LỰA CHỌN HÌNH THỨC ĐOẠN CHUYỂN TIẾP TỪ DỐC NƯỚC XUỐNG BỂ TIÊU NĂNG CHO CÔNG TRÌNH TRÀN XẢ LŨ EAROK TỈNH ĐẮC LẮK

PGS.TS. Lê Văn Nghị, KS. Hoàng Đức Vinh, KS. Nguyễn Việt Hùng
Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc Gia ĐLHSB
ThS. Nguyễn Quốc Huy
Trường Cao đẳng nghề Cơ điện và Xây dựng Bắc Ninh

Tóm tắt: *Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý cho hai loại đoạn cong chuyển tiếp chuyển đổi cao độ từ cuối dốc nước xuống đáy bể tiêu năng cho công trình tràn xả lũ Earok tỉnh Đăk lắc là loại có phương trình đường nước rơi và loại có hai bán kính cong ngược. Bài báo cũng so sánh các đặc trưng thuỷ động lực học, khả năng tiêu hao năng lượng của bể tiêu năng khi áp dụng hai loại đoạn chuyển tiếp này, cũng như điều kiện áp dụng của từng loại.*

Summary: The acticle presents the results of empirical research on physical model for two types of curve transition from the end of the slope to the bottom of stilling basin of Earok spillway, Daklak province, which one has shape of falling water equation and one has two opposite curve radius. The article also compares the hydrodynamic features, the ability of energy lossing in stilling basin when applied to two types of transition, as well as the conditions of application of each type.

I. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong các công trình tràn xả lũ có dốc và tiêu năng đáy, việc lựa chọn hình dạng đoạn chuyển tiếp sẽ quyết định đến sự hình thành nước nhảy, hiệu quả tiêu năng chiều dài bể, chiều dài đoạn chuyển tiếp sân sau, xói lở lòng dẫn hạ lưu và ảnh hưởng giá thành của công trình. Lựa chọn được đường cong chuyển tiếp phù hợp sẽ tạo ra hiệu quả tiêu năng cao và giảm giá thành đầu tư xây dựng là mong muốn của các nhà thiết kế và nghiên cứu về thuỷ lực công trình.

Theo thiết kế thông thường, các công trình tràn nối tiếp bằng dốc nước có tiêu năng đáy thường sử dụng đoạn chuyển tiếp là kiểu đường nước rơi tạo nên bởi một đường parabol như tràn Đá Hàn, tràn Tả Trạch, tràn sông Sào, tràn Núi Cốc... Kiểu đường nước rơi này có nhược điểm là chiều dài chuyển tiếp lớn, độ dốc thoải không tạo được nước nhảy cuối đoạn chuyển tiếp đầu bể tiêu năng, gây ra hiện tượng không tận dụng hết chiều sâu bể tiêu năng để tiêu hao năng lượng thừa của dòng chảy. Trong nghiên cứu thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ Earơk, hai dạng đoạn chuyển tiếp là kiểu đường nước rơi và kiến hai bán kính cong ngược đã được đưa vào nghiên cứu nhằm tối ưu hiệu quả tiêu năng của bể tiêu năng.

Tràn xả lũ công trình hồ chứa Earơk là công trình cấp 3, thuộc đầu mối hồ chứa Earơk tỉnh Đắc Lắc, do ban Quản lý đầu tư và xây dựng thuỷ lợi 8 là chủ đầu tư, Viện Thuỷ điện và Năng lượng tái tạo là đơn vị tư vấn thiết kế. Tràn xả lũ được thí nghiệm tại Trung tâm nghiên cứu thuỷ lực thuộc Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển. Công trình được thiết kế với các thông số như sau: Hình thức tràn sâu có cửa đóng mở thuỷ lực, nối tiếp dốc nước, tiêu năng đáy, kết cấu bê tông cốt thép M250 đặt trên nền đá, Lưu lượng xả thiết kế (P = 1%) 584.84 m^3/s; Lưu lượng xả lũ kiểm tra (P = 0.2%) 695.83 m^3/s; Cao trình ngưỡng tràn ∇495.0m; Cột nước tràn thiết kế 6.85m; Chiều rộng tràn n×b=3×7= 21m; Dốc nước có độ dốc i=10%, dài 139m, rộng 26m, cao trình cuối dốc nước ∇479.0m; Đoạn chuyển tiếp từ dốc nước xuống bể tiêu năng dài 19m, có chênh cao địa hình 5,5m; Bể tiêu năng dài 35m, cao trình đáy ∇473.50m, rộng 26m [3]. Đây là thông số của tràn theo phương án của tư vấn thiết kế đề xuất.

Người phản biện: TS. Nguyễn Ngọc Nam

II. MÔ HÌNH HÓA, CÁC THIẾT BỊ ĐO ĐẠC VÀ CẤP LƯU LƯỢNG THÍ NGHIỆM

Mô hình thí nghiệm được xây dựng là mô hình chính thái tổng thể có tỷ lệ hình học λ_L= 30, tương tự theo tiêu chuẩn Froude, đảm bảo các điều kiện tương tự về thuỷ động lực học với nguyên hình. Sai số do chế tạo mô hình đầu mối < 0.5mm, sai số do chế tạo phần bê tông không quá 2cm. Các thông số thủy động lực học của dòng chảy gồm trên mô hình được đo đạc bằng các thiết bị:

- Đo địa hình lòng sông, lòng kênh dùng thước thép xác định chiều dài trên mặt bằng, xác định cao độ dùng máy thuỷ bình Ni04.

- Xác định mực nước trên mô hình dùng kim đo mực nước do TQ và Liên Xô chế tạo; có thể đọc được 0.1mm.

- Đo đường mặt nước trên mô hình, đo chiều cao sóng bằng máy Ni04 và mia, sai số không vượt quá 0.5mm đến 1.0mm.

- Xác định lưu lượng cấp vào mô hình dùng đập tràn thành mỏng lỗ chữ nhật tính theo công thức Rebock: $Q = b H_*^{3/2}(1.782 + 0.24$) sai số nhỏ hơn 1%.

- Đo lưu tốc trung bình thời gian bằng đầu đo điện tử PEMS, E40 do Hà Lan chế tạo; dải đo từ 0.05m/s đến 5.0m/s, sai số của thiết bị đo là 1%.

- Mạch động lưu tốc cũng được đo bằng thiết bị điện tử, máy vi tính nhận tín hiệu và có chương trình cài đặt tự xử lý số liệu.

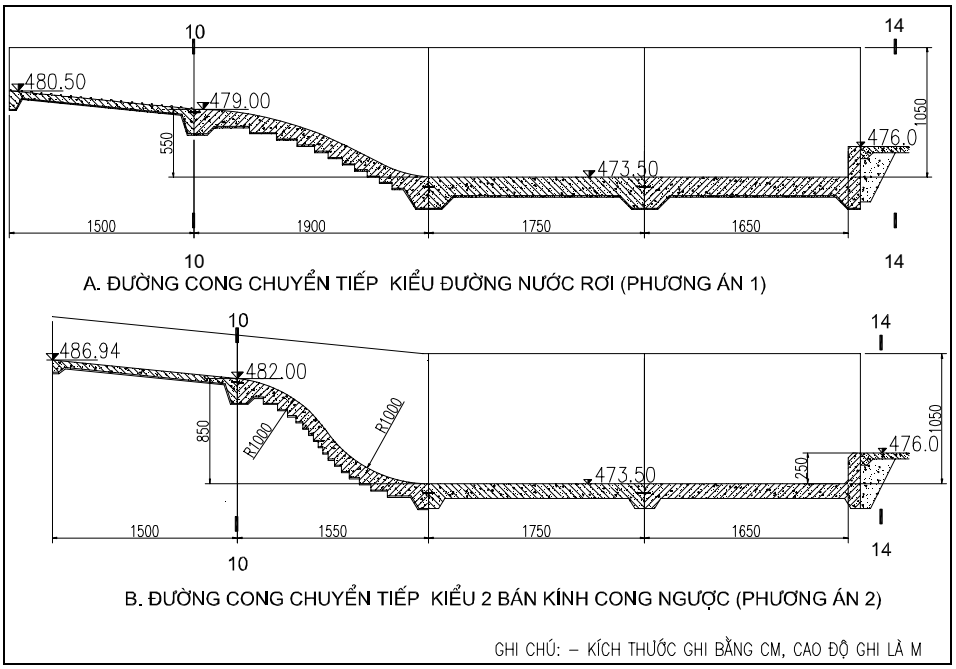
III. CÁC PHƯƠNG ÁN NGHIÊN CỨU THÍ NGHIỆM VỀ ĐOẠN CHUYỂN TIẾP TRÊN MÔ HÌNH

Trên mô hình đã nghiên cứu và thí nghiệm với 02 phương án khác nhau của đoạn chuyển tiếp.

- Phương án 1: đoạn chuyển tiếp có kiểu đường nước rơi theo dạng parabon là kết quả thu được từ phương trình đường nước rơi, đây là phương án do thiết kế đưa ra, với chiều dài đoạn chuyển tiếp là 19m, với chênh cao là 5,50m, có phương trình: y = x tgθ + $\frac{x^2}{K(4H_o\cos^2\theta)}$ (1), Ho = H + $\frac{\overline{V^2}}{2g}$ (2)

Trong đó: x, y (m) là tọa độ đường cong parabol theo chiều dọc và đứng của dòng chảy; θ(°) là góc của độ dốc đáy dốc nước; H_o(m), H (m) ,V(m/s) lần lượt là cột nước toàn phần ở, chiều sâu dòng chảy, vận tốc dòng chảy ở cuối đoạn dốc nước.

- Phương án 2: Đoạn chuyển tiếp là một đường cong tạo bởi hai cung tròn có bán kính ngược nhau. Các bán kính được chọn theo biểu thức R= (4÷10)H_{cd} (m) (3). Với tràn xả lũ Earók được chọn R= 4÷5 H_{cd}. H_{cd} là chiều sâu dòng chảy cuối dốc được xác định bằng cách tính đường mặt nước trên dốc nước với lưu lượng thiết kế, H_{cd}= 2,3m là số liệu thí nghiệm từ phương án thiết kế (Phương án 1). Đoạn chuyển tiếp Phương án 2 có chiều dài là 15,50m với độ chênh cao 8,5m, được hợp bởi hai cung tròn có bán kính là 10,0m. Cấu tạo của hai loại đoạn cong chuyển tiếp thể hiện ở Hình 1



Hình 1. Cấu tạo bể tiêu năng và đoạn chuyển tiếp các phương án

IV. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VỚI PHƯƠNG ÁN 1

Mô hình được thí nghiệm với 5 cấp lưu lượng ghi ở Bảng 1. Quá trình thí nghiệm đã tiến hành quan sát mô tả tình hình thủy lực, đặc điểm nối tiếp tiêu năng và tiến hành đo các thông số, mực nước, vận tốc, độ sâu dòng chảy trước nước nhảy (h_c) độ sâu liên hiệp sau nước nhảy h_c'', chiều dài nước nhảy L_{nn}, xác định vị trí nước nhảy.

Bảng 1. Các cấp mực nước, lưu lượng thí nghiệm

TT	Q (m^3/s)	q (m^2/s)	Ztl (m)	Zhl (m)	Ghi chú
1	695,83	26,76	503,25	483,37	Mực nước kiểm tra
2	584,48	22,48	502,50	483,00	Mực nước thiết kế
3	500,00	19,23	501,90	482,68	Mực nước DBT
4	400,00	15,38	501,12	482,27	
5	300,00	11,54	500,26	481,81	

4.1. Tình hình nối tiếp tiêu năng trong bể phương án 1

Quan sát dòng chảy trên mô hình nhận thấy làn nước từ dốc đi xuống bể không bám sát mặt đoạn chuyển tiếp; Dạng nước nhảy đầu bể tiêu năng có dạng nhảy mặt, mặt cắt đầu nước nhảy ở ngay trên đoạn cong chuyển tiếp. Phạm vi nước nhảy nằm một phần ở đoạn cong chuyển tiếp từ 8 đến 12 m (Ảnh 1), một phần ở bể tiêu năng nên hiệu quả tiêu năng thấp, sóng nước ở đoạn kênh sau bể đạt từ 0,7 đến 1,2m. Bảng 2 thể hiện các thông số nối tiếp tiêu năng của dòng chảy từ dốc xuống bể.

Bảng2. Xác định các yếu tố của nước nhảy PATK

Thứ tự	Q (m^3/s)	Mực nước (m)		Các yếu tố nước nhảy (m)			Ghi chú
		$Z_{hồ}$	$Z_{hạ}$	h_c	h_c''	Lnn	
1	695,83	503,26	483,37	1,50	10,5	33,0	Đầu nước nhảy
2	584,48	502,50	483,00	1,38	9,8	30,0	tiến sâu vào đoạn
3	500,00	501,90	482,68	1,30	9,4	28,0	cong chuyển tiếp
4	400,00	501,12	482,27	1,20	8,8	26,0	từ 8-12m nên ở phần
5	300,00	500,26	481,81	0,96	7,5	25,0	nước nhảy trong bể bể chỉ là 17-21m

Từ bảng 2 cho thấy chiều sâu trước nước nhảy từ 0,96 đến 1,50 m, chiều dài nước nhảy từ 25 đến 33m, chiều sâu dòng chảy sau nước nhảy từ 7,50 đến 10,00m, mặt cắt trước nước nhảy sảy ra trên đoạn cong chuyển tiếp cách đầu bể về thượng lưu với chiều dài là từ 8 đến 12m, nên chiều dài nước nhảy nằm trong phạm vi bể là 17 đến 21m. Do đó ta thấy chiều dài bể bị thừa đến 1/3 với cấp lưu lượng lớn nhất.

4.2. Đánh giá hiệu quả tiêu năng

Để đánh giá hiệu quả tiêu năng trong bể ta thiết lập phương trình năng lượng cho hai mặt cắt là [2]:

- Năng lượng mặt cắt cuối dốc nước đầu đoạn cong chuyển tiếp: $E_{10}=Z_{10}+\frac{\alpha\overline{V_{10}^2}}{2g}$ (4)

- Năng lượng mặt cắt đầu kênh xả hạ lưu, ngay sau bể tiêu năng: $E_{14}=Z_{14}+\frac{\alpha\overline{V_{14}^2}}{2g}$ (5)

Phần năng lượng được tiêu hao trong bể $\Delta E = E_{10} - E_{14}$ (6), và tỷ lệ năng lượng tiêu hao được xác định theo công thức $\Delta E / E_{10}$ (%) (7).

Ứng với 5 cấp lưu lượng được thí nghiệm trên mô hình ta đo được các giá trị: Z_{10}, $\overline{V_{10}}$, Z_{14}, $\overline{V_{14}}$ đem thay vào biểu thức từ (4) đến (6), kết quả ghi trong bảng 3. Trong đó mặt chuẩn so sánh mực năng lượng được chọn là mặt cắt nằm ngang đi qua mặt trên của đoạn gia cố hạ lưu với cao trình 476,00m

Bảng 3. Tính hiệu quả tiêu năng của phương án 1

Thứ tự	$Q_{xả lũ}$ (m^3/s)	Tại mặt cắt 10-10			Tại mặt cắt 14-14			$\Delta E = E_{10}-E_{14}$ (m)	%E tiêu hao
		H_{10} (m)	V_{10} (m/s)	E_{10} (m)	H_{14} (m)	V_{14} (m/s)	E_{14} (m)		
1	695,83	2,16	12,69	13,37	8,22	2,45	8,52	6,45	48,22
2	584,48	1,96	12,62	13,08	7,57	2,33	7,85	5,78	44,21
3	500,00	1,83	10,44	10,38	7,19	2,03	7,40	5,17	49,79
4	400,00	1,70	9,45	9,26	6,64	1,90	6,82	3,11	33,60
5	300,00	1,49	6,72	6,80	6,08	1,60	6,21	1,88	27,66

Từ số liệu tính ra trong bảng 3 ta thấy hiệu quả tiêu năng của bể đạt trên dưới từ 27 đến 48 % so với năng lượng tại mặt cắt của dòng chảy từ cuối dốc đổ vào bể tiêu năng, mặt cắt 10.

V. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VỚI PHƯƠNG ÁN 2

5.1. Tình hình nối tiếp tiêu năng trong bể phương án 2

Quan sát dòng chảy trên mô hình nhận thấy:

+ Đoạn chuyển tiếp cuối dốc nối với bể tiêu năng được thay đổi là 2 cung tròn ngược đã có tác dụng làm cho dòng chảy bám sát mặt công trình, mặt cắt đầu nước nhảy xuất hiên ở đầu bể tiêu năng;

+ Dạng nước nhảy đầu bể tiêu năng có dạng nhảy đáy hoàn chỉnh.

Ảnh 1. Dòng chảy trên đoạn chuyển tiếp phương án 1, nước nhảy ngay trên đoạn chuyển tiếp với Q_{TK} = 584.48 m^3/s

Ảnh 2. Dòng chảy trên đoạn chuyển tiếp phương án 2, nước nhảy trong bể tiêu năng với Q_{TK} = 584.48 m^3/s

+ Trong 5 chế độ lưu lượng xả lũ, chỉ khi xả lũ thiết kế và kiểm tra thì sóng truyền xuống kênh xả hạ lưu tương đối lớn, còn khi xả lũ với các cấp nhỏ hơn 500 m^3/s thì sóng lan truyền xuống kênh hạ lưu không lớn, ít gây nguy hiểm do sóng vỗ vào mái bờ kênh hạ lưu bể tiêu năng vì với các cấp Q lớn (kiểm tra và thiết kế) có giá trị h'' lớn hơn mực nước trên đoạn gia cố sau bể tiêu năng sinh ra nước đổ.

Bảng 4 thể hiện các thông số nối tiếp tiêu năng của dòng chảy từ dốc xuống bể của phương án 2.

Bảng 4. Xác định các yếu tố nước nhảy phương án 2

Thứ tự	Q (m^3/s)	Mực nước (m)		Các yếu tố nước nhảy (m)			Ghi chú
		$Z_{hồ}$	$Z_{hạ}$	h_c	h_c''	Lnn	
1	695,83	503,16	483,37	1,20	10,20	31,00	Đầu nước nhảy tiến sâu vào đoạn cong chuyển tiếp từ 8-12m nên ở phần nước nhảy trong bể bể chỉ là 17-21m
2	584,48	502,41	483,00	1,14	9,80	28,50	
3	500,00	501,80	482,67	1,02	9,20	25,50	
4	400,00	501,01	482,26	0,90	8,70	21,00	
5	300,00	500,17	481,83	0,66	8,00	18,00	

Từ bảng 4 cho thấy chiều sâu trước nước nhảy từ 0,66 đến 1,20 m, chiều dài nước nhảy từ 18 đến 31m, chiều sâu dòng chảy sau nước nhảy từ 8,00 đến 10,20m.

5.2. Đánh giá hiệu quả tiêu năng phương án 2

Với cách làm tương tự phương án 1 kết quả tính hiệu quả tiêu năng ghi trong bảng 5.

Bảng 5. Đánh giá hiệu quả tiêu năng phương án 2

Thứ tự	$Q_{xả lũ}$ (m^3/s)	Tại mặt cắt 10-10			Tại mặt cắt 14-14			$\Delta E = E_{10}-E_{14}$ (m)	%E tiêu hao
		H_{10} (m)	V_{10} (m/s)	E_{10} (m)	H_{14} (m)	V_{14} (m/s)	E_{14} (m)		
1	695,83	1,77	16,03	20,86	7,61	2,75	8,00	12,86	61,66
2	584,48	1,54	14,77	18,66	7,42	2,26	7,68	10,98	58,84
3	500,00	1,33	14,40	17,90	6,90	2,13	7,13	10,77	60,15
4	400,00	1,07	14,34	17,55	6,68	1,78	6,84	10,71	61,04
5	300,00	0,88	12,29	14,57	6,01	1,41	6,11	8,46	58,07

Từ số liệu tính toán hiệu quả tiêu năng cho ta thấy, với phương án sửa đổi rút ngắn dốc nước, sửa lại đoạn cong chuyển tiếp, hiệu quả tiêu năng đã được tăng lên, tỷ lệ phần trăm năng lượng được tiêu hao trong bể đạt từ 58 % ÷ 61.6%. Tuy nhiên, từ số liệu đo chiều dài nước nhảy cho thấy, chiều dài bể vẫn còn tương đối dài, chiều dài nước nhảy lớn nhất vẫn còn tới 31m, mặt khác, sóng lan truyền xuống hạ lưu còn xa và lớn, vì vậy, cần sử dụng giải pháp tiêu năng phụ nhằm rút ngắn thêm chiều dài nước nhảy cũng như chiều dài bể tiêu năng và giảm nhẹ gia cố hạ lưu, nhất là mái kênh xả bờ phải.

VI. SO SÁNH VÀ BÀN LUẬN

- Từ kết quả thí nghiệm tại Bảng 3 và Bảng 5 cho thấy giá trị lưu tốc trước đoạn cong chuyển tiếp của phương án 2 lớn hơn và độ sâu dòng chảy nhỏ hơn so với phương án 1 là do: Trong phương án 1 được thiết kế với chiều dài dốc nước 1 là 139m và cuối dốc có các mô nhám nhân tạo để giảm vận tốc dòng chảy. Trong phương án 2 cơ quan nghiên cứu thí nghiệm đã kiến nghị cắt ngắn 30m chiều dài dốc nước so với phương án 1 và không sử dụng mố nhám gia cường. Cũng do việc cắt ngắn dốc nước mà cao trình cuối dốc nước là 479m ở phương án 1 và 482 m ở phương án 2. Do vậy nếu, đoạn chuyển tiếp vẫn sử dụng dạng đường cong nước rơi thì chiều dài đoạn chuyển tiếp còn lớn hơn phương án 1.

- Với dạng đường chuyển tiếp của phương án 2 cho thấy có hiệu quả hơn phương án 1 về phương diện thủy lực: tạo cho dòng chảy bám sát bề mặt đoạn chuyển tiếp đã tạo ra độ sâu trước nước nhảy nhỏ hơn, tận dụng được hết chiều sâu bể để hình thành nước nhảy; vị trí nước nhảy ngay tại đầu bể tiêu năng không ăn sâu vào trong đoạn chuyển tiếp; chiều dài nước nhảy ngắn hơn; hiệu quả tiêu hao năng lượng lớn hơn, đạt đến 61%. Về mặt giá trị tuyệt đối với phương án 2 tiêu hao được từ 8,5 đến 12,5 mH_20 so với phương án 1 là 2 đến 6,5 mH_20

- Dạng đường chuyển tiếp kiểu nước rơi theo phương trình parabol có nhược điểm là không tạo được dòng chảy bám sát bề mặt công trình trên suất chiều dài đoạn chuyển tiếp, nên dòng chảy tạo sau đó như một dòng phun ở giữa bể theo chiều đứng, không tận dụng được triệt để chiều sâu bể để tiêu năng. Do không có đủ độ sâu để hình thành xoáy đứng hoàn chỉnh nên chiều dài nước nhảy thường lớn hơn, hiệu quả tiêu năng giảm đáng kể chỉ đạt từ 27 đến 50%. Kết quả này cũng thu được từ kết quả nghiên cứu thí nghiệm mô hình tràn xả lũ Đá Hàn tỉnh Hà Tĩnh [4].

- Khi sử dụng dạng đường chuyển tiếp kiểu nước rơi mặt cắt đầu cửa nước nhảy thường xuất hiện trên bề mặt đoạn chuyển tiếp là dạng nước nhảy trên kênh có độ dốc lớn [1], do vậy chiều dài bể tiêu năng được tính toán theo chiều dài nước nhảy thường thiên lớn. Còn đối với dạng đường nước rơi với hai bán kính cong ngược tạo ra được nước nhảy có mặt cắt trước nước nhảy tại vị trí cuối đoạn chuyển tiếp, nước nhảy nằm trọn trong bể tiêu năng do vậy việc xác định chiều dài bể khi

thiết kế theo chiều dài nước nhảy đảm bảo có độ chính xác cao hơn

- Đoạn chuyển tiếp kiểu hai cung tròn (phương án1) tỏ ra có hiệu quả về mặt thủy lực hơn nhiều so với đường cong dạng nước rơi (phương án 2), ở chỗ hiệu quả tiêu năng và bám biên rất tốt cho dù vận tốc trước đoạn chuyển tiếp lớn hơn đến 4m/s.

- Khi thiết thiết kế sử dụng dạng đường chuyển tiếp theo kiểu hai bán kính cong ngược sẽ:

+ Thuận lợi hơn khi tính toán, do công thức tính toán đơn giản;

+ Việc lựa chọn các cung cong để tạo tiếp tuyến với các đường thẳng của dốc nước và đáy bể dễ dàng hơn do việc sử dụng hai đường cong riêng biệt.

+ Với cùng một chênh cao thì dạng nối tiếp hai đường cong có chiều dài chuyển tiếp ngắn hơn, do vậy khối lượng công trình được giảm nhỏ.

Dạng đường chuyển tiếp kiểu hai bán kính cong ngược rất có hiệu quả với tràn Earơk và các tràn tương tự, khi có tỷ lưu đến 30m^3/s.m;

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoàng Tư An (2008), Thủy lực công trình, nxb Nông nghiệp.

[2]. Nguyễn Cảnh Cầm, và nnk (2008), Thủy lực tập 1, 2, nxb Nông Nghiệp;

[3]. Lê Văn Nghị, Hoàng Đức vinh, Nguyễn Việt Hùng (2011), Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn Earơk tỉnh Đắc Lắc.

[4]. Lê Văn Nghị, Đặng Thị Hồng Huệ, và nnk (2010) Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn Đá Hàn phương án tiêu năng Đáy, tỉnh Hà Tĩnh.