

SERİ
SERIE B

CİLT
TOME XX

SAYI
FASCICULE 2

1970

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES FORESTIÈRES
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



YATAY İZDÜŞÜMLERİ DİKDÖRTGEN BİÇİMİNDE OLAN TAŞINTI BARAJLARININ BOYUTLARININ TAYİNİNDE YENİ GÖRÜŞLER⁽¹⁾

Yazan: Prof. Dr. Faik TAVŞANOĞLU

Sel derelerinin ıslâhı maksadıyla inşa edilen taşıntı barajları, yapıldıkları yerlerde taşıntıyı tutmak ve fakat suyu geçirmek içindir. Bu maksatla baraj gövdesinde menfezler bırakıldığı gibi, baraj safha safha inşa edilmek, yani gerektiği zaman yükseltmek suretiyle barajın arkasına kadar gelen suyun bu menfezlerden ve barajın üstünden akıp gitmesi sağlanmakta ve bu yoldan suyun barajı zorlaması önlenmektedir. Fakat bununla beraber menfezler zaman zaman tıkanabilmekte ve bu barajlar kısa süreli de olsa su basıncına maruz kalmaktadırlar. Bu sebeple taşıntı barajları esas itibariyle:

— Normal sürekli toprak, ya da taşıntı basıncına (yüklenmesine),
— İstisnaî olarak kısa süreli su basıncına (yüklenmesine) karşı durmaktadırlar.

Son zamanlarda Kronfellner-Kraus tarafından beton küpler ve beton harçlı taş duvar kirişler ile yapılan eğilme ve basınç; yıkılma (patlama) - basınç mukavemeti; yıkılma (patlama) - eğilme-çer mukavemeti denemeleri göstermiştir ki, baraj duvarlarını teşkil eden ve yatay derzler arasında boylu boyuna uzanan duvar tabakaları kayda değer ölçüde eğilme-çer gerginliklerini (2,0-40 kg/cm²) karşılayabilecek durumdadırlar.

Diğer taraftan yine aynı tecrübelerin sonuçlarına göre kemer barajlarda bizzat kemer duvarı kendi ağırlığı ile de kemere gelen basınca karşı koymaktadır. Bu sebeple bütün taşıntı barajlarında, yani üstten görünüşte **dikdörtgen**, ya da **yatık kemer** biçiminde olan barajlarda baraj duvarını prensip olarak **yatay** (ağırlık lâmeleri) ve **düşey lâmelere** (plât lâmeleri) ayrılmış düşünerek bütün basıncın ve bu arada istisnaî olarak meydana gelmesi mümkün olan su basıncının da yatay ve düşey lâmel-

(1) Bu makalenin birinci kısmı İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt XVIII, Sayı 1, 1968, Sayfa 31-44 de yayınlanmıştır.

lere dağıldığını kabul edebiliriz. Ayrıca, yapılacak hesapları basitleştirmek maksadıyla da, suyun özgül ağırlığı (g_w) yi, «taşıntı basınç sıvısı» olarak tasarlanan ve fakat özgül ağırlığı suyunkinden daha hafif olan bir ağırlıktan (g_1) ve bu ağırlığı suyun özgül ağırlığına tamamlayan diğer bir ağırlıktan (g_2) oluşturduğunu, yani ($g_w = g_1 + g_2$) olduğunu düşünebiliriz.

Bu takdirde her tipteki barajın dimenzionlanmasında, yani baraj tabanının genişliğinin (kalınlığının) tayin edilmesinde önce düşey lâmel normal sürekli yüklenmeye göre ve özgül ağırlık (g_1) ile bilinen formüllerle hesab edilir. Bu maksatla, örneğin Kronfellner-Kraus aşağıdaki formülleri teklif etmiş bulunmaktadır. Bu formüller, toprağın basıncı (E) ile duvarın ağırlığı (G) nin bileşkesi (R) nin baraj tabanını, orta 1/3 ün mansap tarafındaki kenarında kestiğine göredir ki⁽¹⁾, işte burada bu basıncın yerini taşıntı basınç sıvısı (g_1) gibi tasarlanmış bir sıvı tutmaktadır. Sözü geçen formüllerin, (g_1) in büyüklüğü ve taşıntının özellikleri bakımından gösterdiği değişiklikler şöyledir:

$$g_1 = 0,3 \text{ ton/m}^3 \text{ (köşeli çakıl için) } b = 0,355.t \quad (1)$$

$$g_1 = 0,5 \text{ ton/m}^3 \text{ (yuvarlak çakıl için) } b = 0,437.t \quad (2)$$

Bu formüllerde b = barajın taban genişliği (kalınlığı), t = basınç yüksekliği = $h + u$ dur (h = barajın serbest yüksekliği, u = suyun baraj üstünden taşıdığı yükseklik) dir.

Örnek:

a) Ağırlık lâmeli:

Normal sürekli yüklenme (toprak basıncı): $g_1 = 0,3 \text{ ton/m}^3$

Su basıncı: $g_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$

b) Plât lâmeli:

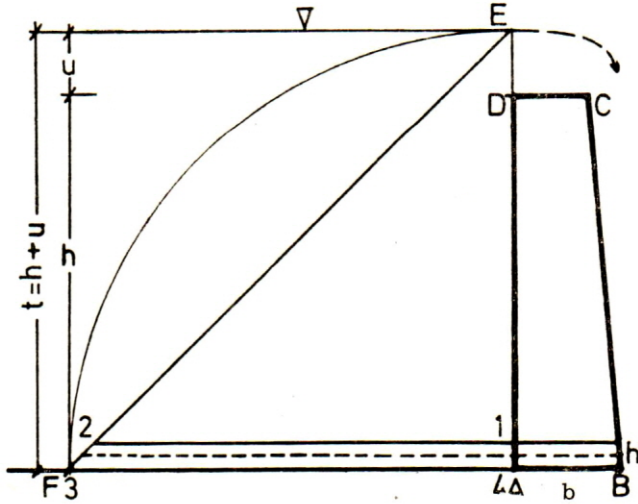
İstisnaî kısa süreli yüklenme (su basıncı) : $g_2 = 0,7 \text{ ton/m}^3$

İşte suyun özgül ağırlığı bu şekilde bir analize tabi tutulduktan sonra yatay lâmel, istisnaî olarak meydana gelmesi söz konusu olabilen kısa süreli yüklenmeye göre ve özgül ağırlık (g_2) ile kontrol edilerek bu lâmelin sözü geçen yüklenmeyi en az 2,5 katlı bir emniyetle karşılayıp karşılayamayacağı kontrol edilir.

(1) Tavşanoğlu Faik: Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları, Sayfa 116-133 Sınaî Tesisler, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınlarından No: 1069/95 İkinci baskı.

Bugüne kadar inşa edilmiş olan barajlarda meydana gelmiş bulunan eğilme-gerginliklerinin, denemelerle bulunmuş olan kırılma-eğilme-gerginlikleri ile mukayesesinden, üstten görünüşleri dikdörtgen biçiminde olan ağır-sıklet duvarlarında (barajlarında) yatay lâmelin iki ya da daha çok sayıda dayanaklar üzerine serbestçe dayanmış, ya da bu dayanaklara bağlanmış bir kiriş olarak hesabedilebileceği anlaşılmıştır.

İşte burada bu lâmelerden herbirisi, yatık durumda ve baş tarafları serbest ya da dayanaklara bağlanmış ve yüksekliği (genişliği) 1,0 m. olan bir kiriş kabul edilerek hesabedilecektir. İki başı kaya içerisine sokulmuş ve sıkıca bağlanmış olan bir kirişte en büyük eğilme momenti bağlantı yerlerinde meydana gelmektedir. Fakat bağlantı yerlerinin oynak olarak düşünülmesi halinde, örneğin toprak içinde olması halinde, gerilme etkisi yarı yarıya hesaba katılmalıdır ve bu takdirde en büyük eğilme momenti kirişin ortasında meydana gelir. Her iki sıkta en büyük eğilme momentinin hesabı için aşağıda açıklandığı gibi hareket edilir. (Resim 1)



Resim 1. Su basınç üçgeninin çizilmesi; barajda bir duvar kirişi üzerine gelen su basıncının bulunması.

Önce resimde görüldüğü gibi, baraj duvarı için yaklaşık A, B, C, D kesidi çizilir. A noktasından itibaren barajın arka doğrusu üzerinde basınç yüksekliği ya da basınç derinliği ($t=h+u$) işaretlenerek E noktası bulunur. A noktası merkez olmak üzere (t) yarıçapı ile çizilecek bir kavi-

sin taban doğrusunu kestiği F noktası bulunur. Böylece elde edilen A E F üçgeni su basınç üçgeni olmuş olur (ikizkenar dik üçgen).

Su seviyesinden aşağıya doğru herhangi bir derinlikte, örneğin tabanda ($b \times h'$) kesidindeki duvar kirişine basınç yapan su tabakası işaretleir. Bu tabakanın kalınlığı resimdeki 1, 2, 3, 4 trapezi ile belirmektedir.

Bilindiği üzere 2, ya da daha çok sayıda dayanak üzerine serbestçe oturmuş ya da dayanaklara sıkıca bağlanmış taşıyıcı kirişlerde eşit yüklenme için en büyük eğilme momentinin hesabında aşağıdaki genel formülden faydalanılır: Bu formül:

$$M_{\max} = \frac{g L^2}{n} \quad \text{dir.} \quad (x)$$

Bu formülde:

g : Duvar kirişinin 1,0 m. boyuna gelen su basıncı ... kg/m.
= 1, 2, 3, 4 alanı $\cdot g_2$ özgül ağırlık
= $t \cdot h \cdot g_2$ dir.

L : Barajın açıklığı m.

Diğer taraftan baraj duvarında su seviyesinden itibaren (t) derinliğinde bulunan bir kirişin dimenziyonlanmasında aşağıdaki kontrol formülünden yararlanır.

Bu formül:

$$M_{\max} = W \cdot s \quad \text{dır.} \quad (x)(x)$$

Burada:

W : Matematik mukavemet momenti olup dikdörtgen kesitli
kirişler için $\frac{hb^2}{6}$ cm^3

s : Kiriş malzemesi için caiz olan eğilme zorlanması ... kg/cm^2

Yukarıda g için yazılmış olan değeri (x) işareti formülde yerine koyduğumuz takdirde:

$$M_{\max} = \frac{t \cdot h \cdot g_2 \cdot L^2}{n}$$

elde edilir ki, bu ifade (x) (x) işaretli esas formüle eşitlenerek gerekli sadeleştirme de yapıldıktan sonra:

$$\frac{t \cdot g_2 \cdot L^2}{n} = s \cdot \frac{b^2}{m}$$

elde edilir. Buradan:

$$b^2 = \frac{m \cdot t \cdot g_2 \cdot L^2}{n \cdot s}$$

bulunur ve nihayet buradan:

$$b = L \cdot \sqrt{\frac{m \cdot g_2 \cdot t}{n \cdot s}}$$

ya da m ve n 'nin değerleri de yerine konulduktaki:

$$b = L \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot g_2 \cdot t}{8 \cdot s}} = L \cdot \sqrt{\frac{g_2 \cdot t}{1,33 \cdot s}}$$

bulunur. Bu eşitlik iki başından bağlanmış bir kiriş için :

$$b = L \cdot \sqrt{\frac{6 g_2 \cdot t}{12 \cdot s}}$$

şeklinde olup buradan;

$$b = L \cdot \sqrt{\frac{g_2 \cdot t}{2 \cdot s}}$$

elde edilmiş olur.

Bu formüllerin uygulanma kabiliyeti, yani kirişin başlarından gerçek olarak bağlanmış olma derecesi, daha önce açıklanan tecrübelerle elde edilmiş olan eğilme-çer mukavemetleri bugüne kadar inşa edilmiş ve «zayıf olarak dimenziyonlanmış» bulunan barajlarda meydana gelmiş olması gereken eğilme-çer gerginlikleri ile karşılaştırılmak suretiyle kontrol edilmiştir. Bu karşılaştırma, kiriş lâmelinin yeterli bir emniyetle başlarından kısmen ya da tamamen bağlanmış olduğunu kabul edebileceğimizi göstermiştir. Böylece bu formülün birçok hesaplar için yeterli olacağı anlaşılmıştır.

Boyutlama diyagramları

Kroffellner-Kraus, üstten görünüşleri dikdörtgen biçiminde olan barajlarda kiriş lâmelinin dimenziyonlarını kolaylıkla ve süratle tayin etmek için, yukarıda çıkarılışı açıklanmış bulunan formülleri, başlarında tam, ya da yarıyarıya bağlanarak gerilmiş bulunan baraj kirişlerinde, en çok rastlanan baraj yükseklikleri ve duvar kalınlıklarına göre hesap ederek diyagramlar halinde grafik olarak vermiştir. Bu diyagramlarda basınç yükseklikleri (basınç derinlikleri) ($t=h+u$) yarımşar metre aralıklı **kademeler** halinde görülmektedir. Her kademede, baraj açıklıkları (gerilme açıklıkları), caiz olan eğilme-çer zorlanmalarıyla ve baraj taban

kalınlıkları (taban genişlikleri) ile ilişkidir. Baraj açıklıkları, her durumda hesaba katılacak artık yüke (g_2) göre değiştiğinden, bu açıklıklar için farklı ölçekler ortaya çıkmıştır. Çünkü, artık yük (g_2) nin büyümesi oranında ilgili baraj açıklığı küçülmektedir.

Boyutlama diyagramlarının kullanılmasıyla ilgili örnek için bu makalenin birinci kısmına müracaat edilebilir.

Kemer-Sıklet Barajları

Büyükçe açıklıklarda inşa edilecek ağır sıklet barajları üstten görünüşte tepesi menba tarafında bulunan yatık bir kemere göre biçimlendirilmiş olup bunlarda ayrıca kemer etkisinden de faydalanılmaktadır. Prensip olarak bu barajlar da öbür barajlar, yani kiriş-sıklet barajları gibi hesap edilir. Buradaki tek ayrılık baraj kalınlığının (genişliğinin) hesabında **Ring formülünün** kullanılmasıdır. Bu barajlarda barajı sürekli olarak yükleyen toprak basıncı barajın ağırlığıyla fakat barajı istisnaî olarak yükleyen ve sürekli yüklenmeyi aşan su basıncı ise kemer etkisiyle karşılanmaktadır.

Ağır-sıklet barajlarda ve kemer barajlarda taban genişliğini veren ($y=f.t$) ve ($y=r.t. \frac{g}{s}$) doğrusal ifadeleri birbirine eşitlemek suretiyle kemerin yarıçapı (r) hesap edilir. Buna göre en önemli iki toprak basınç barajı için kemer eğrisinin yarıçapı:

$$g_1=0,3 \text{ ton/m}^3 \quad 0,335.t = \frac{r.t.0,7}{s} \quad r=0,48.s$$

$$g_1=0,5 \text{ ton/m}^3 \quad 0,432.t = \frac{r.t.0,5}{s} \quad r=0,86.s$$

Bu hesaplara göre ve değişik emniyet gerilmeleri bakımından, yani barajın inşa edileceği dere profilinde yanların kaya, ya da toprak olduğuna göre, aşağıdaki yarıçaplar (r) elde edilmiştir.

Emniyet gerilmeleri :	$s=200 \text{ ton/m}^3$	$s=100 \text{ ton/m}^3$	$s=50 \text{ ton/m}^3$
$g_1=0,3 \text{ ton/m}^3$	$r=96 \text{ m.}$	48 m.	24 m.
$g_1=0,5 \text{ ton/m}^3$	$r=172 \text{ m.}$	86 m.	43 m.

Yukarıda hesap edilmiş bulunan yarıçaplar, kemer barajlarda kemer etkisi sayesinde, özellikle sağlam yamaçlarda önemli ölçüde tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir.

Son olarak, kemer-sıklet barajlarda da, emniyetin, inşaatın safha safha yapılması suretiyle daha da artırılabiliriz.

Kemer Barajlar

Kemer barajlar en basit olarak **Ring formülüyle** hesap edilir. Bu barajlar, dimenzionlarının daha küçük olmasına karşılık ağır-sıklet duvarlarına nazaran daha büyük bir emniyet sağlarlar. Çok kez bütün baraj yüksekliğince tek bir yarıçap uygulanır.

Bir dere profilinde aşağıdan yukarıya doğru büyüyen açıklık için aynı yarıçapla kemer inşa edildiği takdirde, daha başka tasarruflar da sağlanabilir.

Kemer barajların hesabı kemer-sıklet duvarlarında olduğu gibidir.

Bu barajların da safha safha inşası sayesinde büyük tasarruflar sağlanabilir. Fakat genellikle kemer barajların dimenzionları o derece küçüktür ki, duvar yapım tekniği dolayısıyla başkaca tasarruflar düşünmek yerinde olmaz.

Faydalanılan Eserler

- Kronfellner-Kraus, G.: Über die Dimensionierung von Wildbachsperrren im allgemeinen und über die Einsparungsmöglichkeiten beim Bau der verschiedenen Sperrtypen im Besonderen, Allgemeine Forstzeitung 73. Jahrgang. Folge 5/6, Wien, März 1962 (Sayfa 57-62).
- Kronfellner-Kraus, G.: Neue Aspekte Bei der Bemessung Von Geradlinigen Wildbachsperrren Auf Grund Verschiedener Materialprüfnugen, XIV. IUFRO Kongress, München 1967, Referate I, Section 01-02-11 (Sayfa 215-239).
- Hauska-Leo: Wasser-Transport Anlagen, Wien und Leipzig 1936.
- Tavşanoğlu Faik: Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınlarından, No: 612/29, İstanbul, 1955.