

Aşırı Sökülmenin Galeri Duraylılığı Üzerine Etkisi

T. Ünlü

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye

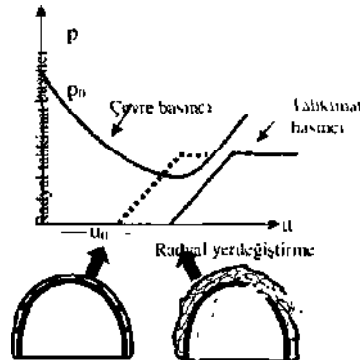
ÖZET: Bu çalışmada; Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK) delme-pallatma yöntemiyle taşla sürülen galerilerde karşılaşılabilecek duraysızlık problemleri arazi gözlemleri ve sayısal gerilme çözümleri yardımıyla incelenmiş, galerilerde oluşacak gerilme dağılımları ve yenilme bilgilerinin genişlikleri karşı I aşınımıştır. Sonuç olarak, delme-pallatma yöntemiyle açılacak olan galcrilc-Jo aşın .sökülmenin önlenmesi ve tahkimatın etkinliğinin artırılması için alınması gereken Önlemlere değinilmi^i

ABSTRACT: In this study, in-situ observations and numerical modelling studies have been tried out to investigate stability problems resulting from drill-and-blast operations in main development galleries in die coal mines of Turkish Hardcoal Enterprises (TTK), Zonguldak. Stress concentrations and tailed regions around roadways have been determined and studied by the aid of numerical analyses. In addition, preventive measures have been suggested to improve support efficiency and overcome stability problems in die galleries excavated by drill-and-blast method.

1 GİRİŞ

Yeraltı madenciliğinde galeri açma işleri kayaç yapısına bağlı olarak ya delme-pallatma ya da mekanize kazı yöntemiyle yapılmaktadır. Delme-pallatma ile açılan galerilerde oluşan şok ve parçalama etkisiyle, çevre kayaç çoğu kez aşırı öselenmekle ve galeri yakın çevresindeki kaya kütlelerinin dayanımı da azalmaktadır. Ayrıca, kalitesiz delme-pallatma işlemleri sonucunda galeriler düzensiz kesitlerde devam eden açıklıklara sahip olmaktadır (aşırı sökölme), TTK ocaklarında sürülen galerilerde de delme-pallatma yöntemi uygulanmaktadır. Geçmiş dönemlerde, kuruma delme-pallatma ile açılacak galerilerde uygulanacak delik düzenleri ve kullanılması gereken patlayıcı miktarına ilişkin araştırmalar yapılmış ve pallatma verimliliğinin artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur (Bilgin vd.. 1990). Ancak, günümüz uygulamalarında gerçekleştirilen kalitesiz delme-pallatma işleri sonucunda galeriler genellikle gelişigüzel kesitlerde oluşturulmaktadır. Bu galerilerde, klasik çelik bağlarla yapılan tahkimatın geometrisi açılan kesite uyum sağlayamamakta ve tahkimat çevre kayaya etkin bir şekilde sıklanamamaktadır. Diğer bir ifadeyle tahkimat,

çevre kayayla kısa surede etkileşime girememektedir (Şek. 1). Çevre kayada başlayan gevşeme hareketi pallatma etkisiyle çevre kayaya artmaktadır. Tahkimat üzerine çoğu zaman düzensiz veya noktasal olarak etkiye yükler sonucunda da çelik bağlar deformasyona uğramakta ve galeride tamir laıama gereksinimleri doğmaktadır.



Şekil 1 Uyumlu ve gevşek sıkılanmış çelik baş* ile çevre kayaya etkileşimi.

2 GALERİLERDE KARŞILAŞILAN BAŞLICA DURAYSIZLIK PROBLEMLERİ

Yeraltı madencilğinde üretim, nakliyat, havalandırma vb. amaçlarla sürülen galerilerin tasarımında göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus, bu galerilerin servis ömrü boyunca dayanıklılıklarını kaybetmeden aktif olarak hizmet vermeleridir. Galeri dayanıklılığında rol oynayan başlıca etkenler; arazideki gerilme durumu, jeolojik yapı, açıklık çevresindeki kayaçların jeoteknik özellikleri, uygulanan tahkimatın türü ve etkinliği şeklinde sıralanabilir. Galerilerde karşılaşılan başlıca duraysızlık problemleri şunlardır:

- Yüksek ikincil gerilmeler nedeniyle tabakaların sıkışması (*squeezing*) veya ortamda suya hassas kayaçlarda görülen şişme (*swelling*) sonucu oluşan taban kabarmaları ve deformasyonlar.
- Süreksizliklerle sınırlanmış kaya bloklarının yerçekimi etkisiyle açıklık içine doğru hareketiyle görülen kısmi veya tam göçükler.
- Blok hareketleriyle başlayan ve giderek tabaka içlerine doğru genişleyen gevşeme bölgesinin oluşturduğu aşırı yükler ve bu yüklerin tahkimat kapasitesini aşması sonucunda oluşan galeri deformasyonları,
- Ortamdaki yüksek ikincil gerilmelerin kaya kütlelerinin dayanımını aşmasıyla, kaya kütlesi içerisinde lokal veya çevresel olarak görülen yenilme bölgeleri ve bu bölgelerin oluşturduğu duraysızlık problemleri sayılabilir. Ayrıca, yetersiz veya yanlış yapılan tahkimat da sıkça karşılaşılan duraysızlık problemlerinin kaynaklanmaktadır.

Galeri açma işlerinin etkinliğindeki en önemli ve öncelikli konu, planlanan kesitte ve mümkün olduğunca çevre kayaya en az hasar vererek kazı yapmaktır. Galen açma işlemi bir çeşit bombalama işlemi değil, cerrahi bir kesme işlemi olmalıdır. Kötü bir delme-patlatma uygulaması, yeni süreksizlikler oluşturarak galeri yakın çevresindeki kaya kütlelerinin kalitesini düşürmekte ve/veya açıklık çevresinde mevcut olan gevşemiş kaya bölgesinin genişlemesine yardımcı olmaktadır.

Çelik bağlar, pasif tahkimat türlerinden olup ilk kurulma sonrasında kaya ile etkileşime geçemezler. Ayrıca, kötü bir patlatma sonucunda, galeri cidarlarında aşın sökülmeler (*overbreak*) olacağından, her tür tahkimatın yerleştirilmesi ve sıkılanması işlemleri de zorlaşmaktadır. Etkin bir şekilde sıkılanmayan çelik bağlar, galeride oluşacak deformasyonları nedeniyle aşırı ve

asimetrik şekilde yüklenebilmektedir (Şekil 2). Periyodik olarak yapılan tamir tarama çalışmaları, bu tür galerilerde sık karşılaşılan durumlardandır. Sonuç olarak, tahkimat işlemlerindeki etkinlik azalmakta, zaman ve ekonomik kayıplarla karşılaşmaktadır.



Şekil 2 Rijit çelik bağın asimetrik yüklenmesi.

"Herhangi bir yeraltı açıklığının tasarımında temel amaç; çevre kayayı asıl yapı malzemesi olarak kullanmak, kazı sırasında çevre kayayı mümkün olduğunca az düzeyde rahatsız etmek ve mümkün olduğunca az miktarda beton ya da çeliği tahkimat olarak kullanmaktır. Bir anlamda tahkimatın asıl işlevi çevre kayanın ölü yükünü taşımak değil, kayanın kendi kendisini taşımasına yardım etmektir" (Hoek and Brown, 1980). Çevre kayayı en düşük seviyede rahatsız etmek ancak mekanize kazı yöntemlerini uygulamakla mümkündür. Ancak, delme-patlatma yönteminde geliştirilen bazı teknikler veya alman Önlemlerle de çevre kayadaki örselenmenin düşük seviyelerde tutulması mümkün olabilmektedir (US Army Corps of Engineers, 1994;Hoek, 2000). Bu teknikler:

- Ön çatlatma (*presplitting*) : Bu yöntemde, sık aralıklarla galeri sınırları boyunca delinmiş delikler ana patlatma öncesinde doldurulup ateşlenir. Böylece, ana patlatmayla oluşacak şok ve enerjinin galeri sınırlarının dışına iletilmesi engellenerek çevre kaya patlatmanın olumsuz etkilerinden korunmaya çalışılır.
- Düzgün patlatma (*smooth blasting*) Ana patlatma galeri sınırlarına yakın bir uzaklıkla sınırlanılarak gerçekleştirilir. Daha sonra son patlatma (*kontur*) delikleri delinerek daha az miktarda patlayıcı ile doldurularak kontrollü bir şekilde ateşlenir. Bu yöntemle, çevre kaya konvansiyonel ve ön çatlatma tekniği ile gerçekleştirilen patlatma yöntemlerinden daha düşük seviyelerde etkilenebilir.
- Gevşek patlatma (*cushion blasting*): Bu yöntemde delik çapı patlayıcı madde çapından

çok daha büyük olarak delinir. Delik ağzı tıkaçlanır veya boş bırakılarak patlatma gerçekleştirilir.

Yukarıda belirtilen üç ana metottan başka uygulanan diğer bir yöntem de galeri çevresi boyunca boş delikler delinerek suni kırılma hattı oluşturulan patlatma yöntemidir. Ana patlatmadan sonra kalan 2 üç sıra patlatma bu delikler delindikten sonra gerçekleştirilir. Böylece galeri çevresinde düzgün bir kırılma hattı sağlanmaya çalışılır.

Rijit çelik bağların galerilerin tahkimatında etkin olarak kullanılması; bu bağların yerleştirilmesi, sıkılması ve komşu bağlar ile bağlantısıyla doğrudan ilintilidir. Proctor ve White (1946), kavisli rijit çelik bağlara etkiyen yüklerin belirlenmesi ve bu bağlarda oluşacak gerilmelerin analizi konusunda yaklaşık bir hesap yöntemi geliştirmişlerdir. Rijit çelik bağların boyutlandırılmasını İçeren ve yarım asırdır maden ve inşaat mühendisliğinde yaygın olarak benimsenen bu hesap yöntemiyle, galerilerde rijit çelik bağ tasarımı yapılması mümkün olmuştur. Bu yöntemde; kaya kütlelerinin kalitesine bağlı olarak belirlenen ya da tahmin edilen kaya yükü, çelik bağı galeri cidarına sıkılamak amacıyla yerleştirilen takozlar aracılığıyla (sıkılama noktaları) çelik bağa iletilmektedir. Bağdaki sıkılama sürekli (hiç aralık bırakmadan) değilse, bağ profilinde eğilme gerilmeleri ve yüksek itki kuvvetleri oluşacaktır. Bağda oluşacak eğilme momenti, sıkılama noktaları arasındaki mesafenin karesi $\propto W^2$ değişmektedir. Sıkılama ne kadar etkin ve aynı zamanda sık aralıklar ile yapılıyorsa bağda oluşacak gerilmeler de doğru orantılı olarak azalacaktır. Diğer bir anlatımla, yükün noktasal veya geniş aralıklarla bağa iletilmesi ve bağın dayanımının aşıldığı durumlarda bağ deformasyonu kaçınılmaz olacaktır. Bağda oluşacak gerilmeleri en düşük seviyelerde tutabilmek için alınması gereken önlemlerden bir tanesi, sıkılama takoz sayısını artırmak veya mümkünse bağı tüm uzunluğu boyunca çevre kayaya sıkılamaktır. Ayrıca, ülkemizde yaygın olarak kullanılan ahşap fırçalar yerine çelik fırçaların kullanılması durumunda, hem bağ aralıkları daha düzenli olacak, hem de bağların birbirleriyle uyum içerisinde çalışması sağlanacaktır. Bu uygulamanın diğer bir avantajı da patlatma sırasında oluşan şok nedeniyle bağların eğilmesi ve yana yatmasının önüne geçilebilmesidir.

3 TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU (TTK) UYGULAMALARI

TTK maden ocaklarında açılan galerilerde delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Açılan boşluklara galeri kesitine göre Alman (DİN) normlarına göre belirlenmiş GI-110 veya GI-140 türü 2 veya 3 parçalı 1 profilden üretilmiş rijit çelik bağlar ana tahkimat elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu bağlar birbirlerine ahşap fırçalarla bağlanmakta ve çevre kayaya da takoz ve/veya kamalarla sıkılmaktadır. Görünürde bu bağlar, galeri kesitine uyum sağlamış ve iyi sıkılanmış İzlenimi vermektedirler (Şek. 3a). Ancak; patlatma sonrasında galeri kesitinin kontrolsüz bir şekilde açılması sonucunda, aşırı ondülasyonlan, kesit düzensizliklerinin ve aşırı sökülmenin (overbreak) oluştuğu sıkça gözlenmektedir (Şek. 3b).

Bu galerilerde, klasik rijit bağlara alternatif olarak bazı kesimlerde kaya saplamaları ve püskürtme betonunun uygulanabilirliğini araştırmak amacıyla pilot bir galeride kaya saplaması ve püskürtme beton uygulaması yapılmıştır (Ünlü, 2003; Ünlü ve Çolak, 2004). Proje başlangıcında, B-14 kesitte ve mümkün olduğunca düzgün kazı geometrisine sahip bir galeride çalışmanın projenin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından oldukça önemli olduğu vurgulanmıştır. Çünkü, kullanılacak saplama sayısı ve boyları, püskürtme beton yapılacak alan ve bu alanın geometrisi, kullanılan dinamit miktarı ve patlatma sonrası kaldırılacak pasa miktarı, vb. gibi tüm çalışmalar kazı kesiti ve kesitin düzenliliğiyle doğrudan ilintilidir. Ancak, tüm uğraşlara karşın, proje galerisinde eücin bir kazı yapılması sağlanamamıştır (Şek. 4). Galeri kesitindeki düzensizlikler, fazla kazı ve aşırı ondülasyonlar v.b. sürekli karşılaşılan problemlerdir. Bu olumsuzluklar, hem tahkimat hem de işçilik masraflarını artırmaktadır. Sonuçta, sürülen galeri de oldukça ondülasyonlu bir görüntü vermektedir.

Sorunun giderilmesi için son larama deliklerinin daha sık delinmesi ve bu deliklerin boş-dolu düzenine uygun olarak sıralanması ve böylelikle düzgün kesme hattının oluşturulması önerilmiştir. Düzgün bir galeri kesiti sağlanabilmesi için, boş ve şarjlı deliklerin aralıkları, kayanın dayanımına, süreksizlik seti sayısına, süreksizliklerin eğim ve doğrultularına bağlı olarak daha dar veya daha geniş olarak seçilebilir. Zaman içerisinde bu aralıklar için en uygun değerler elde edilebilecektir. Uygulama galerisinde gerçekleştirilen patlatmalar sırasında gerçekleştirilen boş kontur deliklerinin açılmasıyla, patlatma sonrası elde edilen kazı kesitinde (açıklık ve ondülasyonlar açısından) gözle görülür bir iyileşme sağlanmıştır (Şek.5).

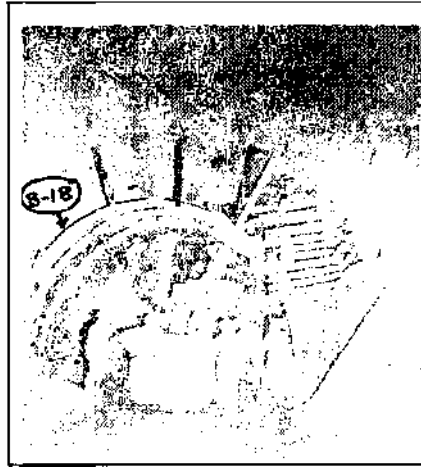


(a)

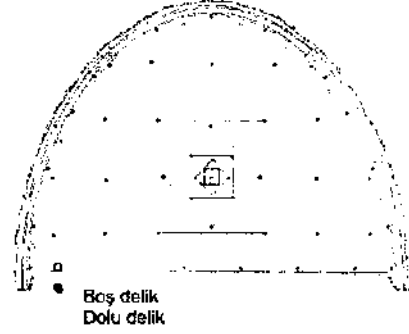


(b)

Şekil 3. Delme-patlatma yöntemiyle açılmış, (a) çelik tahkimatlı, (b) püskürtme beton tahkimatlı galerinin görünüşü.



Şekil 4. Galerinin yanlışı patlatma sınımcı aşırı genişlemesi.



Şekil 5. Boş delik uygulamasıyla galeri kesitinde gözlenen düzleme.

Uygun bir delme-patlatma işlemi, tahkimat gereksinimini azaltacak, tahkimatın etkinliğini de ciddi bir şekilde artıracaktır. Kaya kütlelerinin yapısına uygun şekilde gerçekleştirilecek delme-patlatma işlemleri, galeri duraylılığının korunmasında önemli rol oynayacağı gibi kazı hızını da olumlu yönde etkileyecektir. Çevre kayanın jeomekanik özellikleri, delme açıları ve delik derinliği, dinamit şarjı miktarı, kullanılan dinamitin gücü, vb. bir çok parametreye bağlı olan delme-patlatma işlemi, ancak, kalifiye işçilik ve mühendislik hizmetiyle başarılabilir. Kurumda bu konudaki iş tecrübesinin oldukça gelişmiş olması, geçilen kaya kütlelerinin yapısı, sertliği vb. özelliklere bağlı olarak uygun delik düzenleri ve şablonları yardımıyla etkin şekilde galeri açılması doğal beklentilerdendir. TTK'nin galeri ilerlemeleri hızı ve tahkimat etkinliğinin sağlanması konusundaki birincil problemi: etkin kazı, yani delme-patlatma işleridir. Proje süresince de bu açık olarak görülmüştür. Ayrıca, deneyimli ustaların emekli olması, dolayısıyla yeni ustaların iş becerisi ndeki yetersizlikler, teknik elemanlarda görülen

motivasyon eksikliği (yapılan işin inisiyatifi işçilere bırakması, yanlışlıklara müdahalelerde gecikme, yeterince öğretici ve yönlendirici olmama) gibi unsurlar da işin amacına uygun yapılamamasına sebep olmaktadır. Şekil 4 bu tür kolu uygulamanın en tipik örneğidir. Açılması gereken kesit B-14 olması gerekirken, şekilde de görüldüğü gibi B 18 çelik bağ dahi açılan açıklık için oldukça küçük kalmaktadır.

Arazi gözlemlerine göre, zayıf ve gencide ufalanmış kayalardan oluşan ezik zonlar, faylar ve/veya komur damarlarının yakınlarında sıkça görülmektedir. Bu bölgelere giriş noktaları on sondajlarla belirlenmelidir. Bu zonlarda birbirlerine metal firkalarla bağlanmış çelik bağlar kullanılmalı ve bağ arkalan çelik hasır ve puskürtme beton tahkimatıyla desteklenmeli, bu zonlar geçildikten sonra tahkimat yine çelik hasır+kaya saptaması ve puskürtme beton olarak devam ettirilmelidir. Puskürtme beton kalınlığı 5 cm den az olmamak kaydıyla kaya kütlelerinin yapısına göre seçilmelidir. Genel olarak tavanda 10 cm (iki kat) ve yan duvarlarda 5 cm kalınlığında puskürtme beton uygulanması önerilir. Bu kalınlık gerektiğinde bir kat daha artırılabilir (Unlu, 2003).

4 SAYISAL GERİLME ÇÖZÜMLEMELERİ

Sayısal gerilme çözümleri diğer mühendislik dallarında olduğu kadar maden mühendisliğinde de gün geçtikçe daha yaygın uygulama alanları bulmaktadır. Yöntemin avantajları arasında, gerilme yığılımlarının ve olası yenilme bölgelerinin önceden kestirimini sağlamak çevre açıklıklar veya yapılarla etkileşimin sonuçları konusunda tasarımçıya ipuçları vermek ve alınacak tahkimat önlemleri karşısında yapının uygulanan tahkimata olumlu veya olumsuz tepkisini önceden kestirmek sayılabilir.

Yer kabuğu bölgeden bölgeye yapısal farklılıklar gösteren çoğunlukla heterojen anizotropiklik gösteren süreksizlikler ve/veya faylanmalarla sınırlanmış kaya kütlelerinden oluşmaktadır. Böyle ortamlarda oluşturulan mühendislik yapılarının sayısal çözümlerini yüksek doğruluk oranlarında gerçekleştirmeye yönelik gelişmiş henuz tek bir yöntem mevcut değildir. Bu nedenle, problemlerin çözümüne yönelik olarak, aiazının yapısal özelliklerine göre bir veya bu kaç yöntem uygulanabilmektedir. Böylece, yöntemlerin birbirlerine usun olan yönlen on plana çıkartılarak daha gerçekçi sonuçlara ulaşılabilir (örn sonlu elemanlar yöntemi). Aynı şekilde, aynı problemin çözümüne yönelik uygulanması gibi).

İİK'da incelenen *galat* probleminin iki boyutlu olması nedeniyle çalışmada iki boyutlu sonlu

elemanlar yöntemi (PHASE2 V5.0) kullanılmıştır (Rocscience 2004). Ancak ortamda doğal olarak bulunan süreksizlikler ile patlatmadan kaynaklanan hasarların etkisi mevcut programın kapasitesi dışında olduğundan çözümlemede göz ardı edilmiştir.

Çözümlemede yaklaşık olarak 4990 adet üçgen eleman kullanılmıştır. Galen kesiti fotoğraf üzerinden planimetreyle çıkartılmış olup sonlu elemanlar modelinde 1:1 olarak ölçeklendirilmiştir (Şekil 6). Uygulama galerisi -360 kotunda olup ortu tabakası kalınlığı yaklaşık olarak toplam 560 m'dir. Galeriyeye etkileyen bıncıl gerilmeler hakkında kesim bir bilgi olmaması nedeniyle modellemelerde gerilmeler hidrostatik ($P_v = P_h$), düşey bıncıl gerilme ağırlıklı ($P_v = 2P_h$) ve yatay bıncıl gerilme ağırlıklı ($2P_v = P_h$) olacak şekilde seçilmiştir. Modeller, kazı ve tahkimat aşamalarını göz önüne alacak şekilde iki aşamalı olarak çözümlenmiştir (yukarıdaki %30'u 1. aşama olan kazı aşamasında, %70'lik kısmı da 2. aşama olan tahkimatın yapılması sonrasında).

4.1 Çevre kaya ve tahkimata ait mekanik özellikler

Galeriyeye çevreleyen kaya kütlelerinin elasto-plastik davranışının modellediği sayısal gerilme çözümlerinde, galeri çevresindeki kaya kütlelerine, puskürtme betona ve Split-sei tipi kaya saptamasına ait varsayılan mekanik özellikler aşağıda verilmiştir.

Kaya kütlelerine ait özellikler

Kaya mal/emesinin tek eksenli basınç dayanımı

$\sigma_c = 90 \text{ MPa}$ (kumtaşı)

Hoek-Brown dayanım parametresi

$m = 164$

Kaya Kütlelerinin deformasyon modulu

$E = 30 \text{ GPa}$

Poisson oranı $\nu = 0.2$

GSI = 70 olan kaya kütlelerine ait dayanım

parametreleri (Hoek-Brown yenilme ölçülmesi)

$m = 6$ ve $n = 3.64$

$s = 0.036$ ve $s_i = 0.001$

Dilatasyon parametresi $= 0$ (hacim artışı yok)

Değerler $\sigma_c = 560 \text{ MPa}$

Kayanın birim hacim ağırlığı $= 0.026 \text{ MN/m}^3$

$P_v = \sim 15 \text{ MPa}$

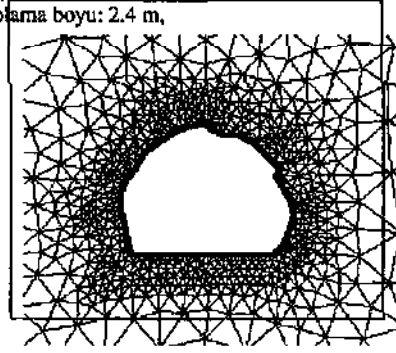
f. Ünlü

Kaya saptaması ve püskürtme betona ait mekanik

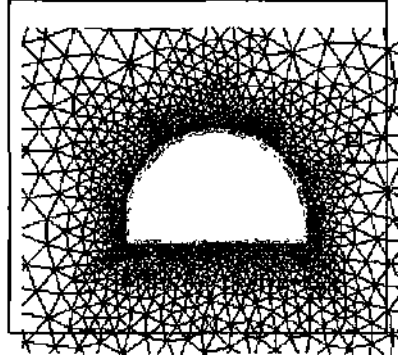
Özellikler:

Kaya saptaması tipi: Split-set,

saptama boyu: 2.4 m,



(a)



Şekil 6 Sonlu elemanlar çözümlemesinde kullanılan ağlar.

Saplama çeliğinin kesit alanı: 216.5 mm²,
Young modülü: 200 GPa,
Çekme kapasitesi: 0.1 MN,
Kesme (shear) kapasitesi: 0.02 MN/m,
Kesme katılığı (shear stiffness): 10 MN/m/m,
Saplama aralığı: 1.5 m.

Püskürtme beton tabakası kalınlığı : 10 cm,
Young modülü: 30 GPa,
Poisson oranı: 0.2,
Tek eksenli basınç dayanımı: 35 MPa,
Çekme dayanımı: 3 MPa,
Kalıcı basınç dayanımı: 3.5 MPa,
Kalıcı çekme dayanımı: 0

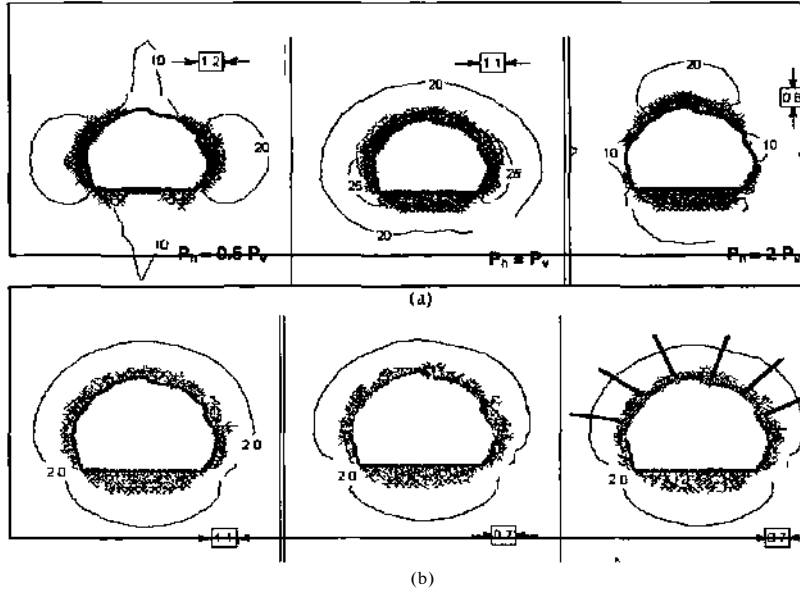
4.2 Sayısal tnodelleme sonuçları

Şekil 6a ve Şekil 6b'de gösterilen galeriler için yapılan sayısal çözümlemelerden elde edilen bazı önemli sonuçlar maddeler halinde aşağıda sunulmaktadır.

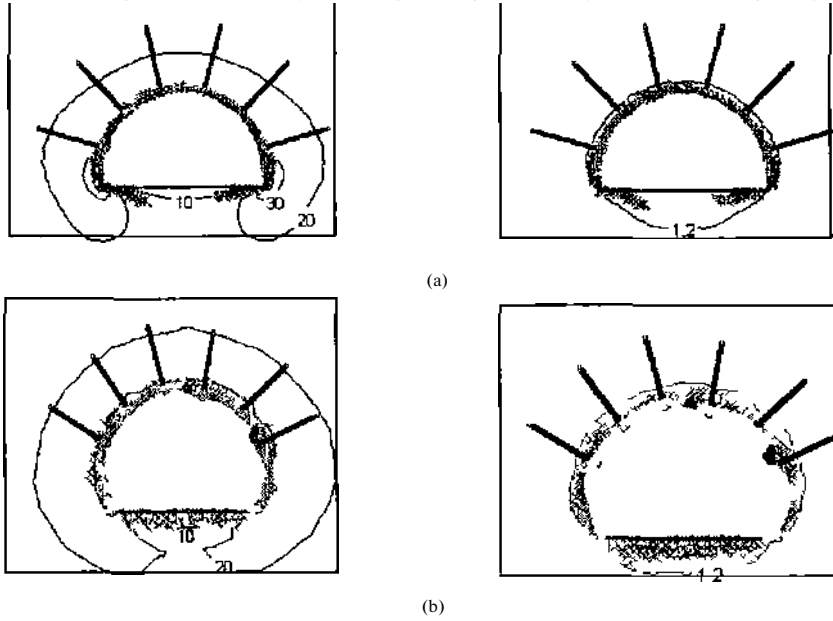
1. Yenilme bölgesinin genişliğinde kaya saptamalarının etkisi çok düşüktür. Sürtümlü ve dolgu saptamalar daha çok kaya bloklarının kilitlemesine yardımcı olmaktadır. Kaya kütlelerinin dayanımı üzerine etkileri sınırlıdır. Saptamalı ve saptamasız olarak yapılan modellemelerden elde edilen sonuçlardan da bu etki net olarak görülmektedir (Şek. 7b).
2. Püskürtme betonun asıl işlevi kaya yükünü taşımak değil gevşemeye engel olup kayanın kendi kendini taşımaya yardımcı olmaktır. Özellikle arına yakın yapılan püskürtme beton gevşeme hareketinin başlamasını engelleyebilmektedir. Püskürtme beton yenilme bölgesinin genişlemesine de engel olabilmektedir. Bu davranış özellikle hidrostatik gerilme koşullarında daha net olarak gözlemlenmektedir (Şek. 7b).
3. Püskürtme beton, girintili çıkıntılı yüzeylerde daha etkin bir kabuk oluşturarak tahkimat işlevini yerine getirmektedir (Şek. 7b, Şek. 8). Ancak, aşırı ondülasyonlu galeri yapısı, püskürtme beton tahkimatını hem güçlendirmekte hem de etkinliğini azaltmaktadır. Ayrıca, keskin girintili-çıkıntılı bölgelerde gerilme yığılımları ve yenilmeler beklenebilmektedir.
4. Düşey birincil gerilme ağırlıklı gerilme ortamlarında (Şek. 7a) yan duvarlar, yatay ve hidrostatik gerilme koşullarında ise tüm galeri çevresi duraysızlık problemlerine maruzdur. Ancak, kaya kütlesi içerisinde var olan eklem takımlarının, tavadan blok hareketlerine neden olabileceği de unutulmamalıdır.

5 SONUÇLAR

Dclme-patlama yöntemiyle açılan galeri lerdeki patlatma verimliliğinin galeri duraylığı üzerine etkisi oldukça önemlidir. Uygun donanımlarla ve planlı şekilde yapılan galeri açma çalışmaları, tahkimat etkinliğini artırarak galerilerin servis ömürleri boyunca tamir tarama gereksinimlerine maruz kalmadan hizmet vermelerine katkıda bulunacaktır. Ayrıca, fazla kazının önüne geçilmesiyle birlikte nakliyat işlerinde azalma, kazı hızında artış ve genel olarak, galeri açma ve bakım maliyetlerinde iyileşme sağlanacaktır.



Şekil 7 Tahkimatsız açıklık çevresindeki yenilme bölgeleri ve maksimum asal gerilme konturlarının dağılımı (üstte), hidrostatik gerilme ortamındaki yenilme bölgeleri ve guvfenlik katsayısı konturlarının dağılımı (alta)



Şekil 8 Hidrostatik gerilme ortamında ($P_v = P_h$) makine ile açılmış üstte (a) ve patlayıcı madde kullanılarak açılmış galenlerde yenilmiş elemanlar, asal gerilme ve guvfenlik katsayısı konturlarının dağılımı

T. Ünlü

Katkı Belirtme: Yazar; bu bildirinin oluşmasına esas olan "TTK ocaklarında Taşta sürülen Galerilerde Püskürtme Beton ve Kaya Saplamalarının Kullanımının Araştırılması" konulu projenin yürütülmesindeki katkılarından dolayı, TTK ilgililerine teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Bilgin. H. A., Pasamehmetoğlu. A. G., ve Onur. Ç. 1990. Lağımalar için çift orta çekmeli patlatma düzeni. *Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kimin*, Zonguldak, pp 35-51
- Hook. E- and Brown. ET.. 1980; *Underground Excavations in Rock*, IMM. London,
- Hoek, E. 2000 *Practical Rock Engineering*, Course Noltis, <http://www.rocsience.com>, 313 p.
- Proctor, R V., and White. T. L. 1946; *Rock Tunnelling with s reel supports*. Commercial shearing & stamping Co.. Youngstown. Ohio.. pp 193-232.
- US Army Corps of Engineers. 1994.Engineering Design. Tunnels and Shafts in Rock, Engineci Manual. EMI 110-1-2908. dept. of the Army Corps of Engineers. Washington. DC.
- Ünlü. T. 2003; *TTK Ocaklarındaki taşta sürülen galerilerde püskürtme beton ve kaya .saplamalarının kullanımının amsımlması*, Araştırma Projesi. ZKÜ Maden Mühendisliği Bölümü. Zonguldak. 46 s.
- Ünlü. T.ve Çolak. K., 2004; TTK Kömür Ocaklarında Taşta Sürülen Galerilerde Püskürtme Beton ve Kaya Saplamalarının Kullanımının Araştırılması, *Türkiye 14 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*. 02-04 Haziran 2004 Zonguldak
- Rocsience. 2004; Phase2 v5.0. <http://www.rocsience.com/prod ucis/phase2.asp>