

BURSA-ULUDAĞ VOLFRAM OCAĞINDA JEOMEKANİK ÇALIŞMALAR

JEOMECHANICAL STUDIES İN BURSA-ULUDAĞ WOLFRAM MINE

G. ŞENYUR(*)
A. ŞENTÜRK(*)
N. ÇETİN(**)
U. ALINCA(**)

ÖZET

Bu çalışma, Uludağ Maden İşletmesinde yerinde yapılan gözlem ve deneyler ile alınan kayaç örneklerinin laboratuvarında yapılan kaya mekaniği testleri sonuçlarının ocak planlamasının değerlendirilmesini vermektedir. Ekleme (çatlak) sistemleri, RQD değerleri, $J_a = i.1 - <u.r \text{ '' } >e'$ eksenli basma deneyleri sonuçlarına göre dolgu sisteminin uygulanması, pano boyutlarının küçültülmesi, topukların sağlam tutulması önerilmektedir.

ABSTRACT

In respect to planning purposes, the study covers the evaluation of observations in mine, and in-situ tests as well as rock mechanic tests on rock specimens taken from mine. The analysis of Joint systems, RQD values and results of flat-jack and uniaxial compression test lead to the conclusions that backfilling should be applied and side rooms should be reduced and the stability of pillars should be reconsidered.

Hacettepe üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara

Etibank Bursa Madenleri Müessesesi, Volfram İşletmesi, Bursa

1. GİRİŞ

Uludağ Volfram ocağı arakatlı göçertme yöntemi ile işletilmektedir. Arakat panoları ve pano arasındaki topuk genişlikleri 16 m. dir. Kat yüksekliği 30 m. dir. Maden işletme teknik kadrosunun da belirttiği gibi halihazırda işletme yapılan bir kısım cevher zonlarının hem altı ve hem de üstü çalışmalar sonucu bakir alan durumundan çıkarak desteksiz veya kırılmış zonlar durumuna gelmiştir. Bu durum yeraltı üretiminin yeterli şekilde yapılmasında zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, daha önce kaya mekaniği açısından yapılan çalışmalara paralel olarak elde edilecek verilerin problemlerin çözümünde yeterli olacağı düşünülmüştür. Araştırmada, halen çalışmakta olan ocak açıklık ve topuklarının duraylılığı ile ileride yapılacak çalışmalarının planlanması için gerekli jeomekanik deneylerin yapılması amaçlanmıştır.

2. MADEN YATAĞININ JEOLJİSİ

2.1. Uludağ Volfram Yatağı Jeolojisi

İnceleme alanı kayaçlarının aşağıda kısaca tanımları verilmiştir.

2.1.1. Mermerler

Bu kayaçlar cevher yatağında bulunan konum itibariyle üç grupta toplanabilirler. Birinci grup mermerleri yatağın dcğu, guney-doğu kısımlarında hakim litoloji olarak görünürler ve önemli madencilik çalışmaları (I, II ve III. panolar) bu alanları kapsamaktadır. Sağlam kayaç konumdadırlar. İkinci grup kayaçlar raermer-skam veya mermer-granodiyorit beraberliğinin oluşturduğu zonlardır ve hakim litoloji olarak güney kısımları kapsamaktadırlar. Skarnlı bölgelerde 1-2 m. genişliğinde ezilme zonu şeklinde gözlenmektedirler. Üçüncü grup kayaç olan mermerler, skarn - manyetitli bölgelerde cevher içinde lensler şeklinde yer alırlar ve bozulmaları söz konusu değildir.

2.1.2. Granodiyorit Birimi

Kuzey, kuzey-batı, batı kısımlarında yayılım gösterirler. Aplit ve/veya granodiyorit dayklarm kuvars-piritli dayklar tarafından kesildiği görülmektedir. Bu tür bölgelerde kayaçta hidrotermal alterasyon ileri derecededir. Bazı alanlarda granodiyoritler bu bozmuş kütle içinde 2-4 m. boyutlu uzun eksenli lensler şeklinde yer*alırlar.

2.1.3. Skarnlı Kayaçlar

Genellikle masif konumda bulunmakla beraber, yer yer pegmatit damarlar şeklinde görülmektedir, özellikle iri piritli, feldspatlı, kloritli damarlar ana zayıflık zonlarını oluşturmaktadır,

2.1.4. (torenier

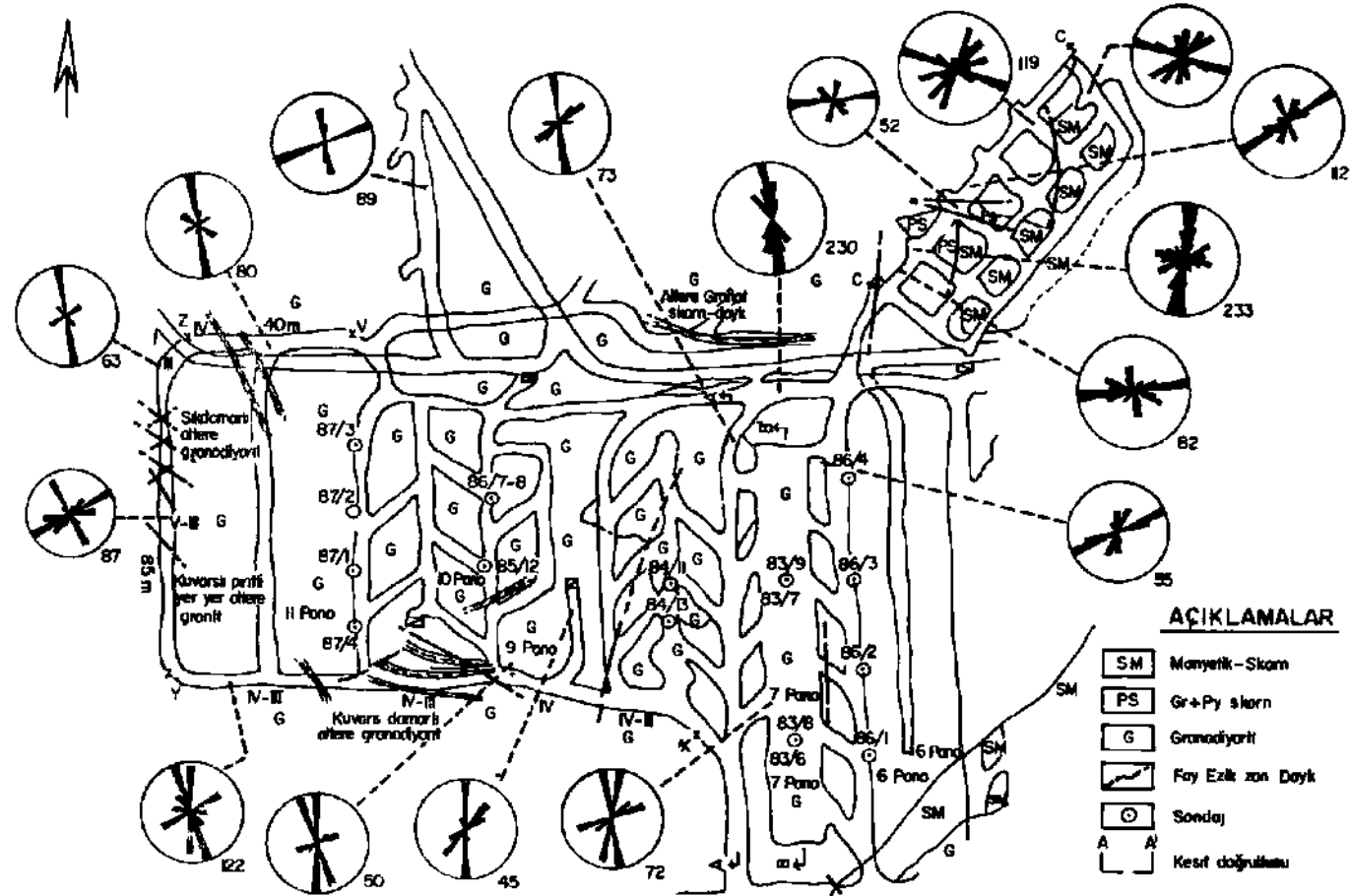
Yerüstü ocağında gözlenen morenler tane boyutları milimetre mertebesinden 1-2 m. boyutunda bloklara kadar değişen bir yığışım kütleli durumundadırlar.

2.2. Tektonik

Bölgede gözlenen fayların büyük kısmının doğrultuları N 5° - 60°E arasında değişim göstermektedir. İkinci grup fayların doğrultuları ise N 70° - 80°» arasında değişim göstermektedir. Bu fay sistemlerinin eğim açıları fay düzlemlerinin çoğunlukla öndülasyonlu olmasıyla NW veya NE şeklinde farklılıklar göstermektedir (Şekil 1.).

2.2.1. Eklem Sistemleri

Bölgede yeraltında gözlem yapılan kayaçlarda ölçülen çatlaklar ve doğrultuları Şekil 1'de verilen gül diyagramlarında gösterilmiştir. Şekillerden de görüldüğü üzere çatlak doğrultularında büyük bir dağılım aralığı bulunmaktadır. Birincil çatlak sistemi N-S, N 0° - 30°W doğrultusunda değerler verirken, ikinci bir yön olarak da N 40° - 70°E doğrultusu gözlenmektedir, üçüncü grup eklemeler ise, her iki grup maksimum değerleri arasında dağılım göstermektedir. Hakim eklem yönlerinin doğrultuları bölgedeki faylarla uyumlu bulunmaktadır. Burada özellikle



Sekil 1. Uludağ volfram madeni 2120 katı jeomekanik haritası

vurgulanması gereken husus silo panosunda eklem doğrultuları S 70 E ile N 70 W arasında geniş bir aralıkta dağılım göstermesidir. Bu farklı dağılım eklero yoğunluğu açısından topuk ve tahkimatlarda sorunlar yaratmaktadır.

3. ULUDAĞ VOLFRAM MADEN KAYACILARININ JEOMEKANİK SINIFLANDIRILMASI

3.1. Kayaçların RQD Değerlerine Gore Sınıflandırılması

Yerinde olcum ve sontidj kayıtlar] Uludağ Volfran Madeni RQD verilerine gore kayaç sınıflaması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Uludağ Volfram Yeraltı Madeninde Kayaçların RQD Değerleri

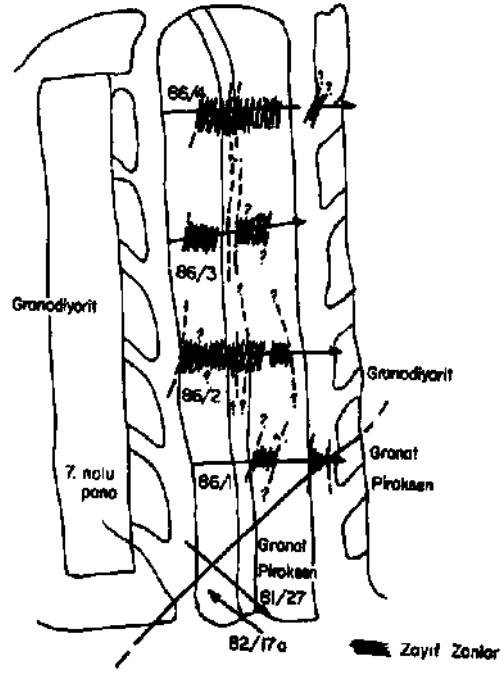
<u>Kayac Türü</u>	<u>Ortalama r RQo</u>	<u>% RQD Max.</u>	<u>% RQD Min.</u>
1. Mermer ve skarn	50	65	0
2a. Skarn (yer yer mermer bandlı)	30	78	0
2b. Skarn manyetitli karmaşık.	45	95	10
3a. Granodiyorit (az bozuşmuş)	65	70	40
3b. Granodiyorit (orta derecede bozuşmuş)	50	55	0
3c. Granodiyorit (ileri derecede bozuşmuş)	30	40	0

Kayaçların RQD değerlerinde öyüük sapmalar aynı sondajda dahi büyük değerlerde farklılıklar göstermektedir, örneğın, 86/11, 86/1, 86/2, 86/3, 86/8, 86/23, 86/5 sondajlarında sonuçlar aşağıda verilmiştir.

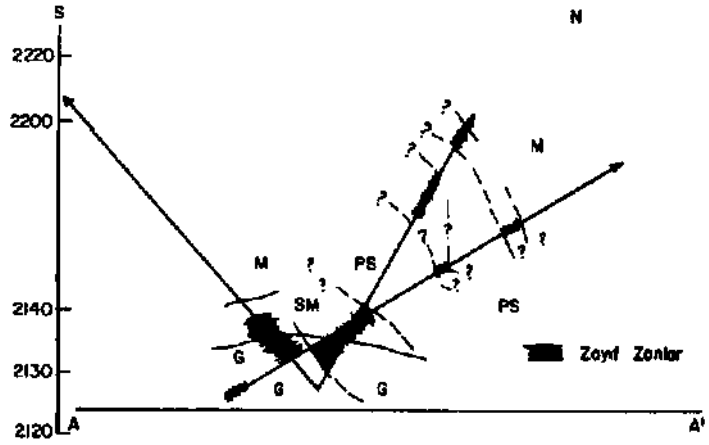
<u>Sondaj No.</u>	<u>% Max. ROD</u>	<u>% Min. ROD</u>	<u>% Ortalama ROD</u>
86/11	70	0	51
86/8	65	0	26.5
86/5	79	0	47.6
86/1	83	0	51.8
86/2	96	0	40.6
86/3	91	0	37
86/23	71	0	30

Kayaçlarda kalınlıkları 3-20 m. arasında devamlı zayıf zonlar görülmektedir. Mevcut verilere göre RQD değerleri % 35 altında olan zonlar verilen kesitlerde zayıf zonlar olarak işaretlenerek sunulmuştur (Şekil 2, 3, 4, 5, 6, 7). Buna göre:

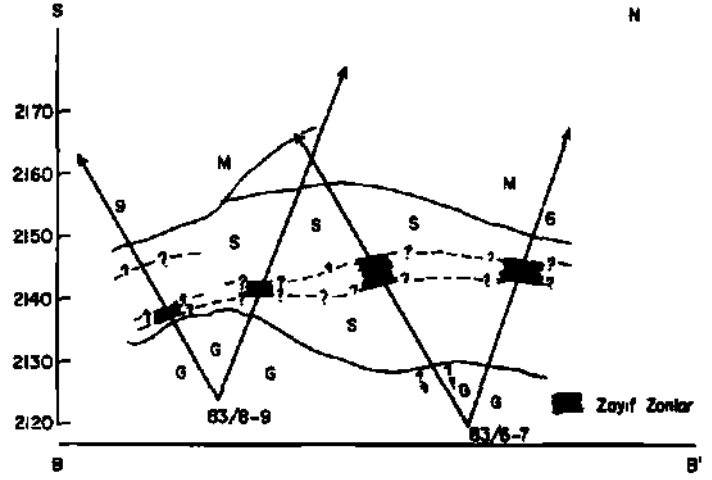
- 6 no.lu panonun RQD değerleri % 35 altında olan zayıf zonları 86/1, 2, 3, 4 no.lu sondajlarda verilmiştir. Projelendirmede zayıf zonun pano bölgesi içinde yer alması bir isabet olmakla beraber, bu zayıf zonun 6. ve 7. pano arasındaki topukta da devamlılığı söz konusudur. Dolayısıyla 7 no.lu pano topuğunda meydana gelen patlamaya bu zayıf zonun katkısı bulunmaktadır. Bu nedenlerle, 6 no.lu pano çalışmasında mutlaka dolgu sistemle tahkim edilmesi gerekir. Diğer bir deyişle, 7 no.lu ve 5 no.lu pano boşlukları ile birlikte 6 no.lu pano boşluğu da doldurulmalıdır.
- 7 no.lu panoda ise, N-S yönündeki zayıf zon mermer ile granat-piroksen skarn sonlarının karmaşık olarak buldukları kısımlarda görülmektedir. Granodiyoritde ise, RQD değerleri % 35'in altında olan kısımlar çok az olmakla beraber ortalama RQD değeri ise % 54'dür. Orta dereceli kayaç tanımına girmekle beraber, zayıf kayaç sınırına daha yakındır (Bieniawski, 1976).
- 7. ve 8. panolar arası topukta ise (83/15-11) sondaj bölgesinde büyük bir zayıf zon yer almaktadır. Diğer taraftan 83/15 ve 11 sondajlarına göre 2140 katı üstünde ikinci büyük zayıf zon yer almaktadır!
- 11 no.lu panoda E-W yönünde genişçe bir alanda zayıf zon görülmektedir. Dolayısıyla topuk-pano işletme ve dizaynında bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.
- Silo panosu detaylı olarak hem eklem sistemleri, hem de RQD değerleri ile yeniden değerlendirilmiştir. Buna göre, silo panosunda eklem sistemleri E-W, N 60°- 20°E, N 50°- 70°W doğrultulu hakim eklem sistemine sahiptir. Diğer yönden bunlar arasında ikincil eklem dağılımları yer almaktadır. Bu durum, kayaçta büyük şekilde bloklaşma ve parçalanmaya neden olmuştur.



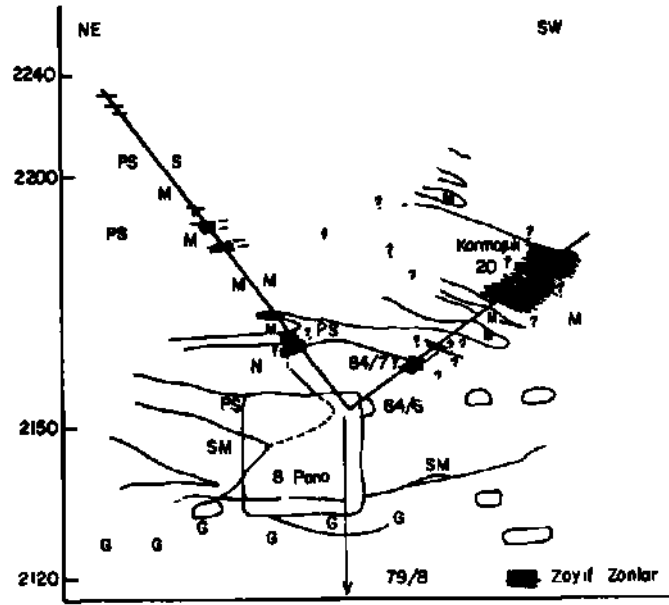
Şekil 2. 6 no.lu panoda RQD değerleri 0-35 % arasındaki zayıf zonlar



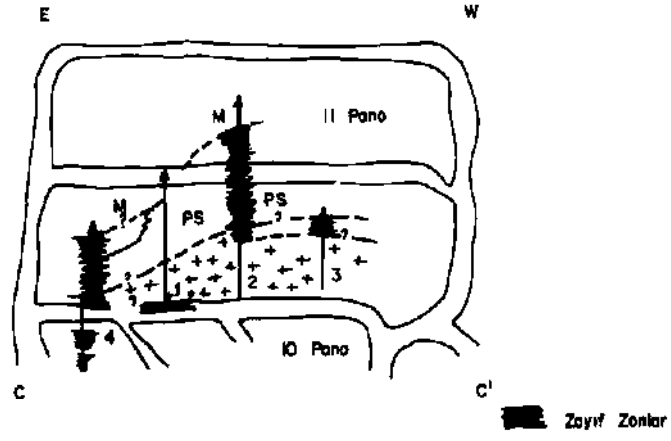
Şekil 3. 7. ve 8. panolar arası topuk nakliye galerisi RQD 0-35 arasındaki zonlar



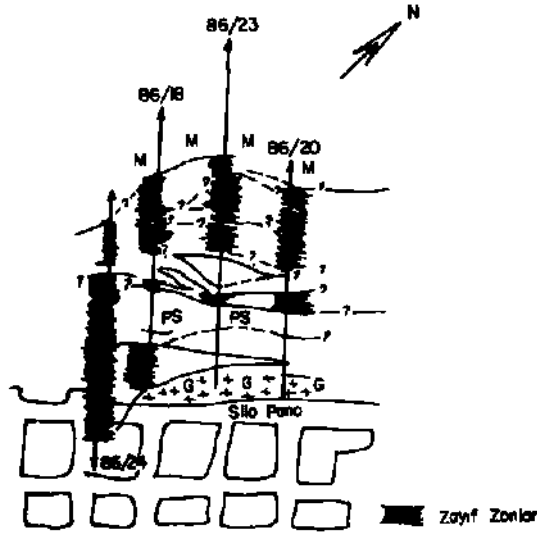
Şekil 4. 7 no.lu pano B-B' kesitinde RQD 0-35 % arasındaki zonlar



Şekil 5. 8 no.lu pano N-N' kesitinde RQD 0-35 t zayıf zonlar



Şekil 6. 11 no.lu pano RQD değerleri 0-35 % arasındaki zayıf zonlar (2124 katı yatay kesit)



Şekil 7. Silo panosu RQD değerleri 0-35 % arasındaki zayıf zonlar (2150 katı yatay kesit)

4. KAYA MEKANİĞİ ÇALIŞMALARI

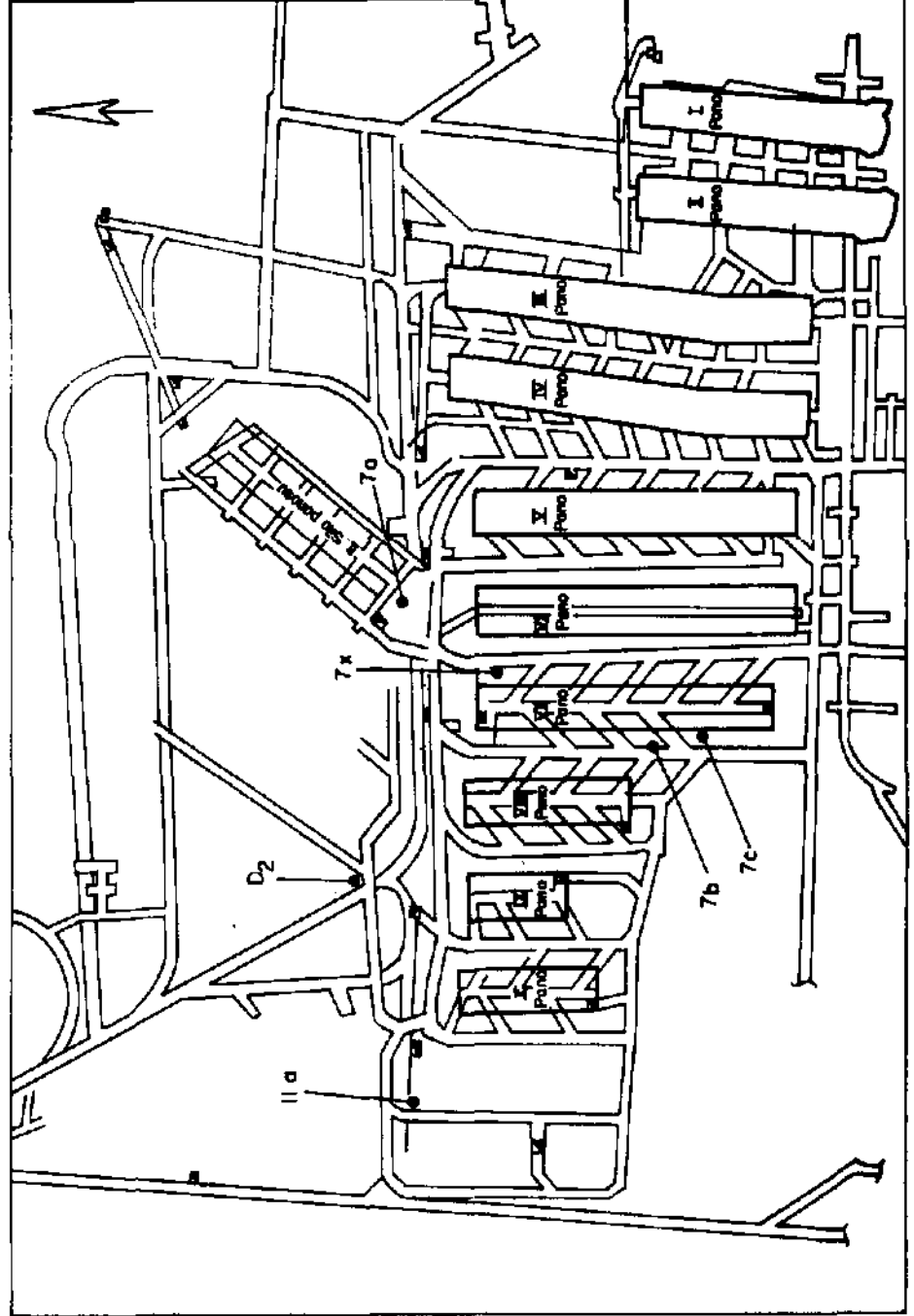
Bu bölümde yerinde *ve* laboratuvarında yapılan kaya *mekaniği* çalışmalarının sonuçları verilecektir.

4.1. Yerinde Deneyler

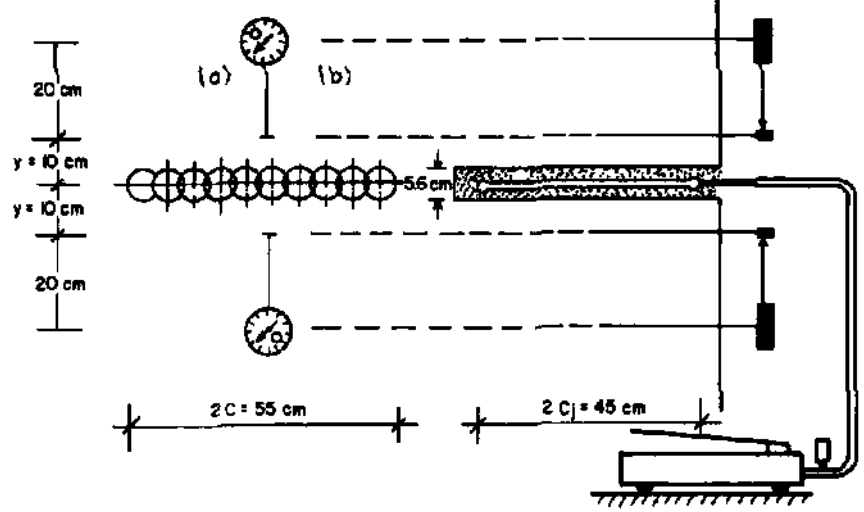
Yerinde deneyler için yassı hidrolik veren kullanılmıştır, tki amaca yönelik yapılmıştır! a) Topuk ve galeride mevcut statik yükün ölçülmesi, b) Bu kayaçların dayanımlarının tesbiti. Testler + 2120 katında yapılmıştır ve yerleri Şekil 8'deki kat planında görülmektedir. 7x ile kotlanan deney yeri 6 ve 7 no.lu panolar arası topukta taban galerisinde, 7b ve 7c ile kotlanan deney yerleri 7. ve 8. panolar arasındaki topuk taban galerisinde, İla ile kotlanan deney yeri henüz işletilmeye başlanmamış olan 11 no.lu panoya giden taban galerisinin köşesinde, D2 ile kotlanan deney yeri 8. silo panosu kenarındaki galeride yer almaktadırlar.

4.1.1. Deney Sistemi ve Aparatı

Kullanılan gerilme ölçme yönteminin esası açılan bir açıklıkta (slot) ortamın ilk gerilme şartını bozmak ve boşluğa yerleştirilen ölçere basınçla yağ enjekte ederek gerilme dengesinin tekrar sağlanmasıdır. Sistemin parçalarını 45 cm. çapında kaliteli ince saçtan imal edilmiş yassı veren diski, hidrolik el pompası, basınç Ölçer, mekanik deformasyon ölçerler (dial gauge), referans noktası pimleri ve bağlantı gereçleri teşkil etmektedir. Açılan açıklığın (slot) ve deneyin genel görünüşü Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, açıklığın alt ve üstünde açılan referans noktalarına çubuklar ve çubukların arasına mekanik deformasyon ölçerler yerleştirilmiştir. Bu Ölçerler deney esnasında açıklığa bitişik iki noktanın uzak iki noktaya göre düşey rölatif hareketini verecektir. Açıklık açılmadan Önce, ölçerlerden ilk pozisyon okumaları kaydedilmektedir. Açıklık yan yana sondaj delikleri ile açılırken ve çimento şerbeti dökümü, içinde yassı veren olan çimentonun donması safhalarında ölçerlerden deformasyon okumaları alınmaktadır. Teorik olarak yassı verene basılan hidrolik yağ basıncının, ölçerler ilk pozisyonlarını aldıkları andaki değeri, düşey arazi basıncına eşit olmaktadır. Ancak, sistemin çalışması ile ilgili bazı teorik yaklaşımlar vardır. Yassı veren şekillendirilmiş iki çelik plakanın kenarlarından kaynatılması ile



Şekil 8. 2120 kat planı ve deney yerleri



Şekil 9. (a) Yassı veren deneyi için karotla açılan açıklık (slot)
(b) Yassı veren içine basınç verilme işlemi

yapıldığından kenarlarda etkin olmayan dar bir bölgesi vardır. Bu nedenle orjinal serbest zemin basıncı a ile bu basıncı karşılayan yassı veren basıncı p arasında aşağıdaki ilişki verilmiştir (Jaeger, 1979);

$$\sigma_n = p_c (C_j - \delta) / C \quad |1|$$

Burada, C , yassı verenin yarı uzunluğu (yarı çap) ve C açılan açıklığın yarı uzunluğudur. Deneyimizde, yassı verenin kenarındaki yaklaşık $6 = 1.5$ cm. kısım etkin olmayan kısım olarak alındığında ($C = 22.5$ cm. ve $C = 27.5$ cm.) 1 ifadesi

$$\sigma_n = 0.76 p_c \quad |A|$$

şeklini alır. Diğer taraftan Alexander (1960; Hoskins, 1966'da) elastisite teorisine göre eliptik açıklık ve düzlem gerilme koşullarında yassı veren için defortnasyon ifadelerini vermiştir. Buna göre, açıklık (slot) açılması ile meydana gelen açıklığa bitişik ve açıklık merkezinden y mesafedeki iki referans noktası arasındaki düşey eksen yönünde ve yatay düzleme dik konverjans (kapanma) Δv ,

$$\Delta v = \frac{C_j p_c}{E} \left\{ (1-\mu) \left| (1+y^2/C_j^2)^{1/2} - y/C_j \right| + (1+\mu) (1+y^2/C_j^2)^{-1/2} \right\} \quad |3|$$

ile verilmektedir. Burada, E ve ν sırasıyla kayacın elastisite (Young) modülü ve Poisson oranıdır. Diğer büyüklüklerin anlamları yukarıda verilmiştir- Deneyimizde, $\nu = 10$ cm. $C. = 22.5$ cm. değerleri ve sonraki laboratuvar deneylerinde bulunan ortalama Poisson oranı $\nu = 0.20$ değeri 3 ifadesinde yerine konulursa,

$$E = 36.4 \frac{P_c}{\Delta v} \quad |4|$$

elde edilir.

4.1.2. Deney Sonuçları

Ocak içinde yerleri verilen altı yerde deney yapılmıştır. Ancak bunlardan 7x ile kotlanan deney yerindeki testde yassı veren hidrolik yağ enjeksiyonu esnasında patlamış ve deney tamamlanamamıştır. Deneylerden elde edilen toplu sonuçlar Tablo 2'de Özetlenmiştir.

Tablo 2. Yassı veren deneylerinin toplu sonuçları

Deney # no.	Deney yerin- de kat tava- nl sürfasdan derinliği (m)	Yassı veren basıncı P_c (MPa)	Serbest zemin basıncı a_n (MPa)	Toplam slot konverjansı A_v (cm)	Yerinde Young modülü E (MPa)
7x	210	-	-	-	-
7a	140	17	13.0	0.0105	58930
11a	150	12	9.0	0.02	21840
7c	210	15	11.5	0.02	27300
D2	140	25	19.0	0.015	60670
7b	200	20	15.0	0.03	24270

4.2. Laboratuvar Deneyleri ve Sonuçları

Yerinde deneylerde açılan açıklıklardan (slot) veya deneyin yapıldığı topuğun uygun yerinden alınan bloklardan çıkarılan karot numuneleri, verilen yöntemlere göre muhafazaya alınıp laboratuvara getirilmişlerdir (Brown, 1981). Yapılan laboratuvar deneyleri aşağıda özetlenmiştir:

- Özgül ağırlık, su emme ve görünür gözeneklilik deneyleri
- Tek eksenli yükleme deneyleri ile aşağıdaki parametrelerin saptanması,
 - Tek eksenli basınç dayanımı
 - Elastisite (Young) modülü
 - Poisson oranı
- Endirekt çekme dayanımı (Brazilian test) deneyi ile çekme dayanımının bulunması.

Tablo 3. Görünür gözeneklilik ve özgül ağırlık deney sonuçları

örnek tanımı	Alındığı yerin kot numarası	Kuru özgül ağırlığı G _s	Su emme yüzdesi	Görünür porozitesi n (%)
Granodiyorit	7x	2.56	0.9	2
Granodiyorit	İla	2.559	0.7	1.b
Granodiyorit	7b	2.56	0.65	1.55
Granodiyorit	7c	2.562	0.8	1.71
Skam cevheri	D2	4.3	0.2	0.7
S kam cevheri	D2	4.2	0.3	0.75

Tablo 4. Tek eksenli yükleme deneyleri sonuçları

örnek tanımı	Alındığı yerin kot numarası	Tek eksenli basınç dayanımı σ _b (MPa)	Young modülü E _t (MPa)	Poisson oranı ν
Granodiyorit	7x	95	45000	0.316
Granodiyorit	İla	113	43000	0.17
Granodiyorit	7c	142	74000	0.22
Granodiyorit	7x	76	25000	0.137
Granodiyorit	7c	150	57000	0.207
Granodiyorit	7x	78	-	-
Granodiyorit	İla	47	-	-
Skdrn cevheri	D2	89	75000	0.259

Tablo 5. Endirekt çekme deneyi (Brazilian test) sonuçları

örnek tanımı	Alındığı yerin kot numarası	Endirekt çekme dayanımı, σ_c (MPa)
Granodiyorit	7c	10.0
Granodiyorit	11a	6.5
Granodiyorit	7c	8.0
Granodiyorit	7x	6.0
Skarn cevheri	D2	7.0

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uludağ Maden İşletmesi ocağında yerinde yapılan gözlem ve deneyler sonucunda kayaçların zayıf, çok zayıf ve kısmen de orta kayaç türü sınıflarında yer aldığı saptanmıştır.

Yeraltı ocağında yapılan ölçümler ve gözlemler sonucunda kayaçların eklem (çatlak) sistemleri işletme alanındaki panodan panoya değişmekte olmakla beraber genelde iki yönlü bir çatlak sistemi görülmektedir.

Etibank tarafından yapılan sondajların RQD değerlerine göre yapılan zayıf zonların haritalama ve kesitleri Şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7'de verilmiştir. Buna göre, 11. panonun bu zayıf zona göre yeniden düzenlenmesinde yarar vardır. Aynı şekilde, silo panosunun batı ve kuzey-batısının (pano-topuk) yeniden düzenlenmesinde topuk emniyeti açısından yarar olduğu kanısındayız.

Skarn-mermerli kayaçlar ara katlı kazı yöntemi için ideal bir ortam olmasına rağmen, burada alterasyon, karmaşık zonların bulunması (mermer, skarn, granodiyorit) üç yönlü çatlak sistemlerinin mevcudiyeti ve ortam kayaçlarının homojen olmaması nedenleriyle, yöntemde dolgu sistemin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

ikinci alternatif olarak topuk boyutlarının küçültülmesi halinde, bilgisayar ortamında model analiz çalışmalarına göre yapılan analizlerde, orta topuk boyutları yükseklik 10 m. alındığında dahi 19,0 MPa bir yükün topuk kenarında oluşabileceği görülmektedir.

Yassı veren deney sonuçlarına göre, galeri ve topuklarda hesaplanan "statik yükün yaklaşık 3-5 misli değerler ölçülmüştür. Kayaçlar 14.7 -

29.A MPa arasında kırılmışlardır (Granodiyorit-skarn). Aynı kayalardan örneklerle laboratuvarlarda yapılan tek eksenli basma dayanımı testlerinde bu kayaç örneklerinin 76-150 MPa arasında kırıldığı görülmüştür.

Bu sonuçlar, önceki çalışılan pano boşluklarının ölü yüklerinin ilerleme yönünde bakir alanlara yansıdığını ve yerinde kayaç dayanımının oldukça düşük değerler verdiğini göstermektedir.

Açılan boşlukların dolgu sistemle tahkim edilmesi, dolgu malzemesi etüdü yapılması ve topukların kazanılması konularının etüdü önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- BIENIAWSKI, Z.T., 1976; "Rock Mass Classifications in Rock Engineering", In Exploration for Rock Engineering, Z.T. Bieniawski (ed.), 1, Cape Town; A.A. Balkema, pp. 97-106.
- BROWN, E.T., 1981; "Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods", Pergamon Press, Oxford.
- HOSKINS, E.R. , 1966; "An Investigation of the Flatjack Method of Measuring Rock Stress", Int. J. Rock Mech. Min. Sei., Vol. 3, pp. 249-264.
- JAEGER, J.C., 1979; "Fundamentals of Rock Mechanics", Chapman and Hall, London, 593 p.