

AMERİKA'DA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI

Ali İPER

Elektrik İşleri Etüd İdaresi, Ankara

Mühendislik jeolojisi, bilindiği gibi, jeoloji ilminin mühendislik problemlerine tatbikidir. Mühendislikte hacımlar, hızlar, ağırlıklar hep rakam ve birimlerle ifade edilir. Halbuki zeminin bünyesi böyle bir yakınlaştırmaya birçok zaman müsait değildir. Sağlam zeminin bulunduğu yeri katî olarak tesbit etmek, veya bir zeminin geçirgenliğini formül ile hesaplamak birçok hallerde mümkün değildir. Jeolojik neticeler lüzumlu tahminlerdir. Bir jeologun temin edeceği fayda, bu tahminleri asgariye indirebilmesidir.

Zeminin üstünde veya altında inşa edilecek herhangi bir yapıyı bir jeolojik olay neticesinde meydana gelmiş bir kitleye istinat ettirmek mecburîyetinde bulunduğumuzdan, yapının bulunduğu yerin temel durumu proje ve maliyete tesir eder. Herhangi bir yapının oturacağı zeminin toprak veya kayadan müteşekkil olması yapının tipine tesir eder ve bazı lüzumlu ıslah tedbirlerinin alınmasını gerekli kılar.

Jeolojinin bu gibi küçük inşaattaki tesiri bu mevzu ile meşgul olan kimselerce malûmdur ve bu tesir mühendis veya inşaatçı tarafından insiyaki olarak nazarı itibara alınır. Herhangi bir mühendis fazla müşkülâta raslamadan tesisi jeolojik duruma intibak ettirmek suretiyle, projesini hazırlıyabilir ve inşasını idare edebilir.

Mühendisler daha büyük ve daha mürekkep yapılarla meşgul oldukları zaman, bu yapıların istinat edeceği jeolojik formasyonlara uymaları hususuna itina gösterirler. Büyük yapılarda o derece büyük tazyikler husule gelir ve tesisler o kadar büyük saha kaplar ki, yapının maksadına hizmet etmesini mümkün kılmak ve yıkılma tehlikesi göstermeden asgari maliyette olmasını temin etmek üzere proje hazırlanması devresinde mahallin tafsilâtlı jeolojisinin, kullanılacak malzemesinin evsafının, temel taşıma, nüfuziyet emsalinin ve hafriyatındaki kolaylık derecesinin

bilinmesi iktiza eder. Bu gibi yapıları ilgilendiren meselelerin şümulü bulunması dolayısıyla, böyle meselelerde ancak bu işlerde mütehassıs olan kimselerin bulunması ve meşgul olması icabeder. Bazan küçük yapılarında bile mütehassısların meşgul olmasını icabettirecek mühim meselelere raslanılması mümkündür.

Bir mühendisten jeolojik meseleleri halletmesi beklenemez. Fakat ne zaman bir jeologun hizmetlerine ihtiyaç olabileceğini tâyin ve bunların tevhit edeceği meseleleri bilmesi lâzımdır.

Memleketimizde mühendislik jeolojisi üzerinde çalışmalar kısa zamanda geniş inkişaf kaydetmiştir.

Amerika'da bilhassa St. Francis barajının yıkılmasından sonra bu çalışmalar önem kazanmışsa, bizde de bugün herkesin bildiği May barajı problemi meydana çıktıktan sonra, bilhassa D.S.İ. de daha da inkişaf etmiş olup, bu çalışmalar üzerinde fazla hassasiyet göstermektedir.

Jeofizik metodların mühendislik jeolojisi hizmetlerine tatbikatı birçok hallerde başarılı sonuçlar vermektedir. Zemin mekaniği ve rock mechanics üzerindeki çalışmalar büyük ölçüde temel problemlerinin halledilmesini mümkün kılmaktadır.

Ancak bütün bu imkânlarla rağmen, bazı hallerde yanlış kıymetlendirme yüzünden tatbikatta birçok hatalar ve müşkülâtlar zuhur etmektedir.

Amerika'da mühendislik jeolojisi ile meşgul olan müesseselerden Corps of Engineers (Askerî Mühendislik Bürosu), Bureau of Reclamation (Nehir İslah Bürosu) ve United States Geological Survey mevcuttur. Ayrıca birçok eyaletlerde Water Supply Department'lerle müşavirlik büroları bu mevzular üzerinde faaliyet gösterirler. Ben burada Corps of Engineers ve Bureau of Reclamation'da büro ve muhtelif proje sahalarında yapılan çalışmaların bazılarına temas edeceğim.

Askerî Mühendislik Bürosu, daha ziyade doğu ve güney Amerika'da büyük mühendislik yapılarıyla meşgul olmaktadır. Bilhassa Mississippi ve onun kolları üzerinde nehir ıslahı (navigation), enerji istihsali ve feyzan kontrolü gayesine matuf baraj etüd, proje ve inşaatlarıyla meşgul olmaktadır. Bunlar, kapasite ve maliyet bakımından hakikaten büyük projelerdir. Meselâ Texas'taki San Angelo barajı 12 435 feet uzunlukta ve

maksimum 39 metre yükseklikte dik toprak bir barajdır. 1953 te inşaatı ikmal edilen bu baraj leakage bakımından halen problem arzietmekte ve su zayıyatını durdurmak için enjeksiyonlar yapılmaktadır.

Tennessee eyaletinde 1919 senesinde inşaatı ikmal edilmiş bulunan Hales Bar barajı temelde su zayıyatı bakımından halen problem göstermekte ve gövde altından 2 m³/sn civarında su zayıyatı meydana gelmektedir.

Enerji istihsali noktai nazarından kayıp ve baraj stabilitesi bakımından tehlikeli olan be durumu ıslah için her sene muayyen bir enjeksiyon tatbik edilmektedir. 1960 ta 800 000 dolar bu ıslah ameliyesine sarf edilmiş, fakat katı bir netice alınamamıştır.

Askerî Mühendislik Bürosu, temel etüdülerinde diğer müesseselere nazaran daha detaylı çalışmaktadır. 36 inç çaplı Calix sistemi sondaj ve bore-hole camera ile sondaj kuyularının filimlerinin alınması ve bunların mücessem olarak bir aletle gösterilmesi daima tatbik edilen usullerendir. 50 den fazla tetkik ettiğim baraj yerlerinde hâkim bir durumda olan rüsubi seriler pek az hareket geçirmiş olup, ufki yahut geniş kıvrımlar yapan Paleozoik teşekküller üzerinde bulunuyordu. Bizdeki gibi mühim temel problemlerine nadiren raslanmıştır.

Büyük mikyasta karstik inkişaf, faylı bölgeler ve kaim alüvyal dolgu problemleriyle nadiren karşılaşmaktadır. Meselâ Illinois'de ufki tabakalı Paleozoik kalkerleri üzerine inşa edilmiş bulunan Coralville toprak barajında temel ıslahı için enjeksiyona hiç lüzum görülmemiştir. Fakat problemlerin bu kadar az olmasına rağmen, baraj temel araştırmalarında indikleri detaya bilhassa işaret etmek isterim.

Vasati olarak baraj sahalarında projenin vüsatine göre 50-300 adet civarında sondaj 2-3 adet Calix sistemi sondaj ve ayrıca lüzum görülürse, 6-8 kuyuda enjeksiyon tecrübesi ve karot yüzdesi düşen ve su zayıyatları fazla olan kuyuların bore-hole camera ile filimlerinin alınması lüzumlu çalışmalar arasında görülmektedir. Bu mevzudaki çalışmalarda mühendis ve jeologlar arasında devamlı ve sıkı bir işbirliği yapılmaktadır.

Hales Bar Barajı (Tennessee)

Bu baraj Tennessee ırmağı üzerinde olup, nehir ıslahı, feyezan kontrolu ve enerji istihsali gayesine matuftur. 1919 senesinde inşaatı ikmal

edilmiştir. Amerika'da ilk inşa edilen barajlardandır. Baraj beton ağırlık tipinde olup, yanlara doğru toprak kuyruk barajı kısımlarını ihtiva etmektedir. Baraj yeri Paleozoik yaşlı kalkerler üzerinde olup, talvegde vadiye paralel iki fay geçmektedir. Kalkerler bazan oolitlik ve bazı kısımlarda kalkerli şeyl halindedir. İnşaattan sonra mansapta fazla miktarda su kaçakları görülmüştür. İki hafta sonra meydana çıkan bu kaçaklar yapılan bütün ıslah ameliyelerine nazaran $2 \text{ m}^3/\text{sn}$ civarındadır. Baraj mahalli tarafımdan ziyaret edildiği zaman, 15 metre derinliğe kadar çimento ve asfalt karışımı enjeksiyonlar devam etmekteydi. 1960 ta bu ıslah ameliyesi için 800 000 dolar sarf edilmiştir. Enerji istihsali bakımından kayıp olduğu gibi, esas itibariyle baraj stabilitesi için kaçakların inkişafı tehlike teşkil etmektedir. Baraj aksının tam manâsiyle etüd edilmemiş olması, hafriyat ve ıslah ameliyelerinin o tarihte lâyıkı veçhile bilinmemesi bu problemin meydana gelmesinde esas olarak görülmektedir.

Red Rock Barajı (Illinois)

Des Moines ırmağı üzerinde feyzan kontrolü ve enerji istihsali gayesi ile inşa edilmektedir. Baraj irtifai 34 metre, kret uzunluğu 1730 metredir.

Baraj projesi dolu savak kısmı beton ağırlık tipinde olup, yanlarda toprak dolgu kısımlarını ihtiva etmektedir. Baraj yerinde, vadide kalınlığı 10 metreyi bulan ve umumiyetle geçirimli olan dolgular tesbit edilmiştir. Üstten itibaren. 3-4 metre kalınlıkta kurulu killer, daha altta 5-6- metre kalınlıkta kumlu çakıl (glasiyal) depozit mevcuttur. Bunların arasında bazı moren blok ve çakılları tesbit edilmiştir. 70 x 70 x 50 ebadında, daha altta kumtaşı, kalker ve şeyller bulunmaktadır. Kumtaşları hâkim durumdadır. Yapıları araştırmalarda, talvegden 25-30 metre derinde jipsli seriler tesbit edilmiştir. Bunların kalınlıkları 5-6 metre civarındadır. Bu jipsli serinin üst kısımlarında killi tabakalar, alt kısmında da dolomitik ve silisli şeyller bulunmaktadır. Baraj aksının sağ yamacında mahdut bir sahada daimî olarak gaz intişarları bulunmaktadır. Burada yapılan araştırmalarda, bazı kömür damarları ve pirit teşekkülâtı geçilmiştir. Baraj yerindeki tetkikatım esnasında sağ tarafta bulunan toprak dolgu inşa edilmekte ve hafriyat temizliği yapılan yerlerde enjeksiyonlar yapılmaktaydı. Ayrıca vadinin sol tarafında inşa edilecek beton ağırlık tipindeki dolu savak temelinde 36 inç çaplı 1 Calix sondajı açılmaktaydı. Bu

tetkik, kuyu içerisine indirilecek bir jeolog vasıtasıyla yapılacaktır. Baraj yerinde yapılan araştırmalarda jipsli serilerin 25-30 metre derinde olmaları ve imtidatsız mercekler halinde görülmeleri, bunların her hangi bir problem tevhit etmeyeceği ve hâkim durumda olan kumtaşlarının yeter miktarda taşıma mukavemetine sahip oldukları neticesini çıkarmıştır.

Canyon Dam (Texas)

Kret uzunluğu 1345 metre, maksimum irtifacı 65 metre, zemin Kretase yaşlı ufki tabakalı kalker ve şeyller üzerindedir.

Reconnaissance, planning ve construction safhalarında detaylı araştırma yapılmıştır. NX çapında 300 sondaj, 1 adet Calix sondaj, 6 inç çaplı 800 metre tul sondaj yapılmıştır.

İnşaatin yapıldığı bu keşide geçmeden evvel, yedi aksta araştırma yapılmıştır.

Gövdenin altında vadiye paralel iki fay tesbit edilmiştir. Bu fayın şakuli röjesi 8 metredir; ayrıca dolu savakta şakuli röjesi 33 metre olan bir fay vadiye paralel olarak inkişaf etmektedir. Proje sahası aktif bir zelzele bölgesi içerisinde bulunmadığından, fay zonları ancak geçirimsizlik noktai nazarından problem olarak ele alınmış ve buralarda enjeksiyonlar sıklaştırılmıştır.

Willard Bay Dike: Salt Lake City (Utah)

Su depolama gayesiyle inşa edilmiştir. 19 km uzunluğunda ve 10 metre yüksekliğindedir. Rezervuar hacmi 220 milyon m³, memba şevi 1/10, mansap şevi 1/2 olarak yapılmıştır. İnşaat ve katı projeden sonra tecrübe mahiyetinde bir şedde yapılmış ve 2 metrelik bir oturma bu şeddede tesbit edilmiştir. Şedde güzergâhında en mühim problemi settlement (oturma) teşkil etmektedir.

Monticello Barajı (California)

Putah ırmağı üzerinde olup, 1955 te inşaatı ikmal edilmiştir.

Tipi beton kemer, irtifacı 85 metre, kret uzunluğu 312 metredir. Temel zemini 75° ile mansaba meyilli kumtaşı, siltaşı ve şeyl aratabakalarını havi, hakikî vaziyette kumtaşları bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda tabaka meylinin mansaba dolmasının geçirimsizlik nazarından problem

teşkil etmediği anlaşılmıştır. Kumtaşı, silttaşı ve şeyllerin fazla eklemli ve tahallül etmiş olmaları dolayısıyla, inşaat esnasında fazla hafriyata lüzum görülmüştür. Perde enjeksiyonunda ortalama olarak metre tulle 76 kg çimento gitmiştir.

California Central Valley Projesi

«Great Valley of California» diye isimlendirilen ovanın irtifai 60 m dir. Ova takriben 500 km uzunluğunda ve 80-100 km genişliktedir. Bazı kotlarda deniz seviyesine göre irtifa 5-10 metreyi bulmaktadır. Ova senkinal bir yapı üzerinde bulunmaktadır. Ovanın batısında iltivalanma istikametine paralel olarak San Andreas fay hattı 300 km imtidat etmektedir. Ufki röje 1906 zelzelesinde 7 metre olduğu tesbit edilmiştir.

San Luis Projesi

Central Valley projesinin mühim ünitelerinden birini teşkil etmektedir.

Senelik yağışın 6 inç civarında bulunması, burada sulama problemlerine önem verilmesini icabettirmiştir. Ovada en mühim sulama Delta Mendota kanaliyle yapılmaktadır. 120 m³/sn kapasitede olan bu kanal 198 km uzunluğunda bulunmaktadır. Bu kanal sularını Sacramento ırmağından alır ve sulamada kullanıldıktan sonra, San Joaquin nehir vadisine deşarj yapar. Kış mevsimi dolayısıyla bu kanaldan gelen, fakat sulamada kullanılmıyan suların Foreboy baraj yerinde ve oradan da motopompalarla San Luis rezervuarında toplanması plânlanmıştır. Bu iki rezervuarda sulama mevsimi haricinde depo edilecek sular yazın sulamada kullanılacaktır. San Luis barajı yerinde araştırma, plânlama ve tatbik proje safhalarında mütaaddit temel araştırmaları ve sondajlar yapılmıştır. Sağ ve sol yamaçta iki yerde araştırma hendeği açılmış olup, 700 metre uzunluğunda ve vasati 1 metre derinliktedir. Rezervuarda 30 inç çaplı Power Auger malzeme araştırma kuyuları açılmıştır.

Aksta alüvyon 50 metre kalınlıkta ve 400 metre genişliktedir. Araştırma hendekleriyle, fayların baraj sahası ile ilgili durumu tetkik ve tesbit edilmektedir.

Power Auger sondaj makinaları kamyon üzerine bindirilmiş olup, Rotari sistemi ile çalışır, saatte 40 feet ilerlemek mümkündür. Kuyu çapı 30 inçtir. Bu sondaj makinalarına saatte 30-35 dolar bedel ödenmektedir. Bu makinalarla su tablasının altındaki malzeme de etüd edilmektedir.

San Luis projesi için tasarlanan baraj kret uzunluğu 4185 metre, maksimum irtifa 106 metre. Baraj yeri kumtaşı, silttaşı ve konglomeradır. Alüvyonun kaim olması, core trenching temel kayaya kadar uzatılması ekonomik olarak mütalâa edilmemektedir. Membaa doğru sızma tübünü uzatmak için 450 metre tulde bir blanket düşünülmektedir. Bu durum kısmen piping hâdisesini önliyecektir. San Luis projesinde en mühim problem olarak kanal güzergâhının geçeceği alüvyal dolgudaki subsiding (oturma=çökme) ler görülmektedir. 170 metre tulde ve 200 m³/sn kapasitede olan bu kanal civarında iki türlü çöküntü meydana gelmektedir. a) Shallow subsiding (sathi çöküntüler); b) Deep subsiding (derin çöküntüler). Bu çöküntüler kanal güzergâhının 50 km lik kısmında görülmektedir.

Kanal güzergâhı 50 km lik kısımda umumiyetle kumlu siklerden (sn) müteşekkil olması düşük kesafet ve zayıf kohezyon ve toprak strüktürlerinin gevşek bir dokuda bulunması sebebiyle, su ile temas halinde bağlayıcı madde iltisakını kaybetmekte ve sulamadan sonra toprakta hacim değişiklikleriyle ilgili çöküntüler teşekkül etmektedir. Bu sikli malzeme arasında bazı jips parçalan ve çamur akıntıları bulunmaktadır. Bunlar 3-5 feet'lik çöküntüler halinde sulamadan sonra sahada görülmektedir.

Derin çöküntüler yeraltı suyunun çekilmesinden mütevellit meydana gelen hacim değişiklikleri olarak mütalâa edilmektedir. Bunlar sahada tesirlerini geniş mesafelerde göstermektedir. 5-10 senelik period esnasında 3-5 feet derinlikte çöküntüler teşekkül etmektedir. Delta Mendota kanalı üzerindeki köprüyü bugün sular yalıyarak geçmektedir.

Güzergâh üzerinde 3000 metre ara mesafelerle 70 metre derine inen sondajlar Failing 1500 ile yapılmaktadır. Her 5 feet'te bir örselenmemiş numune alınıp, lâboratuvara sevk edilmektedir. Çift karotyerin içerisine yerleştirilen ve «Thin Wall Open Drive Sampler» ile alınan bu numuneler üzerinde kuru ve yaş kesafet, rutubet muhtevası Atterberg limitleri, konsolidasyon, porozite ve petrografik çalışmalar yapılmaktadır. Bu sondajlarda tamamiyle çamur sirkülasyonu kullanılmaktadır. 50 kg bentonit 700 lt su ile karıştırılmaktadır. Örselenmemiş numuneler tamamiyle boru çakmak suretiyle alınmaktadır. Yapılan bu tecrübelerle göre kanal kotu tesbit edilecektir, ikinci hal şekli zemine muayyen mesafelerde su vermek ve çökmeyi buna göre hesaplamaktır. Bu araştırmaya California Water Development Research tarafından devam edilmektedir.

Trinity Projesi

Central Valley projesinin mühim ünitelerinden birini teşkil etmektedir. Billhassa sulama ve enerji istihsalı gayesine matuftur. Proje mühendislik noktai nazarından enteresandır. Aynı nehir üzerinde kademeli olarak inşa edilmekte olan üç baraj, iki enerji tüneli ve dört santral projenin esas ünitelerini teşkil etmektedir. Bahis mevzuu olan bu tesisler 100 km lik bir saha dahilindedir. Bu tesislerden elde edilecek enerji 384 350 kw olacaktır. Projeyi teşkil eden üniteler : Trinity barajı ve santrali, Whiskeytown barajı, Spring Creek tüneli, Rock Creek sifonu ve Spring Creek santrali ve Keswick barajıdır.

Trinity Barajı

Bu toprak barajın en mühim hususiyeti irtifa ve hacminin azametidir.

Baraj irtifai 164 metre, kret uzunluğu, 747 metre, gövde hacmi 28 milyon m³, tip kaya dolgu.

Temel metaandezit ve greenstone'lar üzerindedir (Devonien yaşında). Bazı kısımlarda riyolit, tüf ve breşlerini muhtevlidir. Dasit ve riyolit daykları bazı kısımlarda fazla tahallül ve kayma zonları teşekkül etmiştir. İnşaat esnasında vadide 10-15 metre kalınlıktaki alüvyal dolgular tamamıyla hafredilmiştir. Baraj gövdesinde dolguda tahallül etmiş ve çatlaklı andezitler sıkıştırılma suretiyle kullanılmıştır. Trinity barajında sol yamaçta malzeme alman yerlerde heyelan emareleri görülmüş ve bunlar santral binasını tehdit edecek bir duruma gelmiştir. Yamacın üst kollarında, 50-80 metre uzunluğunda imtidat eden 5-15 cm aralıklı çatlaklar müşahede edilmiştir. Heyelan bölgesinde yapılan sondajlarda üstte 30-40 metre kalınlıkta şeyi ve kumlu şeyler mevcut olup, bunların altında genel olarak greenstone'lar gelmektedir. Bunların arasında bazan dasit ve riyolit seviyeleri görülmüştür. Açılan kuyularda yeraltı su seviyesi rasatları sıhhatli bir şekilde OHM meter ile ölçülmektedir. Kuyu içine indirilen kablo suya değince rezistan farkından alet üzerindeki ibre hareket eder ve su seviyesi böylece tesbit edilir. Heyelân sebebi ve bunun ıslahı elde edilecek sonuçlarla anlaşılmalı olacaktır. Bu durum bize inşaattan evvel yapılacak temel araştırmalarında gövdede kullanılacak inşaat malzemelerinin alınacağı sahaların projeye zarar tevhit etmiyeceği şekilde planlanması zaruretini ortaya çıkarmaktadır. Aksi takdirde, bu gibi hataların tashihi

zor, masraflı ve bazı hallerde de imkânsız olabilir. Trinity rezervuarındaki maksimum göl kötüyle Keswik rezervuar arasında 533 m lik bir düşüm mevcuttur ve muhtelif kademelerle 384 350 kw enerji elde edilecektir.

Yellowtail Barajı (Montana)

Baraj yeri Bighorn ırmağı üzerinde olup, sulama feyezan kontrolü ve enerji istihali için projelendirilmiştir. Baraj yeri Paleozoik kalkerler üzerindedir.

Baraj tipi beton ağırlık, baraj irtifai 172 metre, baraj kret uzunluğu 487 metre.

Baraj yeri civarındaki araştırmalar 1946-1960 seneleri arasında yapılmıştır (3 kesit üzerinde). Buna göre, 190 adet sondaj 5700 metre tulde, bunlara ilâve olarak dört araştırma tüneli mecmu tul 500 metre ve lüzumlu malzeme etüdlü.

Aksta alüvyon kalınlığı 5-28 m arasındadır. Baraj aksında Alt ve orta Madison kalkerleri oldukça kesif, ortadan kalma doğru tabakalı ehemiyetsiz erime boşluklarını muhtevlidir. Baraj gövdesinin büyük bir kısmı santral yeri ve derivasyon tüneli bu kalkerler içerisinde bulunacaktır. Üst Madison kalkerleri, fazla breşli solüsyon boşluklarını muhtevi ve kırıklıdır. Su tazyik tecrübelerinde en fazla zayıat burada tesbit edilmiştir.

Baraj gövdesinin 25 m lik kısmı ve rezervuar bu kotlardan itibaren bu kalker zon içerisinde bulunacaktır. Baraj yerinin membaında bu Madison kalkerleri içerisinde üç büyük mağara tesbit edilmiştir. Araştırma tünelleri Orta ve Üst Madison kalkerlerinin kontaktında açılmıştır. Bu tünel içerisinde 15 metre ara mesafelerle sondajlar yapılmıştır. Satıhta mevcut olan bir fay tünel içerisinde fay breşi halinde görülmüştür. A tüneli içerisinde su kaçaklarıyla ilgili olarak flüoresein tecrübesi yapılmış olup, bu boşluklardan birine 96 saat devamlı olarak su verilmiş ve civar müşahedeye tabi tutulmuştur. Mecmu verilen su 706 000 galondur. Flüoresein izine nehirde ve taraçalarda raslanmamıştır. Ültraviyole lâmbalarla yamaç ve nehirde yapılan araştırmalarda flüoresein izlerine tesadüf edilmemiştir. Yapılan araştırma neticesinde, sağ ve sol yamaçta 1.5 km tulünde açılacak iki tünelden enjeksiyonlar yapılacaktır. Baraj inşaatına geçilmiş olmasına rağmen, tecrübe mahiyetinde enjeksiyonların yapılmamış olması ve 110 km tuldeki rezervuar su tutma durumunun

etüd edilmemiş bulunması, üzerinde önemle durulması icabeden hususlar arasındadır.

Boysen Barajı (Wyoming)

Baraj tipi toprak dolgu; baraj irtifai 73 metre, baraj kret uzunluğu 335 metre.

Temel Prekambrien yaşlı gnays, granit ve fillitler üzerinde bulunmaktadır. Temel problemi yok. Amerika'da ilk defa Prekambrien arazisi ve bu temel üzerine inşa edilmiş bir baraj tetkik edebildim.

Anchor Barajı (Wyoming)

South Fork Owl deresi üzerinde sulama gayesiyle inşa edilmiş bir beton kemer barajıdır.

Baraj irtifai 69 metre, baraj kret uzunluğu 212 metre.

Baraj etüdlerine 1941 senesinde başlanmış, mütaaddit kesitler tetkik edildikten sonra, bugünkü kesit üzerinde 1957 senesinde inşaata geçilmiştir. Barajın toprak veya beton kemer olması hususunda merkezde bulunan toprak ve beton baraj kısımları arasında mutabakata varılmadığından, orijinal bir ihale şekline gidilmiş ve her iki tip için metrajlar hazırlanarak, mütaahhitler bu iki tipten birini seçmekte serbest bırakılmıştır. Neticede, en ucuz teklifi yapmış olan bir firmaya ihale (beton kemer) verilmiştir.

Baraj yerinin bulunduğu boğazda Permien devrine ait rüsubi seriler asimetrik bir kıvrım yapmaktadır. Baraj aksının bulunduğu kısımda bunlar membaa doğru 35 derece ile dalmaktadır. Burada iki metre kalınlığında dolomitik kalkerlerde boşlukları enjeksiyon ve concrete plugging ile geçirimsiz hale getirileceği kabul edilmiştir. Sol yamaçta dolomitik kalkerler içerisindeki bu boşluğun yelpaze şeklinde devam ettiği ve 1 metre genişlik ve 2 metre yükseklikte olduğu görülmüştür. Diğer bir mağara 3 metre genişlik, 12 metre yükseklikte ve 10 metre uzunluktadır. Bu durumun rezervuarın altına doğru 30-40 metre devam ettiği tahmin edilmiştir.

Bu mağarada kalsit kristalleri ve demir bakiyeleri tesbit edilmiştir. Mağaranın tavanı kumtaşları ile örtülü vaziyettedir.

Baraj hafriyatı esnasında bu mağaralı durumların görülmesi yeni araştırma programlarının tatbikini zaruri kılmıştır. Bu araştırmalar baraj yeri civarında mağaraların yerini fesbit etmek, rezervuarın su tutma ve baraj stabilitesine tesir edebilecek durumları etüd etmek gayesiyle plânlanmıştır. Muhtelif lokasyonlarda yapılan on adet sondajda hiçbir boşluğa tesadüf edilmemiştir.

Rezervuarda 1952 yılında aniden teşekkül eden sink-hole'da ilâve etüdler yapılmış, bu çöküntü 17 metre derinliğe kadar hafredilip genişletilmiştir. Üstteki kum, çakıl ve molozların altında şeyller bulunmuştur. Baraj yerinde 1 no.lu boşluk içerisine takriben 1.5 m³/sn debisi olan South Fork Owl deresi çevrilmiştir. 22 Nisan-1 Mayıs 1958 tarihleri arasında verilen su tam kapasitede mağarada kaybolmuştur. Civardaki sondaj kuyuları ve mağaralarda yapılan rasat ve müşahedelerde bir değişiklik görülmemiştir. Yapılan bu etüdler de Anchor rezervuarının asılı bir rezervuar (pached rezervuar) olduğunu göstermiştir.

Netice olarak, temeldeki bu şartların muayyen bir riski göze alarak ıslah edilebileceği fikri kabul edilmiştir.

Rezervuardaki sink-hole'un doldurularak, tamamiyle geçirimsiz hale getirilmesi plânlanmış ve tatbik edilmiştir. Baraj temelinde tesadüf edilen mağaralar beton dökmek suretiyle doldurulmuştur. Ayrıca 3 inç çaplı sondaj kuyuları açılarak kum, çimento ve bentonit karışımı bir enjeksiyona tabi tutulmuştur. Baraj maliyeti 5 milyon dolar civarında olup, akım değişmesi, sondaj ve enjeksiyonlar ve mağaraları betonla tıkan aksın değişmesi, sondaj ve enjeksiyonlar ve mağaraların betonla tıkanması 1 milyon dolar ilâve masraf yapılmasını icabettirmiştir.

Baraj yeri Temmuz 1961 tarihinde tetkik edildiği zaman, rezervuarda su mevcut değildi. Baraj aksına 500 metre membaında vâdinin sağında büyük bir çöküntü inkişaf halinde bulunuyordu. Sink-hole'un tesir sahası 140 metre genişlikte bir sahada basamaklı bir durumda teşekkül etmekteydi. Bu sink-hole'da en derin kısım 22 metreyi bulmaktadır. Çöküntü tam diskordan sahası üzerinde ve sevilerin kontaktında idi. Permien ve Trias kontaktı üzerinde 1952 senesinde rezervuarda meydana gelen çöküntüler aynı hat üzerinde (diskordans hattı) bulunmaktadır.

Baraj aksına 2 km mesafede sağ yamaçta büyük bir fay mevcuttur. Bu fay hattı Permien ve Trias teşekküllerini kesmektedir. Baraj sahasında etüdlerin eksik yapılması ve neticelerin kıymetlendirilmesi bu barajda muvaffakiyetsizliğe sebep olmuştur.

Tektonik durumun çok komplike ve temellerin çok zayıf olduğu zeminlerde temel ıslahı ve su tutması için alınan tedbirler birçok hallerde muvaffakiyetsizlikle sonuçlanmıştır. Buna ait bizde de misaller mevcuttur. Tabii olarak teşekkül etmiş durumları değiştirmeye ve ıslah etmeye bazan teknik imkânlar kâfi gelmemektedir. Bu bakımdan etüdlerde de-taya girmek ve tahminleri iyi yapmak iktiza eder. Zaten, jeolojik neticeler lüzumlu tahminlerdir. Jeologların temin edeceği fayda, bu tahminleri asgariye indirebilmesidir. Ziyaret ettiğim tarihte bu baraj rezervuarında nasıl bir ıslah ameliyesine başlanacağı hususunda herhangi bir karara varılmamıştı.

Boulder Dam (Arizona-Nevada): Formasyon volkanik breş, Lâtit-biotit breş, mevziî bazalt akıntılar mevcut.

	Baraj tipi.....	Arch gravity
	Maksimum yükseklik...	726 feet (222 metre)
	Kret uzunluğu.....	1282 feet (390 metre)
<i>Colarodo River</i> {	Beton hacmi.....	3 251 137 cu. yds.
	İnşaat müddeti.....	5 yıl
	İşçi sayısı.....	5218 kişi (teknisyen işçi)
	Maliyet.....	\$ 78 000 000

Shasta Dam (California): Metaandezit, biraz dasit porfir ve kuars diorit dayk.

	Baraj tipi.....	Curves gravity
	Maksimum yükseklik.....	602 feet /123 metre)
	Kret uzunluğu.....	3500 feet (1067 metre)
<i>Sacramento river</i> {	Beton hacmi.....	6 100 000 cu. yds.
	İnşaat müddeti.....	5 yıl
	İşçi sayısı.....	2461 personel
	Maliyet.....	\$ 78 500 000

Grand Coulee Dam (Washington): İnce taneli ve iri taneli granit
Baraj tipi Straight gravity

	Maksimum yükseklik. 550 feet (168 metre)
	Kret uzunluğu 4 200 feet (1281 metre)
<i>Columbia River</i>	{Beton hacmi..... 9 926 005 cu. Yds. (7.7 milyon m ³)
	İnşaat müddeti..... 7 yıl
	İşçi sayısı..... 7700 personel (işçi ve teknisyen)
	Maliyet \$111 000 000

Not: 45 metre kalınlıktaki glasyal ve alüvyal dolgu tamamıyla kaldırılmıştır.

Wanship Dam:

Yükseklik.....	156 feet
Kret uzunluğu.....	2015 feet
Rezervuar kapasitesi....	60 000 acre feet
Tip.....	Toprak dolgu
Baraj yeri.....	

Echo Dam:

Yükseklik.....	155 feet
Kret uzunluğu 1887 feet	
Rezervuar kapasitesi... 74 000 acre feet	
Tip.....	Toprak
Baraj yeri.....	

Kumtaşı-silttaşı ve şeyl tabakaları üzerine meyilli. Temel problemi yok.

Leroy Anderson Dam: 1950 de inşa edilmiştir.

Baraj yüksekliği	240 feet
Kret uzunluğu	1385 feet
Rezervuar kapasitesi....	75 000 acre feet
Baraj yeri.....	Serpantinler üzerinde mühim problem tevhit etmemiş. Yağışların azlığı dolayısıyla rezervuar üç seneden beri dolmamıştır.