



OBRUK BARAJ YERİNİN (ÇORUM) MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Engineering Geological Investigation of the Obruk Dam Site (Çorum)

Ayhan KOÇBAY¹, Recep KILIÇ²

¹DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı, 06100 Ankara

²Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Ankara

ÖZ

Barajların eksen yeri, çevirme tüneli, enerji tüneli ve dolusavak güzergahındaki kaya kütlelerinin süreksizlikleri, bozunma derecesi, dayanımı, geçirimsizliği vb. gibi mühendislik jeolojisi özellikleri incelenerek, karşılaşılabilecek sorunlar ile alınabilecek önlemler araştırılır. Bu çalışmada, Orta Anadolu'da, Çorum'un kuzeyinde Kızılırmak Nehri üzerinde inşa edilen Obruk Baraj yeri mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Baraj eksen yerinde yaklaşık 65 m kalınlığında alüvyon mevcuttur. Alüvyonun altında, çevirme ve enerji tünel güzergahında Eosen yaşlı bazalt bulunmaktadır. Bazaltın yatay ve düşey yöndeki dağılımının, yeraltı suyu seviyesinin belirlenmesi ve temsil edici karot örneklerinin alınması için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından açtırılan jeoteknik amaçlı sondajlardan yararlanılmıştır. Bazaltın jeolojik ve jeomekanik özellikleri ile ayrışma derecesi tektonizmaya bağlı olarak yakın mesafelerde değişiklik göstermektedir. Sondaj karotlarından ve yüzeyden alınan bazalt örneklerinin mineralojik, petrografik, fiziksel ve jeomekanik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre eksen yerinin geçirimsizliği belirlenmiş, tünellilik açısından kaya kütle sınıflamaları yapılmış ve destek sistemleriyle ilgili öneriler getirilmiştir.

Anahtar kelimeler : Bazalt, destek tipi, kaya kütle sınıflaması, Obruk baraj yeri.

ABSTRACT

Engineering geological properties of rock masses such as discontinuities, degree of weathering, strength and permeability, along the axis, diversion tunnel, power tunnel and spillway of dams are investigated in order to determine probable problems and necessary precautions before the construction. In this study, Obruk dam site, that has been constructed on the Kızılırmak River at the north of Çorum, Central Anatolia, has been investigated in terms of the mentioned engineering geological aspects. The thickness of the Quaternary alluvium at the dam site is about 65 m and it overlies the Eocene aged basalt basement. The diversion and power tunnels have been constructed in the basalts. In order to determine distribution of the basalt, both in horizontal and vertical directions some core samples were collected from the preliminary geotechnical boreholes drilled by the General Directorate of State Hydraulic Works, and depth of groundwater level was measured in these boreholes. The geological and geomechanical properties of the basalt is controlled by tectonism and weathering, and vary close distances. The mineralogical, petrographical, and geomechanical properties of the basalt core samples were determined. Based on the test results, the rock mass cropping out at the dam site were classified for tunneling and support systems were suggested.

Key words : Basalt, support type, rock mass classification, Obruk dam site.

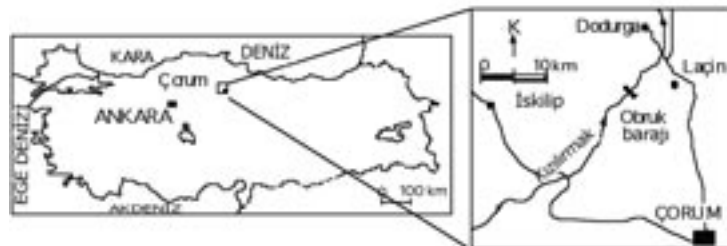
1. GİRİŞ

Kayaçların jeomekanik özelliklerini denetleyen başlıca faktörler; jeolojik yapı, mineralojik bileşim, süreksizlikler ve bozunma derecesidir. Baraj gibi büyük mühendislik yapılarının temel zeminini oluşturan kayaların jeolojik ve jeoteknik özellikleri arazi ve laboratuvar yöntemleri ile önceden belirlenmelidir. Eksen yeri, dolusavak, çevirme ve enerji tüneli güzergahlarındaki kayaların kazılabilirliği, sıyırma kazısı, enjeksiyon sınırı ve tünel için destek sistemlerinin belirlenmesi, projelendirmenin optimum şekilde tasarlanması bakımından da önemlidir.

Bu çalışmada, Orta Anadolu'da Çorum ilinin yaklaşık 50 km kuzeybatısında, Kızılırmak Nehri üzerinde inşa edilen Obruk barajının temel zeminini oluşturan bazaltlar mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir (Şekil 1). Sulama ve enerji üretimi amaçlı toprak dolgu tipinde inşa edilen bu barajın talvegten yüksekliği 67 m, temelden yüksekliği ise 126 m, gövde hacmi 12000 hm³, gücü 203 MW ve yıllık enerji üretimi 473 GWh olarak planlanmıştır. DSİ (1979 ve 1983) tarafından, Aşağı Kızılırmak Projesi kapsamında inşa edilecek olan Obruk barajının ilk eksen yerinde araştırma sondajları yapılarak mühendislik jeolojisi planlama raporu hazırlanmıştır. Kılıç (1999), Obruk barajının planlanan ilk eksen yerindeki bazaltın jeomekanik özelliklerini incelemiş ve bu kayacı bozunma derecesine göre beş gruba ayırmıştır. Koçbay (2003), Osmancık-Çorum yöresindeki bazaltların bozunma karakteristiklerini ve derecesini inceleyerek ayırmaya yönelik bir sınıflama önermiştir. Koçbay ve Kılıç (2003) ise, bu bazaltların doğal yapı malzemesi olarak kullanımına yönelik çalışmışlardır.

Obruk barajının ilk eksen yeri, yaklaşık 500 m menba tarafında aktif bir heyelenin varlığı nedeniyle değiştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında ise, seçilen ikinci eksen yeri mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Baraj projesi kapsamındaki yapı yerlerinde bazaltın düşey ve yatay yönlerdeki değişimini incelemek, bazalttan karot örnekleri almak, geçirgenlik katsayısının belirlenmesi için Lugeon deneyleri yapmak ve yeraltı suyu seviyesinin konumunu belirlemek üzere, derinlikleri 40 m ile 160 m arasında değişen ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan toplam 1512 m uzunluğundaki 17 adet temel araştırma sondajından yararlanılmıştır. Bazaltlardaki eklemlerin hakim doğrultu ve eğimleri belirlenmiş ve mostralardan temsil edici blok örnekler alınmıştır.

Örnekler, öncelikle mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri belirlenerek bozunma derecelerine göre gruplandırılmıştır. Daha sonra, 172 adet bazalt örneğinin fiziksel ve jeomekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerle Obruk barajının yeni eksen yeri ile enerji ve çevirme tüneli güzergahının mühendislik jeolojisi haritası ve kesitleri hazırlanmıştır. Tüm bu özelliklere göre tünelcilik açısından kaya kütlesi sınıflandırılmıştır.

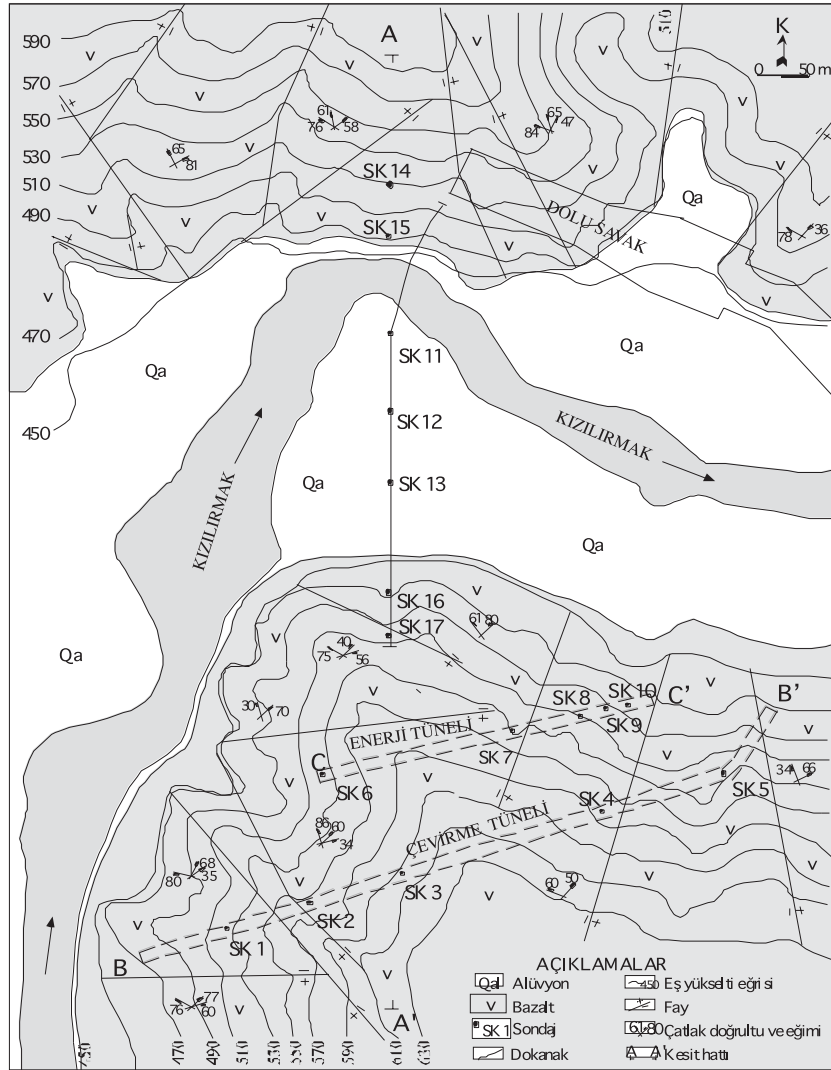


Şekil 1. İnceleme alanı yer belirleme haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

2. BARAJ YERİNİN JEOLJİSİ

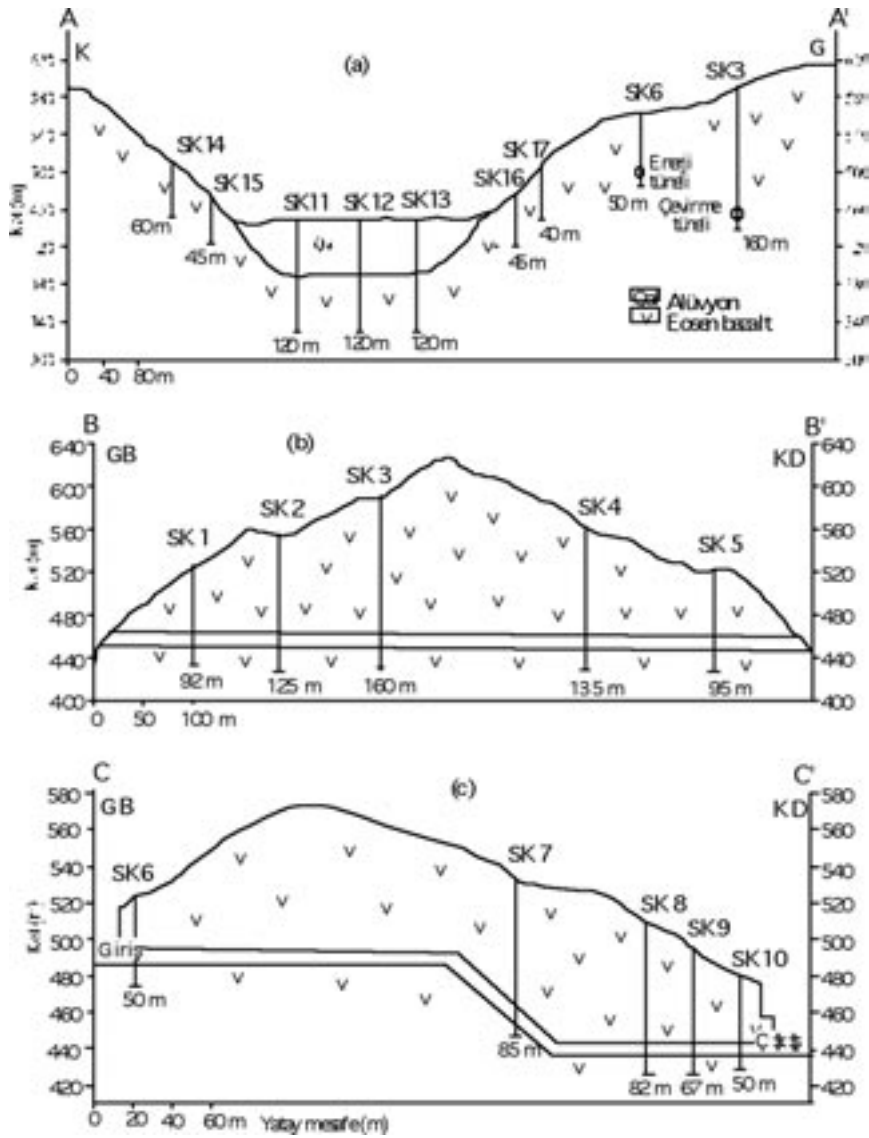
İnceleme alanında volkanitler ve fliş arakatıklarından oluşan Lütésiyen yaşlı Bayat formasyonu bulunmaktadır (MTA, 1975). Baraj yeri çevresinde yaygın olarak görülen Bayat formasyonunda hakim litoloji bazalttır. Bazalt; ince taneli koyu renkli matriks, orta büyüklükte plajiyoklas kristalleri, iri taneli piroksen ve olivin fenokristalleri ile opak minerallerden oluşmaktadır. Opak mineraller içerisinde yer yer pirit minerallerine de rastlanmaktadır. Camsı hamur ve piroksenlerde kloritleşme yaygın olup, plajiyoklaslar kile dönüşmüştür. Karbonatlaşma, silisleşme, kloritleşme ve killeşme ayrışma derecesine ve hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak artmaktadır. Süreksizlikler boyunca ayrışmanın yoğunlaştığı ve çatlaklarda jips dolguları gözlenmektedir. En üstte ise; serbest blok, çakıl, kum, silt ve kil tane boyutlarındaki malzemeden oluşan Kuvaterner yaşlı alüvyon istif yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Obruk barajının yapı ve sondaj yerleri ve mühendislik jeolojisi haritası.

Figure 2. Locations of the boreholes and main structures, and engineering geological map of the Obruk dam site.

İnceleme alanı, Türkiye'deki önemli tektonik hatlardan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'na yaklaşık 35 km uzaklıktadır ve tektonizmadan çok etkilenmiştir. Baraj eksen yeri sağ ve sol sahilinde değişik boyutta, KD-GB ve KB-GD doğrultulu çok sayıda normal fay bulunmaktadır. Ayrıca tektonizmanın etkisi ile gelişen eklemeler mevcuttur. Baraj yeri, çevirme tüneli, enerji tüneli, dolu savak yeri ile sağ ve sol yamaçların mühendislik jeolojisi haritası Şekil 2'de, mühendislik jeolojisi kesitleri ise Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil.3. (a) Baraj eksen yeri, (b) çevirme tüneli ve (c) enerji tünelinin jeoloji kesitleri ile sondaj yerleri.

Figure 3. Borehole locations and engineering geological cross-sections of the (a) dam axis, (b) derivation tunnel and (c) power tunnel.

3. MİNERALojİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLER

Arazi çalışmaları sırasında yüzeyden ve sondajlardan örnekler alınmış, birincil ve bozunma sonucu oluşan ikincil mineraller ile dokusal özellikler belirlenerek kaya tanımlaması yapılmıştır. Petrografik incelemelere göre; baraj yerindeki volkanik kayaların, bazalt ve az miktarda andezitik bazalt olduğu saptanmıştır. Her iki kaya grubu da plajiyoklas (oligoklas, andezin ve kısmen labrador), amfibol ve ojitten oluşmaktadır. Bu minerallerin yanında ikincil bileşen olarak biyotit, apatit, pirit ve opak mineraller mevcuttur. Bazaltın camsı malzemesi, bozunma derecesine bağlı olarak, serizit ve klorite dönüşmüştür. Ayrıca, eklem dolgusu şeklinde serizit, klorit, kalsit, kil ve jips de gözlenmektedir.

Ayrışmadan dolayı mikroskop altında tanımlanamayan minerallerin belirlenmesi amacıyla, temsil edici 10 adet bazalt örneği X-ışınları kırınım (XRD) yöntemiyle analiz edilmiştir. XRD diyagramlarına göre mikroskop altında özlenen minerallerin yanında simektit, kaolinit, dolomit ve hematit mineralleri de belirlenmiştir. Kaolinitler büyük olasılıkla feldispatların, simektitler ise daha çok plajiyoklasların bozunması sonucu oluşmuşlardır. Bunların oranlarında derinliğe bağlı bir artış olduğu görülmektedir. Aynı şekilde XRD diyagramlarında derinden alınmış örneklerde amorf malzemeler de görülebildiğinden, bazı kristallerin pikleri gizlenmiştir. Derinden gelen hidrotermal çözeltiler silice zengin olup, kimi yerlerde ani bir şekilde katılarak tridimit ve opal gibi amorf yapıları, kimi yerde ise iyice kristallenerek tarak dokusu şeklinde iri kuvarsları oluşturdukları saptanmıştır.

Bazaltın kimyasal özelliklerini incelemek, bu özelliklerin ayrışmayla ve derinlikle değişimini belirlemek üzere sondajların değişik derinliklerinden 20 adet karot örneği ile yüzeyden 3 adet örnek alınmıştır. Analizler, Kanada Acme Analytical Laboratories Limited Şirketi'nde ICP-MS yöntemi kullanılarak toz örnekler üzerinde yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Bu değerlerin; gerek karot örnekleri, gerekse yüzeyden alınan örneklerin majör oksit ve iz elementleri bazında normal bir bazaltın kimyasal bileşiminden çok farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılığın başlıca sebebi derinden gelen hidrotermal çözeltilerdir. Bu nedenle, kimyasal değerlere bağlı olarak kayaç adlandırması yapılmamıştır.

4. SÜREKSİZLİKLERİN ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanında tektonizmanın etkisiyle farklı yönlerde çok sayıda çatlak ve kırık gelişmiştir. Çatlakların yönelimi, açıklığı, sıklığı, dolgulu olup olmaması ve varsa dolgunun özellikleri kaya kütle

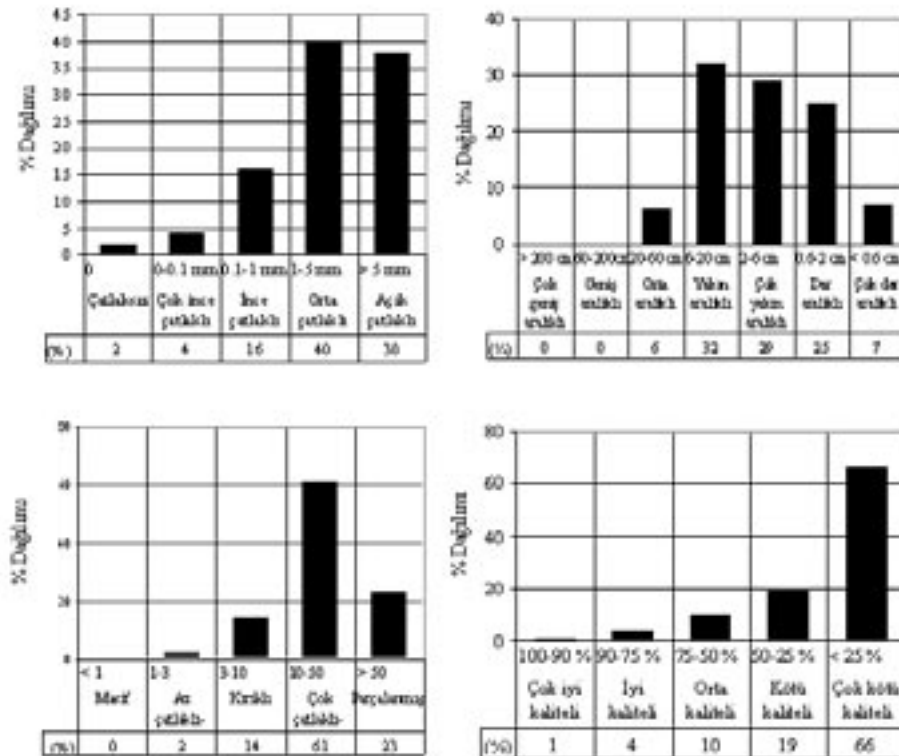
Çizelge 1. Bazaltın jeokimyasal analiz sonuçları.

Table 1. Results of chemical analyses for basalts.

Kimyasal bileşim	En az (%)	En çok (%)	Ortalama (%)
SiO ₂	39.39	53.71	46.55
Al ₂ O ₃	12.18	19.92	22.14
Fe ₂ O ₃	5.90	9.29	7.60
MgO	3.06	10.90	6.98
CaO	1.03	9.43	5.23
Na ₂ O	0.25	3.00	1.63
K ₂ O	1.12	4.20	2.66
TiO ₂	0.56	0.94	0.75
P ₂ O ₅	0.21	0.41	0.31
MnO	0.08	0.19	0.14
Cr ₂ O ₃	0.04	0.09	0.06
Ateş kaybı	4.03	24.73	14.38

özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Barajın sağ sahilinde 1715 adet ve sol sahilinde 1424 adet olmak üzere, bazalt mostralalarında toplam 3139 adet eklem doğrultu ve eğimi ölçülmüştür. Bu ölçümler; Diederichs ve Hoek (1989) tarafından hazırlanmış ve stereografik izdüşüm tekniğini esas alan "DIPS" programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Sağ sahilde hakim doğrultu ve eğim K75B/75GB, K37B/66GB ve K57D/62GD iken, sol sahilde K32D/46KB ve DB/21K'dir.

Süreksizlikler, kalınlıkları 1 mm ile 5 cm arasında değişen jips, kil, kalsit ve silis dolguludur. Kil ve jips dolgunun bazı kesimlerde yüzey suları tarafından yıkanmış olduğu gözlenmiştir. Dolguların kalınlığı, dolgu malzemesinin türü, tane boyu dağılımı, geçirgenlik özelliği, süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü, kayacın kırılma ve parçalanma özelliği bozunma derecesini etkilemektedir. Kalsit, kuvars ve pirit gibi yüksek dayanımlı mineral dolguları, kaya dayanımına olumlu etki yapmaktadır. Jips dolgunun olduğu kesimlerde ise, suların sülfat konsantrasyonunun artacağı ve buradaki yapıların olumsuz etkileneceği dikkate alınmalıdır. Bazaltlardaki çatlakların açıklığının Deere (1963)'e, çatlaklar arası mesafenin ve 1 metredeki çatlak sıklığının ISRM (1981)'e göre sınıflandırılmaları ile yüzde dağılımları Şekil 4'de verilmiştir. Kaya kalitesi bakımından baraj eksen yerinde, çevirme tüneline ve enerji tünel güzergahında çok kötü ve kötü kaliteli bazaltların yer aldığı belirlenmiştir. Bazaltlarda bozunma derecesi arttıkça RQD değerleri azalmaktadır (Koçbay, 2003). RQD'ye göre sınıflama ve yüzde dağılımı Şekil 4d'de verilmiştir.



Şekil 4. Bazaltın (a) çatlak açıklığının Deere (1963)'e, (b) çatlaklar arası mesafenin ISRM (1981)'ye, (c) 1m'deki çatlak sıklığının ISRM (1981)'ye ve (d) RQD'nin Deere (1963)'e göre sınıflaması ve yüzde dağılımları.

Figure 4. Histograms showing percentage distribution and classification of the basalt based on (a) fracture spacing (Deere, 1963), (b) distance between fractures (ISRM, 1981), (c) frequency of fractures in 1 m (ISRM, 1981) and (d) RQD (Deere, 1963).

5. BAZALTLARIN FİZİKSEL VE JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Çevirme tüneli sondajlarının farklı derinliklerinden 105, enerji tüneli sondajlarından 23 ve eksen yerinden 44 olmak üzere, toplam 172 adet 54 mm çaplı karot üzerinde Ankara Üniversitesi, Mühendislik Jeolojisi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı ile DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Beton ve Malzeme Laboratuvarı'nda bazaltın jeomekanik özellikleri tayin edilmiştir.

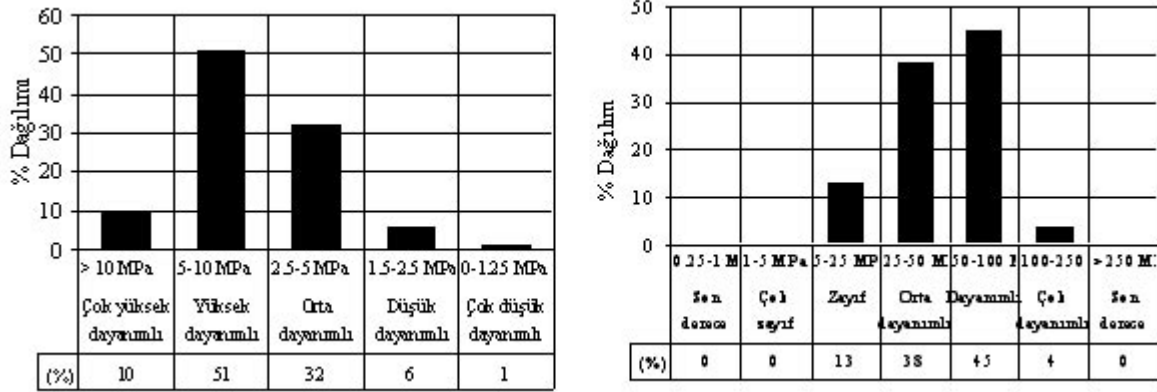
Bazaltın kuru birim hacim ağırlığı, doymun birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme, hacimce su emme, gözeneklilik, özgül ağırlık, nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma dayanımı, P ve S dalga hızları, dinamik ve statik elastisite modülleri ile Poisson oranı, ASTM (1980 ve 1996) ve ISRM (1978, 1981 ve 1985)'ye göre tayin edilmiştir. Tayin edilen parametrelerin en az, en çok, ortalama, standart sapma ve standart hata değerleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. İnceleme alanındaki bazaltların indeks ve jeomekanik özelliklerinin istatistiksel değerlendirmesi.
Table 2. Statistical evaluation of index and geomechanical properties of the basalts in the study area.

Özellik	Örnek sayısı	En küçük	En büyük	Aritmetik ortalama	Standart hata	Standart sapma
Doymun birim hacim ağırlığı, γ_d (kN/m ³)	172	23.23	28.42	26.01	0.07	0.92
Kuru birim hacim ağırlığı, γ_s (kN/m ³)	172	22.25	28.32	25.71	0.08	1.02
Ağırlıkça su emme, A_a (%)	172	0.14	5.30	1.20	0.08	0.98
Hacimce su emme, A_h (%)	172	0.40	12.80	3.07	0.18	2.41
Gözeneklilik, n (%)	172	2.10	14.90	7.17	0.19	2.56
Özgül ağırlık, G_s	172	2.80	3.04	2.88	0.004	0.05
Poisson oranı, n	172	0.21	0.43	0.33	0.002	0.03
P dalga hızı, V_p (m/s)	172	3088	6985	4997	62.56	820.44
S dalga hızı, V_s (m/s)	172	1576	3495	2525	28.48	373.49
Nokta yükü dayanım indeksi, $I_{s_{50}}$ (MPa)	149	1.15	15.10	6.27	0.23	2.82
Tek eksenli sıkışma dayanımı, σ_c (MPa)	114	9.80	130.20	52.57	2.24	23.89
Statik elastisite modülü, E_s (GPa)	99	8.92	89.08	39.25	1.73	17.17
Dinamik elastisite modülü, E_d (GPa)	172	159.67	856.61	451.64	10.55	138.33

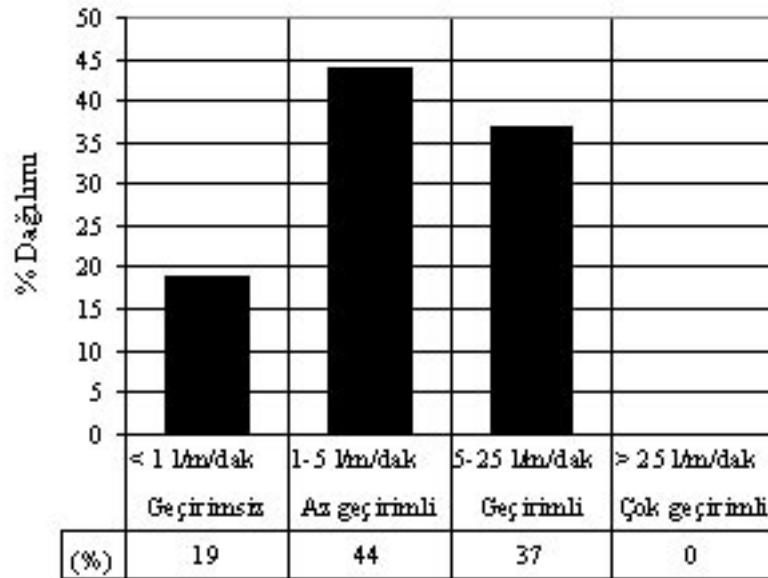
Bazaltın özgül ağırlığı 2.80 ile 3.04 arasında olup, bu değer yüksek olmasının nedeni, kayacın pirit gibi koyu renkli mineralleri içermesidir. Deere ve Miller (1966)'e göre nokta yükü dayanım indeksi dikkate alınarak yapılan sınıflamada bazaltın yüksek ve orta dayanımlı olduğu, ISRM (1981)'ye göre tek eksenli sıkışma dayanımı dikkate alınarak yapılan sınıflamada ise yüksek ve orta dayanımlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 5).

Baraj eksen yeri, çevirme tüneli ve enerji tünel güzergahındaki sondajlar sırasında geçirgenliği belirlemek üzere Lugeon deneyleri yapılmış ve bazaltın çoğunlukla geçirimsiz ve az geçirimli olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Bazaltın içerdiği süreksizliklerin sık aralıklı olmalarına rağmen, geçirimsizliğin düşük olmasının nedeni, bozunma sonucu oluşan killerin çatlakları doldurmasıdır.



Şekil 5. Bazaltın (a) nokta yükü dayanım indeksinin Deere ve Miller (1966)'e ve (b) tek eksenli sıkışma dayanımının ISRM (1981)'ye göre sınıflandırılması ve yüzde dağılımları.

Figure 5. Histograms showing percentage distribution and classification of basalt based on (a) point load index (Deere and Miller, 1966), and (b) uniaxial compressive strength (ISRM, 1981).



Şekil 6. Bazaltın Lugeon (Lugeon, 1933) birimine göre sınıflandırılması ve yüzde dağılımı.

Figure 6. Histograms showing percentage distribution and classification of the basalt based on Lugeon unit (Lugeon, 1933).

6. KAYA KÜTLESİNİN MÜHENDİSLİK SINIFLAMASI

Çevirme ve enerji tünellerindeki uygulanacak destek sistemlerinin belirlenmesi amacı ile bazalt, RMR (Bieniawski, 1989) ve Q (Barton vd., 1974; Barton, 2002) sistemlerine göre sınıflandırılmıştır. RMR değeri, kaya kütle sınıflamasında kullanılan parametreler, bunlara karşılık gelen puanlar en iyi ve en kötü durumlar için Çizelge 3’de verilmiştir. En kötü koşullar için belirlenen RMR değeri 13’tür. Buna göre bazalt “çok zayıf kaya (V)” gurubunda yer almaktadır. Bu gruptaki kaya kütle için; tavan ve tabanda beraber ilerleme sağlanmalı, tavanda 0.5-1 m ilerlenerek kazıyla birlikte destek yerleştirilmeli, ayrıca patlatmadan hemen sonra püskürtme beton uygulanmalıdır. Tel kafesli duvarlarda ve kemerlerde 1-1.5 m aralıklı, 5 m uzunluklu sistematik bulonlar, tavan kemerinde 150-200 mm, yan duvarlarda 150 mm, aynada 50 mm püskürtme beton, çelik iksalı 0.75 m aralıklı orta-ağır traversler kullanılmalıdır. En iyi koşullar için elde edilen toplam sayısal değer ise 58’dir. Buna göre bazalt “orta kaya (III)” gurubunda yer almaktadır. Bu gruptaki kaya kütle için; tavan kemeri ve tabandan ilerleme sağlanmalı, tavanda 1.5-3 m ilerlenerek kazıyla birlikte aynaya 10 m mesafeye kadar komple destek yerleştirilmelidir. Tel kafesli duvarlarda ve kemerlerde 1.5-2 m aralıklı, 3-4 m uzunluklu sistematik bulonlar, tavan kemerinde 50-100 mm, yan duvarlarda 30 mm püskürtme beton uygulanmalıdır.

Çizelge 3. Baraj yerindeki bazaltın RMR sistemine göre kaya kütle sınıflaması.
Table 3 . Classification of the basalt at the dam site based on RMR system.

Sınıflama parametreleri	Parametre değeri veya tanımı			
	En kötü durum	Puan	En iyi durum	Puan
Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	9.80	2	130.20	12
Kaya kalite göstergesi (%)	20	3	80	17
Süreksizlik aralığı (mm)	< 60	5	> 180	15
Süreksizliklerin durumu				
Devamlılık (m)	> 20	0	< 1	6
Açıklık (mm)	> 5	0	Yok	6
Pürüzlülük	Kaygan	0	Düz	1
Dolgu	Yok	6	Sert	2
Bozunma derecesi	Çok	0	Az	5
Su durumu	Islak	7	Damlama	4
Süreksizlik yönelimi	Uygun değil	-10	Uygun değil	-10
Nihai RMR puanı		13		58

Q kaya kütle sınıflamasında kullanılan parametreler, bunlara karşılık gelen değerler en iyi ve en kötü durumlar için Çizelge 4’de verilmiştir. Buradan hesaplanan Q değerleri ve Grimstad ile Barton (1993) tarafından revize edilmiş olan abaktan yararlanılarak, 10 m çapındaki çevirme tüneli ve 8 m çapındaki enerji tüneli için destek türleri belirlenmiştir. En kötü koşullar için elde edilen Q değeri 0.02’dir. Buna göre bazalt “son derece zayıf kaya” gurubunda yer almaktadır. Bu gruptaki kaya kütle için önerilen destek sisteminde; kaya saplamalı, çelik iksalı, kafes takviyeli 15-25 cm kalınlığında püskürtme beton kullanılmalıdır. En iyi koşullar için elde edilen Q değeri 3.52 olup, buna göre bazalt “zayıf” gurubunda yer almaktadır. Bu gruptaki kaya için önerilen destek sisteminde; sistematik kaya saplamalı, 4-5 cm kalınlığında püskürtme beton kullanılmalıdır.

Çizelge 4. Baraj yerindeki bazaltın Q sistemine göre kaya kütle sınıflaması.
 Table 4. Classification of the basalt at the dam site based on Q system.

Parametre	Puan	
	En kötü durum	En iyi durum
Kaya kalite göstergesi (%)	20	80
Eklem takımı sayısı (Jn)	20	6
Eklem pürüzlülük sayısı (Jr)	2	1
Eklem yüzeyi durumu (Ja)	4	1
Eklem durumu (Jw)	0.33	0.66
Gerilim azaltma faktörü (SRF)	10	2.5
Q	0.02	3.52

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kızılırmak Nehri üzerinde inşa edilen Obruk barajının eksen yeri, çevirme tüneli, enerji tüneline Eosen yaşlı bazaltların fiziksel ve jeomekanik özellikleri arazide ve laboratuvarında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda kısaca sunulmuştur.

İnceleme alanında yaygın olarak görülen bazalt hiyalopilitik ve hiyalopilitik porfirik dokuludur. Killeşme, silisleşme, kloritleşme, karbonatlaşma ve demiroksitleşme yaygın olarak gözlenmekte olup, bazaltlarda bozunma etkilidir.

Baraj eksen yerinin sağ ve sol sahilinde üç yönlü eklem takımı yanında gelişigüzel eklemler bulunmaktadır. Bazalt, çatlak açıklığına göre “orta-açık çatlaklı”, çatlaklar arası mesafeye göre “yakın aralıklı” sınıfındadır. Baraj eksen yeri, çevirme tüneli ve enerji tünel güzergahındaki bazalt kaya kalite göstergesine (RQD) göre “çok kötü kaliteli” ve “kötü kaliteli”dir. Bazalt, nokta yükü dayanım indeksine göre “orta-yüksek dayanımlı”, tek eksenli sıkışma dayanımına göre “dayanımlı-orta dayanımlı”dır.

Baraj eksen yeri, çevirme tüneli ve enerji tünel güzergahındaki bazaltın “geçirimsiz” ve “az geçirimli” olduğu belirlenmiştir. Sık süreksizliklere rağmen geçirimliliğin azalmasının nedeni, bozunma sonucu oluşan killerin çatlakları doldurmasıdır. Ancak baraj eksen yerinde geçirimsizliği tam olarak sağlamak ve tünellerde duraylılığı arttırmak amacıyla enjeksiyon yapılması uygun olacaktır. Jips dolgudan dolayı barajın betonarme yapılarında sülfata dayanıklı çimento kullanılmalıdır. RMR kaya kütle sınıflamasına göre bazalt “çok zayıf kaya (V)” ve “orta kaya (III)”, Q kaya kütle sınıflamasına göre ise “son derece zayıf” ve “zayıf” kaya kütle gurubunda yer almaktadır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar; 97K12080 nolu proje kapsamında destek sağlayan Devlet Planlama Teşkilatı’na, Ankara Üniversitesi Rektörlüğü’ne ve Bilimsel Araştırma Fonu’na, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’ne, kayaların mineralojik ve pertografik tanımlamalarında katkılarından dolayı Dr. Yusuf Kaan Kadioğlu ve Dr. Koray Sözeri’ye teşekkür ederler

KAYNAKLAR

- ASTM, 1980. Annual Book of ASTM Standards - Natural Building Stones; Soil and Rock. Part 19. ASTM Publication, 634 p.
- ASTM, 1996. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock, D2845. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Barton, N., 2002. Some new Q-value correlation to assist in site characterisation and tunnel Design. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 39,185-216
- Barton, N., Lien, R., and Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics, 6, 189-243.
- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications. Wiley-Interscience, 237 p.
- Deere, D.U., 1963. Technical description of rock cores for engineering purposes. Engineering Geology, 1, 1-18.
- Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Laboratory Technical Report, Volume I-II, Leonard Hill, 270 p.
- Diederichs, M.S, and Hoek, E., 1989. Data interpretation package using stereographic projection (DIPS) Version 2.22. Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- DSİ, 1979. Aşağı Kızılırmak Projesi Obruk barajı mühendislik jeolojisi planlama raporu. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 33s (yayımlanmamış).
- DSİ, 1983. Kızılırmak Obruk Projesi planlama raporu. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 89 s, (yayımlanmamış).
- Grimstad, E., and Barton, N., 1993. Updating the Q-System for NMT. Proceeding International Symposium On Sprayed Concret-Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support, Oslo, Norwegian Concrete Association, 44-66.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1978. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses, International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanical Abstract, 15, 319-368.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods E.T.Brown (ed), Pergamon Press, Oxford, 211p.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1985. Suggested method for determining point load strength International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanical Abstract, 22 (2), 51-60.
- Kılıç, R., 1999. The Unified Alteration Index (UAI) for mafic rocks. Environmental and Engineering Geoscience, 4, 475-483
- Koçbay, A., 2003. Osmancık-Çorum yöresindeki bazaltların ayrışma karakteristiklerinin ve derecesinin incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 146 s (yayımlanmamış).

- Koçbay, A., and Kılıç, R., 2003. The effect of alteration degree of basalt using as a natural construction material in Çorum-Turkey. Proceedings of Industrial Minerals and Building Stones, IMBS'2003, İstanbul, Turkey, 707-715.
- Lugeon, M., 1933. Barrages et geologie metods de recherches terrasement etunpermeabilisation. Litrairedes Universite, Paris.
- MTA, 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Derleme Rapor No: 5621, 67 s (yayımlanmamış).

