

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
GAP II MÜHENDİSLİK KONGRESİ 1998 Bildiriler Kitabı

GAP BARAJLARINDA RİSK FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ

Kasım YENİGÜN
Reşit GERGER

HRÜ, Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl. ŞANLIURFA
HRÜ, Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl. ŞANLIURFA

ÖZET: Su kaynakları projeleri, ülke ekonomisi için öz kaynakların değerlendirilmesi açısından birçok faydayı içinde barındıran önemli projelerdir. Sulama, enerji üretimi ve taşkın kontrolü gibi ana hedeflerin yanı sıra ilave olarak değerlendirilebilecek pek çok faydaya sahip olan barajların da, su kaynakları projelerinde çok önemli bir yere sahip oldukları gerçeği kaçınılmazdır. Üstelik diğer enerji üretim tesisleriyle karşılaştırıldığında dezavantajı en düşük alternatif olarak değerlendirilebilirler. Ancak inşa maliyetlerinin yüksekliği ve ömürlerinin uzunluğu bu yapılarda dikkatli ve doğru projelendirmeyi, optimum işletmeyi zorunlu kılmaktadır.

Öte yandan batılılar tarafından dünyanın 8. harikası olarak nitelendirilen ve Dicle ile Fırat nehirlerinin aşağı kısımları ile bunlar arasında uzanan ovaları kapsayan dev GAP projesinin bel kemiğini de 22. barajın oluşturduğu düşünüldüğünde aynı önemin bu bölge için de geçerli olduğu söylenebilir.

İnsanoğlunun suyu dizginleme ve ihtiyaçları için kullanma hedefinin mükemmel bir göstergesi olan barajların performanslarının sürekli izlenmesi, hasara yol açabilecek herhangi bir kusurun kontrolünü sağlayacaktır. Mevcut barajlar üzerinde yapılacak çalışmalarla yetersizliklerin nedenleri, etkileri ve alınacak önlemler hakkında önemli bilgiler edinilebilir.

Su yapılarının güvenilirliği, emniyeti ve işlevlerini istenilen şekilde yapabilmesi dış yüklere ve yapının dayanım kapasitesine doğrudan bağlıdır. Dış yükler hidrolojik, jeofiziksel ve insan kaynaklı olabilir. Yapının işlevini yerine getirememesi durumunun olasılığı olarak nitelendirilen risk, barajlarının işletme politikalarının yürütülmesinde ciddi bir belirleyici durumundadır.

Bu nedenle yapılacak ölçme, değerlendirme, deney ve istatistiki çalışmalar sonucu özellikle GAP çerçevesindeki barajların performanslarını ortaya koymak, barajları etkileyen risk faktörlerini belirlemek açısından büyük önem arz etmektedir. Ancak tahmin edilebileceği gibi, bu faktörler çeşitlilik göstermektedir..

Barajların planlanma ve projelendirme safhalarında yetersiz hidrolojik verilerden yararlanıldığı da düşünülürse, muhtemel maksimum yağış, frekans analiz yöntemleriyle hesaplanan taşkın piklerine göre boyutlandırılan dolu savakların risk hesabının yapılması ve sonuç değerlerinin belirlenmesiyle GAP barajlarının hangi riskler altında ne tür güvenlik davranışı gösterdiği ve bu davranış ile risk emniyet oranlarının gerçekçi bir şekilde belirlenebileceği öngörülmüştür.

Çünkü böylelikle sistemin işleyişinde eksik kalan bütün unsurlar açığa çıkacak, hatta uygun rehabilitasyon çalışmaları da devreye alınmak suretiyle GAP projesinin ömrü uzatılabilecek ve yeni risklere hazırlıklı olunacaktır.

GİRİŞ

Sulama, enerji üretimi ve taşkın kontrolü gibi ana hedeflerin yanı sıra ilave olarak değerlendirilebilecek pek çok faydaya sahip olan barajların su kaynakları projelerinde çok önemli bir yere sahip oldukları gerçeği kaçınılmazdır. Üstelik diğer enerji üretim tesisleriyle karşılaştırıldığında dezavantajı en düşük alternatif olarak değerlendirilebilirler. Ancak inşa maliyetlerinin yüksekliği ve ömürlerinin uzunluğu bu yapılarda dikkatli ve doğru projelendirmeyi, optimum işletmeyi zorunlu kılmaktadır.

Türkiye'nin 26 havzasındaki toplam su potansiyeli 186 milyar m³ olup, bunun 32 milyarı Fırat, 21 milyarı da Dicle'de olmak üzere 53 milyar m³'ü iki havzada yer almaktadır ve tüm Türkiye potansiyelinin yaklaşık % 30'una tekabül etmektedir.

Fırat ve Dicle nehirlerinin yaz ve kış akımlarının çok düzensiz olması, yıldan yıla büyük değişimler göstermesi, GAP çerçevesinde barajların yapılmasını gerektirmiştir.

Güneydoğu Anadolu Projesi ile Fırat ve kollarında 14 baraj, Dicle üzerinde ise 8 olmak üzere toplam 22 baraj inşası planlanmıştır. Ayrıca nisbeten küçük münferit barajlar bulunmaktadır.

Yurdumuzun en büyük akarsuyu olan Fırat Nehri, güney Erzurum dağlarından doğar ve güneybatıya doğru akarken nehir havzasının üst kısmını oluşturan dağlık alandan su toplar.

Doğu Anadolu'da Erzurum ve Ağrı'dan kaynaklanan Murat ve Karasu Nehirleri birleşerek Fırat nehrini oluştururlar. Fırat'la birleşen diğer nehirler, Malatya'da Tohma, Adıyaman'da Kahta, Ziyaret ve Göksu, Şanlıurfa'da Karacadağ yönünden gelen Hacılıdır ve Hacıkamil, Gaziantep'te Karasu ve Nizip'tir. Fırat, sınırı geçtikten sonra Suriye ve Irak düzlüklerine ulaşır.

Fırat'ın havzası, Suriye sınırının kuzeyinde 102 876 km² 'lik bir alanı kapsamakta olup, bunun 22 000 km² 'si bölge sınırları içinde, Karakaya Barajıyla Suriye sınırı arasındadır. Fırat Nehrinin ortalama yıllık debisi ise 31.6x10⁹ m³ 'tür.

Fırat nehir sistemindeki belli başlı tesisler; Keban, Karakaya, Atatürk, Birecik ve Karkamış barajlarıdır. Bu barajlar, bir dizi halinde ana akarsu üzerinde bulunmaktadır ve Keban'ın aşağısından itibaren potansiyel düşünün tamamını değerlendirmektedir. Fırat üzerindeki rezervuarların aktif depolama kapasitesi 42 milyar m³ olduğundan doğal debi büyük ölçüde düzenlenecektir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinin ve yurdumuzun ikinci büyük nehri olan Dicle nehri, Hazar gölünün yakınlarından doğar ve kuzey-güney yönünde akar.

Dicle Nehri, Diyarbakır'ın hemen güneyinde doğuya yönelir, bu arada kuzeyden Anbarçay, Pamukçay, Salat çayı, Batman ve Garzan kollarını, güneyden ise Göksu ve Savur çaylarını alır. Dicle nehrine doğudan karışan birçok kolun dışında hemen hemen tüm yağış alanı bölge sınırları içinde kalmaktadır.

Dicle'nin havzası 38 295 km² 'dir. Dicle'nin en büyük kolu olan Botan'ın havzasının büyük kısmı Bölge dışında kalmaktadır. Dicle, bölge içinde 30 000 km²'lik bir alanın suyunu çekmektedir. Dicle nehrinin yıllık ortalama debisi ise 21.33x10⁹ m³'tür.

Dicle nehir sisteminde, Dicle nehri ana kolu üzerine Kralkızı, Dicle, Ilısu ve Cizre barajları kurulacaktır. Batman nehri üzerinde Batman, Silvan ve Kayser barajları, Garzan nehri üzerinde de Garzan Barajı yer alacaktır.

Bölge genelinde aylık yağış ortalaması Haziran ve Eylül aylarında çok düşüktür ve Aralık-Ocak aylarında maksimum değeri bulur. Yıllar arasında olduğu gibi yıl içinde de büyük farklılıklar görülmektedir. Yıllık ortalamalarla yaz mevsimi ortalamaları arasındaki fark, yazların son derece kurak geçtiğini göstermektedir.

Bölgenin yüksek yörelerinde kışın yağış kar biçimini alarak, uzun bir süre toprak üstünde kalır. (Karların erimesi Fırat ve Dicle taşkınlarının temel nedenidir.)

GAP Bölgesinin hidrolojisi hemen hemen tümüyle Fırat ve Dicle nehirlerinin havzaları ile sınırlıdır. Toplam bölge alanı 74 000 ha olup, bunun 39 000 ha'ından gelen yüzey akışları Fırat'a boşalır. Kalanını yaklaşık 31 000 ha'ıda sularını Dicle nehrine boşaltır.

Dicle'nin yıllık debi değişimleri Fırat'inkine çok benzemektedir. En kurak yıl olan 1961'de yıllık akış hacmi 7.89 milyon m³ tür. Bu 38 yılın yıllık ortalamasının % 47'sine tekabül etmektedir.

En sulak yıl olan 1969'da yıllık akış hacmi 34.34 milyon m³'le yıllık ortalamasının % 204'ü oranında gerçekleşmiştir. Yıllık debi değişimleri Dicle'de Fırat'a göre biraz daha fazladır. Cizre'deki mevsimlik debi değişimleri de Fırat'takilere benzemektedir. Aylık akım Nisan'da % 260 ile Eylül'de % 23 arasında değişir.

Ortalama bir yılda Fırat havzasına 100 700 km²'lik bir alana 585 mm yağmur düştüğü ve 302 mm'lik yüzey suyu aktığı gözlenmektedir. Bu % 52 oranında bir akış katsayısına tekabül etmektedir.(Akçakoca, 1997)

BARAJLARDA RİSK VE GÜVENİLİRLİK

a) Barajların Güvenliği

Başlangıçta taşkınlardan korunmak, içme ve sulama suyu elde etmek için inşa edilen barajlar, 1900'lü yıllardan sonra bunlara ek olarak elektrik enerjisi de üretmek üzere tasarlanmaya başlanmıştır. Zira elektrik gücünün insanların yaşamını etkileyecek biçimde kullanılmaya başlaması, 1890'lı yıllarda özellikle 1900'den itibaren gerçekleşmiş ve bundan sonra da daha yüksek ve daha büyük barajların yapımını zorunlu kılmıştır.

Barajların boyutları büyüdükçe, mühendislerin sorumluluğu artmaya başlamıştır. Mühendisler doğanın yasalarını keşfetmeye, bilgi ve becerileriyle azgın sulara gem vurmaya çalışırken onlardan daha yüksek, daha uzun ve daha ucuz barajlar yapmaları istenmektedir.

Son yıllarda meydana gelen ve önemli derecede can ve mal kaybına neden olan yetersizlikler ve kazalar, baraj ve köprü gibi büyük mühendislik yapılarının davranışlarının yakından izlenmesini ve gerekli önlemlerin alınmasını zorunlu hale getirmiştir.

Başlangıçta, baraj mühendisleri, ilkel deneme - yanılma yöntemleriyle inşaatlarını yapıyorlardı. Şimdi bu konuda oldukça büyük bir bilgi birikimi oldu. Araştırma kurumlarında elde edilen bilgiler hemen teknolojiye aktarılmaktadır. Matematik ve malzeme mekaniği, daha güvenli tasarımların gelişmesinde artan bir etkinlik kazanmıştır. Kuramsal analizler, deneyimli mühendislerin bilgileriyle birleşerek en büyük güvenceyi sağlamak üzere yeni ufuklar açmıştır.

Buna rağmen bir barajın güvensizlik riski, hala uygarlığın sakınılamayan yüklerinden biridir. Mühendisin birinci ve en önemli sorumluluğu, bu tehlikeyi minimize etmektir. Mühendisliğin hemen hemen hiçbir alanında, bu denli toplum ağırlığı olan bir sorumluluk yoktur.

Gittikçe daha az uygun yerlerde baraj yapmaya itinildiği için başarısızlıklardan korunma gittikçe zorlaşmaktadır. Büyük barajların mansaplarında genellikle yüzbinlerce insan yaşadığından, baraj yetersizliklerinden veya kazalarından korunmak için en güvenceli yolun bulunması gerekir.

Rezervuarların altındaki araziler üzerinde yaşayan insanların doğrudan doğruya can ve mal güvenlikleriyle ilgili olarak risk hesabı, baraj bilgisinin gittikçe büyüyen bir parçasıdır. Dahası, bunların nasıl tasarlanacağını, nasıl yapılacağını ve nasıl güven içinde korunacağını bilmek gerekir. Bu bilginin anlamlı bir parçası, meydana gelen hesaplardan elde edilmiştir.

Baraj güvenliği, tasarımdan yapımına hatta işletmeye kadar uzanan bir kavramdır; planlama ile başlar ve işlemsel olarak yakından izlemeyi de içeren bütün fazları kapsar.

Bu nedenlerle güvenliğe ilişkin harcamalar, elimine edilebilen extra bir masraf değil , proje maliyetinin değişmez bir parçası olarak düşünülebilir.

Mühendisler, seçenekler arasında karar verme faktörü olarak maliyete önem vermeye eğitilirler. Oysa ekonominin, yapılan işin gereğinin önünde yer almaması gerekir. Göz önünde tutulan her seçenek, güvenlik önlemlerini içermelidir.(Uzel,1991)

b) Baraj Kazaları

Dünya’da, baraj yetersizlikleri nedeniyle tehlike arzeden barajların toplam sayısı 150.000’i aşar. Barajların çoğu planlandığı gibi çalışmaz. Kaba bir tahminle Milat’tan sonra 12. yüzyıldan beri, kısmi çökmeyi veya yıkılmayı içeren 2000 yetersizlik ortaya çıkmıştır. Elbette bunların çoğu büyük baraj değildir. 20. yüzyılda dünyada yaklaşık 200 dikkati çeken rezervuar yetersizliği olmuştur. Bu kazalarda 8000’den fazla insan hayatını yitirmiştir.

1929’da Berlin’de yapılan Dünya Güç Konferansı’nda, baraj mühendisliğinin gelişmesi üzerindeki geniş bilgi ICOLD (International Commission on Large Dams)’ın kurulmasına önayak olmuştur. ICOLD tarafından hazırlanan aşağıdaki tabloda, tarihi çağdan 1965’e kadar uzanan bir zaman içerisinde oluşan büyük baraj yetersizliklerini göstermektedir. (Uzel,1991)

Tablo I. Büyük Baraj Yetersizlikleri

Yıl	Önemli Baraj Yetersizliklerinin Sayısı
1900’e kadar	38
1900 - 1909	15
1910 - 1919	25
1920 - 1929	33
1930 - 1939	15
1940 - 1949	11
1950 - 1959	30
1960 - 1965	25
Bilinmeyen tarihlerde	10
TOPLAM	202

c) Barajlarda Risk ve Güvenilirliğin Boyutları

Su yapılarının güvenilirliği, emniyeti ve işlevlerini istenilen şekilde yapabilmesi, dış yüklere ve yapının dayanım kapasitesine doğrudan bağlıdır. Dış yükler hidrolojik, jeofiziksel ve insan kaynaklı olabilir. Benzeri şekilde yapının dış yüklere dayanım kapasitesi hidrolik, jeoteknik ve yapısal faktörlere bağlıdır. Belirli bir yapıya etki eden dış yükler ve yapının bu yüklere karşı dayanımı zaman içinde değişmekte, yüklere ve dayanıma etki eden faktörlerden pek çoğunun zaman içindeki davranışı belirli bir biçimden ziyade rastgelelik özelliğini gösterdiğinden, değişim de rastgele olmaktadır. Örneğin bir beton ağırlık barajın güvenilirliği yapının mukavemeti, temel ve yamaçların stabilitesi, dolusavak ve dipsavak gibi kontrol organlarının görevlerini istenilen düzeyde yapmasına bağlıdır. (Türkman, 1990)

Bir bölgedeki belirli bir su yapısında, yük ve direnç zamanla değişirler. Yük ve direnci oluşturan faktörler rastgele karakteri haizdir.

Bir beton barajın emniyetini düşünelim. Barajın direnci, barajın yapısal özelliğine, temelin kaya veya zemin emniyet gerilmesine ve kapaklar ile savakların çalışmasına bağlıdır. Bu gerilmeler ve karakteristikler eskime ve yorulma nedeniyle zamanla değiştiği gibi insan unsuruna bağlı olan değişmelere de maruz kalırlar. Bunlar işletme ve bakım programı ile ilgili değişimlerdir.

Baraja gelen yükler ise, çeşitli dönüş aralıklarındaki taşkınların hidrolojik ve hidrolik yükleri, rezervuarlardaki siltlenme, buz ve dalgalar, depremlerin jeofizik yükleri, rüzgar ve heyelanlardır.

İnsan faktöründen meydana gelen aşırı hareketli yükler ve sabotajı bunlara ekleyebiliriz. Yük ve direnci oluşturan faktörlerin birçoğu doğada rastgele karakterdedir. (Bulu,1991)

GAP BARAJLARINDA RİSK FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ

Baraj istatistikleri, en çok toprak dolgu barajların, ondan sonra sırasıyla ağırlık barajlarının, kaya dolgu barajların ve bir veya birden fazla eğrilikli barajların hasara uğradıklarını göstermektedir. Daha yaygın tipleri arasında vuku bulacak böyle büyük dertler sürpriz olmamalıdır. Her tip kendi arasında oranlanarak kıyaslanırsa çoklu kemer tipli barajların diğerlerine kıyasla daha az sayıda yetersizlik gösterdiği görülmektedir.

Baraj yıkılma veya kazalarıyla ilgili olarak literatürlerde konuyu barajın yaşı, tipi ve boyutları açısından ele alan çalışmalara da rastlamak mümkündür. (Cheng, 1993)

1962 yılında İspanya’da yayımlanan Revista de Obras Publicas isimli dergi, 1620 büyük baraja ilişkin bir çalışmanın sonuçlarını vermiştir. İncelenen problemlerle ilgili yetersizlik sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo II. Barajların Yetersizliklerinin Nedenleri

Yetersizliğin Nedeni	Yetersizliğin Yüzdesi
Temel yetersizliği	40
Yetersiz dolu savak	23
Zayıf konstrüksiyon	12
Düzensiz oturma	10
Yüksek boşluk basıncı	5
Savaşın etkileri	3
Sedde kaymaları	2
Kusurlu malzemeler	2
Doğru olmayan işlem	2
Depremler	1

“Fırat ve Dicle nehirlerinde su miktarının gerek yıllar arasında gerekse bir yıl içinde mevsimsel olarak büyük değişimler göstermesi, Türkiye’deki barajların inşasından önce, Fırat-Dicle havzalarında büyük boyutlarda tarihsel taşkınlar ve kuraklıkların yaşanmasına neden olmuştur. Bu taşkın ve kuraklıklar özellikle Suriya ve Irak’ta görülmüştür.

...Fırat ve Dicle taşkınları çok şiddetli olup, havzadaki tarımsal üretim yönünden yanlış zamanda meydana gelmektedir. Nisan-Haziran arasında oluşan taşkınlar, yaz mahsulleri için çok geç ve kışın ekilen mahsuller için ise çok erkendir. Diğer bir husus ise, ovalar çok düşük meyilli (1:26 000), geçirimsiz bir toprak yapısına sahip olduğu ve tabii drenaj eksikliği nedenleriyle su birikintileri ve tuzlanma meydana gelmektedir.”(Bilen, 1997)

Genel olarak barajlarda ve özelde GAP çerçevesindeki barajlarda yetersizlik oluşturan risk faktörlerini ayrıntılı olarak incelemeye çalışırsak şu sonuçlara ulaşırız:

a) Temel problemleri:

Temel çöküşleri, temelin doğal kondüsyonuyla veya onun yapımı sırasındaki tehlikeyle ilgilidir. Diferansiyel oturma, kayma, yüksek piezometrik basınçlar ve kontrol edilemeyen sızıntı, temel sıkıntısının olağan olaylarıdır. Barajdaki çatlaklar, bağıl olarak küçük olsalar bile temelde bir problem olduğunu gösterebilir.

Temel yetersizlikleri, temel malzemesinin suya doyması ve nihai yıkama veya kayma yüzünden oluşabilir. Temel erozyonu yavaş yavaş gelişebilir ama büyük kaymalar aniden ortaya çıkar.

b) Sızıntı:

Suyun barajın veya temelinin içinden akması, yapının kondüsyonunu gösteren önemli bir göstergedir ve ciddi bir tehlike kaynağı olabilir. Hiç bir kimse bir baraj gövdesinin temeli üzerindeki etkisinin kesin olarak ne olduğunu söyleyemez.

Sızıntı kontrol tesisleri yerleştirilmedikçe, alta uzanan formasyonlar içindeki boşluk basınçları ve süzülme gibi derin rezervuar durumunda dolunun önemli derecede artması umulabilir. Sonuçlar sadece baraj bölgesinde değil özellikle doğal seddin ince olduğu yerde, göl kenarında da önemli olmayabilir.

Sızan su, doğal olarak, barajın bütünlüğü için zaruri olan temel malzemeleri taşıma eğilimindedir. Baraj ve temelinden gelen türbülanslı akım, iç erozyonun bir göstergesi olabilir.

Malzemenin bu şekilde harap olması, yapının gittikçe zayıfladığını gösteren tipik bir gelişmedir. Bazen, bir önlem olarak, örneğin temelinde çok miktarda çözülebilen mineraller ve alçıtaşı olan bazı barajlarda, temel kayasının kimyasal solüsyonunun içine girilebilir.

Kontrolsüz sızıntı, artan sedde boşluk basıncıyla ve toprak kitlesinin giderek zayıflamasıyla birleşebilir. Yüksek boşluk basıncı:seddenin haddinden fazla hızlı yer değiştirmesi, haddinden fazla nem, seddedeki geçirimli malzemelerin içindeki sızıntı, çatlaklar boyunca sızıntı, nedenleriyle oluşabilir.

c) Erozyon:

Seddeler, memba yüzü üzerindeki dalgalardan ve mansap yüzü üzerindeki yüzey akışından korunmadıkça erozyon için hassas olabilir. Böyle hasarlara karşı özellikle mahmuzlardan yararlanılabilir. Dolgunun mansap topuğu da yağmur ve rüzgar etkilerinden korunmalıdır. Bunun için çim ekimi belki en makul seçenek olabilir. Mansap yüzündeki banketler, akışı keserek veya çevirerek erozyonu kontrol etmeye hizmet edebilir.

Dalga hareketinin oluşturduğu perenin boşalması, seddeyi erozyona maruz bırakabilir. Ama bu boşalma ciddi hasar meydana gelmeden önce kontrol altına alınıp düzeltilebilir.

d) Sedde Hareketi

Konstrüksiyonda kullanılan tehikeli malzemeler, bir seddeyi stabil olmayan bir duruma getirebilir. Alçı taşı gibi eriyen mineraller, uzağa taşınabilir ve hacim kaybı yüzünden genel oturmaya neden olabilir. Dispersif killerin erozyonu, düşük tuz içerikli su sızıntısından kaynaklanabilir.

e) Akışkanlık:

Bir hidrolik dolgu üzerinde ciddi bir sismik aktivitenin en belirgin ve muhtemel etkisi diğerine kıyasla uzun süreli düşük frekanslı titreşimlere uyan seddenin distorsiyonu şeklinde olacaktır. Bu, oturma ve yanal sıçrama olarak bilinir. Böyle etkiler, akmayla yoğunlaşabilir. Buna duyarlılık, üniform gradasyonlu ve ince grenli düşük dansiteli topraklarda en yüksektir. Akma, böyle malzemelerden oluşan katmanlar halinde yapılan bu tür bir dolgu seddede, potansiyel bir problemdir.

f) Betonun Bozulması:

Beton barajların yaşlanması, fiziksel ve kimyasal faktörlere atfedilebilir. Bunlardan ilki, sıcaklık değişimlerinin neden olduğu şeyleri vb. içeren veya yapıya etki eden kuvvetlerdeki değişimlere bağlıdır. İkincisi ise inorganik asitler, sülfatlar ve belirli diğer tuzları içeren agresiv suyun barajlara yayılmasıyla birleşir. Betonun öğeleriyle bu maddelerin kimyasal reaksiyonları, betonun zayıflamasıyla sonuçlanabilir. Örneğin yumuşak su, birkaç yıl içinde ciddi bir bozulmaya neden olacak şekilde betona hücum

edebilir. Bir beton barajın yapımında kullanılan bozucu ve adi malzemeler, yapının bozulmasıyla ve muhtemelen hasarıyla sonuçlanabilir. Biraz zayıf bağlanmış çimento, zayıf agregalar veya mineralli su, betonun düşük kuvvetli olmasına neden olur. Yüksek emici agregalar, donma - çözülme hasarına karşı oldukça hassastır. Toprak, su, mika veya organik malzeme ile bulaşmış agregalar da düşük standartlı beton yapar.

Betonun ayrışması, donma ve çözülme, termal genleşme ve kontraksiyon veya ıslanma ve kuruma nedenleriyle olabilir. Donma - çözülme etkileri, sanat yapılarının kabuklarında, payandalarda ve duvarlarda aynı şekilde bulunur.

Birçok beton baraj, alkali - agrega reaksiyonundan etkilenmiştir. Bu kimyasal olay tipik olarak kilit taşının memba hareketi, uçlardaki betonun parçalanması ve baraj yüzlerinin karakteristik çatlamasından anlaşılabilir. Beton kitlenin kuvveti, alkali - agrega reaksiyonu yüzünden azalabilir.

Bozulmayı gösteren ipuçlar: Genleşme, rastgele bazı parçaların çatlaması, jelatine benzeyen bir akıntı, tebeşirleyen yüzeylerdir.

g) Dolu Savakların Yetersizliği:

Suyun barajın üzerinden aşması, suyun dolu savaklar ve çıkış yapıları yardımıyla zamanında ve yeterince salınmaması sonucunda meydana gelir.

Suyun kretin üzerinden aşması, sedde barajlarının hasarlarının çok genel nedenidir. Suyun barajın üzerinden aşmasına bağlanan birçok yetersizlik, bu barajlar daha yapılırken meydana gelmiştir. 1960'ta taşkınla yıkılan Brezilya'daki Oros Barajı, 1967'de yıkılan Endonezya'daki Sempor Barajı, bu konuda kayda değer örneklerdir.

İyi bir hidrolik gözlem yapılmışsa ve uzun süreli veriler muhtemel taşkınların zamanı, süresi ve ekstrem değerleri tahmin edilebilir. Taşkınların incelikten hesaplanmamasından ve buna bağlı olarak gerekli şeyler düşünülmemesinden kaynaklanan kazalara örnek olarak Amerika'daki Johnstown - South Fork, Brezilya'daki Oros ve Hindistan'daki Machhu II barajlarındaki yetersizlikler gösterilebilir.

Bu olaylarda ekstrem taşkınlar düşünülmediği ve taşkınların düşük değerleri gözönünde tutularak tasarım yapıldığı anlaşılmıştır. Oysa bu tür kazalardan ders alınarak taşkınlarla ilişkin tahminlerde daha dikkatli davranılabilir ve daha iyi tasarımlar yapılabilir.

Deşarj kapasitesinin çok önemli olduğunu ortaya koyduktan sonra dolusavakların, kanalları tıkayan enkazlar, erozyon ve temel çürümesi, kırılmış kaplamalar ve bozuk mekanik aletler gibi genel akışlar içinde kontrol edilmesi gerekir. Barajın ömrü, tehlike sırasında dolu savağın güvenli olarak fonksiyon yapmasına bağlı olduğu için düzenli muayene ve denetim şarttır. Barajı geçen taşıyıcı su için yapılan kolaylıkların bakımı, ilk bakışta anlamsız gibi görülebilir ve buna genellikle dikkat edilmez. Ancak bu ihmalden kaynaklanan bazı kötü sonuçlarla karşılaşmıştır.

Kapakların, valflerin veya kaldırma ekipmanlarının kötü çalışmasının nedenleri şunlar olabilir: Yapının deplasmanı, paslanmış, yırtılmış, kırılmış veya gevşemiş parçalar, parçaların yanlış hizalanması, işlemin sık olmaması yüzünden paslanma veya sarma, uygun olmayan işlem süreçleri, güç yaşanması, elektrik devrelerindeki yetersizlikler, yetersiz yağlama, buzlanma, silt veya enkaz, elektrik ve mekanik ekipmanın yetersiz bakımı, önemli zamanlarda işlem yetersizliğine önyak olabilir.

h) Prizlerin Yetersizliği:

Özellikle küçük veya orta boyutlu barajlarda, rezervuarlardaki en önemli ters koşullardan biri, zayıf olarak yapılmış veya bakımsızlıktan bozulmuş prizlerdir. Bir kriz süresince bir rezervuarın hızlı düşme ve boşalma yeteneği çok önemlidir. Bazı durumlarda sıkıntı, havuz yüksekliği sadece 50 - 60 cm düşürülerek giderilebilir. Böyle durumlarda uygun fonksiyon yapan bir priz esastır. Barajın içindeki veya altındaki menfez suyu

basınçlarını sınırlamak için bir prizinin memba ucundaki kontrolünün önemi ve değeri, genellikle iyi bilinir.

i) Tahrip:

Barajların tarihi incelendiğinde bazılarının halkın güvenliği için bazılarının ise sabotaj amacıyla tahrip edildiği görülür. Diğer nedenlerle hasar gören barajların sayısı, bilerek tahrip edilen barajların sayısından elbette çok daha fazladır. Ama askerler, savaş sırasında barajları stratejik değeri yüksek yapılar olarak değerlendirip tahrip edilmesine karar verebilirler.

j) Kayma:

Rezervuar yamaçlarının veya baraj desteklerinin ya da barajın kendisinin kayma ihtimali, daha başlangıçta, su depolama bölgesinde güvenlik incelemesi yapılırken hesaba katılmalıdır.

Toprak kaymaları, dalgalarla temel yapılarının blokajı veya kırılması ya da 1963'te İtalya'daki Vaiont Barajı'nda olduğu gibi barajın devrilmesi ile sonuçlanabilir.

Bazı kaygan taş ve şistler, kaymaya son derece eğilimlidirler. Killi şistler ve kireç taşlar da problemler neden olurlar. Herhangi bir kaya çeşidi için tabaka kayması söz konusu olabilir.

k) İndüklenmiş Depremler:

Yüksek bir barajın arkasındaki büyük bir rezervuarın su ile dolması, bir yer sarsıntısına neden olabilir. Süperpoze olmuş suyun ağırlığı, boşluk basınçları yüzünden altta uzanan kayanın içindeki sürtünme direncinin azalması ve kimyasal değişimlerin neden olduğu kaya kuvvetindeki düşme gibi faktörler, böyle bir harekete katkıda bulunabilir. Yüksek basıncın etkisi altındaki temelin içine giren suyun infiltrasyonu, biriken tektonik gerilimin gerçekleşmesini tetikler. Yoğunlaşmış boşluk basıncı kırık düzlemlerin üzerindeki normal basınçları düşürerek azaltma eğilimindedir. Sonuç hareketi, arakesitteki düzensizlikler giderilinceye kadar genişleyecektir. (Uzel, 1991), (Cheng, Yen, Tang, 1986)

SONUÇ

Yapıların görev yapamama riskinin belirlenmesi için araştırmacılar; dönüş aralığı, emniyet faktörü, Monte Carlo Simülasyon, güvenilirlik indeksi, ortalama değer birinci derece ikincil moment (mean value first order second moment) - (MFOSM) , ileri birinci derece ikincil moment (advanced first order second moment) - (AFOSM) metodlarını öne sürmüşlerdir. (Tung, Yen, 1993), (Tung,1993), (Yen, Cheng, Melching, 1986),

Tablo III. Risk Hesaplama Metodlarının Genel Kıyaslaması:

METOD	DÖNÜŞ ARALIĞI	DOĞRUDAN İNTEGRASYON	MONTE-CARLO SIMÜLASYON	GÜVENİLİRLİK İNDEKSİ	MFOSM	AFOSM
Değişik Etkenleri İçerme Kapasitesi	Çok sınırlı	Sınırlı	İyi	İyi	İyi	İyi
Faktörlerin Olasılık Dağılım Fonksiyonları Hakkında Gerekli Bilgi	Dolaylı	Çok veri gerektiren ve masraflı	Orta	İlk iki istatistiksel momenti (ortalama, varyans)	Etkenlerin birleşik dağılımı ve her etkenin ilk iki istatistiksel momenti (ortal., var)	Etkenlerin birleşik olasılık dağılımı ve her etkenin ilk iki ist. momenti (ort, var)

Uygulama Zorluğu	Basit	Karmaşık	Orta	Orta	Orta	Orta
Gerekli Hesaplama Miktarı	Az	Orta-çok	Çok	Az-orta	Az-orta	Orta
Toplam Riski Belirleme Kapasitesi	Yok	Çok zor	Aşırı hesaplama gerekli	Yok	Var	Var
Neticelerin Risk-Maliyet Analizine Uygulanabilirliği	Kısmi	Uygun	Uygun	Yok	Uygun	Uygun

Kıyaslamaya emniyet faktörü metodu, karakteristikleri emniyet faktörünün ne şekilde tanımlandığına bağlı olduğu için, tabloya dahil edilmemiştir.

Tüm metodlar, su yapıları, genelde tüm yapılar, için belirli bir dereceye kadar göreceli güvenilirliği sayısal olarak kıyaslama imkanı sağlarlar. Çok basit özel yapılar hariç metodlardan hiçbiri yapıların gerçek toplam riskini belirleyemezler. (Türkman, 1990)

Barajların planlama ve projelendirme safhalarında yetersiz hidrolojik verilerden yararlanıldığı da düşünülürse, muhtemel maksimum yağış, frekans analiz yöntemleriyle hesaplanan taşkın piklerine göre boyutlandırılan dolu savakların yukarıda sayılan metodlardan bir ya da birkaçı ile risk hesabının yapılması ve sonuç değerinin belirlenmesiyle GAP barajlarının hangi riskler altında ne tür güvenlik davranışı gösterdiği ve bu davranış ile risk-emniyet oranlarının gerçekçi bir şekilde belirlenebileceği açıktır.

Çünkü böylelikle sistemin işleyişinde eksik kalan bütün unsurlar açığa çıkacak, hatta uygun rehabilitasyon çalışmaları da devreye alınmak suretiyle GAP projesinin ömrü uzatılabilecek ve yeni risklere hazırlıklı olunacaktır.

KAYNAKLAR

AKÇAKOCA, H., 1997, Güneydoğu Anadolu Projesi Su Kaynakları, GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı Yayını, Ankara.

BİLEN, Ö.,1997, Türkiye’de Fırat Nehri Üzerindeki Barajların Aşağı Kıyıdaş Ülkelere Etkileri, Türkiye Mühendislik Haberleri, İMO, Sayı:391, İstanbul.

BULU, A., 1989, Barajların Risk Analizi, Akdeniz Üniv., Mühendislik Fak. Dergisi, Sayı:4, Sayfa: 19-29, Isparta.

BULU, A., 1991, “Hidrolojide Risk Analizi”, Hidrolojik Analiz ve Tasarım, İTÜ İnşaat Fak. Hidrolik A.B.D., İstanbul.

CHENG, S.T., YEN, B.C., TANG, W.H.,1986, Wind Induced Overtopping Risk of Dams, Stochastic and Risk Analysis in Hydraulic Eng., Water Res. Publ., Colorado, USA.

CHENG, S.T., 1993, Statistics of Dam Failures, Reliability and Uncertainty Analyses in Hydraulic Design, ASCE Publ., New York, USA.

TUNG, Y.K., 1993, Confidence Intervals of Optimal Risk-Based Hydraulic Design Parameters, Reliability and Uncertainty Analyses in Hydraulic Design, ASCE Publ., New York, USA.

TUNG, Y.K., YEN, B.C., 1993, Some Recent Progress in Uncertainty Analysis for Hydraulic Design, Reliability and Uncertainty Analyses in Hydraulic Design, ASCE Publ., New York, USA.

TÜRKMAN,F., 1990, Su Yapılarının Risk ve Güvenilirliğinin Belirlenmesi, DSİ, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Su Mühendisliği Semineri, Ankara.

UZEL, T., 1991, Barajların Güvenliği, Doğan Matbaası, İstanbul.

YEN, B.C., CHENG, S.T., MELCHING, C.S., 1986, First Order Reliability Analysis, , Stochastic and Risk Analysis in Hydraulic Eng., Water Res. Publ., Colorado, USA.

*Bu makale, 1997 yılında Harran Üniversitesi, Araştırma Fonu'nca desteklenen **“GAP Çerçevesindeki Barajları Etkileyen Risklerin Belirlenmesi”** konulu proje çalışması esas alınarak hazırlanmıştır.