

HİDROMEKANİK VE MEKANİK KESİCİLERİN ÇEŞİTLİ KAYAÇLARDA PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Orhan TECEN (*)

ÖZET

Tam mekanize bumlu galeri açma makinalarını yüksek basınçlı su jetleri ile birlikte kullanarak bu makinaların uygulanma alanını genişletebiliriz. Bu çalışmada hidromekanik ve mekanik kesicilerin çeşitli kayaçlarda gösterdikleri performansların sonuçları verilmiştir.

ABSTRACT

Due to limitations of cutting picks in terms of rock strength and abrasivity, the application of present day boom type partial face tunnelling machines is restricted. It seems that performance of these machines is restricted. It seems that performance of these machines can be improved considerably by hybridizing cutting picks with high pressure water jet. In this paper, the performances of hybrid and mechanic cutting systems have been recorded and compared on seven different rock types.

* Dr. Maden Yük. Müh., Demir Export A.Ş., Harşit Çinko-Kurşun İşletme Şefi, Tirebolu, GİRESUN

1. GİRİŞ

Günümüzde medeniyetin gelişmesine paralel olarak yeraltında kazı yaparak galeri açma gereksinimi giderek artmaktadır. İnşaat sektöründe tünel, madencilik sektöründe ise galeri olarak adlandırılan bu kazı, çeşitli amaçlara ulaşmak için yapılır. Bunların arasında şehirlerin altında metro yapımı, demiryolları ve karayolları tünelleri, sulama ve baraj derivasyon tünelleri ile bizi daha yakından ilgilendiren madenlerde ana ve tali hazırlık galerileri sayılabilir.

Madenlerde açılan galerileri genellikle ana hazırlık ve üretim galerileri olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Ana hazırlık galerileri yeryüzüyle maden yatağını birbirine bağlayan düz galeri, desandre v.b. gibi galeriler olup nakliye ve havalandırma gibi işlemlere cevap verir. Bir madenin kısa zamanda üretime geçerek gelir sağlaması bu hazırlık galerilerinin süratli açılmasını gerektirir.

Galerilerin hızlı ve ekonomik açılabilmesi, galeri açmaya etki eden etkenlerin teker teker incelenmesi ve çıkacak sonuca göre en uygun kazı yönteminin doğru olarak seçilmesi, yürütülecek işlemlerin sistematik incelenmesini gerekli kılar.

Galeri açma yöntemlerini genel olarak iki ana grupta toplayabiliriz:

a. Klasik delme patlatma yöntemi: Bu metot birbirini izleyen üç aşamada yapılır. Bunlar i. delme, ii. sıkılama ve patlatma, iii. çıkan paşayı nakletmedir. Tahkimat gerektiren durumlarda ise tahkimat dördüncü aşamayı oluşturur. Alışlagelmiş yöntemle galeri açmada yukarıda sayılan işlemlerin sırayla yapılması zorunludur. Bu işlemleri aynı zamanda sürdürmek mümkün olmadığından ilerleme devreler halinde yürütülür, dolayısıyla kazma işleminde süreklilik yoktur Delme işlemlerinde basit elle delme ve kürekle yüklemenin yapıldığı çok az bir mekanizasyonla galeri açılabilirdiği gibi, gelişmiş çok bumlu jumbo delici-lerini kullanarak ileri seviyede mekanizasyona gitmek de mümkündür.

b. Tünel açma makinaları ile tam mekanize galeri açma yöntemi: Eu yöntemde kazı işlemleri delme ve patlatma yapmaksızın makina ile mekanik olarak yapılır. Pasa alma işlemi de aynı makinaya bağlı toplama ve konveyör sistemleri ile birlikte yapıldığı için bu yöntemle galeri açma klasik sistemin tersine (devreler halinde olmayıp) kesintisiz yapılır. Uygun koşullar altında, makinanın verimliliği ile değişen yüksek ilerleme hızlarına erişmek mümkün olur. Tünel açma makinalarını kazı cephesine göre iki grupta inceleyebiliriz:

- i. Roadheader diye adlandırılan bumlu galeri açma makinaları,
- ii. TBM denilen tam cephe tünel açma makinaları.

Tam cephe tünel açma makinaları genel olarak büyük ve ağırdır- lar, sert kayaçlarda kazı yeteneği ve ilerleme hızları yüksek makinalar-

dır. Bu tip makinaları almak için yapılan ilk harcama çok fazla olduğu için beyle bir yatırımla kısa uzunluktaki tünelleri açmak ekonomik olmaz. Bumlu makinalara oranla tam cephe makinaları esnek (flexible) değildir, istenildiği an kazı yönünü değiştirmek olanaksızdır. Kullanılan makinanın boyutlarına göre değişen bir sapma çapı vardır. Dolayısıyla TBM'ler genellikle madencilik alanı dışında kalan tünellerin (demiryolları, metro, sulama v.b.) açılmasında kullanılır.

Yeraltı maden işletmelerinde galeri açımında ilk yatırım harcamaları TBM'lere oranla düşük olan gezici, çeşitli koşullara kolayca uyum sağlayabilen bumlu galeri açma makinaları kullanılmaktadır. Bumlu galeri açma makinaları açılacak kesite ve kayacın dayanımına göre çeşitli sınıflara ayrılmıştır. Kayaç dayanımı arttıkça bum ucunda dönen tamburdaki tork dalgalanmalarını azaltmak ve kesici uçlardan tam verim alınmasını sağlamak için makinaların ağırlığının da artması gerekir. Kayaç dayanımı arttıkça ağır tip makinalarda yeterli güç olmasına karşın tamburun üstündeki (kayaları kesen) tungsten karbidli uçlar aşınmakta ve kırılmaktadır. Dolayısıyla galeri açma makinaları ekonomik olarak tek eksenli basınç dayanımı 80 MPa, elverişli koşullar altında da 100 MPa'la kadar olan formasyonlarda çalıştırılabilmektedir.

Bu makinaların kullanım alanını genişletmek ve daha sert kayaçları kesmelerini sağlamak için son yıllarda çeşitli ülkelerde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaların odak noktasını yüksek basınçlı su jetlerinin mekanik kesicilerle birlikte kullanımı konusu oluşturmuştur. Bu konuda İngiltere'nin Newcastle Üniversitesinde yazarın yapmış olduğu doktora çalışmasının sonuçlarının bir bölümü bu bildiriye verilmiştir.

Hidromekanik ve mekanik kazı deney şartları

		<i>mekanik kazı</i>	<i>Hibrid kazı</i>
Meme çapı	(mm)	—	0.85
Su basıncı	(MPa)	—	55.17
Memenin kayaç yüzeyinden yüksekliği	(mm)	—	15
Ön uzaklık	(mm)	—	1
Kazı hızı	(mm/san)	165	165
Kazı derinliği	(mm)	2.4.6.8.10	2.4.6.8.10

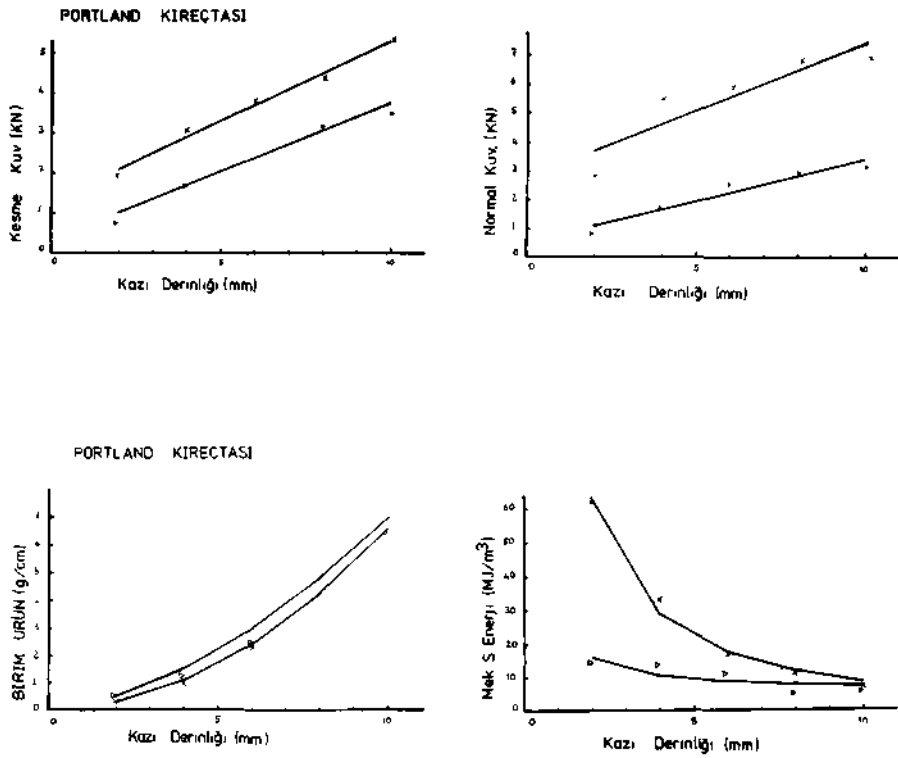
2. DENEY PROGRAMI

Deneyler için seçilen kayaçların mekanik ve fiziksel özellikleri laboratuvarında yapılan bir dizi deney sonucu bulunmuştur ve sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

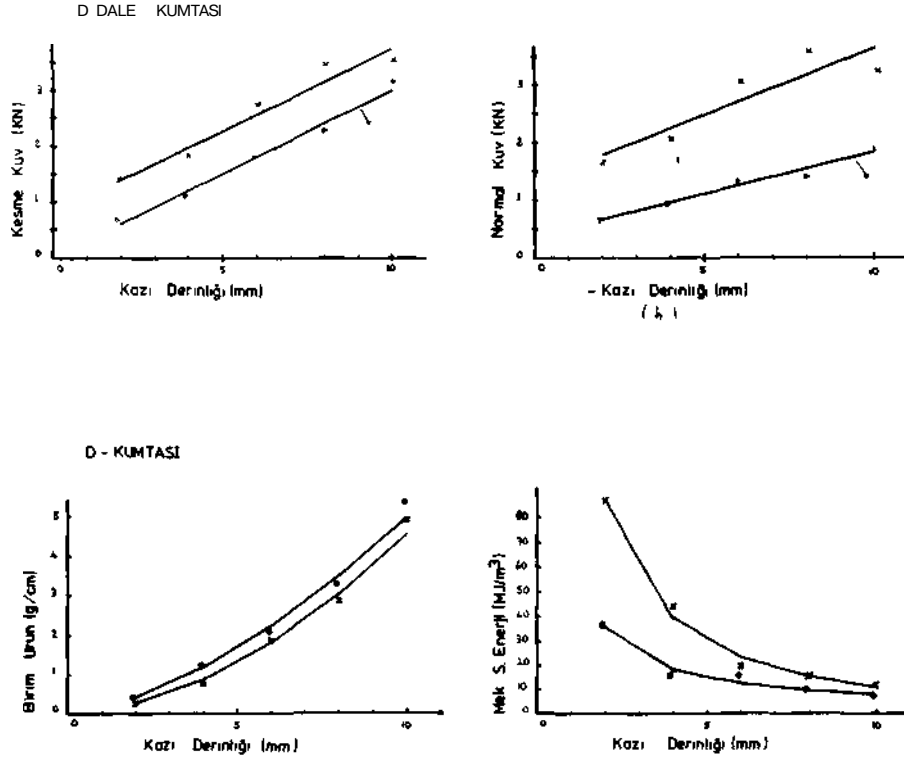
Çizelge 1 — Deneysel kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri:

<i>Kay aç türü</i>	<i>Yoğunluk gr/cm³</i>	<i>P o r o z i t e</i>	
		<i>Görünür (%)</i>	<i>Gerçek (%)</i>
S'well kumtaşı	2.21	16.36	—
Darney kumtaşı	2.18	8.50	22.4
D.Dale kumtaşı	2.18	7.93	21.2
D- kumtaşı	2.38	3.40	—
B- kireçtaşı	2.20	10.00	17.4
Portland kireçtaşı	2.33	6.10	14.0
C- kireçtaşı	2.68	0.10	—
<i>Kay aç türü</i>	<i>Sclerescope zıplama sertliği</i>	<i>Schmidt Çekici sertliği</i>	<i>Dinamik Elastisite modülü (GPa)</i>
S'well kumtaşı	36.70	52.03	17.90
Darney kumtaşı	35.30	43.58	9.97
D.Dale kumtaşı	58.38	44.80	9.80
D- kumtaşı	47.30	—	55.40
B- kireçtaşı	53.60	35.20	28.00
Portland kireçtaşı	42.50	36.10	18.80
C- kireçtaşı	59.50	55.20	97.30
<i>Kayaç türü</i>	<i>Tane Yoğunluğu gr/cm³</i>	<i>NCB Konik delici sertliği</i>	
S'well kumtaşı	—	1.98	
Darney kumtaşı	2.65	2.53	
D.Dale kumtaşı	2.67	2.48	
D- kumtaşı	2.65	3.83	
B- kireçtaşı	2.85	2.65	
Portland kireçtaşı	2.71	3.14	
C- kireçtaşı	—	4.90	
<i>Kayaç türü</i>	<i>Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)</i>	<i>Çekme dayanımı (MPa)</i>	
S'well kumtaşı	43.21	2.99	
Darney kumtaşı	64.53	4.34	
D.Dale kumtaşı	57.50	3.70	
D- kumtaşı	149.10	12.10	
B- kireçtaşı	71.30	4.40	
Portland kireçtaşı	71.70	6.10	
C- kireçtaşı	117.30	9.50	

Kazı deneylerinde, mekanik kesicinin fiziksel özellikleri ile hidrolik değişkenler sabit tutularak kazı derinliği basamaklar halinde artırılmıştır. Kazı sırasında mekanik uçta etken olan kuvvetler, yapılan birim kazı miktarı ve mekanik özgül enerji ölçülmüştür ve sonuçlar Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1 — Mekanik uçta etken olan kuvvetlerin dağılımı.



Şekil 2 — Mekanik uçta etken olan kuvvetlerin dağılımı

Her kazı deneyi dört kez tekrarlanmıştır, sonuçlar bilgisayarda değerlendirilmiştir.

3 DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Kazı sırasında kesici ucun karşılaştığı kuvvetleri üçe ayırabiliriz. Bunlar; kazı yönünde ve kazı yapılan düzleme paralel kesme kuvveti, kesici ucu belirli kazı derinliğinde tutmak için harcanan ve kesim kuvvetlerine dik yönde olan normal kuvvet, ucun kazı sırasında yanlara sapmasını önleyen ve diğer iki kuvvete dik yönde etken olan yan kuvvetlerdir. Şekillerden de görüldüğü gibi gerek mekanik ve gerekse hidromekanik sistemle kazı yapıldığında, kazı derinliği arttıkça yukarıda adı geçen kuvvetlerde doğrusal bir artış saptanmıştır. Birim uzunlukta



HIBRID SİSTEM DENEYİ

yapılan kazı miktarı artan bir hızla artış göstermiştir. Kazı sisteminin verimliliğinin ölçüsü olan mekanik özgül enerji hiperbolik şekilde azalarak kazı derinlik eksenine paralelleşen bir eğri çizmiştir. Bunun anlamı, kazı derinliği arttıkça kazı işlemi daha verimli olmaktadır.

Eşit kazı koşulları altında su jetli sistem mekanik sisteme oranla karşılaşılan kuvvetler ve mekanik spesifik enerji açısından daha iyi sonuçlar vermiştir. Güç değişkenlerinde düşüş kaydedilmiştir.

Su jetlerinin kumtaşları üzerindeki ana etkisi aşındırma etkisidir. Jet, kayada bulunan mikroçatlakların ve gözeneklerin içine girerek basınç yapar. Eğer kumtaşı matrisinin çimentosu kuvvetli değilse ve su basıncı da yeterli seviyedeysse kum taneleri birbirinden koparılabilir.

Hidromekanik sistemle kayacın kesilme mekaniği iki aşamada incelenebilir:

- i. mekanik kesici kayaca dokunmadan önce,
- ii. mekanik kesici uç kayaçla temas halindeyken

Mekanik ucun yüksek basınçlı su jetini 1 mm geriden izlediğini ve ikisinin de kesme yönlerinin aynı doğrultuda olduğunu hatırdan çıkarılmayalım.

Hibrid sistemle kazı yapılırken önce yüksek basınçlı su jeti kayaç yüzeyine çarpar. Jet basıncı/eşik basıncı (eşik basıncı bir kayacın su jeti ile kesilmeye başladığı andaki su basıncıdır) oranına bağlı olarak kayacı belirli bir derinliğe kadar keser. Kesilen genişlik su jetinin çarpına bağlıdır.

Su jetinin basıncı eşik basıncından kayacın tek eksenli basınç dayanımı seviyesine yükseltildiğinde geriden gelen mekanik kesicinin kesme etkisi de değişir.

Yüksek basınçlı su jetinin kayaç yüzeyinde kestiği bölümün genişliği yaklaşık olarak meme çapının üç katına eşittir. Dolayısıyla eğer jetin kazı derinliği mekanik kesicinin kazı derinliğinden daha fazlaysa, mekanik kesici kayaçla temas geldiğinde tungsten karbidli ucun yanları kesme işlemi yapar. Kesicinin ucu kayaçla temas etmediği için kayada kırılmalara yol açmaz. Ucu çevresindeki kayaç önce ezilip toz haline gelir ve daha sonra devam eden baskı sonucu gerilim altında patlamaya kırılır. Bu yüzden kesici uçtaki normal kuvvetler, kesici kuvvetlere oranla su jetine daha fazla duyarlılık gösterir. Kesicinin ucu kayaya dokunmadığı için kesiciyi seçilen kazı derinliğinde tutmak için daha az kuvvet harcanır.

Mekanik kesici belirli bir kazı derinliğinde kayaca girdiğinde ve kesme kuvveti kayaca bağlı belirli bir kritik seviyeye ulaştığında uç/kayaç düzleminde çatlaklar oluşmaya başlar. Eğer uygulanana bu kuvvet daha da arttırılırsa ve koşullar uygunsa çatlaklar kayaç yüzeyine ulaşarak kayacın kesilmesini sağlar. Bu yüzden eğer jet kesme derinliği mekanik kesicinin kazı derinliğinden az ise mekanik kesici çatlakları

oluşturur, su jeti bu çatlakların içine girerek çatlak yüzeylerine basınç yapar, hidrolik kırılmaya yol açar.

Kayaç yüzeyi kesme deneylerinden sonra sürekli olarak incelenmiştir. Yapılan gözlemler göstermiştir ki kireçtaşı gibi çatlakların kumtaşına oranla az olduğu bir kayaçta su jeti tek başına 1-2 mm kesme derinliğine ulaşmasına karşın hibrid sistemle kesmede, kayaç yüzeyinin bazı bölümlerinde mekanik kesicinin derinliğinden daha fazla kesme derinliğine ulaşmıştır. Bu, yukarıda belirtilen savı doğrulamaktadır. Su jeti mekanik kesicinin oluşturduğu çatlakların içine girmekte ve hidrolik kırılmaya neden olmaktadır. Dolayısıyla, kesici uçtaki basınç yoğunluğu azalmakta ve sonuçta karşılaşılan kuvvetlerde düşüş olmaktadır.

Hidromekanik sistem, birim hacmi kesmek için mekanik sistemden daha fazla bir enerjinin harcanmasını gerektirir. Fakat, enerji masrafları toplam kazı maliyetinin küçük bir bölümünü oluşturur. Kesici ucun yenmesi gereken kuvvetlerde oluşacak bir azalma makina üreticilerinin daha gezici, hafif, her türlü kayacı kesebilen genel bir makina yapmalarını sağlayacaktır.

Bir kazı metodunun verimliliği kazılan parçaların iriliği arttıkça ve ince taneler azaldıkça artar. Bunu derin kazı yaparak ve kesici ucun boyutlarını büyüterek sağlayabiliriz. Fakat, makinanın ve uçun sınırlamalarından dolayı sağlam kayaçlarda derin kazı yapmak mümkün olmamaktadır. Eğer bu sisteme yüksek basınçlı su jetleri eklenirse kesici ucun kazı derinliği ve birim zamanda yaptığı kazı arttırılabilir. Kuvarsit formasyonunda yapılan kazı çalışmaları göstermiştir ki kesici uca uygulanan enerjinin büyük bir bölümü ısıya dönüşmekte ve ince parçaların oluşmasında harcanmaktadır. Bunun sonucunda kayaç ve kesici uç ısınmakta ve kesici uçlarda aşınma ve kazı maliyetinde artış olmaktadır. Su jetlerini galeri açma makinalarının tamburunda uygun yerlerde 'kullanarak kayaca uygulanan enerji miktarını arttırabiliriz, kayaçtaki basıncı arttırarak düşük mekanik kesici kuvvetleriyle kesilmesini sağlayabiliriz, kesici ucu soğutarak uçun faydalı ömrünü uzatabiliriz.

4. SONUÇ

Her iki sistemde kazı derinliğindeki artış uçtaki kesme ve normal kuvvetlerde doğrusal artışa yol açmıştır. Mekanik spesifik enerji azalarak sabit bir değere ulaşmaya eğilim göstermiştir.

İki sistem karşılaştırıldığında, aynı koşullar altında su jetli sistemde, uçtaki kuvvetlerde ve mekanik özgül enerjide düşüş görülmüştür.

Deneylerin yapıldığı kayalarda su jetli sistem kuvvetlerde aşağıda belirtilen azalmayı sağlamıştır

Darley Dale Kumtaşı	
Kesme kuvveti	%22
Normal kuvvet	%51
Darney Kumtaşı	
Kesme kuvveti	%41
Normal kuvvet	%55
Springwell Kumtaşı	
Kesme kuvveti	%44
Normal kuvvet	%61
B — Kireçtaşı	
Kesme kuvveti	%28
Normal kuvvet	%51
Portland Kireçtaşı	
Kesme kuvveti	%28
Normal kuvvet	%54
D — Kumtaşı	
Kesme kuvveti	%36
Normal kuvvet	%59

Toplam olarak kesici kuvvetlerde %33 ve normal kuvvetlerde %51 azalma sağlanmıştır. Elde edilen bu sonuçları yüksek basınçlı su jetli sistemin mekanik sisteme oranla daha etkili olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. TECEN, O, 'High Pressure Water Jet Assisted Drag Tool Cutting of Rock Materials', Doktora tezi The University of Newcastle upon Tyne England 1982
2. TECEN, O 'An Investigation into Cutting Characteristics of Dumfries Sandstone with Point Attack Tools Master tezi The University of Newcastle upon Tyne 1978