

# IX. İstanbul Büyük Barajlar Kongresi ve Büyük Barajlarda Emniyet

## 1 — GİRİŞ

4 - 8 Eylül 1967 tarihleri arasında İstanbul'da akdedilmiş olan Büyük Barajlar Kongresinde, genel olarak, barajların emniyeti ile ilgili 4 soru üzerinde çok faydalı münakaşalar yapılmıştır. Bu makalemizde, sunulan tebliğlerden, genel raportörlerin raporlarından ve yapılan münakaşalardan istifade ile, kongreye iştirak fırsatını bulamamış olan meslektaşlarımıza, barajların temel ve zelzele bakımından emniyeti ile ilgili olarak ileri sürülen fikirlerin kısa bir özeti takdim edeceğiz.

## 2 — TEMELLER BAKIMINDAN BARAJLARIN EMNİYETİ

**SORU 32 :** Temel ve Rezervuar Yamaçları Bakımından Barajların Emniyeti

Halen dünyada 10.000'e yakın işletme halinde barajlardan ortalama olarak her sene bir tanesi yıkılmakta ve neticede insan kaybı ve büyük zararlar meydana gelmektedir. Modern barajlar ise, en uygun baraj aksları kullanıldığı için, daha zayıf temeller üzerine inşa edilmekte, buna mukabil yeni barajların yükseklikleri gittikçe artmaktadır. Sovyet Rusya'da halen inşa edilmekte olan 300 m. yükseklikteki Nurek barajı ile rekor seviyeye erişilmiştir. Elde edilen tecrübelerden istifade ile daha da yüksek barajlar inşasına geçileceği şüphesizdir. Bugünkü baraj projelendirme tekniğinde temel kayası da barajın bir parçası olarak kabul edilmekte ve baraj ile kaya temel bir monolitik yapı meydana getirmesine dikkat sarfedilmektedir. Halen beton ağırlık, beton kemer veya beton kubbe kemer, payandalı ve dolgu tip barajların kendi içlerindeki gerilme dağılımları hakikate yakın bir şekilde hesaplanabilmektedir. Buna mukabil büyük bir baraj inşaatı ile temel kayasında meydana gelecek gerilme dağılımı ve kayanın deformabilitesi-

Yazan :

**Feruh ANIK**

(Proje Servisi Şefi, E.I.E.)



ni hesap etmek için geliştirilen metodlar ise kabili münakaşadır. Baraj temellerindeki gerilme dağılımını etüd için, kayanın veya alüvyon zemininin mikro ve makro jeolojik karakteristiklerinin, başka bir deyimle mekanik özelliklerinin, detaylı olarak bilinmesine ihtiyaç vardır ve bu hususta baraj projeleri ile uğraşan mühendisler hemfikirdirler.

Malûm olduğu üzere kayalar veya alüvyon zeminler hem heterojen hem de anizotropik bir yapıya sahiptirler. Bu bakımdan araştırma tünelleri, sondajlar, araştırma hendekleri ve şaftlar vasıtası ile kayanın önce makro jeolojik özellikleri araştırılmalıdır. Bundan sonra laboratuvar tecrübeleri ve arazide (In situ) yapılan sismik ve sonik metodlar, tünellerde veya açıkta kullanılan yassı ve normal hidrolik krikoalar, sondaj deliklerine indirilen dilatometreler vasıtası ile kaya temel mikro jeolojik özellikleri, diğer bir deyimle mekanik özellikleri, tayin edilmelidir.

Alüvyon temeller üzerine oturan barajlarda, alüvyondaki sızma ve borulanma olaylarını önlemek mühim bir problem olmaktadır. Menba blanketleri, alüvyon permabilitesinin  $10^{-3}$  cm/sn den daha düşük olması halinde faydalıdır. Blanketler genel olarak pahalı yapılardır ve yamaçlara bağlanmaları çok güçtür. Alüvyon kalınlığı ve vadi genişliği arttıkça blanket tesiri azalmaktadır. Blanket, sızmayı arttırmasına rağmen, alttan kaldırmayı azaltan bir dren ile takviye edilmelidir.

20 m. den daha derin alüvyonlarda, sızmayı ve alttan kaldırmayı önlemek için, beton geçirimsizlik perdelerinin inşaatı çok güç olmak-

tadır. Fakat alüvyonlarda açılan hendeklerin bentonit çamuru ile yıklmaya karşı emniyetle açık tutulması sonucu 30 - 50 m. derinliğe kadar inilmiş; hatta Kanada'da 210 m. yükseklikte inşa edilen çok kemerli Manicougon 5 barajının menba bataridosunda 75 m. derinliğe kadar alüvyon çamur hendeği metodu ile kazı yapılarak beton perde inşa edilebilmiştir.

Alüvyon temellerin enjekte edilmesi tekniğinde son 15 yıldanberi büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Kil, bentonit, çimento, silikat, alüminat ve fosfat gibi malzemelerin muhtelif kombinezonlarından elde edilen karışımlarla, alüvyonların muvaffakiyetli bir şekilde enjeksiyonları mümkün olmaktadır. Mısırdaki Nil Nehri üzerinde inşa edilmekte olan High Aswan barajı çok derin alüvyon bir temel üzerinde oturmakta ve alüvyon tamamı (54.700 m<sup>3</sup>) sağlam kayaya kadar ve takriben 225 m. derinlikte enjekte edilmektedir.

Dar bir baraj aksında başlangıçtaki permeabiliteyi 10 ilâ 20 misli azaltan bir enjeksiyon perdesi maksada kifayet etmektedir. Vadi genişledikçe daha tesirli bir enjeksiyon perdesine ihtiyaç vardır.

Barajların emniyette oluşlarını kontrol etmek için enjeksiyon perdeleri, daimi piyozometreler ile teşhis edilmelidir.

Önceleri kaya temellerdeki gerilme yayılımları, kayanın homojen ve izotropik bir özeliğe sahip olduğu kabulüne göre hesaplanmakta idi. Halbuki bugün kayanın homojen ve izotropik bir malzeme olmadığı herkes tarafından anlaşılmıştır. Halen muhtelif memleketlerde (Japonya, Sovyet Rusya) konularına göre tektonik kırıkların, barajlardan intikal edecek gerilmeler altında davranışları ve neticede barajın emniyeti, teorik olarak ve küçük çapta statik ve fotoelastik modellerle araştırılmak-

### 3 — ZELZELELERE MUKAVİM BARAJLAR

SORU 35 : Zelzele Bölgelerinde Baraj İnşaatı

Barajların inşasında kullanılan malzemelerin ve temellerin zelzele vibrasyonlarına karşı davranışını dikkate alarak, zelzeleye karşı mukavim barajlar inşası için tatbik edilen Dinamik Metodun geliştirilmesi hususunda oldukça ehemmiyetli ilerlemeler kaydedilmiştir. Halen kullanılan metoda göre baraj stabilite hesaplarında zelzele tesiri, kütle ağırlığının sızmik bir faktör ile çarpılması neticesi yatay olarak etkiyen bir kuvvet olarak gözönüne alınmaktadır.

Bugün farklı tipteki barajlar için zelzeleye karşı değişik proje hesap metodları kullanmak hususunda bir temayül vardır. Sızmik faktör metodu, orta yükseklikteki beton ağırlık barajlarında kullanılabilir. Kemer barajlar, elâstik özelliklerinden dolayı mutlaka dinamik metoda göre hesaplanmalıdırlar. Dolgu tip barajlar da, dinamik metoda göre projelendirilmeli; fakat dolgu tip barajlarda, malzemelerin elâstik olmayan karakteri ve boşluk suyu basıncı tesiri hakkında daha çok bilgiye ihtiyaç vardır. Bilindiği gibi dolgu tip barajlarda normale nazaran daha kalın çekirdek, daha yatık şevler ve daha çok hava payı zelzeleye karşı mukavemeti artırmaktadır.

Zelzelenin yamaçlardaki çatlakları dolduran killeri titre etmesi, kemer barajların stabilitesi için çok tehlikelidir. Zelzeleler esnasında baraj civarındaki mevcut fayların yatay veya düşey hareketi, temeldeki boşluk suyu basıncındaki değişiklik veya kum temellerin vibrasyonu, baraj temellerinin stabilite hesaplarına daha çok ehemmiyet verilmesini işaret eder. Ayrıca şu hususu da hatırdan çıkarmamak lâzımdır : Barajın bizatihi kendisi için tehlikeli olan bif zelzele, alüvyon veya kaya temel temeller olmayabilir. Bunun aksi de vârittir. Bundan dolayı temeller ve barajlar için zelzeleye karşı ayrı ayrı proje esasları dikkate alınmalıdır.

tadır. Sınırlı olmasına rağmen bu araştırmalar, barajın davranışını etkileyen büyük tektonik kırıkların (faylar, eklemler), U. S. Bureau of Reclamation kriterlerinin dışına da çıkılarak, daha da derinlere kadar kazılıp temizlenmesini ve betonla doldurulmasını göstermektedir.

Ağırlık barajlarının emniyeti bakımından alttan kaldırma kuvvetinin büyüklüğü ve kayanın barajın kaymasına karşı mukavemeti, gözönüne alınması gereken hususlardır. Ağırlık barajları izostatik yapılar olduklarından, herhangi bir sebeple alttan kaldırma kuvvetinin artması veya kayanın sürtünmeye karşı mukavemetinin azalması halinde, bunların kaymalarını hiçbir kuvvet önleyemez. Kaya temellerin bugünkü tekniğe mikro ve makro mekanik özelliklerini öğrenmek mümkün olduğundan, kayanın bu özelliklerini meydana çıkaran mühendisler, ağırlık barajlarının kaymaya karşı emniyet katsayılarının, tektonik kırıklar dolayısı ile daha düşük olabileceğini anlamışlar ve kaya temelin sürtünme mukavemetini zayıf zonları kazarak betonla doldurmak veya betondan sun'li dişler yapmak gibi artıracak tesirli tedbirlere gitmişlerdir.

Kaya temeller üzerine oturan ağırlık veya kemer barajlarda, piyozometreler vasıtası ile alttan kaldırma basınçlarının periyodik olarak kontrol etmek bir zarurettir. Nitekim, U.S.A. da T. V. A. tarafından inşa edilen 7 adet beton ağırlık barajında, mansapta yapılan konsolidasyon enjeksiyonu dolayısı ile, zamanla drenaj deliklerinin tıkanıdığı ve alttan kaldırma basıncının proje kabullerini aştığı görülmüş ve yeniden inşa edilen drenaj sistemleri vasıtası ile barajların emniyeti kontrol altına alınmıştır.

Kemer barajlar, temel kayasına ehemmiyetli miktarda kuvvet aktaran yegâne baraj tipidir. Malpaset faciasına kadar kemer baraj projeleri ile uğraşan mühendisler kemer barajların, kaya deformasyonlarına kendilerini oldukça adapte ettiklerini zannediyorlardı. Halbuki, kemer barajlar ancak bir dereceye kadar temel deformasyonlarına uyabilirler, fakat yamaç yıkılmalarına adapte

olamazlar. Kemer baraj halinde, kayanın mekanik özelliklerinin çok daha dikkatli tayin edilmesi, hem deformasyon hesapları hem de yamaçların kaymaya ve alttan kaldırma veya boşluk suyu basıncı tesirlerine karşı stabilize etüdüleri için zaruri olmaktadır.

Kemer baraj temelleri, yamaçlarda en az kemer taban kalınlığına eşit olarak kaya içine gömülmeli ve kayanın zayıf olduğu üst kotlarda derinliğine hafriyat, kemer tabanı genişliğinden de fazla olmalıdır.

Tamamen geçirimsiz fakat çok ince fisürlü (çatlaklı) kayalar fevkalâde tehlikelidirler. Çünkü bu tip kayalar çok az su sızdırırlar, buna mukabil maksimum boşluk suyu basıncı meydana getirirler. Bu tip kayalarda drenaj, enjeksiyondan çok daha ehemmiyetlidir.

Barajların emniyeti ile alakalı olarak, temellerdeki sızma ve alttan kaldırma basıncı çok ehemmiyetli olduğundan, IX. kongrede enjeksiyon ve drenaj, üzerlerinde en çok tartışılan iki konu olmuştur. Soru 32 ile alakalı olarak sunulan R 12 numaralı tebliğ, enjeksiyon ve drenaj hususunda yeni bir metod müdafaa etmektedir. Bu rapora göre enjeksiyon, barajdan gelen kuvvetlerin etkisi ile kayada meydana gelen "Basıncı Bölgesi" menbainda yapılmalı ve drenaj, enjeksiyonun hemen mansabında teşkil edilmelidir. Bu durumda basıncı bölgesinde meydana gelecek boşluk suyu ve alttan kaldırma basınçları bertaraf edilmiş olacak ve barajın emniyeti artacaktır.

Drenaj sistemine enjeksiyondan çok daha fazla ehemmiyet atfedilmekte, enjeksiyonla sadece büyük boşlukların veya açık çatlakların doldurulması kâfi görülmektedir. İspanyol Millî Komitesi daha da ileri giderek enjeksiyon perdesi için başlangıçta hazırlık yapılmasını ve fakat drenaj sisteminin teşkilini, baraj gölü dolduktan sonra lüzumlu görülürse enjeksiyon yapılmasını tavsiye etmektedir. Kanadalı Müşavir Mr. H. Q. Golder'de kongrede bu düşünceye paralel bir konuşma yapmış ve drenaja enjeksiyondan daha çok ehemmiyet verilmesi fikrini savunmuştur.

## 4 — NETİCE VE DÜŞÜNCELER

Bugün yurdumuzda da baraj projelendirmek ve inşaat tekniğinde oldukça büyük ilerlemeler kaydedilmekte ve her geçen yıl inşa edilen barajların sayısı gittikçe artmaktadır. Türkiye, jeolojik devirlerde çok şiddetli orojenik hareketlere maruz kalmış olduğundan, jeolojik her yerde fevkalâde karışıktır; ve bundan dolayı baraj akslarındaki temel problemlerini çözmek uzun ve masraflı araştırmalara ihtiyaç gösterir. Eksik temel araştırmaları ve bu araştırmalarda yapılan hatalar, dev makinelerin baraj yerinde hafriyata başlaması ile ortaya çıkar ve bundan sonra yapılması icab eden proje değişiklikleri dolayısı ile inşaatın, plânın ön gördüğü zamanda bitirilememesi tehlikesi varit olur. İnşaat sırasında ve proje işletmeye açıldıktan sonra barajların davranışlarını devamlı olarak kontrol etmeğe, barajların emniyetleri bakımından, diğer rutin işlere nazaran öncelik tanınmalıdır.

a) Vajont, Malpasset ve Baldwin Hills facialarından sonra birçok memleketler, barajların temel etüdleri, projelendirilmeleri, inşaatları ve inşaattan sonra davranışlarının kontrol edilmeleri hususunda mevcut kanun veya talimatnameleri sıkılaştırmışlardır. Halbuki Türkiye'de böyle bir kontrol olmadığı için her müessesese kendi inisiyatifine göre hareket etmektedir. Bizde de Hükümetimizin, Uluslararası Büyük Barajlar Kongresi Türk Millî Komitesi ile işbirliği yaparak bir kanun veya talimatname ile barajların emniyetini kontrol altına alması, ilerideki muhtemel kazaları önlemek bakımından faydalı olacaktır.

b) Türkiye'nin zelzele tesirleri bakımından aktif bir bölgede olduğu malumdur. Zelzele muntıklarında inşa edilmiş olan barajların hemen yakınlarında kurulacak sizmograflar vasıtası ile zelzele şiddetine göre barajların davranışlarını etüd etmek, ileride daha emniyetli barajlar inşa etmek bakımından şarttır. Bu hususta, Devlet Su İşleri'nin önderlik etmesini ve baraj mühendisliğine hizmette bulunmasını beklemek hakkımızdır.

## UNESCO Uluslararası Hidroloji Onyılı

## HİDROLOJİNİN 300'ÜNCÜ YILI

Bilimsel hidrolojinin doğumunun 300'üncü yıldönümü 1974'te Paris'te kutlanacaktır. Program UNESCO ile Fransız Hükümeti ilgililerince tesbit edilmektedir. Programın iki ayrı bölümü olacaktır. (1) Simpozyumlar. (2) Teknik geziler.

Simpozyumlar şunlardır :

- (a) Önemli hidrolojik kavramların gelişmesini gösteren tebliğler.
- (b) Hidroloji biliminin bugünkü durumunu (neler biliniyor, neler bilinmiyor?) özetliyen tebliğler.
- (c) İnsanlık hizmetinde hidrolojinin gelecek gelişimi.

Gezilerin bir kısmı hidrolojinin tarihsel gelişmesinde rolü olan yerlere yapılacaktır.

Programa ilâveler yapılması ya da değişiklik için tekliflerin en geç 1967 sonuna kadar ulaştırılması rica edilmektedir.

## KANADA'ya HİDROLOJİ PROFESÖRÜ

Kanada Üniversitelerinde memleketlerarası değiştirme esasına göre ders vermek üzere Türkiye'den profesör istenmektedir. Ders hidrolojidir, İngilizce olarak verilecektir. İlk çalışma dönemi 1968 - 69 eğitim yılı olmak üzere bir yıldır. Yıllık programlar 1974'e kadar devam edecektir. Daha fazla bilgi Komitemizde bulunmaktadır.

## AMERİKAN BURSLARI

Amerika Birleşik Devletleri Üniversiteler Su Kaynakları Konseyi hidroloji ve benzer konuları kapsıyan kurslar ihdas etmiştir. Kurslar 1968 - 69 eğitim yılında başlayacaktır. 25 Üniversite geliştirmekte olan memleketlere toplam olarak 49 burs vermektedir. Süre bir yıldır. Uzatılabilecektir. 49 bursludan 35 burslu, kurs görürken yarım gün asistan ya da yardımcı olarak çalıştırılacaktır. Burs ücreti üniversiteden üniversiteye farklı olmakla beraber masrafları karşılayacak kadar olduğu bildirilmektedir. Amerikaya gidiş dönüş ücretleri bursa dahil değildir. Taliplerin mühendis olması, İngilizceyi bilmesi gerekmektedir.

Kurs veren Üniversitelerin ders programları birbirinden az çok farklıdır. Taliplerin ders durumuna göre en uygun üç Üniversiteyi seçmesi istenmektedir.

Başvurma formu ve fazla bilgi için Komitemizle temas edilmesi rica olunur.

UNESCO HİDROLOJİ ONYILI  
Geçici Millî Hidroloji Komitesi

Hüseyin CÖNTÜRK  
Elektrik İşleri Etüt İdaresi  
Demirtepe, Ankara