

Tek Eksenli Deneylerde Narinlik (Boy/Çap) Oranına Göre Direnç Değişimi

BARBOROS SATIRLAR*

ABSTRACT

Theoretical and experimental investigation into the effects of slenderness ratio of cylindrical test specimen on strength is described.

GİRİŞ

Sürekli yapılan deneyler için örneklerde bir standartlaşmaya gidilmesi gereklidir, çünkü bu, deney sonuçlarının karşılaştırılmasını sağlayacaktır. Fakat uygulanacak standart mantıklı olmalı, kuramsal çalışmalar ve deneysel bulgulara dayanmalıdır. (1).

Günümüzde kayaların mekanik özelliklerini saptamak için değişik şekil ve hacimlerdeki örnekler kullanılmaktadır. Fakat bunların arasında radyal simetrisi ve hazırlanışlarındaki kolaylıktan dolayı en fazla silindirik örnekler kullanılmaktadır. (2).

Burada narinlik oranına göre direnç değişimi incelenmektedir.

ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Örnekler laboratuvarında karot alma, kesme ve cilalama tekniğine göre hazırlanmıştır.

NARİNLİK ORANININ DİRENCE ETKİSİ

Kaya ve beton örneklerde narinlik oranının tek eksenli basınç direnci deneylerinde dirence etkisi bir çok araştırmalara

konu olmuştur (3,4). Günümüzde 2,5 boy/çap oranı kayalar için kullanılırken beton silindirler geniş şekilde 2,0 oranında deneylerde kullanılmaktadır. Tek eksenli bir deneyde çap normal olarak örneğin en küçük doğrusal boyutudur. Bundan dolayı belli bir kaya örneği için müsaade edilebilen en küçük çap o örnek için en küçük hacmin bulunmasını sağlar. /

Yapılan deneyler kayanın genel özelliklerini bulmağa yaradığı için alınan örneğin o kayayı temsil edebilmesi için yeteri kadar büyük olması gerekir. Bu da en küçük D/d (örnek çapı/ en büyük kristal çapı) oranının yaklaşık olarak 10 a eşit olması gerektiğini ortaya koyar. Bunu analitik olarak incelersek görürüz ki, örnek kesintisindeki o örneği meydana getiren kristallerden oluşan alan D/d oranı arttıkça azalır (1).

Narinlik oranları 1,0 ve 2,5 olan örneklerin birbirine oranı bu örneklerde meydana gelen göreceli baskı hakkında bize bilgi verebilir. Çeşitli kayalar üzerinde yapılan deneyler bu oranın 1,10 (çok küçük kristalli granit) ile 1,45 (iri kristalli granit) arasında değiştiğini göstermiştir. Küçük kristalli bir madde için yükün sayısız dokunma noktalarından dolayı etkili bir şekilde iletildiğini düşünebiliriz, fakat iri kristalli bir madde için yükün daha az noktalarca iletileceği kaçınılmazdır. Yükün daha fazla sayıdaki dokunma noktaları ile taşıma

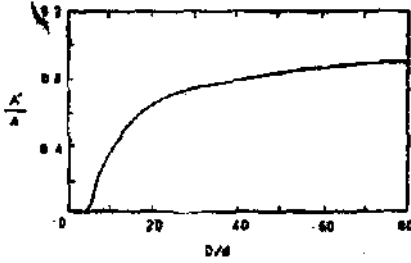
Maden Mühendisi
MTA Enstitüsü Sonda) Şb. - ANKARA

si daha b'irbiçimJi bir gerilme yaratılmasını sağlar ve böylece örnek diplerindeki baskıları azaltır.

Rastgele dağılmış kristallerden meydana gelen bir maddede Her kristalin etki alanı yaklaşık olarak dışarıya doğru o kristalin çapının 2 katı varıcapındaki bir mesafeye uzanır ki örneğin içindeki gerilme alanı o yüzeydeki iki kristalin etki alanı arasındaki boşlukta etkisizdir. Dolayısıyla, kesitte etkilenmeyen alanın (A^1), toplam kesit alanına (A) oranı formülü ile ifade

$$\frac{A^1}{A} = [1 - 4(d/D)^2]^2 \quad \text{Denk. 1}$$

edilebilir. Bu bağıntı Şek. 1 de gösterilmiştir.



ÇEK-1 Mutawt fctsmftMti jiiwstti MtiHtUtn «m»«nm«ie» «taun numune çaptne jir» iccttrHRvMi Aim hoiit* gürt* rermKlajlmimlvilir Nuffluftt çapı n umun t hriMai çapma (drt nirmMlesHritmitt*

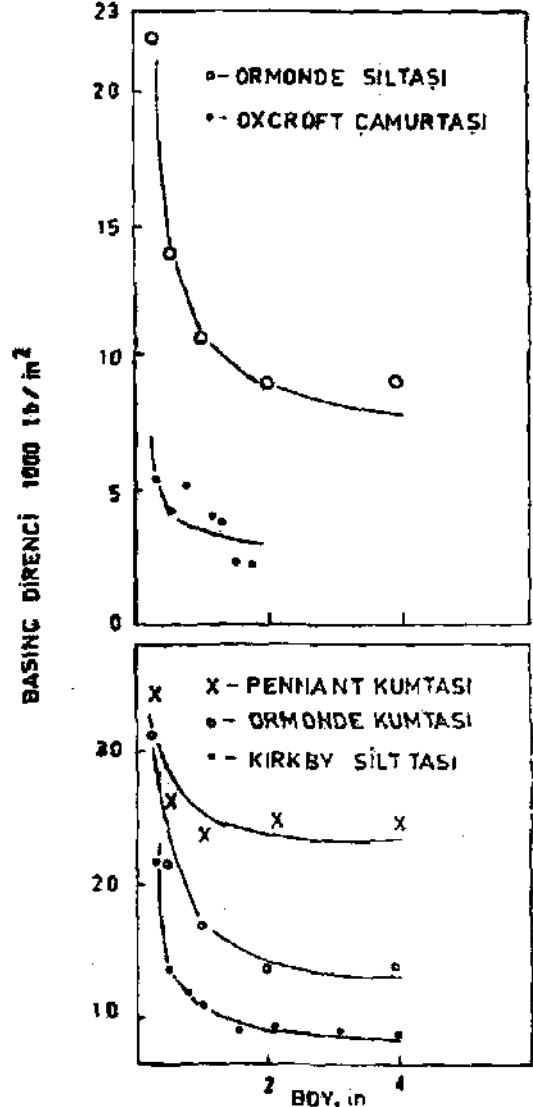
Grafik D/d oranının gerilim alanını nasıl etkilediğine dair dolaysız bir bilgi vermemekle beraber D/d>20 olması gerektiğini belirtmektedir (1).

Bir kayanın basınç direnci, deney örneğinin çap ve boyunun fonksiyonudur (5,6,7).

Genel olarak örnek boyunun (veya yüksekliğinin) örnek çapının en az 2 katı olması istenir (8). ki bu sıkıştırma işini yapan tablolardan dolayı kesme (makaslama) yüzeylerinin oluşmasını önler.

Hobbs (6). kumtaşı, silt taşı ve çamurtaşı örnekleri üzerinde silindir uzunluğunun basınç direncine etkisini incelemiştir. Deney silindirleri 1,0 inç çapında olup

boyları 4,0 ince kadardı. Deney sonuçları Şek. 2 de gösterilmiştir.



ŞEK-?: Ortalama tek ek senli basınç dtrenci ve 1 ine çaptı numunelerin boyu arasındaki ilgi

Grafik boy çap oranının 2,0 veya daha fazla olduğu zaman kayanın gerçek basınç direncinin deney sonuçlarından dolaysız olarak belirlenebileceğini göstermektedir.

Hobbs aynı zamanda deney örneklerindeki boy ve çap arasındaki direnç ilişkilerinin aşağıdaki denklemle ifade edilebileceğini göstermiştir.

$$\frac{C_n}{C_2} = 0.848 + \frac{0.304}{H} \text{Denklem. 2.}$$

Burada : ($\hat{}$ = 2 inç boyunda bir silindirin basın direnci
H = örnek boyu, inç
C_n = boy-çap oranı 2 den değişik bir örneğin basınç direnci.

Hobbs tarafından deneyi yapılan bütün örnekler 1,0 inç çapında olduğundan denklem 2 için bulunan katsayılar 1,0 ine çapındaki örneklerden elde edilmiştir.

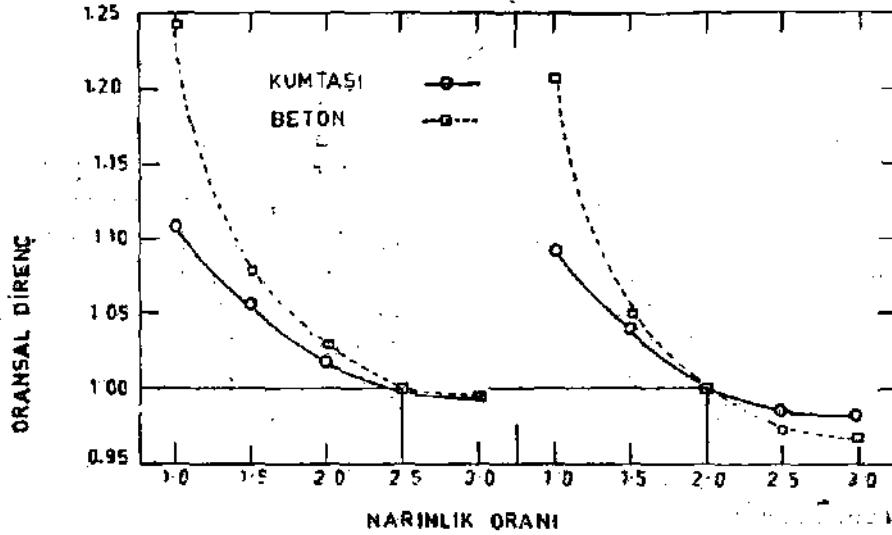
Obert, Windes ve Duvall (5) in yapmış olduğu çalışmalar sonucunda elde ettiği denklem direnç deneyleri sonuçlarının narinlik oranı 1,0 e göre düzeltilmesinde iyi sonuç vermiştir. Bu denklemin (denk-

lem 3) çeşitli kayalar için geçerli olduğu saptanmıştır.

$$C_1 = \frac{Ch}{0.778 + \frac{0.222 D}{h}} \text{Denklem 3.}$$

Burada : C₁ = narinlik oranı 1,0 olan örneğin basınç direnci
C_n = narinlik oranı 1,0 den büyük olan örneğin basınç direnci
D = örnek çapı, inç
h = örnek boyu inç

Aynı zamanda kumtaşı ve betonda 2,5 ve 2,0 narinlik oranına göre dirence değişimi Şekil 3 de gösterilmiştir.



ŞEK-3. Narinlik Oranının Laurencekirk Kumtaşı ve betonun Oransal direncine etkisi

Narinlik oranının 2,5 dan 1,0 e düşürülmesi kumtaşı için % 10,6 lık, beton için de % 24,2 lik bir direnç artışına sebep olmuştur.

Pratik olarak, deney aygıtının kapasitesi ve örnek hazırlama giderleri birçok örneğin hazırlanması için üst sınırı belirler ki bu da nadiren 2,125 inç) (NX karot çapı) geçer.

Örneğin çapı seçilip, kristallerin çapı yönünden de yeterliliği saptandıktan sonra örnek boyu çapın iki katı olarak seçilir.

DİRENÇ (KOMPRESYON)

Doğal inşaa taşlarının tek eksenli basınç direnci için A.S.T. M. Standart! (C 170-50) örneklerin (küp, kare prizma veya silindirler) en az 2,0 inç yüksekliğinde ve narinlik oranlarında L/D (boy/çap) s* 1,0 olması gerekliliğini belirtir.

L/D>1.0 olan örneklerde yapılan deneyler denklem 3'e göre düzeltilebilir.

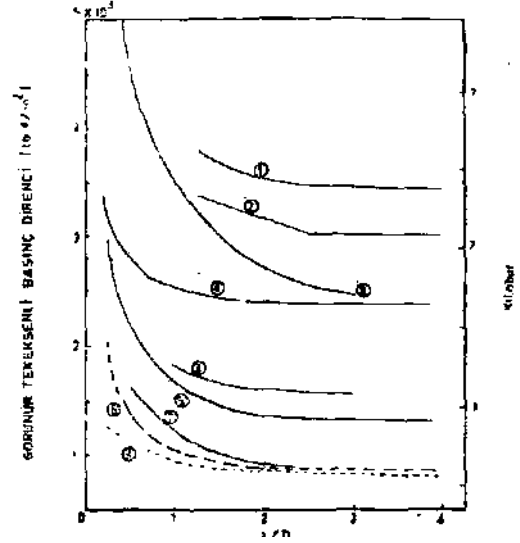
L/D=1,0 değeri Hardy tarafında teklif edilmiştir. Fakat kuramsal çalışmalar ve deneysel bulgular kaya mekaniğinde narinlik oranının 1,0 olması halinde bütün örneğin dip-etkileri altında kalacağını ortaya koymuştur.

Kaba ve sert basma tablaları için görünür tek eksenli basınç direncinin, L/D arttıkça hiperbolik olarak azaldığı bulunmuştur (5,6,9,10,11). Aynı zamanda tablalar yağlı olduğu zaman görünür tek eksenli basınç direnci L/D arttıkça asimtotik olarak artar (en azından iri kristalli maddeler için). Bundan dolayı sorun L/D için en yüksek değeri seçmektir ki bu değer için görünür direnç asimtotik değere yakın olmalı fakat burkulma ve yanlış ayarlama (örneğin tam eksen üzerinde olmaması) dan dolayı ortaya çıkacak önemli sorunları ortadan kaldırmak içinde çok küçük olmalıdır.

L/D nin burkulma için en üst güven sınırı henüz belirlenmemiştir. Destekli burkulma (strut-buckling) analizleri L/D oranları için pratik olmayan değerler önermektedir. Ayrıca yükün Örnek eksenine dik olarak verilmemesinden doğan hatalar L/D oranı ile doğru orantılı olarak artar, bu da bize L/D oranının mümkün olduğu kadar küçük olması gerektiğini önerir. Fakat deneylere göre L/D değeri 4,0 e kadar tamamen düzgün olmayan yükleme sistemleri ile dahi emin olarak kabul edilmektedir.

L/D oranı için kabul edilmesi gereken en küçük değer halâ tartışma konudur, fakat direnç-L/D grafiğinin (negatif) eğiminin birdenbire arttığı nokta en küçük L/D oranı olarak alınmalıdır. Şekil 4.

Araştırmalara göre tortul (sedimenter) kayalar ve beton için bu artış L/D yaklaşık 1,0 de olmaktadır (1, 5, 6, 9). Fakat diğer araştırmalar birçok kaya için (sert kayalar dahil) bu ani artışın L/D=2, 0-2,5 da olduğunu göstermiştir (1, 12).



SEK-1 Bey/çap oranları (L/D) T1, t2=1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0 için
1* Weirly granit 7* Dmr-om Dotemtt J> Muio l'o- <
JJPennont Kumtsü S-Kirktt» SilMejt C:Drrr-ni) (Kurrit-
»t SiHtflili isoerty Del* kumiosr IsBtrce KjTites-
9: Saturate* 6ronit

Kuramsal çalışmalar kaba ve sert basma tablalarının örneğin her iki ucundan D/2 uzaklığa kadar gerilme alanını etkilediğini göstermiştir.

Ayrıca çok kısa Örneklerde kırılma açısı L/D oranına bağlıdır. Kaba basma tablaları ile çok küçük kristalli veya camsı olmayan kayalar koniksel veya kama şeklinde dip parçası bırakarak kırılırlar. Kısa örneklerde (L/D<1,0) koni veya kamanın yarı açısının, 0, L/D oranının bir fonksiyonu olduğunu Mogi (11) aşağıdaki denklemle ifade etmiştir.

$$\theta = 0 \cdot 0 \cdot (L/D) \quad \text{Denklem 4.}$$

Hawkes ve Mellor (I) araştırmaları ile bti denklemi doğrulamışlardır ki daha basitçe koninin veya kamanın yüksekliği örnek boyunun yarısıdır şeklinde bu bağıntı ifade edilebilir. Gene Mogi (II) θ açısının L/D ye bağımlılığının L/D>2,5 olduğu zaman sona erdiğini bulmuştur. Hawkes ve Mellor bu buluşu kumtaşı için doğrulamışlardır. Fakat gene Hawkes ve Mellor çok kısa granit örneklerinin yaklaşık olarak örnek boyunda bir koni bırakarak kırıldıklarını bulmuşlardır. Bu granit için, kırılma açısının L/D ye bağımlılığı L/D>1,0 için sona ermektedir.

Kuramsal olarak baskı tablaları civarında gerilim dağılımını etkileyen kaya özelliği Poisson oranıdır.

Fairhurst denklem 3. ün $L/D > 2,5$ için dirençte yaklaşık bir durasılık olduğunu belirtmekte ve bu görüşünü Griffith'in* Teorisine dayandırmaktadır ve kırığın, esas eksen 30° eğimli olduğu zaman örneğin dip etkileri altında kalmaması için L/D oranının 2,5 olması gerektiğini bulmuştur (2).

Coates ve Gyenge (12), $L/D=2,0$ olmasını teklif etmişler fakat $1,0 < L/D < 2,0$ yide geçerli olarak kabul etmişlerdir. Fakat diğer bir A.S.T.M. yayınında Newman ve Lachance $UO > 2,5$ olması gerekliliğini göstermişlerdir.

Mellor ve Hawkes (1) bütün geçerli bilgilerin ışığı altında günümüzdeki deneyler için $L/D=2,5$ oranını standart olarak kabul etmişler ve $L/D=2,0$ oranını da geçerli en küçük oran olarak belirtmişlerdir. Ayrıca Balla tarafından yapılan kuramsal çalışmalar $L/D=1,0$ oranının reddi için bulguları içermektedir.

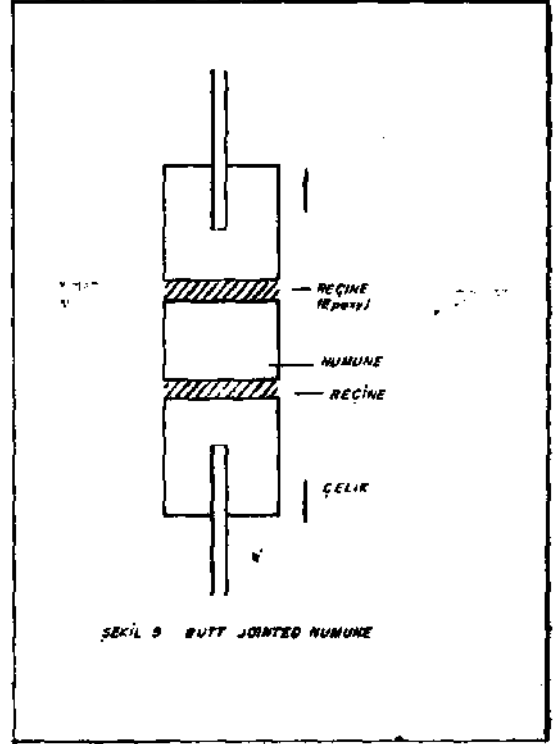
2. ÇEKME

Çekme deneyi için kullanılan örneklerin dip etkilerinden uzak olması için yeteri kadar uzun olması gerekmektedir.

Butt-jointed (birbiri üzerine oturturak tesbit suretiyle yapılan bağlantı) (Şekil: 5) çekme örneği esas olarak kaba basma tablaları ile yüklenen bir basınç (kompresyon) örneğinin aynıdır, ve gerilme alanı sadece işaret değişikliği hariç, her iki durum içinde aynıdır ve daha önce olduğu gibi dip etkileri gerilme alanını her iki uçtan $D/2$ uzaklığa kadar etkiler ve L/D içinde en küçük değer yaklaşık olarak 1,0 dir.

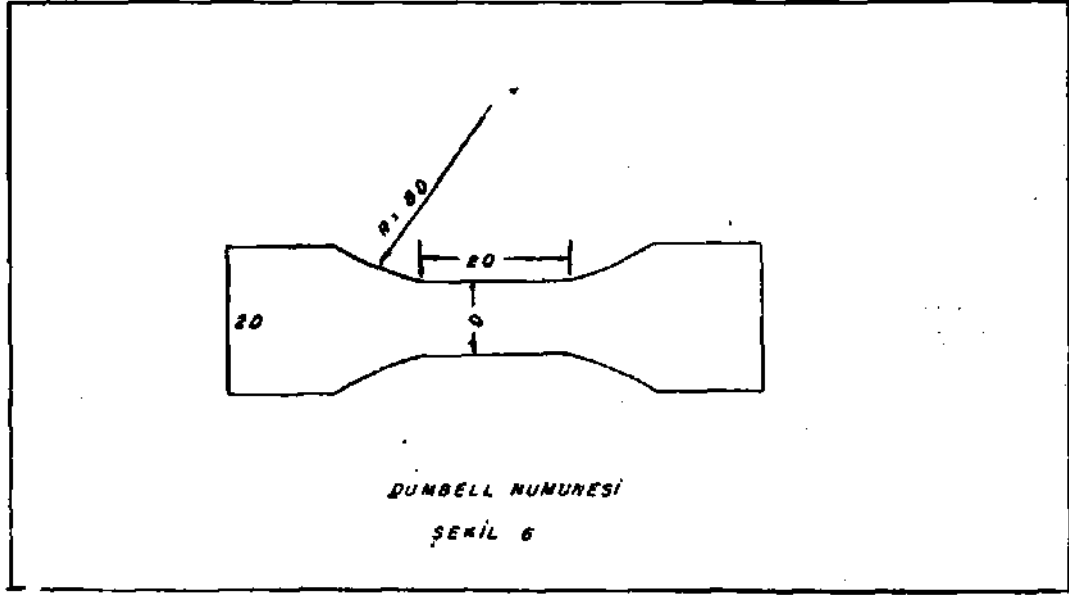
Çekme örnekleri için basınç örneklerinde olduğu gibi burkulma için bir üst sınır yoktur fakat pratik olarak çok uzun ve ince örneklerin kolaylıkla kırılabilir olmasının göz önüne alınması gerekir. Ayrıca

Dumbell örneğinin (Şekil : 6) boyun kısmında L/D oranının 2,5-3,0 arasında olması gerekir. Eğer butt-jointing metodu kullanılıyorsa $L/D=2,5$ oranını hem basınç nemde çekme deneylerinde kullanmak yerinde olur. Böylelikle iki deney arasında geometrik bir benzerlik kurulmuş olur.



SONUÇ

Sonuç olarak ampirik (deneysel), d_t - d_r - n oranı bağıntıları direnç sonuçlarının standart otmayan bir değerden standart bir değere çevirimi için kullanılır. Genel olarak beklenen (tahmin edilen) direnç ile ölçülen direne arasında zayıf bir bağıntı vardır. Bundan dolayı genelleştirilmiş ampirik formüllerin kullanılması, yüksek L/D oranları seçilerek önlenmelidir. Nadiren küçük L/D oranının kullanılması bazı zayıf tortul ve aşırı kırıklı magmatik kayalar için yeteri uzunlukta karot alınmadığı için gerekli olabilir.



2,5 narinlik oranı deneyler için aşağıdaki nedenlerden dolayı en tatmin edici olarak kabui edilir :

1) Direnç değışimi en küçük değere ulaşır (minimum).

2) Dip-etkilerinin en küçük olması arzu edilir ki bu etkiler en büyük gerilimden sonraki kırılma sonrası geriliminde daha fazla kendini belli eder (13).

3) Bu oran fazlaca yüklenmiş örnek diplerindeki kırıkları önlemek için en iyi orandır. Daha büyük oranların katlanması halinde kinksız dip bölgelerinden kırıklı merkezî bölgeye kırılma sonrası baskısı sırasında elastik deformasyon enerjisinde İsteaimeyen bir artış olur.

* GRIFFITH TEORİSİ : Bu teoriye göre aşın yüklenmiş kırılğan madde, içindeki çatlakların sınırında meydana gelen çekme kuvvetinden dolayı kırılır.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM

1) I. HAWKES AND M. MELLOR. Uniaxial testing in rock mechanics. Engineering Geology vol. 4 (1970), 177-285.

2) INT. J. Rock MECH. MIN. SCI. AND GEOMECH. ABST, Vol. 10 pp. 699-712.

3) HOSKİNS J. R .AND HORINO F. G. Influence of spherical head size and specimen diameters on the uniaxial compressive strength of rocks. United States Bureau of Mines R.I. 7234 (1969).

4) DHIR R.K., SANGHA C. M. AND MUNDAY J.G.L. Influence of specimen size on unconfined rock strength. Colliery Guardian 220, 75-80 (1972).

5) OBERT. L. WINDES, S. L, AND DUVALL, W. I., Standardized test for determining the physical properties of mine roök, U.S. Bur. Mines R.I. 3891, August 1946.

6) HOBBS, D.W., Rock compressive strength, Colliery Engineering July 1964, pp 287-292.

7) WOODRUFF D.S. Methods of Working Coal and Metal Mines Vol. I (1966).

8) BRADY B. T. The effect of confining pressure on the elastic stress distribution in radially end-constrained

- circular cylinder. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 8. 153-64.
- 9) GONNERMAN H.F. Effect of size and shape of test specimens on comp. str. of concrete. Proa, A.S.T.M. 25, 237-250.
 - 10) GROSVENOR N. Specimen proportion-key to the better comp. str. tests. Mining Engineering 15, 31-33 (1962).
 - 11) MOGI K. Some Precise measurements of fracture strength of rock under uniform compressive stress. Rock Mech .Eng. Geol. Vol. 14. 41-45 (1966).
 - 12) COATES D.F. Some phy. prop, of rocks and their relationships to uni-axial comp. str. Proa Rock Mech. Symp. 27-41.
 - 13) SANGHA C. and DHIR R. Str. and complete stress-strain relationships. Material and Structures 30, 361-370 (1970).