

# KUYU KAROTLARINDA MEKANİK DENEYLER

Ercan KOŞAR

*E. İ. E. İ., Genel Direktörlüğü*

## GİRİŞ

Burada anlatılan çalışmalar 1966-1967 senelerinde İngiltere Durham Üniversitesinde iştirak edilen «Mühendislik Jeolojisi» M. Sc. çalışmalarının bir kısmını kapsamaktadır.

Laboratuvar deneyleriyle takribi kantitatif değerler elde ederek, bu verileri, özellikle ağır mühendislik yapılarında, taşıma gücü problemlerinin çözümünde kullanmak genellikle başvuru bir usuldür. Böyle durumlarda tek eksenli kompresyon deneyleri (unconfined compression tests) yaparak, deneysel kurallar ve formüllerle yüklenmesi caiz ağırlıklar hesap edilebilir.

Tek eksenli kompresyon deney neticeleri, temellerin homojenliği ve izotropisini tahkik etmek için kıymetli verilerdir. Küçük numuneler üzerinde çok sayıda deney yapılabilir ve bu suretle nem muhtevası ve ayrışma gibi çeşitli değişkenlerin (parameter) temelin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri öğrenilebilir. Ayrıca, yerinde (in situ) yapılan deney neticeleri ile karşılaştırmalar temel hendeği boyunca korelasyonların yapılmasını da mümkün kılar.

Tek eksenli kompresyon mukavemeti ilk ağızda kayaç dokusunun (rock fabric) sağlamlığı hakkında fikir verir. Aynı zamanda, kompresyon mukavemeti ile kayacın elastisite modülü ve gevrekliği arasında kabaca bir korelasyonun bulunduğu da bilinmektedir (Coates, 1964). Kayaçların bu özelliği kolaylıkla ve süratli bir şekilde ölçülebilir ve gerilme-deformasyon davranışlarının (stress-strain behavior) bir fonksiyonu olan elastisite modülü hesaplanabilir.

Şüphesiz ki, tabiattaki kaya bloku hapsedilmiş (confined) bir durumdadır ve bu blokun kompresyon mukavemetinin, aynı bloktan alınmış ve laboratuvarında tek eksenli (unconfined) kompresyon deneyine tabi tutulmuş numunesinden daha büyük olması beklenir. Fakat bu tip deney neticeleri

vasıtasıyla kıymetlendirilecek olan temel şartları emin tarafta olacaktır. Bununla beraber, yan basınçların neticesi olan bu mukavemet artışının, büyük kaya kitlesi içindeki zayıflık düzlemleri sebebiyle geniş ölçüde bertaraf edilebileceği daima göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmalarda Vestfalien yaşlı Coal Measures formasyonunda açılmış bir kuyunun karotlarından uygun olanları seçilip, kompresyon veya kırılma mukavemetlerinin (crushing strength) tayini için deneye tabi tutulmuşlardır.

Bundan başka, numunelerin alınmış olduğu yerlere yakın bazı müsait zonlarda Schmidt tepki çekici (Schmidt rebound hammer) kullanılarak, kompresyon mukavemeti ile çekicinin geri tepme yüksekliği arasında bir ilginin olup olmadığı araştırılmıştır.

Deney neticelerinin daha sıhhatle kıymetlendirilebilmesi bakımından numunelerin nem muhtevası, karbon muhtevası, özgül ağırlık, birim hacim ağırlık ve porozite tayinleri de yapılmıştır.

#### NUMUNELERİN HAZIRLANMASI

Formasyon laminalı, zayıf ve çok kırılğan bir karakterde olduğundan, 54.20 m derinlikteki kuyudan üzerinde deney yapılabilecek sadece 28 adet müsait numune alınabilmiştir. Deney neticelerinin sıhhati gerilmelerin numuneler içinde uniform olarak dağılmasına geniş ölçüde bağlı olduğundan, baskı yüzeyleri (bearing faces) karborundum (SiC) ile düzleştirilerek cilalanmış ve mümkün olduğu kadar birbirine paralel, karot eksenine dik ve pürüzsüz yüzeyler (karotların alt ve üst yüzleri) elde edilmeye çalışılmıştır.

Karotların lamina düzlemleri boyunca fazla yarılma özelliği dolayısıyla, numuneleri aynı uzunlukta kesmek ve baskı yüzeylerini düz olarak hazırlamak mümkün olmamıştır. Bütün numunelerin çapı 76.2 mm olduğu halde, boyları 78-161 mm arasında değişmiştir. Böylece deneylerde, çap/boy oranları birçok yazarın (Coates & Parsons, 1966; Hobbs, 1964) standart olarak kabul ettikleri 1/1, 1/2 mertebesinde muhafaza edilmiştir.

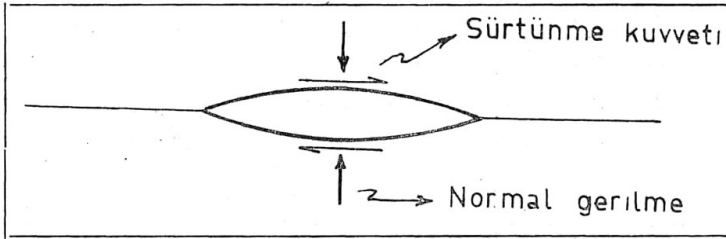
Formasyon litolojik olarak yer yer kumtaşı ve şeyl ara tabakalı ve kömür bandlı, daha ziyade kil çimentolu silttaşıdır. Kuyu eksenine dik, yani yatay olarak laminalıdır. Numunelerin çoğu silttaşından, dört tanesi de üst

seviyelerdeki kumtaşından seçilmiştir. Çok kırılğan ve zayıf olan şeylerden numune alınamamıştır.

Çok zayıf bazı karot numunelerinin uçlarını keserek istenilen özellikte yüzler elde etmek imkânsız olduğundan, bu gibi karotların alt ve üstleri ince olarak Araldite Epoxy Resin<sup>1</sup> ile kaplanmış ve sonra cilalanarak birbirine paralel ve pürüzsüz yüzler elde edilmiştir. Bu şekilde kaplanmış yüzlerin deney neticelerine tesirlerinin bu neticelere dayanılarak yapılacak temel kıymetlendirmelerinde fazla bir değişiklik yapmayacağı düşünülmüştür. Aynı zamanda, kullanılan bu sunî kaplama maddesinin gerek mukavemet, gerekse elastisite modülünün numunelerinkinden yüksek olması, deney neticelerine tesirini bir hayli azaltmıştır.

#### KIRILGAN MADDELERİN KOMPRESYON ALTINDA YENİLMELERİ

Griffith (1921), kırılğan maddelerin gerilmelere maruz kalmadan evvel de kılcal çatlak ve kırıkları (Griffith çatlakları) havi olduklarını ileri sürmüştür (Şek. 1). Kırılmaların, tatbik edilen gerilmeler sonucu, bu kılcal



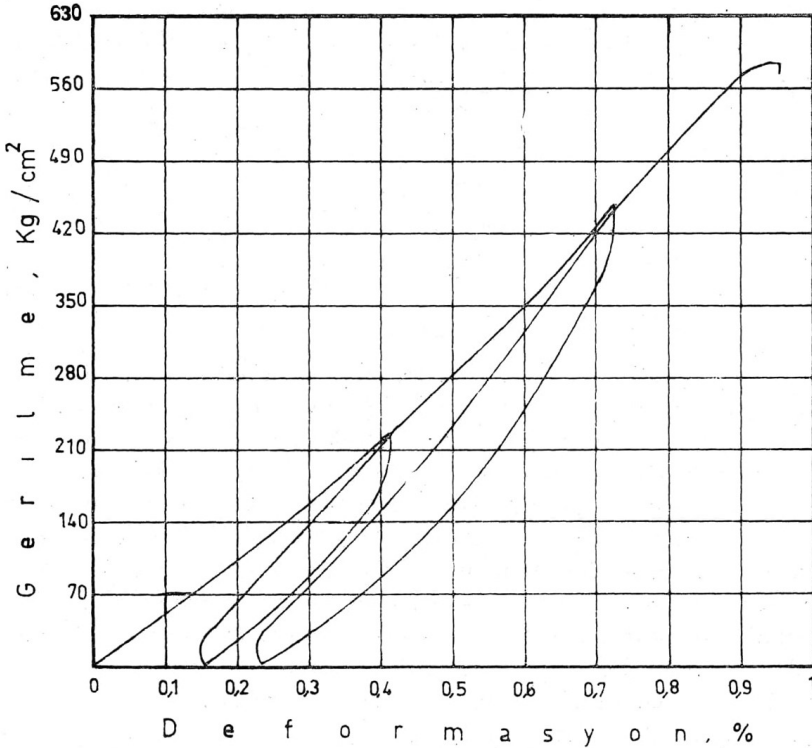
Şek. 1

çatlakların genişleyerek en maddeyi boydan boy katletmeleri neticesinde vuku bulduğu farz olunmuştur. Bu teori, kırılma mukavemetini çekme mukavemeti (tensile strength) yönünden inceleme neticesi ortaya atılmıştır. Ufak ve kompakt bir kayaç parçasında en geniş, dolayısıyla en kritik kılcal çatlaklar (flaw) tanelerin kontakt satırlarıdır (Brace, 1961). Kayaç içindeki birçok tanelerin kontaktları kırılma vuku bulmadan evvel, gerilmeler yüzünden, gevşemeye ve kohezyonlarını kaybetmeye başlarlar. Kırılma vukundan hemen evvel kayaç muhtelif uzunluk ve yönlerde bu gevşek kontakt kısımları ile dolar ve bu kısımlardan başlayarak büyüyen çatlaklar kırılmalara sebep olurlar.

<sup>1</sup>ICI Firmasının bir mamulü olup, karborundum ve baryum sülfat ilâve edilerek sert ve mukavim bir dolgu ve kaplama maddesi elde edilir.

McClintock ve Walsh (1962), Griffith teorisini, Griffith çatlaklarının kapanmasını ve bu çatlaklar boyunca gelişecek sürtünme kuvvetlerini kapsayacak şekilde tadil etmişlerdir. Gevşek yapılı kayaçlarda tane kontaktları devamlı olmayabilir, fakat birkaç yüz barlık bir gerilme tatbik edildiğinde taneler arası boşluklar geniş ölçüde küçülür. Gerilme-deformasyon eğrilerindeki «hysteresis» in bir izahı da, basınç altında, kaya içindeki çatlaklar boyunca ufak çapta kaymaların meydana gelmesi ve bu hareketlerin sürtünme kuvvetlerinin mukavemeti ile karşılaşmalarıdır (Brace, 1963). Nitekim, bu şekil hareketler, devri (cyclic) deneylerin gerilme-deformasyon eğrilerinde görülmüştür. Şöyleki, aynı gerilme seviyelerinde, yükün azaltılması esnasındaki deformasyon, yük artırılmasındakine nazaran büyük olmaktadır (Şek. 2).

Kompresyon altındaki kırılğan maddelerde hâsıl olan kırılma, «makaslama kırılması» (shear fracture) adını alır ve bu, ya birbiriyle kesişen iki



Şek. 2

makaslama düzlemi (conjugate shear planes) boyunca veya takriben en büyük makaslama gerilmesi yönünde uzanan fakat daima bu yön ile kompresyon gerilmesi yönü arasında kalan bir koni boyunca yer alır (Jaeger, 1964, s. 74). Diğer bir deyimle, iki eksenli gerilmelerde, düzlem üzerinde tesir eden makaslama gerilmesi şu şekilde ifade edilir:

$$\tau = 1/2 (\delta_1 - \delta_3) \sin 2\theta$$

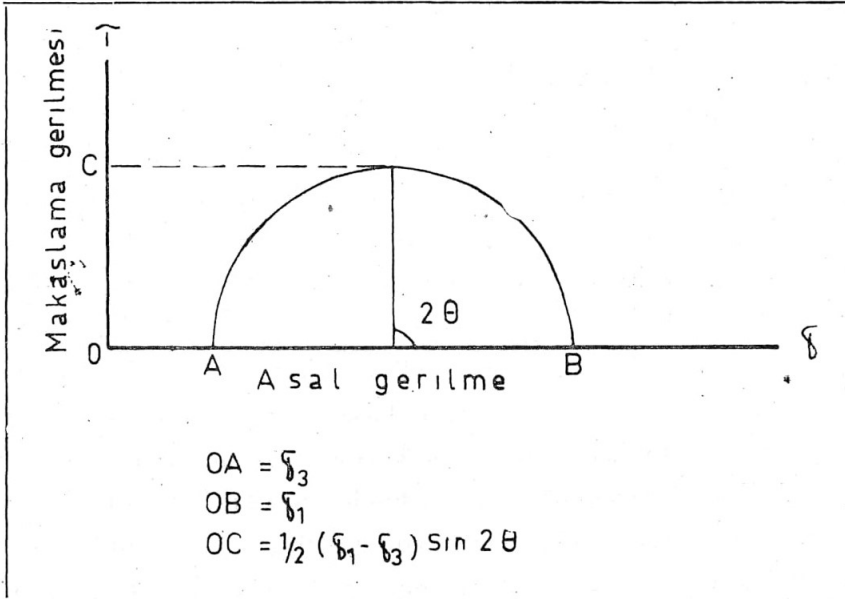
$\tau$  = makaslama gerilmesi,

$\delta_1$  ve  $\delta_3$  = maksimum ve minimum asal gerilmeler (principal stresses),

$\theta$  = makaslama düzlemi ile maksimum asal gerilme yönü arasındaki açı.

Burada görüldüğü gibi,  $\theta = 45$  derece olduğunda makaslama gerilmesi maksimum olur ve bunun Mohr dairesi ile grafik ifadesi Şekil 3 te gösterilmiştir.

Deney numunelerinde müşahade edilmiş olan  $\beta$  kırılma açıları Şekil 4 te görüldüğü gibi (takriben 20-30 derece) maksimum makaslama gerilmelerinin yönüne tekabül etmez, yani 45 derece değildir. Bu durum Coulomb ve Navier (Timoshenko, 1953, s. 51) tarafından, kırılma yönündeki içsel



Şek. 3

sürtünmelerin tesiri ile izah edilmiştir. Bu teori ile kırılma açıları şu şekilde tayin edilebilir:

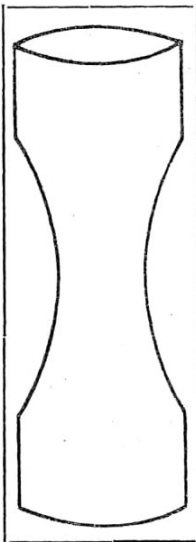
$$\beta = 0.5 \tan^{-1} (1/K)$$

K — içsel sürtünme katsayısıdır. Eğer  $K = 0$  olursa,  $\beta$  kırılma açısı arzu edildiği şekilde 45 derece olacaktır. Yine bu teoriye göre hapsedici basınçlar (confining pressure)  $\beta$  ya tesir etmemektedir.

Deneye tabi tutulmuş numunelerde bazı boyuna çatlaklar da (axial fractures), yani yükleme istikametine paralel, teşekkül etmiştir. Gramberg (1965) bu tip çatlaklar için «axial cleavage fracture» terimini kullanmıştır ve kendisine göre bunlar, kompresyon yüklemelerinde bariz bir çekme olmamakla beraber, numune içindeki farklı kompresyon gerilmeleri sebebiyle teşekkül eden çekme gerilmeleri neticesi meydana gelmektedir. Wright da (1955) bu tip kırıklar için «endirekt çekme kırıkları» (indirect tensile fractures) terimini kullanmıştır.

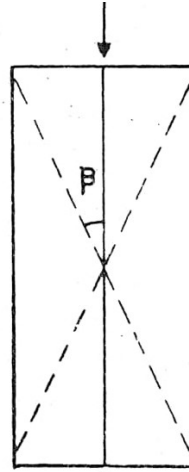
Hakikaten, Seldenrath ve Gramberg (1958) yaptıkları deformasyon ölçmelerinde (strain measurements), tek eksenli yüklenmiş silindirik kaya numunelerinde gerilme dağılımlarının

homojen olmadığını göstermiştir. Numune içindeki kompresyon gerilmelerinde, elastik sınır dahilinde, bariz farklar meydana gelmekte ve numunenin bazı kısımlarında çekme gerilmeleri teşekkül etmektedir. Bu mahzuru gidermek için çekme deneylerinde kullanılan ortası kenarlarına nazaran ince (dumbbell-shaped) şekilli numunelerin kompresyon deneylerinde de kullanılması tavsiye edilmiştir (Brace, 1963). Şekil 5 te görülen böyle bir numunede baskı pistonları ile numune arasındaki farklı elastik özellikler dolayısıyla teşekkül edecek anormal gerilmeler numune omuzlarında konsantre olacak ve numunenin orta kısmında sadece kompresyon gerilmelerinin rol oynadığı kabul edilecektir.



Şek. 5

Yükleme Yönü



Şek. 4

## TESTLER

**Tek eksenli kompresyon**

Deneylerde 200 ton kapasiteli Denison hidrolik kompresyon makinesi kullanılmış ve numunedeki deformasyonlar (strain) 0.00025 cm (0.0001 inch) ölçme yeteneğindeki göstergelerle ölçülmüştür. Numunelerdeki deformasyonlar her 0.5 ton yük, yani her 11 kg/cm<sup>2</sup> gerilme artışında kaydedilmiştir. Nispeten yavaş yükleme yapılmış ve yükleme hızı (loading rate) genellikle 1.4-1.8 kg/cm<sup>2</sup>/sn arasında değişmiştir. Yükler daima laminasyona dik, başka deyimle karot eksenine paralel olarak tatbik edilmiştir.

Birçok numune yenilme vuku bulana kadar yüklenmiştir. Yalnız altı tanesinde devrî yükleme (cyclic loading) yapılmış ve yükler her devrede artırılmıştır. Yenilme anındaki gerilmenin kantitatif değeri numunenin kompresyon mukavemeti olarak alınmıştır.

**Schmidt tepki çekici**

Bu çekiç esasında betonun sertliğini, dolayısıyla mukavemetini, betonun kendisine zarar vermeden, ölçmek için geliştirilmiştir. Fakat son zamanlarda aynı maksatlarla yerinde kayalara da tatbik edilmeye başlamıştır. Çekicinin yapısı ve çalışma tekniği mevzumuzun dışında kaldığından burada bahsedilmeyecek, sadece kayalarda kullanılmasına ait birkaç misal verilecektir.

Hucka (1965), Çekoslovakya Ostrawa-Radvanice maden galerilerinde bu aletin kullanıldığını ve tatminkâr neticeler verdiğini bildirmiştir. Cornwall'daki Stithians baraj yerinde granit karodan üzerinde kullanılarak, derinlikle tahallül tesirlerinin azaldığını ve dolayısıyla mukavemetlerin arttığını göstermiştir (Knill & Jones, 1965). Duncan (1967), Devon ve Gyney Galler'de yaptığı yerinde (in situ) deneylerle, test neticelerinin tek eksenli kompresyon mukavemetleriyle orantılı olduğunu bildirmiştir. Bu misallerden de anlaşılacağı gibi, çekicinin bu tarzda kullanılması kayaç mukavemetleri hakkında çabuk ve kolay takribi fikirler vermektedir.

Bu çalışmalar sırasında karot sandıkları içinde kompresyon deneyleri için alınmış numunelere yakın müsait zonlar Schmidt çekiciyle deneye tabi tutulmuştur.

### Diğer testler

Her kompresyon deneyinden sonra adsorbe edilmiş su muhtevası numunenin öğütülmüş kısımlarının 105-110 C dereceli fırında kurutulmasıyla ölçülmüştür.

Numunelerin karbon muhtevası öğütülmüş ve fırında kurutulmuş parçalarından tayin edilmiştir. Bu iş için 375-385 C dereceli fırın içinde numuneler, bütün organik madde muhteviyatını kaybetmesi için sekiz saat bekletilmiştir.

Öğütülmüş kuru numunelerin özgül ağırlıkları 50 ml lik birim ağırlık şişeleri (density bottle) ve likid parafin kullanılarak ölçülmüştür. Deney numunelerinden alınan parçaların hacimleri, büzülme limiti aleti (shrinkage limit apparatus) vasıtasıyla bulunarak ve ağırlıkları 0.0001 gr hassaslıkta terazide tartılarak kuru birim ağırlıkları hesap edilmiştir.

Poroziteler indirekt metotla ve

$$P=100 (G_1 - G_2) / G_1$$

formülü kullanılarak bulunmuştur. Burada:

P = numunenin porozitesi,

$G_1$  = hakiki özgül ağırlık, ve

$G_2$  = zahiri özgül ağırlıktır (metrik sistemde).

### NETİCELER

Silttaş numunelerinin tek eksenli kompresyon mukavemetleri 404-956 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmiş, fakat genellikle 455-720 kg/cm<sup>2</sup> civarında konsantre olmuştur. Kuyunun üst seviyelerinden alınan tahallüllü kumtaşı numunelerinin mukavemetleri ise 111 ve 635 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmiştir.

Numuneler genellikle karakteristik kırılma tipte konik kırılmalar göstermiş, ayrıca silindirelerin etrafında bazı dikey boyuna kırılmalar da görülmüştür. Konilerin kenarları tatbik edilen gerilme yönüyle takriben 20-30 derecelik açılar yapmışlardır. Diğer taraftan uçları Araldite Epoxy Resin ile kaplanmış numunelerde nispeten küçük koniler, fakat daha iyi teşekkül etmiş boyuna kırıklar görülmüştür. Yalnız, çok bariz akma yapıları gösteren bazı numuneler bu zayıflık düzlemleri boyunca kırılmışlardır. Bütün numuneler anî ve gürültülü olarak, yüksek mukavemetlileri ise daha da şiddetli kırılmışlardır.

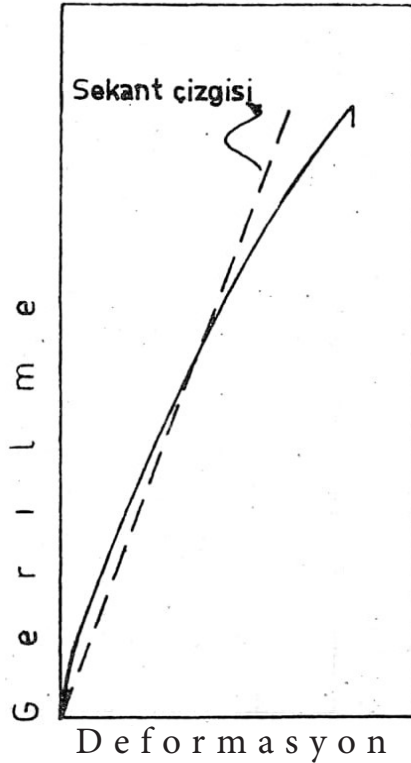


Devri deneylerde çift-çizgili (bilinear) elastik özellikler müşahade edilmiş, yani deformasyonlar gerilme seviyesi ile artmış ve numunelerde kalıcı (residual) deformasyonlar kalmıştır. Bu tip deneylerde her yükleme devresinde basınçlar arttıkça kalıcı deformasyon da artmakta, fakat geri gelici/kalıcı deformasyon oranı azalmaktadır. Tekrar yük verilince, genellikle, yük-deformasyon eğrisi evvelki yükleme seviyesine kadar değişik bir yol takibetmekte ye bu noktadan sonra, evvelki devrenin devamı imiş gibi davranmaktadır (Şek. 2).

Elastisite modülleri, gerilme-deformasyon eğrileri üzerinde kompresyon mukavemetinin % 50 sine tekabül eden noktaya sekant eğrisi çizilerek hesaplanmıştır (secant modulus of elasticity) (Şek. 6). Bu şekilde elde edilen modüller  $4.05 \times 10^4$  ve  $1,25 \times 10^5$   $\text{kg/cm}^2$  arasında değişmiş, fakat daha ziyade  $7.0 \times 10^4$   $\text{kg/cm}^2$  civarında kalmıştır.

Numuneler deneylerden evvel uzun müddet laboratuvar da muhafaza edildiği için, hava etkisiyle kurumuş dengeli nem (equilibrium air-dried moisture content) ihtiva etmekteydiler. Nitekim, bu durum bazı araştırmacılar tarafından elastisite modülü ölçmeleri için de en müsait durum olarak tavsiye edilmektedir (Obert, 1946). Yapılan nem muhtevası tayinlerinde numunelerin daima % 1 den az su ihtiva ettikleri görülmüş ve böylece kuru olarak kabul edilmişlerdir.

Karbon muhtevaları ağırlık olarak genellikle % 3 ün altında bulunmuştur. En yüksek karbon miktarı çok karbonlu iki kil bandının yer aldığı 33.3–37.2 m ler arasından alınan numunelerde tespit edilmiştir.



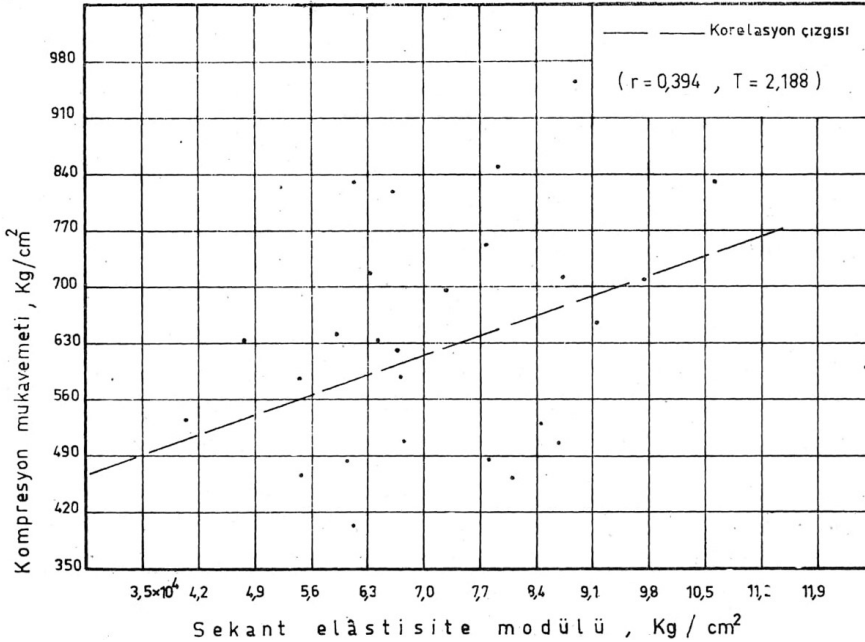
Şek. 6

Numunelerin özgül ağırlıkları 2.36-2.66 ve kuru birim ağırlıkları 1.66-2.21 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuş, tahallül etmiş kumtaşlarının birim ağırlıkları siltaşlarınınkinden genellikle düşük çıkmıştır. Poroziteler % 14.3-34.7 arasında değişmiş ve en yüksek değerler tahallüllü kumtaşlarında bulunmuştur. Elde edilen bu neticeler Tablo 1 de gösterilmiştir.

Korelasyon maksatlarına kâfi gelecek sayıda deney yapılamadığından, mukavemet- karbon muhtevası veya mukavemet-porozite arasında bir bağlantı bulunamamıştır. Yine aynı sebeple mukavemet ile karot uzunluğu veya derinliği arasında da bir korelasyon yapılamamış, sadece elastisite modülü ile hafif bir korelasyon yapmak mümkün olmuştur. Elde edilen neticelere göre, numunelerin kompresyon mukavemetleri arttıkça, elastisite modülleri de artmıştır (Şek. 7). Bu korelasyonların elektronik hesap makinesiyle yapılan istatistikî analizlerinde sadece mukavemet-elastisite modülü arasında % 5 seviyesinde bir korelasyon katsayısı bulunmuştur.

Schmidt tepki çekici ile başlıca üç tip deney yapılmıştır:

- 1) Laminasyona paralel, düşey darbe,
- 2) Laminasyona dik, düşey darbe,
- 3) Laminasyona dik, yatay darbe.



Şek. 7

Tablo - 1

Numune no.	Derinlik (m)	Numune uzunluğu (cm)	Tek eksenli kompresyon mukavemeti (kg/cm <sup>2</sup> )	Sekant elastisite modülü (kg/cm <sup>2</sup> × 10 <sup>4</sup> )	Yükleme hızı (kg/cm <sup>2</sup> /sn)	Nem muhtevası (%)	Karbon muhtevası (%)	Özgül ağırlık	Kuru birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)
1	5.12 — 5.24	10.3	635	4.76	—	0.54	0.58	2.53	1.66	34.7
2	5.47 — 5.67	15.1	111	4.14	0.92	0.59	1.24	2.55	1.83	27.8
3	7.01 — 7.13	10.2	488	6.03	1.26	0.39	0.54	2.54	1.93	24.0
4	8.35 — 8.50	13.1	464	8.11	1.25	0.46	0.61	2.55	1.99	21.9
5	20.11 — 20.24	10.6	634	6.44	1.76	0.68	1.15	2.56	1.98	22.6
6	20.30 — 20.51	16.2	698	7.27	1.15	0.62	1.43	2.57	1.94	24.5
7	20.62 — 20.77	12.6	621	6.70	1.67	0.71	1.78	2.59	1.96	24.3
8	21.45 — 21.70	15.5	835	10.64	1.44	0.31	0.57	2.65	2.05	22.2
9	21.88 — 22.05	12.8	754	7.76	1.71	0.32	0.64	2.58	2.04	20.9
10	22.45 — 22.60	14.9	854	7.91	1.78	0.36	0.64	2.55	2.03	20.0
11	27.16 — 27.31	10.4	831	6.14	1.61	0.47	1.41	2.61	2.21	15.3
12	27.38 — 27.50	10.6	588	6.74	1.81	0.94	2.66	2.56	1.99	22.2
13	29.07 — 29.25	13.0	721	6.32	1.71	0.62	1.32	2.52	2.03	19.4
14	29.42 — 29.52	8.0	532	8.46	1.77	0.90	3.68	2.57	1.82	29.1
15	33.67 — 33.81	10.6	534	4.05	1.81	0.49	2.25	2.49	1.91	23.2
16	33.88 — 34.11	10.0	587	5.44	1.70	0.73	3.30	2.47	1.97	20.2
17	34.78 — 34.93	7.8	821	6.60	1.71	0.44	1.68	2.51	1.94	22.3
18	35.00 — 35.14	12.0	466	5.48	1.62	0.82	2.38	2.44	1.94	20.4
19	35.53 — 35.71	10.5	404	6.11	1.85	0.86	6.93	2.36	1.95	16.9
20	36.19 — 36.32	10.1	714	8.75	1.65	0.50	3.26	2.57	2.20	14.3
21	37.38 — 37.50	10.2	510	6.76	1.92	0.94	5.10	2.48	1.93	22.1
22	37.59 — 37.73	10.9	643	5.68	1.74	0.85	2.27	2.66	1.93	27.4
23	39.45 — 39.62	15.1	656	9.16	1.69	0.51	0.70	2.62	1.97	24.8
24	41.47 — 41.61	10.3	956	8.89	1.78	0.48	1.56	2.43	1.95	19.7
25	41.66 — 41.84	15.4	510	8.68	1.70	0.64	1.80	2.49	1.86	25.3
26	43.11 — 43.38	10.4	603	12.53	1.97	0.81	2.67	2.53	2.01	20.5
27	52.75 — 52.91	15.0	486	7.84	1.54	0.58	1.19	2.55	1.86	27.0
28	54.04 — 54.20	12.6	712	9.80	—	0.30	0.71	2.58	1.87	27.5

Her deneyde 5-10 darbe tatbik edilmiş ve lamisyona paralel deneylerde numunelerden yarından fazlası 1-4 darbeden sonra lamina düzlemleri boyunca yarılmışlardır. Laminasyona dik tatbik edilen deneylerde kırılan/kırılmayan numune oranı küçülmüştür.

Korelasyon için, kompresyon deneylerindeki yükleme ile aynı yönde yapıldığından, yukarıda 2 nci maddede anlatılan deney neticeleri kullanılmıştır. Ortalama ve maksimum tepme değerleri ile karot mukavemetlerinin korelasyonuna çalışılmış fakat istatistikî analizlerde önemli korelasyon katsayısı (significant correlation coefficient) bulunamamıştır.

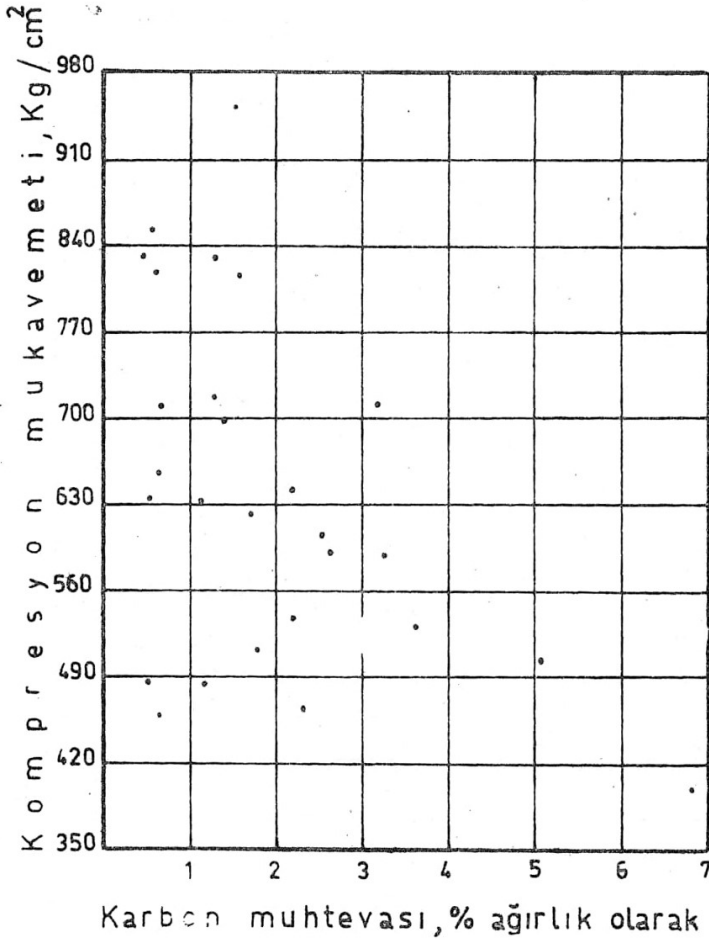
### TEFSİR

Kayacın basma mukavemeti kırılma için gerekli olan gerilmedir. Tek eksenli kompresyon deneyleri mukavemet ölçümleri için en basit ve kolay tekniklerden biridir ve bu deney neticeleri hem çeşitli kaya tipleri arasında mukayeseler yapmak ve hem de inşaat sahası içinde ana kayanın değişkenliği hakkında bilgi edinmek için faydalıdır. Ayrıca daha kompleks gerilme durumlarında kayanın davranışı hakkında da fikir verirler.

Tek eksenli gerilmeler ( $\delta_2 = \delta_3 = 0$ ) altında sert kayalar normal olarak kırılma özelliği gösterirler. Üç eksenli gerilmelerde ise daha ziyade kırılma-sünen (brittle-to-ductile) geçiş zonunda bir davranış beklenir. Bu durumda kaya mukavemetinin de, yanıl basınçlar dolayısıyla ( $\delta_2 \geq \delta_3 > 0$ ), tek eksenli kompresyon deneyleriyle ölçülene kıyasla daha yüksek olması normaldir. Kayaların tabiatında yanıl (derinde ise üç eksenli) basınç altında oldukları kabul edildiğinden, laboratuvarında kayacın tabii haldeki özelliklerini meydana çıkarabilmek için üç eksenli deneyler yapmak tercihe şayandır. Temel kayasının sabit yük altındaki deformasyon derecesi, eğer kitle deformasyonlarında zayıflık düzlemlerinin tesirini nazarı dik-kate almazsak, kayanın sıkışabilirliği (compressibility) ile ilgilidir ve bu özellik emniyet mülâhazalarında mühim bir rol oynar. Heterojenlik, kırıklar, yeraltı suyu v. b. tesiriyle yüzey kayalarının gerilme-deformasyon ilişkilerinde belli bir kriter yoksa da (Hawkes, 1966), statik laboratuvar teknikleriyle elde edilmiş elastisite modülü değerleri kayaların mühendislik maksatları için sınıflandırılmaları bakımından değerli verilerdir. Hapsedici basınçlar arttıkça efektif elastisite modül değeri de artacağından (Price, 1958), tek eksenli yük altında ve laboratuvarında statik olarak

elde edilmiş değerler ölçülen istikamette normal olarak, nispeten düşük değerler verecektir.

Bu çalışmada tek eksenli yük altında silttaşı ve kumtaşı numunelerinin kompresyon mukavemetleri ve gerilme-deformasyon ilişkileri incelenmiştir. Kayaçların nihaî mukavemetleri (ultimate strength) üzerinde hapsedici basınçlar, nem muhtevası, yükleme hızı ve duraylılığı, ısı, numune boyu gibi çok çeşitli faktörler rol oynadığından, deney neticelerini özel şartlara göre kıymetlendirmek lâzımdır.



Şek. 8

Price (1963) karbon muhtevası arttıkça, kayaç mukavemetinin azalacağını bildirmiştir. Gerek yapılan deneylerin sayıca azlığı, gerekse diğer faktörlerin müşterek etkileri yüzünden karbon muhtevası ile mukavemet arasında kuvvetli bir bağıntı bulunamamıştır. Fakat, genellikle, düşük karbon muhtevalarında yüksek mukavemetler bulunmuş ve en yüksek karbonu havi numune en düşük mukavemeti göstermiştir (silttaşı grubu içinde) (Şek. 8).

Porozitenin mekanik mukavemet üzerindeki etkisi bariz olduğu halde, bu iki özellik arasında da bir bağıntı bulunamamıştır. Bu neticeler muhtemelen numunelerin petrolojik yapısı hakkındaki bilginin eksikliğinden ileri gelmektedir. Bundan da anlaşılmalıdır ki, numuneler petrolojik olarak birbirinin aynı olmadıkça mukavemet ile porozite, kesafet veya nem muhtevası gibi vasıflar arasında bir ilişki bulmak zor olacaktır. Nitekim, diğerlerine nazaran daha fazla sayıda kil bandı bulunan numuneler düşük mukavemet değerleri vermiştir. Ayrıca en mukavim numuneler genellikle 21.00-28.50 m ler arasından alınanlar olmuştur ki, bu da derinlik arttıkça konsolidasyon tesiriyle mukavemet artmasının her zaman şart olmadığını göstermiştir. Zira, 28.50 m derinliğin altından alınan birçok numune daha düşük değerler vermiştir.

Schmidt tepki çekiciyle yapılan deney neticelerinin de mukavemet ile korele edilememesi yüzünden bu aletin, tabii yerinden çıkarılmış ve kısmen gerilme boşalmasına (stress-relieve) maruz kalmış numunelerden ziyade, yerinde malzemeler üzerinde daha gerçek neticeler vereceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT.— In some problems of bearing capacity, especially for heavy structures, it is desirable to gain an approximate quantitative estimate from laboratory tests, and in those cases it is usual to carry out an unconfined compression test and estimate the allowable load by empirical rules.

In this study the selected 28 core specimens were tested between the steel platens of hydraulic compression testing machine to determine the unconfined compressive strengths. In addition, some zones of the rock in core boxes, from which the cores were extracted, were tested with the Schmidt hammer in order to investigate any relationship between unconfined compressive strength and height of rebound of the hammer.

To make more adequate judgements in evaluating the test results, moisture content, carbon content, specific gravity, bulk density and porosity determinations were made and conclusions were drawn.

## BİBLİYOGRAFYA

- BRACE, W. F. (1961): Dependence of fracture strength of rocks on grain size. Penn. State Univ. Mineral Ind. Expt. Sta. Bull., 76, pp. 99-103.
- (1963): Brittle fracture of rocks. Int. Conf. on State of Stress in the Earth's Crust, Elsevier, pp. 111-180.
- COATES, D. F. (1964): Classification of rocks for rock mechanics. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., vol. 1, pp. 421-429.
- COATES, D. F. & PARSONS, R. C. (1966): Experimental criteria for classification of rock substances. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., vol. 3, pp. 181-189.
- DUNCAN, No (1967): Rock mechanics and earthworks engineering. Muck Shifter, Ocak, pp. 35-40.
- GRAMBERG, J. (1965): Axial cleavage fracturing, a significant process in mining and geology. Engineering Geology, vol. 1, pp. 31-72.
- GRIFFITH, A. A. (1921): The phenomena of flow and rupture and flow in solids. Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. 221, pp. 163.
- HAWKES, I. (1966): Moduli measurements on rock cores. Proc. First Congr. Int. Soc. Rock Mech., vol. 1, pp. 655-660.
- HOBBS, D. W. (1964): Rock compressive strength. Colliery Engineering, vol. 41 pp. 287-292.
- HUCKA, V. (1965): A rapid method of determining the strength of rock in situ. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. vol. 2, pp. 127-134.
- JAEGER, J. C. (1964): Elasticity, fracture and Flow. Methuen and Co. Ltd. London.
- KNILL, J. L. & JONES, K. S. (1965): The recording and interpretation of geological conditions in the foundations of the Roseires, Kariha, and Latiyan dams. Géotechnique, vol. 15, pp. 94-124.
- McCLINTOCK, F. A. & WALSH, J. (1962): Friction of Griffith cracks in rocks under pressure. Proc. Fourth U.S. Natl. Congr. Appl. Mech., Berkeley.
- OBERT, L.; WINDES, S. L. & DUVALL, W. I. (1946) : Standardized tests for determining the physical properties of mine rock. U.S. Bureau of Mines, Report, 3891.
- PRICE, N. J. (1958): A study of rock properties in conditions of triaxial stress. Mechanical Properties of Non-Metallic Brittle Materials, Butterworths. London, pp. 106-122.
- (1963): The influence of geological factors on the strength of coal measure rocks. Geological Magazine, vol. 100, pp. 428-443.
- SELDENRATH, Th. R. & GRAMBERG, J. (1958) : Stress-strain relations and breakage of rocks. Mechanical Properties of Non-Metallic Brittle Materials, Butterworths, London, pp. 79-105.
- TIMOSHENKO, S. P. (1953): History of strength of materials. McGraw-Hill, New York.
- WRIGHT, P. J. F. (1955): Comments on an indirect tensile test on concrete cylinders. Mag. Concrete Res., vol. 20, pp. 87-96.
-