

Bir Rezervuardaki Su Seviyesinin Değişmesinin Yamaç Duraylılığına Etkisi

H. FUTİJA Japonya

Çeviren : Jeoloji F. Müh. NECDET TÜRK DÜYF Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZ; Japonya'da, rezervuarlardaki su seviyelerinin değişmesiyle yamaçların duyarlılığında meydana gelecek olan değişimleri ayrıntılı incelemek için son zamanlarda yeni kurallar konulmuştur. Bu yazıda bu sebepten dolayı meydana gelmiş olan birkaç kayma modeli sunulmuş ve son zamanlarda rezervuarları çevreleyen yamaçlarda meydana gelmiş olan duyarlılıklar anlatılmaktadır.

(*) Bu çeviri B.I.A.E.G. 1977 No. 16, pp. 169-173'den yapılmıştır.

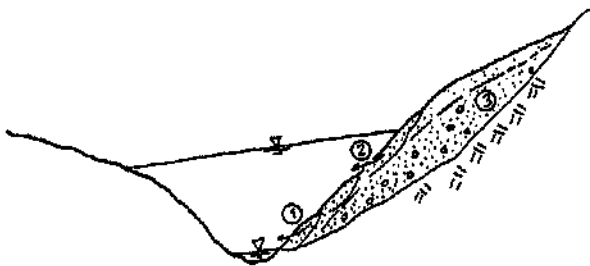
GİRİŞ

Bu raporda, rezervuarlardaki su seviyelerinde meydana gelen değişmelerin sebep olduğu kayma mekanizmalarından ve Japonya'daki heyelanları araştırma ve kontrol çalışmalarından bahsedilmektedir.

REZERVUAR KENARLARINDAKİ KAYMA MODELLERİ

1. Baraj gölünün altında kalan zeminin kayma kuvvetinin azalması : Barajların yapımından önce rezervuar kenarındaki yamaçlar, yağışlı mevsimler haricinde tamamen kuru olup, yüzeyden yerin iç kısımlarına sızan sular, yamaçlardaki zeminin direncini azaltmadan akıp giderler. Doğal olarak yamaçların üst ve alt kısımlarındaki zeminlerin geçirgenliği arasındaki fark vardır. Sızıntı yağmur suları geçirgenliği fazla olan üst tabakalardaki su kanallarından aşağı doğru kolayca akıp giderler ve böylece iki tabakanın sınırında boşluk suyu basıncı meydana gelmez. Bu aynı zamanda da zeminin kayma direncinin azalmasına neden olmaz.

Rezervuardaki su ile, ilk defa olarak tamamen doymun hale gelen yamaçlar duyarlılıklarını bir kayma yüzeyi boyunca yitirirler ve üst tabakaların bazı kısımlarında küçük çapta kaymalar meydana gelir. Bu olay, yamacın üst kısmına doğru devam eder. Bu biçimde oluşan sürekli küçük kaymalar, sonuçta Şekil: 1'de gösterildiği gibi tüm yamacın duyarlılığını etkiler.

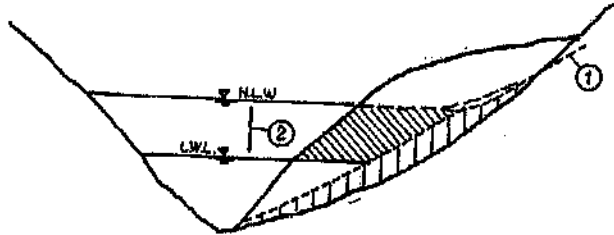


Şekil : 1 — Rezervuarın doldurulmasıyla kayaların suya doygunluğunun sebep olduğu kaymaların sırası

2. Rezervuardaki suyun yamaçları istilasıyla yeraltı suyu durumlarında meydana gelen değişmeler t Rezervuardaki su seviyesinin yükselmesi sonucu olarak, nehir kenarındaki yeraltı suyu kaynaklarının çıkışları rezervuar suyunun

basıncıyla kapatılacaktır. Yamaçtan dışarı çıkmak için çıkış bulamayan yeraltı suyu yamaçta artar ve yamaçtaki yeraltı suyu seviyesi rezervuar seviyesinin üzerine yükselir. Şayet yamaçta çok fazla miktarda yeraltı suyu var ise, bu yamacın duyarlılığını yitirmesine neden olacaktır. Böylece rezervuar suyunun basıncı, yamaç yüzeyi üzerinde, önleyici bir şekilde etki etmesine rağmen, heyelanların meydana gelmesine sebep olur.

3. Rezervuarlardaki su düzeylerinin fazla bir biçimde düşürülmesi ile heyelanlardaki kalıntı boşluk suyu basıncının etkisi : Şayet bir rezervuardaki su seviyesi en yüksek seviye yakınında uzun bir süre tutulursa, rezervuar seviyesine uygun olarak, yamaçtaki yeraltı su seviyesinde, yüksek bir seviyede kalır. Fakat, taşkın mevsiminden önce rezervuarlardaki su seviyeleri, daha önceden yaz için, taşkın kontrolü yapmak amacıyla önceden saptanan seviyelere çok hızlı bir şekilde düşürülmek zorundadır. Bunun aksine olarak, yamaçların geçirgenliği $0 \cdot 10^{-10}$ cm/sn olduğundan dolayı, yamaçlardaki yeraltı suyu seviyesi aynı hızla düşürülemezler. Bu fark, Şekil : 2'de gösterildiği gibi yamaçlardaki boşluk suyu basıncının kalmasına sebep olacak ve bu yamacın duraylılık dengesini bozacaktır. Bu şekilde, rezervuar su seviyesinin ani olarak değişmesi rezervuar kenarlarında büyük ölçekte heyelanların, aniden meydana gelmesine neden olabilir.



Şekil : Su seviyesinin ani olarak indirilmesiyle taranmış kısımda boşluk suyu basıncı kalır,

- 1) Rezervuar doldurulmadan önceki su seviyesi
- 2) Ani indirimle olan fark.

4. Rezervuar suyunun hidrolik basıncının yamaçlarda distorsiyona sebep olmaları t Yamaçlar, aşınmasıyla yavaş bir şekilde, uzun dönemli boşalmaya alışmış olup, yamaçların içsel kuvvetlerinde hiçbir ani değişimler yoktur. Fakat yamaç yüzeylerinde etkin olan hidrolik basınç, yamaçların içsel kuvvetlerinde değişmelere

sebepler olacaktır. Buna ilâveten, yamaçtaki zayıf noktalar, yeraltı suyunun etkisiyle büyüyecektir. Bu faktörlerin birleşmesi yamaçlarda bir kayma yüzeyi oluşturabilir.

JAPONYA'DA REZERVUARLAR KENARINDAKİ HEYELANLARIN İNCELENMELERİ

Heyelanların Dağılımı

Jeolojik araştırmalar; Japonya'daki heyelanlar jeolojik açıdan genellikle Tersiyer sınırlarında oldukça yaygındır. Fakat barajların çoğu Paleozoik ve Mesozoik yaşlı sert metamorfik kayalar içerisinde yapılmış olduğundan rezervuar kenarında görülen heyelanların sıklığı bu tip kayalarda oldukça fazladır. Bununla beraber, şimdi yüksek barajların yapımı için jeolojik açıdan uygun olanları bulmak zor olup, su kaçak problemleri bizim heyelanlardan etkilenecek yerleri bent yeri olarak seçmemizi zorunlu kılarlar.

Heyelanların, bölgenin jeolojik karakteriyle önceden tesbit edilmiş bazı özel karakterleri vardır. Faylar, antiklinal ve dayk gibi jeolojik yapılar heyelanların yatay ve dikey uzanımlarını kontrol ederler ve heyelanların kontrolü çoğu kez bu yapılarla kararlaştırılır. Bundan dolayı, projelendirilen rezervuarlarda, yamaçların önce heyelan açısından ve özellikle aşağıdaki jeolojik kompozisyon ve yapı bakımından araştırılması gerekmektedir.

- Üzerinde 5 m'den daha fazla kalınlıkta döküntü maddesi bulunan yamaçlar.
- Çamur taşı ve tüf sahaları özellikle oldukça ayrılmış ve jeolojik açıdan karışık olanlar.
- Metamorfik siyah şistler ve yeşil şişlerde serpantin dayklardan oluşan yamaçlar.
- Yapı kenarında kayraktaşından oluşmuş yamaçlar.
- Antiklinaller] ilgili yamaçlar.

Topografik Yamaçlar : Heyelanların özgül topografik konumları vardır. Kontur çizgileri kütle hareketiyle bozulur ve bazan heyelanın üst kısmındaki göçmelerde su birikintileri meydana gelir. Heyelanlar oldukça büyük ölçekli olduğu zaman (500x500 m), 1/50 000 ölçekli haritada ka-

baça incelenmesinden heyelanın özellikleri tanımlanabilir. Daha küçük heyelanlar 1/25 000 ölçekli topografik haritalar Japonya'da ülkenin yarısı için var olup gelecekte tüm Japonya'yı kaplayacaktır.

Ayrıntılı Heyelan Araştırması

Genel olarak, heyelan mekanizmasını araştırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sondajlardan heyelanın kayma çizgisi boyunca elde edilen bilgilerle jeolojik kesitler çıkarılır ve sondajlarda ki su seviyeleri ölçülür. Bu verilere dayanarak ve rezervuardaki su seviyesinin değişiminin etkisini de hesaba katarak güvenlik kat sayısı hesap edilir. Heyelan kontrol çalışmaları sahanın önemi ve planlanmış güvenlik katsayısına göre planlanır.

Su Seviyesinin Değişmesiyle Etkilenen Yamaç Duraylılık Analizleri

Şayet, yamaç suyun altında ve su seviyesinin değişmesinin etkisi altında kaldığı zaman, yamaç duraylılık analizleri aşağıdaki gibi basitleştirilmiş koşulları düşünülerek yapılır.

- Kaya kütlelerinin birim ağırlığı, suya gömüldükten sonra değişmez.
- Yatay su basıncı ve dikey su yükü suya gömülü yamaç yüzeyi üzerinde etkir.
- Suya gömüldükten sonra bile kayma yüzeyindeki kilin kohezyonu onun direncini değiştirmez.
- Suya doygun zemin kütleleri üzerinde suyun kaldırma kuvveti etkimez, fakat gömülmenin derinliğine göre kayma yüzeyi boyunca boşluk suyu basıncı etkir,
- Rezervuar su seviyesinin yüksek su seviyesinden, alçak su seviyesine ani olarak indirilmesiyle kayma yüzeyi boyunca boşluk suyu basıncı aynı hızla düşmez ve suya gömülü zemin kütleleri içerisinde kalıntı başlık suyu basıncı meydana gelir.

Bu düşünceler ışığında yamaç duraylılığı aşağıdaki isveç dilim yönteminin eşitlikleri kullanılarak analiz edilir.

- Su depolamadan önceki yamaç duraylılığı :

$$F_s = \frac{S(Nr - U_i \tan \theta) + cL}{ET}$$

2) Yüksek su seviyesi anındaki yamaç duraylılığı :

$$F_s = \frac{S(N_i - H_{whi} - U_i) \tan \theta + cL}{\sum T_i - \frac{1}{2} h^2 H}$$

3) Su seviyesinin "ani olarak azaltılması" anında yamaç duraylılığı :

$$F_s = \frac{E(N_i + H_{whi} - U_i) \tan \theta + cL}{ZT - h^2 L}$$

Burada TNLTN'L, Heyelanın taban (alt) kısmının suya gömülüp, su içinde kayma meydana geldiği zaman,

U_i : Yüksek su seviyesinde boşluk suyu basıncı.

U : Depolamadan önceki boşluk suyu basıncı,

$h^2, h^2 L$: Yüksek ve alçak su seviyeleri arasındaki heyelanın topuğundaki su seviyesi yüksekliği.

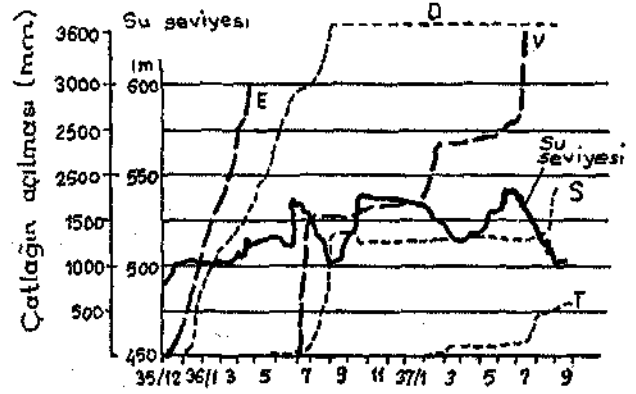
H_{whi} ; Yüksek su seviyesi anında yamaç yüzeyinde etkiyen su yükü.

REZERVUAR KENARINDAKİ YAMAÇLARDA MEYDANA GELEN HEYELANLARIN ÖRNEKLERİ

Futase Barajı : (H : 95 m) 1960 yılında Arakawa nehri üzerinde yapılmıştır. Barajın yapımı tamamlandıktan sonra ilk depolama sırasında su seviyesi gittikçe yükselirken sol sahilde bir heyelan meydana gelmiştir. 50 gün içerisinde bu heyelanın üst kısmındaki çatlakların genişliği 10 m'yi bulmuştur. Kayma meydana geldiği zaman su seviyesi 485 m idi. (Y.S.S, 544 m) fakat, su seviyesi 515 m'de 20 gün tutulduğu zaman, kayma hareketi durmuştur. Şekil 3, rezervuarın su seviyesi ile kaymanın yatağında ölçülen yer değiştirmeler arasındaki bağıntıyı göstermektedir. V çatlak grafiği, suyun seviyesini biraz daha geriden takip etmesine rağmen, suyun seviyesinin etkisini açıkta gösteriyor.

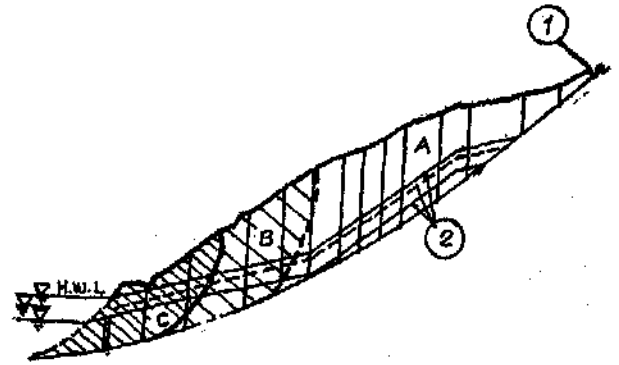
Kanogawa Barajı: (H : 619 m) 1968'de Highawa nehri üzerine yapılmıştır. Rezervuar su seviyesi, deniz suyunun seviyesinden 75 m daha

yukarı çıktığı zaman (Y.S.S. : 86 m), sol sahildeki yolun BOM'lik bir kısmı aralık 1968'de kaymış ve aynı zamanda da dağların tepelerindeki platolarda, 10 hektarlık bir alana yayılan çok sayıda çatlaklar oluşmuştur. Bu kayma mekanizmasının, durum 1'deki modele uyduğu kuvvetle inanılmaktadır.



Şekil : 3 — Futose barajında su seviyesi ile çatlakların açılımları arasındaki ilişki

Şekil 4 rezervuar kenarlarında meydana gelen yamaç tabanındaki ilk kaymadan, en sondaki büyük ölçekli sürekli kaymalara kadar olan sıra göstermektedir.



Şekil i 4 — Kanogama barajındaki kayma

1. Blok A
2. Blok B
3. Blok C
4. Çatlaklar
5. Yeraltı su seviyesi

Nawgo Barajı (H : 94.5) Kanogawa barajının durumuna benzemektedir, ilk depolama esnasında sol sahildeki bir yolun 100m'lik bir kısmı çökmüş ve 200.000 m³lük bir zemin kütlesi rezervuara kaymıştır. Hareketin devam etmesinin sonucu, yarığın yüksekliği 20 m'ye erişmiştir.

REZERVUAR SU SEVİYESİNİN DÜŞÜRÜLMESİ ESNASINDA MEYDANA GELEN HEYELANLAR

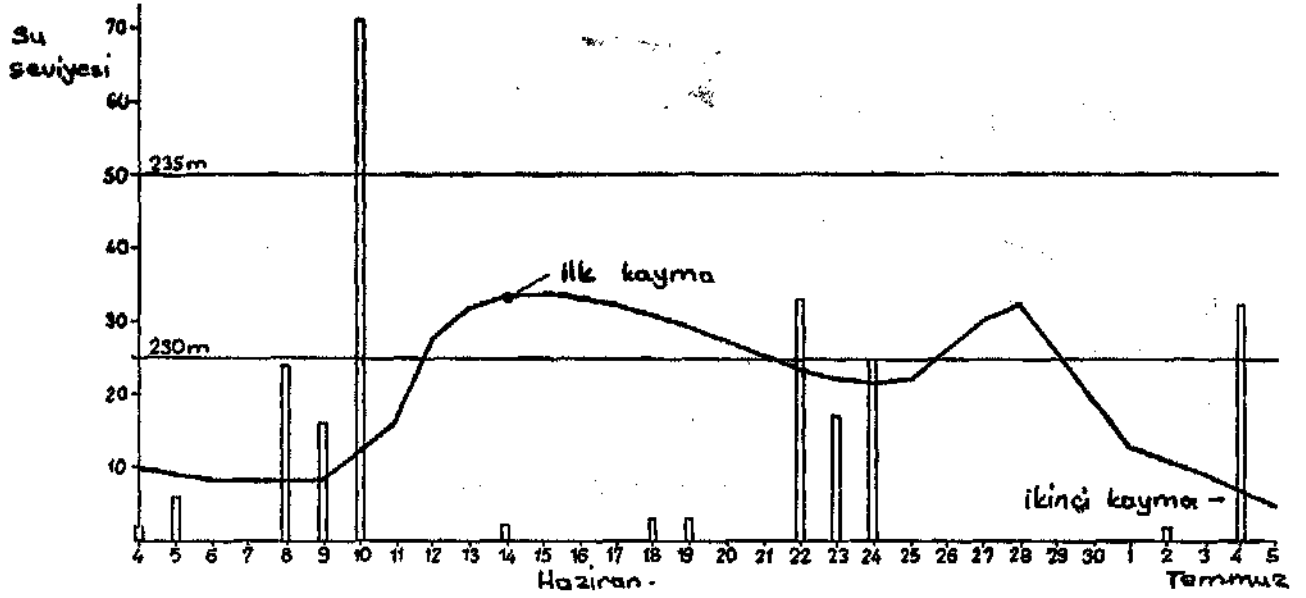
Fitase Barajı : 1961 yılının sonunda, rezervuardaki suyun düşürülmesi esnasında, rezervuar sahasında bir kayma meydana gelmiştir. Bu hareket 104 m/ay'a erişmiş ve suyun düşürülmesine devam edildikçe bu hareketler artmıştır fakat, su seviyesi tekrar arttırıldığı zaman hareket durmuştur. Bu hareketin birkaç kez tekrarından sonra hareket tamamen durmuştur.

Nawgo Barajı : Barajı tamir etmek için 2 m/gün'lük bir hızla su seviyesi ani olarak düşürülmüştür. Su seviyesi 40 m azaltıldığı zaman bir kayma meydana gelmiştir.

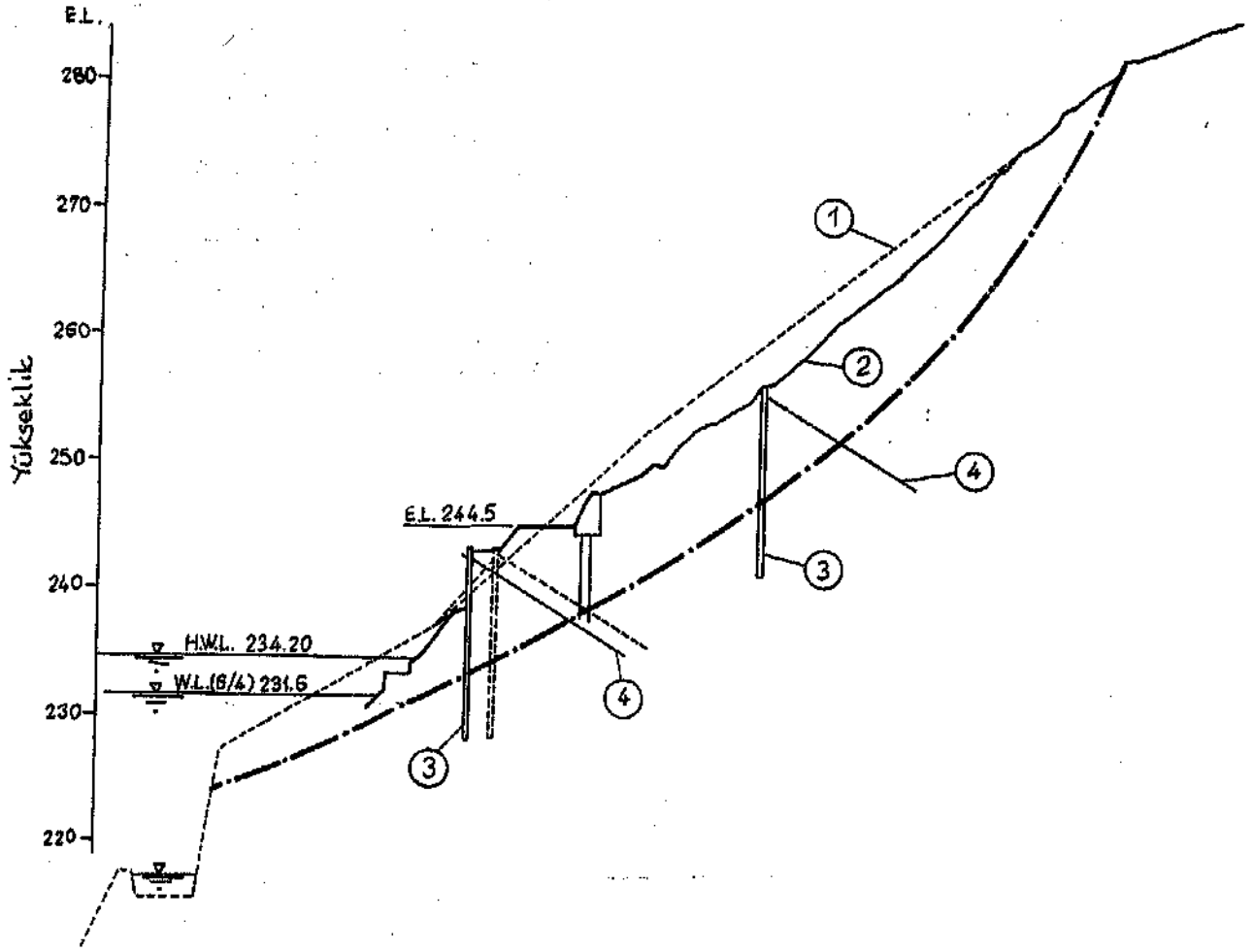
Shimo-Kubo Barajı; (H : 129 m) 1969 "da Kanna nehri üzerinde yapılmıştır 1969'da 2 m/gün hızla ilk defa su seviyesinin azaltılması sırasında iki kayma meydana gelmiştir.

SU SEVİYESİNİN DEĞİŞMESİ VE AŞIRI YAĞIŞ NEDENİYLE OLUŞAN HEYELANLAR

SKingu Barajı; (H42m). 1975'de Dozen nehri üzerinde yapılmıştır. Haziran 1976'da şekil 5'de gösterildiği gibi rezervuardaki su seviyesi ilk maksimuma erişmiştir, 14 Haziran 1974'de, 10-14 tarihleri arasında meydana gelen 110 mm'lik bir aşırı yağıştan tam bir gün sonra, ilk kayma meydana gelmiştir. (Genişliği 50 m, uzunluğu 80 m derinliği 5 m ve yer değiştirmesi 5 m). Rezervuar ikinci maksimuma, 28 Haziran 1978 deki 78mm lik bir yağıştan hemen hemen aynı zamandan sonra erişmiştir. Bu durumda, ilk maksimumla etkilenen yamaçlar, durayılıklarını korumuşlardır. Fakat rezervuar suyunu daha sonraki maksimum için hazırlamak amacıyla düşürülmesi esnasında (14 Temmuz'da) tekrar yağmur yağmıştır. Aynı düşürme ve yağmur yağışından dolayı iki kayma meydana gelmiştir, (W : 60 m, L : 100 m, d : 6 mm). Birinci kaymanın kesiti Şekil 6'da gösterilmiştir. Kaymayı önlemek için kazık ve kaya bulonu öngörülmüştür.



Şekil : 5 — Shingu rezervuarında, yağmur yağışı ile su seviyesi ve kaymaların meydana gelişindeki ilişki.



Şekil : 6 — Şingu rezervuarındaki ilk kaymanın kesiti