

a.b.d.'de yıkılan büyük bir baraj "teton"

Derleyen

TANER UYSAL (*)

İnş. Müh.

A.B.D.'nin Idaho eyaletinin doğu kesiminde, oldukça ıssız bir bölgede inşa edilmiş Teton barajı, 5 Haziran 1976 günü, rezervuarının ilk dolduruluşunun hemen arkasından yıkılarak, akış aşağısında kalan düz arazinin yaklaşık olarak $370 \times 10^6 \text{ m}^3$ lük bir su hacmi tarafından baskına uğramasına neden olmuştur. Son haberlere göre, barajın yıkılmasıyla 10 kişi ölmüş, 2000 kişi yaralanmış ve 135 kişi de kaybolmuştur. Bu arada, 7000 den fazla konut ve iş yeri hasar görerek oturulamayacak hale gelmiştir. Tarımsal alanda meydana gelen, çok büyük zarar dışındaki hasarın bilançosu, 16 milyar TL. ni bulmaktadır.

Temelden yüksekliği 93 m olan toprak ve kaya dolgu tipi barajın dolgu hacmi $7.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ idi. Barajın yıkılmasıyla, dolgu hacminin % 40' ular tarafından sürüklenerek yıkılmış ve enerjisi santralının üst yapısı da tamamen sürüklenmiştir. Santralın alt yapısının da pasaya altında gömülmesi kalmış olabileceği sanılmaktadır.

(*) Hasan Uğurlu Barajı Müş. Müh. Grubu

Teton barajında inşaat yükleniciliği Morrison Knudsen Co. Inc. ve Peter Kiewit Sons' Co. firmalar grubu tarafından yapılmıştı. 1972 Şubat ayında başlayan inşaatı, yüklenici 5 ay kadar erken bir sürede, Aralık 1975 de tamamlamıştı. 632 Milyon TL. na mal olan yapıya yıkılmadan önce son rötüşleri vurulmaktaydı.

Barajın projesini yapan U.S Bureau of Reclamation tarafından, yıkılma olayından sonra yapılan açıklamalara göre, olaya barajın enjeksiyon perdesinde meydana gelen bir aksaklığın neden olabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, baraj yerinin iyi seçilemediği hakkında da tenkitler mevcuttur.

Yıkılma olayından hemen sonra olay yerine gelen Bureau yetkilileri, olay tanıklarının ifadelerine göre yıkılma nedenini hemen saptayamamışlardır. Bureau mühendislerince suyun baraj gövdesi içinden sızma yaparak değil fakat yamaç kayası içerisinden veya gövde ile yamaç kantağından yol bularak sızdığı sanılmaktadır. Baraj yıkılmadan önce, yamaç kayasındaki çatlaklardan çıktığı görülen su sızıntıları da bu görüşü desteklemektedir. Sızan suyu, enjeksiyon perdesi etrafından dolaşarak çıktığı veya perdeyi delip geçtiği tahmin olunmaktadır. Yine bir Bureau mühendisinin ifadesine göre "suyun yamaç kayası içerisinden bir yol bularak sızdığı kabul edilirse, ki ekteki deliller bunu göstermektedir, suyun izliyebileceği iki yol olabilir. Birinci ihtimal olarak, yakın aralıklı üç sıra enjeksiyon deliğinden meydana gelen ve enjeksiyonun yüksek basınçla yapıldığı geçirimsizlik perdesinden, suyun pek kolay olmasa da kendisine bir yol bulması düşünülebilir. İkinci ihtimal olarak da, suyun yamaç kayası içinde 305 m kadar derine inen enjeksiyon perdesi etrafından sızması düşünülebilir. Bu durumda da, suyun esas yapıya tehlikeli olmayacak şekilde, barajın epey akış aşağısında yer alan kaya eklemelerinden çıkması gerekirdi. Bu durum, birçok başka barajda görülmekte olup, yapının stabilitesini tehlikeye sokmamaktadır."

Teton barajının yıkılma nedenlerini araştırmak için görevlendirilen federal araştırma komisyonu, W. Chadwick, A. Casagrande, T. Leps, R. Peck, K. Higginson gibi ünlü isimlerden meydana gelmiştir.

YIKILMA OLAYI

Bureau yetkililerine göre, yıkılma olayının kronolojik oluşumu şöyledir :

Baraj gölü yükselmeye başladığında barajın akış aşağısında bazı kaynakların oluştuğu. Bu sızıntılar, kayadaki çatlaklardan geldiği ve baraj gövdesinin iyice uzağında buldukları için önemli sayılmadılar. Zaten bu umulmayan bir durum ol-

mayıp başka benzer şartlarda sık sık görülmüş bir durumdu. Barajın güvenliği için de tehlike arz etmemekteydi. Yıkılma olayının meydana geldiği 5 Haziran 1976 günü, büyük çaptaki ilk su kaçakları sabah saat 8.30 da görüldü. Bunlardan birisi, baraj gövdesi ile sağ yamaç konağından oluşan kaçak olup, baraj kretinden 40 m kadar aşağıda idi. Çıkan su, bir miktar malzeme taşıdığı anlaşılan hafif bulanıklıkta, yaklaşık olarak 50 lt/sn civarındaydı. Sabah saat 9.45 sıralarında, Bureau yetkilileri, barajın akış aşağısında kalan arazinin boşaltılmaya hazır olması için mahalli polisi ikaz ettiler. Daha sonra, saat 10.00 sıralarında baraj gövdesi üzerinde, sağ yamaçtan 5 m kadar uzaklıkta, daha önce tesbit edilen 50 lt/sn lık kaçak ile aynı kotta, yaklaşık olarak 400 lt/sn civarında daha büyük bir su kaçağının oluşarak büyümeye başladığı görüldü. Bu kaçak çabucak gelişti. Saat 10.30 da, baraj gövdesinde meydana gelen bu su kaçağı yaklaşık 30 m³/sn ye yükseldi ve baraj gövdesinde oluşan bir girdap beklenebilecek en kötü sonuç için bir işaret oldu. Aynı zamanda, baraj gövdesinin akış aşağısı yüzünde de bir krater meydana geldi.

"Bureau of Reclamation", 632 milyon TL. sına (39,5 milyon dolar) çıkan projenin son rötuşlarını yapmakta olan firmalara, baraj gövdesinde açılan kraterin iri kayalarla doldurulması ve suyun, gövdenin akış aşağısı yüzünü aşındırmadan içinden nehre akabileceği bir kanalın yapılması için talimat verdi. Buldozerlerle barajın akış yukarısında oluşan girdap içertsine kaya ve çakıl itilmesine başlandı.

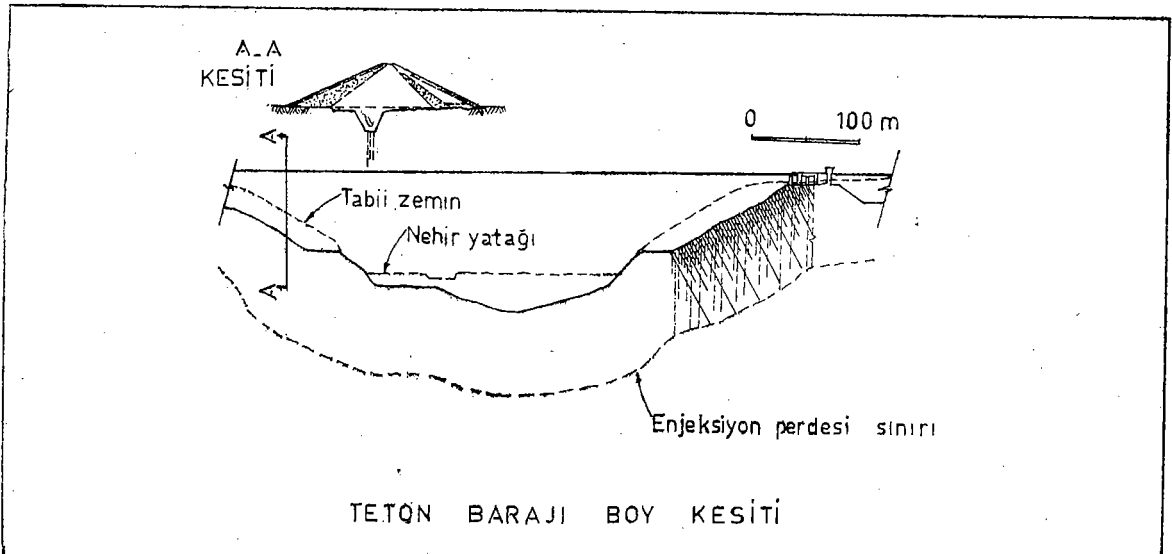
Saat 11.30 da, gövdedeki deliğin iyice genişlemesi ve iki operatörün makinelerini bırakıp kaç-

mak zorunda kalmaları üzerine, deliğin doldurulması durduruldu. Saat 11.57 de, nehrin baraj dolgusu içine tamamen hücum etmesi ile, bu iki makine suda kaybolurken, dolgu yıkıldı ve 4.5 m yüksekliğinde bir su duvarı, akış aşağısında kalan vadiye, çiftliklere ve küçük yerleşme merkezlerine hücum etti.

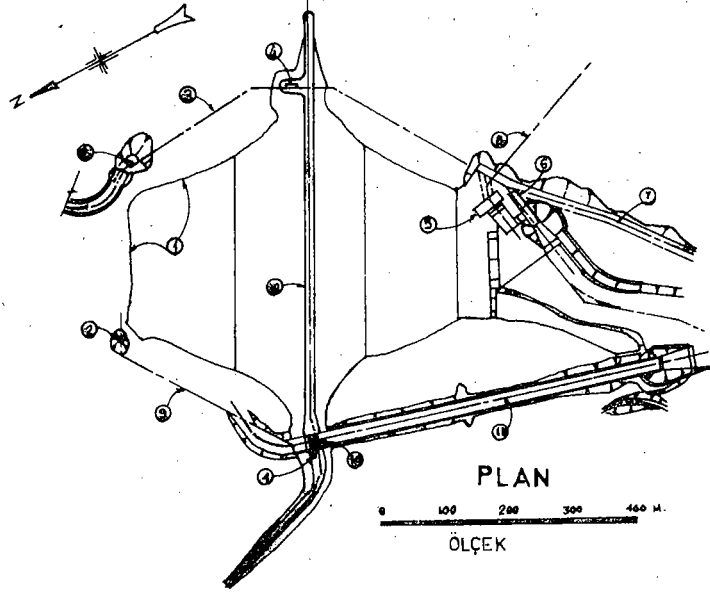
Meydana gelen felaketi araştırmak için ABD Temsilciler Meclisi, koruma, enerji ve tabii kaynaklar alt komisyonu, bir soruşturma açmış bulunmaktadır. Bu komisyon, ABD Jeolojik Araştırmalar Kuruluşu (U.S. Geological Survey) yetkilileri projenin tenkitçileri, deprem uzmanları ve diğer kişiler ile mülakatlarını sürdürmektedir. Şimdiye kadar bu komisyonun ortaya çıkardığı en önemli nokta, ABD Jeolojik Araştırmalar Kuruluşu (USGS) nun, Bureau of Reclamation'a yollanmış olduğu projenin kesin raporunda, baraj yerinin sismik bakımdan aktif olduğunun ve diğer jeolojik sakıncalarla birlikte, geçirimsiz kayalardan meydana geldiğinin belirtilmesidir. Ayrıca, bu kuruluş Bureau'ya bir yazı ile, Teton barajının bu yerde inşa edilmemesi hakkında ikazda bulunduğunu ifade etmektedir. Bureau yetkilileri ise, böyle bir yazının kendilerine gelmediğini iddia etmektedirler.

TEMEL ISLAH İŞLEMLERİ

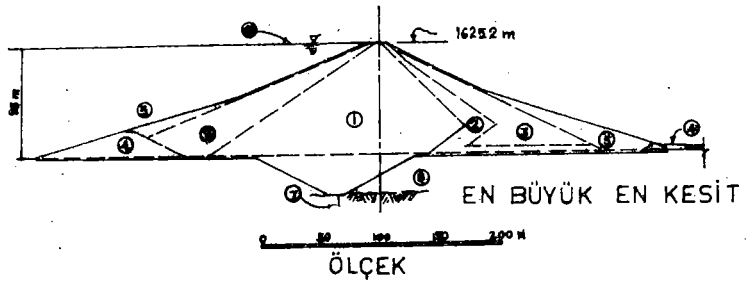
Baraj riyoliti ihtiva eden bir bazalt formasyonu üzerine kurulmuştu. Temel kayası önemli ölçüde çatlaklı, boşluklu ve gözenekli bir yapıya sahipti. Bureau of Reclamation, baraj yerindeki kayaların gayet kötü bir şekilde eklemli olduğunu bildiği için, geniş kapsamlı karot araştırmaları ile beraber enjeksiyon deneyleri yapmıştı. Ayrıca, 21 m kalınlığında bir kaya tabakasının kazılması ve



TETON
BARAJI



- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ① Baraj Dolgusu Sınırları | ⑦ Enterprise - East Teton boru hattı |
| ② Su alma ağız yapıları | ⑧ Pompa çıkış borusu |
| ③ Dip savak yapıları | ⑨ Tali Dip savak yapısı |
| ④ Şaft Odası | ⑩ Dolusavak kontrol yapısı |
| ⑤ Pompa/Enerji üretimi santrali | ⑪ Dolusavak kanalı |
| ⑥ Kontrol Binası | ⑫ Baraj kreti |



- | |
|---------------------------------------|
| ① Geçirimsiz Çekirdek zonu |
| ② Kum ve çakıl geçiş zonu |
| ③ Benzer malzeme zonu |
| ④ Silt, kum, çakıl ve iri taşlar zonu |
| ⑤ Kaya Dolgu zonu |
| ⑥ En yüksek su seviyesi |
| ⑦ Enjeksiyon Delikleri |
| ⑧ Alüvyon |

Üç sıralı bir enjeksiyon perdesinin yapılmasını şart koşmuştu. Barajın inşaat safhasında uygulanan enjeksiyon perdesi, temelde ana kayaya 90 m, yamaçlarda ise 300 m derinliğe kadar uzanmaktaydı. Gövdeyi yerleştirmek için, kayada açılan 21,35 m derinliğindeki ve 9,15 m taban genişliğindeki dişler, her iki yamaçta da, nisbeten duraylı kayaya kadar kazılmışlardı. Yamaçlarda, çekirdeğin yaslanması için açılan bu diş yerlerini, kanyonun tabanında birbirine bağlayan bir geçirimsizlik hendeği yer almaktaydı. Bu geçirimsizlik hendeği boyunca, aks üzerinde, 3 m aralıklı bir sıra, aksın akış yukarısı ve akış aşağısında da 6 m aralıklı birer sıra enjeksiyon delikleri delinerek, enjeksiyon perdesi gerçekleştirilmiş oldu. Kanyon vadinin tabanında, nehir yatağının tam altında ise enjeksiyon deliklerinin aralıkları, merkezden merkeze 3 m idi. Ayrıca tünellerde ve şaftlarda da, 6 m derinliğe kadar çevresel enjeksiyon yapılmıştır.

Geçirimsizlik perdesini, baraj aksının mümkün olduğu kadar üzerinde tutmak için, çimento enjeksiyonu şerbetine, priz süresini kısaltmak amacıyla % 3,5 luk kalsiyum klorür eriyiği katılmıştı.

BARAJ YERİ JEOLJİSİ

Sulama, enerji üretimi, ve taşkın kontrolü amaçlarıyla yapılan Teton barajının yeri, dik yamaçlı, kanyon tipi bir vadi olup, tabanı oldukça geniş ve düzdür. Kanyonun tabanında, yoğun şekilde kaynaşmış kül akışı tüflerinden oluşan yüksek arazi (up land) 90 m. derinliğe kadar erozyona uğramıştır. Kanyonun, her iki tarafında da yüksek arazinin üstü, rüzgârın biriktirdiği silt malzeme ile örtülmüştür. Kanyonun tabanı ve yanları boyunca, intra kanyon bazalt akımına ait kalıntılar mevcuttur. Kanyonun tabanında, intra-kanyon bazaltı ve kaynaşmış tütün üzerini, bir miktar silt ve kil ihtiva

TETON BARAJININ ÖZELLİKLERİ

Baraj	Cok amaçlı (enerji üretimi, sulama ve taşkın kontrolü)
Amacı	
Tipi	Zonlu toprak ve kaya dolgu
Nehir tabanından yükseklik	93 m
Temelden yükseklik	124 m
Kret uzunluğu	950 m
Kret kotu	1625,2 m
Dolgu Hacmi	7,65 x 10 ⁶ m ³
Doluvasak	
Kret kotu	1618 m
Kapasitesi	510 m ³ /sn
Üç radyal kapak ile kontrollü	6,30 x 4,73 m
Derivasyon Yapısı	
Beton kaplamalı tünel çapı	4,10 m
Uzunluk	648,3 m
Kapasite	95,2 m ³ /sn
Tali Dip Savak Yapısı	
Beton kaplamalı tünel çapı	2,3 m
Uzunluk	850 m
Kapasite	24,1 m ³ /sn
Baraj Gölü	
Kapasite	355 x 10 ⁶ m ³
Aktif depolama	250 x 10 ⁶ m ³
Yüzey alanı	8,5 km ²
Uzunluk	27,4 km
Pompa/Enerji üretim santrali (yerüstü tipi santral)	
Düzyer şaftlı enerji üniteleri kurulu gücü	20 MW
Türbinlenen su miktarı	30 m ³ /sn.
Pompalama üniteleri (6 adet)	2 m ³ /sn.

eden, kum ve çakılla birleşmiş halde, 30 m kadar kalınlıktaki bir alüvyon örtüsü örtmektedir.

BARAJ DOLGUSU YAPISI

Barajın gövde dolgusunun toplam hacmi 7.65 milyon m³ olup, dolgu, 5 ayrı zon olarak yapılmıştır. Açılan temel çukuru da, baraj dolgusunun 1 nolu zonunda kullanılan seçilmiş, geçirimsiz silt veya kil malzeme ile doldurulmuştur. Diğer zonlar ise, kum ve çakıl zonu, kum zonu, çakıl, iri taşlar ve benzeri malzeme zonu ve atışla çıkarılmış kaya dolgusu malzemelerinden oluşmaktadır. Dolguda kullanılan en iri kaya 1 yd³ (0,765 m³) lüktür. Dolgunun şevleri, akış yukarıdaki bir ocaktan çıkarılan iri kayalarla örtülerek, rip rap zonu meydana getirilmiştir.

Baraj gövdesi için yapılan temel çukuru kazısı, nehir yatağının 30.5 m altına inmiştir.

Kret uzunluğu 930 m, tabandaki en geniş yeri 259 m olan baraj dolgusunun yapılmasında, malzemeyi sermek için çeşitli ekipman ve yöntemler kullanılmıştır. Malzemeler, ocak yerlerinden alınıp, baraj yerinin bitişiğinde, nehir vadisinin her iki yanında, yüksek bir noktadaki depo yerlerinde depolandı. İnşaatın ilk safhalarında kullanılacak kaya ve toprak malzemenin çoğu, baraja, her iki yamaçta mevcut iletiler bant sistemleri kullanılarak taşındı. Geçirimsiz malzeme, sağ yamaçtaki bir iletiler bant ve malzeme kabul eden bir kovası olan 46 m yüksekliğindeki bir kule ile taşındı. Bu malzeme kovası ile, dolgu üzerinde malzeme taşıyan kamyonlara malzeme aktarıldı. Sol yamaçtaki bir diğer benzer sistem de, kum, çakıl ve iri taşları barajın diğer zonları için malzeme taşıyan kamyonlara aktarılacak üzere, daha küçük bir kovaya iletmekteydi. Daha sonra dolgu ilerleyip nihai yüksekliğine yaklaştığında bir iletiler bant sistemi ve ona bağlı 46 m yüksekliğindeki kule de kaldırılarak, onun yerini skreyperler ve alttan boşaltmalı kamyonlar aldı.

POMPA - ENERJİ ÜRETİMİ SANTRALİ :

Santral için gereken kazı sırasında, alüvyon malzemenin kazılabilmesi için, kazı yerinin sudan korunmasında zorluklarla karşılaşmış ve sonunda,

bunlara yüklenici, palplanş ve kuyu sistemi ile çözüm getirmiştir.

Betonarme bir alt yapı ile, yerüstünde kalan çelik ve önceden dökme (precast) beton elemanlardan oluşan pompa/enerji santrali yapısı inşaatın daha önceki safhalarında tamamlanmıştır. Santralde 2 adet 10 MW'lık ünite yer almakta olup, ileride bir başka enerji üretim ünitesi ile, 126 m³ dak. kapasiteli 6 pompa ünitesinin montajı planlanmıştır.

Barajın inşaatında, elverişli havalarda 500 kadar personel, üç vardiya olarak çalışmıştır. Kış mevsiminde sıcaklık -40°C a kadar düştüğü zamanlar, yalnız 75 kişilik bir işçi gücü soğuktan korunmuş yerlerde işe devam etmiştir.

Bureau of Reclamation, baraj yerine, üç sismograf yerleştirmişti. Fakat bu sismografların, yıkılma olayı ile ilgili herhangi bir deprem aktivitesi kaydetmedikleri bildirilmektedir.

Hem ABD Senatosu'nun hem de Temsilciler Meclisinin iç işleri komisyonlarının, yıkılma olayı ile ilgili olarak kusurun tesbit edilmesi ve benzer bir felakete engel olmak için, bir yasama işleminin gerekliliğini tartışmak üzere toplanması planlanmıştır.

Projenin inşaat yüklenicisi firmaları, Aralık 1975 de projenin taşkın kontrolü ve sulama bölümlerini bitirmiş ve işlerin % 96 sını tamamlamıştı. Ancak, Bureau of Reclamation tarafından, işin kesin kabulü yapılmamıştı.

Halen "Corps of Engineers" elemanları erimiş karlarla kabaran nehir boyunca mevcut setlerin yeniden yapımı ile uğraşırken, Bureau of Reclamation da inşaat yüklenicisi firmalara ve diğerlerine sulama kanallarını temizletmektedir.

Yararlanılan Kaynaklar :

- 1) Engineering News Record, 10 Haziran 1976 sayısı
- 2) Engineering News Record, 17 Haziran 1976 sayısı
- 3) EM-Kayan, Aralık 1975 sayısı
- 4) Teton Dam, USCOLD News, Temmuz 1974
- 5) Teton Dam Failure, Kajima Inc, 30 Haziran 1976
- 6) Water Power and Dam Construction, Temmuz 1976 sayısı