

TÍNH TOÁN THỦY LỰC ĐƯỜNG TRÀN KIỂU ĐỐC NƯỚC

LÊ THU MAI

Đại học Thủy Lợi

LÊ XUÂN LONG

Đại học Thái Nguyên

NGUYỄN XUÂN CƯỜNG

Công ty Tư vấn điện I

Tóm tắt: Tính toán thủy lực đường tràn kiểu dốc nước từ trước tới nay vẫn theo phương pháp của dòng ổn định. Trong đề tài này, sự thay đổi của các đặc trưng thủy lực trên đường tràn được mô tả theo phương pháp đường đặc trưng của dòng không ổn định một chiều chảy xiết. Chương trình tính (được viết bằng ngôn ngữ lập trình Visual C++) đã được ứng dụng để tính các đặc trưng thủy lực trên đường tràn kiểu dốc nước ở hồ chứa Đầm Bài (Hoà Bình) và cho những kết quả tốt.

1- Đặt vấn đề

Công trình tràn kiểu dốc nước hiện đang được sử dụng rộng rãi trên các hệ thống công trình thủy lợi ở nước ta, đặc biệt là các đường tràn tháo lũ ở các hồ chứa nước vừa và nhỏ. Chế độ thủy lực trên các dốc nước của đường tràn rất phức tạp. Sự thay đổi liên tục của mực nước và lưu lượng hồ chứa trong quá trình điều tiết hồ, sự dao động của mức nước hạ lưu đường tràn do dòng chảy trên sông ở hạ lưu biến đổi làm cho dòng chảy trên dốc luôn luôn ở chế độ không ổn định. Mặt khác, do dốc nước của đường tràn có độ dốc lớn nên ngoài chuyển động không ổn định do chế độ thủy văn và quá trình điều tiết hồ chứa gây ra, trên dốc nước còn sinh ra hiện tượng sóng lăn. Hiện tượng này làm tăng khả năng mất ổn định của dòng chảy và làm thay đổi lưu lượng và mực nước trên dốc. Kết quả là, tải trọng tác động vào đáy dốc nước thay đổi liên tục, đồng thời chế độ tiêu năng ở chân đập tràn cũng thay đổi ảnh hưởng đến sự ổn định của công trình thủy công.

Trong tính toán thủy lực dốc nước từ trước đến nay vẫn coi dòng chảy trên dốc nước là ổn định. Điều đã làm kết quả tính toán bị sai số rất lớn và không phản ánh được hiện tượng thủy lực vốn có trên dốc nước.

Trong bài báo này, các tác giả cố gắng giải quyết bài toán thủy lực trên dốc nước bằng phương pháp dòng chảy không ổn định... Đây là bài toán rất quen thuộc trong thủy lực học [1,2,3]. Các tác giả ứng dụng bài toán thủy lực dòng không ổn định vào tính toán thủy lực dòng chảy trên dốc nước của công trình tràn nước. Để có thể mô phỏng được dòng chảy như thế, các tác giả ứng dụng phương pháp đường đặc trưng cho lưới tính toán có mặt cắt cố định [2].

2- Hệ phương trình tính toán

Hệ phương trình Saint Venant viết cho dòng chảy một chiều được mô tả tổng quát trong [1, 2, 3]. Với hệ nghiệm $Q = Q(s, t)$ và $h = h(s, t)$, trong đó Q, h là lưu lượng và độ sâu thay đổi theo chiều dài s và thời gian t được viết lại như sau:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial s} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \\ \frac{\alpha_o}{g\omega} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{\alpha_o QB}{g\omega^2} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\alpha Q}{g\omega^2} \frac{\partial Q}{\partial s} + \left(1 - \frac{\alpha Q}{g\omega^3} B\right) \frac{\partial h}{\partial s} + A = i - j \end{cases} \quad (1)$$

Các ký hiệu như đã biết trong thủy lực.

$$\text{Đại lượng } A = \frac{\alpha Q^2}{g\omega^3} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial s} \Big|_{h=\text{const}}$$

đặc trưng cho tính không lẳng trụ của kênh dẫn.

Giải hệ phương trình (1) có nhiều phương pháp khác nhau. Trong bài toán này, phương pháp đường đặc trưng được sử dụng để tìm nghiệm của

hệ (1). Đây là phương pháp mô tả hiện tượng truyền sóng rất có hiệu quả vì mô phỏng đúng theo bản chất vật lý của hiện tượng đó.

Hệ phương trình đặc trưng của hệ (1) được viết ở dạng sai phân như sau:

- Hệ phương trình đặc trưng thuận:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta s}{\Delta t} &= \bar{v} + \bar{c} \\ \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \bar{B}(\bar{v} - \bar{c}) \frac{\Delta h}{\Delta t} &= g\omega\bar{\varphi} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

- Hệ phương trình đặc trưng nghịch:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta s}{\Delta t} &= \bar{v} - \bar{c} \\ \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \bar{B}(\bar{v} + \bar{c}) \frac{\Delta h}{\Delta t} &= g\omega\bar{\varphi} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\text{Với } \bar{\varphi} = i - \bar{j} - \bar{A} \quad ; \quad \bar{c} = \sqrt{\frac{g\omega}{B}}$$

Trong thực tế tính toán thủy lực thường biết trước vị trí các mặt cắt cần tính và chọn trước thời đoạn tính toán Δt . Nhưng vì các sóng không phải lúc nào cũng đến được mặt cắt cần tính trong thời đoạn Δt đã chọn hay xuất phát từ các mặt cắt cố định đã chia trên kênh dẫn mà lại

xuất phát từ mặt cắt bất kỳ có thể không trùng với các mặt cắt đã chia trước. Ví dụ, trong mặt phẳng (Δ, t) cần tính các đặc trưng thủy lực $Q(s, t)$ và (h, t) tại nút M $(3i, j)$ sau thời đoạn Δt . Sóng thuận và sóng nghịch trên đoạn dốc nước dài Δs có thể chỉ xuất phát từ điểm A $(3i-2, j-1)$ và B $(3i-1, j-1)$ trên đoạn NP có tọa độ N $[3(i-1), j-1]$ và P $(3i, j-1)$. Do đó cần bổ sung các phương trình tính tọa độ các nút lưới A, B. Tọa độ các nút lưới A, B và các đặc trưng thủy lực ở đã tìm được bằng cách nội suy tuyến tính từ hai nút N và P [2]. Như vậy, hệ phương trình tính toán gồm 8 biểu thức như sau:

$$s_A = s_M - \lambda_1 \Delta t \quad (4)$$

$$s_B = s_M - \lambda_4 \Delta t \quad (5)$$

$$Q_A = Q_P - \frac{(Q_P - Q_N)(s_P - s_A)}{s_P - s_N} \quad (6)$$

$$Q_B = Q_P - \frac{(Q_P - Q_N)(s_P - s_B)}{s_P - s_N} \quad (7)$$

$$h_A = h_P - \frac{(h_P - h_N)(s_P - s_A)}{s_P - s_N} \quad (8)$$

$$h_B = h_P - \frac{(h_P - h_N)(s_P - s_B)}{s_P - s_N} \quad (9)$$

$$Q_M = Q_A + g\Delta t \omega_1 \bar{\varphi}_1 + \bar{B}_1 \lambda_2 (h_M - h_A) \quad (10)$$

$$h_M = \frac{Q_A - Q_B + g\Delta t (\omega_1 \bar{\varphi}_1 - \omega_2 \bar{\varphi}_2) + \bar{B}_2 \lambda_3 h_B - \bar{B}_1 \lambda_2 h_A}{\bar{B}_3 (\lambda_3 - \lambda_2)} \quad (11)$$

Trong đó:

$$\lambda_1 = (\bar{v} + \bar{c}) \overline{MA} \quad ; \quad \lambda_2 = (\bar{v} - \bar{c}) \overline{MA};$$

$$\lambda_3 = (\bar{v} + \bar{c}) \overline{MB} \quad ; \quad \lambda_4 = (\bar{v} - \bar{c}) \overline{MB};$$

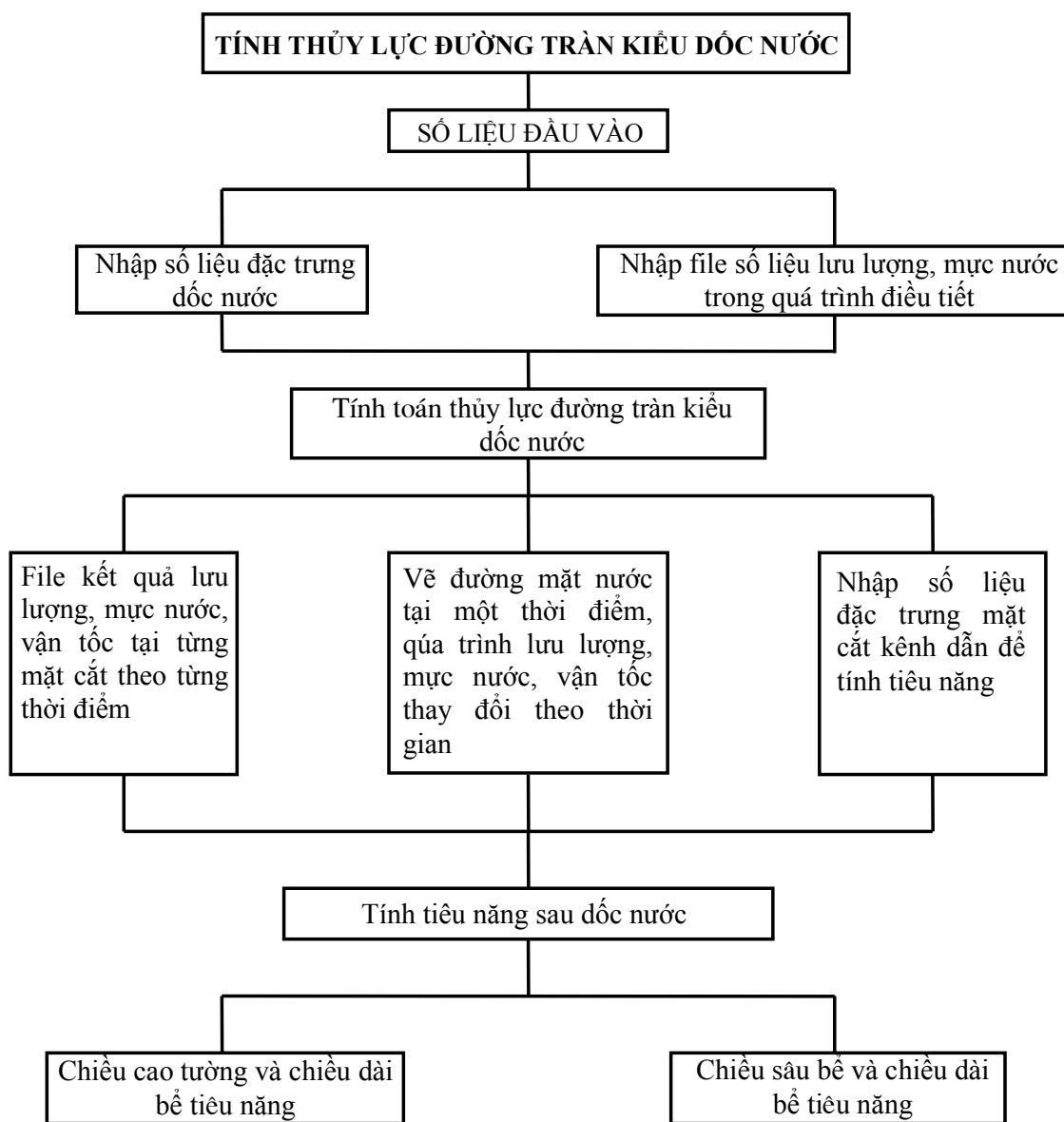
$$\bar{B}_1 = \frac{1}{2}(B_M + B_A) \quad ; \quad \bar{B}_2 = \frac{1}{2}(B_M + B_B) \quad ; \quad \bar{B}_3 = \frac{1}{2}(B_A + B_B)$$

$$\bar{J}_1 = \frac{1}{2}(J_M + J_A) \quad ; \quad \bar{J}_2 = \frac{1}{2}(J_M + J_B)$$

Hệ phương trình (4) ÷ (11) dùng để tính 8 đặc trưng thủy lực cần tìm với các đại lượng λ , \bar{B} , \bar{J} , $\bar{\varphi}$ phải tính gần đúng dần. Biết các đặc trưng thủy lực tại các mặt cắt ở thời điểm $j-1$, tìm được lần lượt các đặc trưng thủy lực đó tại thời điểm j của tất cả các mặt cắt.

3- Chương trình tính và ứng dụng

Thuật toán trên đây được thực hiện bằng ngôn ngữ Visual C⁺⁺. Các chương trình con tính toán như trên hình 1



Hình 1- Sơ đồ khối chương trình

Sử dụng chương trình có thể thu được các kết quả:

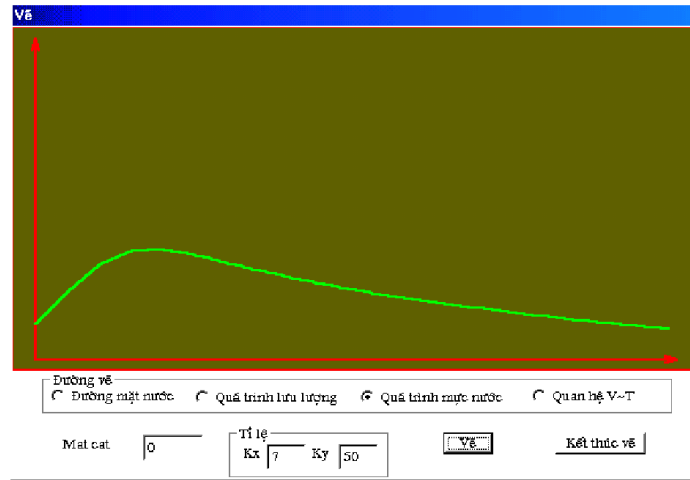
- Tính được các đặc trưng lưu lượng Q , độ sâu h và lưu tốc v tại tất cả các mặt cắt đã chọn trên đốc nước tại từng thời điểm t .
- Vẽ các đường quá trình thay đổi lưu lượng, độ sâu, lưu tốc v theo thời gian và theo chiều dòng chảy trên đốc nước.
- Từ các đặc trưng thủy lực ở chân đốc, tính toán kích thước các thiết bị tiêu năng (bể hoặc tường).

Chương trình được sử dụng để tính toán đường tràn kiểu đốc nước ở hồ chứa Đầm Bài (Hòa Bình). Đốc nước ở đường tràn có mặt cắt chữ nhật chiều rộng $b = 20\text{m}$, chiều dài $l = 270\text{m}$, độ dốc $i = 0,06$. Đường tràn làm bằng bê tông có độ nhám $n = 0,017$.

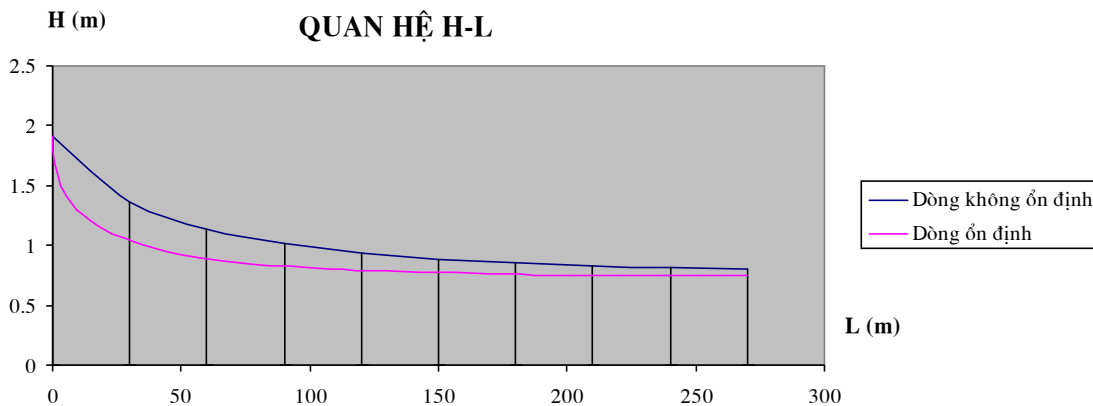
Thời đoạn tính toán $\Delta t = 1\text{s}$, và sau $15'$ thì kết quả tính được in ra. Đốc nước được chia làm 9 đoạn, $\Delta s = 30\text{m}$. Biên trên là quá trình điều tiết hồ chứa trong 21h và quá trình độ sâu h tại đầu đốc. Các điều kiện ở biên được tính riêng và

nhập vào file dữ liệu của chương trình tính. Các kết quả tính toán được lấy ra từ bảng biểu hoặc đồ thị. Ví dụ, đường quá trình lưu lượng, độ sâu,

vận tốc tại mặt cắt đầu dốc nước (mặt cắt số 0) được biểu diễn trên hình 2.



Hình 2 – Quá trình mực nước thay đổi theo thời gian tại mặt cắt 0
Đường bao mặt nước lớn nhất dọc theo dốc nước được biểu diễn trên hình 3



Hình 3 – Đường bao độ sâu lớn nhất

Trên hình 3 có vẽ thêm đường mặt nước khi dòng chảy là ổn định với $Q_{\max} = 166\text{m}^3/\text{s}$. Kết quả tính toán cho thấy:

- Trong cùng một thời điểm, lưu lượng và độ sâu dòng chảy dọc theo dốc nước thay đổi liên tục và có những thời điểm có giá trị lớn hơn lưu lượng, độ sâu dòng chảy tính theo dòng ổn định. Trong 21 giờ điều tiết hồ chứa, lưu lượng lớn nhất ở đầu dốc $166\text{m}^3/\text{s}$, ở chân dốc lưu lượng này là $189\text{m}^3/\text{s}$. Với độ sâu lớn nhất ở đầu dốc là 1,92m thì độ sâu ở cuối dốc khi tính theo dòng không ổn định là 0,84m, còn khi tính theo dòng

ổn định thì độ sâu này là 0,75m.

- Kích thước bể tiêu năng ở chân dốc nước lớn hơn trong điều kiện tính toán theo dòng chảy ổn định. Cho rằng, dòng chảy ở kênh hạ lưu đường tràn làm việc ở chế độ chảy đều, tiến hành tính toán với lưu lượng đầu dốc nước là $166\text{m}^3/\text{s}$ thì độ sâu bể tiêu năng khi tính với dòng chảy không ổn định trên dốc nước lớn hơn độ sâu bể khi tính theo dòng chảy ổn định là 20% và chiều dài bể khi tính với dòng chảy không ổn định trên dốc nước lớn hơn kết quả tính chiều dài bể khi coi dòng chảy trên dốc

nước là dòng ổn định là 9,67%.

- Lưu tốc trung bình lớn nhất ở chân dốc nước 11,73m/s ở giờ thứ 4 trong 21 giờ điều tiết của hồ. Trong điều kiện tính toán theo chế độ chảy ổn định thì lưu tốc trung bình lớn nhất là 11,1m/s. Như vậy, kết quả lưu tốc trung bình tại chân dốc nước tính theo phương pháp dòng không ổn định lớn hơn kết quả này tính theo phương pháp dòng ổn định là 5,68%.

4- Kết luận

Tính thủy lực đường tràn kiểu dốc nước bằng phương pháp của dòng không ổn định thay đổi dần cho những kết quả gần đúng với thực tế hơn so với tính theo dòng chảy ổn định. Chương trình tính toán bằng ngôn ngữ lập trình Visual

C⁺⁺ theo thuật toán đường đặc trưng đã mô phỏng được hiện tượng truyền sóng xiết trên dốc nước. Chương trình này cũng có thể dùng cho đường tràn kiểu mũi phun và các dòng xiết khác trên những đoạn kênh dẫn có nhiều độ dốc khác nhau.

Chương tính còn cần được mở rộng thêm để có thể tính được các đặc trưng thủy lực của đoạn kênh sau đường tràn và chế độ nổi tiếp giữa chân dốc và kênh hạ lưu để tăng thêm mức độ chính xác của kết quả tính.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự hướng dẫn nhiệt tình của GS.TS Hoàng Tư An trong suốt quá trình nghiên cứu!

Tài liệu tham khảo:

- [1], Nguyễn Cảnh Cầm và những người khác, Thủy lực, Nhà xuất bản ĐH & THCN
- [2], Nguyễn Cảnh Cầm, Thủy lực dòng chảy hở, Nhà xuất bản Nông Nghiệp, 1998
- [3], Bộ môn Thủy công, giáo trình Thủy công, Nhà xuất bản Nông Nghiệp, 1989

Summary

CALCULATION OF THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF CHUTE SPILLWAY

Up to now, steady non uniform flow method is used to calculate hydraulic characteristics of chute spillway. On this theme, the changing of hydraulic characteristics on spillway is calculated by the characteristic graph method, a method used for unsteady and one – dimensional high velocity flow. This program designed with the using of Visual C⁺⁺ is used to calculate hydraulic characteristics of chute spillway in Dam Bai water reservoir (in Hoa Binh province) and its results are very good.

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Chiến