

# DOLGU BARAJ MÜHENDİSLİĞİNDE TARTIŞMALI GÖRÜŞLER VE YÖNELİMLER

Yazan : J.L.Sherard  
Müşavir Mühendis

Çeviri : Erdoğan ÖZORAL, İnş.Müh.  
Mustafa EREREN, Jeo.Yük.Müh.  
DSİ VII. Bölge Müdürlüğü, SAMSUN  
Mart - 1998 - Samsun

Dolgu barajlardaki inşaat pratiği son 10-20 yıl içerisinde bir dizi değişikliğe uğramıştır. Bazı yeni yöntemlerin uygulaması artarken bazıları ortadan kalkmıştır. Hemen hepsi her mühendis tarafından tanınmamak ve kabul edilmemekle birlikte, yazar tarafından burada tartışılan değişikliklerde bugünkü geçerli uygulamalar temel alınmıştır.

Uygulamadaki değişikliklerin oluşmasına neden olan itici güç birincil olarak fiyat indirgemektir, ancak bazı durumlarda temel emniyet faktörünü artırmakta etken olmaktadır. En kolay şekilde kabul edilen yönelimler mühendisi her iki şıkkında sağlanacağına ikna edebilenlerdir. En enerjik şekilde tartışılan yönelimler mühendisin tutucu davranışlar içinde değişiklik etkisini taktir etmede sıkıntıya sahip olduklarıdır. Uygulamanın tedricen değişimi sonucu, bu değişiklikleri ele alan özel mühendislik literatürü önemli oranda gecikmiştir. Literatürde makul ve kabul edilebilir bir tanımlamanın mevcudiyetinden önce, faal bir uzman uygulayıcı nadiren kapsamlı bir makale veya kitap yazar; yaygın olanı uygulamadaki değişikliğin iyice yerleşmesinden ve dünyanın değişik kesimlerindeki projelerde kullanılmasından sonra 10-15 sene içerisinde yazılmasıdır.

Baraj davranışını anlama, uygulamadaki taktir edilmesi gerekli değişikliklerden sağlanan temel esastır. Bu makalede, başlangıç oluşturmak için uygulamada haklı çıktığında yazarın inandığı dolgu baraj mühendisliği ile ilgili bir dizi farklı görüş tanımlanacaktır. Baraj yapımından -özellikle kötü yapım ve bozukluklardan- öğrenilmiş derslerle bunların ilişkisi gösterilecektir.

Temelin geçirimsiz, sağlam kaya olması gibi bütün koşulların uygun olduğu varsayılarak, tartışmalar dolgu barajların kendi problemleri ile sınırlı tutulacaktır. Ve makalede odak noktasını genellikle orta yükseklikte barajlar, toprak çekirdekli-dolgu zonlu yüksek barajlar,

homojen dolgu barajlar v.s. oluşturacaktır. Oysa bu konudaki tartışmalar çok geniş alana yayılabilir.

## MANSAP FİLTRELERİ

Yakın zamana kadar, geçirimsiz dolgu kesitleri için yapılan filtre proje kriterlerini destekleyen deneyler ve araştırmalar, geçirimsiz örneklerin boşluklarından yavaş yavaş suyun sızmasına müsaade edilerek ve filtre içine boşaltılarak laboratuvarında yapılmaktaydı. Bu yüzden rezervuardan baraj çekirdeğine ilerleyen ve filtre içine deşarj olan konsantre sızmaların etkin olduğu daha şiddetli koşullarda oluşacak aşınmayı kontrol edebilmek için etkili proje kriterlerini toplayan bir filtre sağlamak konusu sorun olmaktadır.

Kanıtlanmıştır ki, küçük çapta konsantre sızmalar, modern uygulamaya göre projelendirilmiş ve iyi inşa edilmiş dolgu barajların geçirimsiz kesitleri içerisinde nadiren ilerler. Aşağıda bu konu ile ilgili saptamalar verilmiştir.

- İç drensiz, iyi inşa edilmiş küçük homojen barajların mansap seviinde ilk rezervuar dolmasından hemen sonra konsantre sızmalar birleşmiştir. Bu tür sızmalar genellikle maksimum farklı oturma noktalarında oluşmaktadır. Bunlar bazen bozulmaya yol açmaktadırlar.

- Yakınlarda inşa edilmiş bazı merkezsel çekirdekli barajlarda çekirdeğin mansap piyezometrelerde hemen bütün rezervuar basıncı kaydedilmiştir. Özel koşulları incelemek için bu barajların geçirimsiz çekirdeklerinde özel sondajlamalar yapılmıştır. Bu sondajlar belirli seviyeye ulaştığında kuyuya su girmektedir ve piyezometrede basınç çabucak yükselmektedir. Bu sonuç olarak bir konsantre sızmanın varlığını gösterir.

- Birkaç örnekte konsantre sızmalar, modern merkezsel çekirdekli barajların mansap topuklarında aniden birleşmişlerdir; bu sızmalar genellikle rezervuarın ilk dolması süresince ve dolmadan hemen sonra oluşmuştur. Bu örneklerin bazılarında geniş etütler, sızmanın muhtemel

sebeninin sadece "hidrolik kırılma" olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

- Rezervuar dolmadan önce, açık çatlakların dolu rezervuar seviyesinin alt kısmına uzandığı gözlenmiştir.

- Sonlu Elemanlar Yöntemiyle yapılan hesaplamaların tesbit ettiğine göre iyi inşa edilmiş barajlarda çekirdekdeki gerilme sık şekilde, alışılmadık farklı oturmanın söz konusu olmadığı durumlarda dahi hidrolik kırılmaya müsaade edecek derecede düşüktür.

- Küçük konsantre sızmalar, temel kaya kontaklarındaki kaçınılmaz küçük açık çatlaklar boyunca oluşabilir. New Jersey'de Yard's Creek barajında bu sızmalar çekirdekten ana kayaya dalmış bir deney çukurunda gözlenmiştir.

Küçük konsantre sızmaların birçok dolgu barajın geçirimsiz zonlarında hatta istisnai farklı oturmasızlarda da - gelişebileceğini projenin varsaymasına ihtiyaç olduğuna dair teoriyle de desteklenmiş olarak, baraj davranışından sağlanan yeterli miktarda kanıt mevcuttur. Ve aynı zamanda kuvvetli aktif sismik bölgelerde deprem sarsıntısının sebep olduğu çökmelerde farklı oturma çatlaklarına yol açabilir.

Baraj yapımı ile ilgili bütün deneyimlerin analizleri göstermiştir ki, kabul edilen koruyucu pratiğe göre filtreler projelendirildiğinde; uygun olmayan filtrelere atfedilmiş dolgu barajların bozulma ve hasar olayları hemen hemen yoktur. Borulanma sonucu olarak kopmaların ve hasarların hemen hemen hepsi iki özel baraj grubu içerisinde meydana gelmiştir.

- Konsantre sızmanın baraj içinden ilerlediği ve filtre içinden geçmeksizin mansap şevinden çıktığı baca dren (filtre-dren) olmayan homojen barajlar.

- Aşırı derecede kaba filtreye sahip; kaba, geniş derecelenmiş topraktan geçirimsiz kesitleri oluşturulmuş bir dizi baraj.

Bu yüzden, baraj yapımı deneyimi, filtrelerin konsantre sızmaları güvenli şekilde kontrol edecek olan geçerli kriterleri toplayacak biçimde projelendirilmeleri sonucunu destekler.

Birçok özel baraj için proje çalışmalarının bir parçası olarak, çatlağın içinden suyun akmasına ve filtreye boşalmasına yol verilen bir yapay çatlak (veya delik) içerikli sıkıştırılmış geçirimsiz dolgu örnekleri kullanılarak filtre deneyleri yapılmıştır. Bunlar, kabul edilen koruyucu kriterleri toplayan filtrelerin genellikle önemli aşınmaları önleyebileceğini ve stabil eşit bir koşulda konsantre sızmayı güvenlice kontrol edebileceğini ve kesebileceğini göstermiştir. ABD Ziraat Teşkilatı Toprak Koruma Servisi

tarafından yakında yapılmış yoğun laboratuvar araştırmalarının tespit ettiğine göre, konsantre sızmaları nispeten yüksek su basıncı, hızı ve eğimi durumunda dahi kontrol etmek ve kesmek için, normal sızma koşulları altındaki filtreler için kabul edilen kriterler genellikle tatmin edicidirler.

Bu sebeple, gerek konsantre sızmalarla ilgili laboratuvar filtre deneylerinden gerekse barajlardaki filtrelerden edindiğimiz deneyimler bize dolgu barajların geçirimsiz kesitlerinden herhangi bir sebeple oluşacak konsantre sızmaları güvenlice kontrol etmede mansap filtrelerinin güvenilir olduğunu göstermiştir.

Filtrelerin güvenilirliğine dair itimadım Toprak Koruma Servisinin geçmiş üç yılda yaptığı geniş araştırmaları izlerken önemli oranda kuvvetlendi. Bu çalışmaların bir parçası olarak laboratuvarda düzinelerle deney yapılırken, hızla akan konsantre sızmaların sıkıştırılmış geçirimsiz toprak örneklerinin içerisinden geçen ve değişik kabalıktaki filtre içine boşalmasına müsaade edilen deneylerdeki davranışını gözlerken asistanlık yaptım. Bu çalışmadan elde edilen ana gözlem koruyucu filtrenin konsantre sızmayı kestiği ve aşınmayı önlemede etkili olduğudur. Koruyucu bir filtre kullanıldığında filtre içersine geçirimsiz dolgu çekirdek malzemesinden önemli bir miktarda taşınma olmasının imkansız olduğu görülmektedir. Başarılı laboratuvar deneyleri konusunda okumakta bir şeydir ama, çok şiddetli koşullarda tekrarlanan şekilde filtrenin toprak partiküllerinin girişini doldurması ve sızmayı kontrol altına alması eylemini bizzat görmek çok daha ikna edici olmaktadır.

Baraj çekirdeğinin içinden mümkün olan konsantre sızmaları kontrol etmekteki önemli rolü sebebiyle; mansap filtreleri baraj içersinde diğer lokasyonlardaki filtrelerle mukayese edildiğinde "kiritik filtre"ler olarak karakterize edilmektedir. Araştırmaların teyit ettiğine göre doğadaki çok ince tanelenmiş killer (d85; 0,03 mm veya daha büyük boyda) için ortalama 0,5 mm veya daha küçük boyda (D15) kumlar ve çakıllı kumlar koruyucu filtre olarak kullanılmalıdır.

#### **FARKLI OTURMA ÇATLAĞI**

Toprak barajlarda, hatta alışılmadık büyük çapta oturma olayının olmadığı barajlarda da gözlenebilen "çatlama"nın üstesinden gelmek için çalışmalar 1950'lerde başladı. Evvelce dolgu barajların açık çatlaklarla dayanma açısından oldukça yumuşak ve deforme olabilir özellikte olduğu dikkate alınmaktaydı. Sonraki yıllarda, 1- farklı oturma ve konsantre sızma ihtimalini azaltmak için, 2- koruyucu önlemlere rağmen gelişen farklı oturma çatlaklarındaki sızmaları kontrol etmek için çeşitli proje tedbirleri getirildi.

İlk kategori için genellikle 7 adet teknik kullanıldı:

- Yamaçtaki ani değişiklikleri azaltmak ve daha düzgün bir yamaç elde etmek için yanlardaki kaya kazısı;
- Merkezsel çekirdekli barajlarda çekirdeğin dik olmayıp menbaya meyilli şekilde yapılması;
- Geçirimsiz toprak çekirdeğin alt yarısının nispeten düşük su içeriği ile ve mümkün mertebe yüksek yoğunlukta sıkıştırılması;
- Geçirimsiz çekirdeğin üst kısmını ileride olabilecek çatlama ile deformeasyonlara uygun ve fleksibil hale getirmek için daha fazla su içeriği ile sıkıştırılması;
- Geçirimsiz çekirdek için daha fleksibil olduğu için siltli kum yerine plastik kilin tercih edilmesi;
- Yamaç kontaklarında özellikle yüksek su içerikli geçirimsiz bir çekirdek şeridi oluşturulması; bazen bu şerit için daha da plastik kil kullanılmaktadır.
- Su basıncının baraj kretinde itme oluşturduğunda boyuna gerilmeyi azaltmak için dolgu barajları kemerlendirme.

İkinci kategoride kullanılan iki yöntem ise şudur;

- Geçirimsiz çekirdek için konsantr sızma aşındırmasında çok dayanıklı olduğuna inanılan plastik kil kullanımı,
- Koruyucu mansap filtresi kullanımı.

Bu ikinci kategoride farklı oturma çatlaklarındaki konsantr sızmalara karşı ana savunma, farklı oturmaya azaltmak ve oluşabilen sızmayı önlemek için gösterilen proje gayretidir. Mansap filtrelerinin genellikle zorunlu ikinci bir savunma hattı olduğu gözönüne alınmıştır.

Genel ilgiyi cezbeden ilk çatlamanın olduğundan itibaren 30 yıl içerisinde, artan şiddetli farklı oturma koşulları ilavesiyle, daha dar sarp kanyon vadilerde, hızlı inşaat temposuyla daha yüksek dolgu barajlar inşaa edildi. Farklı oturmaya azaltmaya yönelik çeşitli proje tedbirlerine rağmen inşaatın tamamlanmasından hemen sonra genel olarak baraj kretinde hem boyuna hem enine çatlaklar gelişmeye devam etmektedir. Bunlar genellikle diktir ve sadece 3-6 m derinliğe kadar olanlar açık kalır, daha aşağıdakiler içsel dolgu basıncıyla kapanırlar.

1970'lerden beri mütela edilmişirki baraj kretinde gözükten açık çatlakların ilavesiyle, hidrolik kırılma evresinin oluşması suretiyle, farklı oturma doğruduğu içsel gerilmenin sebebiyle, küçük sızmalar toprak barajların geçirimsiz kesitleri içerisinde gelişebilir. Bu konuda fazla ayrıntıya girmeden belirtelimki, bu tür eylemin oluşabileceği önceden kestirilmelidir.

Baraj davranışı ile ilgili deneyimler makul mansap filtrelerine sahip olan toprak çekirdeklerin konsantr sızma erozyonu probleminin olmadığını göstermiştir. Bu deneyimin neticesi olarak farklı oturma ile ilgili endişeler azalmıştır. Ewelveki vurgulamanın tersine olarak, hem ekonomiye hem koruyuculuğa önem veren yönelim etken olmağa başlamış ve gözönüne getirmişirki mansap filtreleri

birincil savunma hatlarıdır ve farklı oturmaya azaltmaya yönelik diğer proje tedbirleri ikincil önemdedir.

Son 20 yılın dolgu barajlarla ilgili etkin teknik literatüründe vurgulamaktadıki, önemli merkezsel çekirdekli barajlarda toprak çekirdek içerisindeki çatlaklardan mümkün olacak konsantr sızmalara karşı birkaç savunma hattı oluşturulması arzu edilir. Konsantr sızma erozyonunu önlemeye kesin ihtiyaç olduğundan bir tek teknik yöntemin tam manasıyla güvenilir olmayacağı düşünüldüğünden ihtiyat olarak çeşitli savunma hatları oluşturulması dikkate alınmaktadır. Bugünkü yönelim çeşitli savunma hatları kurmaktan sakınma yönündedir. Bu yönelimin bir sonucu olarak aşağıda bazı hususlar belirtilmiştir.

- Ortalama meyili azaltmak veya düzgün şekil elde etmek için çekirdeğin altında yan kaya temellerde büyük bir kazı ihtiyacını daha az vurgulama. Yan temel kaya eğimlerinin ewelve dikkate alınandan daha sarp ve dik olması kabul edilmektedir.

- Ewelve sadece beton baraj inşaaasının uygun olabileceği düşüncesinin etkin olduğu dik-dar duvar kanyonlarda yüksek dolgu baraj inşaaası. Bir örnek olarak Kolombiyadaki Chivor (Esmeralda) barajı verilebilir. Bir kanyonda inşaa edilen bu baraj 240 m yüksekliğe, 320 m kret uzunluğuna sahiptir ve 1975'de tamamlanmıştır. Daha sonra bu barajı diğerleri izlemiştir.

- Çekirdeğin alt kısmını daha az sıkışan özellikte, üst kısmını daha plastik (fleksibil) yapma gayretini daha az vurgulama. Yüksek barajlar için yönelim, tüm çekirdeğin aynı tarzda ve aynı su içeriğinde sıkıştırılmasıdır.

- Kemerlenme sağlamak için kavisli inşaa edilen baraj sayısında azalma. Düz akslar dar kanyonlardaki yüksek dolgu barajlar için bile tatmin edici sayılmaktadır.

- Merkezsel çekirdekli barajlarda farklı oturma açısından geçirimsiz çekirdeğin genişliğinin ve geometresinin uyuşmasına daha az önem verilmesi.

- Farklı oturma ile ilgili aşırı korumacılığın arzu edilir olduğu (dik yamaçlar, barajın fazla yüksek olması vs. sebebiyle) mansap filtrelerinde güvenlik faktörünün artması.

Bu, filtreyi daha ince malzemeyle (D15 den daha küçük boyda ve üniform tane dağılımı) ve daha kalın yapmak suretiyle ve temel kaya kontaklarında genişliğini artırmakla sağlanır.

### GEÇİRİMSİZ TOPRAK ÇEKİRDEK MALZEMESİ

Farklı oturma hakkında daha az endişeli olmak ve filtreler daha fazla güven duymak için bugünkü yönelim, geçirimsiz toprak çekirdek malzemesi için uygun kriterler hakkındaki fikirleri etkilemiştir.

Geçmişte baraj ile uğraşan bir çok mühendis geçirimsiz çekirdek için en iyi malzemenin kil olduğunu kabul etmişti. Bazı coğrafi bölgelerde bu fikir o kadar benimsenmişti ki "çekirdek" ve "kil çekirdek" terimleri eş anlamada kullanılıyordu. Son 20 yıl içerisinde bir çok örneği görülmüştür ki baraj yerinde elde mevcut mükemmel kohezyonsuz üniform siltli kum yatakları olmasına rağmen, maliyeti etkileyecek şekilde, kil uzun mesafelerden (30-40 km veya daha çok) çekilmiştir. Kil, çatlamasız farklı oturmalarından doğan ilave deformasyonları takip etmeye daha muktedir ve daha deforme olabilir olduğu sebebiyle ve eğer herhangi bir kaynaktan gelişen bir konsantre sızma olursa aşınmaya karşı daha yüksek dirence sahip olması yüzünden, kohezyonsuz geçirimsiz malzemeye karşı üstün kabul edilir. Özellikle yüksek plastik kile itibar edilirdi.

Bugünkü yönelim açısından, geçirimsiz kohezyonsuz topraklara göre, kil tercihi olayı muteber sayılmamaktadır. Bir çatlaktan konsantre sızma olması durumunda kil malzeme farklı hareket eder. Her ikisi teorik olarak avantajlara ve dezavantajlara sahiptir ve hangisinin daha üstün olduğu o kadar açık değildir. Dayanıklı, yüksek plastik kilin kohezyonsuz siltli toprağa göre konsantre sızmanın oluşturacağı aşındırmaya çok daha kuvvetli şekilde direneceği aşikardır. ancak kil çekirdeğin nispeten yüksek serbest basınç mukavemeti, dolgu malzemenin sızma kanalcığının çevresinde kemerlenme oluşturması ve kanalcığın açık kalması ihtimalini ortaya koyar. Kohezyonsuz siltli kumlar kile nazaran sahip oldukları teorik avantajlar açısından serbest basınç mukavemetine sahip olmadıklarından (veya çok az sahip olduklarından) dolgudaki bir açık çatlağa tahammül edemezler ve başlangıçta su basıncıyla açık tutulan-herhangi bir çatlak için çökmeğe büyük bir eğilim vardır.

Konsantre sızmaların erozyonuna karşı kilin dayanımı açısından bugünkü yönelim gereği bunun önemli olmadığına inanılır. Tüm killer şiddetli koşullar altında aşınırlar ve bir konsantre sızma borulanmasına karşı savunma sağlamak için bir killi toprağın nisbeten zayıf aşınma direncine güvenmek koruyucu değildir ve makul addedilmez. Çekirdeğin başlıca işlevi geçirimsizliği sağlamasıdır. Borulanmayı önlemek filtrenin işidir.

Geçmişte bazen çok farklı özellikteki bu iki tür malzemeyi karıştırarak iyi bir çekirdek malzemesi yapılması yoluna gidilmiştir. Örneğin bazı barajlarda kumlu çakılın düşük sıkıştırılabilirliği ve yüksek kesme mukavemeti ile siltin geçirimsizliğinden yararlanarak bir çekirdek malzemesi elde etmek için kumlu çakıl ile kohezyonsuz ince siltler (veya ince killer) karıştırılmıştır. Bu ancak bazı büyük barajlar için ve nadiren yapılmıştır. Bugünkü yönelim bu uygulamadan kaçınma yönündedir ve çekirdek için silt, barajın diğer zonları için kumlu çakıl kullanma şeklindedir. Sonuçta özetlersek, bugünkü yönelim şudur: Kohezyonsuz

ve konsantre su akışlarına maruz kaldığında nisbeten aşınabilir olması ve sıkıştırılabilirliğinin nisbeten az olmasına rağmen, merkezsiz çekirdek için elde mevcut geçirimsiz toprakların en düşük maliyetlisinin kullanılmasıdır.

Bu konu ile ilgili olarak geçmişe bakıldığında geçirimsiz plastik kil çekirdeğin illada tercih edilmesi olayının evrensel bir olay olmadığı görülmektedir. Dünyanın bazı bölgelerinde baraj inşaatı için elde plastik kil mevcut değildir. Bu tür bölgelerde son 30 yılda bir çok büyük baraj kohezyonsuz siltli kum, kumlu silt, çakıllı ve kumlu silt v.s. içeren geçirimsiz çekirdek ile inşaa edilmiştir. Bazı bölgelerde bu tür malzemeler granit veya benzer kayaların geniş oranda ayrışmasıyla oluşmuştur (genellikle kohezyonsuz siltli kum.). Diğer bazı bölgelerde önemli sayıda barajın geçirimsiz çekirdeğinde kohezyonsuz çakıllı, siltli kum şeklindeki buzul morenleri kullanılmıştır. Yine bazı bölgelerde ayrılmış kumtaşından (çok ince üniform siltli kum) geçirimsiz baraj kesitleri inşaa edilmiştir. Sonuç olarak son 30 yılda tamamiyle kohezyonsuz siltli topraklardan çekirdek oluşturularak inşaa edilmiş düzinelerle büyük baraj kolayca sayılabilir.

Yukarıda sözü edilen deneyimler sebebiyle, bu noktayı bu kadar kuvvetli vurgulamanın gereksiz olduğu söylenebilir. Ancak bu, son yıllarda bu konuda çok hareketli tartışmaların gözlenmiş olması nedeniyle yapılmıştır. Kaydetmekte yarar vardır ki, bir kil çekirdek elde etmek için bol miktarda ekstra para harcamaya değer şeklindeki görüşlere şiddetle muhalefet eden uzun deneyimli bir çok mühendis bulunmaktadır.

#### **BETON YAPILARDA SIZMA CUT-OFF YAKALARI (SIZDIRMAZLIK DİŞLERİ)**

Günümüzden 20 sene öncesinden evvel geçirimsiz çekirdeğin yerleşim alanı boyunca dolgu barajların temeli içinden geçen beton kondüvillerde "Cut-off yakaları" oluşturmak standart bir uygulamaydı. Bunlar baraj dolgusunun içerisine uzanan basitçe duvarlardı. Aynı yakalar genellikle dolusavak duvarlarında ve dolgu barajlardaki diğer beton yapılarda da oluşturulmaktaydı. Amaç toprak-beton ara yüzeyi boyunca mabadan mansaba doğru sızan su partiküllerine düz bir hat yerine daha uzun bir yol sağlamaktı.

Yıllarca bir çok mühendis şu sonucu çıkarmıştır ki; "Cut-off yakaları" beton yapı üzerine çekirdek malzemesini makine ile güvenli biçimde sıkıştırmayı imkansız kıldığı için önemli dezavantajlara sahiptir. Önemli oranda elle sıkıştırma ameliyesine ihtiyaç olmaktadır ve bu da arzu edilir bir şey değildir. Bu problemle ilgili endişenin artması ve aynı zamanda filtrelerinin güvenilirliği ve etkinliğine güvenin artması nedeniyle zamanla bu yakaların miktarı ve boyutu tericen azaltıldı ve mansap filtrelerine özel önem

verildi. Bu yöntem yakaların bütünü ortadan kalkmasına kadar devam etti.

Yazarında mutabık olduğu bugünkü uygulama şu şekildedir:

- Sızma yakaları yapılmaması.
- Beton yüzeyinde paralel giden lastik tekerlekli aracın tekerleklerinin beton üzerine toprağı direkt olarak iyice sıkıştırılması için beton toprak çekirdek ara yüzeyindeki dış beton duvarların hafifçe dikten kayık şekilde meyillendirilmesi (yaklaşık 1 y: 8 d yada 1 y: 10 d).
- Mansap filtrelerine özel önem verilmesi.
- Her iki yakada altta, yukarıda kondüvillerin mansap kısımları, beton toprak çekirdek ara yüzeyi boyunca hareket eden bütün potansiyel su sızıntılarının kontrollü bir şekilde filtre içerisine çıkması için tamamiyle filtre ile sarılması.

Beş seneden daha uzun bir süredir "Cut-off yakalarının" kullanıldığı büyük bir proje görülmemekle birlikte hala el kitapları bunu standart bir uygulama olarak göstermektedir ve hala bazı yerlerde nadiren de olsa kullanılmaktadır.

### **KABA, GENİŞ DERECELENMİŞ GEÇİRİMSİZ TOPRAK ÇEKİRDEKLER İÇİN MANSAP FİLTRELERİ**

Geçirimsiz baraj kesitleri için kullanılan genel topraklardan birinde nisbeten kaba ve genişçe derecelenmiş malzemedir. Bu malzeme kil boyutundan (0,002 mm) kaba çakıl (150 mm veya daha büyük) boyutuna varan bir tane boylanmasını içerir. Bu tip topraklar genellikle buzul kökenlidirler fakat aynı zamanda alüvyel-kolluviyel ve ayrılmış kaya kökenli olanları da vardır. Bu malzemelerin tane boyu dağılım eğrisi genellikle "yarı logaritmik tane boyu çizelgesi" kullanıldığında hemen hemen düz bir çizgidir.

Bu malzemeler için ana filtre kriterinin (D15/d85 uygulanması konusunda bir sorun çıkmaktaydı. d85 boydaki malzemenin genellikle 20-30 mm çaplı olması yüzünden yukarıda ki kriterin direkt olarak uygulanması kum boyutunda olmayan çok kaba üniform çakılın mansap filtresi olarak kullanılmasını gerektirmekteydi ki bu da makul değildi.

1955 den beri çekirdeği, konsantre sızma ve önemli borulanmalara yolaçan bu tip malzemedan oluşan aşağı yukarı 15 baraj inşaa edildi. Bu baraj grubu filtreleri başarılı olan genel deneyimin haricinde kalırlar.

Hasar meydana gelen barajların çoğunda, 7,5 cm'den 15 cm'e çapa varan derecelenmeli ufalanmış kaya parçaları veya önemli oranda kaba çakıl içeren kaba nehir alüvyonları gibi nisbeten kaba mansap filtreleri kullanılmıştır. Böyle kaba filtreler içerisindeki iri çakıllı kısımlar genellikle inşaat esnasında çekirdek ile filtre ara yüzeyi boyunca cepler halinde kusurlu bir biçimde ayrılır.

Bu kaba, genişçe derecelenmiş geçirimsiz topraklar kendi içerisinde değişken olduğu gözönüne alınıp bir örnek olarak ortalama tane boyuna göre bir elemeye tabi tutulduğunda iki kısma ayrılır. Bizim kabul ettiğimiz filtre kriterine göre, daha kaba olan kısım, daha ince olan kısım için bir filtre olarak hareket etme yönünden oldukça kabadır. Daha ince kısım genellikle ince derecelenmiş silt veya kil, kaba kısım ise çok az kum içeren kaba çakıldır. Nebraska'da Toprak Koruma Servisi Zemin Mekaniği Laboratuvarında yakınlarda yapılan araştırmaların gösterdiğine göre bu topraklar filtre deneylerindeki olağan malzemenin farklı şekilde hareket eder. Olağan geçirimsiz topraklar üzerinde yapılan başarılı filtre deneylerinde daha kaba taneler ara yüzeydeki önemli bir aşınmayı önleyen filtre boşluklarını tıkar. Bu genişçe derecelenmiş kaba topraklarla yapılan benzer deneylerde, geçirimsiz toprak içindeki filtre boşluklarından daha büyük çapta olan kaba taneler filtre yüzeyinde toplanır ve filtrenin çalışmasına mani olur.

Sonuç olarak, hasarlı barajların kayıtlarının değerlendirilmesi ve laboratuvar deneyleriyle iyice pekiştirilmiştir ki bu tür malzemeler için kullanılacak mansap filtreleri toplam malzemenin ince kum boyutundan daha küçük taneleri içeren kısmı için bir filtre olarak hareket edebilecek derecede ince olmalıdır. Koruyucu ve makul yaklaşım malzemenin sadece silt kısmı için aşınmayı kontrol edecek bir filtreye ihtiyaç olmasıdır. 0,7 mm'yi aşmayan D15 boyutundaki bir kum veya çakıllı kum filtre koruyucudur.

Özetlersek, Hem baraj yapım deneyimi hemde laboratuvar filtre araştırmaları, göstermiştir ki bu kaba ve genişçe derecelenmiş topraklardan geçirimsiz çekirdeği oluşturulan barajlar ewelce gereğine inanılandan daha ince mansap filtresine ihtiyaç gösterir. Bu tür malzemeler için, kabul edilen geçerli filtre proje kriterlerini uygulamak uygun değildir. D15=0,7 mm veya daha küçük boylanmalı kum filtreler koruyucudurlar.

### **MERKEZSEL ÇEKİRDEKLİ KAYA DOLGU BARAJLARDA MEMBA FİLTRELERİ**

Son 3 yılda inşaa edilmiş çok genel bir baraj tipi merkezsiz kil çekirdekli kaya dolgu barajdır. Böyle bir barajda genellikle mansap dolgusu ile çekirdek arasında 2 veya 3 kaba filtre zonu (geçiş zonu) bulunmaktadır. 20 sene ewel memba filtrelerini aynen mansap filtreleri gibi yapmak genei bir proje kriteri idi. Malzemenin derecelenmesi ve zon miktarı ile zon genişlikleri aynı idi.

Son 20 yıl içerisinde memba filtrelerini daha ekonomik yapmaya doğru tedrici bir yönelim oldu. Mansap filtreleri rezervuardan olan sızmaların yol açacağı borulanmaya karşı oluşturulan kritik savunma sistemidir ve baraj emniyeti için hayati önemdedir. Oysa memba filtreleri daha az önemde

bir rol yüklenmektedir.

Memba filtresinin ana fonksiyonu basitçe, memba kaya dolgusu içindeki boşluklara memba yönünde kil çekirdek malzemesinin göçünü önlemektir ve teorik olarak rezervuar seviyesinin düştüğü zamanlarda çekirdek için bir filtre olarak hareket etmektedir. Gerçekte baraj içerisindeki basınç altında konsolide olmuş kil çekirdek genellikle nisbeten katı ve sert kalır; böylelikle memba yönünde gravite sebebiyle bir göçtme olayı meydana gelmez. Ve aynı zamanda geçirimsiz bir kil çekirdek için rezervuar seviyesinin düşmesi anında memba yönünde çekirdekten sızan su miktarı çok düşüktür. Düşme anında memba yönündeki sızma için maksimum gradient 1'den daha küçüktür ve memba filtresinin içine giren sızmanın enerjisi ve hızı kil partiküllerini aşındırmak ve membaya taşımak için oldukça küçüktür. Bu şekilde bir memba filtresi konsantre sızmaları kontrol etmek gibi bir görev yüklenmediğinden kritik olmayan filtreler olarak sayılır.

Toprak Koruma Servisinin Zemin Mekaniği Laboratuvarında yakınlarda filtre araştırmasının bir parçası olarak (20 civarında gradient ve çok kaba filtreler kullanarak) nisbeten aşınabilir düşük plastisiteli killer üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu deneylerin gösterdiğine göre bugünkü filtre kriterlerini, merkezsel çekirdekli barajlarda memba filtresi olan bu şekildeki kritik olmayan filterelere uygulamanın bir gereği yoktur. Bu sebeple laboratuvar araştırma sonuçları memba filtrelerini daha ekonomik yapmaya yönelik uygulamayı desteklemektedir.

Bu yönelimin ilkadımı memba filtrelerini mansap filtrelerinden daha az genişlikte yapmak olmuştur. Yönelimin devamı olarak bugün büyük rezervuarlı önemli sayıda yüksek barajın projesi memba kaya dolgusu ile ince malzemeli kil çekirdek arasında sadece kaba bir geçiş zonunu içermektedir. Bu geçiş zonu genellikle 150 mm çapa varan boyanmalı ufalanmış kaya parçalarından oluşmaktadır. Bu şekilde küçük kaya parçalarından oluşan geçiş zonunun tane boylanması ile ince malzemeli kil çekirdek arasındaki ilişki bugünkü kabul edilen genel filtre kriterlerinin tamamen dışındadır ve onlarla bir benzerlik taşınmaz.

Yukarıda netice, çekirdeğin memba yüzeyini oluşturan malzemenin memba yönünde göçüne yol açacak önemli herhangi bir eğilimi, serbest basınç mukavemeti ve düşük permeabiliteleri sayesinde ortadan kaldırmaları sebebiyle killi çekirdekler için geçerlidir. Yazar inanmaktadır ki, %30'u veya daha fazlası (200 no'lu elekten geçen) ince malzemeli kil veya 8'den daha yüksek plastisite indisine sahip kohesiv silt'ten oluşan herhangi bir çekirdek malzemesine bu netice uygulanabilir. Kohezyonsuz siltli kumlar ve 8'den daha düşük plastisite indisine sahip düşük plastisiteli killi siltlerden oluşan çekirdekler için, çekirdeğin

memba yüzeyindeki malzemenin rezervuarın düşmesi esnasında sızma ve gravite eylemi etkisiyle memba yönünde geniş boşluklu geçiş zonu içine göç edebileceği düşünülebilir. Özellikle sık sık açılan rezervuarlara sahip barajlar için (pompajlı depolama yapan rezervuarlar v.s.) ve ince, dike yakın merkezsel toprak çekirdekli, memba yüzeyleri dik olan barajlar için ana filtre kriterlerine uygun bir memba filtresi sağlamak gerekir. Bu kriter şudur: Düşük kohezyonlu çekirdekler için D15/d85 d; kaba siltli, kumlu çakıl çekirdekler için D15 maksimum 10 mm çapla sınırlandırılmalıdır.

### **MERKEZSEL ÇEKİRDEKLİ BARAJLARDA ÇATLAK DOLGUSU OLARAK KULLANILAN MEMBA KUM ZONLARI**

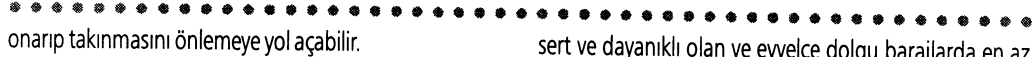
Merkezsel çekirdekli barajlarda yakınlarda kullanılmaya bağlayan oldukça genel bir proje detayı geçirimsiz çekirdeğin memba tarafında, barajın en üst kısmında yeralan 2-4 m genişliğinde bir kum zon (filtre) dur. Ana amaç deprem sarsıntısı veya farklı oturma gibi herhangi bir sebeple geçirimsiz çekirdeğin üst kısmında gelişebilecek bir çatlağın içine girecek olan bir kum deposu sağlamaktır. Niyetlenilen amaca hizmet etmesi için, kumun maksimum partikül boyunun gelişebilecek çatlağın genişliğinden daha küçük olması gerekmektedir. Bu yüzden kumun maksimum boyunun 1 mm den daha büyük olması arzu edilirdi böylelikle birkaç mm genişlikteki çatlakların içine kum tıkanmalara yol açmaksızın güvenli bir şekilde sıvanabilirdi. Bazı olaylarda, projeciler eğer büyük bir çatlak açırsa onu doldurabilmesi için 6 mm hatta 13 mm maksimum boyutta daha kaba kum sağlamışlardır.

Bu memba kum zonu potansiyel değeri günümüzde karşılıklı görüşlerle tartışılmaktadır. Son yıllarda birçok önemli merkezsel çekirdekli baraj elde düşük maliyetli uygun kum olmasına rağmen bu zon olmaksızın inşaa edilmiştir. Memba kum zonlarına karşı belirtilen birkaç ana karşı görüş şu şekildedir.

- Çekirdeğin mansap filtresi konsantre sızmaları kontrol etmek ve kesmek için ana savunma hattıdır ve güvenilir olmalıdır. Bu yüzden eğer mansap filtresinin yeterliliği konusunda bir problem varsa, soruna yol açabilecek yeni bir savunma hattı oluşturmak yerine mansap filtresi daha koruyucu yapılması ve problem ortadan kaldırılmalıdır.

- Memba kumunun sızma kanalıcısını doldurabileceği konusunda güvenli olmak zordur. Konsantre sızmanın akış hızının, oldukça geniş bir açık çatlak içinde dahi çok yüksek olması muhtemeldir, çünkü mansap filtresinin permeabilitesiyle sınırlandırılmıştır.

- Memba kumu için çatlak içine girmenin arzu edilebilir olup olmadığı konusunda da tartışmalar vardır, çünkü çatlağın içine girebilen belli miktardaki kum, çatlağın duvarındaki şişme kopma ve yumuşamaya kendi kendisini



onarıp takınmasını önlemeye yol açabilir.

- Mamba kumunun kendi maliyetiyle birlikte kumu tutması için daha kaba malzemeden bir band oluşturulması ihtiyacı vardır ki buda inşaatı daha karmaşık hale getirir ve ilave maliyet artışları doğurur.

Yazar inanmaktadıki bugün için bu proje özelliğine doğru bir yönelim olmasından ziyade bir tartışma havası mevcuttur. Yazar, bir projeye böyle ilave zon yapılmasını asla teklif etmeyeceğini, ancak birisi kuvvetle böyle bir öneri getirirse ona bir itirazı olmayacağını belirtmektedir.

#### **DAĞILGAN KİL: MEVCUT DURUM**

ABD Toprak Korumu Servisinin gayretleri ve Avusturyalı çalışanların öncü araştırmalarıyla bugün artık doğadaki killerin aşınabilirlik bakımından temel farklılıklar içeren iki ana gruba ayrılabilirdi kabul edilmektedir.

- Basit killer; nisbeten aşınmaya dirençlidirler.
- Dağılgan killer; yüksek aşınabilir özellikteki killer.

Bu iki grup arasındaki farklılık, kil boşluk suyu içerisindeki erimiş tuzlardan kaynaklanmaktadır. Aşınmaya dirençli basit killer, erimiş kalsiyum ve magnezyum tuzlarına sahiptir. Dağılgan killer ise sodyum tuzlarını içermektedir.

- Bu baraj mühendisliği pratiği için nisbeten yeni bir buluştur. Barajlarda dağılgan killerin davranışıyla ilgili ilk araştırma sonuçlara 1960'ların ortalarında yayınlandı. Bunlar 1970 başlarındaki araştırmalara öncülük etti ve sonunda ABD'de ASTM'nin organizesinde bir milli simpozyum toplandı. Bu simpozyuma ait kitapçık hala bu konuda en iyi tek literatür kaynağıdır ve konuya iyi bir başlangıç oluşturmuştur.

- Konu yeni olmasına karşılık bütün dünyada kabullenilmiştir ve her ülkede baraj işi ile uğraşan mühendisler dağılgan killer ve onlardan oluşan dolgu malzemesi üzerinde, uygun laboratuvar deneyleri yapma yoluna gitmişlerdir.

Aşağıda mevcut durumun kısa bir özeti ve dolgu baraj mühendisliği ile ilgili dağılgan kil problemlerine karşı pratikteki yönelim verilmiştir.

- Dağılgan sodyum kili, doğuda genellikle basit killere nazaran çok daha az bulunur. Bazı bölgelerde ve jeolojik formasyonlarda diğerlerinden daha fazla rastlanılır. Ancak bir mühendis ona herhangi bir yerde rastlayabileceğini her an beklemelidir.

- Dağılgan kil sadece laboratuvar deneyleri sonucu güvenilir şekilde tanımlanabilir. Bu konu ile ilişkili paradoksal gözünümlerden biri şudur ki; çok aşınabilir dağılgan sodyum killerinin bazıları, plastik limite yoğunluğunda,

sert ve dayanıklı olan ve ewelce dolgu barajlarda en az aşınabilir çekirdek malzemeleri arasında sayılan yüksek plastisiteli killerin yoğunluk ve fiziksel görünüşüne sahiptir.

- Bu konuda en iyi laboratuvar deneyi, 2 türde yapılan "Pinhole" deneyidir. Birinde suda kilin dağılmaya meyli direkt olarak ölçülür, ikincisinde ise boşluk suyunda çözünmüş tuzların nisbi miktarları ölçülür. Her iki deney genellikle aynı sonucu verir, fakat her zaman değil. Bu yüzden her ikisinde yapılması arzu edilir.

Yakınlarda yapılan yoğun laboratuvar araştırmaları göstermiştir ki;  $D_{15}=0,5$  mm veya daha küçük ortalama çaplı kum veya çakıllı kum filtreler, dağılgan killerin ( $d_{85}=0,03$  mm'den daha büyük çaplı) büyük ekseriyetinin sıkıştırılmış örnekleri içinden oluşan konsantre sızmaları güvenli bir şekilde kontrol edecek ve kesecektir.  $D_{15}=0,2$  mm veya daha küçük kum filtreler çok ince dağılgan killer için koruyucudur.

- Geçen birkaç yılda dağılgan kil olarak tanımlanan geçirimsiz kesitlere sahip birkaç büyük baraj inşaa edildi. Bu genellikle gelecek için makul bir uygulama olarak kabul edilir.

- Dağılgan kil kireç ile karıştırıldığında dağılgan olmayan duruma geçer ve aşınmaya karşı direnç kazanır. Laboratuvarda kilin ağırlığının %1'i kadar kireç yeterlidir. İnşaatda bu oran genellikle %2 olarak uygulanmaktadır.

- Kaya temeller üzerindeki dağılgan kil çekirdekli barajlarda temel kayasındaki küçük çatlakların arasına kilin girmesini önlemeye özel önem verilmelidir. Bu basit killerin kullanıldığı projelerde olmayan farklılıktır. İnce bir kireçle muamele edilmiş ki (veya başka bir dağılgan olmayan geçirimsiz toprak) tabakasının kaya temelini üzerine yayılması tatmin edici bir ayrıntı olarak kabul edilir.

- Dağılgan kilin varlığı özellikle küçük, düşük maliyetli homojen barajlar; dik, baca drensiz (filtresiz) barajlar için önemlidir. Böyle bir dağılgan kilden yapılmış barajlar, basit kilden inşaa edilenlere nazaran daha fazla bozulma-gedik açılma riskini taşırlar.

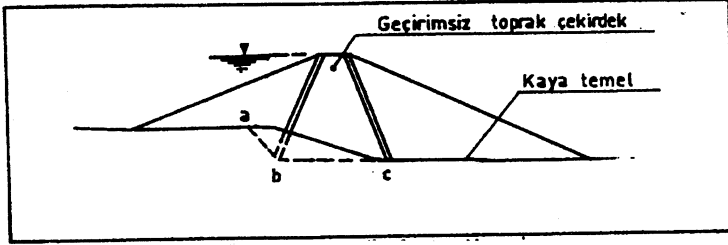
#### **MEMBA EĞİMLİ VE MANSAP EĞİMLİ TEMELLER**

Diğer bir tartışmalı konuda merkezsel çekirdekli barajların temel yüzeyinin (özellikle kaya temeller) eğimi sorunudur. Eskidenberi çekirdek altındaki temel yüzeyinin (baraj aksına dik alınan bir en kesitte görüleceği şekilde) yatak veya mamba eğimli (Convergent) olması arzu edilirdi. Bunun sebebid eğer rezervuardan gelen itmeyle çekirdeğin mansap yönünde hareketi söz konusu olduğunda, yatay yüzey üzerinde hareket edebilsin veya meyilli yüzeyde tırmanarak sıkışabilsin diye idi. Seyrek olarak değişik bir durum ortaya çıkark; bu baraj için en uygun olan



lokasyonda çekirdeğin önemli kısmı altındaki temel kaya yüzeyinin mansaba meyilli olması durumudur. Bu koşul söz konusu olduğunda ne yapılacağı hususunda tartışmalı görüşler vardır. Bazı mühendisler çekirdek altındaki temel kaya yüzeyini kazmak ve yatak bir yüzey oluşturulması gerektiğini iddia eder.

Çekirdek altındaki temel kayanın kalitesinin uygun olduğunu varsayarak, bugünkü proje yönelimi kaya



#### Bir Dolgu Barajda Temel Eğimine Yönelik Uygulama

yüzeyinin doğal şeklini olduğu gibi kabullenmek ve barajın onun üzerine inşaa etmektir. Geçirimsiz toprak çekirdeğin alt kısmının temel kaya yüzeyine göre hareket etmesi veya kayması gibi bir durum söz konusu değildir. Bu yüzden kaya yüzeyini yatay düzlem oluşturacak şekilde kazmakla baraj emniyet faktörü artmaz. Bunu yapmakla sadece sağlam ve daha güvenli sert kaya daldırılarak yerine dolgu veya çok daha kötü ortalama özellikler getirilmiş olur.

#### BETON YÜZEYLİ KAYA DOLGU BARAJLAR

Baraj yapımında yakın zamanda görülen en kuvvetli yönelimlerden biride betonarme memba yüzüli kaya dolgu barajların artmasıdır.

Bu tür barajların geçmişi uzun ve çapraşık bir süreç izlemiştir: 1920-1940 : Maksimum 100 m yüksekliğinde kaya dolgusu ve kenarlarında su tutucular bulunan kare şeklindeki paneller haline beton plak içeren barajlar inşaa edildi. Bu barajlarda genellikle uzun süreli oturma, su tutucularda açıklık ve büyük oranda sızmalar gözlemlendi.

1940-1965: Az çok aynı uygulama devam etti. 50-100 m yüksekliğinde bir dizi baraj ile 150 m yüksekliğinde 1 baraj (New Ejuhguer, Kaliforniya) inşaa edildi. Süreğen oturma, su tutucuların kırılması ve yüksek sızma ile ilgili kötü deneyimler devam etti. Bir çok mühendiste sızma problemi nedeniyle bu tip barajların tatmin edici olmadığı ve gözden çıkarılması kanaati uyandı. Bu periyodun sonunda ince tabakalar halinde kaya dolgusu yerleştirme uygulaması başladı.

1965-1980: (Hızlı gelişme devri) Hemen hemen bütün barajlar, ince tabakalar halinde yerleşmiş ve vibrasyonla çelik silindirlerle sıkıştırılmış kaya dolgusu kullanılarak inşaa edildi ve inşaat sonrası oturmalar eskiye oranla daha az meydana geldi. Memba beton plağının detayları değiştirildi; yatay derzler kaldırıldı, tabandan zirveye kadar çelik teçhizat konuldu ve beton plak kalınlığı tedricen

azaltıldı. Sonuçta sızma sorunu oldukça azalmış oldu. Zamanla bir çok mühendis bunun iyi bir baraj tipi olduğuna ikna oldu. Avustralya'da bu tipte birçok baraj inşaa edildi. Brezilya'da, en büyük beton yüzeyine ve en geniş rezervuara sahip 160 m yüksekliğindeki Areia barajı tamamlandı ve bu barajın mükemmeliyeti uluslararası dikkati cezbedetti.

1980-Günümüz: Bu tip baraj kaya temelli yerlerde ciddi bir alternatif olarak gözönünde bulundurulmaktadır. Bu tip baraj genellikle hem merkezsel toprak çekirdekli kaya dolgu barajlarla hemde beton kemer barajlarla çekişir. Günümüzde eskisinden çok daha fazla oranda bu tip baraj inşaa halindedir ve bütün dünyada birçoğu proje aşamasındadır.

Beton plak altındaki tabakalı dolgu genellikle ince seviyeler halinde sıkıştırılmış (7,5-15 cm) çaplı ufalanmış kaya parçalarıdır. Bu malzemenin içerisindeki kum boyutlu malzemenin ve % birkaç olan silt veya kil içeriğinin artması yönünde bir yönelim ihtiyacı vardır. Böylelikle malzeme yarı-geçirgen bir kimlik kazanır ve yeterli iyi derecelenme sayesinde içsel stabilitesi daha güvenli olur. Bu yarı-geçirgen tabaka ( $k=10^{-4}-10^{-5}$  cm/s) baraj içinden olacak toplam sızmanın, eğer kuvvetli bir deprem v.s. sebebiyle beton plakta büyük çatlaklar gelişse bile, fazla büyük olmamasını sağlar. Ayrıca bu tabaka sayesinde, eğer beton plak olmasa dahi baraj güvenli sayılır; Çünkü bu yarı-geçirimli zon içerisinden sızabilen su miktarı, sızmaları güvenli şekilde dışarı taşıyan kaya dolgu baraj kapasitesinin çok altındadır. Yazar, bu beton plak altındaki tabakalı dolgu şeklindeki proje detayına gelecekte daha fazla önem verileceğine inanmaktadır. Nisbeten ufak değişikliklerle bu tabakalı kısım daha geçirimsiz, beton plak içinden olacak sızmalara karşı güvenli ve dik memba şevinin ihtiyaç gösterdiği yüksek kesme mukavemetine sahip hale getirilebilir.

Merkezsel toprak çekirdekli kaya dolgu barajlarla kıyaslandığında, beton yüzeyli kaya dolgu barajların bazı ana avantajları şöyle sıralanabilir.

- Daha küçük dolgu hacmi, çekirdeksiz ve filtre zonsuz daha basit inşaat.
- Daha hızlı inşaat imkanı.
- Daha kısa hidrolik yapılar: Derivasyon, dipsavak tünelleri ve dolusavak.
- Dolgu inşaatından bağımsız temel enjeksiyonu.
- Yağış ve ayrışmayla ilgili daha az problem.
- Dik kanyon duvarlar ve çıkıntılarla ilgili daha az problem.
- Stoklama yapmaksızın, direkt olarak kaya kazısı kullanımının kolaylığı.
- Genellikle daha düşük inşaat maliyeti.

Beton yüzüli kaya dolgu barajların kuvvetli yer sarsıntılarında karşı yüksek dirence sahip olduğu kabul edilir. Su basıncının memba yüzeyini etkilemesinden dolayı bütün dolgu kütleleri

stabiliteyi sağlamak yönünde davranır. Dolgu içerisinde su olmamasından dolayı sıkışma kaya dolguda deprem sarsıntısı sebebiyle herhangi önemli bir deformasyon oluşmaz. Kuvvetli bir yer sarsıntısı sebebiyle beton yüzey çatlayabilir, ancak sağlam kaya temel üzerinde oturan bu tip barajlarda yıkılma-kopma tehdidi gibi öyle şiddetli bir hasar oluşmasının imkansız olduğuna inanılmaktadır.

Bu tip barajların gelecekte çok, sık şekilde yapılacağı beklenmektedir. Şimdiye kadar maksimum 160 m yüksekliğe erişen bu tip barajlar yakında birçok yerde daha fazla yüksekliğe ulaşacaktır. Bu tip barajlarında merkezsel toprak çekirdekli kaya dolgu barajlar kadar yüksek (şimdiye kadar 250 m) olarak inşaa edilmemesi için bir sebep yoktur. Rezervuar basıncının uygulama düzleminin mansabın tüm dolgusu su olmasından doğan asil koruyuculuk sebebiyle, bunlar gelecekte çok yüksek barajlar için uygun tip olarak sayılacaklardır.

Beton yüzeyli kaya dolgu barajın bugün bütün dünyada kabul görmesi ve uygulanmasının önemli oranda artmasının nedeni onun teknik yönden ve maliyet açısından sahip olduğu avantajlardır.

#### KAYNAKÇA

1. SHERARD, J.L. "Embankment Dam Cracking" Embankment Dam Engineering, John Wiley and Sons, New York, USA; 1973
2. SHERARD, J.L., DECKER, R.S. AND RYKER, N.B. "Hydraulic Fracturing in Low Dam of Dispersive Clay", Proceeding Specialty Conference on Performance
3. DASCAL, O. "Peclar Behavior of the Manicouagan 3 D. Core", Proceedings of the ASCE Conference on Case Historical Geotechnical Engineering, St.Louis, Missouri, USA; May, 1983
4. FLORES CALCANO, C.E. AND DE FRIES, K. "Incidents in

Eart Rockfill Dams in Venezuela" 25th Anniversay Vol. Venezuelan Society of SMFE, Caracas, Venezuela; Noven. 1983

5. SHERARD, J.L. "Sinkholes in Dams of Coarse, Broadly Gr. Soils" XIIIICOLD Congress, India, Vol.II, 1979.
6. KJAERNSLI, B., AND TORBLAS, I. "Horizontal Cracks Through Core of Hyttejuvet Dam" Publication No.80, Norwegian technical Institute. Oslo, Norway; 1969
7. VAUGHAN, P.R. AND SOARES, H.F. "Design of Filters for Cores of Dams". Journal, Geotechnical Engineerin Div. ASCE January; 1982
8. WOOD, D.M., KJAERNSLI, B. AND HOEG, K. (1976). "The Concerning the Unusual Behavior of Hyttejuvet Dam ICOLD Congres, Vol.II, Mexico; 1976
9. Kulhwy, F.H. AND GURTOWSKY, T.M. "Load Transfe Hydraulic Fracturing in Zoned Dams", Journal Geotech Division, ASCE; September 1976
10. SHERARD J.L. Discussion of "Load Transfer and Hyd. Fracturing in Zoned Dams", by F.H. Kulhawyand Gurtowsky. Journal, Geotechnical Engineering Division. July, 1977.
11. SHERARD J.L.DUNNIGAN, L.P. AND TALBOT, J.R. "Filt. Silts and Clays" Journal, Geotechnical Engineering Div. ASCE; June, 1984.
12. SHERARD; J.L.DUNNIGAN, L.P.AND TALBOT, J.R. Properties of Sand and Gravel Filters", Journal, Geotec. Engineering Division, ASCE; June, 1984.
13. HACELAS, J.E. AND RAMIREZ, C.A. "Interaction Phen. Observed in the Core and Downstream Shell of Esmeralda Chivor Hydroelectric Project", Specialty Conference Ses. Ninth International CSMFE, Tokyo, Japan, June, 1977.
14. "Dispersive Clays, Related Piping, and Erosion in Geote. Problems", ASTM Special Technical Publication 623; 1977.

