

JEOLOJİK SÜREKSİZLİKLERİN ve YANAL BASINÇLARIN KESKİLERİN KESME PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

THE EFFECT OF GEOLOGICAL DISCONTINUITIES AND HORIZONTAL STRESSES ON CUTTING PERFORMANCE OF DRAG TOOLS

C. BALCI, H. TUNÇDEMİR, İ. BİLGE, N. BİLGİN, Ş. ESKİKAYA

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET: Bu bildiri, jeolojik süreksizliklerin ve yanal basınçların keskin kesme performansına olan etkileri anlatılmaktadır. İ.T.Ü. Maden Fakültesi Kazı Teknolojisi Laboratuvarında, hazırlanan alçıtaşı ve beton numuneleri üzerinde NATO-TU Excavation projesi çerçevesinde bir seri kesme deneyi yapılmıştır. Jeolojik süreksizliklerin ve yanal basınçların kesme performansı üzerindeki etkilerini araştırabilmek amacı ile beton ve alçıtaşı numuneleri, kesme yönüne dik, 45 derece açılı ve paralel olarak jeolojik süreksizlikleri temsil edecek şekilde değişik süreksizlik aralığında kesilmiştir. Numunelere hidrolik piston yardımı ile iki taraftan değişik oranlarda yanal basınç verilerek kesme deneyleri yapılmıştır.

ABSTRACT: The effect of geological discontinuities and horizontal stresses on cutting performance of drag tools were discussed in this paper. Mechanical cutting tests were performed on casted plaster and concretes blocks at Mine Mechanization Technology Laboratory of Mining Faculty of ITU using the facility provided by NATO-TU Excavation project. The samples were cut in a way to present different joint frequencies with different angles, i.e., 90°, 45° and 0° to cutting direction. The horizontal stresses were created using hydraulic piston applied to the lateral side of the specimen.

1. GİRİŞ

Yurdumuzda madencilik ve İnşaat sektörlerinde mekanize kazı sistemleri özellikle son yıllarda gözle görülür bir artışla kullanılmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde maden ocaklarındaki galerilerin ve kuyuların açılmasında ve cevher üretiminde, inşaat sektöründe karayolu, demiryolu, baraj tünelleri, kanalizasyon hatları, metro vb. gibi yapıların gerçekleştirilmesinde bunu gözlemek mümkündür. Bunların yurdumuzdaki örneklerini İstanbul, Ankara ve diğer büyük kentlerde yapımına başlanan metro çalışmalarında görmek mümkündür. Yeraltı kazılarının önemi günümüzün teknolojik gereksinmelerine paralel olarak artacağı şüphesizdir.

Kazı mekaniği oldukça yeni bir bilim dalıdır ve gelişmesini kömür madenciliğine borçludur. Su tünelleri gibi benzer yeraltı yapılarının çok daha

öncede kazılmış olmasına rağmen mekanize olarak yapılan kazılar ilk olarak ondokuzuncu yüzyılda yeraltı kömür üretimi ile başlamıştır. Bu belki de kömür madenciliğinin zaten büyük bir endüstri kolu oluşu ve mekanizasyonun gelişmesi için hemen bütün unsurları kendi bünyesinde toplamasından kaynaklanmıştır

Kazı mekaniğinin yeni gelişen bir bilim dalı olmasından dolayı temelleri tam olarak yerine oturmamıştır ve araştırmalar devam etmektedir. Özellikle jeolojik süreksizliklerin ve yanal basınçların keskin kesme performansı üzerine etkileri tam bilinmemektedir. Bu çalışma, bu araştırmalardan birisi olabilecek şekilde yapılmış ve gelişmekte olan bu bilim alanına katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Jeolojik süreksizliklerin ve yanal basınçların kazı performansı üzerine etkilerini detaylı olarak anlamak amacı ile

laboratuarda bir model yapılmaya çalışılmış ve iler ki çalışmalara ışık tutmak amaçlanmıştır. Kumlaşıyla oldukça benzer bir yapıya sahip beton numuneleri ve alçıtaşı üzerinde, küçük boyuttaki planya makinası ile yapılan kesme deneylen sırasında, keski genişliği (W) 12.5 mm. kesme derinliği (d) 5 mm ve kesme açısı (a) -5 olarak sabit alınmış ve kesmeler aras mesafe (s) değiştirilerek; kesme (FC), normal (FN) ve birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli olan spesifik enerji (SE) ölçülmüştür .

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Deneylede Kullanılan Kazı Setinin Tanıtılması

İ.T Ü Maden Fakültesi Maden Kazı ve Teknolojisi Laboratuvarlarında mevcut küçük boyutlu kazı seti 18 kW'lık bir elektrik motoru ile tahrik edilen planya makinasıdır. Planyanın kayaç numunesini alacak sehpa boyutları 30x40x50 cm boyutlarındadır. Kullanılan dinamometre KİSTLER firması yapımı 9257 A tipi, birbirine dik üç yöndeki kuvvetleri ölçebilen ve piezoelektrik etki ile çalışan bir kuvvet ölçerdir. Çalışma prensibi, içindeki kuvars kristallerinin kuvvet altında kulon cinsinden yük açığa çıkarmasına dayanır ve bu sistem 1 tonluk kesme kuvvetinin ölçülmesine olanak tanımaktadır.

Deney esnasında, kayaç numunesi planyanın sehpasına sabitleştirilir ve aşağı-yukarı, sola-sağa hareket ettirilerek, kesme derinliği, kesmeler arası mesafe gibi parametrelerin etkilenirinde keilmekte (Bilgin , 19X7).

2.2 Numunelerin Özellikleri ve İla/ulanması

Kesme deneylen iki farklı numune ü/erinde yapılmıştır. Birincisi TSI-. 370 standartlarında alçı ile ikim ısı I tıp PoMlami çimentosu olup 0.0f)2-2 mm iane bnyuimdaki ince kum ile karıştırlarak lu/ırlanmıştır. Alçı numunelerinin lid/ılanmasında %Mi su ı %40 alçı oranı kullanılmışın Karışım bir kap içerisinde karıştırılarak hazırlanmış ve bu

karışım 30x 15x15 cm boyutlarındaki çelik levhalardan hazırlanan numune kutusuna konularak donması beklenmiştir. Numuneler 14 günlük kür süresinden sonra kesme deneyleri işlemine tabi tutulmuş ve bu sürede alçının ortalama basınç dayanımı 75 kg/cm² bulunmuştur. Beton numunelerinin hazırlanmasında ise çimento/kum=1/4 ve katı/sıvı oranı 3 alınmıştır. Hazırlanan karışım çelik kutulara dökülmüş ve 1 aylık kür süresinden sonra kesme deneylenne tabi tutulmuştur ve numunelerin ortalama basınç dayanımı 230 kg/cm² bulunmuştur.

Bu karışım oranlarında hazırlanan numuneler jeolojik süreksizlikleri temsil etmek üzere taş kesme atölyesinde üç, beş, ve yedi süreksizlik içerecek şekilde, kesme yönüne dik, paralel ve 45° açılı olarak değişik süreksizlik aralıklarında kesilerek kesme işlemine hazır hale getirilmiştir.

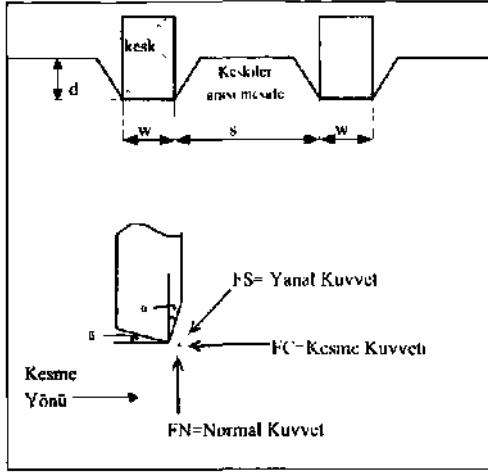
Deneylede alçı ve beton ile çalışılmasının sebebi numunelerin kolay hazırlanabilir olması ve istenilen basınç dayanımında dökülebılır ve ayrıca jeolojik süreksizlikleri temsil edebilecek şekilde istenilen süreksizlik aralıkları ve açısının kolayca elde edilebilir olmasındandır. Sonuçlar daha sonra kayaç numuneleri Üzerinde yapılacak kesme deneylerinin tasarımı içm temel verilerin sağlanmasını amaçlamaktadır.

2.3. Deney Şartlarının Tanıtılması

Deney şartları Newcastle Upon Tyne Üniversitesi'ndc tespit edilen şartlara uygundur ve aşağıdaki gibidir (Şekil 1) (Bilgin.,1989).

Kesme derinliği : 5 mm
Kesme açısı (a) : -5¹¹
Temizleme açısı (β). 5"
Keski genişliği (w) : 12.5 mm
Keski ucu • Tungsten kılıftır. %10 kohalı

2.4 Yanal Basıncın Olmadığı Koşullarda Yapıkını Kesme Deneyleleri



Şekil 1. Kama uçlu keskinin tasarım parametreleri ve keskiye gelen kuvvetler.

Jeolojik-süreksizlikleri temsil eden numuneler kesme yönüne dik, paralel ve 45° açılı olarak yerleştirilmiştir. Kesme işlemi sırasında keskinler arası mesafe (s) sırası ile 0,5,10,15,20 mm ve keskinlerin birbirlerini etkilemediği durum göz önüne (unrelieved) alınarak, süreksizlik aralığının kesme kuvveti (FC), normal kuvvet (FN), birim hacimdeki kayacı parçalamak için gerekli spesifik enerji (SF) ve optimum keskinler arası uzaklığın (s/d) spesifik enerji üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

2.5. Yanal Basıncın Olduğu Koşullarda Yapılan Kesme Deneyleri

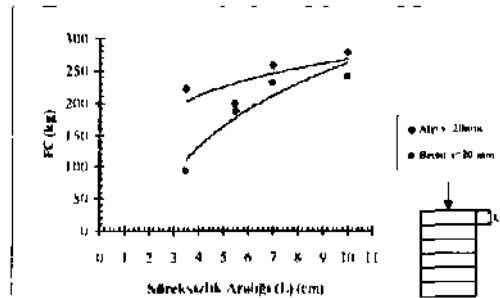
Yanal basıncı uygulayabilmek için maksimum 600 kg/cm² basınç sağlayabilen hidrolik bir pistondan yararlanılmıştır. Alçı ve beton numunelerine basıncı yayılı olarak verebilmek için, numune boyutlarında kesilmiş olan çelik plakalar, numune ve mengine arasına konularak kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yanal basınç verilerek yapılan kesme deneylerinde numunelere değişik miktarlarda basınçlar uygulanmıştır. Burada kesme, normal ve yanıl kuvvetler ile buna bağlı olarak spesifik enerji ve optimum keskinler arası mesafenin spesifik enerji ii/enne olan etkisi incelenmiştir.

3. DFNFY SONUÇLARI ve TARTIŞILMASI

3.1. Yanal Basıncın Olmadığı Jeolojik Süreksizliklerle Yapılan Deneyler

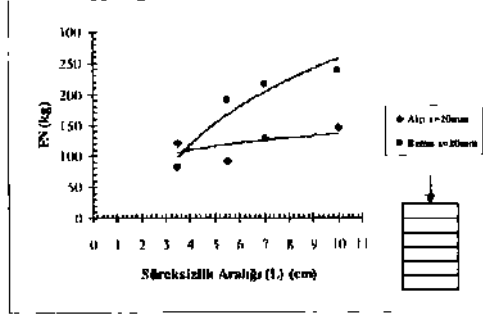
3.1.1. Kesme Yönüne Dik Süreksizliklerle Yapılan Deneyler

Kesme yönüne dik süreksizliklerle yapılan deneylerde numuneler taş kesme atölyesinde masif, üç, beş ve yedi süreksizlik içerecek şekilde kesilmiştir. Burada keskinler arası mesafe 0, 5, 10, 15, 20 mm. ve yardımsız durumdaki uzaklık alınarak süreksizlik aralığının kesme kuvveti (FC), normal kuvvet (FN) ve birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli olan spesifik enerji üzerine etkisi incelenmiştir. Alçı ve beton numuneleri üzerinde keskinler arası mesafenin 20 mm olduğu durumda, süreksizlik aralığı arttıkça buna bağlı olarak kesme kuvveti de artmaktadır. Bu artış alçı ile yapılan deneylerde %25 iken, beton ile yapılan deneylerde % 131 olmaktadır. Süreksizlik aralığının etkisi belli bir değerden sonra azalmakta, beton ve alçının kesme kuvveti eğrileri birbirine yaklaşmaktadır (Şekil 2).



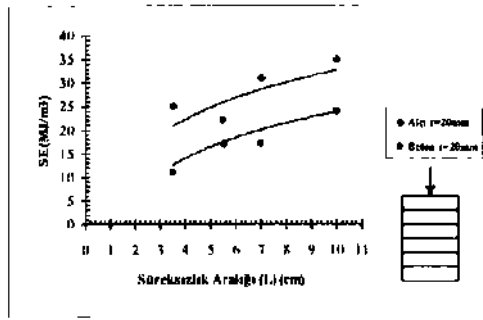
Şekil 2. Süreksizlik aralığının kesme kuvveti üzerine etkisi

Süreksizlik aralığı arttıkça normal kuvvette alçı için %10'luk, beton için %145'lik bir artış görülmüştük Alçı numunelerinde süreksizlik aralığının etkisinin normal kuvvet üzerinde az oluşu alçının plastik bir kayaç ö/elliği göslermesindedir. (Şekil 3)



Şekil 3. Süreksizlik aralığının normal kuvvet üzerine etkisi

Birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli olan spesifik enerji süreksizlik aralığının artışına bağlı olarak alçıda %57, betonda %91 oranında artmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Süreksizlik aralığının spesifik enerji üzerine etkisi

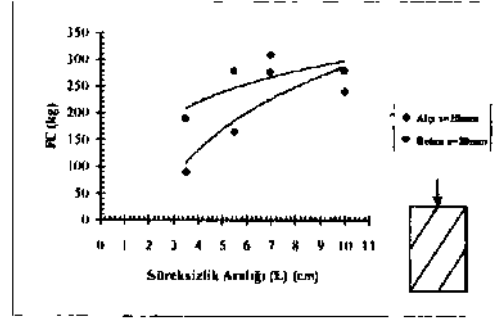
Aşağıda verilen (!) nı'lı bağıntı göz önüne alındığında, herhangi bir kazı makinasının ilerleme hızının formasyonların süreksizlik aralığının belirli sınırlar içerisinde değişmesi ilc, nasıl artabileceği çok açık görülmektedir. Jeolojik süreksizlikler sıklıkça spesifik enerjide değeri düşecek ve buna bağlı olarak da makinanın net ilerleme hızı artacaktır.

$$N \dot{L} (m^3/h) = 0,8 \times \frac{\text{Kesici kafa gücü (kW)}}{\text{Optimum spesifik enerji (kWh/m}^3)} \quad (1)$$

Bu denklem de 0.8 keskinin arına uyguladığı enerji transfer katsayısı olup sabittir.

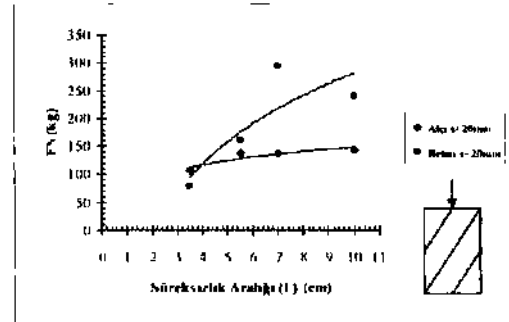
3.2.2. Jeolojik Süreksizliklerin Kesme Yönüne 45° Olduğu Durumda Yapılan Deneyler

Süreksizliklerin kesme yönüne 45 derece olacak şekilde yapılan deneylerde numuneler masif, üç, beş ve yedi süreksizlik içerecek şekilde hazırlanmıştır. Süreksizlik aralığı arttıkça kesme kuvveti alçıda % 180, betonda % 45 oranında artmaktadır (Şekil 5). Belli bir süreksizlik aralığından sonra jeolojik süreksizliklerin kesme kuvveti üzerine etkisi bulunmamaktadır.



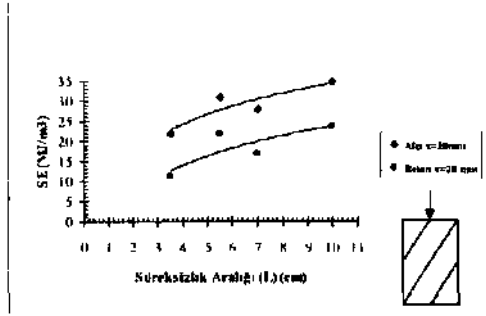
Şekil 5. Süreksizlik aralığının kesme kuvveti üzerme etkisi

Süreksizlik aralığı arttıkça normal kuvvet alçıda % 27 betonda % 210 artmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Süreksizlik aralığının normal kuvvet üzerine etkisi

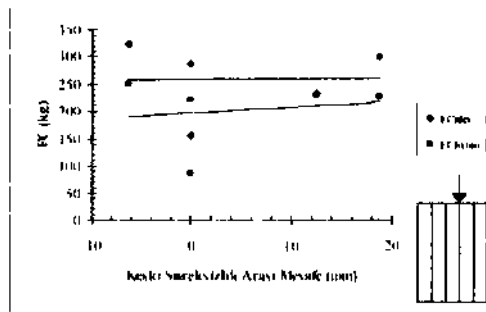
Spesifik enerji süreksizlik aralığının artışına paralel olarak alçıda % 52 betonda %110 artmaktadır. (Şekil 7).



Şekil 7. Süreksizlik aralığının spesifik enerji üzerine etkisi

3.2.3. Jeolojik Süreksizliklerin Kesme Yönüne Paralel Olduğu Durumda Yapılan Deneyler

Paralel süreksizliklerin olduğu deneylerde, süreksizlik aralığının kesme kuvveti, normal kuvvet ve spesifik enerji üzerinde önemli bir değişiklik yapmadığı görülmüştür (Şekil 8).

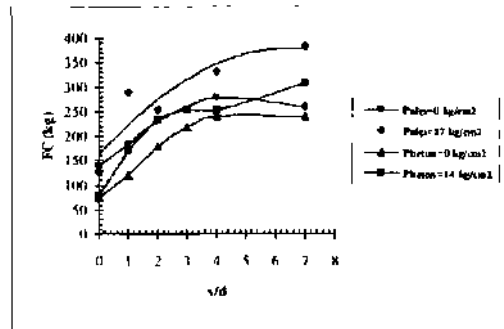


Şekil X Süreksizlik aralığının kesme kuvveti ü/crinc çıkışı

3.2 Yanal Basıncın Uygulandığı Durumda Yapılan Deneyler

Kesim' deneylen için 11a/ırlanan alçı ve beton niJiiiiik'len ka/ı setinin mengenden arasına

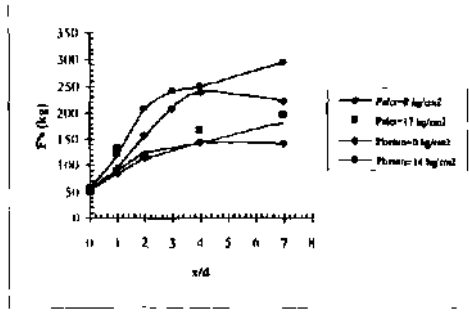
konulmuştur. Yanal basıncı yayılı yük olarak verebilmesi için numune boyutları ile aynı ebatta kesilen çelik plakalardan yararlanılmıştır. Yanal basıncı uygulayabilmek için maksimum 600 kg/cm" manometre göstergeli bir hidrolik piston kullanılmıştır. Deneylerde numuneler boyunca piston basıncı 25, 50, 75, 100 kg/cm² ve çelik plaka yüzeyinden yayılı olarak verilen basınçlar sırası ile 5.56, 11.12, 16.7 ve 22.24 kg/cm² tutulmuştur. Bu deneylerde optimum keskiiler arası mesafenin kesme derinliğine oranı (s/d), kesme kuvveti, normal kuvvet, pasa miktarı ve spesifik enerji üzerindeki etkisi araştırılmıştır, s/d' nin kesme kuvveti üzerine etkisine bakıldığında alçıda yanal basıncın olmadığı durumda kesme kuvveti daha az, yanal basıncın olduğu durumda ise daha fazla olmaktadır. Betonda da aynı şekilde yan al basınç yok iken daha kolay keşi lebi Imektedir. Ortamda yan al basınç var iken numunelerin yapısında bulunan porlar ve kılcal çatlaklar kapanmış ve taneler birbirine yapışarak uygulanacak kesme kuvvetini artırmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. s/d'nin kesme kuvveti üzerine etkisi

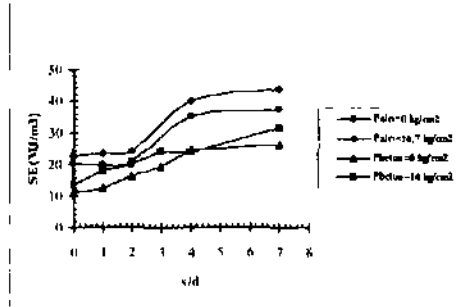
Keskiiler arası mesafenin 20 mm'den büyük olduğu dununda yan al basınç normal kuvveti etkilememektedir s/d omni 4 olunca normal kuvvet üzerinde büyük değişimler olmamakta ve sahil kalmaktadır (Şekil 10).

s/d ile spesilik enerji arasındaki ilişkiye bakıldığında alçıda, hem yan al basınç varken hemde yan al basınç yok iken optimum s/d oranı 2 olduğu



Şekil 10. s/d'nin normal kuvvet üzerine etkisi

halde spesifik enerji değeri yanıl basıncın uygulandığı durumda %20 artmaktadır. Aynı şekilde betondada s/d oranı 2 iken % 15 spesifik enerji yanıl basıncın olduğu durumda artmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. S/d'nin spesifik enerji üzerine etkisi

SONUÇ

Kesme yönüne dik veya açılı olan jeolojik süreksizliklerle temsil edilen numunelerle yapılan deneylerde belirli sınırlar içerisinde süreksizlik aralığı artıkça kesme ve normal kuvvetleri artmaktadır. Metredeki süreksizlik sayısı artıkça hırım hacimdeki kayacı kesmek için gerekli olan spesifik enerji düşmektedir. Buda jeolojik süreksizliklerin galen veya tünel açma inak malarının Vmc hızlarını belirli oranlarda neden arttığını açıklar.

Yanal basınçlarla yapılan deneylerde, optimum kesimler arası mesafenin kesme derinliğine oranı göz önüne alındığında, yanıl basıncın kesme ve normal kuvveti arttırdığı görülmüştür. Buda herhangi bir kesici makinanın yanıl basıncın bulunduğu bir ortamda çalışması durumunda net ilerleme hızının azalacağını göstermektedir.

Alçı ve beton numuneler üzerinde yapılan bu deneyler gerçek kayalar temsil etmemektedir. Deneylerin gerçek kayalar üzerinde de yapılarak sonuçların karşılaştırılması gerçekleştirilmeye çalışılan bu modelin doğruluğu açısından Önemlidir.

Sonuç olarak tünel açma işlemlerinde, eğer mekan ize kazı sistemleri kullanılacak ise, kullanılacak makine özelliklerinin seçiminde diğer faktörler yanında arazideki jeolojik süreksizliklerin ve yanıl basınçların dikkate alınması gerektiği görülmüştür, sonuçları

TEŞEKKÜR

Bu çalışma NATO TU-Hxcavation Projesi çerçevesinde İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır. Bu imkanı hazırlayan İüm yetkililere ve çalışmada büyük emeği geçen Doç.Dr. Sına YAZICI'ya teşekkürü bir borç bilin/.

KAYNAKLAR

Bilgin, N.. *Madenlerde Mekauze Kazı İliir Ölçme Sisteminin (İeş-ttdmcsı ve TTK. Amasra Konur Hrilgesine (Ayt/ani)i, l'K7* Tırhılıii. MAO 674 nolu proje. s.W.

Bilgin, N , *inşaat ve Maden Mühendisleri K in Uygulamalı Kazı Mekaniği, 19X9. Biisen Yayıncı.S 192*