

KESKİ GEOMETRİSİNİN SPESİFİK ENERJİ DEĞERİ ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Investigation of the Effect of Chisel Tool Geometry on Specific Energy

A. Emre DURSUN*

Niyazi BİLİM**

M. Kemal GÖKAY***

ÖZET

Spesifik enerji birim hacim kayayı kesmek için gereken enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır. Spesifik enerji değeri, mekanize kazı makinelerinin verimliliğinin tahmin edilmesinde kullanılan en geçerli metotlardan biridir. Bu değer laboratuarda küçük veya tam boyutlu kazı setleri kullanılarak kaya kesme deneyleri ile elde edilmektedir. Daha verimli ve ekonomik bir kazı performansı için kama tip keskinin geometrisi çok önemlidir. Bu nedenle hem keskinin mekanik dayanımını azaltmayacak hem de kesme esnasında spesifik enerjinin makul seviyede tutulabildiği bir keski geometrisinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada Konya ve civarından temin edilen 7 farklı doğal taş numunesi üzerinde çeşitli kesme koşullarında (kesme derinliği, kesme açısı, temizleme açısı vs.) 0°, 15°, 30°, 45° yanal açıları olan kama tipi keskinler kullanılarak kesme deneyleri yapılmış ve numunelerin kazılabilirlik özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada kesme ve temizleme açıları sabit tutularak yanal açıların kesme performansına olan etkileri araştırılarak optimum kesme geometrisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda keski geometrisinin spesifik enerji üzerine olan etkisi ve bu sonuçların bazı kazı makinelerinin performans tahmininde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Spesifik enerji, Yanal açı, Doğrusal Kaya Kesme, Yük hücresi, Kama Keski

ABSTRACT

Specific energy is defined as the amount of energy required to cut a unit volume of rock. Specific energy value is one of the most popular method in order to predict the efficiency of mechanical excavators. This value can be derived from small and full-scale laboratory rock cutting experiments. Chisel tool geometry is very important for more effective and economical excavation performance. For this reason it is important to determine chisel tool geometry not only reducing mechanical strength of tool but also keeping the specific energy in a suitable level during the cutting. In this study linear rock cutting tests were performed on seven different natural stone samples obtained from near Konya using cutting tools with 0°, 15°, 30° and 45° sideways angles at different cutting conditions (depth of cut, rake angle, clearance angle etc.) and cuttability properties of the samples were determined. In this study, we attempted to determine the optimum cutting geometry by investigating effect of sideways angles on cutting performance keeping constant rake and clearance angles. As a results of this study effect of chisel tool geometry on specific energy and usability of the experimental results for performance prediction of some excavation machines were investigated.

Keywords: Specific Energy, Sideways Angle, Linear Rock Cutting, Load Cell, Chisel Tool

* Arş. Grv., Selçuk Üniversitesi, Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, KONYA, aedursun@hotmail.com,

** Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, KONYA

*** Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, KONYA

1. GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde hem doğal taş sektöründeki teknolojik gelişmeler hem de inşaat sektöründe metro, karayolu ve su tüneli, yer altı deposu gibi uygulamaların hızla artması mekanize kazı sistemlerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle mekanize kazı sistemlerinde kazı performansının güvenli bir şekilde kestirimi çok önemlidir. Kazı performansının kestirimi; teknik, ekonomik olarak uygulanabilirliğin ve kazı hızlarının kestirimi olarak tanımlanabilir ve kazı işlerinin ekonomikliğini hayati derecede etkilemektedir. Bu da mekanize kazı sistemlerinde kullanılacak makinenin seçiminin kayaç özelliklerine uygun olarak yapılmasını ve bu tür makinelerin verimli çalışmasını sağlamakta ve mekanize kazıyı diğer kazı sistemlerine göre daha avantajlı duruma getirmektedir.

Makine ile kazı kayacın çeşitli keskinliklerle parçalanması esasına dayanmaktadır. Kazı işinin mekaniğini anlamak için çok çeşitli teorik, deneysel ve empirik performans modelleme çalışmaları yapılmıştır. Bir kesici uç ile kaya arasındaki etkileşimi inceleyen teorik ve deneysel çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda kayaların mekanik bir uçla kırılması mekanizmasının araştırılmasına yönelik olmuştur.

Kazı mekaniğinde yapılan deneysel çalışmalar ve empirik modelleme çalışmaları birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bu deneysel çalışmalar sonucunda teorik çalışmalar desteklenmiş ve kazı mekaniğinin temel esasları ortaya konmuştur (Fowell, Smith 1976; Smith, Fowell 1977; Roxborough,1973; Bilgin ve ark., 1988, 1990, 1996, 1997; Çopur vd. 2001). Bu çalışmalar sonucunda keski tasarım parametrelerinin kesme performansına olan etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Çeşitli kazı makinelerinin kazı hızlarının ve keski aşınmalarının tahminine yönelik olarak istatistiksel modeller geliştirilmiştir.

Spesifik enerji birim hacim kayayı kesmek için ihtiyaç duyulan enerji miktarı olarak tanımlanır ve birimi MJ/m³ veya kWh/m³ tür. Spesifik enerji değeri, mekanize kazı makinelerinin verimliliğinin tahmin edilmesinde, en geçerli metotlardan biridir. Mekanize kazı makinelerinin hızlarının basit ve ucuz yöntemlerle, tahmin edilebilmesi kazı mekaniği bilimi açısından oldukça yeni ve önemlidir. Doğrusal kayaç kesme deneylerinde, birim hacimdeki kayayı kesmek için gereken spesifik enerji değeri gerçeğe yakın bir şekilde bulunabilmektedir. Bu değer mekanize kazı makinelerinin

kazı miktarı tahmininde ve performans analizlerinde kullanılır. Mekanize kazı sistemlerinin seçimi ve tasarımı aşamasında, kazılacak olan formasyonlardan kaya blokları alınmakta ve laboratuvarında doğrusal kazı setinde kesme deneylerine tabi tutulmaktadır (Fowell, Smith 1976; Smith, Fowell 1977; Roxborough,1973; Bilgin ve ark., 1988,1990,1996,1997; Çopur vd. 2001). Spesifik enerji üzerine yapılan bu araştırmalarda genelde spesifik enerji değeri laboratuvar kesme deneyleri ile belirlenmekte ve bu değer özellikle kollu galeri açma makinelerinin performans tahmininde kullanılmaktadır. Bu alanda bilinen ilk çalışmalardan McFeat-Smith ve Fowell (1976,1977), Bilgin ve ark. (1988, 1990, 1996,1997)'nın modelleri, en iyi bilinen deneysel tahmin modelleridir. Bu çalışmalarda spesifik enerji değeri ile orta ve ağır ağırlıktaki galeri açma makinelerinin kazı hızı arasında yakın bir ilişkinin olduğu görülmüştür. McFeat-Smith ve Fowell (1977)'in çok çeşitli sedimanter kayaçlar kullanarak geliştirdikleri model, kayaçların mekanik aletlerle kesilebilirlik özelliklerinin; dokusal, bileşimsel ve mühendislik özellikleri ile ilişkisinin belirlenmesi amacıyla en sık kullanılan modellerden biridir.

Bilgin ve Shariar (1988)'de yaptıkları bir çalışmada madenlerde mekanize kazı için bir planya tezgâhı ve ölçme sisteminden oluşan bir kazı seti oluşturarak Amasra karbonifer havzasında karot ve blok numuneleri üzerinde kesme deneyleri ile fiziksel ve mekanik deneyler yapmışlardır. Kesme deneyleri sonucunda formasyonu kendi aralarında kazılabilirlik özelliğine göre sınıflandırmışlardır. Daha sonra bu formasyonlar için en uygun mekanize kazı sistemlerini tavsiye etmişlerdir.

Çopur vd. (2007) çeşitli doğal taş numuneleri üzerinde farklı yanal açılara sahip kama tipi keski kullanarak doğrusal kesme deneyleri yapmıştır. Deney sonucunda keskilere gelen kuvvetler ve birim hacimdeki kayayı kesmek için gereken spesifik enerji değerleri elde edilmiştir. Çalışma sonucunda yanal açılarının kuvvetler ve spesifik enerji değeri üzerine olan etkisini ve zincir kollu kesme makinaları ile kesme işlemini deterministik olarak simule etmek amacıyla bir seri doğrusal kesme deneyleri yapmıştır.

Çopur (2009) doğal taş numuneleri üzerinde doğrusal kesme deney seti kullanarak kesme deneyleri yapmıştır. Bu çalışmada numuneler doğrusal kesme setinde chisel tip (kama tip) keski kullanılarak farklı yanal açı (0°, 15°, 30°, 45°), kesme derinliği ve keskiler arası mesafeler-

de kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kayaçların kesilebilirliği, zincir kollu kesme makinesinin kesme karakteristiği, simetrik ve simetrik olmayan yanıl açılardan ve farklı kesme modellerinin kesme performansına etkilerini araştırılmıştır. Sonuç olarak zincir kollu kesme makinesinin performans tahmini; doğrusal kayaç kesme deneylerinin sonuçları ve kinematiğin kanunları kullanılarak tahmin edilmiştir. Deneysel çalışmaların sonuçları ve yerinde araştırmalar zincir kollu kesme makinelerinin kesme işlemlerinin doğrusal kesme deneyleri ile temsili olarak başarılı bir şekilde belirlenebileceğini göstermiştir.

İTÜ mekanizasyon laboratuvarında mevcut küçük boyutlu kesme seti kullanılarak yapılan kesme deneylerinde çeşitli doğal taş ocaklarından alınan blok mermer numuneleri üzerinde kazılabilirliği belirlemek ve zincir ile kesme işlemini simüle etmek amacıyla laboratuvarında bir seri kesme deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmada köşe kesme deneyleri üzerine araştırma yaparak, köşe kesme deneyleri sonucunda keskilere gelen kuvvetler ve birim hacimdeki kayayı kesmek için gereken spesifik enerji değerleri belirlenmiştir. Kesme deneylerinde parametreler kama tipi keski (chisel tip) kullanılmış olup, kesme parametreleri ise temizleme açısı 5° , kesme açısı -5° , keski genişliği 12,7 mm olarak belirlenmiştir. Sonuçta, küçük boyutlu kazı setinde (planya tezgâhı) doğrusal kesme deneyleri yapılarak bir zincir kesme makinesindeki köşe keskilere simüle edilmiştir. Bu çalışmada da yine planya tezgâhı kesme seti olarak kullanılmıştır (Çopur ve diğ., 2009).

Çopur (2010) zincir kollu kesme makinesi kullanılan çeşitli doğal taş ocaklarında hem ocaklarda hem de laboratuvarında çalışmalar yaparak bu makinelerin performansını araştırmıştır. Bu çalışmada çeşitli doğal taş numuneleri kazılabilirliğini belirlemek için doğrusal kesme deneyleri yapılmıştır. Deney sonucunda kayaç özellikleri ile keski performansı keski kuvvetleri arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Bu deneylerde yanıl açılıya sahip kama tipi keskilere kullanarak çeşitli kesme koşullarında kesme deneyleri yapılmış ve yanıl açılardan etkilerini incelemiş ve zincir kollu kesme makinelerinin performans tahmini için modeller oluşturmuştur.

Bu çalışmalarda öncelikle kesme parametreleri belirlenmekte ve bu parametreler göz önünde bulundurularak spesifik enerji değeri hesaplanmaktadır. Kesme parametreleri genelde kesme açısı, yanıl açı, kesme derinliği, temizleme açısı, keski genişliği, keskilere arası mesafe, kesme hızı gibi parametrelerden oluşmaktadır.

Bu çalışmamızda kesme deneyleri esnasında keski geometrisinin spesifik enerji değeri, kesme kuvveti ve pasa miktarı üzerine olan etkisi incelenmiştir. Keski geometrisi belirlenirken yanıl açı dışındaki diğer parametreler sabit tutularak yanıl açının kazılabilirlik üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Bunun için mermer, traverten ve tüflerden oluşan 7 çeşit doğal taş numunesi üzerinde doğrusal kesme deneyleri yapılarak yanıl açının spesifik enerji değeri üzerine olan etkisi incelenmiştir. Böylelikle hem harcanan enerji açısından hem de kazılan pasa miktarı açısından en uygun yanıl açı yani keski geometrisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. DOĞRUSAL KESME DENEYLERİ ve SPESİFİK ENERJİ DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

2.1. Doğrusal Kesme Deneyleri

Bu çalışmada kesme deneylerinde kullanılan kesme deney seti Fowell ve McFeat-Smith (1976), McFeat-Smith ve Fowell (1977) ve Bilgin ve Shariar (1988) tarafından kullanılan makinenin bir benzeri olan planya tezgâhidir. Bunun için Klopp marka bir planya tezgâhı modifiye edilerek yük hücresi, AC tip motor hız kontrol cihazı, akım-gerilim dönüştürücü, enerji analizörü gibi bazı ekipmanlar monte edilmiş ve kesme deneylerinde kullanılmıştır (Şekil 1).



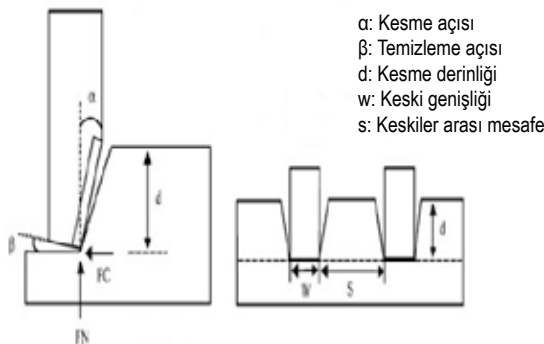
Şekil 1. Doğrusal kesme deney seti.

Kesme deneyleri Selçuk Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarında bulunan doğrusal kesme deney setinde gerçekleştirilmiştir. Bu doğrusal kesme deney seti fonksiyonel olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır. Ana gövde, hareketli başlık ve hareketli iş tablası (Şekil 1). Kesme deneyleri esnasında 30x30x10 cm boyutundaki kayaç numunesi planyanın iş tablasına yerleştirilerek başlık kısmının git-gel hareketi ile

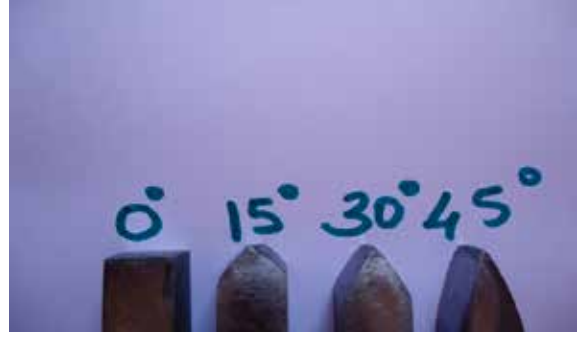
kayaç numunesi üzerine oluk açmakta böylece kesme işlemi gerçekleştirilmektedir. Deneylerde planya makinesinin tablasına yerleştirilen kayaç numunesi aşağı-yukarı ve sağa-sola hareket ettirilerek kesme derinliği ve keski arası mesafe gibi parametrelerde incelenebilmektedir.

Kesme deneylerinde keski tungsten karbürden yapılmış kama tip keskilerdir. Şekil 2'de kama tip bir keskiye ait tasarım parametreleri (keski geometrisi) verilmiştir. Keski geometrisinin kazı performansını etkilediği bilinmektedir. Keski geometrisi üzerine yapılan çalışmalar genelde kesme açısı, temizleme açısı, keski genişliği üzerine yoğunlaşmıştır. Yanal açılar üzerine yapılan çalışmalar azınlıktadır. Bu sebeple bu çalışmada yanıl açılarda kesme performansı üzerine olan etkilerinin araştırılması planlanmıştır. Şekil 3'de görüldüğü gibi her bir keskiye farklı yanıl açı (0°, 15°, 30°, 45°) verilmiştir. Kesme deneyleri esnasında bazı kesme parametreleri belirlenerek yanıl açılarda diğere parametreler sabit tutulmuştur. Bu parametreler; kesme açısı -5°, temizleme açısı 5°, kesme derinliği 2 mm, keski genişliği 12 mm, kesme hızı ~36 cm/sn, keski arası mesafe yardımsız ve veri toplama hızı 1000 Hz olarak belirlenmiştir.

Yanal açısı olmayan (0° yanıl açı) keski, kollu galeri açma makinelerinin performans tahminleri için kullanılan standart keskidir. Kesme deneyleri esnasında keski 750 kg kapasiteli yük hücresi üzerinde bulunan keski tutucuya, blok şeklindeki kayaç numuneleri iş tablasına sıkıştırma paletleri ile sıkıca sabitlenerek ayarlanır. Daha sonra kesme derinliği, keski arası mesafe, kesme hızı gibi parametreler ayarlandıktan sonra numune kesim için hazır hale getirilmektedir. Yük hücreleri veri ölçer hale getirildikten sonra ilk kesim yapılarak veri toplama kartı ve MATLAB yazılım programı yardımıyla kuvvet verileri kayıt edilir.



Şekil 2. Kama tip keskiye ait keski geometrisi (Fowell 1993).



Şekil 3. Deneylerde kullanılan keski.

2.2. Spesifik Enerji Değeri Belirlenmesi

Spesifik enerji birim hacimdeki kayayı kesmek için harcanan enerji olarak tanımlanır ve kazı/kesme sistemlerinin performanslarını hesaplamak, kıyaslamak ve optimum kesme geometrisini belirlemek için kullanılan en önemli parametrelere biridir. Spesifik enerji aşağıdaki Eşitlik 1'den hesaplanır (Roxborough, 1973);

$$SE=FC/Q \quad (1)$$

Burada,

SE spesifik enerji (MJ/m³),

FC keskiye etkiyen kesme kuvveti (kN)

Q birim kesme mesafesinde kesilen kayaç hacmi (m³/km) dir.

Bu çalışmada her kayaç numunesi için 3 defa kesme deneyi yapılarak veriler elde edilmiş ve bu 3 deneyin ortalaması alınarak spesifik enerji değeri hesaplanmıştır. Kesme deneyi sonrası kaya numunesine ait kesilmiş yüzeye ait fotoğraf Şekil 4'de verilmiştir. Kesme deneyleri sonucunda elde edilen spesifik enerji değerleri, kesme kuvvetleri ve pasa miktarı Çizelge 1, 2 ve 3' de verilmiştir.



Şekil 4. Kesilmiş kaya yüzeyi görünüşü.

Çizelge 1. Yanal Açılara Göre Spesifik Enerji Değerleri

Kayaç Adı	Spesifik Enerji Değerleri (MJ/m ³)			
	0°	15°	30°	45°
Traverten 1	28,38	81,31	79,05	74,22
Traverten 2	26,62	58,20	55,13	48,78
Traverten 3	33,81	93,27	66,12	64,55
Traverten 4	38,03	94,37	66,14	44,63
Traverten 5	43,92	100,14	87,23	85,86
Mermer	64,59	101,48	93,85	86,81
Tüf	7,34	21,15	18,13	14,73

Çizelge 2. Yanal Açılara Göre Kesme Kuvvetleri

Kayaç Adı	Kesme Kuvvetleri (kgf)			
	0°	15°	30°	45°
Traverten1	106,29	75,10	60,30	52,51
Traverten2	122,82	101,80	64,92	56,84
Traverten3	124,40	101,18	76,84	62,09
Traverten4	140,38	116,50	99,23	85,33
Traverten5	155,36	129,49	105,20	83,49
Mermer	149,74	126,38	118,27	96,91
Tüf	24,54	24,28	18,32	14,84

Çizelge 3. Yanal Açılara Göre Kazılan Pasa Ağırlığı

Kayaç Adı	Kazılan Pasa Ağırlığı (gr)			
	0°	15°	30°	45°
Traverten 1	23,37	5,74	4,77	4,41
Traverten 2	29,18	11,24	7,57	7,49
Traverten 3	25,42	7,43	7,97	6,65
Traverten 4	29,25	14,37	11,60	9,63
Traverten 5	21,35	7,99	7,04	5,78
Mermer	17,72	9,81	9,87	8,49
Tüf	7,34	5,23	4,27	4,34

2.3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

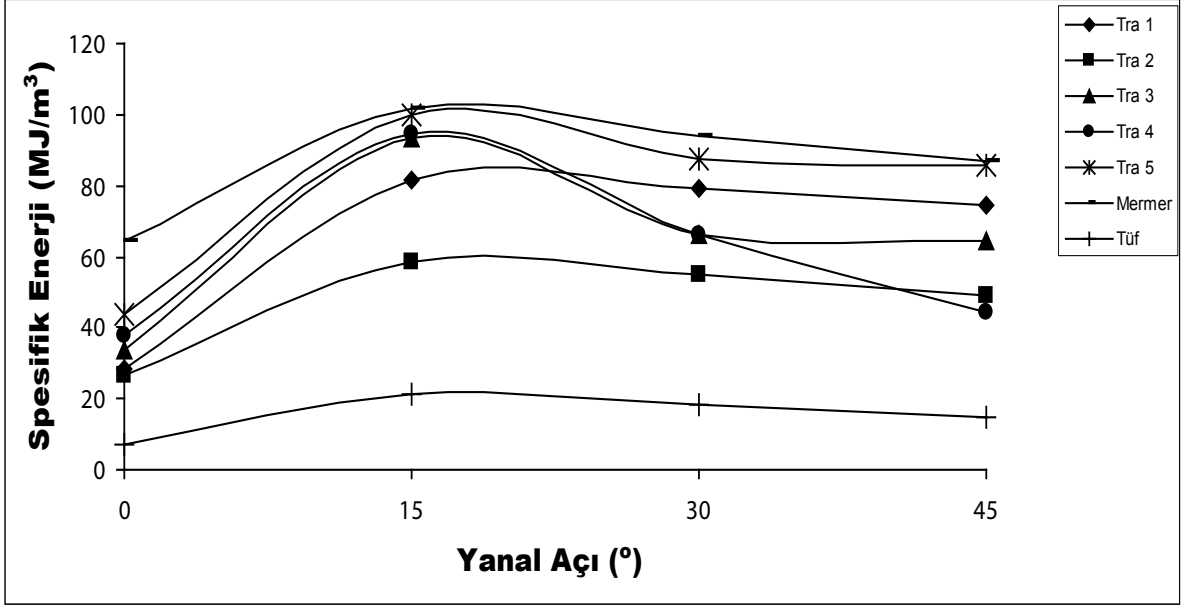
Yapılan kesme deneyleri sonucunda her bir keski geometrisi veya yanal açılar (0°, 15°, 30°, 45°) için elde ettiğimiz spesifik enerji değerleri, keski kuvvetleri ve kazılan pasa ağırlığı arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 5, 6 ve 7' de verilmektedir.

Şekil 5'de görüldüğü gibi 2 mm kesme derinliğinde, yardımsız (keskilerin birbirini etkilemediği durum) olarak yapılan kesme deneyleri sonucunda elde ettiğimiz spesifik enerji değeri en yüksekten en düşüğe doğru 15°, 30°, 45° ve 0° yanal açılı kesimler ile elde edilmiştir. Bu sıralama beklenen bir sonuçtur, çünkü keskinin teorik süpürme alanı ve keski geometrisi ile ilgilidir (Şekil 8). Bu durum kazı mekaniği açısından beklenen bir eğilimdir. Ayrıca burada keski yanal açısının yanında kayaç sökülme açısının da etkili olduğu söylenebilir.

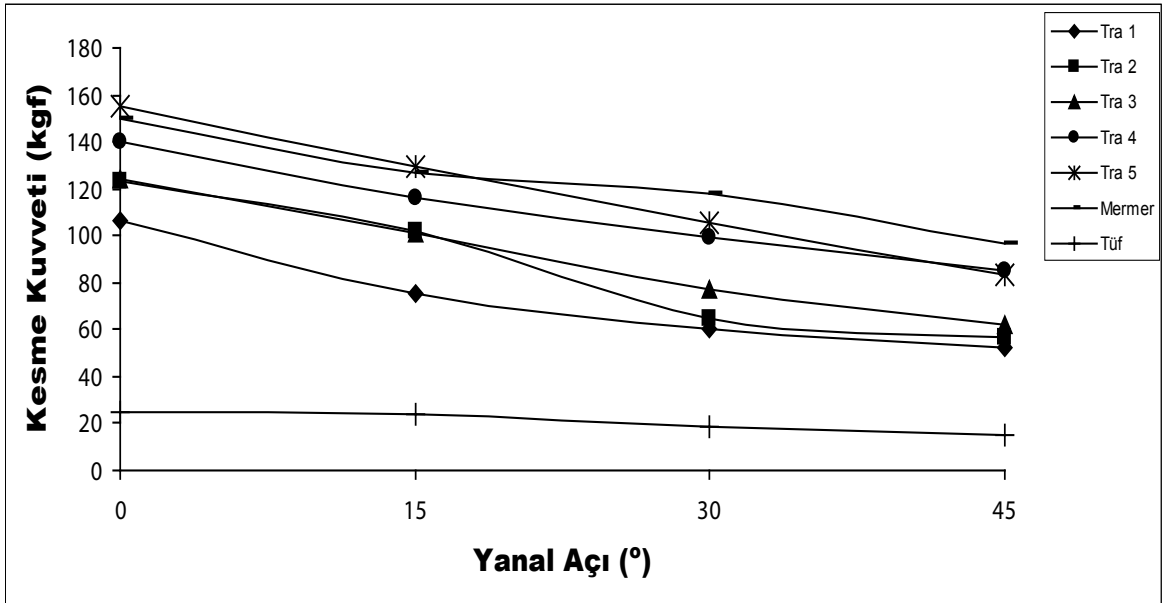
Şekil 6'de görüldüğü gibi kesme kuvveti, keski geometrisi göz önünde bulundurularak teorik süpürme alanına ve keski yanal açısına bağlı olarak yüksekten düşüğe doğru 0°, 15°, 30° ve 45° yanal açılı kesimler ile elde edilmiştir. Aynı durum Şekil 7'de pasa ağırlığı ile yanal açılar arasında da görülmektedir. Burada kazılan pasa miktarı yüksekten düşüğe doğru 0°, 15°, 30° ve 45° yanal açılı kesimler ile elde edilmiştir.

Şekil 8'de görülen teorik süpürme alanı göz önünde bulundurulduğunda yanal açılar ile Şekil 5, 6 ve 7'de görülen keski kuvvetleri, spesifik enerji değerleri ve pasa ağırlıkları arasındaki ilişki keskinin teorik süpürme alanına ve keski geometrisi ile ilgilidir.

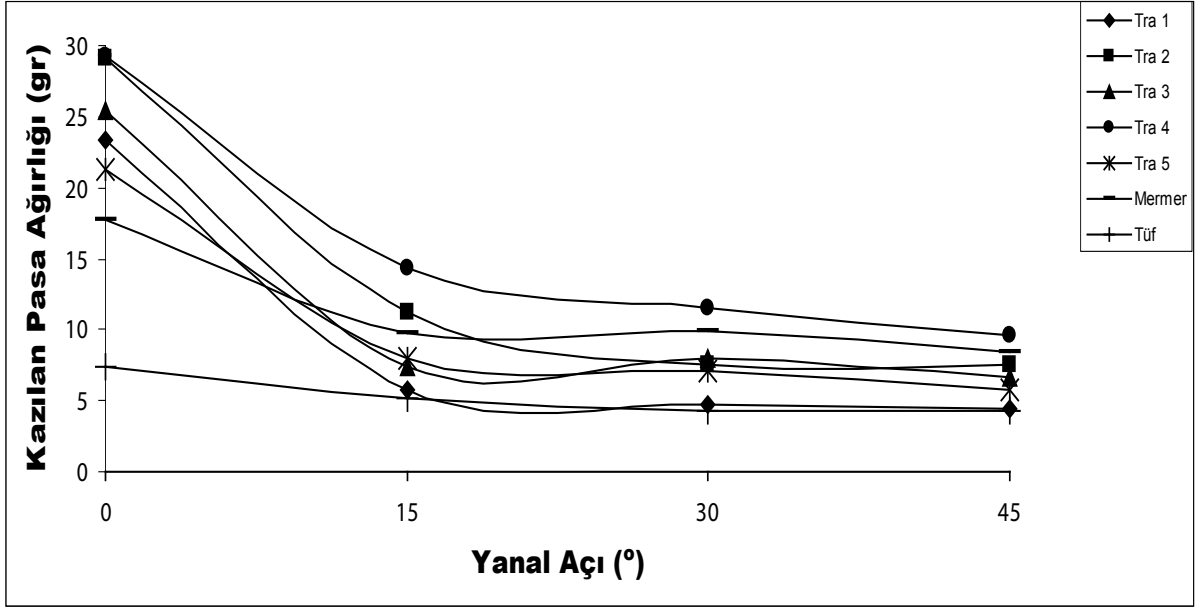
Deney sonuçlarına göre kesme kuvvetleri ve spesifik enerji değerlerinin genel olarak kazı mekaniği prensiplerine uygun olduğu görülmektedir. Bu durum, küçük boyutlu doğrusal kesme deneylerinin kollu galeri açma makineleri ve benzeri kazı makinelerinin performansının tahmin edilebilmesine olanak sağlamaktadır.



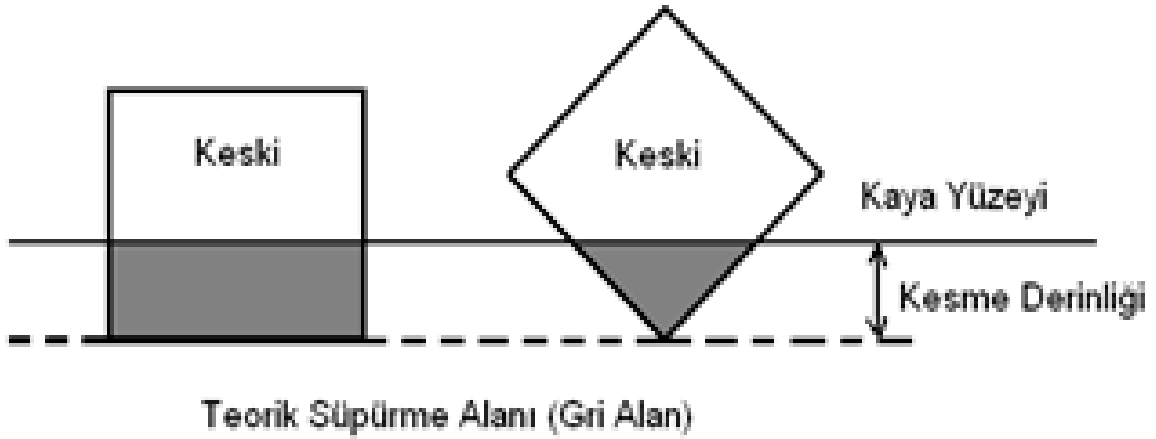
Şekil 5. Spesifik enerji değerleri ile yanal açı arasındaki ilişki.



Şekil 6. Kesme kuvvetleri ile yanal açı arasındaki ilişki.



Şekil 7. Kazılan pasa ağırlığı ile yanal açı arasındaki ilişki.



Şekil 8. Keski geometrisine bağlı keskinin teorik süpürme alanı (Çopur, 2009).

3. SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre keski geometrisine bağlı olarak performans tahmini yapılabileceği görülmektedir. Farklı doğal taş numuneleri kullanılarak optimum kesme geometrisi belirlenmeye çalışılmış ve en uygun keski geometrisi ile kazı yapılmasına ön bir çalışma olmuştur.

Sonuçta keski geometrisinin spesifik enerji üzerine olan etkisi görülmüş ve bu durumun ileride kama tipi keski kullanılan kazı makinelerinin daha verimli kazı yapmalarına bir ön çalışma olacağını göstermiştir. Özellikle kama tipi keski kullanılan kollu galeri açma makineleri gibi kazı makineleri ile doğal taş sektöründe kullanılan zincirli kesme makinelerinin performans tahmininde, makine seçimi, tasarımı ve fizibilite çalışmaları bu deney sonuçları kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Bilgin N, Shahriar K, 1988; "Madenlerde Mekanize Kazı İçin Bir Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve Amasra Karbonifer Havzasına Uygulanışı", *Türkiye 6. Kömür Kongresi*, s.13-29.

Bilgin N, Seyrek T, Erdinc E, and Shahriar K, 1990; "Roadheaders clean valuable tips for İstanbul Metro", *Tunnels and Tunneling*, Oct., pp. 29-32.

Bilgin N, Yazıcı S, and Eskikaya S, 1996; "A model to predict the performance of roadheaders and impact hammers in tunnel drivages", *Proceedings, Eurock '96*, Balkema, pp. 715-720.

Bilgin N, Kuzu C and Eskikaya S, 1997; "Cutting performance of rock hammers and roadheaders in İstanbul Metro drivages", *Pro. Word Tunnel Congress'97, Tunnels for People*, Balkema, pp. 455-460.

Çopur H, Tunçdemir H, Bilgin N, and Dinçer T, 2001; "Specific energy as a criterion for use of rapid excavation systems in Turkish mines", *Trans. Inst. Min. Metall.-Section A*, Vol. 110, pp. A149-157.

Çopur H, Balcı C, Bilgin, N, Tumaç D, Düzyol İ, 2007; "Doğal taş madencilğinde kullanılan zincirli kesme makinelerinin performansı", *Türkiye 1. Maden Makinaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s.37-46, Kütahya.

Çopur H., 2009; "Linear stone cutting tests with chisel tools identification of cutting principles and predicting performance of chain saw machines", *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol.47, No 1, January 2010, Pages 104-120.

Çopur H, Balcı C., Tumaç D., Bilgin, N., 2009; "Zincirli kesme makinelerinin performans tahminine yönelik yapılan köşe kesme deneyleri ve yorumu", *Türkiye 2. Maden Makinaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s.79-91, Zonguldak.

Fowell R.J. and McFeat-Smith I., 1976; "Factors influencing the cutting performance of a selective tunnelling machine", In: *Int. Tunnelling '76 Symp.* London, 1-5 March, pp. 301-318.

Fowell R.J., 1993; "The mechanics of rock cutting", *Compressive Rock Engineering*, ed J.A Hudson, Vol.4, Permagon, pp: 155-176.

Mc Feat-Smith and Fowell R.J., 1977; "Correlation of Rock Properties and the Cutting Performance of Tunnelling Machines", *Proceedings of a Conference on Rock Engineering*, CORE-UK, Conference organized jointly by the British Geotechnical Society and Department of Mining Engineering, The University of Newcastle upon Tyne, pp: 581-602.

Mc Feat-Smith, 1977; "Rock property testing for the assessment of tunneling machine performance", *Tunnels and Tunneling*, pp: 29-33, March.

Mc Feat-Smith and Fowell R.J, 1979; "The Selection and Application of Roadheaders for Rock Tunneling", *Proc 4 th Rapid Excavation and Tunneling Conference Atlanta*, pp. 261-279, AIME, Newyork.

Roxborough, F.F., 1973; "Cutting rock with picks", *The Mining Engineer*, June, pp. 445-452.

Bu Makale 13 – 15 Aralık 2012 tarihinde Afyonkarahisar'da düzenlenen MERSEM 2012 – 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuştur.