

Türkiye 14 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 02-04 Haziran 2004 Zonguldak, Türkiye
Proceedings of the 14 th Coal Congress of Turkey, June 02-04, 2004 Zonguldak, Turkey

TTK KÖMÜR OCAKLARINDA TAŞTA SÜRÜLEN GALERİLERDE PÜSKÜRTME BETON VE KAYA SAPLAMALARININ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

APPLICABILITY OF ROCK BOLTS AND SHOTCRETE SUPPORTS IN MAIN DEVELOPMENT GALLERIES OF TTK COAL MINES

Tuğrul ÜNLÜ, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 67100, Zonguldak
Kenan ÇOLAK, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 67100, Zonguldak

ÖZET

Bu çalışmada, TTK kömür ocaklarında taşta sürülen galerilerde klasik çelik bağa alternatif olarak düşünülen sürtünmeli tip kaya saplamaları (Split-Set) ve püskürtme beton tahkimatı uygulamasına yönelik olarak yapılan bir araştırma sunulmuştur. Uygulamada, Karadon Müessesesi'nde -360 katında sürülmekte olan bir ana hazırlık galerisinde, Split-set tipi kaya saplaması ve püskürtme beton tahkimatı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, TTK'da hazırlık amacıyla sürülen galerilerde, uygun donanım sağlandığı takdirde, çelik tahkimata alternatif olarak kaya saplamaları ve püskürtme betonun, kaya kütlelerinin yapısına bağlı olarak çelik hasırlı veya hasırsız olarak başarı ile uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

This study is based on a research project involving the application of rock bolts (Split-sets) and shotcrete as a main structural support in the development galleries of TTK. A pilot gallery, which is located 360 metres below the sea level at Karadon district, has been selected as the application site. The results of application have shown that, if major and auxiliary equipment are supplied along with the proper training of workers, rock bolting and shotcreting (with or without steel mesh) can be successfully employed as an alternative to rigid steel arches.

I. GİRİŞ

Yeraltı madenciliğinde cevher damarı veya kütlesine ulaşabilmek ve bu cevheri üretebilmek için hazırlık galerileri sürülmektedir. Bu galeriler, işletme gereksinimlerine (havalandırma, nakliyat vb.) bağlı olarak, galeri güzergahı boyunca karşılaşılan çeşitli litolojik, jeo-mekanik özelliklere sahip kaya kütleleri içinde ve değişik kesitlerde açılmaktadırlar. Kömür madenciliğinde karşılaşılan kaya türleri genelde kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve konglemera ağırlıklıdır. Bu kayalar değişik kalınlıklarda olup doğal süreksizlikler içermektedir. Ayrıca bu birimler, bazen küçük-orta bazen de büyük atımlı fayların etkisi altındadır. Bu bölgelerdeki kayalar jeomekanik açıdan çok zayıf ve akıcı olarak nitelendirilebilirler. Yeraltı kömür madenlerinde; değişik amaçlarla açılan galerilerin işletme ömrü boyunca duraylılıklarını korumaları beklendiğinden, bu galeriler kaya yapısına bağlı olarak çeşitli tahkimat yapılarıyla desteklenmektedirler.

TTK ocaklarında galeri tahkimatları, 2 veya 3 parçadan oluşan ve GI 110 - GI 140 profilindeki klasik rijit çelik bağlarla yapılmaktadır. Bu uygulama, kaya kalitesine bakılmaksızın, hemen hemen her türlü litolojik birim için geçerli olmaktadır. Dünya yeraltı kömür madenciliğinde, çelik bağların yanı sıra, kaya saplamaları ve/veya püskürtme beton tahkimatı uygulamaları da oldukça yaygındır. Modern tahkimat felsefesine (kayanın yükünü taşımaktansa onun kendisini taşımasına yardımcı olmak) uygun yöntemlerden olmaları, yerleştirilme hızı, uzun veya kısa dönemde maliyet avantajları gibi hususlar bu tür uygulamaların tercih edilmesinde önemli faktörler olarak sıralanabilir.

Aşağıda verilen bu çalışmada, TTK ocaklarında, kaya saplamaları ve püskürtme betonun TTK ocaklarında sürülen ana hazırlık galerilerinde uygulanabilirliği araştırılmıştır.

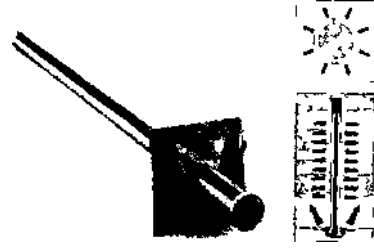
2. HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

2.1 Kaya Saplama

TTK ocaklarında taşa sürülen galerilerde karşılaşılan kaya birimleri genel olarak orta-iyi kalite kumtaşı ve konglomera ağırlıklı olduğundan, sürtünmeli veya ankrajlı kaya saplamalarının bu tür kaya kütlelerinin tahkimatında etkin olarak uygulanabileceği öngörülmüştür. Bu saplamalar; kullanım kolaylığı, yerleştirme hızı, performansı ve uygulamada deneyimli insan gücüne gereksinim duyulmaması gibi özellikleri nedeniyle de yeraltı ve yerüstünde gerçekleştirilen mühendislik yapılarında tercih edilen saplama türlerindedir. Maliyet açısından bakıldığında, sürtünmeli saplamalar reçine dolgululardan ucuz, mekanik sistemlerden biraz pahalıdır.

Yukarıda belirtilen tüm bu nedenlerden dolayı uygulama galerisinde Split-set tipi sürtünmeli saplamaların kullanılmasına karar verilmiştir). Bu saplamanın bazı teknik özellikleri Şekil 1'de verilmektedir.

Özellikler	SS-39
Önerilen matkap çapı	35-38 mm
Saplama boyu	0.9-3.0 m
Taşıma kapasitesi	13 ton
Kurulma anında taşıma kap.	3-5 ton
Saplama çapı	39 mm



Şekil 1. Split-set (SS-39 tipi) kaya saplaması ve tipik özellikleri

2.2 Çelik Hasır

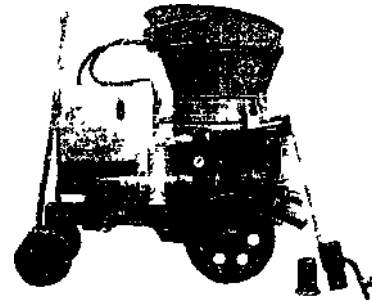
Kaya saplamasının uygulanacağı galeride, püskürtme beton uygulaması yapılana kadar geçen sürede, tavandan kavlak düşmesi ve sökülmeleri önlemek amacı ile kaya saplamalarının çelik hasır ile birlikte kullanılması öngörülmüştür. Bu amaçla, seçilen taşıma plakası boyutlarına uygun olarak, göz açıklığı 150 x 150 olan punto kaynaklı çelik hasır seçilmiştir.

2.3 Püskürtme Beton Makinası

Püskürtme beton teknolojisi ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda, gerek iş hacmi ve gerekse kullanım, bakım ve uygulama kolaylığı açısından kullanılacak püskürtme beton makinasının kuru karışım püskürtme yöntemiyle çalışmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Teknik özelliklerin belirlenmesindeki öncelikli konular; makinanın alev sızdırmazlığı, iş kapasitesi (m³/saat), malzeme iletim uzunluğu, makine boyutları ve ağırlığı gibi uygulama açısından önemli hususlardır. Uygulamada kullanılan kuru püskürtme beton makinasının teknik özellikleri Çizelge 1' de verilmektedir.

Çizelge 1. CP-5 B (Condor) model kuru püskürtme beton makinası ve teknik özellikleri.

Kuru tip Püskürtme Beton Makinası	
Çalışma kapasitesi	5nr7h
Su/çimento oranı	<0.42
En büyük Agregat çapı	15 mm
Hortum çapı	50-70 mm
Max. iletim uzaklığı	200-300 m
Çalışma basıncı	0.2-0.4 MPa
Hava tüketimi	7-8 m ³ /min
ıHava	5.9 kW
Güç ' Elektrik	5.5 kW
Boyutları	1.25 x 0.78 x 1.2
Net ağırlığı	700 kg



2.4 Püskürtme Beton Bileşimi ve Malzemesi

Püskürtme beton; geleneksel betonun yapısında yer alan çimento, kum, çakıl, su ve çeşitli katkı maddeleri gibi bileşenlerin tümünü içermektedir. Karışım bileşenlerinin miktarlarının yanında kullanılan malzemelerin mühendislik özelliklerinin iyi bilinmesi, elde edilecek nihai ürünün mühendislik özelliklerini de doğrudan etkilemektedir.

2.4.1 Çimento

Püskürtme beton uygulamalarında genellikle normal portland çimentosu kullanılmaktadır. Çimento miktarı, istenilen yapışmayı ve dayanımı sağlayacak şekilde, genelde 350-400 kg/m³ olarak seçilmektedir. Karışım oranları, yapılacak deneylerle tespit edilirse de, deneylere, çimento/çakıl oranı 1/3~1/4.5 olacak şekilde başlanabilir. Kaliteli bir karışım elde etmek için su/çimento oranı ağırlıkça 0.45 veya daha az olabilir (Aka ve Celep, 1978; Yurdakul'dan, 2001). Kuru karışımda priz hızlandırıcı katkı malzemesi olarak toz halinde kimyasal madde kullanılmaktadır.

2.4.2 Agregada Özellikleri ve Karışım Oranları

Püskürtme betondan yüksek dayanım elde edebilmek için kullanılan agreganın kırma taş olması, kumun (0-4 mm) uygun tane dağılımında olması ve % 50'sinin doğal kum olması tercih edilmektedir. Kırma taş kullanımının tek sakıncası ekipmanlar üzerindeki olası aşınmaların % 25 - 45 oranında artmasıdır. Agregada en büyük boyut 10-11 mm olarak sınırlandırılmalıdır. Agregada boyutunun üst sınırı uygulanacak püskürtme beton kalınlığının 1/3'ünden az olmalıdır, iri agregada içeriği yüksek olan karışımların pompalanabilme özelliği düşük, geri sıçrama miktarı yüksektir. Püskürtme betonda kullanılacak agregada ve kumun nem oranı % 2'den az, % 6 - 7'den da fazla olmamalıdır. Eğer kullanılacak kumun nem oranı % 2'den az olursa uygulamada aşırı tozlanma görülür. % 6 - 7'den da fazla olursa püskürtme beton iletim hortumunda tıkanmalar olabilir. Çakıl, ayrışmaya ve aşınmaya karşı dayanıklı özellikte olmalı ve içerisinde kil ve silt gibi malzemeler mümkün olduğu kadar düşük oranda bulunmalıdır. Önerilen tipik çakıl boyut dağılımı Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. ince çakıl boyut dağılımı sınırları (ACI Committee 506, 1966; Gerçek'ten, 1992).

Elek boyutu	Elek altı ağırlık yüzdesi
3/8 inç (9.50 mm)	100
No.4 (4.75 mm)	95-100
No.8 (2.36 mm)	80-100
No.16 (1.18 mm)	50-85
No.30 (0.60 mm)	35-60
No.50 (0.30 mm)	10-30
No. 100 (0.15 mm)	2-10

Araştırmada, agreganın TS-706'da belirtilen özellikleri sağlaması yeterli görülmüştür. Kuru püskürtme beton uygulamaları için literatürde önerilen karışım oranları uygulamalarda farklılıklar göstermektedir. Bu oranlar esas alınarak, 1 birimlik karışım yaklaşık olarak; 500 kg kum, 300 kg çakıl (4 -13 mm), 300 kg katkıli portland çimentosu ve 12.5 kg toz priz hızlandırıcı içerecek şekilde hazırlanmıştır.

Çizelge 3. iri çakıl boyut dağılımı sınırları (ACI Committee 506, 1966; Gerçek'ten 1992).

Elek boyutu	Elek altı ağırlık yüzdeleri		
	No.8 ile 3/8" arası	No.4 ile 1/2" arası	No.4 ile %" arası
1 inç (25.40 mm)	-	-	-
3/4 inç (19.00 mm)	-	100	90-100
1/2 inç (12.50 mm)	100	90-100	-
3/8 inç (9.50 mm)	85-100	40-70	20-55
No.4 (4.75 mm)	10-30	0-15	0-10
No.8 (2.36 mm)	0-10	0-5	0-5
No.16 (1.18 mm)	0-5	-	-

3. UYGULAMA

3.1 Uygulama Galerisinin Jeolojik Yapısı

Araştırmanın gerçekleştirildiği galeri, çelik bağ tahkimatıyla ilerleyen ve tamamlanmasına yaklaşık 60 m kalmış bir ana rekup galerisidir. işletme faaliyetlerine uygun olarak, proje lağımında rutin olarak yapılması gereken pilot sondaj yerine, geçilecek formasyonların daha iyi tanımlanabilmesi açısından karotlu sondaj önerilmiştir. Yapılan sondaj sonucunda, galeri anından itibaren yaklaşık 30 m'lik bir kısmın stampı elde edilmiştir (Çizelge 4). Bu stampa göre, galeri genel olarak birbirinden tamamen farklı özelliklerde iki tür kaya kütlesi içinde açılacaktır. Bunlardan birincisi kumtaşı-konglomera kaya birimleridir. Bu birimler; su geliri olmayan, önemli tabakalanma ve süreksizlik sistemi içermeyen (yer yer rasgele dağılımlı çatlaklar içermektedirler), tek eksenli basınç dayanımı 100 MPa'ın üzerinde olan ve RMR'a göre iyi kalite kayaç olarak tanımlanan kayaç birimidir. Diğer ise, özellikle kömür damarlarına yaklaşırken ve kömür damarını geçtikten sonra görülen kaya birimidir. Bu kaya birimi, silttaşı-kiltaşı-kumtaşı aralanmasından meydana gelmekte ve tamamen ezilmiş ve ufalanmış bir zon oluşturmaktadır. Bu zon, RMR kaya sınıflama sistemine göre kötü kalite olarak tanımlanabilir. Ayrıca, galeri güzergahı üzerinde biri orta büyüklükte olmak üzere küçük atımlı faylar mevcuttur. Bu fay bölgelerindeki 2-3 m genişliğindeki kesim yine ezik ve akıcı zonlar içermektedir.

Galeri kazısı sırasında gerçekleştirilen düzensiz veya aşırı şarjlı patlatmalar, galeri etrafındaki çevre kayaçlarda ilave hasarlar ve ikincil çatlaklar oluşturmaktadır. Bu durum kaya kalitesini düşürerek, galeri çevresinde gevşemiş bir bölge oluşturmakta ve tahkimata gelen yüklerin artmasına neden olmaktadır.

3.2 Kaya Saplama Uygulaması

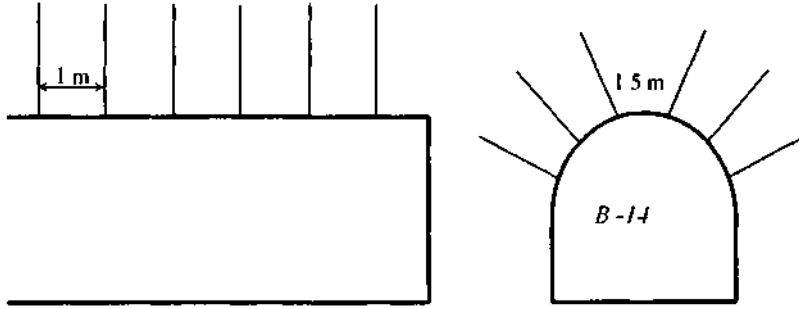
Uygulama için seçilen galeri, B-14 kesitli, klasik delme-patlatma yöntemiyle açılan bir galeridir. Bu galeride kaya saplama ve püskürtme beton tahkimatıyla başlatılan çalışmalarda, 8-10 m'lik bir ilerleme kaydedildikten sonra orta atımlı ezik bir fay zonu ile karşılaşmıştır. Henüz tecrübesiz olan lağım ekibinin bu tür ezik zonlarda çalışmasının güç olduğu düşünülmüş ve bu kesimin klasik çelik tahkimat sistemi uygulanarak geçilmesi için çalışmalara ara verilmiştir.

Çizelge 4. -360,41415 lağımında yapılan sondajdan elde edilen bilgiler (Baltaş, 2003).

Sondajın Koordinatları: X = 52560 Y= 58573 Z =-360	
Sondajın Eğimi: 2°	
DERINLIK	LİTOLOJİ
0.00-2.00	Konglomera ve Konglomeratik Kumtaşı
2.00-23.00	Kumtaşı
23.00-24.50	Kumtaşı (sert)
24.50-25.00	Yumuşak Şeyi (Silttaşı, Kiltası, Çamurtaşı)
25.00-25.20	KÖMÜR
25.20-25.70	Kumtaşı
25.70-26.20	Şeyi (Silttaşı, Kiltası, Çamurtaşı)
26.20 - 26.70	Yumuşak Şeyi (Silttaşı, Kiltası, Çamurtaşı)
26.70-28.50	Kumtaşı
28 50-30.50	ŞİSTLİ KOMUR
30.50 - 32.50	Kumtaşı

Uygulamanın havza için yeni olması (çalışanların sisteme alıştırılması ve uygulamaya güveninin artması) açısından emniyet katsayısı yüksek tutularak saplama boyları uzun seçilmiş (1.90 m. yerine 2.40 m) ve saplama sıraları arasındaki mesafe de sıklaştırılmıştır (1.5-2 m yerine 1 m.). Galeride uygulanmasına karar verilen kaya saplama düzeni, Şekil 2'de gösterildiği gibi galeri eksenini boyunca birer metre aralıklarla yerleştirilmiş toplam 6 adet (1.5 m. aralıklarla ve aynı hat üzerinde) saplama yapılmıştır. Galerinin genel yapısı incelenmiş ve tabandan 2 m yüksekliğe kadar saplama çakılmasına gerek görülmemiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, yan duvarlar için 5 cm, tavanda ise 10 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması tahkimat için yeterli bulunmuştur.

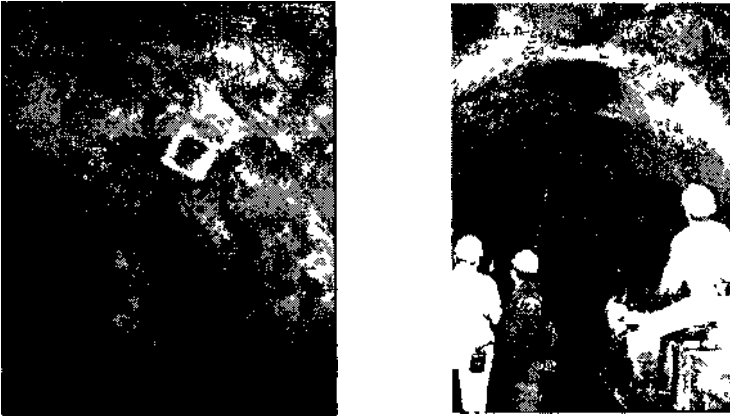
Eldeki mevcut olanakların değerlendirilmesi açısından, saplama deliklerinin delinmesi ve çakılmasında, TTK Karadon Müessesesi'nde mevcut olan elektro-hidrolik delici kullanılmıştır. Uygulama başlangıcında, makinanın delici kolunun B-14 kesitli galeride manevra yapmasının çok güç, bazı açılarda ise neredeyse imkansız olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Split-set tipi kaya saplaması ve yerleştirme düzeni

Makinanın sık arızalanması da ayrıca büyük problem teşkil etmiş ve bu problemler delme çakma işlerinin çoğu zaman tamamen durmasına neden olmuştur. Diğer bir sorun da delici makinaya saplamanın ve taşıma plakasının yerleştirilmesinde ortaya çıkmıştır. Bu makinayla elde edilen en yüksek hız (delme+çakma); 3 dakika delik delme süresi, 1 dk. Saplamanın kola yerleştirilmesi ve 1-1.5 dakika da çakma işi olmak üzere toplam 5.5-6 dakikadır (Şekil 3).

Uygun çalışma koşullarında, 2.4 m'lik delik delme ve bir adet saplamanın çakılması için geçen ortalama süre 8-10 dakikadır, iki saatlik çalışma süresinde 16 saplamanın delinip çakılması mümkün olmuştur.



Şekil 3. Kaya saplaması uygulaması

Sık karşılaşılan makina arızaları veya makinanın teleskopik kolundaki hidrolik kaçaqlar nedeniyle, teleskopik kol deliğe uygun pozisyonda konumlandırılmamış, dolayısıyla bazı saplamalar çakma işlemi sırasında eğrilip bozulmuştur. Ayrıca, makina kolunun B14 kesitli galeride rahat hareket ettirilememesi nedeni ile, teleskopik kol çoğu zaman çelik hasıra takılarak zarar vermiş ve hasırı kullanılamaz hale getirmiştir. Sonuç olarak, operatör makinayı daha rahat hareket ettirebilmek amacı ile galeri kesitini bir miktar büyütme zorunda kalmıştır.

Yukarıda belirtilen sorunlardan başka, galeri ilerlemeleri için yapılan kalitesiz delme-patlatma işleri sonucunda, galeri cidarında düzensiz-şekilsiz kırılma ve sökümler görülmüş ve kazı kesiti de tolere edilebilir sınırların üzerine çıkmıştır. Sonuçta elde edilen oldukça ondülasyonlu galeri kesiti, hem çelik hasırın yerleştirilmesi hem de saplamanın uygun noktalara çakılabilmesi işlerini güçleştirmiştir. Çelik hasırlar, yerleştirme sırasında galeri yüzeylerine uyum sağlayamadığı için kaynaklı puntolarından ayrılmış ve kullanılamaz hale gelmiştir. Yerlerine yenilerinin yerleştirilmesi gerekmiş, sonuçta da saplama yerleştirme işlemleri için gereken süre artmıştır.

3.3 Püskürtme Beton Uygulaması

Galeride tahkimat çalışmasında öngörüldüğü gibi, kaya saplamasını takiben (5-7 m geriden) son tahkimat elemanı olarak püskürtme beton uygulaması gerçekleştirilmiştir. Püskürtme beton işleminin etkinliğini sağlamak için dikkat edilmesi gereken aşağıda sıralanmıştır.

makinanın etkin bir şekilde çalışmasını sağlayabilecek miktarda hava ve su,
malzemenin nem içeriği,
malzeme karışım oranları (agrega+kum+çimento+priz hızlandırıcı),
sürekli ve homojen malzeme beslenmesi ve en önemlisi işin gereğine uygun yetişmiş bir nozölcü ustasıdır.

Bu sayılanlardan herhangi biri veya birkaçının sağlanamaması, uygulamanın sağlıklı bir şekilde yapılamamasına (makinanın veya boruların tıkanması, yapışmanın sağlanamaması, beton kalitesinin düşmesi, yüksek miktarda geri sıçrama ve malzeme kaybı, aşırı toz oluşumu vb.) neden olabilir. Püskürtme beton işinde en önemli görev nozölcüsüdür. Bu elemanın kalifiye olması yapılan tahkimatın etkinliğini oldukça artırmaktadır.

Yeraltı şartları, püskürtme beton malzemesinin karıştırılması açısından çeşitli zorluklar ve zaman kaybına yol açtığından verimlilik açısından uygun değildir. Bu iş için en uygun ortam, yeryüzünde oluşturulacak kapalı bir malzeme hazırlama ve karıştırma noktasıdır. Karışımlar, günlük tüketim miktarlarına göre hazırlanarak fazla vakit kaybetmeden yeraltındaki uygulama noktalarına sevk edilmelidir. Karadon Müessesesi'nde böyle bir ortam henüz tesis edilmediğinden, malzemeler yeraltına vagonlarla ayrı ayrı getirilmiş ve yarım vagon tabir edilen arabalarda karıştırılarak püskürtme beton makinasına beslenmiştir (Şekil 4). Bu uygulama, işçilik ve zaman kaybı açısından olumsuz bir durum ortaya koymuştur. Ancak, yapılan çalışma deneme amaçlı olduğundan uygulamaya devam edilmiştir.

Diğer taraftan, uygulamada çalışan elemanlar yeterince tecrübeli olmadıklarından püskürtme işleri oldukça verimsiz gerçekleşmiştir (çalışmalarda geri sıçrama yüzdesi yüksektir). Hatalı yüzeyler üzerinde tekrar çalışılmış ve kalan boşluklar onarılmıştır



Şekil 4. Püskürtme beton harcının hazırlanması ve makinaya beslenmesi

Uygulanan püskürtme betonun kalitesini belirlemek için nozül ağzından TSE Püskürtme Beton Uygulama Esasları ile ilgili standarda uygun olarak hazırlanmış kalıba püskürtülerek alınan beton örneği ZKÜ, Maden Mühendisliği Kaya Mekaniği Laboratuvarı'na getirilmiştir (TS-11747, 1995). Beton örneğinin deney öncesi yaşı 28 gündür. Bu süre, betonun en yüksek dayanıma ulaşacağı kabul edilen standart bir bekleme süresidir. Karot alma işlemine geçmeden önce alınan beton örneği üzerindeki değişik noktalarda Schmidt çekici deneyi yapılarak dolaylı tek eksenli basınç dayanımı tahmini yapılmıştır. Deney sonuçları, betonun tek eksenli basınç dayanımının 45-65 MPa arasında değiştiğini göstermiştir. Ancak, Schmidt deneyi dolaylı bir yöntem olduğundan hata payı da yüksektir.

Püskürtme betonun tek eksenli basınç dayanımının belirlenebilmesi için beton bloğundan 100 mm çaplı silindirik karotlar alınarak tek eksenli basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur (Şekil 5). Üç adet beton örneği üzerinde yapılan deney sonucunda ortalama 45 Mpa'lık tek eksenli basınç dayanımı değeri elde edilmiştir. Bu sonuç literatürde önerilen değerlerle oldukça uyumludur.

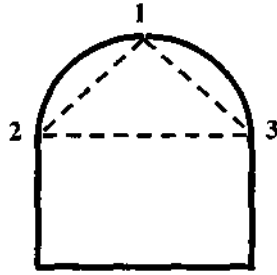


Şekil 5. Püskürtme betondan karot örneklerinin alınması

3.4. İzleme

Galeride oluşabilecek deformasyonların ve bunlara bağlı gelişebilecek duraysızlık problemlerinin önceden kestirimini sağlamak ve uygulanan tahkimat sisteminin çalışma performansını gözlemek için bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan en önemlileri galeri kapanmasının (konverjansın) izlenmesi, uygulanan püskürtme beton kalitesinin ve saplamaların çalışma performansının belirlenmesidir. Aşağıda bu tür çalışmalara ilişkin bilgi verilmektedir.

Galeride oluşabilecek deformasyonları gözlemek amacıyla galeri güzergahı boyunca belirli aralıklarla (5-6 m) birkaç gözlem istasyonu kurulmuş ve bu istasyonlarda konverjans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 1 no'lu istasyonda (ilk kurulan) ölçümler kesintisiz devam etmesine karşın 2 ve 3'üncü istasyonların ölçüm noktaları ateşleme sırasında bozulmuş veya püskürtme beton altında bırakılmış olduğundan bu istasyonlarda sürekli ölçümler yapılamamıştır. Ancak, 1 no'lu istasyonda şerit ekstansometre ölçümleri kesintisiz olarak sürdürülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda, galeride deformasyon oluşmadığı görülmüştür. Ölçülen deformasyonlar bir milimetrenin çok altında olduğundan, farklılıkların ölçme hatalarından da kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Uygulama galerisinde gerçekleştirilen konverjans ölçümü

Kaya saplamalarının çalışma performansını belirlemek amacıyla yaygın olarak yapılan deneylerden biri de çekme (pull test) deneyidir. Bu deney, split-set tipi saplamanın çakılmasını takiben hemen yapılırsa saplamanın ilk yerleştirme sonrasındaki (asgari) yük taşıma kapasitesini verecektir. Saplamaların yerleştirilmesini takiben, çevre kaya içerisinde zamanla oluşacak deformasyonlar, saplamanın delik içerisinde daha fazla sıkışmasına neden olacaktır. Bu da, saplamanın daha fazla yük taşımasına yardımcı olacaktır. Bu çalışma prensibi bu tür saplamaların en önemli avantajlarından biridir. SS-39 tipi kaya saplamalarının ilk ankrajlama sonrasındaki tipik sıyırılma yükü kaya yapısına bağlı olarak 3-5 ton arasında değişmektedir.

Saplamaların ilk ankrajlama sonrasındaki sıyırılma yükünün belirlenmesi ve galeri ilerlemesini takip eden 20-30 m'lik ilerleme sonrasındaki çalışma performansının izlenmesini sağlamak amacıyla yerinde (in-situ) çekme deneyi yapılmıştır. Yapılan deneyden elde edilen sıyırılma yükü 5 ton olarak bulunmuştur. Bu değer, ilk ankrajlama

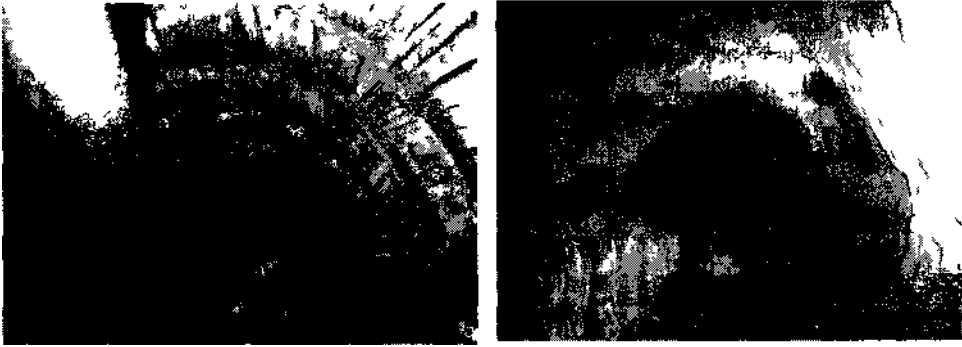
için oldukça iyi bir sonuçtur. Üzerinde çekme deneyi yapılan saplama püskürtme beton altında kalmış olduğundan ilerleyen aşamalarda başka deney yapılamamıştır.

4. UYGULAMANIN TARTIŞILMASI

Kaya saptamaları ve püskürtme beton uygulamaları yeraltı madencilğinde oldukça yaygın olarak benimsenen bir tahkimat metodudur. Proje başlangıcında hedeflenen amaçlar;

kaya saptaması ve püskürtme beton tahkimatı uygulamalarıyla birlikte, galerilerde uygulanan çelik bağ tahkimatından daha etkin ve uzun sürede daha duraylı, aktif bir tahkimatı geç de olsa kurumda kullanılabilir hale getirmek,
galeri ilerleme hızını artırmak,
kazı kesitini küçülterek, daha az posta çıkarmak ve buna bağlı olarak taşıma, patlayıcı madde ve işçiliklerden tasarruf sağlamak,
galeri hizmet süresi boyunca, uzun sürede tarama işlerini önleyerek tasarruf sağlamak şeklinde sayılabilir.

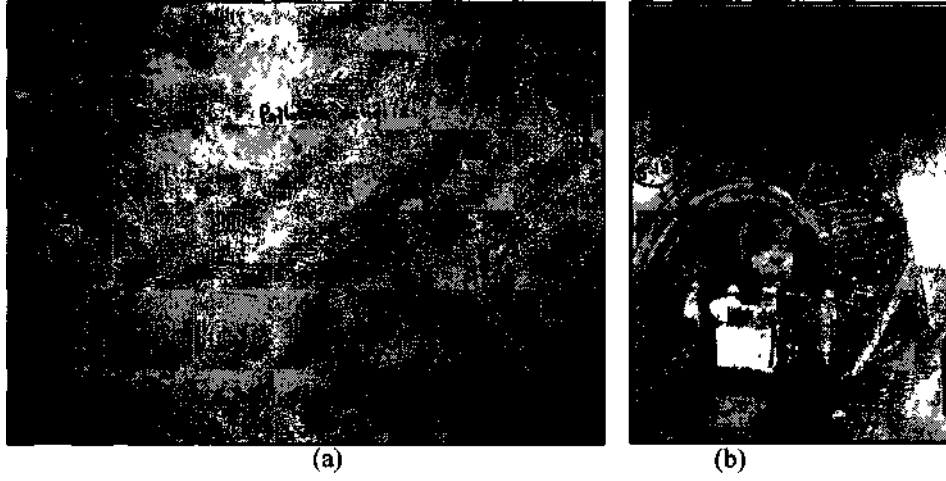
Araştırmanın başarısı açısından, düzgün bir kazı geometrisine sahip B-14 kesitli bir galerinin açılması önemli bir faktördür. Çünkü, kullanılacak saplama sayısı, beton püskürtülecek olan yüzeyin şekli, patlatma sonrası kaldırılacak pasa miktarı, vb. gibi tüm çalışmalar sistemin ekonomikliği açısından önemli olmaktadır. Çalışılan galeride tavan ve yan duvarlarda ortaya çıkan düzensizlikler, fazla kazı ve düzgün olmayan kırılmalar ve sökülmeler uygulamada sorunlara neden olmakta, hem tahkimat hem de işçilik masraflarını artırmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Uygulama galerisinin çelik tahkimatlı ve püskürtme betonlu görünüşü

Son tarama deliklerinin daha sık delinmesi ve bu deliklerin bazılarının boş bırakılarak düzgün kesme hattının oluşturulması denenmiştir. Boş ve şarjlı deliklerin aralıkları kaya yapısına bağlı olarak daha dar veya daha geniş olarak seçilebilir. Zaman içerisinde bu aralıklar için en uygun değerler elde edilebilecektir. Boş delik uygulamasıyla çalışma sonrası, kazı kesitinde bir iyileşme sağlanmıştır (Şekil 8).

Çevre kayanın jeomekanik özellikleri, delme açısı ve delik derinliği, dinamit şarj miktarı, kullanılan dinamitin gücü vb. bir çok parametreye bağlı olan delme-patlatma



Şekil 8. Kontrollü patlatma sonrası galeri cidarında elde edilen düzgün kesit geometrisi (a) ve düzensiz patlatma sonucu oluşan aşırı kesit genişlemesi (b).

işlemi, ancak kalifiye işçilik ve mühendislik hizmetiyle başarılabilir. Uygun bir delme-patlatma işlemi, hem tahkimat gereksinimini azaltacak hem de tahkimatın etkinliğini ciddi bir şekilde artıracaktır. Kömüre giriş ve çıkış bölgelerinde ve fay zonlarında sıkça görülen zayıf ve ezik zon bölgelerine giriş noktaları ön sondajlarla belirlenmelidir. Bu zonlarda, birbirlerine metal fırçalarla bağlanmış çelik bağlar kullanılmalı ve bağ arkaları çelik hasır ve püskürtme beton tahkimatıyla desteklenmeli, bu zonlar geçildikten sonra tahkimat yine çelik hasır+kaya saplaması ve püskürtme beton olarak devam ettirilmelidir. Püskürtme beton kalınlığı 5 cm'den az olmamak kaydıyla, kaya kütlelerinin yapısına göre seçilmelidir. Genel olarak tavanda 10 cm ve yan duvarlarda 5 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması önerilir. Bu kalınlık gerektiğinde artırılabilir.

5. SONUÇLAR

TTK'da hazırlık amacıyla sürülen galerilerde, uygun donanım sağlandığı takdirde, kaya saplamaları, kaya kütlelerinin yapısına bağlı olarak çelik hasırlı veya hasırsız olarak başarı ile uygulanabilir. Püskürtme beton için gerekli altyapı ve eğitilmiş iş gücü sağlandığı takdirde bu tip tahkimatın uygulaması yapılabilir. Ancak, tahkimatın etkin bir şekilde yapılabilmesi için işin gerektirdiği unsurlar tam olarak sağlanmalıdır. Uygulamanın başarısı aşağıda belirtilen diğer önemli hususlara da dikkat edilmesiyle mümkün olabilecektir.

-Deneyimli İşgücü: Yeterli sayıda ve konusunda deneyimli kadro, her üç vardiyada koordinasyon içerisinde çalışmalıdır. Teknik elemanlar galeri sürme işlerindeki önemli hususları ustanın inisiyatifine bırakmamalı bizzat her türlü çalışmada aktif olarak yer almalıdırlar.

-Lojistik destek: Galeri açma işlerinin etkin ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi için her şeyden önce galerinin açılacağı noktaya her türlü yardımcı hizmetin (ekipmanlar için yeterli basınçta hava ve su, yeterli ve etkin bir havalandırma ve nakliyat ve ulaşım altyapısı) sağlanması gereklidir.

Bu çalışmada, maliyet, performans ve iş-zaman analizleri gerçekleştirilememiştir. Bunun nedeni, işlerin rutin bir döngü içerisinde gerçekleştirilememesi ve sağlıklı veri elde edilememesidir. Sonuç olarak; TTK'da karşılaşılan formasyonlar bu tür tahkimatların uygulamasına oldukça uygundur.

6. KAYNAKLAR

- ACI Committe 506** (1966) ACI Standart, Recommended Practice for Shotcrete (ACI 506-66). *Shotcretmg*, ACI SP-14.
- Aka, İ. ve Celep, Z.** (1978) *Püskürtme Beton ve Uygulaması*, İTÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını, s. 1-6.
- Baltaş, A.** (2003) Kişisel Görüşme, TTK Karadon Müessesesi, Zonguldak.
- Gerçek, H.** (1992) *Püskürtme Betonun Yeraltı Tahkimatı Olarak Kullanımı*, Zonguldak Endüstri Destekleme Merkezi, Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi, s. 1-22.
- TS-11747.** (1995) *Püskürtme beton (shotcrete) yapım, uygulama ve bakım kuralları*, Türk Standardları Enstitüsü, 20 p.
- Yurdakul, Ş.** (2001) *Püskürtme beton teknolojisinin TTK Ocakları ve ana galerilerinde uygulanabilirliğinin araştırılması*, Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 221 p.

