KAYA ŞEVLERİNİN DURAYLIK ANALİZİ¹

B, a KALKANÎ

Çeviren: NECDET TÜRK m Ü. Yerbilimcileri Fakültesi, îzmîr

⁸ 1969 yılmda doldurulmuş bulunan Yunaniatan²daïd, Kastraki toprak barajının rezervuarı kenarmda meydana gelen beş önemli kayma sahasının duraylılıfı yazar tarafından incelenmektedir. Her yamaç için, iki boyutlu sonlu eleman analizini kullanarak, olası kayma alanları saptamıştır, Rezervuarm doldurulmasıyla ve rezervuar etrafındaki yamaçların yeraltı suyu seviyesinin yükselmesinin neden olduğu kuvvetler, bu sahaların kaymasına neden olmuştur.

Kastraki rezervuarı, Pindus dağlarının batı kısmına yakın bir yerde, çoğunlukla ayrılmamış, kırıklı ve şiddetli olarak kıvrılmış kaim bir fliş serisi içersinde yer almaktadır. Fliş serisi, birbiicersine girmis kumtası ve ri silttasım ve verver konglomeraları içermekte olup. Orta Eosen-den Alt Miyosene geçen zamanda oluşmuştur. Kayma sahalarında paralel tabakalar halinde, çeşitli derinlikte, yüzeye yakın ve düzensiz dağılım gösteren üç ana kaya tipi bulunmaktadır. Genellikle, konglomeralar ve kumtaşları daha derinde yer alan silttaşlarmm üzerinde bulunmaktadır.

Konglomeralar, sert ve masif olup, fazla çatlak veya eklem ihtiva etmezler. Fakat, yer yer sıkı veya kalsit dolgulu kayma zonları içerirler. Kumtaşı masif ve bloklu ve gri renkli, orta-kalm taneli olup, kayma zonları ve tabakalanma yüzeyleri kü üe dolguludur. Süttaşı koyu gri renkli, kumtaşlarıyla ve tabakalanmaya paralel konglomera çakıllarıyla arakatküı ve yeryer eüalanmış (sliken sided) kil dolgulu eklemler veya kalsit damarlarını içeraaektedir. Kaymalar rezervuar seviyesinin 70 m^fden 110 m* ve 142 m'ye (normal işletme seviyesi) çıktığı zaman başlamıştır. Maksimum rezervuar seviyesi 150 m olup, herhangi bir tafkm anında 152 m lik seviyeye kolayca erişüebüinir. Bu yüksek seviye, kayma aiammn suya doygunluğunun artmasıyla hareketin hızlanmasına neden olabUir.

Rezervuarm dolması ve su seviyesinde meydana gelen değişmeler, rezervuar kıyısında oldukça küçük heyelanlarm meydana gelmesine neden olmuştur. Rezervuar seviyesinin yükselmesi, yer yer depremlilik hareketinin etkisiyle birlikte kaya kütlesinin kayma hareketini başlatmıştır* Burada incelenen durumlar, batı ve güneybatıya bakan yamaçları kapsamakta olup, buralarda kumtaşı, süttaşı veya konglomera dü-

(**) Water Power and Dam Construction, September 1976, pp. 47.40,

zeyleri, rezervuar altına doğru değişik açı altında dalım göstermektedir.

YÖNTEM VE VARSAYIMLAR

Duncan ve Goodman (1988) tarafından sunulan bilgisayar programının tadil edilmiş bir leküni kullanarak, iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi, yamaçların duraylılık analizi için kullanılmıştır. Her tabaka içersindeki kaya malzeme homojen ve îzotropik olarak kabul edilmiştir. Tablo l'de verildiği gibi, her kaya tipinin fi-

	Birim				
	hacım	Elastisite	Poisson	yükleme	POFÖ-
Kayae tipi	Ağırlığı	Modülü	oranı	kuvveti	zîte
	(i!mß)	(t/m^)		(t/m^)	(%)
Siittaşı	2,58	1.6x10«	0.20	1.5x108	8
Konglomera	2,65	1.8x10«	0.18	2,5x103	12
Kum taşı	2,55	2,0x100	0,20	7.5x103	18

Tablo 1 1, Kayaeiarm Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

ziksel ve makaniksel özellikleri için ortalama değerler kabul edilmiştir. Kaya tabakaları arasında hiçbir büyük süreksizlik düşünülmemiştir* Basınç gerilme katsayısı 0,33 olarak kabul edilirken deprem katsayısı ise 0,1 g olarak alınmıştır* Analizler her durum için, rezervuar su seviyesinin 150 m'ye yükseldiğini kabul eder .Ayni zamanda da buna bağlı olarak, rezervuara akmakta olan yamaçlardaki yeraltısuyu seviyesinde de yüselmeler meydana geleceği kabul edilmiştir,

MJBÂYLmOK ANALİZLERİ

Şekü Tde gösterildiği gibi, Kastrakl rezer« vuarı, yaklaşık olarak 28 km. uzunluğunda bir



Şekil İt Kastraki rezervuarı alanının planı

3 JE0L0JÎ MÜHBNDÎSLÎĞt/MÂYIS 1970

alam kaplar ve kuzeybatıdâM KastraM barajından Kremasta barajma kadar uzamr,

Kastraki barajından uzaklaştıkça beş kayma sahası incelenmiştir, Rezervuarın doldurulması esnasında ve sonrasında, kayma sahalarında gözlenmiş bulunan çatlaklar ve açık eklem« lem, jeolojik kesitlerde kaymaya tehlikeli alanlar olarak işaret edilmiştir.

Kastaki barajinin yakla§ik İOOÖ m kuzeyindeki Lakoula kaymasının jeolojik kesiti, yak« laşık olara 22 derece île dalım gösteren birbirine paralel kumtap ve siittaşı tabakalarını gösterir (Şekil 2), Rezervuar su seviyesi 72 m'den 150'm ye yüseldiği zaman, (Şekü 3'de de kesik çizgilerle gÖsterÜdiği gibi) yeraltı suyu seviyesinin 152 m'ye yükselmesi, rezervuar seviye-300 t



ekil Bı Lakovla kaymasının asal basing gerilme kon« turları,

sinin altındaki yer yüzeyi boyunca çekilme asal basınç gerilmesinin meydana gelmesine neden olmuştur. Bu bölgeler şekil 3[°]de taranmış olarak gösterilmiş olup, yamaç boyunca 15 m'den 20 m'ye varan uzunlukta ve derinliği 3-5 m kadar değişmektedir*

Kastraki barajının 580 m kuzeydoğusundaki Periuoli kaymasının jeolojik kesiti, hemen hemen dikey olarak dahmlı (eğimli) kumtaşı ve siittaşı tabakalarını göstermektedir (Şekil 4), Rezervuar seviyesi 90 m'den 150 m^fye yükseldiği zaman, yeraltı suyu seviyesinin (şekil 5^pde

48







kesik çizgiyle gösterilen) 162 m^tye kadar yükseMfi reiervuar üst ve altındaki yamaçlar boyunca çekme asal gerilmelerinin meydana gelmesine neden olur* Bu bölgeler şekil 5^tde taranmış o* larak gösterilmiştir. Su seviyesinden 70 m yukarı ve aşağıdaki nehir yatağına kadar uzanır ve derinliği 2-10 m'ye kadar değişmektedir,

Kastraki barajmm 1000 m kuzeydoğusundaki Xüoerasmata kaymasının jeolojik kesiti; birbirlerine paralel olan silttaşı ve kumtap yatakları 25 derecelik bir dalım göstermektedir (gekfl 6), Rezervuar su seviyesi 105 m'den 150 na'ye yükseldiği zaman, yeraltısuyu seviyesi de (şakfl 7*de kesik «ilgilerle gösterildiği gibi) 164 m'ye kadar yükselmesi, rezervuarın seviyesinin üst ve altındaki yamacı boyunca ğekme gerilme-M zonunun meydana gelmesine neden olur, Bu

300 т



Şekil 6 : Xiloerasmata kaymasının jeolojik kesiti.



Şekil 7 : Xiloerasmati kaymasının asıl basınç gerilme konturları.

bölgeler şekü T de taranmış olarak gösterilmiştir, Bu bölge denin seviyesinden 100 m yükseklikte başlamakta olup, yaklaşık olarak nehir yatağından 50 m a§ağı doğru uzanmakta ve derinliği ise 4-10 m arasında deği§mektedir,

Kastraki barajının 10500 m kuzeydoğusundaki Paügböurena kaymasınm jeolojik kesiti, kıvrılmış siittaşı ve kumtaşı yataklarını göstermektedir, (gekil 8), Rezervuar seviyesinin 107 ³⁰⁰



Şekil 8: Paliobouriza kaymasının jeolojik kesiti.

m'den 150 m'ye yükseldiği zaman, yeraltı suyu seviyesinin (Şekil 9'da kesik çizgilerle gösterilen) 166 m'ye kadar yükselmesi rezervuar seviyesinin üst ve alt kısmındaki yamaç yüzeyi boyunca çekme gerilme zonlarının meydana gelmesine neden olacaktır. Bu bölgeler, Şekil 9'da taranmış olarak gösterilmiştir. Bu bölge deniz



Şekil 9 : Paliobouriza kaymasının asal basınç gerilme konturları

JEOLOJİ MÜHENDÎSMOÎ/MAYIS löfg

49

seviyesinden 80 m yüksekliğe kadar uzanır ve derinliği ise 4-10 m arasında değişmektedir. Bu zonlar rezervuar seviyesinin altında 20-30 m*ye kadar uzanmakta olup derinliği 3-8 m'ye kadar değişmektedir*

Kastraki barajının 13400 m kuzeydoğusundaki Karaouli kaymasının jeolojik kesiti, konglomera ve kumtaşımn silttaşı tabakaları üzerinde yeralmakta olduğunu göstermektedir (Şekil 10). Rezervuar yüksekliği 110 m den 150 m*ye yükseldiği zaman, yeraltiBuyu seviyesi de (Şekil 11'de kesik çizgilerle gösterildiği gibi), 171 m'ye



Şekil 10: Karaouli kaymasının jeolojik kesiti.



Şekil 11: Karaouli kaymasının asal basınç gerilme konturları.

kadar yükselmekte olup, bu reiervuarm seviyesinin üst ve alt kısmındaki yerlerde çekme gerilmesinin meydana gelmesine neden olmaktadır* Bu bölgeler Şekil 11'de taranmış olarak göö^ terilmiş olup, deniz seviyesinden 160 m yüksekliğe kadar ulaşmakta ve derinliği ise 3-20 m arasmda değişmektedir. Ayni zamanda da rezervuar seviyesinden aşağıda 90 m'ye kadar inmekte ve derinliği 2-8 m arasında değişmektedir*

BEO&Ü^EN ÜĪCLGELER

 DUNCAN, J.M, AND GOODMAN, E.E. "Finite Ele, ment Analyses of Slopes in Jointed Rock", Contract Report S, 68-3» U.S. Army Engineers Waterways Experimental Station, Corps of Engineers, Vieksburg-, Mississippi, USA, 1968,

50 JBOLOJÎ MÜHENDÎSLÎÖt/MAyiS 19T9

Denge halinde bulunduğu düşünülmüş olan her şev, rezervuann su seviyesinin yükselmesinden dolayı, oluşan, dikey ve yatay hidrostatik kuvvetlerin ve aynı zamanda da yeraltısuyu seviyesinin yükselmesinin oluşturduğu, yukarı kaldırma kuvvetlerinin etkilerinin altındadır. İncelenen tüm beş kayma iğin asal basing gerilmesi hesaplanmış ve çekme basınç g erümeleri arazide gözlenmiş bulunan kaymış kaya materyallerinin alanlarıyla gok iyi bir şekilde cakısmaktadır (uyumluluk göstermektedir).

Benzeri şekilde yapılan, asal basınç gerilmesi ve kayma basing gerilmesi hesapları, yüklemenin maksimum olduğu yamaç tabanlarının etrafındaki basınç gerilme konsantrasyonunun en fada olduğunu göstermektedir* Yerdeğiştirme hesaplamaları, kaya materyaUerine tatbik olunan kuvvetlerin aşağı yükarı yönlerinde bir dönme göstermektedir.

Duraylılık analizleri, kayan materyallerde, herhangi bir hareketin başlamasından önceki başlanpç durumunu verir. Çatlaklar ve açık eklemler çekme basınç gerilmesi zoxüarmda meydana gelmektedirler. Kaymanın son durumu, kaymış materyalin pozisyonu sürtünme açısı ve kohezyonuna bağlıdır.

SONUÇLAR

Rezervuarlarm oluşturduğu dikey ve yatay hidrostatik kuvvetleriyle birlikte yeraltısuyu seviyesinin yükselmesiyle meydana gelen kaldırıcı kuvvetler, dolmuş bir rezervuann su kenarının aşağı ve yukansındaki yamaçlar boyunca, küçük asal basınç gerilmesinin meydana gelmesiyle sonuçlanır* Bu bölgeler, arazide gözlenmiş bulunan çatlaklar ve kaya materyallerinin hareket ettiği bölgelerle çakışmaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu araştırmayı yaparken, destek ve yardımından dolayı Purdue Üniversitesi Kaya Mekaniği Ünitesi Profesörü William IL Judd'a teşekkür ederim. Ayrıca, Yunanistan Devlet Enerji İşlerinin verilerin toplanmasında v© Purdue Üniversitesinin bilgisayar merkezinin verüerin analïmindôki katkısını da belirtmek isterim*

Yayına veriliş tarihi: 5, Mart 1Ô79

 Jtm&, W,B, "Statistical Methods to Compile and Correlate Rock Properties and Preliminary Results"* Technical Report No. % Advanced Research Projects Agency, Department of Defence Washington, DC. Purdue University[^] School of Civil Engineering* Lafayette, Indiana, USA, i960.