

ADANA-ÇATALAN BARAJI REZERVUAR ALANI KAYAÇLARININ YAMAÇ STABİLİTESİ

Hasan TOSUN¹

ÖZET: Seyhan nehri üzerinde ve Adana ilinin 23 km kuzeyinde inşa edilmiş bulunan Çatalan Barajı temel birimini ve genellikle göl alanını, düşük dayanım ve dayanıklılık özelliklerine sahip zayıf kayalar oluşturmaktadır. Proje kapsamında yapılan kazılarda, değişik geoteknik problemlerle karşılaşmış ve özel bazı tekniklerle çözüme ulaşılmıştır. Dolgu tamamlandıktan sonra, rezervuar alanında kalan ve özellikle dolgu membasi sol yamacında yer alan kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalı kayaç birimlerinin, işletme ve ani düşme koşullarında kayma potansiyeline sahip olabileceği hususu sorgulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, dolgu membasi sol yamacında yer alan düzenlenmiş şevlerin stabilitesi; detaylı deneysel çalışmalara dayandırılarak inşaat sonu, işletme ve ani düşme durumları için incelenmektedir. Ayrıca 1998 Adana depremi koşullarında ve aynı enerji kaynağında oluşacak daha yüksek manyitüdüli senaryo depremlerde şevlerin davranışı değerlendirilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Toprak dolgu baraj, şev stabilitesi, zayıf kayaç, çamurtaşı, kumtaşı

SLOPE STABILITY OF ROCKS IN THE RESERVOIR OF ADANA-ÇATALAN DAM

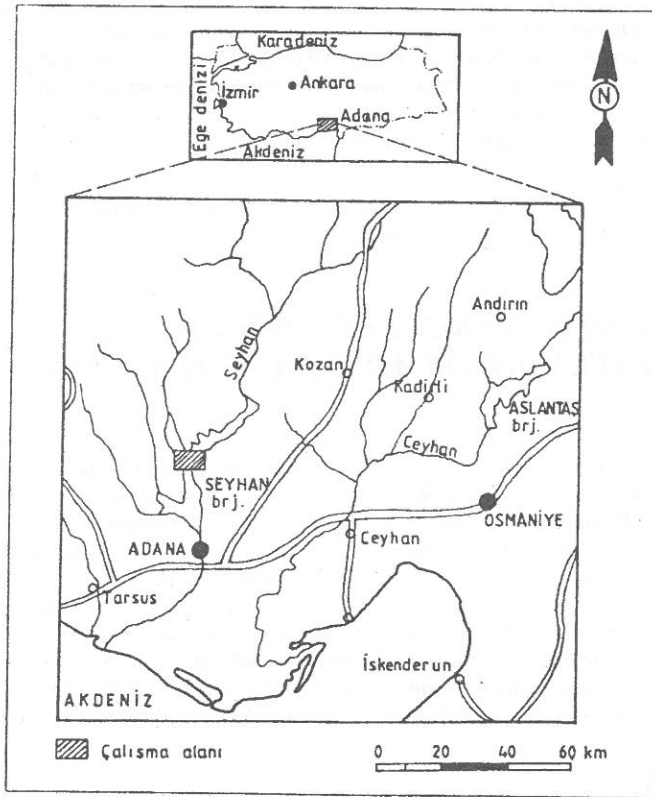
ABSTRACT: Weak rocks having low strength and durability constitute the foundation materials of Çatalan dam constructed on Seyhan river, 23 km north of Adana. The reservoir area is generally covered by the same rock units. During excavations performed throughout the project, different geotechnical problems were encountered and some special techniques were adopted to solve these problems. After completing the embankment, it was questioned that a sliding could occur in the sandstone-mudstone alternation during operation and rapid drawdown cases. In this study, the stability of cut slope located at the left side of embankment is evaluated for end of construction, operation and rapid drawdown cases, based on detail experimental studies. The study also involves the stability analyses which consider the effects of 1988 Adana earthquake and the scenario earthquakes which can be possible at the same energy source.

KEYWORDS: Earthfill dam, slope stability, weak rock, mudstone, sandstone

¹ Hasan TOSUN, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480 Batı Meşelik, ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Çatalan Barajı ve Hidroelektrik Santrali; Seyhan nehri üzerinde, bu nehir üzerindeki son tesis olan Seyhan barajının 13 km membasında ve Adana ili Çatalan bucağının 6 km güneyinde enerji, taşkın koruma ve içmesuyu amaçlı olarak inşa edilmiş bir tesistir (şekil 1). Zonlu toprak dolgu tipinde inşa edilen barajın temelden yüksekliği 82.5 m, dolgu hacmi 17 hm^3 ve rezervuar hacmi 2.1 km^3 'dür. Bu proje kapsamında yer alan 169 MW kurulu güce sahip hidroelektrik santrali ile, yılda 596 GWh hidroelektrik enerjisi üretilmektedir. Adana ilinin 2000'li yıllardaki içmesuyu ihtiyacının, bu baraj gölünden sağlanması planlanmaktadır. Barajın inşasına 1982 yılında başlanmış ve 1996 yılında bitirilmiştir.



Şekil 1. Adana-Çatalan Barajı ve tesisleri bulduru haritası.

Baraj ve ilgili tesislerin kazılarında önemli yeraltı ve yerüstü geoteknik problemlerle karşılaşmıştır. Baraj sol sahilinde açılan toplam uzunluğu 1493 m ve iç çapı 8.5 m olan iki adet derivasyon tüneli, baraj sağ sahilinde yer alan santral binası, proje bitiş süresini kısaltmak ve nehir taşkınlarını kısmi önlemek doğrultusunda açılan derivasyon kanalı, baraj dolgusu katof hendeği ve baraj yamaç kazılarında tipik zemin problemleri ile karşılaşmış ve bu problemlerin aşılması doğrultusunda ilave destek önlemleri ve şev düzenleme çalışmaları yapılmıştır. Özellikle inşaat aşamasında karşılaşılan şev stabilitesi sorunlarının çözümünde pratik önlemlerle çözüme gidilmiştir [1].

Baraj yamaç kazılarında 1:1 (düşey:yatay) eğimde ve her 10 m'lik yükseklikte 5 m genişliğe sahip palye oluşturularak yapılan kazılar; daha sonra daha güvenli bir çalışma için yeniden düzenlenmiştir. Gövdenin oturacağı alanda ve geçici ek derivasyon tesislerinin yer aldığı sağ sahilde 1:1.5 olan şev eğimleri 1:4 olarak revize edilmiştir. Sol sahilde enjeksiyon-drenaj galerisi girişi ile ulaşım galerisi kısmında yer alan kazılar, 1:1 şevde ve her 10 m yükseklikte 5 m genişliğe sahip palye oluşturularak projelendirilmiş ve kazı bu esasa göre yapılmıştır. Ancak sonradan bazı stabilite problemlerinin görülmesiyle şev, palye karakteristikleri korunarak 1:1.5 eğimde yeniden düzenlenmiştir.

Bu çalışmalar tamamlandıktan uzun bir süre sonra, o tarihe kadar duraylı olan baraj gövdesi memba sol sahil yamacında bulunan çamurtaşı-kumtaşı ardalanmasının işletme anında sorun yaratabileceği şüphesi üzerinde durulmuştur. Kumtaşı bantları arasında yer alan ve değişken kalınlığa sahip çamurtaşı bantlarının su ile doymun hale gelmesi halinde dayanım açısından zayıflayacağı ve kile dönüşeceği, barajda toplanacak suyun etkisi ile de yamaç duraylılığının bozulabileceği üzerinde durulmuştur. Bu sorunun ayrıntılı analizi amacıyla yerinde geoteknik incelemelerde bulunulmuş, numuneler alınarak laboratuvar deneyleri yapılmış ve daha önce yapılmış deneysel çalışma sonuçları da dikkate alınarak farklı koşullarda stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Bölge deprenselliği ve özellikle 1998 Adana depremi koşulları dikkate alınarak şevlerin püsödo-statik analizleri yapılmıştır.

II. BARAJ YERİ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Baraj yeri ve rezervuar sahasında tortul kayaçlar geniş bir alan kaplamaktadır. Bu kayaçlar; Miyosen yaşlı çamurtaşı-kumtaşı ardalanması ile nehir vadisi boyunca

gözlenen Pleyistosen'de oluşmuş teras konglomerasıdır. Ayrıca vadi tabanında Holosen'de oluşmuş alüvyon yer almaktadır. Bölgedeki bu çökel kayaçların toplam kalınlığının 2500 m'den fazla olduğu daha önce yapılmış bir çalışmada belirtilmiştir [2]. Baraj yeri ve memba sol sahil yamacında temel kayacı oluşturan çamurtaşı-kumtaşı ardalanması yüzeylenmektedir. Ağırlıklı olarak kil ve silt boyutundaki tanelerden oluşan çamurtaşı; yüzeyde açık kırmızı renkli ve yumuşak, alt seviyelerde kahverenkli ve göreceli olarak daha serttir. Bu birim içinde tabakalaşma belirsizdir, ancak parçalara ayrıldığında düzgün ve parlak yüzeyler vermektedir. Birim, esas itibariyle kuvars, kalsit, illit ve klorit minerallerinden oluşmaktadır. Çamurtaşı içindeki illit minerali oranı % 20 ile 30 arasında değişmektedir [3].

Kumtaşı genellikle kuvars ve kireçtaşı taneli, yer yer çakıltaşı ara düzeyli, yüzeyde gevşek çimentolu, alt kısımlarda ise iyi çimentoludur. Bu birim; farklı renklerde olup tane boyu ve sıklığı, sahip olduğu renklere göre farklılık arz etmektedir. Sarı renkli kumtaşı orta-iri taneli ve gevşektir. Kurşuni kumtaşı iri kum-çakıl boyutunda, sıkı çimentolu ve serttir. Mavi-kurşuni kumtaşı ise, çok ince-ince taneli ve gevşek-orta sıklıktadır. Kumtaşı % 55-60 oranında kuvars ve yaklaşık eşit oranda (% 15-20) kalsit ve albit mineralleri ihtiva etmektedir.

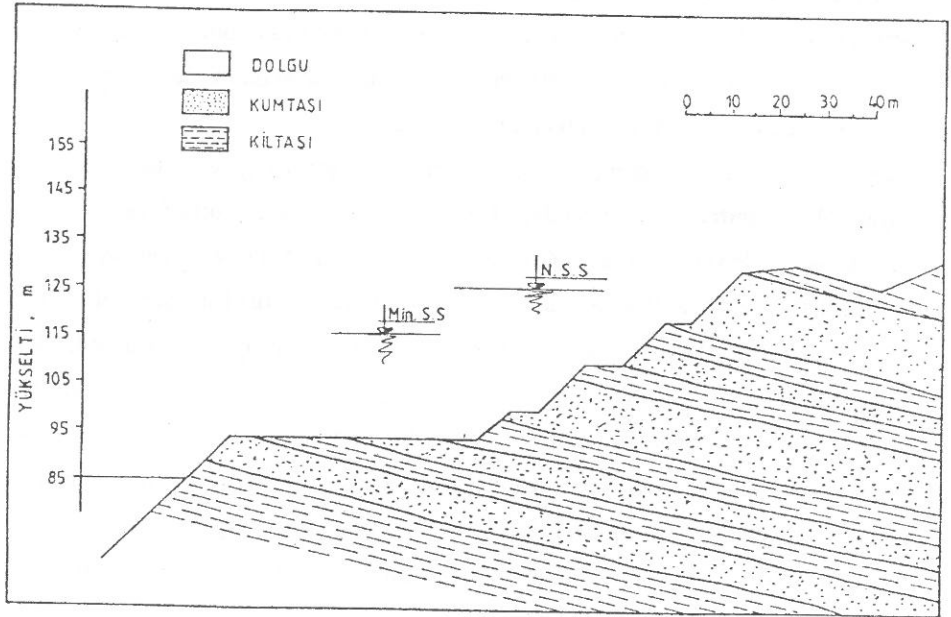
Baraj yerinin her iki yakasında yer alan teras konglomerası; değişik zamanlarda ve yüksekliklerde oluştuğundan, sekiler şeklinde görülmektedir. Akarsu çökeli olan bu birim, baraj gövdesinde yarı geçirimli ve geçirimli zon malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu birimde tane boylamasına bağlı olmayan bir çimentolanma vardır. Çimento malzemesi genellikle karbonat ve kumdan oluşmaktadır. Karbonat çimentolu seviyeler daha sıklıktadır. Kuvarzit, diyabaz, kireçtaşı ve limonit bileşenlerinden oluşan bu birimin, baraj yerindeki en büyük kalınlığı 20 m'dir.

Kil, silt, kum, çakıl ve blok ihtiva eden alüvyon; vadi tabanında baraj ekseni boyunca 350 m genişliğe sahiptir. Alüvyonun 10 m'lik üst bölümü genellikle silt boyutundadır. Yamaç molozu baraj yeri ve rezervuar alanında geniş alanlar kaplamaktadır. Bu birimde egemen olan gerek kil olup, kumtaşı ise teras konglomerasına ait çakıl ve blok malzeme ihtiva etmektedir.

Muhtemel stabilite sorununun beklendiği yamaç, bütünüyle çamurtaşı-kumtaşı ardaalanmalı istiftten oluşmaktadır (şekil 2). Doğrultusu N70E ve eğimi 15SE olan bu tabakalı sistem içinde yer alan çamurtaşı geçirimsiz ve kumtaşı ise yarı geçirimli-

geçirimsizdir. Kalın olan çamurtaşı ve kumtaşı birimlerinde çökelme düzenlidir. Kumtaşından çamurtaşına geçişler, genellikle dereceli olup arada silttaşı görülmektedir. Ancak bu çalışmada silttaşı ayrımı yapılmamış ve bu birim çamurtaşı içinde değerlendirilmiştir. Ayrıca çamurtaşı-kumtaşı içinde çapraz laminalar ve bölgesel olarak merceksi yapı gözlenmektedir.

Kumtaşı içinde yer yer gelişmiş çatlak sistemi izlenmektedir. Kumtaşı aynı zamanda mikro seviyede çatlaklar da içermektedir. Bazı çatlakların duvarında oksidasyon etkisi vardır. Bu yamaçta kumtaşı en fazla 15 m ve kiltası 6 m dolayında kalınlığa sahiptir. İlgili yamaçta 85-130 m kotları arasındaki 45 m'lik bölüm için yapılan ölçümlerde, çamurtaşı tabaka kalınlığının toplam istif kalınlığının % 41'i olduğu belirlenmiştir [3].



Şekil 2. Memba sol sahil kayaç birimleri tabakalanma durumu.

III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE TEMEL BİRİM ÖZELLİKLERİ

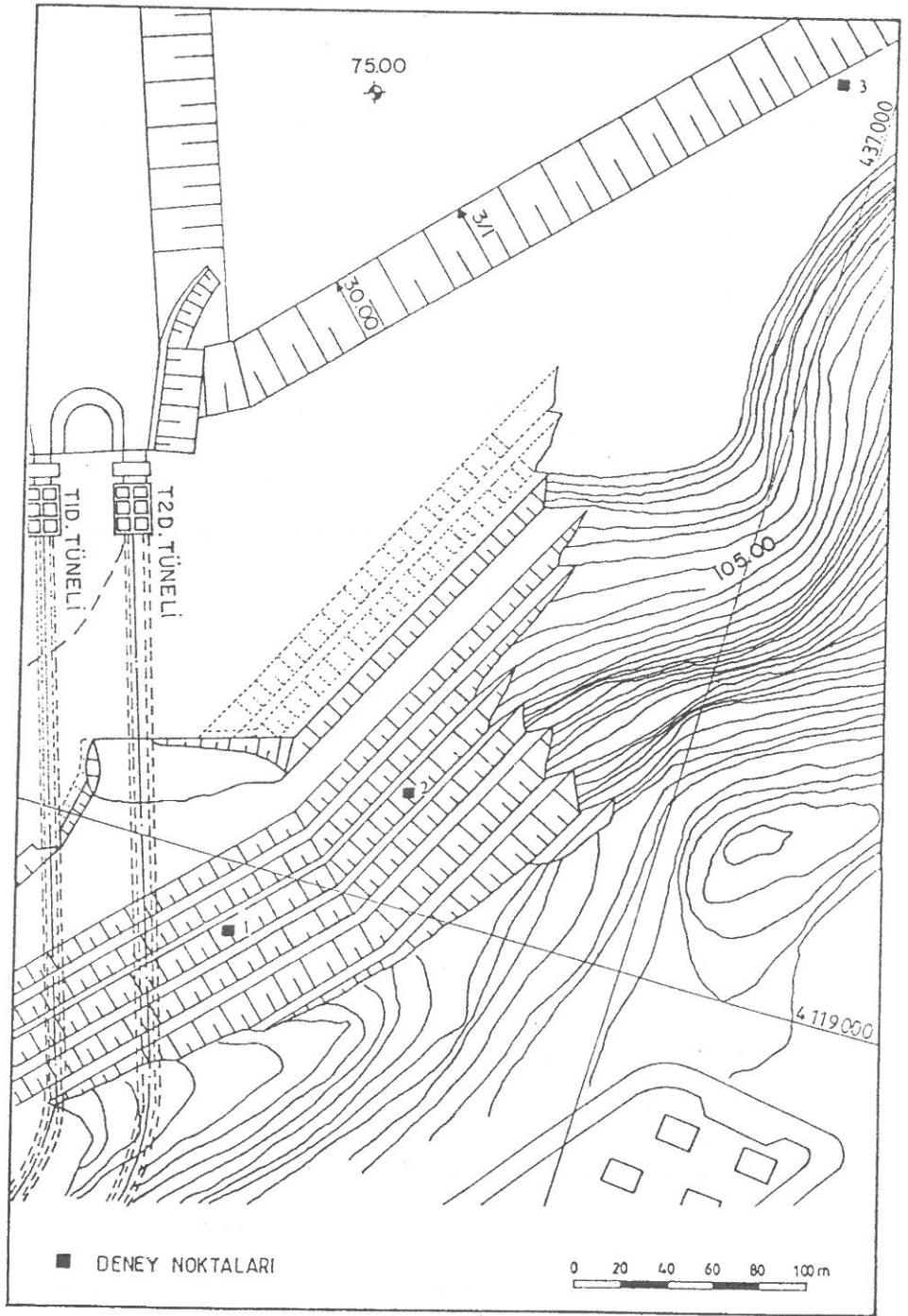
Memba sağ yamaç stabilitesini incelemek amacıyla, ilgili sahada üç ayrı noktada detaylı çalışmalar yapılmıştır (şekil 3). Bu noktalarda sondaj ve kazıcı makine ile örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınarak kayaç birimlerinin dayanım ve dayanıklılık karakteristikleri belirlenmiştir. Örselenmiş numuneler üzerinde temel indeks deneyleri,

örselenmemiş numuneler üzerinde de tek eksenli, üç eksenli, kesme kutusu ve suda dağılma dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir [4].

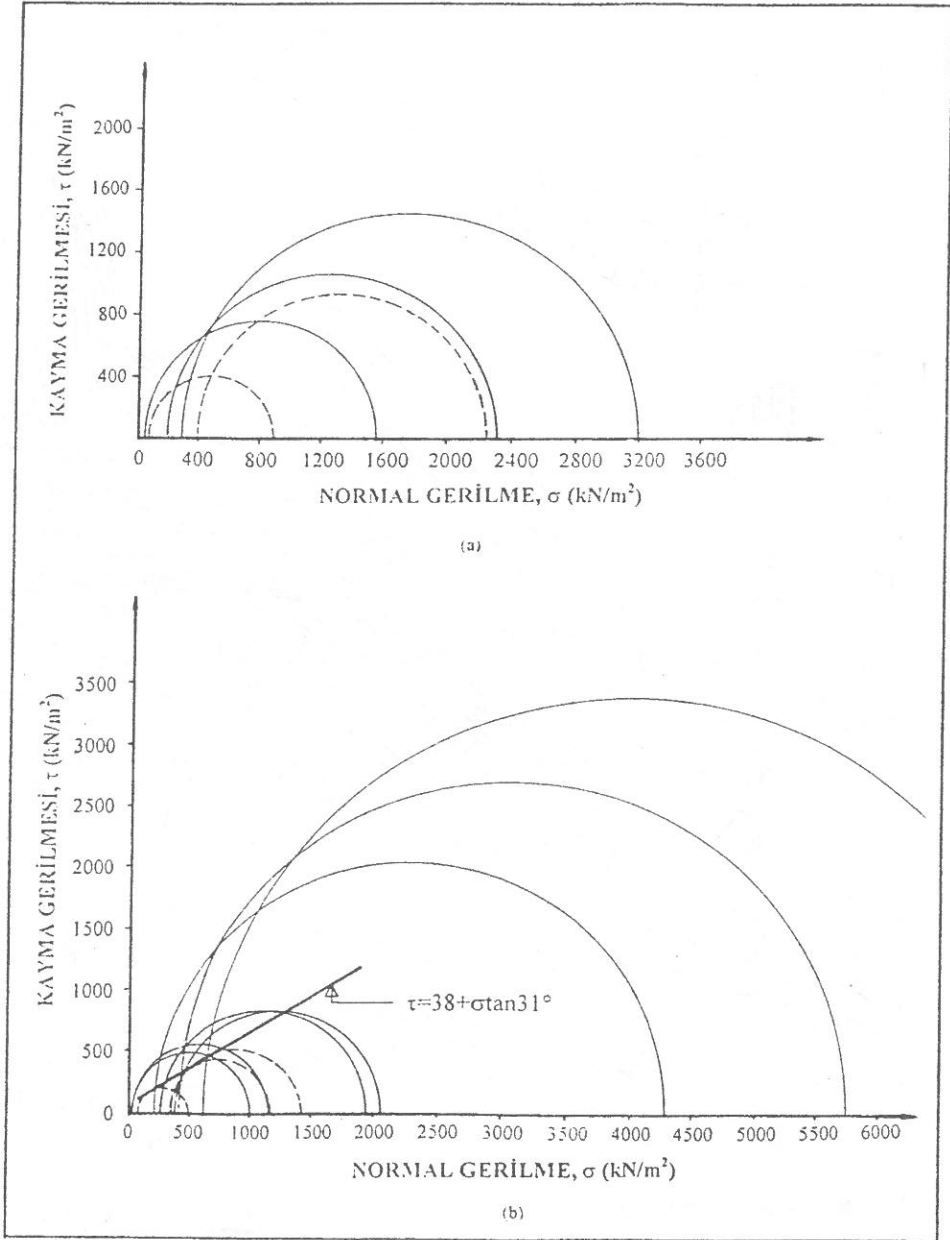
İnceleme alanında yer alan ve stabilite yönünden kritik jeomekanik özelliklere sahip çamurtaşı birimleri, kazı anında kolayca parçalanmakta ve sonunda da ufalanmaktadır. Özellikle yüzeye yakın bölgelerde bozulma etkisi oldukça yüksektir. Çamurtaşı üzerinde yapılan suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyi (ASTM D 4644) sonuçlarına göre, çamurtaşı serbest koşullarda ve su içinde oldukça düşük dayanıklılığa sahiptir [5]. Ancak çamurtaşının alt seviyelerinden alınan numuneler, göreceli olarak daha yüksek suda dağılma dayanım indeksi vermiştir. Bir başka ifade ile, çamurtaşı serbest koşullarda ve su ile temas halinde kolayca dağılmakta ve ince taneli malzeme haline dönüşebilmektedir. Bütünüyle ayrılmış çamurtaşı numunelerinin, ortalama % 85 oranında kil ve silt boyutunda malzeme ihtiva ettiği ve düşük-orta plastisiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Kumtaşı suda dağılmaya karşı dayanıklılık deney sonuçlarına göre, orta-yüksek seviyede dayanıklılık indisine sahiptir [3].

Çamurtaşı, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçlarına göre "düşük dayanımlı kayaç" olarak sınıflandırılır. Aynı değerlendirmeye göre kumtaşı, orta dayanımlı kayaç sınıflaması içinde yer almaktadır. Kumtaşı altında yer alan çamurtaşı tabakaları doymuş koşullara sahiptir ve su etkisi altında kimyasal bozunmaya maruz kalmıştır. Kil minerali deney sonuçlarına göre, bu birim esas itibarıyla illit ve kalsitten oluşmakta ve kumtaşı dokunağında klorit minerali ihtiva etmektedir. Çamurtaşının bu yüzeyleri, özellikle düzlemsel kayma yönünden kritik kayma dayanımına sahiptir. Bu nedenle, bu yüzeylerden alınmış örselenmemiş numuneler üzerinde kesme kutusu deneyi yapılarak, çamurtaşının bu tip bir modellemede kullanılabilir kayma dayanımı belirlenmiştir. Ayrıca bu yüzeyler üzerinde daha önce yapılmış arazi direkt kesme deney sonuçları da yeniden değerlendirilerek çalışmada dikkate alınmıştır [6].

Çamurtaşı ve kumtaşı birimlerinin kayma dayanımını belirlemek amacıyla yapılan üç eksenli ve kesme kutusu deneyleri, doğal ve doymuş koşullardaki numuneler üzerinde hızlı olarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4, çamurtaşı ve kumtaşı birimleri üzerinde yapılan üç eksenli deney sonuçlarını sunmaktadır. Bu sonuçlara göre her iki birimde de doymuş olmayan koşullardaki kayma dayanımı geniş bir aralıkta değişmekte ve numunelerde



Şekil 3. Dolgu membası sol sahili ve deneysel çalışma yerleri.



Şekil 4. Kayaç birimlerinin üçeksenli basınç deney sonuçlarına bağlı kayma dayanımı:
a) kumtaşı b) çamurtaşı

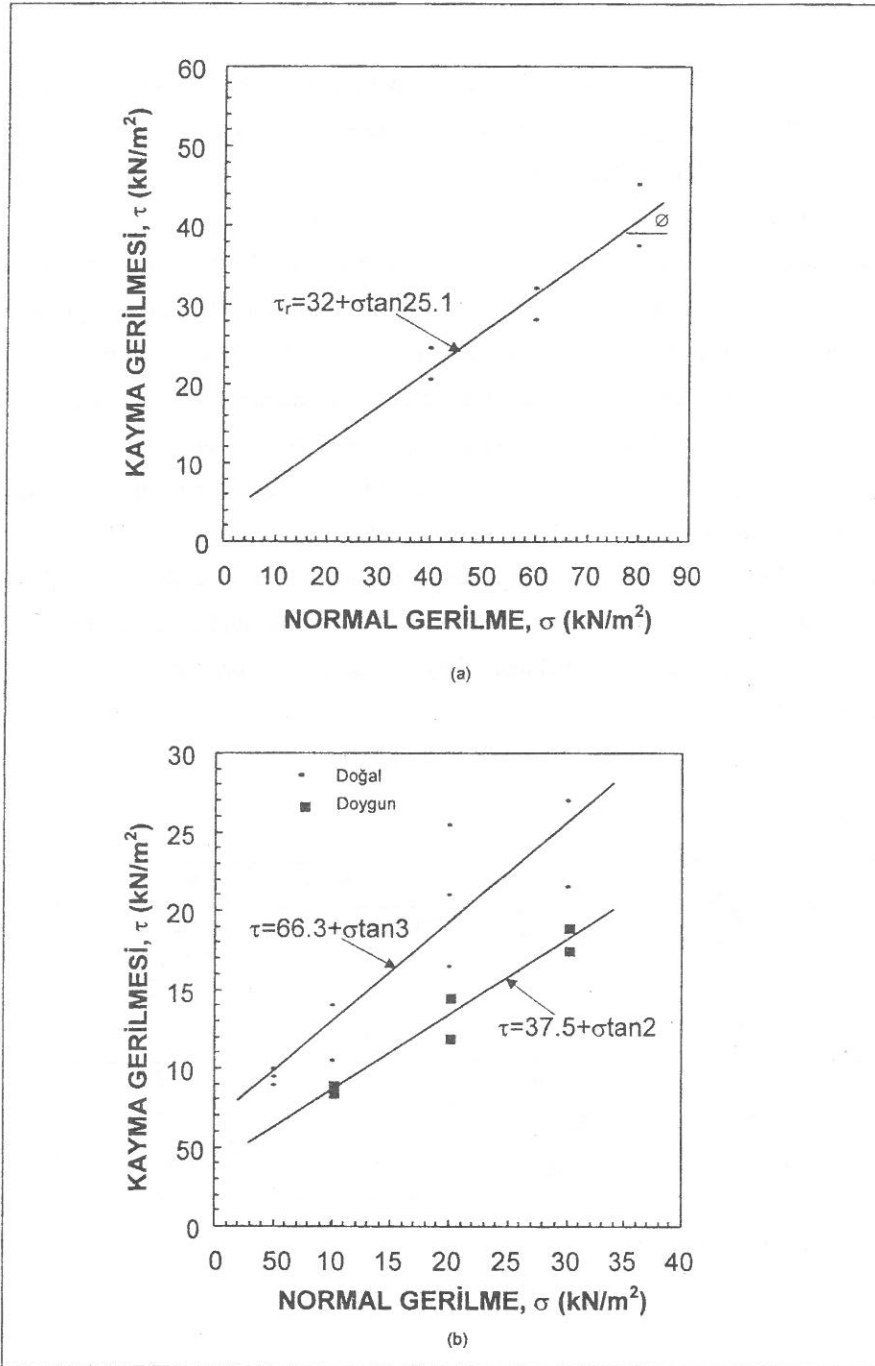
oluşan göçme ani kırılmalar şeklinde meydana gelmektedir. Halbuki doymun koşullardaki numunelerde ise kayma dayanımı göreceli olarak daha düşük seviyelerde ve göçme ilerleyen kırılmalar şeklinde oluşmaktadır.

Bozunma etkisinde kalmış ve kumtaşı dokunağındaki çamurtaşını temsil eden örselenmemiş numuneler üzerinde, laboratuvarında kesme kutusu deneyi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5b'de doymun ve tabii haldeki numuneler için iki ayrı göçme zarfı elde edilmiştir. Doğal durumdaki numuneler için göçme zarfının veren doğrusal ilişkinin standart sapma değeri, doymun durumdaki numunelere ait ilişkinin aynı değerine göre daha büyüktür. Bu durum, numunelerin farklı su muhtevası ve doymunluk derecesine sahip olmasıyla açıklanabilir. Şekil 5a'da ise daha önce çamurtaşı-kumtaşı kantağında yapılmış arazi direkt kesme deney sonuçlarının yeniden yorumu verilmektedir. Bu değerlerin, kalıntı dayanım esasında olduğu ve şekil 5b'de doymun koşullardaki numuneler için bulunan değerlerle bütünlük taşıdığı belirtilmelidir. Üç ayrı deney ile çamurtaşı için bulunan kayma dayanımı değerleri, çizelge 1'de özetlenmektedir.

Çizelge 1. Çamurtaşı biriminin kayma dayanımı

Deney Tipi	Doymunluk Koşulu	Kayma Dayanımı	
		Kohezyon direnci, c (kN/m ²)	Kayma dayanımı açısı, Ø (°)
Üçeksenli	Doğal	120	32
	Doymun	38	31
Kesme kutusu	Doğal	66.3	32.4
	Doymun	37.5	25.6
Arazi direkt kesme (*)	Doymun	32.7	25.1

(*) Kalıntı dayanım değerleri



Şekil 5. Kumtaşı kantağındaki ayrışmış kiltaşının kayma dayanımı: a) arazi direkt kesme deneyi b) laboratuvar kesme kutusu deneyi.

IV. STABİLİTE ANALİZLERİ

Bu çalışma kapsamında dolgu membası sol sahilinde yer alan kumtaşı-çamurtaşı aralanmasının stabilite tahkiki için, üç ayrı durumda (inşaat sonu, işletme ve ani düşme) analiz yapılmıştır. Her durum için depremli ve depremsiz koşullar irdelenmiştir. Depremli analizlerde, 1998 Adana depremi karakteristikleri ($M_s=6.2$) ve bu kaynaktan oluşması olası daha yüksek manyitüdü ($M_s=6.9$ ve $M_s=7.5$) depremler dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Adana depremi karakteristikleri dikkate alınarak yapılan hesaplarda, depremin baraj temel biriminde yarattığı en büyük yatay ivme değerinin $0.05g$ olduğu bulunmuştur [7-8-9]. Bu deprem kaynağında oluşacak büyük manyitüdü bir deprem için aynı değer, $0.12g$ olarak alınmıştır. Çözümler, "TSTAB" adlı paket program kullanılarak "Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi" ile gerçekleştirilmiştir [10].

Memba sağ sahil şevinin inşaat sonu analizi için çamurtaşı ve kumtaşı değerlerinin doğal haldeki fiziksel ve mekanik parametreleri kullanılmıştır. Çamurtaşı için kohezyon direnci 66 kN/m^2 ve kayma dayanımı açısı 32 derece alınmıştır (çizelge 1). Bu değerler; laboratuvarla elde edilmiş çok sayıda veriye bağlı olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda belirlenmiştir. Kumtaşı için laboratuvar verileri ve literatürden elde edilen bilgiler ışığında, kohezyon direnci 120 kN/m^2 ve kayma dayanımı açısı 35 derece seçilmiştir [11-12-13]. Analizlerde çamurtaşı ve kumtaşının doğal yoğunlukları sırasıyla 1.98 ve 2.00 Mg/m^3 alınmıştır.

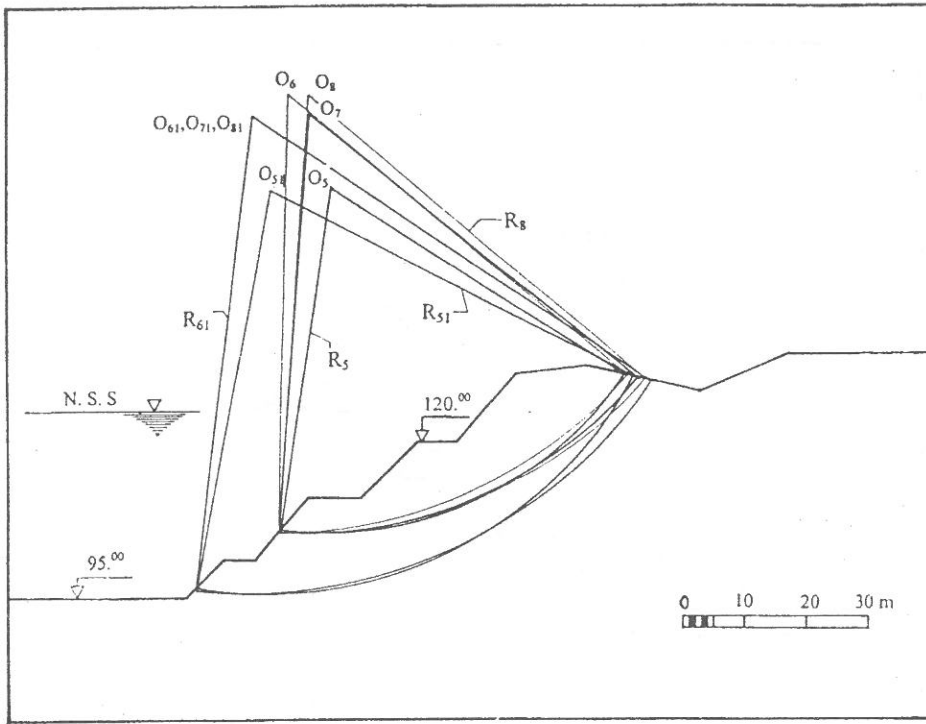
İnşaat sonu hali için yapılan analiz sonucunda, yamaç şevlerinin en düşük güvenlik katsayısı depremsiz durum için 2.59 , Adana depremi koşullarında 2.35 ve bu kaynaktan oluşacak en büyük deprem altında ise 2.070 bulunmuştur (çizelge 2). Şekil 6'da, her durum için en düşük güvenlik katsayısını veren kayma dairelerinin konumu gösterilmektedir. Bu veriler ışığında yamaç stabilitesi, inşaat sonu hali için güvenlidir. Zaten uygulamada da son şev düzenlemesinden sonra (bu çalışmada dikkate alınan) yamaç stabilitesi ile herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır.

Yamaç stabilitesinin işletme durumundaki analizi için çamurtaşı ve kumtaşı değerlerinin normal su seviyesi (125 m) altında, doymun haldeki parametreleri kullanılmıştır. Bu durumu temsilen yapılan analizlerde, çamurtaşı için üçeksenli, kesme kutusu ve arazi direkt kesme deney sonuçları dikkate alınarak bulunan kayma dayanım parametreleri kullanılmıştır ($c= 35 \text{ kN/m}^2$ ve $\phi=26^\circ$). Kumtaşı için doymun koşullardaki üçeksenli deney sonuçları dikkate alınarak kohezyon direnci sıfır ve kayma direnci açısı 32°

seçilmiştir. İşletme hali için yapılan stabilite analizleri sonucunda depremsiz durum için en düşük güvenlik sayısı 2.455 ve Adana depremi koşullarında aynı değer 2.111 olarak bulunmuştur. Bu değerler; şevlerin mevcut işletme hali ve Adana depremi esnasındaki

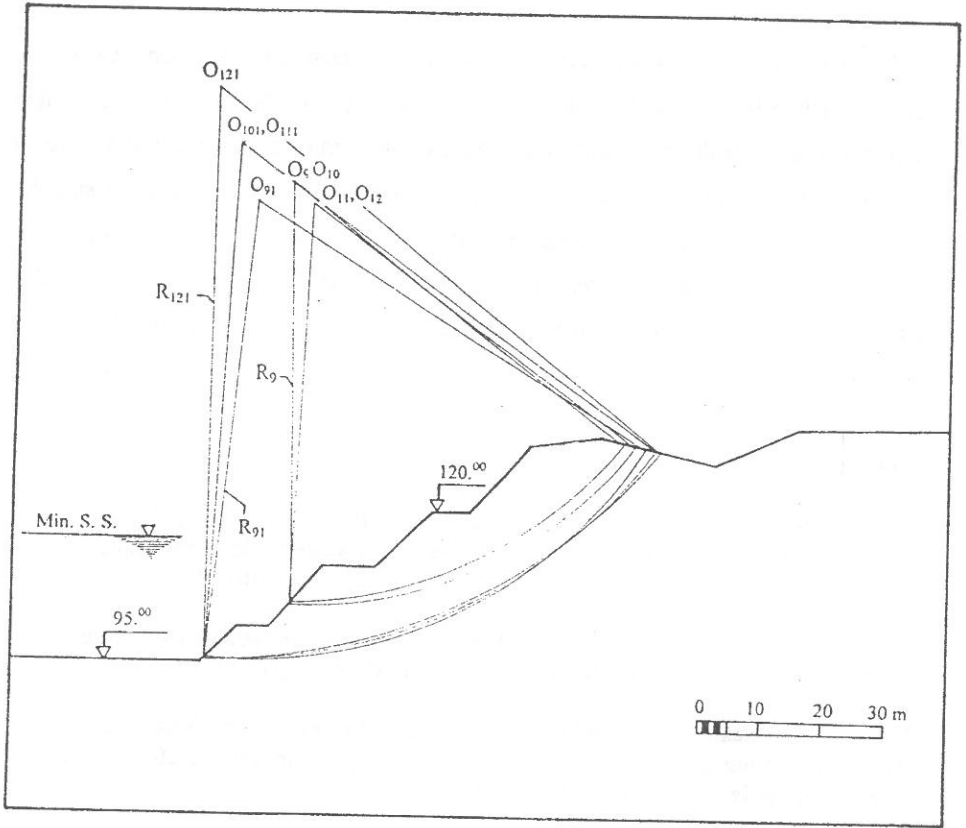
Çizelge 2. Üç ayrı durum için en düşük güvenlik sayılarını veren kayma daireleri geometrileri

Analiz Tipi	Model	Deprem Durumu	Kayma Dairesi	Güvenlik Sayısı	Kayma Dairesi Geometrisi		
					R(m)	X(m)	Y(m)
İnşaat Sonu	Çatalan 1	Depremsiz	O ₁	2.816	66.5	152.0	28.5
			O ₁₁₀	2.590	68.0	152.0	16.5
	Çatalan 2	Depremli (a=0.05g)	O ₂	2.350	74.0	155.0	10.5
			O ₂₁	2.527	72.5	152.0	22.5
Çatalan 3	Depremli (a=0.08g)	O ₃	2.375	72.5	152.0	22.5	
		O ₃₁	2.224	71.0	152.0	13.5	
Çatalan 4	Depremli (a=0.12g)	O ₄	2.197	72.5	152.0	22.5	
		O ₄₁	2.070	80.0	154.0	4.5	
İşletme	Çatalan 5	Depremsiz	O ₅	2.455	55.5	137.0	19.5
			O ₅₁	2.616	65.0	146.0	19.5
	Çatalan 6	Depremli (a=0.05g)	O ₆	2.111	70.5	143.0	4.5
			O ₆₁	2.230	77.0	149.0	7.5
Çatalan 7	Depremli (a=0.08g)	O ₇	1.935	67.5	140.0	7.5	
		O ₇₁	2.042	77.0	149.0	7.5	
Çatalan 8	Depremli (a=0.12g)	O ₈	1.735	70.5	140.0	4.5	
		O ₈₁	1.833	77.0	149.0	7.5	
Ani Düşme	Çatalan 9	Depremsiz	O ₉	1.288	67.5	146.0	7.5
			O ₉₁	1.597	74.0	152.0	10.5
	Çatalan 10	Depremli (a=0.05g)	O ₁₀	1.142	64.5	146.0	7.5
			O ₁₀₁	1.400	83.0	155.0	1.5
Çatalan 11	Depremli (a=0.08g)	O ₁₁	1.066	64.5	143.0	10.5	
		O ₁₁₁	1.301	83.0	155.0	1.5	
Çatalan 12	Depremli (a=0.12g)	O ₁₂	0.977	64.5	143.0	10.5	
			O ₁₂₁	1.183	92.0	158.0	-7.5



Şekil 7. İşletme hali için en düşük güvenlik sayısını veren kayma daireleri.

Bu yamaç için depremsiz koşullardaki en düşük güvenlik katsayısı 1.288 olarak elde edilmiştir. Bu değer, ani düşme koşulları için verilen sınır değerleri sağlamaktadır [14]. Depremlı durumda ise en düşük güvenlik katsayıları, Adana deprem koşulları için sınır denge durumundan büyük ($GS=1.142$) ve en büyük deprem koşulu için sınır denge durumunda ($GS=0.977$) bulunmuştur. Ancak, ani düşüm durumlarının depremlı koşullardaki analizi anlamlı değildir. Çünkü deprem halinin, ani boşalma zamanına rastlaması çok düşük bir olasılıktır. Bu nedenle pratik değerlendirmeler için ani düşme durumunda deprem etkisi dikkate alınmamaktadır [15].



Şekil 8. Ani düşme hali için en düşük güvenlik sayısını veren kayma daireleri.

V. SONUÇ

Çatalan Barajı memba sol yamacı kumtaşı-çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Bu yamaçta tabakalanma eğiminin yamaç içine doğru olması stabilite için bir avantaj teşkil etmektedir. Bir başka ifade ile, tabakalanma düzlemi boyunca gelişen düzlemsel kayma görülmeyecektir. Kısa dönemde ise ancak çamurtaşının, suyun ve su hareketinin etkisiyle eriyerek erozyona uğraması mümkün gözükmektedir. Bu durumda kumtaşında yerel kopmalar ve devrilmeler şeklinde göçme beklenmelidir.

Uzun dönemde ise kumtaşı ve çamurtaşı doygunluk koşullarında daha düşük kayma dayanımı vermekte ve kumtaşı içinde bulunan mikro seviyedeki çatlakların gelişme olasılığı bulunmaktadır. Bu durumda, işletme ve ani düşme koşulları için dairesel kayma düzlemlili göçmeler beklenmelidir. "Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi" kullanılarak yapılan analizlerde en düşük güvenlik sayısı ani düşme koşullarında bulunmuştur.

Bulunan bu değer ilgili yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin üstündedir ve kayma daireleri göreceli olarak daha yüksek seviyelerde oluşmaktadır. İşletme durumu için depremlili koşullarda da yamaç güvenlidir. Ancak kumtaşının yarı geçirirli olması ve bu birimin su içinde çok düşük dağılıma dayanıklılığı göstermesi; uzun dönemli stabilite için şevlerin, özellikle su seviyesinin dalgalanma ihtimali olduğu 115 ve 125 m kotları arasında, püskürtme beton ve tel kafesten oluşan bir elemanla kaplanmasını gerekli kılmaktadır. Yamaçta ilave bir kazının yapılması halinde de bu işlemin yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] S. Bozkurt ve N. Özgüzel, "Çatalan Barajı ve HES İnşaatında Karşılaşılan Yamaç ve Şev Stabilite Problemleri ve Alınan Önlemler", Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi Dayanma Yapıları Semineri, Cilt 1, 5-9 Mayıs 1987, Samsun, p.II/1-19.
- [2] C.Yördem ve U.Oğuzberk, "Seyhan Projesi Aşağı Çatalan Barajı Kesin Proje Aşaması Mühendislik Jeolojisi Raporu", DSİ yayını (kurum içi), 1981.
- [3] H. Tosun, "Çatalan Baraj Dolgusu Sol Yamaç Stabilitesi ile İlgili Yapılan Jeoteknik Çalışmalar", Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Sempozyumu, 20-25 Eylül 1993 Gümüşdör-İzmir, Bildiri kitabı, ss.381-395.
- [4] H. Tosun, "Çatalan Barajı ve HES Projesi Baraj Dolgusu Memba Sol Sahil Şev Problemi Deneysel Çalışma Raporu", DSİ TAKK Dairesi, Yayın no: z-833, Ankara, 1992.
- [5] ASTM D 4644, "Slake Durability of Shale and Similar Weak Rocks" 1994 Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.08, pp.780-782, 1977.
- [6] İ. Baykal, "Çatalan Barajında yapılan kesme deneyi (in-sitü) Raporu" DSİ Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı, rapor no: 120 (Kurum içi yayını), 1990.
- [7] H.B. Seed and I.M. Idriss, "Ground Motion and Soil Liquefaction during Earthquake" Earthquake Engineering Research Institute Monograph Series,134p, 1982.
- [8] F. Şaroğlu, O. Emre and I. Kuşcu, "Active Fault Map of Turkey", General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Printed by MTA, 1992.
- [9] N.N. Ambraseys and J.J. Bommer, "The Attenuation of Ground accelerations in Europe" *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol.20,pp.1179-1202, 1991.

- [10] M. Enoki, N. Yaga and R. Yatebe, "Generalized Slice Methods for Slope Stability Analysis", *Soil and Foundations*, vol.30,no.2,pp.1-13, 1990.
- [11] E. Hoek and J.W. Bray, "*Rock Slope Engineering*" The Institution of Mining and Metallurgy, London, 358p, 1981.
- [12] L. Dobereiner, "Weak Rocks in Brazil" *Bulletin of Engineering Geology*, No.42, pp.21-29, October 1990.
- [13] P.S. Huergo, "A View on Some Soft Rock Experiences in Belgium", *Bulletin of Engineering Geology*, vol.42,pp.45-53, October 1990.
- [14] USBR, "*Design of Small Dams*" U.S. Department of Interior Bureau of Reclamation, Denver, 860p, 1987.
- [15] R. Fell, R. Macgregor and D. Stapledon, "*Geotechnical Engineering of Embankment Dams*", A.A. Balkema, Rotterdam, 1992.