

**MADENLERDE VE TÜNELLERDE KAZI MEKANİZASYONU ARAŞTIRMALARI İÇİN
GELİŞTİRİLEN BİR DENEY SETİNİN TANITILMASI**

**INTRODUCTION OF A TEST RIG FOR THE INVESTIGATION OF MECHANICAL CUTTING IN
MINES AND TUNNELS**

N. BİLGİN, S. YAZICI, H. ERGİN ve Ş. ESKİKAYA
İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET: Bu bildiri de gerçek boyutlu keskinlerin tasarım parametrelerinin test edilebileceği, İTÜ Maden Fakültesi'nde kurulan doğrusal kazı setinin (LCM) yapısal, hidrolik ve veri erişim sistemleri tanıtılmıştır. Günümüzdeki kazı teknolojisinin ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanan kazı seti yatayda 150 kN ve düşeyde 500 kN'lık kuvvetlere dayanıklıdır. Numune kutusu 380 mm/sn hıza kadar hareket edebilmekte, kesme derinliği ise 200 mm derinliğe kadar kademeli olarak ayarlanabilmektedir. Dinamometresi strain gaugeli yastık tiplidir ve bununla 750 kN'a kadar kuvvetler ölçülmektedir.

ABSTRACT: The linear cutting machine (LCM) where the design parameters of life size cutters can be investigated is built in ITU Mining Faculty. This paper introduces the structural, hydraulic design and data acquisition system of the LCM. LCM can take up to 500 kN normal and 150 kN cutting forces is designed according to the needs of the present tunnel boring technology. The maximum cutting speed can increase up to 380 mm/sec and the depth of cut can be adjusted in 200 mm down the rock specimen. The force dynamometer is strain gauge pillar-type which can bear up to 750 kN normal forces.

1. GİP'tS

Yirmibirinci yüzyıla girerken, gerek madencilik, gerekse de inşaat sektöründe yeraltı yapılarının büyük bir hızla açılması ve insanlığın hizmetine girmesi daha rahat ve refah bir yaşam ortamı için kaçınılmaz bir olgu gibi görünmektedir. Dttnya'da açık işletme yöntemiyle alınabilecek rezervler arak tükenme durumuna gelmiş ve yeraltı işletmeciliğine geçiş hızlanmıştır. Güney Afrika örneğinde olduğu gibi 3000 m'ye ulaşan üretim derinliği ise teknolojik sınırlan zorlamaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak cevher fiyatlarında görülen ani değişimler ise inşili çıkışlı talebi karşılamak üzere gerektiğinde hızlı üretim yapılabilen küçük, ama üretim konsantrasyonunun yüksek olduğu mekanize sistemlerin kullanılmasını daha da gerekli kılmaktadır. Bugün sanayileşmenin çok yoğun olduğu büyük kentlerde nüfus artışı o kadar büyük boyutlara gelmiştir ki, elektrik, su, kanalizasyon ve ulaşım sorunu yerel yönetimlerin adeta korkulu bir rüyası gibidir. Bütün bu sorunların çözümü için,

açılması gerekli olan yer alo boşluklarının çok hızlı olarak tamamlanması en akılcı çözüm olarak gözükmekte, bu da emniyetli ve daha hızlı mekanize sistemlerin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Mekanize kazı sistemlerinde seçimin kayaç kütlesi ve çevre özelliklerine uygun olarak yapılmaması, düşünüldüğünün tam tersi bir durum meydana getirebilmekte ve işin bitim süresini tahmin edilenin çok üzerine çıkabilmektedir. İşte bu nedenlerdir ki kazı mekaniği biliminin çok daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan araştırmalara son on senedir ağırlık verilmiştir. Mekanize kazının ilk yıllarından beri bazı tünel açıcı firmalar ve makina imalatçıları araziye laboratuvar olarak kabul etmiş ve deneme yanılma ile kendi deneyimlerini kazanmışlardır. Ne yazık ki, bu türlü bilgiler firma bilgisi (know-how) sayılıp paylaşılmamaktadır. Bunun aksine, gelişmiş ülkelerin saydı üniversite ve araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirilen kesme deneyleri ile kazı makinası tasarım, seçim ve yeniden tasannu daha bilimsel bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Laboratuvar da kaya kesme çeşitli yöntemlerle

yapılmakta, döner tamburlu kesiciler, minyatür kesme kafalan ve en yaygın olarak da doğrusal kesim yapan makineler (LCM) kullanılmaktadır. Bu çerçevede NATO Bilim için istikrar Programı'nın (SfS) katkısıyla İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde büyük bir araştırma merkezinin kurulmasına başlanmış ve bu konuda kayda değer bir ilerleme kat edilmiştir. Bu makalede bu çerçevede geliştirilen bir doğrusal kazı seti ayrıntılı anlatılmış ve araştırma programına da kısaca değinilmiştir.

2. ARAŞTIRMA PROGRAMI

NATO Bilim için istikrar Programı çerçevesinde, Türkiye'de gerek inşaat gerekse de Madencilik Sektöründe mekanize açılan ve açılması düşünülen yeraltı boşlukları (bilhassa tüneller) hakkında bilgi toplanacaktır. Arazide kesici makina performansı, yerinde kazılabilirlik, in-situ kazılabilirlik deneyleri, kaya sınıflaması, laboratuvarında kayacın mekanik özellikleri, doğrusal ve döner kesme deneyleri, bilgisayarda sayısal modelleme ve veri tabanı oluşturma projedeki başlıca çalışma konularını içermektedir (Eskikaya vd., 1994).

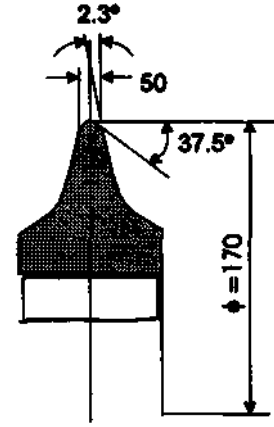
Tam boyutta gerçek keskinlerin kullanılacağı deneylerin yapılabileceği bir pilot kazı seti ilk aşamada tasarlanmıştır ve inşa edilmiştir. Bu kazı setinde başlıca keskinlere gelen kuvvetler ölçülecek, keskinin taradığı hacim bulunacak ve spesifik enerji belirlenecektir. Tali olarak da keski aşınması, kesilen kayaç boyutu özellikleri, kesme esnasında ortaya çıkan toz ve ses ilerde ölçülecektir. Bundan önce keskinlere ait yapısal ve geometrik birçok parametre araştırılmış olduğundan bu araştırma programında sadece günümüzde ilgi konusu olanlar üzerinde durulacaktır, bunlar da aşağıda verilmiştir.

2.1. Değişik Keskinlerin Test Edilmesi ve Verimliliklerinin Karşılaştırılması

Disk keskinler tam cephe tünel (TBM) açma makinelerinin vazgeçilmez unsurlarıdır. Makine ilerleme hızını arttırmak için, bir keskiye gelebilecek bastırma kuvvetinin artırılması ve buna bağlı olarak kesme derinliğinin üst sınırlarda tutulması gereklidir. Bu da ancak diskin döndüğü yatağın alarım, dolayısıyla disk çapını arttırmakla mümkün olabilir. Fiyatları 2000 U.S.\$ civarında olan, ağırlıkları 150-300 kg'a kadar çıkan ve çapları 45 cm'ye kadar ulaşan sivri uçlu diskler imal edilmişler ve uygulama

alanı da bulmuşlardır. Bu keskinlerin ömürlerini arttırmak için Şekil 1'de gösterilen sabit kesit alanlı (CCS) diskler, diğer disklerin yerini almaktadır.

Kollu galeri açma makinelerinin (roadheader) daha sert formasyonlarda kazı yapabilmeleri için uzay teknolojilerinden yararlanılarak iğne yataklı mini diskler geliştirilmiş ve pilot uygulamalarda büyük başarılar sağlanmıştır (Özdemir, 1994). ABD Bureau of Mines tarafından geliştirilen konik keskinler ise kazı makinelerinin verimliliklerini artırıcı yönde ümit veren diğer keskinlerdir (Larson vd., 1991). Yeni geliştirilen tüm bu keskinlerin veya şimdiye kadar kullanılan diğer keskinlerin farklı formasyonda davranışlarının araştırılması, keskinlere gelen yüklerin bulunması, verimliliklerinin karşılaştırılması ve aşınma - eskime özelliklerinin belirlenmesi ancak bu bildiride sözü geçen tam boyutta deneyleri yapılabileceği kazı setiyle mümkün olabilecektir.



Şekil 1. Bir Sabit Kesit Alanlı Disk (CCS) Ucunun Kesit Görünüşü

2.2. Yeni Geliştirilen Kesme Teorilerinin Geçerliliklerinin Araştırılması

Kazı mekaniği, son otuz yıldır gelişme eğilimi gösteren yeni bir bilim dalıdır ve halen de kazı mekaniğine hükmeden kurallar tam anlaşılmuş değildir. Örneğin orta sert ve sen formasyonlarda konik keskinlerin davranışlarını tam açıklayan ve evrensel kabul görmüş bir teori mevcut değildir. Sabit kesit alanlı diskler ve konik keskinler gibi yeni geliştirilen keskinlerde tasarım parametrelerinin kesme derinliği ve spesifik enerji üzerindeki etkisi ise teorik olarak tam açıklanamamaktadır. Söz konusu pilot

kazı seti, teorik olarak yapılacak çalışmaların geçerliliğinin test edilebileceği imkanı sağlayacaktır.

2.3. Kan Makinası Tasarım tikelinin Araştırılması

Bir kazı makinesi sipariş edilmeden, kazı yapacağı formasyonda pilot deneylerin yapılması doğru seçim için vazgeçilmez bir ilkedir. O formasyonda hangi keski kullanılmaldır, bu keskiyerin birbirlerine göre dizilimleri, uzaysal konumlan ve bu durumda döner kafayı hareket ettirecek tahrik motorlarının gücü ne olmalıdır? Optimum enerji gereksinimini sağlayacak keski derinliği ve buna bağlı olarak itme silindirlerinin arına basınçları ne olmalıdır? Bütün bu sorulara LCM'de gerçekleştirilecek deneylerle doğru cevap bulunabilecektir.

2.4. Seçilen Makine ile Elde Edilen Kaa Hızlarının Tahmini

Net kazı hızının kestirimi pilot kazı setinde gerçek keskiyer ile kayaç bloklarının kesimi sırasında belirlenen optimum özgül enerji (spesifik enerji) ile yapılabilir. Bir çok tünel açan firmanın fizibilite çalışmalarında gereksinim duyduğu net kazı hızı ise

$$Y(m^3/h) = G(kw)/SE(kwh/m^3) \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıda, Y deneyin yapıldığı keskiyerle donatılmış kesici makinenin sağlayabileceği net kazı hızıdır. Günlük ilerleme hızının bulunması için ise günlük çalışma vardiyası ve makineden faydalanma oram göz önüne alınmalıdır. G, makinenin kazı gücü, SE ise laboratuvar tam boyut kesme deneylerinden elde edilen spesifik enerji değeridir.

3. DOĞRUSAL KESME MAKİNALARI VE TASARIM İLKELERİ

Doğrusal kesme makinası gerçek büyüklükte bir keskiyeri kayaç üzerinde belirli bir mesafe sürüyerek, kazıyı benzeşimleyen ve keskiye gelen yükleri bir dinamometre vasıtasıyla kayıt eden bir aygıttır (Şekil 2). Kazı mekaniğinin gelişmesinin ilk yıllarında metal işleme vargelleri, kazı deney seti haline dönüştürülmüşlerdir. Fakat vargellerin yapısal olarak 100 kN'luk yüklere dayanmaları nedeniyle özel doğrusal kazı makinaları inşaa edilmiştir. Çizelge

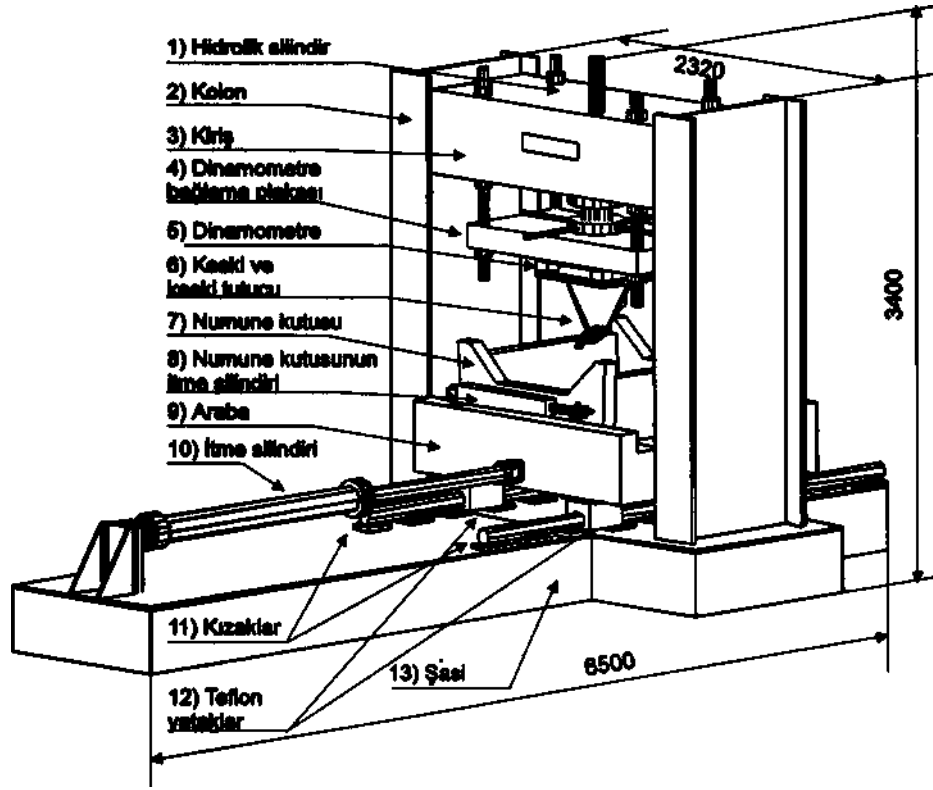
l'de Dünyada kurulmuş LCM'lerin bir listesi verilmiştir.

LCM'lerin en önemli tasarım parametresi maksimum dikey kuvvettir, bu 500-600 kN'a kadar çıkmaktadır. Diğer bir tasarım parametresi de keski ve dinamometrenin takımının veya kayaç numunesinin hareketli olmasıdır. Bir ton üzerindeki kaya kütlelerini hareket ettirmekten dinamometre takımını hareket ettirmenin daha kolay olduğu açıkür ancak hassas elektronik bir cihaz olan dinamometrenin hareket sisteminin iyi bir işçilikle inşaa gereklidir. Genellikle LCM'ler derinlik ayam olarak çalışır, sabit kesme derinliğinde ortaya çıkan kuvvetler ölçülür. Baskı kuvvetini sabit tutup, kesme sırasında kesme derinliğinin ölçülmesi arazi koşullarına daha uygun olsa da, keskinin yumuşak kayaya rastladığında kayaca daha fazla batması aşn titreşim yaratmaktadır.

4. İTÜ'DEKİ DOĞRUSAL KESME SETİNİN TANITILMASI

4.1 Doğrusal Kazı setinin Yapısı ve Özellikleri

Doğrusal kazı seti ana gövde, kesme kutuları, keski tutuculan, dinamometre ve çeşidi elektronik aygıtlardan oluşan yaklaşık 12 ton ağırlığında bir laboratuvar aletidir (Şekil 2). Ana gövde kolonlar (Şek. 2, no. 2), giriş (Şek. 2, no. 3), keski tutucusu bağlama sistemi (Şek. 2, no. 1, 4, S, 6), araba (Şek. 2, no. 9), numune kutusunu hareket ettiren iki küçük hidrolik silindir (Şek. 2, no. 8) ve arabayı iten büyük hidrolik silindirden (Şek. 2, no. 10) oluşur. Aletin boyudan 6500 x 3000 x 3400 mm'dir. Kolonlardaki I profilleri 1-1050 ve girişdeki T profilleri 500'lükdür. Gövde 1-380 profilinden yapılmış bir şasi üzerine oturur. Krişin alanda dinamometre ve keski tutucusunu taşıyan bir plaka mevcuttur. Bu plaka krişe 0200/0100 x 345'lik bir hidrolik silindir (Şek. 2, no. 1) ile ve 070 çapında dört adet mil ile bağlanmıştır. Kesme derinliğinin ayarlanması için keski tutucusu bağlama sistemini yukarı aşağı hareket ettiren bu silindir üzerine dış açılmış ve dinamometre bağlama plakasına 0350 çapında bir somun ile sabitleştirilmiştir. Şasi üzerindeki 3500 mm'lik 100 mm çapındaki kızaklar (Şek. 2, no. 11) St-70 çeliğinden yapılmış, üzerleri krom kaplanmıştır. Numune kutusunu (Şek. 2, no. 7) taşıyan araba kızaklar üzerinde dört adet grafitli teflon yatak (Şek. 2, no. 12) ile durmaktadır. Araba üzerinde numune kutusunu sağa sola hareket ettiren 063/036 x 600 mm'lik hidrolik silindirler



Şekil 2. İTÜ'de kurulan doğrusal kazı setinin perspektif görünüşü

(Şek. 2, no. 8) mevcuttu* Arabaya hareketi veren şasi üzerine oturmuş 0140/0100 x 1600'lük bir hidrolik silindir sağlamaktadır (Şek. 2, no. 10).

Gövdenin taşıyacağı maksimum dikey kuvvet 500 kN, toleransı ile birlikte 730 kN, kesme (itme) kuvveti ve yanal kuvvet 150 kN'dir. Kazı seti üç kademede 127, 254 ve 381 mm/sn hızlarda kesme yapabilecek şekilde tasarlanmıştır, fakat istenildiğinde ara hızlarda elde edilebilmektedir.

1250 x 500 x 1400 boyutundaki numune kutusu 1000 x 500 x 1200 boyutundaki bir kaya numunesini alabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kaya numunesi numune kutusu içinde etrafına dökülen beton ile sabit tutulabilmektedir. Kesme kutusunun ağırlığı numune ile birlikte 2.5 ton'a yaklaştığından ancak bir forklift ile kaldırılıp taşınabilmektedir. Kesme derinliği dinamometre bağlama plakasının hidrolik silindir ile 6.4 mm/sn hızla, 250 mm boyutuna kadar değiştirilebilmektedir. Kaya numunesi her deneyden sonra küçük yanal itme silindirlere vasıtasıyla 30 mm/sn hızla sağa sola keskinin yeni bir yüzey üzerine

getirilebilmesi için hareket ettirilmektedir. Böylece 1000 mm kesme boyunda, 5 mm kesme derinliği ve 20 mm kesme aralığı ile bir numune üzerinde koni uçlu keskiyle yaklaşık 400 adete kadar deney yapılabilmektedir.

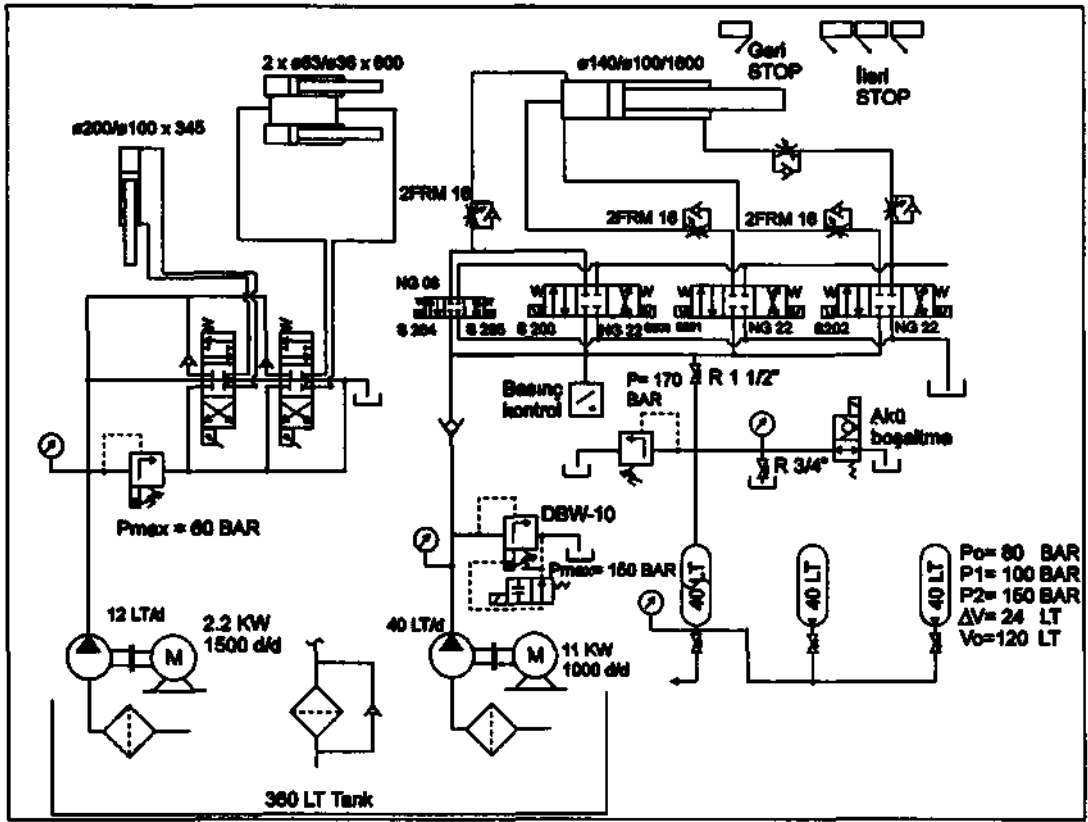
4.2 Doğrusal Kazı setinin Hidrolik Devresi

Hidrolik sistem, iki elektrik motoru tahrikli hidrolik pompa, akü, gaz depolan ve hidrolik silindirlere içerir (Şekil 3). Arabayı 380 mm/sn hızla kadar iten hidrolik silindire, akü vasıtasıyla yağ sağlayan pompa 1000 d/d , 40 lt/dak, 100 bar çalışma basınçlı ve 11 kW ile tahriklidir. Keski takımına kesme derinliği vermek üzere hareket ettiren silindire (Şek. 2, no. 1) ve numune kutularını iten hidrolik silindirlere (Şek. 2, no. 8) yağ sağlayan pompa 1500 d/d, 12 lt/dak debili, 50 bar çalışma basınçlı ve 2.2 kW tahriklidir.

Çizelge 1. Doğrusal kesme yapan laboratuvar kazı makinaları

Yeri	Kaynak ve takribi kurulma tarihi	Maks. dikey kuvvet (kN)	Maks. yatay kuvvet (kN)	Hizsinulan (m/s)	Kesme sistemi	Hareket sistemi	Ölçme sistemi	Kayaç boyundan (m)	Ekipmanlar
İngiltere, New Castle upon Tyne Üniversitesi	(Bilgin, 1977), 1970	100	50	0.13-0.63	DA	UH	3 eksenli strain gauge	0.5x0.5x0.3	Mekanik, Vargel sistemi
Fransa, CHERCHAR	(Nizamoglu, 1978), 1973	300	-	-	DA	ÜH		1.3x0.8x0.8	Hidrolik tahrik, 3000 kN/mm rijitlik
Amerika, Colorado School Mines	(Özdemir, 1994), 1975	400	150	0-4	DA	MH	3 eksenli strain gauge	1 x 1.25 x 0.5	Hidrolik, biriktiricili, hız ayar servo valfi
İngiltere, New Castle upon Tyne Üniversitesi	(Rispi vd., 1973), 1971	500	500	-	DA	UH	3 eksenli strain gauge	1.5x1.5x1.5	Hidrolik, biriktiricili, hız ayar valili
İngiltere, TRRL	(Snowdon vd., 1982), 1978	500	125,25 kN yanal	-	DA	ÜH	3 eksenli strain gauge	1 x 1 x 1	Hidrolik tahrik, 75 kW, 147 kN/mm rijitlik
Amerika, BUMINES Twin Cities Center	(Rad, 1973), 1970	135	66.6	-1.25	BA	ÜH	strain gauge	1.5x1.5x0.6	Hidrolik 11.2 kW
Almanya, Bochum Univ.	(Kutter vd., 1982), 1980	150	75	0-0.4	DA	ÜH	3 eksenli yük hücresi	0.5x0.4x0.4	Hidrolik tahrik, 106 kN/mm dikey, 104 kN yanal rijitlik, yassı veren ile kaya sabitlenir
Amerika, BUMINES Twin Cities	(Roepke vd., 1983), 1980	18	18	0.04 -1.7	DA	MH	3 eksenli strain gauge	0.33x0.25x0.20	Kömür kesme sistemi
Güney Afrika	(Fenn, 1982), 1980	-	-	-1	DA	MH	3 eksenli strain gauge	1 x 1 x 1	Hidrolik tahrikli, Şu anda Avustralyadadır.
Amerika, BUMINES Twin Cities Center	(Roepke vd., 1983), 1983	27	-	0.025-4.1	DA	UH	3 eksenli piezoelektrik	1.06 x 1.52	Kömür kesme sistemi, Mekanik 7.5 kW, Vargel
Türkiye, ODTU, Maden Bölümü	(Karpuz vd., 1986), 1985	100	50	-	DA	ÜH	3 eksenli strain gauge	0.5x0.5x0.3	Mekanik, Vargel sistemi
Türkiye, İTÜ Maden Fak	(Bügin, 1987), 1987	10	5	0.13-0.63	DA	ÜH	Piezoelektrik	0.3x0.4x0.5	Vargel sistemi, 18 kW
Türkiye, İTÜ Maden Fak	(-), 1995	750	150	0-0.38	DA	MH	3 eksenli strain gauge	1x1.25x0.5	Hidrolik, biriktiricili, 10 kW

Kısaltmalar DA: Derinlik ayarlı, BA: Basınç ayarlı, ÜH: Üst hareketli, MH: Masa hareketli



Şekil 3. Doğrusal kazı setinin hidrolik devre planı

liri ton ağırlığındaki numune kutusunu ve altındaki arabayı kızaklar üzerinde maksimum 380 mm/sn hızla hareket ettirmek için yaklaşık 90 kW güce ihtiyaç vardı. Ancak doğrusal kazı seti endüstriyel anlamda bir makina olmadığı için enerjiyi biriktirip kullanmak daha avantajlı olmuştur. Bunun için bir akümülatör sistemi kullanılmış ve sadece 11 kW'lık bir elektrik motoru yeterli bulunmuştur. 40 lt hacimli bu akümülatörde hidrolik yağı sıkıştırmak için iki adet 40 lt'lik tüpden beslenen azot gazı kullanılmıştır.

Kazı setinin üç kademede 127, 234 ve 381 mm/sn de kesme yapabilmesi için aküden sırasıyla 114, 228 ve 343 lt/dak debide yağın itme silindirine aktarılması gereklidir. Sabit debileri elde etmek için Rexroth firmasının 2FRM 16'lık üç adet hız ayar valfi kullanılmıştır. Bu valfların biri devreyken ilk kademe hızı, ikisi devreyken ikinci kademe ve benzer şekilde üçüncü kademe hızı ulaşmaktadır. Sabit debili valfların kontrolü ise yine Rexroth'un NG 22 yol valfları ile sağlanmıştır. Her grup valf itme silindirine aynı bir hortumla bağlanmıştır. Sisteme

ayrıca emniyet, yön denetim varları ve manometreler ilave edilmiştir.

4.3 Kontrol, Dinamometre ve Veri Erisim Sistemi

Doğrusal kazı setinin hareket kontrol sistemi ile veri erişim sistemleri birbirlerinden bağımsız olarak tasarlanmıştır. Numune kutusunun hareketini sağlayan valflar ve hız ayarları endüstriyel boyutlu bir PLC (Programmable Logic Control) sistemi ile gerçekleştirildiği halde veri erişim sistemi PC bazlı olarak seçilmiştir. Kesme derinliğini ayarlayan hidrolik silindir ve numune kutusunu yanal yönde ilerleten küçük hidrolik silindirler ise hidrolik valflarla, elle kumanda edilmektedir. Bu küçük sistemlerin hareketleri herhangi bir güç çevricisi (transducer) ile denetlenmemektedir.

Doğrusal kazı setinden elde edilecek en önemli bilgi keskiye üç yönde gelecek kuvvetlerdir. Kuvvetlerin ölçülmesi amacıyla önce 500 kN normal kuvvetlere dayanıklı bir piezoelektrik dinamometre

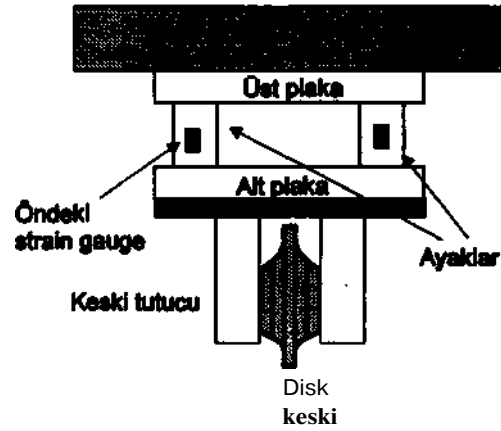
kullanılması düşünülmüş fakat daha sonra, çok pahalı bulunması nedeniyle yastık (pillar type) tipli strain gaugeli bir dinamometrenin yaptırılmasına karar verilmiştir. Bu tip dinamometrelerin daha önce keskilere gelen kuvvetlerin belirlenmesinde kullanıldığı çeşitli kaynaklarda not edilmiştir (Hanna, 1985). Bu çalışma için düşük kuvvetler (100 kN) ve yüksek kuvvetler (750 kN) için iki ayrı dinamometre, yüksek mukavemetli uçak alüminyumundan monoblok gövdeden işlenerek Colorado School of Mines-Earth Mechanics and Excavation Engineering Institute'da yaptırılmıştır (Şekil 4). Dinamometrenin üst ve alt plakasını birleştiren dört ayağına birer Wheatstone köprüsü oluşturacak strain gauge takımı yerleştirilmiştir. Bu sayede ön ve arka ayakların farkı kesme, yan ayakların farkı yan ve tüm ayaklara gelen kuvvetin ortalaması, normal kuvvet olarak hesaplanabilmektedir.

Keski kuvvetleri (statin gauge ile) ve kesme hızının (LVDT ile) kaydının sayısal olarak yapılması amaçlanmıştır. Bu sebeple Keithley firmasının IBM-PC uyumlu bilgisayarlar için ürettiği bilgisayardan bağımsız bir şasiye oturmış bir veri toplama aygıtı (Veri toplama kutusu) kullanılmıştır (.....1994). Seri 500 - veri toplama kutusu bir analog dijital (AMM2), bir LVDT sinyal toplayışı (500-AIM9), Od adet strain gauge voltaj sağlayıcısı (500-AIM8) ve güc ünitesini içerir. Kaya kesmede karşılaşılan kuvvet değişim frekansı 1000 Hz'den az olduğundan bunun iki - üç katı kadar yüksek bir frekans ile strain gaugelerin örnekleme yapılmaktadır. Sekiz kanallı, 16 bit'lik, analog dijital çevirme (A/D) kartı bu sebepten dolayı toplam 50000 Hz frekanslı olarak seçilmiştir. Karon dinamometreden artan dört fazla kanalı ise ilerde keskilere üzerine yerleştirilecek strain gaugeler için kullanılacaktır. A/D kartı yazılım ile 1 - 10 arası yükseltme yapabilmektedir, 0 - 10 V akımlara uygun, +30 V'a kadar toleranslıdır.

Veri toplama kutusu IBM-uyumlu bir bilgisayara bir ISA kam ile bağlanmıştır. Toplam örnek sayısına 2 MB RAM hafıza yeterli olduğu halde ilerde daha fazla kanallı ve uzun süreli örnekleme yapılabileceğinden 16 MB RAM hafızalı, 500 MB sabit sürücülü, 486-66 tipi bir bilgisayar seçilmiştir. Ayrıca verileri depolamak için 250 MB'lik bir teyp ünitesi ve bir lazer yazıcı da sisteme ilave edilmiştir.

Veriler veri toplama kutusundan doğrudan bilgisayarın RAM hafızasına yüklenmektedir. Veri toplama kutusuna uygun olarak yine Keithley firmasının DOS için geliştirilmiş hazır programları kullanılacaktır. Bu programlar ham veriyi WINDOWS alanda çalışan bir tablo programına aktaracak, bu programda yazılmış makrolar ile strain

gauge sinyalleri önce voltaj değerinden kuvvete dönüştürülecek sonra da dik, yatay ve düşey bileşenlere ayrılacak ve istatistiksel değerlendirme yapılabilecektir.



Şekil 4. Dinamometre ve keski tutucunun şematik görünüşü

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Günümüzdeki kazı teknolojisinin ihtiyaçlarına göre tasarlanan doğrusal kazı seti toleransı ile birlikte 750 kN'luk yüklere dayanabilecektir. Arazide bir disk üzerine gelen normal yükler yatakların dayanımı ile yani 250 kN ile sınırlıdır. Böylece kazı setinde ikiden fazla keskinin aynı anda denenmesi imkanı oluşmuştur. Fakat 750 kN'a kadar kuvvetlerin ölçülebileceği bir dinamometre küçük kuvvetlere aynı derecede hassas olmayacağı için 100 kN'tık diğer bir dinamometre de inşa ettirilmiştir.

Numune kutusu hareketi yerine dinamometre ve keski takımının hareketli olması kazı setini küçültüp basitleştireceği halde, böyle bir düzeneğin yapılması iyi işçilik isteyeceğinden, kazı setinin numune kutusu hareketli olarak imal edilmiştir.

Arazi koşullarında kazı makinaları basınç sabit, kesme derinliği değişken olarak çalışırlar. Bu olayı benzeştirmek titreşim gibi dezavantajları da beraber getirdiğinden, kazı seti kesme derinliği sabit, normal kuvvet değişken olarak yapılmıştır. Kesme derinliğinin 200 mm içinde ayarlanması ve kaya blokunun 1000 mm genişliğinde olması ile koni keskilere yaklaşık 400 kesme deneyi yapmak mümkün olabilecektir.

Hidrolik tasarım açısından kademesiz hız eldesi pahah valfler gerektirdiğinden kazı seti sadece ttç kesme hızına doğrudan ayarlanabilmekte fakat

valfların elle ayarlanması ile 380 mm/sn'e kadar kademesiz hız ayan yapılabilmektedir.

Dinamometre 4 Wheatstone köprüsü içerdiği halde, veri ersim A/D kam 8 kanallı ve 50 kHz olarak seçilmiştir. Bunun sebebi de ilerde fazla kanalların keskinliklerinin üzerlerine yapıştırılacak strain gauge köprülerine bağlamasının planlanmasıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen NATO Science for Stability Programına (SfS) ve İTÜ Doğrusal Kazı Seti'nin tasarımına katkıda bulunan ve yapımı üstlenen Sayın Makine Yüksek Mühendisi Ergin ERTAN'a (Hidrokrift L.td) teşekkürü borç biliriz. Doğrusal Kazı Seti hakkında gerekli bilgileri sağlayan ve dinamometrelerin yapımı üstlenen Colorado School of Mines-Earth Mechanics and Excavation Engineering Institute direktörü Prof. Dr. Levent ÖZDEMİR'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

-1994. *Data Acquisition - Catalog and Reference Guide*. Keithley Metrabyte: 288 p.
- 199S. *Doğrusal Kazı seti kullanım kılavuzu*. Hidrokrift L.td, istanbul: 30 s.
- Bilgin, N. 1977. *Investigation into the mechanical cutting characteristics of some medium and high strength rocks*. Ph. D. thesis. University of Newcastle upon Tyne: 322 pp.
- Bilgin, N. ve Shahriar, K. 1987. *Madenlerde mekanize kazı için bir ölçme sisteminin geliştirilmesi ve TTK Amasra kömür bölgesine uygulanışı*. TÜBİTAK Projesi, No. 674:99 s.
- Eskikaya, Ş., Bilgin, N., Yazıcı, S. and Özdemir, L. 1994. *Problems associated with roadway and tunnel drivages in Turkey and some key points for the efficient solution*. Mine Planning and Equipment Selection, ed. Paşamehmetoğlu et al., Balkema, Rotterdam, October 18 - 20:515-519.
- Fenn, O. 1992. *The use of water jets to assist free-rolling cutters in the excavation of hard rock*. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 87,5:137-147.
- Hanna, T.H. 1985. *Field instrumentation in geotechnical engineering*. Trans Tech Publications, ISBN 0 87849 054 X:843 pp.
- Karpuz, G, Bölükbaşı, N., Paşamehmetoğlu, G., ve Gürhan, A. 1986. *GAL Silopi Asfaltitlerinin gaz içeriği, kendiliğinden yanma riski ve*

kesilebilirliğinin araştırılması. Türkiye 5. Kömür Kongresi, Zonguldak: 379-391.

- Kutter, H.K. and Sanio, H.P. 1982. *Comparative study of performance of new and worn disc cutters on full-face tunneling machine*. Tunneling 82:127-133.
- Larson, D.A., Morrell, R.J., Mades, J.F., and Ruzzi, P.L. 1991. *The Development and Testing of the Concave Bit*. International Symposium on Mine Mechanization and Automation, Golden, Colorado, June 10-13:1-11.
- Nizamoglu, S. 1978. *Contribution A L'etude du fonctionnement des tunneliers "Pleine section" et analyse de r usure de leurs outils de coupe*. These du docteur ingénieur, L'institut National Polytechnique Lorraine.
- Özdemir, L. 1994. özel görüşme, Colorado School of Mines, Director of Earth Mechanics and Excavation Engineering Institute, USA.
- Rad, P.F., and Schmidt, R. L. 1973. *Development of an experimental full-scale research rock cutting device*. Bureau of Mines Reports of Investigation 7787:18 pp.
- Rispin, A., Copper, I., Roxborough, F.F., and Potts, E.L.J. 1973. *The mechanical cutting of rock materials in relation to the design and operation of tunneling machines and rapid excavation systems*. Third Report to Wolfson Foundation by the Department of Engineering Univ. of Newcastle upon Tyne: 64 p.
- Roepke, W.W., Wingquist, C.F., Olson, R.C., and Hanson, B. D. 1992. *Bureau of Mines coal cutting technology facilities at the Twin Cities research center*. Bureau of Mines Reports Information Circular 8951:26 pp.
- Snowdon, R.A, Ryley, M.D., and Temporal, J. 1982. *A study of disc cutting in selected British rocks*. Int Jour, of Rock Mech. and Min. Sci. and Geom. Abs., 19:107-121.