

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ DÒNG CHẢY VÀ TÍNH LƯU LƯỢNG THÁO QUA ĐẬP TRÀN THỰC DỤNG CÓ TƯỜNG NGỰC BIÊN CONG

Đỗ Ngọc Ánh,

Viện Thủy điện và Năng lượng Tái tạo

Nguyễn Danh Oanh

Bộ Công thương

Tóm tắt: Đập tràn thực dụng có tường ngực biên cong được ứng dụng ở các nước trên thế giới cũng như ở Việt Nam... Tuy vậy các tài liệu tham khảo, hướng dẫn về việc lựa chọn hình dạng, kích thước, kết cấu và tính toán các thông số thủy lực của chúng còn rất hạn chế. Bài báo tóm tắt một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm mô hình thủy lực xác định chế độ dòng chảy và tính khả năng tháo của loại đập này khi làm việc với các mức nước khác nhau, phân tích và so sánh với một số kết quả nghiên cứu của nước ngoài để có thể ứng dụng thực tế.

Từ khoá: Đập tràn, tường ngực, Creager-Ophicerop, WES, lưu lượng,

Summary: Breast wall spillway is used in countries around the world as well as in Vietnam ... However, references and guidance on selection of shapes, sizes, and structures, and calculation of hydraulic parameters are very limited. The article summarizes the results of some experimental studies on hydraulic model to determine flow regime and discharge capacity of this type of dam respect to different water levels, and analyzes and compares with the results of some foreign studies for practical applications.

Keywords: spillway, breast wall, discharge.

1. MỞ ĐẦU

Khi cột nước tác dụng lên đỉnh đập tràn thay đổi lớn do phải làm việc với nhiều chế độ tháo lũ cần phải thiết kế thêm tường ngực để giảm bớt chiều cao của cửa van cung. Đập tràn thực dụng có tường ngực biên cong (hình 1) có những lợi thế nhất định, với mục đích tối ưu hoá cửa van và thiết bị cơ khí, hạ thấp mức nước hồ, tạo dung tích phòng lũ, tháo dòng chảy môi trường, làm nhiệm vụ đập tràn sự cố... Chế độ dòng chảy qua tràn có tường ngực có thể có hai dạng sau: khi mức nước thượng lưu thấp và mở hết của van dòng chảy qua đập là dòng tự do (không áp) có mặt thoáng; khi tăng mức nước thượng lưu lớn hơn, dòng chảy qua đập là chảy có áp dưới tường ngực, đường mặt nước ngập lỗ dưới

tường ngực, sau tường ngực là dòng chảy tự do.

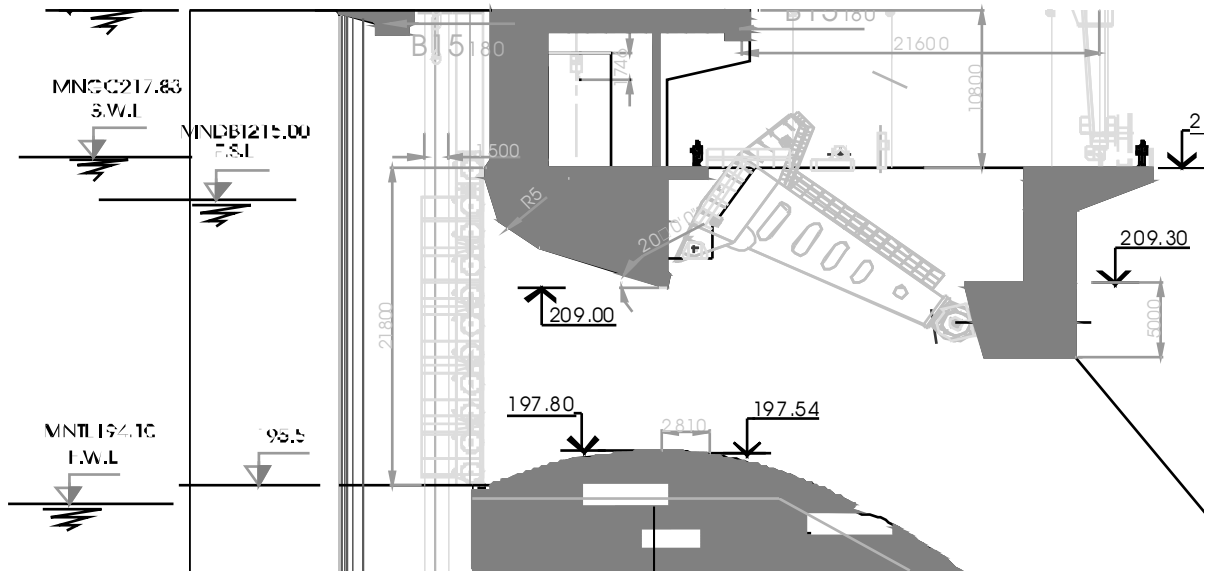
Đường cong phía dưới mặt tràn thường được áp dụng các dạng đập tràn thực dụng hình cong Ophicerop, WES (Waterways Experiment Station) hay parabol $X^2=kY$. Đường cong phía dưới tường ngực, có thể chọn đường cong tròn, elip hay kết hợp cong tròn và elip với đoạn thẳng ở cuối tường ngực (hình 1). Việc lựa chọn đường cong, cao độ tường ngực, kích thước chiều cao lỗ D cần thỏa mãn yêu cầu chế độ chảy thuận dòng, khả năng tháo, việc bố trí kết cấu tường ngực...

Sơ đồ nghiên cứu mô hình thủy lực như hình 1. Mặt tràn được lựa chọn có dạng đường cong WES có cột nước thiết kế $H_d=20,03m$ và $17,2m$, nghiên cứu trên 3 mô hình; 2 mô hình mặt cắt tỉ lệ 1/48 với $D=11,4m$ và $D=13m$; mô hình không gian tỉ lệ 1/100 có $D=11,4m$. Kết quả nghiên cứu về chế độ dòng chảy và lưu lượng được tóm tắt ở mục 2.

Ngày nhận bài: 01/9/2016

Ngày thông qua phản biện: 18/10/2016

Ngày duyệt đăng: 26/10/2016



Hình 1. Đập tràn mặt có tường ngực ở thủy điện Sơn La

2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Chế độ dòng chảy

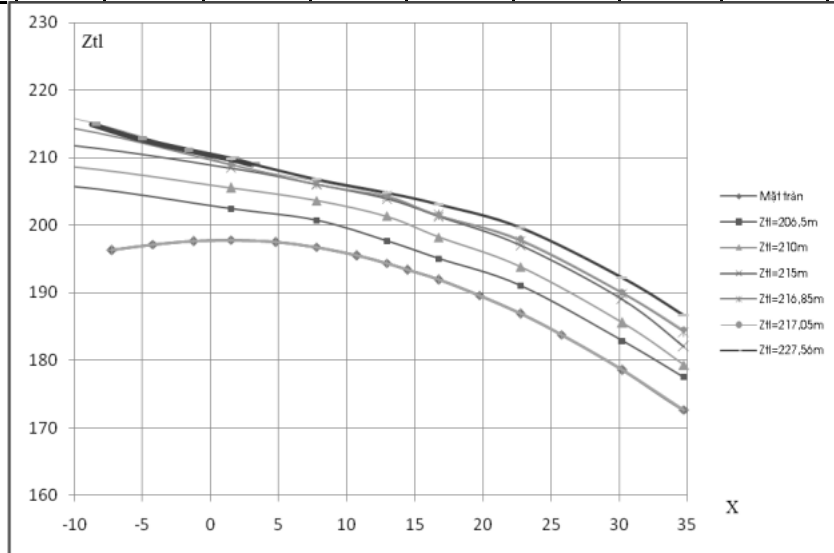
Dòng chảy qua lỗ dưới tường ngực có hai chế độ dòng chảy là chảy tự do (không áp) và chảy có áp. Có giai đoạn dòng chảy quá độ từ không áp sang có áp và ngược lại. Khi mức nước thượng lưu thấp ở mức độ nào đó do người thiết kế tính toán, xác định trước, dòng chảy là chảy tự do. Khi tăng mức nước thượng lưu từ mức này đến mức tháo lũ lớn nhất dòng

chảy là có áp. Tính toán các đặc trưng thủy lực như đường mực nước, lưu lượng, vận tốc và áp suất ở hai chế độ này có khác nhau. Để xác định chế độ dòng chảy cần phải tính toán đường mặt nước trong trường hợp chảy tự do, khi mức nước ngập điểm thấp nhất của tường ngực, dòng chảy bắt đầu quá độ sang chảy có áp. Với các mô hình được lựa chọn nêu trên, kết quả thí nghiệm đường mặt nước được ghi ở bảng 1÷3 và các hình 2÷34 dưới đây.

Bảng 1. Kết quả đo mức nước ở mô hình 1/48, D=11,4m (m)

Khoảng cách X (m)	Cao độ mặt tràn Z(m)	H/H _d	0,43	0,61	0,85	0,86	0,95	0,96	1,00	1,00	1,49
		H/D	0,76	1,07	1,49	1,51	1,67	1,68	1,76	1,76	2,61
		Z _{tl}	206,5	210	214,8	215	216,85	216,95	217,83	217,83	227,56
-11,94	197,80	Cao độ	206,1	208,63	212,4	213,07	214,88	214,87	216,47	216,70	227,51
1,47	197,80	mặt nước (m)	202,4	205,39	208,4	208,41	209,00	209,00	209,03	209,00	209,81
7,74	196,72		200,7	203,64	206,8	206,63	206,10	206,40	206,50	206,65	206,78

			6		6						
12,94	194,38		197,6		204,2						
			9	201,32	0	204,23	204,22	204,32	204,44	204,57	204,76
16,74	191,93		195,0		201,9						
			7	198,12	0	201,83	201,47	201,50	201,43	201,86	203,03
22,74	186,87		191,1		197,7						
			0	193,92	4	197,99	197,71	197,82	197,88	197,95	199,63
30,24	178,57		182,8		189,2						
			4	185,59	3	190,17	189,84	189,85	190,13	190,01	192,28
34,74	172,62		177,2		182,7						
			7	179,32	1	183,55	184,15	183,91	184,61	183,51	186,62

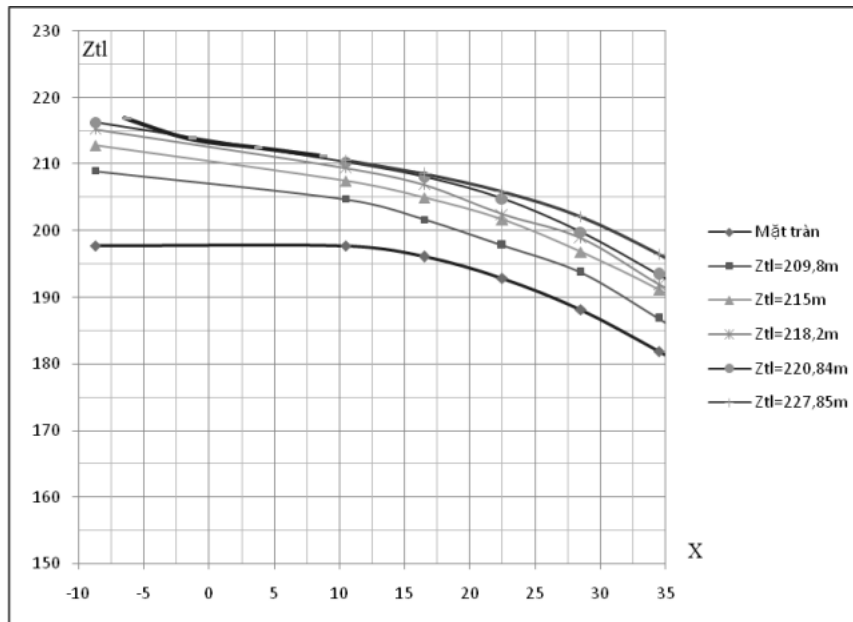


Hình 2. Đường mặt nước các trường hợp thí nghiệm với $D=11,4m$

Bảng 2. Kết quả đo mức nước ở mô hình 1/48, $D=13m$ (m)

Khoảng cách X (m)	Cao độ mặt tràn Z(m)	H/H _d	0,70	1,00	1,06	1,15	1,19	1,34	1,75
		H/D	0,92	1,33	1,40	1,52	1,57	1,77	2,31
		Z _{tl}	209,80	215,08	216,00	217,50	218,20	220,84	227,85
-8,70	195,50	Cao	209,00	212,83	213,00	214,95	215,24	216,28	228,18
10,50	197,75	độ mặt nước (m)	204,76	207,49	207,59	207,83	209,46	210,34	210,65
16,50	196,11		201,71	204,98	205,17	204,76	206,92	208,11	208,49
22,50	192,91		197,82	201,70	201,75	201,67	202,47	204,85	205,87

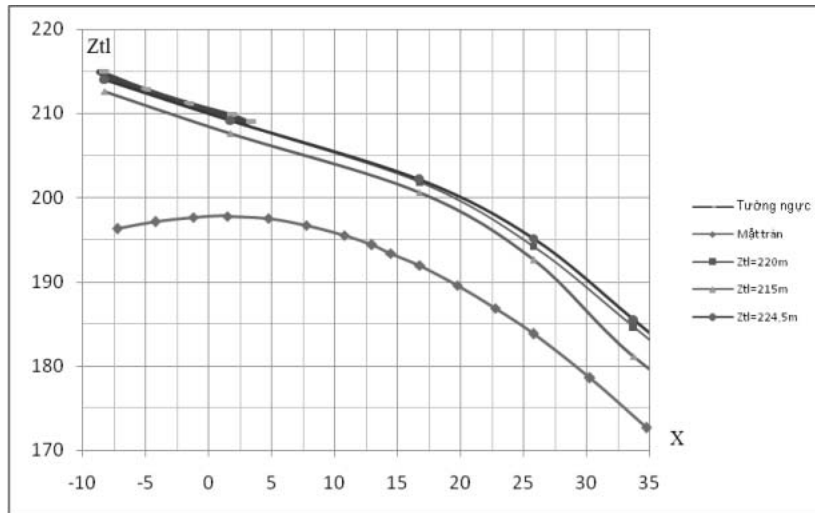
28,50	188,21		193,75	196,82	196,48	197,00	198,95	199,82	202,17
34,50	181,95		186,85	191,14	191,50	190,60	192,00	193,44	196,51



Hình 3. Đường mặt nước các trường hợp thí nghiệm D=13m

Bảng 3. Kết quả đo mức nước trên mô hình không gian 1/100, D=11,4m (m)

Khoảng cách X (m)	Cao độ mặt tràn Z(m)	H/H _d	0,85	0,85	0,85	0,93	1,11	1,14	1,33
		H/D	1,49	1,49	1,49	1,64	1,95	1,99	2,34
		Z _{tl}	214,80	214,80	214,80	216,50	220,00	220,54	224,50
-8,26	195,88	Cao độ	212,65	212,30	212,83	213,80	214,00	214,00	214,00
1,74	197,80	mặt	207,62	208,48	208,19	209,14	209,14	209,14	209,14
16,74	191,93	nước	200,65	200,20	201,49	201,60	201,80	201,70	202,10
25,74	183,00	(m)	192,58	193,40	194,28	194,40	194,23	194,39	195,15
33,74	172,7		181,12	183,25	185,44	184,05	184,56	184,78	185,55
45,32	162,45		168,48	168,88	168,95	169,40	170,28	170,89	170,85



Hình 4. Đường mặt nước ở mô hình không gian, $H_d=20,03m$, $D=11,4m$

Trường hợp chiều cao lỗ dưới tường ngực $D=11,4m$ ở mô hình mặt cắt tỉ lệ 1/48, phân tích các kết quả thí nghiệm đường mặt nước được ghi ở bảng (1) và hình (2), nhận thấy với các mức nước thượng lưu nhỏ có các tỉ lệ $H/D < 1,5$ (H - chiều cao cột nước trên đỉnh tràn), đường mặt nước chảy tự do và chưa chạm tường ngực. Khi $H/D \geq 1,5$, đường mặt nước chạm vị trí mép dưới tường ngực, bắt đầu chuyển sang chảy có áp. Tầng mức nước lớn hơn mức nước này dòng chảy có áp hoàn toàn dưới tường ngực.

Tương tự các thí nghiệm trên mô hình có chiều cao lỗ $D=13m$, tỉ lệ 1/48 và $D=11,4m$, tỉ lệ 1/100; kết quả chế độ dòng chảy tự do khi $H/D < 1,5$ và chuyển sang chảy có áp khi $H/D \geq 1,5$.

Như vậy, có thể xác định chế độ dòng chảy của đập tràn thực dụng có tường ngực biên cong ở chế độ chảy tự do khi mức nước trên đỉnh tràn $H/D < 1,5$ và chuyển sang chế độ chảy có áp dưới tường ngực khi $H/D \geq 1,5$. Nhận định này cũng phù hợp trích dẫn

[trang 214,1], [trang 225, 7], khi cửa vào cống, tuy nên chảy có áp với $H/D \geq 1.5$, chảy không áp khi $H/D < 1.15-1.25$. Và [4], cho biết dòng chảy có áp qua tường ngực khi $H/D = 1,5-1,7$.

2.2. Tính lưu lượng tháo và hệ số lưu lượng

2.2.1. Khả năng tháo và hệ số lưu lượng khi đập tràn chảy tự do

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm mô hình được ghi ở bảng (5). Ở chế độ chảy tự do, tính lưu lượng tháo qua đập tràn có mặt cắt thực dụng hình cong dạng Creager-Ophixerop và WES được tính theo công thức (1) quen thuộc đã biết.

$$Q = \sigma_n \epsilon m B \sqrt{2gH_0^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

Trong đó: σ_n – hệ số chảy ngập của đập tràn; B – Tổng chiều rộng diện tràn; H_0 – Cột nước tác dụng trên tràn; m – Hệ số lưu lượng; ϵ - Hệ số co hẹp; các hệ số m, ϵ có thể tham khảo trong các tài liệu hiện có (bảng 4) [1], [2], [6].

Bảng 4. Hệ số lưu lượng m của đập tràn Creager-Ophixerop và WES khi $P_1/H_d \geq 1,33$ theo các tài liệu [1], [2], [6]

TT	H/H_d	Mặt cắt Creager-Ophixerop	Mặt cắt
----	---------	---------------------------	---------

		Tác giả N.N Pavlopki		Tác giả Ophixerop	Tác giả Rôdanốp	WES
		Mặt cắt loại A	Mặt cắt loại B	Mặt cắt loại A		
1	0,2	0,409	0,416	0,417	0,413	
2	0,4	0,434	0,446	0,439	0,441	0,436
3	0,5	0,440	0,461			0,451
4	0,6	0,458	0,467	0,458	0,461	0,464
5	0,7	0,470	0,471			0,476
6	0,8	0,483	0,475	0,475	0,477	0,486
7	0,9	0,487	0,478			0,494
8	1,0	0,490	0,480	0,49	0,490	0,501
9	1,1					0,507
10	1,2					0,510
11	1,3					0,513

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm lưu lượng, tính hệ số lưu lượng ở chế độ chảy tự do và so sánh với các tài liệu đã công bố [1], [2], [6]

STT	$q(m^2/s)$	H_o/H_d	H_o/D	Hệ số m thí nghiệm	Hệ số m đập chuẩn	Sai số (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
A	Mô hình phân đoạn $D=11,4m$, $H_d=20,03m$. tỉ lệ 1/48					
1	68,80	0,53	0,93	0,475	0,460	3,24
2	140,00	0,85	1,49	0,501	0,494	1,47
	Mô hình không gian $D=11,4m$, $H_d=20,03m$. tỉ lệ 1/100					
1	68,78	0,53	0,92	0,484	0,460	4,93
2	81,67	0,58	1,02	0,485	0,464	4,33
3	84,67	0,61	1,06	0,489	0,465	4,93
4	103,44	0,70	1,22	0,495	0,476	3,74
5	125,22	0,81	1,41	0,489	0,486	0,59
6	136,66	0,87	1,52	0,483	0,492	-1,83
7	143,33	0,87	1,53	0,494	0,494	0,08
8	149,18	0,89	1,55	0,506	0,494	2,30
9	152,22	0,91	1,59	0,494	0,494	0,08

So sánh với các tài liệu đã công bố [1], [2], [6], kết quả thí nghiệm có sai số $\leq 3-4\%$.

2.2.2. Khả năng tháo và hệ số lưu lượng khi chảy có áp dưới tường ngược

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm mô hình được ghi ở bảng (6). Lưu lượng qua lỗ dưới tường

ngược tính theo công thức (2), [1], [4], [5].

$$Q = \mu\omega \sqrt{2g \left(H_o + \frac{V_o^2}{2g} \right)} \quad (2)$$

Trong đó $H_e=H-D/2$; V_o - vận tốc tiến gần; μ - hệ số lưu lượng, ω - diện tích lỗ.

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm lưu lượng, tính hệ số lưu lượng ở chế độ chảy có áp và so sánh với [4]

STT	q(m ² /s)	H _o /H _d	H _o /D	Hệ số μ thí nghiệm	Hệ số μ tính theo 1.19	Sai số (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
A						
Mô hình phân đoạn D=11,4m, H _d =20,03m. tỉ lệ 1/48						
1	150,00	0,95	1,66	0,794	0,750	5,53
2	153,33	0,96	1,67	0,786	0,750	4,61
3	159,33	1,00	1,75	0,794	0,770	2,97
4	206,67	1,49	2,64	0,807	0,830	-2,90
Mô hình phân đoạn D=13m, H _d =17,2m. tỉ lệ 1/48						
1	204,73	1,34	1,77	0,858	0,830	3,34
2	242,67	1,75	2,31	0,852	0,830	3,81
Mô hình không gian D=11,4m, H _d =20,03m. tỉ lệ 1/100						
1	155,56	0,95	1,66	0,799	0,751	7,64
2	157,33	0,96	1,68	0,802	0,754	6,02
3	163,33	1,00	1,75	0,809	0,768	5,95
4	168,78	1,06	1,85	0,808	0,783	5,12
5	179,67	1,14	1,99	0,822	0,801	3,10
6	193,33	1,23	2,16	0,843	0,817	2,55
7	191,67	1,21	2,12	0,844	0,814	2,99
8	196,44	1,26	2,20	0,846	0,821	3,59
9	221,11	1,51	2,64	0,854	0,831	2,97

Theo [4], tính hệ số lưu lượng μ có thể sử dụng công thức (3), hay theo bảng (7);

$$\mu = 0.148631 + 0.945305 \frac{H}{H_d} - 0.326238 \left(\frac{H}{H_d} \right)^2 \quad (3)$$

Bảng 7. Hệ số lưu lượng μ trong công thức (2) và (3)

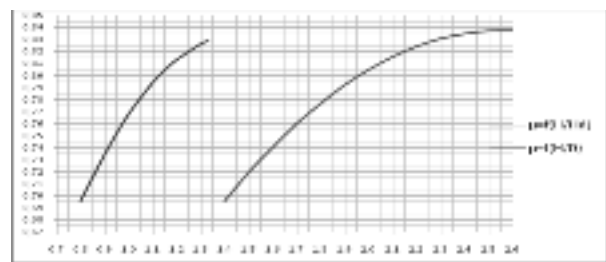
H/H _d	0.8	1.0	1.15	1.33
μ	0.696	0.769	0.797	0.829

Để kiểm nghiệm công thức này, kết quả thí nghiệm ở bảng (6) so sánh với tính theo công thức (3) và bảng (7), sai số không vượt quá Δ=±4-5%. Theo tài liệu dẫn ra ở [4], kết quả thí nghiệm hệ số lưu lượng của 10 công trình có đập tràn tường ngược, cho thấy hệ số lưu lượng μ có sai số cũng trong khoảng Δ=±4-5%.

Tính hệ số lưu lượng theo công thức (3) khá dễ dàng, tuy nhiên công thức này phụ thuộc tỉ lệ H/H_d, chưa phản ánh được chế độ chảy có áp. Công thức (3) cũng có thể chuyển đổi

theo tỉ lệ H/D để dàng xác định trong trường hợp chảy có áp H/D>1,5 như công thức (4) dưới đây.

$$\mu = 0.149 + 0.538 \frac{H}{D} - 0.105 \left(\frac{H}{D} \right)^2 \quad (4)$$



Hình 5. Biểu đồ xác định hệ số lưu lượng μ = f(H/H_d) và μ = f(H/D)

Từ các phân tích trên trong phạm vi chiều cao cột nước tác dụng trên đỉnh tràn H/H_d=0,8- 1,5 hoặc H/D=1,5- 2,6; ở chế độ chảy có áp dưới tường ngược có thể sử dụng công thức (2) để tính lưu lượng tháo, các công thức (3), (4) và biểu đồ hình (5) để tính hệ số

lưu lượng μ .

3. KẾT LUẬN

Khi thiết kế các đập tràn thực dụng với yêu cầu tăng dung tích hồ chứa dành cho phòng lũ, tháo lưu lượng ở mức nước hồ thấp, nếu thiết kế đập tràn thông thường có chiều cao cửa van lớn, khó khăn cho việc vận hành và giá thành cao. Lúc này cần thiết nghiên cứu kết cấu đập tràn có tường ngực để có thể tối ưu thiết bị cơ khí và kết cấu cửa van.

Đập tràn thực dụng có tường ngực biên cong có thể có chế độ chảy tự do khi mức nước trên đỉnh tràn $H/D < 1,5$ và chuyển sang chế độ chảy có áp dưới tường ngực khi $H/D \geq 1,5$.

Ở chế độ chảy tự do, tùy thuộc vào vào hình dạng đường cong mặt tràn có thể tham khảo các tài liệu hiện có để tính toán các thông số thủy lực của chúng.

Kết quả nghiên cứu và phân tích nêu trên cho thấy, ở chế độ chảy có áp dưới tường ngực trong phạm vi chiều cao cột nước tác dụng trên đỉnh tràn $H/H_d = 0,8 - 1,5$ hoặc $H/D = 1,5 - 2,6$ có thể sử dụng công thức có thể sử dụng công thức (2) để tính lưu lượng tháo, các công thức (3), (4) và biểu đồ hình (5) để tính hệ số lưu lượng μ . Kết quả nghiên cứu này đã được kiểm chứng với các tài liệu tham khảo tương ứng cho sai số trong phạm vi cho phép.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Xuân Đặng, Ngô Trí Viêng (1977), Công trình tháo lũ trong đầu mối hệ thống thủy lợi, NXB-KHKT- Hà Nội.
- [2]. Sổ tay tính toán thủy lực P.G. Kixelep (Bản dịch), 1984
- [3]. Viện Năng lượng - Nghiên cứu, tổng kết, đánh giá các kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực công trình xả lũ cột nước cao và kiểm nghiệm ở công trình thủy điện Sơn La, Đề tài KH&CN, EVN 2007
- [4]. Guidelines for selection of spillway and energy dissipators (2012) . First Revision IS 10137 - Indian Standard
- [5]. The Standards Compilation of Water Power in China (2000)-China Electric Power Press.
- [6]. Ven Te Chow.Ph.D, Open – Channel Hydraulic, 1959
- [7]. S. M. Slisski (1986). Tính toán thủy lực công trình xả cột nước cao- NXB Năng lượng Matxcova-1986 (bản tiếng Nga)