

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ



ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ



ORMANCILIĞIMIZIN YÜZÜNCÜ ÖĞRETİM YILI
MÜNASEBETİLE YAYINLANAN ÖZEL SAYI

SERİ B. CİLT VII SAYI I. 1937

Orman Transport Tesislerinden :

TAŞ SANDIK BARAJLARIN GRAFİK METOD İLE HESABI

Yazan

Doç. Dr. Orhan UZUNSOY

Ormanlıkta sularla nakliyat maksadile inşa edilen barajlar bilindiği üzere başlıca, toprak, ahşap, taş sandık ve masif (taş veya beton) objelerdir. Bunlar esas itibarile nakliyat mevsiminde yeter miktarda su sevketmeyen nakil mecralarında inşa edilirler ve fonksiyonları ekseriyetle sadece nakliyata yetecek kadar su biriktirmekten ibarettir. Bu itibarla boyutları, feyzan kontrolü, sulama v.s. maksatlar için inşa edilenlere nisbetle küçüktür. Bununla beraber, bunların da statik esaslara uygun bir şekilde boyutlandırılmaları icabeder.

Taş sandık barajlar, esas itibarile bunlar için gerekli taşın bol, ahşabın mevcut olduğu yüksek dağlık bölgelerde ve buraların uzak kısımlarında inşa edilirler. Bu gibi yerlerde taş ve beton barajları inşa için kaliteli işçi temini güç olduğu gibi, toprak barajlar için gerekli dolduru materyali (toprak) kıt ve mevcut diğer şartlarda elverişsizdir.

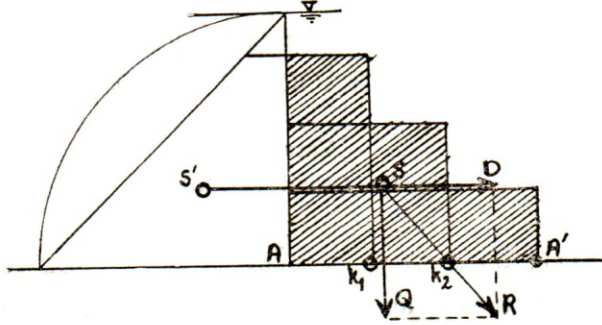
Taş sandık barajlar, içi taş dolu ahşap sandıkları, baraj su tarafı düşey, hava tarafı umumiyetle kademeli - bazan eğik - olacak surette üst üste koymak suretile inşa edilir. Ve bunların hesaplarında suların barajı belli bir yükseklikte aşması gözönünde tutulur.

Bu yazıda bu barajlar için Prof. Leo Hauska tarafından tavsiye edilen grafik çözüm üzerinde durulacak ve müteakiben, bu çözüme göre elde edilen baraj profilinin dengesi için yapılacak araştırmalar belirtilecektir.

Evveleminde taş sandık barajların hesabı iki muhtelif mülâhazaya göre iki tarzda yapılabilir.

I. TARZ : Daha ziyade küçük barajlar için uygun olan birinci şekilde Hauska, bir taş sandığı, harçlı taş veya beton bir obje gibi tama-

men yekpare bir kitle olarak nazarı itibara almakta ve baraj gövdesi dahilinde her bir sandığı, - daha üstteki diğer sandıkların basıncı altında olmasına rağmen hesaplarda daha fazla bir emniyet sağlamak üzere - birbirinden ayrı, müstakil birer sandık gibi hesap etmektedir.



Şekil:1

Sağlam bir temel üzerine oturtulan ve zemine kuvvetli pilotlarla bağlanan böyle yekpare bir obje için, su basıncının tesirile,

1 — Objenin hava taraf kenarı A' üzerine devrilmesi ve su taraf kenarında negatif taban (veya zemin) gerilmelerinin (cer) husulü,

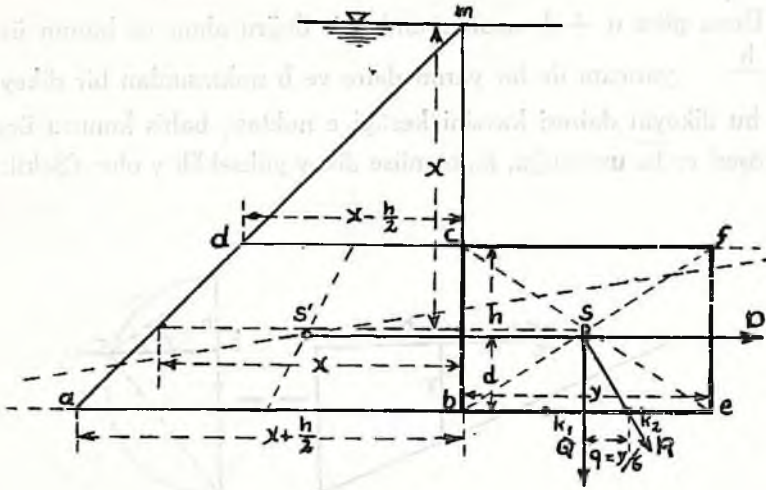
2 — Pilotların kesilerek objenin hava tarafına doğru itilmesi tehlikesi mevcuttur.

Bunlardan birinci ihtimalin önlenmesi için objenin kendi ağırlığı Q ile buna tesir eden su basıncı D nin bileşkesi R, obje taban hattı AA' içinde ve k_1 , k_2 çekirdek noktaları arasında kalmalı veya en son sınır olarak hava taraf çekirdek noktası k_2 den geçmelidir.

İkinci ihtimalin önlenmesi için ise, objeyi zemine tesbit eden pilotların, su basıncı ile meydana gelen makaslama zorlanmalarına emniyetle mukavemet edebilecek kesitte olmaları lâzımdır.

Burada barajı teşkil eden sandıklar birbirinden tamamen ayrı olarak mütalea edildiklerine göre, ağırlık eksenini gözönünde tutulan en yüksek su seviyesinden bir derinliğinde bulunan h yüksekliğinde herhangi bir taş sandık için yukarıdaki 1 inci şart (Şekil: 2) de görüldüğü üzere:

$$D \cdot d = Q \cdot q \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$



Şekil: 2

Ve bu eşitlikte D , d , Q ve q nün şekilden kolayca elde edilebilen değerleri yerlerine konarak gözönünde tutulan sandık için gerekli en küçük taban genişliği y için

$$y^2 = \frac{\gamma'}{\gamma_1} \left[\left(x + \frac{h}{2}\right) + 2 \left(x - \frac{h}{2}\right) \right] h.$$

eşitliği elde edilir¹. Bu formülde γ' suyun, γ_1 ise taş ve ahşaptan müteşekkil taş sandığın özgül ağırlığı olup, kullanılan taş materyalinin özgül ağırlığı γ ile gösterildikte umumiyetle $\gamma_1 = \frac{3}{2} \gamma$ olarak almır.

Bu eşitliğe göre y uzunluğunu grafik olarak bulmak için

$$y^2 = u \cdot h.$$

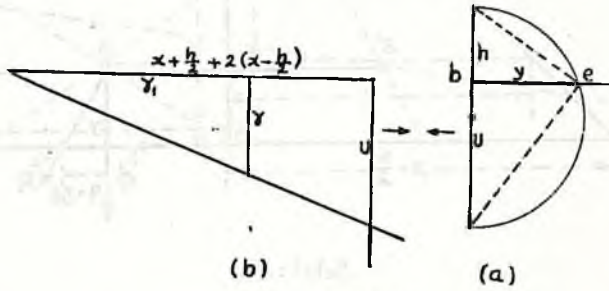
$$\frac{\gamma'}{\gamma_1} \left[\left(x + \frac{h}{2}\right) + 2 \left(x - \frac{h}{2}\right) \right] = U \text{ konulduktaki eşitlik,}$$

şeklini alır. Görüldüğü üzere bu ifade, hipotenüsü $(u + h)$ olan bir dik üçgende hipotenüse dikey yükseklik (y) ile bunun hipotenüste

1) Bk. Tavşanoğlu, Faik : Orman Transport tesisleri ve taşıtları, İstanbul 1955, sahife 256-262.

ayırdığı parçalar (u ve h) arasındaki malûm bağıntıyı temsil eder.

Buna göre $u + h$ uzunluğunda bir doğru alınır ve bunun üzerine $\frac{u + h}{2}$ yarıçapı ile bir yarım daire ve b noktasından bir dikey çizilirse, bu dikeyin dairesi kavsini kestiği e noktası, bahis konusu üçgenin dik köşesi ve be uzunluğu, hipotenüse dikey yükseklik y olur (Şekil: 3a).



Şekil: 3

Diğer cihetten u eşitliği
$$\frac{U}{\left(x + \frac{h}{2}\right) + 2\left(x - \frac{h}{2}\right)} = \frac{\gamma'}{\gamma_1}$$

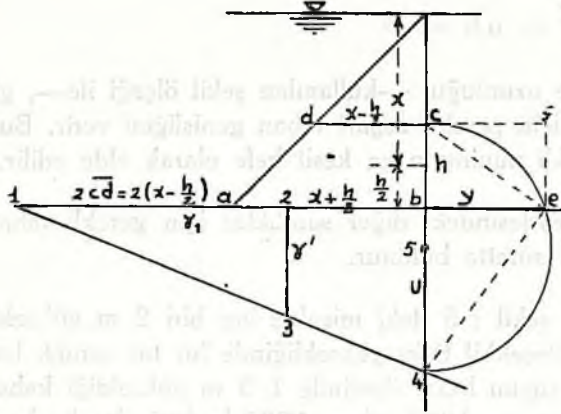
şeklinde yazıldıkta dik kenarları γ' ve γ_1 , u ve $\left(x + \frac{h}{2}\right) + 2\left(x - \frac{h}{2}\right)$ olan iki dik üçgenin benzerliğini gösterir.

Burada: $X + \frac{h}{2} = \overline{ab}$, yani su basınç üçgeninde bu sandığa

isabet eden trapezin alt genişliği, $x + \frac{h}{2} = \overline{cd}$ ise üst genişliğidir

(Şekil: 1). Böylece, u değeri, bu bilinenlere göre bu iki benzer dik üçgeni çizmek suretile grafik olarak elde olunabilir (Şekil: 3 b).

Şu halde, şekil: 3 a ve 3 b deki iki şekil, u kenarları birbiri üzerine gelecek surette birleştirildikte meselenin grafik çözümü elde edilmiş olur (Şekil: 4).



Şekil: 4

Buna göre, baraj gövdesi dahilinde yüksekliği h olan her hangi bir taş sandık için gerekli asgari taban genişliğini grafik olarak bulmak üzere, önce - uygun bir şekil ölçeği ile - su basınc üçgeni çizilir ve bu üçgende gözönünde tutulan sandığa isabet eden trapez alanı ($abcd$) işaretlenir. Trapezin tabanı ab sola doğru uzatılır ve a dan itibaren trapez üst genişliği cd nin 2 misli bir uzunluk alınarak 1 No. lu nokta bulunur;

$$\text{böylece } \overline{b, 1} = \overline{ba} + 2 \overline{cd} = \left(x + \frac{h}{2}\right) + 2\left(x - \frac{h}{2}\right) \text{ olur.}$$

Sonra, yine uygun bir ağırlık ölçeği ile 1 den itibaren aynı doğru üzerinde bu defa sağa doğru $1, 2 = \gamma_1$ alınır ve bulunan 2 No. lu noktadan bu doğruya $2, 3 = \gamma'$ uzunluğunda bir dikey çizilerek 3 No. lu nokta elde edilir. Bu nokta 1 ile birleştirilip elde edilen doğru uzatılır ve keza trapezin cd yüksekliği de aşağı doğru uzatılırsa bu iki doğru 4 No. lu noktada kesişir. Ve yukanda bahsedildiği üzere 1, 2, 3 ve 1, b, 4 üçgenlerinin benzerliğinden

$$\frac{\overline{b, 4}}{\overline{1, 2}} = \frac{\overline{2, 3}}{\overline{1, 2}} \cdot \frac{\overline{b, 1}}{\overline{1, 2}} = \frac{\gamma'}{\gamma_1} \left[\left(x + \frac{h}{2}\right) + 2\left(x - \frac{h}{2}\right) \right] = u \text{ olur.}$$

Diğer cihetten, $\overline{cb} = h$ ve $\overline{c, 4} = \overline{cb} + \overline{b, 4} = h + u$ olduğuna göre $c, 4$ üzerine bunun orta noktasından $\frac{\overline{c, 4}}{2}$ yarıçapı ile bir yarım daire çizilir ve trapezin ab tabanı sağa doğru uzatılırsa bu doğru, daire kavsini e noktasında keser ve böylece teşekkül eden $c, e, 4$ üçgeninde

$$\overline{be^2} = u.h = y^2$$

olur; yani, be uzunluğu, —kullanılan şekil ölçeği ile—, gözönünde tutulan sandık için gerekli asgari taban genişliğini verir. Buna göre sandık için gerekli minimum en kesit $befc$ olarak elde edilir.

Baraj gövdesindeki diğer sandıklar için gerekli taban genişlikleri de keza aynı surette bulunur.

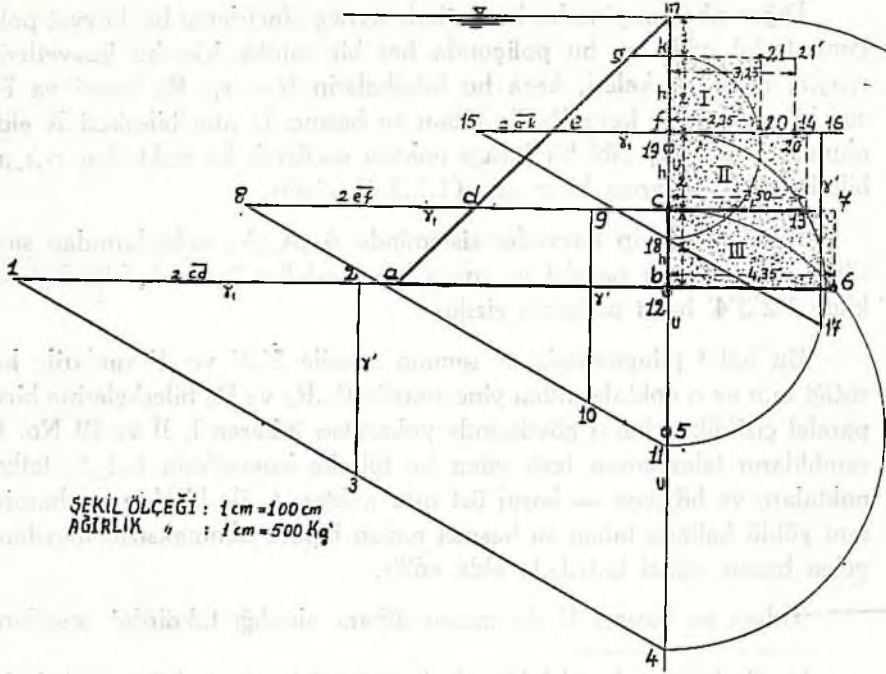
Nitekim şekil : 5 deki misalde her biri 2 m yüksekliğinde 3 taş sandıktan müteşekkil 6 m yüksekliğinde bir taş sandık baraj gözönünde tutularak suyun baraj üzerinde 1/3 m yükseldiği kabul edilmiş, ve $\gamma = 2400$, $\gamma_1 = 1800$, $\gamma' = 1000$ kg/m³ olarak alınmıştır.

Yukanda verilen izahattan, şekilde, her bir sandık için gerekli taban genişliğinin ve sandık kesitinin nasıl bulunduğu kolayca görülmektedir. Buna göre, en alttaki III No. lu sandık için gerekli taban genişliği $\overline{b,6} = 4,35$ m, sandık kesiti $b,6,7c$; II No. lu sandık için gerekli taban genişliği $\overline{c,13} = 3,50$ m, sandık kesiti $c,13,14, f$; en üstteki I No. lu sandık için gerekli taban genişliği $\overline{f,20} = 2,35$ m, ve sandık kesiti $f,20,21,k$ olarak bulunmuştur. Şu halde baraj ilk kesiti, su tarafı düşey, hava tarafı kademeli $b,k,21,20,14,13,7,6$ olmuş olur.

Fakat en üstteki bu I No. lu sandık, alttaki diğer sandıklardan fazla olarak suyun statik basıncı ile birlikte bir miktar hidrolik çarpmaya da maruz bulunduğundan, genişliği, $\overline{f, 20}$ yerine $\overline{f,20'} = \overline{f,20} \left(1 + \frac{6 \cdot V^2}{100} \right)$ olarak alınmalıdır.

Misalimizde yüksek su sür'ati $v = 2,5$ m/san alarak bu sandık için gerekli minimum taban genişliği $\overline{f,20'} = 3,25$ m olarak bulunmuştur. Buna göre baraj için gerekli ilk minimum profil, — su tarafı düşey, hava tarafı kademeli —, $b,k,21',20',14,13,7,6$ olacak demektir (Şekil : 5).

Ancak, bu profilin tesbitinde her bir sandık için daha üstteki diğer sandıkların basıncı nazarı itibara alınmamış ve her birinde sandığın kendi ağırlığı ile su basıncından meydana gelen bileşkenin hava taraf çekerdek noktasından geçtiği kabul edilmişti. Keza bu arada, alınan bütün



Şekil: 5

koruma tedbirlerine rağmen baraj tabanına sızabilecek olan sular dolayısıyla meydana gelen taban su basıncı da hesaba katılmamıştır.

Bu itibarla, baraj için tesbit edilen bu profile göre bir de baraj heyeti umumiyesinin dengesi, baraj ve sandık tabanlarında meydana gelen taban ve zemin gerilmeleri etüd edilmeli ve yukarıda sandıkların teker teker hesabında nazarı itibara alınmayan kuvvetler bu etüde dahil edilmelidir.

Bu maksatla bir defa barajın dolu (tam yüklü halinde, bir defada barajda hiç su bulunmadığı halde meydana gelen basınç eğrileri (istinat hattı) çizilir.

Bunun için şekil : 6 a da görüldüğü üzere barajın tam yüklü halinde sandıkların kendi ağırlıkları Q_1, Q_2, Q_3 ve bunlara tesir eden su basınçları D_1, D_2, D_3 ve en alttaki sandık tabanına tesir eden taban su basıncı $U = \frac{1}{2} (m+n) H.B.$ hesap edilerek bunlar ait oldukları alanların $S_1, S_2, S_3, S'_1, S'_2, S'_3$, ve S_u ağırlık merkezlerine tatbik olunur ve böylece elde edilen kuvvetler sisteminde her bir sandıkta bu kuvvetlerin kestiği A_1, A_2, A_3 noktaları işaretlenir.

Diğer cihetten yine bu kuvvetlerle ayrıca zincirleme bir kuvvet poligonu teşkil edilir ve bu poligonda her bir sandık için bu kuvvetlerin r_1, r_2, r_3 ilkel bileşkeleri, keza bu bileşkelerin $R_1 = r_1, R_2$ kısmi ve R_3 son bileşkeleri, ve keza R_3 ile taban su basıncı U nun bileşkesi R elde olunur. Sonra, O_1 gibi bir kutup noktası seçilerek bu noktadan r_1, r_2, r_3 bileşkelerinin uçlarına birer ışın (1,2,3,4) çizilir.

Bunu müteakip kuvvetler sisteminde A_1, A_2, A_3 noktalarından sırasile r_1, r_2, r_3 e birer paralel ve sonra bu paraleller üzerinde bilindiği şekilde $1'2'3'4'$ halat poligonu çizilir.

Bu halat pilogonunda $1'$ ışınının sırasile $2', 3'$ ve $4'$ ışınlarla keşiştiği m, n ve o noktalarından yine sırasile R_1, R_2 ve R_3 bileşkelerine birer paralel çizildikte, baraj gövdesinde yukarıdan itibaren I, II ve III No. lu sandıkların tabanlarına tesir eden bu bileşke kuvvetlerin t_1, t_2, t_3 tatbik noktaları; ve böylece — baraj üst orta noktası t_0 ile birlikte — barajın tam yüklü halinde taban su basıncı'nazarı itibara alınmaksızın meydana gelen basınç eğrisi t_0, t_1, t_2, t_3 elde edilir.

Taban su basıncı U da nazarı itibara alındığı takdirde¹ meydana

1) Bu basıncın baraj tabanında hava taraf kenarına doğru çizgisel olarak azaldığı kabul edilerek değeri, su taraf kenarında m . γ . H. hava taraf kenarında n . γ . H. olarak alınabilir ve buna göre U kuvvetinin değeri $U = (alan\ bej) \cdot 1 \cdot \gamma = \frac{1}{2} (m+n) \cdot (H \cdot \gamma)$ olur. Burada $B =$ barajın taban genişliği (misalde 4,35 m), $H =$ su derinliği (7 m); m ve n ise 1 den küçük birer katsayı olup, bunlar $m > n$ olmak üzere yeraltının suyu geçirme durumuna göre tahmini olarak alınabilir veya en iyisi yerinde tetkik ve denemelerle tesbit edilirler. Meselâ sızmaya karşı ihtimamlı koruma tedbirlerinin alındığı hallerde yeraltının kaya olması ve

İyi tabii durumda bulunması halinde $m = 0,2$

Ortalama tabii durumda bulunması halinde $m = 0,3$

Az iyi tabii durumda bulunması halinde $m = 0,4$ veya daha emniyetle $2/3$

Yeraltının kum ve çakıldan ibaret olması halinde $m = 1$

olarak alınabilir. n değeri ise yine buna göre takdir olunabilir (şekil : 6 daki misalde $m = 0,3, n = 0,1$ alınmıştır).

Baraj tabanında düşey olarak yukarı doğru tesir eden bu kuvvet, meydana getirdiği moment tesirile barajı hava taraf kenarı üzerine devirmeğe çalışır ve diğer yüklerden meydana gelen zemin gerilmelerini azaltır. Bu sonuncu tesiri baraj denge şartları bakımından müsait bir tesir gibi mütalea edilebilirse de, bu kuvvet, baraj tabanına tesir eden bileşkeyi daha yatık bir duruma getirerek hava taraf kenarına doğru yaklaştırır ve onu çekirdek dışına çıkarmak suretile su taraf kenarında negatif zemin gerilmeleri meydana getirebilir. Bu takdirde taban su taraf kenarı yukarı doğru kalkma duru-

gelen basınç eğrisini bulmak için kuvvetler sisteminde U ile R_3 ün keşiştiği y noktasından kuvvetler poligonundaki R son bileşkesine bir paralel çizmek kâfidir. Bu paralelin III No. lu sandık tabanını kestiği t_4 noktası R bileşkesinin bu tabandaki tatbik noktası olur ve böylece t_0, t_1, t_2, t_4 eğrisi de barajın tam yüklü halinde taban su basıncı da dahil olmak üzere teşekkül eden basınç eğrisi (istinat hattı) olur.

Barajda su bulunmadığı zamanlar ise, — baraj hava taraf yüzüne tesir eden rüzgâr basıncı ve su taraf yüzünde teşkil edilen toprak dolurunun veya yine bu yüzde tesir eden taşıntı kitlesinin basıncı nazan itibara alınmazsa—, baraj sadece kendi ağırlığı ile yüklü bulunur.

Bu vaziyette sadece sandıkların kendi ağırlıkları Q_1, Q_2, Q_3 ile bir kuvvet poligonu teşkil edilir ve seçilen bir O_2 kutup noktasından a, b, c, d ışınları, ve kuvvetler sisteminde buna tekabül eden a'b'c'd' halat poligonu çizilir. Bu halat poligonunda a' ışınının sırasile b', c' ve d' ışınlarıyla keşiştiği noktalarından birer düşey çizilirse I, II ve III No. lu sandıkların tabanlarına tesir eden G_1, G_2, G_3 düşey bileşke kuvvetlerinin bu tabanlardaki tatbik noktaları (z_1, z_2, z_3) elde edilir ve bu noktalar birleştirildikte baraj üst orta noktası t_0 ile birlikte t_0, z_1, z_2, z_3 kırık hattı, barajda su bulunmadığı halde meydana gelen basınç eğrisi (veya istinat hattı) olur.

Baraj ve sandık tabanlarında hiç bir noktada negatif gerilmeler

munda bulunur ki bu durumda bu kenarda $n = .1$ olup taban su basıncı büyür ve baraj dengesi üzerindeki menfi tesirleri artar.

Ayrıca, barajda taban drenajının bulunduğu ve tatbik noktasının su taraf $1/3$ ü içine düştüğü hallerde, bu kuvvet, hava taraf kenarındaki zemin gerilmelerini bir miktar artırabilir.

Bundan başka taban ile temel zemini arasına sızan sular, buradaki sürünme direncini ve zamanla barajı temel kayasına bağlayan harcın veya betonun aderans direncini büyük ölçüde azaltır ve böylece barajın kayma emniyetini tehlikeye düşürür. Nitekim N. Kelen'e göre görgüler, barajlarda başlıca yıkılma tehlikesinin, temel kayasının fena evsafa olması veya inşaatın tekniğine uygun yapılmaması yüzünden — veya her iki sebeple — vukua gelen büyük ölçüde sızıntılar dolayısıyla barajda kayma emniyetinin ortadan kalkmasından ileri geldiği merkezindedir (toprak ve anroşman barajlarda ise suların barajı aşması).

Bununla beraber taban su basıncı daha ziyade masif (taş veya beton) barajlar için önemlidir. Taş sandık barajlar anroşman barajlar gibi gövdeleri geçirimsiz olduğundan sızan suların fazla miktarda olmadığı hallerde bu basınç nazarı itibara alınmayabilir. Buna mukabil temel zemini bir radye inşaatını gerektiriyorsa bu basıncın nazarı itibare alınması gerekir.

(cer gerilmesi) meydana gelmemesi için barajın tam yüklü ve boş durumlarında meydana gelen bu basınç eğrilerinin baraj gövdesinde k_1 ve k_2 çekirdek noktaları arasında seyretmesi ; fakat aynı zamanda profilin iktisadi olması için barajda su bulunmadığı zamanlar meydana gelen t_0, z_1, z_2, z_3 eğrisinin su taraf çekirdek noktaları k_1 lere, barajın tam yüklü halinde meydana gelen t_0, t_1, t_2, t_3 veya t_0, t_1, t_2, t_4 eğrisinin ise hava taraf çekirdek noktaları k_2 lere imkân nisbetinde yakın veya bu noktalarından geçmesi icap eder. Aksi halde sandık genişliklerinin münasip bir şekilde değiştirilmesi gerekir.

Nitekim şekil : 6 daki misalde barajın tam yüklü halinde gerek taban su basıncının nazarı itibara alınmaması ve gerekse alınması takdirinde meydana gelen basınç eğrilerinin II ve III No. lu sandıklar dahilinde çekirdek dışına çıktığı ve binnetice bu sandıkların taban su taraf kenarlarında negatif gerilmeler meydana geldiği yani bu kenarların yukarı doğru kalkma tehlikesine maruz bulunduğu görülüyor. Binaenaleyh, bu

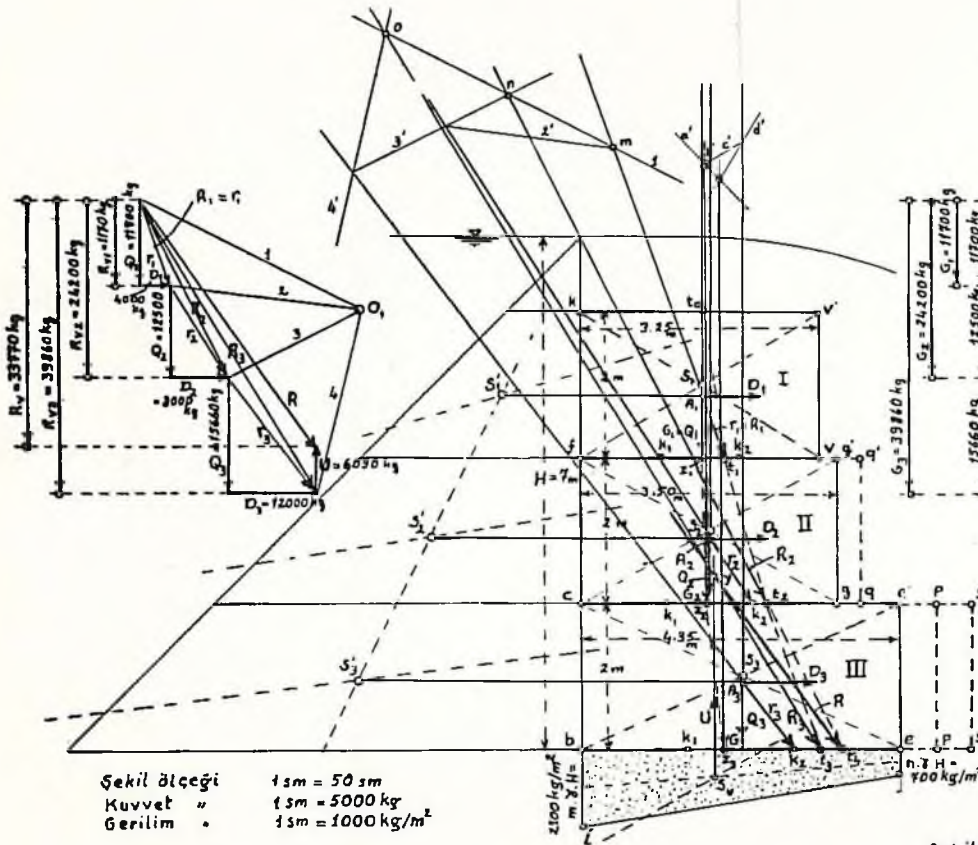
tehlikeyi önlemek üzere II No. lu sandık için $t_2q = \frac{ct_2}{2}$ almak suretile tabanı cq olacak şekilde büyültmek ; III No. lu sandıkta ise taban su basıncının nazarı itibara alınmaması halinde $t_2p = \frac{bt_3}{2}$ olarak almak suretile tabanı bp olarak, veya su basıncının hesaba katılması halinde

$$t_4s = \frac{bt_4}{2}$$

almak suretile bs olarak genişletmek lâzım gelir. Ve buna göre de baraj için gerekli profil, taban su basıncının hesaba katılmaması halinde $kbpp'qq'vv'$ veya bu basıncın nazarı itibara alınması halinde $kbss'qq'vv'$ olur.

Bunu müteakip, baraj dengesi için gerekli 3 üncü şartın gerçekleşme durumuna bakılır. Bunun için tesbit edilen yeni profilde barajın tam yüklü ve boş vaziyetlerinde sandık tabanlarına tesir eden bileşke kuvvetlerin düşey komponentleri ile meydana gelen taban ve zemin gerilmelerini geçmemelidir.

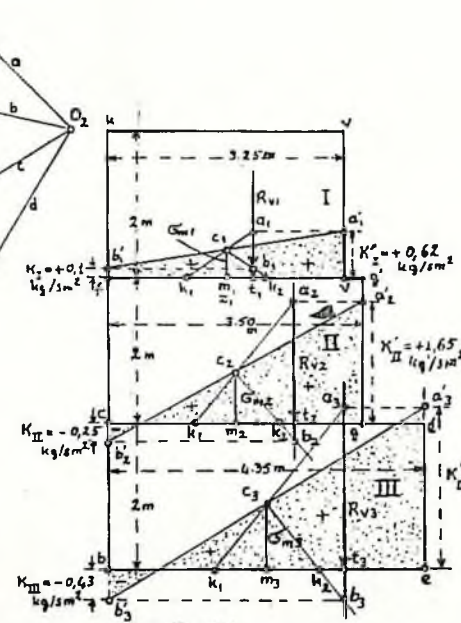
Burada baraj su yüzü düşey ve dolayısıyla su basıncı yatay olduğu cihetle baraj ve sandık tabanlarında bu gerilmeleri meydana getiren düşey kuvvetler barajın tam yüklü ve boş olduğu her iki halde de büyük lükçe aynı olup, gözönünde tutulan sandıkla daha üsttekilerin ağırlıkları toplamına eşit, yani



Sekil Ölçeği 1 sm = 50 sm
 Kuvvet " 1 sm = 5000 kg
 Gerilim " 1 sm = 1000 kg/m²

Sekil: 6a

Sekil: 6



Sekil Ölçeği 1 sm = 50 sm
 Gerilim " 1 sm = 0,5 kg/sm²

Sekil: 6b

$$Rv_1 = G_1 = Q_1 ; Rv_2 = G_2 = Q_1 + Q_2 ; Rv_3 = G_3 = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ olup}$$

ancak sadece sandık tabanlarındaki tatbik noktaları farklıdır. Buna göre en büyük gerilmeler basınç eğrisinin taban orta noktalarına en uzak seyrettiği durumda meydana gelir. Bu durum umumiyetle barajın dolu (tam yüklü) bulunduğu durumdur ve bu vaziyette en büyük taban veya zemin gerilmesi sandıkların hava taraf kenarlarında meydana gelir.

$$\text{Bahis konusu gerilmeler } \sigma = \frac{Rv}{100 B} \left(1 + \frac{6.e}{B}\right) \text{ kg/sm}^2 \text{ formülü ile he-}$$

sap edilebilir. Burada B = taban genişliği, e = bileşkenin tabandaki tatbik noktasının taban orta noktasına olan mesafesi olup bileşkenin yakın bulunduğu kenar için (+), uzak bulunduğu kenar için (—) işareti kullanılır.

Şekil : 6 da sandık genişlikleri, bileşkenlerin hava taraf çekirdek noktalarından geçecekleri şekilde büyütüldüğü cihetle, barajın bu yeni profilinde sandıkların su taraf kenarlarındaki gerilmeler sıfıra eşit, hava taraf kenarlarında ise $e = b/6$ konulmak suretile $\sigma = 2 \sigma_m$ olarak bulunur.

$$\text{Burada } \sigma_m = \text{merkezi gerilme} = \frac{Rv}{100 B} \text{ dir.}$$

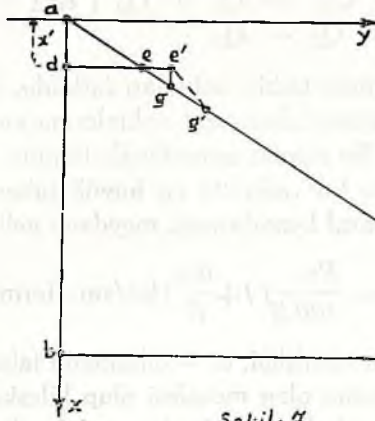
Su ve hava taraf yüzleri düşey ve tabanları yatay olan bu sandıklarda meydana gelen taban ve zemin gerilmeleri yukarıdaki formüle uygun bir şekil de grafik olarak da kolayca bulunabilir.

Bunun için sandık tabanları üzerinde bileşke kuvvetlerin tatbik noktaları t_1, t_2, t_3 , den Rv_1, Rv_2, Rv_3 düşeyleri çizilir ve keza taban orta noktaları m_1, m_2, m_3 den birer dikey çıkılarak seçilen bir basınç ölçeği ile

$$\text{bunlar üzerinde sırası ile } \sigma_{m1} = \frac{Rv_1}{100 B}, \quad \sigma_{m2} = \frac{Rv_2}{100 P}, \quad \sigma_{m3} = \frac{Rv_3}{100 B}$$

alınmak suretile c_1, c_2, c_3 noktaları bulunur (şekil : 6 b).

Sonra her bir sandıkta çekirdek noktalarından bu Rv düşeylerine uzak olanlar (misalde k_1 ler) bu c noktaları ile birleştirilir ve elde edilen doğrular uzatılarak bunların Rv düşeylerini kestiği a_1, a_2, a_3 , noktaları bulunur. Böylece elde edilen $t_1 a_1, t_2 a_2, t_3 a_3$ uzunlukları, evvelce seçilen basınç ölçeği ile, ait oldukları sandıklarda bileşke kuvvetlerin yakın bulunduğu kenarlardaki gerilmeleri verir. Diğer cihetten, yine her bir san-



Şekil: 7

dıkta R_v düşeylerine yakın olan çekirdek noktaları (misalde k_2 ler) c noktaları ile birleştirilip, elde edilen doğruların R_v düşeylerini kestiği b_1, b_2, b_3 noktaları işaretlendikte, elde edilen t_1b_1, t_2b_2, t_3b_3 uzunlukları, evvelce seçilen ölçekle, bileşkelerin uzak buldukları kenarlarda meydana gelen gerilmeleri verir.

Burada a noktaları sandıklarda hava taraf, b noktaları su taraf kenarları üzerine izdüşümlenir ve bulunan noktalar birleştirilirse sandık tabanlarındaki gerilme diyagramları elde edilir. Bu noktaların taban hattı üst tarafında bulunması gerilmenin basınç, alt tarafında bulunması ise cer (çeki) gerilmesi olduğunu gösterir.

Bunlardan basınç gerilmeleri, baraj yapısı ve temel zemini için caiz görülebilen emniyet gerilmelerini geçmemelidir. Buna mukabil umumiyetle baraj gövdesi ve tabanında cer gerilmelerinin husulü hiç caiz görülmez.

Baraj ve sandıkların dengesi için 4 üncü ve sonuncu şart, tabanlara tesir eden bileşke kuvvetlerin tabanlara paralel (burada yatay) komponentleri ile bunların hava tarafına doğru itilmemesi idi.

Burada baraj su yüzü düşey olarak inşa edildiğinden baraj ve sandıkları baraj hava tarafına doğru iten kuvvet, bunlara tesir eden su basıncından ibarettir. Bu kuvvete, baraj gövdesini rijit bir halde tutan ve barajı temel zeminine tesbit eden ağaç pilotların karşı koyacakları kabul edilmişti. Buna göre bu pilotların kesitleri su basıncı D ile meydana gelen makaslama kuvvetine emniyetle mukavemet edebilecek büyüklükte olmalıdır.

Baraj yapısında 1 m uzunluk dahilinde bu ağaç pilotların sayısına v , her birinin kesit yüzeyine f , bunlar için liflere dik istikamette caiz görülebilen makaslama gerilmesine σ_{ca} ve hesapta kabul edilen emniyet katsayısına n dersek bu şartın ifadesi $n \cdot D = v \cdot f \cdot \sigma_{ca}$ ve kullanılacak pilotların her biri için gerekli minimum kesit yüzeyi $f = \frac{n}{v \cdot \sigma_{ca}} \cdot D$

olur.

Burada : $D = x \cdot h \cdot \gamma'$ ve $x \cdot h = F = su$ basıncının ölçen alan olduğuna göre (şekil: 1), pilotlar için gerekli minimum kesit yüzeyi f ile su basıncını ölçen alan F arasında bulunması icabeden oran

$$\frac{f}{F} \geq \rho \frac{n \cdot \gamma'}{v \cdot \sigma_{ca}} \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

II. TARZ : Esas itibarile büyük barajların hesabı için uygun olan bu tarzda, baraj, ahşap ve taştan müteşekkil bir dolduru kitlesi gibi mü-talea edilmekte ve sandıkların su basıncına karşı, oturdukları zemin ile tabanları arasında meydana gelen sürtünme sayesinde mukavemet edecekleri kabul olunmaktadır.

Buna göre sürtünme katsayısı ρ ve hesapta kullanılan emniyet katsayısı n ile gösterildikte, baraj gövdesinde ağırlık eksenini su seviyesinden bir x derinliğinde bulunan bir kademe için denge şartı (şekil: 1):

$$\rho Q = n \cdot D \text{ olur}$$

Burada $Q = y \cdot n \cdot \gamma_1$ ve $D = x \cdot h \cdot \gamma'$ konulduktaki, gözönünde tutulan kademe için gerekli minimum taban genişliği

$$y = n \cdot \frac{\gamma'}{\rho \gamma_1} x \text{ olarak elde edilir.}$$

Şu halde baraj su yüzü düşey olduğuna göre, su seviyesi TT den itibaren bir düşey ve bu düşeye göre $n \cdot \frac{\gamma'}{\rho \gamma_1} x'$ meyilli bir doğru

çizildikte, baraj kesiti, tepesi su seviyesinde bulunan bir dik üçgen (abc) olarak elde edilir (Şekil 7). Ancak hesaplarda suyun barajı bir x' derinliğinde aştığı gözönünde tutulduğu cihetle, baraj kesiti, bu üçgenin su seviyesinden x' derinliğinde bir yatayla kesilmesinden elde edilen bir trapez (bcde) olacak demektir.

Ayrıca, baraj üst kısmının hidrostatik basınçtan başka hidrolik çarpmaya da maruz bulunduğu gözönünde tutularak baraj üst genişliğinin \bar{be} yerine $\bar{de}' = \bar{de} \left(1 + \frac{\delta \cdot v_2}{100} \right)$ olarak alınması ge-

rekir. Böylece bulunan e' noktasından bir düzey çizildikte bu düzey ac doğrusunu g noktasında keser ve baraj için gerekli minimum profil $bde'gc$ olur. Bununla beraber, g noktasında belirli bir kırıklık meydana gelmemesi için profilde bu düzeltmenin şekil: 6 da görüldüğü gibi uygun meyilde bir doğru ile yapılması daha muvafık olur.

Hauska, taş sandık barajlar için ekonomik mülâhazalarla trapez kesiti tavsiye etmekte ise de tatbikatta bunlar ekseriya kademeli veya dik dörtgen olarak inşa edilmektedir.

Burada baraj tabanı ile temel zemin arasında sızan sular dolayısıyla sürtünme direncinin zamanla büyük ölçüde azalacağı düşünülerek sürtünme katsayısı ρ un munasip bir şekilde küçük alınması lâzımdır. Keza bu barajlarda temel kayası ile taban arasında bir aderans direnci de mevcut değildir.

Literatür

- DÖNMEZER, Hayreddin : Su Kuvveti Tesisleri. Teknik Okulu Yayınlarından, sayı: 55, İstanbul 1951.
- HAUSKA, Leo : Das Forstliche Bauingenieurwesen, Band II, Wassertransportanlagen. Wien und Leipzig 1936.
- KELEN, N. Çev.: Prof Dr. Müh. Necati Engez : Ağırlık Barajları ve Masif Bağlamalar. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi Sayı: 163, İstanbul 1949.
- TAVŞANOĞLU, Faik : Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları. İstanbul Üniversitesi Yayınlarından No. 612, Orman Fakültesi No. 29, İstanbul 1955.