklem geometrisini modellemek için; eklem takımlarının sayısını ve her eklem takımına ilişkin eklem yoğunluğunu (birim alandaki eklem sayısı), pozisyonunu, açılal durumunu ve uzunluğuna ilişkin istatistiksel dağılımlarının mutlak surette bilinmesi gereklidir. Benzer şekilde, eklem geometrisi parametrelerinin (eklem yoğunluğu, pozisyon vb.) süreksizlik içeren eklemli kaya kütlelerinin mekanik özelliklerini nasıl etkidiğini bilmek son derece önemlidir. Bu makalede tanımlanmaya çalışılan tüm çalışmalar iki boyuttadır.

2. Problemin kökeni ve yönlendirici gelişmeler

Pratikte ve çoğunlukla, büyük kaya kütlelerinin mekanik analizi ile karşı karşıya gelinmektedir. Doğal olarak, süreksizlik içeren kaya kütlesi, çok sayıdaki süreksizliklere ve ana kaya kütlesi elemanlarına ayrıştırılmış olabilir. Halihazırdaki süreksizlik modelleri, süreksizlikli kaya kütlelerinin mekanik özelliklerinin bulunmasında bazı önerilerde bulunmuştur (Goodman ve diğerleri, 1968; Cundall, 1971; Cundall ve Hart, 1985; Kulatilake, 1985; Cundall, 1988; Hart ve diğerleri, 1988; Shi ve Goodman, 1988; Shi, 1992). Bu yöntemler bazı önemli özellikleri taşımasına rağmen, aşağıdaki bir veya daha fazla sınırlamadan dolayı tam değildir:

- a) Bilgisayar kodlarının tanımlayabileceği süreksizlik ve ana kaya eleman sayısı sınırlıdır.
- b) Gerçek eklem geometrisinin oluştuğu bir eklem ağı ile gerilme analizi yapmak mümkün değildir.
- c) Var olan bilgisayar kodları, sadece sayısal nitelikte gerilme analizi yapabilir. Halbuki, eklem geometrisinin ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesinde bir takım belirsizlikler söz konusudur.

Bu yüzden, büyük kaya kütlelerinin gerilme ve şekil değiştirme analizlerinde, yukarıda sayılan olumsuzlukları ortadan kaldıran veya sınırlı sayıya indirgeyen yeni bir yöntem

önerilmelidir. Şayet, kaya kütlesinden alınan değişik boyuttaki örneklerin etkisi (scale effects) iyi bir şekilde anlaşılırsa, böyle bir yöntemin geliştirilmesi mümkün görünmektedir.

Eğer, analiz edilecek örnek kaya kütlesi, kaya kütlesindeki mineral boyutunda ise, analiz sonuçları büyük bir olasılıkla ve önemli oranda farklılık gösterecektir. Çünkü, alınan örneğin bölgesi ve bu örneğin bünyesinde var olan veya olmayan küçük boyutlu süreksizlikler farklılık arz edecektir. Analiz örneğinin boyutu arttıkça ve özellikle de bu boyut küçük boyuttaki süreksizliklerin dağılımı ve mineraller açısından istatistiksel olarak homojen ise analiz sonuçlarındaki değişim oranı azalacaktır. Anakaya kütlesinin özelliklerini belirlemek için, analiz örneği bu boyutlarda seçilmelidir. Örnek boyutunun daha fazla artışı bir veya daha fazla eklem etkisini ortaya çıkaracaktır. Şayet örnek sadece birkaç eklem içeriyorsa, örnek özellikleri bir örnekten diğer bir örneğe önemli oranda değişim gösterecektir. Bu, eklemlerin etkisinden dolayı, istatistiksel bakımdan homojen olmayan durum olarak tanımlanır. Örnek boyutu arttıkça ve buna bağımlı olarak örnek daha fazla eklem içerdikçe, örnekteki bu değişim önem arz edecek ve örnek eklemlere bağımlı olarak istatistiksel bakımdan homojen olacaktır. Belli bir hacimden sonra, eklemlerin etkisinden dolayı, kaya kütlesinin özellikleri büyük bir olasılıkla sabit kalacaktır. Bu en küçük hacim, önemli oranda eklem içeren ve istatistiksel olarak homojen olan kaya kütlesinin hacmine eşdeğer özellikleri taşıyan bir elemana eşdeğer olarak kullanılabilir. Bu hacim, bir çok mühendislik disiplini açısından önem taşıyan, (örneğin; jeoloji, kaya mekaniği, mühendislik jeofiziği ve hidrojeoloji), tümü yansıtan en küçük hacim (Representative Elementary Volume, REV) olarak tanımlanabilir. Şayet örnek boyutu daha fazla artarak bünyesine ana süreksizlikler de girerse, bu durumda örnek özellikleri ana süreksizliğin etkilerine bağımlı olarak değişim gösterecektir. Dolayısıyla, aşırı miktardaki eleman sayısını azaltmak için aşağıda tanımlanacak olan yöntem kullanılarak büyük kaya kütlelerinin mekanik analizlerini yapmak mümkün olabilir:

- a) Kaya kütlesinin istatistiksel bakımdan homojen bölgelere (yapısal bölgelere) bölünmesi (bakınız Kulatilake ve diğerleri, 1990a).
- b) Tanımlanan her istatistiksel homojen bölge için, bütünün tüm özelliklerini yansıtan en küçük hacim (REV) için düşünülen ana kaya kütlesinin özelliklerini ana kayanın ve eklemlerin (tali süreksizliklerin) etkisine bağımlı olarak bulunması. Bulunan bu REV'nin, kaya kütlesi ile değiştirilmesi. REV'nin tüm özellikleri eklem geometrisinin istatistiksel tabiatına, ana kayanın ve eklemlerin jeomekanik özelliklerini bulmadaki belirsizliklere bağımlı ve istatistiksel olarak ifade edilmelidir.
- c) Süreksizliklik içeren kaya kütlesini tanımlamak için, ana süreksizliklerin sanki bir sayısal geometrik özellik gibi eklenmesi.

Yukarıda tanımlanan bu metodu kullanabilmek için, REV ile eklem geometrisi parametreleri arasındaki ilişki bilinmelidir. REV'nin ve REV özelliklerinin olabilirliğini incelemek için, mutlak surette sistematik bir çalışma yapılarak eklem geometrisi parametrelerinin, eklemlili kayaların mekanik davranışı üzerindeki etkileri değerlendirilmelidir. Kaya kütleleri eklemler içerdikinden, eklemlili kaya kütleleri izotropik olmayan ve boyuta bağımlı mekanik özellik gösterir.

3. Konu ile ilgili son çalışmalar

Oda (1982), eklem geometrisi sistemini "eklem vektörü" yöntemi ile açıklamaya çalışmıştır. Eklem vektörünü elde etmek için, eklem geometrisi parametrelerinin mutlak surette niceliksel olarak tanımlanması gereklidir. Bu konu ile ilgili geniş ve detaylı çalışmalar Kulatilake ve diğerleri (1990a ve b), Wathugala ve diğerleri (1990) ve Kulatilake ve Wathugala (1990 ve 1992) tarafından rapor edilmiştir. REV'ye bağımlı olarak tanımlanan hidrolik özelliklerle ilgili konuda, Oda (1988), eklem vektörünü kullanarak yaptığı çalışmanın sonuçlarını tanıtmıştır.

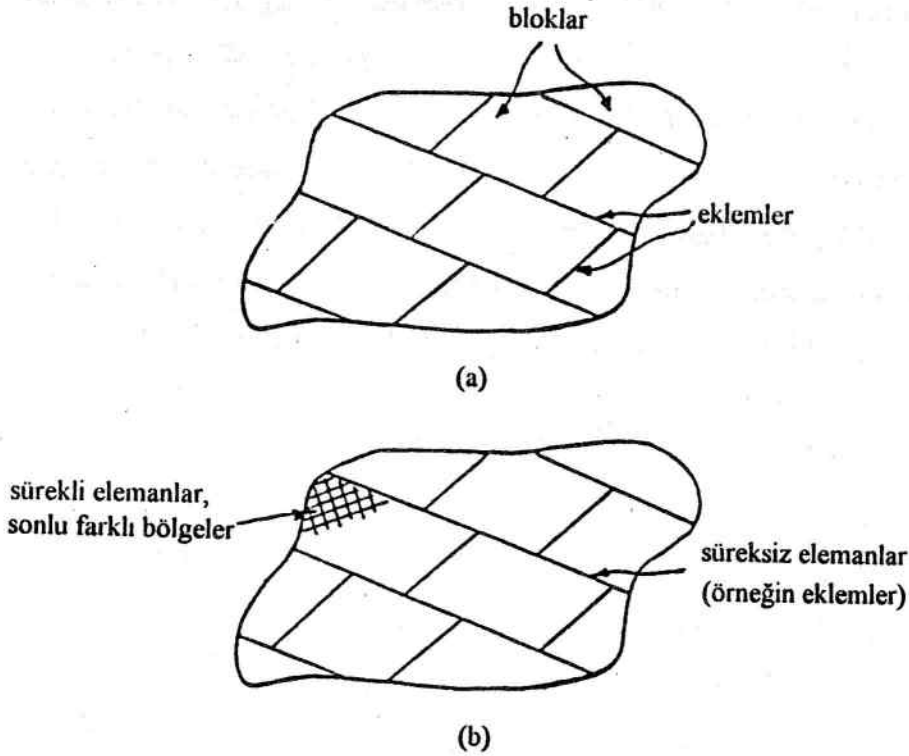
REV'ye bağımlı olarak tanımlanan mekanik özelliklerle ilgili şu ana kadar sınırlı ve yetersiz araştırmalar yapılmıştır. Genellikle, eklem içeren değişik büyüklükteki kaya blokları üzerinde yapılan arazi deneyleri ile mevcut probleme bir yaklaşım sağlanabilir. Gerçekçi sonuçlar elde etmek için bu arazi deneylerinin çok miktarda yapılması zorunludur. Çünkü eklem geometrisi özellikleri doğada istatistikselidir. Bu arazi deneylerinin yapmadan önce, mutlak surette bu kaya blokları içerisinde eklem ağ sisteminin haritalanması gerekir. Böyle bir arazi deney programı son derece pahalı ve zordur. Buna benzer bir deneysel programın daha önceki araştırmacılar tarafından denenmemiş olması süpriz bir olay değildir. Buna rağmen, blok boyutu etkilerinin kaya kütlelerinin basınç dayanımına ve modülüne olan etkilerini tespit etmek amacıyla birkaç arazi çalışması yapılmıştır (Pratt ve diğerleri, 1972; Bieniawski ve Van Heerden, 1975; Bieniawski, 1978). Boyutsal değişimin, kütle dayanımına ve şekil değiştirmeye olan etkilerini dikkate alan önceki çalışmalar Heuze (1980) tarafından irdelenmiştir. Bu çalışmaların sonuçları göstermiştir ki; kütle dayanımı ve deformasyon modülündeki düşme belirli bir aşamadan sonra önemini yitirir. Mamafih, şunu da önemle belirtmek gerekir ki, bu bahsedilen ilişki büyük bir oranda bölgeseldir. Çünkü boyutsal değişim etkisi öncelikle eklem sistemi tarafından kontrol edilmektedir. Bu çalışmalarda, eklem sistemini haritalamak için hiç bir gayret sarf edilmemiştir. Bieniawski (1978), izotropik kütle modülü kabulü ile, kayaç kütle puanı ve kaya kütlesi modülü arasında görgül bir ilişkiyi önermiştir. Hoek ve Brown (1980), izotropik dayanım kabulü ile, kaya kütle puanı ve kaya kütle dayanımı arasında görgül bir ilişkiyi önermiştir. Bunların haricinde, eklem geometrisi parametre değerleri ile kaya kütlesinin dayanımında ve modülünde olan düşmeleri kıyaslamak için yeterli çalışma yapılmamıştır. Şunu hatırlamak çok önemlidir ki, kaya kütlesinde bulunan ve çok iyi tanımlanabilen eklem sistemlerinin varlığından dolayı kaya kütlesi büyük bir olasılıkla anizotropik şekil değiştirme ve dayanım özellikleri gösterecektir. Aynı zamanda, kütle modülü gerilme düzeyine de bağımlı olabilir. Bazı araştırmacılar (Hayashi, 1966; John, 1970; Brown ve Trollope,

1970; Brown 1970; Ladanyi ve Archambault, 1970; Einstein ve Hirschfeld, 1973), eklemli kaya kütlelerindeki mümkün olabilen yenilme modlarını ve içsel gerilme dağılımlarını araştırmak üzere, model malzemeler kullanarak belirli sayıda testler düzenlemişlerdir. Bu test sonuçları göstermiştir ki; eklemli kaya kütlelerindeki içsel gerilme dağılımı son derece karışıktır ve çok değişik yenilme modları mümkündür. Ne yazık ki, tüm eklem geometrisi parametrelerinin ele alındığı tam bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Belki, kurulan sıkı kontrollü bir laboratuvar düzeneği ve alçı gibi bir model malzeme için REV özelliklerini elde edilebilme olasılığını araştırmak pratik olabilir. Aynı şekilde, benzer bir testi bir bilgisayar gerilme analizi programı ile tekrarlamak da pratik olabilir. Benzer bir yöntem, "eklemli şeyl kütlesi" için blok boyutu ve eşdeğer elastik ve dayanım özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılmıştır (Kulatilake, 1985). Bu çalışmada, eklemler içeren şeyl bloku için gereken gerilme analizi sonlu elemanlar yöntemi (Finite Element Method, FEM) kullanılarak yapılmıştır. Sonlu eleman denklemindeki sınırlamadan dolayı, 10 adetten fazla eklem kullanılmakta ve eklem yüzeylerinde büyük yer değiştirmeler hesaplanamamaktaydı.

4. Ayrık Elemanlar Yöntemi (Distinct Element Method, DEM)

İlk defa Cundall (1971) tarafından ortaya atılan ve daha sonra da tekrar Cundall ve arkadaşları (Cundall, 1980 ve 1988; Hart ve diğerleri, 1988; Lorig ve diğerleri, 1986; Lemos ve diğerleri, 1985) tarafından ileri derecede geliştirilmiş olan "ayrık elemanlar yöntemi" (Distinct Element Method, DEM), ekonomik ve güçlü bir bilgisayar programı olup belirli uzunlukta eklemler içeren kaya kütlelerinde gerilme analizi imkanı sağlar. Ayrık elemanlar yöntemi, Şekil 1. (a)'da gösterildiği gibi problem alanını katı elemanlara ve bloklara bölen sonlu elemanlar yöntemine benzer. Bu yöntem, blokların birbirleri içinde hareketlerine ve komşu bloktan ayrılmasına müsaade ederek, blokların geometrisini kaya kütlesi içinde bulunan eklemlerin açılma düzeni ve birbirleri arasındaki

uzaklıklara göre belirler. Kırılgan bloklar için kullanılan temel ilintileme Cundall ve arkadaşları (1978) tarafından verilmiştir. Bu ilintileme, sistemi yüklemenin sonucu olarak, geometrisini değiştirmeyen bir dizi ayrık bloklar olarak temsil eder. Bu ilintileme, sistem davranışının daha çok devamlılık gösteren eklemler tarafından kontrol edildiği ve malzemenin elastik özelliklerinin belki ihmal edildiği problemler için en uygun olanıdır. Bu şartlar, düşük gerilme seviyelerinde ve/veya malzemenin yüksek dayanıma ve düşük şekil değiştirmeye eğilimli olduğu durumlarda gözlenir.

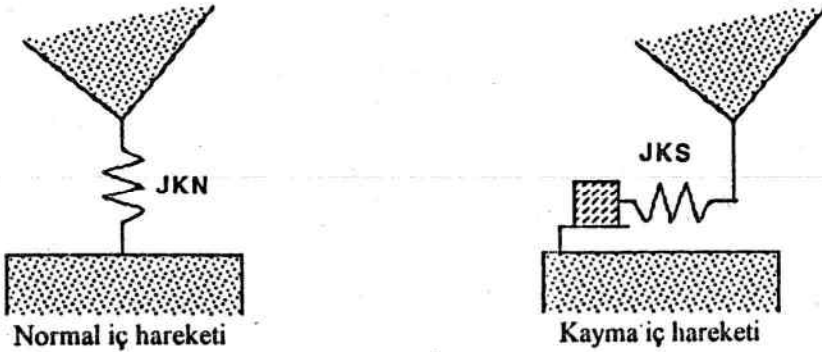


Şekil 1. Ayrık elemanlar yönteminin genel tanımı: (a) Problem kütleinin katı sistem elemanlarına veya bloklara bölünmesi (b) Blokların sonlu farklı bölgelere ayrışımı (Ayrık elemanlar metodu, kullanma klavuzu, 1990).

Uygulamaların bir çoğunda, tekil blokların şekil değiştirmesi bir neden öne sürülerek ihmal edilemez. Blok şekil değiştirme ile ilgili olarak, basit şekil değiştirme diye

adlandırılan ilk yaklaşımda, iç şekil değiştirme için, her blok üç derecelik serbestlik derecesinde olabilir. Tamamen şekil değiştirme olarak adlandırılan ikinci yaklaşımda, Şekil 1. (b) de gösterildiği üzere, bloklar içsel ayırtıklaştırılarak sonlu farklı bölgelere ayrılır. Böylece, blokların gelişigüzel şekil değiştirmesi mümkün olur. Şekil değiştirebilen bloklardaki ilintilenme ilişkileri, artış gösteren şekilde kullanıldığından, doğrusal olmayan problemlerin çözümü de kolayca yapılabilmektedir.

Ayrık elemanlar metodunda; süreksizliklerin veya bloklar arasındaki temas noktalarının şekil değiştirebilirliği ve kayganlık karakteristikleri, bloklar arasındaki kayma ve normal kuvvetlerin değerlendirilmesini mümkün kılın ve kuvvet-şekil ilişkisi olarak önceden tanımlanmış olan yaylı-kaygan sistem (spring-slider system) ile temsil edilir (Şekil 2). Modelde, yaylı-kaygan sistem bloklar arasındaki temas noktasında bulunmaktadır. Komşu iki bloğun üst üste binmesi veya birbirine nüfuz etme miktarı doğrudan blok geometrisinden ve blok merkezinin değişim ve rotasyonundan belirlenebilir. Blok temas noktasının birindeki kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi, aynı blok ile diğer noktalara taşınmaz. En basit kuvvet-şekil değiştirme kanunu; artış gösteren normal ve kayma kuvvetlerinin, blok temas noktalarında doğrudan meydana getirdiği normal ve kayma sıkılık katsayıları (Joint Normal Stiffness, JKN ve Joint Shear Stiffness, JKS) ile ilgilidir.



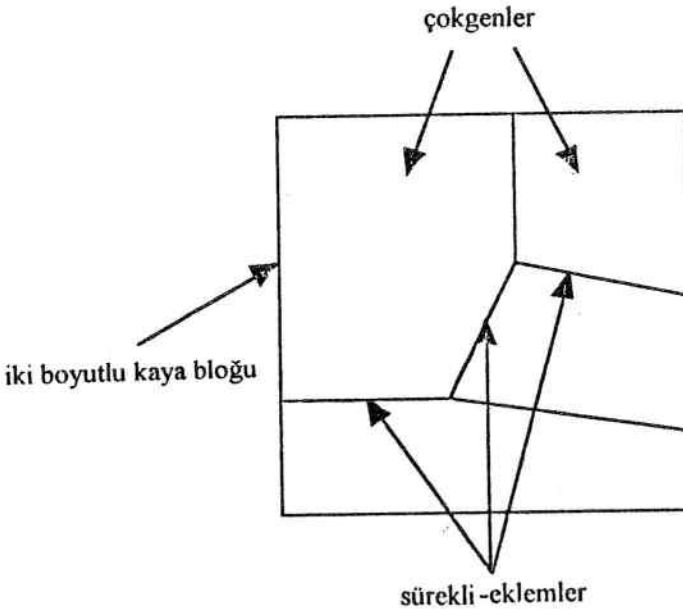
Şekil 2. Ayrık elemanlar yönteminde iç yüzeylerin mekaniksel tanımı (Ayrık elemanlar metodu, kullanma klavuzu, 1990)

Tüm eklemler sıfır kalınlıkta tanımlanmış olup, üst üste binme sıkıştırmayı, eklem gerilmesi ve ayrılmada çekmeyi temsil eder. Bu nedenle, ayrık elemanlar metodu kullanım itibarıyla sadece bloklar için devamlılık teorisini temsil etmez, ayrıca bloklar arasındaki kuvvetleri tanımlayan kuvvet-yerdeğiştirme kanunlarını ve blok üzerinde bulunan dengesiz kuvvetlerden dolayı her bloktaki hareketi tanımlayan hareket kanununu da temsil eder.

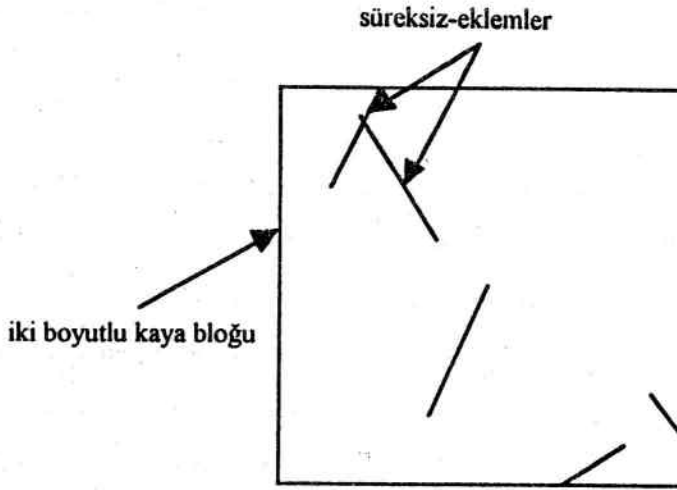
Ayrık elemanlar yöntemi, tam ve açık bir çözüm yöntemine dayanır. Tam ve açık çözüm yöntemi zaman sürecindeki diğer tam ve açık hesaplamalara benzer. Tam ve açık çözümün, fiziksel sistemin sayısal simülasyonunda kullanılan matematiksel eşitliklerin temeline işaret eder. Tam ve açık çözüm metodunda; tüm belirlenebilir nitelikler ve eşitlikler eşitliğin diğer kenarında olup bilinirler. Her eşitlik basit bir değerlendirme ile eşitliğin diğer kenarındaki sonucu üretir. Tam ve açık çözüm ilintilemeleri, düzenli olarak bulunan eşitliklerin çözümünü bazı teknikler kullanarak, (örneğin "transpose eliminasyon" veya "Gauss eliminasyon") tam ve açık çözümler önermeyen ilintilemelerden farklıdır. Tam ve açık çözüm ilintileme; bilgilerin, sistemdeki transferinde geçen belirli zaman gerçeğine dayanır. Eğer, birbirine içsel bağımlı değişkenler belirli bir zaman süreci üzerinde iseler muhtemelen ihmal edilebilir. Şayet, komşu bloklar arasındaki bilgi geçişi fiziksel olarak mümkün olan hızdan daha az olan küçük zaman diliminde ise, tüm bloklar için hareket eşitlikleri sürekli olmayan süreç taşıdığına sayısal yöntem sabittir. Küçük zaman dilimi, tam ve açık çözüm metodunun ana uyumsuzluğudur. Gerekli zaman diliminin belirlenmesi, problemdeki blok kütlelerine ve sıklık katsayısına bağlıdır. Tam ve açık çözüm metodunun avantajı, ilave bir gayret olmaksızın büyük yerdeğiştirmelerin ve doğrusal olmayan veya yenilme sonrası davranışın mümkün olmasıdır. Çünkü matrisler hiç bir zaman oluşturulmaz.

5. Sonuç

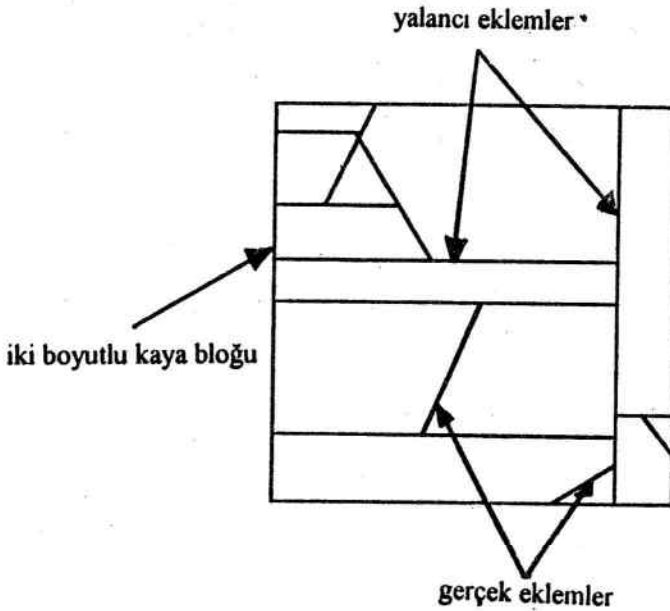
Ayrık elemanlar yöntemini kullanarak gerilme analizini yapmak için, problem birimin mutlak surette çokgen bloklara bölünmesi gerekir. Şayet kaya bloğu sadece süreklilik ifade eden eklemler içeriyorsa, kaya bloğu içindeki çokgenler otomatik olarak oluşmaktadır. Gerçekte, eklemler tabakalanma yüzeyleri gibi sınırlı boydadır. Şekil 3' de gösterildiği gibi şayet bu sınırlı ölçüdeki eklemler keşisirse, poligonların oluşması mümkündür. Halbuki, gerçekteki eklem ağı sisteminde bunun olabilirliği çok zayıftır (bakınız Şekil 4). Bu yüzden, yalancı eklemlerin oluşturulması gerekir ki sınırlı ölçüdeki gerçek eklemlerle birleştirildiğinde problem birim çokgenlere ayrıştırılmış olacaktır. Bunun için bir bilgisayar program kodunun geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Böylece, gerçek ve yalancı eklemlerden oluşan çokgen blokları meydana getirmek için bu bilgisayar kodundan elde edilen bilgiler iki boyutlu ayrık elemanlar kodunda kullanılabilir (bakınız Şekil 5). Bu kaya blokları daha sonra, iki boyutlu ayrık elemanlar kodu kullanılarak değişik gerilme sistemleri altında gerilme analizine tabi tutulurlar.



Şekil 3. İki boyuttaki kaya bloğunda çokgenler oluşturan süreklilikler
(Üçpırtı, 1992).



Şekil 4. İki boyuttaki kaya bloğunu çokgenlere bölemeyen süresiz-eklemler (Üçpırtı, 1992).



Şekil 5. Yalancı eklemlerin tanıtılması ile Şekil 4'deki iki boyutlu kaya bloğunda çokgenlerin oluşturulması (Üçpırtı, 1992).

Bahsedilen gerilme analizini yapmak için, ana kaya, gerçek ve yalancı eklem için geçerli olan bir takım temel özelliklerin (constitutive properties) mutlak surette bilinmesi gereklidir. Ana kaya ve gerçek eklemlerin temel özelliklerini tahmin etmek için, onlar üzerinde şekil değiştirme ve dayanım deneylerini yapmak kafidir. Halbuki, yalancı eklemler için durum farklıdır. Çünkü, yalancı eklemlerin gerçek anlamda ana kaya gibi davranması mutlak gerekliliktir. Dolayısıyla, yalancı eklemler için geçerli olan temel özelliklerin mutlaka bilinmesi gerekir. Bu nedenle, bir sonraki basamak olan gerilme analizine başlamadan önce bu ara problemin kesinlikle çözülmesi gerekmektedir. Bir sonraki çalışmada bunun nasıl yapılacağına dair izlenen yol tanıtılmaya çalışılacaktır.

Kaynaklar

- Bieniawski, Z.T. (1978). "Determining rock mass deformability: experience from case history", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol. 15, pp. 237-247.
- Bieniawski, Z.T. and Van Heerden, W.L. (1975). "The significance of in-situ tests on large rock specimens", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol.12, pp. 101-113.
- Billaux, D., Chiles, J.P., Hestir, K. and Long, J. (1989). "Three dimensional statistical modeling of a fractured rock mass-an example from the Fanay-Augeres mine", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol. 26, pp. 281-289.
- Brown, E.T. and Trollope, D.H. (1970). "Strength of a model of jointed rock", *J. of the Soil Mech. and Foundation Div.*, ASCE, Vol. 96, pp. 685-704.
- Brown, E.T. (1970). "Modes of failure in jointed rock masses", *Proc. 2nd Congress of Inter. Soc. of Rock Mechanics*, Belgrade, Yugoslavia, Vol. 2, pp. 3-42.
- Cundall, P.A. (1971). "A computer model for simulating progressive large scale movements in blocky rock system", *Proc. Int. Soc. of Rock Mechanics*, Nancy, France, Vol. 1, paper No. II-8.

- Cundall, P.A., Marti, J., Bresford, P.J., Last, N.C. and Asgian, M.I. (1978). "Computer modeling of jointed rock masses", *U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Technical Report N-78-4*.
- Cundall, P.A. (1980). "UDEC- a generalized distinct element method program for modeling jointed rock", *Rpt. PCAR-180, P.Cundall Assocs., Contract DAJA37-79C-5048, Europ., Research Off., U.S. Army*.
- Cundall, P.A. and Hart, R.D. (1985). "Development of generalized 2-D and 3-D distinct element programs for modeling jointed rock", *MISC paper SL-85-1, U.S. Army Corps of Engineering*.
- Cundall, P.A. (1988). "Formulation of a three-dimensional distinct element method-part I. A scheme to detect and represent contacts in a system composed of many polyhedral blocks", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol. 25, pp. 107-116.
- Dershowitz, W.S. and Einstein, H.H. (1988). "Characteristic rock joint geometry with joint system model", *Rock Mechanics and Rock Engineering*, Vol. 21, pp. 21-51.
- Einstein, H.H. and Hirschfeld, R.C. (1973). "Model studies on mechanics of jointed rock", *J. of the Soil Mech. and Foundation Div.*, ASCE, Vol. 99, pp. 229-242.
- Goodman, R.E., Taylor, R.L. and Brekke, T.L. (1968). "A model for the mechanics of jointed rock", *J. of the Soil Mech. and Foundation Div.*, ASCE, Vol. 94, pp. 637-659.
- Hart, R., Cundall, P.A. and Lemos, J. (1988). "Formulation of a three-dimensional distinct element model-part II: Mechanical calculations for motion and interaction of a system composed of many polyhedral blocks", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol. 25, pp. 117-126.
- Hayashi, M. (1966). "Strength and dilatancy of brittle jointed mass: The extreme value stochastics and anisotropic failure mechanics", *Proc. 1st Cong. Int. Soc. Rock Mechanics*, Lisbon, Vol.1, pp. 295-302.

- Heuze, F.E. and Goodman, R.E. (1972). "Three dimensional approach for design of cuts in jointed rock", *Proc. 13th U.S. Symp. Rock Mechanics*, University of Illinois Urbana, pp. 397-441.
- Heuze, F.E. (1980). "Scale effects in the determination of rock mass strength and deformability", *Rock Mechanics*, Vol. 12, pp. 167-192.
- Hoek, E. and Brown, E.T. (1980). "Empirical strength criterion for rock masses", *J. Geotech. Engrg. Div., ASCE*, Vol.106, pp. 1013-1035.
- John, K.W. (1970). "Civil engineering approach to evaluate strength and deformability of closely jointed rock, Rock Mechanics-Theory and Practice", *In. Proc. 11th U.S. Symp. on Rock Mechanics*, AIME, New York, 69-80.
- Kulatilake, P.H.S.W. (1985). "Estimating elastic constants and strength of discontinuous rock", *J. Geotech. Engrg., ASCE*, Vol. III, pp. 847-864.
- Kulatilake, P.H.S.W. (1988). "Stochastic joint geometry modeling: state-of-the-art", *Proc. 29th U.S. Symp. Rock Mechanics*, Minneapolis, MN, pp. 215-229.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Wathugala, D.N. (1990). "Stochastic three dimensional joint geometry modelling including a verification to an area in Stripa Mine, Sweden", *Proc. of the Int. Conf. on Mechanics of Jointed and Faulted Rock*, Vienna, pp. 71-82.
- Kulatilake, P.H.S.W., Wathugala, D.N., Poulton, M. and Stephansson, O. (1990a). "Analysis of structural homogeneity of rock masses", *Int. J. Engrg. Geol.*, Vol. 29, pp. 195-211.
- Kulatilake, P.H.S.W., Wu, T.H. and Wathugala, D.N. (1990b). "Probabilistic modeling of joint orientation", *Int. J. of Numerical & Analytical Methods in Geomechanics*, Vol. 14, pp. 325-350.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Wathugala, D.N. (1992). "Joint geometry modeling in 3D and validations-A case study", *Preprints of the Int. Conf. on Fractured and Jointed Rock Masses*, Lake Tahoe, California, pp. 18-25.

- Ladanyi, B. and Archambault, G. (1970). "Simulation of shear behavior of a jointed rock mass", *Proc. 11th U.S. Symp. on Rock Mechanics*, AIME, New York, pp.105-125.
- Lemos, J.V., Hart, R.D. and Cundall, P.A. (1985). "A generalized distinct element program for modeling jointed rock mass", *Proc. Symp. on Fundamentals of Rock Joints*, Bjorkliden, Sweden, 335-343.
- Lorig, L. J., Brady, B.H.G. and Cundall, P.A. (1986). "Hybrid distinct element-boundary element program analysis of jointed rock", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol. 23, pp. 303-312.
- Oda, M. (1982). "Fabric tensor for discontinuous geological material", *Soils and Foundations*, Vol. 22, pp. 96-108.
- Oda, M. (1988). "An experimental study of the elasticity of mylonite rock with random cracks", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol. 25, No: 2, pp. 59-69.
- Pratt, H.R., Black, A.D., Brown, W.S. and Brace, W.F. (1972). "The effect of specimen size on the mechanical properties of unjointed diorite", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics Abstr.*, Vol. 9, pp. 513-529.
- Shi, G. and Goodman, R.E. (1988). "Discontinuous deformation analysis-a new method for computing stress, strain and sliding of block systems", *Proc. 29th U.S. Symp. on Rock Mech.*, Minneapolis, MN, pp. 381-393.
- Shi, G. (1992). "Modeling rock joints and blocks by manifold method", *Proc. 33rd U.S. Symp. on Rock Mech.*, Santa Fe, New Mexico, pp. 639-648.
- Üçpırtı, H. (1992). "Joint geometry parameters effects on deformability and strength of jointed rock masses at the two dimensional level", *PhD. Dissertation, The University of Arizona*, Tucson.
- Wathugala, D.N., Kulatilake, P.H.S.W., Wathugala, G.W. and Stephansson, O. (1990). "A general procedure to correct sampling bias on joint orientation using a vector approach", *Computers and Geotechnics*, Vol. 10, pp. 1-31.

DOLGU KARIŞIM PARAMETRELERİNİN İRDELENMESİ İÇİN İSTATİSTİKSEL BİR YAKLAŞIM

A Statistical Approach for Evaluation of Backfill Mixture Parameters

Lütfullah GÜNDÜZ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta

Özet

Farklı çimentolu dolgu karışımlarının basınç dayanım performansına etkiyen faktör ve parametrelerin irdelenmesi amacıyla yapılan bir seri laboratuvar deney sonuçlarının, istatistiksel non parametrik bir rank yöntemiyle analizi sunulmaktadır. Rank analiz sonuçlarından, basınç dayanım performansını etkileyen bağımsız bileşenlerin kullanıldığı çok değişkenli doğrusal regresyon ilişkileri bulunmuş ve güvenilirlik düzeyi yüksek olan bir yaklaşım oluşturulmuştur.

Abstract

Results of a series of experimental investigations carried out to evaluate the factors and parameters effecting the compressive strength performance of different cemented backfill mixtures are analysed based on statistical non parametric a rank method and the research findings are presented. From the rank analysis results, the multi variable linear regressions were correlated using the independent components effecting the compressive strength requirement and a new approach with high correlative manner was built.

1. Giriş

Dolgu karakteristiklerinin kombinasyonu ve maden işletme yöntemlerinin optimizasyonu için, dolgu tasarımının doğru olarak yapılması işletme ekonomisi açısından son derece önemli olmaktadır. Yılların kazandırdığı tecrübe ile, dolgu basınç dayanımına etki eden bağımlı ve bağımsız değişkenlerin analizi için birçok çalışmalar yapılmıştır. Sonuçta, dolgu karışımının hazırlanması ve kür şartlarının optimal olarak belirlenmesi üzerine değişik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Katı malzeme boyut dağılımı,

çimento oranı ve kür süresi gibi değişkenler en etkin parametreler olarak belirlenmiştir (Durucan, 1990; Gündüz, 1992).

Dolgu dayanımına etkileyen bu parametreler arasında, basınç dayanım performans karakteristiğinin tahmini amacıyla, istatistiksel lineer rank korelasyon yöntemleri ile doğrusal olmayan değişken dizilerinin istatistiksel olarak (non-parametrik regresyonel) ilişkiler kurulmuştur. İstatistiksel yaklaşımlar sonucunda, değişik karışım kombinasyonlarına sahip dolgu türleri için pratik olarak kullanılabilecek performans tahmin metodu geliştirilmiştir. Londra Üniversitesi Imperial College Kaya Mekaniği Laboratuvarlarında farklı dolgu malzemeleri üzerinde yapılan bir dizi laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar (Durucan, 1990; Gündüz, 1992), non-parametrik lineer ranklama esasına dayanan regresyonel analiz metodu ile irdelenmiştir. Bu makalede, karışım parametrelerinin, dolgu basınç dayanım performansına etkileşiminin irdelendiği istatistiksel bir yaklaşımın araştırma bulguları sunulmaktadır.

2. Basınç Dayanım Testleri

Farklı kombinasyonlarda hazırlanmış olan dolgu karışımları üzerinde tek eksenli basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde, çimentolu dolgu karışımlarının basınç dayanım performansında:

- ❑ Kür süresi,
- ❑ Çimento oranı,
- ❑ Su/katı oranı,
- ❑ Tane boyutu dağılımı,
- ❑ Çimento türü,
- ❑ Katı/çimento oranı,
- ❑ Su/çimento oranı faktörlerinin etkileri araştırılmıştır.

Laboratuvarda yapılan deneylerde, temel olarak beş farklı tane boyutu dağılımı, dolgu malzemesi denemeye alınmıştır:

- ❑ Cevher Hazırlama Atığı (Tailing) (-150 μ m),
- ❑ İnce boyutlu atık (gang) (-150 μ m),
- ❑ İnce boyutlu atık (gang) (-150+75 μ m),
- ❑ İnce boyutlu atık (gang) (-75 μ m),
- ❑ Kaya dolgusu (-25 mm).

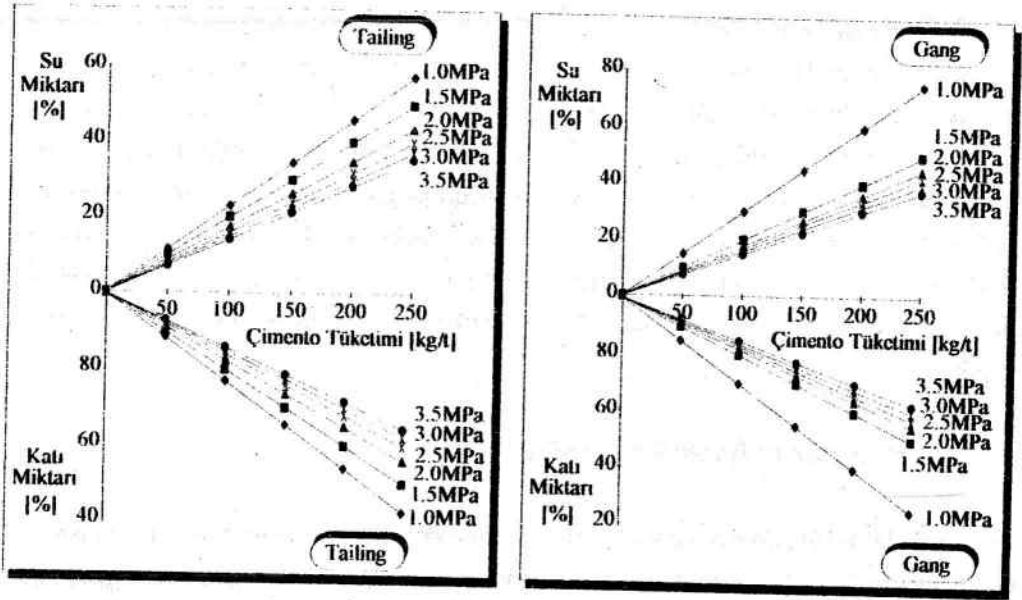
Karışımlarda bağlayıcı eleman olarak portland çimentosu (PÇ) kullanılmıştır. Ayrıca, pülverize kömür külü ve kireçtaşı da seçenek bağlayıcı eleman olarak denenmiştir. Ancak, bu alternatif bağlayıcıların portland çimentosu kadar basınç dayanım performansında fazla etkin olmadığı görülmüştür. Yapılan deneylerde, tailing ve ince taneli gang mineralleri için 0.20 - 0.50 su/katı oranları, kaya dolgusu numuneleri için 0.12 - 0.20 su/katı oranları kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler ise nominal boy/çap (h/d) oranı 2 olacak şekilde 100mm x 50 mm boyutlu silindirik kalıp örnekleri hazırlanmıştır (Brady and Brown, 1985). Testler 3, 7 ve 28 günlük kür sürelerinde yapılmıştır.

3. Test Bulgularının İstatistiksel Analizi

Test bulgularından edinilen sonuçlar ile optimum dolgu karışımının belirlenmesinde en önemli parametrelerin çimento tüketimi ve karışımın nihai basınç karakteristiği olduğu gözlenmiştir. Bu amaçla, katı malzeme türleri için nihai basınç karakteristiği ve su/çimento oranları arasındaki ilişkiler istatistiksel ifadeler olarak belirlenmiş ve Çizelge 1 de gösterilmiştir. Optimum çimento tüketimi ve arzu edilen dolgu basınç karakteristiğinin tahmini için, Çizelge 1 'deki istatistiksel eşitliklerden oluşturulan su ve çimento tüketim kombinasyonları nomogram olarak Şekil 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Dolgu basınç dayanım ilişkileri.

Malzeme	Tane Boyutu Dağılımı	İstatistiksel İlişki	İlişki Katsayısı
Tailing	-150 μ m	$\sigma_c = 10.601 \times 10^{-0.394 A1}$	R=0.92
Gang	-150 μ m	$\sigma_c = 8.066 \times 10^{-0.365 A1}$	R=0.91
Gang	-150+75 μ m	$\sigma_c = 5.955 \times 10^{-0.269 A1}$	R=0.96
Gang	-75 μ m	$\sigma_c = 4.994 \times 10^{-0.262 A1}$	R=0.93
Kaya Dolgusu	-25mm	$\sigma_c = 14.414 \times 10^{-0.258 A1}$	R=0.94
σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı, MPa, A1 : Su/Çimento oranı.			



Şekil 1. Karışımdaki su ve çimento oranlarının dolgu dayanımına etkisi.

Dolgu karışım parametrelerinin, dolgu basınç dayanım performansına etkisinin detay olarak irdelenmesi amacıyla, laboratuvar deney bulgularından malzeme türlerine göre ayrı veri kümeleri oluşturulmuştur. Bağımlı değişken olarak, tek eksenli basınç dayanımı değeri ele alınmış; kür süresi, çimento oranı, su/katı oranı ve boyut fraksiyonu gibi faktörler de bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Tanımlanan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında, aşağıdaki istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır:

□ Araştırma bulguları arasında oluşturulan bağımlı ve bağımsız değişken veri kümeleri arasında non-parametrik rank analizi,

□ Dolgu basınç dayanımına en etkin parametre olarak belirlenen bağımsız değişkenlerin etkileşiminin çok değişkenli istatistiksel regresyon analizi ile belirlenmesi.

Farklı dolgu basınç dayanım kriterleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden İşletme Anabilim dalında lineer ve non-parametrik rank analizleri üzerine geliştirilmekte olan

bir istatistik bilgisayar paket programı yardımıyla analiz edilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler için non-parametrik rank analiz tekniği olarak *Spearman Rank Korelasyon* tekniği kullanılmıştır (Mendenhall and Sincich, 1992). Bu teknik, iki farklı bağımlı ve bağımsız değişkenin non-parametrik olarak yapılan doğrusal rank faktörlerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Bağımlı değişken olan dolgu basınç dayanım verileri, diğer bağımsız faktörler arasındaki istatistiksel yaklaşım, öncelikle grafiksel olarak belirlenmiş, sonrasında doğrusal olarak rank korelasyon katsayıları tanımlanmıştır. Analiz sonuçlarının irdelemesi Çizelge 2'de özet olarak sunulmuştur.

Analiz bulguları dikkate alındığında, dolgu basınç dayanım performansının tahmininde su/çimento oranı ve kür süresinin en kuvvetli değişkenler olduğu gözlenmektedir. Elde edilen yüksek korelasyonlar sebebiyle, dolgu karışım parametrelerinin irdelemesinde rank analiz tekniğinin kullanılabileceği belirlenmiştir. Diğer taraftan, çimento oranı ve kür süresi haricindeki diğer bağımsız değişkenler ile basınç dayanım değeri arasında da kabul edilebilir ilişkiler görülmüştür.

Etkin parametreler ve doğrusal analiz faktörleri detay olarak Çizelge 3'de verilmiş ve etkin bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal olarak artan bir eğimin bulunduğu görülmüştür.

Rank analiz bulguları neticesinde, dolgu basınç dayanım performansının tahmini için etkin bağımsız faktörler ile çok değişkenli istatistiksel regresyon analizleri yapılmış ve ilişki katsayıları yüksek istatistiksel ifadeler bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4'de farklı dolgu kombinasyonlarının basınç dayanım performans tahmini için verilen regresyonel eşitlikler ile eşdeğer dolgu kompozisyonlarında laboratuvar deney sonuçlarına bağımlı gerçek değerler arasındaki ilişki grafiksel olarak Şekil 2'de verilmiştir. Bu incelemeden de görüleceği üzere, çimento tüketim oranı ve kür süresine bağımlı değişkenler olarak elde edilen tek eksenli basınç dayanım değerleri, regresyonel ilişkilerin istatistiksel anlamlılık düzeyleri %97 in üzerinde olması sebebiyle, pratik olarak, farklı kombinasyonlardaki dolgu karışımlarının basınç dayanımları etkin olarak tahmin edilebilmektedir.

Çizelge 2. Spearman rank korelasyon değerleri.

Tailing -150 μm	σ_c MPa	Kür Süresi Gün	Su/Çimento Oranı	Su/Katı Oranı	Fraksiyon μm	Anlamlılık Düzeyi $\alpha = 0.01$
σ_c MPa	1.000					
Kür Sür., Gün	0.168	1.000				
Su/Çim. Oranı	0.746	0.051	1.000			
Su/Katı Oranı	-0.765	0.098	-0.521	1.000		
Fraksiyon μm	-0.878	-0.216	-0.079	0.102	1.000	

Gang -150 μm	σ_c MPa	Kür Süresi Gün	Su/Çimento Oranı	Su/Katı Oranı	Fraksiyon μm	Anlamlılık Düzeyi $\alpha = 0.01$
σ_c MPa	1.000					
Kür Sür., Gün	9.249	1.000				
Su/Çim. Oranı	0.781	0.110	1.000			
Su/Katı Oranı	-0.283	0.138	0.139	1.000		
Fraksiyon μm	-0.912	-0.111	-0.111	0.249	1.000	

Gang -150+75 μm	σ_c MPa	Kür Süresi Gün	Su/Çimento Oranı	Su/Katı Oranı	Fraksiyon μm	Anlamlılık Düzeyi $\alpha = 0.01$
σ_c MPa	1.000					
Kür Sür., Gün	0.291	1.000				
Su/Çim. Oranı	0.761	0.123	1.000			
Su/Katı Oranı	-0.313	0.094	0.127	1.000		
Fraksiyon μm	-0.882	-0.112	-0.098	0.208	1.000	

Gang -75 μm	σ_c MPa	Kür Süresi Gün	Su/Çimento Oranı	Su/Katı Oranı	Fraksiyon μm	Anlamlılık Düzeyi $\alpha = 0.01$
σ_c MPa	1.000					
Kür Sür., Gün	0.232	1.000				
Su/Çim. Oranı	0.760	0.059	1.000			
Su/Katı Oranı	-0.209	0.159	0.159	1.000		
Fraksiyon μm	-0.891	-0.123	-0.123	0.264	1.000	

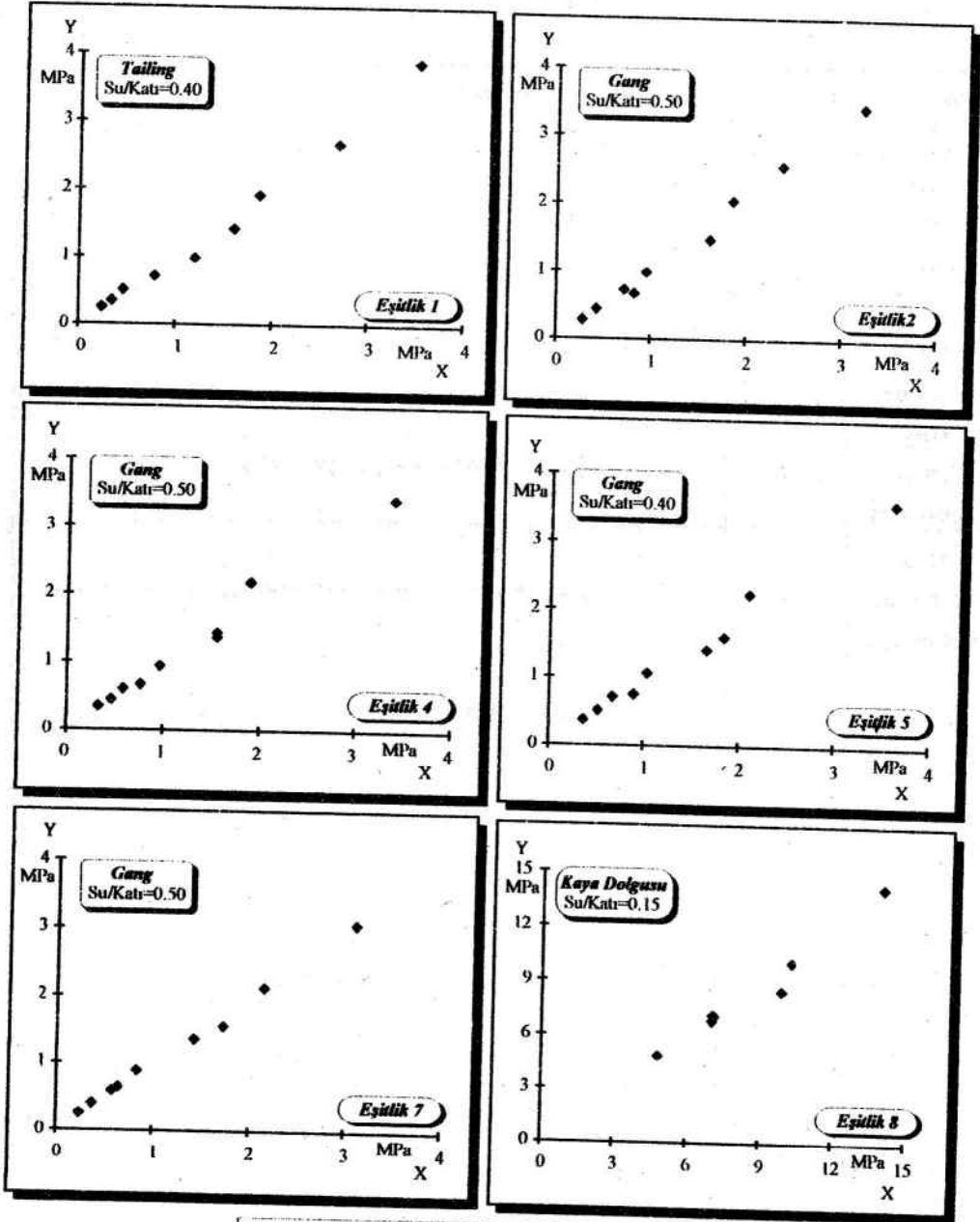
Kaya Dolgusu -25 mm	σ_c MPa	Kür Süresi Gün	Su/Çimento Oranı	Su/Katı Oranı	Fraksiyon mm	Anlamlılık Düzeyi $\alpha = 0.01$
σ_c MPa	1.000					
Kür Sür., Gün	0.412	1.000				
Su/Çim. Oranı	0.223	-0.514	1.000			
Su/Katı Oranı	-0.330	-0.129	-1.018	1.000		
Fraksiyon, mm	-0.891	-0.171	-0.135	0.117	1.000	

Çizelge 3. Etketif parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler.

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Doğrusal İlişki Katsayısı				
		Tailing -150 μm	Gang -150 μm	Gang -150+75 μm	Gang -75 μm	Kaya Dol. -25 mm
Tek Eksenli Basınç Dayanımı MPa	Kür Süresi	0.168	0.24	0.291	0.232	0.412
	Çimento Oranı	0.746	0.781	0.761	0.760	0.223
	Su/Katı Oranı	-0.765	-0.283	-0.313	-0.209	-0.330
	Fraksiyon	-0.878	-0.912	-0.882	-0.891	-0.891

Çizelge 4. Dolgu basınç dayanım ilişkileri.

Malzeme	Eşitlik	İstatistiksel İlişki	İlişki katsayısı
Tailing -150µm Su/Katı=0.40	1	$\sigma_c = 0.016 \times 10^{0.089 A_2} + 0.035 \times 10^{0.088 A_2} \log A_3$	R=0.932
Gang -150µm Su/Katı=0.40	2	$\sigma_c = 0.003 \times 10^{0.133 A_2} + 0.149 \times 10^{0.049 A_2} \log A_3$	R=0.991
Gang -150µm Su/Katı=0.35	3	$\sigma_c = 0.013 \times 10^{0.099 A_2} + 0.131 \times 10^{0.057 A_2} \log A_3$	R=0.975
Gang -150+75µm Su/Katı=0.50	4	$\sigma_c = 0.106 \times 10^{0.032 A_2} + 0.034 \times 10^{0.089 A_2} \log A_3$	R=0.996
Gang -150+75µm Su/Katı=0.40	5	$\sigma_c = 0.095 \times 10^{0.037 A_2} + 0.051 \times 10^{0.082 A_2} \log A_3$	R=0.987
Gang -75µm Su/Katı=0.50	6	$\sigma_c = 0.013 \times 10^{0.099 A_2} + 0.132 \times 10^{0.057 A_2} \log A_3$	R=0.979
Gang -75µm Su/Katı=0.40	7	$\sigma_c = 0.004 \times 10^{0.116 A_2} + 0.111 \times 10^{0.057 A_2} \log A_3$	R=0.941
Kaya Dolgusu -25 mm Su/Katı=0.15	8	$\sigma_c = 0.600 \times 10^{0.039 A_2} + 2.110 \times 10^{0.027 A_2} \log A_3$	R=0.988
A2 : Çimento tüketim oranı, % A3 : Kür süresi, gün.			



X - Deneyler sonucu elde edilen Basınç Dayanım Değeri (MPa)
Y - Görgül Olarak Bulunan Basınç dayanım Değeri (MPa)

Şekil 2. Deney bulguları ve regresyonel denklemler ile bulunan dolgu basınç performans değerleri arasındaki ilişki.

4. Sonuçlar

Farklı dolgu karışımları ile yapılan bu istatistiksel yaklaşımda, tane boyutu dağılımı, su/katı oranı, su/imento oranı, katı/imento oranı ve katı malzeme türü gibi faktörler, dolgu basınç dayanımına etkiyen kuvvet bileşenleri olduğu gözlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, non-parametrik rank analizi yaklaşımına göre, imento kullanım oranı ve kür süresi dolgu basınç dayanımına en etkili bağımsız bileşenler olduğu belirlenmiştir.

□ Gözenekliliği az olan karışımlar, kullanılan imento miktarına bağımlı olarak kuvvetli basınç dayanımları sergilediği belirlenmiştir.

□ Karışımlarda su miktarının belirlenmesi, basınç dayanımı itibariyle kritik bir faktör olup karışımdaki su miktarı azaldıkça dolgu basınç dayanımında iyileşme görölmektedir.

Araştırma bulgularına göre, çimentolu dolguda yüksek performansın arzu edildiği durumlarda, dolgu için düşük dolgu gözenekliliği, minimum su kullanımı, uygun imento türü ve uygun kür süresinin optimum olarak belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Bu çalışmada deneylerden elde edilen sonuçlara göre, dolgu malzemesi olarak ağırlıkça %3-5 çimentolu -25mm boyut dağılımına sahip kaya dolgusu veya -150+75µm boyut dağılımına sahip gang malzemesinin %7 imento ile en optimum dolgu olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Kaynaklar

Brady, B.H.G. and Brown, E.T. (1985) *Rock Mechanics for Underground Mining*, George Allen and Unwin, London.

Durucan, ř. (1990) *Cut and Fill Mining in Hard Rock Without the Use of Explosives*, 2nd Seminar on Mining Tehnology, October 1990, Santiago de Compostela, Spain.

Gündüz, L. (1992) *System Analysis and Fill Design in Mining with Backfill*, PhD Thesis, Londra University, Imperial College, Londra.

Mendenhall, W. and Sincich, T. (1992) *Statistics for Engineering and the Science*, 3rd edition, Mc GrawHill, Oxford.

EYNEZ YERALTI KÖMÜR OCAĞININ YAPISAL JEOLJİ VE JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

AN INVESTIGATION INTO STRUCTURAL GEOLOGY AND GEOTECHNIC OF EYNEZ
COLLIERY

Bahtiyar Ünver
Hacettepe Üniversitesi
Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe, 06532 - Ankara.

ÖZET

Bu yazıda, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumuna bağlı olan Ege Linyitleri İşletmesi'nin Eynez Yeraltı Ocağı'nda yapılan ve ocaktaki kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini belirlemeyi amaçlayan bir çalışmanın sonuçları verilmiştir. Tabakalanma, faylanma, eklem ve kömür içindeki kırıklara ait ayrıntılı bilgiler elde edilerek, asal gerilme yönleri tespit edilmiştir. Ayrıca, ocakta gözlenen değişik birimler Q ve RMR sistemlerine göre sınıflandırılarak kaya kütlesi özellikleri belirlenmiş ve kullanılan tahkimat yöntemi değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

This paper presents the results of a study on the determination of engineering characteristics of rock mass at Eynez Underground Mine which is operated by Aegean Lignites of Turkish Coal Enterprises. Principal stress direction were estimated in conjunction with detailed information derived from the measurements taken from bedding planes, faults, joint planes and cleats. In addition, different lithological units have also been classified by using Q and RMR rock mass classification systems and support types are evaluated.

1. GİRİŞ

Ülkemizde bulunan kaliteli linyit rezervlerinin başında ELİ Eynez İşletmesi ruhsat sahası içinde bulunan ve görünür rezervi yaklaşık 300 milyon ton olan linyit rezervi gelmektedir. Rezerv miktarının oldukça yüksek olması ile birlikte Eynez kömürünün alt ısı değeri 5000 kcal/kg'a ulaşabilmektedir. Hava ve çevre kirliliği açısından büyük önem taşıyan kömürün kükürt içeriği, sadece yarısının yanabilir özellik göstermesiyle, % 1'den daha azdır. Bu nedenle, Eynez kömürü sanayi tesisleri ve özellikle hava kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı kent merkezlerinde ithal kömürlere alternatif olarak aranılan bir yakıt olmuştur.

Eynez İşletmesi'nde bulunan linyit rezervinin çok büyük bir bölümü yeraltı madenciliği ile üretilmeye uygundur. Bu nedenle, işletmede gelecekte üretim miktarlarının artırılmasına yönelik olarak yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmaktadır. Bu yazıda, ileride yapılacak olan çalışmaların planlama ve üretim aşamalarında verimliliğin sağlanabilmesi açısından ışık tutması amacıyla, ocak çevresinin yapısal jeolojisinin ve jeotekniğinin ana hatlarıyla verilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ocak çevresindeki tektonizma ve süreksizlikler sistematik olarak yapılan incelemelere ve ölçümlere bağlı olarak değerlendirilmiştir.

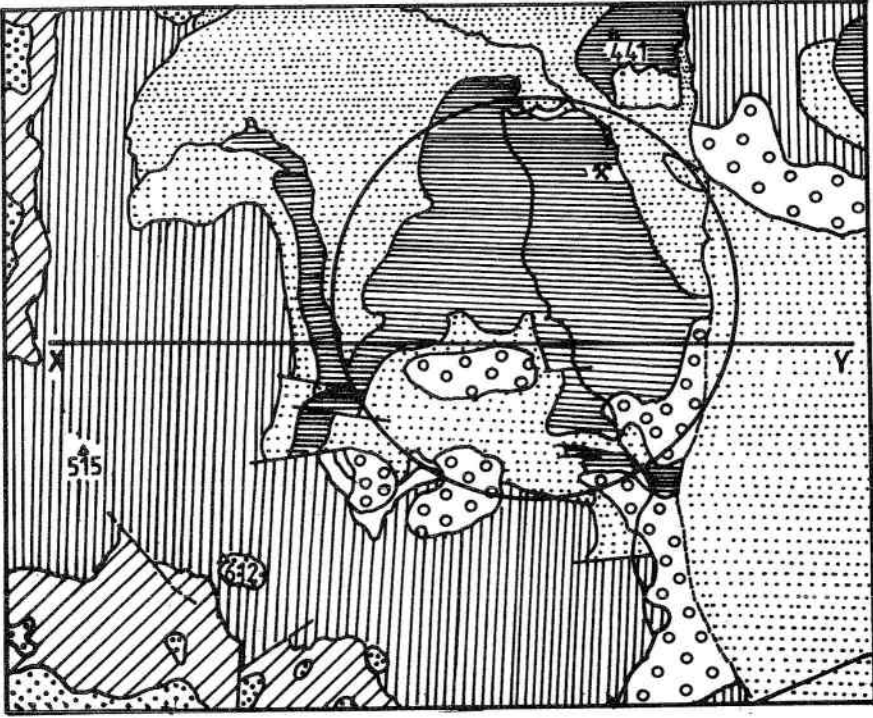
2. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ

Soma Havzasının temel kayaçlarını Paleozoik yaşlı grovak ve Mesozoik yaşlı kristalize olmuş kireçtaşları oluşturur. Bu temel üzerinde Neojen yaşlı kömürlü seriler uyumsuz olarak bulunmaktadır. Şekil 1'de işletme ve çevresinin yerüstü jeolojik haritası ve kesiti verilmektedir. Havzanın jeolojisini temsil eden genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit, Şekil 2'de verilmiştir, (Brinkman vd., 1970). Genel olarak havzada farklı zamanlarda oluşmuş üç adet linyit damarı mevcuttur. Eynez bölgesinde KM1 ve KM2 olarak adlandırılan Miyosen yaşlı iki adet linyit damarı bulunmasına karşın, bunlardan sadece KM2 damarı ekonomik olarak işletilebilir özelliktedir.

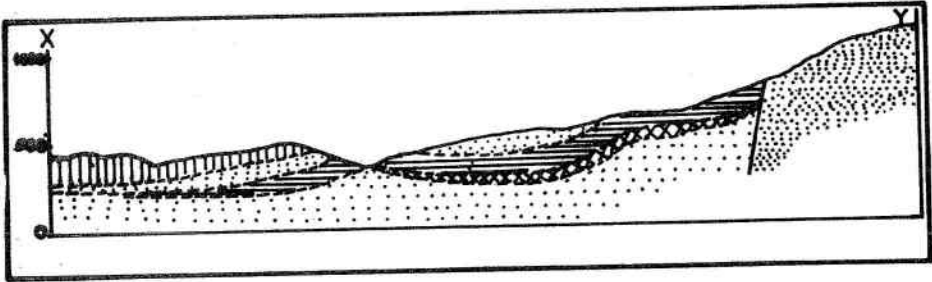
Eynez yatağı kabaca kuzey-güney doğrultusu boyunca uzanmakta olup, doğusu kuzey-güney doğrultusunda uzanan büyük bir fay ile sınırlanmıştır. Bu fayın doğu kısmında Jura ve Kretase yaşlı kayaçlar, batısında Miyosen ve Pliosen yaşlı linyit oluşumlarının da içinde bulunduğu sedimentar kayaçlar yer alırlar. Batı yönünde bir miktar volkanik aktivite görülmesine rağmen, bu oluşumun linyit üretimi üzerine bir etkisi yoktur.

Linyit oluşumu ile ilişkili başlıca litolojik birimlerin genel özelliklerine aşağıda özetle değinilmiştir:

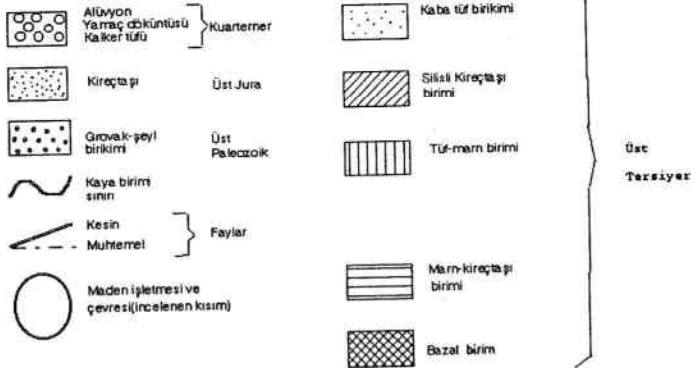
Miyosen yaşlı kilitaşı (M1) : Paleozoyik serilerin üzerinde uyumsuz olarak bulunan Miyosen kilitaşı en yaşlı Neojen kayacıdır ve kalınlığı 1-50 m arasında değişmektedir. Kilitaşı oldukça yumuşak olup, yapılan gözlemler sonucunda sudan etkilenen bir



a)



b)



c)

Şekil 1. a) İşletme çevresinin yerüstü jeolojik haritası
b) X-Y boyunca alınan jeolojik kesiti.
c) Belirteç.

Zaman	Devir	Devre	Sembol	Kalınlık	LİTOLOJİK STAMP	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	TERSİYER	PLİYOSEN	Ym			Yamaç molozu
			P2	150-350 m.		Tüf - Marn Kil
			KP1			Linyitli Zon
			P1	80-120 m.		Kil
			KM3	10		Linyitli Zon
			M3	40-60 m.		Kireçtaşı
		MİYOSEN	M2	80-100 m.		Marn
			KM2	20 m.		Linyitli Zon
			M1	1-50 m.		Kil, Kum
						Kristalize kireçtaşı
						Grovak

Şekil 2. Bölgenin geliştirilmiş stratigrafik kolon kesiti, (Brinkman vd, 1970).

özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Değişik kalınlıklarda bulunmasına rağmen saha genelinde kömür damarının tabanının değişmez birimidir.

Linyit (KM2) : M1 ve M2 birimlerinin arasında oluşmuş olan tek bir damardan meydana gelmektedir ve üretim bu damar içinde gerçekleştirilmektedir. Damar kalınlığı değişken olmakla birlikte ortalama 20 m civarındadır. Damarın içinde ortalama olarak 30 cm kalınlıkta küçük arakesmelerin bulunmasının damarın üretimine etkisi yoktur. Arakesmeler yumuşak kil veya sert kumtaşı şeklindedir. Linyit, ilk başlangıçta antrasit izlenimi veren çok parlak siyah bir görünüme sahiptir. Linyit damarının kül ve kükürt içeriği düşüktür ve eser miktarda metana rastlanır. Kömür içindeki çatlakların üzerinde yer yer ve özellikle tavan kısmına doğru ince pul halinde pirit oluşumu gözlenir. Damarın tek eksenli basma dayanımı ve sertliği tavanda yüksek olmasına rağmen tabana doğru gidildikçe azalmaktadır.

Miyosen yaşlı marn (M2) : Kömür tavanında yaklaşık 80-100 m kalınlıkta ve sağlam bir marn bulunmaktadır. Bu marnların kalınlığı boyunca jeolojik ve mekanik özellikleri fazla bir değişim göstermemektedir ve M2 marnlarının sağlam olması nedeniyle ocaktaki bütün hazırlık galerileri bu birim içinde açılmaktadır.

Miyosen yaşlı marnların üzerinde iyi tabakalanmış, içinde bol miktarda gastropod fosili bulunan ve kalınlığı 40-60 m arasında değişen bir kireçtaşı litolojisi bulunmaktadır. M3 olarak simgelenen bu kireçtaşlarının üzerinde, kalınlığı çok değişken olmakla birlikte, ortalama kalınlığı 1 m olan ve üretim yapılmayan KM3 kömür damarı bulunmaktadır. KM3 damarı Miyosen ile Pliosen yaşlı birimler arasındaki sınırı oluşturmaktadır. KM3 damarının üzerinde bulunan, P1 ve P2 olarak adlandırılan Pliosen yaşlı killerin kalınlıkları sırasıyla 80-120 m ve 150-350 m arasında değişmektedir.

3. BÖLGENİN TEKTONİĞİ

Soma Linyit Havzası, Batı Anadolu jeolojik bölgesi içinde yer almakta olup, günümüzden 12 milyon yıl önce oluşmaya başlayan neotektonik zamanın izlerini taşımaktadır. Batı Anadolu, genel anlamda tektonik olarak ilginç bir yapıya sahiptir. Soma Linyit Havzası, kuzeyden güneye doğru Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin arasında bulunan Bozdağ horstunun kuzeyinde bulunan blok üzerinde yer almaktadır, (Brinkman vd, 1970; Sengor, 1987). Eynesiz Bölgesi'nde bu yapıya bağlı olarak oluşan gerilmeler sonucunda kuzey - güney yönünde ve linyit damarının doğrultusu boyunca doğrultu atımlı oblik faylar oluşmuştur. Bölgenin orta bölümlerine doğru fayların eğim yönündeki atımları artmaktadır, (Koçak vd., 1990).

3. BÖLGEDEKİ SÜREKSİZLİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

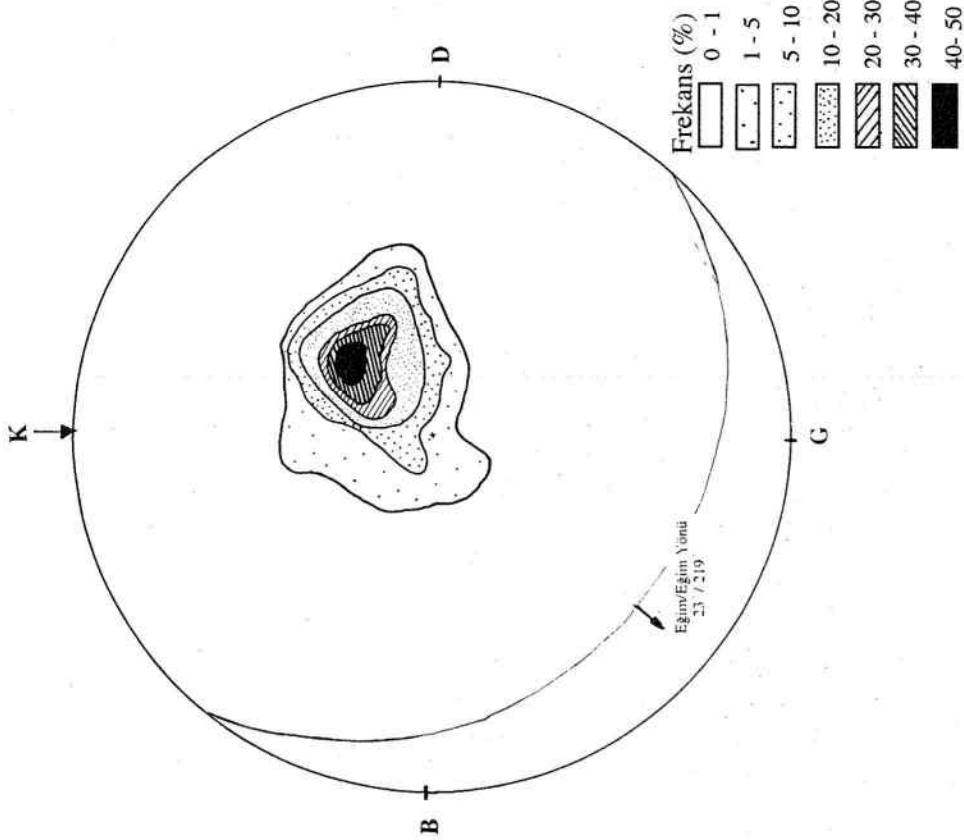
Eynez Yeraltı Ocağı genelinde açılmış olan bütün yollarda ve ayaklarda süreksizlik ölçümleri, sistematik olarak jeolojik pusula ile yapılmıştır. Alınan ölçümlerin sonuçlarına göre Eynez Bölgesinde tabaka eğimi ve eğim yönü, $22^{\circ}/222^{\circ}$ 'dir. Üretimin yapıldığı bölgede bu eğim biraz daha artmakta ve güneye gidildikçe azalmaktadır. Şekil 3'de yeraltı ocağı genelinde alınan eğim/eğim yönü ölçülerinden elde edilen ve tabakalanmayı genel olarak karakterize eden konturlar eşalan stereo projeksiyonu üzerinde gösterilmiştir.

Eynez Yeraltı Ocağı çevresindeki tabakalarda çok önemli kıvrımlar sık olarak görülmemekte olup, oluşan kıvrımlar da eğimde çok büyük değişikliklere yol açmamışlardır. Kıvrımların oluşmaları genellikle faylanma etkisini yaratan mekanizma ile ilişkilidir ve faylanma ile birlikte görülebilmektedir.

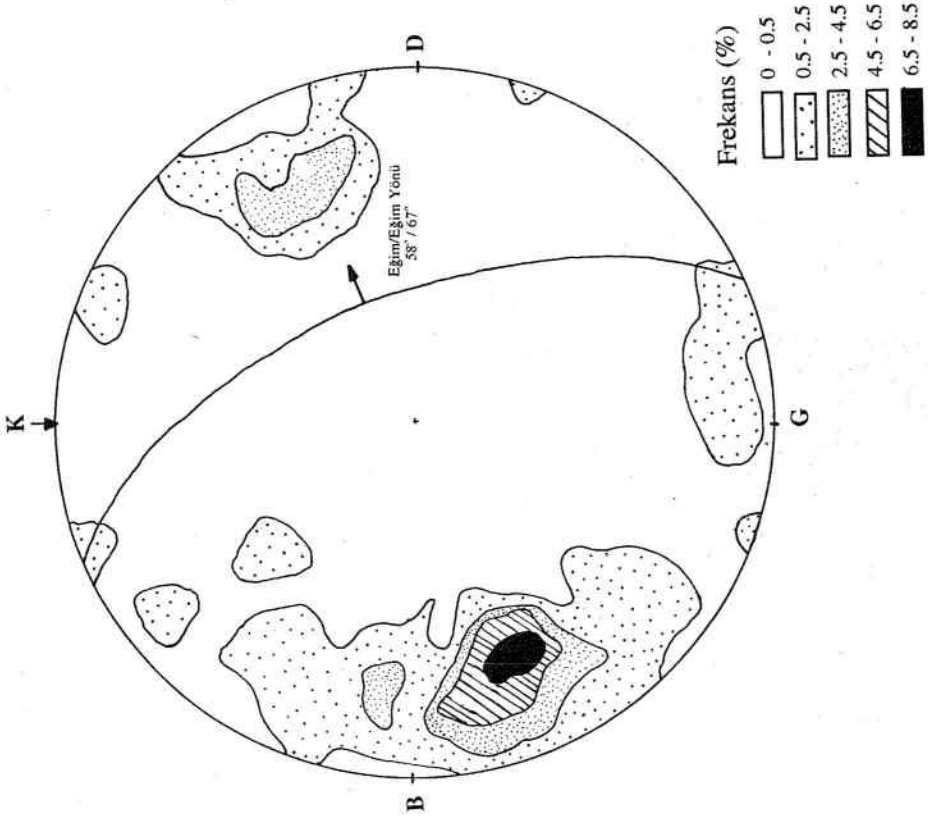
Bölgede faylanma oldukça yaygın olarak görülmektedir. Şekil 4'de faylanma düzlemlerinin kutup konturları verilmiştir. Ölçülerin değerlendirilmesinden fayların en çok kuzey-kuzeybatı ve güney-güneydoğu doğrultusunda (ortalama $N158^{\circ}$) olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4). Genellikle atımları birkaç cm ile 1 m arasında değişen küçük faylarda, faylanma hareketinin yönü fay düzlemi üzerindeki izlerden ve ince kalsit dolgularından net bir biçimde anlaşılabilmektedir. Büyük faylanmalar ise kalınlığı birkaç metreyi bulabilen fay breşi ile tanımlanabilmektedir. Fay breşi ezilme sonucu kil tane boyutuna parçalanmış olan marn ve breş içerisinde bol miktarda bulunan kalsit dolgusuyla kendisini göstermektedir.

M2 marni içerisinde eklemleme oldukça belirgin ve düzenli bir şekilde olup, genellikle iki belirgin eklem takımı mevcuttur. Eklemlerin tamamına yakın bir bölümünün eğimleri yüksek olup, dik veya kuzeydoğu-güneydoğuya eğimlidir. Şekil 5(a)'da eklem doğrultularına ait gül diyagramı, (b)'de eklemlerin steografik projeksiyon üzerindeki kutup yoğunluklarının konturları, (c)'de eklemlerin dalım yönü gül diyagramı ve (d)'de ise eklemlerin eğim değerleri histogramı verilmiştir. Yeraltında eklem sıklığı konusunda kesin bir aralık vermek oldukça zordur. Ancak, genel bir ifadeyle eklem sıklığı yaklaşık olarak 30 cm. olarak kabul edilebilir.

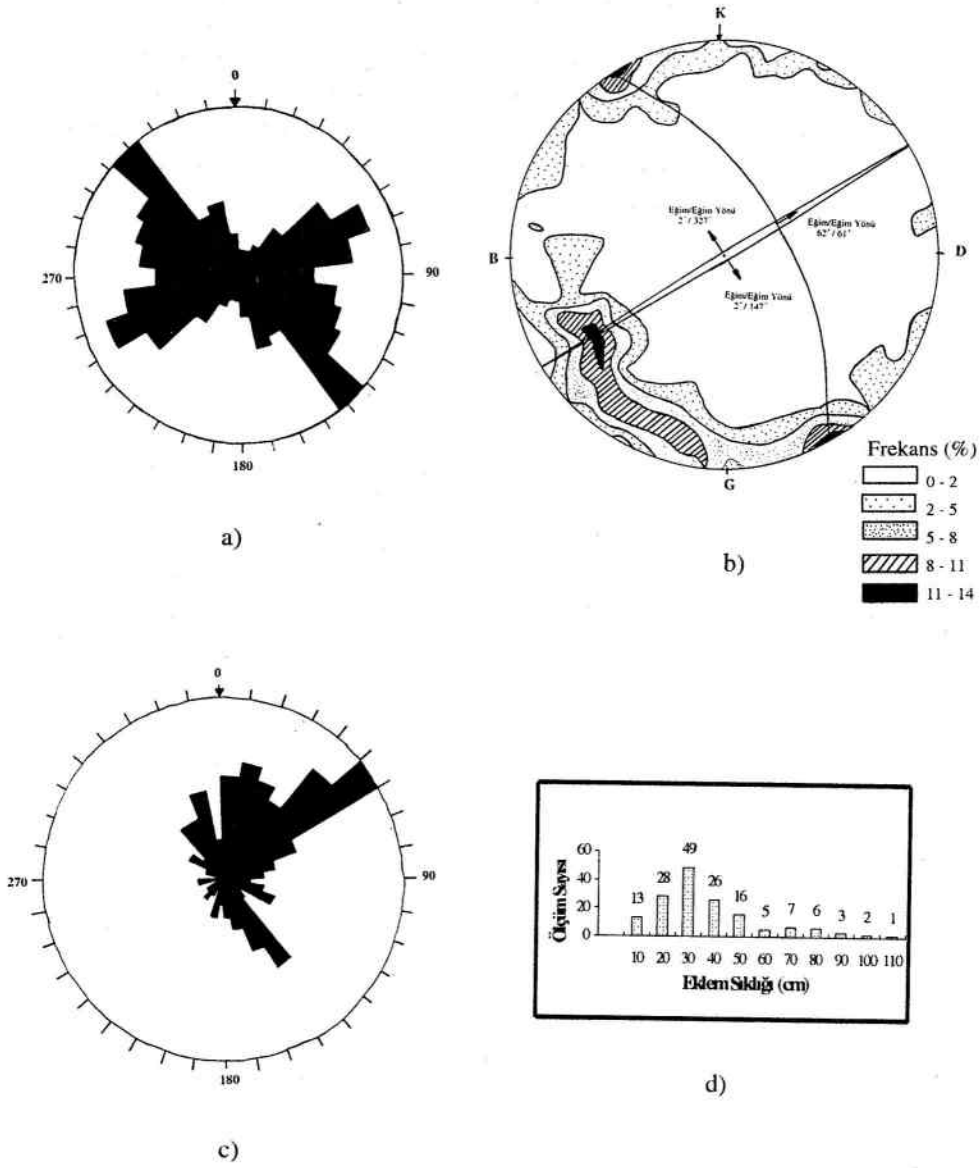
Kömür damarı içerisindeki kırıkların (cleat) dalım yönü gül diyagramı ve kırık düzlemlerinin kutup noktalarının konturları Şekil 6(a) ve (b)'de verilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi, kömür içinde iki adet kırık düzlemi mevcuttur ve doğrultusu kuzeybatı- güneydoğu olan takım daha belirgin olarak görülmektedir. Kırık düzlemlerinde yer yer ince bir tabaka halinde pirite rastlanmaktadır. Kırıklanma kömür içinde oldukça sık olarak gözlenmekte ve kömürün kenar uzunluğu birkaç santimetre olan kür şeklindeki parçalara ayrılmasına neden olmaktadır. Ancak, bu yüzeylerin kırıklara rağmen yine de oldukça sağlam bir şekilde oldukları söylenebilir. Eklem doğrultularının gül diyagramında görülen pik değerlerinin açılı ortayları alınarak ikincil ve üçüncül asal gerilme yönleri bulunabilir. Yeraltında yapılan gözlemlere dayanılarak birincil asal gerilmenin düşey doğrultuda olduğu varsayılmıştır. Şekil 7'de eklem



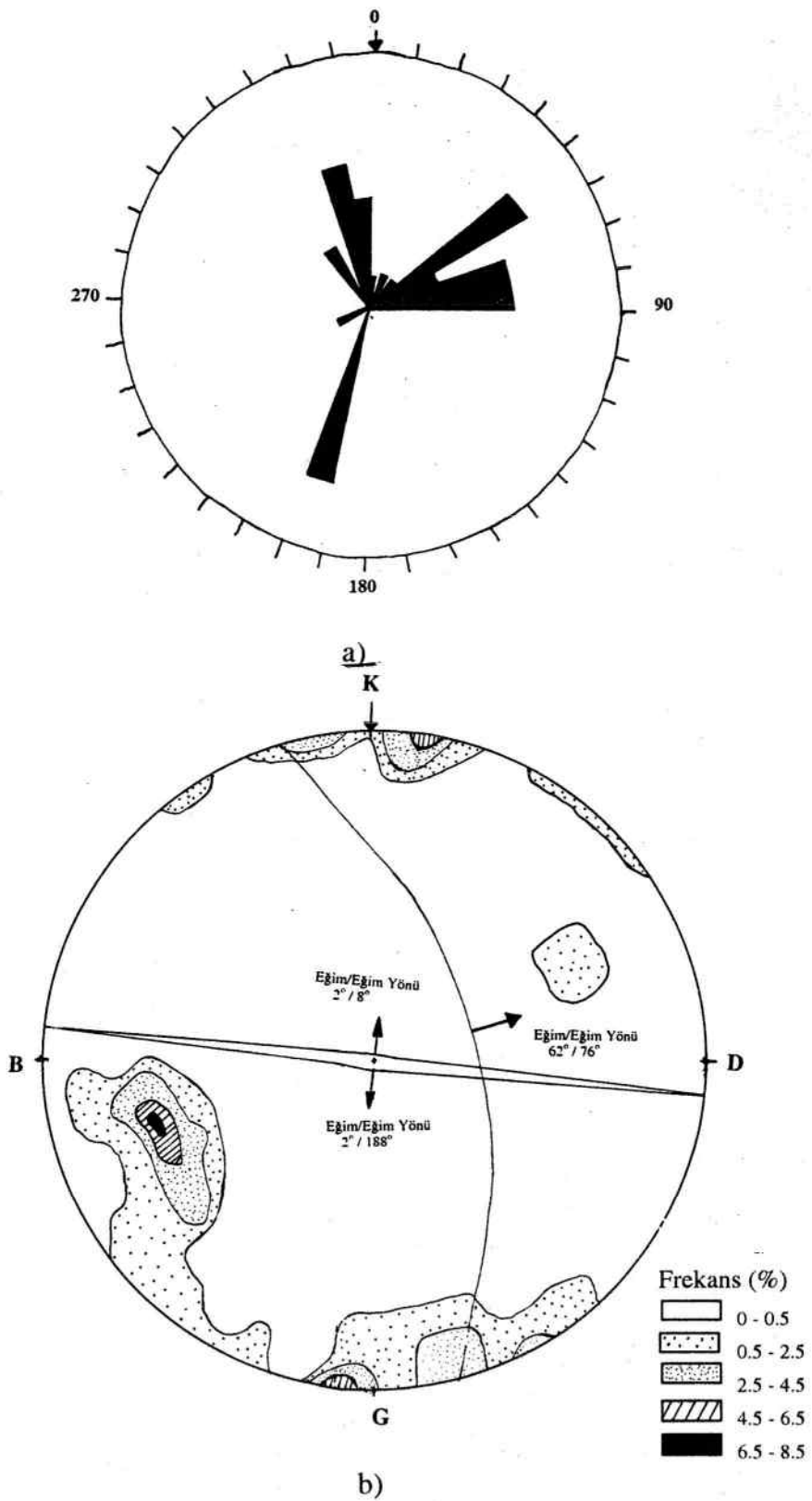
Şekil 3. Tabakalanmaya ait kutup noktalarının eşalan stereo projeksiyonu üzerindeki konturları.



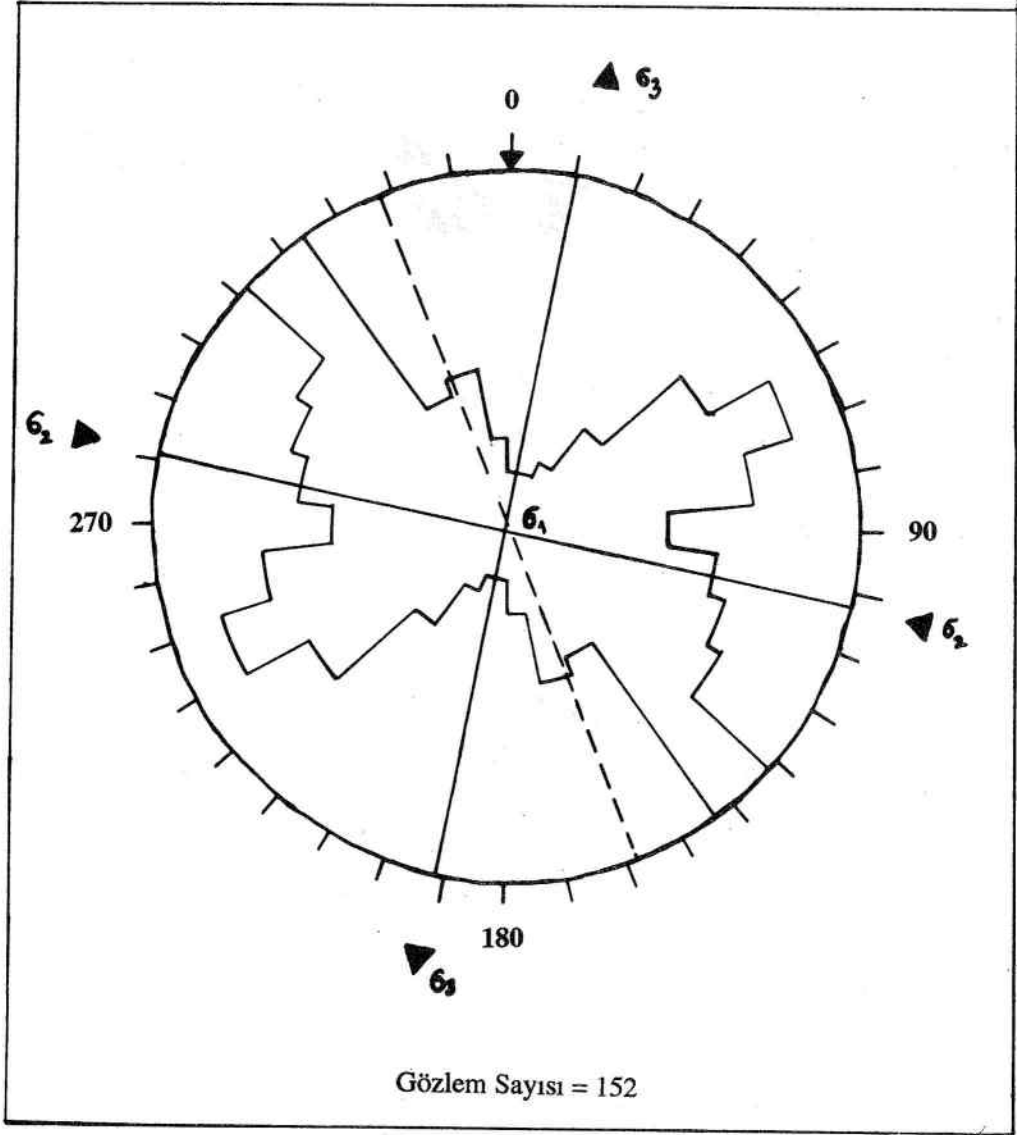
Şekil 4. Faylara ait kutup noktaları kontur diyagramı.



Şekil 5. M2 marnlarında gelişmiş eklemlerin;
a) Doğrultu gül diyagramı,
b) Doğrultu kontur diyagramı,
c) Eğim yönü gül diyagramı,
d) Eklemlerin eğim değerleri histogramı.



Şekil 6. a) Kömürde gelişmiş kırıkların dalım yönü gül diyagramı,
b) Kömürde gelişmiş kırıklara ait kontur diyagramı.



Şekil 7. Eklem doğrultuları gül diyagramından tayin edilen asal gerilme yönleri ve ortalama fay doğrultusu.

doğrultuları gül diyagramı ve asal gerilmelerin yönleri ile birlikte ortalama fay doğrultusu da verilmiştir.

4. BİRİMLERİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Yeraltı açıklıklarının tahkimatlandırılması açısından kaya kütlesi özelliklerinin belirlenmesi ve sayısal olarak sunulması amacıyla Bieniawski (1973) ve Barton vd. (1974) tarafından geliştirilen kaya kütlesi sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır.

Kaya kütlesi sınıflandırma yöntemlerinde girdi olarak kullanılan parametrelerden tek eksenli basma dayanımı ve RQD değerleri Koç (1988) ve Çopur ve Eskişıkaya'dan (1992) alınmış olup diğer parametreler yerinde ölçüm ve gözlemler sonucunda elde edilmiştir.

Eynez Yeraltı Ocağı'nda gözlenen litolojik birimler jeoteknik açıdan M2 marnı, linyit damarının tavan ve taban kısmı ve M1 kilaşı olmak üzere dört ayrı şekilde gruplandırılmıştır. Çizelge 1 ve 2'de yukarıda belirtilen gruplar için Q (Barton vd., 1974) ve RMR (Bieniawski, 1973) sistemlerine göre yapılmış olan kaya kütlesi sınıflandırılmaları özet halinde verilmiştir.

Bütün hazırlık galerilerinin en sağlam birim olan M2 marnında açılmış olmaları nedeniyle, M2 marnı ocaktaki en önemli birim olarak değerlendirilebilir. RMR ve Q değerleri sırasıyla 60 ve 4 olan M2 marnı, RMR kaya kütlesi sınıflama sistemine göre orta kaya, Q sistemine göre ise zayıf kaya sınıfına girmektedir. İşletmede M2 marnı içerisinde açılmış olan galerilerde tahkimat ünitesi olarak, 110'luk I profillerden yapılmış olan iki parçalı demirbağlar kullanılmakta ve demirbağlar arası mesafe yaklaşık 1.2 m olmaktadır. Ortalama olarak Q ve RMR kaya kütlesi sınıflama sistemlerine göre M2 marnı içerisinde açılan galerilerde kullanılması gereken tahkimat yöntemi, yaklaşık 1.3 m aralıklı olarak yerleştirilecek, ön gerdirmesiz kaya saplamaları ile birlikte yaklaşık 2.5 - 3 cm kalınlığında püskürtme beton olmaktadır. Genel olarak Soma linyit havzasında kaya saplamalarının uygulanabilirliğinin geçmişte araştırılarak kullanımının önerilmiş olmasına karşın günümüze kadar bu yönde bir uygulama yapılmamıştır, (Doktan vd., 1989). Ayrıca M2 marnı büyük ölçüde bozunmaya uğrayabilen bir özelliktedir ve galeri açıldıktan bir süre sonra, özellikle, zayıf zonlarda bozunma meydana gelmektedir. Bozunmaya karşı etkili bir tahkimat yöntemi olmayan demirbağlı galerilerde özellikle galeri tavanında kavlaklar oluşmakta ve dökülmeler meydana gelmektedir, (Ünver ve Ünal, 1995). Bu dökülmeler veya kavlak oluşumu nedeniyle, demirbağ ile kaya arasında tahkimatın etkinliğinin sağlanabilmesi açısından gerekli olan kamalama yapılmadığı takdirde, demirbağlar işlevlerini yerine getirememektedirler. Ancak, demirbağlar ile kaya arasının kamalanması, tahkimat problemini tamamen çözmekte ve zamanla bozunmanın devam etmesi sonucu, bir süre için kontrol altına alınan problem daha sonra daha da ciddi bir şekilde karşımıza çıkabilmektedir.

Çizelge 1. Eynez Yeraltı Ocağı'ndaki Temel Birimlerin Q Sistemine Göre Sınıflandırılması.

Parametreler	Tavan M2 Marmı	Damarın Tavan Kısım	Damarın Taban Kısım	Taban M1 Kıltaşı
RQD %	40	15	-	-
Sayısal Değer	40	15	10*	10*
J_n (Eklem takım sayısı)	İki eklem takımı	Üç eklem takımı	Üç eklem takımı	Tamamen ufalanmış
Sayısal Değer	4	9	9	20
J_r (Eklem pürüzlülüğü)	Düzlemsel düz	Düzlemsel düz	Düzlemsel cilalı	Düzlemsel cilalı
Sayısal Değer	1.0	1.0	0.5	0.5
J_a (Eklem ayrışma durumu)	Eklem yüzeyleri temasta	Az ayrılmış	Orta derecede konsolide kil	Kalın Kil
Sayısal Değer	1.0	2.0	8.0	13
J_w (Eklem suyu indirgeme faktörü)	Kuru kazılar ve yer yer su akışı 5 lt/dak dan az	Kuru kazılar ve yer yer su akışı 5 lt/dak dan az	KuruKuru kazılar ve yer yer su akışı 5 lt/dak dan az yer	Orta miktarda su akışı
Sayısal Değer	1.0	1.0	1.0	0.66
SRF (Gerilme indirgeme faktörü)	Az derin düşük gerilme	Az derin düşük gerilme	Az derin düşük gerilme	Az derin düşük gerilme
Sayısal Değer	2.5	2.5	2.5	2.5
Q Değeri	4	0.33	0.028	0.005
Kaya Kalitesi	ORTA	ÇOK ZAYIF	SON DERECE ZAYIF	OLAĞANÜSTÜ ZAYIF

*RQD sıfır olarak elde edildiğinde sayısal değer 10 olarak alınmaktadır.

Çizelge 2. Eynez Yeraltı Ocağı'ndaki Temel Birimlerin RMR Sistemine Göre Sınıflandırılması.

Parametre	Tavan M2 Marnı	Damarın Tavan Kısım	Damarın Taban Kısım	Taban M1 Kıltaşı
Kayacın Dayanımı	70 MPa	15 MPa	5 MPa	3 MPa
Sayısal Değer	7	2	1	1
Kaya Kalite Göstergesi RQD	%40	%15	—	—
Sayısal Değer	8	3	3*	3*
Süreksizlik Aralığı	30 cm	6 cm	1 cm	—
Sayısal Değer	10	8	5	5
Süreksizliklerin Durumu	Az pürüzlü sert yüzeyler	Parlak yüzeyler	Kil dolgular	Kil
Sayısal Değer	25	10	0	0
Yeraltı Suyu	10 lit/dak<	10 lit/dak<	10 lit/dak<	10-25 lit/dak
Sayısal Değer	10	10	10	7
RMR Değeri	60	33	19	16
Kaya Kalitesi	ORTA	ZAYIF	ÇOK ZAYIF	ÇOK ZAYIF

**RQD sıfır olarak elde edildiğinde sayısal değer 3 olarak alınmaktadır.

5. SONUÇLAR

Kaya kütlesi özellikleri ocak genelinde çok büyük ölçüde değişmemekle birlikte, fay zonlarına yakın bölümlerde kaya kütlesinin oldukça zayıf olduğu gözlenmektedir. Bu bölümlerde tahkimat yapılırken mutlaka çok dikkat edilmelidir. Ayrıca, fay zonlarına yakın veya tektonik hareketler sonucunda ezilmiş olan bölümlerde, kaya kütlesi kısa sürede bozunmaya uğrayarak daha da zayıflamaktadır. İşletmede bu gibi bölümlerin potansiyel duraysızlık tehlikesi altında olduğu edinilen tecrübeler sonucunda belirlenmiştir.

Eynez Yeraltı İşletmesi'nin özellikle halen çalışılmakta olan bölümünün tektoniği oldukça karmaşıktır. Faylar genellikle doğrultu boyunca uzanan makaslama fayları şeklindedir. Fayların ve eklem takımlarının yönlerinin, asal gerilme yönleri açısından uyumlu olduğu görülmektedir. Halen çalışma derinliğinin ortalama olarak 150 m olması nedeniyle asal gerilmeler tahkimat duraylılığı açısından problemli olabilecek seviyelerde değildir. Örtü tabakasının nispeten ince olması nedeniyle arazi gerilmelerinin düşük olduğu düşünülebilir. Ancak, gelecekte üretimin yapılacağı bölge olan ocağın güney bölümünde, damarın bu yönde olan eğiminden dolayı, örtü tabakası yaklaşık 450 m kalınlığa ulaşacağından, bu bölgedeki arazi gerilmelerinin şu andaki değerlerden çok daha yüksek olması beklenmelidir. Bununla birlikte, uygulanan üretim yöntemi sonucunda uzunayaklarda oluşması beklenen yalancı tavan yüksekliğinin artmasına paralel olarak ayakta kullanılan tahkimat üniteleri yüksek oranlarda yüklere maruz kalabileceklerdir, (Ünver, 1995). Bu nedenle, işletme çevresinde etkin olan asal gerilme yönlerinin bilinmesi, özellikle gelecekte yapılacak olan çalışmalar sırasında, duraylılığın sağlanabilmesi için gerekli önlemlerin alınabilmesi açısından önemlidir. Bölge tektoniği ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesinin ekonomik, emniyetli ve verimli bir çalışmanın ilk koşullarından birisi olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Barton N., Lien R. ve Lunde J. 1974 "Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support" Rock Mechanics, 6, pp. 189-236.
- Bieniawski Z.T. 1973 "Engineering Classification of Jointed Rock Masses", The Civil Engineering S. Africa, Dec., pp. 335-344.
- Brinkman R., vd. 1970 "Soma Dağlarının Jeolojisi", Ege Üniversitesi Jeoloji Kürsüsü, İzmir.
- Doktan M., İnci Y.S., Aydan Ö., Szeki A., ve Kawamoto T. 1989, "ELİ Soma Bölgesi Yeraltı Ocaklarında Tavan Saplamalarının Uygulanabilirliği", Türkiye Madencilik ve Teknik 11. Kong., Ankara. pp. 223-240

- Çopur H. ve Eskikaya Ş. 1992 "ELİ Eynez Bölgesi M2 Marnlarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Mekanize Kazı Bakımından İncelenmesi", Türkiye 8. Kömür Kong., Zonguldak, pp. 15-30.
- Koç S. 1988 "Manisa Soma Linyit Havzası Ön Jeoteknik Etüdü", MTA, Fizibilite Etüdleri Dairesi, Kaya ve Zemin Etüdleri Birimi Raporu.
- Koçak C., Ergüder I. ve Kızıldağ I. 1990 "Eynez Bölgesi Rezistivite Raporu, ELİ, Soma.
- Sengor A.M.C. 1987 Cross-Faults and Differential Streching of Hanging Walls in Regions of Low Angle; Examples From Western Turkey", Continental Extension Tectonics, Geol. Soc. Special Publ., 28, pp. 575-593.
- Ünver B. 1995 "Kalın Damar Kömür Madenciliğinde Tabaka Kontrolü ve Göçme Mekanizmasına Pratik Bir Yaklaşım", 14. Madencilik Kongresi, Ankara, (Sunulacak).
- Ünver B. ve Ünal M. 1995, "Kayaların Bozunma Özelliklerinin Yerüstü Yapıları ve Yeraltı Açıklıklarının Duraylılığına Etkisi", TMMOB, Madencilik Dergisi, (Yayınlanacak).

**BAZI MERMER OCAKLARININ (SIVAS-BURDUR-İSPARTA-MUGLA)
İNCELENMESİ VE KAYA MALZEME/KÜTLE ÖZELLİKLERİNİN
SINIFLANDIRILMASI**

**Investigation of Some Marble Quarries
(Sivas-Burdur-Isparta-Mugla) and
the Classification of Rock Material/Mass Properties**

Atilla CEYLANOĞLU*

Kazım GÖRGÜLÜ**

* Y.Doç.Dr., C.U. Müh. Fak. Maden Müh. Böl., Sivas

** Araştırma Gör., C.U. Müh. Fak. Maden Müh. Böl., Sivas

ÖZET

Bu çalışma kapsamında; Sivas, Burdur, Isparta ve Muğla yörelerinde yeralan yedi değişik mermer açık ocasının üretim yöntemleri incelenmiştir. Çalışan iş makinelerinin performansları ölçülmüş ve mermerlerin bazı kütle ve malzeme özellikleri, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiştir.

Çalışılan mermerler, belirlenen özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu özellikler arasında regresyon analizi ile ilişkiler araştırılmış ve kabul edilebilir yüksek korelasyonlu sonuçlar bulunmuştur. Ayrıca özgül kesme enerjisinin (kWh/m^2), makina performansı ve mermer birimleri arasındaki etkileşimin belirlenmesinde etkin bir parametre olabileceği vurgulanmıştır.

ABSTRACT

Within the scope of this study, production systems of seven different marble quarries located in Sivas, Burdur, Isparta and Muğla regions have been investigated. Performances of operating machines were measured and some marbles mass and material properties have been determined for marbles by field and laboratory studies.

Marbles of these sites were classified according to determined properties. Regression analysis has been done to search relations between these properties and acceptable high correlation coefficients have been obtained. In addition, it is indicated that the specific cutting energy (kWh/m^2) can be an effective parameter to quantify the interaction between the machine performance and marble units.

1. GİRİŞ

Mermer; "kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesiyle oluşan metamorfik kayaç" olarak (petrografik) tanımlanmaktadır. Ticari anlamda ise mermer tanımlaması çok geniş bir kapsam taşımaktadır. Blok verebilen, kesilerek cilalanıp parlatılabilen, dayanıklı ve göze hoş görünen her türlü taş (magmatik, başkalaşım, tortul) mermer olarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir.

Mermerlerin değerlendirilmesinde jeolojik ve yapısal özelliklerinin yanı sıra, mermer üretiminde ve kullanımında etkin olan fiziksel ve mekanik özelliklerinin de belirlenmesi gerekmektedir.

Son yıllardaki mermer ihracatımız, maden sektöründe ve diğer tüm sektörler bazında her yıl üst sıralarda yer almasına rağmen Dünya pazarındaki payımız oldukça düşük bir durumda gerçekleşmektedir. Buna paralel olarak mermer işletmeciliğimizde, optimum işletme parametrelerinin belirlenememiş olması ve teknolojik gelişmelerin etkin bir şekilde kullanılamaması nedeniyle istenilen düzeye getirilememektedir.

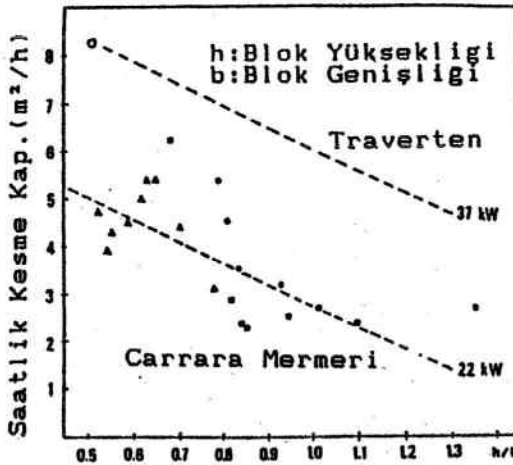
Sivas, Burdur, Isparta ve Muğla yörelerinde yeralan yedi değişik mermer sahasında gerçekleştirilen bu çalışmada, mermer işletme sistemleri incelenmiş, mevcut iş makinelerinin performansları ölçülmüş ve mermerlerin bazı kütle ve malzeme özellikleri belirlenmiştir. Mermerler arazi

ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre sınıflandırılmış ve belirlenen özellikler arasında regresyon analizi ile ilişkiler araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ BAZI ÇALIŞMALAR

Bugüne kadar mermer işletmeciliği ve optimizasyonu konusunda bir çok araştırma ve yayın yapılmıştır. Ancak bu çalışmaların çoğu; yöntemlerin tanıtılması, kaya madde ve kütle özelliklerinin belirlenmesi gibi konular üzerinde yoğunlaşmıştır. Ocak işletmeciliğine, kullanılan makinelerin performansı ve malzeme/kütle özellikleri etkilerinin belirlenmesine yönelik oldukça sınırlı sayıda çalışma söz konusudur.

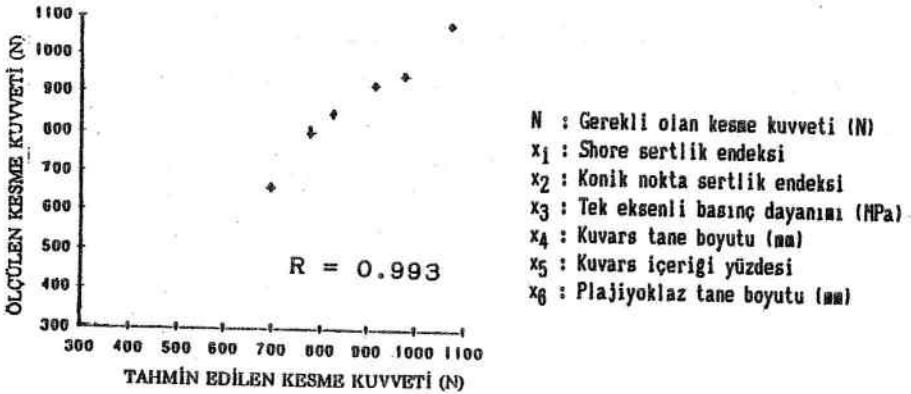
Berry vd. (1989), elmaslı tel testerelerle mermer üretiminde, kesme geometrisi ile kesme kapasitesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Uygun elmaslı tel ekipmanı kullanımına yönelik olarak kesme geometrisini, blok yüksekliğinin blok genişliğine oranı (h/b) olarak tanımlamışlar ve bu oranın kesme hızını (m^2/h) etkilediğini belirlemişlerdir (Şekil 1).



Şekil 1. Elmaslı tel testereler ile üretimde kesme geometrisi-kesme hızı ilişkisi (Berry vd., 1989).

Unver (1992), kayaların testerelerle kesilebilirliğinin pratik olarak belirlenebilmesi amacıyla yaptığı çalışmada; kayaların tezgahlarda kesilebilirliği tayininde en önemli faktörlerin genel kayaç sertliği ve sert minerallerin tane boyutu olduğunu belirtmekte, sert minerallerin tane boyutlarının artmasının kesme işlemini güçleştirdiğini vurgulamaktadır. Sözkonusu çalışmada kayaların testerelerle kesilebilmesi için gerekli olan kesme kuvvetini belirlemeye yönelik bazı ilişkiler önerilmiştir (Şekil 2).

$$N = 211 + 8.86x_1 + 10.22x_2 - 1.93x_3 + 11.4x_4 - 2.12x_5 + 38.3x_6$$



Şekil 2. Deneyler sırasında ölçülen ve regresyon denklemi ile bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki (Unver, 1992).

Ersoy (1991), Konya-Ladik mermerlerinin jeomekanik özellikleri ve işletmeciliği konulu bir çalışma yapmış ve bu yörede yer alan gri ve beyaz renkli iki mermer örneğinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiş ve sınıflandırmıştır.

3. ARAZI VE LABORATUVAR ÇALIŞMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında, Çizelge 1'de kodlanan yedi değişik mermer ocagında işletme sistemleri incelenmiş, iş makinelerinin performanslarını ölçmeye ve bazı jeoteknik parametrelerin belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışılan mermerleri temsil ve karakterize eden blok numuneler alınarak, bazı kaya mekanik laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Çalışılan mermer açık ocakları.

Kod No	Ocak (Mermer Türü)
1	Sivas-Geynik (Siyah Mermer)
2	Sivas-Çırçır (Siyah Mermer)
3	Sivas-Kösrev (Bej Mermer)
4	Sivas-Sıcak Çermik (Oniks Mermer)
5	Burdur-Karamanlı (Bej Mermer)
6	Isparta-Büyük Gökçeli (Bej Mermer)
7	Mugla-Elmacık (Gri-beyaz Mermer)

3.1. Arazi Çalışması Sonuçları

Çalışılan her bir ocakta, kullanılan ana ekipman ve yardımcı malzemeler ile beklenen üretim kapasiteleri kaydedilmiştir. Ayrıca renk, ayrışma derecesi, nem durumu, süreksizlik sistemleri ve özellikleri gibi parametreler yapılan gözlem ve ölçümler sonucunda belirlenmiştir. Yapılan incelemelere örnek olarak üç ocagın genel durumu Çizelge 2'de verilmiştir. Bunun yanı sıra, yerinde iri mermer blokları ($>0.2 \text{ m}^3$) üzerinde Schmidt çekici sertlik testi ve arazide hazırlanan parça numuneleri kullanılarak nokta yükü dayanımı deneyi yapılmıştır.

Çizelge 2. Mermer ocaklarının genel durumu.

Kod No	Jeoteknik Tanım	Üretim Yöntemi	Ekipman Durumu	Üretim Kapasitesi (m ³ /yıl)
2	Saha büyük bir tepe üzerinde oldukça geniş bir yayılım göstermekte ve dekapaj gerektirmemektedir. Mermer kütlesi genelde taze, üst kısımlarda (yaklaşık 1 m) az derecede ayrılmış durumdadır. Eklem aralıkları yüzeyden yaklaşık 7-8 m derinlere kadar toprak ile dolu olup, daha derinlerde dolusuz ve pürüzlülüğü, düzensel-düz olarak belirlenmiştir. Saha genelde kurudur. Ocak ortasında yaklaşık 8x6x4 m boyutunda masif bir kısım mevcuttur. Üç eklem takımı bulunmakta ve eklem aralıkları üç takımda da 2-3 m arasında değişmektedir. Patlatma sonrası blok boyutları: 3x2x2 m (%70), 0.8x0.7x0.6 m (%20). Mermer rengi mat siyah olmakla birlikte ocak genelinde koyu gri görüntü vermektedir.	Kamalama + Patlatma	1 adet Caterpillar 955 L yükleyici, 6 silindir Ford kompresör, 3 adet Atlas Copco martoperforatör, muhtelif uzunluklarda matkaplar, 2 adet titano (10 HP'lık) ve 4 adet iticisi, muhtelif sayıda kama takımı ve diğer yardımcı el aletleri mevcuttur.	600-1000
5	Saha düz bir alanda yer almaktadır. Üretime hafif eğimli bir yamaçtan başlanarak (KB yönünde) 8-10 m yüksekliğinde bir basamak oluşturulmuştur. Mermer yatağının üst kısımları 0.5-1 m kalınlıkta toprak örtüsü ile kapalı olup yer yer geniş mostralara vermektedir. Sahanın geneli oldukça fazla sayıda ancak geniş aralıklı eklem takımları içermektedir. Eklem 3-5 m derinliklere kadar kırmızı toprak dolusu ile doludur. Mermer taze olup, üst kısımlar toprak ile örtülü olduğundan mostra veren kısımlar dışında ayrışma gözlenmemiştir. Üretim yapılan kısımda altı adet dikey eklem mevcuttur ve aralıkları 4-12 m arasında değişmekte ve basamağın tabanı oldukça masifleşmektedir. Basamak ortasında yaklaşık yatay bir eklem bulunmakta, 3-4 m devamlılık göstermektedir. Diğer bir eklem seti ise D-B yönünde 6-8 m aralıkla ve 3-4 m devamlılıkla yer almaktadır. Pürüzlülük sınıfı, dalgalı-düz ve nem durumu kuru olarak belirlenmiştir. Mermer krem rengi görünümündedir.	Elmaslı Tel Testere	1 adet 110 kW'lık jeneratör 1 adet 955 L Caterpillar yükleyici, 2 adet titano, 4 adet muhtelif kapasitelerde hidrolik itici, 1 adet dizel motorlu Ingersollrand kompresör, 2 adet Toko martoperforatör, muhtelif uzunluklarda matkaplar ve el aletleri, 2 adet Diyar Makina elektrik motorlu elmaslı tel kesme makinası ve 1 adet sondaj makinası mevcuttur. Bu makinalardan birinin volan (kasnak) dış çapı 50 cm olup, blok ebatlama amacıyla, diğerinin volan dış çapı 81.7 cm olup blok ebatlaması ve üretimi amacıyla kullanılmaktadır.	1000-1500
6	Saha büyük bir tepede oldukça geniş yayılım göstermektedir. 9-10 m yükseklikte üretim basamağı oluşturulmuştur. Üst kısım toprak örtüsü ile kaplı iken, yer yer de geniş mermer mostralara göstermektedir. Üst kısımlarda mermer 2 m ye kadar az derecede ayrılmış, daha alt kısımlarda ise tazedir. Aynanın üst ve yan kısımlarında ortalama 1 m aralıklı düzensiz eklemeler görülmektedir. Çalışılan kısımda ise, yaklaşık 1 m kadar devamlılıkta, 2-3 m aralıklı eklem mevcuttur. Bu eklemelerin araları toprak dolgu ile doludur. Mermer kütlesi genelde masif görünümde ancak aynada çok küçük boyutlu ve devamlılığı gözlenemeyen çatlaklar mevcuttur. Mermer krem renklidir.	Elmaslı Tel Testere	1 adet D 75 S Komatsu yükleyici, 1 adet ALPHA 840 tipi ve 1 adet TL-920 tipi elektrik motorlu Benetti elmaslı tel kesme makinası, 1 adet Benetti HDM/025 tipi elektrik motorlu sondaj makinası, 1 adet XA-125 tipi Atlas Copco kompresör, 1 adet titano ve muhtelif kapasitelerde iticileri, 2 adet Toko martoperforatör, muhtelif sayıda kama takımları ve değişik el aletleri mevcuttur.	2000-2500

Diger yandan, mevcut delme ve kesme makinalarının performans ölçümleri yapılmıştır. Gerek patlayıcı madde ile mermer üretiminin (blokları yerinden itme, sökme ve koparma) sözkonusu olduğu ocaklarda deliklerin delinmesinde, gerekse elmaslı tel testere ile üretimin yapıldığı ocaklarda, kesim yapılacak yüzeyin hazırlanmasında yardımcı ekipman olarak martoperferatörler kullanılmaktadır. Mevcut ve çalışan sondaj makinası ve martoperferatörler için zaman ölçümü yapılarak net delme hızları belirlenmiştir.

Kayanın penetrasyona (delinmeye) karşı direnci, delinebilirlik olarak tanımlanmaktadır. Delme hızı bir çok faktörün fonksiyonudur. Bu faktörler ise esas olarak kaya özellikleri ile ilişkili olmaktadır.

Delme performansı ölçümlerinde,delinen metre ve net delme zamanı ile baskı, dönme hızı (rpm), matkap tipi ve çapı, operatör tecrübesi gibi operasyon değişkenleri her bir ocakta birçok delik için kaydedilmiştir. Delme hızları; delme işlemindeki diğer zamanlar gözönüne alınmadan delinen metre, net delme zamanına bölünerek hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Ceylanoglu (1991), Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) açık ocakları için yaptığı kazılabilirliğe yönelik çalışmasında; elektrikli ekskavatörlerin performans izleme sonuçlarını, formasyon karakteristikleri ve onların kazı güçlüğü açısından açıklamaktadır. Bu çalışmada, performans parametreleri içinde özgül kazı enerjisi (kWh/m^3) en yansıtıcı kazılabilirlik parametresi olarak belirlenmiş ve özgül kazı enerjisi ile bazı kaya malzeme/kütle özellikleri arasında yüksek korelasyonlar saptanmıştır. Aynı yaklaşımla, gerek güç tüketimini ve kesme zamanını, gerekse kesilen yüzeyi gözönüne alan özgül kesme enerjisi (bir m^2 malzemenin kesilebilmesi için gerekli olan enerji) tanımlanmıştır. Kesme zorluğu tayininde ve makina performansının malzeme/kütle özellikleri ile

ilişkilendirilmesinde özgül kesme enerjisinin burada da yansıtıcı parametre olabileceği düşüncesinden hareketle, elmaslı tel kesme makinalarında bu parametrenin belirlenmesine çalışılmıştır. Kesme makinasının kesmede harcadığı güç tüketimi ve ona karşılık gelen üretim, makinanın performansını değişik kesme zorluğu durumlarında ve çalışma koşullarında açıklayabilen quantitatif ve anlamlı parametreler olarak gözönüne alınabilir. Kesme işleminin zorluğu, bu iki parametrenin kullandığı özgül kesme enerjisi (kWh/m²) ile karakterize edilebilir. Ekonomik açıdan da önemli olan özgül kesme enerjisi; ancak iki ocakta belirlenebilmiş (Çizelge 4.) olması nedeniyle, kesme zorluğu ve malzeme/kütle özellikleri ile ilişkilendirilememiştir. Ancak bu yöndeki çalışmalar devam ettirilecektir.

Çizelge 3. Delme performansı ölçüm sonuçları.

Kod No	Delme Sistemi	Matkap Tipi	Matkap Çapı (mm)	Baskı (kg/cm ²)	Delme Hızı (m/dk)	Açıklamalar
2	Darbeli Döner*	Keski	34	5.50 ± 0.75	0.23 ±0.01	Düsey delik Yeterli bs. Matkap boyu 80 cm
2	Darbeli Döner*	Keski	33	5.85 ± 0.75	0.15 ±0.01	Düsey delik Yeterli bs. Matkap boyu 160 cm
4	Darbeli Döner*	Keski	33	1.65 ± 1.00	0.07	Düsey delik Yetersiz baskı-hava Matkap boyu 80 cm
6	Darbeli Döner*	Keski	34-28	5.50 ± 0.75	0.15 ±0.05	Yatay delik Yeterli bs. Matkap boyu 80-640 cm (6 adet)
6	Döner**	Tri cone	120	50.00 ± 5.00	0.038	Düsey delik Boşluklar nedeniyle kötü delme performansı
7	Döner**	Tri cone	120	50.00 ± 5.00	0.057	Yatay delik Az boşluk Kötü baskı kötü delme performansı

(*) : Kuru delik delme
(**) : Sulu delik delme

Çizelge 4. Kesme performansı ölçüm sonuçları

Kod No	Üretim Makinasına Ait Bilgiler	Kronometraj Süresi (s)	Toplam Kesme Süresi (s)	Kesme Zorluğu Gözlemi	Toplam Üretim (m ²)	Beklenmesiz Saatlik Ort. Kpst. (m ² /h)	Harcanan Enerji (kWh)	Özgül Kesme Enerjisi (kWh/m ²)
5	Diğer Makina Elektrikli, 80 cm volanlı yaklaşık 1000 d/d, 50 cm volanlı 1500 d/d	9951.25	9951.25	Zor (dikey kesme, su az, elmas teller eski)	3.84	1.389	81.737*	58.847
6	Benetti ALPHA 840 tip Elektrikli, 30 kW motor 40 m/sn tel hızı, 970 d/d	5079.76	5079.76	Orta-Zor (dikey)	6.10	4.323	25.513	5.902
6	Benetti TL 920 tip, 15 kW motor, 35 m/sn tel hızı, 1460 d/d Elektrikli	1058.33	1058.33	Orta (dikey)	0.85	2.891	-	-
6	ALPHA 840 tip	7786.48	7786.48	Zor (yatay)	8.0	3.699	-	-
6	ALPHA 840 tip ile TL920 tip birlikte	22757.77	22757.77	Orta-Zor (dikey)	30.90	4.888	30.372	6.214
7	Benetti ALPHA 840 tip Elektrikli, 30 kW motor 40 m/sn tel hızı, 970 d/d	8965.00	7965.00	Kolay (yatay)	14.70	6.644	-	-
7	Benetti ALPHA 840 tip Elektrikli, 30 kW motor 40 m/sn tel hızı, 970 d/d	18221.00	18829.00	Kolay (dikey)	23.62	5.053	-	-
7	Benetti TL 920 tip, 15 kW motor, 35 m/sn tel hızı, 1460 d/d Elektrikli	10461.00	8938.00	Orta (dikey)	8.583	3.457	-	-

(*) : Lt-mazot'dan çevrilmiştir.

3.2. Laboratuvar Deney Sonuçları

Çalışılan mermerlerin tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı, elastik modülü, nem oranı ve birim ağırlık gibi bazı mekanik ve fiziksel özellikleri ISRM'nin öngördüğü metodlara göre (ISRM, 1981) C.U. Maden Mühendisliği Kaya Mekanik Laboratuvarı'nda belirlenmiştir.

Bu deneylerden elde edilen veriler Kayalab (Ceylanoglu vd., 1993) kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Kaya mekanigi laboratuvar deney sonuçları.

Kod No	Yogunluk (gr/cm ³)	Yer Oranı (%)	Suya Dayanım İndeksi (I _{d2}) (%)	Darbe Dayanımı (kgf.cm/cm ³)	Dolaylı Çekme Dayanımı (MPa)	Tek Eks. Basınc Dayanımı (MPa)	Kohezyon (MPa)	İçsel Sürtünme Açısı (°) (φ)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı
1	2.67	0.1	99.50	8.98 ± 2.51	9.18 ± 1.14	112.14 ± 14.03	46.32	38.68	98.25	0.378
2	2.68	0.1	99.48	5.40 ± 1.82	9.44 ± 0.89	102.21 ± 9.73	41.79	41.53	84.69	0.345
3	2.66	0.2	99.42	10.54 ± 4.16	8.94 ± 1.65	90.04 ± 4.48	40.05	43.60	71.02	0.377
4	2.69	0.1	99.19	5.72 ± 3.34	6.45 ± 0.86	68.69 ± 16.27	17.85	48.02	56.63	0.195
5	2.65	0.1	99.31	8.14 ± 2.36	7.73 ± 2.54	99.11 ± 12.67	37.96	46.89	83.64	0.320
6	2.68	0.1	99.45	6.96 ± 3.17	9.41 ± 1.98	121.42 ± 11.08	56.37	34.25	88.08	0.327
7	2.68	0.1	97.95	8.97 ± 1.33	4.05 ± 1.11	40.28 ± 2.16	6.45	54.50	28.40	0.785

3.3. Sonuçların Değerlendirilmesi

Söz konusu mermer sahalarında gerçekleştirilen ölçüm ve gözlem sonuçları değerlendirildiğinde:

Delici makinalar üzerine uygulanan baskının delme performansı açısından önemli faktörlerden biri olduğu ve delme işleminde insan faktörü kullanılmasının, baskının uygun ayarlanamaması nedeniyle, delme performansını düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Mermerin kesim yüzeyi arttıkça kesme kapasitesi belirgin bir şekilde artmaktadır. Beslenen su miktarının yetersiz olması halinde, tel hızı ve buna bağlı olarak kesme kapasitesi düşmektedir. Mermerin bünyesinde kil, dolomit vb. gibi, çamurlaşarak teli sıvayan, malzemele- rin bulunması ve yetersiz su beslemesi durumlarında da kesme kapasitesinin azaldığı görülmüştür. Ayrıca kullanılan elmaslı tel testerenin eski olması; üretim kapasitesini azaltırken, özgül kesme enerjisini artırmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışma sonuçları kullanılarak mermerler sınıflandırılmıştır. Buna göre:

Ayrışma sınıflamasına göre; tüm mermerlerin taze,

işlenme özellikleri ve jeolojik kusurlara göre (Güleç, 1973); Sivas-Geynik, Sivas-Çırçır, Mugla-Elmacık ve Burdur-Karamanlı mermerlerinin A, Sivas-Kösrev, Sivas-Sıcak Çermik ve Isparta-Büyük Gökçeli mermerlerinin B,

Suda dağılma dayanımlarına göre (Gamble, 1971); Mugla-Elmacık mermerinin yüksek, diğer tüm mermerlerin çok yüksek dağılma dayanımı,

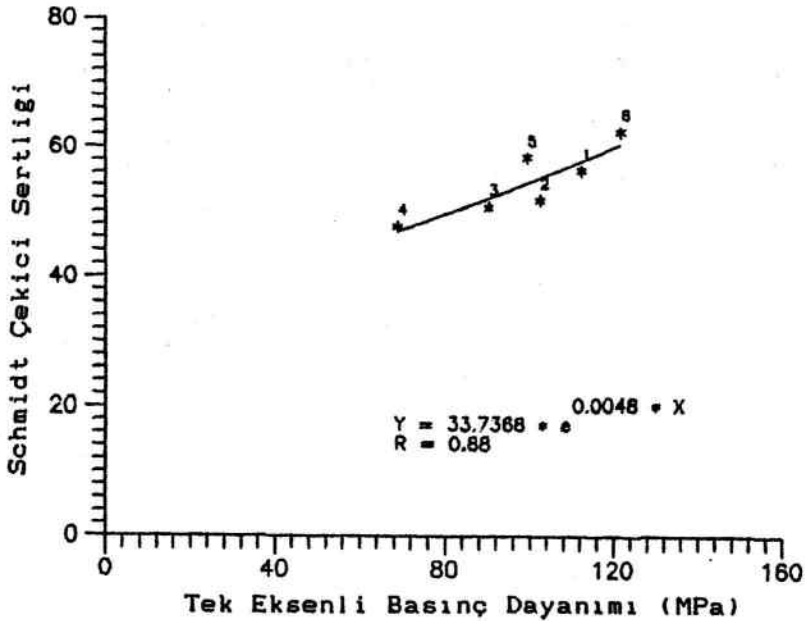
Modül oranlarına göre (Deere ve Miller, 1966); çalışılan tüm mermerlerin yüksek modül oranı, sınıflarında oldukları belirlenmiştir.

Ayrıca, mermerler malzeme ve kütle sınıflama sistemlerine göre değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 6'da toplu halde sunulmuştur.

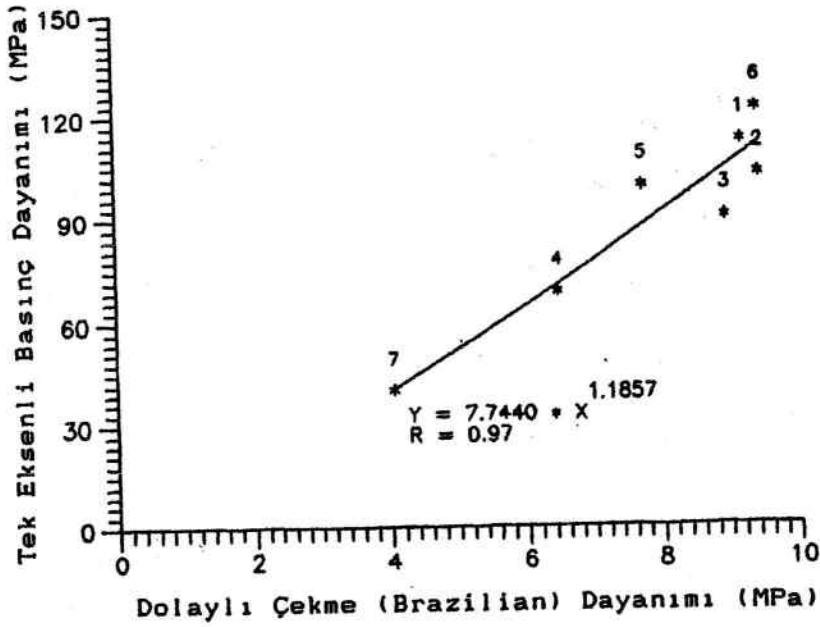
Çizelge 6.Çalışılan mermerlerin madde ve kütle sınıflama sistemlerine göre değerlendirilmesi.

Sınıflama Kod No	Renk	Schmidt Çekici Sertlik dg. ve Sertlik Tanımı	Tek Eks. Basma Day. (MPa) ve Sınıflaması *Nckta Yük.Day.(MPa)	Kaya Kalitesi Belirteci (RQD %)	Temel RMR Puanı ve Tanımı
1	Siyah	56.4 Oldukça sert	112.14 Yüksek Dir. * 8.11	99.50 Çok iyi	97 Çok iyi kaya
2	Siyah	51.8 Oldukça sert	102.21 Yüksek Dir. * 7.19	99.50 Çok iyi	97 Çok iyi kaya
3	Koyu krem	50.7 Oldukça sert	90.04 Orta Dir. * 9.02	95.00 Çok iyi	87 Çok iyi kaya
4	Karışık	47.6 Sert	68.69 Orta Dir. * 8.49	80.00 İyi	79 İyi kaya
5	Açık krem	56.4 Oldukça sert	99.11 Orta Dir. * 5.51	99.50 Çok iyi	92 Çok iyi kaya
6	Açık krem	62.5 Çok sert	121.42 Yüksek Dir. * 8.04	99.50 Çok iyi	97 Çok iyi kaya
7	Gri-beyaz	51.2 Oldukça sert	40.28 Orta-Düşük * 4.18	99.50 Çok iyi	89 Çok iyi kaya

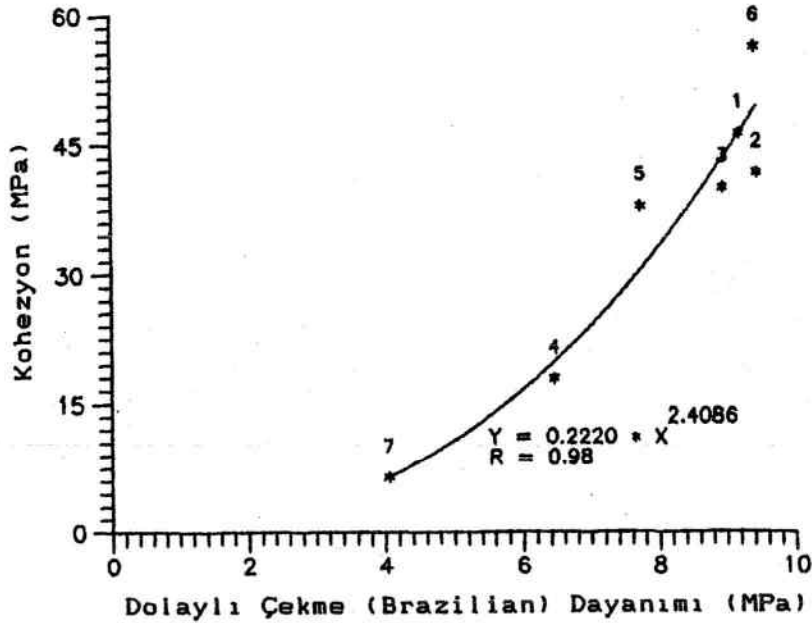
Çizelge 5 ve Çizelge 6'da verilen deney sonuçları arasında regresyon analizi ile ilişkiler kurulmaya çalışılmıştır. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basınç dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve dolaylı çekme dayanımı, kohezyon ve dolaylı çekme dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanımı aralarındaki ilişkiler iyi korelasyonlar göstermiş ve kabul edilebilir korelasyon düzeyleri vermiştir (Şekil 3, 4, 5 ve 6).



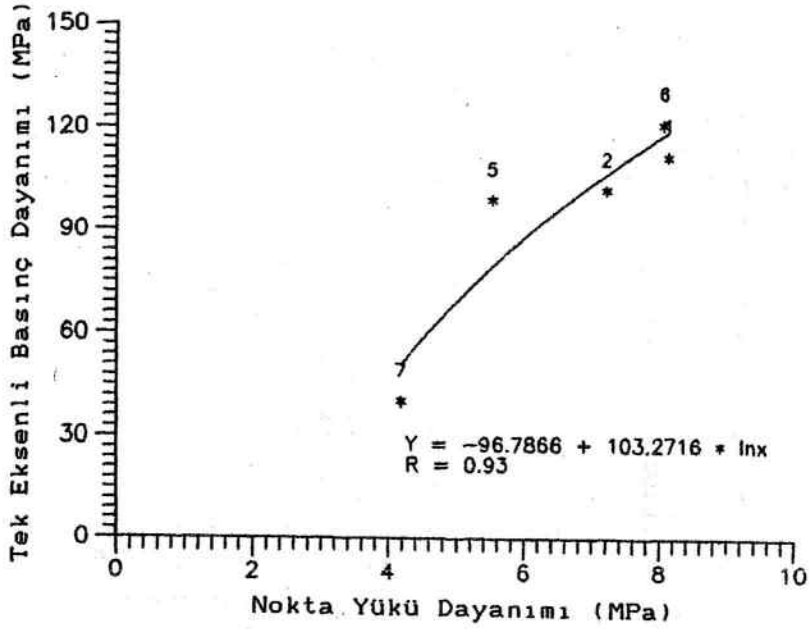
Şekil 3. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.



Şekil 4. Tek eksenli basınç dayanımı ve dolaylı çekme dayanımı arasındaki ilişki.



Şekil 5. Kohezyon ve dolaylı çekme dayanımı arasındaki ilişki.



Şekil 6. Tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanımı arasındaki ilişki.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışılan mermer ocaklarında mevcut iş makinelerinin performans ölçümleri değerlendirilmiş ve mermerler, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek sınıflandırılmıştır.

Bu çalışma sonuçlarından, mermer malzeme ve kütle özelliklerine bağlı olarak kesme zorlunun artması ile özgül kesme enerjisinin de arttığı anlaşılmaktadır.

Kesme zorluğu, makina performansı ve mermer özellikleri (malzeme/kütle) arasındaki etkileşimin belirlenmesinde birçok parametre söz konusudur. Ancak bunların arasında özgül kesme enerjisi daha etkin ve belirleyici olarak öne çıkmaktadır. Bu parametre kesilen birim yüzey başına tüketilen enerjiyi ifade etmesi nedeniyle çalışmanın ekonomikliğini de yansıtabilmektedir. Ayrıca ekipman seçiminde de önemi büyüktür.

Bu araştırma daha değişik mermer ve sert taş birimlerinde yapılacak çalışmalarla genişletilmelidir. Mermer işletme ve işleme işlemlerinde birim operasyonlar etkin bir şekilde incelenmelidir. Bu amaçla gerek ocak, gerekse işleme tesislerinde bulunan makinaların performanslarının belirlenmesine yönelik izleme-ölçüm sistemleri geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Berry, P., vd., 1989. Optimum Use Of Diamond Wire Equipment In Stone Quarrying. Proceedings 21 st. Application Of Computers and Operation Research in the Mineral Industry, Las Vegas, U.S.A., pp. 351-365
- Ceylanoglu, A., 1991. Performance Monitoring of Electrical Power Shovels for Diggability Assessment in Surface Coal Mines. Ph.D. Thesis, M.E.T.U., Dept. of Mining Eng., Ankara, 228 p.
- Ceylanoglu, A., vd., 1993. Standart Kaya Mekanigi Laboratuvar Deneyleri Verilerinin Degerlendirilmesi İçin Bir Bilgisayar Programı. Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, Konya, 9-10 Haziran, s. 249-259.
- Deere, D.U. and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Technical report no. AFLN-TR-65-116, Air Force Weapons Lab., New Mexico.
- Ersoy, H.T., 1991. Ladik (Konya) Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve İşletmeciliği. H.O.M.M.F. Maden Müh. Y.L. Tezi, Ankara, 98 s.
- Gamble, J.C., 1971. Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks. Ph.D. Thesis, University of Illinois, 1971.

Görgülü, K., 1994. Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesi ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları. C.U. Maden Müh. Böl. Y.L. Tezi, Sivas, 95 s.

Güleç K., 1973. Afyon Mermerlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Ayırışma ile İlişkisi. İ.T.U.M.M.F. Maden Müh., Doktora Tezi, İstanbul, 60 s.

ISRM, 1981. Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods. International Society for Rock Mechanics. 211 p.

Unver, B., 1992. Kayaların Testerelerle Kesilebilirliğinin Pratik Olarak Belirlenmesi için İstatistiksel Bir Yaklaşım. Madencilik, Cilt:XXXI, Sayı:3 , Eylül, s 17-25.

BİLİMSEL VE TEKNİK ETKİNLİK DUYURULARI**ISRM 8th INTERNATIONAL CONGRESS ON ROCK MECHANICS**

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) tarafından düzenlenen **Uluslararası 8nci Kaya Mekaniği Kongresi 25-29 Eylül 1995** tarihleri arasında Japonya'nın Tokyo kentinde yapılacaktır. Kongreye bildiri ile katılma süresi dolmuş olup, katılım ücreti 350 USD'dir. Dinleyici olarak katılmak isteyenler aşağıdaki adrese başvurabileceklerdir.

Yazışma adresi :

Secreteriat for the 8th Intl.Cong. on Rock Mechanics
c/o Conference and Event Dept., Simul International
Inc., Kowd Bldg.No.9
1-8-10 Akasaka, Minato-Ku
J-107 Tokyo-JAPAN
Tel : +81-3-35868691
Faks : +81-3-35864531

**THE NETHERLANDS 5th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LAND SUBSIDENCE
(FISOLS'95)**

Sempozyum, **16-20 Ekim 1995** tarihleri arasında Hollanda'nın Delft kentinde düzenlenecek olup, ayrıntılı bilgi için aşağıdaki adrese başvurulabilir.

Yazışma adresi :

Mr. F.H. Schröde
Secreteriat FISOLS 95
Netherlands Geodetic Commission
P.O.Box 5030
NL-2600 GA Delft, NETHERLANDS
Faks : +31-15-781745

2.ULUSAL HEYELAN SEMPOZYUMU

Sakarya Üniversitesi tarafından düzenlenen ve derneğimizce de desteklenen **2.Ulusal Heyelan Sempozyumu 25-26 Ekim 1995** 'te Sapanca'da gerçekleştirilecektir. Sempozyumun ana başlıkları;

- Heyelan jeolojisi ve morfolojisi
- Vaka analizleri
- Sayısal yöntemler ve yazılım
- Yamaçların dinamiği
- Kitle hareketlerinin kontrolü
- Yasal konular

olarak seçilmiştir. Sempozyum ile ilgili daha geniş bilgi edinmek için,

Yazışma adresi :

Prof.Dr. Akın ÖNALP
SAÜ Mühendislik Fakültesi
54188 Ozanlar-ADAPAZARI
Tel : 0264-2774002
Faks : 0264-2717102

3. ULUSAL KAYA MEKANİĞİ SEMPOZYUMU

Türk Ulusal Kaya Mekanik Derneği (TUKMD) tarafından düzenlenen **3. Ulusal Kaya Mekanik Sempozyumu 15-16 Şubat 1996** tarihleri arasında Ankara'da gerçekleştirilecektir. Sempozyum;

- Kayaların mekanik özellikleri
- Temel sorunları
- Yeraltı boşlukları ve tüneller
- Madencilik
- Sondaj
- Şev stabilitesi ve heyelanlar
- Laboratuvar ve model çalışmaları
- Kaya mekanik ve çevre sorunları

gibi konuları kapsayacaktır. Katılım ücreti 1.500.000.- TL olup ilgili tarihler aşağıda verilmiştir.

Katılım formunun gönderilmesi	: 31 Temmuz 1995'e kadar
Katılım ücretinin yatırılması	: 31 Aralık 1995'e kadar (T.C. Ziraat Bankası Ankara Yenisehir Şb. Hesap No. 30440/5129)
Bildiri özetlerinin gönderilmesi	: 15 Eylül 1995'e kadar
Bildiri tam metninin gönderilmesi	: 15 Aralık 1995'e kadar

Yazışma adresi :

Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ
Hacettepe Üniversitesi
Maden Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe-ANKARA
Tel : 0312-2352500/1570-1125
Faks : 0312-2101265 (ODTÜ)

7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES

ISSMFE ve IAEG tarafından desteklenen **7. Uluslararası Heyelan Sempozyumu 17-21 Haziran 1996** tarihleri arasında Norveç'in Trondheim kentinde yapılacaktır. Ayrıntılı bilgi için;

Yazışma adresi :

Norwegian Geotechnical Society
P.O. Box 40
Taasen N-0801 Oslo 8, NORWAY

2nd NORTH AMERICAN ROCK MECHANICS SYMPOSIUM (NARMS'96)

"Tools and Techniques in Rock Mechanics" başlığı altında düzenlenen bu sempozyum **19-21 Haziran 1996** tarihlerinde Kanada'nın Montreal kentinde gerçekleştirilecektir. Ayrıntılı bilgi için;

Yazışma adresi :

Dept. of Mining and Metall. Engng.
McGill University, 2020 University Street, Box 102
Montreal QC CANADA H3A 2A5
Tel : +514-398 4383
Faks : +514-398 8379
E-mail : Norma@min-met.mcgill.lan.ca

EUROCK'96

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) destekli **Uluslararası EUROCK'96 Sempozyumu 3-6 Eylül 1996** tarihleri arasında İtalya'nın Torino kentinde düzenlenecek olup, Sempozyumun ana teması "Prediction and Performance in Rock Mechanics and Rock Engineering " olarak belirlenmiştir. Sempozyumda kaya mühendisliği kapsamında:

- Baraj temelleri, köprüler, petrol platformları ve diğer büyük yapılar
- Doğal ve yapay şevler
- Tüneller, petrol kuyuları ve büyük yeraltı boşlukları
- Madencilik yapıları
- Çevre mühendisliği
- Tarihi anıtlar

gibi konular ele alınacaktır. Sempozyum takvimi:

Bildiri özetlerinin en son gönderilme tarihi	: Eylül 1995
Bildiri özetlerinin değerlendirilip kabulü	: Kasım 1995
İkinci durumun gönderilmesi	: Şubat 1996
Bildiri tam metinlerinin en son gönderilme tarihi	: Nisan 1996

Katılım ücreti daha sonra duyurulacak olan sempozyum için,

Yazışma adresi :

Organizing Committee Eurock'96
c/o Ass.ne Geotechnica Italiana - AGI
Via Bormida, 2
00198 Roma-ITALY
Faks : +39-6-8842265

Ayrık Elemanlar Yöntemi ile Süreksiz-Eklemlı Kaya Kütlesinde Gerilme Analizi Tekniği

Stress analysis technique in rock having non-persistent joints with distinct element method (DEM)

Hasan ÜÇPİRTİ

Dolgu Karışım Parametrelerinin İrdelenmesi İçin İstatistiksel Bir Yaklaşım

A statistical approach for evaluation of backfill mixture parameters

Lütfullah GÜNDÜZ

Eynez Yeraltı Ocağının Yapısal Jeoloji ve Jeoteknik Açıdan İncelenmesi

An investigation into structural geology and geotechnic of Eynez colliery

Bahtiyar ÜNVER

Bazı Mermer Ocaklarının (Sivas-Burdur-Isparta-Muğla) incelenmesi ve Kaya Malzeme/Kütle Özelliklerinin sınıflandırılması

Investigation of some marble quarries (Sivas-Burdur-Isparta-Muğla) and the classification of rock material/mass properties

**Atilla CEYLANOğLU
Kazım GÖRGÜLÜ**