

Kayaçların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Su Muhtevası İle Değişimi

Kemâl GÜLEÇ (*)

ÖZET:

Bu yazıda, kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin su muhtevası ile değişimi incelenmiştir. Kayaçların büyük bir kısmı poroziteli ve çatlaklıdır. Çatlak ve boşluklara suyun girmesi ile, taşın fiziksel ve mekanik özellikleri değişmektedir. Yapılan araştırmalar; su muhtevasının artması ile kohezyon, basınç direnci ve elastisite modülünün azaldığını buna karşılık yoğunluk, dalga hızları ve deformasyonların arttığını göstermiştir.

Böylece, yeraltısu tablasının altında bulunan kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri ayrı bir öneme sahip olmaktadır. Bu sebeple baraj yerleri, ağır inşaat temelleri, tünel güzergâhı, şev stabilitesi ve derin maden işletmeleri civarında bulunan kayaçların su muhtevaları gözönünde tutulmalı, buna göre emniyet katsayıları seçilmelidir.

GİRİŞ:

Doğada bulunan kayaçların en önemli özelliklerinden birisi de, boşluk, kırık ve çatlak gibi süreksizlere sahip olmasıdır. Bu boşluk ve çatlaklar içersinde bir miktar su bulunmakta, çeşitli gerilmelere karşı kayacın davranışı farklı olmaktadır. Kayaçların su muhtevası her yerde aynı büyüklükte değildir. Yeraltısu seviyesinin durumuna ve basınçlı olup olmadığına göre değişmektedir.

Yeraltısu tablasının altında veya örneğin bir baraj gölü tabanında bulunan kayaçlar, büyük bir su basıncı altında kaldıklarında değişik özellikler gösterirler. Herhangi bir ayrışma olmaksızın, kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri su muhtevası nedeniyle bazı özel davranışlar göstermektedir. Genellikle su kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirmekte, bunların çatlaklanmasına ve ayrışmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı laboratuvarlarda, su

muhtevası farklı olan kayaçlar üzerinde deneyler yapılmakta, önceden bilgi sahibi olunmakta ve bunlar arasında ilişkiler kurulmaktadır.

KAYAÇLAR İÇERSİNDE SUYUN HAREKETİ :

Boşluklu ve çatlaklı olan kayaçların içersinde ancak max. poroziteleri kadar su bulunabilir. Yalnız, bütün boşlukların su ile doymuş hale gelmesi için yeterli bir iletkenliğin olması ile mümkündür. Porozitesi ve iletkenliği etkili olan kayaçlar içersindeki sular, hareket halinde bulunmaktadır. Kayaçlar içersindeki suyun

hareket hızı, $K \frac{dy}{dx}$ —denkleminde uygun olarak iletkenlik ve hidrolik eğimle orantılı olarak azalır çoğalmaktadır. Kayaçlar içersinde suların hareketi maden işletmelerinde, baraj yerlerinde, ve tünel açılmasında önemli problemler doğurmaktadır.

KAYAÇLARIN BİRİM HACMİNE SU MUHTEVASININ ETKİSİ :

Bazı kayaçlar bünyelerine fazlaca su alarak hidrasyon ve dehidrasyon olaylarını doğurmaktadır. Bilhassa jipsti, anhidrit feldspat ve serpantinli kayaçlar, su etkisi ile deformasyona uğramakta ve hacim artışı göstermektedirler. Bu sırada kayacın hacmi büyüyüp küçülmek ve değişik büyüklükte basınçların doğmasına sebep olmaktadır. Anhidritli kayaçların bünyelerine su alarak jipsleri oluştururken % 40 a kadar hacim büyümesi göstermekte, bu sırada 600 kg/cm^3 varan basınçlar oluşmaktadır. Jipsler yeraltı derinliklerinde basınç altında buldukları zaman anhidrit şeklinde kalmakta, üzerindeki basıncın kalkması ile de bünyesine su almaktadır. Bu olay ise bilhassa baraj gölleri altında önemli problemler meydana getirmekte, deformasyon sonucu kırılmaya ve

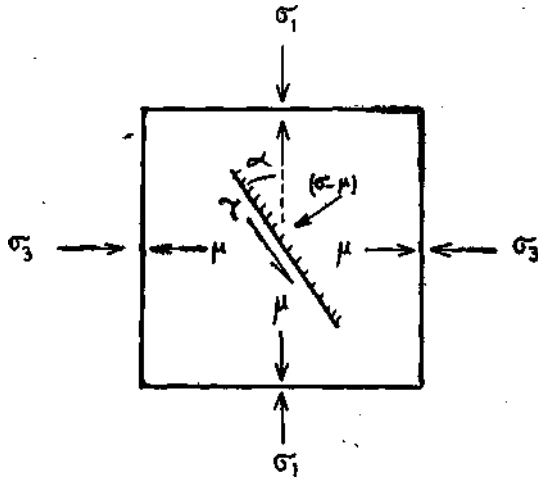
{*} Dr. Müh. İ.T.Ü. Maden Fakültesi- İstanbul

çatlamlara sebep olmakta ve suların sızmasına imkân hazırlamaktadır.

KAYAÇLARIN BASINÇ DİRENCİNE SU MUHTEVASININ ETKİSİ :

Su muhtevası ile kayaçların kohezyonu zayıflamakta, bunun sonucu olarak basınç direnci ve taşıma gücü azalmaktadır. Örneğin killi ve marnlı kayaçlar yüksek su muhtevasına sahip oldukları zaman taşıma güçlerinin 0 — 1 kg/cm³ ye kadar düşürebilmektedir. Su muhtevası ile kayaçların basınç direncinin azaldığı POSTACIOĞLU (1948), PRICE (1960), HANDİN (1963), COLBACKWIID (1965), ve WIID (1966-1970)'in yapmış olduğu çeşitli deneylerle gösterilmiştir. Bu sonuç; farklı gerilme kuvvetleri altında bulunan bir kayacın gerilme analizinin yapılması ile de, açıklanabilmektedir.

Suya doymun bir kayacın bütün boşluk ve çatlakları su ile dolu demektir. Bu durumda, kayacın içerisindeki suyun kaçabilme kabiliyeti çok azdır. Böylece boşluklardaki hidrolik basınç artacak ve boşluk suyu basıncını doğuracaktır. Bu durumda kayaca etki eden asal gerilme kuvvetleri σ_1 ve σ_3 değerinde bulunmaktadır. (Şekil : 1).



Şekil : 1 — Suya doymun bir kayactaki bir düzleme etkiyen gerilme kuvvetleri.

σ_1 , σ_3 ve σ_3 asal gerilme kuvvetleri etkisi altında bulunan bir kayacta, max. asal gerilme doğrultusu ile α açısı yapan bir düzlemdeki normal ve kesme gerilmeleri aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\sigma = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3) - (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2 \alpha}{2} - \mu$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2 \alpha$$

Bu iki denklem mohr kırılma kriterleri ile karşılaştırılacak olursa, kayma gerilmelerinin değişmediği, buna karşılık normal gerilmenin, y. boşluk Suyu basıncı kadar azaldığı görülmektedir. Suya doymun bir kayacın boşluk suyu basıncı $(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2 \alpha$ olması halinde $\sigma = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2 \alpha}{2}$ yazılabilir.

Bu ise su muhtevası olmayan bir kayacın normal gerilmesinden başka bir şey değildir. Kayaçların normal gerilme değerleri çoğun bu iki sınır arasında değişmektedir (2).

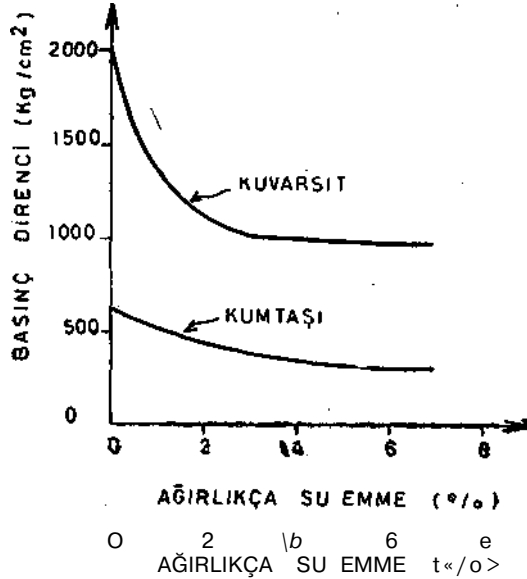
Laboratuvarda yapılan deneysel çalışmalar su muhtevası ile basınç direncinin azaldığını göstermektedir. POSTACIOĞLU (1948) tabii taşların basınç direncine etki eden faktörleri incelerken, su emme ile basınç direnci arasında ilişki kurmuş, su emmesi bilinen bir kayacın en az hangi gerilme altında çalışabileceğini saptamıştır (6). Yapılan deneylere göre su emmesi % 0.9 dan yüksek olan kayaçların basınç direncinin 1200 kg/cm² den az olacağı ve bunların parke yapımında kullanılmayacağı sonucu çıkarılmıştır. Aynı deneylere göre basınç direnci, P = su emme olmak üzere, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$R = \frac{795}{(1000 P) \cdot 0,23}$$

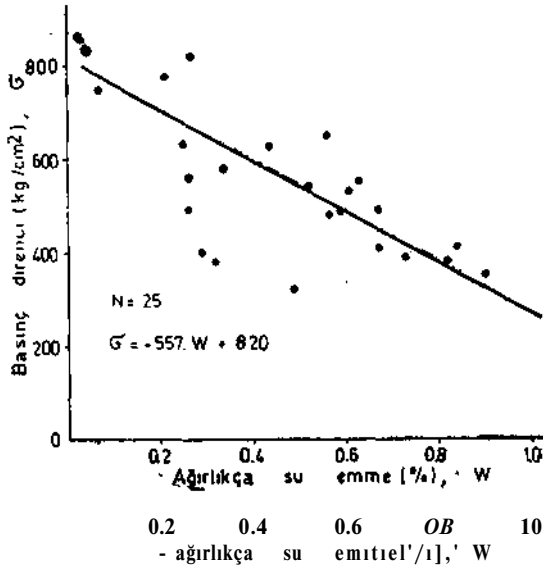
BERNAIX (1969), Malpasset barajının yıkılmasına; su basıncı etkisiyle taşıma güçlerinin kaybeden gnayslerin sebep olduğunu açıklamıştır (1). Burada yapılan tek eksenli basınç deneylerinde, su muhtevası yüksek olan numunelerin basınç dirençlerinde % 30 civarında azalma olduğu görülmüştür.

WIID (1966 1970); kumtaşı, kuvarsit ve dolorit gibi kayaçların basınç direnci ile su emmeleri arasında ilişkiler kurmuş (Şekil : 2) ve kuru doloritlerde 480 kg/cm² olan basınç direncinin, suya doymun numunelerde 310 kg/cm² ye indiğini tesbit etmiştir (7, 8).

Afyon mermerleri üzerinde yaptığımız deneylerde, mermerlerin ayrışma derecesinin tanımlanmasında kriter olarak ağırlıkça su emme alınmıştır (3, 4). Bu sırada farklı miktarlarda su emmesi bulunan mermerler üzerinde basınç direncinin değişimi incelenmiştir. Su emme ile basınç direnci arasında lineer bir ilişki kurulmuştur. (Şekil : 3) de basınç direnci ile ağırlıkça su emme arasındaki ilişki görülmektedir. Buna göre; su emmenin artması ile basınç direncinin azalmakta olduğu saptanmıştır.



Şekil : 2 — Kumtaşı ve kuvarsitlerde su muhtevası ile basınç direnci arasındaki ilişkiler (COLBACK ve WÜD).



Şekil : 3 — Afyon mermerlerinde ağırlıkça su emme ve basınç direnci ilişkisi

OBERT-DUVALL (1967)'a göre su emme ile basınç direnci arasındaki ilişkiler tam olarak anlaşılammıştır (5). Onlara göre basınç direnci, su muhtevası ile azalmakta, fakat özellikle mermer ve granitlerde elastisite modülü yükselmektedir. Bu nedenle su muhtevası ile basınç direncinin azalması mühendislik amaçları için zararsız kabul edilmektedir.

KAYAÇLARIN ELASTİK ÖZELLİKLERİNE SU MUHTEVASININ ETKİSİ :

Kayaçların elastik özellikleri üzerinde suyun etkisi genellikle az olmaktadır. Su muhte-

vasının artması ile onların elastisite modülü azalmakta, boşluklardaki havanın yerine su geçtiği zaman yoğunluk artmakta, dalgaların yayılma hızları büyümekte, değişik akımlar meydana gelmektedir. Aynı şekilde gerilme deformasyon eğrisinin şekli değişmekte, eğimi azalmaktadır (7). Elastisite modülü poröz Kumtaşı ve kalkerlerde % 20 - 40, killi ve siltaşlarında % 0 - 5 oranında azalmakta, buna karşılık istisnai bir durum olarak granit ve mermerlerde % 30 kadar yükselmektedir (5).

Diğer taraftan, yapılan deneyler sonucunda numunelerin su muhtevasına bağlı olarak, gerilme-deformasyon eğrileri yardımı ile sürtünme katsayıları saptanmış ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir (8).

$$F \text{ Kuru} = 0.61$$

$$F \% 50 \text{ doygun} = 0.50$$

$$F \% 100 \text{ doygun} = 0,55$$

Buradan görüldüğü gibi bu değerler birbirlerine tam olarak uygunluk göstermemektedir. Bunun sebebi, kırılma sırasında kapanan çatlakların yüzeyleri arasındaki sürtünme katsayısına su muhtevasının etkisinin büyük olmamasıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER :

Yukarda açıklandığı gibi, su muhtevasının yükselmesi ile kayaçların kohezyonu azalmakta bu sebeplede basınç direnci ve elastisite modülü daha düşük değerler almaktadır. Buna karşılık yoğunluk, birim numune hacmi ve deformasyonlar yükselerek beklenmeyen olaylar meydana gelmektedir. Aynı şekilde boşluklardaki suyun donması ve ısı artışı ile bunun çözülmesi kayaçların dirençlerinin azalmasına, çatlakların ve ayrışmaların meydana gelmesine sebep teşkil etmektedir.

Diğer taraftan jips, feldspat, serpantin ve kil gibi su temasında çok hassas olan bazı mineral ve kayaçların taşıma güçleri ve diğer fiziko-mekanik özellikleri su muhtevası ile değişmektedir. Bu nedenle baraj yerlerindeki, tünel ve temel altlarındaki ve maden işletmeleri civarındaki kayaçlar boyutlandırılırken su muhtevası etkilerinin gözönünde tutulması gerekmektedir.

Kayaçların fiziko mekanik özelliklerine su muhtevasının etkisi burada kısaca açıklandığı gibi basit bulunmamaktadır. Hernekadar kayaçların fiziko mekanik özellikleri su muhtevası ile değişmekte ise de, bu olay halen teorik olarak önemli bulunmaktadır. Pratikte numuneler üzerinde yapılan deneylerin arazi şartlarına taşınması ile bunun önemi dahada büyük ola-

çaktır. Bilhassa sedimanter kayaçlar oluşlarından bu yana bir basınç altındadırlar. Bunların üzerinden basıncın kalkması ile su muhtevaları artacak ve gerilme şartlarında büyük değişimler olabilecektir. Aynı şekilde su ile kayaç arasında kimyasal reaksiyonlar olabilecektir, işte bu sebeplerden dolayıdır ki, laboratuvarında kontrol altında tutulabilen su emme miktarı arazide ölçülememektedir. Bundan dolayı büyük yükler altında kalması muhtemel olan kayaçların su muhtevaları önceden saptanarak; emniyet katsayılarının seçiminde, fiziksel ve mekanik özelliklerde meydana gelmesi beklenen değişimler gözönünde tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

- (1) BERNAIX, J. (1969) : New Laboratory Methods of Studing the mechanical Properties of Rocks. Pergamon Press. Paris.
- (2) FARMER, I .W. (1968) : Engineering Properties of Rocks. En-and R.N. Spon Ltd. London.
- (3) GÜLEÇ, K. (1973) : Afyon Mermerlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Fiziko-Mekanik

Özelliklerinin Ayrışma ile İlişkisi İTÜ Maden Fakültesi Yayını. İstanbul.

- (4) GÜLEÇ, K. (1973) : Mermerler Üzerinde Yapılan Hızlandırılmış Ayrışma Deneyleeri Hakkında. Çatlaklı ve Ayrışmış Kayaçların Mühendislik Özellikleri Sempozyumu. İTÜ. İnşaat Fakültesi, Zemin Mekaniği Araştırma Kurumu Yayını. İstanbul.
- (5) OBERT, L. — DUVALL, W.I (1967) : Rock Mechanics and the design of Structures in rock. John Wiley and Sons. London.
- (6) POSTACIOĞLU, B. (1948) : Tabii Taşların Basınç Mukavemeti. İTÜ İnşaat Fakültesi Malzeme Laboratuvarı Tebliği. İstanbul.
- (7) WIID, B.L (1966) : The influence of Moisture on the Strength behaviour of Rocks. CSIR Report MEG 424, Pretoria, South Africa.
- (8) WIID, B.L (1970) : The influence of Moisture on the Pre-Rupture Fracturing of two Rock Types. Proceeding of the 2 nd. Cong, of Rock Mech. V: 2, Beograd.