

Atasu (Trabzon) Baraj Yerindeki Bazaltların Taşıma Gücü

Selçuk ALEMDAĞ ve Zülfü GÜROCAK

Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ
selcuk@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 28.03.2006; Kabul/Accepted: 22.05.2006)

Özet: Bu çalışmada Atasu (Trabzon) baraj yerindeki bazaltların taşıma gücünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla baraj yerindeki bazaltların ve dolgu malzemesi olarak kullanılacak diyoritlerin; fiziksel, mekanik ve elastik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bazaltların içerdiği süreksizlik düzlemlerinin; yönelim, devamlılık, aralık, açıklık, dolgu, pürüzlülük ve bozunma derecesi incelenmiştir. Bazaltların kuru birim hacim ağırlığı $26,00 \text{ kN/m}^3$, tek eksenli sıkışma dayanımı 90 MPa, içsel sürtünme açısı 34° , kohezyonu 13 MPa, P dalga hızı 3600 m/s, elastisite modülü 25,5 GPa ve Poisson oranı 0,324 tür. Diyoritlerin kuru birim hacim ağırlığı $28,3 \text{ kN/m}^3$, içsel sürtünme açısı 57° , kohezyonu 19 MPa, P dalga hızı 3200 m/s, elastisite modülü 20,7 GPa ve Poisson oranı 0,324 tür. Bazaltlar iki ana eklem seti içermektedir. Bu eklem setleri dar aralıklı, düşük devamlı, orta derecede geniş, orta derecede bozunmuş ve pürüzlü dalgali özellikte olup kalınlıkları 1-5 mm arasında değişen kalsit ve kil dolgu içermektedir. Bu çalışmada etkin normal gerilme Sonlu Elemanlar Yöntemi'ne göre belirlenmiştir ve baraj yerindeki etkin normal gerilme 1,90 MPa'dır. Ayrıca, Hoek-Brown amprik yenilme kriteri kullanılarak, bazalt kütlelerinin anlık etkin kohezyon ve anlık etkin sürtünme açısı belirlenmiştir. Bazalt kütlelerinin anlık etkin kohezyonu 1,6 MPa, anlık etkin sürtünme açısı ise 59° dir. Bu verilere göre bazalt kütlelerinin izin verilebilir taşıma gücü yaklaşık 60 MPa'dır.

Anahtar Kelimeler: Atasu barajı, Hoek-Brown Amprik Yenilme Kriteri, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Taşıma gücü.

The Bearing Capacity Of The Basalts At The Atasu (Trabzon) Dam Site

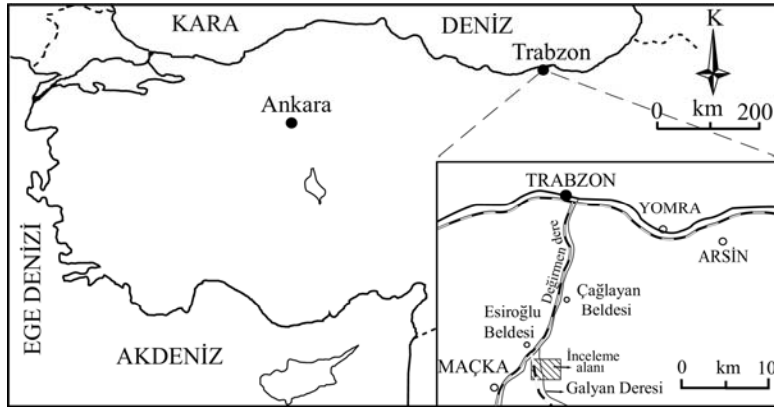
Abstract: In this study, it was aimed to determine the bearing capacity of the basalt at the Atasu (Trabzon) Dam site. For this purpose, the physical, the mechanical and the elastic properties of these basalts and the diorites which will be used as filling material in the dam, were determined. In addition, the orientation, spacing, persistence, aperture, roughness and weathering degree of the discontinuities in the basalts were examined. The basalts have dry unit weight of $26,00 \text{ kN/m}^3$, uniaxial compressive strength of 90 MPa, internal friction angle of 34° , cohesion of 13 MPa, P wave velocity of 3600 m/s, elastic module of 25,5 GPa and Poisson's ratio of 0,324. The diorites have dry unit weight of $28,3 \text{ kN/m}^3$, internal friction angle of 57° , cohesion of 19 MPa, P wave velocity of 3200 m/s, elastic module of 20,7 GPa and Poisson's ratio of 0,324. The basalts have two joint sets. These joint sets are of very close spacing, low persistence, moderately wide, moderately weathered, rough-undulating. These joints have gouge and clay filling with thickness varying between 1-5 mm. The effective normal stress was determined using the Finite Element Method and found to be 1,90 MPa. Furthermore, Hoek-Brown Amprical Failure Criterion was performed and effective cohesion and effective internal friction angle of the basalt mass were determined. The basalt mass has the effective cohesion of 1,6 MPa and the effective internal friction angle of 59° . According to these data, the bearing capacity of basalt mass is approximately 60 MPa.

Keywords: Atasu Dam, Bearing Capacity, Hoek-Brown Amprical Failure Criteria, Finite Element Method.

1. Giriş

Maçka ilçesine bağlı olan Esiroğlu beldesinin yaklaşık 4 km GD'sunda ve Galyan Deresi üzerinde yapımı devam eden Atasu Barajı (Şekil 1) 116 m yüksekliğinde ve 372m kret uzunluğunda planlanmıştır. Bu çalışma, baraj eksen yerindeki bazaltların taşıma gücünü belirlenmek amacıyla arazi ve laboratuvar araştırmaları olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Baraj eksen yerindeki gerilme dağılımını belirlemek

amacıyla, ANSYS 5.4, [1] bilgisayar programı kullanılarak gerilme analizi yapılmış ve Hoek-Brown [2] ampirik yenilme ölçütü kullanılarak eksen yerindeki bazaltların anlık etkin kohezyon ve anlık etkin içsel sürtünme açısı belirlenmiştir. Bu çalışmalar ile elde edilen değerler Wyllie [3] tarafından önerilen taşıma gücü formülü ile değerlendirilmiş ve baraj eksen yerindeki bazaltların izin verilebilir taşıma gücü belirlenmiştir.

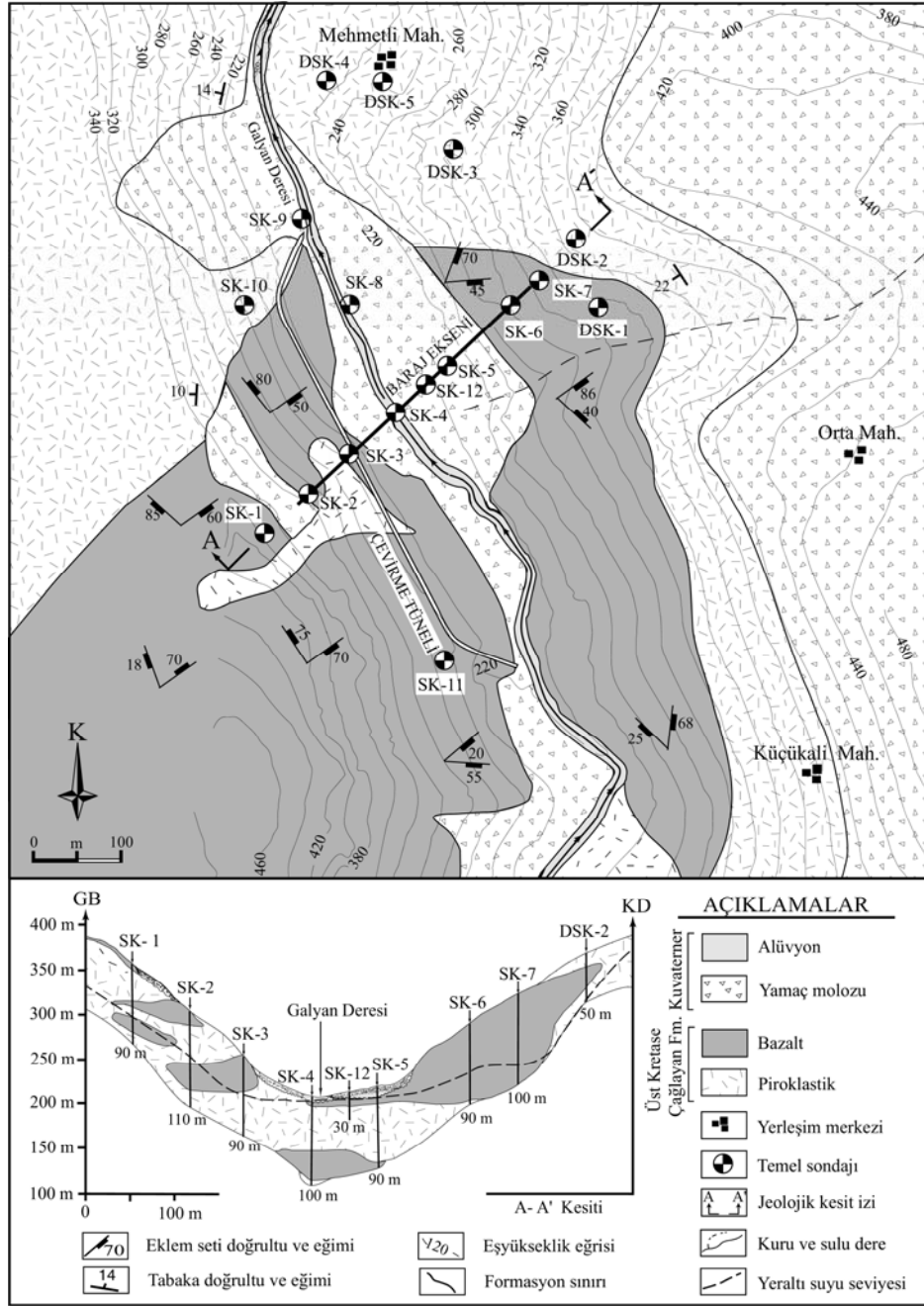


Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Volkano-sedimanter kayaçların egemen olduğu inceleme alanındaki birimler yaşlıdan gence doğru; Üst Kretase yaşlı Çaglayan Formasyonu, Kuvaterner yaşlı yamaç molozu

ve alüvyonlardan oluşmaktadır (Şekil 2). İlk defa Güven [4] tarafından tanımlanan Çaglayan Formasyonu, Maçka (Trabzon) ilçesinin kuzeyinde yer alan Çaglayan Köyü ve civarında en iyi yüzeylenmesini veren, bazik volkano-sedimanter bir istiftir.



Şekil 2. Atasu barajı yerinin jeoloji haritası ve enine jeoloji kesiti.

Galyan Vadisi boyunca yüzeyleme veren formasyon (Şekil 2) yer yer marn, kumlu kireçtaşı, kırmızı biyomikrit ve gri renkli kireçtaşı ara seviyeleri içeren, bazalt, spilitik bazalt ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Bazaltların taze yüzeyleri siyah ve koyu gri, bozuşma yüzeyleri ise sarımsı ve kahverengi renklerde görülmektedir. Yer yer sütun bazalt ve yastık lav özelliği gösterirler [5]. Baraj eksen yerinde esas olarak bazalt, spilitik

bazalt, sütun bazalt ve piroklastiklerden oluşan formasyon, yer yer gri renkli kireçtaşı seviyeleri de içermektedir. Volcano-tortul seri içerisinde yer yer diyabaz dayklarına da rastlanmaktadır. Bu dayklar 0,5-4 m genişliğe ve 15-30 m uzunluğa sahiptir. Genellikle 225/80 duruşlu, bozuşmamış, sert ve masif bir dokuya sahiptirler. Formasyon içerisinde yer alan piroklastik kayalar çoğunlukla aglomera, tüfit ve breşten oluşmaktadır. Aglomeraları

oluşturan elemanların tane boyutları 10-30 cm arasında değişmektedir ve eksfoliasyon yapısı şeklinde bozuşma gözlenmektedir. Tüfitler genellikle ayrılmış ve tabakalı yapı gösterirler. Tabaka duruşları genellikle 225/25, tabaka kalınlıkları ise 5-150cm arasında değişmektedir. Genellikle gri renkli olan birim, bozuşmanın arttığı seviyelerde, kahve renkli, sarımsı renklerde ve volkanik kayalarla aralanmalı olarak bulunurlar.

Yamaç molozu, Orta Mahalle ve civarında özellikle vadi yamaçlarında oldukça geniş bir yayılım sunarken, diğer alanlarda küçük yüzeylemeler şeklindedir (Şekil 2). DSİ [6] tarafından baraj eksen yerinde yapılan temel sondajlarında yamaç molozu kalınlığının 3-7 metre arasında değiştiği gözlenmiştir. Yer yer iri bloklu, çakıllı, kumlu, killi özelliktedir. Blok boyutu 0,5-100 cm arasında ve bazaltik kökenlidir.

Alüvyon, Galyan Deresi yatağında gözlenir (Şekil 2). Temel sondaj verilerine göre alüvyonun kalınlığı 5-8 metre arasında değişmektedir. Alüvyon malzemesi; blok, çakıl, kum, silt ve bunların karışımından oluşmaktadır. Blok boyutu 10-100 cm arasında değişmektedir. Çakıl ve bloklar bazalt, kireçtaşı ve diyorit kökenlidir.

3. Jeoteknik İncelemeler

Jeoteknik incelemeler esas olarak temel sondajı karotlarının incelenmesi, süreksizlik hat etüdleri ve laboratuvar deneyleri şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3.1. Temel Sondajları

Atasu baraj yerinde, birimlerin yatay ve düşey yöndeki özelliklerinin belirlenmesi amacıyla DSİ [6] tarafından jeoteknik amaçlı 17 adet temel sondajı yapılmıştır. Temel sondajlarına ait karotlardan laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere örnekler derlenmiştir.

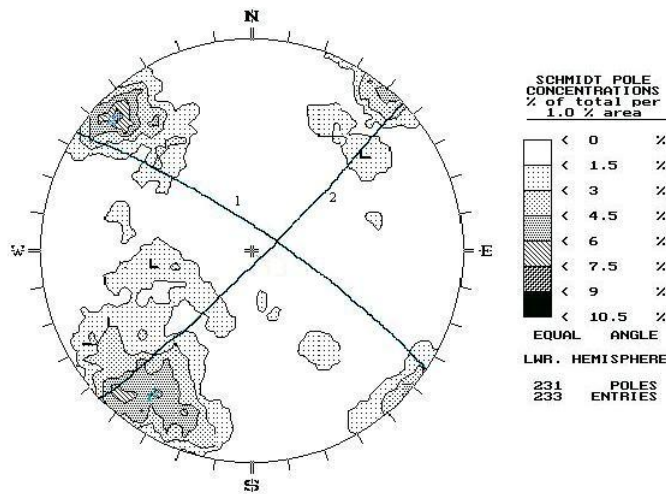
3.2. Süreksizliklerin Mühendislik Özellikleri

İnceleme alanında yüzeyleme veren kayalar tektonizmanın etkisiyle sistematik olarak gelişmiş eklem setleri içermektedir. Atasu baraj yerinde yapılan arazi çalışmaları ile bazaltların içerdiği bu eklem setlerinin ana yönelim, aralık, açıklık, devamlılık, pürüzlülük ve dolgu özellikleri ISRM [7] tanımlama ölçütleri esas alınarak ve hat etüdü yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Baraj yeri sağ ve sol yamaçlarından toplam 231 adet eklem yönelim ölçüsü alınmış, bu yönelim ölçüleri DIPS 3.01 [8] bilgisayar programı ile değerlendirilerek baraj yerindeki bazaltların içerdiği eklem setlerinin ana yönelimleri tespit edilmiştir (Şekil 3).

Bazaltların içerdiği eklem setlerinden alınan yönelim ölçülerinin stereografik izdüşüm yöntemiyle değerlendirilmesi sonucunda, bazaltların içerdiği eklem setlerinin ana yönelimleri;

135 / 84 (Eklem seti 1)

37 / 81 (Eklem seti 2)



Şekil 3. Bazaltlardaki eklem yönelimlerine ait kontur diyagramı

olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu eklem setleri ile birlikte herhangi bir ana yönelim göstermeyen gelişigüzel yönetime sahip eklemler de bulunmaktadır.

Eklemlerin aralık, açıklık, devamlılık ve dolgu özellikleri ISRM [7] tanımlama ölçütüne göre incelenmiş ve genel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Eklemlerin pürüzlülük derecesi [9], bozunma derecesi ise arazide yapılan Schmidt çekici deneylerine ait değerler kullanılarak, Gökçeoğlu [10] tarafından önerilen ve

$$W_c = \frac{R_f}{R_w} \quad (1)$$

eşitliği ile belirlenen bozunma indeksine göre tanımlanmıştır. Bu eşitlikte;

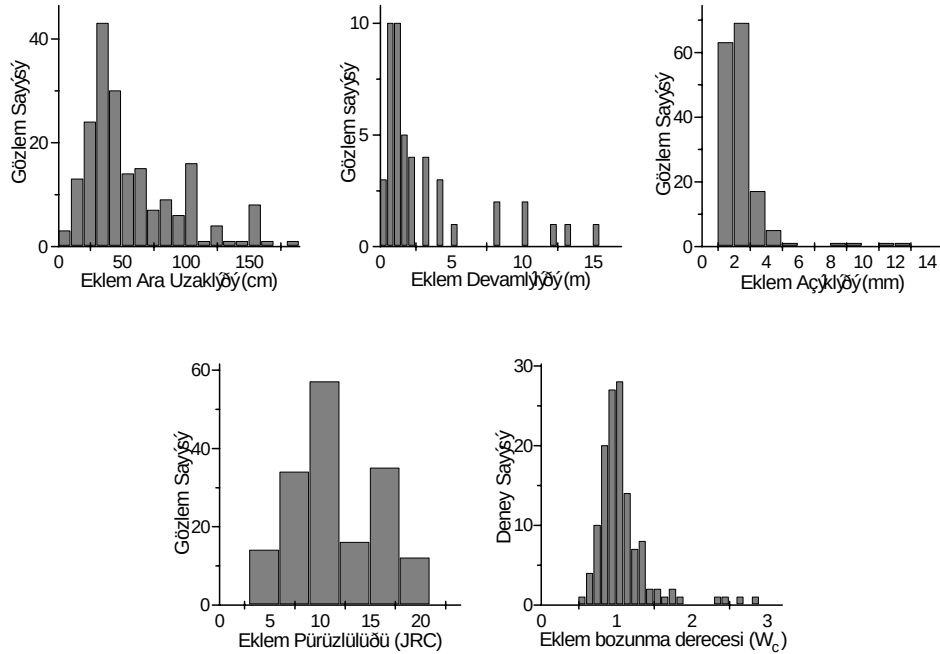
R_f : Bozunmamış yüzeyin Schmidt geri sıçrama sertlik değeri

R_w : Bozunma sınıflaması yapılan eklem yüzeyinin Schmidt çekici geri sıçrama sertlik değeridir.

Baraj yerinde yapılan süreksizliklere ait gözlemler sonucunda elde edilen verilere ait histogramlar Şekil 4’de verilmiştir. Bu histogramlara göre eksen yerindeki bazaltların içerdiği eklem setleri dar aralıklı, düşük devamlı, orta derecede geniş, orta derecede bozunmuş ve pürüzlü-dalgalı özelliktedir. Eklemler, kalınlıkları 1-5 mm arasında değişen kalsit ve kil dolgu içermektedir.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Atasu baraj yerindeki bazaltların ve baraj gövdesinde dolgu malzemesi olarak kullanılacak diyoritlerin fiziksel, mekanik ve elastik özelliklerini belirlemek amacıyla derlenen örnekler üzerinde ISRM [7] tarafından önerilen yöntemlere göre, kuru birim hacim ağırlık (γ_k), P dalga hızı (C_p) ve eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) belirlenmiştir.



Şekil 4. Eklem setlerinin mühendislik özelliklerine ait dağılım histogramları.

Dinamik elastisite modülü (E_d) ise ASTM [12] standartları esas alınarak 3 nolu eşitlikle belirlenmiştir.

$$E_d = \frac{(1-2\nu)(1+\nu)}{(1-\nu)} \cdot \rho \cdot C_p^2 \quad (3)$$

Bu eşitlikte;

E_d = Dinamik elastisite modülü (MPa)

ν = Poisson oranı

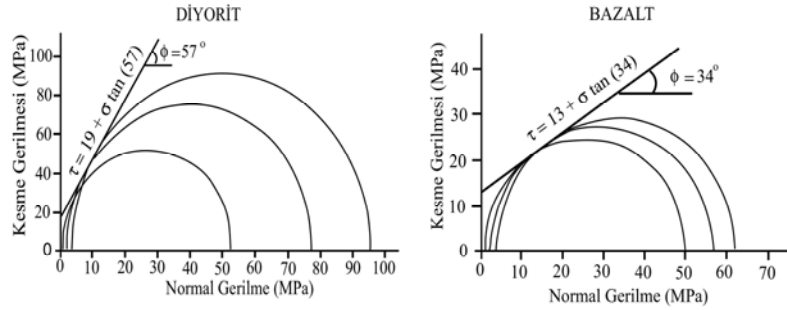
ρ = Kuru yoğunluk (gr/cm^3)

Poisson oranı (ν) ise;

$$\nu = \frac{(C_p^2/C_s^2) - 2}{2[(C_p^2/C_s^2) - 1]} \quad (4)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır.

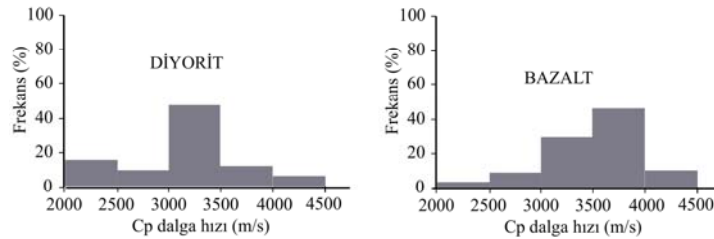
Ayrıca bazalt ve diyoritlerin direnç parametrelerini belirlemek amacıyla üç eksenli sıkışma dayanımı deneyleri yapılmış, kayaçların kohezyon (c) ve içsel sürtünme açıları (ϕ) belirlenmiştir (Şekil 5). Yapılan deneylere ait sonuçlar Çizelge 1 de, bazalt ve diyoritlerde gerçekleştirilen P dalga hızı ve birim hacim ağırlık deneylerine ait dağılım histogramları Şekil 6 ve 7’de ve bazaltların tek eksenli sıkışma dayanımına ait dağılım histogramı ise Şekil 8’de verilmiştir.



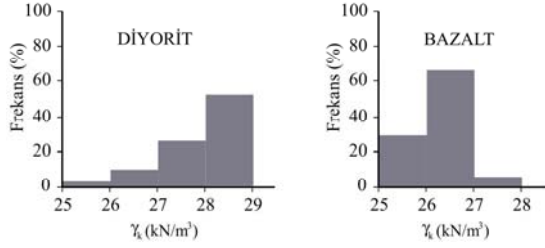
Şekil 5. İnceleme alanındaki bazalt ve diyoritlerin kırılma zarfı grafikleri.

Çizelge 1. Baraj eksen yerindeki bazalt ve diyoritlerin jeomekanik özellikleri.

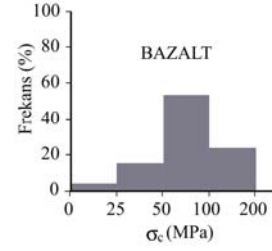
Kayaç	C_p (m/s)	ν	E_d (GPa)	γ (kN/m^3)	c (MPa)	ϕ (°)
Bazalt	3600	0,324	25,5	28,49	13	34
Diyorit	3200	0,324	20,7	29,19	19	57



Şekil 6. İnceleme alanındaki bazalt ve diyoritlerin P dalga hızı değerlerine ait dağılım histogramları.



Şekil 7. İnceleme alanındaki bazalt ve diyoritlerin kuru birim hacim ağırlık değerlerine ait dağılım histogramları.



Şekil 8. İnceleme alanındaki bazaltların tek eksenli sıkışma dayanım değerlerine ait dağılım histogramı.

4. Taşıma Gücü

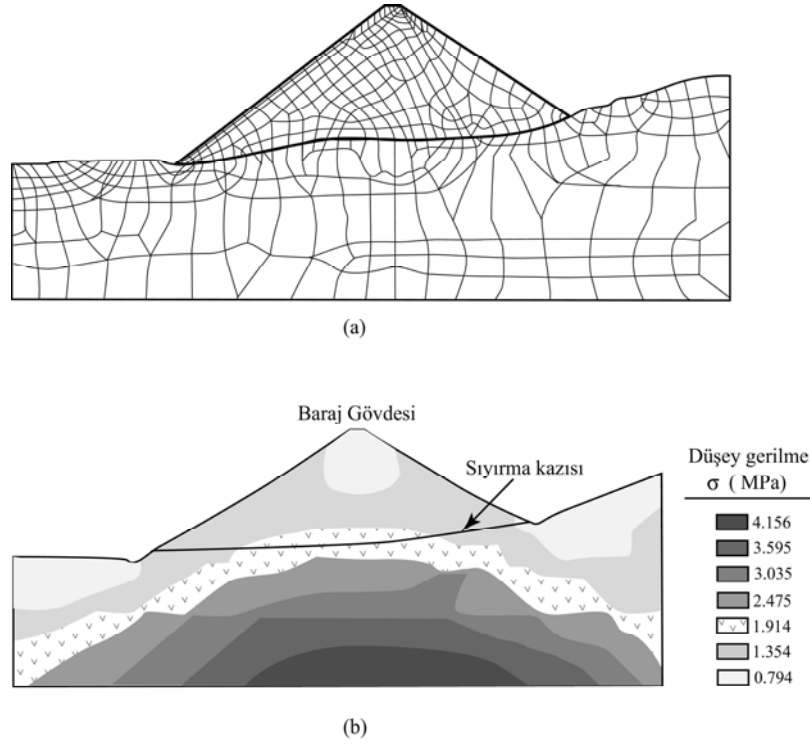
Atasu Barajı eksen yerinde temel kayayı oluşturan bazaltların taşıma gücünün belirlenmesi barajın emniyeti açısından oldukça önem taşımaktadır. Kaya kütlelerinin taşıma gücünün belirlenebilmesi için kaya kütlelerinin anlık sürtünme açısı ve anlık kohezyonunun bilinmesi gereklidir. Bu parametreler ise baraj gövdesinin temel kayaya uygulayacağı gerilmeye bağlı olduğundan baraj gövdesinin temel kayaya uygulayacağı gerilmenin belirlenebilmesi amacıyla Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılmıştır. Kaya kütlelerinin anlık kohezyon ve anlık sürtünme açısı değerleri Hoek-Brown Yenilme Ölçütü kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler Wyllie [3] tarafından önerilen taşıma gücü formülü ile değerlendirilerek baraj yerindeki bazaltların izin verilebilir taşıma gücü belirlenmiştir.

4.1. Baraj Eksen Yerinin Gerilme Analizi

Dolgu barajların içinde ve altındaki gerilmelerin hesabını belirlemede kullanılan en sağlıklı yöntem sonlu elemanlar yöntemidir. Bu yöntem değişik nitelikte kesitlerden oluşmuş baraj kesitlerini, düzgün olmayan temel zemini katmanlarını ve değişik kesimler için ayrı elastik özellikleri kolayca hesaba katabilen bir yöntemdir. Bu çalışmada, baraj gövdesinde dolgu malzemesi olarak

kullanılacak diyoritin ve temel kayayı oluşturan bazaltın dinamik elastisite modülü, Poisson oranı, birim hacim ağırlığı, kohezyon ve içsel sürtünme açıları kullanılmıştır. Barajın talvegten yüksekliği 116 m olup temel kayası sonlu elemanlarla modellenirken memba ve mansab yönlerinde baraj yüksekliği kadar uzatılmıştır. Aynı durum temelin düşey derinliği için de uygulanıp sonlu eleman ağ sistemi elde edilmiştir (Şekil 9a).

Baraj gövdesinde ve temel tabakalarında 2 boyutlu düzlem şekil değiştirme sonlu elemanları kullanılmıştır. Kullanılan sonlu elemanın her bir düğüm noktasının serbestlik derecesi x ve y yönlerinde olmak üzere iki adettir. Temel ve baraj sonlu eleman ağ sisteminde 718 adet düğüm noktası ve 663 adet düzlem şekil değiştirme sonlu elemanı kullanılmıştır. Çözümler statik durumlara göre elde edilmiş olup statik su yükü dikkate alınmamıştır. Sonlu elemanlar yöntemiyle baraj eksen yerinde elde edilen gerilme dağılımı ANSYS 5.4 [1] bilgisayar programı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 9b). Atasu baraj yerinde talveg ve yamaçlarda yüzeyleme veren yamaç molozu, alüvyon ve ileri derecede bozuşmuş kayalar temel sondajı verileri dikkate alınarak sıyırma kazısı ile kaldırılacaktır. Bu durum dikkate alınarak sıyırma kazı sınırı belirlenmiş (Şekil 9a) ve bu verilere göre sıyırma kazı sınırındaki en yüksek etkin gerilme değerinin 1,90 MPa olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. Sonlu elemanlar yöntemiyle baraj eksen yerine ait ağ sistemi ve eş gerilme grafiği.

4.2. Hoek-Brown Yenilme Ölçütü

Baraj yerindeki bazaltların kaya kütle özelliklerinden anlık etkin kohezyon ve anlık etkin içsel sürtünme açısının belirlenmesinde Hoek-Brown yenilme ölçütünün 1997 versiyonu kullanılmıştır.

Bu çalışmada m_i sabiti Hoek vd. [13] den, Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) ise Sönmez ve Ulusay [14] tarafından önerilen yöntemle göre belirlenmiştir.

Sönmez ve Ulusay [14]'a göre GSI parametresi belirlenirken gerekli olan süreksizlik yüzey koşulu (SCR) ve hacimsel eklem sayısı (J_v)

$$SCR = R_r + R_w + R_f \quad (5)$$

$$J_v = D_n \left(\frac{1}{S} \right) \quad (6)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde;

R_r : Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük puanı

R_w : Süreksizlik yüzeyinin bozunma puanı

R_f : Süreksizlik yüzeyinin dolgu puanı

D_n : Süreksizlik seti sayısı

S : Ortalama süreksizlik aralığıdır.

Yapısal özellik puanı (SR), hacimsel eklem sayısı (J_v) yardımıyla, GSI değeri ise SR ve SCR puanları kullanılarak Sönmez ve Ulusay [14] da verilen abaktan belirlenmiş olup elde edilen değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Baraj eksen yerindeki bazaltların kaya kütle özellikleri.

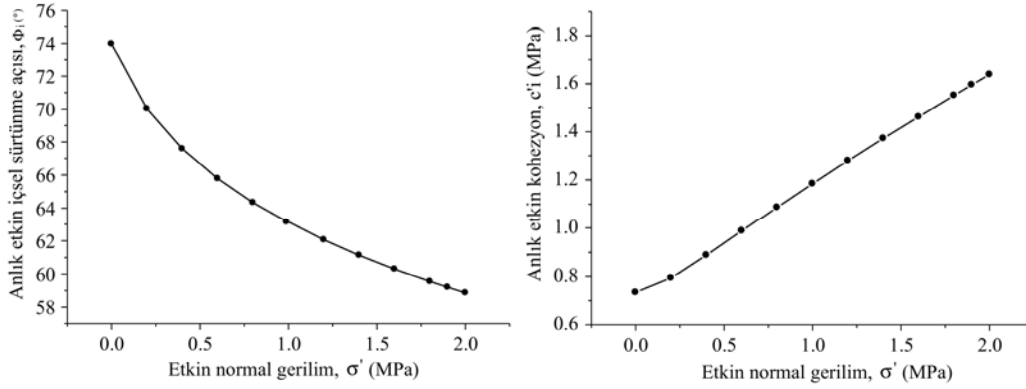
Parametreler	Değerler
Kayaç malzemesinin tek eksenli sıkışma day. (σ_c , MPa)	90
Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük puanı (R_r)	5
Süreksizlik yüzeyinin bozunma puanı (R_w)	3
Süreksizlik yüzeyinin dolgu puanı (R_f)	4
Süreksizlik seti sayısı (D_n)	2
Süreksizlik yüzey koşulu (SCR)	12
Hacimsel eklem sayısı (J_v , eklem/m ³)	4,44
Yapısal özellik puanı (SR)	53
Jeolojik dayanım indeksi (GSI)	54
Hoek-Brown kayaç malzeme sabiti (m_i)	25

Baraj gövdesinin sıyırma kazı sınırında temel kayaya uygulayacağı gerilmenin 1,90 MPa olması nedeniyle, 0,00 – 2,00 MPa arasındaki etkin normal gerilim değerleri dikkate alınarak 0,20 MPa'lık artışlarla her bir etkin normal gerilim değeri için bazalt kütesinin anlık etkin

kohezyon (c_i) ve anlık etkin içsel sürtünme açısı (ϕ_i) belirlenmiş (Çizelge 3) ve etkin normal gerilim ile anlık etkin kohezyon (c_i) ve anlık etkin içsel sürtünme açısı (ϕ_i) değişimleri (Şekil 10)'da verilmiştir.

Çizelge 3. Etkin normal gerilime bağlı olarak anlık etkin kohezyon (c_i) ve anlık etkin içsel sürtünme açısının (ϕ_i) değişimi.

σ (MPa)	ϕ_i (°)	c_i (MPa)
0,0	73,97	0,734
0,2	70,02	0,794
0,4	67,58	0,888
0,6	65,77	0,988
0,8	64,33	1,087
1,0	64,11	1,184
1,2	62,06	1,279
1,4	61,13	1,372
1,6	60,30	1,462
1,8	59,55	1,551
1,9	59,20	1,595
2,0	58,86	1,638



Şekil 10. Anlık etkin kohezyon ve içsel sürtünme açısının etkin normal gerilimle değişim grafikleri.

Bu verilere göre 1,90 MPa lık etkin normal gerilimde kaya kütlelerinin anlık etkin kohezyonu (c_i) 1,6 MPa ve anlık etkin içsel sürtünme açısı ise (ϕ_i) 59° dir.

Baraj eksen yerindeki bazaltların izin verilebilir taşıma gücü Wyllie [3] tarafından önerilen;

$$q_a = \frac{C_{f1} c_i' N_c}{F} \quad (7)$$

eşitliği kullanılarak belirlenmiştir. Bu eşitlikte baraj gövdesinin temel kotunda bazaltlara uyguladığı etkin normal gerilme değeri olan 1,90 MPa değerine ait c_i ve ϕ_i değerleri kullanılmıştır.

$$N_0 = \tan^2 (45 + \phi_i' / 2) \quad (8)$$

5. Sonuçlar

Atasu (Trabzon) baraj eksen yerinde temel kayayı oluşturan Üst Kretase yaşlı, piroklastik ve bazalt ardalanmasından oluşan volkano-sedimenter özellikteki Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltlarda taşıma gücünü belirlemek için yapılan incelemelerden elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür;

1. Baraj eksen yerinde temel kayayı oluşturan bazaltların kuru birim hacim ağırlığı 26 kN/m^3 , tek eksenli sıkışma dayanımı 90 MPa, içsel sürtünme açısı 34° , kohezyonu 13 MPa, P dalga hızı 3600 m/s, elastisite modülü 25.5 GPa ve poisson oranı 0.324 tür. Baraj gövdesinde dolgu malzemesi olarak kullanılacak diyoritin kuru birim hacim ağırlığı 28.3 kN/m^3 , içsel sürtünme açısı 57° ,

$$N_c = 2 N_0^{0.5} (N_0 + 1) \quad (9)$$

C_{f1} : Boyutsuz düzeltme faktörü (şerit temel için 1 alınır).

c_i = Kaya kütlelerinin anlık etkin kohezyonu (MPa)

F : Güvenlik katsayısı = 3

ϕ_i : Anlık etkin içsel sürtünme açısı ($^\circ$)

Wyllie [3] tarafından önerilen taşıma gücü formülüne göre, bazaltın izin verilebilir taşıma gücü (q_a) 58,5 MPa olarak hesaplanmıştır. Baraj gövdesinin temel kayaya uygulayacağı en büyük normal gerilme değerinin yaklaşık 1,90 MPa olduğu dikkate alındığında, baraj eksen yerindeki bazaltlarda taşıma gücü açısından herhangi bir problemin oluşmayacağını söylemek mümkündür.

kohezyonu 19 MPa, P dalga hızı 3200 m/s, elastisite modülü 20.7 GPa ve poisson oranı 0.324 olarak belirlenmiştir.

2. Baraj yerindeki bazaltlar iki eklem seti ve gelişigüzel yönelime sahip eklemler içermektedir. Bu eklemler; dar aralıklı, düşük devamlı, orta derecede geniş, orta derecede bozunmuş ve pürüzlü dalgalı özellikte olup, kalınlıkları 1-5 mm arasında değişen kalsit ve kil dolgu içermektedir.

3. Baraj gövdesinin temel kayaya uygulayacağı etkin normal gerilme değerini belirlemek amacıyla Sonlu elemanlar yöntemi kullanılmış ve baraj gövdesinin bazaltlara uygulayacağı en yüksek etkin normal gerilme 1,90 MPa olarak belirlenmiştir.

4. Bazaltlarda kaya kütlesinin anlık etkin kohezyon ve anlık etkin içsel sürtünme açısı değerlerini belirlemek amacıyla Hoek-Brown amprik yenilme ölçütünden faydalanılmıştır. Temel kotundaki en yüksek etkin normal gerilim değeri olan 1,90 MPa değeri için, kaya kütlesinin anlık etkin kohezyonu (c_i) 1,6 MPa ve anlık etkin içsel sürtünme açısı (ϕ_i) ise 59° olarak belirlenmiştir.

5. Baraj yerindeki bazaltların izin verilebilir taşıma gücü (q_a) Wyllie (1992) tarafından önerilen eşitlik kullanılarak yaklaşık 60 MPa olarak belirlenmiştir. Baraj gövdesinin temel kayaya uygulayacağı en yüksek etkin normal gerilme değerinin 1,90 MPa olacağı dikkate alındığında, baraj yerindeki bazaltlar için taşıma gücü açısından herhangi bir problemin olmadığını söylemek mümkündür.

6. Referanslar

1. ANSYS (1997). Theory Manual Revision 5.4 Volume V DN-R300, 50-3.
2. Hoek, E., Brown, E.T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **34** (8), 1165-1186.
3. Wyllie, D.C. (1992). Foundations on Rock, E&FN Spon, 333 pp.
4. Güven, İ. H. (1993). Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250000 ölçekli kompozisyonu. *MTA, Ankara*.
5. Alemdağ, S., (2004). Atasu barajı (Trabzon) eksen yerindeki bazaltın ayrışma derecesi ve eksen yeri olabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 83s.
6. DSİ (1991). Trabzon içme suyu projesi Atasu Barajı ve HES Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu. *DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü*, 30s.
7. International Society for Rock Mechanics (ISRM), (1981). Rock characterization, testing and monitoring – ISRM suggested methods, *E.T. Brown.(ed), Pergamon Press*, 211pp.
8. Diedrics, M.S. and Hoek, (1989). DIPS 3.01. Advanced version comuter programme, *Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering*, University of Toronto.
9. Barton, N., and Choubey, V. (1977). The shear strength of rock and rock joints. *International Journal Of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract*, **13**, 255-279.
10. Gökçeoğlu, C. (1997). Killi, yoğun süreksizlik içeren ve zayıf kaya kütlelerinin mühendislik sınıflamalarında karşılaşılan güçlüklerin giderilmesine yönelik yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl., 214s.
11. Attewell, P.B. And Farmer, I.W. (1976). Principles of engineering geology. John Willey & Sons, New York, 1045 p.
12. ASTM (1980). American Society for Testing and Materials, Annual book of ASTM standards – Natural building stones; soil and rock. Part 19. ASTM Publ., 634p.
13. Hoek E, Carranza Torres C, Corkum B. (2002). Hoek–Brown failure criterion-2002 edition. In: *Proceedings of the Fifth North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto, Canada, vol. **1**, p. 267–73.
14. Sönmez, H., ve Ulusay, R. (2002). A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modifications to the criterion verified by slope stability case studies. *Bulletin of Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University*, **26**, 77-99.