

# 1. BÖLÜM

## BARAJLAR

Tarih boyunca insanoğlunun suya olan gereksinimi onu suyun biriktirilmesine zorlamıştır. Önceleri günlük gereksinimi kadar suyu biriktiren insanlar sonra özellikle su kaynaklarının kıt olduğu yörelerde biriktirme yapıları yapmaya yönelmiştir. Bu yapılar genel olarak baraj adı ile anılmaktadır. Fransızca kökenli olan baraj kelimesi su bendi, büget ve engel olarak açıklanmaktadır. Genellikle gövde yüksekliği 15 m'den fazla olan su depolayan yapay yapılara baraj denilmektedir.

Başlangıçta taşkınlardan korunmak, içme ve sulama suyu elde etmek için inşa edilen barajlar, 1900 'lü yıllardan sonra özellikle hızlı nüfus artışı, teknolojik ve kültürel gelişmelere koşut olarak artan enerji gereksinimini karşılamak için elektrik enerjisi üretmek üzere tasarlanmaya başlanmış ve bu da daha yüksek barajların yapımını zorunlu kılmıştır. Yeni yapılacak barajlar için gittikçe daha az uygun yerlerin kalması, doğal olarak arazi bozuklukları ve insan hataları birleşerek büyük trajedilere neden olabilmektedir.

Son yıllarda meydana gelen ve önemli derecede can ve mal kaybına neden olan yetersizlikler ve kazalar, baraj ve köprü gibi büyük mühendislik yapılarının davranışlarının yakından izlenmesini ve gerekli önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır ( Gülal E. ve Hoşbaş G., 2001 ).

### 1.1. Barajların faydaları ve dikkat edilmesi gereken hususlar

Barajların faydalarını doğrudan ve dolaylı olanlar olarak iki gruba ayırmak olanaklıdır. Doğrudan faydalarını

- Tarım alanlarının zamanında ve yeterince sulanması,
- Hidroelektrik enerji üretimini sağlaması,

- İçme, kullanma ve endüstri amaçlı düzenli ve sürekli su temini ve
- Yerleşim ve tarım alanlarının taşkınlardan korunması

olarak sıralamak mümkündür. Yukarıda sayılan bu faydalarının yanında dolaylı faydaları ise

- Su birikmesi neticesinde iklim üzerinde olumlu etki yapması,
- Su üzerinde ulaşım olanakları sağlaması,
- Su ürünleri üretimi, özellikle balıkçılığın gelişmesi,
- Baraj gölü kıyılarında mesire olanakları sağlaması,
- Yaban avcılığının gelişimini sağlaması,
- İş gücü istihdamı ile işsizlik üzerindeki olumlu etkisi,
- Milli güvenlik üzerinde olumlu etki yapması,
- Su kalitesinin ve kirlenmenin kontrolünü sağlaması ve
- Su sporları yapılmasına olanak sağlaması olarak

sayılabilir. Bu faydaları yanında baraj yapımında dikkat edilmesi gereken konularda vardır. Bunlar;

- Doğal dengenin bozulması,
- Göl alanı içinde kalan tarım alanlarının ve doğal kaynakların kullanım dışı kalması,
- Göl alanı içinde kalan yerleşim yerlerinin nakli,
- Göl alanı içinde kalan yol, köprü gibi yatırımların yerine benzeri yeni yatırımlar yapılması gereği,
- Artan su buharlaşması neticesinde kullanılacak su miktarının azalması,
- Su yükünün artması neticesinde baraj gölü çevresinde heyelan tehlikesi ve benzeri jeolojik olaylar,
- Yer altı su seviyesinin yükselmesi neticesinde oluşan olumsuz etkiler,
- Akarsuların taşkın mevsimlerinde getirdikleri toprak gücünü artıran besleyicilerden ovaların mahrum kalması,
- Göl alanında kalan tarihi eserler ( örneğin, Zeugma antik şehri gibi )

sıralanabilir, ( Gültekin M. 1995 ).

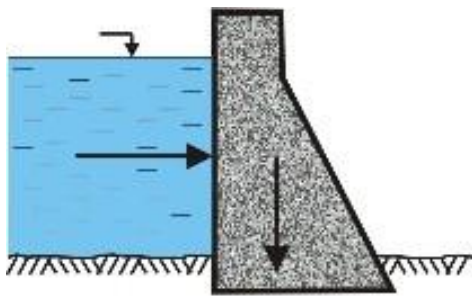
### 1.2. Baraj tipleri ve sınıflandırılması

Düzensiz akışlı suların düzenli debiye dönüştürülmesi, yer ve zaman açısından faydalarını artırmak için büyük miktarlarda depolanmasını temin etmek üzere vadileri kapatan yapılardan 15m 'den daha yüksek olanlarına **baraj** denilmektedir. Barajlar bir veya birkaç amaca birden hizmet ederler.

Barajları kullanım amacına ve gövde yapısına göre iki ana grupta sınıflandırabiliriz.

- 1- Kullanım amacına göre barajlar,
  - 1a- Sulama amaçlı barajlar,
  - 1b- İçme, kullanma ve endüstri suyu amaçlı barajlar,
  - 1c- Enerji üretimi amaçlı barajlar,
- 2- Gövde yapısına göre barajlar,
  - 2a- Beton Barajlar
    - Beton ağırlık barajları,
    - Beton kemer barajlar,
    - Payandalı beton barajlar,
  - 2b- Dolgu Barajlar
    - Kaya dolgu barajlar,
    - Homojen toprak dolgu barajlar,
    - Zonlu toprak dolgu barajlar ve
    - Zonlu kaya dolgu barajlardır.

Biriktirdiği suyun gövdeye yaptığı basınç ve diğer etkileri gövdenin ağırlığı ile karşılayan masif yapıli barajlar **beton ağırlık barajlar** 'ı olarak adlandırılır. Bu tür barajların inşa edildikleri vadilerin temelini sağlam kaya olması, agrega malzemelerinin yeterli miktarda bulunması, çimento naklinin olanaklı olması ve biriktirilecek suyun betona zararlı olmaması gerekmektedir, ( Şekil-1.01 ).

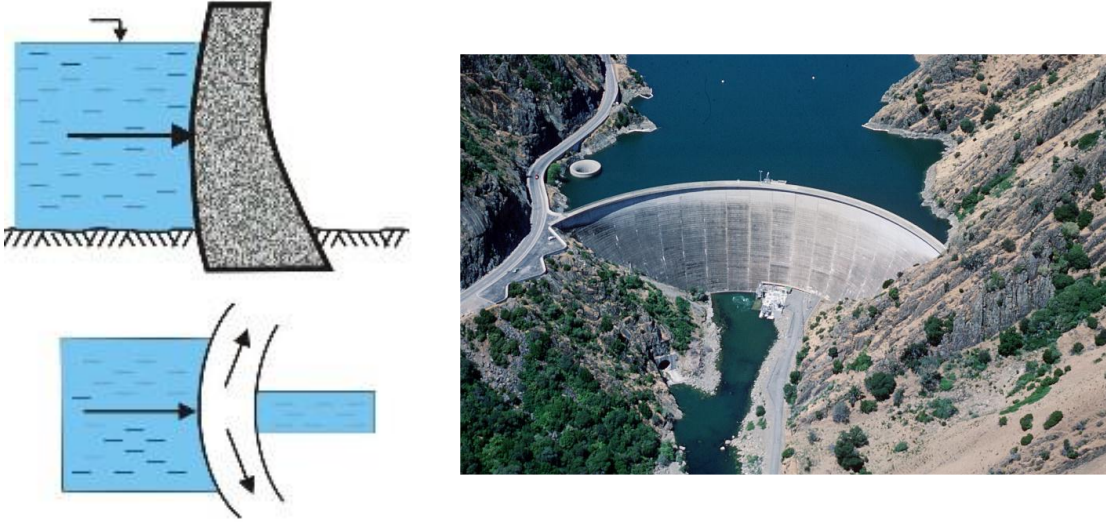


Bhakra Barajı , Dünyanın 2.inci ve Asya'nın en büyük beton ağırlıklı barajı

Şekil-1.01 Beton ağırlık baraj kesiti ve örneği

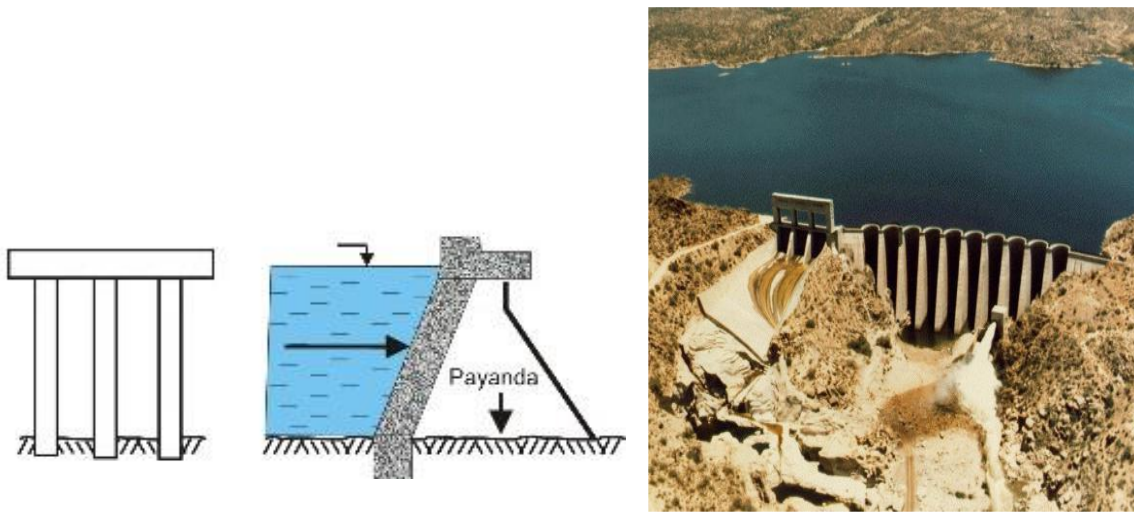
Memba yönünde verilmiş kemer şekliinden yararlanılarak üzerlerine gelen yükleri, kemer etkisi ile büyük ölçüde yamaçlara aktaran beton malzemeden inşa edilen barajlara **beton kemer barajlar** denir, ( Şekil-1.02 ). Genellikle kemer ağırlık, silindirik ve çift eğrilikli olarak projelendirilirler. Kemer ağırlık

barajları enkesit yönünden ağılık barajlarına benzer fakat baraj aksı eğrisel olup, mansap yüzü daha dik eğimlidir. Silindirik olanların eksen yarıçapları sabittir. Gövde kalınlığı temelden yukarı azalır. Çift eğrilikli gövdelere ise hem yatay hem de düşey eğrilik verilmiştir.



Şekil-1.02 Beton kemer baraj kesiti ve örneği

Suyun biriktirilmesini sağlayan plak veya kemerlerin yüklerinin orta ayaklara taşılmasını sağlayan beton baraj tiplerine ise **payandalı beton barajlar** denilmektedir, ( Şekil-1.03 ). Bu baraj tipi dolu gövdeli ağırlık barajlarına karşın malzemeden ekonomi sağlamak amacı ile düşünülürler. Bu tip gövdeler, beton ağırlık barajların özel şekli olarak da düşünülebilir. Memba yüzleri eğimli olup 150 m'ye kadar olan yüksekliklerde uygulanmışlardır.



Şekil-1.03 Payandalı beton baraj kesiti ve örneği

Doğada bulunan malzemelerin çok az işleminden geçirilmesinden sonra kullanılmaları ile inşa edilen ve çeşitli tip temeller üzerine oturtulabildikleri için

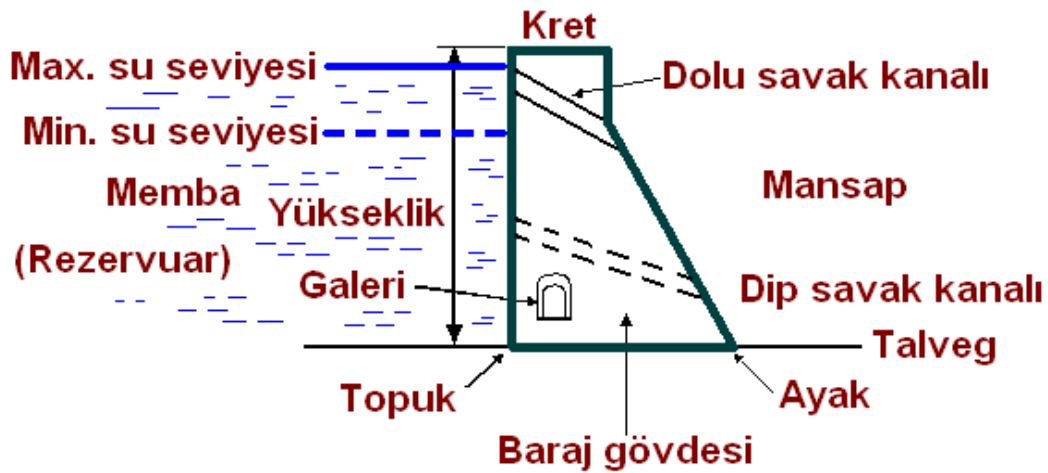
geniş tabanlı olarak inşa edilen barajlar **dolgu barajlar** olarak adlandırılır, ( Şekil-1.04 ). Homojen tip dolgu barajların gövdesi tek tip malzemeden oluşur. Zonlu dolgulu tiplerde ise baraj gövdesi düşey zonlar şeklinde inşa edilirler.



Şekil-1.04 Homojen toprak dolgu baraj kesiti ve örneği

### 1.3. Baraj tesisleri

Asıl amacı su kütlesini oluşturulan rezervuarda tutmak olan barajlar ve çevresinde birçok tesis içermektedir. Aşağıda bunlardan önemli görülen bazılarının neler olduğu açıklanmaktadır.



Şekil-1.05 Tipik bir barajdaki tesisler

**Baraj gövdesi (sedde):** Vadiyi kapatarak mansap tarafına su geçmesini tamamen veya yeterli derecede önleyerek suni bir göl ( rezervuar ) oluşmasını sağlayan yapı.

**Gövde hacmi:** Gövdenin yapıldığı malzemelerin hacimleri toplamı.

**Baraj tipi:** Gövdede kullanılan malzeme ile barajın geometrik şeklinin birlikte yorumlanması suretiyle elde edilen sınıflandırma.

**Kret:** Baraj gövdesinin en üst noktalarının geometrik yeri.

**Talveg:** Akarsu olsun veya olmasın bir vadinin en derin noktalarının oluşturduğu çizgi hattı.

**Yükseklik:** Baraj temelini tabii kayayı bulan en derin yerinden krete kadar olan düşey mesafe. Nehir yatağından krete olan yükseklik ise talveg yüksekliği olarak tanımlanır.

**Memba:** Akış yönüne göre barajın akarsu kaynağına yakın olan tarafı.

**Mansap:** Akış yönüne göre barajın akarsu kaynağına uzak olan tarafı.

**Dolusavak:** Baraj gölünde oluşabilecek aşırı su yükselmelerinin tehlikesizce baraj mansabına aktarılmasını sağlayan emniyet tesisi.

**Dipsavak:** Derivasyon tünelinin mansap kısmına yerleştirilen çelik borudan oluşan tesis.

**Batardo:** Akarsu suyunun inşaat alanına gelmesini engelleyen geçici dolgu.

**Derivasyon tüneli:** Akarsu yatağındaki suyun inşaat alanına gelmesini önleyen ve suyun akışını sağlayan tünel veya tüneller.

**Tünel:** Doğal zemin altında yapılan, iki tarafı açık olan ve su taşıma, ulaşımı sağlamak vb amaçlar için açılan yerler.

**Galeri:** Çıkışı olmayan, enjeksiyon işleri ve yer altı sularını drene etmek gibi amaçlar için açılan tünellerdir

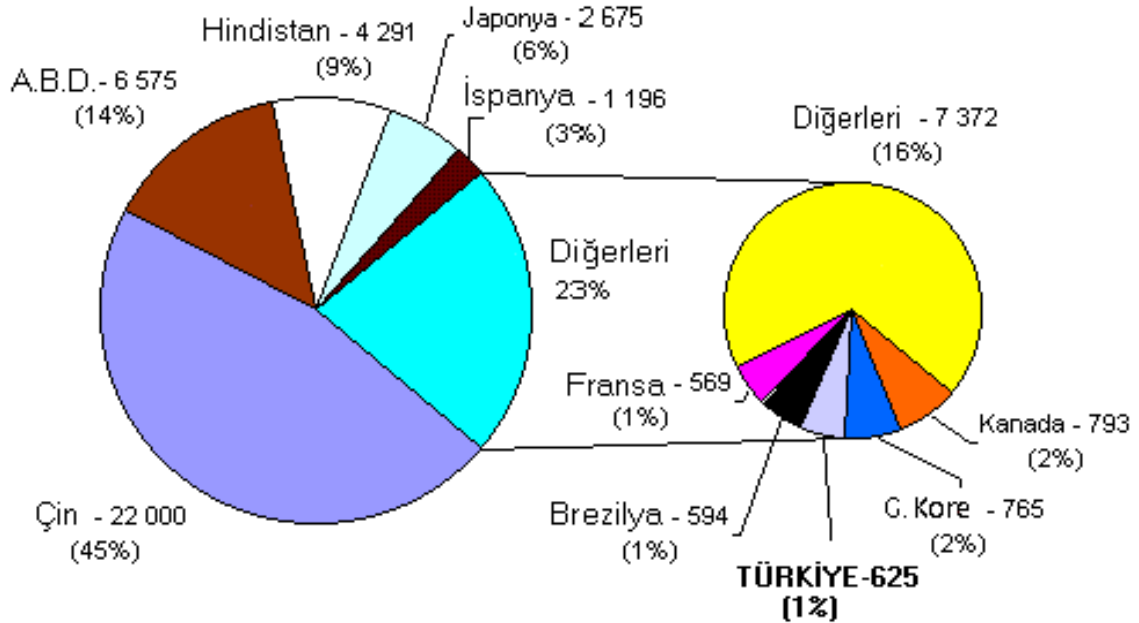
#### 1.4. Barajlar hakkında istatistik bilgiler

Baraj deformasyonlarının yakından izlenmesi, analizi ve kestirimi ulusal ve uluslararası düzeyde pek çok ülke ve meslek grubunun ilgi odağı olmuştur. Baraj deformasyonlarının yakından izlenmesi ve analizi için yeni yöntemlerin geliştirilmesi ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilgilenen uluslararası organizasyonlar ( Demirkaya, 2003 )

- Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu ( ICOLD ),
- Uluslararası Ölçmeciler Birliği ( FIG ) 'ın Mühendislik Ölçmeleri Komisyonunun ( 6 No'lu ) 6.1. Deformasyon Ölçmeleri ve Analizi Çalışma Grubu,

- Jeodinamik, tektonik plaka hareketleri ve yerkabuğu deformasyonlarına ilişkin sık sık uluslararası ve bölgesel sempozyumları organize eden Uluslararası Jeodezi Birliği ( IAG )'in Güncel Kabuk Hareketleri Komisyonu,
- Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Derneği ( ISPRS )'nin 5 numaralı Yersel Fotogrametri ve Vizyon Sistemleri Komisyonu,
- Uluslararası Maden Ölçmeleri Derneği ( ISM )'in 4 No'lu - Maden Alanlarında Zemin Çökmeleri ve Yüzey Koruma Komisyonu,
- Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği ( ISRM ),
- Uluslararası Toprak Mekaniği ve Temel Mühendisliği Derneği,
- Uluslararası Hidroloji Bilimleri Birliği ( IAHS ).

Bunlar içinde en etkin kuruluşlar ICOLD ve FIG'dir. 1928' de Paris'te kurulan ICOLD, 80 üye ülkeden yaklaşık 5000 uzmandan oluşmuş ve Dünya Güç Konferansının bünyesinde çalışmalarına başlamıştır. 1967'den beri ise bağımsız olarak çalışan ICOLD, dünyadaki bütün barajların kaydını tutmakta ve tecrübe değişimi ile ilgili çalışmalar yapmaktadır. FIG'in 6C Çalışma Grubu, global bir bütünleşik analiz ve deformasyonların modellenmesi konularında yeni yöntemler geliştirmiş ve güncelleştirmiştir ( Gülal ve Hoşbaş, 2001 ).



Şekil-1.06 Dünyadaki büyük barajların sayısı (Dams¹, 2000)

Günümüzdeki büyük barajların birçoğu dolgu ve beton tarzında inşa edilmiş olup, bunun % 83' ünün ise dolgu türü barajlardan oluştuğu ICOLD 1988 kayıtlarından anlaşılmaktadır ( Demirkaya, 2003 ). ICOLD kayıtlarına göre

16.11.2000' de dünyada kayıtlı 15 metreden yüksek 45000' den fazla büyük baraj vardır. Bunların ülke bazında dağılımı Şekil-1.06' da verilmiştir.

1997'de ICOLD, 1999' da Japonya baraj almanaklarında ve 2000 'de Uluslar arası Hidrolik Enerji Gazetesi ve Barajlar adlı kaynaklarda yer alan yapım aşamasındaki barajlar ise Tablo-1.01' de verilmiştir.

Tablo-1.01 Çeşitli ülkelerde yapım aşamasındaki baraj sayıları  
( ICOLD, 1997 ve Dams<sup>2</sup>,2000 )

| Ülke           | Baraj Sayısı                      | Amacı                                                  |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Hindistan      | Farklı kaynaklara göre<br>695-960 | Sulama, çok amaçlı                                     |
| Çin            | 280                               | Taşkın kontrolü, sulama, hidrolik enerji depolama      |
| <b>Türkiye</b> | <b>209</b>                        | <b>Sulama, hidrolik enerji, su ihtiyacı</b>            |
| G. Kore        | 132                               | Sulama, hidrolik enerji, kontrol yönetimi, su ihtiyacı |
| Japonya        | 90                                | Başlıca taşkın kontrolü                                |
| İran           | 48<br>(60 m'nin üstünde)          | Sulama, çok amaçlı                                     |

ICOLD kayıtlarına göre 19-21 Mart 1998' de dünyada yıkılan barajların coğrafi bölgelere göre dağılımı ise Tablo-1.02' de verilmiştir.

Tablo-1.02 Dünyada yıkılan barajların bölgelere göre dağılımı ( ICOLD, 1998 ).

| Ülke       | % olarak dağılım |
|------------|------------------|
| Afrika     | 5                |
| K. Amerika | 30,61            |
| G. Amerika | 3,97             |
| Avustralya | 3,97             |
| Asya       | 33.38            |
| Avrupa     | 24.38            |

Türkiye' de ise Mart 1999'da yapılan sempozyumdaki verilere göre ICOLD' un standartlarına uygun 678 baraj mevcuttur. Bu barajlar yükseklikleri  $h > 15m$  ve  $5m < h < 15m$  arasında olanlar ile rezervuar hacmi  $> 3 \text{ hm}^3$  'den büyük olanlardır. Bunların 472 adedi kullanılmakta olup, 206 adedi ise inşa halindedir. Tablo-1.03 ve Tablo-1.04 'de Türkiye' deki barajların cinslerine ve yüksekliklerine göre sayıları verilmiştir ( Dam<sup>3</sup>, 1999 ).

Tablo-1.03 Türkiye’deki barajların cinsine göre sayıları

| Cinsi  | Toprak Dolgu | Kaya Dolgu | Beton Ağırlık | Beton Kemer | Beton Kaplama | Serme Beton | Toprak+ Kaya | Toplam |
|--------|--------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|--------------|--------|
| Sayısı | 512          | 115        | 9             | 7           | 4             | 1           | 30           | 678    |

Tablo-1.04 Türkiye’deki barajların yüksekliklerine göre sayıları

| Yükseklik | 0-14 m | 15-29 m | 30-59 m | 60-99 m | 100-149 m | > 150 m | Toplam |
|-----------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|--------|
| Sayısı    | 8      | 255     | 278     | 101     | 22        | 14      | 678    |

DSİ’ nin web sitesinde 2003 tarihi itibari ile yayınlamış olduğu verilere göre Türkiye’de bugüne kadar uluslararası kriterlere göre baraj niteliğinde olan **504** adet depolama tesisinin yapımı gerçekleştirilmiştir. Burada özellikleri verilen ( **497** adedi **DSİ** tarafından yapılmıştır ) **504** adet barajın bir kısmının ( **203** adedi ) yapımı DSİ Büyük Su İşleri programından gerçekleştirilmiş, bir kısmının yapımı ise ( **301** adet ) DSİ yatırım programının Küçük Su İşleri bölümünden Göletler ( Alçak Barajlar ) programından gerçekleştirilmiştir. Ancak uluslararası baraj kriterlerine ( özellikle Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu **ICOLD**’ un kriterlerine ) göre tümü baraj olarak kabul edilen yapılardır ( Yüksekliği 15m’ den fazla ya da depolama hacmi 2 milyon m<sup>3</sup>’den fazla ). Baraj kriterlerine uymayan, yüksekliği 15m’ den az ve depolama hacmi 2 hm<sup>3</sup>’den az olan yaklaşık 50 adet depolama tesisi burada yer almamıştır ( <http><sup>1</sup> ).



Şekil-1.07 Tayvan’daki Shih-Kang Baraj kazasından bir görünüm ( Dams<sup>4</sup>, 1999 )

### 1.5. Barajlarda kontrol ölçmelerinin gerekliliği

Barajlar vb büyük mühendislik yapıları, sürekli veya periyodik olarak yapının fonksiyonuna göre iklimsel sıcaklık değişimleri, su kütlesi ve gövdenin ağırlığı, su kuvveti, trafik yükü ve yerkabuğu hareketleri gibi farklı faktörlerin etkisi altında kalırlar. Bu etkiler yapıyı olumsuz etkilemekte ve bu etkiler nedeniyle yapı ve çevresinde değişimler ortaya çıkmaktadır. Bu değişimler genel olarak *deformasyon* olarak adlandırılır. Birçok durumda bu deformasyonlar yapının statik yapısı ve fonksiyonu için büyük bir tehlike oluşturmamaktadır, fakat meydana gelen deformasyonlar büyük facialara dönüşmektedir ( Şekil-1.07 ), ( Gülal E., 2002 ve Dams<sup>4</sup>, 1999 ).

Yukarıda sayılan çok değişik faktörlerin etkisi altında bulunan bir yapıda ortaya çıkacak hareketleri ve nedenlerini belirlemek amacı ile yapılan ölçmelere " Kontrol Ölçmeleri " denir.

" Barajlar vb. yapılar niçin kontrol edilmelidir ? " sorusunun yanıtı:

- Kamu güvenliği sorumluluğu,
- Barajın çalışma ve güncel durum emniyeti hakkında bilgi edinme,
- Barajdaki değişimlerin nitelik ve niceliklerinin saptanması,
- Kuramsal kabullerin ispatlanması ve
- Hesap ve ölçü yöntemlerinin geliştirilmesi olarak verilebilir.

Eğer bir obje;

- Statik ve yapısal olarak sınır değerlere ulaşmışsa, deformasyon ve deplasmanlar emniyeti tehdit ediyorsa, örneğin: barajlar, köprüler ve kuleler gibi,
- Jeolojik ve zemin mekaniği olarak uygun olmayan bir zemin üzerinde ise ya da tünel kazı çalışmalarının yapıldığı bir alanda ise,
- Radyo ve televizyon kuleleri ile termik santrallerdeki büyük bacalarda olduğu gibi çalışma güvenliği deformasyonlarla tehdit altında ise

bu tür yapılarda periyodik veya sürekli gözlem yapılması gereklidir ( Hoşbaş G. ve Gülal E., 2001 ).

Barajların kontrolü için yapılan bu gözlemler ise nicelikli ve nitelikli gözlemler olmak üzere iki kısma ayrılır. *Nicelikli gözlemler*, başta jeodezik gözlemler olmak üzere bilimsel bir altyapıya dayanan, yapının durumu hakkında gerçekçi bilgileri içeren gözlemlerdir. *Nitelikli gözlemler* ise, yapıdaki olumsuz davranışların belirlenmesine yönelik periyodik olarak yapılan görsel kontrollerdir ( Gülal E., 2002 ).

Yapılması gereken bu kontrol ölçmelerinin faydaları şunlardır:

- Barajlarda ortaya çıkacak olası tehlikeler önceden saptanarak, zararların en aza indirilmesi için önlemler alınabilir.
- Projeciler gövde hesaplarına ilişkin parametreler için yaptıkları varsayımların ya da hipotezlerin hangi oranda gerçekleştiğini görerek deneyimlerini arttırabilirler.
- Ülke koşullarında ve 1/1 ölçeğindeki bu gerçek modellerden elde edilecek sonuçlara göre yeni gövde tasarımları geliştirilebilir. Ayrıca baraja ilişkin emniyet sınırlarını daha gerçekçi biçimde saptayarak barajın yapım maliyetini olumlu yönde etkileyebilirler ( Algül, 1984b).

### 1.6. Baraj yetersizliklerinin nedenleri

Baraj istatistikleri, en çok toprak dolgu barajların, sonra sırasıyla ağırlık barajların, kaya dolgu barajların ve bir veya birden fazla eğrilikli barajların hasara uğradıklarını göstermektedir. Bunlardan çoklu kemer tipi barajların diğerlerine kıyasla daha az sayıda yetersizlik gösterdiği söylenebilir.

Dolgu barajlardaki en tehlikeli durum, sızıntıyla iç erozyonun artarak gelişmesi ve bunun sonucunda mansap yüzünde su boşaltan bir delik olarak gözükmesi olayıdır. *Borulanma* denilen bu durum, çekirdek arkasında bulunan ve yetersiz kalan filtre nedeni ile ortaya çıkabilir. Borulanma sonucunda çoğunlukla, baraj kazası hızlı bir şekilde gelişebilir. Borulanmanın kanıtı, dolgu barajın mansap topuğunda kum tortularının oluşumudur ( Avella, 1993 ).

Beton barajlardaki en önemli sorun ise çatlak oluşumudur. Bu durum, kesme gerilmesinin bozulmasına neden olur. Bunun sonucunda yapının güvenliği tehlikeye girebilir ( ICOLD, 1988 ). Çatlak oluşumunun nedenleri:

- Büzüşme ile sonuçlanan hidrasyon ısısı ya da kabarma ile sonuçlanan alkali silikat oluşumu gibi iç nedenler,
- Sıcaklık değişimi, temel oturması ve deprem sonucunda dinamik yükleme gibi dış nedenler

şeklinde gruplandırılabilir ( Avella, 1993 ).

Tablo-1.05’de yıkılan veya kısmen tahribe uğrayan başlıca barajların listesini olayların sebepleri ile birlikte vermektedir. Bu bilgiler çerçevesinde barajlarda meydana gelen yetersizlik nedenleri; Temel yetersizlikleri, sızıntı, erozyon, sedde hareketi, akışkanlık, betonun bozulması, dolu savakların yetersizliği, prizlerin yetersizliği, tahrip, kayma ve depremler şeklinde sıralanabilir.

Tablo-1.05 Bazı barajlardaki yetersizliklere ilişkin bilgiler

| No | İsim            | Ülke      | Yük.<br>(m) | Yıkılma<br>Tarihi | Gövdenin<br>geçirimsizliği                            | Yıkılma<br>sebepleri                                       |
|----|-----------------|-----------|-------------|-------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1  | Cercey          | Fransa    | 11          | 1842              | Geçirimsiz malzeme ve kuru taşla memba pere kaplaması | Haznenin birden boşalması                                  |
| 2  | St. Lucien      | Cezayir   | 27          | 1862              | İyice tokmaklanmış geçirimsiz malzeme                 | Borulanma oluşumu                                          |
| 3  | Tabia           | Cezayir   | 25          | 1865              | İyice tokmaklanmış geçirimsiz malzeme                 | Savak tesisleri yetersiz, su aşma                          |
| 4  | Ashti           | Hindistan | 17          | 1883              | Toprak ve kil karışımı çekirdek                       | Temel zeminindeki kötü kohezyon                            |
| 5  | Johntpwn        | A.B.D.    | 21          | 1889              | Geçirimsiz çekirdeği yok                              | Savak tesislerinin yetersizlik sonucunda üzerinden su aşma |
| 6  | Lake Francis    | A.B.D.    | 15          | 1899              | Geçirimsiz çekirdeği yok                              | Bir su alma borusu boyunca sızıntı                         |
| 7  | Utica Reservoir | A.B.D.    | 21          | 1902              | Çelik memba yüzü                                      | Gövdenin fena inşaatı                                      |
| 8  | Nexaca          | Meksika   | 58          | 1909              | Kil çekirdek                                          | İnşaat esnasında gövdenin kayması                          |
| 9  | West Julesberg  | A.B.D.    | 15          | 1910              | Geçirimsiz çekirdeği yok                              | Gövde-temel temasındaki sızıntılar                         |
| 10 | Hebron          | A.B.D.    | 17          | 1914              |                                                       | Temel zeminin çatlakları içinde su dolaşımı                |
| 11 | Leower Otay     | A.B.D.    | 41          | 1916              | Kil çekirdek                                          | Gövdede yüksek boşluk basınçları                           |
| 12 | Balsam          | A.B.D.    | 18          | 1929              | Betondan merkezi çekirdek                             | Savak tesisi temel zemininin erozyonu                      |
| 13 | Fort Peck       | A.B.D.    | 68          | 1938              | Limon çekirdek                                        | Temel zeminde kohezyon eksikliği                           |

Tablo-1.06'da ise tahrip sebeplerinin bir istatistiği görülmektedir. Feyezan dalgalarını boşaltıcı tesislerin boyutlandırılmasındaki yetersizlik % 39 gibi büyük bir oranla başta gelmektedir. Gövdeyi kat eden su alma borularıyla temas eden kısımlarda inşaat gösterilen özenin ve tedbirlerin noksanlığından doğan tahripler % 18 civarındadır. Gövde ve temel zeminde sızıntıların

tehlikeli hızlara ulaşması % 17 ve nihayet, yukarıda sıraladığımız sebepler dışında meydana gelen tahriplerin oranı ise % 26 'yı kapsamaktadır.

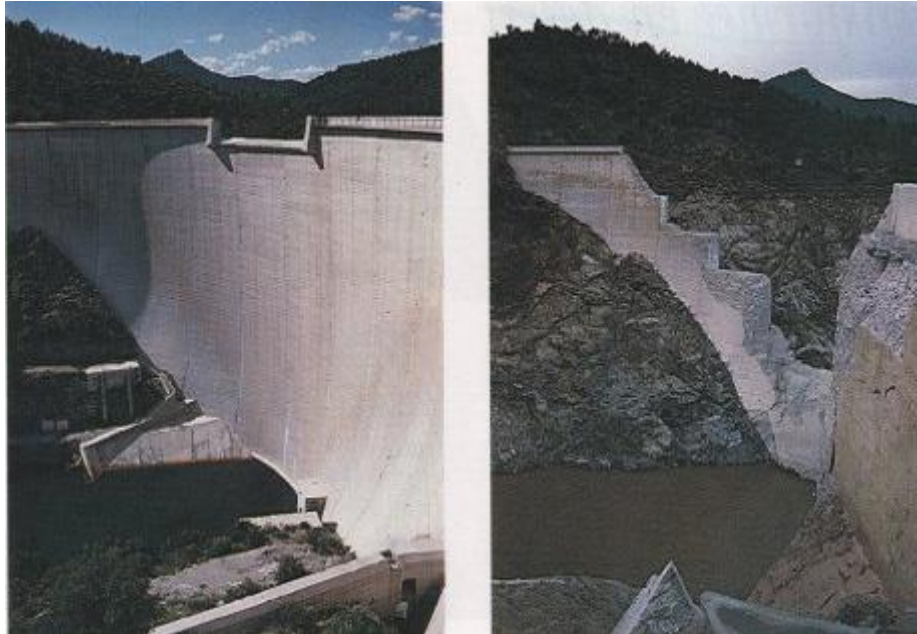
Tablo-1.06 Barajlardaki yetersizliklere ilişkin istatistik bilgiler

| Yıkılma sebepleri                                 | Sayısı    | Toplam yıkılmalar içindeki % si |
|---------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Yeter derecede boyutlandırılmayan savak tesisleri | 32        | 39                              |
| Borulanma oluşumu                                 | 15        | 18                              |
| Su alma boruları boyunca sızıntılar               | 14        | 17                              |
| Çeşitli sebepler                                  | 21        | 26                              |
| <b>Toplam</b>                                     | <b>82</b> | <b>100</b>                      |

### 1.6.1. Temel Yetersizlikleri

Temel yetersizlikleri, barajın tamamen çatlamasına yol açabilir. Halbuki diğer yetersizliklerde yapının kendine ilişkin dayanıklılığı, onun tamamen yıkılmasını önleyebilir.

Temel çöküşleri, temelin doğal kondüsyonu veya onun yapımı sırasındaki tehlike ile ilgilidir. Diferansiyel oturma, kayma, yüksek basınçlar ve kontrol edilemeyen sızıntı temel sıkıntısının başlıca olaylarıdır. Barajlardaki çatlaklar, bağıl olarak küçük olsalar bile temelde bir problem olduğunu gösterebilir. Örneğin Çin 'de bulunan Gouhou barajı temel yetersizliği nedeni ile 27.08.1993' de yıkılmış ve 1250 insanın ölümüyle sonuçlanmıştır.



Şekil-1.08 Malpasset Barajı' ndan bir görünüm ([http](http://)<sup>2</sup>)

Beton barajlar, taşkınlara karşı daha dayanıklıdır. Bu durum barajın kendi direncinden ziyade özelliğinden kaynaklanmaktadır. Kemer barajların güvenliği ise desteklerinin mukavemetine bağlıdır. Hasar, kayada, bozulma veya doyum ya da aşırı taşkın yükü veya Fransa 'daki Malpasset Barajı' nda ( Şekil-1.08 ) olduğu gibi hidrostatik yük altındaki destekten kaynaklanan yetersizlik, suyun kreti aşmasıyla ve temel malzemelerinin erozyonuyla da oluşabilir. Oysa kemer barajlar, özellikle taşkınları rahatça savabilir. Örneğin İtalya'daki Vaiont Barajı, 100 metrelik ani bir su yüküne dayanarak bu performansını göstermiştir ( Şekil-1.09 ).



Şekil-1.09 Vaiont Barajı-İtalya ( [http](http://)<sup>3</sup> )

Temelin kendisinin potansiyel erozyonu dikkate alınmalıdır. Aşınmış bağlantılardaki kil veya faylar yıkanarak uzaklaştırılamadığından etkili bir enjeksiyonu olanaksızlaştırır. Sızıntı, bu malzemeleri azar azar boşlukların içinden mansaba doğru taşıyabilir. Bağlantının büyümesi, sonuçta barajın bütünlüğünü tehdit edebilir.

Temel sızıntı, iç erozyona da neden olabilir. Çünkü, temel malzemesinin hareketi, çatlayabilen boşlukları ve bunun sonucu olarak temeli, baraj için tehlikeli kararsız bir duruma sokabilir. Böyle bir potansiyel zayıflık, bazen rezervuarın yakın çevresindeki jeolojik şartlar kontrol edilerek yorumlanabilir. Gerçek bozulma, büyüyen sızıntıdan ve kimyasal analizlerle bulunan eriyen maddelerdeki artışlardan anlaşılabilir.

Yeraltından gelen pompalamanın neden olduğu arazi oturması, temelin oturmasına ve barajın distorsiyonuna neden olabilir. Bu olaylar, gerilim, yükleme ve ıslanmanın neden olduğu temel topraklarının yırtılması nedeni ile de ortaya çıkabilir. İnce kumlar ve hafif toz muhtevaları bu olaya karşı çok

duyarlıdır. Düşük kohezyonlu toprak dolgularda, kırılma, özellikle dikkat edilmesi gereken bir olgudur.

Temel yetersizlikleri, temel malzemesinin suya doyması ve kayma nedeniyle oluşabilir. Temel erozyonu yavaş yavaş gelişebilir ama büyük kaymalar aniden ortaya çıkar.

### 1.6.2. Sızıntı

Suyun barajın veya temelinin içinden akması, yapının kondisyonunu gösteren önemli bir göstergedir ve ciddi bir tehlike kaynağı olabilir. Sızan su, doğal olarak barajın bütünlüğü için zaruri olan temel malzemeleri taşıma eğilimindedir. Baraj ve temelinden gelen türbülanslı akım, iç erozyonun bir göstergesi olabilir. Malzemenin bu şekilde harap olması, yapının gittikçe zayıfladığını gösteren tipik bir gelişmedir.

Sedde veya temeldeki zayıf malzeme ya da seddedeki yüksek plastik killerden daralan çatlakların neden olduğu oturma çatlakları yüzünden sızıntı yolları oluşabilir. Diğer tehlikeli su geçitleri, köstebek gibi hayvanlarca yeraltında delik açılmasıyla, ağaç köklerinin çürümesiyle ve sedde içine iyi yerleştirilmemiş ileticiler boyunca oluşan yıkama ile oluşabilir.



Şekil-1.10 Suriye’ de yıkılan Zeyzoun Barajı ( <http><sup>6</sup>, 2002 )

KontROLSÜZ sızıntı, artan sedde boşluk basıncı ile ve toprak kitlesinin giderek zayıflamasıyla birleşebilir. Örneğin Suriye’ de 1996 yılında sulama amaçlı olarak yapılan Zeyzoun Barajı ( Şekil-1.10 ) 04.06.2002 tarihinde sızıntı sonucunda çökmüş ve en az 10 kişi ölmüştür.

Yüksek boşluk basıncı:

- Seddenin haddinden fazla hızlı yer değiştirmesi,

- Haddinden fazla nem,
- Seddedeki geçirimli malzemelerin içindeki sızıntı,
- Temel bağlantıları boyunca sızıntı,
- Çatlaklar boyunca sızıntı

nedenleri ile oluşabilir.

### **1.6.3. Erezyon**

Seddeler, memba yüzündeki dalgalardan ve mansap yüzündeki yüzey akışından korunmadıkça erozyon için hassas olabilir. Böyle hasarlara karşı özellikle mahmuzlardan yararlanılabilir. Dolgunun mansap topuğu da yağmur ve rüzgar etkilerinden korunmalıdır. Bunun için çim ekimi belki en iyi bir çözüm olabilir. Mansap yüzündeki banketler, akışı keserek veya çevirerek erozyonu kontrol etmeye yeterli olabilir.

Dalga hareketinin yarattığı perenin boşalması, seddeyi erozyona maruz bırakabilir. Fakat bu boşalma ciddi hasar meydana gelmeden önce kontrol altına alınıp düzeltilebilir.

### **1.6.4. Sedde Hareketi**

Sedde malzemelerinin deformasyon karakteristikleri, genellikle hassas olarak tahmin edilemez. Havanın etkisi ile zayıf konstrüksiyon kuvveti de belirsiz olabilir. Konstrüksiyonda kullanılan tehlikeli malzemeler, bir seddeyi stabil olmayan bir duruma getirebilir. Alçı taşı gibi eriyen mineraller, uzağa taşınabilir ve hacim kaybı yüzünden genel oturmaya neden olabilir.

Sedde barajlarında iyice bilinen karşıt koşullar şöyle sıralanabilir:

- Sızdırmazlığı zayıf olan temeller,
- Sızdırmazlık perdesindeki çatlama ve kırılma,
- Ara yüzeylerde bölgesel çatlama,
- Çözülebilir temel kayası,
- Yetersiz temel saplamaları,
- Kil dolgunun susuz kalması,
- Kaymaya eğilimli dik şevler,
- Bitişik yapılarda ve desteklerde etkisiz kontak,
- Geçirimli sedde kademelenmesi,
- Deprem boyunca gelişen hızlı koşullar.

Sedde barajları, kritik noktalarda distorsiyonla tehlikeli derecede hasar görebilir. Sedde malzemesinin nem içeriği çok düşükse ve özellikle rezervuarın

hızlı başlangıç dolmasına bağlı olarak çabuk doyarsa, gittikçe büyüyen veya normal bir oturma olur.

Bir seddenin veya temelinin deformasyonlarının sonuçları, barajın içinde veya bağlantı yapılarında özellikle görülebilir. Bunlar kısaca şöyle özetlenebilir:

- Seddeden dolgu içine giden ince beton akış duvarları çatlayabilir.
- Seddenin altında ve içine doğru yapılan menfezler, bağlantıları çekip koparma eğiliminde olan gerilmeye maruz kalabilir.
- Sedde içindeki düşey kuyular eğilebilir ve dönebilir.

#### **1.6.5. Akışkanlık**

Bütün barajların yüklenmeye karşı stabilitesinin analizi için geliştirilen yöntemler, depremlerden etkilenen birçok eski barajın güvenilir olduğunu göstermiştir. Hidrolik dolgu barajları özellikle şüpheli durumdadır. Sedde barajların gövdesinde veya temelinde görülen bu tür olaylar, düşük kohezyonlu toprakta rastlanan zayıflıklar olarak tanınır. Böyle bir malzeme üzerine oturan veya birleşen herhangi bir seddenin stabilitesi, yakından ve dikkatle incelenmelidir.

09.02.1971' de Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde Richter ölçeğine göre 6.4 büyüklüğünde meydana gelen deprem sırasında San Fernando 'daki hidrolik dolgu olan Lower Van Norman Barajı 'nın büyük bir parçası aktı. Büyük bir facia, çok küçük bir kayıpla önlendi. Bu olay, üniform olarak nitelendirilen toprakla yapılan seddelerin doğal stabilitesinin olmadığı üzerindeki yargıları güçlendirmiştir. Bu facia aynı zamanda bu tür seddelerin, sismik titreşimin etkisi altında akma şüphesini de doğrulamıştır.

Bir hidrolik dolgu üzerinde ciddi bir sismik aktivitenin en belirgin etkisi uzun süreli düşük frekanslı titreşimlere uyan seddenin distorsiyonu şeklinde olmalıdır. Bu ise oturma ve yanal saçılma olarak bilinmektedir. Böyle etkiler, akmayla yoğunlaşabilir.

#### **1.6.6. Betonun Bozulması**

Beton barajların yaşlanması, fiziksel ve kimyasal faktörlere bağlıdır. Fiziksel faktörler, yapıya etki eden kuvvetlerdeki değişimlere, kimyasal faktörler ise inorganik asitler, sülfatlar ve belirli diğer tuzları içeren agresiv suyun barajlara yayılması ile birleşmesine bağlıdır. Betonun öğeleri ile bu maddelerin kimyasal reaksiyonları, betonun zayıflaması ile sonuçlanabilir. Örneğin yumuşak su, birkaç yıl içinde ciddi bir bozulmaya neden olacak şekilde betona

hücum edebilir. Bir beton barajın yapımında kullanılan bozucu ve adi malzemeler, yapının bozulması ile hasara uğrayabilir. Biraz zayıf bağlanmış çimento ve mineralli su betonun düşük kuvvetli olmasına neden olur.

Betonun bozulması şu bulgulardan anlaşılır:

- Genleşme,
- Rastgele bazı parçaların çatlaması,
- Jelatine benzeyen bir akıntı,
- Tebeşirleşen yüzeyler.

Beton yapıların oturması veya çatlaması, kaldırma, temel deplasmanı, ve sismik kuvvetlere bağlıdır. Yüksek hızlı akışları taşıyan dolu savaklarda veya çıkış yapılarında, menfez yüzeylerindeki dişler, boşlukların oluşmasına neden olabilir. Deprem, büyük su dalgaları veya aletlerin çalışması ile yapıların titreşmesi betona hasar verebilir. Bir beton barajın aşırı baskı altında tutma yüzünden oluşan hasarı, muayene ile anlaşılabilir. Çatlama, bağlantılardaki veya kaldırma yüzeylerindeki açılmalar, sızma değişimleri ve deplasman, bu değişim için önemli bir olgudur.

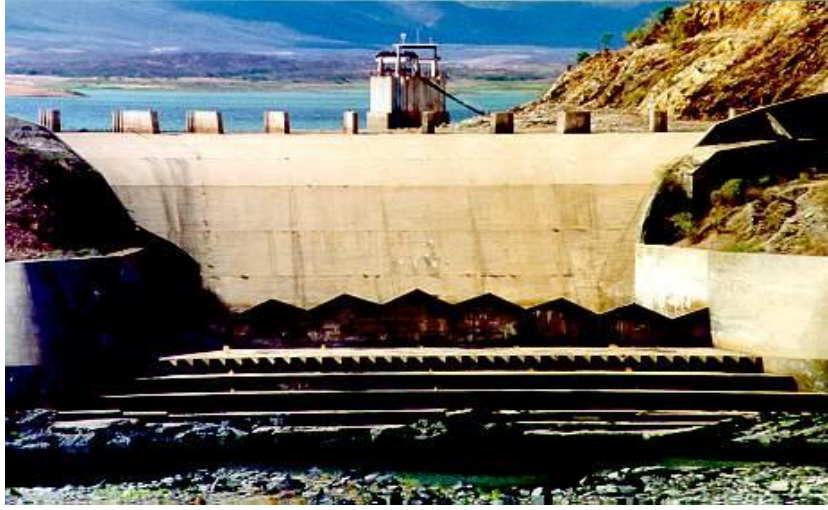
Betonun erozyonu, kaya, kütük, akan buz, trafik, rüzgar veya boşluk yüzünden meydana gelebilir. Bir beton ağırlık barajında karşılaşılan en önemli problemlerden biri, drenaj sisteminin engellenmesidir. Bu nedenle drenlerin bakımı çok önemlidir.

Barajın ve temel drenlerinin tıkanması, deplasmanı, toprak veya kaya birikintileri, biyolojik büyüme ve kimyasal artıkların yıkanması ve birikmesi gibi şeylere bağlanabilir.

#### **1.6.7. Dolu Savakların Yetersizliği**

Suyun barajın üzerinden aşması, suyun dolu savaklar ve çıkış yapıları yardımıyla zamanında ve yeterince salınmaması sonucunda meydana gelir. Bu durum sedde barajların hasarlarının en önemli nedenidir. Suyun barajın üzerinden aşmasına bağlanan birçok yetersizlik, bu barajlar daha yapılırken meydana gelmiştir.

1960 yılında taşkınla yıkılan Brezilya' daki Oros Barajı ( Şekil-1.11 ), 1967 'de yıkılan Endonezya' daki Sempor Barajı, bu konuda verilmesi gereken en iyi örneklerdir. Taşkınların zamanını, süresini ve ekstrem değerlerini tahmin edebilmek için hidrolik gözlemlerin iyi yapılması ve uzun süreli verilerin mevcut olması gerekmektedir.



Şekil-1.11 Brezilya 'daki Oros Barajı 'ndan bir görünüm ( <http><sup>4</sup>)

Dolu savakların, kanalları tıkayan ve enkazlar, erozyon ve temel çürümesi, kırılmış kaplamalar ve bozuk mekanik aletler gibi genel akışlar içinde kontrol edilmesi gerekir.

Tablo-1.07 Dünyada taşkın tasarımının küçük seçilmesi sonucu yıkılan barajlar

| Barajın Adı       | Yapılış Tarihi | Ülke Adı   | Yapılış Amacı   | Yıkılma Tarihi | Yıkılma Nedeni | Sonuç                                                    |
|-------------------|----------------|------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------------------------------------|
| Machhu II         | 1967-1972      | Hindistan  | Sulama          | 11.08.1979     | Taşkın         | 2000 ölü,12700 ev yıkıldı,15 milyar \$ tarımsal zarar    |
| Noppikoski        | 1967           | İsveç      | Hidrolik enerji | 07.09.1985     | Taşkın         |                                                          |
| South Fork        | 1852           | A.B.D.     |                 | 31.05.1889     | Taşkın         | 2209 ölü, 500 milyon \$ zarar.                           |
| Gibson            |                | A.B.D.     |                 | 08.06.1964     | Taşkın         |                                                          |
| Briseis           |                | Avustralya |                 | 04.04.1929     | Taşkın         |                                                          |
| Oros              |                | Brezilya   |                 | 1960           | Taşkın         |                                                          |
| Euclides Da Cunha |                | Brezilya   |                 | 19.01.1977     | Taşkın         |                                                          |
| Spitskop          | 1974           | G.Afrika   |                 | 23-24 .02.1988 | Yıkılmadı      | Tamir masrafı 1990 yılında 5 milyon \$                   |
| Sello Zerbino     | 1919-1925      | İtalya     | Hidrolik enerji | 15.08.1935     | Taşkın         | Yüzlerce insan öldü, tarım alanları sular altında kaldı. |
| Belei             |                | Romanya    |                 | 29.07.1991     | Taşkın         | 65 ölü                                                   |

Dünyadaki baraj facialarının yaklaşık üçte birinin taşkın anında suyun barajın kretinden aşarak meydana gelmesi nedeniyle barajların taşkınlara karşı gerek proje mühendislerinin gerekse işletenlerin en önemli konusu haline gelmiştir. Proje taşkınlarının küçük tahmin edilmesi ve buna bağlı olarak gerekli şeylerin düşünülmemesi neticesinde yıkılan barajlardaki yetersizliklere ilişkin örnekler Tablo-1.07 'de gösterilmiştir ( Batur, vd., 2003 ve <http><sup>5</sup> ).

Ülkemizde ise henüz bu tür ciddi bir baraj yıkılma olayı ile karşılaşılmamıştır. Bununla birlikte 1980 yılında Seyhan Nehrinin taşkını bu nehir üzerindeki Seyhan barajının dolu savak proje debi kapasitesini aşmışsa da, DSİ mühendislerinin cesur müdahaleleri ile en az zararla ve baraj yıkılmadan atlatılmıştır.

#### **1.6.8. Prizlerin Yetersizliği**

Özellikle orta veya küçük barajlarda, rezervuarlardaki en önemli ters koşullardan biri, zayıf olarak yapılmış veya bakımsızlıktan bozulmuş prizlerdir. Bir kriz süresince bir rezervuarın hızlı düşme ve boşalma yeteneği çok önemlidir. Barajın içindeki veya altındaki menfez suyu basınçlarını sınırlamak için bir prizın memba ucundaki kontrolünün önemi ve değeri genellikle iyi bilinir.

#### **1.6.9.Tahrip**

Barajların tarihi incelendiğinde bir kısmının halkın güvenliği için bir kısmının ise sabotaj amacıyla tahrip edildiği görülür. Fakat askerler, savaş sırasında stratejik değeri yüksek yapılar olarak değerlendirilip tahrip edilmesine karar verebilirler.



Şekil-1.12 Pensilvanya-Austin Barajı ( <http><sup>7</sup> )

### 1.6..10. Kayma

Rezervuar yamaçlarının veya baraj desteklerinin ya da barajın kendisinin kayma ihtimali, işin başında su depolama bölgesinde güvenlik incelemesi yapılırken hesaba katılmalıdır. Baraj gölüne doğru yamaçlarda meydana gelen toprak kaymaları nedeni ile yapılacak gözlemler sadece baraj gövdesi ile sınırlı kalmamalı, özellikle barajın memba kısmındaki potansiyel tehlikeyi de kontrol edecek şekilde baraj çevresini de kapsamalıdır. Aksi taktirde dalgalarla temel yapıları kırılarak baraj yıkılabilir.

Beton barajların temellerinde kaygan taş, şist veya kireçtaşları varsa mutlaka özel önlemler alınmalıdır. Kayma tehlikesine önem verilmediği için zayıf bir kumtaşı üzerine inşa edilen Amerika 'daki Pensilvanya-Austin Barajı hasara uğramıştır ( Şekil-1.12 ).

### 1.6.11. Depremler

Yüksek bir barajın arkasındaki büyük bir rezervuarın su ile dolması, bir yer sarsıntısına neden olabilir. Richter ölçeğine göre 6' dan daha şiddetli olan ve hasar yapan depremlere örnek olarak 1961' de ilk deprem verileri kaydedilen Zambiya' daki Kariba Barajı' nı gösterebiliriz ( Şekil-1.12 ).



Şekil-1.12 Zambiya' daki Kariba Barajı' ndan bir görünüm ( <http><sup>8</sup> )

Bir deprem sırasında barajın kreti en duyarlı kısımdır. Bu nedenle titreşim nedeniyle oluşan hasarları önlemek için baraj kretlerinin tasarımına çok önem verilmiştir.

Ülkemizde ise Antalya – Oymapınar Barajı'nda rezervuarın dolumu sırasında bazı titreşimlerin olduğu fark edilmiştir. Dolum sırasında oluşan bu titreşimler, Dumanlı kaynağındaki boşlukların dolması şeklinde yorumlanmıştır.

Tablo-1.08 Bazı Ülkeler Tarafından Kullanılan Yakından İzleme Yönetmelikleri, Standartları, Şartnameleri ve Yönergeleri ( Demirkaya, 2003 )

| Ülke       | Yakından İzleme için kullanılan Yönergeler ve/veya Şartnameler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A.B.D.     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Baraj Güvenliği için Federal Yönergeler</li><li>• Beton Baraj Ölçüm Düzenekleri El Kitabı</li><li>• Dolgu Baraj Ölçüm Düzenekleri El Kitabı</li><li>• Rezervuar Ölçüm Düzeneklerine İlişkin Düşünceler</li><li>• Barajların Performanslarının İzlenmesine İlişkin Düşünceler</li><li>• Barajlarda Sismik Ölçüm Düzenekleri</li><li>• Jeoteknik Ölçüm Düzenekleri</li></ul> |
| Almanya    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Minimum Düzeyde Yakından İzleme ve Kontrol Amacıyla Eyalet Baraj Komitesi tarafından Hazırlanmış Yönergeler</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Avustralya | <ul style="list-style-type: none"><li>• Avustralya Büyük Barajlar Ulusal Komitesinin Koyduğu Esaslara dayanan ve Baraj Sahipleri tarafından Geliştirilmiş Şartnameler</li><li>• Avustralya Büyük Barajlar Ulusal Komitesi Tarafından Hazırlanmış Barajların Gözetimine İlişkin Yönergeler</li></ul>                                                                                                                |
| Avusturya  | <ul style="list-style-type: none"><li>• ICOLD'un 41 no'lu Bülteni ( Ölçme sıklıkları için )</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Çin        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Beton ve Dolgu Barajların Yakından İzlenmesi İçin Hazırlanmış Ulusal Şartnameler</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Fransa     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ulusal Düzenlemelerle Oluşturulan Yönergeler</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| G. Afrika  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Bir yakından İzleme Sistemi Tasarımı Doğrultusunda Su İşleri Dairesi Tarafından Yapılan Girişimler</li><li>• ICOLD' un 41 nolu Bülteni</li></ul>                                                                                                                                                                                                                           |
| İngiltere  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Yapı Araştırma Kurumu(BRE) Tarafından Hazırlanan Dolgu Barajların Güvenliğine İlişkin Yönergeler</li><li>• BRE'nin Hazırladığı Barajlar Üzerindeki Sismik Risk Yönergesi</li></ul>                                                                                                                                                                                         |
| İsviçre    | <ul style="list-style-type: none"><li>• İsviçre Büyük Barajlar Ulusal Komitesi (SNICOLD)Baraj Güvenliği Şartnameleri</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| İtalya     | <ul style="list-style-type: none"><li>• İtalya Büyük Barajlar Ulusal Komitesi ( ITACOLD) Şartnameleri</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Japonya    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Barajların Tasarımı ve Yakından İzlenmesi Yönergeleri</li><li>• Barajların Yakından İzlenmesi ve Ölçüm Düzenekleri El Kitapları</li><li>• Barajların Yakından İzlenmesi ve İnceleme Ölçütleri</li></ul>                                                                                                                                                                    |
| Kanada     | <ul style="list-style-type: none"><li>• ICOLD Standartlarına Dayanan Barajların İşletimi ve Bakımı El Kitabı</li><li>• Calgary Üniversitesi tarafından Önerilen Deformasyon Ölçmeleri Şartnamesi</li></ul>                                                                                                                                                                                                         |
| Portekiz   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ulusal Şartnamelere Dayanan ve Baraj Sahipleri tarafından Geliştirilmiş Yönergeler</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                               |

### **1.7. Barajlarda kontrol ölçmeleri için geliştirilen Yönetmelikler, Standartlar, Şartnameler ve Yönergeler**

Çok az sayıda ülke barajlarda deformasyon ölçmeleri konusunda ulusal standartlarını ve yönergelerini geliştirmiştir. Geri kalan ülkelerin büyük bir bölümünde de izleme planının tasarımı ve seçiminde baraj sahipleri ya kendi ulusal komitelerinin geliştirdiği yönergeleri ya da ICOLD 'un yayınladığı yönergeleri kullanırlar ( Tablo-1.08 ). Bütün barajlara uygulanabilen tek bir standart veya şartname hazırlamak gerçekten olanaksızdır. Deformasyon ölçmeleri için standartlar her baraj için ayrı ayrı tasarlanmalıdır. Buna istinaden, beton ve dolgu barajlar için ortak olan çok sayıda ölçüm vardır. Bu nedenle, genel bir deformasyon ölçüm yönergesi oluşturulabilir.

Ülkemizde 1985 yılına kadar inşa edilen 98 barajın 41 'inde ölçüm sistemi yoktur. Bunlardan 21 'i toprak-dolgu, 8 'i toprak+kaya-dolgu, 7 'si kaya-dolgu, 4 'ü beton ağırlık ve 1 'i payandalı beton barajdır ( Demirkaya, 2003 ).

Ülkemizdeki barajların tamamına yakın bir bölümü kamu malıdır ve kullanım amacına göre DSİ ya da TEAŞ tarafından işletilmektedir. Barajların güvenliğine ilişkin teknik sorumluluk ise DSİ 'ye aittir. DSİ bünyesinde, gelişmiş ülkelerde örnekleri olan, " Barajların Gözetimi ", ya da " Barajların Yakından İzlenmesi " ile görevli bir birim yoktur. Mevcut barajların çoğunda yakından izleme ölçmeleri yapılmamaktadır.

Ölçmelerin yapıldığı nadir durumlarda ise, bu ölçüleri değerlendirecek ve yorumlayacak nitelikte eleman yoktur. Çoğunlukla, dış kredi ile gerçekleştirilen baraj inşaatlarının başlangıç, deneme yüklemeleri ve işletme süresince yapılması zorunlu kılınan ölçmeler ve değerlendirmeler yabancı müşavir firmalar tarafından yapılmaktadır.

### **1.8. Durum Değerlendirmesi**

Büyük mühendislik yapılarındaki deformasyonların belirlenmesi için yapılan araştırma çalışmalarında, ölçme alet ve donanımlarındaki teknolojik gelişmeler sonucunda daha duyarlı ölçme aletlerinin geliştirilmesine paralel olarak daha doğru veri elde edilmesi ve değerlendirme yazılımlarındaki gelişmeler sonucu daha doğru sonuçlara ulaşılması sağlanmaktadır. Ülkelerin en önemli milli servetlerinden biri olan barajların insan hayatına ve çevreye zarar vermeyecek şekilde güvenli olarak çalışması için gereken önlemlerin alınmasını sağlamak üzere, belirli zamanlarda kontrol ölçmelerinin yapılması gereklidir.

Ortak ilgi alanına sahip olan ve birbirlerinin çalışmalarından yararlanan FIG ve ICOLD gibi kuruluşlar arasında sağlıklı bir işbirliği ortamı oluşturulamamıştır. Bu durum, meslekler arasında ve hatta mesleklerin kendi içlerinde bile söz konusudur. Örneğin inşaat mühendisleri harita mühendislerinin deformasyon araştırması alanındaki işlevleri hakkında çok az bilgiye sahiptirler. Bunun tersi de doğrudur. Harita mühendisleri diğer mesleklerin sağlayamayacağı bir hizmeti verirler. Ancak, diğer meslek gruplarının gereksinimlerini anlamaya ve kendilerini bu yönde geliştirmeye çalışmadıkları sürece bu alanda söz sahibi olma fırsatını da kaçırabileceklerdir.

Az sayıda ülkenin ulusal yakından izleme standartları/şartnameleri olmasına rağmen ülkeler arasında ortak bir standardın olmadığı görülmektedir. Fakat hem jeodezik hem de jeoteknik ölçme aletlerindeki teknolojik gelişmeler çoğu durumda aletsel incelikleri yeterli konuma getirmiştir. Bu nedenle aletlerin kalibrasyonu, veri analizi ve yöntemine ilişkin işlemler standartlaştırılabilir. Oluşturulan bu yönergeler ve standartlar şartnamelere konulur. Bunun için devlet yetkililerinin bu konuya önem vermeleri gerekmektedir. Bu konu ile ilgili Ulusal Baraj Komiteleri yasal süreci başlatmış durumdadır.

Barajlar gibi büyük ve önemli yapılar kontrol ölçmeleri ile sürekli izlenmelidir. Bu hususlar barajlara ilişkin teknik şartnamelerde yer almalı ve titizlikle yerine getirilmelidir.

Barajlarda ortaya çıkabilecek herhangi bir tehlikenin zararlarını en aza indirebilmek için, aynı akarsu üzerindeki barajlar ve bunların mansabındaki yerleşme bölgeleri arasında özel bir haberleşme ya da alarm sistemi kurulmalıdır. Barajlarımız olası bir saldırıya karşı en iyi biçimde korunmalıdır.

Baraj rezervuarları, memba ve yamaçlardan gelen birikintilerle doldukça, depolama hacimleri azalacağından, işlevlerini tam olarak yerine getiremezler. Bu nedenle 3-5 yıl aralıklarla hidrografik göl haritaları yapılarak, dolma hızı kontrol edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Baraj deformasyon ölçmelerinde harita mühendisleri kendilerini geliştirmeli ve diğer meslek gruplarıyla ( inşaat, jeoloji vb. müh. ) da birlikte çalışmalıdırlar. Bu oluşum, harita mühendisliğinin gelişimine olumlu katkı sağlayacaktır.

ICOLD ve FIG 'in olası yeni gelişmeler konusunda birbirlerini bilgilendirme girişimleri sürekli olmalıdır.

Bir ülkedeki baraj güvenliği programının en önemli bileşeni, baraj güvenliğini düzenleyen yasalardır. Hükümetin ilgisi ve arkasında olmadığı bir yönetmeliğin

ya da şartnamenin uygulanabilmesinin garantisi yoktur. Hükümet yasanın ve ona bağlı şartname ve yönergelerin yayınlama ve bunun sonucunda bakım onarım çalışmalarının yapılması konusunda yetkisini kullanmalıdır. Ayrıca söz konusu yasa, şartname ve yönergelerdeki kurallara uyulması konusunda ilgili kurum ve kuruluşları düzenli olarak denetlemeli ve çalışmalarına onay vermelidir.

Ağ tasarımıyla başlayıp analizin yorumlanması aşamasına kadar, yönerge ve şartnamelerle desteklenen jeodezik deformasyon ölçmeleri el kitabı hazırlanmalıdır.

Büyük baraj sahiplerinin yakından izleme ölçmelerinin yapılması ve analizinde uzman harita mühendislerinden yararlanmaları sağlanmalıdır.

Baraj tipine bağlı olarak, yakından izleme süreci için gerekli en az alet sayısı ve türünün belirlenmesi için ayrıntılı bir araştırma başlatılmalıdır.

Barajlarda ortaya çıkabilecek olası tehlikeler önceden saptanarak, zararların en aza indirilmesi için önlemler alınabilir.

Barajın tasarımını gerçekleştiren proje mühendisleri gövde hesaplarına ilişkin parametreler için yaptıkları varsayımların ya da hipotezlerin hangi oranda gerçekleştiğini görerek deneyimlerini arttırabilirler.