

**YENİ ÇELİK, BOLU YERALTI OCAĞI GALERİLERİNDE MEYDANA
GELEN DURAYSIZLIK PROBLEMLERİNİN ANALİZİ**
**Analysis of Instability Problems of Main Roadways at Yeni Çeitek, Bolu
Underground Mine**

Bahtiyar ÜNVER*
Mehmet Ali KARGI"

Anahtar Sözcükler: Şişme, Taban kabarması, Galeri duraylılığı, Tektonik gerilme, Daralma ölçümü..

ÖZET

Yeraltında açılan açıklıkların duraylılığını etkileyen en önemli faktörlerden birisi de tabaka kontrolünün etkin bir biçimde sağlanmasıdır. Açıklığı çevreleyen tabakaların kontrolü yeterince sağlanamazsa emniyetli, verimli ve ekonomik bir çalışma yapmak mümkün değildir.

Bu çalışmada. Yeni Çellek İşletmesi, Bolu Yeraltı Ocağı'nda killi ve marnlı birimlerde açılan ana nakliyat galerilerinde görülen duraysızlık probleminin nedenleri ve sonuçları araştırılmıştır. İncelenen galerilerin bir senkinal içinde açılmış olmaları nedeniyle yüksek oranlarda kalıntı tektonik gerilmelere maruz kaldıkları anlaşılmaktadır. Bölgenin jeolojisi ve tektoniği incelenmiş, galerilerde kumlan ölçüm istasyonları'sayesinde tahkimatların yerinde davranışları izlenmiş ve ölçüm istasyonları çevresinden alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile yankayacm mühendislik özellikleri belirlenerek duraysızlığa etki eden faktörler irdelenmiştir. Sonuç olarak, ocak için yeni bir üretim stratejisi ve galeriler için de yeni bir tahkimat yöntemi önerilmiştir.

ABSTRACT

One of the most important parameters of stability of underground openings is the effective strata control. If the strata in the vicinity of the opening is not controlled effectively, it is impossible to perform a safe, efficient and economical operation.

In this paper, the reasons and outcome of instability problems observed in main roadways opened in clay and marl formations at Yeni Çeitek Establishment, Bolu Colliery are investigated. Main roadways under examination have been opened in a syncline causing high amounts of residual tectonic stresses. Factors affecting the instability of roadways have been studied thoroughly by examining geology and tectonics of the area, convergence measuring stations to understand in-situ behaviour of supports and laboratory tests to find engineering properties of samples taken from nearby convergence measurement stations. As a conclusion, a new production strategy and a new support system are recommended.

" Yrd. Doç. Dr. Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 06532 - Beytepe, Ankara
.."' Doktora Öğrencisi. Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 06532 - Beytepe, Ankara

1. YENİ ÇELTEK, BOLU OCAĞI HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE YAPILAN ÇALIŞMANIN AMACI

İşletme sahası Bolu ili, Mengen ilçesi, Merkeşler ve Semerciler köyleri arasında, Bolu'ya 36 km uzaklıkla bulunmaktadır. Şirket imkanları ve MTA tarafından yapılan sondajlarla görünür rezerv 6.5 milyon ton olarak belirlenmiştir. Kömür damarı ve litolojideki yapısal bozukluklara bağlı olarak toplam 6.5 milyon ton olan görünür rezervin ancak 1.5 milyon tonunun üretilebileceği kabul edilmektedir.

Sahada yapılmış olan sondajlardan elde edilen karotlar analiz edilmiş ve analiz sonuçlarına göre kömürün özellikleri aşağıda verilmiştir.

Kül(°/0	:17.10)
Nem (%)	: 4.4
Kükürt (%)	: 9.23
Kalorifik değeri	: 4100-5500 Kcal/kg

İşletmede geri dönümlü, topuklu ve göçertmeli kısa ayak ve kara tumba üretim yöntemleri uygulanmaktadır. Kömürün kükürt içeriğinin yüksek ve ocakta uygulanan üretim yönteminin yangına müsait olmasına rağmen, ocakta günümüze kadar ciddi bir yangın problemi ile karşılaşılmamıştır.

İşletmede galeriler kıltaşı ve marn içeren birimler içerisinde açılmıştır. Bu birimlerden meydana gelen tabakalar tektonik hareketlerden aşırı derecede etkilenerek antiklinal ve senklinaller oluşturmuşlardır. Galerilerin asimetrik bir senklinal içerisinde açılmış olması ile birlikte, geçilen birimlerin değişik seviyelerde şişme potansiyeline sahip olması ve uygulanan tahkimat yönteminin yeterli dayanım özelliklerine sahip olmaması, duraysızlığı oluşturan en önemli etkenlerdir.

Galerilerdeki duraysızlık problemi işletme ömrü boyunca daima ciddi bir sorun olmuştur ve galeri kesiti meydana gelen deformasyonlar sonucunda sürekli olarak daralmıştır. İşletme çoğu kez nakliyat ve hava akımının sağlanabilmesi için tamir tarama ve taban inme işleri ile uğraşmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ocaktaki galeri duraysızlığı problemlerinin analiz edilmesi ve çözüm önerilerinin sunulması olarak belirlenmiştir.

2. OCAK ÇEVRESİNİN GENEL VE YAPISAL JEOLJİSİ

2.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

Bölge Paleozoyik, Mezozoyik (Kretase) ve Senezoyik (Eosen) yaşlı jeolojik birimlerden oluşmaktadır. Hornblendşist, kalkşist ve dioritler Paleozoyik katmanları (Bolu Masifi); gri kalkerler Kretase katmanları ; ve kil, killi marn, marn ve sert kalkerler ise Eosen katmanları temsil etmektedir.

Sert kalker ve bunun üzerinde yer alan yeşilimsi gri kil ve killi marnlar linyitli seriyi oluşturmaktadır. Bu serinin üzerinde kırmızı marnlar, altında ise gri marnlar yer almaktadır. Ortalama kalınlığı 90 m. olan linyitli seri lütesien yaşlıdır. Linyit damarları sert kalkerlerin hemen üstünde veya tektonik duruma göre altında bulunmaktadır.

2.2. Bölgenin Yapısal Jeolojisi

İnceleme sahası oldukça önemli oranlarda hareket geçirmiştir. Bu nedenle kömürlü birimler orijinal şekillerini değiştirerek fay ve kıvrımlarla bugünkü yapılarına kavuşmuşlardır.

Linyitli seri Eosen yaşlı tüm birimler ile birlikte kuzeyden gelen bir itilme tesiri ile (Alp Orojenezi) kuzeydeki Paleozoyik yaşlı Bolu Masifi ile güneydeki Arkot Dağı Masifi arasında kıvrımlanmış ve sonuçta iki tane senklinal, bir tane antiklinal ve bir tane de yatık kıvrım meydana gelmiştir. Yukarıda belirtilen genel bölge tektoniğine bağlı olarak kuzeydeki Paleozoyik yaşlı kayalar Eosen yaşlı birim üzerine NE-SW eksenine ile devrilmislerdir.

Bölgenin genel tektoniğine bağlı olarak genellikle kıvrım eksenine paralel doğrultulu faylar ve çapraz yırtılma fayları oluşmuştur.

3. İNCELENEN GALERİ ÇEVRESİNDEKİ YAPININ ANALİZİ

3.1. Galeri Çevresindeki Tabakalar

İncelenen +750 ana nakliye galerisi marn ve killi birimler içerisinde sürülmüştür. Galeri Çevresinde yapılan inceleme ve ölçümlerle tabaka doğrultusunun NE-SW yönünde ve eğiminin de NW yönünde 45-55° arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bölgenin şiddetli bir tektonizma geçirerek kıvrımlanmış olduğu Şekil 1'de görülebilir. Ayrıca, galerilerin eğik asimetric bir senklinal içerisinde açılmış olması, bölgenin etkin bir biçimde kalıntı tektonik gerilmelere maruz kalmasına ve dolayısıyla yeraltı yapılarında hasarlara neden olmaktadır.

3.2 İncelenen Galeri Tahkimatına Etki Eden Asal Gerilme Yönleri

Galeri eksenine ile asal gerilmelerin yönleri ve miktarları arasındaki ilişki galeri tahkimatı üzerine gelen basınç özelliklerinin

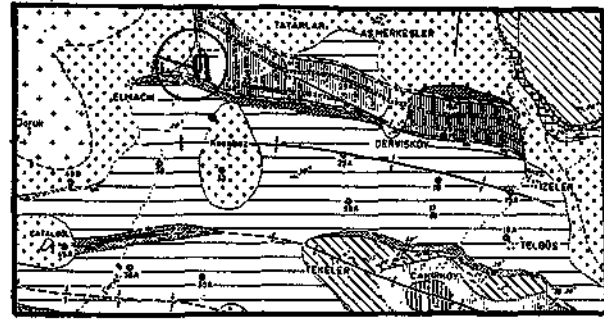
belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Maksimum asal gerilme yönü Oj ara asal gerilme yönü a_2 ve minimum asal gerilme yönü a_3 ile belirtilmektedir.

Tektonik açıdan kıvrımların oluşabilmesi için en yüksek asal gerilme (a_1) yönünün yataya yakın olması beklenir. Söz konusu ocakta galerilerin açıldığı bölge tektonik açıdan oldukça karmaşıktır. Şekil 2 a 'da kıvrımın oluşabilmesi için asal gerilme yönleri, 2 b 'de senklinal eksenine paralel açılmış bir galeri ve 2 c' de ise senklinal eksenine dik olarak açılmış bir galeri çevresinde oluşması muhtemel asal gerilme yönleri gösterilmiştir. Şekil 3'de galeri duraylılığı açısından galeri doğrultusu ile en olumlu ve en olumsuz asal gerilme yönleri verilmiştir.

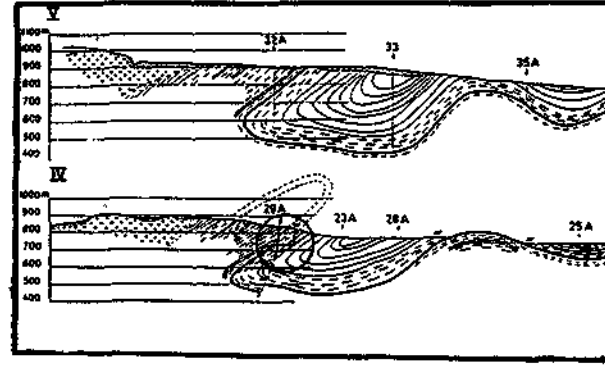
3.3 Galeri Doğrultusu ve Asal Gerilme Yönleri İle Galeri Duraylılığı Arasındaki İlişki

Yeraltında açılan bir galeri veya tünelin içinde açıldığı kaya kütlelerine etki eden asal gerilme yönlerine göre açılan galerinin doğrultusu duraysızlık açısından son derece önemlidir. Yatay gerilmelerin yüksek olduğu bir ortamda açılan galerilerin özellikle tavan ve tabanlarında, düşey gerilmelerin yüksek olduğu durumlarda ise galeri yan duvarlarında duraysızlık problemlerinin oluşması beklenir, (Gale, 1991).

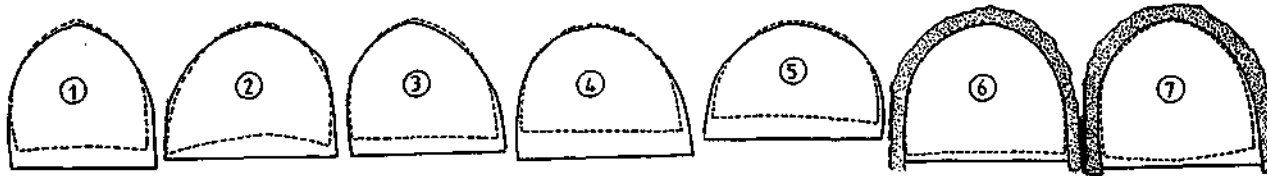
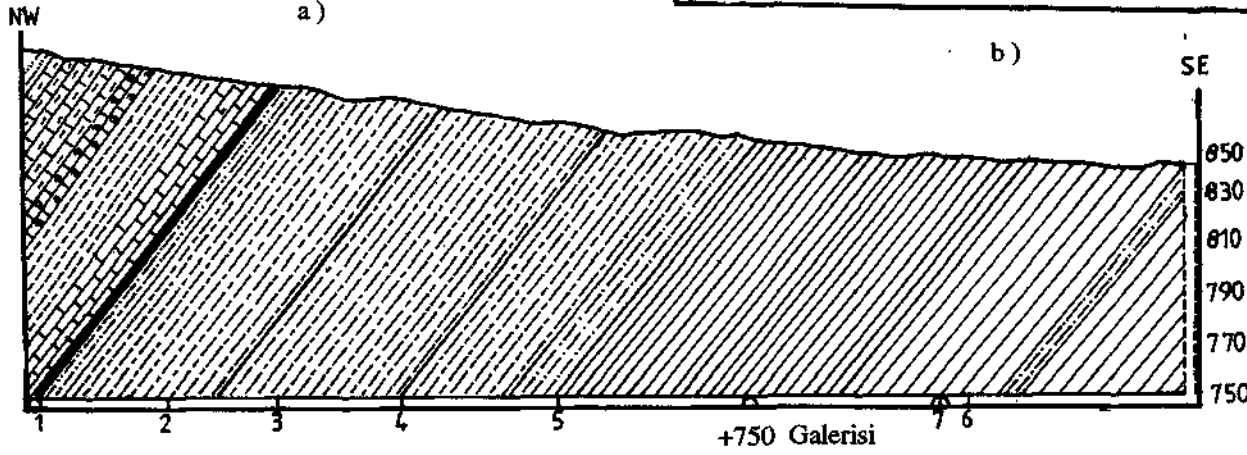
Şekil 2 ve Şekil 3 ayrıntılı olarak incelendiğinde, galerinin senklinal eksenine paralel- olarak açıldığı durumlarda, galeri duraylılığının olumsuz yönde etkilendiği görülür. Galeri, senklinal eksenine dik doğrultuda açılması durumunda en yüksek asal gerilme yönüne paralel konumda olacaktır. Bu durum, yan kayacın makaslama



a)














b)

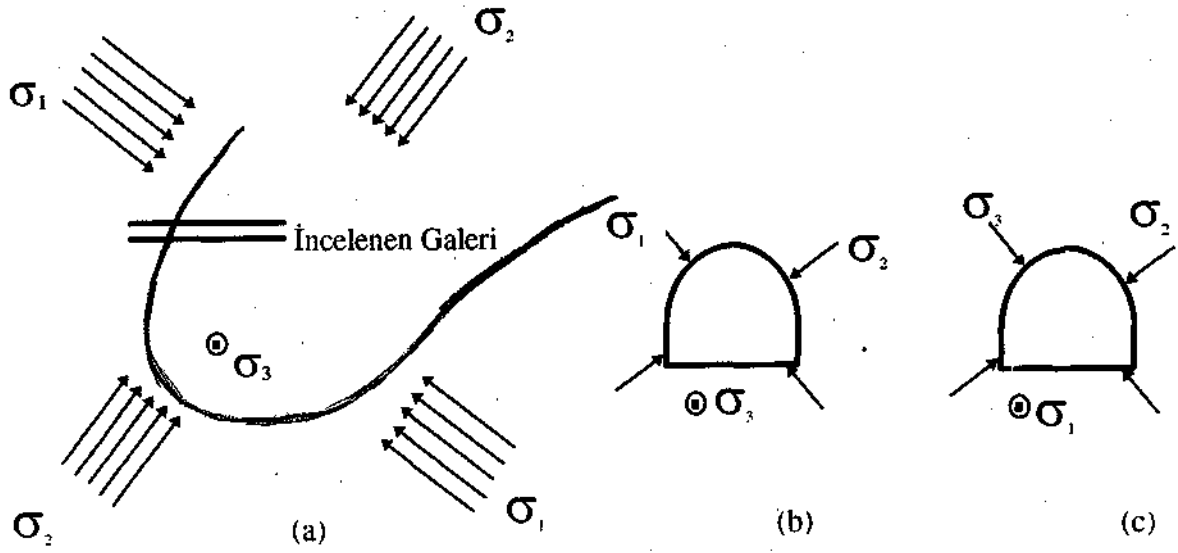


c)

BELİRTEÇ

-  Sarı Marn
-  Sarımsı Gri Marn ve Kalker
-  Sert Kalker
-  Açık Gri Marn
-  Gri Kalker
-  Linyit
-  Yeşilimsi Gri Kil
-  Yeşil Marn
-  Yeşil Kil
-  Kırmızı Marn
-  Kırmızı Killi Marn

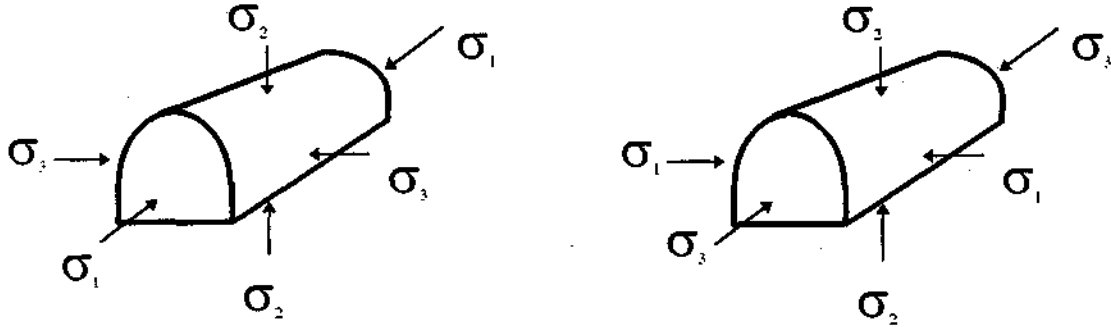
Şekil 1. a) İncelenen galerinin bulunduğu bölümün jeolojik haritası.
 b) İncelenen galerinin bulunduğu bölümün kesiti.
 c) İncelenen galerinin kesiti ve istasyonlarda ölçümler sonucunda elde edilen deformasyon profilleri.



Şekil 2.a) Kıvrımın oluşabilmesi için gerekli asal gerilme yönleri ve incelenen galerinin kıvrımlanmaya göre konumu.

b) Senklinal eksenine paralel olarak açılan galeriye etki etmesi beklenen asal gerilme yönleri.

c) Senklinal eksenine dik olarak açılan bir galeriye etki etmesi beklenen asal gerilme yönleri.



a) Galeri duraylılığı açısından galeri doğrultusu ile asal gerilme yönlerinin en olumlu olduğu durum,

b) En olumsuz durum,

Şekil 3. Asal gerilme yönleri ile tünel duraylılığı arasındaki ilişki.

direncinin artmasına bağlı olarak, galerinin duraylılığı açısından daha olumlu olacaktır.

4. İNCELENEN GALERİ ÇEVRESİNDEKİ KAYAÇLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Yeraltında +750 ana kat galerisinde seçilen ölçüm istasyonları çevresinden alınmış olan örnekler üzerinde, H.Ü. Yerbilimleri Zemin Mekanięi Laboratuvarı'nda yapılan deneyler sonucunda örneklere ait mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Alınan örneklerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli indeks büyüklükleri tanımlanmış ve aşığıda verilen deneyler yapılmıştır:

- a) Özgöl ağırlıkların belirlenmesi
- b) Doğal su içeriğinin tespiti
- c) Atterberg limit deneyleri
 - i) Likit limit
 - ii) Plastik limit
 - iii) Büzülme limiti
- d) Hidrometre deneyi ile tane boyu dağılımı
- e) Doğrudan makaslama dayanımı deneyi

+750 ana kat galerisinden alınan örnekler renklerine ve petrografik yapılarına göre tanımlanmışlardır. Yapılan deneylere ait sonuçlar ve örneklerin mühendislik özellikleri Çizelge 1 ' de özet halinde verilmektedir.

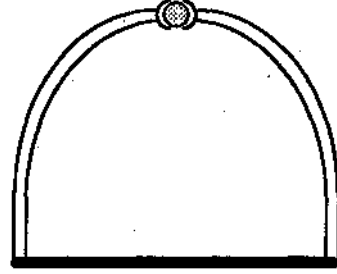
5. İŞLETMEDE KULLANILAN TAHKİMAT TÜRLERİ

Yeraltında açılan galerilerin geometrik özellikleri ve uygulanan tahkimat sistemi ile galerinin daralma karakteristiği arasında doğrudan bir ilişki vardır. Dikdörtgen veya kare şeklindeki galerilerde gözlenen tavan hareketleri, <kemer şeklindeki galerilerden daha fazladır. Galeri çevresindeki kaya

kütlesine etki eden gerilme duarımlarına bağlı olmak üzere dairesel kesitli galerilerdeki daralma aynı boyuttaki dikdörtgen veya kare şeklindeki galerilere oranla üç kat daha az olmaktadır. Ayrıca galeri genişliğinin artmasına bağlı olarak kesit daralma oranının da artması beklenir (Hobbs, 1969).

İşletmede genellikle üç çeşit tahkimat sistemi kullanılmaktadır. Kullanılan tahkimat sistemlerinin hiçbirisinde taban basıncını karşılayabilecek bir ünite olmaması bir eksikliklerdir. İşletmede halen kullanılmakta olan tahkimat yöntemleri, genel özellikleri ile birlikte aşığıda kısaca açıklanmaktadır:

a) Mol Bağ.



Taşıyıcılık: Sistemin taşıma kapasitesi klasik ahşap tahkimata oranla daha büyüktür. Ancak, yönlü yüklemeler altında aşın oranda deformasyona uğrar.

Tabaka Kontrolü: Taban kabarmasına karşı herhangi bir önlem alınmamıştır. Bu nedenle taban kabarmasına karşı başarısızlık kaçınılmazdır.

İşçilik ve Maliyet: İşçiliği kolaydır. Eklemlili nedeniyle nedeni ile tekrar kullanılabilir olması bir avantajdır.

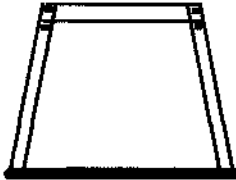
Çizelge 1. Laboratuvar Deneyleri Sonucunda Bulunan, Örneklerle Ait Mühendislik Özellikleri, (Kargı, 1995).

Özellikler	Yeşilimsi Gri Kil	Yeşil Marn	Yeşil Kil	Kırmızı (Vişne Çürüğü) Marn	Kırmızı (Kahve-rengi) Killi Marn	
Doğal Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	1.77	1.78	1.72	1.75	1.80	
Özgül Tane Birim Ağırlığı, G _s	2.54	2.56	2.37	2.52	2.61	
Doğal Su İçeriği, W _n , %	17.90	17.53	18.30	12.23	16.40	
Aktivite, A	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	
Plastik Limit, PL, %	35	35	36	33	29	
Likit Limit, LL, %	67	70	71	57	61	
Plastisite İndeksi, PI, %	32	35	35	24	32	
Büzülme Limiti, SL, %	19	23	18	20	22	
Büzülme Oranı, Sr	1.82	1.75	1.83	1.85	1.79	
Sıkışma İndeksi, Cc	0.60	0.63	0.64	0.52	0.56	
Tane Boyu Dağılımı	Kil, %	23	2	19	1	8
	Silt, %	67	68	77	62	44
	Kum, %	10	30	4	37	48
Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	OH*	MH**	OH*	MH**	MH**	
Şişme Potansiyeli	Orta > %5	Düşük < %1.5	Orta > %5	Düşük < %1.5	Düşük < %1.5	
Üçgen Sınıflama Aşağına Göre	Killi silt	Kumlu silt	Kumlu silt	Kumlu silt	Siltli kum	
İçsel Sürtünme Açısı, ϕ (°)	40	34	24	33	27	
Kohezyon, C (kg/cm ²)	0.51	0.38	0.96	0.32	0.90	

* OH: Plastisitesi orta veya yüksek organik silt

**MH: İnorganik silt

b) Trapez Bağ

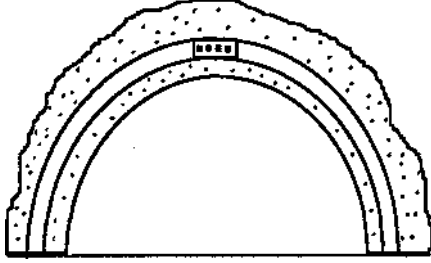


Taşıyıcılık: Ağaç tahkimattan daha fazla yük taşıma kapasitesine sahiptir. Genellikle bağlantı civatalarının dayanımları düşük olduğu için taşıma kapasitesi yüksek değildir.

Tabaka Kontrolü: Taban kabarmasına karşı herhangi bir önlem alınmamıştır. Tabana doğru batmalar görülebilir.

İşçilik ve Maliyet : İşçiliği kolay ve montajı basittir.

c) Demir Bağ + Beton Kaplama



Taşıyıcılık: Düşey yükleme durumunda taşıma gücü yüksek olan bir sistemdir. Betonun kalitesi sistemin taşıyıcılığının etkilemektedir.

Tabaka Kontrolü: Sistemde taban kabarmasına karşı herhangi bir önlem alınmamıştır. Önlem alındığında taban kabarmasına karşı dayanım artacaktır.

İşçilik ve Maliyet: İşçiliği zordur ve ekstra işçilik gerektirir. Maliyeti yüksektir. Tamir ve tarama işlerinin sürekli olarak yapılması dolayısıyla işletmede genellikle galeri tahkimatı mol bağlar kullanılarak yapılmıştır.

6. DARALMA ÖLÇÜMLERİ VE SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Ölçüm İstasyonlarının Belirlenmesi ve Özellikleri

Arazi hareketleri ve tahkimat sistemlerinde meydana gelen deformasyonları belirlemek

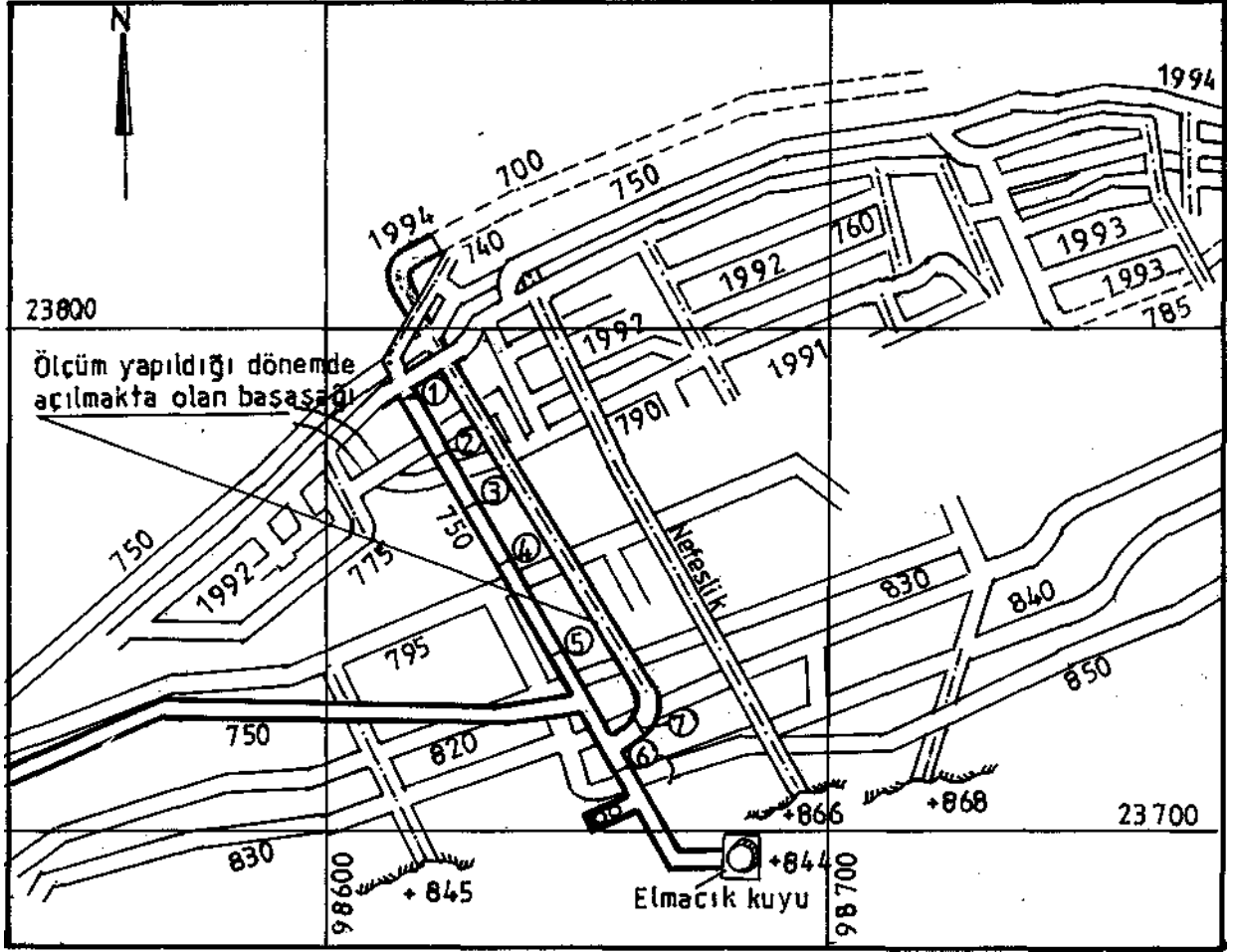
amacı ile +750 ana kat galerisinde ölçüm istasyonları kurulmuştur. Ocak planı üzerinde (üçüm istasyonlarının konumları Şekil 4'de verilmektedir. 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu istasyonların bulunduğu kısım tabaka doğrultusuna ve senklinal eksenine dik doğrultudadır. 7 nolu istasyon ise tabaka doğrultusuna ve senklinal eksenine paralel olarak açılan bir desandrenin dii/ü üzerindedir. Tabaka doğrultusu ve senklinal eksenine paralel olarak açılan galerilerin aşırı deformasyona uğraması sonucunda kapanması nedeniyle başka istasyon kurulması mümkün olmamıştır. Ölçüm istasyonlarının yerleri, 10-15 m. aralıklarla düzgün kesitli tahkimatlarda ve farklı formasyonlarda olacak şekilde belirlenmiştir.

6.2. Daralma Ölçümü Yöntemi

1976 yılında İngiltere'de Whit taker tarafından geliştirilen ölçüm yöntemi üzerinde bazı değişiklikler yapılarak, ölçüm istasyonlarındaki deformasyon miktarları ve karakteristiklerinin bulunmasında kullanılmıştır (Whittaker, 1976; Ünver, 1988).

Şekil 5'de verilen daralma ölçümü yöntemi ile çok yönlü olarak ölçüm yapılabilmektedir. Şerit metre ile ölçüm yapıldığı için basit ve kolaydır. Ancak ölçüm sırasında şerit metre düzgün ve gergin tutulmalıdır. Oluşumdan istasyonlarda ilk hafta hergün olmak üzere, daha sonraki haftalarda en az haftada bir ölçüm alınarak en az 3 ay ölçüm yapılmıştır.

Belirlenen istasyonlarda şerit metre ve şakul yardımı ile galeri ortasından sağa ve sola birer metre uzaklıklarda tabana 30 çm.'lik ağaç veya demir tespit çivisi çakılmıştır. Tavanda ise şakul ile üst noktalar belirlenmiştir. Tahkimatın tabanından 1 m. yükseklikte olacak şekilde yan noktalar işaretlenmiştir.



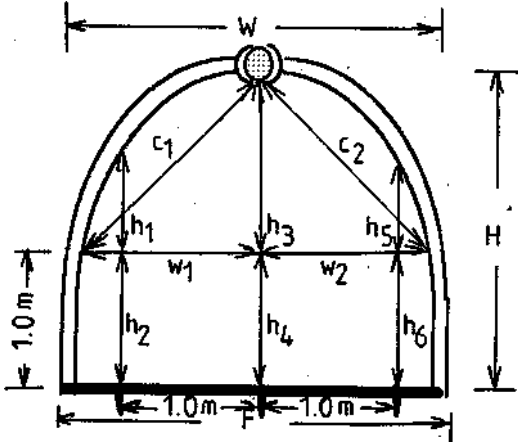
Şekil 4. Ocak planı üzerinde ölçüm istasyonlarının konumları.

Böylece, sadece yükseklik ve genişlik değil tüm yönlerdeki mesafeler ölçülerek, oluşan daralma sonucunda, galerinin detormasyona uğramış profili tam olarak belirlenebilmektedir.

6.3. Değişik İstasyonlarda Elde Edilen Daralma Profilleri ve Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Şekil 1'de verilen daralma profilleri incelendiğinde, ölçüm istasyonlarında meydana gelen daralma geometrisinde en etkin parametrenin daralma ölçümü

yönteminde bir ölçüm parametresi olan I14 olduğu anlaşılmıştır. Ölçüm yapılan istasyonlarda zamana bağlı I14 değişimi Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 5. Daralma ölçüm yöntemi.

Yapılan daralma ölçümleri sonunda 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu istasyonlarda aşın taban kabarması ve az miktarda yanal daralma belirlenmiştir. Keson beton içine alınan 6. ve 7. istasyonlarda, da ölçümlerin yapıldığı 90 gün boyunca düşük oranlarda taban kabarması ve yanal daralma gözlenmiştir.

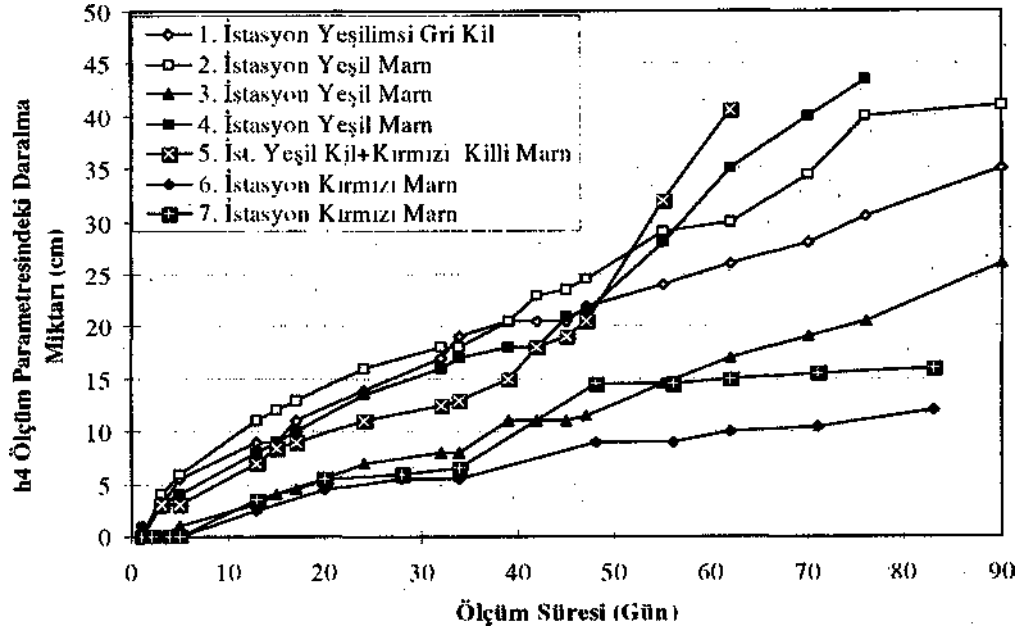
Şekil 7'de, ölçüm istasyonlarındaki galeri taban genişliğinin zamana bağlı değişimi verilmektedir. Taban genişliğinde en fazla daralma (27 cm) 4. ölçüm istasyonunda gerçekleşmiştir. Galerinin taban genişliğindeki daralma miktarları 1. ve 5. istasyonlarda 22 cm., 3. istasyonda 22 cm., 7. istasyonda 19 cm., 2. istasyonda 15 cm. ve 6. istasyonda 9 cm. olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre, galeri genişliğinin artması ile galerinin uğradığı deformasyon miktarı arasında

anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Keson beton içine alınmış olan 6. ve 7. istasyonlardaki galeri tabanı daralması miktarlarında beklendiği gibi bir farklılık olduğu dikkati çekmektedir. Senklinal eksenine paralel doğrultuda açılmış bir bağlantı yolu üzerinde bulunan 7. istasyonda, yüksek yan basınçlar nedeniyle, senklinal eksenine dik doğrultuda açılmış olan bir galeri üzerinde bulunan 6. istasyona oranla daha yüksek galeri tabanı daralması olduğu belirlenmiştir.

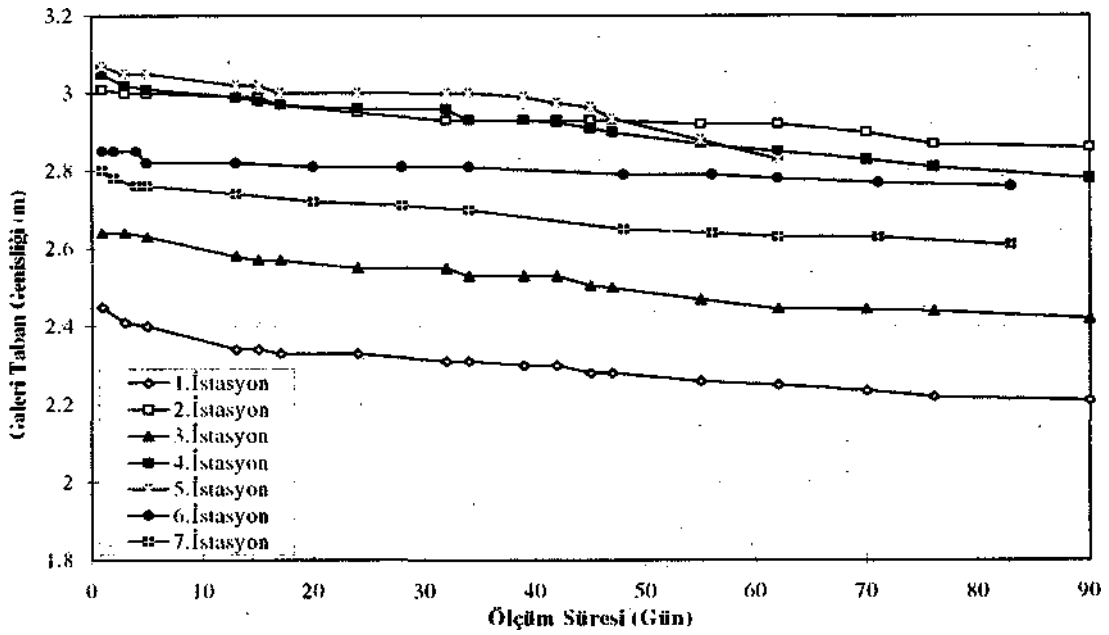
Şekil 6 ve 7'deki daralma ölçümü sonuçları incelendiğinde 4. ve 5. istasyonlarda daralma ölçümlerinin başlamasından yaklaşık 47 gün sonra düşey daralma karakteristiğini belirleyen h_4 ölçüm parametresinde ve galeri taban genişliği daralmasında hızlı bir artış olduğu dikkati çekmektedir. Şekil 4'de verilmiş olan ocak planında işaretlenen +750/+700 başaşağısının sürülmesi sırasında oluşan basınç etkileşimi sonucunda, 5. ve 4. istasyonlarda ölçülen daralma miktarlarında hızlı bir artış olmuştur. Başaşağı ile galeri arasındaki mesafe giderek arttığı için, diğer istasyonlarda ölçülen daralma miktarları üzerinde belirgin bir etkisinin olduğu görülmemiştir.

7. YERİNDE DARALMA ÖLÇÜMLERİ, GALERİ ÇEVRESİNİN TEKTONİĞİ VE KAYAÇLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Bölgenin ayrıntılı jeolojik incelemesi sonucunda galerilerin eğik asimetric bir senklinal içerisinde açıldığı saptanmıştır. Bu nedenle, tektonizmadan kaynaklanan kuvvetlerin galeri daralmalarında en önemli etken olduğu görülmüştür. '



Şekil 6. Ölçüm istasyonlarında üç ay boyunca yapılan daralma ölçümleri ile bulunan h4 ölçüm parametresindeki daralma miktarları.



Şekil 7. Ölçüm istasyonlarında galeri taban genişliğinin üç ay boyunca değişimi.

Marn ve killi kayaç içerisinde tabaka doğrultusuna ve senklinal eksenine dik olarak açılan galerilerde taban kabarması ve çok a/yanal daralmanın yanında NW yönünden gelen kalıntı tektonik gerilmelerin etkisiyle tahkimat ünitelerinin yer yer 25-30 cm geriye doğru yattığı tespit edilmiştir. Ancak, işletmede açılan taban yolları niteliğindeki galerilerin, tabaka doğrultularına paralel olarak açıldıkları için duraylılık açısından hiç uygun olmadıkları görülmektedir.

Keson beton yapılan altıncı ve yedinci istasyonlardaki daralma dikkat çekicidir. Tabaka doğrultusuna dik konumdaki alıncı istasyon ve yaklaşık 30-50 cm. kalınlığında keson beton yapılan altıncı ve yedinci istasyonlardaki daralma değerleri dikkat çekicidir. +750 galerisinin senklinal eksenine yaklaşık olarak paralel doğrultuda açılan bölümünde de ölçüm istasyonları kurulmuş; ancak bu galeri, üzerine gelen yüksek oranlarda tektonik basınçlar sonucunda tutulumayarak kapatılmıştır. Bu nedenle, gerçek anlamda senklinal eksenine paralel doğrultuda açılmış olan bir galeride meydana gelen daralmaları ölçmek mümkün olmamıştır. +750 galerisi ile +750/+700 başaşağısı bağlantısı üzerinde seçilen 7. istasyonda, tahkimatı aynı şekilde keson beton olarak yapılmış olan 6. istasyona oranla, hem düşey hem de yatay daralmalar yaklaşık iki kat daha fazla olmuştur.

Laboratuvarında ölçüm istasyonları çevresinden alınan numuneler üzerinde yürütülen detaylı bir deney programı sonucunda elde edilen değişik birimlere ait mühendislik özellikleri ile ölçülen daralma miktarları arasında çok belirgin bir ilişki tespit edilememiştir. Çizelge 1'de verilen değişik birimlere ait mühendislik özellikleri incelendiğinde, galerinin kesmiş olduğu birimlerin mühendislik özellikleri açısından

çok belirgin bir şekilde farklı olmadıkları anlaşılmaktadır. Bu nedenle, galerilerde ölçülen daralma karakteristiğinin daha çok tektonik gerilmelerin etkisiyle belirlendiği kanısına varılmıştır.

Yapılan doğrudan-makaslama deneylerinden elde edilen en düşük kohezyon değerine sahip kırmızı marn birimindeki beşinci istasyonda en çok taban kabarması ve yanal daralma gözlenmiştir. Kohezyonu ve içsel sürtünme açısı düşük olan birimlerde daralma çok daha fazla olmaktadır. Ayrıca, kayaçların doğal su içerikleri arttıkça galeri duraylılığı azalmaktadır.

Hidrometre ve Atterberg deneyleri ile numunelerin kil yüzdeleri ve mühendislik özellikleri tespit edilmiştir. Kayaçların kil yüzdeleri arttıkça plastik indeks değerlerinin de arttığı ve şişme potansiyeli kazandığı görülmüştür. Kayaçların şişme potansiyelinin artması, galeri daralmalarının artmasındaki tektonik gerilmeler sonucu oluşan sıkışmadan sonra ikinci önemli etkidir. Bu nedenle şişme parametresi duraylılık açısından önemli olmaktadır.

Laboratuvar deneyleri sonucunda belirlenen plastisite indeks değerlerine göre numuneler orta veya yüksek organik silt ve inorganik silt olarak sınıflandırılmıştır. Yeşilimsi gri kil, yeşil kil, yeşil marn, kırmızı marn ve kırmızı killi marn numunelerinin sırasıyla kil içeriği <7f23, 9f19, 9f2, %/ < 1, ve %H olarak bulunmuştur. Özellikle yeşilimsi gri kil ve yeşil kil için aktivite değerleri orta şişme potansiyeline karşılık gelen 1,9 ve 1,8 olarak hesaplanmıştır. Yeşil marn, kırmızı marn, ve kırmızı killi marn numunelerinin kil içerikleri düşük olduğu için aktivite değerleri de beklendiği gibi düşük olarak bulunmuştur. Dolayısıyla kırmızı marn, yeşil marn ve

kırmızı killi marn numunelerinin şişme potansiyelleri düşüktür.

Yeşilimsi gri kil, yeşil marn, yeşil kil ve kırmızı killi marn numunelerinin doğal su içeriği <#16-%18 arasında, kırmızı marn numunesinin doğal su içeriğinin ≤ 12 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yeşil kil numunesinin doğal su içeriği ve plastik indeks değeri en yüksektir.

Doğrudan makaslama deneylerinde kırmızı marn numunesinin en düşük (0.32 kg/cm^2) > kırmızı killi marn (0.90 kg/cm^2) ve yeşil kil numunesinin (0.96 kg/cm^2) daha yüksek kohezyona sahip oldukları belirlenmiştir. Yeşil kil numunesi en düşük (24" içsel sürtünme açısına sahip olduğu bulunmuştur.

8. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE GALERİ DURAYLILIĞININ SAĞLANABİLMESİ İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

İncelenen +750 ana nakliye galerisinin 1, 2, 3, 4, 5 nolu ölçüm istasyonlarının bulunduğu kısım senklinal eksen ve tabaka doğrultusuna dik doğrultudadır. 7 nolu ölçüm istasyonunun bulunduğu desandre galerisi, tabaka doğrultusuna ve senklinal eksenine paralel yönde açılmıştır. Bu nedenle, 7 nolu istasyonda daha ciddi duraysızlık problemleri) 1c karşılaşılmıştır.

Galerilerde oluşan aşırı deformasyonlar sonucu galeri kesiti daralmakla ve yeraltı demiryolu nakliyatı güçleşmektedir. İşletme çoğu kc/ arın ilerlemesini bırakarak tamir tarama ve taban inme işleri ile yoğun bir şekilde uğraşmaktadır. Galerilerde yapılan tarama işleminin kısa vadeli çözüm olduğu ve taramaya olan gereksinimi arttırdığı saptanmıştır.

Laboratuvar ve arazi incelemeleri değerlendirildiğinde, işletmecilik faaliyetlerinin sürdürülebilmesi ve galeri duraylılığının sağlanabilmesi için aşağıda sıralanan öneriler doğrultusunda yeni bir üretim stratejisinin uygulanması ve yeni bir tahkimat sistemi tasarımının yapılması gerekmektedir.

i) Taban yolları daha sağlam olan tavan laşındaki kalkerli birimlerde ve özellikle senklinal içinde tektonik gerilmelerden etkileşimin en aza indirilmesi açısından senklinal eksenine dik doğrultuda açılmalıdır.

ii) Taban kabarmasına karşı tabanda yeterli oranda direncin sağlanabilmesi amacıyla taban kemerli lahkimal sistemi kullanılmalıdır.

iii) Şişme potansiyeline sahip killi ve marnlı zayıf kayalarda suyun hızlandırıcı etkisinin önlenmesi açısından drenaj yapılmalıdır.

iv) Rijit tahkimatların yerine esnek olan tahkimat sistemlerinin kullanılması (özellikle TH geçme bağlar) gerekmektedir.

v) Plastik zondan elastik zona geçmesi şartı ile kaya saplamalarının kullanılabilirliği araştırılmalıdır. Özellikle ince de olsa sert tabakaların bulunması nedeniyle kaya saplaması kullanımının galeri duraylılığını sağlayabileceği kanısına varılmıştır.

vi) Düzgün dörtgen şeklindeki galeri kesitleri dik köşeler üzerinde yüksek gerilme birikimlerine neden olacağından, dairesel kesitli veya yay şeklindeki tahkimat sistemlerinin tercih edilmesi galeri duraylılığı açısından daha uygun olacaktır.

Ayrıca zayıf ve yumuşak kayalarda tahkimat direklerinin altına takoz konulması, tahkimat ünitelerinin tek bir birim olarak davranmasının sağlanması amacıyla fırçalama işleminin eksiksiz yapılması gerekmektedir. Galeri açıldıktan sonra oluşabilecek olan deformasyonların tolere edilebilmesi için galeri kesiti olması gerekenden daha geniş tutulabilir. Ancak, galeri kesitinin artırılması ile meydana gelecek olan deformasyon miktarlarının da artabileceği gözönünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

GALE, W.J., 1991; "Strata Control Utilising Rock Reinforcement Techniques and Stress Control Methods in Australian Coal Mines", Mining Eng. Vol: 150, No: 352, January, pp. 247 - 253.

HOBBS, D.W., 1969; "Strata Movement Around Mine Roadways; Results of Scala Model Studies", The Mining Engineer, No: 104.

KARGI, M. A., 1995; "Yeni Çeltik İşletmesi Bolu Ocağında Taban Yollarında Oluşan Konverjansların İncelenmesi". Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara. 118 s.

ÜNVER, B., 1988; "Closure in Longwall Access Roadways". University of Nottingham, Doktora Tezi, İngiltere, 356 p.

WHITTAKER, B.N., 1976; "Recording Treatment and Interpretation of Roadway Deformation Surveys". Mining Engineer, July 1976, pp. 607-617.



Aydın Linyit
Limited Şirketi

ŞAHİNALI LİNYİTLERİ

Kömür üretimi (Yeraltı, Yerüstü)

Aydın -Muğla karayolu 3. km Atay Tesisleri AYDIN
Adnan Menderes Bulvarı No : 3 Kat : 1 09010 AYDIN
TEL (Büro) : 0 (256) 225 63 10 - 225 11 38 FAX : 0 (256) 225 80 74
TEL (İşletme) : 0 (256) 225 27 13
TEL : 0 (232) 484 26 52 -483 09 06 -483 09 07
FAX : 0 (232) 425 89 36