

Geçirimli Zeminler Üzerine Baraj İnşaatı ve Temel Takviyesi

1 — BAŞLANGIÇ

Gittikçe artmakta olan sulama ve kullanma suyu, enerji nehir nakliyesi ve feyezanalardan korunma gibi ihtiyaçlar sebebiyle, bu gün dünyanın her tarafında baraj inşaatı bir yarış manzarası göstermektedir. Kömür, petrol ve hattâ atomik enerji yanında akıp gitmekte olan sulardan daha çok istifade arzusu ekonomik bir zaruret olmuştur. Bu maksatla baraj sayıları gittikçe artmakta olduğu gibi yükseklik ve cesamet bakımından da aşikâr bir artış görülmektedir.

Bu gün ağırlık barajlarının yüksekliği 284 m yi (Grande Dixence barajı, İsviçre) kemer barajı yüksekliği 237 m yi (Mauvasin, İsviçre) ve toprak barajı yüksekliği de 155 m yi (Göscheneralp İsviçre) bulmuştur. Baraj hazne hacimleri de gittikçe atmaktadır. Bir zamanlar dünyanın en yüksek barajı olan Boulder barajının 35 milyon m³ lük rekor hazne hacmi, dünyanın en büyük nehirleri arasında bulunan Nil nehri üzerinde yapılmakta olan Asuan barajının ikmalile 120 milyon m³ le fazlasile geçilmiş olacaktır. Bu baraj 5 km tepe uzunluğu ve 110 m lik yüksekliğiyle dünyanın en büyük anroşman barajı olacaktır.

Hacmi itibarıyla da barajlar büyükmektedir. Nehir yatağı üzerinde ki 225 m lik yüksekliği ile Amerika'nın en yüksek ağırlık barajı olan Oroville barajı 2100 m lik tepe uzunluğu ve 11 milyon m³ lük beton hacmile dünyanın en büyük beton yapısıdır. Gene Amerika'da 1940 senesinde tamamlanmış olan Fort Peck toprak baraj ise 76 m lik yüksekliğine rağmen 6500 m lik tepe uzunluğu ve 100 milyon m³ lük toprak hacmile dünyanın muazzam kütale yapımlarından biridir.

Sayı itibarıyla da her memleket-te barajlar büyük artışlar göstermektedirler. Halen A.B.D. de 10 m den yüksek baraj sayısı 3000 i geçmiş durumdadır. (1958 de 2800 idi) Japonya'da 2500 civarında baraj

Yazan :

Osman ÇATAKLI

Doç. Yük. Müh.

○

mevcut veya inşa halindedir. İspanya da bu yarışa katılmış durumdadır. Aralarında 1960 da tamamlanan 149 m yüksekliğindeki Canelles kemer tipi ve 1965 de tamamlanacak olan 135 m yüksekliğindeki ağırlık tipi İznajar Barajı da olmak üzere, İspanya'da da 50 tanesi inşaat halinde 300 den fazla baraj mevcuttur. İsviçre'de baraj inşaatında arazi ve nüfusuna nisbetle dünya milletlerinden geri kalmamaktadır. 9 u inşaat halinde olmak üzere 80 den fazla baraj mevcuttur. Ve biraz evvel de bahsedildiği gibi ağırlık, kemer ve toprak baraj tiplerinde yükseklik olarak rekorları elinde tutmaktadır.

Memleketimiz de, 116 m yüksekliğindeki kemer ve 106 m yüksekliğindeki ağırlık tipi Sarıyar barajları 92 m yükseklikteki anroşman tipindeki Hirfanlı, 73 m lik Seyhan ve 77 m lik Demirköprü toprak barajlarıyla büyük barajlara olan ihtiyacı hissetmiş ve inşa edilmekte veya projeleri hazırlanmakta olan barajlarla birlikte bu yarışmaya katılmıştır. Halen bağlamalar hariç olmak üzere yapılan veya inşa halindeki baraj sayısı 25 i geçmiş bulunmaktadır.

Dünya üzerinde baraj sayısının bu artışı neticesinde büyük barajlar için uygun mevkiiler gittikçe azalmakta ve daha az uygunlukta jeolojik şartlar arzeden temeller üzerinde inşaat zarureti doğmaktadır. Bu zaruret neticesinde zayıf ve geçirimli temel zeminlere daha iyi uyan toprak ve anroşman baraj tiplerine gitmek gerekmekte ve aynı zamanda temel takviyeleri ve drenaj gibi meseleler baraj yapımında önemini artırmaktadır.

Yüzlerce baraj mevkiinin tetkikinden şu netice çıkarılmıştır ki normal bir baraj mevki'i esasen jeolojik olarak mütecanis bir yapıda

olmayıp bir çok kesiklikler gösterir. Bu kesiklik zemindeki kolay oyulabilir kaya tabakalarının mevcudiyeti, farklı çökmeler, yapılan enjeksiyonlar, yan akımların aşındırmaları, cümudiye morenleri, şevlerden toprak kaymaları ve kaya blokları düşmesi vs. gibi sebeplerden ileri gelebilir.

Baraj yerinin bu mütecanis olmayan jeolojik durumu sebebiyle zeminin geçirimliliğinde önemli ve karşık problem ortaya çıkar. Geçirimsizlik gerek haznedeki suyun kaybı, ve temel zeminin zamanla dahili oyulmaya maruz kalıp baraj oturmalarına ve stabilitesine tesir bakımından önem kazanır.

Binaenaleyh bir baraj projesi hazırlanırken, gerek arazi üzerinde, gerekse laboratuvarında temelin su sızdırmazlığı ve takviyesi bakımından detaylı çalışmalar ve tecrübeler yapılması icap eder. Hattâ bu çalışmalara inşaat esnasında da devam edilmelidir.

Bazı mühim baraj temellerinde yapılan çalışmalar :

Bunlardan bir tanesi Fransa'da La Durance nehri üzerinde 120 m. yüksekliğindeki «Serre-Ponçon» toprak barajının temel zemininde yapılan çalışmalardır. Temel zemini 100 m derinlikte aluviyonlu topraktır. Tetkik maksadile alüviyon ve kaya içerisine çok sayıda galeriler açılmıştır.

Echelles d'Aniribal barajının temelinde mevcut kireç taşı arasında 70 m derinliğe kadar inen aluviyon tabakasının mevcudiyeti sızdırmazlığı temin için bir çok zemin, teorik ve laboratuvar tecrübelerini icap ettirmiştir.

Diğer mühim bir çalışma da Asvan barajı temelinde yapılmıştır. Temel zemini silt ve gnyis yatak kayası üzerinde kum, çakıl ve alüviyondan ibarettir.

2 — Temelin su geçirmezliği:

Ekseri hallerde baraj temel zemininin biraz evvel bahsedildiği gibi gayri mütecanis olması temelin su geçirimliliğine de tesir eder. Ay-

rica baraj haznesinde yığılan suyun basıncı da eklenince büyük nisbette sızmalar meydana geldiği gibi, temel stabilitesi de tehlikeye girer.

Şayet temel kum ve çakıl gibi maddelerden teşekkül etmişse geçirimsizlik fazla, kil tabakalarından ibaretse geçirimsizlik az olacaktır. Kaya üzerindeki bu geçirimsiz malzeme tabakalarının kalınlıklarının da rolü vardır. Şöyleki kalınlık azsa bu malzeme kaldırılıp baraj temeli sağlam kayaya oturtulabilir. Halbuki ekonomik sebeplerle bu olamayacaksa, yani kalın geçirimsiz tabakalar mevcutsa toprak veya anroşman tiplere gidilecektir. Ayrıca temelini geçirimsizliğini azaltmak için lüzumlu tedbirler de alınacaktır. Mamafih bir çok hallerde çatlak veya diğer hatâlar sebebiyle kaya temel zeminlerinde su geçirimsizliğinin azaltılması ve takviyesi icap etmektedir.

Kaya Temeller :

Zemin kaya olduğu takdirde temel takviyesi çimento enjeksiyonlarla yapılır. Çimento enjeksiyonu yapılmadan zemin basınçlı su veya hava ile temizlenir. Küçük derinliklerde su sızdırmazlığı temin için bir çok hallerde portland çimentosu tavsiye edilir. Sülfatlı su sirkülasyonu bulunduğu hallerde sülfatlı çimento veya curuf çimentosu kullanılmalıdır. Çimento küçük deliklere nüfuz edemeyeceğinden, injekte edilen çimento aynı zamanda bir miktar kil ve kimyevi maddeyi ihtiva etmelidir. Enjeksiyon büyük hacimlerde yapılacaksa masrafı azaltmak maksadile çimento ile birlikte, kil, toz, kum ve çakıl karışımı kullanılabilir. Her bir özel hal için enjeksiyon tipi ve metodu dikkatli olarak tetkik ve kontrol edilmelidir. Eğim, yoğunluk, delik derinliği, enjeksiyon malzemesinin terkibi, zerk basıncı ve metodunun hepsi özel bir teknik teşkil eder.

İlgi çekici bir misâl Fransa'daki «Charmine» barajının temel kayasındaki durumdur. Zemin çatlak kalınlıklı bir arazi idi. Baraj yerindeki oyukların hacmi 320.000,— m³ olduğu hesaplanmıştır. Çimento, kil, kum ve çakıl ihtiva eden enjeksiyon malzemesinin doldurulması ile ve enjeksiyon malzemesini aşağıda tutmak için filtreler yerleştirilerek toplam

20.000,— m³ malzeme enjekte edilerek temel sızdırmazlığı temin edilmiş olur.

Alüvyonlu temel zemini :

Alüvyonlu temel zemini halinde en emin yol su geçirmez kaya tabakasına kadar bir «cut-off» geçirimsizlik yarması inşa etmektedir. Bu çözüm şekli temel kayasının derinde olması sebebiyle böyle bir geçirimsizlik yarmasının ekonomik olmadığı veya bu inşaat gecikmelere sebep olduğu takdirde tatbik edilemeyecektir. Bu takdirde daha az elverişli hal tarzları tatbik edilir. Sadece alüvyonlu tabakanın bir kısmında bu geçirimsizlik yarmaları inşa edilebilir, veya barajın su geçirmez menba yüzü ile birlikte filtreler, drenler ve filtre kuyuları kullanılabilir. Fakat bu metod çok iyi bir kontrol ister ve bazen ilâve işler de icap edebilir.

Nisbeten küçük derinliklerde bu yarmalar yatak kayasına oturan beton duvarlardan teşkil edilir. Bazen bunlar drenaj galerilerini de havi olurlar. Bu galerilerden hem sızmayı kontrol için hem de temele çimento enjeksiyonu için faydalanılır. Geçirimsizlik yarmaları palplang perdelerini veya kazılı su temelini de ihtiva edebilir veya kil dolgu olabilir, yahut alüvyon içinde elverişli enjeksiyon malzemesinden teşkil edilmiş perdeleri de ihtiva edebilirler.

Alüvyon içinde su geçirimsizliği temin eden metodlar temel tabakası, projenin vîsati, emniyet meselesi, muntakanın ekonomik şartları ile büyük nisbette değişmektedir. Bu hususta muvaffakiyetli neticeler vermiş bir çok yollar çeşitli barajlarda tatbik edilmiştir.

Amerika'da inşa edilen Chief Joseph ve Mc Nary barajlarının geçirimsiz temel zemininin geçirimsizliği menba tarafa uzatılan geçimsiz tabakalar ve drenaj sistemiyle temin edilmiştir.

Tajce beton barajının (Yugoslavya) temel geçirimsizliği ise menbada yapılan batardo altında alüvyon içine çimento enjeksiyonu ile elde edilen geçirimsiz bir perde ile esas baraj altına çakılan çelik palplanglar ve batardo ile baraj arasındaki yüzeyin beton tabakası ile kaplanması suretile temin edilmiştir.

70 m derinlikte alüvyon yarma üzerine oturan Echelles Annibal barajında temel geçirimsizliği tabii nehir yatağının altında menba tarafa 18 m derinlikte beton bir geçirimsizlik perdesi «cul-off» ve onun da 8 m aşağısına kadar bir enjeksiyon perdesi ve mansab tarafa da 14 m derinlikte bir enjeksiyon perdesi ile temin edilmiştir. Enjeksiyon malzemesi çimento - kil - silikat ve alüminat sodasından teşkil edilmiştir.

100 m derinliğinde alüvyon üzerine oturtulan 120 m yüksekliğindeki Serre - Ponçon barajının tecrübi mahiyetteki geçirimsizlik yarmasının inşaatı alüvyon içindeki demir enjeksiyon için ilgi çekici bir misâl teşkil eder. 2 tecrübi blokta 40 ilâ 60 m de kayaya ulaşılmıştır. En derin geçirimsizlik bloku (cut-off block) ise 100 m derinliğe iniyordu. Çeşitli enjeksiyon malzemesi kullanılmıştır. Asid içinde eritilmiş silikal jel, silikal soda ile karıştırılmış kil; kil ve çimento, kil, curuf ve kostik soda gibi.

3 — Temelin Takviyesi:

Bir barajın temeli, çatlak kayalardan, kaya tabakaları arasında mevcut sıkışabilir tabakalardan, veya kilden ibaret olunca temel zemininin takviyesi bir zaruret olur.

a — Kaya temel :

Kaya temel takviyesi için önce kaya oyukları içine dolmuş malzeme temizlenir; ondan sonra çimento enjeksiyonu yapılır. Çimento donduktan sonra kâfi bir mukavemete erişir. Bu suretle temel elâstiklik modülü iyileşecek ve ayrıca kemer barajlar için mühim bir istek olan, muhtelif temel bölgelerindeki mütekabil elâstiklik modülü arasındaki farklar da büyük nisbette azalacaktır.

Bu enjeksiyonlar büyük basınç kullanılmasını zaruri kılar. Bu esnada zeminin alttan kaldırılması durumunu da dikkatle önlemek icap eder. Diğer taraftan temel takviyesindeki teknik, sızdırmazlıkdaki tekniğe benzerdir.

Fas'daki Bin el Oudane barajının enjeksiyonla temel takviyesi bu metoda çok güzel bir misâl teşkil eder. Bu beton kemer baraj 131,5

m yüksekliği haiz olup kalker ve marnlı toprak üzerine oturmaktadır. Enjeksiyon 2 m den derinde 20 - 25 kg/cm² basınçla dikkatli bir şekilde yapılmıştır. 5 m nin altında 30 - 40 kg/cm² ve daha aşağılar için de 100 kg/cm² basınç tatbik edilmiştir. Alt basınçla zeminde herhangi bir kalkma müşahade edilmemiştir.

b — Killi zemin üzerinde temel:

Baraj temeli kil gibi sıkışabilir toprak cinsinden ise bir çok meseleler meydana çıkar. Şayet temelde kil mevcutsa baraj ağırlığı sebebiyle kil içindeki su basıncı artar ve netice itibarıyla toprağın taşmasına sebep olabilir. İlâve olarak ta baraj haznesinin doldurulması kil içindeki suyun sıkıştırılmasına ve dışarı sıkılmasına meydan verir. Bu sebeptendir ki temel drenajı yapılması icap edecektir.

Dren sistemleri, galerilerden, filtre ve kuru drenlerden teşekkül eder. Kil temel takviyesinin enteresan bir misali Tunusta inşa edilen Ben Me'ir barajında görülür. Bu baraj beton ağırlık tipinde olup 60 m yüksekliğindedir. Temeldeki kilin barajın tabakanın 20 m altında 3 m çapında 4 galeri yardımı ile drenajı yapılır. Her bir galeriden, galeri eksenine dik düzlemler içerisinde ortalama uzunluğu 40 m olan radial drenler delinmiştir.

İngiltere'deki Usk River ve Chew Stokes toprak barajları da üst. te ince bir kil tabakasıyla birlikte altıviyon üzerine oturtulmuştur. Temelin drenaj için düşey kum drenleri kullanılmıştır. Çıkışları kil üzerindeki filtreli bir döşemeye oluyordur.

3 — Kil Çekirdekler ve Filtreler:

Bir dolgu barajının kil çekirdeğini inşa ederken, kil malzemesinin su muhtevası ve yüklème nispeti kil içindeki su basıncının emniyet limitini geçmesine mani olmak için çok dikkatli olarak kontrol edilmelidir. Kil çok geçirirli değildir ve içindeki su basıncının bertaraf olması için geçen zaman barajın inşası için lüzumlu zamandan daha uzundur. Fazla iç basınçlara mâni olmak için su miktarı % 1-3 arasında tutulmak üzere kil malzemesinin sıkıştırılması iyi bir teknik olarak kabul edilir. Fakat bu metod yağışlı havalarda inşaatın durmasına sebep olur. Ve neticede inşaat zamanı uzar ve masraf artar. İç basıncın ifnası için yanlara filtreli ince çekirdekler seçilmesi ise gecikmeleri azaltır ve fiatı da düşürür.

İsveç'te inşa edilen Borge barajı 27 m yüksekliğinde bir anroşman barajdır. İnce bir kil çekirdeği vardır. Burada malzeme devamlı olarak sıkıştırılmıştır ve su miktarı yağışlı havalarda daima uygun değer üzerinde kalmıştır. Keçi ayakları ile sıkıştırma yapılamayınca da sıkıştırma ağır buldozerlerle tamamlanmıştır. Diğer ince çekirdek ve yan filtreli barajlar inşasında da kil, benzer şartlarda sıkıştırılmış ve iyi neticeler alınmıştır.

Su geçirmez çekirdeğin baraj içindeki mevki ve meylinin hacim ve su sızdırmazlık üzerine büyük tesiri vardır.

Filtreleri hesaplarken su akışının yönü nazarı itibare alınmalıdır. Toprak ve anroşman dolgu barajlarında umumiyetle kullanılan standart filtrelerin teşkilinde bu husus

büyük bir basitleştirme ve ekonomiyeye sevk edecektir.

4 — Temel Durumu ve Netice:

Bazen geçirgen bir zemin üzerine inşa edilmiş bir barajın temeli uzunca bir period esnasında iyi bir durum göstermesine mukabil birdenbire tehlikeli yorulma işaretleri gösterebilir. Bu hâdise zeminin derinliklerindeki su kaçaklarından olabilir ve bu kaçaklar sebebiyle zeminin oyulması, iyi takviye edilmemiş kanal blokajının bozulması, oyuklardaki dolguların hareketi, kilin değişik şişme ve büyümesi neticesinde geçirimsiz yüzeylerde veya geçirimsizlik hendeğinde çatlaklar husule gelebilir. Binaenaleyh durumun devamlı kontrolu için çekme, su basıncı ve sızma ölçen aletlerin ve kontrol cihazlarının barajda ve temelde kullanılması tavsiye edilir.

Bu ölçümlerin, hazne su seviyelerinin, yağış miktarının ve sıcaklık kayıtlarının mukayeseli tetkikleri temelin durumu hakkında detaylı malûmat verir. Bu suretle ilk çökme işaretlerinde lüzumlu tedbir zamanında alınmış olur.

Bu yapımlarda dolu savak ve dip savak tertibatlarının da rolü büyüktür. Gerek inşaatın evvel yapılacak model tecrübelerinin ve gerekse inşaat ve işletme esnasında yapılacak araştırmaların büyük faydaları olacaktır.

Bibliografya.

- 1) Cinquième Congrès des grands Barrages. 1955
- 2) Fourth Cong. Large Dams 1951
- 3) Traité D'irrigation. V. Bavsil, 1952
- 4) Hydro-Electric Engineering Practice-Guthrie Brown 1958.

TÜRKİYE MÜHENDİSLİK HABERLERİ

İNŞAAT VE MÜHENDİSLİK MEVZUUNDA
TEKNİK MAKALE, HABER VE İŞ İLANLARI
İLE SİZLERİ TATMIN EDEBİLECEK VE
İHTİYAÇLARINIZA CEVAP VEREBİLECEK
M E C M U A D İ R

Atatürk Bulvarı Ökmen Apt. No. 86/10 Ankara - Yenışehir Tel: 12 13 69