

XÁC ĐỊNH QUAN HỆ MỨC NƯỚC VÀ LƯU LƯỢNG KHI DẪN DÒNG THI CÔNG QUA ĐẬP XÂY DỰNG DỠ VÀ CỐNG

Mai Lâm Tuấn¹

Tóm tắt: Khi dẫn dòng thi công người ta thường áp dụng sơ đồ dẫn dòng đồng thời qua nhiều công trình tháo nước, trong đó có hình thức kết hợp đập xây dở và cống để dẫn dòng. Việc tính toán này phải giải theo phương pháp tính đúng dần. Bài viết của tác giả sẽ trình bày phương pháp tính và xây dựng sơ đồ khối và lập trình để tính toán thủy lực dẫn dòng kết hợp. Đây sẽ là công cụ giúp cho người thiết kế dễ dàng xác định được các thông số của công trình dẫn dòng khi tính toán thiết kế công trình dẫn dòng thi công.

Từ khóa: dẫn dòng thi công, dẫn dòng kết hợp, thủy lực dẫn dòng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nguyên tắc giải bài toán dẫn dòng kết hợp tháo nước qua đập xây dựng dở và cống là dựa trên phương trình cân bằng nước. Trước đây do công cụ tính toán bằng máy tính chưa phát triển, giải quyết bài toán này thường sử dụng phương pháp đồ giải. Ngày nay với sự hỗ trợ của máy tính, bài toán này phải giải theo phương pháp đúng dần một cách dễ dàng (Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng, 2017). Bài báo phân tích các chế độ chảy qua cống và đập xây dựng dở, từ đó lập sơ đồ khối và tính toán áp dụng cho công trình thủy điện Lai Châu.

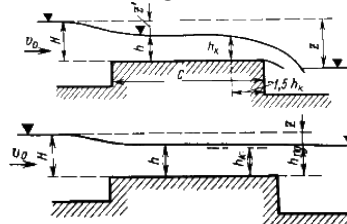
Để thực hiện nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp kế thừa có chọn lọc các nghiên cứu liên quan trong và ngoài nước, phương pháp phân tích so sánh để phân tích so sánh các tài liệu hướng dẫn tính thủy lực qua đập xây dựng dở và cống, phân tích các yếu tố cần thiết để lập sơ đồ khối, so sánh kết quả tính toán được với kết quả thí nghiệm mô hình công trình thủy điện Lai Châu, từ đó đưa ra kết luận của nghiên cứu.

2. TÍNH TOÁN THỦY LỰC QUA ĐẬP XÂY DỰNG DỠ VÀ CỐNG

2.1. Lý thuyết tính toán thủy lực qua đập xây dựng dở và cống

Tính toán thủy lực qua đập xây dựng dở

Khi tính toán thủy lực qua đập xây dựng dở, tùy theo hình dạng của công trình có thể sử dụng sơ đồ tính thủy lực qua đập tràn thực dụng hoặc đập tràn đỉnh rộng.



Hình 1. Đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập và chảy ngập (Nguyễn Cảnh Cầm và nnk, 1987)

Các công thức tính toán lưu lượng đối với đập tràn

Đập tràn thực dụng chảy không ngập:

$$Q = mb\sqrt{2g}H_0^{3/2} \quad (CT-1)$$

Đập tràn thực dụng chảy ngập:

$$Q = m\sigma_{ng}h\sqrt{2g}H_0^{3/2} \quad (CT-2)$$

Đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập:

$$Q = mb\sqrt{2g}H_0^{3/4} \quad (CT-3)$$

Đập tràn đỉnh rộng chảy ngập:

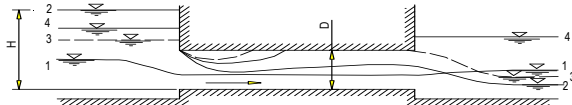
$$Q = \varphi b h_{ng} \sqrt{2g(H_0 - h_{ng})} \quad (CT-4)$$

Trong đó: Q - Lưu lượng chảy qua đập tràn; b - Bề rộng tràn; H₀ - Cột nước trước tràn có kể đến lưu tốc tới gần; m - Hệ số lưu lượng của đập tràn; σ_{ng} - Hệ số chảy ngập đập tràn; φ - Hệ số

¹Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

lưu tốc; h_{ng} - Chiều sâu ngập phía hạ lưu so với đỉnh tràn;

Tính toán thủy lực qua cống



Hình 2. Sơ đồ các khả năng diễn biến dòng chảy qua cống ngầm (Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng, 2017)

1-1 chảy không áp (chảy hở); 2-2 chảy bán áp; 3-3 chảy có áp, cửa ra chảy tự do; 4-4 chảy có áp, cửa ra ngập.

Các công thức tính toán lưu lượng đối với cống

Chảy ngập không áp: Như tính lưu lượng chảy qua đập tràn đỉnh rộng chảy ngập

$$Q = \varphi b h_{ng} \sqrt{2g(H_0 - h_{ng})} \quad (CT-5)$$

Chảy tự do không áp: Dùng công thức tính lưu lượng chảy qua đập tràn đỉnh rộng

$$Q = mb \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (CT-6)$$

Chảy bán áp: Dùng công thức tính lưu lượng chảy dưới tấm chắn cửa cống

$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (CT-7)$$

Chảy có áp: Dùng công thức công chảy có áp

$$Q = \varphi_c \omega \sqrt{2gz_0} \quad (CT-8)$$

Trong đó: Q - Lưu lượng chảy qua cống; b - Chiều rộng cống; H_0 - Cột nước trước cống có kể đến lưu tốc tới gần; φ_c - Hệ số chảy có áp; ω - Diện tích mặt cắt ngang cống; z_0 - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu khi mực nước hạ lưu cao hơn tim mặt cắt cửa ra của cống hoặc chênh lệch mực nước thượng lưu so với tim mặt cắt cửa ra của cống khi mực nước hạ lưu thấp hơn tim cửa ra cống có kể đến lưu tốc tới gần.

2.2. Xử lý thuật toán trong tính toán thủy lực dẫn dòng qua cống

Các điểm chuyển tiếp cần xử lý là chuyển tiếp chảy ngập sang chảy không ngập, chuyển tiếp chảy không áp sang chảy có áp.

Về mặt bản chất thủy lực, đồ thị quan hệ lưu lượng và mực nước qua điểm chuyển tiếp phải là liên tục (không có bước nhảy của đồ thị), nhưng nếu áp dụng công thức để tính toán thì đồ

thị tại điểm chuyển tiếp sẽ có bước nhảy, không đúng với bản chất vật lý. Do đó cần có giải pháp để xử lý gần đúng điểm chuyển tiếp này.

Xử lý chuyển tiếp chảy ngập sang chảy không ngập

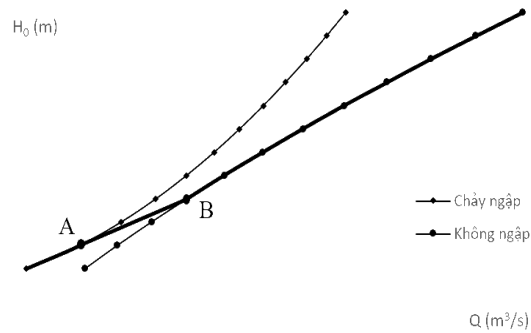
Khi $h_n \geq 1,25h_k$ cống chảy ngập, khi $h_n < 1,25h_k$ cống chảy không ngập (Kixêlep, 2008). Trong khi tính toán cần có phạm vi chuyển tiếp giữa hai trạng thái này (hình 3).

Trong chương trình tính toán, chọn các trạng thái chảy như sau:

$h_n \geq 1,3h_k$: chảy ngập.

$1,2h_k < h_n < 1,3h_k$: chảy chuyển tiếp ngập

$h_n \leq 1,2h_k$: chảy không ngập



Hình 3. Tương quan $Q \sim H_0$ khi chuyển tiếp chảy ngập sang chảy không ngập

Khi cống chảy ở trạng thái chuyển tiếp, lưu lượng và cột nước được tính nội suy với 2 điểm A (H_A, Q_A), B (H_B, Q_B). Trong đó H_A, Q_A được tính với công thức chảy không ngập ứng với trường hợp $h_n = 1,2h_k$; H_B, Q_B được tính với công thức chảy ngập ứng với trường hợp $h_n = 1,3h_k$.

Xử lý chuyển tiếp chảy không áp sang chảy có áp

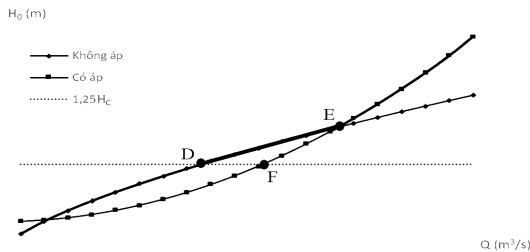
Khi $H_0 \leq (1,2 \div 1,4)H_C$ cống chảy không áp (H_C là chiều cao cống), lựa chọn trị số $1,2 \div 1,4$ tùy thuộc vào độ thuận của cửa vào. Khi cửa vào không thuận chọn 1,2 và khi cửa vào rất thuận chọn 1,4. Khi $H_0 \geq (1,2 \div 1,4)H_C$ cống chảy bán áp hoặc có áp, việc cống chảy bán áp hoặc có áp phụ thuộc vào độ dài của cống và cột nước thượng hạ lưu cống (Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng, 2017).

Đối với dẫn dòng thi công, phạm vi chảy bán áp của cống không lớn, trong tính toán có thể bỏ qua giai đoạn chảy bán áp, coi cống chảy có áp

(Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng, 2017).

Giả sử chọn trị số 1,25 (hình 4), khi $H_0 \leq 1,25H_C$ lưu lượng chảy qua cống được tính với chảy không áp (điểm D), khi $H_0 > 1,25H_C$ lưu lượng chảy qua cống được tính với chảy có áp (điểm F). Như vậy có sự thay đổi lớn về lưu lượng khi cột nước $H_0 > 1,25H_C$.

Tác giả đề xuất chọn vị trí giao nhau giữa biểu đồ cống chảy không áp và chảy có áp (điểm E) làm giới hạn tính chuyển tiếp. Cách tính như sau:



Hình 4. Tương quan $Q \sim H_0$ khi chuyển tiếp chảy không áp sang chảy có áp

Khi $H_0 \leq (1,2 \div 1,4)H_C$ tính theo công thức chảy không áp.

Khi $H_D < H_0 < H_E$ tính nội suy $Q \sim H_0$ theo H_D , Q_D , H_E , Q_E

Khi $H_0 > H_E$ tính theo công thức chảy có áp.

Khi tính theo cách này chưa phù hợp với lý thuyết, nhưng việc xử lý chuyển tiếp như vậy làm cho quan hệ $Q \sim H_0$ được thay đổi liên tục, thuận lợi cho tính toán thử dần bằng chương trình. Bên cạnh đó, trong đoạn chuyển tiếp (DE), cột nước tính toán sẽ lớn hơn cột nước theo công thức tính chảy có áp, như vậy sẽ an toàn hơn cho công tác dẫn dòng.

2.3 Tính toán thủy lực qua đập xây dorr và cống

Số liệu đầu vào:

- + Lưu lượng dẫn dòng Q_{tk}^{dd} (m^3/s)
- + Bề rộng cống B_c (m)
- + Chiều cao cống H_c (m)

- + Cao trình cửa vào cống Z_{cv} (m)
- + Chiều dài cống L_c (m)
- + Độ dốc cống i_c
- + Hệ số nhám cống n_c
- + Bề rộng tràn B_{tr} (m)
- + Cao trình ngưỡng tràn Z_{tr} (m)
- + Độ dốc tràn i_{tr}
- + Chiều dài tràn L_{tr} (m)

Các bước tính toán:

+ Tính cao trình cửa ra của đập xây dựng dorr và cống

+ Tính các lưu lượng chảy qua đập xây dựng dorr và cống $Q_{(i)}$: $0,1Q_{tk}^{dd}$; $0,2Q_{tk}^{dd}$; ...; Q_{tk}^{dd} ; $1,1Q_{tk}^{dd}$; $1,2Q_{tk}^{dd}$

+ Ứng với mỗi giá trị Q_i , thực hiện các bước sau:

- Nội suy mực nước hạ lưu ($Z_{hl(i)}$), từ đó tính độ sâu mực nước hạ lưu so với đáy cửa ra cống, tràn ($h_{nc(i)}$, $h_{ntr(i)}$)

- Tìm khoảng chảy ngập, chuyển tiếp ngập, không áp, chuyển tiếp có áp, có áp của cống

- Giả thiết mực nước thượng lưu, kiểm tra trạng thái chảy của cống, tính lưu lượng chảy qua cống Q_c . (Khi lưu lượng nhỏ, cống đủ dẫn hết lưu lượng mà mực nước thượng lưu chưa dâng lên đến cao trình đỉnh tràn thì lưu lượng qua tràn = 0. Khi lưu lượng lớn, mực nước thượng lưu cống dâng lên đến cao trình đỉnh tràn thì tràn bắt đầu làm việc).

- Kiểm tra loại tràn và kiểm tra trạng thái chảy ngập hay không ngập của tràn.

- Tính lưu lượng chảy qua tràn Q_{tr} .

- Tính thử dần cho đến khi $|Q_c + Q_{tr} - Q_{(i)}| < [e]$ (sai số cho phép) thì dừng lại.

+ Xuất kết quả tính $Z_{tl(i)} \sim Q_{(i)}$.

Sơ đồ khối:

Với các bước tính toán như trên, lập được sơ đồ khối tính thủy lực dẫn dòng thì công kết hợp đập xây dựng dorr và cống như hình 5.

2.4 Áp dụng tính toán cho công trình thủy điện Lai Châu

Phương án dẫn dòng thực tế của công trình thủy điện Lai Châu khi thiết kế kỹ thuật là dẫn dòng kết hợp qua đập xây dựng dở và cống vào mùa lũ năm 2014 và cũng đã tiến hành thí nghiệm mô hình (Công ty cổ phần tư vấn xây dựng điện 1, 2010). Tuy nhiên trong quá trình thi công thực tế đã bỏ qua giai đoạn này và thi công đập vượt lũ trong mùa kiệt từ 15/10/2014 - 20/06/2015. Bài báo tính toán cho phương án dẫn dòng kết hợp qua đập xây dựng dở và cống, so sánh với kết quả thí nghiệm mô hình của công trình thủy điện Lai Châu.

Các thông số đầu vào như bảng 1.

Bảng 1. Thông số đầu vào tính toán thủy lực kết hợp đập xây dựng dở và cống

Q	12000	m ³ /s	Lưu lượng thiết kế dẫn dòng
THÔNG SỐ CỐNG			
B	18	m	Chiều rộng cống
H	16	m	Chiều cao cống
i	0		Độ dốc cống
n	0,014		Độ nhám cống
L	335	m	Chiều dài cống

Kết quả tính toán như bảng 3

Bảng 3. Kết quả tính toán cho trường hợp $Z_{\text{Son La}} = +197,0\text{m}$, $Q_{\text{tk}}^{\text{dd}} = 12000 \text{ m}^3/\text{s}$

TT	Q_i	Z_{hl}	Z_{tl}	H_0 cống	Trạng thái chảy của cống	Q cống	$H_{\text{tràn}}$	Trạng thái chảy của tràn	$Q_{\text{tràn}}$	$Q_{\text{tổng}}$	$ \Delta Q $	Sai số (%)
1	1200	202,72	210,72	11,72	Kh.áp	1.216,1	-9,28		0,0	1.216,1	16,1	1,33
2	2400	205,58	217,51	18,51	Kh.áp	2.412,6	-2,49		0,0	2.412,6	12,6	0,52
3	3600	207,70	222,07	23,07	Ch.tiếp	3.392,4	2,07	Kh.ngập	237,3	3.629,8	29,8	0,82
4	4800	209,52	224,84	25,84	Ch.tiếp	3.982,7	4,84	Kh.ngập	850,1	4.832,8	32,8	0,68
5	6000	211,13	228,08	29,08	Có áp	4.202,7	8,08	Kh.ngập	1.832,7	6.035,4	35,4	0,59
6	7200	212,69	230,86	31,86	Có áp	4.349,5	10,86	Kh.ngập	2.853,1	7.202,7	2,7	0,04
7	8400	214,15	233,49	34,49	Có áp	4.488,3	13,49	Kh.ngập	3.949,2	8.437,5	37,5	0,45
8	9600	215,46	235,83	36,83	Có áp	4.606,6	15,83	Kh.ngập	5.023,2	9.629,9	29,9	0,31
9	10800	216,74	238,04	39,04	Có áp	4.710,6	18,04	Kh.ngập	6.111,3	10.822,0	22,0	0,20
10	12000	217,94	240,12	41,12	Có áp	4.807,0	20,12	Kh.ngập	7.197,9	12.004,9	4,9	0,04

Q	12000	m ³ /s	Lưu lượng thiết kế dẫn dòng
$Z_{\text{vào}}$	199	m	Cao trình cửa vào
Z_{ra}	199	m	Cao trình cửa ra
THÔNG SỐ ĐẬP XÂY DỒ			
B	60	m	Chiều rộng tràn
$Z_{\text{vào}}$	220	m	Cao trình ngưỡng tràn

Các hệ số tính toán được lựa chọn như bảng 2.

Bảng 2. Các hệ số tính toán thủy lực đập xây dở và cống

CÁC HỆ SỐ TÍNH TOÁN		
HS	1,25	Hệ số kiểm tra (1,2-1,4) H_c
m_c	0,38	Hệ số lưu lượng đập tràn đỉnh rộng của cống
φ_c	0,80	Hệ số lưu lượng chảy có áp cống
φ_{nc}	0,95	Hệ số lưu lượng chảy ngập đập tràn đỉnh rộng
m_{tr}	0,30	Hệ số lưu lượng đập tràn đỉnh rộng của tràn
φ_{tr}	0,92	Hệ số lưu tốc tràn

TT	Q _i	Z _{hl}	Z _{tl}	H ₀ cống	Trạng thái chảy của cống	Q cống	H _{tràn}	Trạng thái chảy của tràn	Q tràn	Q tổng	ΔQ	Sai số (%)
11	13200	219,05	242,14	43,14	Có áp	4.904,0	22,14	Kh.ngập	8.306,1	13.210,1	10,1	0,08
12	14400	220,16	244,09	45,09	Có áp	4.992,5	24,09	Kh.ngập	9.429,0	14.421,5	21,5	0,15

Kết quả tính toán là phù hợp với kết quả thí nghiệm mô hình thủy điện Lai Châu.

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc tính toán thủy lực kết hợp qua đập xây dựng dở và cống là phức tạp, đòi hỏi phải tính toán thử dần nhiều. Sơ đồ khối và chương trình lập được giúp người thiết kế có thể tính toán nhanh chóng thuận tiện hơn.

Trong quá trình tính toán, việc lựa chọn các hệ số lưu lượng có ảnh hưởng nhiều đến kết quả tính

toán. Cần tham khảo nhiều công trình đã thiết kế, thi công để chọn sao cho phù hợp với thực tế.

Kết quả tính toán trên là để tham khảo cho tính toán thiết kế, nó giúp cho chọn nhanh các thông số thủy lực cơ bản, từ đó tính kiểm tra lại chi tiết cho các thông số đó. Đối với công trình lớn, cần thí nghiệm mô hình để kiểm chứng lại các thông số đã tính toán, đảm bảo công trình thi công an toàn, đúng tiến độ và đảm bảo chất lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ môn Công nghệ và Quản lý xây dựng (2017). *Dẫn dòng thi công và công tác hồ móng*. NXB Bách khoa Hà Nội.
- Công ty cổ phần tư vấn xây dựng điện 1 (2010). *Công trình thủy điện Lai Châu - TKKT*.
- Kixêlep (2008). *Sổ tay tính toán thủy lực (bản dịch)*. NXB Xây dựng
- Mai Lâm Tuấn (2017). "*Dẫn dòng thi công qua đập xây dựng dở khi xây dựng công trình thủy lợi - thủy điện*". Hội nghị khoa học thủy lợi toàn quốc.
- Nguyễn Cảnh Cầm và nnk (1987). *Giáo trình thủy lực tập 2*. NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp Hà Nội.

Abstract:

DETERMINATION OF WATER LEVEL -DISCHARGE RELATIONSHIP FOR FLOW DIVERSION THROUGH UNDER CONSTRUCTION DAM AND CULVERT

For flow diversion, multiple diversion diagram for a simultaneous discharging through various structures is often used, including under construction dam and culvert (combined flow). This calculation must be done by using trial and error method. This paper will present the method and computation diagrams for combined hydraulic flow calculations. The computer program will be a tool for designers to determine the parameters of diverting structures.

Keywords: combined flow diversion; flow diversion, hydraulics for diversion.

Ngày nhận bài: 22/01/2018

Ngày chấp nhận đăng: 27/3/2018