

DEV BARAJLAR

A. MİLLMAN - A. ROKACH

Yirmi yıl önce İtalya'da Venedik'in kuzeyinde, Piave Nehri üzerinde Vaiont Barajı'nda feci bir kaza oldu. Yakındaki bir dağda oluşan heyelan, saniyede 25 metre gibi büyük bir süratle aşağılara doğru kayarak baraj gölüne 254 milyon metreküp toprağı boşalttı. Bu büyük kayma ile sular, 262 metre yükseklikteki barajı aştı, peşinde harap olmuş köyler ve 2.500 ölü bırakarak, aşağılara doğru sürüklendi. Ancak hayrettir ki, bu olayda barajın kendisi fazlaca bir hasar görmedi. Sonraki günlerde basında, dünyanın büyük barajları yakınında bulunan diğer köylerin uğrayabileceği benzer tehlikeler üzerine karamsar görüşler ileri sürüldü. Fakat sonunda, Paris'teki Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu, Vaiont faciasından önceki yıllarda büyük barajlarda yapılabilen hatalardaki hatırı sayılır azalmaları ve baraj emniyeti tekniklerindeki artışları işaret ederek tartışmaları durdurdu. Bugün, başka bir baraj felaketi olasılığı çok az kabul edilmektedir. Bu tür felaketlerin korkusu, uluslararası, daha çok ve daha büyük baraj yapımında alikoymamıştır. Rusya'nın Tacikistan'da inşa etmekte olduğu Rogun Barajı 325 metre, yine Rusya'da yapılmakta olan başka bir baraj 305 metre yükseklikte olacaktır. Diğer birçok ülkede de daha küçük barajlar planlanmakta veya inşa edilmektedir. Gerçekte bugünkü barajlar her yönüyle eskilerden daha büyük ve daha görkemlidir.

Günümüzde baraj teknolojisinde, dünyanın lideri İsviçre'dir. İsviçre sisteminin gözbebeği de, dünyanın tamamlanmış en yüksek barajı olan Grande Dixence'dir. (yüksekliği 285 metredir). Phone Vadisi'nde 2.438 metre yüksekte, sarp bir Alp Kanyonu'na sıkıştırılmış bu beton heykel, 90 katlı bir bina kadar yüksektir. Yapımında kullanılan 6 milyon metreküp betonla (Büyük Keops Piramidi'nde kullanılanın iki katından daha çoktur). Kuzey Amerika'yı New York'tan Los Angeles'a kadar kat edecek 3 metre yükseklikte ve 30 cm. genişliğinde bir duvar yapılabilir.



100 yıl kadar önce, Grande Dixence gibi muazzam bir proje, düşünülemezdi bile. 1900'lerden önce çok az baraj 30 metrenin üzerinde idi.

Fakat mühendislik tekniklerinde ve inşaat malzemelerindeki ilerlemeler büyük değişiklikler getirmiştir. Bugün sadece İsviçre'de yaklaşık bir düzine kadar baraj 90 ile 275 metrelere tırmanmaktadır. Tüm dünyada yaklaşık 25 baraj 214 metrenin üzerindedir.

Birleşik Devletler, özellikle 1930'larda Kolorado Nehri üzerinde 222 metre yükseklikteki Hoover Barajını inşa ederek yüksek baraj teknolojisinde bir numara olmuştu; fakat İsviçre 1957'de, 237 metre yükseklikteki Mauvoisin Barajını inşa ederek liderliği eline aldı. Geçen yıllar içinde bu küçük ülke, yüksek barajların en yoğun olduğu ülke durumuna gelmiştir.

Büyük harcamalar ve uzak fakat olası tehlikelerine göğüs gerilerek daha çok baraj inşa etmenin nedeni nedir? Tek kelime ile; enerji. Elektrik üretiminde su kullanımı, uzun zaman basit ve verimli bir yol olarak biline gelmiştir. Gelişmekte olan ülkeler için, büyük bir baraj tarafından üretilen enerji, ulusal ve bölgesel olarak kendi kendine yetmeye doğru bir adım olduğu gibi, 20. yüzyıla doğru büyük bir atılım sağlayacaktır. Endüstrileşmiş ülkeler için yüksek bir baraj, çok miktarda akaryakıttan tasarruf demektir.

Su gücüyle oluşturulan her 3.000 kilovat-saat, 6 varil ham petrol veya 2 ton kömür tasarrufu anlamına gelmektedir. ABD'deki Hoover Barajı'nın ürettiği elektrik enerjisi yılda 6 milyon varil akaryakıt giderini önlediği gibi, Washington'un Kolombiya Nehri üzerindeki Amerika'nın en büyük enerji üreticisi olan Grand Coulee Barajı da, bu ülkenin OPEC'ten bir ayda ithal et-

tiğinden daha fazla (yaklaşık her yıl 190 milyon varil) ham petrolden tasarruf sağlamaktadır. Bu enerji yenilenebilir ve ayrıca kirlenme ve radyasyon gibi tehlikeler de yaratmaz.

Dahası, dünyanın hidroelektrik potansiyelinin bugün çok küçük bir kısmını kullanmaktayız. Her yıl yağın yağmurların ve eriyen karların çok büyük miktarları kullanılmadan denize dökülmektedir. Bu suların çoğu zaptedilebilir ve büyük barajların gerisinde tutulabilirse, kullanılabilir enerji için büyük bir depo oluşturabilecektir.

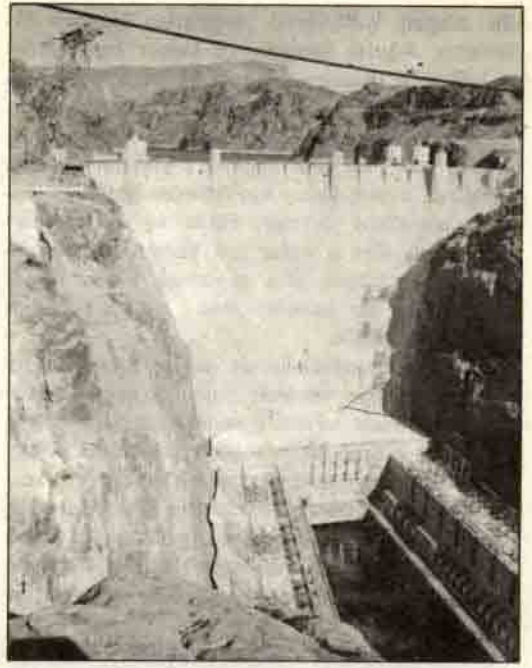
Sovyetler Birliği'ndeki Volga Barajı her yıl 10.000 gigavat-saat (1 gigavat: 1 milyar vat) enerji üretir. Kuzey Buz Denizi'ne akan henüz barajlanmamış Sibirya ırmakları kullanılabilirse, bunun 9 katı enerji verebileceklerdir. Çinliler Sarı Nehir üzerinde yılda 40.000 gigavat-saat enerji üretecek (Amerika'nın Hoover Barajı kapasitesinin 10 katı) bir baraj kurmaktalar. Afrika'nın henüz kullanılmayan ırmakları, belki de dünya elektrik üretiminin 1/4'ünü sağlayabilecektir. Bu arada Sibirya gibi uzak yerlerde enerji üretimi üzerinde düşünürken, iletim hatları ile katedilecek mesafenin binlerce km olduğunu akıldan tutmak faydalı olur.

1500 yıldan daha önceleri Romalılar bir zamanlar un öğütmek için köleler tarafından döndürülen büyük kayaları çevirmek amacıyla su dolapları kullandılar. Bir dördüncü yüzyıl değişiminde 16 su çarkı 10 saatte (bir günde 80.000 kişiyi besleyebilecek kadar) 28 ton un öğüttü. Sonunda su dolapları, pek çok Avrupalı üretici için, itici bir güç sağladı.

Su gücünün bugünkü önemi ancak, elektromanyetik indüksiyon ile elektrik üretimi yönteminin 19. yüzyılda bulunuşu ile ortaya çıktı. Bir tel sargının yanında bir mıknatıs döndürülürse, telde elektrik oluşur. Su ya da başka bir güç sargıyı, yüksek hızla bir manyetik alan içinde döndürmekte kullanılırsa büyük miktarda elektrik elde edilir.

Yüksek barajlarda tutulan su, dağ oluklarına sıralanmış 3 metre genişliğinde çelik yollarından geçerek, 2.400 metre kadar yüksekten düşürülür. Üretim yerine ulaşan su, dev türbinleri çevirerek büyük miktarlarda elektrik üretir. Petrol fiyatlarının hızla arttığı günümüzde birçok ülke, böyle dev hidroelektrik barajların akılcı yatırımlar olduğunu kabul etmektedir. Tasarım ve malzemelerdeki yeni teknolojik gelişmelerle, kaya mekaniğindeki yenilikler, bilgisayarlar ve karmaşık yeni makineler olmaksızın bu boyutlarda barajların yapımı mümkün olmayacaktır.

Yüksek barajlar, metrekareye 2.530 kg. kadar basınç yapan amansız su kuvvetine dayana-



Kolorado Nehri üzerinde 1965 yılında yapılan Glen Canyon Barajı, beton-kemer tipinde olup, yüksekliği 148.40 m'dir. Kurulu gücü 900.000 KW (900 MW) olan baraj, 8 üniteden oluşmuştur.

bilmelidirler. Büyük miktarlarda toprak bulunan yerlerde mühendisler, suyunu dağda gerçek bir dağ oluştururlar ve suyu beton ya da kaya ile yüzyüze getirirler. Çok eskiden beri kullanılan bu yöntem, Hindistan, Meksika, Kanada ve Romanya'daki barajlarla Kaliforniya'daki Oroville Barajı'nda kullanılmıştır. Toprak dolgusuyla hayal edilebilenden çok daha fazlası yapılabilir. Bu yolla yapılan Oroville 235 metreye kadar yükseltilmiştir. Fakat bunun için çok büyük miktarlarda inşaat malzemesine gerek vardır. Sovyetler Birliği'ndeki Rogun Barajı'nda 325 metre yüksekliğe ulaşabilmek için yaklaşık, 85 milyon metreküp toprak dolgu (Grande Dixence'da kullanılanın 12 misli) kullanılması beklenmektedir. (İnşaatı maddesi yalnızca toprak da değildir, 1660'da Hindistan'da Rajputana'da bir baraj mermerden yapılmıştır.)

Uzak ve kayalık bölgelerden oluşan İsviçre gibi yerlerde, barajlar betondan yapılmak zorundadır. Gerilme direnci zayıf olmakla birlikte beton, sıkıştırılarak daha güçlü hale getirilebilir.

Bu avantaj kullanılarak uygulanan modern iki tasarım: Ağırlık barajları ve kemer barajlarıdır.

Grande Dixence gibi ağırlık barajları, suları tutmak için tümüyle kütlelerine bağımlıdır. Biçimleri nedeniyle (Kesit olarak, hipotenüsü su yolu olan bir dik üçgene benzerler) ağırlık barajları, suyun yatay kuvvetlerini aşağıdaki kayalık temellere iletirler. Fakat ağırlık barajları çok pahalı olan o kadar çok betona gereksinim duyarlar ki, birçok ülke ekonomik olarak pratik olmayabilen bu barajları inşa etmekte istekli görünmemektedir.

Kemer barajları bunun aksine eğimli yüzlerini gelen suya vererek, suyun kuvvetini barajın yanlarındaki kayalara verirler. Bir kemer barajın akış çizgisi biçimli, kase şeklindeki eğimli yüzeyi, aynı boydaki ağırlık barajından çok daha az beton gerektirir. İsviçre'nin Mauvoisin Barajı, Grande Dixence'dan sadece 48 metre daha kısa olduğu halde onun aksine 2 milyon metreküp beton kullanmış ve üçte bir fiyatına mal olmuştur.

Tasarruf seçimi öncelikle bölgenin doğasına bağlıdır ve bu iki ana tasarım, bilgisayar ve modellerin yardımıyla hemen hemen sonsuz biçimde belirli bölgelere uyarlanabilir. Hoover Barajı'nda her iki yöntem bir arada kullanılmıştır. Kanada'daki Daniel Johnson Barajı ise birçok kemer içermektedir.

Toprak barajlar tabaka tabaka inşa edilir. Fakat beton barajlar bütünler halinde bloklardan yapılırlar. Beton döküldüğünde, karışım içindeki kimyasal tepkimeler müthiş bir ısı oluşturur. Büyük baraj inşaatlarında dökülen büyük miktarlardaki betonların soğuması için 100 yıl gerekecekti? Fakat Hoover Barajı'nın baş mühendisi John Savage akıllıca bir çözüm getirdi: Be-

ton dökülen bloklara 900 km. uzunluğunda boru döşetti ve bu boru şebekesinden soğuk su dolaştırarak, kuramsal olarak 100 yıl sürecek işlemi 2 yılda halletti. Bugün İsviçre'de bu tür soğutma boruları, barajlardaki beton bloklara gömülmektedir. Ayrıca mühendisler, beton soğuyup, büzülürken oluşacak çatlakları önlemek için özel çimento lar kullanılmaktadır. Çok sonraları, bloklar arasındaki yarıklar doldurulup kapatılmaktadır.

Büyük barajlar uzun yıllar boyunca evreler halinde inşa edilmelidir. Ana baraj yapılırken nehir sularını başka yöne çevirmek için akıntıya karşı koferdan denilen geçici yapılar inşa edilir. Grande Dixence'ı tamamlamak için 1.500 işçinin 10 yıldan fazla çalışması gerekmiştir. İnşaat 25 milyon iş saati, dev ekskavatörler filosu, döner kazıcılar, tünel açma makineleri, dev silolar ve mikserler kullanılmıştır. Ayrıca çimentoyu bölgeye getirmek için teleferik, 9 katlı bir yurt binası, mağazalar, bir hastane, bir kütüphane ve bir dinlenme merkezi geçici olarak bölgeye kurulmuştur.

Bu büyük maharet, çalışkanlık ve ileriye görme yeteneği ile İsviçre'li bugünkü elektriklerinin yüzde 70'ini yüksek barajlardan almaktadırlar. Dünya'nın enerji talebi hızla büyümekte iken ve fosil yakıt temini güçleşirken (en azından değişik kaynaklar ekonomik olarak kullanışlı olana kadar) su gücünün değeri muhtemelen artacaktır. Petrol çağının doruğunda olduğu zamanlarda biraz eski moda; ama renkli bir enerji yolu olarak görülen hidroelektrik güç, şimdilerde petrol endüstrisine karşı önemli bir rakip olma yolunda görünmektedir.

Science Digest'tan Çeviren: Bülent OTUZ

Orta yükseklikte, beton ağırlık tipinde bir baraj olan Grand Coulee (Washington), Kurulu gücü ve yılda ürettiği enerji bakımından Dünya'nın sayılı barajlarından. Kurulu gücü (son ilavelerle), 5.574.000 KW'dır. 24 Ad. ünitelerden oluşur. Bu ünitelerden 12'sinin her biri 65.000 HP. gücündedir.

