

EKLEM DÜZLEMLERİNİN OBLİK PROJeksiYON YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Analysis of Discontinuity Planes with Oblique Projection Method

M. Kemal GOKAY (*)

Anahtar Sözcükler: Kaya Kütlesi, Bilgisayar Destekli Tasarım, Süreksizlik Modellemesi

ÖZET

Kaya kütlesinin davranışları üzerinde etkili olan eklem düzlemleri, uygulanacak proje çalışmalarının tasarımını etkileyeceklerdir. Bu düzlemlerin üç boyutta oluşturdukları geometrik şekillenmeler kaya kütlesi içinde birden çok bloklanmanın oluşmasına neden olacaktır. Arazi çalışmalarında tesbit edilen eklem takımları, faylar ve diğer yapısal jeoloji birimlerinin kaya kütlesinde oluşturdukları blokların konumlarının tahmin edilebilmesi bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.. Burada, eklem düzlemlerinin üç boyutlu model gösterimleri için geliştirilen bilgisayar program kademeleri ve konuyla ilgili çalışmalar araştırmacılar için açıklanmıştır.

ABSTRACT

Discontinuity planes which are effective on the behavior of the rock mass affect the design of the rock engineering projects. Three dimensional geometric patterns of the discontinuity planes divide the rock mass into several rock blocks. In this study, determination of the geometric configuration of these blocks which could be located at the top of mine galleries and originated due to the discontinuity planes has been the main purpose. The computer program which was developed to show three dimensional models of the discontinuities and related studies are explained here for researchers.

(*) Yrd. Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Konya.

1.GİRİŞ

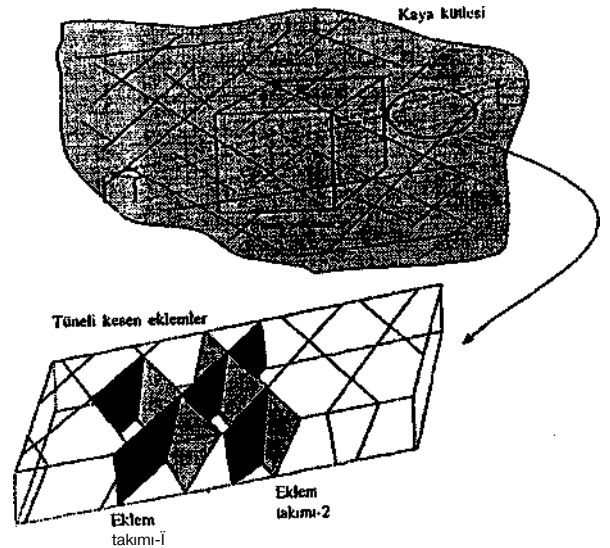
Maden mühendisliği yeraltı ve yerüstü çalışmalarında, karşılaşılan ve davranışının bilinmesi gereken birim, kaya kütesidir. Bir bütün olarak kaya kütesi davranışı bilinirse üzerinde veya içinde yapılacak mühendislik çalışmalarına karşı davranışı da öğrenilecektir. Kaya kütesinin sayısal olarak modellemesinin yapılması son yıllarda yapılan araştırmalarla geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda kaya mekaniği çalışma ve araştırmalarından elde edilen kaya kütesi yenilme kriterleri incelenerek bu konuda önerilen yaklaşımlar doğrultusunda modellemelerin yapılması amaçlanmıştır. Bu modellemelerde kaya kütesi elastik, elasto-plastik veya plastik davranış gösteren bir yapı olarak incelenirken karakteristik özelliklerin bütün yapı içinde değişmediğini öngörüsü benimsenmiştir. Bu konuda yapılan diğer çalışmalarda bütün yapı içinde faylanmaların ve eklemlerin olabileceği düşünüülerek, bunlarda sayısal programlamaya ve modellemeye alınmıştır.

Bütün bu çalışmalarda görülen eksiklik eklemlerin bireysel olarak değil de takım grupları olarak birden fazla olarak değişik yönde ortaya çıkmasıyla başlamaktadır. Kaya kütesinin değişik eklem takımlarıyla bloklara bölünmesi durumunda kaya kütesi davranışını direkt olarak etkileyen bu yapıların incelenmesi gerekli olmaktadır. Direkt makaslama deneylerinden de bilindiği gibi bir süreksizlik düzleminin gerilmeler altında kayma tehlikesi göstermesi bu düzlem yüzeyinin pürüzlülüğüne, dalgalı olmasına, dolgu cinsine, dolgu kalınlığına, süreksizlik yüzeylerin aşınıp aşınmama durumuna bağlı olan yüzey sürtünme açısına ve düzlem üzerindeki normal kuvveti bağlı olmaktadır. Bu faktörlerin kontrolü süreksizliklerin konumlarına göre değişecektir. Süreksizliklerin birbirlerine göre konumlarının incelenmesi burada araştırma konusu olarak seçilmiştir. Bu ko-

nuyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda, eklem takımlarının üç boyutta oluşturabilecekleri blok boyutlarının belirlenmesi ulaşılmak istenen hedef olarak seçilmiştir.

2. KAYA KÜTESİNİN BİRİM KÜP OLARAK MODELLENMESİ

Yeraltında açılacak kazı boşluklarının kaya kütesi içindeki süreksizliklere göre konumunun incelenmesinde birim küp eleman tariflemesi yapılmıştır. Bir başka deyişle; yeraltındaki veya yerüstündeki kazı projeleri civarındaki kaya kütesini incelemek amacıyla, bu kütle (örnekleyebilecek kaya kütle modeli) bir birim küp eleman seçilmektedir (şekil 1). Bu birim küp boyutlarının bütün eklem takımlarını içine alacak kadar büyük olduğunu düşünürsek ve bu birim eleman üzerinde belirlenecek eklem takımlarının yan yana gelecek birim küplerle modellenebileceği fikriyle olaya bakarsak, bu eleman üzerindeki çalışmayla bütün kaya kütesinin eklem geometrisi hakkında bir bilgiye ulaşılabileceği ortadadır.

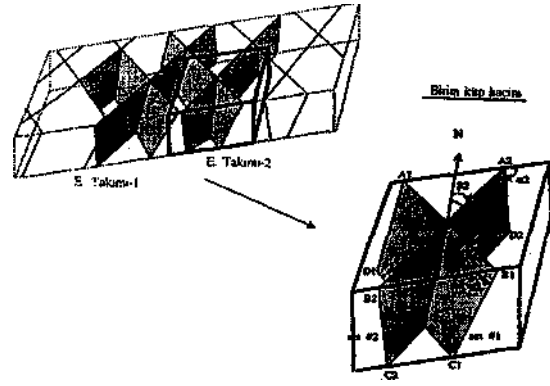


Şekil 1. Birim küpün tariflenmesi ve mühendislik çalışmasının eklem takımıyla olan ilişkisi (Gökay, 1993).

Birim küp üzerinde-eklemlerin tariflenmesi ve bunların oluşturduğu kaya bloklarındaki hareketlerin incelenmesi blok teorisi (Godman ve Shi, 1985) içinde geliştirilmektedir. Aynı mantığı kullanarak birim küp üzerinde yaklaşık 150 eklem düzlemini gösterebilen ve bunların birbirleriyle çakışmasından ortaya çıkan blokları inceleyen çalışmalar (Ikegawa, 1992), kaya bloklarının maden galerileri ve tünel tavanlarındaki kinetik davranışlarını inceleyen araştırmacılara temel oluşturmaktadır. Bu çalışmalarda eklem düzlemlerine göre modellenen kaya kütlesi bölünmeleri, bu çalışma sırasında geliştirilen yaklaşımla daha kolay anlaşılabilir. Böylece üç boyutlu geometrik incelemelerin daha "çabuk ve hızlı yapılması sağlanmaktadır. Bu çalışma sırasında kullanılan oblik projeksiyon yöntemiyle diğer araştırmacıların ulaştığı analiz sonuçlarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Şekil 2'de seçilen proje kazısına göre, birim küp elamanda gösterilmesi düşünülen kaya kütlesi parçası işaretlenmektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi birim küp elamnda verilen eklemler, kaya kütlesi içinde yanyana tekrarlanmaktadır, bu nedenle eklem takımlarının incelenmesi bu örnek birimden başlatılmıştır. Birim küp eleman sınırlarının belirlenmesiyle ortaya çıkan özel şartların genelleştirilmesi için kullanılacak boyutlandırılmalar Şekil 2'de gösterildiği gibi belirlenmiştir.

3. OBİK PROJEKSİYON YÖNETİMİ

Oblik projeksiyon yöntemi üç boyutlu şekillerin iki boyutlu düzlem üzerinde çizilmesi sırasında uygulanan teknik çizim kuralıdır. Bu yöntemde diğer yöntemlerden farklı olarak üç boyutlu cismin ön yüzü gerçek boyutlarda çizilmektedir. Böylece ön yüzde



Şekil 2. Birim küp içinde eklem takımlarının gösterimi (Gökay, 1993)

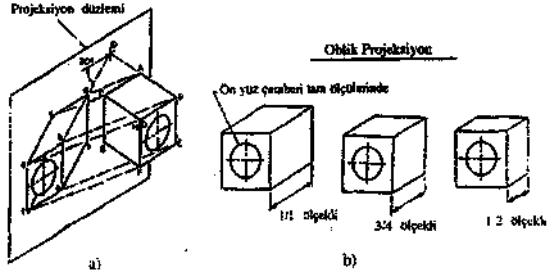
bulunan şekiller hiç bir boyut değişimine uğramamaktadırlar. Daha sonra cismin diğer boyutları bu ön yüzle bağıntılı olarak sağa veya sola yatık olarak çizilerek cismin projeksiyon modeli ortaya çıkarılmaktadır (Şekil 3). Bu yöntemde dikkat edilecek noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Parker ve Pickup, 1976).

1. Uygulanan yöntem "Paralel oblik projeksiyonunu yapılacak üç boyutlu cismin ön yüzü projeksiyon" yöntemidir ve bu yöntemde projeksiyon düzlemine paralel tutulur

2. Cismin ön yüzünü projeksiyon düzlemine çizmek için, belirleyici köşe noktaları projeksiyon düzlemine 45° açı yapacak şekilde yansıtılır ve şeklin ön yüzü çizilir.

3. Şekli çizilecek üç boyutlu cismin kenarlarından sağdaki veya soldaki (sağa ve sola yatık görünüş elde etmek için) referans (nirengi noktası) alınarak buna paralel olarak çizilen doğrunun projeksiyon düzlemini kestiği nokta "O" noktası olarak işaretlenir. Bu noktadan daha önce belirlenen ön yüz köşe noktasına çizilen doğru, cismin (birim küpün) üçüncü boyutunun çizilme yönünü belirleyecektir.

4. Bu aşamadan sonra cismin üçüncü boyutunun belirlenmesi başlayacaktır. Bu boyutlandırmada, cismin üçüncü boyutu gerçek uzunlukta gösterilebileceği gibi bu boyut 3/4 veya 1/2 oranında küçültülerek gösterilebilir. Bu oranlı boyut ayarlaması projeksiyon düzleminde cismin olduğundan başka (uzun) görünmemesini sağlayacaktır.

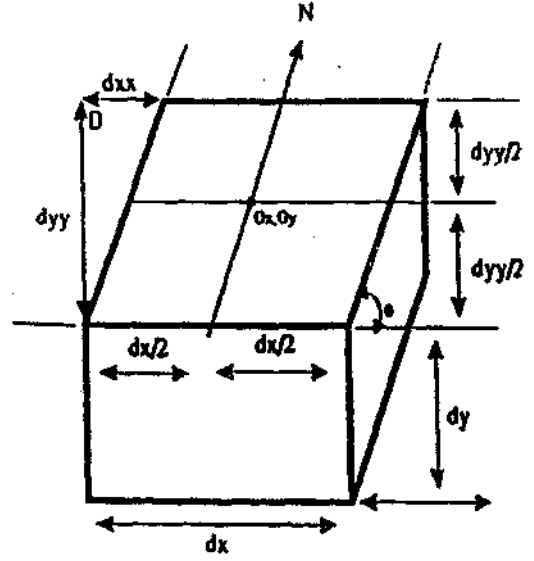


Şekil 3.a) Oblik projeksiyon yöntemi uygulama aşamaları, b) üçüncü boyut oranlaması ve bunların görüşleri (Parker ve Pickup, 1976).

Bu mantık içinde, seçilen birim küp uygulamasının gösterilmesi ve daha sonra bilgisayar uyarlamasından yararlanılmak amacıyla Şekil 4'de verilen boyutlandırılma ve koordinat isimlerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

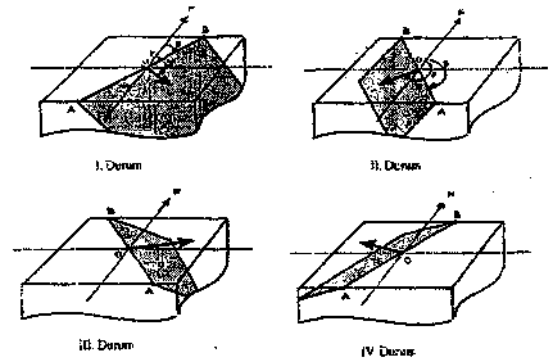
4. EKLEMLERİN BİRİM KÜP ÜZERİNDE GÖSTERİLMESİ

Kaya kütlelerini birim küp olarak modellendirdikten ve bunun oblik gösteriminin nasıl olacağını belirledikten sonra, eklemelerin bu birim üzerinde nasıl modellendiğini incelemek gerekecektir. Şekil 2'de verilen eklemelerin oblik olarak bilgisayar yazılımı yoluyla tariflenmesi çalışmaları sırasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4. Birim küp boyutları ve kullanılan koordinat isimleri (Gökay, 1993).

Eklem doğrultusunun yönüne (kuzey'le yaptığı açı) göre ayarlanan boyutlandırma şartları dört özel duruma (Şekil 5) ayrılmıştır. Bu şekillerden de kolaylıkla anlaşılacağı gibi kullanılan değişkenlerden α eklem yatımını, γ eklem yönünün kuzeye göre konumunu ve θ oblik görüntünün sağ yatım açısını göstermektedir. Burada; $\theta = 90 - \tan^{-1}(d_{xx}/d_{yy})$ olarak ifade edilebilir.



Şekil 5. Birim küp analiz aşamaları (Gökay, 1993).

$$\beta' = \gamma - 90 \quad (1a)$$

$$\beta = \beta' - \tan^{-1} (d_{xx}/d_{yy}) \quad (1b)$$

$$\theta = 90 - \tan^{-1} (d_{xx}/d_{yy}) \quad (1c)$$

$$\delta = \theta - \beta \quad (1d)$$

$$A_x = O_x + (d_{yy}/2) / (\tan \delta) \quad (2)$$

$$A_y = O_y + (d_{yy}/2) \quad (3)$$

"O" noktasına göre simetrik görüntüleme olduğu için :

$$B_x = O_x - (d_{yy}/2) / (\tan \delta) \quad (4)$$

$$B_y = O_y - (d_{yy}/2) \quad (5)$$

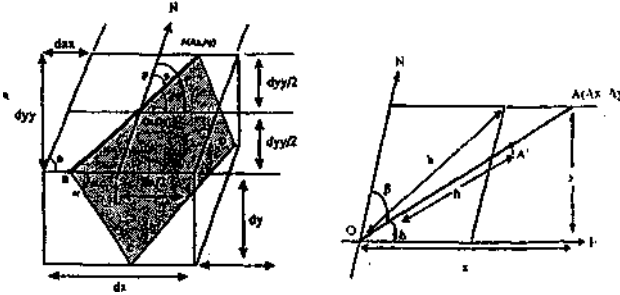
Benzzer şekilde:

$$C_x = B_x - (d_y / \tan \alpha) \quad (6)$$

$$C_y = B_y - d_y \quad (7)$$

$$D_x = A_x - (d_y / \tan \alpha) \quad (8)$$

$$D_y = A_y - d_y \quad (9)$$



Şekil 7. a) durum boyutları, b) A' ve B' noktalarının belirlenmesi ve yeni boyutlandırma.

1. durum inceleme aşamasında düşünülmesi gereken şartların birisi de B açısının fazla olduğu durumlardır. Bu durumlarda eklem doğrultu çizgisi oblik görüntülemelerde birim küpün üst yüzünde bulunan kuzey ve güneydeki kenarları kesmeyerek doğu ve batıdaki kenarları kesecektir (Şekil 6b). Bu özel durum için daha önce A ve B noktalarının koordinatları A' ve B' şeklinde bulunmaya çalışılacak ve bu noktalar birim küp civarında "O" noktasından eklem doğrultusu yönünde "h" kadar uzaklıkta olacak şekilde ayar-

lanacaktır. Böylece üç boyutlu gösterim belirli sınırlar içinde bırakılmıştır. Bu sınır bilgisayar uyarlamasında bilgisayar ekran boyutlarıyla (piksel olarak) direkt ilgilidir. Şekil 6b açıklanan yeni koordinat şartlarını özetlemektedir. Bu durumda;

$$xy = h - \cos \theta \quad (10a)$$

$$x = h \cdot \sin \theta \quad (10b)$$

$$A_x = O_x + x \quad (11b)$$

$$A_y = O_y + y \quad (12b)$$

$$B_x = O_x - x \quad (13b)$$

$$B_y = O_y - y \quad (14b)$$

olacaktır. Diğer durumlar için (H,111, ve IV durumlar) koordinat hesaplamalarını tekrar ayarlandığı zaman verilecek eklemelerin üç boyutlu gösterimi Şekil 2 ve Şekil 3'de belirtilen kabuller doğrultusunda sağlanmış olacaktır.

5. OBLİK GÖRÜNTÜ BİLGİSAYAR YAZILIMI

Oblik olarak modelleme kuralları belirtildikten sonra, bu modellemenin bilgisayarlar aracılığı ile yapılması kesin olarak üç boyutlu modellemeye hız katacak ve kullanıcı mühendislere kolaylıklar sağlayacaktır. Exc-Dec yazılım programı olarak hazırlanan çalışmada eklemelerin üç boyutlu modellenmesi sağlanmıştır. (Gökay, 1993). Bu program, C bilgisayar programlama dilindeki yazılarak hazırlanmış ve kullanıcı kolaylığı düşünülerek yazılım programı kullanıcıya ek problemler yaratmaması için gerekli işlemler yapılmıştır.

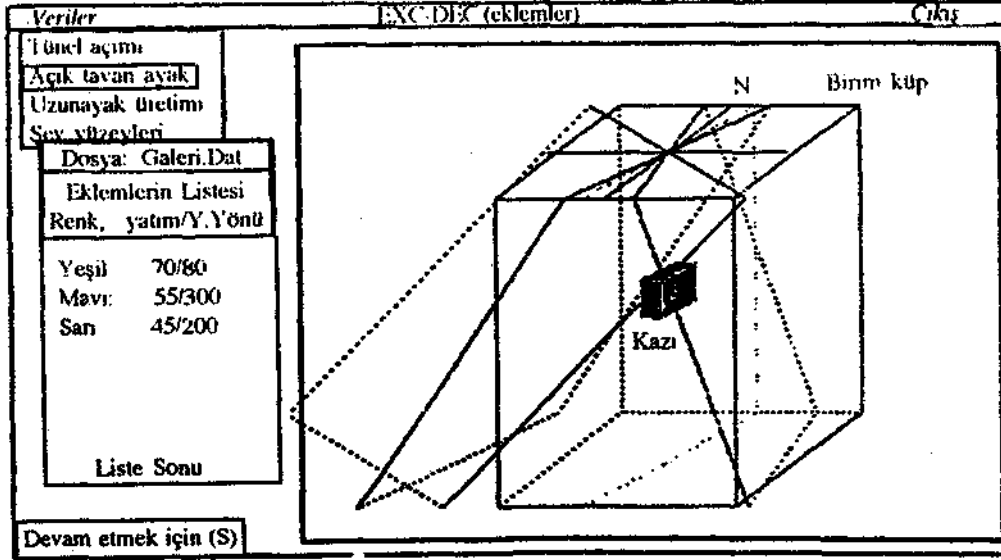
Programın çağırılmasıyla kullanıcıya görüntülenen bölüm veri giriş ekranıdır. Kullanıcı durumundaki araştırmacı veya mühendis önce bu çalışmayı hangi işi için yaptığını belirtecektir. Verilen seçeneklerle dört tip kazı türü desteklenmektedir. Bunlar: tünel çalışması, açık tavan ayak uygulaması, yeraltı kömür ocakları için uzu-

nayak uygulaması ve açık ocak çalışmaları için şev stabilite uygulamalarıdır. Bununla birlikte, yapılacak çalışmalarla bu seçeneklerin bütün yeraltı ve yeryüzü mühendislik çalışmalarını içine alması planlanmıştır. Seçeneklerin belirlenmesiyle program kazı yönünü ve eğimini soracak. Bunlara göre seçilen mühendislik kazısını hazırladığı birim küpün içinde boyutlandırarak gösterecektir. Böylece kullanıcı birim küp üzerinde gördüğü eklemelerin takım haline geldiğinde bu çalışmaları nasıl etkilediği görüp değerlendireme olanağı bulacaktır. Yazılım programı bu aşamadan sonra daha önceden hazırlanmış bir veri dosyasının kullanılıp kullanılmayacağını sorgulayacaktır, Bu dosyalardan kullanıma alınmak isteneni hemen işleme alacak ve gerekli modellemeyi dosyadaki verilere göre hazırlayacaktır. Kullanıcı yeni veri girmek isterse, programın yazım moduna (editör) girerek en fazla üç ayrı lokasyonda on eklem takımına ait verileri bilgisayara gi-

rebilecektir. Bu veri girişi ekran formatında, üzerinde çalışılan mühendislik projesinin (uzunayak, galeri, tünel, baraj, inşaat temeli, v.s.) yönü ve eğiminin verilmesi istenmektedir. Değerler bilgisayara girilirken kullanıcının uyması gereken kural, önce eklem yatımını (eğimini) ve daha sonra yatım yönünün kuzeye göre doğrultusunun girmesidir. Bu veri girişi; örneğin 50° yatımlı ve kuzeye göre 220° yatım yönlü bir eklem için "50/220" şeklinde olmalıdır (Şekil 7). Bilgisayar yazılım programı girilen bu değerleri istenildiği an kullanılmak üzere dosyalamakta, böylece çalışılan değişik projelere göre bir veri-tabanının oluşmasına da yardımcı olmaktadır. Bu dosyalardaki verilerin üç boyutlu gösterimleri, daha sonra istenildiğinde değiştirilerek veya aynı olarak elde edilebilmektedir. Şekil 8'de gösterildiği gibi birim küp üzerinde eklemeler işaretlenmekte ve bunların birbirleriyle olan konumlarının incelenmesi kullanıcı tarafından yapılmaktadır.

Verilerin Yeri	EXC-DEC (Eklemler)			Çıkış
Tünel ve galeri açımı Açık tavan ayak Uzunayak üretimi Şev yüzeyleri	(ENTER) Veri girişi (OKLAR) hareket (S) kayıt (ESC) önceki			
Dosya: Galeri-1.Dat	GALERİ TAVANLARINDA EKLEM MODELLEMESİ			
	Süreksizlik (yatımı / yönü)	Lokasyon-1	Lokasyon-2	Lokasyon-3
	Kazı Yeri	0 / 100	---	---
	S. Takımı-1	50 / 190	---	---
	S. Takımı-2	45 / 300	---	---
	S. Takımı-3	80 / 65	---	---
	S. Takımı-4	40 / 60	---	---
	S. Takımı-5	60 / 120	---	---
	S. Takımı-6	85 / 240	---	---
	S. Takımı-7	80 / 80	---	---
	S. Takımı-8	---	---	---
	S. Takımı-9	---	---	---
	S. Takımı-10	---	---	---

Şekil 7. Exc-Dec yazılım programı veri giriş ekran formatı.



Şekil 8. Exc-Dec yazılım programında üç boyutlu eklem modellemesi.

6. SONUÇ

Araziden eide edilen eklem takımı bilgilerinin yorumlanması işlemi, tasarım mühendisleri için çok önemlidir. Eklem takımlarıyla mühendislik kazısının konumlarını göz önüne getirip gerekli kararların alınması her zaman kolay olmamaktadır. Bu işlemin çok kısa zamanda birden çok eklem takımı için tekrarlanması düşünülüyorsa bu çalışmanın bilgisayar aracılığı ile yapılması gerekliliği ortaya çıkacaktır. Tasarım mühendisine zaman kazandıran bu çalışma, tasarım için gerekli üç boyutlu görüntüyü sağlayarak, eklemlerin kazıyla olan konumlarının göz önünde canlandırılmasına ve daha gerçekçi kararlar alınmasına yardımcı olacaktır. Eklemler tarafından bölünmüş kaya blokları boyutlarının hesaplanarak blokların kinetiğinin incelenmesi bundan sonraki çalışma hedefi olarak seçilmiştir. Blok teorisi sonuçlarından da yararlanılarak yürütülen bu çalışmanın maden

mühendisleri için sağlayacağı tasarım kolaylıklarıyla birlikte iş yeri emniyeti ve üretim kalitesinin kontrolü açısından da sağlayacağı faydalar unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

GOODMAN, RE ve Shi, G.H. (1985) " Block Theory and its Application to Rock Engineering". Prentice - Hall Basımevi, New Jersey, ABD.

KEGAWA, Y. (1992) " Theree Dimensional Geometrical Analysis of Rock Mass Staructure".

Ph. D. Tezi, Imperial College, Londra Üniversitesi, Londra, İngiltere.

PARKER, M.A ve PICKUP, F. (1976)" Engineering Drawing with Worked Examples". Hutchinson Basımevi, Londra, İngiltere.

GÖKAY, M.K. (1993) " Developing Computer Methodologies for Rock Engineering Decisions. Ph. D. Tezi, Imperial College, Londra Üniversitesi Londra, İngiltere.

CAN ŞİRKETLER GRUBU

CAN HAFRİYAT - MÜNİP ÇÖKER

CAN MADENCİLİK A.Ş.

CAN MADENCİLİK A.Ş.

CANWMK TAŞIMACILIK A.Ş.

CAN PETROL A.Ş.

CANMSE MERMER SAN. A.Ş.

Gümüş Pala Mah. Zahit Sok. No : 1/1

34850 A VCILAR - İSTANBUL

Tel : 0.212.5931483- 5931875- 5933376- 5094541

Fax: 0.212.5932199