

Köprülerden Dolayı Kabarmanın Hesabı (*)

Yazan :
Dr. - Ing. Y. Peter
Çeviren :
Mehmetçik BAYAZIT
Yük. Müh.

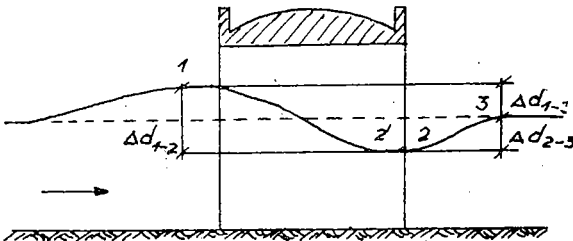
○

Ekseriya rastlanan kritik altı rejimde (sel rejiminde) bir akarsu üzerindeki mánialar akımın derinliğinin artmasına sebep olur; bu da memba tarafındaki su derinliğine tesir eder. Ekseri hallerde köprülerin su geçiren kesitleri normal akarsu kesitinden daha küçüktür; akarsu üzerindeki böyle bir mánianın tesirini hesap etmek için bazı metotlar vardır.

Rehbock'un verdiği çözüm (1) birçok deneylere dayanarak hazırlanmıştır; bu sebepten birçok karakteristik sabitleri ihtiva eder, tatbiki zor olup eldeki problem için kesin bir çözüm vermesi her zaman beklenemez.

A. T. Ippen'in verdiği daha genel bir çözümde (2) kısmen momentum, kısmen de enerji prensibi kullanılmaktadır. Onbeş yıl önce bu makalenin yazarı sadece momentum prensibinin kullanıldığı bir metot ortaya atmıştı. Bu metodu izah edip son zamanlarda yazarın karşılaştığı özel bir hale tatbik etmek ilgi çekici olabilir. Sonuçlar enerji prensibiyle elde edilenlerle karşılaştırılacaktır. Metot enkesit şekline bağlı olmaksızın sadece enkesit alanındaki değişimleri ve tecrübelerle bilinen seviye değişimlerini hesaba katmaktadır.

Bir köprüde (Şekil : 1) üç karakteristik enkesit görülür. Köprüden biraz evvelki 1 kesitinde kabarmadan dolayı su seviyesi yükselmiştir; bu köprüden geçen serbest su yolunun önündeki bir artış olup köprü altındaki hız artımı için ilâve yükü sağlar. Köprü ayaklarının önünde hız yüksekliğinin sıfıra inmesinden dolayı ilâve bir artış daha olur; aslında serbest yüzey profili menba tarafına doğru şekilde çizildiği gibi se-

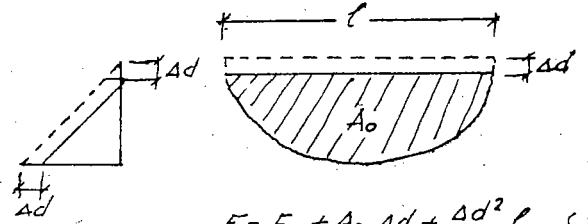


Şekil : 1

viye bakımından alçalmaz. Tabiatla menbaya doğru nehir eğiminin tesiri su derinliğindeki alçalmadan fazla olur; neticede mansaba doğru gittikçe alçalan normal bir kabarma eğrisi meydana gelir. Bizim problemimiz,

sebebi normal yatak sürtünmesi olmayan, kısa bir mesafe içinde meydana gelen büyük ölçüdeki derinlik değişimleri ile ilgili olduğundan sürtünmeyi tamamen ihmal edebiliriz. Bununla beraber yaptığımız kabulleri iyice anlamak gerekir.

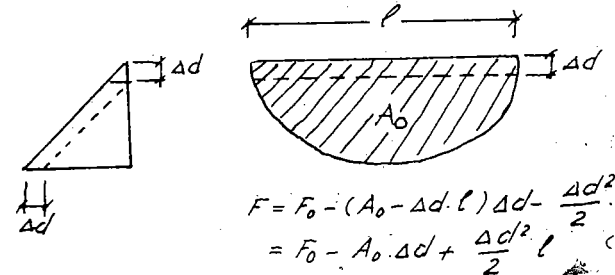
2 kesiti derinliğinin en az olduğu yerdir; ekseriya köprünün mansap ucu yakınlarında görülür. Burada alandaki daralma yeter derecede büyükse akım kritik üstü (sel rejimi) olabilir. 3 kesiti mansap tarafındaki normal enkesittir.



$$F = F_0 + A_0 \cdot \Delta d + \frac{\Delta d^2}{2} \ell \quad (2)$$

Şekil : 2

Hesaplara başlamadan önce çözümde yardımı dokunacak bazı ifadeleri teşkil etmemiz uygun olur. Momentum denkleminde iki çeşit kuvvet vardır: Dinamik ve statik. d su derinliğindeki değişiklikler sonucunda F statik kuvvetinde meydana gelecek değişimler Şekil : 2 ve Şekil : 3 de gösterildiği gibi ifade edilebilir.



$$F = F_0 - (A_0 - \Delta d \cdot \ell) \Delta d - \frac{\Delta d^2}{2} \ell$$

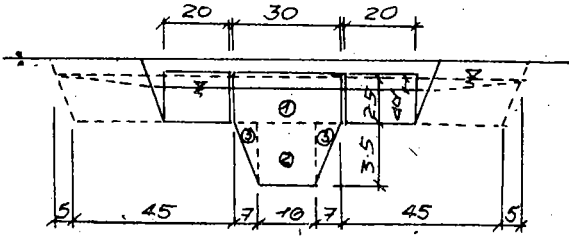
$$= F_0 - A_0 \cdot \Delta d + \frac{\Delta d^2}{2} \ell \quad (1)$$

Şekil : 3

Kuvvetlerin birimi tondur; çünkü suyun özgül ağırlığını 1 t/m³ alıyoruz. Hesabın yapıldığı bir misâl üzerinde gösterilmiştir; zira genel formüller bu durumda karışık olmakta ve işlemin yapıldığını açık bir şekilde ifade edememektedirler. Köprülerin herbirinin kendine göre özellikleri vardır ve ayrı ayrı incelenmeleri gerekir.

Problemimiz Şekil : 4 de görülmektedir. Yüzey genişliği 130 m ve maksimum feyezan debisi Q=1000 m³/sec olan bir nehir 70 m serbest açıklıklı bir köprüyle geçilmektedir. Su yolunun bu kadar fazla daraltılması kurak memleketlerde çok görülür; çünkü burarlarda seller seyrek olur ve köprülerin nehrin bütün genişliği üzerine inşa edilmeleri ekonomik olmaz.

(*) Civil Engineering and Public Works Review, Aralık 1959



Şekil : 4

Nehrin enkesit alanı $= A_r = 23,0 \times 3,5 + 125,0 \times 2,5 = 393 \text{ m}^2$

Hız $= v_r = Q/A_r = 1000/393 = 2,55 \text{ m/sec}$

Köprü'nün altında (ilk kabul olarak) :

$A_b = 23,0 \times 3,5 + 70,0 \times 2,5 = 225,5 \text{ m}^2$

$v_b = 1000/225,5 = 4,43 \text{ m/sec}$

Şimdi 3 enkesitinin M momentumunu hesaplıyalım.

(Şekil : 5) :

$$M_s = m \cdot v_s + \Sigma F \quad \dots\dots (3)$$

$$F = A \cdot x_s \quad (1)-(4) \quad \dots\dots (4)$$

burada s ile, A kesitinin ağırlık merkezinin su yüzüne mesafesi gösteriliyor.

$$F_{(1)} = 16,0 \times 6,0^2/2 = 288 \text{ ton}$$

$$F_{(2)} = 104,0 \times 2,5^2/2 = 325 \text{ ton}$$

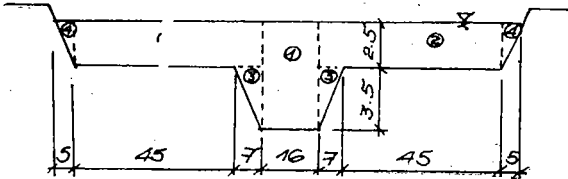
$$F_{(3)} = 7,0 \times 3,5 \times 3,67 = 90 \text{ ton}$$

$$F_{(4)} = 5,0 \times 2,5 \times 0,83 = 10 \text{ ton}$$

$$F_s = \Sigma F \quad (1)-(4) = 713 \text{ ton}$$

$$mv_s = 1000 \times 2,55/g = 260 \text{ ton}$$

$$M_s = 973 \text{ ton}$$



Şekil : 5

Bu momentum köprü'nün hemen aşağısındaki 2 kesitindeki momentuma eşit olmalıdır. M_s yi hesaplarken dinamik kısmı teşkil eden mv nin sadece suyun aktığı kesitte görüleceğini, halbuki F statik kuvvetinin bütün yüzey genişliğince tesir edeceğini düşünmeliyiz. Şekil 6 ve (1) denklemi yardımıyla :

$$F_2 = F_s - 393,0 \Delta d + 125 \Delta d^2/2 = 713 - 393,0 \Delta d + 62,5 \Delta d^2$$

$$mv_2 = 1000/g \times 1000 / (255,5 - 70\Delta d) = 102000 / (255,5 - 70\Delta d)$$

$$M_2 = F_2 + mv_2 = M_s = 973 \text{ veya } 102000 / (255,5 - 70\Delta d) - 393 \Delta d + 62,5 \Delta d^2 = 260$$

Bu denklemin en iyi çözümü tatonmanla olur :

Kabul

$$\Delta d_{1-2} = 0,60 \text{ m} \quad 478-236 : 23 = 265$$

$$= 0,63 \text{ m} \quad 483-248 : 25 = 260$$

$$v_2 = 1000 / (255,5 - 70,0 \times 0,63) = 4,74 \text{ m/sec}$$

Şimdi hemen menba tarafındaki 2' kesitindeki momentumu hesaplıyalım. Burada su derinliği ve hız 2

kesitindeki gibidir; fakat statik kuvvet sadece köprü'nün altındaki serbest su yoluna tesir etmektedir.

$$F_{(1)} = 70,0 \times 1,87^2/2 = 122 \text{ ton}$$

$$F_{(2)} = 16,0 \times 3,50 \times 3,62 = 203 \text{ ton}$$

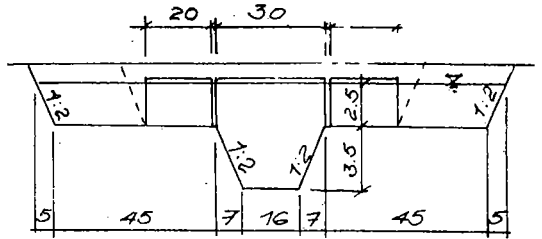
$$F_{(3)} = 7,0 \times 3,50 \times 3,04 = 75 \text{ ton}$$

$$F'_s = F_{(1)} - (3) = 400 \text{ ton}$$

$$mv_2 = 1000/g \times 4,74 = 483 \text{ ton}$$

$$M'_2 = 883 \text{ ton}$$

1 kesitinde momentumun dinamik kısmını bütün kesit üzerinde, statik kısmı ise sadece serbest su yolu üzerinde olmak şartıyla 1 ve 2' kesitlerindeki momentumlar eşit olur. Statik kuvvetin geriye kalanı ayaklar üzerindeki basınçlar tarafından karşılanır.



Şekil : 6

$$A_2 = 23,0 \times 3,6 + 70,0 (2,50 - 0,63) = 211,5 \text{ m}^2$$

$$F'_1 = F'_s + 211,5 \Delta d + 70,0 \Delta d^2/2 = 400 + 211,5 \Delta d + 35 \Delta d^2$$

$$mv_1 = 1000/g \times 1000 / (393,0 + 130 \Delta d) = 102000 / (393,0 + 130 \Delta d)$$

$$M_1 = F'_1 + mv_1 = M'_2 = 883 \text{ ton veya } 102000 / (393,0 + 130 \Delta d) + 211,5 \Delta d + 35,0 \Delta d^2 = 483$$

Kabul

$$\Delta d_{1-2} = 1,15 \text{ m} \quad 188 + 243 + 46 = 477$$

$$= 1,17 \text{ m} \quad 187 + 248 + 48 = 483$$

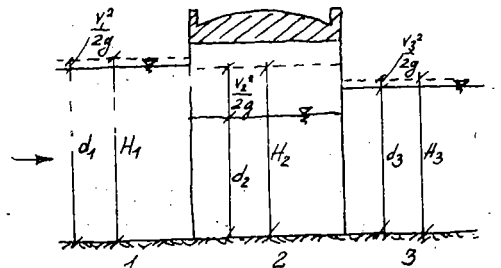
Son netice :

$$d_{1-2} = 1,17 \text{ m}$$

$$\Delta d_{2-3} = 0,63 \text{ m}$$

$$\Delta d_{1-3} = 0,54 \text{ m}$$

Yukarıdaki sonucu enerji prensibine dayanan diğer metodun vereceği sonuçla karşılaştırmak uygun olur. Şekil 7'deki notasyonlarla :



Şekil : 7

$$v_2^2 = 2,55^2/2g = 0,33 \text{ m}$$

$$d_3 = 6,00 \text{ m}$$

$$H_3 = 6,33 \text{ m}$$

Genişlemedeki kayıp katsayısını 0,5 kabul ederek :

$$\Delta H_{2-3} = 0,5(v_2^2 - v_3^2)/2g = 0,5(3,92^2 - 2,55^2)/2g = 0,23 \text{ m}$$

$$H_3 = 6,33 \text{ m}$$

$$H_2 = H_3 + \Delta H_{2-3} = 6,56 \text{ m}$$

$$d_3 = 5,55 \text{ m}$$

$$v^2/2g = 1,01 \text{ m}; v_2 = 4,45 \text{ m/sec}$$

Bu değer akımın süreklilik şartını sağlar :

$$A_2 = 80,5 + 70,0 \times 2,05 = 224 \text{ m}^2$$

$$Q = A_2 \cdot v_2 = 224 \times 4,45 = 1000 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Fakat genişleme kaybı hesabını tekrarlamamız gerekir :

$$\Delta H_{2-3} = 0,5(4,45^2 - 2,55^2)/2g = 0,34 \text{ m}$$

$$H_3 = 6,33 \text{ m}$$

$$H_2 = 6,67 \text{ m}$$

$$d_3 = 5,77 \text{ m}$$

$$v_2^2/2g = 0,90 \text{ m}; v_2 = 4,20 \text{ m/sec}$$

Bir hamle daha yaparsak kat'i neticeyi elde ederiz :

$$\Delta H_{2-3} = 0,28 \text{ m. } H_2 = 6,33 + 0,28 = 6,61 \text{ m.}$$

$$d_3 = 5,65 \text{ m}$$

$$A_2 = 231 \text{ m}^2 \quad v_2 = 4,33 \text{ m/sec}$$

Daralmadaki kayıp katsayısını 0,25 kabul edeceğiz :

$$H_{1-2} = 0,25(v_2^2 - v_1^2)/2g$$

Aynen yukarıdaki gibi kabuller yapıp ardışık yaklaşımlarla :

$$v_1 = 2,15 \text{ m/sn} \quad \Delta H_{1-2} = 0,25(4,33^2 - 2,15^2)/2g = 0,18 \text{ m}$$

$$H_2 = 6,61 \text{ m}$$

$$H_1 = 6,79 \text{ m}$$

$$v^2/2g = 0,24 \text{ m}$$

$$d_1 = 6,55 \text{ m}$$

$$d_3 = 6,00 \text{ m}$$

$$\Delta d_{1-3} = 0,55 \text{ m}$$

İki metodun verdiği sonuçların bu kadar yakın olması tabiatıyla tesadüfidir ve kısmen enerji metodunda kesit değişimlerindeki kayıp katsayıları için yaptığımız kabullere bağlıdır. Ancak bu faktörleri deneylere dayanarak pratikte yapılan kabullere uygun olarak seçmiştik. Bu sebepten momentum metodunun hesaplar için pratikte güvenilebilir sonuçlar verdiğini kabul edebiliriz. Kesin sonuçlar elde etmek için tabiatıyla model deneyleri yapılması ve bunların prototipteki ölçümlerle sağlanması gerekir; neyse ki bunlara her zaman ihtiyaç kalmaz.

Enerji metodunun tatbikinin daha kısa olduğu ileri sürülebilir, ancak momentum metodunda katsayılar seçmek gerekmez; bu metod enerji kaybı kanunlarına dair elde hiçbir bilgi olmadığı hallerde daha mantıklı görünmektedir.

BİBLİYOGRAFYA :

- (1) STRECK O. Grund-und Wasserbau in praktischen Beispielen. 2. Cilt, S. 420, Springer Verlag, 1950.
- (2) ROUSE, H. Engineering Hydraulics. S. 511.

1950

TÜRKİYE TİCARET ODALARI, SANAYİ ODALARI VE TİCARET BORSALARI BİRLİĞİ BİNASI

PROJE MÜSABAKASI İLÂNI

Ankara'da inşa ettirilecek olan Türkiye Ticaret Odaları, Sanayi Odaları ve Ticaret Borsaları Birliği binası Mimari Projeleri (T. M. M. O. B.) Mimarlar Odası Şehircilik ve Mimari Proje Müsabakası Talimatnamesi) hükümleri dairesinde müsabaka mevzuu yapılmıştır. Bu müsabakaya Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Mimarlar Odası ve İnşaat Mühendisleri Odası üyesi olanlar iştirak edebilirler.

Müsabaka Jürisi

MÜŞAVİR JÜRİ ÜYELERİ

Bülent Yazıcı
Nuri Ciritoglu
Berin Beydağı
Orhan Deniz
Orhan Çiner

ASLI JÜRİ ÜYELERİ

Ferzan Baydar	Y. Mimar
Şevki Vanlı	Y. Mimar
Fatin Uran	Y. Mimar
Orhan Alsac	Y. Mimar
Feyyaz Köksal	Y. İnşaat Müh.

YEDEK JÜRİ ÜYELERİ

Bedii Görkem	Y. Mimar
Muhittin Toköz	Y. Müh.
Vedat Dalokay	Y. Mimar
Nejat Tekelioğlu	Y. Mimar

RAPORTÖR

Yunus Erk	Y. Mimar
-----------	----------

Müsabakada derece alanlara verilecek mükâfatlar

Birinci mükâfat	25.000,— TL. (Brüt)
İkinci mükâfat	18.000,— TL. »
Üçüncü mükâfat	12.000,— TL. »
3 adet mansiyondan beherine	5.000,— TL. Ödenektir.

Müsabaka 27 Kasım 1961 tarihinde saat 17 de bitecektir.

Müsabaka evrakı Türkiye Ticaret Odaları, Sanayi Odaları ve Ticaret Borsaları Birliğinin Şehit Teğmen Kalmaz Caddesi No. 30 daki merkezinden, T.M.M.O.B. Mimarlar Odası Ankara, İstanbul ve İzmir Şubelerinden (20) TL. mukabili temin edilebilir.

(T.M.H. — 59)