

Về tính toán thủy lực xác định kích thước hợp lý của đoạn chuyển tiếp thu hẹp có đáy phẳng trên dốc nước sau ngưỡng của đường tràn dọc

PGS.TS. Nguyễn Chiến - Trường Đại học Thủy lợi
ThS. Lê Thị Bích Thuận - Viện Khoa học Thủy lợi

Tóm tắt: Công trình tháo lũ kiểu đường tràn dọc bên bờ được áp dụng phổ biến ở các hồ chứa mà đập chính được đắp bằng vật liệu địa phương. Để đảm bảo điều kiện kinh tế và tránh xảy ra hiện tượng thủy lực bất lợi như sóng xiên, rối loạn dòng chảy trên dốc nước sau ngưỡng tràn cần bố trí và tính toán hợp lý đoạn chuyển tiếp thu hẹp. Bài báo trình bày phương pháp xác định kích thước của đoạn chuyển tiếp thu hẹp loại có đáy phẳng và tường bên thẳng thông qua xác định góc thu hẹp giới hạn θ_k và các thông số sóng xiên trên đó.

I. Đặt vấn đề:

Đối với ngưỡng tràn làm việc tự động (không có van điều tiết) thường áp dụng phổ biến ở các hồ chứa vừa và nhỏ thường yêu cầu bố trí bề rộng ngưỡng tràn lớn, sau đó có đoạn thu hẹp vào dốc nước để giảm nhỏ khối lượng làm dốc - đó là một giải pháp hợp lý. Nếu đoạn chuyển tiếp sau ngưỡng không được bố trí và tính toán một cách hợp lý thì khi tràn làm việc, có thể gặp phải các hiện tượng thủy lực bất lợi như sóng xiên hay sự dâng cao mực nước ngay sau ngưỡng làm ảnh hưởng đến khả năng tháo.

Hình thức bố trí đoạn thu hẹp trên dốc rất phong phú, theo quy mô công trình có thể xét đến các dạng sau:

- + Đoạn thu hẹp có đáy phẳng và tường bên thẳng.
- + Đoạn thu hẹp có tường bên thẳng và đáy cong.
- + Đoạn thu hẹp có tường bên cong và đáy cong.
- + Đoạn thu hẹp có đáy phẳng và tường bên loại “không nhiều”.

Trong phạm vi bài báo này chỉ xem xét bài toán xác định mức độ thu hẹp và giải quyết các vấn đề thủy lực phức tạp xuất hiện trên đoạn thu hẹp có đáy phẳng và tường bên thẳng.

2. Nghiên cứu các chế độ chuyển tiếp trong đoạn thu hẹp có đáy phẳng và tường bên thẳng

2.1. Đường mặt nước trên đoạn thu hẹp:

a) Phương trình cơ bản:

Một cách gần đúng, đường mặt nước trên đoạn thu hẹp được xác định từ phương

trình sai phân, viết cho dòng một hướng

$$\text{như sau: } \frac{\Delta \vartheta}{\Delta l} = i - J_{TB} \quad (1)$$

Trong đó: $\Delta \vartheta$ - chênh lệch tỷ năng giữa hai mặt cắt tính toán.

Δl - khoảng cách giữa hai mặt cắt.

i - độ dốc đáy

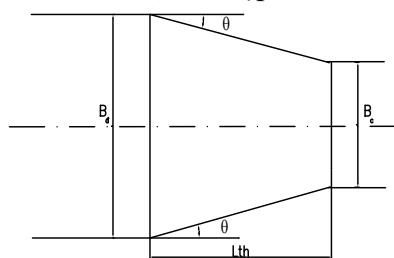
J_{TB} - độ dốc mặt nước trung bình trong đoạn tính toán

b). Các nhân tố ảnh hưởng đến đường mặt nước trong đoạn thu hẹp:

1- Độ sâu và lưu tốc tại mặt cắt đầu (h_d và v_d) hay Fr_d . Để duy trì chế độ chảy xiết trong đoạn chuyển tiếp, tại mỗi mặt cắt cần có $Fr > 1$.

2- Độ dốc đoạn chuyển tiếp i_c : Nếu i_c càng lớn thì khả năng duy trì chế độ chảy xiết trong đoạn thu hẹp càng cao; Ngược lại, khi i_c nhỏ, khả năng dòng chảy chuyển sang trạng thái êm thông qua nước nhảy càng dễ xảy ra.

3- Mức độ thu hẹp:



Hình 1: Đoạn chuyển tiếp thu hẹp có dạng đáy phẳng và tường bên thẳng

Khi góc thu hẹp θ nhỏ, dòng chảy sẽ duy trì được trạng thái xiết trong suốt chiều dài đoạn chuyển tiếp. Ngược lại, khi góc θ lớn, dòng chảy sẽ chuyển sang trạng thái êm thông qua nước nhảy, tức chuyển từ $h < h_k$ sang $h > h_k$. Như vậy phải tồn tại một

góc thu hẹp phân giới θ_k mà ứng với nó, dòng chảy duy trì được trạng thái chảy xiết trong cả đoạn chuyển tiếp và độ sâu ở cuối đoạn bằng độ sâu phân giới h_k .

c. Các điều kiện biên:

Trường hợp thường gặp là đoạn chuyển tiếp thu hẹp được bố trí ngay sau ngưỡng tràn, khi đó ta có các sơ đồ sau:

1- Ngưỡng là đập tràn đỉnh rộng không có bậc thụt ở cuối ($P_2=0$). Khi đó độ sâu đầu đoạn thu hẹp cũng chính bằng độ sâu trên ngưỡng; $h_d=h_1$.

2- Ngưỡng thực dụng hoặc ngưỡng đỉnh rộng có $P_2 \neq 0$, trường hợp này độ sâu đầu đoạn thu hẹp không phải là độ sâu trên ngưỡng tràn: $h_d \neq h_1$. Khi nối tiếp sau ngưỡng là không ngập, ta có h_d xác định theo công thức: $h_d = h_c$; trong đó h_c là độ sâu tại mặt cắt co hẹp ngay sau ngưỡng tràn.

2.2 Nước nhảy trên đoạn thu hẹp

a/ Sự hình thành nước nhảy trên đoạn thu hẹp:

Nước nhảy là sự chuyển tiếp gián đoạn của đường mặt nước từ trạng thái chảy xiết ($h < h_k$) sang chảy êm ($h > h_k$). Trạng thái chuyển tiếp này xảy ra khi với một số điều kiện xác định ($Q, Fr_d, L_{th} \dots$) mà lòng dẫn có góc thu hẹp đường biên θ vượt quá một trị số giới hạn: $\theta > \theta_k$ (hay $tg\theta > tg\theta_k$).

b/ Ảnh hưởng của nước nhảy trong đoạn thu hẹp đến chế độ làm việc của đường tháo nói chung.

1- Trên đoạn thu hẹp, chiều dài nước nhảy lớn hơn trong kênh lằng trụ. Khi chiều dài đoạn chuyển tiếp bị hạn chế hoặc khi lưu lượng vượt quá lưu lượng thiết kế, nước nhảy có thể vọt ra khỏi đoạn chuyển tiếp, truyền vào kênh dốc, làm rối loạn chế độ chảy trong dốc cũng như chế độ tiêu năng cuối dốc, gây xói lở hạ lưu.

2- Độ sâu dòng chảy sau nước nhảy thường lớn, đòi hỏi phải làm tường bên đoạn thu hẹp khá cao.

3- Do đoạn thu hẹp bố trí ngay sau ngưỡng nên tất cả các biến động từ lòng hồ (sóng gió, sóng lũ...) đều được truyền trực tiếp đến đoạn thu hẹp, gây ra mạch động mãnh liệt, làm cho vị trí nước nhảy không ổn định, làm giảm độ bền của các khớp nối và tường bên đoạn chuyển tiếp.

Tóm lại, chế độ chuyển tiếp qua nước nhảy ở đoạn thu hẹp thường gây bất

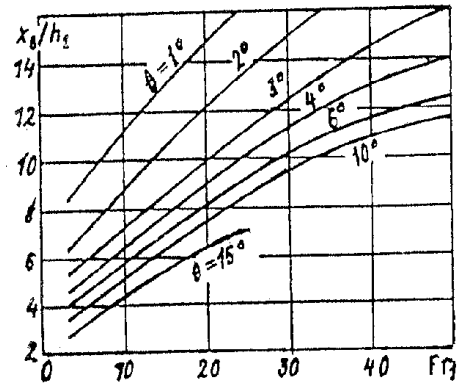
lợi cho phần đường tháo phía sau nên trong thiết kế cân khống chế góc thu hẹp θ của tường bên hợp lý để duy trì được chế độ chảy xiết trong toàn đoạn thu hẹp.

2.3. Tính toán sóng xiên trên đoạn thu hẹp có dòng chảy xiết

Tính toán sóng xiên để thiết kế chiều cao tường trong đoạn thu hẹp đảm bảo vượt chiều cao của sóng xiên.

Các thông số sóng xiên bao gồm vị trí đỉnh sóng cao nhất và độ sâu tương ứng.

Vị trí đỉnh sóng X_B khi $i=0$ xác định theo đồ thị của Satalôp $X_B/h_1 = f(Fr_1, \theta)$ theo hình 2.



Hình 2: Đồ thị xác định khoảng cách đến mặt cắt có mực nước sát tường cao nhất khi $i = 0$

Khi $i > 0$, X_B có thể tính theo công thức kinh nghiệm [2]:

$$X_B = X_0 (1 + 0,7 i); \quad (2)$$

trong đó: X_0 ứng với $i = 0$;

Chiều sâu nước ở chỗ sóng dâng cao nhất sát tường xác định theo công thức [2]:

$$h_s = h_1 [2,25 (Fr_1 \sin^2 \theta)^{0,63} + 1]; \quad (3)$$

3. Tính toán góc thu hẹp giới hạn để đảm bảo chế độ chảy xiết trên đoạn chuyển tiếp (θ_k)

3.1. Luận điểm chung

Tính toán thủy lực đoạn thu hẹp loại này quy về việc vẽ đường mặt nước trong đoạn lòng dẫn phi lằng trụ. Khi đoạn thu hẹp đã bố trí, tức biết chiều rộng ở đầu (B_d) và cuối (B_c), chiều dài đoạn thu hẹp (L_{th}), độ dốc của nó (i_c) và các đặc trưng thủy lực ở mặt cắt đầu ($h_d, v_d \dots$), bằng phương pháp tính toán đường mặt nước trong kênh phi lằng trụ, sẽ xác định được các thông số thủy lực ở mặt cắt cuối đoạn thu hẹp ($h_c, v_c \dots$); các trị số này được lấy làm điều kiện biên để tính toán cho đoạn lòng dẫn tiếp theo.

Ứng với một đường tháo nước nhất định, khi các thông số như Q , i_c , L_{th} , h_d , V_d đã biết thì sẽ tồn tại một góc thu hẹp phân giới θ_k sao cho:

- Khi góc thu hẹp thực tế $\theta < \theta_k$: Chế độ chảy xiết được duy trì trên toàn đoạn thu hẹp.
- Khi góc thu hẹp thực tế $\theta > \theta_k$: có xảy ra nước nhảy trên đoạn thu hẹp.

Đường mặt nước trên đoạn thu hẹp ứng với θ_k cần thỏa mãn các điều kiện:

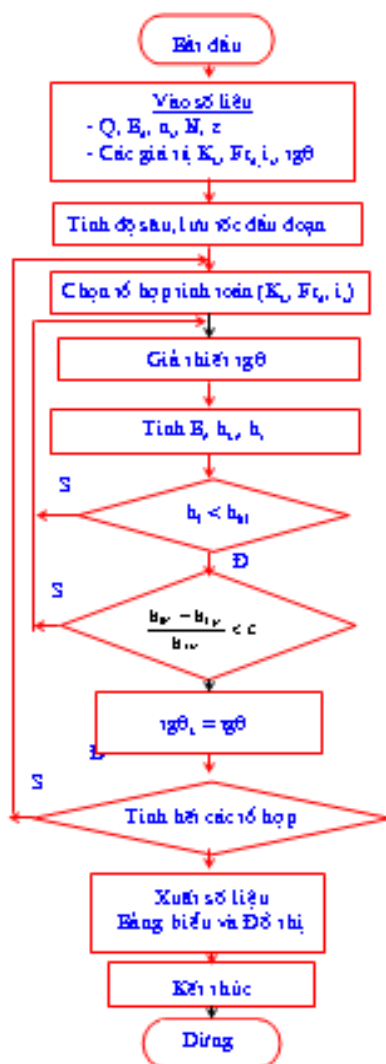
- Tại các mặt cắt đều có $h < h_k$.
- Tại mặt cắt cuối đoạn có $h \approx h_k$ (sai số trong phạm vi cho phép, ở đây lấy $|h - h_k| < 0,01h_k$).

Có thể xác định trị số θ_k trong sự phụ thuộc vào các yếu tố sau:

$$tg\theta_k = f(Q, B_d, L_{th}, n_c, i_c, Fr_d) \quad (4)$$

3.2. Chương trình tính góc thu hẹp giới hạn của đoạn chuyển tiếp

a. Sơ đồ khối:



Hình3- Sơ đồ khối của chương trình

b) Chương trình:

Chương trình xác định góc thu hẹp giới hạn được viết bằng ngôn ngữ Visual Basic, chạy trong môi trường windows, có giao diện dễ sử dụng.

Hình 4: Form chính của chương trình tính góc thu hẹp giới hạn

Với một công trình cụ thể, nhập số liệu đầu vào Q , B_d , i_c , L_{th} , Fr_d trên form chính, di chuyển mỗi số liệu nhập vào bằng cách ấn phím “tab”.

Sau khi nhập xong, kích vào biểu tượng “tính toán” cho ra kết quả đường mặt nước và góc thu hẹp $tg\theta_k$ tương ứng.

3.3 Quy trình tính toán thủy lực đoạn chuyển tiếp thu hẹp sau ngưỡng tràn:

- 1- Chọn lưu lượng tính toán Q .
- 2- Chọn bề rộng mặt cắt đầu đoạn chuyển tiếp B_d .
- 3- Xác định chiều sâu tại mặt cắt đầu.

4- Xác định các thông số thủy lực khác tại mặt cắt đầu: q_d , V_d , Fr_d

5- Xác định các thông số của đoạn chuyển tiếp thu hẹp: n_c ; i_c ; L_{th} ; và B_c .

Trị số i_c và L_{th} xác định theo điều kiện địa hình, địa chất của tuyến đường tháo. Trị số B_c lấy theo bề rộng của dốc nước sau đoạn thu hẹp, thỏa mãn điều kiện chuyển tiếp có lợi ở đầu (không sinh nước nhảy trong đoạn thu hẹp), ở cuối dốc (nối tiếp với bộ phận tiêu năng) và đảm bảo tỷ lệ B/H hợp lý của mặt cắt thân dốc (không

chế theo điều kiện kinh tế). Cơ sở để chọn B_c tối đa dựa vào góc thu hẹp θ_k nhờ chương trình tính ở trên.

6- Vẽ đường mặt nước trên đoạn thu hẹp.

7- Tính toán các thông số sóng xiên trên đoạn chuyển tiếp.

8- Lựa chọn chiều cao tường bên:

$$H = h_s + \delta \quad (5)$$

3.4 Tính toán áp dụng

Sau đây nêu kết quả tính toán áp dụng cho công trình Đa Khai, Lâm Đồng. Trần xả lũ có các thông số kỹ thuật sau [5]:

$$Q_{tk} = 319,26 \text{ (m}^3\text{/s)}; B_d=40 \text{ m};$$

Sau ngưỡng tràn là đoạn thu hẹp vào dốc nước có: $B_c = 20\text{m}$; $L_{th} = 50 \text{ m}$;

$$n_c = 0,017; h_d = 0,724 \text{ (m)}; i_c = 0,12.$$

a. Xác định góc thu hẹp giới hạn:

Ứng dụng chương trình tính góc thu hẹp giới hạn xác định được $\text{tg}\theta_k = 0,349$.

Chiều rộng cuối đoạn thu hẹp có thể lấy đến trị số nhỏ nhất là:

$$B_c = B_d - 2L_{th} \cdot \text{tg}\theta_k = 5,1 \text{ (m)}.$$

Trong khi đó thiết kế đã chọn với $B_c = 20\text{m}$ cho thấy quá thiên về an toàn.

b. Chọn trị số B_c hợp lý:

Với việc tìm ra được góc θ_k có thể chọn B_c nhỏ hơn so với B_c thực tế mà thiết kế đã chọn, để giảm bớt khối lượng đào đắp và vật liệu làm tràn, góp phần giảm giá thành công trình, ở đây, đề nghị chọn $B_c = 10\text{m}$. Tính toán khối lượng đoạn thu hẹp và 50m dốc nước ngay sau đoạn thu hẹp cho cả 2 phương án.

Kết quả so sánh giữa hai phương án đề xuất và phương án mà tư vấn thiết kế đã chọn như sau:

Bảng 1

TT	Thông số	Phương án	
		Cũ	Đề nghị
1	Bề rộng cuối B_c (m)	20	10
2	Độ sâu dưới đỉnh sóng(m)	1,98	2,75
3	Chiều cao tường cuối đoạn (m)	1,60	2,80
4	Kinh phí XL (10^6Đ)	1.510	1.320

Nhận xét: Với cả hai phương án trên, chiều cao tường đã thiết kế (tại vị trí xuất hiện đỉnh sóng là 4,46m - phương án cũ và 4,79m - phương án đề nghị) đều đảm bảo

vượt chiều cao sóng lớn nhất tính toán h_s tính ra, đảm bảo điều kiện làm việc an toàn của công trình. Song với phương án B_c nhỏ hơn đã cho phép giảm giá thành công trình (tính cho đoạn thu hẹp và 50m dốc nước ngay sau đoạn thu hẹp, giảm được 12,55%).

4. Kết luận

4.1. Đối với các đường tràn dọc loại vừa và nhỏ, có mức độ chảy xiết không lớn lắm thì hình thức thu hẹp sau ngưỡng dạng đáy phẳng và tường bên thẳng là hợp lý do cấu tạo đơn giản và bằng tính toán có thể kiểm soát được chế độ thủy lực ở trên đó.

4.2. Phương pháp được trình bày trong bài với việc sử dụng chương trình máy tính tương ứng cho phép xác định được nhanh và khá chính xác góc thu hẹp giới hạn, để từ đó chọn được bề rộng cuối đoạn thu hẹp B_c hợp lý, đảm bảo cả hai điều kiện kinh tế và kỹ thuật.

4.3. Với đoạn chuyển tiếp chảy xiết được thiết kế theo phương pháp đã nêu, có thể áp dụng đồ thị hình 2 và các công thức (2), (3) để xác định các thông số của sóng xiên trên đó (vị trí có đỉnh sóng sát tường X_B và chiều sâu lớn nhất dưới đỉnh sóng h_s) để từ đó lựa chọn được chiều cao tường hợp lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Chiến, Nguyễn Thế Điện. Đường biên hợp lý của đoạn thu hẹp hướng tâm đầu dốc nước công trình tháo lũ. Tạp chí Nông nghiệp và PTNT, số 4/2001.
- [2]. Nguyễn Chiến. Tính toán thủy lực các kết cấu để điều khiển dòng xiết trong công trình xả nước - ĐHTL 1997.
- [3]. Nguyễn Chiến. Về bố trí hợp lý và tính toán đoạn chuyển tiếp sau ngưỡng của đường tràn dọc. Tuyển tập công trình khoa học ĐHTL 11/2001.
- [4]. Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Xuân Đăng, Ngô Trí Viêng. Công trình tháo lũ trong đầu mối hệ thống thủy lợi. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà nội 1977.
- [5]. Hồ sơ thiết kế kỹ thuật công trình Đa Khai- Lâm Đồng tháng 12/2004.