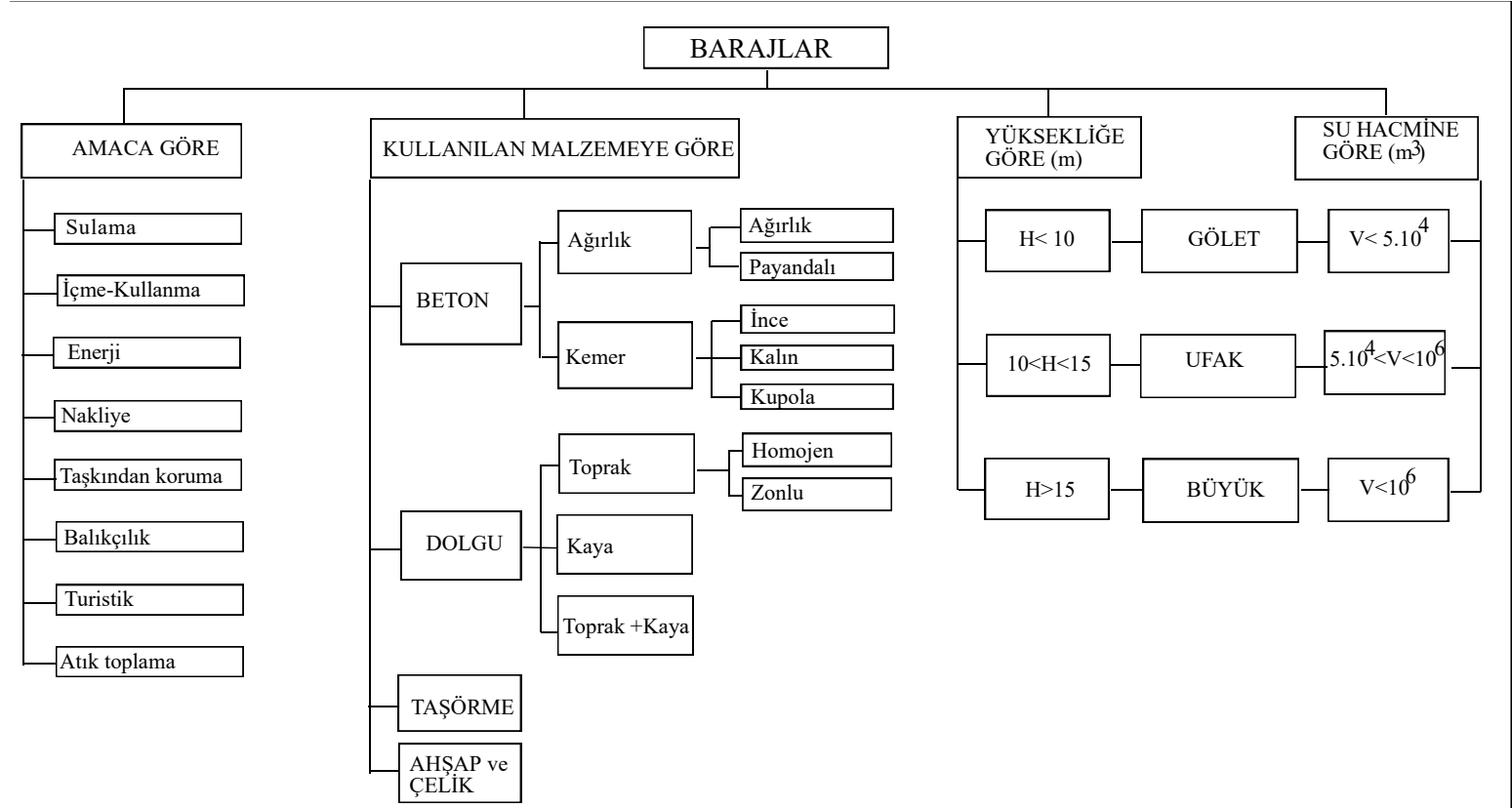


JFM319 Mühendislik Jeolojisi

**Baraj Yeri ve Rezervuarda
Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları-1**

Barajların Yapım Amaçları

- Elektrik Üretimi
- Temiz, yenilenebilir enerji
- Taşkın Kontrolü
- Su Depolanması
- Sulama
- Navigasyon
- Rekreasyon



Baraj Gövdesine Etki Eden Kuvvetler

Barajlar, imalat türleri ve inşaa edildikleri bölgenin jeolojik özelliklerine göre statik ve dinamik kuvvetlere karşı duraylı olmalıdır.

Barajın ağırlığı (W)

Hidrostatik su basıncı ve bileşenleri (P_1, P_2, P_3)

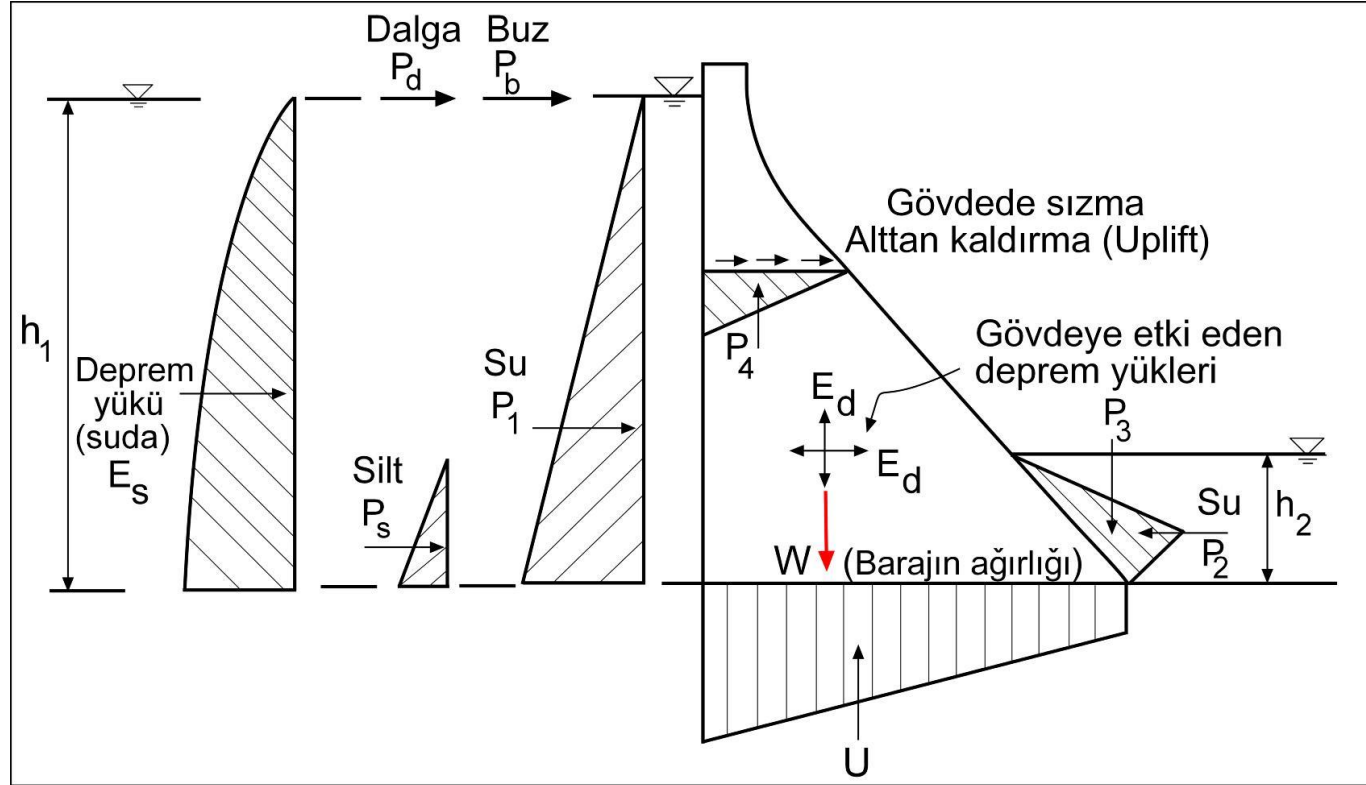
Temeldeki boşluk suyu basıncı (U)

Sızıntı kuvveti (P_4)

Dalga kuvveti (P_d)

Yatay ve düşey Deprem kuvvetleri (E_d, E_s)

Buz basıncı (P_b) olarak sıralanabilir.



Barajın ağırlığı (W)

W = Barajın alanı x γ_b (γ_b : Gövde malzemesinin birim ağırlığı) eşitliği ile hesaplanır. Ayrıca; gövdenin metal, beton ve diğer malzemelerden oluşan statik kuvvetler de gövde ağırlığına eklenir.

Hidrostatik basınç (P)

Su kolununa bağlı olarak oluşan kuvvet olup, barajın membaa ve mansabına etki eder. Mansap tarafındaki su yüksekliği seviyesine göre ihmal edilebilir. Gövdenin membaa tarafında konveks yüzeyler varsa toplam basınç bileşenlere ayrılmalıdır. Yatay hidrostatik basınç,

$P = (h^2 \times \gamma_w)/2$ eşitliği ile hesaplanır.

Baraj temelindeki boşluk suyu basıncı (U)

Membaa topuğu (h_1) ve mansap topuğundaki su derinliği (h_2) ile baraj temel genişliğine (b) bağlı olarak değişir. Boşluk suyu basıncının kontrol edilmesi ve temel birimin geçirimsizliğinin derinlikle değişimi önemli rol oynamaktadır.

$U = b \times \gamma_w [(h_1+h_2)/2]$ eşitliği ile hesaplanır.

Deprem kuvvetleri (E_d ve E_s)

Baraj gövdesi ve rezervuarvaki su kolunda etkilidir. Deprem kaynaklı düşey hareket rezervuarın dolu olması halinde temelde deformasyona ve gövdeye etki eder. Mansaba doğru S dalgalarının su ve temel ara kesitinde ilerlemesi ani boşluk suyu basıncı gelişimine neden olur. P dalgasının etkisi ile gövdeye dik atalet kuvvetleri oluşması, eğik yüzeylerdeki su ve gövde malzemesinin ara kesitinde gövde ağırlığını azaltabilir.

$E_d = W \times a_{max}$ (pga) eşitliği ile hesaplanır.

a_{max} veya pga , yerçekimi ivmesinin yüzdesi mertebesinde olup, depremin en yüksek yatay ve düşey ivmelerinin bileşkesidir. Pratikte, düşey ivme gözarı edilecek büyüklükte ise genelde yatay bileşen hesaba katılmaktadır. Hesaplamalarda pseudostatik katsayı olan k_h tercih edilmelidir.

$k_h = a_{max}/g$ eşitliği ile hesaplanır

ve mühendislik yapıları için farklı şekilde yorumlanır. Türkiye gibi depremsellik açısından riskli yerlerde $pga = 0.4g$ (400 gal) mertebesine ulaşmaktadır. Hesaplarda $0.4g$ gibi yüksek değerlerin direkt alınması, baraj yapılarının genellikle faylı derelerde inşaa edildiği de hatırlanarak k_h şeklinde düşünölmelidir. Bunun yanında, proje alanının depremsellik karakteristikleri ve özellikle deprem büyüklükleri de dikkate alınmalıdır.

Membaa yüzeyi düşey olan bir baraj yerinde rezervuar alanında depremin etkisi;

$F_{de} = C \times a_{max} \times \gamma_w \times h$ eşitliği ile hesaplanır.

$$C = 0.365 \left[\frac{y}{h} \left(2 - \frac{y}{h} \right) + \sqrt{\frac{y}{h} \left(2 - \frac{y}{h} \right)} \right]$$

h : Rezervuardaki toplam su yüksekliği

y : Rezervuarda en yüksek su seviyesinden ilgili seviyeye kadar olan derinlik

BARAJ GÖVDESİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

TEMEL BİRİMİN TAŞIMA GÜCÜ

Dolgu barajların oturduğu temel zemini dolguyu her türlü yükleme altında taşıyabilecek ve tehlike yaratabilecek miktardaki sızmayı önleyecek kapasitede olmalıdır. Bugüne kadar dolgu barajların %40'ının yetersiz temel koşullarından dolayı hasar gördüğü göz önüne alınırsa, baraj temelinin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve gerekli iyileştirme çalışmalarının önemi anlaşılır. Barajların temel zeminleri birbirlerinden çok farklı jeolojik ve jeomekanik özellikler gösterdiklerinden her baraj temeli, baraj gövdesini güvenli olarak taşıyabilecek şekilde kendi yerel koşullarına göre projelendirilmektedir.

Kaya Temeller

Baraj gövdesi kaya temel üzerine oturuyorsa, temeldeki kayanın özellikleri incelenir çatlaklar, fay zonları, aşınmış bölgeler, geçirimli alanlar belirlenir ve eğer kaya temel geçirgenlik yönünden yeterli değil ise enjeksiyon yapılır. Enjeksiyon çukurları temel formasyonun özelliklerine göre genelde su tablasını yaklaşık 4-5 m geçecek kadar her üç metrede bir açılır. Enjeksiyon alımı fazla ise aralık daha da azaltılır. Enjeksiyon malzemesi olarak genelde çimento su karışımı kullanılır ve 3/1 oranı ile başlanıp, zemin enjeksiyon alımına göre oran değiştirilir. Enjeksiyonun genişmesi istendiğinde karışıma kum ile bentonit ilave edilir. Enjeksiyon basıncı kayanın tipine, eklemli olup olmamasına, tabakalanmasına, çatlak miktarına ve enjeksiyon derinliğine göre değişir. Fazla basınç uygulanırsa, kayada çatlaklar oluşturabilir veya daha önce yapılan enjeksiyon perdesine zarar verebilir. Uygulanacak maksimum basıncı belirlemek oldukça güçtür. Maksimum basınç enjeksiyon yapılırken deneme yanılma ile veya önceden yapılan enjeksiyon testleri ile belirlenir. Kaya zemin eğer çok geçirimli veya erime zonları (kireçtaşı, jips) içeriyorsa sızmayı kontrol edebilmesi için cut-off yapılması önerilir.

Kum-Çakıl Temeller

Dolgunun derin alüvyon tabakalarını üzerine oturması gereken durumlarla sık sık karşılaşılmaktadır. Bazen alüvyon tabaksının tamamen kaldırılması çok ekonomik olmamakta ve bu durumda geçirimli temel malzemesinin ıslah edilmesi gerekmektedir. Temel malzemesinde geçirimsizliği sağlamak için uygulanan yöntemler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

TEMEL BİRİMDE OTURMA

Kendi ağırlığının ve üzerine binen diğer düşey kuvvetlerin etkisiyle, baraj oturma yapar. Rezervuarın dolması barajda ilave bir oturma meydana getirir. Örneğin Nevada'daki Hoover Baraj yerinde olduğu gibi, son derece büyük rezervuar olması halinde, rezervuar suyunun ve siltinin ağırlığı rezervuarı çevreleyen bütün bölgenin çökmesine sebep olabilir. Temel kayanın sağlam olduğu yerde oturma problemi basittir, az kırıklı ve eklemli granitte de durum aynıdır. Zayıf kaya tiplerinde özellikle şeyl, kiltası, ya da silttaş gibi yumuşak olanlarda, yük altındaki şekil değiştirme tehlikeli olmaktadır. Barajın toplam ön oturması yani elastik ve plastik şekil değiştirme hakkında bilgi, belli bir kaya üzerinde yapılan sıkışma deneylerinden ve diğer barajların temel kaya malzemeleri üzerinde yapılan benzer deneylerle sıkışma deneyi sonuçlarını karşılaştırılması yoluyla elde edilebilir. Mevcut yapının altında boşlukların oluşması ve bulunması, örneğin erime yoluyla tuz ve jips tabakalarının kaldırılmasıyla barajın oturması artabilir. Baraj temelinde meydana gelecek oturmaların hesabı için zemin E_s ani oturma için elastiklik modülü ve zemin nihai konsolidasyonu için M_c sıkışma modülünün bilinmesi gerekir.



Hoover Barajı, ABD,
Beton Kemer

DOLGU MALZEMEDEKİ OTURMA

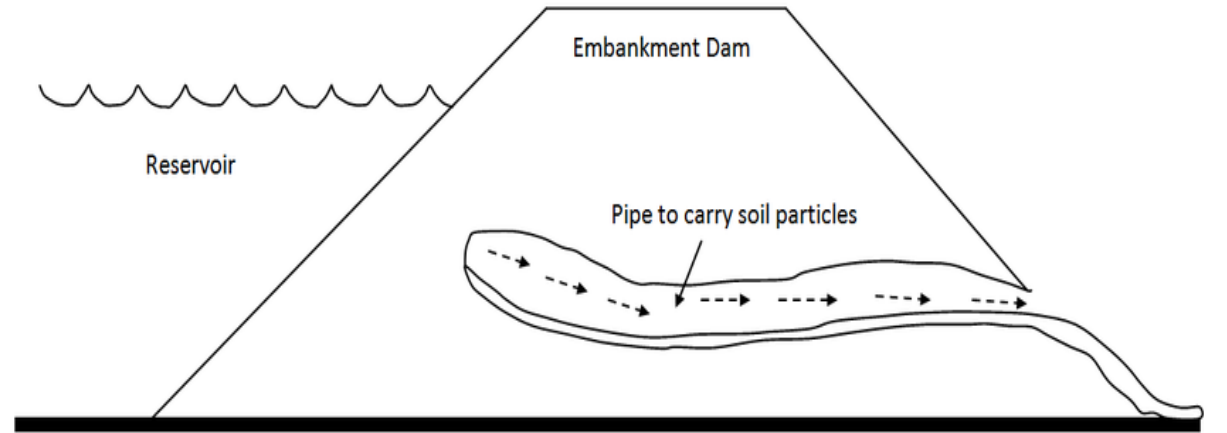
Zonlu dolgu barajlarda geçirimsiz çekirdek malzemesi olarak kullanılan kohezyonlu zeminlerin davranışlarının incelenmesinin önemli bir boyutunu da zeminin, inşaatın çeşitli aşamalarında ne kadar oturma yapacağı ve oturma zaman ilişkisinin saptanması oluşturmaktadır. Dolgu barajlarda geçirimsizliği sağlamak amacıyla kullanılan killi zeminlerin mukavemet ve sıkışabilirlik özelliklerinin araştırılması ve meydana gelebilecek oturmaların tahmin edilmesi gerekli olmaktadır. Atatürk barajı gövde kil dolgusunda kullanılan kilin oturma-zaman özellikleri, odometre deneylerine dayanarak incelenmiş, 165 metre yüksekliğinde olan kil dolguda meydana gelebilecek toplam oturma ve bu oturmanın oluşması için gereken süre konusunda bir değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda, sadece kil dolgunun zaman içinde yapılması göz önüne alınmıştır. Birinci aşamada, barajda gözlenmiş oturma değerleri hesaplarda kullanılmamıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise barajın kil gövdesi içine yerleştirilmiş oturma plakalarından alınmış okumalar değerlendirilmiş, gözlenmiş bu davranışı daha iyi model edebilen zemin özellikleri belirlenmiş ve ilk aşamada laboratuvar deneylerine bağlı olarak bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.



Atatürk Barajı, TR
Zonlu Dolgu Baraj

Borulanma

Temelin ya da gövdenin sızma yoluyla içsel aşındırılmasına borulanma denir. Genellikle, aşındırma mansap topuğundan başlar ve baraj altına kanallar ya da borular meydana getirilerek geriye rezervuara doğru çalışır. Kanallar maksimum geçirgenlik yollarını takip etmekte ve inşaat bittikten sonra uzun zaman geçinceye kadar gelişmeyebilir. Su önce küçük bir pınar halinde çıkabilir, daha sonra yavaş yavaş miktarında artma olur ve mansap topuğunda çamurlu su görüldüğünde, yıkılma birkaç saat içinde olabilir. Ayrıca, barajın mansap topuğunda kum-su süspansiyonu kaynaması yani kumun devamlı olarak yukarıya ve aşağıya hareketi gözlenebilir. Gövdenin ya da temelin borulanmaya karşı direnci toprak malzemesinin plastisitesine, derecelenmesine ve sıklık derecesine bağlıdır. Temelde olduğu gibi doğal toprak çökeltilerin sıklığı, kuru yoğunluğu karakterize edilir. Plastisite indisi (PI) değeri 15'in üstünde olan Plastik killer, iyi ve zayıf sıkışmış olsun, en dirençli malzemelerdir. En düşük borulanma direnci iyi derecelenmiş olmasına rağmen çok üniform, ince, kohezyonsuz kumda bulunmaktadır. En dirençli malzemelerde bile, oturma çatlatır ve borulanmaya sebep olur. Borulanmadan ancak barajın ve temelin içinde sızan suyun yolunu uzatmak suretiyle kaçınılabılır. Buna karşılık, bu durum su akımının hidrolik gradyanını ve dolayısıyla hızını azaltır. Sızma yolu, saplama duvarları (cut off walls), geçirimsiz çekirdek ve memba yüzünden membaya doğru uzatılan geçirimsiz blanketler ve özellikle blanket malzemesinin az olduğu yerde, baraj tabanını geniş tutmak suretiyle arttırılabilir (Unay 1967).



Baldwin Hills Barajı, borulanma yenilmesi (1963)

Baraj Türleri

Rijid Barajlar

Kagir Baraj

Taş veya tuğladan imal edilirler.
Blokler beton harç ile kenetlenir.



Nagarjuna Sugar barajı, Hindistan

Beton Baraj

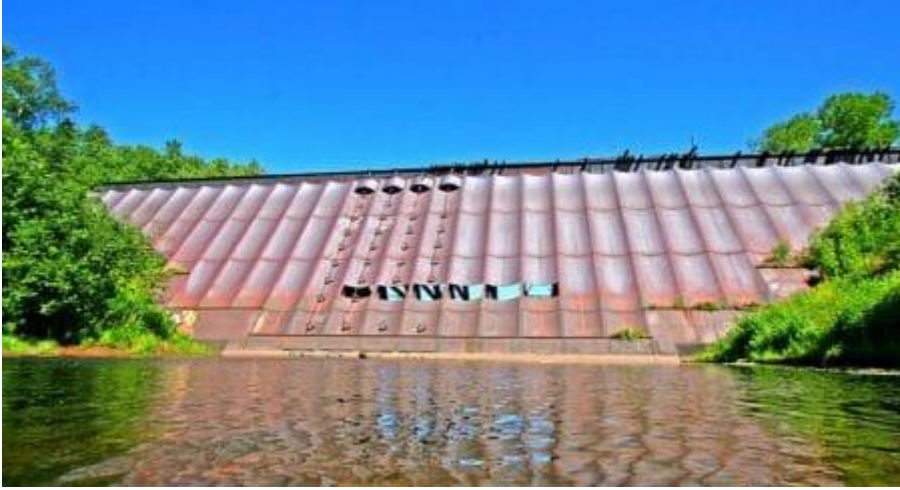
Betondan imal edilen bu türün ağırlık, kemer ve payandalı alt çeşitleri vardır.



BERKE BARAJI-OSMANİYE

Çelik Baraj

Suyun geçici olarak depolanmasında tercih edilen bu tür barajlar 15-20 m yükseklikte imal edilir.



Redridge Barajı, ABD

Payandalı Baraj

Suyun geçici olarak depolanmasında tercih edilen bu tür barajlar 15-20 m yükseklikte imal edilir.



Kemer Baraj

Membaaya doğru konveks üretilen barajlarda rezervuardan gelen yük yamaçlardaki kayalara taşılır. Dar vadilerde ve genellikle yüksek barajlardır.



El Atazar Barajı, İspanya

Ağırlık Barajı

Rezervuardaki su yükü ve diğer kuvvetleri kendi ağırlığı ile karşılayan barajlardır. Geniş vadilerde ve sağlam kaya üzerine inşaa edilmeleri gerekir. İmalat hataları dışında su itkisi nedeni ile dönme veya topuktaki hareketlerden dolayı deforme olabilirler. Diğer barajlara göre daha yüksek güvenlik sayısı gerekmektedir.



Grand Coulee Barajı, BD

Baraj Türleri

Rijid Olmayan Barajlar

Toprak Dolgu Baraj

Özellikle temel zemininin göreceli olarak zayıf olduğu vadilerde ve ortalama yükseklikte imal edilirler. Kil çekirdekli barajda zeminin ideal şartlarda sıkıştırılması esastır. Suyun çekirdek ile direct teması olmaması için gövde kesiti farklı materyaller ile imal edilir.



Bolu-Köprübaşı barajı Çekirdek İmalatı



Malatya-Kapıkaya barajı Çekirdek İmalatı ve Rip-rap görüntüsü

Kaya Dolgu Baraj

Rip-rap (blok kaya) ile sıkıştırılarak imal edilirler. Membaada güçlendirilmiş beton ile ara kesit oluşturulur. Bu sayede su ile kaya direkt temas etmez. Toprak dolgu barajlara göre daha esnek olup, deprem yükleri karşısında daha duraylı barajlardır.



Alaköprü barajı, KKTC Su Temini Projesi



5 aşamada devam eden KKTC Acil Su Temin Projesi'nin kilit tesisi olan ve Anamur Dragon Çayı üzerinde tesis edilecek Alaköprü Barajı'ndan alınacak su, 80,151 km uzunluktaki (Dünya'nın en uzun deniz boru hattı), deniz yüzeyinden 250 m derinlikte ve askıda geçecek olan, 1600 mm çapında yüksek yoğunluklu polietilen boru hattı ile Girne yakınlarında yapılacak olan Geçitköy Barajı'na aktarılacaktır. Proje bu özellikleri ile Dünya'da ilk olma özelliğini taşımakta olup, Ülkemizin 2023 yılı vizyonuna da yakışacak dev bir projedir. Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu + SSB tipinde ve temelden 99 m yükseklikte inşa edilmektedir.

BARAJ TİPİ VE YERİ SEÇİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Barajlarda planlamaya göre yapılacak tesislerin maliyetinin düşük, uzun süre kullanılması ve emniyetli olması istenir. Bazı hallerde planlanan yerlerde istenen tipte baraj inşası mümkün olmamaktadır. Bu nedenle gerek baraj yeri gerekse baraj tipi değiştirilmektedir. Planlama ile birlikte baraj yerini ve tipini etkileyen pek çok faktör vardır.

- 1- Topoğrafyası (vadi şekli)
- 2- Litolojik özellikleri
- 3- Yapısal özellikleri - Hidrolojik ve hidrolik durumu
- 5- Baraj yapımında kullanılacak malzeme temini - İklim koşulları
- 7- Ülkenin ekonomik durumu ve işçilik
- 8- Bölgenin depremselliğidir.

VADI ŞEKLİ

Baraj yapımında ilk akla gelen baraj yapılacak yerde vadinin şeklidir. Vadinin kesitleri çıkarılarak hangi tip baraj için elverişli olduğu saptanır. Doğada vadi şekilleri, vadiyi oluşturan etkenlere (buzul, akarsu gibi) bağlıdır. Akarsuyun yaşı, aktığı yerlerdeki kayaların litolojik ve yapısal özelliklerinin de vadi şekli üzerinde etkisi büyüktür.

WALTERS (1.962) Vadileri dört ana grupta toplar. Bunlar;

* Boğaz ya da kanyonlar (U şekilli vadiler)* Dar vadiler (Dar V şekilli vadiler) * Geniş vadiler (Geniş V şekilli vadiler) * Geniş ve düz vadiler

Ayrıca bu vadilerin birleşik şekilleri, Örneğin; U ve V karışığı, V ile V karışığı gibi olabilir.

Vadilerde vadi genişliği-vadi yüksekliği oranı karakteristiktir. Bu oran U şekilli vadilerde 3'ten küçük, dar vadilere 3-6 arası, geniş vadilerde 6 veya 7, düz vadilerde ise 7'den büyüktür.

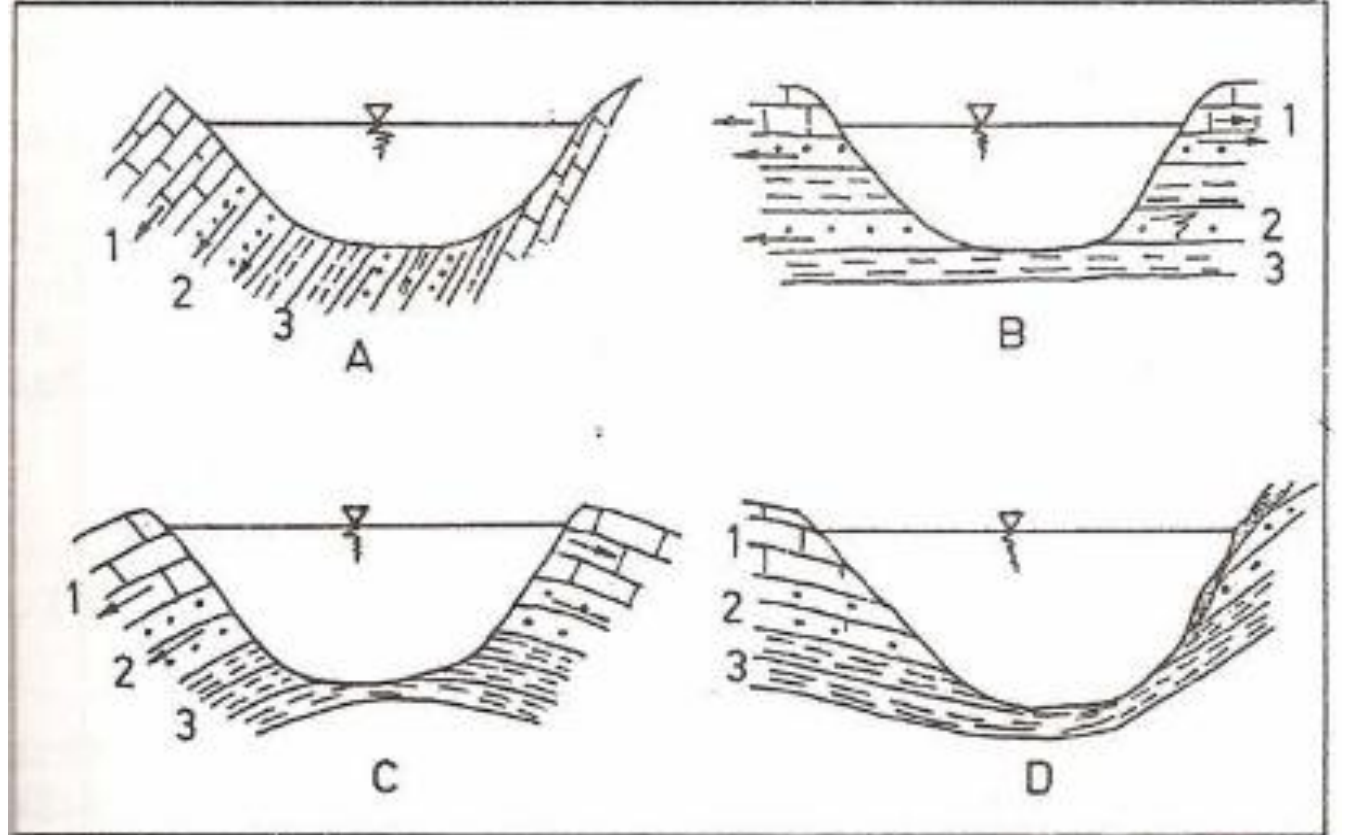
Baraj tipi seçiminde bu orandan yararlanılır ve vadi şekli faktörü (K) deyimiyle belirtilen sayısal değerler kriter olarak alınır. Baraj yapılması düşünülen yerde vadi şekli faktörü, baraj tepe uzunluğunun-baraj yüksekliğine oranıyla tariflenir

JEOLOJİK YAPININ ETKİSİ

Baraj yerinde değişik litolojideki kayaların içerdęi süreksizliklerin (tabaka, çatlak vb.) doğrultusu baraj, eksenine dik ya da paralel olabilir. Dik olması halinde baraj gölündeki su geçirimli kayalar boyunca, baraj gölü dışına kaçacaktır. Geçirimli kayalar, baraj gölünden mansap tarafa doğru uzandığından geçirimsiz hale getirilmeleri hemen hemen imkânsızdır.

Süreksizlik doğrultusunun baraj eksenine paralel olması halinde iki olasılık vardır. Tabakaların eğimi, menbaya ya da mansaba doğru olabilir. Baraj yeri için ideal durum tabakaların menbaya eğimli olmasıdır. Bu halde geçirimli kayalardaki sızma ve süzölmeler baraj gölüne doğru olur.

Eğimin mansap tarafına olması halinde sızma ve süzölmeler baraj gövdesi altından ve göl alanından, barajın mansap tarafına doğru olur. Ayrıca geçirimli kayalardaki suyun kaldırma kuvveti etkili olur ve özellikle beton ağırlık barajlarda mansap tarafa doğru kayma olabilir. Bu durumların önüne geçmek için barajın menba eteğinin geçirimsiz kayalar üzerine gelmesine dikkat edilir. Ayrıca enjeksiyon perdesi yardımıyla sızma yolu derinleştirilerek uzatılır.



Şekil 5.9: Tortul kayalarda süreksizlik yüzeyleri doğrultusunun baraj eksenine dik olması durumu (Zaruba ve Mencl, 1976) (1- Yarı geçirimli, 2- Geçirimli, 3- Geçirimsiz kayalar).

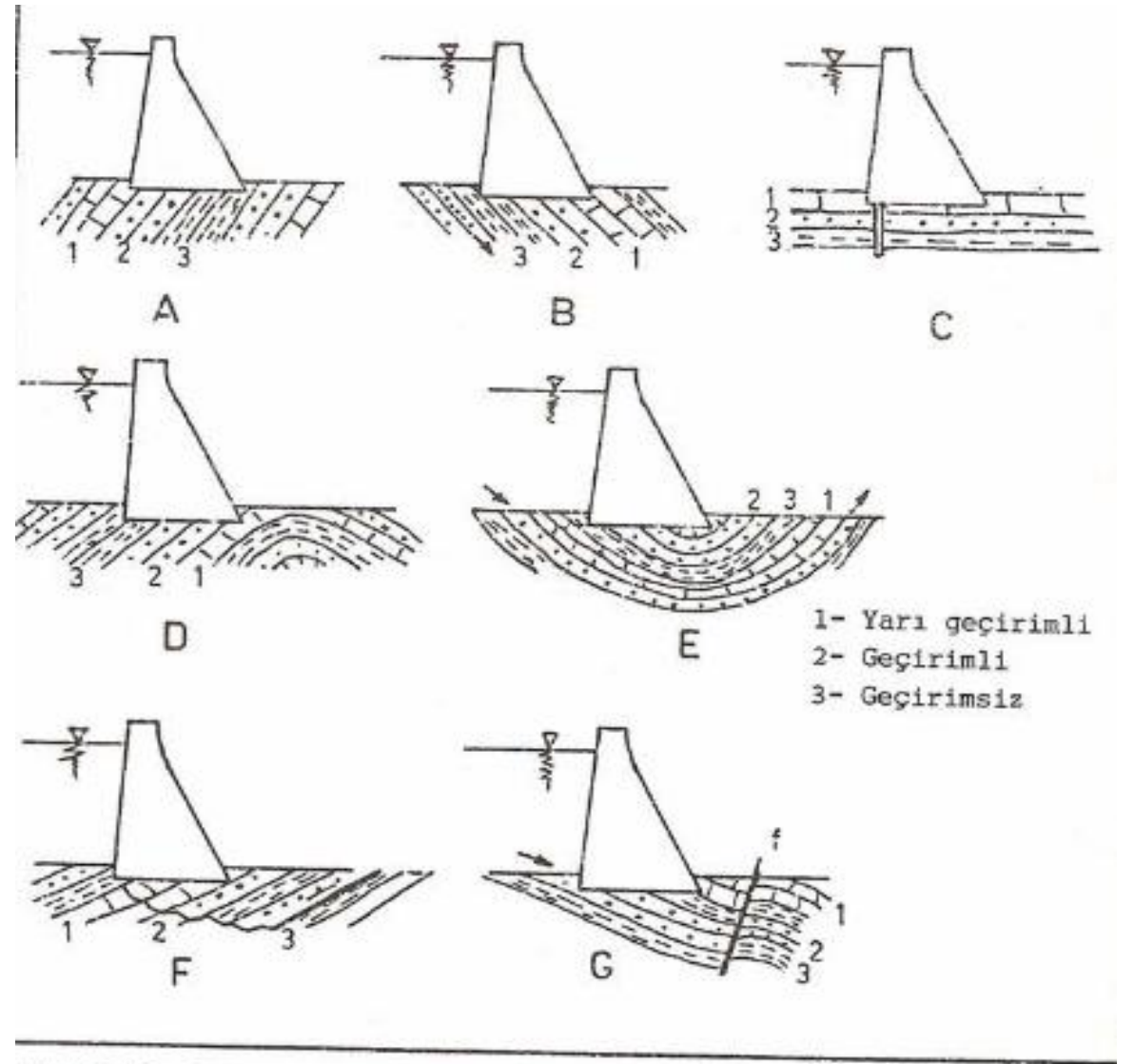
Tabaka eğimlerinin hafifçe menbaya doğru eğimli olması durumunda, baraj ağırlığının ve diğer kuvvetlerin etkisi ile bir kısım temel kayası, baraj mansabına doğru hareket edebilir. Bazı hallerde fayların etkisi ile geçirimli tabakalardan kaçan sular, barajın mansabında tekrar yüzeye çıkarak yeni kaynaklar oluşur.

Tabakaların yatay olması halinde baraj gövdesi altında geçirimsiz perde, geçirimsiz kayalara kadar uzatılır. Bu halde su kaçaqları baraj gölünden yan taraflara doğru olur.

Baraj yerinde antiklinal türü bir jeolojik yapı olması halinde, baraj antiklinalin menba tarafındaki kanadı üzerine yapılmalıdır. Bu halde geçirimli tabakalardan kaçan sular baraj gölü tarafına hareket eder. Eğer baraj antiklinalin mansap kanadı üzerinde olursa, kaçan sular göl sahası dışına doğru hareket ederek, baraj gölünde suyun azalmasına neden olur. Bu durumlarda antiklinal eksenini, baraj eksenine paraleldir.

Eksenlerin birbirine dik olması halinde ise baraj gölünden su baraj gövdesi altından ve göl alanında yamaçlardan baraj dışına doğru kaçar. Baraj yerinde kayaların senklinal yapması halinde de baraj eksenini senklinal eksenine birbirine paralel ve dik olabilir. Dik olmaları halinde, su geçirgen tabakalar boyunca kaçacaktır. Ayrıca yamaçlarda kitle hareketleri görülebilir.

Kitle hareketi sonucu baraj gövdesinde hasar ve yıkılmalar oluşur. Kaymaların göl alanında olması durumunda ise göl alanı kayan malzeme ile dolar ve baraj yararsız duruma gelir (İtalya'da 1963 yılında Vaiont barajında olduğu gibi). Eksenlerin birbirine paralel olması halinde ise geçirimli tabakalardan sızan sular, baraj dışına doğru hareket ederek baraj da suyun toplanmasına olanak vermezler.



Şekil 5.10: Tortul kayaların doğrultusunun baraj eksenine paralel ve değişik yönde eğimli olması (Zaruba ve Mencl, 1976).

HİDROLOJİK VE HİDROLİK DURUM

Barajın toplayacağı su miktarı, beslenme alanına düşen yağış miktarına, yağış süresine, buharlaşmaya ve akarsuyun debisine bağlıdır. Bu veriler, beslenme alanı ve akarsuda yapılan gözlem ve ölçülerle toplanır. Verilerin sıhhati, gözlem süresi ile doğru orantılıdır. Bu nedenle gözlem süresi 10 yıldan fazla olmalıdır. Barajın amacı ve toplanacak su miktarı göz önüne alınarak baraj yeri saptanır. Ayrıca taşkın suyunu boşaltacak dolu savak yeri şekli ve büyüklüğü, baraj yeri ve tipi üzerinde önemli rol oynar. Örneğin dolgu tipinde planlanan bir barajda, dolu savağın yerleştirileceği yamaçların kazı için uygun olmaması (kitle hareketi, kazı miktarı vb.), ya da uygun topografik koşulların bulunmaması, dolu savağın üstten yapıldığı beton baraj tipine çevrilir. Bazen da barajın bir kısmı dolgu, bir kısmı beton olarak yapılır (Keban barajında olduğu gibi). Bugün pek çok ülkede, yeterli ve sıhhatli hidrolojik veri toplanmadan inşa edilen barajlar, yeterli suyu depolayamamış ve gereğinden fazla yüksek yapılmıştır.

BARAJ YAPIMINDA KULLANILACAK MALZEME TEMİNİ

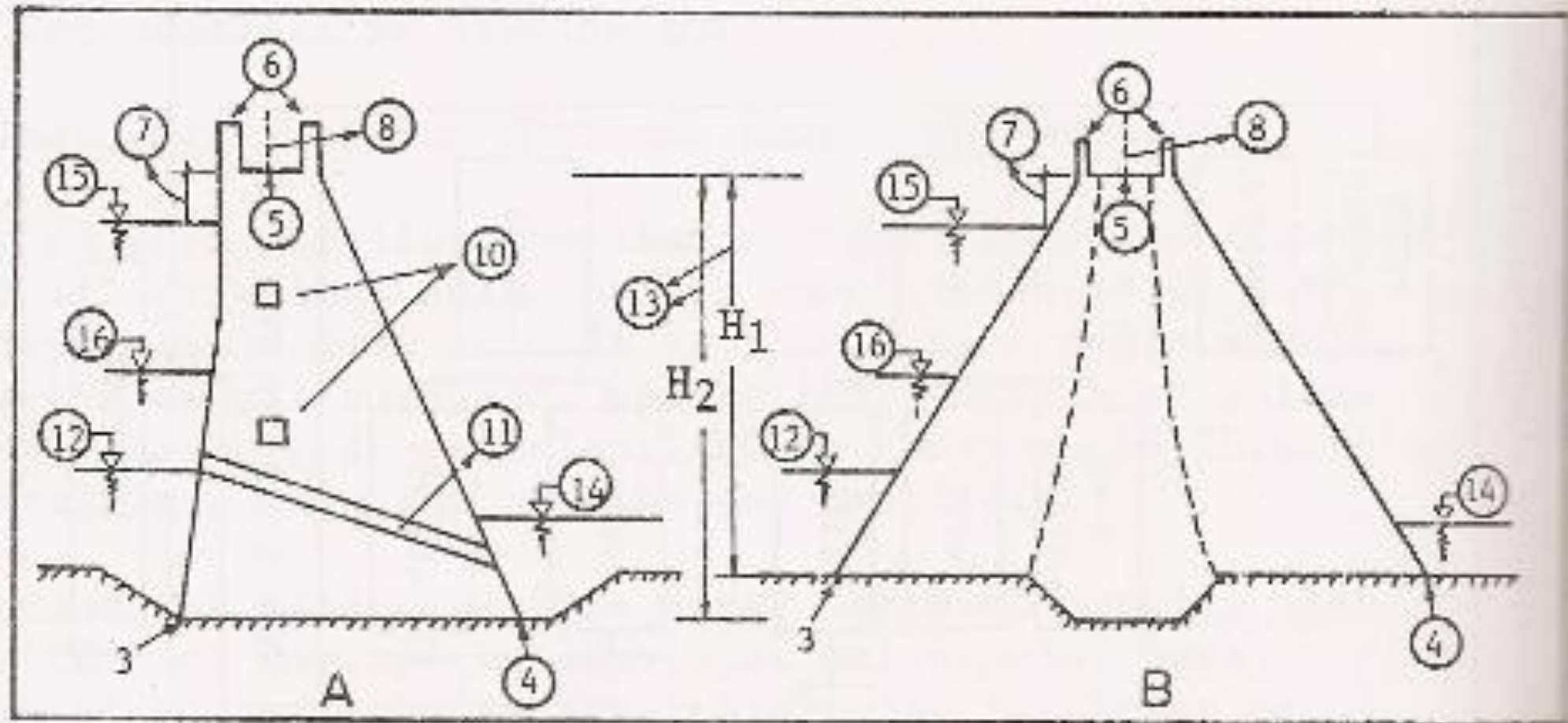
Baraj tipi ve yeri seçiminde, baraj yapımında kullanılacak malzemenin uygun nitelikte, yeter miktarda ve baraj yerine yakın olması gerekir. Malzemenin yeter miktarda olmaması halinde, baraj yerinde yapılan çevirme tüneli ve dolu savak kazılarından çıkan malzemedan yararlanır. Kazılardan çıkan malzemenin de uygun nitelikte olması gerekir. Bu malzemenin uygun nitelikte olması halinde baraj tipi, kazı malzemesinin nitelik ve miktarının yetersiz olması halinde ise baraj yeri değiştirilir ve akarsu planlamasına uygun yeni proje hazırlanır. Örneğin Almus barajında dolu savak kazısından çıkan malzeme gövde ve filtre yapımında kullanılmıştır. Hirfanlı barajının yapımında kazılardan çıkacak malzeme göz önüne alınarak kaya dolgu tipte planlanan baraj, kazı malzemesinin uygun nitelikte olmaması sonucu kaya-toprak tipe dönüştürülmüştür. Önceden planlanan baraj tipinin değiştirilmesine dolu savak kazısından çıkan malzemenin % 80'nin uygun nitelikte (sağlam, ayrışmamış) olacağı düşünülmüş, fakat kazıda sağlam, ayrışmamış ve iri blokların ancak % 20 oranında olduğu görülmüştür. Baraj tipi ve yeri seçiminde, kullanılacak malzemenin baraj yerine yakınlık ve uzaklığı da etkili olmaktadır. Projenin ekonomik olabilmesi için malzeme ocaklarının baraj yerine yakın olması gerekir. Malzeme ocaklarının baraj yerine en fazla 20 km uzakta olabileceği uzmanlarca söylenir.

İKLİM KOŞULLARI

Baraj yapılması düşünülen bölgenin iklim koşulları, inşaat süresini dolayısıyla da baraj tipini etkiler. Yağışı fazla olan ve don yapan bölgelerde toprak barajın geçirimsiz ve yarı geçirimli bölgelerinde, malzemenin yerleştirilmesi zor olur. Bu nedenle bu tür yerlerde geçirimsiz çekirdeği ince olan baraj tipleri seçilmelidir. Don yapan bölgelerde ise beton dökülmesi zorlaşacağından ince çekirdekli dolgu barajları tercih edilmelidir. Gerçi günümüz teknolojisi bu tür güçlükleri yenebilecek yöntemleri geliştirmiştir. Bu yöntemlerin (ısıtma, sıcak su, buz kullanma vb. gibi) uygulanması genelde baraj maliyetini arttırmaktadır. Kurak bölgelerde ise toprak baraj gövdesinin kompaksiyonu, beton barajlarda betonun prizi esnasında soğutulması için gerekli suyun sağlanması önemli problemler oluşturur.

BARAJLARDA KULLANILAN ORTAK TERİMLER

- 1- Abatman (Abutment) : Barajın üzerine inşa edildiği vadinin her iki tarafındaki eğimli yüzeylerdir.
- 2- Vadi kesiti (river-channel section) : Baraj gövdesinin akarsu yatağında oturduğu kesimin enine kesitidir.
- 3- Baraj menba eteği (Heel of the Dam) : Barajın menba yüzünün temel kayasına oturduğu kısım.
- 4- Baraj topugu (Toe of the Dam) : Barajın mansap yüzünün temel kayasına oturduğu kısım.
- 6- Kenar duvarı (Parapet) : Baraj tepesinin her iki kısmında görülen duvarlar. Baraj tepesinin yol olarak kullanılması halinde emniyetli trafiği sağlar.
- 7- Serbest kısım (Freeboard) : Baraj tepesi ile maksimum su seviyesi arasında kalan kısım. Bu kısma dalga payı ya da emniyet payı da denir.
- 8- Baraj eksenini (Axis of the Dam) : Baraj tepesinin tam ortasından veya barajın menba yüzü tarafında tepenin kenarından geçen hayali çizgi.
- 9- Baraj kesiti (Dam Cross Section) : Barajın eksenine dik kesiti.
- 10- Galeriler (Galleries) : Baraj gövdesi içinde, baraj eksenine paralel, dik ve eğik olarak yapılmış boşluklar. Yapılma amaçları, gövdede olası sızmaları kontrol ve drene etmek ve sızıntıları önlemek için gerekli hallerde enjeksiyon yapmak.
- 11- Dip savak (Outlet Conduit) : ölü hacminin üstündeki suyu boşaltmaya yarayan tünel. Gerekli hallerde silt boşaltmada da kullanılabilir.
- 12- ölü hacim yüzeyi (Dead-Storage Water Surface) : Barajın içinde kalan, boşaltılmayan su yüzeyi. Bu hacim barajlarda toplanacak silti depolamaya yarar.
- 13- Baraj yüksekliği : Talvekten (H1) ya da Temelden(H2) baraj tepesine kadar olan mesafe (yükseklik).
- 14- Kuyruk suyu yüzeyi (Tailwater surface) : Barajın dolu savak, dip savak ya da türbinlerden çıkan suyun mansaptaki yüzeyi.
- 15- Maksimum su yüzeyi (Maximum water surface) : Baraj golünde su seviyesinin en yüksek olduğu (dolu savaktan akmadan) seviye.
- 16- Minimum su yüzeyi (Minimum water surface) : Baraj golünde faydalı şekilde kullanılacak en düşük su yüzeyi.
- 17- Dolu savak (Spillway) : Baraja maksimum su seviyesinin üstünde gelen suyu boşaltmaya yarayan kanal.
- 18- Çevirme tüneli (Diversion Tunnel) : Barajın gövde inşaatı sırasında akarsuyun yönünü değiştirmeye yarayan tünel.
- 19- Batardo (Cofferdam) : Barajın inşaatı esnasında akarsuyu çevirme tüneline girmesine yarılımcı ve akarsuyun inşaat sahasını basmasını engelleyen ufak barajlar. Menba ve mansapta olmak üzere iki adet bulunur



Şekil 5.3: Barajlarda kullanılan terimlerin şematik kesitlerde gösterilmesi. Beton baraj (A), Dolgu barajı (B).

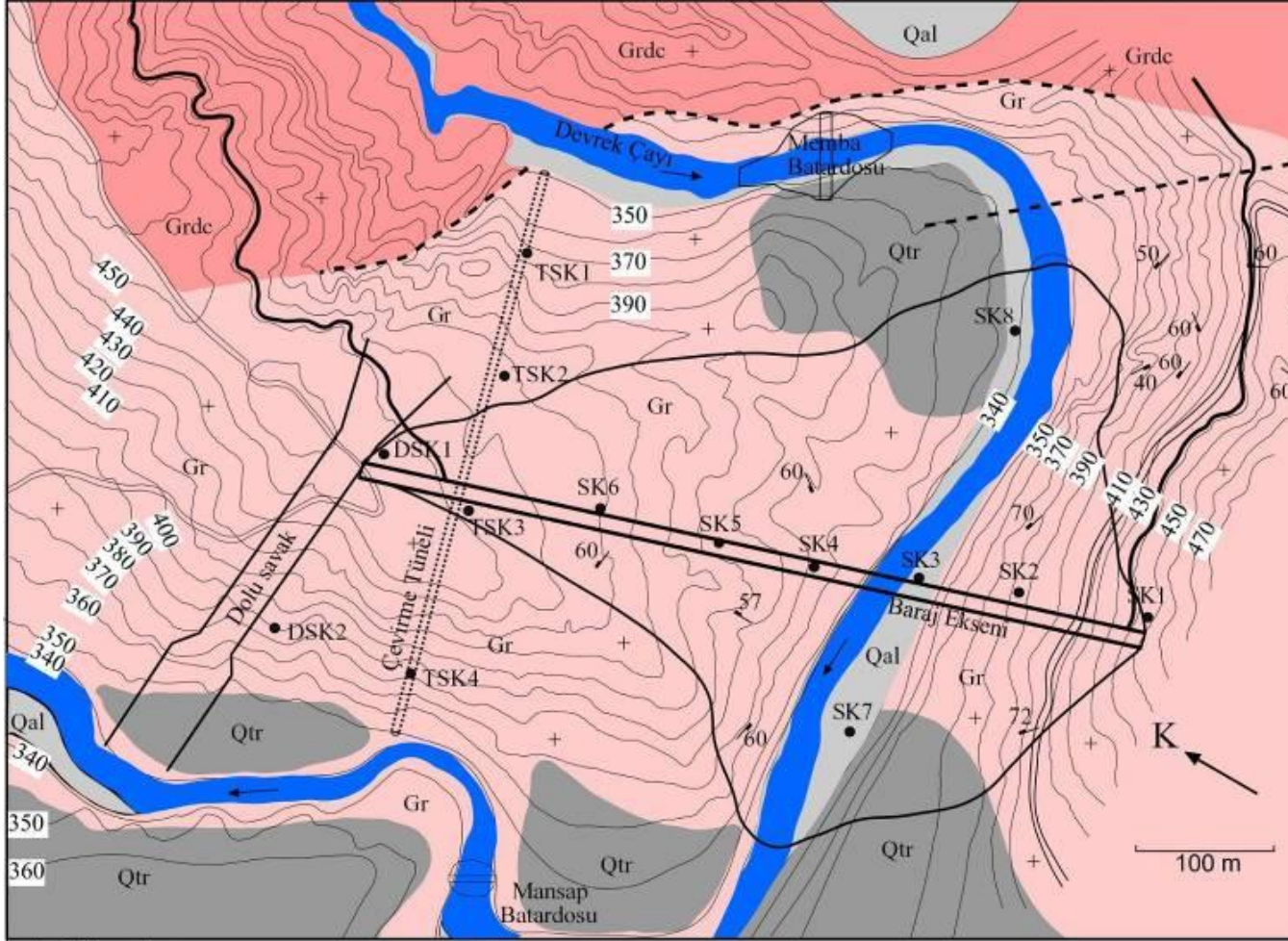
DOLU SAVAKLAR (SPILLWAYS)

Baraj gölü maksimum su seviyesine eriştikten sonra baraj gölüne gelen taşkın sularını baraj gövdesine ve gölalanı yamaçlarına zarar vermeden boşaltan kanallara dolu savak denir. Bu bakımdan dolu savaklar barajların emniyet vanalarıdır. Baraj tipine bağlı olarak üstten akan (over flow) ya da yandan çevirmeli (side-channel spillway) dolu savak isimlerini alır. Üstten akan dolu savaklar daha çok beton barajlarda (ağırlık, payandalı, kemer) yapılır. Beton + toprak kısmı barajlarda (Keban barajında olduğu gibi) ise beton kısım üzerinde inşa edilir. Dolu savak projelendirilmesi küçük barajlarda önemli olmamakla birlikte, büyük barajlarda, dolu savaktan akan su oldukça düzgün ve türbülanssız akmalıdır. Aksi halde dolu savak yüzeyinde su türbülanslı akarsa, farklı noktalarda oluşacak vakum ve kırılmaların etkisiyle oyulmalar meydana gelecektir. Oyulmalara baraj yüzeyi ile su arasındaki dokanakta meydana gelecek titreşimlerin de ilavesiyle, baraj gövdesinde büyük ve önemli hasarlar meydana gelebilir. Bu nedenle büyük barajlarda dolu savak projelendirilmesi büyük önem taşır. En basit üstten akan dolu savakta, baraj tepesi su altında kalır. Bazı hallerde baraj üstünde bir açıklık şeklinde normal (normal spillway), çoğunlukla da kapaklı (gate) olarak kontrollü dolu savak (normal control spillway) tipinde yapılır. Kapaklar elle ya da yarı otomatik ve otomatik olarak açılır veya kapatılır. Bu tür dolu savakların şekilleri genellikle dikdörtgen veya trapez şeklinde olur.



Bolu, Köprübaşı Barajı Dolu Savak İmalatı

BARAJ YERİ MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ HARİTASI VE KESİTLERİ



Jeoloji

Yapı yerleri

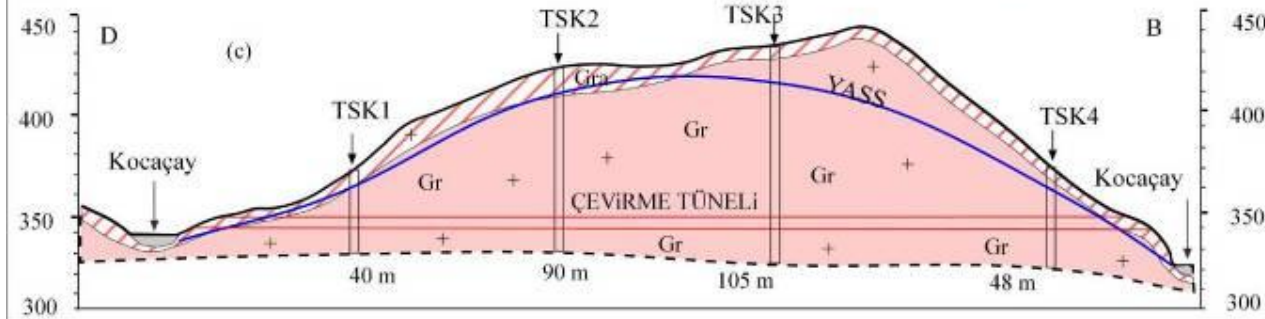
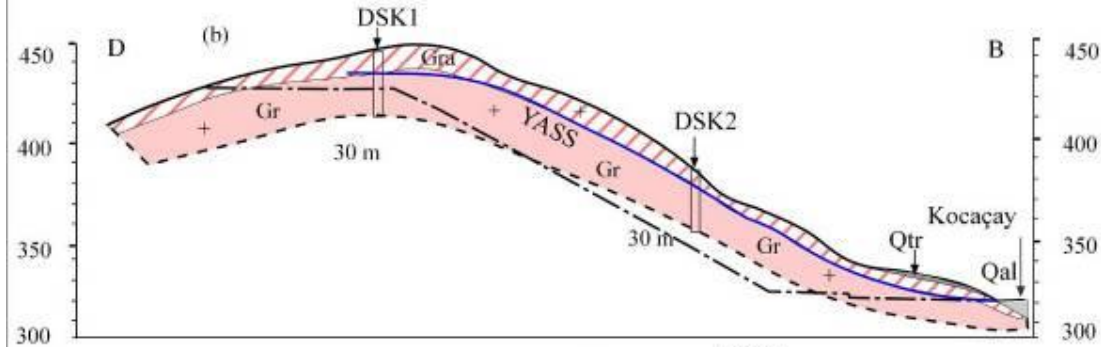
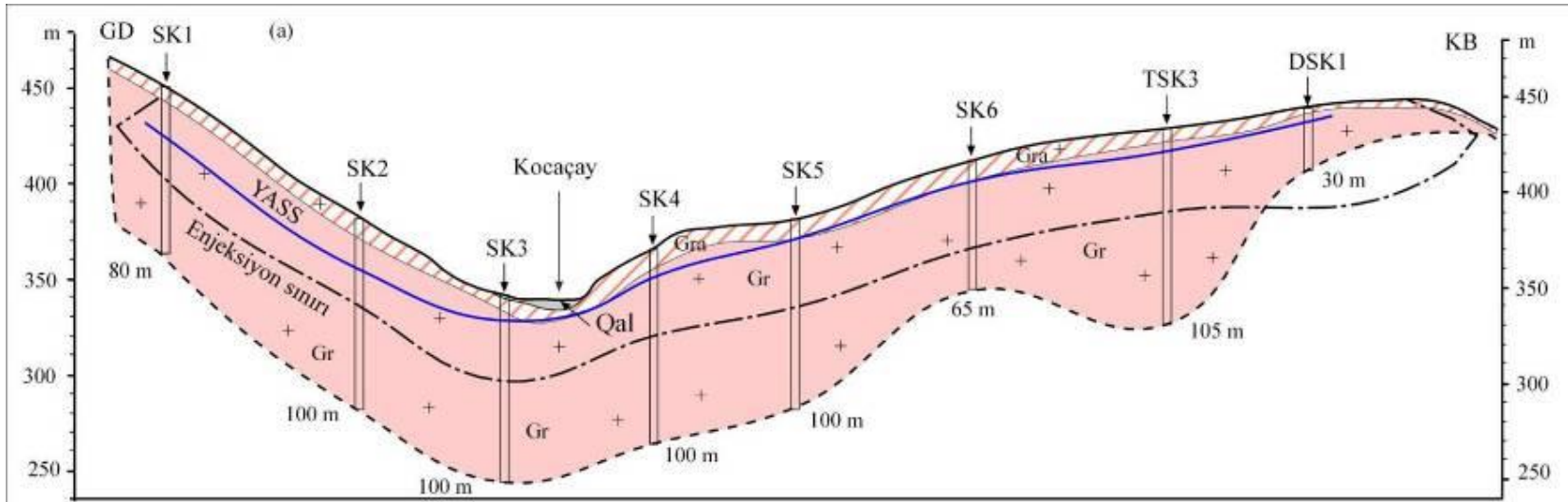
Eksen yeri ve sondajlar, jeofizik ölçüm

yerleri/hatları

Kaya kütlesi bulunması halinde süreksizlik
yönelimleri

Açıklamalar

Kuvaterner	Qal	Alüvyon	Jura	Grdc +	Granodiyorit İnce kristalli	60	Eklem doğrultu ve eğimi
	Qtr	Taraça		Gr +	Granodiyorit İri kristalli	• SK5	Sondaj yeri ve numarası
						- - -	Fay
						→	Derenin akış yönü



AÇIKLAMALAR

SK5	Sondaj yeri ve numarası
Qal	Alüvyon
Qtr	Taraça
Gra	Ayrılmış, iri kristalli
Gr	Granodiyorit

Jeoloji

Yapı yerleri

Eksen yeri ve sondajlar, jeofizik ölçüm yerleri/hatları

Yapısal unsurlar

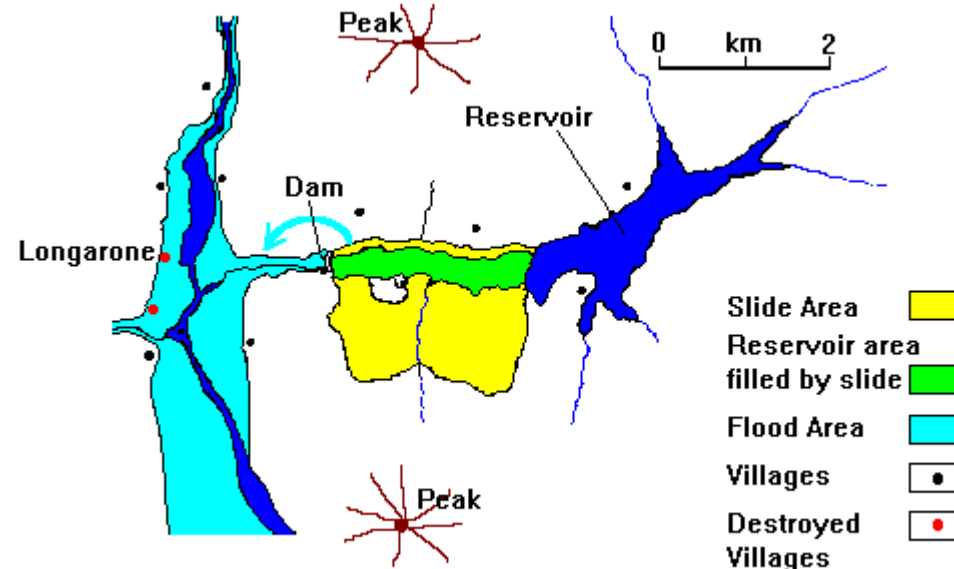
Kazı sınırı

Enjeksiyon sınırı

Yeraltı Su Seviyesi

VAJONT BARAJI

1959 yılında imal edilen baraj (İtalya) rezervuarında oluşan büyük çaplı heyelan ile su baraj gövdesini aşmış ve 1963 yılında oluşan mega tsunami ile 50 milyon metreküp su 250 m yükseklikteki gövdeyi aşarak 1910 insanın ölümüne neden olmuştur.



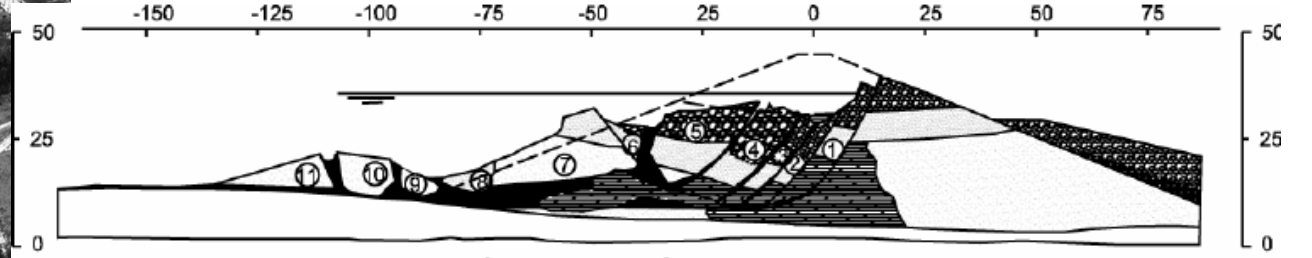
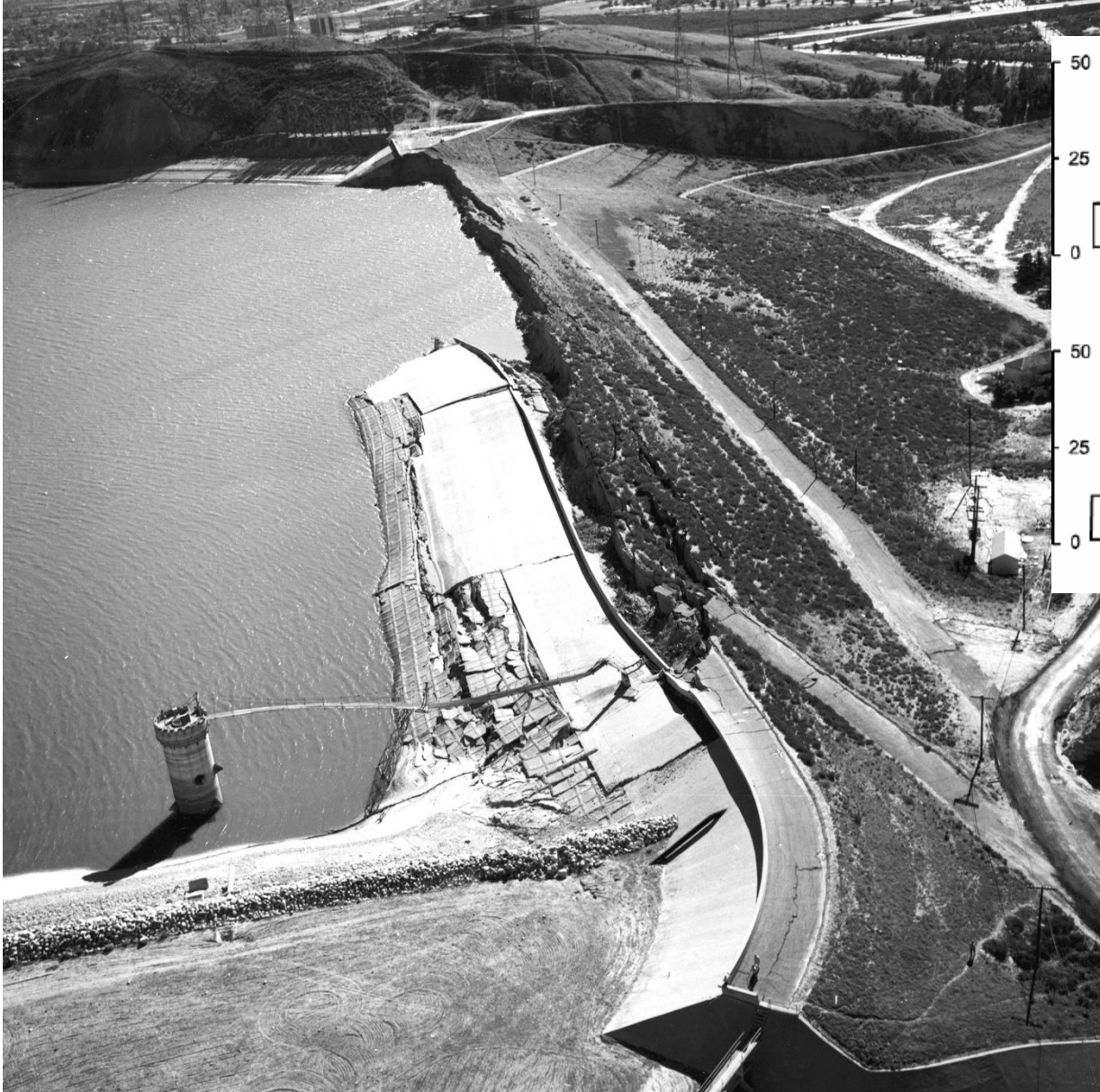
TETON BARAJI

Baraj 1976 yılında imal edilmiştir (Idaho, ABD). Toprak dolgu baraj çekirdeğindeki geçirimli l6s malzemesinin ve kaplamadaki kırıklı/çatlaklı riyolitin rezervuardaki su basıncına yenilmesi olarak değerlendirilmiştir. Çekirdekteki materyalin farklı noktalarındaki değişken deformasyonlar ve özellikle hidrolik kırılma ile başlayan su sızıntısı gövdenin yenilmesine neden olmuştur.

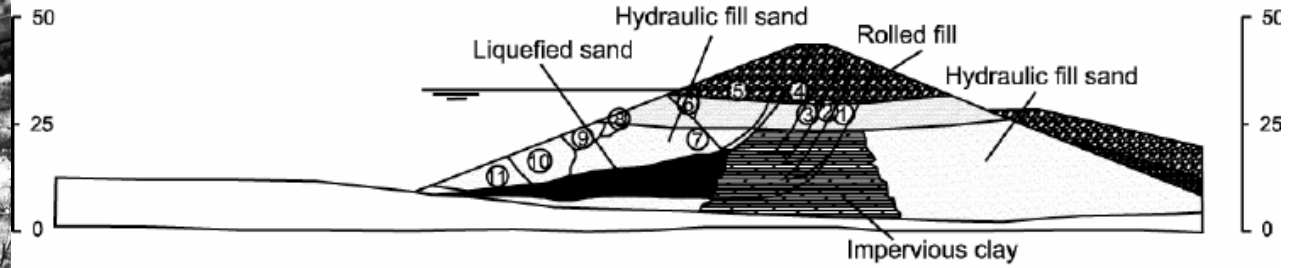


St. FRANCIS BARAJI

Kil çekirdekli toprak dolgu olarak imal edilen barajda 1971 yılında 6.6 magnitüdü deprem sonrasında gövdede yenilme gerçekleşmiştir. Çekirdek dışında bulunan kumlu zemin deprem etkisi altında sıvılaşma yenilmesine maruz kalmıştır.



Cross section after the earthquake



Reconstructed cross section