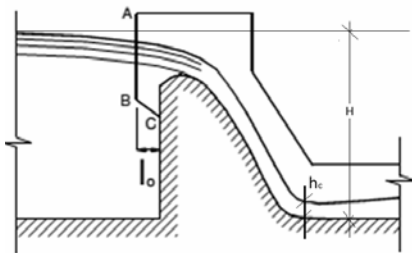


TÍNH TOÁN NỐI TIẾP DÒNG CHẢY Ở HẠ LƯU CÔNG TRÌNH

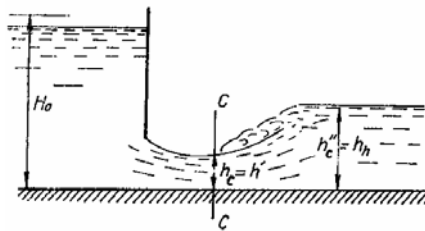
Nguyễn Thế Điện

Trường Đại học Thủy lợi, email: nthdien@thu.edu.vn

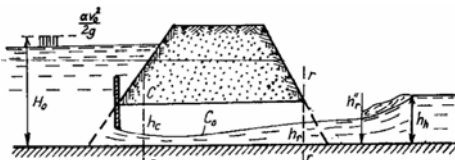
Việc tính toán nối tiếp dòng chảy ở hạ lưu công trình (dòng chảy qua đập tràn, chảy dưới tấm chắn cửa công,...) là nhằm mục đích xác định các đặc trưng dòng chảy tại mặt cắt co hẹp như độ sâu và lưu tốc, để từ đó xác định trạng thái chảy và tính toán thiết kế tiêu năng phòng xói ở hạ lưu công trình.



Hình 1. Chảy qua đập tràn



Hình 2. Chảy dưới tấm chắn cửa công hở



Hình 3. Chảy qua công ngầm

Từ trước đến nay, việc tính toán này phải sử dụng bảng tra. Nhược điểm của phương pháp tra bảng là tốn nhiều thời gian và công

sức, phải lưu giữ bảng tra, việc tra bảng thường phải nội suy, nhiều khi giá trị cần tra nằm ngoài các giá trị có trong bảng, kết quả kém chính xác,...

Trong bài báo này tác giả giới thiệu một phương pháp tính toán sử dụng công thức giải tích chính xác, khắc phục được các nhược điểm của phương pháp tra bảng.

Phương trình cơ bản khi tính toán dòng chảy qua công trình như đập tràn hoặc dưới cửa công nhận được từ phương trình Bernoulli viết cho hai mặt cắt: Mặt cắt trước đập tràn (hoặc cửa công) và mặt cắt thu hẹp sau đập tràn (hoặc cửa công):

$$q = \phi hc \sqrt{2g(H_0 - hc)} \quad (1)$$

Phương trình (1) được viết dưới dạng (2):

$$tc \sqrt{1 - tc} = \frac{Ftc}{\sqrt{2g}} \quad (2)$$

Trong đó:

$$tc = \frac{hc}{H_0}; Ftc = \frac{q}{\phi \cdot H_0^{3/2}}$$

Việc xác định độ sâu hc, xưa nay vẫn áp dụng phương pháp tra bảng: từ Ftc tra bảng ra được tc, từ đó tính được hc. Các nhược điểm của phương pháp này đã được chỉ ra ở trên.

Phương trình (2) có thể viết thành (3), bằng cách bình phương hai vế và chuyển vế:

$$tc^3 - tc^2 + \frac{F_{tc}^2}{2g} = 0 \quad (3)$$

Đây là phương trình bậc 3 đối với tc :

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0 \quad (3a)$$

Trong đó x đóng vai trò là tc, và:

$$a = 1; b = -1; c = 0; d = \frac{F_{tc}^2}{2g}$$

Đặt các giá trị:

$$\Delta = b^2 - 3ac = 1$$

$$k = \frac{9abc - 2b^3 - 27a^2d}{2\sqrt{\Delta^3}} = \frac{2 - 27\frac{F_{tc}^2}{2g}}{2}$$

Hay:

$$k = 1 - \frac{27.F_{tc}^2}{4g} = 1 - 0.688 * F_{tc}^2$$

Bởi vì $\Delta = 1 > 0$ và $k < 1$, nên để phương trình (3) có nghiệm trong khoảng (0-1) thì k phải thỏa mãn điều kiện $k \geq -1$, tức là:

$$k = 1 - \frac{27.F_{tc}^2}{4g} > -1$$

Suy ra $F_{tc} \leq \frac{2\sqrt{2g}}{3\sqrt{3}} = 1.7$,

Hay: $q \leq 1.7 * \varphi H_o^{3/2}$

Khi đó phương trình (3), về mặt toán học có 3 nghiệm phân biệt, và được giải như sau:

Đặt:

$$M = \frac{(3ac - b^2)}{(3a^2)} < 0; \quad N = \frac{2b^3 - 9abc + 27a^2d}{27a^3} ;$$

$$A = 2\sqrt{\frac{-M}{3}} ; \quad B = \frac{-b}{2a} ; \quad x = t + B$$

Phương trình (3a) trở thành (3c):

$$t^3 + M.t + N = 0 \quad (3c)$$

Đặt $t = A.\cos\theta$, nhân cả hai vế của (3c) với 4, và theo cách đặt $4M = -3A^2$, ta có phương trình (3d):

$$4\cos^3(\theta) - 3\cos\theta = -\frac{3N}{A.M} = 0 \quad (3d)$$

Hay:

$$\cos\theta = \frac{3N}{A.M}$$

Từ đó rút ra được 3 nghiệm của phương trình (3) là:

$$x_1 = \frac{2\sqrt{\Delta} \cos\left(\frac{\arccos(k)}{3}\right) - b}{3a}$$

$$x_2 = \frac{2\sqrt{\Delta} \cos\left(\frac{\arccos(k)}{3} - \frac{2\pi}{3}\right) - b}{3a}$$

$$x_3 = \frac{2\sqrt{\Delta} \cos\left(\frac{\arccos(k)}{3} + \frac{2\pi}{3}\right) - b}{3a}$$

Trong đó: $x_3 < x_2 < x_1$

Trong 3 nghiệm trên, nghiệm phù hợp về mặt thủy lực là x_2 .

Tóm lại, để bài toán nối tiếp dòng chảy (chảy qua đập tràn, chảy dưới cửa cống,...) có lời giải về mặt thủy lực thì lưu lượng đơn vị q và cột nước H trước đập tràn (hoặc cửa cống) phải thỏa mãn điều kiện :

$$q \leq 1.7 * \varphi H_o^{3/2}$$

Khi đó, độ sâu co hẹp hc của dòng chảy sau công trình được tính theo công thức:

$$hc = tc.H_o$$

Trong đó:

$$tc = \frac{2\cos\left(\frac{\arccos(k)}{3} - \frac{2\pi}{3}\right) + 1}{3}$$

Với:

$$k = 1 - 0.688 * F_{tc}^2; \quad F_{tc} = \frac{q}{\varphi H_o^{3/2}}$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Cảnh Cầm, Nguyễn Văn Cung và nnk - Thủy lực tập II - Nhà xuất bản Nông nghiệp - Hà Nội 2006.
- [2] Nguyễn Cảnh Cầm, Lưu Công Đào và nnk- Bài tập thủy lực tập II-NXB ĐH và THCN - Hà Nội 1979.
- [3] P.G. Kixelep, A.D. Ansun và nnk-Người dịch Lưu Công Đào, Nguyễn Tài-Sô tay tính toán thủy lực-NXB Nông nghiệp Hà Nội và NXB MIR Maxcova -1984.
- [4] Andrew Chadwick và nnk - Hydraulics in Civil and Environmental Engineering, Fifth edition - CRC Press -ISBN 978041567245 - USA 2013.