

TÜRKİYE'DE DAĞLIK VE TEPELİK ARAZİDEKİ SEL DERELERİNDE MATERİYAL BARAJLARI OLARAK TOPRAK BARAJLAR ¹⁾

Yazan :

Prof. Dr. Faik TAVŞANOĞLU

GİRİŞ:

Benim bildiğim kadariyle Avrupa'nın Alp memleketlerinde sel derelerinin ıslâhında enine yapılar olarak *toprak barajların* inşası âdet olmamıştır. Fakat buna karşılık İtalya'da Apenin'lerde sıkışmış balçıktan oluşan Galanchi arazisinde tokmaklanmış balçıktan inşa edilmiş enine yapılar uzun süreden beri kullanılmaktadır (1). Japonya'da bu yapılar kumlu topraklarda gelişmiş oyuntuların sukûnete getirilmesinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır (1). Birleşik Amerika Devletlerinde materyal barajı (Debris Dams) olarak yüzlerce toprak baraj inşa edilmiştir (2).

Bilindiği üzere, Türkiye büyük kısmı itibariyle dağlık bir memlekettir ve bu dağların yamaçları üzerinde yüzlerce yıldan beri ilkel usullerle tarım ve hayvancılık yapılmaktadır. Bu gidişin sonucu olarak Türkiye'de her yıl yağmur sularıyla ve akarsularla fazla miktarda toprak taşınmakta ve kaybolup gitmektedir.

FAO tarafından hazırlanmış olan raporlarda Türkiye'de aktif erozyona sahne olan yamaçların alanı 70 milyon hektarı bulmaktadır (3).

Eğer yılda taşınan toprağın miktarının hektar başına en az 10 m³-ki bu miktar sadece 1 mm kalınlığında bir toprak tabakasına tekabül etmektedir- kabul edilir ve bu miktar 70 000 000 hektara teşmil edilirse, her yıl taşınan toprak miktarının 700 000 000 m³ olduğu anlaşılır ki âdet olduğu üzere, bu miktarın ton olarak ifade edilmek istenmesi halinde, bunu ortalama bir toprak yoğunluğu (1,5 t/m³) çarpılmasıyla, Türkiye'de her yıl erozyon biçiminde kaybolup giden toprağın yuvarlak hesap en az bir milyon ton olduğu ortaya çıkar.

1) Bu konu «Kolloquim über Wildbachsperrren der Arbeitsgruppe für Einzugsgebiete in Bergland der EFC/FAO und die Fachgruppe S. 1,04 für Wildbäche der IUFRO. 25 - 27 April 1972 Wien» e tebliğ olarak sunulmuştur.

Fakat diğer taraftan Türkiye'de erozyon problemleriyle ve sel dereleriyle ancak 25 yıl önce uğraşılmaya başlanmıştır ki, bu durum zaman ve para olarak telafisi kolay kolay mümkün olmayacak kadar bir zarar ifade etmektedir.

Bu itibarla Türkiye'de sel derelerinin ıslahında zaman ve para bakımından mümkün olduğu kadar ve her memlekettekinden daha çok tasarruflu hareket etmek, ve az para ile kısa zamanda çok iş yapmak gerekmektedir.

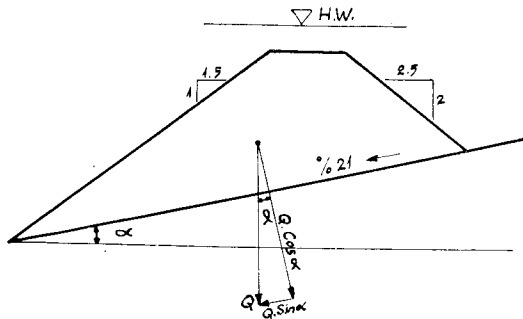
İşte benim bu tebliğim Türkiye'de dağlık ve dalgalı arazide sel derelerinin ıslahı çerçevesi içinde *materiyal barajı* olarak *toprak barajların* ucuz ve süratle yapılmasına yardım edeceği düşüncesiyle hazırlanmıştır.

I — MATERYAL BARAJI OLARAK İNŞA EDİLECEK TOPRAK BARAJLAR İÇİN GEREKLİ KOŞULLAR

Materyal barajı olarak inşa edilecek toprak barajlar için gerekli koşullar şunlardır:

— Toprak barajların inşası daha ziyade ince taneli taşıntı sevmeden sel derelerinde söz konusudur;

— Materyal barajı olarak yapılacak toprak barajların inşa edileceği profiller, erozyon tehlikesinden ötürü, hafif eğimli (% 5 e kadar) mesafelerde seçilmelidir. Zira büyük eğimlerde toprak barajın ağırlık komponenti eğim yönünde etkili olmaktadır (Resim 1).



Resim 1 — Dik eğimli mesafelerde toprak barajın ağırlık komponenti eğim yönünde etkili olmaktadır.

Bu gibi toprak barajlar için, en iyi olarak, zemini sıkı olan dar profiller uygun olup dere bu profillerin arkasında (yukarısında) genişlemektedir ki bu sayede materyalin birikmesi için (tersibi için) yeri kadar büyük bir boşluk elde edilmektedir.

Fakat burada şunu da belirtmek gerekir ki, yalnız materyal barajları kendi başlarına bir sel deresinin sevkettiği bütün taşıntıyı devamlı olarak gereken oranda durduracak durumda değildirler. Zira barajlar bir kez dolduktan sonra, artık kayda değer bir taşıntı kitlesini tutacak durumda değildir. Bu barajlar yalnız kısaca ya da uzunca bir zaman için etkili olurlar. Çünkü sel deresinde suların taşıntıdan kurtarılması yalnız derenin yukarı kesiminde (materyal toplanma kesiminde) erozyona karşı mümkün olduğu kadar teknik, kültürel ve idari nitelikte geniş ve yeterli tedbirler almakla mümkündür;

— Baraj inşaat yerinde, ya da hemen yakınında, yeteri kadar ve uygun özellikte imlâ malzemesinin tedariki mümkün olmalıdır. Örneğin dere tabanında birikmiş taşıntı materyal, kıyı ve yamaç göçüntülerinden meydana gelmiş materyal, dolu savak kanalının kazılmasından ve dere yatağının temizlenmesinden elde edilen materyal v.s.;

— Zeminin taşıma kabiliyetinin bir *ağır sıklet duvarının* (taştan, ya da betondan bir baraj) inşası için yeterli olmaması;

Bütün bu koşullardan anlaşılacağı üzere topraktan yapılacak materyal barajları yüksek dağlık arazi sel derelerinden daha çok dağlık ve dalgalı arazi sel derelerine uygundur.

II — MATERYAL BARAJI OLARAK İNŞA EDİLECEK TOPRAK BİR BARAJIN ENKESİTİNİN TAYİNİ

Avrupa'nın Alp memleketlerinde, ormanlarda evvelce odun nakliyatı maksadiyle inşası söz konusu olmuş bulunan toprak barajların enkesitlerinin tayini için, resmî makamlarca *uygulanmış nizamlar* vardır (4). Bunun gibi, Amerika Birleşik Devletlerinde materyal barajı olarak yapılmakta olan toprak barajlarda her şıkta söz konusu olan barajın temel zeminin hazırlanması, barajın yüksekliği ve barajın üst yüksekliği (hava payı) gibi değişken faktörler lokal resmî makamlarca tesbit edilmektedir. Ayrıca bu memleketlerde toprak barajların projelendirilmesinde yüksek sulara karşı lüzumlu *su savaklarının* da gözönünde tutulması zorunluğuna vardır (2 ve 4).

Şimdi, burada materyal barajı olarak inşa edilecek toprak barajların projelendirilmesinde enkesitin, *baraj yüksekliği*, *baraj üst genişliği* ve *şev eğimleri* gibi elemanları bakımından bazı ipuçları elde etmek için, aşağıda açıklandığı gibi hareket olunur;

Barajın yüksekliği, suyun, derenin en fazla su sevkettiği zamanlarda bile, barajı aşır barajın üstünden akmasının mümkün olmayacağı

cağına göre tayin edilmelidir. Zira suyun bu etkisi barajın varlığı bakımından en büyük tehlikeyi teşkil eder. Bu maksatla bu barajlarda dolu savağın tabanından itibaren üst yükseklik (hava payı) olarak en az 1 m fazla bir yükseklik öngörülmelidir.

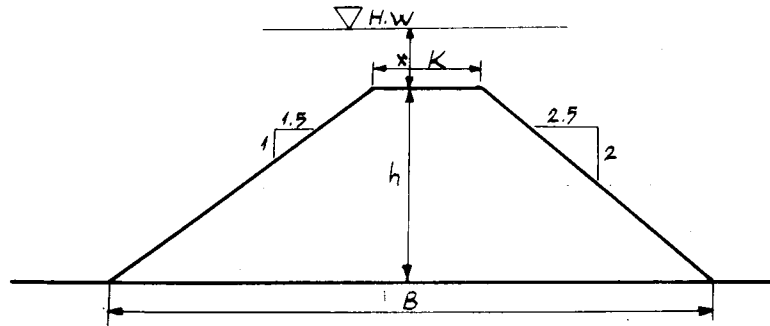
Diğer taraftan genellikle sel derelerinin ıslâhı çerçevesi içinde materyal barajı olarak inşa edilecek toprak barajların daha basit ve kolay olarak projelendirilmesi için bu barajların yüksekliğini 10 m nin üzerinde düşünmemelidir.

Toprak barajın üst genişliği, alçak olanlarda 2-3 m; ya da şayet barajın üstünden bir yolun geçmesi düşünülürse, daha yüksek (4-5 m) olarak alınmalıdır.

Toprak barajın su ve hava yüzlerinin şev eğimleri, barajın inşasında kullanılan imlâ malzemesinin kohezyonuna uymalıdır. Bu eğimler ince, dolayısıyla kaba daneli materyalde $1 = 1\frac{1}{2} - 1 = 2\frac{1}{2}$ oranlarında alınmalıdır. Fakat barajın hava yüzü sevi statik bakımından barajın arkasında toplanan suyun hemen bütün itme etkisini karşılayacağından, barajın bu yüzü su basıncının büyüklüğü oranında yatık olmalıdır. Toprak barajın şev oranları olarak verilmiş olan bu sınır değerler, barajda kullanılan toprak materyalinin özel surette sıkıştırılmasıyla, ya da şevlerin maksada uygun biçimde kaplanmasıyla önemli oranda küçültülebilir.

Tesbit edilen bu elemanların, yani baraj yüksekliği, barajın üst genişliği ve şev eğimleri gibi elemanların yardımıyla toprak barajın enkesiti uygun bir ölçükle (1/50) bir trapez olarak çizilebilir.

Baraj imlâ kitlesi, barajın arkasında toplanan suyun itme etkisine, baraj kitlesi ile zemin arasında meydana gelen sürtünme ile karşı



Resim 2 — Toprak barajın enkesitinin çizilmesi.

koyacağından, bu kitle, çizilmiş olan enkesite ve ağırlık denge eşitliğine göre incelenir. Bu eşitlik:

$$h \left(\frac{K+B}{2} \right) \gamma \cdot \varphi = \frac{h^2}{2} \gamma' \cdot n \quad \text{dir.}$$

Burada;

- h : Materyal barajının yüksekliği, aynı zamanda su basıncı üçgeninin bir kenarı (m);
- K : Barajın üst genişliği (m);
- B : Barajın taban genişliği (m);
- γ : Baraj imlâ malzemesinin özgül ağırlığı (kg/m^3), örneğin 1600 kg/m^3
- φ : Sürtünme katsayısı; baraj imlâ kitlesinin yoğunluğuna göre: 0,35 - 0,70 olarak alınmaktadır;
- γ' : Suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m^3) ve
- n : Emniyet faktörü : 2 - 3

Bu incelemenin verdiği sonuca göre barajın üst genişliği arttırılabilir. Buna göre tabiatıyla toprak barajın taban genişliği ve bununla birlikte de barajın kitlesi ve ağırlığı da değişmektedir.

Diğer taraftan Hauska, ormanlarda evvelce su ile nakliyat için, derelerde yer yer ve uygun profillerde suyu toplamak maksadıyla inşa edilmiş bulunan mütecanis kitledeki toprak barajlarda, barajın üst genişliğini hesap etmek için bir formül çıkarmış olup bu formülde baraj, suyun hidrostatik basıncından başka, suyun, barajın üstünden aşıp aktığı hallerde suyun hidrolik çarpmasına da karşı koymaktadır (4). Bu formül:

$$K = \frac{n \gamma' X}{\varphi \gamma} \left(1 + \frac{4 v^2}{100} \right) \quad \text{dir.}$$

Bu formülde;

- K : Barajın üst kalınlığı (m);
- n : Emniyet katsayısı; 2
- γ' : Suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m^3);

- X** : Suyun barajın üstünden taşarak aktığı yükseklik (m);
φ : Sürtünme katsayısı; 0,38;
γ : Baraj imlâ kitlesinin özgül ağırlığı (örneğin 1800 kg/m³);
v : Baraj üzerinden akıp giden suyun hızı (m/san = 2,5 m/san).

Türkiye'de Devlet Su İşleri tarafından Sel Kapanları olarak inşa edilen toprak barajlarda baraj üst genişliği amprik bir Amerikan formülüne göre hesap edilmektedir ki bu formül;

$$K = \frac{h}{5} + 3.00$$

olup, formüldeki *h* (m) toprak barajın yüksekliğini ifade etmektedir. Sel kapanının yüksekliği 10 m yi geçtiği ve barajın üstünden bir yol olarak faydalanmak gerektiği takdirde, barajın üst genişliği en az 6.00 m olarak alınmaktadır.

Sel kapanlarının yüksekliği 15 m ye kadar çıkmaktadır. Bunlarda bir *dip savak*, bir *dolu savak* vardır; fakat baraj imlâ kitlesi içinde menfezler yoktur.

Bu barajlar vasıtasıyla önce sel suları baraj doluncaya kadar tutulmakta, bundan sonra fazla gelen sular dolu savak vasıtasıyla yandan akıtılmaktadır. Dip savak ise barajın arkasında biriken suların düzenli olarak boşaltılmasına yaramaktadır.

III — MATERİYAL BARAJI OLARAK İNŞA EDİLECEK TOPRAK BİR BARAJIN İNŞASI

Burada materyal barajı olarak inşa edilecek toprak bir barajdan söz etmeden önce böyle bir barajın özellikleri üzerinde kısaca durmak maksada uygun olacaktır:

Baraj üstü mümkün olduğu kadar suyu geçirmeyecek biçimde inşa edilmelidir. Bu maksatla barajın üstü, genişliğin ortasından itibaren su ve hava yüzüne doğru eğimli bir kaldırımla kaplanmalıdır ki bu sayede yağmur suları süratle akıp gitmektedir. Barajın üstünden bir yol olarak faydalanmak istenildiği takdirde barajın üstüne 25 cm kalınlığında stabilize bir kaplama getirilmelidir. Ayrıca şunu bilmelidir ki,

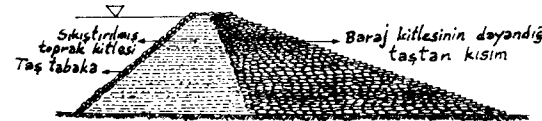
baraj imlâ malzemesinin doğal şev eğimi, yalnız bu şevlerin herhangi bir basınca maruz kalmaması halinde tutarlı olur.

Yüksekce barajlarda (7 - 10 m) hava yüzü şevi, yatay olarak seyir eden basamaklarla basamaklandırılmalıdır ki, bu basamaklar bir taraftan barajın servis personelinin baraj üstüne çıkıp inmesini kolaylaştırdığı gibi, diğer yandan da barajın bu yüzünü erozyona karşı korurlar. Bu takdirde basamaklar kaldırılabilir, bunların arasında kalan şev alanları *çayırlandırılır* ya da *çalılandırılır*.

Barajın su tarafındaki şevi baraj imlâ malzemesinin stabil kalmasını sağlayacak kadar eğimli olmalıdır. Zira barajın bu yüzü suyun baraj kitlesine sızmasına en fazla müsait olup baraj toprağının kaymasına yol açmaktadır. Bu sebeple bu barajların inşasında mütecanis malzeme kullanıldığı takdirde barajın bu yüzü bir kaldırım tabakasıyla kaplanmalıdır.

Materyal barajı olarak inşa edilecek toprak barajlarda imlâ malzemesi olarak toprak, çakıl, kırmataş ve taş söz konusu olmakta ve bu malzemenin odun parçaları ot v.s. gibi organik maddelerden âri olması gerekmektedir.

Toprak barajda imlâ kitlesinin dayandığı kısımda (baraj imla kitlesinin hava tarafına yakın düşen kısmı) çok kez taş, kırmataş ve çakıl kullanılmaktadır (Resim 3). İmtizaç maddesi kullanılmadan bu malzeme ile inşa edilen barajlarda oturma en azdır. Buna karşılık baraj imlâ kitlesindeki yoğun kısımda imtizaç maddesince zengin olan malzeme kullanılır ki, bu malzemeye, barajda çatlamalara ve kaymalara meydan vermemek için, yeteri kadar kum karıştırılır (Resim 3).



Resim 3 — Bu baraj, suyu sızdırmayan imlâ malzemesinin yeteri kadar bulunmadığı yerlerde inşa edilmektedir. Bu barajlarda, barajın suyu geçirmemezliği barajın su tarafındaki şevin önünde katı bir kaplama tesis etmek suretiyle sağlanmaktadır.

Materyal barajı olarak inşa edilen toprak baraj kitlesinin yoğunluğu ve bununla birlikte büyüyen direnci, imlâ kitlesinin teşkilinde mümkün olduğu kadar homojen malzeme kullanılmasıyla artırılır. Toprak barajın inşasında kullanılan malzeme çeşitli tane büyüklüğündeki malzemeden oluştuğu takdirde, bu malzemeler birbiriyle iyice ka-

riştirilir ki bu sayede küçük taneli malzeme büyük tanelerin aralarını doldurur.

Diğer taraftan materyal barajı olarak inşa edilecek toprak barajların inşasında, toprak barajı teşkil eden tabakaların suni olarak sıkıştırılması (silindirle) suretiyle, barajın su geçirmezliği sağlanabilir (Resim 4).



Resim 4 — Bu inşa tarzı, barajın inşası için suyu sızdırmayan malzemenin yeteri kadar elde mevcut olduğu yerlerde uygulanır. Bunun için en iyi malzeme kumlu topraklar olup, bağlayıcı madde (örneğin kil) ve zeminin taşıma kabiliyetinin yeterli olduğu ve suyu az sızdırdığı yerlerde kullanılır.

Baraj kitlesinin, oturduğu zemin üzerinde kaymaması (kaymaya karşı emniyet) için önce bu zemin üzerinde var olabilecek organik örtü kaldırılmalıdır. Bundan sonra baraj tabanının oturacağı alan bir pullukla baraj eksenine yönünde sürülerek gevşetilmelidir.

Daha sonra baraj imlâ kitlesini teşkil edecek toprak 20 cm kalınlığında tabakalar halinde yayılır ve 4 tonluk bir silindirle sıkıştırılır. Böyle bir silindirin kullanılmasıyla özgül ağırlığı 2 ton/m³ olan barajlar inşa edilebilmiştir. Toprak tabakalarının içine atılan çakıl ya da kırmataşla imlâ kitlesinin ağırlığının artması sağlanabilir. Silindirlemeden önce toprak tabakaları su ile nemlendirilmelidir. Bu sayede toprağın içindeki suda eriyen maddeler yumuşayarak, silindirme sırasında kaba taneli materyalin aralarında kalan boşlukları, suda erimeyen maddeleri de içine alarak, doldurur ve bu sayede baraj imlâ kitlesinin sıkışması sağlanır. Bu maksatla, imlâda kullanılan toprağın kuru olması halinde kireç kaymağı; nemli olması halinde de kireç tozu kullanılmak suretiyle iyi sonuçlar alınmıştır.

Bu suretle inşa edilen toprak barajlar zamanla bir miktar oturduğundan, toprak barajın yüksekliği % 1 oranında artırılır.

Bu inşaat tarzıyla özgül ağırlığı (2 ton/m³), büyük olan barajlar inşa edilmiştir. Bu ağırlık tabii surette oturmuş toprakların özgül ağırlığına çok yakın bir yoğunluktur ki ve böylece massiv olarak inşa edilen barajlar kadar kompakt ve emniyetli barajlar elde edilmektedir.

IV — MATERİYAL BARAJI OLARAK İNŞA EDİLECEK TOPRAK BARAJLARDA SU BOŞALTMA TESİSLERİ

Su rezervuarı olarak inşa edilen toprak barajlarda olduğu gibi, materyal barajı olarak inşa edilecek toprak barajların projelendirilmesinde de yüksek sulara karşı yeterli kapasitede su boşaltma tesislerinin öngörülmesi lâzımdır. Zira ancak bu takdirde yüksek suların barajı aşarak akmasını önlemek mümkün olmaktadır. Aksi takdirde daima barajın yıkılma tehlikesi mevcuttur.

Materiyal barajı olarak inşa edilecek toprak barajlarda su boşaltma tesisleri olarak barajın gövdesinde menfezler ve yan tarafında da *dolu savak* denilen kanallar söz konusu olmaktadır.

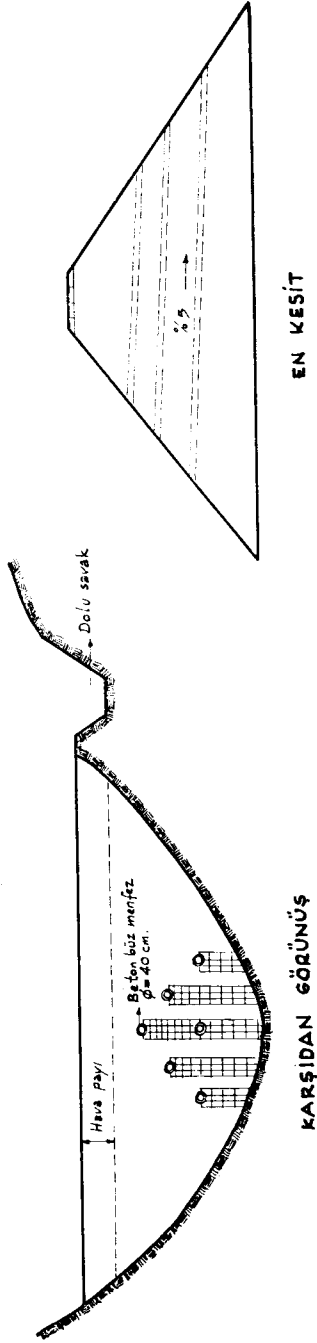
Barajın arkasını dolduran materyalin ufak taneli ve su miktarının fazla olması oranında, suyun baraja basıncı fazla olacağından özellikle yüksek barajlarda suyun, barajın arkasında birikmiş bulunan materyal kitlesinden, sızmak suretiyle ayrılarak akıp gitmesi imkânının varolması lâzımdır. İşte bu maksatla barajın gövdesinde menfezler bulunmaktadır.

Bu maksatla materyal baraj olarak inşa edilecek toprak barajlarda 40 cm çapındaki beton büzlerin kullanılması pratik ve aynı zamanda ucuz olmaktadır. Çapları 30 cm den küçük büzler çabuk tıkanmaktadır. Çapları 40 cm den büyük olan büzler ise pahalı olduğu gibi bu büzlerin inşaat yerine taşınması ve yerine konulması dar zor olmaktadır.

Beton büzler yerlerine eğimli olarak konulmaktadır. Toprak barajların inşasında büzlerin yerleştirileceği toprak tabakası sıkıştırıldıktan sonra, bu tabaka içinde yeterli genişlik ve derinlikte hendekler açılarak büzler bu hendekler içine yerleştirilir. Büzler üzerine getirilecek toprak tabakasının sıkıştırılmasında büzlerin zarar görmemesine dikkat olunmalıdır.

Beton büz menfezlerin suların getirdiği dal, taş, v.s. ile çabukça tıkanmaması için bu menfezlerin su yüzündeki ağızlarına demir ızgaralar konulur. Barajın hava tarafındaki sevi üzerinde beton büzün *çıkış ağzından* itibaren 80 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğinde su arkaları açılarak bu arklar kaldırılırlar. Bu sayede bu şev üzerinde erozyon tehlikesi önlenmiş olur.

Yüksek suların barajı aşarak akmaması için sağ ya da sol yamaç üzerinde *dolu savak* denilen bir kanal kazılarak barajın su ile dolmasından sonra sular bu kanala sevkedilir (Resim 5). Dolu savak enkesiti



Resim 5 — Toprak barajın karşıdan ve yandan görünüşleri.

trapez biçiminde ve yeter kapasitede açık bir kanal olup geniş fakat çok derin değildir.

Dolu savak zemin itibariyle sağlam ve mümkünse kayalık olan yamaç üzerinde açılmalıdır. Kanalin eğimi kanal tabanında ve yanlarında erozyona meydan vermeyecek kadar hafif (yaklaşık olarak % 2 - 3) olmalıdır.

Kanal sağlam yamaç üzerinde açıldığı ve yetiştirme yeri faktörleri iyi bir çayırlanmaya müsait olduğu takdirde, kanal yalnız yer yer tahkim edilir. Örneğin *taban eşikleri* vasıtasıyla. Aksi takdirde, yani; kanal kumlu ve poröz bir zemin üzerinde açıldığı takdirde, kanalın taban ve yanları baştan başa kırmataş ve çimento ya da beton harcıyle tahkim edilir.

ERDDÄMME ALS MATERIAL (GESCHIEBE) - STAUSPERREN IN DEN WILDBÄCHEN DES BERG-UND HÜGELLANDES IN DER TÜRKEI

Von
Prof. Dr. Faik TAVŞANOĞLU

Einleitung:

Soweit ist es mir bekannt, dass es in Alpenländern von Europa nicht üblich ist, in den Wildbächen Erddämme als Querwerke zu bauen. Dagegen sind aber in Italien in Apennin im kompakten Lehm eingeschnittenen Calanchi seit langer Zeit Querwerke aus gestampften Lehm in Anwendung (1). In Japan sind sie zur Beruhigung von Runsen, die sich im sandigen Böden einwühlen, weit verbreitet (1). In Vereinigten Staaten von Amerika sind hunderte von Erddämmen als Material (Geschiebe) - Stausperren (Debris Dams) gebaut worden (2).

Als es Ihnen wohl bekannt ist, dass die Türkei zum grossen Teil ein Gebirgsland ist und auf den Hängen der Gebirge seit Jahrhunderten auf primitiver Art land- und Viehwirtschaft betrieben wird. Infolge derartiges Vorgehens werden in unserem Lande mit den Niederschlagswässern und fliessenden Gewässern jährlich enorme Mengen von Erde abgetragen und gehen sie so verloren.

Nach den vorliegenden Berichten von FAO ist die Grösse der Flächen der Hänge, auf denen heute rege Erosion herrscht, auf etwa 70 Millionen ha zu schätzen (3).

Wenn man nun jährlich abgetragene Erdmasse auf ein Hektar zumindest 10 cm annimmt - das bedeutet eine Erdschicht von nur 1 mm Dicke - und diese auf 70 Millionen ha bezogen soergibt sich eine Masse von 700 Millionen ha bezogen, ergibt sich eine Masse von 700 Millionen t. Wenn man diese, wie üblich, in Tonnen ausdrücken will, so hat man sie mit einem mittleren spezifischen Gewicht, also mit etwa 1,5 t/m³ zu multiplizieren, so stellt sich heraus, dass in der Türkei jährlich durch Erosion verlorengegangene Erdmasse mindestens auf etwa eine Milliarde von Tonnen zu schätzen ist.

Auf der anderen Seite begann man sich in der Türkei erst von 25

Jahren mit den Erosionsproblemen und mit den Wildbächen zu beschäftigen. Das bedeutet sicherlich eine grosse, zeitlich und finanziell fast nicht mehr einzuholende Versäumnis.

Daher muss man in der Türkei eher in einem anderen Lande auf dem Gebiete der Wildbachverbauung mit dem Geld und mit der Zeit so sparsam, wie möglich, vorgehen und mit wenig Geld und in kurzer Zeit vieles bauen.

Also möge mein dieses Referat ein Beitrag für einen billigeren und schnelleren Bau der Erddämme als Materialstausperren in den Wildbächen des Berg- und Hügellandes in der Türkei sein.

I. DIE MOMENTE FÜR DEN BAU DER ERDDÄMME ALS MATERIALSTAUSPERREN

Die Momente, die für den Bau der Erddämme als Materialstausperren sprechen, sind:

— Für den Bau der Erddämme als Materialstausperren kommen eher die Bäche mit feineren als jene mit gröberen Geschiebeerzeugung in Frage;

— Die Talprofile, an denen Materialstausperren gebaut werden sollen, sind, wegen der Erosionsgefahr, auf den Strecken mit geringerem Gefälle zu wählen (etwa bis 5%). Es ist auch schon deshalb wichtig, weil bei grossen Gefällen die Gewichtskomponente des Erddammes in der Richtung des Gefälles zur Wirkung kommt (Abb. 1);

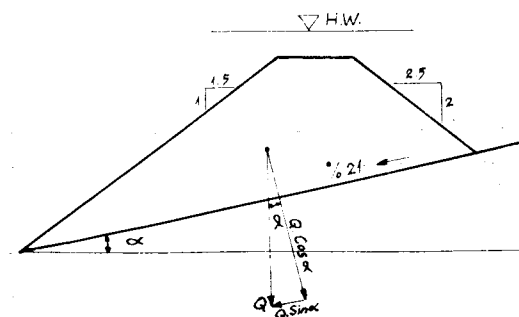


Abb. 1 Auf den Strecken mit grossem Gefälle kommt die Gewichtskomponente des Erddammes in der Richtung des Gefälles zur Wirkung.

— Für solche Stausperren werden sich am besten engere Talprofile mit festem Untergrund eignen, hinter denen sich das Tal erweitert, wodurch ein entsprechend grosser Verlandungsraum gegeben ist.

An dieser Stelle muss es aber auch betont werden, dass Materialstausperren allein nie imstande sein werden, die Geschiebeführung eines Wildbaches dauernd auf ein erträgliches Mass herabzusetzen, da sie einmal gefüllt, keine nennswerten Materialmassen mehr zurückhalten vermögen. Sie werden nur für kürzere, oder längere Zeit von Wirkung sein. Denn nur durch eine weit möglichste Bekämpfung im Sammelgebiet kann eine dauernde Geschiebeentlastung erreicht werden.

— An der Baustelle direkt oder in ihrer nächsten Nähe soll in ausreichender Menge geeignetes Schüttungsmaterial zu gewinnen sein (Z.B. von dem auf der Talsohle lagerendes Gesschiebe, Von Ufer- und Lehenbrüchen-, von dem Aushub des Umlaufkanales-, von der Reinigung des Bachbettes herrührendes Material usw.).

— Die Tragfähigkeit des Untergrundes, (die die Erbauung eines Schwergewichtamauers von vornherein ausschliesst).

Aus diesen Momenten geht es hervor, dass die Erddämme als Materialstausperren sich eher zu den Wildbächen des Berg- und Hügellandes als zu jenen des Hochgebirges eignen.

II. BESTIMMUNG DES QUERPROFILES EINES ERDDÄMMES ALS MATERIALSTAUSPERRE

In den Alpenländern von Europa bestanden behördliche Vorschriften für die Profilgebung der zur Holztrift in den Tälern zu erbauenden Erddämme (4). Sowie sind in Vereinigten Staaten von Amerika werden für den Bau der Erddämme als Materialstausperren in Frage kommenden veränderliche Faktoren, wie Gründung, die Kronenhöhe und Überhöhe des Dammes in jedem Falle von Lokalbehörden festgelegt (2). Ferner müssen in den genannten Ländern bei der Projektierung dieser Dämme sämtliche notwendige Wasserentlastungsanlagen zur Hochwasserbekämpfung vorgesehen werden (2 und 4).

Um nun bei der Projektverfassung der Erddämme als Materialstausperren gewisse Anhaltspunkte über die Elemente des Querprofiles, wie Kronenhöhe, Kronenstärke und Böschungsneigungen zu erlangen, kann man, wie folgt, vorgehen:

Die Kronenhöhe muss so bemessen sein, dass eine Überflutung der Damkrone auch bei maximaler Hochwasserführung des zu stauenden Baches stets ausgeschlossen bleibt, welcher Angriff sich für den Bestand des Bauwerkes) am gefährlichsten auswirken kann. Zu diesem Zwecke muss bei diesen Sperren eine Überhöhe über der Sohle des Umlaufkanales von mindestens 1 m vorgesehen werden.

Auf der anderen Seite hat man im allgemeinen bei den im Rahmen der Wildbachverbauung in Frage kommenden Erddämmen als Materialstausperren die Höhe der Sperre wegen der einfacheren Projektierung nicht etwa über 10 m zu denken.

Die Kronenstärke des Erddämmes beträgt bei niedrigen Dämmen 2-3 m oder noch mehr (4-5 m), falls über dieselbe gleichzeitig ein Fahrweg vorzusehen ist.

Die Böschungsneigungen des Erddämmes müssen der Kohäsion der bei dem Bau zu verwendenden Schüttungsmaterialien entsprechen. Diese Neigungen sind bei fein- beziehungsweise grobkörnigem Material 1: $1\frac{1}{2}$ — 1: $2\frac{1}{2}$ anzunehmen. Da die luftseitige Böschung in statischer Hinsicht fast den gesamten Schub hinter der Sperre angestauten Wassermasse zu übernehmen hat, ist sie daher desto flacher zu halten, je grösser dieser Druck wird. Die erwähnten Grenzwerte der Böschungsneigungen können aber bei besonderer Verdichtung der verwendeten Erdmassen oder Anwendung zweckentsprechender Decken bedeutend vermindert werden.

Mit Hilfe dieser schon festgelegten Elemente, also der Kronenhöhe, der Kronenstärke, und der Böschungsneigungen kann man nun das Querprofil des Erddämmes mit einem geeigneten Masstab (1/50) als ein Trapez aufzeichnen (Abb. 2).

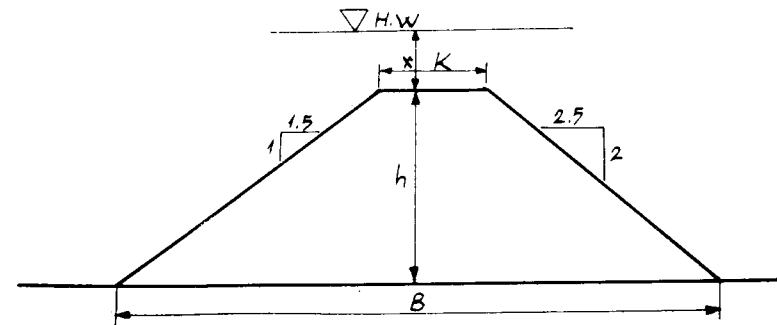


Abb. 2 Aufzeichnung des Querprofiles des Erddammes

Da der Erddamm der Schubwirkung des hinter der Sperre anzustauendes Wassers durch die Reibung widerstehen muss, wird der Damm nach dem aufgezeichneten Profil durch die Gleichung der Gleichgewichtsbedingung überprüft:

$$h \left(\frac{K+B}{2} \right) \gamma \varphi = \frac{h^2}{2} \gamma' n$$

Hierin bedeuten:

- h : Höhe des Materialstaudammes, zugleich die Seite des Wasserdruckdreieckes in m
- K : Kronenstärke in m; B : Basisstärke in m
- γ : Spezifisches Gewicht des Schüttmaterials in kg/m^3 ; Z. B. 1600 kg/m^3
- φ : Reibungskoeffizient; nach dem Grade der Verdichtung der Erddammasse des Dammes wird: $0,35 - 0,70$ zu setzen sein.
- γ' : Spezifisches Gewicht des Wassers in $\text{kg/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$
- n : Sicherheitsfaktor $2 - 3$.

Je nach dem Ergebnis der Überprüfung kann die Kronenstärke vergrößert werden. Dementsprechend ändert sich naturgemäß auch die Basisstärke der Sperre und damit auch die Masse und das Gewicht des Erddammes.

Auf der anderen Seite hatte Hauska seinerzeit eine Formel für die Berechnung der Kronenstärke bei einheitlichen Staudämmen, die zwecks Holztrift erbaut wurden, hergeleitet, wofür der Staudamm ausser dem hydrostatischen Druck auch dem hydraulischen Stoss des Wassers (bei Überflutungen) widerstehen soll (4). Diese Formel lautet:

$$K = \frac{n \gamma' x}{\varphi \gamma} \left(1 + \frac{4 v^2}{100} \right)$$

Hierin bedeuten:

- K : Kronenstärke in m
- n : Sicherheitsfaktor 2
- γ' : Spezifisches Gewicht des Wassers in $\text{kg/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$
- x : Überflutungshöhe $0,5 \text{ m}$
- φ : Reibungskoeffizient $0,38$
- γ : Spezifisches Gewicht des Schüttmaterials in kg/m^3 ; Z. B. 1800 kg/m^3
- v : Geschwindigkeit des überflutenden Wassers $\text{m/sec.} = 2,5 \text{ m/sec.}$

Die Türkische Wasserbau-Behörde rechnet bei der Projektierung der Erddämme als sogenannte Hoch-Wasserfänge die Kronenstärke nach einer Amerikanisch empirischen Formel (5), welche lautet:

$$K = \frac{h}{5} + 3,00$$

wobei die Höhe des Erddammes des Hochwasserfanges in m bedeutet. Falls die Dammhöhe über 10 m sein soll und Dammkrone gleichzeitig als ein Fahrweg zu benutzen ist, so ist die minimale Kronenstärke $6,00 \text{ m}$ anzunehmen.

Die Hochwasserfänge werden bis zu 15 m hoch gebaut. Sie haben einen Grundablass und einen Umlaufkanal aber keine Dohlen im Dammkörper.

Durch diese Dämme werden die Hochwässer zuerst gefangen und angestaut und lässt sich dann der Überfluss von dem Damm her durch den Umlaufkanal regulieren. Der Grundablass dient zur geregelten Entleerung des durch den Damm gestauten Wassers.

III. BAUFÜHRUNG EINES ERDDAMMES ALS MATERIALSTAUSPERRE

Befor ich auf die Bauausführung eines Erddammes als Materialtausperre eingeh, scheint es mir zweckmässig zu sein, mich mit manchen baulichen Einzelheiten dieser Dämme kurz zu befassen.

Die Krone ist möglichst wasserdicht herzustellen. Zu diesem zwecke wird auf dieselbe ein Pflaster mit luft-und wasserseitigem Gefälle verlegt, um ein schnelleres Abfließen der Niederschlagwässer zu ermöglichen. Im Falle, wenn die Krone auch als ein Fahrweg zu verwenden ist, wird auf dieselbe ein stabilisierter Oberbau von 25 cm. Stärke aufzubringen sein. Weiteres ist zu bemerken, dass die natürliche Böschungsniegung des Schüttungsmaterials nur so laugehält, als dieselbe nicht unter Druck stehet.

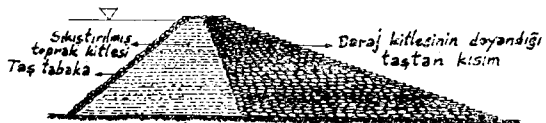
Bei grösseren Dammhöhen (7-10 m) kann die luftseitige Böschung durch horizontal verlaufende Bermen abgestuft werden, welche einerseits eine leichte Begebarkeit des Dammes ermöglichen und andererseits die Erodierung dieser Böschung verhindern. Die Bermen werden mit einem Pflaster versehen und die Böschungsfächen berast oder bebuscht.

Die wasserseitige Böschung ist so steil zu halten als sie die Stabilität des Schüttungsmaterials sichert. Da diese Böschung der Durchtränkung durch die Sickerwässer am meisten ausgesetzt ist, neigt sie leicht zu Rutschungen. Daher ist es stets angezeigt, wasserseitig eine Deckungslage vorzusehen, falls der Damm nicht aus wasserundurchlässigem Erdmaterial (Einheitliche Dämme) hergestellt werden kann.

Beim Bau der Erddämme als Materialstausperre kommen als Schüttungsmaterialien meist Mischungen von Erde, Kies, Schotter und Stein in Frage, welche frei von organischen Körpern, wie von Holzstücken, Kräutern usw, sein müssen.

Zur Herstellung des Dammstützkörpers verwendet man oft reinen Bruchstein, Kies oder Schotter (Abb. 3). Erddämme, die aus diesen und aus fast frei von bindigen Baumaterialien hergestellt werden, weisen die geringsten Stezungen auf. Für den Dichtungsteil dagegen verwendet man an bindigen Bestandteilen reiche Böden, welche durch Beimischung von Sand soweit gemagert werden, als sie nicht zu Rissbildungen und Rutschungen neigen (Abb. 3).

Abb. 3 Dieser Damm wird gebaut, wenn nicht genügend Schüttmaterial geringeren Durchlässigkeit vorhanden ist. Bei diesen Dämmen wird die Dichtung von einer starren Decke erzeugt, welche wasserseitig dem standfähigen Schüttmaterial vorgelegt wird.



Die Dichtheit damit auch grössere Standfestigkeit eines Erddammes als Materialstausperre wird durch Verwendung möglichst homogener Schüttungsmaterialien erreicht. Die verschiedenen Korngrößen desselben sind fest miteinander zu mischen, damit das feinere Material den Zwischenräumen der einzelnen Körner ausfüllt.

Auf der anderen Seite kann die Dichtheit eines Erddammes als Materialstausperre beim Bau durch die künstliche Zusammenpressung (Einwalzung) den Damm-Materialien bedeutend erhöht werden (Abb. 4).

Abb. 4 Diese Bauart ist an dem Vorhandensein einer genügenden Menge undurchlässigen Schüttmaterialien (am besten eignen sich hierzu sandige Böden mit bindigen Zuschlagsstoffen, Z. B. Tonerde) und an einer entsprechend tragfähigen, gleichwertigen, wenig wasserundurchlässigen Untergrund gebunden.



Um ein möglichst gesicherten Anschluss des staudammes an die Gründungsfläche zu erreichen, wird zuerst die organische Decke zu entfernen und der freigelegte Boden durch einen Pflug in der Richtung der Dammachse aufzurauen sein.

Das Schüttungsmaterial wird in Schichten bis zu 20 cm Stärke auf die Gründungsfläche aufgebracht und mittels einer Motorwalze mit einem Dienstgewicht bis zu 4 Tonnen verdichtet. Bei Anwendung so einer Walze konnten Dämme bis zu einem Einheitsgewicht von 2 t/m³ hergestellt werden. Das Ausstreuen von Kies oder gebrochenen Schotter vergrössert das Gewicht der Schüttungsmaterialien. Die verwendeten Materialien werden mit Wasser aufgefuechtet, damit die löslichen Bestandteile plastisch werden und sich beim Walzen in die Hohlräume des gröbereren Materials leichter einpressen lassen und auch unlösliche Körner mitnehmen, wodurch eine kompakte Lagerung der Dammerde erzielt wird. Auch die Verwendung von Kalkmilch bei trockenen; und Kalkpulver bei feuchten Schüttmaterialien hat sich als günstig erwiesen.

Da geschüttete Dämme sich mit der Zeit setzen, so ist die projektierte Dammhöhe um die Grösse des Setzmasses (etwa 1 % der Dammhöhe) zu vermehren.

lastert. Die Mulden wären etwa 80 cm breit und 30 cm tief. Dadurch wird auf diese Böschung die Erosionsgefahr begegnet.

Um eine Überflutung der Materialstausperren zu verhüten wird an einem der zwei Hänge ein Umlaufkanal ausgehoben, in den das Hochwasser abgeleitet wird. (Abb. 5) Der Umlaufkanal ist ein offener kanal, hat einen breiten und nicht zu tiefen trapezförmigen Querschnitt ausreichender Kapazität.

Der Umlaufkanal soll auf dem festen Grund und, wo möglich, im Fels ausgehoben werden. Sein Gefälle soll so mässig (etwa 2 - 3 %), als es auf der Sohle und an den Seitenwänden keine Erosion verursacht.

Im Falle, wenn der Kanal auf dem festen Grund ausgehoben wurde und Standortfaktoren für das Gedeihen einer kräftigen Grasdecke sprechen, so braucht man den Kanal nur stellenweise zu schützen, Z.B. mit Grundswellen. Dagegen, wenn der Kanal auf einen sandigen und porösen Grund ausgehoben wurde so muss er mit Bruchstein-Zementmörtelmauerung oder durch Betonieren vollgeschützt werden.

L I T E R A T Ü R

1. Sterele, Georg: Grundriss de Wildbach - und Lawinenverbauung, Wien 1950.
 2. T. W. Norcross, Chief: Handbook of Erosion Control Engineering of the National Forests. Washington 1936.
 3. FAO Mediterranean Development Project. Turkey, Country Report 1959.
 4. Hauska, Leo: Wassertransportanlagen. Wien und Leipzig 1936.
 5. Nalbantoğlu, Muzaffer: Hochwasserfänge. Veröffentlichungen des Ministeriums für Energie und Naturquellen, Generaldirektion für Wasserbau - Organization Ankara 1971.
- Ausser diesen: Härtel, Ottokar und Winter, Paul: Wildbach - und Lawinenverbauung. Wien und Leipzig 1934.
-