

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth Coal congress of TURKEY

KAYAÇLARIN SÖKÜLEBİLİRLİĞİ VE AÇIK İŞLETME MADENCİLİĞİNDEKİ ÖNEMİ

ROCK RIPPABILITY AND ITS USE IN OPEN PIT MINING

Şinasi ESKİKAYA*
R.Mete GÜKTAN**

ÖZET

Bu makalede, açık işletmecilikte delme-patlatma yöntemine bir alternatif olarak sökme yöntemi tanıtılmış ve sökülebilirlik belirleme yöntemleri kısaca tartışılmıştır. Sökücü makina seçimi ve üretim hızlarının kestirimi ile ilgili bazı yönlendirici bilgiler verilmiştir. Yöntemin Türkiye'deki uygulama alanlarına ve günümüzdeki durumuna ana hatlarıyla değinilmiştir.

ABSTRACT

In this paper, ripping as an alternative excavation method to drilling and blasting in open pit mining is introduced and the main assesment methods of rock rippability are briefly discussed. Some guides for ripping machine selection and ripping performance prediction are given. The current use and general application results of ripper tractors in Turkey are outlined.

(*) Prof.Dr., İTÜ Maden Fak., Maden Müh.Böl., İSTANBUL

(**) Maden Yük. Müh., A.Ü. Maden Muh.Bölümü, ESKİŞEHİR

1. GİRİŞ

Kayaçları ilk kazma aracı olan söküçüler uzun bir geçmişe sahiptir. Bununla beraber, bugün bildiğimiz anlamdaki söküçüler 1930'lu yıllarda ortaya çıkmıştır. Sonraki yıllarda söküçü-traktörlerin ağırlık ve güçlerinin sürekli olarak artması, Örtü kazı işlerinde delme-patlatma yöntemiyle giderek daha fazla rekabet edebilir duruma gelmelerini sağlamıştır.

İlk modern söküçülerin ortaya çıktığı 1950'li yıllara kadar "zemin" kolayca kazılabilen bir malzeme, "kayaç" ise kazıdan önce patlatılarak gevşetilmesi gerekli bir malzeme olarak kabul edilmiştir. Sökücü-traktör uygulamalarının yaygınlaşması zemin-kayaç sınıflama anlayışına da yenilik getirmiş ve "sökülebilir kayaç" kavramı doğmuştur.

2. DELME-PATLATMA YERİF SÖKME YÖNTEMİ

Sökme yönteminin uygulamada getirdiği en önemli avantaj, malzemenin sökülebilir özellikler göstermesi durumunda, delme-patlatma yöntemine göre % 30-80 daha düşük bir maliyetle gevşetme yapma olanağının bulunmasıdır (1, 2, 3, 4, 5). Diğer avantajları ise :

a) Açık işletmelerde dinamitleme sonucu oluşan titreşimler, şev açılarının denge durumuna yakın olması halinde şev kaymalarına yol açabilmektedir. Sökme yönteminde arazi rahatsız edilmekte, basamak ve aynalar daha düzgün bir şekilde oluşturulabilmektedir.

b) Delme-patlatma yönteminde, istenilen parça büyüklüğünü elde etmek zor almakta ve bazı durumlarda ikinci bir patlatmanın yapılması zorunlu olmaktadır. Sökme yönteminde ise geçişler arasındaki uzaklığı, sökme derinliğini veya sökme yönünü değiştirerek genellikle parça boyutları kontrol edilebilmektedir.

c) Patlatma yapılmadan önce emniyet bakımından işçi ve makinelerin sahadan uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Bu işe, işçi ve makinadan yararlanma zamanını azaltmaktadır.

d) Patlatma sonrası oluşan çatlaklar, özellikle killi formasyonlarda şev problemleri yaratabilmektedir.

e) Yerleşim alanlarının yakınlarında yapılacak kazılarda, zemin titreşimlerinden ve hava şoklarından çevrenin olumsuz yönde etkilenmesini önlemek amacıyla, delme-patlatma yöntemine izin verilmemekte veya ancak bazı önlemler alınarak uygulanabilmektedir.

f) Patlayıcı maddelerin temininde ve korunmasında karşılaşılan güçlükler, bazı durumlarda sökme yönteminin tercih edilmesini gerektirmektedir.

g) Sökücü-traktörler açık işletmelerde çok maksatlı olarak kullanılabilen makinalardır. Nakliyat yollarının yapımı, küreme, şev ayna ve basamaklarının düzenlenmesi gibi diğer yan görevleri de üstlenebilmektedirler.

Sökme ile delme-patlatma arasında bir tercih yapılırken, birçok durumda öncelikle maliyetler göz önünde bulundurulmaktadır. Ancak her iki yöntemin maliyet karşılaştırmasını sıhhatli bir şekilde gerçekleştirmek oldukça zordur. Zira, her iki yöntem bir işletmenin aynı bölümünde çok ender olarak birlikte uygulanmaktadır. Dolayısıyla, bu tip maliyet karşılaştırmaları doğrudan ölçme ve gözlemlerden çok, bazı kabullere dayanmaktadır.

Sökme maliyetlerinin hesaplanmasında dikkate alınması gerekli bazı özel hususlar vardır. Amortisman süresi daha kısa, bakım ve onarım masrafları ise daha yüksektir. Sürekli olarak sökme işlerinde çalışan sökücü-traktörler için, aşırı yıpranma nedeniyle bakım ve onarım masraflarının amortisman payının % 80-130'unu bulduğu, güç çalışma şartlarında ise bu miktarın daha da arttığı bildirilmektedir (1, 6, 7). Endüstri ülkeleri için geçerli olan bu rakamlar imalatçı servislerin yetersizliği, yedek parça teminindeki güçlükler, operator ve bakım personeli kalitesinin düşüklüğü gibi nedenlerden dolayı, gelişmekte olan ülkelerde daha yüksek olmaktadır.

Delme-patlatma yönteminde ise delik makinası, matkap ve tijler ile patlayıcı maddelerin satın alınması, depolanması ve taşınmasıyla ilgili maliyetleri etkileyen tüm faktörler dikkate alınmalıdır.

Çizelge-1 : Sismik Hız-Sökme Kolaylığı İlintileri (9).

Sismik Dalga Hızı (m/s)	Sökülebilirlik Derecesi
300-600	Çok Kolay
600-900	Kolay
900-1500	Orta
1500-2100	Zor
2100-2400	Çok Zor
2400-2700	Son Derece Zor

Sismik yöntem, sondaj yöntemine göre geniş alanları süratle inceleme olanağı sağlamaktadır. Vöntemin başarısı, sismik profillerin ve aralıklarının uygun bir şekilde belirlenmesi, beliflgin karakterdeki jeolojik katmanlar ve ölçmelerin yorumunu yapabilecek deneyimli personel gibi faktörlere bağlıdır.

Oldukça yaygın bir yöntem olmasına rağmen, sismik yöntemle kayaların sökülebilirlik koşullarının kestirimi her zaman güvenilir sonuçlar verememektedir. Mekanik dayanımları ve süreksizlik miktarları eşit olan, aynı sökölme kolaylığına sahip olması gereken benzer iki kayaç kütlesi ele alındığında; kayaç kütlelerinden bir tanesinin süreksizliklerinde su bulunması, diğerinin süreksizlik yüzeylerinin ise kuru olması halinde, bu iki kayaç kütlelerinin ölçülen sismik dalga hızları farklı olacaktır. Zira, nemli-sulu ortamlarda sismik dalga hızları çok daha hızlı bir şekilde hareket etmektedir. Çok yüksek poraziteli malzemeler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, % 50-70 mertebesinde poroziteli bir malzemede kuru iken ölçülen sismik hız 300 m/s, boşlukların suyla dolmuş olması halinde ise 1350 m/s civarında değerler aldığı bildirilmektedir (10).

Uygulamada suyun varlığı malzemenin sökülebilirliğini güçleştirici bir rol oynamamasına rağmen, sulu malzemelerde sismik dalga hızlarının daha yüksek olması nedeniyle, malzeme abaklarda olduğundan daha güç sökülebilir veya sökülemez sınıfa dahil edilebilmektedir. Bu tip yanlışlıklarını önlemek amacıyla, sismik hızların ölçümünden Önce sahanın yeraltı

3. SÖKÜLEBİLİRLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Sokülebilirlik Kavramı

Sokülebilirlik, bir malzemenin sokucu-traktor tarafından taşıyıcılarla ekonomik bir şekilde taşınabilir parça boyutlarında gevşetilmesi işleminde karşılaşılan kolaylık veya güçlüğün ölçüsü olarak tanımlanabilir. Kayaç kütlesindeki süreksizlikler, kayaç malzemesinin mekanik dayanımı ve ayrışma gibi faktörler sokülebilirliği yakından etkilemektedir.

3.2. Sokülebilirlik Belirleme Yöntemleri

3.2.1. Sismik Yöntem

Kayaçların sokülebilirliği ile ilgili ilk araştırmalar 1958 yılında Caterpillar Tractor Company tarafından başlatılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, kayaçların sismik hız değerleriyle sokucu makına tiplerine bağlı olarak sokülebilirlik abakları yayınlanmıştır (6, 8).

Yöntemin esası, sismik dalgaların kayaçlardan geçebilmesi için gerekli zamanın kaydedilmesi prensibine dayanmaktadır. Ses dalgalarının kayaçlardan geçiş hızları kayaçların fiziksel özelliklerine bağlıdır. Sismik dalgaların genellikle elastik oldukları ve bu nedenle hızlarının kayaçların elastik sabitlerine bağlı olduğu kabul edilmektedir. Primer bir sismik dalganın hızı (V).

$$V_p = \left[\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Burada ;

E : Elastisite (Young) Modulu

ν : Poisson Oranı

ρ : Yoğunluk

tur.

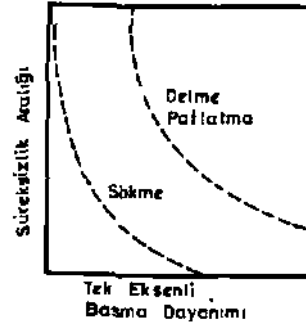
Dalga hızının düşük veya yüksek olması, incelenen kayaç kütlesinin kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Çizelge-1'de ağır sınıf sokucu-traktorlar için, kayaç sokülebilirliği ile sismik hızlar arasındaki ilintiler verilmiştir.

su tablasının diğer yöntemlerle belirlenmesi gerekmektedir.

5.2.2. Kayaç Sınıflama Sistemi

Son yıllarda sondaj ve mostralardan elde edilen jeoteknik bulgulardan yararlanılarak, kayaçların sökülebilirlik özelliklerinin belirlenmesi konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

Franklin tarafından, uygulanması basit ve pratik olan bir kayaç sınıflama sistemi önerilmiştir. Buna göre, mühendislik uygulamaları bakımından en önemli kayaç parametrelerinin "Tek Eksenli Basma Dayanımı" ile "Süreksizlik Aralığı" olduğu düşünülmüştür (11). Bu iki parametreyi esas alacak geliştirilen eğrilerden, kayaçların sökülebilirlik sınırlarının kestirilebileceği bildirilmektedir (Şekil 1).

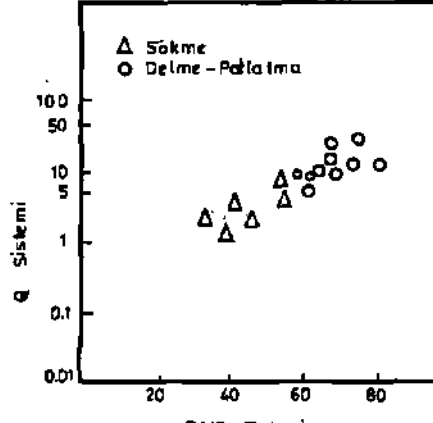


Şekil 1 : Kazı Kolaylığına Göre Sınıflama Eğrileri (11).

3.2.3. Kayaç Kütleli Sınıflama Sistemleri

Abdullatif ve Cruden, son yıllarda oldukça ilgi gören ve esas olarak tünelcilik tasarımında kullanılmak üzere geliştirilmiş olan Sieniawski (12)'nin Jeomekanik Sınıflama Sistemi (RMR) ile Barton ve arkadaşlarının (13) Kayaç Kütleli Niteliği (Q) sistemlerinin kazılabilirliğe uygulanabilirliklerini araştırmışlardır (14).

Sonuçta, RMR sistemiyle kayaçların kazılabilirlik özelliklerinin daha iyi belirlenebildiği ve RMR değerleri 60'a kadar olan kayaç kütlelerinin "sökülebilir" kabul edilebileceği ileri sürülmüştür (Şekil 2).



Şekil- 2 : Kazı Yöntemlerinin RMR ve Q Sistemlerine Uygulaması (14).

RMR sisteminde alrı temel parametre kullanılmıştır, bunlar; Tek eksenli hasma dayanımı, kaya niteliği belirteci (RQD), süreksizlik aralığı, süreksizlik pürüzlüğü ve ayırımı, yeraltı suyu durumu ve süreksizliklerin yönlenimidir.

Q sistemini oluşturan parametreler ise; Kaya niteliği belirteci, süreksizlik takımı sayısı, süreksizlik pürüzlülük sayısı, süreksizlik alterasyon sayısı, süreksizlik suyu indirgeme faktörü, gerileme indirgeme faktörüdür.

Yukarıda değinilen sınıflama sistemlerinde yer alan pürüzlülük, su geliri, süreksizlik suyu indirgeme faktörü ile gerilme indirgeme faktörünün kazılabilirlik uygulamalarında oynadıkları rollerin önemi veya ihmal edilecek mertebede olup olmadıkları tartışılabilir konulardır.

Müftüoğlu ve Scoble, ayrışma derecesi, tek eksenli basma dayanımı, çatlaklar arası mesafe ve katmanlaşma kalınlığı parametrelerinin kazıcı performansına etkilerini ağırlıklı puanlama sistemiyle saptayarak bir kazılabilirlik sınıflandırması geliştirmişlerdir (15). Sökücüler için, toplam kazılabilirlik puanlarına göre kazı kolaylığı ve makina tipleri önerilmiştir.

4. SÖKÜCÜ MAKİNA SEÇİMİ VE ÜRETİM

Örtü kazı işlerinde, kayaçların kazılabilirlik özelliklerinin önceden saptanarak gerekli kazı makinası parkının kurulması ve birim kazı fiyatının belirlenmesi iş ilkelerinden biridir.

Madencilikle ilgili örtü kazı işlerinde genellikle paletli tip sökücü -traktörler kullanılmaktadır. Paletli tip sökücü-traktörler ağırlık, güç veya çeki kuvvetlerine göre sınıflandırılmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge-2 : Paletli Sökücü-Traktör Karakteristikleri (16).

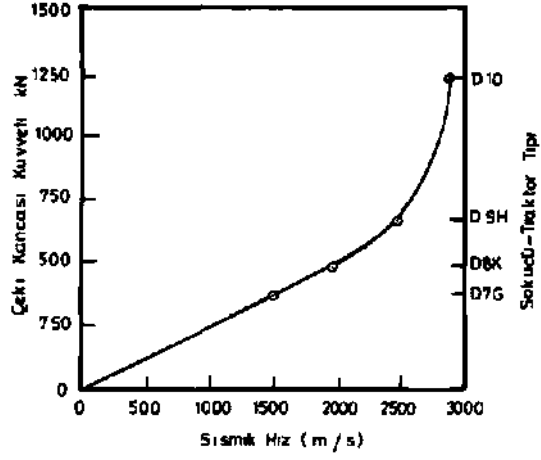
Sınıfı	Toplam Ağırlık (kg)	Güç (kw)	Teorik Çeki Kuvveti (kN) Hız = 0 km/h
Hafif	23 392	149	375
Orta	37 240	224	500
Ağır	48 765	306	670
Çok Ağır	97 346	522	1230

Birçok faktöre bağlı olması nedeniyle, sökücülerin üretim hızlarının önceden kestirimi çok zordur. Bununla beraber, saha ölçme ve gözlemlerinden elde edilen deneyimlerden yararlanılarak, sökücü makina tipleri ile üretim hızları arasında bazı ilintiler teklif edilmektedir.

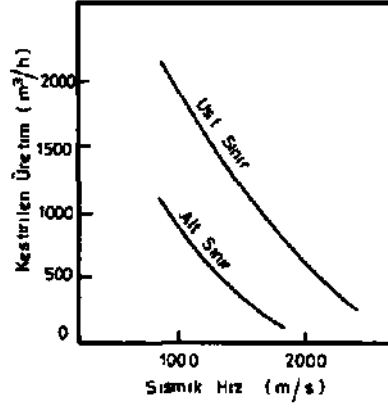
Caterpillar tarafından, malzemenin sismik hız değerlerine göre seçilmesi önerilen sökücü-traktör tipleri Şekil 3'te verilmiştir.

Aynı kaynak, yine sismik hız değerlerine bağlı olarak sökücü makina tipi ile üretim hızları arasında bazı ampirik ilintiler teklif etmektedir (Şekil 4).

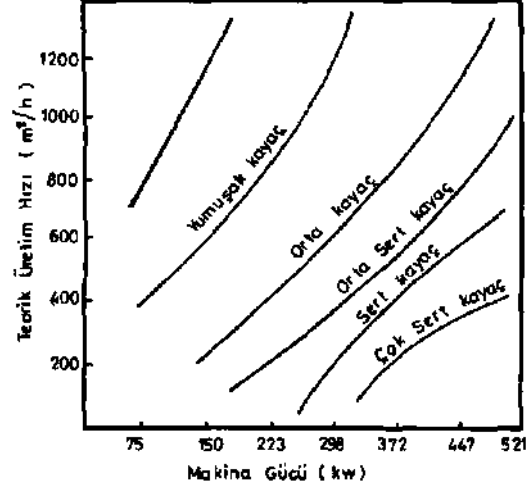
Pohle (17), sökülebilir özellikler gösteren kayaçlardaki uygulama verilerini değerlendirerek, tek eksenli basma dayanımı ile teorik üretim hızı ve makina tipi arasındaki ilintileri çok genel bir kılavuz olarak



Şekil 3 : Sismik Hız-Sokucu Makına Tıplı ilintileri (16).



Şekil 4 : D9H Tıplı Sokucu Makınalar için Sismik Hız-Teorik Üretim Hızı ilintileri (16)



Şekil 5 : Sökülebilir Özellikteki Kayaçlar İçin Teorik Üretim Hızı-Sökücü Makina Tipi İlintileri (17).

5. TÜRKİYEDE SÖKÜCÜ-TRAKTÖR UYGULAMALARI

Ülkemiz madenciliği örtü kazı işlerinde, sökme yönteminin nicel olarak değerlendirilmesine ait pek az veri bulunmaktadır. Yöntemin uygulanabilirliği birçok durumda görsel olarak saptanılmaya çalışılmakta veya dış ülkelerdeki uygulamalar bir rehber olarak alınmaktadır.

Sökücü-traktörler ülkemizde özellikle karayolu, kanal ve baraj işlen olmak üzere bazı açık işletmelerde örtü kazı aracı olarak kullanılmaktadır. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi açık işletmelerinde yüklenici firmalar tarafından gerçekleştirilen örtü kazı işlerinde, sökme yöntemi bilhassa yüzeye yakın yumuşak veya altere olmuş formasyonlarda başarıyla uygulanmıştır. Bölgede sert ve masif formasyonlardaki sökme uygulamaları ise, malzemenin önce hafif patlatılarak sökümler için uygun duruma getirilmesiyle mümkün olmuştur.

Son yıllarda hidrolik ekskavatörlerde gerçekleştirilen teknolojik gelişmeler, ülkemiz açık işletmeciliğinde sökümlerin birincil kazı aracı olarak daha az kullanılabilir duruma gelmelerine yol açmıştır.

6. GENEL SONUÇLAR

Açık işletmecilikte maliyetlerin yanısıra, gerçekleştirilecek ortu kazı miktarı, eldeki makınaların üretim kapasiteleri, yükleme ve taşıma sistemleri, gevşetilecek formasyonların jeoteknik özellikleri ve çevre şartları gibi faktörler gözden geçirilmeden sökme ile delme-patlatma yöntemi arasında bir tercih yapılmamalıdır.

Son yıllarda bazı ülkeler sismik hız verilerinden veya diğer kazılabilirlik sınıflama sistemlerinden kazı yönteminin seçiminde ve iş öncesi birim fiyatların belirlenmesinde yararlanmaktadır. Bu tip bir çalışma tekniğinin ülkemiz madencilik koşullarına uygun olarak geliştirilip yerleştirilmesi, sektöre önemli katkılarda bulunacaktır.

Gönümüzde sökme yönteminin uygulama alanı orta sertlikteki kayalarla sınırlıdır. Açık işletmecilikte, kayaların sökülebیلirlik sınırlarının genişletilmesi ancak sokucu-traktorler üzerinde yapılacak yeni tasarım değişiklikleriyle olacaktır.

KAYNAKLAR:

1. JACKSON - D., Rip Instead of Drilling and Blasting, Coal Age, Aug., 1979, pp.64-70.
2. ATKINSON, T., Ground Preparation by Ripping in Open Pit Mining, Mining Magazine, June 1970, pp.458-469.
3. ANON., How to Rip Economically, Roads and Streets, Vol.107, December 1964, pp.43-52.
4. HARRIS, F., Excavating and Materials Handling Equipment and Methods, 1981, p.4B.
5. ANAN., Ripping Tools, Techniques and Applications, Mining Engineering, January 1983, p.16.
6. CATERPILLAR TRACTOR COMPANY., Handbook of Ripping, 6 th Edition, June 1978, p.23.
7. ANON., Ripping and Blasting in Open Pits, Mining Magazine, Vol.125, No.3, September 1971, p.207.
8. CATERPILLAR PERFORMANCE HANDBOOK., 1980, 516 p.
9. ÖNCEL, K., Zeminlerin Sökülebilirliği ile P Tipi Dalga Hızları Arasındaki ilişki, Karayolları Teknik Bülteni, Ekim 1975, pp.347-387.
10. GRIFFITHS, D.H., KING, R.F., Applied Geophysics, 1976.
11. FRANKLIN, J.A., Observations and Tests for Engineering Description and Mapping of Rocks, 2nd Int. Congr. of Rock Mechanics, Belgrade, 1970, pp.11-16.
12. BIENIAWSKI, Z.T., Engineering Classification of Jointed Rock Masses, The Civil Engineer in South Africa, December 1973, pp.335-343.
13. BARTON, N., LIEN, R., LUNDE, J., Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, Rock Mechanics, Vol.6, No.4,1974, pp.189-236.
14. ABDULLATIF, O.M., CRUDEN, D.M., The Relationship between Rock Mass Quality and Ease of Excavation, Bulletin of the Int. Assc. of Engng. Geo., No.28, 19B3, pp.183-187.
15. MÜFTÜOĞLU, Y.V., SCOBLE, M.J., Kömür Açık İşletmeciliğinde Kazılabilirliği Belirleme Yöntemleri, Mad.9.Kong. 1985, p.29-37.
16. CATERPILLAR TRACTOR COMPANY., Caterpillar Performance Handbook, 1980, 516 p.
17. POHLE, G., In "Construction Plant" by F.HARRIS, Granada Publishing limited, 1981, p.48..