

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI  
GS. TS. NGUYỄN CẢNH CẨM - TSKH. LƯU CÔNG ĐÀO  
PGS. NGUYỄN NHƯ KHUÊ - PGS. TS. HOÀNG VĂN QUÝ

# Bài tập Thủy lực

*(Tái bản lần thứ hai có sửa chữa và bổ sung)*

**TẬP 2**

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 2009

## LỜI NÓI ĐẦU

*Cuốn Bài tập thủy lực xuất bản lần đầu vào năm 1973. Nội dung của nó tương ứng với nội dung cuốn Giáo trình thủy lực xuất bản năm 1968, 1969. Cuốn Bài tập thủy lực đó được soạn thành hai tập: Tập I do đồng chí Nguyễn Cảnh Cầm và Hoàng Văn Quý biên soạn, đồng chí Hoàng Văn Quý chủ biên. Tập II do các đồng chí Nguyễn Cảnh Cầm, Lưu Công Đào, Nguyễn Như Khuê và Hoàng Văn Quý biên soạn, đồng chí Nguyễn Cảnh Cầm chủ biên.*

*Cuốn Giáo trình thủy lực đã được tái bản (lần thứ ba) có sửa chữa và bổ sung cũng như sắp xếp lại số chương cho mỗi tập. Để tương ứng với cuốn giáo trình đó, trong lần tái bản thứ hai này cuốn Bài tập Thủy lực cũng được sửa chữa và bổ sung. Lần tái bản này do đồng chí Nguyễn Cảnh Cầm chịu trách nhiệm và được chia làm hai tập (tương ứng với hai tập của cuốn Giáo trình thủy lực tái bản lần thứ ba). Tập I gồm 9 chương từ chương I tới chương IX; tập II gồm 10 chương từ chương X tới chương XIX.*

*Trong quá trình chuẩn bị cho việc tái bản, Bộ môn Thủy lực Trường Đại học Thủy lợi đã đóng góp nhiều ý kiến quý báu. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các bạn.*

*Chúng tôi mong nhận được nhiều ý kiến nhận xét của bạn đọc.*

**Những người biên soạn  
5/2005**

## Chương X

# VẼ ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG SÔNG THIÊN NHIÊN

## I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

### 1. Công thức cơ bản

Để tính và vẽ đường mặt nước trong sông thiên nhiên, ta chia sông thành từng đoạn, sao cho trong phạm vi mỗi đoạn:

- Không có sông nhánh chảy vào hoặc chảy ra (Q không đổi dọc từng đoạn).
- Mặt cắt lòng sông ít thay đổi.
- Độ nhám, độ dốc mặt nước (thường xảy ra) là đều đặn.

Đối với mỗi đoạn, áp dụng công thức sai phân (hình 10-1):

$$\Delta z = z_t - z_d = \frac{Q^2}{K^2} \Delta l + (\alpha + \bar{\xi}_c) \left( \frac{v_d^2 - v_t^2}{2g} \right) \quad (10-1)$$

trong đó:

$z_t, z_d$  là mực nước (so với cao trình chuẩn) tại mặt cắt trên và mặt cắt dưới;

$v_t, v_d$  là lưu tốc tại hai mặt cắt trên và dưới;

$\bar{\xi}_c$  là tổng các hệ số tổn thất cục bộ (giá trị trung bình).

Thông thường lấy  $\bar{\xi}_c$  như sau:

- Đoạn sông thu hẹp dần:  $\bar{\xi}_c \approx 0$

- Đoạn sông mở rộng dần:  $\bar{\xi}_c \approx -1$

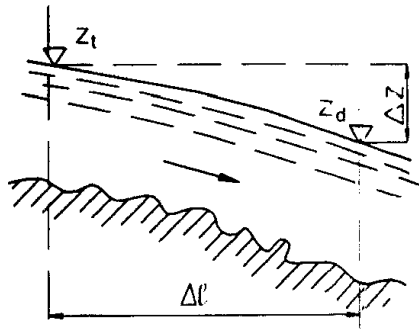
Trong cả hai trường hợp, số hạng thứ hai của (10-1) nói chung rất nhỏ, nên thường có thể dùng công thức:

$$\Delta z = z_t - z_d = \frac{Q^2}{K^2} \Delta l \quad (10-2)$$

$K^2$  có thể tính theo mực nước trung bình  $\bar{z} = \frac{1}{2}(z_1 + z_2)$  tức tính theo một mặt cắt trung gian giữa đoạn sông, nghĩa là:

$$K^2 = \bar{\omega}^2 \bar{C}^2 \bar{R} \quad (10-3)$$

Hoặc lấy bình quân của trị số  $K^2$  của hai mặt cắt trên và dưới:



Hình 10-1

$$\bar{K}^2 = \frac{1}{2}(K_t^2 + K_d^2) \quad (10-4)$$

hoặc: 
$$\frac{1}{\bar{K}^2} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{K_t^2} + \frac{1}{K_d^2} \right) \quad (10-5)$$

Khi tính  $\bar{K}^2$  theo các công thức đó, nên lấy hệ số nhám  $n$  từ tài liệu thực đo của đoạn sông:

Cách tính  $n$  tại mặt cắt trung bình từ tài liệu thủy văn: lưu lượng  $Q$ , mực nước hai đầu  $z_t, z_d$ , như sau:

Từ (10-1) rút ra:

$$\bar{C} = \frac{Q^2 \Delta l}{\sqrt{\left[ \Delta z - (\alpha + \bar{\xi}_c) \frac{Q^2}{2g} \left( \frac{1}{\omega_d^2} - \frac{1}{\omega_t^2} \right) \right] \bar{\omega}^2 \bar{R}}} \quad (10-6)$$

Hệ số Sezi  $C$  trong sông thiên nhiên thường tính theo công thức Manning  $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ .

Từ đó rút ra:

$$n = \frac{\bar{\omega} \bar{R}^{2/3}}{Q} \sqrt{\frac{\Delta z - (\alpha + \bar{\xi}_c) \frac{Q^2}{2g} \left( \frac{1}{\omega_d^2} - \frac{1}{\omega_t^2} \right)}{\Delta l}} \quad (10-7)$$

Nếu bỏ qua các tổn thất cục bộ và cột nước lưu tốc, tức dùng (10-2) thì rút ra:

$$n = \frac{\bar{\omega} \bar{R}^{2/3}}{Q} \sqrt{\frac{\Delta z}{\Delta l}} \quad (10-8)$$

## 2. Vẽ đường mặt nước từ tài liệu mặt cắt và độ nhám

Từ phương trình (10-1) hoặc (10-2), nếu biết lưu lượng, mặt cắt trên, mặt cắt dưới, độ nhám  $n$  của đoạn sông và một mực nước ở một đầu, có thể tìm ra mực nước ở đầu kia.

Thay  $\frac{1}{\bar{K}^2}$  theo (10-5) vào (10-1) ta được:

$$z_t - \frac{\Delta l}{2} \cdot \frac{Q^2}{K_t^2} + \left( \frac{\alpha + \bar{\xi}_c}{2g} \right) \frac{Q^2}{\omega_t^2} = z_d + \frac{\Delta l}{2} \cdot \frac{Q^2}{K_d^2} + \left( \frac{\alpha + \bar{\xi}_c}{2g} \right) \frac{Q^2}{\omega_d^2} \quad (10-9)$$

Phương pháp tổng quát là giải bằng cách tính gần đúng dần.

Để khỏi phải giải bằng cách tính gần đúng dần, có thể dùng cách giải bằng vẽ như sau:

Từ tài liệu mặt cắt, vẽ ra các đường.

$$\Phi(z_t) = \frac{\Delta l}{2K_t^2} - \frac{(\alpha + \bar{\xi}_c)}{2g\omega_t^2} \quad (10-10)$$

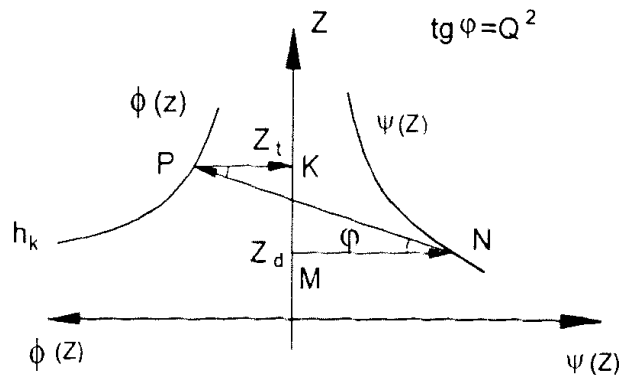
$$\psi(z_d) = \frac{\Delta l}{2K_d^2} + \frac{(\alpha + \bar{\xi}_c)}{2g\omega_d^2} \quad (10-11)$$

Từ (10-9) có:

$$\Delta z = z_t - z_d = Q^2 \{ \psi(z_d) + \Phi(z_t) \} \quad (10-12)$$

Từ công thức trên, ta thấy ngay cách vẽ như hình (10-2):

$$\overline{MK} = \operatorname{tg}\varphi [\overline{MN} + \overline{PK}] = Q^2 [(\psi(z_d) + \Phi(z_t))] = \Delta z \quad (10-13)$$



Hình 10-2

Ở đây ta lấy  $\operatorname{tg}\varphi = Q^2$ .

Nếu tỷ lệ xích của hình vẽ lấy như sau: trên trục  $z$ : 1cm ứng với  $a$  (m), còn trên trục  $\psi, \Phi$ : 1cm ứng với  $b \cdot 10^{-n}$  ( $s^2/m^5$ ) thì:

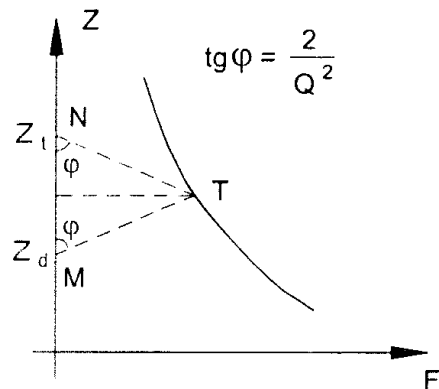
$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{b \cdot 10^{-n}}{a} Q^2 \quad (10-14)$$

### 3. Vẽ đường mặt nước từ tài liệu thủy văn theo giả thuyết "môđun sức cản không đổi"

Trên một đoạn sông, có nhiều tài liệu thực đo về mực nước  $z_t, z_d$  và lưu lượng tương ứng  $Q$ . Tập hợp các tài liệu đó thấy rằng:

$$\frac{z_t - z_d}{Q^2} = \frac{\Delta z}{Q^2} = F$$

chỉ là hàm số của mực nước trung bình  $\bar{z} = \frac{z_1 + z_2}{2}$  của đoạn mà không phụ thuộc vào lưu lượng và độ dốc của mặt nước (\*):



Hình 10-3

(\*) Giả thuyết "môđun sức cản không đổi" chỉ thích hợp với các đoạn sông ở bình nguyên.

$$\frac{\Delta z}{Q^2} = F(\bar{z}) \quad (10-15)$$

Trên trục tọa độ  $F \sim \bar{z}$ , mỗi tài liệu thực đo lưu lượng và mực nước sẽ cho một điểm biểu thị  $F = \frac{z_t - z_d}{Q^2}$  và  $\bar{z} = \frac{z_t + z_d}{2}$ . Tập hợp nhiều điểm thực đo ấy tạo thành đường cong tron  $F(\bar{z})$  của đoạn sông (hình 10-3).

Có đường  $F(\bar{z})$  ấy rồi, có thể tính được  $z_d$  nếu biết được  $z_t$  (hoặc ngược lại) bằng cách tính đúng dần, sao cho:

$$\Delta z = FQ^2 \quad (10-16)$$

Hoặc giải bằng phương pháp vẽ của Pavôlôpxki như sau:

Giả thử đồ thị  $F(\bar{z})$  đã được vẽ với tỷ lệ xích:

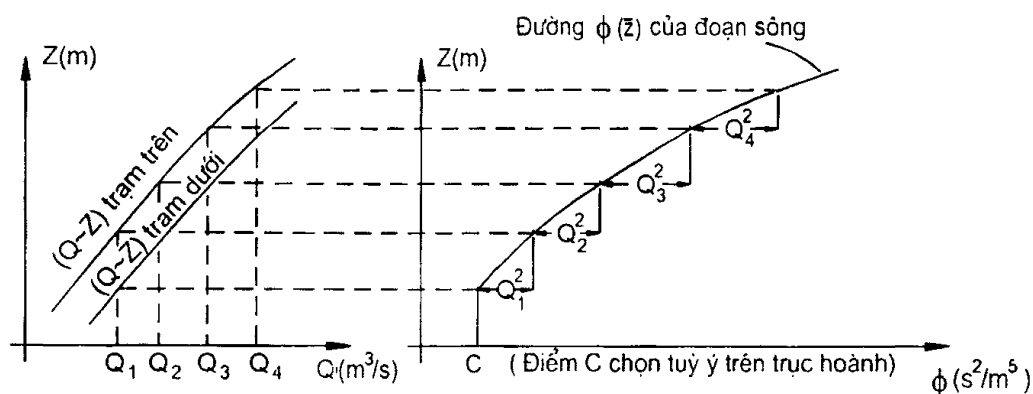
- Trên trục  $(\bar{z})$ ; 1cm ứng với  $a(m)$ ,

- Trên trục  $F$ : 1cm ứng với  $b \cdot 10^{-n} (s^2/m^5)$  và đã biết  $z_d$ . Ta tìm  $z_t$  như sau: Từ M (tung độ  $z_d$ ) vẽ đường MT và TN sao cho tam giác cân MTN có đỉnh T trên đường  $F(\bar{z})$  và góc  $\widehat{M} = \widehat{N} = \varphi$  với:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{z_t}{Q^2} \cdot \frac{a}{b} 10^n \quad (10-17)$$

- Điểm N sẽ xác định  $z_t$ .

Cũng từ nguyên lý "môđun sức cản không đổi" này còn có phương pháp Bécnatxki: dùng trực tiếp các đường quan hệ  $Q \sim z$  của hai trạm trên và dưới để vẽ ra đường  $\Phi(\bar{z})$ , gọi là đường cong chuẩn của đoạn sông (hình 10-4). Cách vẽ đường  $\Phi(\bar{z})$  được chỉ dẫn trên hình (10-4).

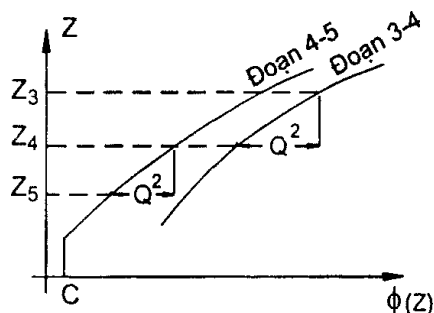


Hình 10-4

Tính chất của đường  $\Phi(\bar{z})$  là:

$$\Delta \Phi = \Phi(z_t) - \Phi(z_d) = Q^2 \quad (10-18)$$

Do đó sau khi vẽ được đường  $\Phi(\bar{z})$  ta có thể tính được  $z_1$  một cách dễ dàng nếu đã biết  $z_d$  và  $Q$  (hình 10-5).



Hình 10-5

## II. BÀI TẬP

**Bài 10-1.** Một sông được chia thành bốn đoạn bởi các mặt cắt 1, 2, 3, 4, 5. Chiều dài của các đoạn là:

Đoạn 1-2 dài 4000m;

Đoạn 2-3 dài 4500m;

Đoạn 3-4 dài 5500m;

Đoạn 4-5 dài 8200m.

Tại mặt cắt 5-5 dự định xây một đập tràn. Khi lưu lượng bằng lưu lượng thiết kế  $Q_{TK} = 1700m^3/s$  thì mực nước trên đỉnh đập tại mặt cắt 5-5 là  $z_5 = 17,95m$ . Yêu cầu vẽ đường mặt nước tương ứng trên sông. Trong tính toán lấy  $\alpha = 1$ ,  $\xi_c = 0$ .

Tài liệu đã có: Các mặt cắt 3, 4 và 5 có tài liệu lưu lượng và mực nước thực đo đã chỉnh lý và vẽ lên thành các đường  $Q \sim z$  ghi ở bảng sau:

$Q, (m^3/s)$	$z_3, (m)$	$z_4, (m)$	$z_5, (m)$	Ghi chú
1000	15,76	15,30	14,60	
1200	16,50	16,00	15,27	
1500	17,58	17,00	16,23	
1800	18,47	17,85	17,04	
2000	19,13	18,45	17,61	
2200	19,66	18,95	18,09	
2500	20,37	19,62	18,74	Đoạn này để kéo dài tài liệu

Các mặt cắt 1 và 2 không có tài liệu lưu lượng. Dùng tài liệu địa hình các mặt cắt ngang và từ đó tính ra môđun lưu lượng  $K = \omega C \sqrt{h_{tb}}$  với  $n = 0,030$  của các mặt cắt 1, 2 và 3 cho ở các bảng dưới đây:

*Mặt cắt 1-1*

$z, (m)$	$\omega, (m^2)$	$B, (m)$	$h_{tb}, (m)$	$K, (m^3/s)$
18,00	908	160	5,86	96200
18,50	989	164	6,02	109000
19,00	1092	168	6,40	123000
19,50	1157	171	6,76	137500
20,00	1243	173	7,20	154500
20,50	1330	175	7,61	171000
21,00	1419	179	7,92	187000
21,50	1511	185	8,17	204000
22,00	1606	193	8,32	220000

*Mặt cắt 2-2*

$z, (m)$	$\omega, (m^2)$	$B, (m)$	$h_{tb}, (m)$	$K, (m^3/s)$
17,00	918	161	5,73	98000
17,50	1000	165	6,07	111000
18,00	1084	170	6,36	124000
18,50	1170	173	6,75	139000
19,00	1257	176	7,15	155000
19,50	1346	180	7,47	171000
20,00	1437	183	7,86	189000
20,50	1529	186	8,20	203000
21,00	1625	192	8,47	223000
21,50	1721	200	8,60	242000

*Mặt cắt 3-3*

$z, (m)$	$\omega, (m^2)$	$B, (m)$	$h_{tb}, (m)$	$K, (m^3/s)$
16,00	973	165	5,92	106000
16,50	1057	170	6,20	118000
17,00	1143	174	6,58	134000
17,50	1231	180	6,85	147000
18,00	1321	182	7,20	164000
18,50	1411	184	7,70	183000
19,00	1504	186	8,10	201000
19,50	1598	190	8,40	221000
20,00	1694	195	8,70	240000
20,50	1794	202	8,85	258000



Chú ý:  $R \approx h_{tb} = \frac{\omega}{B}$ ;  $K = \omega C \sqrt{R} \approx \omega C \sqrt{h_{tb}} = \frac{\omega}{n} h_{tb}^{2/3}$

Giải:

1. Đối với hai đoạn sông 3-4 và 4-5 ta tính đường mặt nước bằng phương pháp "môđun sức cản không đổi". Dưới đây trình bày cả hai phương pháp: Phương pháp giải bằng vẽ của Pavolópki (dùng đường  $F(\bar{z})$ ) và phương pháp giải bằng vẽ của Bécnatxki (dùng đường cong chuẩn  $\Phi(\bar{z})$ ):

**Đoạn 3-4**

Q ( $10^3 m^3/s$ )	Q <sup>2</sup> ( $10^6 m^6/s^2$ )	z <sub>3</sub> (m)	z <sub>4</sub> (m)	Δz (m)	F = $\frac{\Delta z}{Q^2}$ ( $10^{-8} s^2/m^5$ )	$\bar{z} = \frac{z_3 + z_4}{2}$ (m)
1,0	1,00	15,76	15,30	0,46	46,00	15,53
1,2	1,44	16,50	16,00	0,50	34,80	16,25
1,5	2,25	17,58	17,00	0,58	25,70	17,29
1,8	3,24	18,47	17,85	0,62	19,20	18,16
2,0	4,00	19,13	18,45	0,68	17,00	18,79
2,2	4,84	19,66	18,95	0,71	14,70	19,31
2,5	6,25	20,37	19,62	0,75	12,00	20,00

**Đoạn 4-5**

Q ( $10^3 m^3/s$ )	Q <sup>2</sup> ( $10^6 m^6/s^2$ )	z <sub>4</sub> (m)	z <sub>5</sub> (m)	Δz (m)	F = $\frac{\Delta z}{Q^2}$ ( $10^{-8} s^2/m^5$ )	$\bar{z} = \frac{z_3 + z_4}{2}$ (m)
1,0	1,00	15,30	14,60	0,70	70,0	14,95
1,2	1,44	16,00	15,27	0,73	50,7	15,63*
1,5	2,25	17,00	16,23	0,77	34,2	16,61
1,8	3,24	17,85	17,04	0,81	25,0	17,45
2,0	4,00	18,45	17,61	0,84	21,0	18,03
2,2	4,84	18,95	18,09	0,86	17,7	18,52
2,5	6,25	19,62	18,74	0,90	14,4	19,19

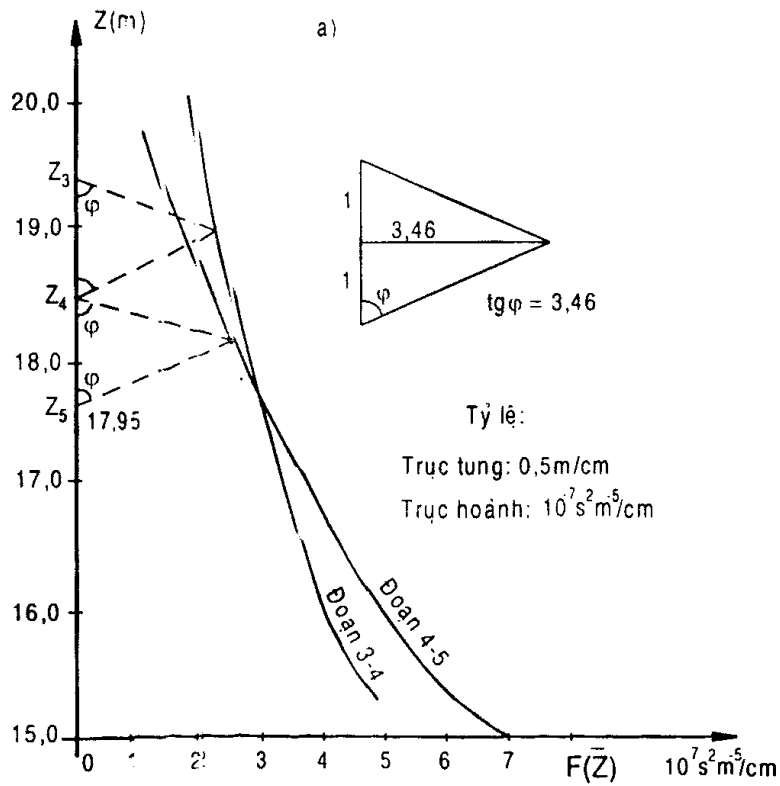
Từ hai bảng trên vẽ được hai đường  $F(\bar{z})$  của 2 đoạn 3-4 và 4-5.

Tỷ lệ xích của hình vẽ:

- Trên trục z:  $1cm \sim 0,5 m$  (a = 0,5)

- Trên trục F:  $1cm \sim 1.10^{-7} s^2/m^5$  (b = 1, n = 7)

Vậy: 
$$tg\varphi = \frac{2}{Q^2} \frac{a}{b} 10^n = \frac{2}{1700^2} \cdot 0,5 \cdot 10^7 = 3,46$$

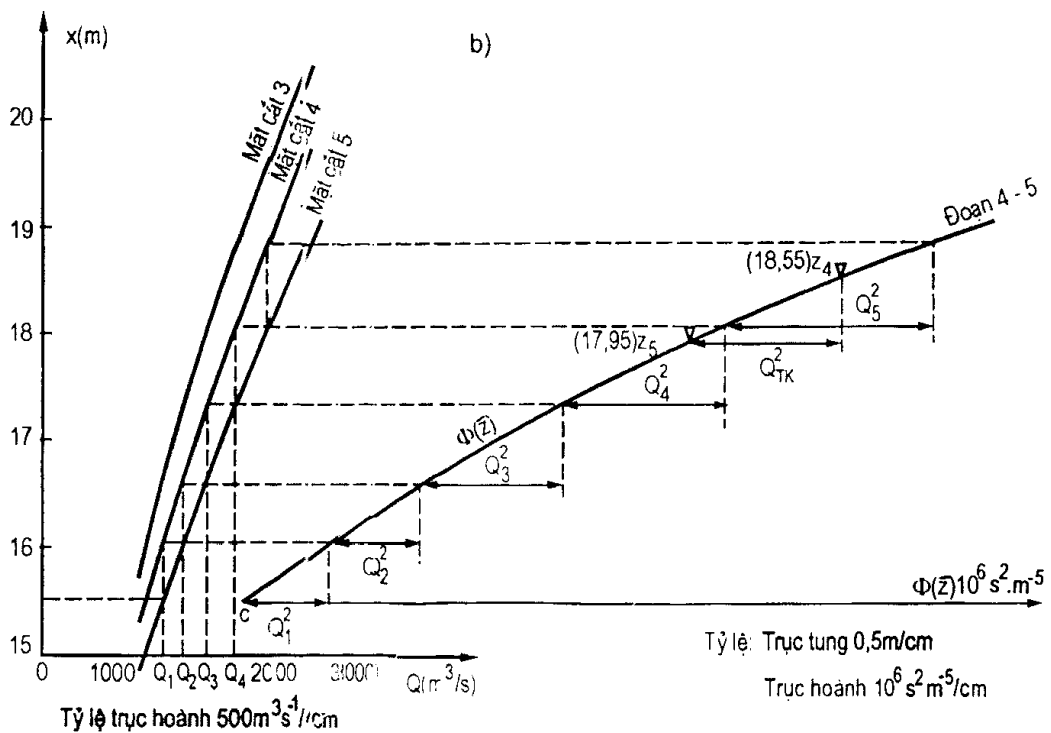


Bài 10-1

Xuất phát từ  $z_5 = 17,95m$  ta tìm được:  $z_4 = 18,52m$ ;  $z_3 = 19,10m$ . (xem hình a, bài 10-1)

b) Tính lại bằng đường cong chuẩn (phương pháp Bécnatxki)

Hình b bài 10-1 biểu thị cách vẽ đường cong chuẩn của đoạn 4-5 từ hai đường  $Q \sim z_5$  và  $Q \sim z_4$  và cách sử dụng đường cong chuẩn ấy để tìm  $z_4$  khi biết  $z_5 = 17,95m$ , và  $Q_{TK} = 1700m^3/s$ ; ta được  $z_4 = 18,55m$ .



Bài 10-1

Để tính  $z_3$ : ta cũng làm như vậy đối với đoạn 3-4. Kết quả cũng được trị số  $z_3$  xấp xỉ như trên.

2. Đối với 2 đoạn 1-2 và 2-3 ta dùng tài liệu địa hình để tính theo công thức (10-12).

Dưới đây là bảng tính các hàm  $\Phi(z_1)$ ,  $\Phi(z_2)$ ,  $\psi(z_2)$ ,  $\psi(z_3)$ .

**Mặt cắt 1-1**

$z$ (m)	$\omega^2$ ( $10^4 m^4$ )	$K^2$ ( $10^9 m^6/s^2$ )	$\frac{1}{2g\omega^2}$ ( $10^{-7} s^2/m^5$ )	$\frac{\Delta_{1-2}}{2K^2}$ ( $10^{-7} s^2/m^5$ )	$\Phi(z_1)$ ( $10^{-7} s^2/m^5$ )
18.0	82.45	9.254	0.62	2.16	1.54
18.5	97.81	11.80	0.52	1.69	1.17
19.0	119.20	15.13	0.43	1.32	0.89
19.5	133.9	18.90	0.38	1.06	0.68
20.0	154.5	23.87	0.33	0.83	0.50
20.5	176.9	29.24	0.29	0.68	0.39
21.0	201.4	34.97	0.25	0.57	0.32
21.5	228.3	41.62	0.22	0.48	0.26
22.0	258.0	48.40	0.20	0.41	0.21

**Mặt cắt 2-2**

$z$	$\omega^2$	$K^2$	$\frac{1}{2g\omega^2}$	$\frac{\Delta_{2-3}}{2K^2}$	$\Phi(z_2)$	$\frac{\Delta_{1-2}}{2K^2}$	$\psi(z_2)$
17.0	84.27	9.604	0.61	2.33	1.72	2.08	2.69
17.5	100.00	12.32	0.51	1.82	1.31	1.62	2.13
18.0	117.4	15.38	0.42	1.46	1.04	1.30	1.72
18.5	136.9	19.32	0.37	1.06	0.79	1.04	1.41
19.0	156.3	24.02	0.32	0.93	0.60	0.83	1.16
19.5	181.2	29.24	0.28	0.77	0.49	0.68	0.96
20.0	206.5	35.72	0.25	0.63	0.38	0.56	0.81
20.5	233.8	41.21	0.22	0.54	0.34	0.48	0.70
21.0	264.0	49.73	0.19	0.45	0.26	0.40	0.59
21.5	296.1	58.56	0.17	0.38	0.21	0.34	0.51

**Mặt cắt 3-3**

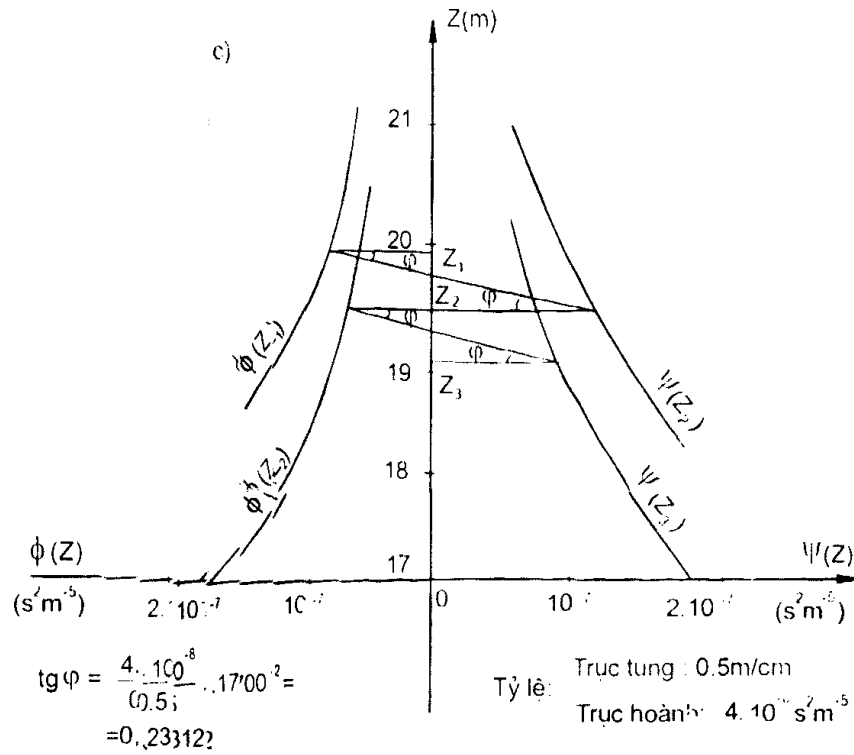
$z$	$\omega^2$	$K^2$	$\frac{1}{2g\omega^2}$	$\frac{\Delta_{2-3}}{2K^2}$	$\psi(z_3)$
16.0	94.67	11.24	0.54	2.00	2.54
16.5	111.80	13.92	0.45	1.62	2.07
17.0	130.7	17.96	0.39	1.25	1.64
17.5	151.5	21.61	0.34	1.04	1.38
18.0	174.5	26.90	0.29	0.84	1.13
18.5	199.1	33.49	0.26	0.67	0.93
19.0	226.2	40.40	0.23	0.56	0.79
19.5	255.3	48.84	0.20	0.46	0.66
20.0	286.9	57.60	0.18	0.39	0.57
20.5	321.8	66.56	0.16	0.34	0.50

Từ kết quả trên, vẽ nhanh hai cặp đường  $\Phi(z_1), \psi(z_1)$  của hai đoạn sông 1-2 và 2-3 (hình c, bài 10-1). Trên hình đồ xuất phát từ  $z_3 = 19,10m$  ta tìm được:  $z_2 = 19,45m$ ;  $z_1 = 19,93m$ .

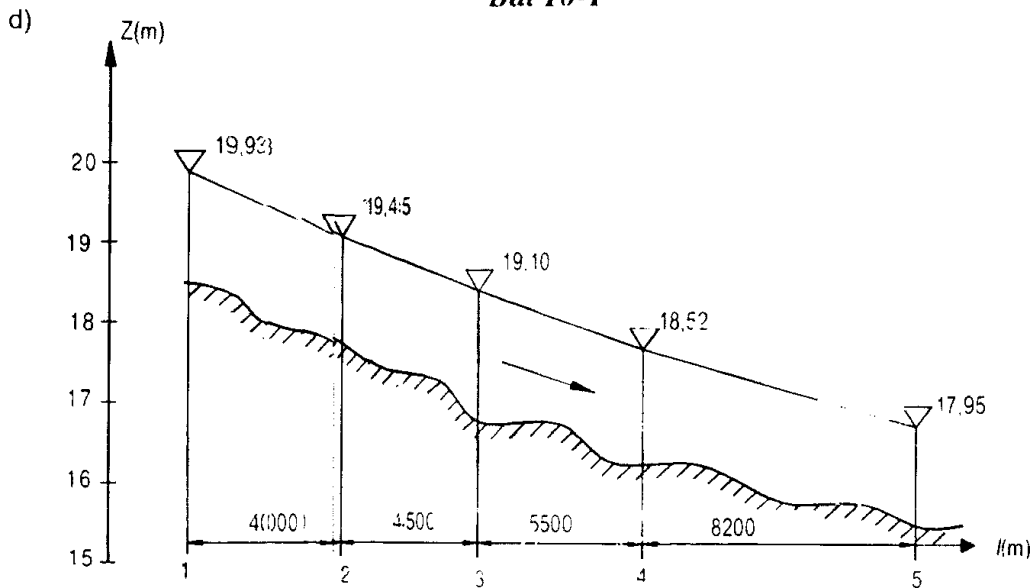
Kết quả ta có mực nước thiết kế trên sông là:

Mặt cắt	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4	5 - 5
$z$ (m)	19,93	19,45	19,10	18,52	17,95

Vẽ đường mặt nước này trên hình d bài 10-1.



Bài 10-1



Bài 10-1

Các hình vẽ a, b, c bài 10-1 khi dùng trong thực tế với tỷ lệ xích càng lớn thì độ chính xác càng cao.

**Bài 10-2.** Trên sông thiên nhiên, đã có 5 trạm đo mực nước và lưu lượng. Khoảng cách giữa các trạm là:

Từ (1-1) đến (2-2): 6000m;

Từ (2-2) đến (3-3): 5600m;

Từ (3-3) đến (4-4): 6000m;

Từ (4-4) đến (5-5): 6000m.

Từ tài liệu thực đo ghi dưới đây, vẽ đường  $Q \sim z$  của 5 trạm đo nói trên.

Q ( $m^3/s$ )	$z_1$ (m)	$z_2$ (m)	$z_3$ (m)	$z_4$ (m)	$z_5$ (m)
1000	+21,10	+20,70	+20,30	+19,96	+19,60
1500	21,88	21,45	20,96	20,62	20,20
2000	22,58	22,10	21,62	21,16	20,75
2500	23,22	22,74	22,22	21,71	21,22
3000	23,86	23,31	22,74	22,23	21,71
3500	24,45	23,86	23,22	22,48	22,14
4000	25,01	24,32	23,72	23,13	22,55

Tại trạm 5-5 có xây một công trình. Với lưu lượng thiết kế  $Q_{TK} = 3000m^3/s$  thì mực nước tại mặt cắt 5-5 trên công trình là (+ 22,40m).

Vẽ đường mặt nước trên sông (tính mực nước tại các trạm 1, 2, 3, 4).

Yêu cầu tính bằng hai phương pháp Pavolópki và Bécnatxki.

*Đáp số:*

Mặt cắt	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
$z$ (m)	+24,12	+23,64	+23,18	+22,76	+22,40

**Bài 10-3.** Hai đoạn sông có chiều dài là:

Đoạn 1 - 2:  $l = 5000m$

Đoạn 2 - 3:  $l = 6000m$

Các mặt cắt (1-1), (2-2) và (3-3) có tài liệu đo đạc địa hình cho ở bảng sau:



**Chương XI**  
**CHUYỂN ĐỘNG KHÔNG ỔN ĐỊNH, BIẾN ĐỔI DẦN**  
**TRONG LÒNG DẪN HỎ**

**I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT**

Hệ phương trình cơ bản (phương trình Xanhvơng):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \\ -\frac{\partial z}{\partial s} = i - \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{\alpha'}{g} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\alpha}{g} v \frac{\partial v}{\partial s} + \frac{v|v|}{C^2 R} \end{array} \right. \quad (11-1)$$

$$(11-2)$$

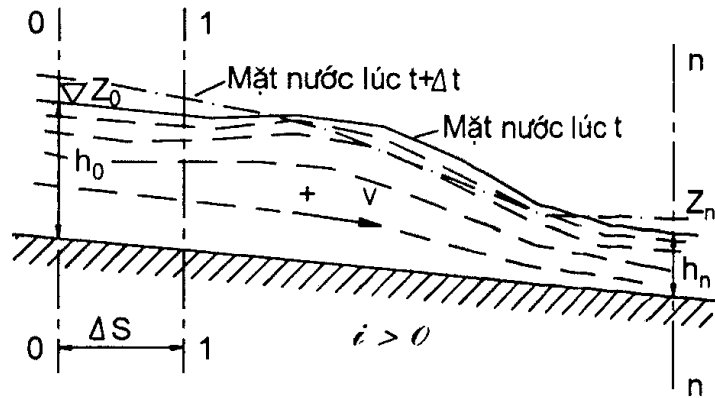
Ở đây:

s là khoảng cách từ một mặt cắt nào đó đến đầu kênh (mặt cắt 0 - 0);

t là thời gian;

z là cao trình mặt nước, kể từ mặt chuẩn nằm ngang;

h là độ sâu.



**Hình 11-1**

Giải hệ phương trình trên cùng với điều kiện biên và điều kiện ban đầu, sẽ cho nghiệm dưới dạng:

$$\left. \begin{array}{l} Q = Q(s, t) \\ z = z(s, t) \end{array} \right\} \quad (11-3)$$

hoặc:

$$\left. \begin{array}{l} v = v(s, t) \\ h = h(s, t) \end{array} \right\} \quad (11-4)$$

Điều kiện biên thường cho dưới dạng: đường quá trình biến đổi của lưu lượng hoặc mực nước ở hai đầu, chẳng hạn cho biết:

$$\begin{aligned} & Q_0(t) \\ & \text{và } z_n(t) \\ \text{hoặc: } & z_0(t) \\ & \text{và } Q_n(t) \end{aligned}$$

Có nhiều đường lối và phương pháp cụ thể để giải hệ phương trình trên. Trong sách này, chỉ nhắc lại một phương pháp giải gần đúng, đơn giản nhất: phương pháp sai phân, trong đó bỏ qua các số hạng quán tính và số hạng biến đổi động năng, hoặc gọi là phương pháp trạng thái tức thời.

Đây là một phương pháp có khối lượng tính toán ít nhất, tuy nó chưa thể hiện được đầy đủ quy luật, nhưng trong điều kiện không dùng máy tính điện tử để khắc phục khó khăn về khối lượng tính toán rất lớn của các phương pháp chính xác hơn, thì cũng có thể dùng phương pháp này để giải các bài toán của sản xuất. Hiện nay, nhờ có máy tính điện tử, xu hướng chung là giải hệ phương trình trên bằng cách sai phân hoá phương trình đầy đủ. Có thể tìm hiểu vấn đề này một cách đầy đủ và chi tiết hơn trong cuốn "Thủy lực dòng chảy hở" của GS Nguyễn Cảnh Cảnh xuất bản năm 1998.

Hệ phương trình (11-1), (11-2) bỏ qua số hạng quán tính  $\frac{\alpha'}{g} \frac{\partial v}{\partial t}$  và số hạng biến đổi động năng  $\frac{\alpha}{g} v \cdot \frac{\partial v}{\partial t}$ , còn lại:

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0 \quad (11-5)$$

$$-\frac{\partial z}{\partial s} = \frac{v|v|}{C^2 R} = \frac{Q|Q|}{K^2} \quad (11-6)$$

hoặc: 
$$\frac{\partial h}{\partial s} = i - \frac{Q|Q|}{K^2} \quad (11-6')$$

Để sai phân hoá phương trình, ta chia kênh thành những đoạn dài  $\Delta s$  và chia thời gian thành những khoảng  $\Delta t$ .

Để tiện diễn giải, ta dùng các ký hiệu sau: trên một đoạn kênh dài  $\Delta s$ , các yếu tố thủy lực của mặt cắt trên được ký hiệu với chỉ số (t), các yếu tố thủy lực của mặt cắt dưới được ký hiệu với chỉ số (d), các yếu tố thủy lực trung bình của đoạn kênh được ký hiệu với dấu (-) ở trên đầu chữ; các yếu tố thủy lực ở đầu thời đoạn được ký hiệu bằng dấu (') (một phẩy), các yếu tố thủy lực lúc cuối thời đoạn được ký hiệu bằng dấu (") (hai phẩy).

Như vậy, phương trình liên tục (11-5), được viết dưới dạng sai phân là:

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} \left[ \frac{Q'_t + Q''_t}{2} - \frac{Q'_d + Q''_d}{2} \right] = \omega'' - \omega'$$



hoặc đặt  $W = \omega \cdot \Delta s$  là thể tích nước trong đoạn sông, ta có:

$$\frac{Q_t'' + Q_t''}{2} - \frac{Q_d'' + Q_d''}{2} = \frac{W''}{\Delta t} - \frac{W}{\Delta t} \quad (11-7)$$

Phương trình động lực (11-6) hoặc (11-6') viết cho lúc cuối thời đoạn là:

$$z_t'' - z_d'' = \frac{\bar{Q}'' \left| \bar{Q}'' \right|}{\bar{K}''^2} \Delta s \quad (11-8)$$

hoặc:

$$\bar{Q}'' = \pm \bar{K}'' \sqrt{\frac{z_t'' - z_d''}{\Delta s}} \quad (11-9)$$

hoặc:

$$\bar{Q}'' = \pm \bar{K}'' \sqrt{i + \frac{h_t'' - h_d''}{\Delta s}} \quad (11-9')$$

Dưới đây trình bày trình tự giải bài toán:

Kênh được chia thành  $n$  đoạn từ mặt cắt (0 - 0) đến mặt cắt ( $n - n$ ). Điều kiện biên đã cho: ở đầu trên biết  $Q_0(t)$  và ở đầu dưới biết  $z_n(t)$  chẳng hạn.

Trạng thái ban đầu: biết lưu lượng và mực nước ở tất cả các mặt cắt lúc  $t = 0$ :

$$Q'_0, Q'_1, Q'_2 \dots Q'_n$$

$$z'_0, z'_1, z'_2 \dots z'_n$$

Ta phải tìm các trị số tương ứng lúc  $t = 1 \Delta t$ , tức:

$$Q''_0, Q''_1, Q''_2 \dots Q''_n$$

$$z''_0, z''_1, z''_2 \dots z''_n$$

Đối với ( $n + 1$ ) cặp trị số ( $Q''$ ,  $z''$ ) ta có  $n$  cặp phương trình (11-7) và (11-9) của  $n$  đoạn, và thêm hai điều kiện biên đã cho:

$$Q''_0 = Q_{0(t=1\Delta t)}$$

$$z''_n = z_{n(t=1\Delta t)}$$

Cách giải cụ thể như sau:

- Đối với đoạn 0-1: biết  $Q'_0, Q'_1, z'_1, W'$  và  $Q''_n$  ta phải tự cho  $z''_0$ , giải hệ phương trình (11-7) và (11-9) sẽ tìm được  $Q''_1, z''_1$  (cách giải hệ phương trình sẽ nói sau).

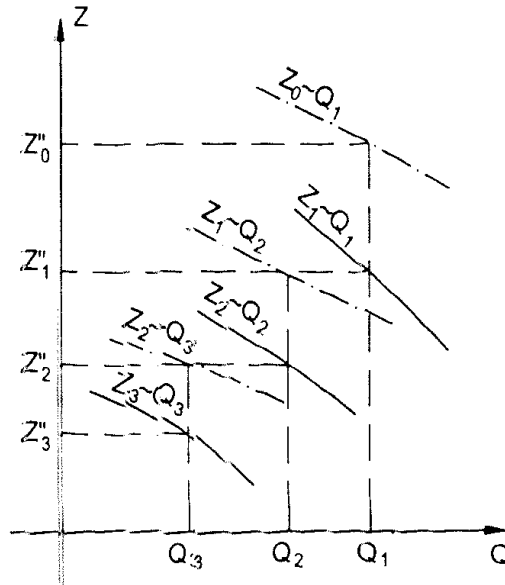
- Tiếp sang đoạn 1-2: biết  $Q'_1, z'_1, Q'_2, z'_2, W'$  lại biết  $Q''_1, z''_1$  từ kết quả của đoạn trên, ta sẽ tính được  $Q''_2$  và  $z''_2$ .

- Cứ làm tiếp tục thế cho các đoạn khác, cuối cùng sẽ được  $Q''_n, z''_n$ .

Tất cả các cặp trị số  $Q''$ ,  $z''$  tìm ra đó đều nghiệm đúng phương trình và thoả mãn điều kiện biên ở đầu trên  $Q''_0$  nhưng chưa thoả mãn điều kiện biên ở đầu dưới  $z''_n$  và phụ thuộc trị số  $z''_0$  tự cho một cách tùy ý ở đầu trên.

Ta làm lại như trên với trị số  $z''_0$  tự cho khác, sẽ được hệ nghiệm khác.

Cứ làm như thế đối với nhiều trị số  $z''_0$  tự cho khác nhau và vẽ nghiệm thành đường quan hệ  $z''_0 \sim Q''_1$ ,  $Q''_1 \sim z''_1$ ,  $z''_1 \sim Q''_2$  .....  $Q''_n \sim z''_n$ , rồi dùng cách giải bằng vẽ như hình 11-2 dưới đây, ta sẽ tìm được hệ nghiệm thoả mãn cả điều kiện  $z''_n$  đã cho.



Hình 11-2

Bây giờ nói cách giải hệ phương trình (11-7) và (11-9) hoặc (11-9') đối với mỗi đoạn:

Biết:  $Q'_t, z'_t, Q'_d, z'_d, W'$  và  $Q''_t, z''_t$ , tìm  $Q''_d$  và  $z''_d$

a) Có thể giải bằng cách tính đúng dần: giả thiết  $z''_d$  sẽ biết  $W''$  và thay vào (11-7) sẽ tìm được  $Q''_d$ , đồng thời thay vào (11-9) hoặc (11-9') sẽ tìm được  $\bar{Q}''$  và từ đó cũng tìm được  $Q''_d = 2\bar{Q}'' - Q''_t$ .

Nếu hai trị số  $Q''_d$  tính theo (11-7) và tính theo (11-9) ấy giống nhau thì được; nếu không ta phải giả thiết lại  $z''_d$  và tính lại.

b) Để tránh việc tính thử dần như thế, đã có nhiều phương pháp giải bằng vẽ. Dưới đây là phương pháp giải bằng vẽ của Áckhanghenxki: viết lại phương trình liên tục (11-7) dưới dạng:

$$\bar{Q}'' = Q''_t + \left( \frac{Q'_t - Q'_d}{2} + \frac{W'}{\Delta t} \right) - \frac{W''}{\Delta t}$$

$$\bar{Q}'' = Q_t'' + T' - \frac{W''}{\Delta t}$$

Trong đó: 
$$T' = \frac{Q_t' - Q_d'}{2} + \frac{W'}{\Delta t} \quad (11-10)$$

T' là số đã biết vào lúc đầu thời đoạn.

Đặt: 
$$Q_t'' + T' = A \quad (11-11)$$

Phương trình sẽ thành:

$$\bar{Q}'' = A - \frac{W''}{\Delta t} \quad (11-12)$$

Theo (11-12) có thể vẽ được họ đường quan hệ  $\bar{Q}'' \sim \bar{z}''$  hoặc  $\bar{Q}'' \sim \bar{h}''$  lấy A làm thông số (họ đường này vẽ nét chấm gạch trên hình 11-3). Đường có A = 0 là đường  $\frac{W''}{\Delta t} \sim \bar{z}''$  vẽ theo điều kiện hình học của lòng dẫn, các đường khác là hình tịnh tiến của nó.

Mặt khác, viết lại phương trình động lực (11-9) hoặc (11-9') dưới dạng:

$$Q'' = \pm \bar{K}'' \sqrt{\frac{2 |z_t'' - \bar{z}''|}{\Delta s}} \quad (11-13)$$

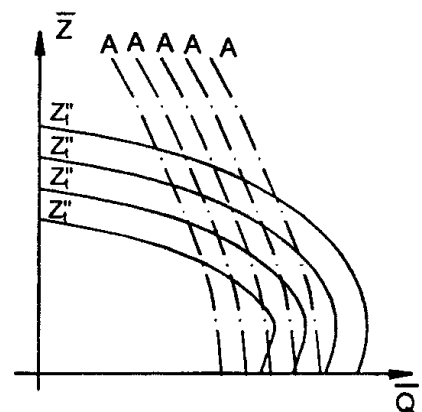
hoặc: 
$$\bar{Q}'' = \pm \bar{K}'' \sqrt{i + 2 \frac{|h_t'' - \bar{h}''|}{\Delta s}} \quad (11-13')$$

và theo (11-13) hoặc (11-13') ta vẽ được họ quan hệ ( $\bar{Q}'' \sim \bar{z}''$  hoặc  $\bar{Q}'' \sim \bar{h}''$ ) lấy  $z_t''$  (hoặc  $h_t''$ ) làm thông số. Họ đường này vẽ bằng nét liền trong (hình 11-3).

Có hai họ đường ấy (hình 11-3) biết  $Q_t''$  ta sẽ tính được A theo (11-11); lại biết  $z_t''$  giao điểm của hai đường cong với thông số A và  $z_t''$  sẽ cho  $\bar{Q}''$  và  $\bar{z}''$  từ đó tính ra:

$$Q_d'' = 2\bar{Q}'' - Q_t'' \quad (11-14)$$

$$z_d'' = 2\bar{z}'' - z_t'' \quad (11-15)$$



Hình 11-3

## II. BÀI TẬP

**Bài 11-1.** Một trạm điện đặt ở cuối kênh dẫn, làm việc với lưu lượng thay đổi trong ngày, cho ở bảng 1-A dưới đây:

Kênh dẫn dài  $l = 20$  km, ở đầu trên mực nước không đổi, ở cao trình (+ 60,00m) kênh lăng trụ mặt cắt hình thang có  $b = 40m$ ,  $m = 2$ ,  $n = 0,020$ ,  $i = 0,00006$ . Đầu kênh trên có đáy ở cao trình (+ 56,00m) đầu dưới có đáy ở cao trình (+ 54,80m).

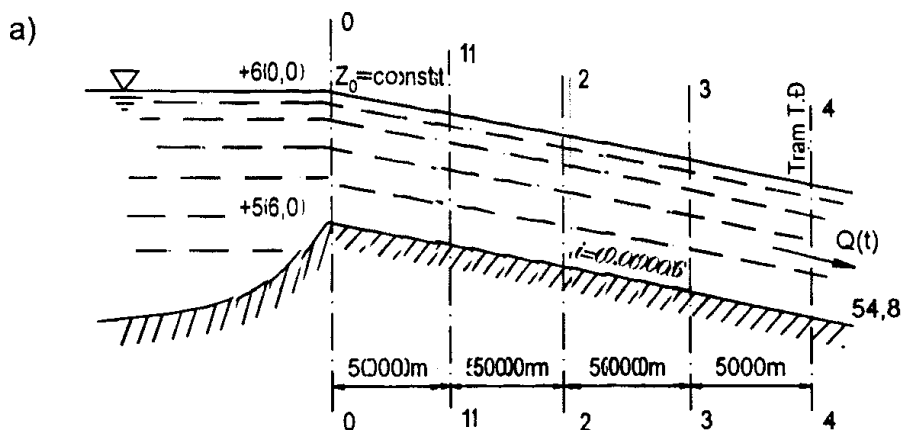
Tính quy luật diễn biến của mực nước và lưu lượng trên kênh, kênh chia làm bốn đoạn bởi các mặt cắt 0, 1, 2, 3, 4. trạng thái ban đầu cho ở bảng 1-B.

**Bảng 1-A. Quá trình diễn biến lưu lượng ở cuối kênh (trạm T.Đ) theo yêu cầu phát diệm trong ngày**

t, (giờ)	Q, m <sup>3</sup> /s	t, (giờ)	Q, m <sup>3</sup> /s	t, (giờ)	Q, m <sup>3</sup> /s
0	165	8	1150	16	60
1	195	9	1150	17	60
2	215	10	1160	18	60
3	215	11	1160	19	90
4	215	12	1135	20	120
5	215	13	1110	21	130
6	200	14	85	22	140
7	180	15	60	23	150
				24 = 0	165

**Bảng 1-B. Trạng thái ban đầu**

Mặt cắt	0 - 0	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4
Cao trình đáy (m)	56,000	55,710	55,40	55,10	54,80
Lưu lượng ban đầu Q', (m <sup>3</sup> /s)	1655	11655	165	165	165
Mực nước ban đầu z' (m)	60,000	59,710	59,40	59,10	58,80
Độ sâu ban đầu h', (m)	4,000	4,000	4,00	4,00	4,00



**Bài 1.1-II**

Giải:

Kênh đã được chia thành bốn đoạn đều nhau dài:

$$\Delta s = 5000 \text{ m. Ta lấy } \Delta t = 3600 \text{ s} = 1 \text{ giờ.}$$

Trong bài toán này, vì các đoạn kênh hoàn toàn giống nhau, nên ta dùng biến số độ sâu  $h$  tiện hơn là dùng biến số mực nước  $z$ , nghĩa là dùng hệ phương trình (11-7) và (11-9') hoặc (11-12) và (11-13').

Như vậy, chỉ cần vẽ một lưới đường  $\bar{Q} \sim \bar{h}$  theo (11-12) và (11-13'), chung cho bốn đoạn.

Để chuẩn bị vẽ lưới đường  $\bar{Q} \sim \bar{h}$  nói trên, ta tính trước các yếu tố thủy lực của lòng dẫn  $K(\bar{h})$  và  $\frac{W}{\Delta t}(\bar{h})$  ở bảng 1 - C dưới đây:

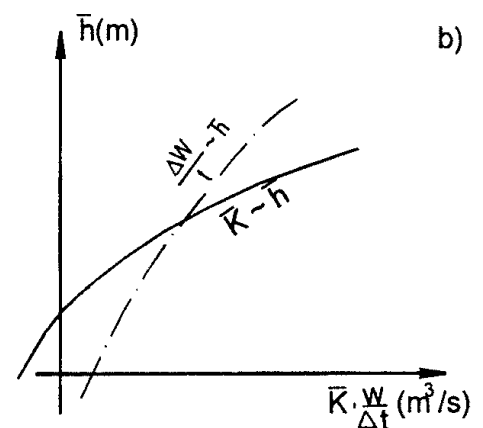
Bảng 1-C

$\bar{h}, (m)$	$\omega, (m^2)$	$\chi, (m)$	$R, (m)$	$C\sqrt{R}, (m/s)$	$\bar{K}, m^3/s$	$\frac{W}{\Delta t}, (m^3/s)$
3,0	138,00	53,42	2,59	94,5	13.030	-75,0
3,2	148,48	54,31	2,73	97,5	14.500	-60,4
3,4	159,12	55,21	2,89	101,5	16.200	-45,7
3,6	169,92	56,10	3,03	105,0	17.800	-30,7
3,8	180,88	57,00	3,17	108,0	19.500	-15,4
4,0	192,00	57,89	3,32	111,5	21.300	0
4,2	203,28	58,79	3,46	114,5	23.300	17,7
4,4	214,72	59,68	3,60	117,5	25.300	31,6
4,6	226,32	60,58	3,73	120,5	27.400	47,7
4,8	238,08	61,47	3,88	123,5	29.500	64,0
5,0	250,00	62,37	4,01	126,5	31.600	80,6

Trong bảng 1 - C đã lấy  $\frac{W}{\Delta t}$  bằng 0 lúc có độ sâu  $h = 4,00 \text{ m}$  (có thể làm như vậy được vì trong các phương trình tính toán, chỉ cần số gia  $\Delta W$  chứ không cần trị số thể tích tuyệt đối của nước trong đoạn kênh  $W$ ).

Từ bảng 1 - C, ta vẽ thành các đường quan hệ  $\frac{W}{\Delta t} \sim \bar{h}$  và  $\bar{K} \sim \bar{h}$  để tiện nội suy các trị số  $\bar{h}$  trung gian khác (hình b, bài 11-1), nhờ đó vẽ được họ đường cong:

$$\bar{Q} = \left( A - \frac{W}{\Delta t} \right) = f_1(\bar{h})$$



Bài 11-1

với A là thông số: A = 0, 10, 20,.....160, 170, 180.....

và họ đường:  $\bar{Q} = \bar{K} \sqrt{0,00006 + \frac{2(h_t - \bar{h})}{5000}} = f_2(\bar{h})$  với  $h_t$  là thông số (hình c, bài 11-1).

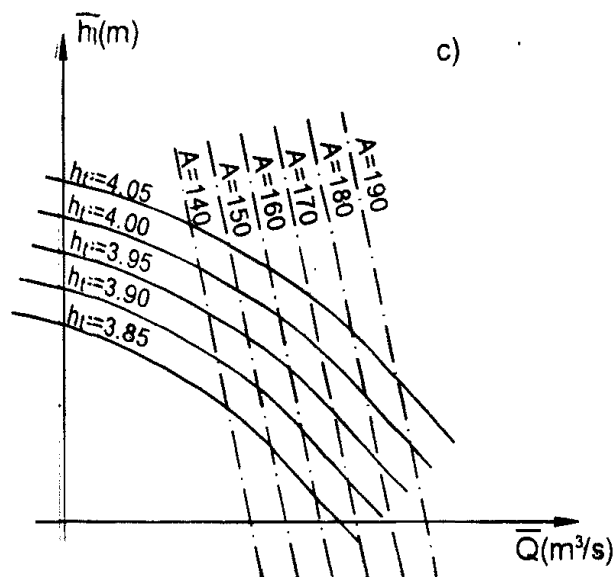
Kết quả tính  $\bar{Q} = f_2(\bar{h})$  ghi ở bảng 1-D dưới đây:

**Bảng 1-D: (trích một đoạn)**

$\bar{h} (m)$	$\bar{K} (m^3/s)$	$h_t = 3,90 m$		$h_t = 3,95 m$		$h_t = 4,00 m$	
		$J(10^{-6})$	$\bar{Q} (m^3/s)$	$J(10^{-6})$	$\bar{Q} (m^3/s)$	$J(10^{-6})$	$\bar{Q} (m^3/s)$
4,20	23300	-	-	-	-	- 20	- 104,0
4,15	22750	-	-	- 20	- 102,0	0	0
4,10	22250	- 20	- 99,5	0	0	20	99,6
4,05	21800	0	0	20	97,5	40	138,0
4,00	21300	20	95,4	40	135,0	60	165,0
3,95	20800	40	131,5	60	161,0	80	186,0
3,90	20350	60	157,5	80	182,0	100	203,5
3,85	19900	80	178,0	100	199,0	120	218,0
3,80	19500	100	195,0	120	214,0	140	231,0
3,75	19100	120	209,5	140	226,0	160	242,0
3,70	18650	140	221,0	160	236,0		
3,65	18200	160	230,0				

Tiếp tục làm như trên với nhiều trị số  $h_t$  khác nữa.

Hình c dưới đây vẽ một đoạn của lưới đường  $\bar{Q} = f_1(\bar{h})$  và  $\bar{Q} = f_2(\bar{h})$  nói trên.



**Bài 11-1**

Bây giờ tiến hành tính toán trạng thái lúc  $t = 1$  giờ, biết:

- Trạng thái ban đầu, lúc  $t = 0$  giờ là:

$$Q'_0 = Q'_1 = Q'_2 = Q'_3 = Q'_4 = 165 m^3/s;$$

$$h'_0 = h'_1 = h'_2 = h'_3 = h'_4 = 4,0m.$$

- Và điều kiện biên lúc  $t = 1$  giờ là:

$$h''_0 = 4,0m; Q''_4 = 195 m^3/s.$$

Ta sẽ tự cho  $Q''_0$  các trị số 162, 165, 167,  $170 m^3/s$  để tính  $Q''_1, h''_1, Q''_2, h''_2, \dots, Q''_4, h''_4$  tương ứng:

Đoạn 0-1:  $Q'_0 = 165 m^3/s; h'_0 = 4,0m; Q'_1 = 165 m^3/s; h'_1 = 4,0m; \bar{h}' = 4,00m.$

$$\frac{W'}{\Delta t} = 0; \quad T' = \frac{Q'_0 - Q'_1}{2} + \frac{W'}{\Delta t} = 0$$

$h''_0$	$Q''_0$	$A = Q''_0 + T'$	$\bar{Q}''$	$\bar{h}''$	$Q''_1$	$h''_1$	$z''_1$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
4,00	162	162	161,5	4,0075	161	4,015	59,715
4,00	165	165	165,0	4,00	165	4,00	59,70
4,00	167	167	168,0	3,99	169	3,98	59,68
4,00	170	170	171,5	3,985	173	3,97	59,67

**Ghi chú:**

Cột (2): trị số  $Q''_0$  tự cho;

Cột (4) và (5): tra trong hình c, giao điểm của hai họ đường có  $A = Q''_0 + T'$  và  $h''_1 = h''_0$ .

Cột (6) và (7): tính từ cột (4) và (5) bằng các công thức (11-14) và (11-15).

Sang đoạn 1-2 ta sẽ lấy kết quả  $Q''_1 \sim h''_1$  ở trên để tính  $Q''_2 \sim h''_2$ .

Đoạn 1-2:  $Q'_1 = Q'_2 = 165 m^3/s; h'_1 = h'_2 = 4,00m; \bar{h} = 4,00m. \frac{W'}{\Delta t} = 0; T' = 0.$

$h''_1$	$Q''_1$	A	$\bar{Q}''$	$\bar{h}''$	$Q''_2$	$h''_2$	$z''_2$
4,015	161	161	159,5	4,025	158	4,035	59,435
4,00	165	165	165	4,00	165	4,00	59,40
3,98	169	169	172	3,965	175	3,95	59,35
3,97	173	173	177,5	3,935	182	3,90	59,30

Đoạn 2-3:  $Q'_2 = Q'_3 = 165 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $h'_2 = h'_3 = \bar{h}' = 4,00\text{m}$ ;  $\frac{W'}{\Delta t} = 0$ ;  $T' = 0$ .

$h''_2$	$Q''_2$	A	$\bar{Q}''$	$\bar{h}''$	$Q''_3$	$h''_3$	$z''_3$
4,035	158	158	153	4,06	148	4,085	59,185
4,00	165	165	165	4,00	165	4,00	59,10
3,95	175	175	182	3,90	189	3,85	58,95
3,90	182	182	198	3,79	214	3,68	58,78

Đoạn 3-4:  $Q'_3 = Q'_4 = 165 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $h'_3 = h'_4 = \bar{h}' = 4,00\text{m}$ ;  $\frac{W'}{\Delta t} = 0$ ;  $T' = 0$ .

$h''_3$	$Q''_3$	A	$\bar{Q}''$	$\bar{h}''$	$Q''_4$	$h''_4$	$z''_4$
4,085	148	148	137	4,13	126	4,175	58,975
4,00	165	165	165	4,00	165	4,00	58,80
3,85	189	189	214	3,665	239	3,48	58,28
3,68	214	-	-	-	-	-	-

Từ kết quả tính trên, ta vẽ thành các đường  $Q''_0 \sim z''_1$ ,  $Q''_1 \sim z''_1$ ,  $Q''_1 \sim z''_2$ ,

$Q''_3 \sim z''_4$ ,  $Q''_4 \sim z''_4$  (hình d, bài 11-1) rồi giải bằng vẽ như chỉ dẫn bằng chiều mũi tên trong hình d ta được kết quả lúc  $t = 1$  giờ như sau:

Mặt cắt	Q, ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	h, (m)	z, (m)
0 - 0	167,2	4,00	6,00
1 - 1	167,7	3,99	59,69
2 - 2	169,8	3,98	59,38
3 - 3	176,2	3,94	59,04
4 - 4	195,0	3,82	58,62

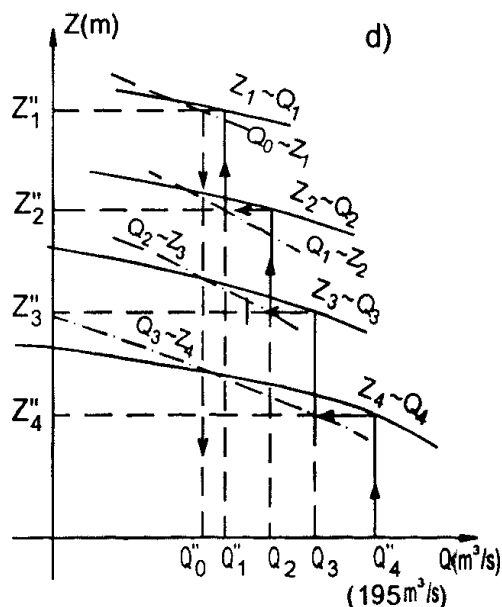
Chuyển sang thời đoạn thứ hai, ta lại làm như trên: biết trạng thái lúc ban đầu thời đoạn  $t = 1$  giờ) theo kết quả vừa tính ở trên và điều kiện biên lúc  $t = 2$  giờ, ta sẽ tính được trạng thái lúc cuối  $t = 2$  giờ.

Cứ như thế tiếp tục làm cho đến  $t = 24$  giờ (xem kết quả ở bảng 1-E).

Chú ý rằng ở đây, sau khi tính đến  $t = 24$  giờ ta thấy trạng thái lúc  $t = 24$  giờ không trùng với trạng thái lúc  $t = 0$  giờ, nghĩa là nghiệm chưa có tính chất tuần hoàn. Vì điều kiện biên đã cho ở đây có tính chất tuần hoàn với chu kỳ 24 giờ, nên trạng thái chảy trong kênh cũng phải có tính chất tuần hoàn. Nếu nghiệm chưa tuần hoàn thì là do điều kiện ban đầu đã cho lúc  $t = 0$  chưa đúng quy luật chảy trong kênh.



Do đó, chúng ta tiếp tục tính các giờ 25, 26... cho đến giờ  $t = (24 + 13)$  giờ sẽ thấy trạng thái chảy khi này gần phù hợp với trạng thái chảy lúc  $t = 13$  giờ.



### Bài 11-1

Chúng ta lấy kết quả trong khoảng thời gian từ  $t = 13$  giờ đến  $t = (24 + 13)$  giờ làm đáp số bài toán. (Nếu có điều kiện tính thêm nữa để bỏ hẳn một chu kỳ đầu tiên mà lấy kết quả từ lúc  $t = 24$  giờ đến lúc  $t = 48$  giờ làm đáp số thì càng chính xác).

**Bảng 1-E. Kết quả tính toán (để đơn giản, ở đây chỉ ghi lại  $Q, z$  của ba mặt cắt 0, 2, 4)**

t, (giờ)	$z_0, (m)$	$Q_0, (m^3/s)$	$z_2, (m)$	$Q_2, (m^3/s)$	$z_4, (m)$	$Q_4, (m^3/s)$
1	2	3	4	5	6	7
0	60,00	165,0	59,40	165,0	58,80	165
1	60,00	167,2	59,38	169,8	58,62	195
2	60,00	171,8	59,31	179,0	58,22	215
3	60,00	180,1	59,21	185,9	57,80	215
4	60,00	185,9	59,15	189,2	57,36	215
5	60,00	189,1	59,12	190,4	56,80	215
6	60,00	189,9	59,11	190,1	56,33	200
7	60,00	190,7	59,09	192,5	56,56	180
8	60,00	192,3	59,06	194,7	57,50	150
9	60,00	192,9	59,10	186,6	58,12	150
10	60,00	185,7	59,21	177,3	58,36	160
11	60,00	178,3	59,27	176,9	58,53	160
12	60,00	173,8	59,34	166,1	58,79	135
13	60,00	161,3	59,74	151,3	59,14	110
14	60,00	140,4	59,64	124,2	59,46	85

1	2	3	4	5	6	7
15	60,00	105,8	59,81	94,2	59,73	60
16	60,00	71,29	59,91	65,6	59,86	60
17	60,00	66,42	59,93	62,4	59,89	60
18	60,00	60,82	59,93	58,6	59,89	60
19	60,00	69,63	59,90	76,2	59,82	90
20	60,00	93,14	59,83	98,3	59,68	120
21	60,00	111,2	59,76	117,8	59,55	130
22	60,00	122,7	59,70	125,4	59,44	140
23	60,00	132,1	59,65	137,6	59,33	150
24 = 0	60,00	141,1	59,59	144,9	59,18	165
25 = 1	60,00	151,1	59,50	160,2	58,89	195
26 = 2	60,00	163,5	59,38	172,1	58,46	215
27 = 3	60,00	175,9	59,26	183,8	58,04	215
28 = 4	60,00	182,7	59,18	186,6	57,62	215
29 = 5	60,00	188,4	59,13	190,92	57,14	215
30 = 6	60,00	189,2	59,10	190,8	56,83	200
31 = 7	60,00	191,9	59,07	193,7	57,07	180
32 = 8	60,00	192,0	59,07	191,6	57,75	150
33 = 9	60,00	191,3	59,13	183,8	58,24	150
34 = 10	60,00	181,9	59,24	175,3	58,45	160
35 = 11	60,00	175,8	59,30	174,1	58,60	160
36 = 12	60,00	171,2	59,36	164,4	58,84	135
37 = 13	60,00	161,0	59,48	150,3	59,16	110

**Bài 11-12.** Một kênh tiêu hở dài 32km, mặt cắt hình thang có  $b = 45m$ ;  $m = 2$ ;  $n = 0,020$ . Đáy kênh đầu trên ở cao trình (+ 0,20m), đầu dưới cao trình (- 3,00m), độ dốc đáy kênh:

$$i = \frac{3,2}{32.000} = 0,0001$$

Ở đầu trên lưu lượng chảy vào kênh không đổi bằng  $Q_0 = 31,6m^3/s = \text{const.}$

Ở đầu dưới mực nước dao động theo thủy triều theo đường quá trình  $z_c(t)$  có chu kỳ 25 giờ ghi ở bảng 2-A dưới đây. Tính quá trình diễn biến lưu lượng ở cuối kênh và quá trình diễn biến mực nước ở đầu kênh.

Chia kênh thành bốn đoạn bằng nhau bởi các mặt cắt 0, 1, 2, 3, 4 để tính.

Trạng thái ban đầu: Cho  $Q, z$  tại các mặt cắt ở bảng 2-B.

**Bảng 2-A. Quá trình mực nước ở cuối kênh**

t, (giờ)	$z_c$ , (m)	t, (giờ)	$z_c$ , (m)	t, (giờ)	$z_c$ , (m)
0	- 0,155	9	+ 1,435	18	+ 0,82
1	- 0,18	10	+ 1,50	19	+ 0,70
2	- 0,135	11	+ 1,43	20	+ 0,55
3	- 0,035	12	+ 1,34	21	+ 0,35
4	+ 0,16	13	+ 1,25	22	+ 0,14
5	+ 0,50	14	+ 1,165	23	- 0,025
6	+ 0,90	15	+ 1,09	24	- 0,105
7	+ 1,18	16	+ 1,01	25	- 0,155
8	+ 1,33	17	+ 0,92		

**Bảng 2-B. Trạng thái ban đầu**

Mặt cắt	0 - 0	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4
Cao trình đáy (m)	+ 0,20	- 0,60	- 1,40	- 2,20	- 3,00
Mực nước ban đầu (m)	+ 1,47	+ 0,85	+ 0,38	+ 0,05	- 0,155
Lưu lượng ban đầu ( $m^3/s$ )	31,6	34,3	41,6	49,8	57,2

*Đáp số:*

t, (giờ)	$z_0$ , (m)	$Q_c$ , ( $m^3/s$ )	t, (giờ)	$z_0$ , (m)	$Q_c$ , ( $m^3/s$ )
0	1,47	+ 57,2	13	1,80	+ 68,3
1	1,46	50,2	14	1,76	67,0
2	1,45	37,9	15	1,72	64,1
3	1,44	23,6	16	1,68	63,5
4	1,44	- 3,9	17	1,65	64,6
5	1,43	- 53,6	18	1,62	66,3
6	1,43	- 92,4	19	1,59	69,5
7	1,43	- 91,1	20	1,57	74,4
8	1,47	- 65,7	21	1,55	81,4
9	1,62	- 39,0	22	1,53	82,8
10	1,75	- 3,4	23	1,51	77,0
11	1,82	+ 54,6	24	1,49	65,3
12	1,84	+ 67,5	25 = 0	1,47	57,2

**Bài 11-3.** Như bài 11-2, chỉ khác là ở đầu trên, lưu lượng biến đổi theo một đường quá trình lũ kéo dài 50 giờ ghi ở bảng 3-A dưới đây:

Các số liệu khác không có gì thay đổi, kể cả trạng thái ban đầu.

**Bảng 3-A. Đường quá trình lưu lượng ở đầu kênh**

t, (giờ)	$Q_o, (m^3/s)$	t, (giờ)	$Q_o, (m^3/s)$	t, (giờ)	$Q_o, (m^3/s)$
0	31,6	17	274,8	35	64,8
1	31,6	19	223,0	37	58,6
3	35,0	21	192,8	39	53,6
5	50,5	23	158,6	41	49,9
7	118,4	25	134,8	43	42,6
9	228,7	27	116,5	45	38,0
11	358,0	29	103,1	47	35,0
13	469,0	31	90,4	49	31,6
15	356,0	33	74,6	51	31,6

**Đáp số:**

t, (giờ)	$z_o, (m)$	$Q_c, (m^3/s)$	t, (giờ)	$z_o, (m)$	$Q_c, (m^3/s)$
0	1,47	57,2	27	3,08	171,9
1	1,46	50,2	29	2,85	132,4
3	1,48	23,6	31	2,66	59,0
5	1,67	- 52,9	33	2,45	52,1
7	2,39	- 81,8	35	2,32	53,9
9	3,48	+ 69,8	37	2,25	89,1
11	4,56	175,6	39	2,15	89,4
13	5,43	293,9	41	2,02	84,2
15	5,32	388,7	43	1,89	80,0
17	4,88	376,0	45	1,78	81,0
19	4,42	328,2	47	1,68	78,2
21	4,05	285,2	49	1,58	77,0
23	3,68	246,3	51	1,48	63,2
25	3,36	206,7			

## Chương XII

# CHUYỂN ĐỘNG CỦA BÙN CÁT TRONG LÒNG DẪN HỒ

## I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

### 1. Thành phần độ hạt chất lơ lửng

Muốn biết tính không đồng nhất của bùn cát, người ta dùng phương pháp phân tích thuỷ lực hoặc cơ học để chia chất lơ lửng thành nhiều tổ có thành phần độ hạt khác nhau. Giả sử bùn cát được chia thành  $n$  tổ thì độ thô thuỷ lực nhỏ nhất và lớn nhất của từng tổ lần lượt là:  $W_1 = W_{\min} \div W_2; W_2 \div W_3; \dots; W_i \div W_{i+1}; \dots; W_n \div W_{n+1}$ .

Độ thô thuỷ lực trung bình của tổ thứ  $i$   $\bar{W}_{Fi}$  được xác định theo công thức Giamarin:

$$\bar{W}_{Fi} = \frac{1}{3}(W_i + W_{i+1} + \sqrt{W_i W_{i+1}}) \quad (12-1a)$$

Hoặc theo công thức Gôtunxki:

$$\bar{W}_{Fi} = \frac{1}{4}(3W_i + W_{i+1}) \quad (12-1b)$$

Độ thô thuỷ lực trung bình của cả mẫu bùn cát gồm  $n$  nhóm xác định theo công thức:

$$\bar{W}_o = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \bar{W}_{Fi} \quad (12-2)$$

trong đó:  $p_i$  là hàm lượng đơn vị của tổ thứ  $i$ .

Biểu thị thành phần độ hạt bằng độ thô thuỷ lực trung bình mang một số nhược điểm (xem bài 12-1). Để xét thành phần độ hạt được phù hợp với thực tế hơn có thể dùng các tham số của đường cong phân phối hạt dưới dạng lôga sau đây:

$$p_w = f(W) = 1 - C \left( \ln \sigma - 1 + \frac{1}{\sigma} \right) \quad (12-3)$$

trong đó:

$p_w$  - hàm lượng đơn vị của cát bùn có độ thô thuỷ lực nhỏ hơn  $W$ ;

$\sigma = \frac{W_{\max}}{W_i}$  - tỷ số giữa độ thô thuỷ lực lớn nhất và độ thô thuỷ lực đang xét;

$C$  - hằng số, xác định theo (12-5).

Tính  $W_{\max}$ ,  $C$  và  $W_{\min}$  theo các công thức:

$$\ln\beta + \frac{1}{\beta} \left( 1 + \frac{1}{a_1} \right) = \frac{\ln\alpha}{a} + 1 \quad (12-4)$$

$$C = \frac{P_2}{\ln\alpha - \frac{\alpha-1}{\alpha\beta}} = \frac{P_3}{\ln\beta - 1 + \frac{1}{\beta}} \quad (12-5)$$

$$\ln\eta + \frac{1}{\eta} = \frac{C+1}{C} \quad (12-6)$$

trong đó:

$$\beta = \frac{W_{\max}}{W_3} ; \eta = \frac{W_{\max}}{W_{\min}} ; \alpha = \frac{W_3}{W_2} ; a = \frac{P_2}{P_3} ; a_1 = \frac{\alpha}{\alpha-1} a$$

Ở đây:  $p_2, p_3$  - hàm lượng đơn vị của tổ thứ 2 và 3 (trong trường hợp số tổ được chia ra  $n > 3$ , ta gộp chúng thành 3 nhóm sao cho đường cong giải tích phù hợp nhất với thực tế);

$W_2, W_3$  - độ thô thủy lực lớn nhất và nhỏ nhất trong tổ thứ 2.

## 2. Sức tải cát lơ lửng của dòng chảy

Số lượng chất lơ lửng mà dòng chảy mang theo trong một đơn vị thể tích gọi là độ đục của dòng chảy, ký hiệu  $\beta_0$ .

Khối lượng tối đa chất lơ lửng mà dòng chảy có thể mang theo không gây ra bồi lắng gọi là sức tải cát dòng chảy, ký hiệu  $\rho_T$ . Về bản chất, sức tải cát dòng chảy là độ đục dòng chảy ở trạng thái bão hòa.

Có nhiều phương pháp xác định sức tải cát dòng chảy. Hầu hết các nhà nghiên cứu đều cho rằng sức tải cát dòng chảy không những phụ thuộc vào các yếu tố thủy lực của dòng chảy (lưu tốc, chiều sâu, độ dốc, độ nhám...) mà còn phụ thuộc vào số lượng và chất lượng chất lơ lửng. Nhưng đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố riêng biệt đối với sức tải cát dòng chảy có nhiều lập luận khác nhau. Đáng chú ý nhất là sự khác nhau trong việc biểu thị đặc trưng thành phần độ hạt của bùn cát trong công thức sức tải cát dòng chảy.

Thuộc nhóm thứ nhất là công thức sức tải cát dòng chảy dùng trị số độ thô thủy lực trung bình  $\bar{W}_0$  đặc trưng cho thành phần độ hạt bùn cát. Có thể kể ra các công thức sau:

Công thức Giamarin (1948):

$$\left. \begin{aligned} \rho_T &= 0,022 \left( \frac{v}{\bar{W}_0} \right)^{1,5} \sqrt{Ri} \text{ cho } 2 \leq \bar{W}_0 \leq 8 \text{ mm/s} \\ \rho_T &= 11v \sqrt{\frac{Rvi}{\bar{W}_0}} \text{ cho } 0,4 \leq \bar{W}_0 \leq 2 \text{ mm/s} \end{aligned} \right\} \quad (12-7)$$

Công thức Abalianxơ (1956):

$$\rho_T = 0,018 \frac{v^3}{R \bar{W}_0} \quad (12-8)$$

Công thức Lêvi (1960):

$$\rho_T = 0,20 \frac{v^3}{gR \bar{W}_0} \quad (12-9)$$

Công thức của ủy ban sông Hoàng (1959):

$$\rho_T = 0,034 \frac{v^{2,25}}{(R \bar{W}_0)^{3/4}} \quad (12-10)$$

Công thức Saomian (1948):

$$\rho_T = 0,8v^3 \sqrt{\frac{v}{\bar{W}_0} - 25} \quad (12-11)$$

Công thức Mikhêép (1950):

$$\rho_T = 430 \frac{R}{h} i \frac{u \uparrow - \bar{W}_T}{u \downarrow + \bar{W}_T} \quad (12-12)$$

Trong các công thức sức tải cát dòng chảy thuộc nhóm thứ 2 người ta đã cố gắng dùng những tham số khác thay cho trị số độ thô thủy lực trung bình để biểu thị phân bố thành phần độ hạt của bùn cát. Trong các công thức đó không những có thể xác định sức tải cát dòng chảy tổng cộng mà có thể tính cho từng nhóm hạt có kích thước cho trước (công thức Khatratorian, Carausép, Rốtxinxi..v.v). Ta phân biệt các trường hợp tính toán sau đây (theo sơ đồ tính toán Khatratorian).

a) Trường hợp hạt có độ thô thủy lực lớn nhất không vượt quá khả năng dòng chảy tức là:

$$W_{\max} \leq [W_{\max}] \quad (12-13)$$

trong đó:  $[W_{\max}]$  là độ thô thủy lực lớn nhất cho phép của dòng chảy:

$$[W_{\max}] = 0,065v \left(1 - \frac{v_0}{v}\right) i^{1/4} \quad (12-14)$$

$$(v_0 = 0,05 \text{ m/s}).$$

Lúc đó sức tải cát của dòng chảy không phụ thuộc gì vào độ đục ban đầu  $\rho_0$  và xác định theo công thức:

$$\rho_T = C_T \left( \ln \frac{[W_{\max}]}{W_1} - \frac{[W_{\max}] - W_1}{[W_{\max}]} \right) \quad (12-15)$$

b) Trường hợp  $W_{\max} > [W_{\max}]$ : sức tải cát dòng chảy sẽ phụ thuộc vào  $\rho_0$ . Nếu  $\rho_0 > \frac{C_T}{C} \left( \frac{[W_{\max}] - W_{\min}}{W_{\max} - W_{\min}} \right)$  dòng chảy được bảo hoà với tất cả các thành phần. Lúc đó  $\rho_T$  tính theo công thức (12-15).

Lòng dẫn sẽ không bị bồi lấp nếu như độ đục ban đầu không vượt quá sức tải cát dòng chảy.

Nếu cần biết sức tải cát dòng chảy cho nhóm hạt  $i$  có thể dùng công thức:

$$\rho_{Ti} = C_T \left( \ln \frac{W_{i+1}}{W_i} - \frac{W_{i+1} - W_i}{W_{\max}} \right) \quad (12-16)$$

c) Trường hợp  $W_{\max} \geq [W_{\max}]$  nhưng  $\rho_0 < \frac{C_T \left( 1 - \frac{[W_{\max}]}{W_{\min}} \right)}{C \left( 1 - \frac{W_{\max}}{W_{\min}} \right)}$  một bộ phận hạt sẽ bị

lắng xuống, bất kể độ đục ban đầu là bao nhiêu, kể cả trường hợp  $\rho_0 > \rho_T$ . Trường hợp này sức tải cát dòng chảy không đạt được, vì mặc dù hạt thô được bảo hoà nhưng hạt mịn vẫn không đủ. Độ đục phân giới sẽ hình thành và xác định theo công thức:

$$\rho_K = \rho_T - (C_T - C_0) \left( \ln \frac{W_x}{W_1} - \frac{W_x - W_1}{W_x} \right) \quad (12-17)$$

trong đó:

$$W_x = \frac{C_T - C_0}{a_T - a_0}$$

$$C_T = 200[W_{\max}]$$

$$C_0 = C\rho_0$$

$$a_T = 200 ; a_0 = \frac{C_0}{W_{\max}}$$

Để đánh giá mức độ bảo hoà của dòng chảy, ta sử dụng khái niệm hệ số sử dụng sức tải cát dòng chảy:

$$K_T = \frac{\rho_K}{\rho_T} \quad (12-18)$$

Số lượng chất lơ lửng trong mỗi đơn vị thể tích bị lắng xuống là:

$$\rho_1 = \rho_0 - \rho_K \quad (12-19)$$

Vì trong mỗi ngày đêm có  $24 \times 3600 Q(m^3)$  nước có chứa bùn cát chảy qua nên khối lượng bùn cát lắng xuống trong thời gian đó là:



$$M_{\text{lắng}} = 86400 (\rho_0 - \rho_K) Q, \text{ (kg/n.gày đêm)} \quad (12-20)$$

trong đó:

$\rho_0, \rho_K$  - tính bằng  $kg/m^3$ ;

$Q$  - tính bằng  $m^3/s$ ;

Chiều dài mà số lượng bùn cát dư lắng xuống kể từ mặt cát ban đầu là:

$$L = \frac{q}{W_1}$$

trong đó:  $q$  - lưu lượng đơn vị;

$W_1$  - độ thô thủy lực nhỏ nhất trong bùn cát lắng xuống.

## II. BÀI TẬP

**Bài 12-1.** Có ba mẫu cát sau đây, đánh số 1, 2, 3. Hãy xác định độ thô thủy lực trung bình của từng nhóm.

Mẫu cát	Hàm lượng đơn vị của các nhóm có $W$ (mm/s) bằng				
	0,047 ÷ 0,09	0,09 ÷ 0,21	0,21 ÷ 2,27	2,27 ÷ 6,63	6,63 ÷ 26,0
1	0,143	0,195	0,478	0,156	0,028
2	0,380	0,250	0,200	0,110	0,060
3	-	0,250	0,500	0,250	-

*Giải:* Trước hết ta xác định độ thô thủy lực trung bình của từng nhóm dùng công thức(12-1a) chẳng hạn:

$$\bar{W}_{F1} = \frac{1}{3} (0,047 + 0,09 + \sqrt{0,047 \cdot 0,09}) = 0,06 \text{ mm/s}$$

$$\bar{W}_{F2} = \frac{1}{3} (0,09 + 0,21 + \sqrt{0,09 \cdot 0,21}) = 0,15 \text{ mm/s}$$

$$\bar{W}_{F3} = \frac{1}{3} (0,21 + 2,27 + \sqrt{0,21 \cdot 2,27}) = 1,06 \text{ mm/s}$$

$$\bar{W}_{F4} = \frac{1}{3} (2,27 + 6,63 + \sqrt{2,27 \cdot 6,63}) = 4,26 \text{ mm/s}$$

$$\bar{W}_{F5} = \frac{1}{3} (6,63 + 26,0 + \sqrt{6,63 \cdot 26,0}) = 15,26 \text{ mm/s}$$

Sau đó áp dụng (12-2) tính độ thô thủy lực trung bình cho cả mẫu. Ví dụ đối với mẫu 1 ta có:

$$\begin{aligned} \bar{W}_0 &= 0,143 \cdot 0,06 + 0,195 \cdot 0,15 + 0,478 \cdot 1,06 + 0,156 \cdot 4,26 + 0,028 \cdot 15,26 = \\ &= 0,01 + 0,03 + 0,51 + 0,67 + 0,43 = 1,65 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

Tính toán tương tự đối với mẫu cát 2:

$$\bar{W}_0 = p_1 W_{F1} + p_2 W_{F2} + p_3 W_{F3} + p_4 W_{F4} + p_5 W_{F5} = 1,65 \text{ mm/s}$$

Đối với mẫu cát 3 chỉ có ba nhóm:

$$\bar{W}_0 = p_2 W_{F2} + p_3 W_{F3} + p_4 W_{F4} = 1,64 \text{ mm/s}$$

Như vậy là mặc dù 3 mẫu cát có thành phần độ hạt hoàn toàn khác nhau nhưng vẫn có thể có một trị số độ thô thủy lực trung bình giống nhau.

**Bài 12-2.** Tính độ thô thủy lực trung bình của mẫu cát 1 ở bài (12-1) sau khi gộp năm nhóm lại thành ba nhóm sau đây:  $< 0,21 \text{ mm/s}$ ;  $0,21 \div 2,27$  và  $> 2,27 \text{ mm/s}$ . Lần lượt dùng công thức (12-1a) và (12-1b).

Đáp số:  $\bar{W}_0 = 2,25 \text{ mm/s}$  và  $1,95 \text{ mm/s}$ .

**Bài 12-3.** Cũng như số liệu trong bài (12-2), nhưng giả thiết  $W_{\max} = 11 \text{ mm/s}$  thay cho  $W_{\max} = 26,0 \text{ mm/s}$

Đáp số:  $\bar{W}_0 = 1,76 \text{ mm/s}$  và  $1,23 \text{ mm/s}$ .

**Bài 12-4.** Giả sử số liệu thực đo cho ta biết những yếu tố thủy lực của dòng chảy:  $v = 1,6 \text{ m/s}$ ;  $h \approx R = 4 \text{ m}$ ;  $n = 0,02$ . Xác định sức tải cát dòng chảy (hoặc độ đục phân giới) theo (12-7) và (12-8) khi độ đục ban đầu lần lượt là  $\rho_0 = 9,77 \text{ kg/m}^3$  và  $16 \text{ kg/m}^3$ . Thành phần độ hạt cho trong bảng dưới đây:

Mẫu bùn cát	Hàm lượng đơn vị khi $W(\text{mm/s})$ bằng		
	$< 0,21$	$0,21 \div 2,27$	$> 2,27$
1	0,5578	0,3064	0,1358
2	0,338	0,478	0,183
3	0,312	0,600	0,088

*Giải:* Trước hết ta xác định độ thô thủy lực trung bình của từng mẫu cát. Giả thiết  $W_{\min} = 0,04 \text{ mm/s}$ ,  $W_{\max} = 11 \text{ mm/s}$ , ta có:

Đối với mẫu 1:  $\bar{W}_0 = 1,22 \text{ mm/s}$ .

Đối với mẫu 2:  $\bar{W}_0 = 1,23 \text{ mm/s}$

Đối với mẫu 3:  $\bar{W}_0 = 1,21 \text{ mm/s}$

Để thuận tiện cho tính toán, ta coi như cả ba mẫu có  $\bar{W}_0 = 1,22 \text{ mm/s}$ . Sau đó tính sức tải cát dòng chảy:

Theo công thức Giamarini:

$$\rho_T = 11v \sqrt{\frac{Rvi}{\bar{W}_0}} = 17 \text{ kg/m}^3,$$

trong đó  $i = 1,778 \cdot 10^{-4}$ .

Theo công thức Abalianxơ:

$$\rho_T = 0,018 \frac{v^3}{R \bar{W}_0} = 15,1 \text{ kg/m}^3$$

(v tính bằng m/s;  $\bar{W}_0$  tính bằng m/s; R tính bằng m).

Lấy trung bình  $\rho_T = 16 \text{ kg/m}^3$ . Ta có nhận xét: theo công thức tính toán nói trên, khi dòng chảy mang độ đục trung bình  $\rho_0 > 16 \text{ kg/m}^3$  sẽ gây bồi lấp, còn khi  $\rho_0 = 9,77 < 16 \text{ kg/m}^3$  sẽ không gây ra bồi lấp và không phụ thuộc gì vào sự phân bố thành phần hạt.

**Bài 12-5.** Xác định sức tải cát dòng chảy theo công thức Abalianxơ cho hai trường hợp sau đây:

1) Ở kênh 1:  $v = 0,84 \text{ m/s}$ ;  $R = 2,25 \text{ m}$ ;  $\bar{W}_0 = 2,5 \text{ mm/s}$

2) Ở kênh 2:  $v = 0,31 \text{ m/s}$ ;  $R = 0,34 \text{ m}$ ;  $\bar{W}_0 = 1,1 \text{ mm/s}$

Đáp số:  $\rho_T = 1,68 \text{ kg/m}^3$  và  $1,42 \text{ kg/m}^3$ .

**Bài 12-6.** Cũng các số liệu như ở 12-5, cho thêm: ở kênh 1:  $i = 0,00008$  và ở kênh 2:  $i = 0,00025$ . Hãy tính sức tải cát dòng chảy theo công thức Giarnarin.

Đáp số:  $\rho_T = 1,90 \text{ kg/m}^3$  và  $0,52 \text{ kg/m}^3$ .

**Bài 12-7.** Xác định độ thô thủy lực cực hạn  $W_{\max}$ ,  $W_{\min}$  và hằng số C, cho biết thành phần hạt như bảng dưới đây:

Độ thô thủy lực $W, \text{ mm/s}$	$< 0,0016$	$0,0016 \div 0,016$	$0,016 \div 0,052$	$0,052 \div 2,25$	$> 2,25$
Hàm lượng p	0,10	0,28	0,12	0,40	0,10

**Giải:** Trước hết ta phải tổ hợp chúng thành ba nhóm:

$$p_1 = 0,1 + 0,28 + 0,12 = 0,50$$

$$p_2 = 0,40$$

$$p_3 = 0,10$$

Tính được:

$$\alpha = \frac{2,25}{0,052} = 43,3 ; a = \frac{0,40}{0,10} = 4,0$$

$$a_1 = \frac{43,3}{42,3} \cdot 4 = 4,1$$

$$\ln \alpha = \ln 43,3 = 3,76$$

Thay vào (12-4) các trị số đã biết, ta được:

$$\ln \beta + \frac{1,244}{\beta} = 1,94$$

Giải bằng cách đúng đắn, ta được  $\beta = 5,6$  từ đó:  $W_{\max} = 5,6 \cdot 2,25 = 12,6 \text{ mm/s}$ .

Tính C theo hai công thức của (12-5) ta có:

$$C = \frac{0,40}{3,76 - 0,174} = 0,1115$$

$$C = \frac{0,10}{1,72 - 0,821} = 0,111$$

Được hai kết quả gần giống nhau, chứng tỏ giải đúng. Thay trị số  $C = 0,111$  vào (12-6), ta được  $\eta = 2,24 \cdot 10^4$  từ đó:

$$W_{\min} = \frac{12,6}{2,24} \cdot 10^{-4} = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ mm/s}$$

**Bài 12-8.** Xác định độ thô thủy lực cực hạn ( $W_{\max}$ ,  $W_{\min}$ ) và hằng số C của mẫu cát 1 trong bài 12-1. Gộp thành ba nhóm theo phương án sau đây:

Phương án 1:  $p_1 = 0,143 + 0,195 = 0,338$

$$p_2 = 0,478; p_3 = 0,156 + 0,028 = 0,184$$

Phương án 2:  $p_1 = 0,143$ ;  $p_2 = 0,195$

$$p_3 = 0,478 + 0,184 = 0,662$$

Phương án 3:  $p_1 = 0,143$ ;  $p_2 = 0,195 + 0,478 = 0,673$

$$p_3 = 0,184$$

**Đáp số:** Phương án 1:  $W_{\max} \approx 11,93 \text{ mm/s}$ ;  $W_{\min} = 0,43 \text{ mm/s}$ ;  $C = 0,217$ .

Phương án 2:  $W_{\max} = 9,66 \text{ mm/s}$ ;  $W_{\min} = 0,049 \text{ mm/s}$ ;  $C = 0,233$ .

Phương án 3:  $W_{\max} = 11,68 \text{ mm/s}$ ;  $W_{\min} = 0,47 \text{ mm/s}$ ;  $C = 0,221$ .

**Bài 12-9.** Xác định sức tải cát dòng chảy theo công thức (12-15), (12-18) với các số liệu đã dẫn ở bài (12-4).

**Giải:** Kết quả tính toán cho ta các tham số về thành phần độ hạt của ba mẫu cát như sau:

Mẫu 1:  $W_{\max} = 14,1 \text{ mm/s}$ ;  $W_{\min} = 0,0035 \text{ mm/s}$ ;  $C = 0,137$ .

Mẫu 2:  $W_{\max} = 11,0 \text{ mm/s}$ ;  $W_{\min} = 0,0475 \text{ mm/s}$ ;  $C = 0,225$ .

Mẫu 2:  $W_{\max} = 5,5 \text{ mm/s}$ ;  $W_{\min} = 0,071 \text{ mm/s}$ ;  $C = 0,299$ .

• Trước hết ta tiến hành tính toán với mẫu 1: Độ thô thủy lực lớn nhất mà dòng chảy có thể mang theo được là:

$$[W_{\max}] = 0,065(v - 0,05) \frac{\sqrt{v_n}}{R^{1/3}} = 0,065(1,6 - 0,05) \frac{\sqrt{1,6 \cdot 0,02}}{4^{1/3}} = 0,011 \text{ m/s}$$

$$W_{\max} = 14,1 \text{ mm/s} > [W_{\max}] = 11 \text{ mm/s}$$

Nên ta tiếp tục so sánh  $\rho_o$  với:

$$\frac{C_T}{C} \left( \frac{[W_{\max}] - W_{\min}}{W_{\max} - W_{\min}} \right) = \frac{200 \cdot 0,011}{0,137} \left( \frac{11 - 0,0035}{14,1 - 0,0035} \right) = 16 \text{ kg/m}^3$$

Khi  $\rho_o = 9,77 \text{ kg/m}^3 < 16 \text{ kg/m}^3$  dòng chảy không có khả năng bảo hoà tất cả các hạt (trường hợp b). Độ đục phân giới của dòng chảy xác định theo (12-17):

$$W_x = \frac{2,2 - 0,137 \cdot 9,77}{200 - \frac{0,137 \cdot 9,77}{0,0141}} = 0,0075 \text{ m/s}$$

$$\rho_T = 2,2 \left( \ln \frac{11}{0,0035} - \frac{11 - 0,0035}{11} \right) = 15,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_K = 15,4 - (2,2 - 1,34) \left( \ln \frac{7,5}{0,0035} - \frac{7,5 - 0,0035}{7,5} \right) = 9,75 \text{ kg/m}^3$$

Hệ số sử dụng sức tải cát dòng chảy:

$$K_T = \frac{\rho_K}{\rho_T} = \frac{9,75}{15,4} = 0,63$$

Khi  $\rho_o = 16 \text{ kg/m}^3$  dòng chảy bắt đầu được bảo hoà bởi tất cả các hạt.

Ta có  $\rho_T = \rho_K = 15,4 \text{ kg/m}^3$ .

• Ta tính cho mẫu cát 2:

Vì  $W_{\max} = [W_{\max}] = 11 \text{ mm/s}$  nên dòng chảy có khả năng mang tất cả các hạt nhỏ hơn 11 mm/s. Sức tải cát dòng chảy xác định theo (12-15):

$$\rho_T = 2,2 \left( \ln \frac{11}{0,0475} - \frac{11 - 0,0475}{11} \right) = 9,77 \text{ kg/m}^3$$

và không phụ thuộc gì vào độ đục ban đầu.

Trong thành phần mẫu cát 3 thiếu các hạt trong phạm vi 5,5 ÷ 11 mm/s. Số lượng có thể tải được trong phạm vi đó được bù bằng số lượng hạt mịn. Vì vậy, sức tải cát dòng chảy vẫn tính theo (12-15):

$$\rho_T = 2,2 \left( \ln \frac{11}{0,071} - \frac{11 - 0,071}{11} \right) = 8,95 \text{ kg/m}^3$$

Sức tải cát dòng chảy trong trường hợp này cũng không phụ thuộc gì vào độ đục ban đầu.

**Bài 12-10.** Kiểm tra khả năng bồi lấp kênh, cho biết:  $v = 0,5 \text{ m/s}$ ;  $i = 0,00012$ ; độ đục ban đầu  $\rho_o = 2,3 \text{ kg/m}^3$ . Thành phần độ hạt của bùn cát vào kênh có  $W_{\max} = 12 \text{ mm/s}$ ;  $W_1 = 0,042 \text{ mm/s}$ ;  $C = 0,214$ .

*Đáp số:* Kênh bị bồi lấp nhưng vẫn không đạt sức tải cát dòng chảy. Độ đục phân giới:  $\rho_K = 1,77 \text{ kg/m}^3$ .

**Bài 12-11.** Kiểm tra khả năng bồi lấp kênh khi cho biết:  $v = 1,07 \text{ m/s}$ ;  $i = 0,000111$ ;  $\rho_o = 8,54 \text{ kg/m}^3$  và các tham số của thành phần độ hạt của bùn cát vào kênh:

$$W_{\max} = 6,32 \text{ mm/s}; \quad W_1 = 0,00363 \text{ mm/s}; \quad C = 0,155.$$

*Đáp số:*  $\rho_T = 9,4 \text{ kg/m}^3$ ; kênh không bị bồi lấp.

**Bài 12-12.** Một kênh lấy nước từ sông vào. Thượng tuần tháng ba, độ đục bình quân  $\rho_o = 2,30 \text{ kg/m}^3$ . Lưu lượng cần lấy vào để tưới cho cả hệ thống là  $Q = 13,35 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sức tải cát của kênh ứng với  $W_1 = 0,092 \text{ mm/s}$ ,  $[W_{\max}] = 12 \text{ mm/s}$  là  $\rho_T = 1,1 \text{ kg/m}^3$  (với hệ số sử dụng kênh mương  $\eta = 0,80$  nên sức tải cát tính toán là  $\rho_T = 0,88 \text{ kg/m}^3$ ). Xác định thể tích bùn cát bồi lấp trong 10 ngày đầu tháng ba.

*Giải:* Thể tích bùn cát bồi lắng ứng với khối lượng đơn vị của cát ở trạng thái tự nhiên  $\rho_{bl} = 1\,250 \text{ kg/m}^3$  tính theo công thức:

$$V = \frac{86,4Qt (\rho_o - \rho_T)}{\rho_{bl}} = \frac{86,4 \cdot 13,35 \cdot 10 (2,3 - 0,88)}{1,250} = 13090 \text{ m}^3$$

## Chương XIII

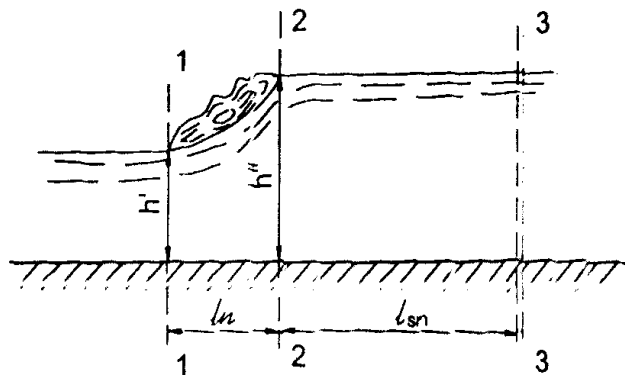
# NƯỚC NHẢY

### I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

#### 1. Nước nhảy hoàn chỉnh trong lòng dẫn lằng trụ (hình 13-1)

##### a) Khái niệm và phương trình cơ bản

Mặt cắt 1-1 là mặt cắt trước nước nhảy có độ sâu  $h'$ . Mặt cắt 1-1 này tính từ chỗ dòng xiết bắt đầu mất tính chất biến đổi dần, bắt đầu mở rộng đột ngột theo chiều sâu để trở thành chảy êm.



**Hình 13-1**

Mặt cắt 2-2 là mặt cắt sau nước nhảy, có độ sâu  $h''$ : mặt cắt 2-2 tính từ chỗ dòng chảy, sau khi mở rộng đột ngột thành chảy êm, lại trở lại tính chất biến đổi dần.

Khoảng cách 1-2 là chiều dài nước nhảy. Hai độ sâu  $h'$  và  $h''$  gọi là hai độ sâu liên hợp của nước chảy.

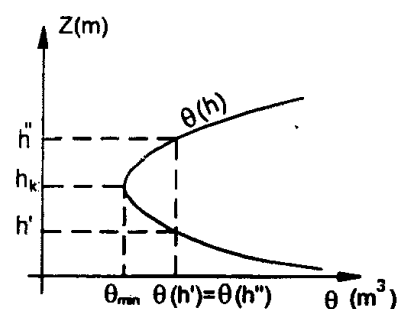
Sau mặt cắt 2-2, dòng chảy tuy đã trở thành chảy êm biến đổi dần, nhưng phân bố lưu tốc trên chiều sâu và mạch động lưu tốc chưa trở lại bình ổn như dòng chảy bình thường ở hạ lưu. Cho đến mặt cắt 3-3 trở đi thì mạch động lưu tốc mới trở lại bình thường như hạ lưu. Đoạn 2-3 gọi là đoạn sau nước nhảy ( $l_{sn}$ ).

Phương trình cơ bản của nước nhảy hoàn chỉnh trong lòng dẫn lằng trụ biểu thị quan hệ giữa các yếu tố thủy lực tại hai mặt cắt trước và sau nước nhảy:

$$\frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega_1} + y_1 \omega_1 = \frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega_2} + y_2 \omega_2 \quad (13-1)$$

trong đó:  $\alpha_0$  là hệ số động lượng;

$y$  là độ sâu của trọng tâm mặt cắt.



**Hình 13-2**

Hàm  $\theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega} + y\omega$  gọi là hàm số nước nhảy (hình 13-2).

Từ (13-1) có thể viết:

$$\Theta(h') = \theta(h'') \quad (13-2)$$

Với lòng dẫn chữ nhật, nước nhảy hoàn chỉnh khi:

$$Fr_1 = \frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{B_1}{\omega_1^3} \gg 3 \quad (13-3)$$

hoặc:

$$Fr_2 = \frac{\alpha Q^2 B_2}{g\omega_2^3} < (0,375) \quad (13-3')$$

### b) Tính độ sâu liên hợp

- Mặt cắt ngang của lòng dẫn hạ lưu có hình dạng bất kỳ (trường hợp chung): Giải bằng cách tính đúng dần.

- Mặt cắt hình chữ nhật:

Từ (13-1) suy ra:

$$\left. \begin{aligned} h'' &= \frac{h'}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8\alpha_0 q^2}{gh'^3}} - 1 \right] = \frac{h'}{2} \left[ \sqrt{1 + 8.Fr_1} - 1 \right] \\ h' &= \frac{h''}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8\alpha_0 q^2}{gh''^3}} - 1 \right] = \frac{h''}{2} \left[ \sqrt{1 + 8.Fr_2} - 1 \right] \end{aligned} \right\} \quad (13-4)$$

nếu xem  $\alpha = \alpha_0$ .

Từ (13-4) đặt:  $\xi'_k = \frac{h'}{h_k}$  và  $\xi''_k = \frac{h''}{h_k}$

Quan hệ  $\xi'_k$  và  $\xi''_k$  cho ở phụ lục 13-1.

- Mặt cắt hình thang:

Công thức gần đúng:

$$\xi'_k = \frac{6 - \xi''_k}{5\xi''_k} \quad (13-5)$$

$$\xi''_k = \frac{6}{1 + 5\xi'_k} \quad (13-6)$$

### c) Tổn thất năng lượng trong nước nhảy

$$h_w = \left( h' + \frac{\alpha v_1^2}{2g} \right) - \left( h'' + \frac{\alpha v_2^2}{2g} \right) \quad (13-7)$$



Trường hợp mặt cắt hình chữ nhật:

$$h_w = \frac{(h'' - h')^3}{4h'h''} \quad (13-8)$$

1) Chiều dài nước nhảy

Có thể tính theo một trong các công thức thực nghiệm sau:

• Đối với lòng dẫn mặt cắt hình chữ nhật:

Công thức Pavolôpxki:

$$l_n = 2,5 (1,9 h'' - h') \quad (13-9)$$

Công thức Tréctôuxốp:

$$l_n = 10,3h' \left( \sqrt{Fr_1} - 1 \right)^{0,81} \quad (13-10)$$

Công thức Xaphoranét:

$$l_n = 4,5h'' \quad (13-11)$$

Công thức Picalốp:

$$l_n = 4h' \sqrt{1 + 2Fr_1} \quad (13-12)$$

• Đối với lòng dẫn mặt cắt hình thang:

$$l_n = 5h'' \left( 1 + 4 \sqrt{\frac{B_2 - B_1}{B_2}} \right) \quad (13-13)$$

e) Chiều dài đoạn sau nước nhảy

Công thức Tréctôuxốp:

$$l_{sn} = (2,5 \div 3) l_n \quad (13-14)$$

Công thức Cumin:

$$l_{sn} = 32,5 h_h - l_n \quad (13-15)$$

Công thức Vuzgô:

$$l_{sn} = \frac{0,4}{n} h_h \quad (13-16)$$

Trong đó:  $h_h$  - độ sâu bình thường của kênh hạ lưu;

$n$  - hệ số nhám của lòng dẫn.

## 2. Nước nhảy ngập (hình 13-3)

Mặt cắt trước nước nhảy (C - C) bị ngập bởi khu nước xoáy cuộn, độ sâu của khu chảy cuộn tại mặt cắt C - C là  $h_z$ .

Đối với lòng dẫn có mặt cắt chữ nhật, ta có công thức:

$$\left(\frac{h_z}{h_c}\right)^2 = \left(\frac{h_2}{h_c}\right)^2 - \frac{2\alpha_0 q}{gh_c^2}(v_c - v_2) \quad (13-17)$$

trong đó:

$$v_c = \frac{q}{h_c}$$

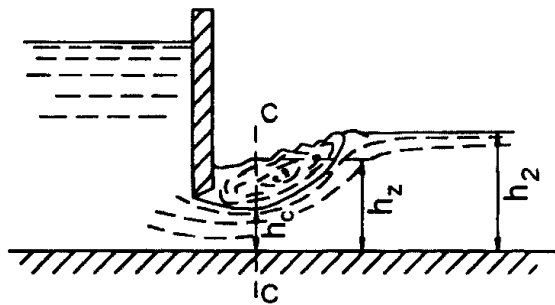
$$v_2 = \frac{q}{h_2}$$

Từ đó có:

$$h_z = \sqrt{h_2^2 - \frac{2\alpha_0 q}{g}(v_c - v_2)} \quad (13-18)$$

hay:

$$h_z = \sqrt{h_2^2 - \frac{2\alpha_0 q^2 (h_2 - h_c)}{g h_2 h_c}} \quad (13-19)$$



Hình 13-3

Chiều dài nước nhảy ngập tính bằng một trong các công thức thực nghiệm sau:

+ Công thức Xmetana:

$$l_{n.ng} = 6 (h_2 - h_c) \quad (13-20)$$

+ Công thức Rakhomanôp:

Với  $\frac{h_2}{h_c} < 12,5$ :

$$l_{n.ng} = 6,5 (h_2 - 1,3 h_c) \quad (13-21)$$

Với  $\frac{h_2}{h_c} > 12,5$ :

$$l_{n.ng} = 3,5 (h_2 + 8,3 h_c) \quad (13-22)$$

### 3. Nước nhảy sóng

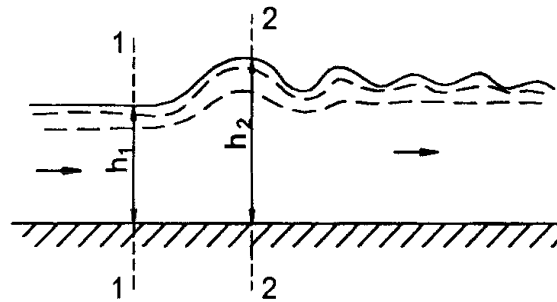
Trong lòng dẫn chữ nhật khi  $Fr_1 < 3$  hoặc  $Fr_2 > 0,375$  - tương ứng với  $h'' < 2h'$  trong công thức (13-4) thì nước nhảy có dạng sóng (hình 13-4).

Theo Nguyễn Văn Cung, giữa mặt cắt trước nước nhảy (1-1) (với độ sâu  $h_1$ ) và mặt cắt (2-2) ở đỉnh sóng đầu tiên (với độ sâu  $h_2$ ) có quan hệ:

$$\frac{q^2}{gh_2} - \frac{q^2}{gh_1} = \frac{h_1^2}{2} - \beta_2 \frac{h_2^2}{2} \quad (13-23)$$

$\beta_2$  là hệ số tính đến ảnh hưởng của độ cong của mặt cắt (2-2). Độ cong tại mặt cắt (2-2), biểu thị bằng bán kính cong  $r_0$  của mặt nước tại đó, cho bởi công thức thực nghiệm:

$$\frac{h_2}{r_0} = \frac{Fr_1 - 1}{Fr_1 + 1} \quad (13-24)$$



Hình 13-4

Phân tích lý luận hệ số  $\beta_2$ , Nguyễn Văn Cung đưa (13-23) về dạng:

$$\eta^3 - (2Fr_1 + 1)\eta + Fr_1(2 + D) = 0 \quad (13-25)$$

trong đó:  $\eta = \frac{h_2}{h_1}$  ;

$D = f\left(\frac{h_2}{r_0}\right)$  cho ở bảng 13-3 dưới đây:

Bảng 13-1

$\frac{h_2}{r_0}$	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
D	-0,081	-0,097	-0,118	0,163	-0,197	-0,262

$\frac{h_2}{r_0}$	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
D	-0,303	-0,371	-0,437	-0,496	-0,557	-0,615

Theo Mốtđalépxki:

$$\frac{h_2}{h_1} = 0,553 Fr_1 + 0,663 \quad (13-26)$$

Theo Xmuxlóp:

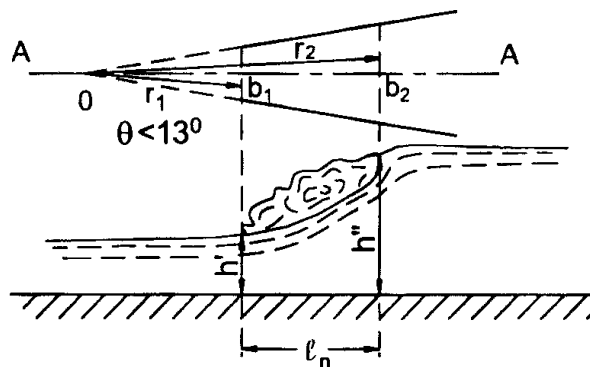
$$h_2 = 0,58h_1(\sqrt{1+8Fr_1} - 1) \quad (13-27)$$

Chiều dài nước nhảy sóng, theo Đmitoriép:

$$l_{n.s} = 10,6h_1 (Fr_1 - 1) \quad (13-28)$$

**4. Nước nhảy trong lòng dẫn mặt cắt chữ nhật mở rộng dần, với góc mở rộng  $\theta \leq 13^\circ \div 14^\circ$**

Theo Vaxiliep (hình 13-5):



Hình 13-5

$$r_2 = r_1 + l_n \quad (13-29)$$

trong đó:  $r_1, r_2$  - bán kính cong của mặt cắt trước và sau nước nhảy.

$l_n$  - chiều dài của nước nhảy, xác định theo công thức:

$$l_n = \frac{10,3h'(\sqrt{Fr_1} - 1)^{0,81}}{1 + 0,54 \frac{h'}{r_1}(\sqrt{Fr_1} - 1)^{0,81}} \quad (13-30)$$

Quan hệ giữa hai độ sâu liên hiệp cho bởi phương trình sau:

$$\frac{2\alpha_0}{gr_1 h'} \left( \frac{Q}{\theta} \right)^2 + r_1 h'^2 = \frac{2\alpha_0}{gr_2 h''} \left( \frac{Q}{\theta} \right)^2 + r_2 h''^2 - \beta \frac{h'^2 + h' h'' + h''^2}{3} (r_2 - r_1) \quad (13-31)$$

trong đó:  $\theta$  - tính bằng radian:  $\theta_{rad} = \theta^\circ / 57,3$ ;

$\beta$  - hệ số thực nghiệm, lấy bằng:  $\beta = 0,90$ .

**5. Nước nhảy ngập trong lòng dẫn mặt cắt chữ nhật mở rộng đột ngột**

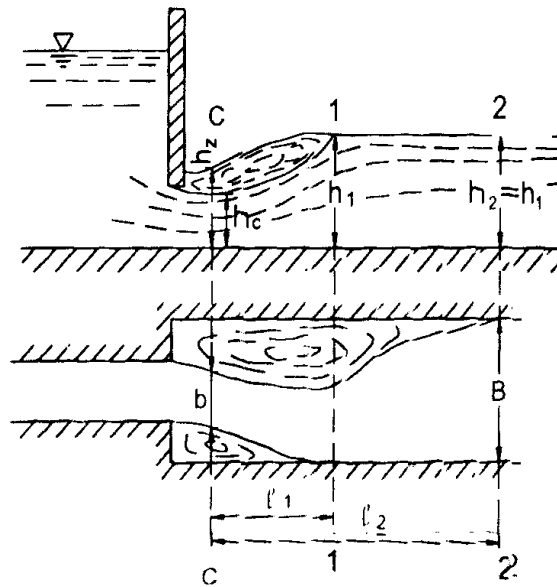
Theo Vũ Văn Tảo, trong điều kiện lòng dẫn mở rộng đột ngột, dòng chảy xiết thường nối tiếp với dòng chảy êm dưới hình thức dòng chảy xiên, trong đó có một dạng dòng

xiên - dòng xiên xiết ổn định ngập - có thể coi là nước nhảy ngập trong điều kiện không gian (hình 13-6).

Mặt cắt C-C là mặt cắt trước nước nhảy, có độ sâu  $h_c$  chiều rộng  $b$ . Mặt cắt 2-2 là mặt cắt sau nước nhảy, có độ sâu  $h_2$  chiều rộng  $B$ .

Mặt cắt 1-1 là mặt cắt trung gian, nơi dòng chảy đã mở rộng đầy đủ theo chiều sâu.

Trong nước nhảy ngập, khu xoáy cuộn của nước nhảy đè ngập dòng chính ở mặt cắt C - C. chiều sâu nước tại mặt cắt C - C bằng  $h_z$ .



Hình 13-6

Công thức lý luận tính  $h_z$ :

$$h_z = \sqrt{h_2^2 - \frac{2\alpha_0 Q}{g} \cdot \frac{b}{B} (v_c - v_2)} \quad (13-32)$$

trong đó:

$$v_c = \frac{Q}{bh_c} \quad (13-33)$$

$$v_2 = \frac{Q}{Bh_2} \quad (13-34)$$

Công thức này đúng với:

$$3 \leq \frac{B}{b} \leq 6 \quad (13-35)$$

Chiều dài khu mở rộng:

- Khi lòng dẫn mở rộng đối xứng:

$$l_1 = 6(h_2 - h_c)$$

$$l_2 = \left(4,1 - 0,4 \frac{B}{b}\right) \left(\frac{B h_2}{b h_c} - 1\right) h_c$$

- Khi lòng dẫn mở rộng từ một bên:

$$l'_1 = (1,5 \div 1,8) l_1$$

$$l'_2 = 2l_2$$

## II. BÀI TẬP

**Bài 13-1.** Nước nhảy trong một kênh lăng trụ mặt cắt chữ nhật:  $b = 10m$ ;  $Q = 36m^3/s$ .  
Biết độ sâu trước nước nhảy  $h' = 0,40m$ .

- Tính độ sâu liên hiệp sau nước nhảy;
- Tính chiều dài nước nhảy;
- Tính tổn thất năng lượng trong nước nhảy.

*Giải:*

$$a) \quad q = \frac{36}{10} = 3,6 \text{ m}^3/\text{sm}; \quad h_K = 1,096 \text{ m} (\alpha = 1)$$

$$Fr_1 = \left(\frac{h_K}{h'}\right)^3 = \left(\frac{1,096}{0,40}\right)^3 = 20,4 > 3$$

Đây là nước nhảy hoàn chỉnh vậy:

$$h'' = \frac{0,40}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \times 20,4} - 1\right] = 2,37 \text{ m}$$

b) Chiều dài nước nhảy:

Theo công thức Pavolópki:

$$l_n = 2,5(1,9 \cdot 2,37 - 0,40) = 10,25m$$

Theo công thức Picalóp:

$$l_n = 4 \cdot 0,4 \sqrt{1 + 2 \cdot 20,4} = 10,35m$$

Theo công thức Aivandian:

$$l_n = \frac{8(10 + \sqrt{20,4})}{20,4} \cdot \frac{(2,37 - 0,40)^3}{4 \cdot 0,40 \cdot 2,37} = 11,5m$$

c) Tổn thất năng lượng trong nước nhảy:

$$h_w = \frac{(2,37 - 0,40)^3}{4 \cdot 0,40 \cdot 2,37} = 2,01m$$

**Bài 13-2.** Kênh hình thang:  $Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $b = 7,00\text{m}$ ;  $m = 1,5$ .

a) Vẽ đường biểu diễn hàm số nước nhảy  $\theta(h)$  và từ đó xác định độ sâu liên hợp sau nước nhảy, biết độ sâu trước nước nhảy bằng  $h' = 0,30 \text{ m}$ ;

b) Tính thử lại  $h''$  bằng công thức gần đúng của Rakhomanốp;

c) Tính chiều dài nước nhảy.

*Giải:*

a) 
$$\theta(h) = \frac{\alpha Q^2}{g\omega} + y\omega$$

Đối với hình thang:  $\omega = (b + mh)h = (7 + 1,5h)h$

$$y = \frac{h}{3} \frac{B + 2b}{B + b} = \frac{h}{3} \cdot \frac{3b + 2mh}{2b + 2mh}$$

$$y = \frac{h}{3} \frac{21 + 3h}{14 + 3h}$$

Ta tính  $\theta(h)$  cho một số trị số  $h$  ở bảng dưới đây:

$h$ (m)	$\omega$ ( $\text{m}^2$ )	$y$ (m)	$y\omega$ ( $\text{m}^3$ )	$\frac{\alpha Q^2}{g\omega} = \frac{26,1}{\omega}$ ( $\text{m}^3$ )	$\theta(h)$ ( $\text{m}^3$ )	Chú thích
0	0	0	0	$\infty$	$\infty$	
0,10	0,715	0,049	0,035	36,60	36,63	
<u>0,30</u>	2,23	0,147	0,328	11,68	<u>12,01</u>	$\theta(h') = 12,1\text{m}^3$
0,50	3,87	0,242	0,945	6,74	7,68	
0,76	6,19	0,363	2,25	4,21	6,46	$\theta = \theta_{\min} \rightarrow h = h_k$
1,00	8,5	0,471	4,00	3,07	7,07	
1,20	10,56	0,56	5,90	2,38	8,28	
<u>1,55</u>	14,44	0,710	10,26	1,81	<u>12,07</u>	$\theta(h'') \approx \theta(h')$
2,00	20,00	0,900	18,00	1,31	19,31	
2,50	26,9	1,105	29,80	1,00	30,70	
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	

Với  $h' = 0,30\text{m}$ , ta tính được  $\theta(h') = 12,01 \text{ m}^3$ ; từ đồ thị tìm được:  $h'' \approx 1,55\text{m}$ . Có thể thấy ngay ở bảng trên: Với  $h'' \approx 1,55\text{m}$ ,  $\theta(h'') = 12,07 \text{ m}^3 \approx \theta(h')$ .

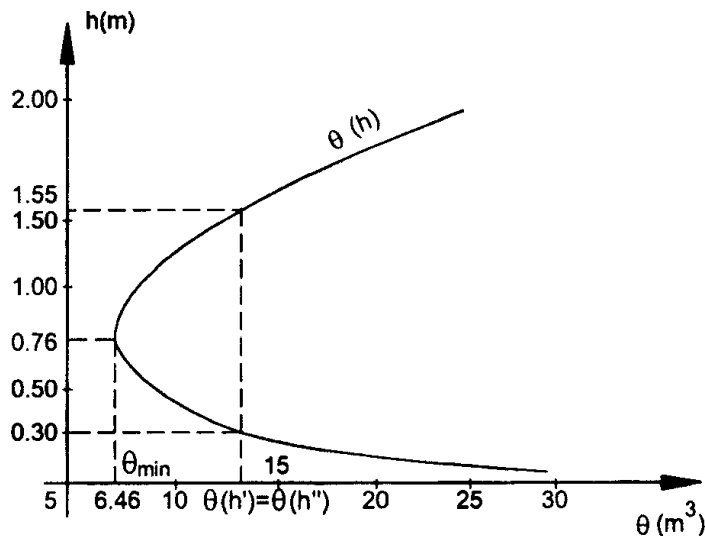
b) Tính lại theo công thức gần đúng của Rakhomanốp:

$$\xi'_k = \frac{0,30}{0,76} = 0,395$$

$$\xi_K'' = \frac{6}{1 + 5 \cdot 0,395} = 2,02$$

$$h'' = 2,02 \cdot 0,76 = 1,53m$$

Ở đây:  $h_K = 0,76 m$  là độ sâu phân giới.



### Bài 13-2

c)  $B_1 = 7 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,30 = 7,90m$

$$B_2 = 7 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,55 = 11,65m$$

$$l_n = 5 \cdot 1,55 \left( 1 + 4 \sqrt{\frac{11,65 - 7,9}{11,65}} \right) = 22,5 m$$

**Bài 13-3.** Dòng chảy từ đập tràn xuống sân bậc có  $q = 4m^2/s$ .

a) Biết độ sâu trước nước nhảy là  $h' = 0,60m$ , tính độ sâu sau nước nhảy.

b) Biết độ sâu sau nước nhảy  $h'' = 2,50m$ , tính độ sâu trước nước nhảy.

Đáp số: a)  $h'' = 2,05m$

b)  $h' = 0,445m$ .

**Bài 13-4.** Kênh mặt cắt hình thang:  $Q = 10 m^3/s$ ;  $b = 2,0m$ ;  $m = 1,5$ .

Vẽ đường biểu diễn hàm số nước nhảy. Tính độ sâu liên hợp sau nước nhảy, biết độ sâu trước nước nhảy bằng  $h' = 0,60 m$ .

Tính chiều dài nước nhảy.

Đáp số:  $h'' = 1,63m$ ;  $l_n = 30m$

**Bài 13-5.** Tính độ sâu sau nước nhảy  $h''$  của kênh mặt cắt chữ nhật:  $Q = 36m^3/s$ ;  $b = 10m$ . Biết  $h' = 0,70m$ . Tính tổn thất năng lượng và chiều dài nước nhảy.

Đáp số:  $h'' = 1,71m$ ;  $l_n \approx 8m$ ;  $h_w = 0,21m$ .



**Bài 13-6.** Kênh mặt cắt chữ nhật:  $Q = 27m^3/s$ ;  $b = 10.8m$ . Tính  $h'$  biết  $h'' = 2,2m$ .

*Đáp số:*  $h' = 0,26m$

**Bài 13-7.** Kênh mặt cắt chữ nhật:  $Q = 40m^3/s$ ;  $b = 8m$ , biết  $h' = 0,50m$ . Tính  $h''$  và tổn thất năng lượng trong nước nhảy.

*Đáp số:*  $h'' = 3,11m$ ;  $h_w = 2,86m$ .

**Bài 13-8.** Kênh mặt cắt hình thang:  $b = 5m$ ;  $m = 1$ ;  $Q = 22m^3/s$ . Tính  $h''$  biết  $h' = 1,50m$ .

*Đáp số:*  $h'' = 3,40m$ .

**Bài 13-9.** Máng tròn  $d = 4m$ ;  $Q = 5m^3/s$ . Tính  $h''$  biết  $h' = 0,40m$ .

*Đáp số:*  $h'' = 1,68m$

**Bài 13-10.** Máng tròn đường kính  $d = 6m$ ;  $Q = 12,3m^3/s$ . Biết  $h'' = 1,70m$ . Tính  $h'$ .

*Đáp số:*  $h' = 0,87m$

**Bài 13-11.** Lòng kênh parabol có thông số  $p = 2m$  (phương trình mặt cắt là  $x^2 = 2py$ ),  $Q = 4m^3/s$ . Biết  $h' = 0,50$ . Tính  $h''$ .

*Đáp số:*  $h'' = 1,12m$

**Bài 13-12.** Kênh mặt cắt hình thang:  $b = 7m$ ;  $m = 1$ ;  $Q = 54,3 m^3/s$ . Biết  $h' = 0,80m$ . Tính  $h''$  và  $h_w$ .

*Đáp số:*  $h'' = 3,0m$ ;  $h_w = 1,4m$ .

**Bài 13-13.** Kênh mặt cắt chữ nhật:  $b = 3m$ ;  $Q = 5,25m^3/s$ . Biết  $h_1 = 0,55m$ . Tính  $h_2$  và chiều dài nước nhảy  $l_n$ .

*Giải:*

$$Fr_1 = \frac{\alpha Q^2}{gb^2 h_1^3} = \frac{1.5,25^2}{9,81.3^2 \cdot 0,55^3} = 1,85$$

$Fr_1 < 3$ : đây là nước nhảy sóng.

Tính  $h_2$ : Theo công thức Xmuxlóp (13-27):

$$h'' = 0,58h_1(\sqrt{1+8Fr_1} - 1) = 0,58 \cdot 0,55(\sqrt{1+8 \cdot 1,85} - 1) = 0,95m$$

Theo công thức Nguyễn Văn Cung (13-23) ÷ (13-25):

$$\frac{h_2}{r_0} = \frac{Fr_1 - 1}{Fr_1 + 1} = \frac{1,85 - 1}{1,85 + 1} = 0,30 \text{ do đó } D = -0,262 \text{ (bảng 13-1).}$$

Giải phương trình:

$$\eta^3 - (2Fr_1 + 1)\eta + Fr_1(2 + D) = 0$$

trong đó:

$$\eta = h_2/h_1.$$

Thay  $Fr_1 = 1,85$ ;  $D = - 0,262$ , ta có phương trình

$$\eta^3 - 4,7\eta + 3,21 = 0. \text{ Giải ra được } \eta = 1,68.$$

Do đó:  $h_2 = 1,68 \cdot 0,55 = 0,925m$ .

$$l_n = 10,6 h_1 \sqrt{Fr_1 - 1} = 10,6 \cdot 0,55 \sqrt{0,85} = 5,3m.$$

**Bài 13-14.** Kênh mặt cắt chữ nhật:  $Q = 12m^3/s$ ,  $b = 5m$ . Biết  $h_1 = 0,65$ . Tính  $h_2$ .

*Đáp số:* nước nhảy sóng  $h_2 \approx 1,2m$

**Bài 13-15.** Như bài 13-5 nhưng  $h_1 = 1,00m$ .

*Đáp số:*  $h_2 = 1,35m$  (nước nhảy sóng)  $l_n = 3,5m$

**Bài 13-16.** Như bài 13-7 nhưng  $h_1 = 1,10m$ .

*Đáp số:*  $h_2 = 1,87m$  (nước nhảy sóng).

**Bài 13-17.** Dòng chảy từ đập tràn xuống sân đập, đến mặt cắt co hẹp thì có độ sâu  $h_c = 0,50m$ . Lưu lượng đơn vị  $q = 4,5m^2/s$ .

Tính độ sâu liên hợp với  $h_c$  trong nước nhảy hoàn chỉnh:

Khi độ sâu hạ lưu  $h_h = 3,40m$  phát sinh nước nhảy ngập. Tính độ sâu bị ngập tại mặt cắt co hẹp.

*Giải:*

$$q = 4,5m^2/s; h_K = 1,27m (\alpha = 1)$$

$$Fr_c = \left( \frac{h_K}{h_c} \right)^3 = \left( \frac{1,27}{0,5} \right)^3 = 16,39$$

a)  $h_c'' = \frac{0,5}{2} \left( \sqrt{1 + 8 \cdot 16,39} - 1 \right) = 2,62 m$

b)  $h_h = 3,40m > h_c''$ : Hình thành nước nhảy ngập. Tính  $h_z$  theo (13-18):

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - \frac{2\alpha_0 q^2}{g} \left( \frac{1}{h_c} - \frac{1}{h_h} \right)} = \sqrt{3,4^2 - \frac{2 \cdot 1 \cdot 4,5^2}{9,81} \left( \frac{1}{0,50} - \frac{1}{3,40} \right)} = 2,13 m$$

**Bài 13-18.** Dòng chảy ra khỏi cửa cống có độ sâu tại mặt cắt co hẹp là  $0,50m$ . Lưu lượng đơn vị  $q = 3,2 m^2/s$ .

Kênh hạ lưu cống ở trạng thái chảy đều với độ sâu  $h_h = 2,2m$ .

Xác định hình thức nước nhảy (hoàn chỉnh hay ngập) và tính độ sâu tại mặt cắt co hẹp.

*Đáp số:*  $h_z = 1,27m$  (nước nhảy ngập).

**Bài 13-19.** Dòng chảy có lưu lượng  $Q = 50m^3/s$  chảy từ một công trình xuống đoạn kênh bê tông (sân công trình) có độ sâu tại mặt cắt co hẹp bằng  $h_c = 0,25m$ . Kênh này rộng  $b = 20m$ , mặt cắt chữ nhật  $n = 0,014$ , đáy nằm ngang ( $i = 0$ ).

Tiếp theo đoạn kênh bê tông là đoạn lát đá bảo vệ bằng đá hộc, rồi đến kênh đất ở hạ lưu. Kênh đất mặt cắt hình thang:  $m = 1$ ;  $b = 20m$ ;  $n = 0,225$ ;  $i = 0,0004$ . Kênh coi như kéo dài vô tận về phía hạ lưu, không có ảnh hưởng của các công trình khác. Vẽ đường mặt nước ở khu vực sân công trình và kênh. Xác định vị trí nước nhảy và chiều dài nước nhảy để định chiều dài cần thiết của sân công trình bê tông, và xác định chiều dài sau nước nhảy để định chiều dài đoạn bảo vệ bằng đá lát (trong điều kiện không có thiết bị tiêu năng đặc biệt).

*Giải:*

Vấn đề ở đây là tính chiều dài đoạn dòng chảy từ chỗ có độ sâu  $h_c = 0,25m$  ở đầu sân công trình đến dòng chảy bình thường ở kênh hạ lưu.

Theo đầu bài, kênh hạ lưu dài vô tận, không có ảnh hưởng của các công trình khác, nên dòng chảy bình thường ở phía hạ lưu phải ở trạng thái chảy đều.

Trước hết ta tính các độ sâu đặc trưng:

Độ sâu phân giới trên sân mặt cắt chữ nhật:

$$q = \frac{50}{20} = 2,5m^2/s; h_{K1} = 0,86m$$

Độ sâu phân giới trên kênh mặt cắt hình thang:

$$\sigma_N = \frac{1,0,86}{20} = 0,043.$$

$$h_{K2} = 0,86 \left[ 1 - \frac{0,043}{3} + 0,105 \cdot 0,043^2 \right] = 0,85m$$

Độ sâu chảy đều của kênh đất:

$$\frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} = \frac{7,312 \cdot 0,02}{50} = 0,002924$$

$$R_{in} = 2,15m; \frac{b}{R_{in}} = \frac{20}{2,15} = 9,32.$$

$$\frac{h}{R_{in}} = 0,873, \text{ do đó } h_{02} = 0,873 \cdot 2,15 = 1,88m$$

Như vậy ta thấy dòng chảy ở sân đập đi từ chảy xiết  $h_c < h_K$  chuyển sang chảy êm  $h_{02} > h_K$  nhất định phải qua nước nhảy.

Xét dòng chảy êm sau nước nhảy nối tiếp với dòng chảy trong kênh hạ lưu là khá phức tạp; ở đây tạm cho rằng nước nhảy kết thúc tại đầu kênh đất, tức là  $h'' = h_{02} = 1,88m$ .

Biết độ sâu sau nước nhảy  $h'' = 1,88m$ , ta tính độ sâu liên hợp trước nước nhảy  $h'$ :

$$Fr_2 = \left( \frac{h_K}{h''} \right)^3 = \left( \frac{0,85}{1,88} \right)^3 = 0,0961$$

$$h' = \frac{1,88}{2} \left( \sqrt{1 + 8 \cdot 0,0961} - 1 \right) = 0,31m$$

Trên sân công trình (có dốc  $i = 0$ ), đường mặt nước từ mặt cắt trên có độ sâu  $h_c = 0,25 m$ , đến mặt cắt dưới có độ sâu  $h' = 0,31 m$  là đường nước dâng  $c_0$ .

Ta tính khoảng cách giữa hai mặt cắt ấy, theo công thức sai phân.

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}}$$

$$h_1 = h_c = 0,25m; v_1 = \frac{50}{0,25 \cdot 20} = 10m/s ; \quad \frac{\alpha v_1^2}{2g} = 5,08 m$$

$$\vartheta_1 = 0,25 + 5,08 = 5,33m$$

$$h_2 = h' = 0,31m; v_2 = \frac{50}{0,31 \cdot 20} = 8,06m/s ; \quad \frac{\alpha v_2^2}{2g} = 3,31m$$

$$\vartheta_2 = 0,31 + 3,31 = 3,62m$$

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,25 + 0,31}{2} = 0,28m; \text{ lấy } \bar{R} \approx \bar{h} = 0,28m$$

$$\bar{K} = \bar{\omega} \bar{C} \sqrt{\bar{R}} = 20 \cdot 0,28 \cdot 32,61 = 182,6 m^3/s$$

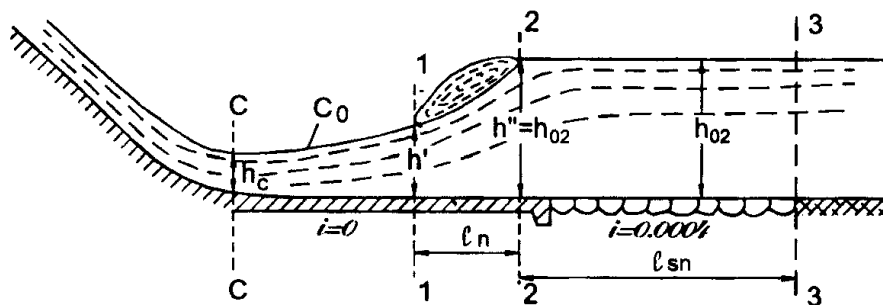
$$\bar{J} = \frac{Q^2}{\bar{K}^2} = \left( \frac{50}{182,6} \right)^2 = 0,075; \quad \Delta l = \frac{3,62 - 5,33}{0,0004 - 0,075} = 22,8 m$$

Chiều dài nước nhảy: tính theo công thức Tréctôuxốp (13-10):

$$l_n = 10,3h'(\sqrt{Fr_1} - 1)^{0,81} = 9,0 m$$

Đoạn sau nước nhảy tính theo công thức của Tréctôuxốp (13-14):

$$l_{sn} \approx 3l_n = 27m.$$



Bài 13-19

Trong hình vẽ (bài 13-19) từ mặt cắt C-C đến mặt cắt 1-1 là đường nước dâng  $c_0$  từ mặt cắt 1-1 đến mặt cắt 2-2 là nước nhảy, từ mặt cắt 2-2 đến mặt cắt 3-3 là đoạn sau nước nhảy, dưới mặt cắt 3-3 là dòng chảy bình thường của hạ lưu.

**Bài 13-20.** Kênh dẫn từ đập tràn đến bậc nước mặt cắt chữ nhật  $b = 20m$ ;  $i = 0,0001$ ;  $n = 0,014$ . Lưu lượng  $Q = 50m^3/s$ .

Dòng chảy từ đập rơi xuống đầu kênh tại mặt cắt C-C có độ sâu bằng  $h_c = 0,50m$ . Đến cuối kênh nước rơi tự do xuống bậc, không chịu ảnh hưởng của dòng hạ lưu. Chiều dài kênh tính từ mặt cắt C-C đến bậc nước là  $L$ .

Vẽ đường mặt nước trên đoạn kênh ấy: xác định hình thức và vị trí của nước nhảy, nếu có, trong 3 trường hợp:

- a)  $L = 50m$
- b)  $L = 100m$
- c)  $L = 420m$

*Giải:*

Tính  $h_K$  và  $h_0$ :

$$q = \frac{50}{20} = 2,5 m^2/s; h_K = 0,86m (\alpha = 1)$$

$$\frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} = \frac{8 \cdot 0,01}{50} = 0,0016; R_{ln} = 2,30m$$

$$\frac{b}{R_{ln}} = \frac{20}{2,3} = 8,70; \frac{h}{R_{ln}} = 1,04.$$

Do đó:

$$h_0 = 1,04 \cdot 2,30 = 2,39 m$$

Dòng chảy trên đoạn kênh sau mặt cắt C - C có:

$$h_c < h_K < h_0$$

Vậy là đường nước dâng kiểu  $c_1$  có độ sâu tăng dần.

Khi chiều dài kênh đủ ngắn để đến cuối kênh độ sâu vẫn còn nhỏ hơn độ sâu phân giới thì trên toàn bộ kênh chỉ có đường  $c_1$ .

Trường hợp giới hạn: kênh có chiều dài  $l_{K1}$  sao cho độ sâu ở cuối vừa đúng bằng  $h_K$  thì kênh cũng chỉ có đường  $c_1$ .

Khi chiều dài kênh  $L > l_{K1}$  thì dòng chảy phải chuyển từ chảy xiết sang chảy êm một cách đột biến qua nước nhảy. Sau nước nhảy là dòng chảy êm đi đến bậc nước, tức là

đường nước hạ  $b_1$ . Độ sâu ở mặt cắt cuối bậc nước là  $h_K$ . Như vậy trên kênh sẽ có một đoạn dòng chảy xiết kiểu  $c_1$  với độ sâu tăng dần từ mặt cắt C-C có độ sâu  $h_c$  đến mặt cắt 1-1 có độ sâu  $h'$ . Tiếp đó là nước nhảy, bắt đầu tại mặt cắt (2-2) sau nước nhảy có độ sâu  $h''$ . Sau đó là đường nước hạ  $b_1$ , bắt đầu từ mặt cắt 2-2 (độ sâu  $h''$ ) đến cuối kênh (độ sâu  $h_K$ ) thì đổ dốc.

Đoạn kênh càng dài thì nước nhảy càng lùi về phía thượng lưu, đến một mức nào đó thì thành nước nhảy ngập tại mặt cắt C-C (xem hình vẽ).

Ta xét cụ thể các trường hợp của bài toán. Trước hết ta tính toán toàn bộ đường nước dâng  $c_1$ . Ở đây dùng phương pháp cộng trực tiếp:

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}}$$

Kết quả tính toán ghi ở bảng sau đây:

h (m)	$\omega$ ( $m^2$ )	v (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	$\vartheta$ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	J	$\bar{J}$	$\Delta l$ (m)	$L = \sum \Delta l$ (m)
0,50	10,00	5,00	1,28	1,78		0,0121			0
					- 0,28		0,0095	30,8	
0,60	12,0	4,16	0,89	1,49		0,0069			30,8
					- 0,14		0,0055	25,9	
0,70	14,0	3,57	0,65	1,35		0,0042			56,7
					- 0,05		0,0035	14,7	
0,80	16,0	3,13	0,50	1,30		0,0028			71,4
					- 0,012		0,0025	4,2	
0,86	17,2	2,90	0,428	1,288		0,0022			75,6

Chiều dài giới hạn:  $l_{K1} = 75,6m$ .

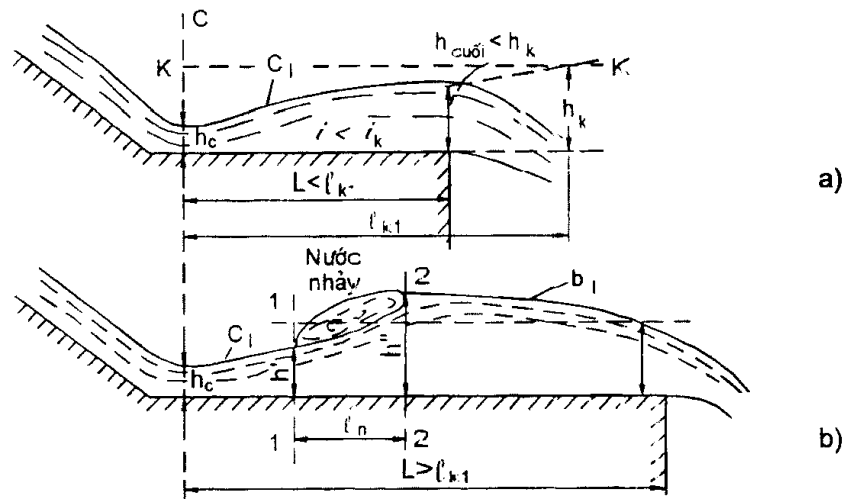
a) Trường hợp  $L = 50m < l_{K1}$

Nội suy trên đường mặt nước vừa tính ở trên, ta có độ sâu ở cuối kênh  $h_{cuối} = 0,67m$  (hình a, bài 13-20). Dòng chảy xiết diễn ra từ đầu đến cuối kênh rồi rơi xuống hạ lưu.

b) Trường hợp  $L = 100m > l_{K1}$ : có nước nhảy

Ta phải xác định vị trí nước nhảy, tức là tìm vị trí mặt cắt (1-1) trên đường  $c_1$  vừa tính ở trên có độ sâu  $h'$ , và mặt cắt (2-2) trên đường nước hạ  $b_1$ , có độ sâu  $h''$ , sao cho  $h'$  và  $h''$  là liên hợp với nhau trong nước nhảy và khoảng cách giữa hai mặt cắt (1-1) và mặt cắt (2-2) đúng bằng chiều dài nước nhảy.

Ta giải bài toán này bằng vẽ hình như sau:



### Bài 13-20

Một mặt, ta vẽ đường nước hạ  $b_1$ , xuất phát từ độ sâu ở cuối bằng  $h_k$ ;

Mặt khác, ta tính và vẽ đường liên hiệp với đường  $c_1$ , tức là đường có độ sâu liên hợp với độ sâu của đường  $c_1$  tại mỗi vị trí trên kênh và dịch đường ấy về hạ lưu những đoạn bằng chiều dài nước nhảy tương ứng. Giao điểm của đường này với đường  $b_1$  chính là vị trí mặt cắt (2-2) cần tìm:

Quá trình tính và kết quả tính toán ghi ở các bảng sau đây:

1. Đường quan hệ giữa độ sâu  $h_{b1}(x)$  trên đường  $b_1$  với khoảng cách  $x$  kể từ mặt cắt C-C, tính theo phương pháp cộng  $\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}}$ ;  $x = L - \sum \Delta l$

$h$ (m)	$\omega$ ( $m^2$ )	$v$ (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	$\vartheta$ (m)	$\Delta \vartheta$ (m)	$J$	$\bar{J}$	$\Delta l$ (m)	$\sum \Delta l$ (m)	$x$ (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,86	17,2	2,90	0,428	1,288		0,00220			0	100,0
					1,0140		0,00190	7,8		
0,95	19,0	2,63	0,352	1,302		0,00160			7,8	92,2
					1,0150		0,00148	11,7		
1,00	20,0	2,50	0,318	1,318		0,00137			19,5	80,5
					0,0210		0,00127	18,0		
1,05	21,0	2,38	0,289	1,339		0,00118			37,5	62,5
					0,0240		0,00110	24,0		
1,10	22,0	2,278	0,263	1,363		0,00101			61,5	38,5
					0,0290		0,00095	34,1		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,15	23,0	2,175	0,242	1,392		0,00089			95,6	4,4
					0,030		0,00083	41,0		
1,20	24,0	2,085	0,222	1,422		0,00078			136,6	
					0,133		0,00064	246,0		
1,39	27,8	1,80	0,165	1,555		0,00050			382,6	

**Ghi chú:** 1. Độ sâu  $h = 1,39m$  là độ sâu liên hợp với  $h_c = 0,50m$  sẽ dùng để tính trường hợp thứ ba.

2. Từ đường  $h'(l)$  trên đường  $C_1$  đã tính ở trường hợp a, ta tính được:

$$h'' = \frac{h'}{2} \left[ \sqrt{1 + 8Fr_1} - 1 \right]$$

$$l_n = 4,5 h''$$

$$x = l + l_n$$

$h', (m)$	$l, (m)$	$h'', (m)$	$l_n, (m)$	$x, (m)$
0,50	0	1,39	6,25	6,25
0,55	17,0	1,28	5,75	22,75
0,60	30,8	1,22	5,50	36,30
0,65	44,7	1,12	5,05	49,75
0,70	56,7	1,06	4,80	61,50

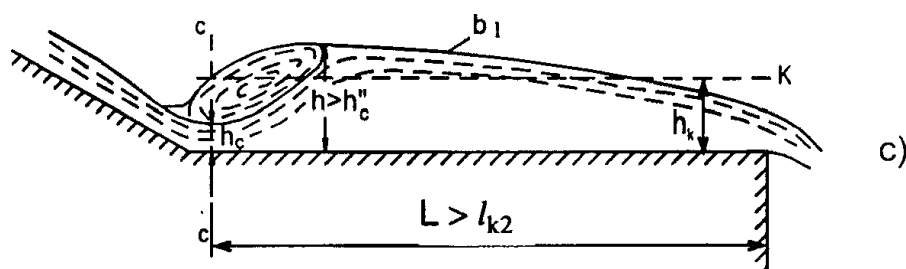
Vẽ hai đường  $h_{b1}(x)$  và  $h''(x)$  (hình d bài 13-20). Giao điểm của chúng xác định vị trí mặt cắt sau nước nhảy. Ta tìm được:

Độ sâu trước nước nhảy:  $h' = 0,70m$

Độ sâu sau nước nhảy:  $h'' = 1,06m$

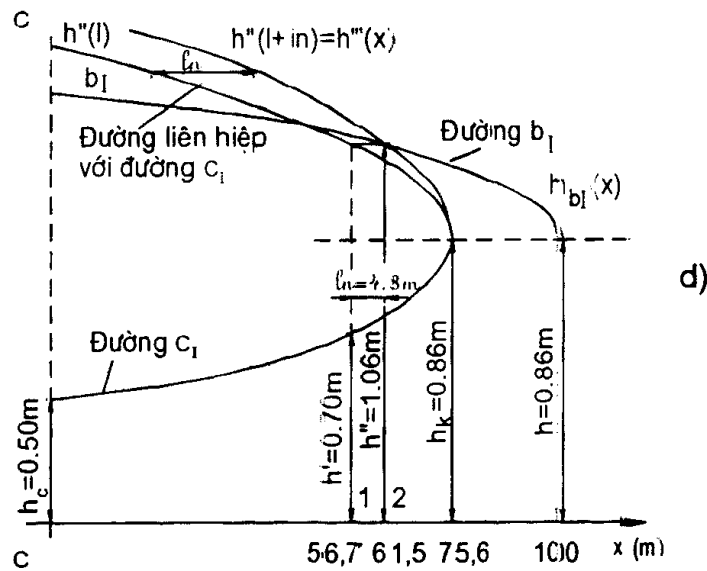
Vị trí trước nước nhảy:  $l = 56,7m$

Vị trí sau nước nhảy:  $x = l + l_n = 61,5m$ .



**Bài 13-20**





Hình 13-20

c) Trường hợp  $L = 420m$

Trường hợp giới hạn thứ 2: nước nhảy ngay tại mặt cắt C-C,  $h' = h_c = 0,50m$ ;  $h'' = 1,39m$ ;  $l_n = 6,25m$ , sau nước nhảy là đường nước hạ  $b_1$ .

Chiều dài đường nước hạ  $b_1$  có độ sâu ở đầu trên bằng  $1,39m$  và ở đầu dưới bằng  $h_k = 0,86m$  là  $l = 382,6m$ . Chiều dài sân trong trường hợp giới hạn thứ hai này là:

$$l_{k2} = 382,6 + 6,25 = 388,85m$$

Nếu chiều dài bậc  $L > l_{k2}$  thì độ sâu của đường nước hạ  $b_1$  tại đầu sân sẽ lớn hơn  $h_c''$ :

$$h_{b1} > h_c''$$

Ở đây  $L = 420m$ , như vậy sẽ hình thành nước nhảy ngập tại mặt cắt co hẹp (hình c, bài 13-20).

**Bài 13-21.** Kênh chữ nhật  $b = 10m$ ;  $Q = 20m^3/s$ ;  $n = 0,014$ . Đoạn trên có  $i_1 = 0,047$ , có độ sâu chảy đều  $h_{01} = 0,29m$ . Đoạn dưới có  $i_2 = 0,00076$  có độ sâu chảy đều  $h_{02} = 1,09m$ . Hai đoạn nối với nhau tại mặt cắt C-C.

Xác định hình thức nối tiếp tại khu thay đổi độ dốc. Vẽ đường mặt nước trên và dưới mặt cắt C-C. Phía thượng và hạ lưu coi như xa vô tận, không chịu ảnh hưởng của công trình khác.

**Đáp số:** Trên đoạn 1 là dòng chảy đều với độ sâu  $h_{01} = 0,29m$  đến tận mặt cắt C-C. Trên đoạn 2 là đường  $c_1$  từ mặt cắt C-C đến mặt cắt 1-1 có độ sâu  $h' = 0,51m$ , ở đây xuất hiện nước nhảy, sau nước nhảy là chế độ chảy đều với độ sâu  $h'' = h_{02} = 1,09m$ . Chiều dài đoạn nước dâng  $c_1$  bằng  $l \approx 68m$ .

**Bài 13-22.** Cũng như bài 13-21, nhưng đoạn kênh thứ 2 có  $n = 0,020$ ;  $i = 0,00013$   $h_{02} = 2,50m$ .

**Đáp số:** Nước nhảy nằm ở đoạn 1, từ  $h' = h_{01} = 0,29m$  đến  $h'' = 1,61m$ . Sau đó là đường nước dâng  $a_{11}$ , độ sâu tăng dần từ  $1,61m$  đến chỗ thay đổi dốc thì có độ sâu bằng  $h_{02} = 2,50m$ . Sang đoạn 2 là dòng chảy đều. Chiều dài đường  $a_{11}$ :  $l = 1400m$ .

**Bài 13-23.** Kênh có mặt cắt hình thang:  $b = 2,5m$ ;  $m = 0,5$ ;  $n = 0,020$ ;  $Q = 8m^3/s$ , có hai đoạn với độ dốc khác nhau.

Đoạn trên có độ dốc  $i_1 = 0,225$ , độ sâu chảy đều  $h_{01} = 0,325m$ . Đoạn dưới có độ dốc  $i_2 = 0,0025$ , độ sâu chảy đều  $h_{02} = 1,25m$ . Hai đoạn nối với nhau tại mặt cắt A-A.

Xác định hình thức nối tiếp của dòng chảy.

**Đáp số:** Nước nhảy nằm ở đoạn 2.

Đường  $c_1$  từ mặt cắt C-C đến mặt cắt 1-1 (độ sâu  $h' = 0,69m$ ) tiếp đến là nước nhảy với  $h'' = h_{02}$ .

Chiều dài đoạn chảy xiết theo đường  $c_1$ :  $l = 43m$ .

Chiều dài nước nhảy:  $l = 6,25m$ .

**Bài 13-24.** Một dòng kênh có mặt cắt hình thang:  $b = 8m$ ;  $m = 1,0$ ;  $Q = 20m^3/s$ ;  $i = 0,04$ ;  $n = 0,030$ .

Đập chặn dòng kênh làm dâng nước, tạo nên ở thượng lưu đập một độ sâu bằng  $h = 2,25m$ .

Vẽ đường mặt nước trên đoạn kênh ở thượng lưu đập.

**Đáp số:**  $h_0 = 0,57m$ ;  $h_k = 0,83m$

Ở thượng lưu đập: dòng chảy đều xiết chuyển sang dòng chảy êm bằng nước nhảy: nước nhảy có  $h' = h_0 = 0,57m$  và  $h'' = 1,12m$ ; sau nước nhảy là đường nước dâng  $a_{11}$ ; nước nhảy cách đập  $26m$ .

**Bài 13-25.** Xác định vị trí nước nhảy trong bài toán 9 -31a, chương IX.

**Đáp số:** Nước nhảy ngập ở mặt cắt C-C đầu sân bậc nước.

**Bài 13-26.** Tính độ sâu liên hợp sau nước nhảy trong đoạn kênh mở rộng dần, mặt cắt chữ nhật, góc mở rộng  $\theta = 10^\circ$ ;  $Q = 7,25m^3/s$ . Biết mặt cắt trước nước nhảy có  $b_1 = 3m$ ,  $h' = 0,40m$ .

**Giải:** Ta dùng công thức nước nhảy trong kênh mở rộng dần của Vaxiliev (13-31) với chiều dài nước nhảy tính theo (13-30);

Chuyển từ độ qua radian:

$$\theta = \frac{\theta^\circ}{57,3} = \frac{10}{57,3} = 0,1745 \text{ radian.}$$

$$r_1 \approx \frac{b_1}{\theta} = \frac{3}{0,1745} = 17,2 \text{ m}$$

$$q_1 = \frac{Q}{b_1} = \frac{7,25}{3} = 2,42 \text{ m}^2/\text{s}; \quad h_{kl} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q_1^2}{g}} = 0,841 \text{ m}.$$

Tính chiều dài nước nhảy theo (13-30);

$$Fr_1 = \left( \frac{0,841}{0,40} \right)^3 = 9,26$$

$$l_n = \frac{10,3 \cdot 0,40 \cdot (\sqrt{9,26} - 1)^{0,81}}{1 + 0,54 \cdot \frac{0,40}{17,2} \cdot (\sqrt{9,26} - 1)^{0,81}} = 7,20 \text{ m}$$

$$r_2 = r_1 + l_n = 17,20 + 7,20 = 24,40$$

$$b_2 \approx r_2 \cdot 0 = 24,40 \cdot 0,1745 = 4,25 \text{ m}$$

Tính  $h''$  bằng phương trình (13-31) với  $\alpha_0 = 1$ ;  $\beta = 0,9$ .

$$\frac{2,1}{9,81 \cdot 17,2 \cdot 0,4} \cdot \left( \frac{7,25}{0,1745} \right)^2 + 17,2 \cdot 0,4^2 =$$

$$\frac{2,1}{9,81 \cdot 24,4 h''} \cdot \left( \frac{7,25}{0,1745} \right)^2 + 24,4 h''^2 - 0,9 \frac{0,4^2 + 0,4 h'' \cdot h''^2}{3} \cdot 7,2$$

$$53,95 = \frac{14,4}{h''} + 24,4 h''^2 - 0,324 - 0,864 h'' - 2,16 h''^3$$

$$54,27 = \frac{14,4}{h''} + 24,4 h''^2 - 0,864 h''$$

Giải phương trình này bằng cách tính gần đúng dần, ta được::

$$h'' = 1,43 \text{ m}$$

**Bài 13-27.** Tính độ sâu liên hiệp của nước nhảy trong một đoạn kênh mở rộng dần có góc mở rộng  $\theta = 10^\circ$ ;  $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Biết tại mặt cắt trước nước nhảy có  $h' = 0,50 \text{ m}$  và  $b_1 = 4 \text{ m}$ .

*Đáp số:*  $h'' = 1,37 \text{ m}$ ;  $b_2 = 5,08 \text{ m}$ ;  $l_n = 6,10 \text{ m}$ .

**Bài 13-28.** Dòng chảy có  $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$  chảy từ một cửa cống rộng  $b = 2,00 \text{ m}$  có độ sâu ở mặt cắt co hẹp sau cống là  $h_c = 0,40 \text{ m}$ . Ngay sau cống là kênh mặt cắt chữ nhật rộng  $B = 6,00 \text{ m}$ , có độ sâu bình thường của dòng chảy hạ lưu bằng  $h_{h1} = 1,20 \text{ m}$ .

Tính độ sâu do nước nhảy ngập tạo nên ở mặt cắt co hẹp.

*Giải:*

$$\frac{B}{b} = \frac{6}{2} = 3$$

Ta tính độ sâu  $h_z$  theo công thức nước nhảy ngập trong lòng dẫn mở rộng đột ngột (13-32):

$$v_c = \frac{Q}{bh_c} = \frac{4}{2.0,4} = 5,0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{Q}{Bh_2} = \frac{Q}{Bh_h} = \frac{4}{6.1,20} = 0,555 \text{ m/s}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h_z = \sqrt{1,2^2 - \frac{2.1.2}{9,81} \cdot \frac{2}{6} (5 - 0,555)} = 0,92 \text{ m}$$

**Bài 13-29.** Dòng chảy có lưu lượng  $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$  chảy từ một cửa cống rộng  $b = 2 \text{ m}$ , có độ sâu ngay sau cửa cống là  $h_c = 0,50 \text{ m}$ . Sau cống là kênh rộng  $B = 8,0 \text{ m}$ , có độ sâu bình thường  $h_h = 1,5 \text{ m}$ .

Tính độ sâu do nước nhảy ngập tạo ra ở mặt cắt sau cửa cống.

*Đáp số:*  $h_z = 1,29 \text{ m}$ .

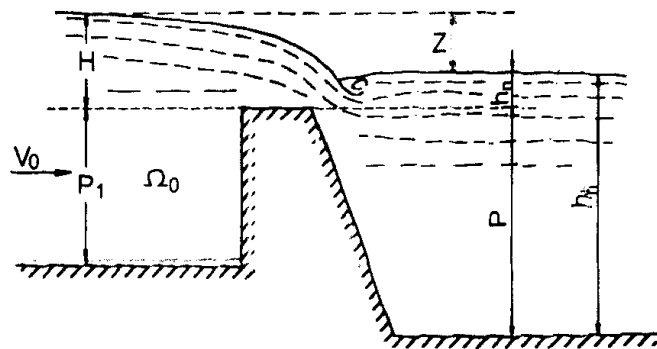
## Chương XIV

# ĐẬP TRÀN

### I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Vật kiến trúc ngăn một dòng không áp làm cho dòng đó chảy tràn qua đỉnh gọi là đập tràn. Về mặt thủy lực, dòng chảy qua đập tràn được xem như dòng chảy qua lỗ lớn không áp. Tính toán thủy lực đập tràn bao gồm việc xác định khả năng tháo nước của đập hoặc xác định các kích thước của lỗ đập để tháo được lưu lượng định trước v.v...

Ký hiệu (hình 14-1):



*Hình 14-1*

$H$  - cột nước tràn;

$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$  - cột nước toàn phần trên đỉnh đập;

$b$  - chiều rộng đập (diện tràn nước);

$v_0$  - lưu tốc dòng chảy thượng lưu trước đập;

$P$  - chiều cao đập so với đáy hạ lưu;

$P_1$  - chiều cao đập so với đáy thượng lưu;

$h_n$  - độ sâu hạ lưu;

$h_n = h_n - P$  - chiều sâu nước hạ lưu so với đỉnh đập;

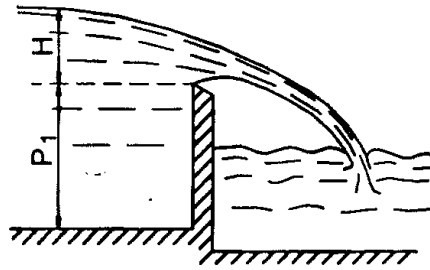
$Z = H - h_n$  - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu;

$\delta$  - chiều dày đỉnh đập;

$B$  - chiều rộng lòng sông chỗ xây đập.

**1. Đập tràn thành mỏng ( $\delta < 0,67H$ ):**

a) Cửa chữ nhật (hình 14-2)



**Hình 14-2**

Lưu lượng qua đập tràn thành mỏng cửa chữ nhật chảy không ngập tính theo công thức chung của đập tràn:

$$Q = mb\sqrt{2gH_0^{3/2}} \quad (14-1)$$

hoặc: 
$$Q = m_0 b \sqrt{2gH^{3/2}} \quad (14-2)$$

Hệ số lưu lượng  $m_0$  của đập tràn thành mỏng tiêu chuẩn tính theo công thức:

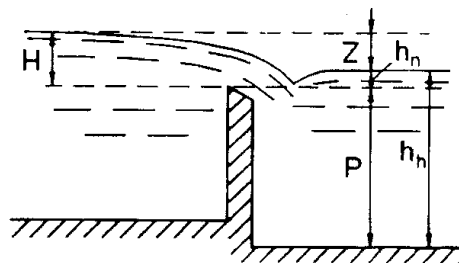
$$m_0 = 0,402 + 0,054 \frac{H}{P_1} \quad (14-3)$$

Ảnh hưởng của co hẹp bên: Thay  $m_0$  trong (14-2) bằng  $m_c$  tính theo:

$$m_c = \left( 0,405 + \frac{0,003}{H} - 0,03 \cdot \frac{B-b}{B} \right) \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{b}{B} \right)^2 \left( \frac{H}{H+P_1} \right)^2 \right] \quad (14-4)$$

Chảy ngập: (hình 14-3).

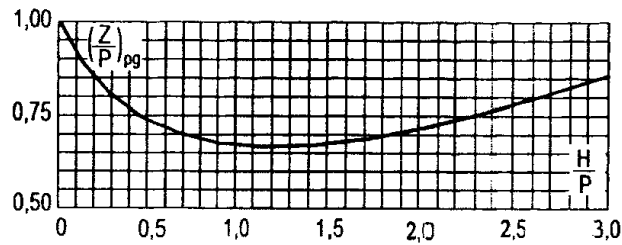
$$\left. \begin{array}{l} \text{Chỉ tiêu ngập: } h_n = h_h - P > 0 \\ \text{và: } \frac{Z}{P} < \left( \frac{Z}{P} \right)_{pg} \end{array} \right\} \quad (14-5)$$



**Hình 14-3**

Trị số phân giới  $\left( \frac{Z}{P} \right)_{pg}$  phụ thuộc  $\frac{H}{P}$  cho ở đồ thị hình (14-4) dưới đây:

Có thể lấy gần đúng  $(Z/P)_{pg}$  vào khoảng  $0,70 \div 0,80$ .



Hình 14-4

Khi chảy ngập, công thức tính lưu lượng là:

$$Q = \sigma_n m_0 b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (14-6)$$

Hệ số ngập  $\sigma_n$  lấy theo công thức thực nghiệm của Bazan:

$$\sigma_n = 1,05 \left( 1 + 0,2 \frac{h_n}{P} \right) \sqrt[3]{\frac{Z}{H}} \quad (14-7)$$

Nếu vừa chảy ngập, vừa có co hẹp bên thì dùng công thức:

$$Q = \sigma_n m_c b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (14-8)$$

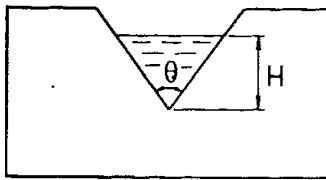
b) Cửa tam giác (hình 14-5):

Đập tràn thành mỏng cửa tam giác dùng làm dụng cụ đo lưu lượng. Lưu lượng qua đập tràn thành mỏng cửa tam giác tính theo công thức:

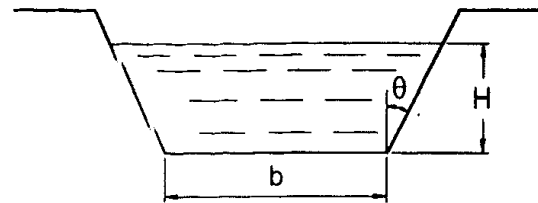
$$Q = m_{tg} \sqrt{2g} H^{5/2} = M_{tg} H^{5/2} \quad (14-9)$$

Với góc ở đỉnh  $\theta = 90^\circ$  thì:  $m_{tg} = 0,316$

$$M_{tg} \approx 1,4 m^{0,5} s^{-1} \text{ (trong phạm vi } 0,05 m < H < 0,25 m \text{)}$$



Hình 14-5



Hình 14-6

c) Cửa hình thang

Đập tràn thành mỏng cửa hình thang cũng là một dụng cụ đo lưu lượng trên kênh nhỏ:

$$Q = m_{th} b \sqrt{2g} H^{3/2} = M_{th} b H^{3/2} \quad (14-10)$$

Với  $\text{tg}\theta = \frac{1}{4}$  thì:  $m_{th} \approx 0,42$

$$M_{th} \approx 1,86 m^{0,5} s^{-1}$$

Công thức (14-10) và các hệ số trên đúng trong phạm vi  $H \leq \frac{b}{3}$ ,  $P_1 > 0$ .

## 2. Đập tràn có mặt cắt thực dụng $[0,67H \leq \delta \leq (2 \div 3)H]$

Công thức tổng quát: 
$$Q = \sigma_n \varepsilon m \sum b \sqrt{2gH_0^{3/2}} \quad (14-11)$$

Chỉ tiêu ngập:

$$\left. \begin{aligned} & h_n = h_h - P > 0 \\ & \text{và } \frac{Z}{P} < \left( \frac{Z}{P} \right)_{pg} \end{aligned} \right\} \quad (14-12)$$

Trị số  $\left( \frac{Z}{P} \right)_{pg}$  phụ thuộc vào hệ số lưu lượng  $m$  của từng loại mặt cắt đập và tỷ số  $\frac{H}{P}$ ; cho ở bảng 14.1 dưới đây:

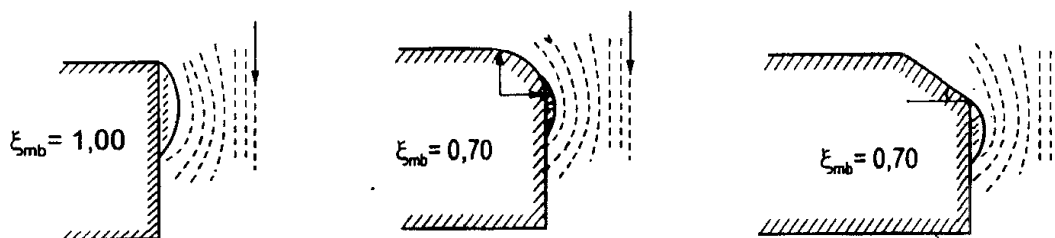
**Bảng 14-1. Trị số phân giới  $\left( \frac{Z}{P} \right)_{pg}$  để xác định trạng thái chảy của đập có mặt cắt thực dụng**

m	H/P								
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
0,35	0,92	0,89	0,87	0,86	0,84	0,86	0,87	0,96	1,05
0,385	0,91	0,86	0,84	0,82	0,80	0,79	0,80	0,83	0,90
0,42	0,89	0,84	0,80	0,78	0,76	0,75	0,73	0,75	0,72
0,46	0,88	0,82	0,78	0,76	0,74	0,71	0,70	0,73	0,79
0,48	0,86	0,80	0,76	0,74	0,71	0,68	0,67	0,67	0,78

Khi thoả mãn điều kiện (14-12) thì đập là chảy ngập, lúc đó hệ số ngập  $\sigma_n$  có thể lấy theo bảng (14-1).

Hệ số co hẹp bên  $\varepsilon$  có thể tính theo công thức:

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \frac{H_0}{b} \quad (14-13)$$



**Hình 14-7**



trong đó:

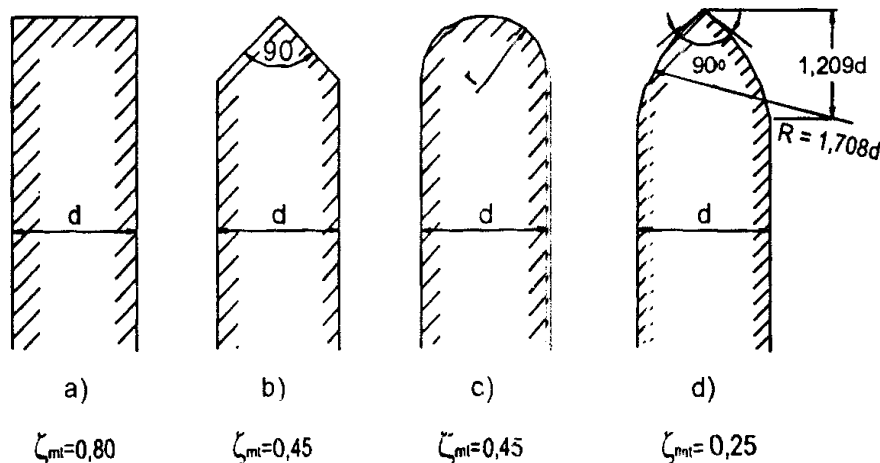
$n$  - số nhịp;

$b$  - chiều rộng mỗi nhịp;

$\xi_{mb}$  - hệ số hình dạng của mố bên, lấy các trị số ghi ở hình 14-7;

$\xi_{mt}$  - hệ số hình dạng của mố trụ, lấy các trị số ghi ở hình 14-8.

Hệ số lưu lượng  $m$  có trị số tùy theo hình dạng đỉnh đập. Đối với mỗi loại đập, người ta đã thí nghiệm tìm hệ số lưu lượng tiêu chuẩn cho một mặt cắt tiêu chuẩn ( $m_{tc}$ ) ứng với một cột nước thiết kế ( $H_{tk}$ ) nhất định.



**Hình 14-8**

Khi thay đổi chút ít cấu tạo của đập so với mặt cắt tiêu chuẩn, hoặc khi cột nước tràn thực tế khác cột nước thiết kế thì  $m$  cũng thay đổi chút ít, công thức tổng quát để tính  $m$  là:

$$m = \sigma_{hd} \sigma_H m_{tc} \quad (14-14)$$

trong đó:

$m_{tc}$  - hệ số lưu lượng tiêu chuẩn;

$\sigma_{hd}$  - hệ số sửa chữa do thay đổi hình dạng khác với đập tiêu chuẩn đã thí nghiệm;

$\sigma_H$  - hệ số sửa chữa do thay đổi cột nước  $H$  khác với cột nước thiết kế  $H_{tk}$ .

Đập có mặt cắt thực dụng có nhiều loại hình dạng khác nhau.

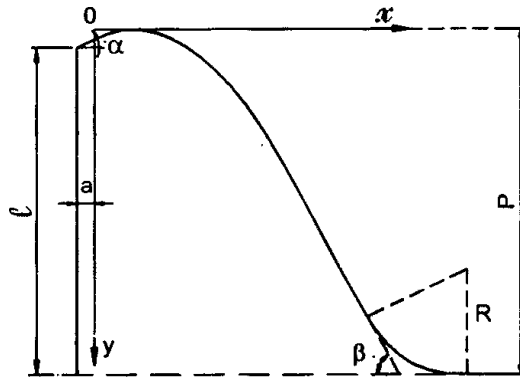
a) Đập hình cong không có chân không (hình 14-9). Có mặt cắt vẽ theo phương pháp Corijơ - Ôphixêrốp ghi ở phụ lục (14-2) trong đó:

đập loại I có  $m_{tc} = 0,49$ ;

đập loại II có  $m_{tc} = 0,48$ ;

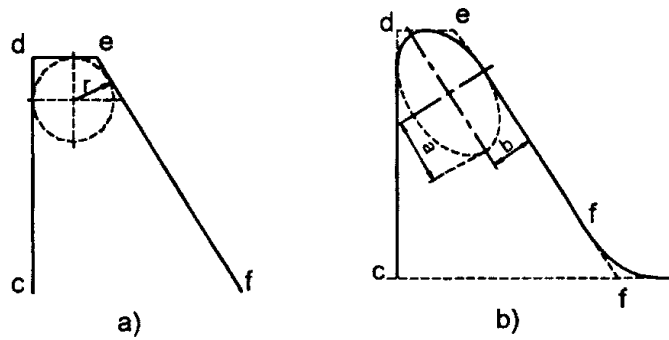
Hệ số  $\sigma_{hd}$  của đập này lấy ở phụ lục (14-3);

Hệ số  $\sigma_H$  của đập này lấy ở phụ lục (14-4).



Hình 14-9

b) Đập hình cong có chân không (hình 14-10) có đầu tròn và đầu elip có tọa độ mặt cắt ghi ở phụ lục (14-5) và hệ số lưu lượng  $m_{tc}$  ghi ở phụ lục (14-6).

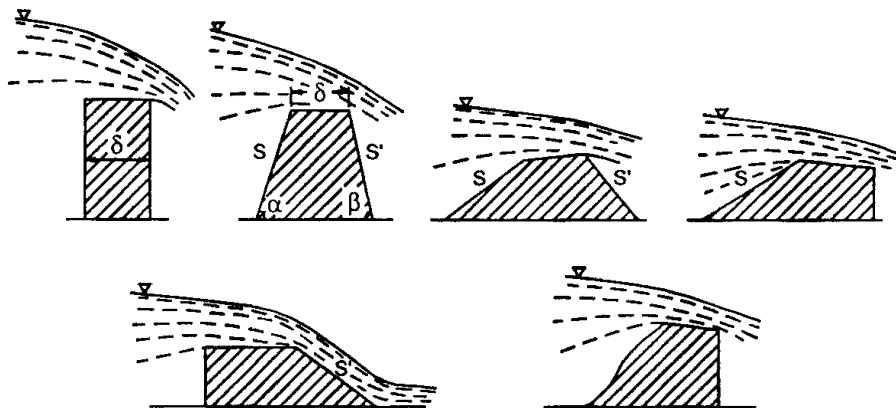


Hình 14-10

c) Đập hình đa giác, (hình thang) (hình 14-11) có hệ số lưu lượng ghi ở phụ lục (14-7).

Đối với các loại đập có mặt cắt thực dụng nói trên, trong công thức tổng quát (14-11), ta có thể bỏ qua  $\frac{\alpha v_0^2}{2g}$  so với  $H$  và lấy  $H_0 \approx H$  nếu diện tích mặt cắt thượng lưu ở gần đập  $\Omega_0$  thoả mãn điều kiện:

$$\Omega_0 \geq 4 \Sigma bH$$



Hình 14-11

### 3. Đập tràn đỉnh rộng $(2 \div 3) H < \delta < (8 \div 10) H$ :

*Chỉ tiêu ngập*: Đập tràn đỉnh rộng là chảy ngập khi thoả mãn điều kiện:

hoặc: 
$$\left. \begin{aligned} \frac{h_n}{H_0} &> \left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{pg} \\ \frac{h_n}{h_k} &> \left( \frac{h_n}{h_k} \right)_{pg} \end{aligned} \right\} \quad (14-15)$$

Trị số  $\left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{pg}$  có thể lấy gần đúng khoảng  $0,70 \div 0,80$ ;

Trị số  $\left( \frac{h_n}{h_k} \right)_{pg}$  lấy gần đúng bằng  $1,2 \div 1,4$ .

Chính xác hơn  $\left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{pg}$  phụ thuộc vào hệ

số lưu lượng  $m$  và tỷ số  $v_n = \frac{bh_n}{\Omega_h}$  cho ở đồ

thị hình 14-12 dưới đây ( $\Omega_h$  là diện tích mặt cắt ướt của kênh hạ lưu).

*Chảy không ngập* (hình 14-13).

Đối với đập cửa chữ nhật:

$$Q = \varphi bh \sqrt{2g(h_0 - h)} \quad (14-16)$$

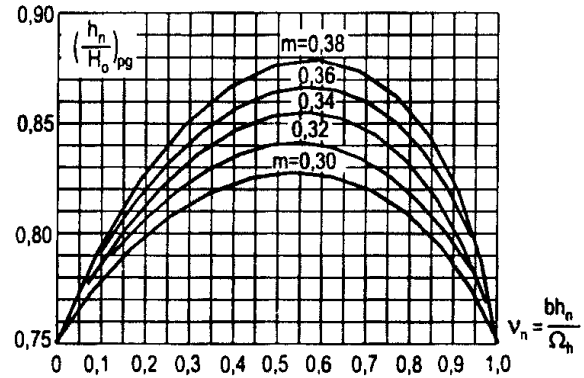
hoặc: 
$$Q = mb \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (14-17)$$

với: 
$$m = \varphi k \sqrt{1 - k} \quad (14-18)$$

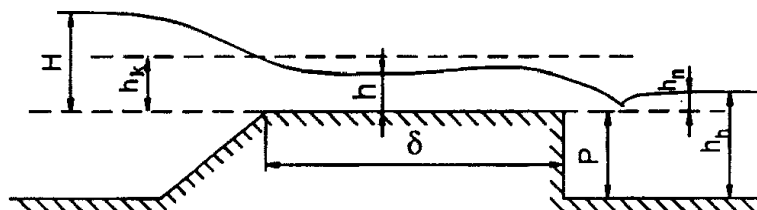
$$k = \frac{h}{H_0} \quad (14-19)$$

$h$  - độ sâu tại một mặt cắt thoả mãn điều kiện thay đổi dần trên đỉnh đập;

$\varphi$  - hệ số lưu tốc, phụ thuộc hình dáng, kích thước cửa vào.



Hình 14-12



Hình 14-13

Có nhiều công thức lý luận và thực nghiệm khác nhau của nhiều tác giả để xác định  $m, \varphi, k$ . Bảng (14-2) và (14-3) dưới đây cho các trị số theo Đ.I Cumin.

**Bảng 14-2. Hệ số lưu lượng  $m$  của đập tràn đỉnh rộng (trị số gần đúng của Cumin)**

Tính chất thu hẹp ở cửa vào	$m$
1. Cửa vào rất không thuận, mức độ thu hẹp rất lớn, đầu cống, đập nhô ra mái dề thượng lưu.	0,30 ÷ 0,31
2. Cửa vào không thuận, ngưỡng đập vuông cạnh, mố bên vuông góc không có tường cánh.	0,32 ÷ 0,33
3. Cửa vào tương đối thuận, ngưỡng tròn hoặc bạt góc, có tường cánh thẳng thu hẹp dần hoặc tường cánh hình chóp.	0,34 ÷ 0,36
4. Cửa vào rất thuận	0,37 ÷ 0,38

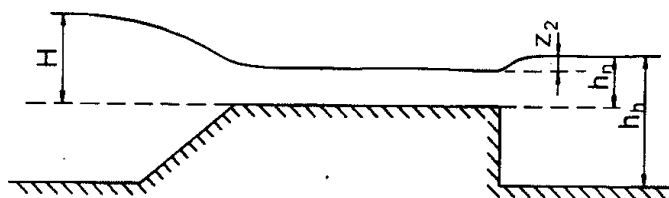
**Bảng 14-3. Quan hệ giữa  $m, \varphi, k, \varphi_n$**

$m$	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,385
$\varphi$	0,943	0,950	0,956	0,963	0,970	0,976	0,983	0,990	0,996	1
$k_1$	0,42	0,435	0,452	0,471	0,492	0,515	0,540	0,566	0,608	2/3
$k_2$	0,566	0,855	0,842	0,830	0,806	0,800	0,779	0,754	0,717	2/3
$\varphi_n$	0,77	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	0,99	1

Đối với đập cửa không phải chữ nhật thì vẫn dùng công thức (14-16), nhưng thay  $bh$  bằng  $\omega$ , trong đó  $\omega$  là diện tích mặt cắt dòng chảy trên đỉnh đập ứng với độ sâu  $h = k_1 H_0$ .

Để chính xác hơn, xét kỹ đến ảnh hưởng của hình dạng mố, ảnh hưởng co hẹp theo chiều rộng và chiều đứng, Cumin đề nghị xác định  $m$  theo chỉ dẫn ở phụ lục 14-8.

*Chảy ngập* (hình 14-14).



**Hình 14-14**

$$Q = \varphi_n b h \sqrt{2g(H_0 - h)} \quad (14-20)$$

với:

$$h = h_n - z_2 \quad (14-21)$$

trong đó:

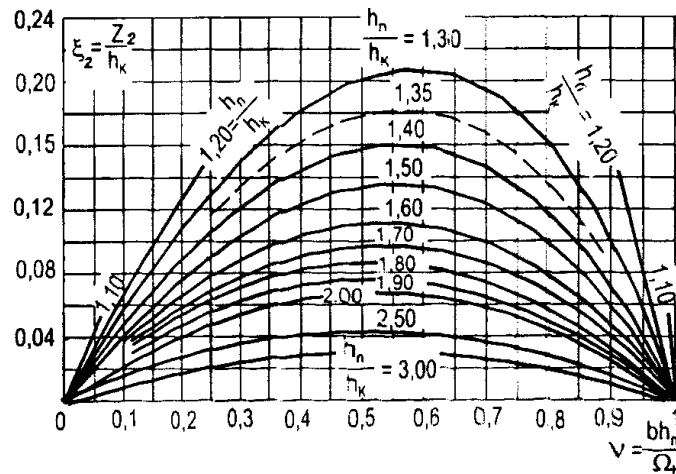
$\varphi_n$  là hệ số lưu tốc khi chảy ngập, lấy theo  $m$ , ghi ở bảng 14-3;

$z_2$  - độ cao hồi phục khi mở rộng ở sau đập. Để xác định  $z_2$ , Cumin cho trị số

$$\xi_2 = \frac{z_2}{h_K} \text{ là hàm số của } \xi = \frac{h_n}{h_K} \text{ và } v_n = \frac{bh_n}{\Omega_h} \text{ theo đồ thị hình (14-15).}$$

Trong tính toán gần đúng, có thể bỏ qua  $z_2$  và lấy  $h = h_n$ , tức là:

$$Q = \varphi_n bh_n \sqrt{2g(H_0 - h_n)} \quad (14-22)$$



Hình 14-15: Đồ thị để xác định độ cao hồi phục  $z_2$

Nếu cửa tràn không phải là chữ nhật thì trong các công thức (14-20) hoặc (14-22) ta phải thay  $bh$  bằng  $\omega$ , trong đó  $\omega$  là diện tích mặt cắt ứng với độ sâu  $h$ , tính theo (14-21).

#### 4. Chảy qua cống dài không áp

Chảy qua lòng cống lộ thiên tức là chảy qua lòng máng thu hẹp hơn lòng kênh có đáy ngang bằng đáy kênh hoặc cao hơn đáy kênh, chiều dài  $L$ . Về phương diện thủy lực, nếu:

$L \leq (8 \div 10)H$  thì hiện tượng được coi như là chảy qua đập tràn đỉnh rộng;

$L > (8 \div 10)H$  thì phải coi như một đập tràn đỉnh rộng nối tiếp với một đoạn kênh, nghĩa là phải xét ảnh hưởng của độ dốc, độ nhám của thân cống.

Trong trường hợp đó, cần phân biệt: cống dài và cống ngắn:

Cống là cống dài nếu:

$$L > l_K + l_{\text{vào}} - l_{\text{ra}} = L_K \quad (14-23)$$

Cống là cống ngắn nếu:

$$L < l_K + l_{\text{vào}} + l_{\text{ra}}$$

trong đó:

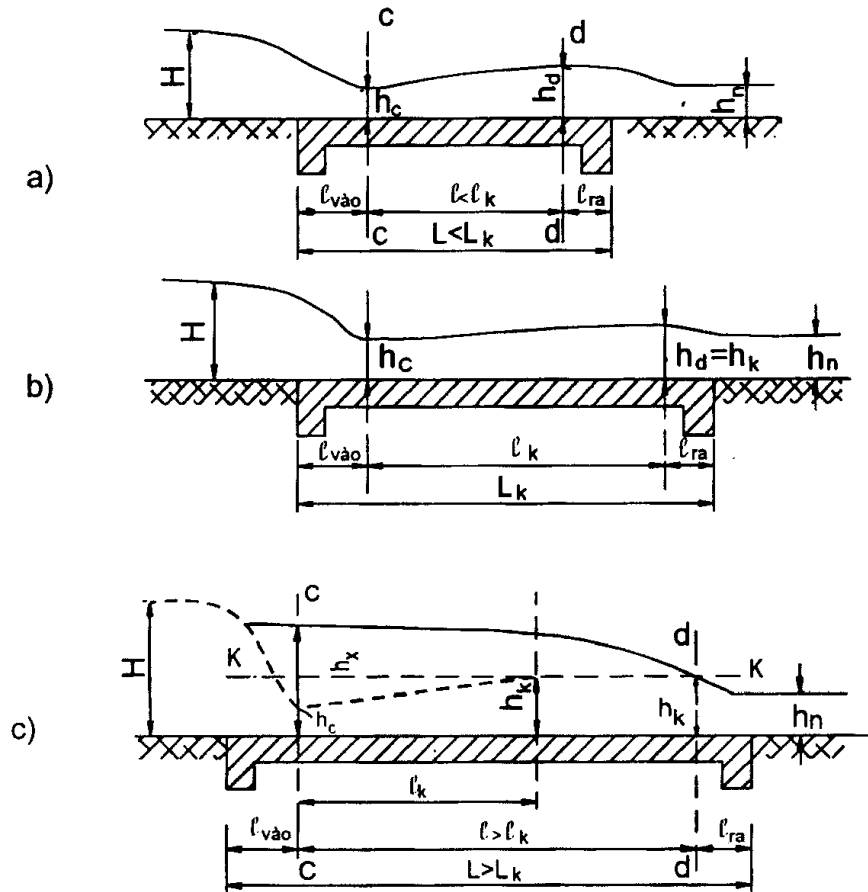
$l_K$  - chiều dài đường nước dâng có độ sâu ở đầu trên bằng  $h_c$  (độ sâu co hẹp tại mặt cắt C-C;  $h_c = k_1 H_0$ ) và độ sâu ở đầu dưới bằng độ sâu phân giới  $h_K$ :

$l_{\text{vào}}$  - chiều dài đoạn cửa vào, từ đầu cống đến mặt cắt C-C. Thường lấy:

$$l_{\text{vào}} \approx (1,5 \div 2,5) (H_0 - h_c) \quad (14-24)$$

$l_{\text{ra}}$  - chiều dài đoạn cửa ra, từ mặt cắt d - d đến cuối cống:

$$l_{\text{ra}} \approx 2,5 (h_K - h_n) \quad (14-25)$$



Hình 14-16

Đối với cống ngắn, có thể tính như đập tràn đỉnh rộng đơn thuần.

Đối với cống dài phải tính đường mặt nước của dòng không đều từ cuối cống (mặt cắt d - d) ngược trở lên đến mặt cắt C - C);

Độ sâu ở cuối mặt cắt d - d là  $h_d$  lấy như sau:

$$h_d = h_n \text{ nếu } h_n > h_K$$

$$h_d = h_K \text{ nếu } h_n < h_K.$$

Sau khi tính đường mặt nước ta sẽ xác định được độ sâu ở mặt cắt (C-C) gọi là  $h_x$ , rồi lấy độ sâu  $h_x$  đó làm độ sâu ở hạ lưu đập tràn để tính.

## 5. Đập tràn xiên và đập tràn bên

Đập tràn xiên (hình 14 -17):

$$Q = \sigma_x m l \sqrt{2gH_0^{3/2}} \quad (14-26)$$

$l$  - chiều dài cửa tràn;

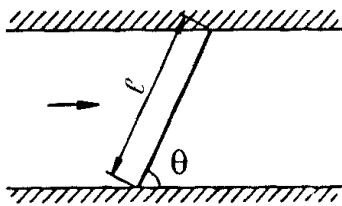
$\sigma_x$  - hệ số tính đến độ xiên của đập:

$$\sigma_x = 1 - \frac{kH}{l} \left( 2 - \frac{\theta^0}{45} \right)^{3/2} \quad (14-27)$$

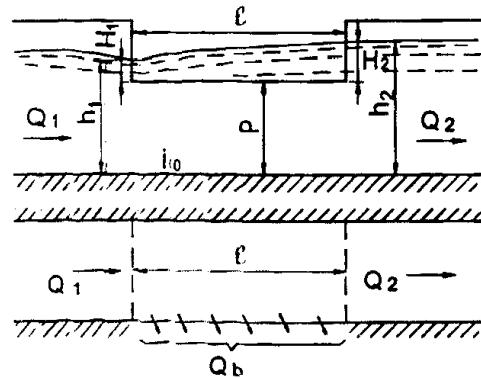
$k = 0,5$  với đập thành mỏng;

$k = 1,1$  với đập có mặt cắt thực dụng.

*Đập tràn bên của kênh chảy êm (hình 14-18):*



Hình 14-17



Hình 14-18

$$Q_b = m_b l \sqrt{2g} H_2^{3/2} \quad (14-28)$$

Đối với đập thành mỏng:

$$m_b = 0,25 + 0,167 \left( \frac{H_1}{H_2} - \sqrt{Fr_2} \right) \quad (14-29)$$

Đối với đập có mặt cắt thực dụng:  $m_b = 0,287 + 0,169 \left( \frac{H_1}{H_2} - \sqrt{Fr_2} \right) \quad (14-30)$

trong đó:

$H_1 H_2$  - cột nước ở đầu trên và đầu dưới đập;

$Fr_2$  - thông số động năng của kênh tại mặt cắt cuối của đập.

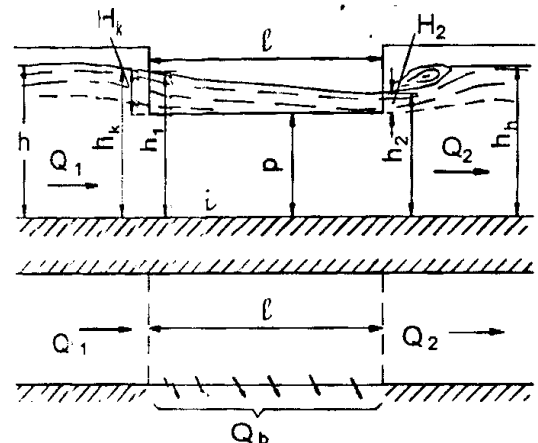
*Đập tràn bên của kênh chảy xiết (hình 14-19):*

$$Q_b = m_b l \sqrt{2g} H_K^{3/2} \quad (14-31)$$

$$H_K = h_k - P \quad (14-32)$$

Đối với đập thành mỏng:

$$m_b = 0,27 + 0,08 \left( \frac{h_2 l}{B^2} \right)^2 - 0,23 \left( \frac{h_2 l}{B^2} \right); \quad (14-33)$$



Hình 14-19

## II. BÀI TẬP

**Bài 14-1.** Tính lưu lượng qua đập tràn có chiều dày đỉnh đập là  $\delta = 0,2m$ . Chiều rộng của đập bằng chiều rộng kênh dẫn thượng lưu:  $b = B = 1,00m$ . Độ cao của đập  $P = P_1 = 0,50 m$ . Cột nước  $H = 0,50m$  và độ sâu sau đập  $h_n = 0,70m$ .

*Giải:* Ta có  $\delta = 0,2m = 0,4H$ ,  $B = b$ ; đây là đập thành mỏng không có co hẹp bên. Ta xét chỉ tiêu ngập:

$$h_n = h_n - P = 0,70 - 0,50 = 0,20m > 0$$

$$Z = H + P_1 - h_n = 0,50 + 0,50 - 0,70 = 0,30 m$$

$$\frac{Z}{P} = \frac{0,30}{0,50} = 0,6$$

$$\frac{H}{P} = \frac{0,50}{0,50} = 1 \text{ tra trong đồ thị hình 14-4 được:}$$

$$\left(\frac{Z}{P}\right)_{pg} = 0,68$$

$$\frac{Z}{P} < \left(\frac{Z}{P}\right)_{pg}$$

Vậy đập là chảy ngập. Ta tính lưu lượng theo công thức:

$$Q = \sigma_n m_0 b \sqrt{2gH}^{3/2}$$

trong đó  $m_0$  tính theo (14-3) và  $\sigma_n$  tính theo (14-7):

$$m_0 = 0,402 + 0,054 \frac{H}{P_1} = 0,402 + 0,054 \cdot \frac{0,5}{0,5} = 0,456$$

$$\sigma_n = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{h_n}{P}\right) \sqrt[3]{\frac{Z}{H}} = 1,05 \left(1 + 0,2 \cdot \frac{0,2}{0,5}\right) \sqrt[3]{\frac{0,3}{0,5}} = 0,96$$

$$Q = 0,96 \cdot 0,456 \cdot 4,43(0,5)^{3/2} = 0,704m^3/s$$

**Bài 14-2.** Trên kênh rộng  $B = 1,50m$ , người ta xây một đập tràn thành mỏng cửa chữ nhật có  $P = P_1 = 0,6m$ . Độ sâu nước ở hạ lưu bằng  $h_n = 0,80m$ .

Tìm bề rộng đập  $b$  để khi tháo lưu lượng  $Q = 300l/s$  thì cột nước tràn bằng  $H = 0,50m$ .

*Giải:*  $P = P_1 = 0,6m < h_n = 0,80m$ ;  $h_n = 0,80 - 0,60 = 0,20m$ , do đó đập có thể là chảy ngập. Ta xét chỉ tiêu ngập:

$$\frac{Z}{P} = \frac{0,5 - 0,2}{0,60} = \frac{0,3}{0,6} = 0,50$$



$$\frac{H}{P} = \frac{0,5}{0,6} = 0,834 \text{ tra đồ thị hình 14-4 được } \left(\frac{Z}{P}\right)_{p\%} = 0,63$$

$$\frac{Z}{P} < \left(\frac{Z}{P}\right)_{p\%}$$

Vậy là chảy ngập.

Tính  $\sigma_n$  theo công thức (14-7):

$$\sigma_n = 1,05 \left(1 + 0,2 \cdot \frac{0,2}{0,6}\right) \sqrt[3]{\frac{0,3}{0,5}} = 0,945$$

Công thức tính đập tràn thành mỏng chảy ngập có cơ hẹp bên là:

$$Q = \sigma_n m_c b \sqrt{2gH}^{3/2}$$

trong đó:

$m_c$  còn phụ thuộc  $b$ , theo công thức (14-4):

$$m_c = \left[0,405 + \frac{0,003}{H} - 0,03 \frac{B-b}{B}\right] \left[1 + 0,55 \left(\frac{b}{B}\right)^2 \left(\frac{H}{H+P_1}\right)^2\right]$$

Vì chưa biết  $b$  nên trước hết ta tạm lấy trị số  $m_c = 0,40$  để xác định trị số  $b$  gần đúng lần thứ nhất, và được:

$$b = \frac{Q}{\sigma_n m_c \sqrt{2gH}^{3/2}} = \frac{0,3}{0,945 \cdot 0,4 \cdot 4,43 \cdot 0,5^{3/2}} = 0,50 \text{ m}$$

Từ đó tính lại  $m_c$ :

$$m_c = \left(0,405 + \frac{0,003}{0,5} - 0,03 \frac{1,5-0,5}{1,5}\right) \cdot \left[1 + 0,55 \left(\frac{0,5}{1,5}\right)^2 \left(\frac{0,5}{0,5+0,6}\right)^2\right] = 0,39$$

Tính lại  $b$  được:

$$b = \frac{0,3}{0,945 \cdot 0,39 \cdot 4,43 \cdot 0,5^{3/2}} = 0,52 \text{ m}$$

Nếu thay trở lại công thức tính  $m_c$  thì kết quả cũng được xấp xỉ như trên. Vậy bề rộng đập là  $b = 0,52 \text{ m}$ .

**Bài 14-3.** Cho một đập tràn thành mỏng có  $P = P_1 = 0,50 \text{ m}$ ;  $b = 0,6 \text{ m}$ .

Yêu cầu xác định cột nước  $H$  trước đập khi  $Q = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Trong hai trường hợp:

a)  $B = 1,00 \text{ m}$ ;  $h_h = 0,70 \text{ m}$

b)  $B = 0,60 \text{ m}$ ;  $h_h = 0,50 \text{ m}$

Giải:

a) Trường hợp a:  $h_h = 0,70m$ ;  $B = 1,00m$

$$h_n = h_h - P = 0,70 - 0,50 = 0,20 \text{ m} > 0$$

Đập có thể là chảy ngập.

Do  $B > b$ , đập có co hẹp bên nên công thức tổng quát:

$$Q = \sigma_n m_c b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

nên:

$$H = \left( \frac{Q}{\sigma_n m_c b \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

Muốn xét chỉ tiêu ngập, xác định  $\sigma_n$  và  $m_c$  đều cần có số trị  $H$  là đại lượng cần tìm. Do đó, trước hết ta phải tạm giả thiết  $\sigma_n = 1$  và  $m_c = 0,45$  để tính gần đúng  $H$  lần thứ nhất, và được:

$$H = \left( \frac{0,4}{1,0 \cdot 0,45 \cdot 0,6 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 0,48 \text{ m}$$

Với  $H = 0,48 \text{ m}$ ;  $Z = 0,48 - 0,2 = 0,28 \text{ m}$ .

$$\frac{Z}{P} = \frac{0,28}{0,5} = 0,56; \quad \frac{H}{P} = \frac{0,48}{0,50} = 0,96 \text{ nên } \left( \frac{Z}{P} \right)_{pg} = 0,68$$

$$\frac{Z}{P} < \left( \frac{Z}{P} \right)_{pg} \text{ nên đập là chảy ngập.}$$

Tính  $\sigma_n$  theo (14-7) và  $m_c$  theo (14-4) được:

$$\sigma_n = 1,05 \left( 1 + 0,2 \cdot \frac{0,2}{0,5} \right) \sqrt[3]{\frac{0,28}{0,48}} = 0,94$$

$$m_c = \left( 0,405 + \frac{0,003}{0,48} - 0,03 \frac{1-0,6}{1} \right) \cdot \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{0,6}{1} \right)^2 \left( \frac{0,48}{0,48 + 0,5} \right)^2 \right] = 0,418$$

với  $\sigma_n = 0,94$  và  $m_c = 0,418$  tính lại  $H$ :

$$H = \left( \frac{0,4}{0,94 \cdot 0,418 \cdot 0,6 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 0,53 \text{ m}$$

Ta lấy trị số  $H = 0,53m$  để tính lại  $\sigma_n$  và  $m_c$  cũng được trị số xấp xỉ như trên. Vậy có thể lấy  $H = 0,53m$ .

b) Trường hợp b:  $h_h = 0,50m$ ;  $B = b = 0,50m$ .

Ở đây  $B = b$ : đập không có co hẹp bên;

$h_n = h_h - P = 0$ : đập chảy không ngập. Ta tính  $H$  theo công thức:

$$H = \left( \frac{Q}{m_0 b \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

$$m_0 = 0,402 + 0,054 \frac{H}{P}$$

Tạm lấy trị số  $H$  đã tìm ở trường hợp trên, tìm được:

$$m_0 = 0,402 + 0,054 \cdot \frac{0,53}{0,50} = 0,459$$

$$H = \left( \frac{0,4}{0,459 \cdot 0,6 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 0,476 \text{ m}$$

Tính lại  $m_0$  với  $H = 0,476 \text{ m}$ :

$$m_0 = 0,402 + 0,054 \cdot \frac{0,476}{0,50} = 0,450$$

$$H = \left( \frac{0,4}{0,450 \cdot 0,6 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 0,482 \text{ m}$$

So sánh với kết quả ở trên có thể lấy:  $H \approx 0,48m$ .

**Bài 14-4.** Tính lưu lượng qua đập tràn thành mỏng cửa chữ nhật có  $b = B = 0,50m$ ;  $P = P_1 = 0,35m$ ;  $H = 0,4m$ . Độ sâu hạ lưu: a)  $h_h = 0,45m$ ; b)  $h_h = 0,55m$ .

Đáp số: a)  $Q = 0,260m^3/s$ ;

b)  $Q = 0,240m^3/s$ .

**Bài 14-5.** Cho đập tràn thành mỏng cửa chữ nhật có  $P = 0,50m$ ;  $P_1 = 0,40m$ ;  $B = 0,50m$ ;  $b = 0,40m$ ;  $H = 0,40m$ ;  $h_h = 0,70m$ . Tính lưu lượng

Đáp số:  $Q = 0,178m^3/s$ .

**Bài 14-6.** Một kênh rộng  $B = 2,00m$  dẫn lưu lượng  $Q = 1,00 m^3/s$  có độ sâu tương ứng là  $h_h = 0,80m$ . Để nâng cao mực nước tưới trong kênh, người ta thả một hàng phai cao  $P = P_1 = 0,4m$ . Phai dày  $\delta = 0,10m$ .

a) Tính chiều rộng của hàng phai để nâng mực nước thượng lưu lên độ sâu  $h_{th.lưu} = 1,00m$ .

b) Với chiều rộng và chiều cao của phai như trên, tính độ sâu thượng lưu khi lưu lượng  $Q = 0,80 m^3/s$ , và độ sâu tương ứng trong kênh hạ lưu là  $h_p = 0,70m$ .

Đáp số: a)  $b = 1,30m$ .

b)  $h_{th.lưu} = 0,91m$  ( $H = 0,51m$ ).

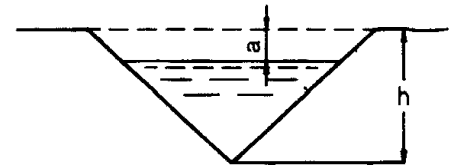
**Bài 14-7.** Để đo lưu lượng trong phòng thí nghiệm, người ta dùng một đập cửa hình tam giác có góc ở đỉnh  $\theta = 90^\circ$ , cột nước trước đập  $H = 15\text{cm}$ , chảy tự do. Tính lưu lượng.

*Đáp số:*  $Q = 12,2 \text{ l/s}$ .

**Bài 14-8.** Để đo lưu lượng trên kênh tưới, người ta bố trí một đập thành mỏng cửa hình thang có  $b = 1,00\text{m}$ ,  $\text{tg}\theta = 1/4$ . Tính lưu lượng khi  $H = 0,30\text{m}$ . Chảy tự do.

*Đáp số:*  $Q = 0,306 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Bài 14-9.** Tính chiều cao  $h$  của đập hình tam giác có  $\theta = 90^\circ$  để cho khi tháo lưu lượng  $Q_{\text{max}} = 40 \text{ l/s}$  thì cửa tam giác còn hở được  $a = 6\text{cm}$  dự trữ.



*Bài 14-9*

*Đáp số:*  $h = 30 \text{ cm}$ .

**Bài 14.10.** Tính độ chính xác của kết quả đo lưu lượng bằng một đập tràn thành mỏng cửa hình chữ nhật không co hẹp bên, có chiều rộng  $b = 90\text{cm}$  với sai số  $\Delta b = \pm 10\text{mm}$ , cột nước  $H = 23\text{cm}$  với sai số  $\Delta H = \pm 0,5\text{mm}$ , hệ số lưu lượng  $m_0 = 0,46$  xác định bằng thực nghiệm với sai số  $\Delta m = \pm 0,005$ .

*Đáp số:*  $Q = 202 \text{ l/s}$  với sai số 1,5%.

**Bài 14-11.** Đo lưu lượng bằng một đập tràn thành mỏng cửa chữ nhật không co hẹp bên, có  $b = 50\text{cm}$  với độ chính xác  $\Delta b = \pm 1\text{mm}$ , hệ số lưu lượng  $m = 0,455$  với  $\Delta m = \pm 0,002$ .

Hỏi phải đo cột nước  $H$  với độ chính xác bao nhiêu để kết quả không sai qua 1% khi  $H = 12,50 \text{ cm}$ .

*Đáp số:*  $\Delta H = \pm 0,3 \text{ mm}$

**Bài 14-12.** Đập tràn thực dụng hình cong không có chân không kiểu Coriô - Ôphixêrôp loại I ( $m_{ic} = 0,49$ ), cao  $P_1 = 3,00\text{m}$ ,  $P = 3,80\text{m}$ , có năm nhịp, mỗi nhịp rộng  $b = 8\text{m}$ . Mố bên và mố trụ vuông cạnh. Sông thượng lưu rộng  $B = 70\text{m}$ .

a) Tính lưu lượng khi  $H = H_{\text{TK}} = 2,00\text{m}$ ; độ sâu hạ lưu  $h_h = 4,10\text{m}$ ;

b) Tính lưu lượng khi  $H = 1,60\text{m}$ , độ sâu hạ lưu  $h_h = 3,85\text{m}$ .

*Giải:*

a)  $H = H_{\text{TK}} = 2,00\text{m}$ ;  $h_h = 4,10\text{m} > P$

Ta tính chỉ tiêu ngập:

$$\frac{Z}{P} = \frac{H - h_n}{P} = \frac{2 - (4,10 - 3,80)}{3,80} = 0,448$$

So với  $\left(\frac{Z}{P}\right)_{\text{pg}}$  lấy ở bảng (14 -1) ta thấy ngay:

$$\frac{Z}{P} < \left(\frac{Z}{P}\right)_{\text{pg}}$$

Vậy đập là chảy ngập.

Hệ số ngập  $\sigma_n = f\left(\frac{h_n}{H_0}\right)$  lấy ở phụ lục (14-1).

$$\text{Với } \frac{h_n}{H_0} \approx \frac{h_h}{H} = \frac{4,10 - 3,8}{2} = \frac{0,30}{2,0} = 0,15 \text{ được } \sigma_n = 0,997$$

Hệ số co hẹp bên  $\varepsilon$  tính theo công thức:

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \cdot \frac{H}{b}$$

Với  $\xi_{mb} = 1$  và  $\xi_{mt} = 0,80$  ta được:

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{1 + (5-1)0,8}{5} \cdot \frac{2}{8} = 0,958$$

Đập loại này có  $m_{tc} = 0,49$  nên ta được:

$$\begin{aligned} Q &= \sigma_n \varepsilon m \sum b \sqrt{2gH_0^{3/2}} \\ &= 0,997 \cdot 0,958 \cdot 0,49 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 4,43 \cdot 2^{3/2} = 235 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b)  $H = 1,60\text{m} \neq H_{TK}; h_h = 3,85\text{m}$

Các trị số:  $h_n = 0,05\text{m}; \sigma_n = 0,999; \varepsilon = 0,966$  xác định như trường hợp trên.

Ở đây  $H \neq H_{TK}$  ta phải tính sửa lại hệ số lưu lượng theo:

$$m = \sigma_H m_{tc}$$

$$\text{Với } \frac{H}{H_{TK}} = \frac{1,6}{2,0} = 0,8 \text{ tra phụ lục (14-4) được } \sigma_H = 0,973.$$

Vậy:

$$Q = 0,999 \cdot 0,966 \cdot 0,973 \cdot 0,49 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 4,43 (1,6)^{3/2} = 166 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Bài 14-13.** Đập tràn có  $P = P_1 = 8\text{m}$ , chia làm 7 nhịp. Mố bên và mố trụ lượn tròn. Lưu lượng thiết kế  $Q_{TK} = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cột nước thiết kế  $H_{TK} = 2,00\text{m}$ ; mực nước hạ lưu thấp hơn đỉnh đập. Sông thượng lưu rộng  $B = 80\text{m}$ .

a) Tính chiều rộng  $b$  và vẽ mặt cắt hình cong không chân không kiểu Corigior - Ôphixêrốp loại II ( $m_{tc} = 0,48$ ) có  $\alpha = 45^\circ; \beta = 60^\circ; \frac{l}{P_1} = 0,9$ .

b) Nếu làm đập hình cong có chân không đỉnh enlip với  $\frac{a}{b} = 2, r' = 1,5\text{m}$  thì rút ngắn được đường tràn là bao nhiêu?

Giải:

a) Đập không chân không

Ta tìm hệ số sửa chữa hình dạng  $\sigma_{hd}$  của đập không chân không có  $\frac{l}{P_1} = 0,9$ ;  $\alpha = 45^\circ$ ;  
 $\beta = 60^\circ$  trong bảng phụ lục (14-3) được  $\sigma_{hd} = 0,978$ .

$$m = \sigma_{hd} m_{tc} = 0,978 \cdot 0,48 = 0,468.$$

$$v_0 = \frac{Q}{\Omega_0} = \frac{300}{80(8+2)} = 0,375 \text{ m/s}$$

$$\frac{v_0^2}{2g} = 0,007 \text{ m (rất nhỏ)}$$

Vậy:  $H_0 \approx H$ .

$$\varepsilon b = \frac{Q}{nm\sqrt{2g} H^{3/2}} = \frac{300}{7,0 \cdot 0,468 \cdot 4,43 \cdot 2^{3/2}} = 7,3 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \frac{H_0}{b}, \text{ do đó:}$$

$$\varepsilon b = b - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} H_0$$

$$b = \varepsilon b + 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} H_0$$

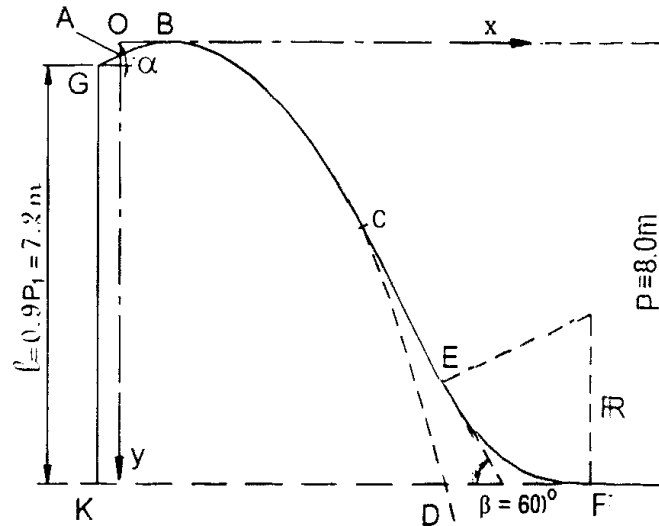
Thay  $\xi_{mb} = 0,7$ ,  $\xi_{mt} = 0,45$  và  $n = 7$  ta được:

$$b = 7,3 + 0,2 \frac{0,7 + 6 \cdot 0,45}{7} \cdot 2 = 7,50 \text{ m}$$

$$\sum b = n \cdot b = 7 \cdot 7,50 = 52,50 \text{ m}$$

Để vẽ tọa độ mặt cắt đập tiêu chuẩn, ta lấy tọa độ  $\bar{x}$  và  $\bar{y}$  trong bảng phụ lục (14-2) (ứng với  $H_{TK} = 1$ ) nhân với  $H_{TK} = 2,00 \text{ m}$  để vẽ thành đường cong ABCD. Sau đó bạt mái thượng lưu AG đến độ cao  $l = 0,9$ ;  $P_1 = 7,2 \text{ m}$ , bằng một góc  $\alpha = 45^\circ$  và vẽ một đường tiếp tuyến với mái hạ lưu CE làm với đáy một góc  $\beta = 60^\circ$ . Dưới chân đập lượn một cung tròn EF có bán kính  $R = 0,5 \times P = 4,0 \text{ m}$ .

x, (m)	y, (m)	x, (m)	y, (m)
0	0,086	2,4	0,840
0,2	0,02	2,8	1,330
0,4	0	3,4	1,984
0,6	0,010	4,0	2,754
0,8	0,046	5,0	4,28
1,2	0,196	6,0	6,12
1,6	0,378	7,0	8,16
2,0	0,642		



Bài 14-13

Ghi chú:

ABCD - đường cong tiêu chuẩn;

CE - đoạn thẳng làm với đường nằm ngang góc  $\beta = 60^\circ$  và tiếp tuyến với đường cong tiêu chuẩn tại C;

EF - cung tròn có bán kính  $R = 0,5 \times P = 4,0m$ ;

$GK = l = 0,9 P_1$ .

b) Đập có chân không

$$\frac{H_0}{r'} = \frac{2}{1,5} = 1,33; \frac{a}{b} = 2$$

Tra bảng phụ lục 14-6 được  $m = 0,508$ . Cho rằng  $\varepsilon$  thay đổi không đáng kể, vậy chiều rộng đập tỷ lệ nghịch với  $m$ . Ta có:

$$\sum b = \frac{52,5 \cdot 0,468}{0,508} = 48,5 \text{ m}$$

So với trên rút ngắn được:

$$52,5 - 48,5 = 4,0m. (7,6\%)$$

**Bài 14-14.** Để nâng cao mực nước trên sông, ta xây dựng một đập tràn thực dụng hình cong không chân không gồm 10 nhịp, mỗi nhịp rộng  $b = 10,0m$ . Cao trình mực nước thiết kế ở thượng lưu là  $Z_{TK} = + 20,00m$ ; lưu lượng thiết kế  $Q_{TK} = 1580m^3/s$ . Sông rộng trung bình  $B = 160m$ . Mực nước hạ lưu ứng với  $Q_{TK}$  là  $Z_h = +14,00m$ . Đáy sông thượng, hạ lưu đều ở cao trình  $(+ 6,00)$ . Đầu mố tròn.

a) Yêu cầu xác định cao trình đỉnh đập ( $Z_d$ ).

b) Với đập đã thiết kế trên, nếu mực nước thượng lưu ở cao trình  $Z_t = + 23,00m$  và mực nước hạ lưu  $Z_h = + 18,40m$  thì lưu lượng là bao nhiêu?

Giải:

a) Với đập hình cong không có chân không loại I (Cơ giơ - Ô phi xê rôp), có  $m_{tc} = 0,49$ .

Trước hết, ta giả thiết là chảy không ngập và tạm lấy hệ số co hẹp  $\varepsilon = 0,98$  để tính  $H_0$ :

$$H_0 = \left( \frac{Q}{\varepsilon mb \sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left( \frac{1580}{0,98 \cdot 0,49 \cdot 100 \cdot 4,43} \right)^{2/3} \approx 3,80 \text{ m}$$

Tính lại  $\varepsilon$  theo công thức:

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \frac{H_0}{b}$$

Với:  $\xi_{mb} = 0,70; \xi_{mt} = 0,45; n = 10$

tính được  $\varepsilon = 0,966$ .

Tính lại:

$$H_0 = \left( \frac{1580}{0,966 \cdot 0,49 \cdot 100 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 3,83 \text{ m}$$

$$v_0 = \frac{1580}{160 \cdot 14} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\frac{\alpha v_0^2}{2g} \approx 0,03 \text{ m}$$

$$H = H_0 - \frac{v_0^2}{2g} = 3,83 - 0,03 = 3,80 \text{ m}$$

Cao trình đỉnh đập là:

$$Z_d = Z_{TK} - H = 20,00 - 3,80 = 16,20 \text{ m}$$

Mực nước hạ lưu thấp hơn đỉnh đập, đập chảy không ngập nên kết quả tính trên là đúng.

b) Với:  $Z_t = 23,00 \text{ m}, Z_h = 18,40 \text{ m}.$

$$H = 23,00 - 16,2 = 6,8 \text{ m}.$$

$$h_n = 18,4 - 16,2 = 2,2 \text{ m}.$$

$$Z = Z_t - Z_h = 23,00 - 18,40 = 4,60 \text{ m}$$

$$P = 16,2 - 6,0 = 10,20 \text{ m}.$$

$$\frac{Z}{P} = \frac{4,6}{10,2} = 0,45; \quad \frac{H}{P} = \frac{6,8}{10,2} = 0,667; \quad \left( \frac{Z}{P} \right)_{pg} = 0,69 \text{ (bảng 14.1) do đó:}$$

$$\frac{Z}{P} < \left( \frac{Z}{P} \right)_{pg}$$

Vậy đập lúc này là chảy ngập. Tra bảng phụ lục (14-1) với:



$$\frac{h_n}{H} = \frac{2,2}{6,8} = 0,32, \text{ được } \sigma_n = 0,99$$

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{0,7 + 9 \cdot 0,45}{10} \cdot \frac{6,8}{10} = 0,936$$

Ở đây  $H > H_{TK}$ , ta phải tính lại hệ số lưu lượng  $m$  theo:

$$m = \sigma_H m_{tc}$$

Tra phụ lục (14-4) với:

$$\frac{H}{H_{TK}} = \frac{6,8}{3,8} = 1,8 \text{ và } \alpha = 45^\circ, \text{ được } \sigma_H = 1,065$$

$$m = 1,065 \cdot 0,49 = 0,521.$$

Tạm lấy  $H_0 \approx H = 6,80 \text{ m}$ , ta tính được:

$$Q = \sigma_n \varepsilon m \sum b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \\ = 0,99 \cdot 0,936 \cdot 0,521 \cdot 100 \cdot 4,43 (6,8)^{3/2} = 3800 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$v_0 = \frac{Q}{\Omega_0} = \frac{3800}{160(23-6)} = 1,4 \text{ m/s} \cdot \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 0,10 \text{ m}$$

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 6,8 + 0,1 = 6,9 \text{ m}$$

Tính lại được:

$$Q = 0,99 \cdot 0,936 \cdot 0,521 \cdot 100 \cdot 4,43 (6,9)^{3/2} = 3880 \text{ m}^3/\text{s}.$$

**Bài 14-15.** Như bài 14-14 nhưng đập hình cong có chân không đỉnh enlíp  $\frac{a}{b} = 2$ ,

$$r' = 3,0 \text{ m}.$$

Đáp số: a)  $Z_d = 16,60 \text{ m}$ ;

$$\text{b) } Q = 3600 \text{ m}^3/\text{s}.$$

**Bài 14-16.** Tính lưu lượng qua đập tràn hình cong không có chân không kiểu Corigior - Ôphixêrốp loại I có  $P = P_1 = 3,80 \text{ m}$ ;  $\sum b = 90 \text{ m}$ , chia làm chín nhịp bằng các mố đầu tròn. Biết  $H = H_{TK} = 2,40 \text{ m}$ ,  $h_h = 5,00 \text{ m}$ .

Đáp số:  $Q = 720 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Bài 14-17.** Một đập tràn thực dụng hình cong có chân không đỉnh enlíp  $\left( \frac{a}{b} = 2, r' = 1,50 \text{ m} \right)$ , cột nước thiết kế là  $H_{TK} = 3,0 \text{ m}$ . Mực nước hạ lưu thấp hơn đỉnh đập. Đập có 4 nhịp, mỗi nhịp rộng  $b = 10 \text{ m}$ , đầu mố hình nửa tròn. Tính lưu lượng. Cho biết: đập cao  $10 \text{ m}$ , sông thượng lưu rộng  $60 \text{ m}$ .

Đáp số:  $Q = 480 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Bài 14-18.** Tính bề rộng của đập tràn thực dụng hình thang có mái thượng lưu  $S = 0$ , mái hạ lưu  $S' = 1$ ,  $P = P_1 = 7,8 \text{ m}$ , đỉnh dày  $\delta = 2,00 \text{ m}$ , với lưu lượng  $Q = 400 \text{ m}^3/\text{s}$  và cột nước thiết kế  $H_{\text{TK}} = 2,60 \text{ m}$ . Cho biết  $h_h < P$ .

*Đáp số:*  $b = 54,2 \text{ m}$ .

**Bài 14-19.** Đập tràn thực dụng hình cong không có chân không loại II có  $\alpha = 75^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ ,  $\frac{l}{P_1} = 1$  có bảy nhịp, mỗi nhịp rộng  $5 \text{ m}$ . Mố trụ dày  $0,70 \text{ m}$ , mố bên lượn tròn, mố trụ hình nửa tròn. Đập cao  $P = P_1 = 8 \text{ m}$ . Mực nước hạ lưu thấp hơn đỉnh đập. Sông thượng lưu rộng  $B = 50 \text{ m}$ . Cột nước thiết kế mặt cắt đập là  $H_{\text{TK}} = 2,00 \text{ m}$ .

Tính cột nước tràn khi tháo  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ .

*Đáp số:*  $H = 2,57 \text{ m}$ .

**Bài 14-20.** Đập tràn thực dụng mặt cắt đa giác, đỉnh dày  $\delta = 2,00 \text{ m}$ , mái thượng lưu  $S = 0$ , mái hạ lưu  $S' = 1$ , đập cao  $P = P_1 = 4 \text{ m}$ ; có bốn nhịp, mỗi nhịp rộng  $b = 6,0 \text{ m}$ . Mố bên và mố trụ vuông cạnh, sông rộng  $B = 50 \text{ m}$ .

Tính lưu lượng qua đập khi  $H = 1,80 \text{ m}$ .

*Đáp số:*  $Q = 92 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Bài 14-21.** Cũng như bài 14-20, nhưng đập đặt xiên với dòng chính một góc  $\theta = 60^\circ$

*Đáp số:*  $Q = 76 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Bài 14-22.** Đập tràn tháo lũ trên hồ chứa có mười nhịp, mỗi nhịp rộng  $18 \text{ m}$ . Mặt cắt đập được thiết kế theo đường cong Corigior - Ôphixêrốp loại I, lưu lượng tháo lũ thiết kế  $Q_{\text{TK}} = 4280 \text{ m}^3/\text{s}$ . Trên đỉnh đập có cửa van để giữ nước trong hồ đến cao trình (+ 48,00 m). Mố đập hình nửa tròn.

a) Tính cao trình đỉnh đập để tháo được lưu lượng lũ thiết kế  $Q_{\text{TK}}$  với mực nước + 48,00 m. Biết rằng lúc đó mực nước hạ lưu thấp hơn đỉnh đập, cửa cống mở hoàn toàn và lưu tốc đi tới  $v_0 = 1,10 \text{ m/s}$ .

b) Tính cao trình mực nước trong hồ  $z_{\text{max}}$  ứng với lưu lượng tháo lúc kiểm tra là  $Q_{\text{max}} = 5950 \text{ m}^3/\text{s}$ , mực nước hạ lưu vẫn thấp hơn đỉnh đập, và  $v_0 = 1,22 \text{ m/s}$ .

*Đáp số:* a) Cao trình đỉnh đập  $Z_d = 43,00 \text{ m}$ ;

b) Mực nước kiểm tra  $Z_{\text{max}} = 49,20 \text{ m}$ .

**Bài 14-23.** Đập tràn chắn một sông rộng  $B = 70 \text{ m}$  để dâng nước trong mùa cạn đến cao trình + 36,50 m, lưu lượng tháo lũ lớn nhất  $Q_{\text{max}} = 440 \text{ m}^3/\text{s}$ , và mực nước lớn nhất cho phép ở thượng lưu là  $Z_{\text{max}} = 38,00 \text{ m}$ . Tính chiều rộng đường tràn  $b_1$  xây đến cao trình dâng nước bình thường (+ 36,50 m) và số đoạn đập phải lắp cửa để hạ thấp đỉnh tràn xuống cao trình 34,00 m. Mỗi cửa rộng  $b_k = 6,00 \text{ m}$ . Mố dày  $e = 1,00 \text{ m}$ , đầu tròn.

Đoạn đập tràn xây đến cao trình dâng nước bình thường làm theo kiểu Corigior - Ôphixêrốp loại I,  $m_{\text{tc}} = 0,49$ ; đoạn lắp cửa có đỉnh dày  $\delta = 2,5 \text{ m}$ ;  $m = 0,44$ .

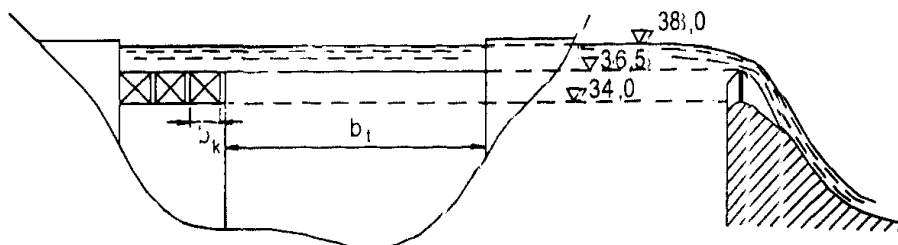
Đáy sông ở cao trình + 29.80m. Mực nước hạ lưu ứng với  $Q_{\max}$  là (+ 33,60m).

*Giải:*

Lưu tốc đi tới:

$$v_0 = \frac{Q_{\max}}{\Omega_0} = \frac{440}{70 \cdot (38,0 - 29,8)} = 0,77 \text{ m/s}$$

$$\frac{\alpha v_0^2}{2g} = \frac{1,0 \cdot 0,77^2}{19,62} \approx 0,03 \text{ m}$$



### Bài 14-23

Cột nước toàn phần trên đỉnh đập:

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 38,00 - 36,5 + 0,03 = 1,53 \text{ m}$$

Lưu lượng đơn vị, không kể cơ hẹp bên của đập có đỉnh ở cao trình (+ 36,5 m):

$$q = m \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} = 0,49 \cdot 4,43 \cdot 1,53^{3/2} = 3,10 \text{ m}^2/\text{s}$$

Do đó ta thấy rằng muốn tháo lưu lượng 440 m<sup>3</sup>/s cần có một chiều rộng tràn bằng:

$$b = \frac{Q}{\epsilon q} = \frac{440}{\epsilon \cdot 3,10} \approx \frac{107}{\epsilon} \text{ m} > B = 70 \text{ m}$$

Vậy xây đập đến cao trình dâng nước bình thường trên cả chiều ngang sông thì không đủ tháo lưu lượng lũ với mực nước tràn cho phép; do đó phải có những đoạn đập hạ thấp đỉnh đến (+ 34,00) để tháo lũ, và đóng lại bằng cửa để giữ được nước đến cao trình (+ 36,50) trong mùa cạn.

Tính lưu lượng tháo được qua mỗi cửa: cửa vẫn coi như một đập tràn có mặt cắt thực dụng, với  $m = 0,44$ ; chảy không ngập (+ 34,00m >  $Z_{\text{h}} = + 33,60 \text{ m}$ ).

$$H_0 = 38,00 - 34,00 + 0,03 = 4,03 \text{ m}$$

$$\epsilon \approx 1 - 0,2 \cdot 0,70 \cdot \frac{4,03}{6} = 0,91$$

$$Q_{1 \text{ cửa}} = 0,91 \cdot 0,44 \cdot 6 \cdot 4,43 \cdot 4,03^{3/2} = 86 \text{ m}^3/\text{s}$$

Giả sử làm ba cửa:

$$Q_{3 \text{ cửa}} = 3 \cdot 86 = 258 \text{ m}^3/\text{s}$$

Chiều rộng cần thiết của đập xây đến cao trình dâng nước bình thường là:

$$b_t = \frac{Q - Q_{3 \text{ cửa}}}{\varepsilon q} = \frac{440 - 258}{\varepsilon 4,10} = \frac{45}{\varepsilon} m$$

Giả sử:  $\varepsilon \approx 0,95$  thì  $b_t = \frac{45}{0,95} \approx 47 m$

Như vậy chiều rộng toàn bộ công trình tháo, kể cả mố sẽ là  $3b_K + 3e + b_t$ :

$$3 \cdot 6 + 3 \cdot 1 + 47 = 68 \text{ m} < B$$

Như vậy là có thể được.

Ta tính chính xác lại các hệ số  $\varepsilon$  của cửa và đập.

- Cửa cửa:  $\varepsilon = 1 - 0,2 \cdot \frac{0,70 + 2 \cdot 0,45}{3} \cdot \frac{4,03}{6} = 0,93$

- Cửa đập:  $\varepsilon = 1 - 0,2 \cdot 0,70 \cdot \frac{1,53}{47} = 0,995$

$$Q_{1 \text{ cửa}} = 0,93 \cdot 0,44 \cdot 6 \cdot 4,43 \cdot 4,03^{3/2} = 88 \text{ m}^3/\text{s}$$

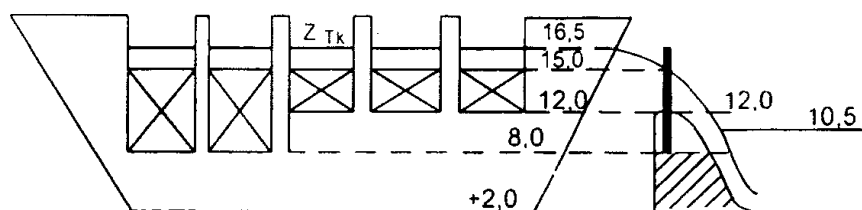
$$Q_{3 \text{ cửa}} = 3 \cdot 88 = 264 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b_t = \frac{440 - 264}{0,995 \cdot 4,10} = 43,3 m$$

Tổng chiều dài công trình tháo:

$$3 \cdot 6 + 3 \cdot 1 + 43,3 = 64,3 m$$

**Bài 14-24.** Đập tràn có năm nhịp, mỗi nhịp 10 m, trên đỉnh các nhịp đều có cửa để giữ nước đến cao trình dâng nước về mùa cạn là + 15,00m. Ba nhịp đập có đỉnh đến cao trình + 12,00m mặt cắt Corigiơ - Ôphixêrôp loại I, làm việc với mực nước tháo lũ thiết kế  $Z_{TK} = + 16,50m$ . Hai nhịp đập còn lại có đỉnh đặt ở cao trình + 8,00m, mặt cắt hình thang, mái thượng lưu thẳng đứng, mái hạ lưu nghiêng  $45^\circ$ , đỉnh rộng  $\delta = 5,00m$ . Đỉnh các cửa đều làm đến cao trình dâng nước (+ 15,00m). Các mố có đầu nửa tròn, dày  $e = 2,0m$ . Sông thượng lưu rộng  $B = 63,00m$ , bờ dốc  $m = 1$ , đáy sông ở cao trình (+ 2,00m)



Hình 14-24

a) Tính lưu lượng tháo lũ thiết kế  $Q_{TK}$  ứng với mực nước thiết kế ở thượng lưu  $Z_{TK} = 16,50 m$ . Các cửa đều mở, mực nước hạ lưu  $Z_h = + 10,50 m$ .

b) Tính lưu lượng tháo lũ nhỏ  $Q_n$  khi hai cửa thấp đóng hoàn toàn, ba cửa cao mở hoàn toàn, mực nước thượng lưu bằng mực nước dâng bình thường ( $+ 15,00m$ ), mực nước hạ lưu ( $+ 12,00 m$ ).

c) Tính mực nước lũ kiểm tra  $Z_{KT}$  khi lưu lượng tháo lũ là  $Q_{max} = 1760m^3/s$ , năm cửa mở hoàn toàn, mực nước hạ lưu ( $+ 12,00m$ ).

Đáp số:  $Q_{TK} = 1416 m^3/s$ ;  $Q_n = 314 m^3/s$ ;  $Z_{KT} = + 17,40m$ .

**Bài 14-25.** Tính lưu lượng qua đập tràn đỉnh rộng cửa chữ nhật không có hẹp bên  $B = b = 3m$ , ngưỡng vuông cạnh cao  $P = P_1 = 0,80 m$ . Cột nước trước đập  $H = 2,00m$ . Chiều sâu hạ lưu  $h_h = 1,30m$ .

Giải: Xét điều kiện chảy ngập:

$$h_n = h_h - P = 1,80 - 0,80 = 1,00 m > 0$$

Tạm lấy  $H_0 \approx H$ , ta có:

$$\frac{h_n}{H_0} = \frac{1,00}{2,00} = 0,5 < \left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{pg}$$

Vậy là đập chảy không ngập.

Hệ số lưu lượng  $m$  lấy theo phụ lục 14-8: đập không có hẹp bên,  $\frac{P_1}{H} = \frac{0,80}{2,00} = 0,4$

được  $m = 0,356$ .

$$Q = mb\sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} \approx 0,356 \cdot 3 \cdot 4,43 \cdot 2^{3/2} = 13 m^3/s.$$

$$v_0 = \frac{13}{3 \cdot 2,80} = 1,55 m/s; \quad \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 0,12 m;$$

$$H_0 = 2,12 m.$$

$$Q = 0,356 \cdot 3 \cdot 4,43 \cdot 2,12^{3/2} = 14,7 m^3/s.$$

**Bài 14-26.** Đập tràn đỉnh rộng vừa có ngưỡng, vừa có eo hẹp bên. Ngưỡng vuông cạnh, cao  $P_1 = P = 0,50 m$ , cửa vào lượn tròn bán kính tường cánh  $r = 1,00m$  rộng  $b = 3m$ , cột nước tràn  $H = 2,40m$ , chiều sâu kênh hạ lưu  $h_h = 2,50m$ . Kênh thượng lưu rộng  $B = 5m$ .

Tính lưu lượng khi:

a) Độ sâu kênh hạ lưu  $h_h = 2,50m$ ;

b) Độ sâu kênh hạ lưu  $h_h = 2,75m$ ;

c) Độ sâu kênh hạ lưu  $h_h = 2,20m$ .

*Giải:*

Xác định hệ số  $m$  theo chỉ dẫn ở phụ lục 14-8 ta có:

$$\text{với } \beta = 0; \frac{r}{b} = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ thì } m_\beta = 0,354;$$

$$\eta = \infty; \cot\theta = 0 \text{ thì } m_\eta = 0,32.$$

$m_\beta > m_\eta$  nên xác định hệ số  $m$  theo công thức:

$$m = m_\eta + (m_\beta - m_\eta) F_\eta + (0,385 - m_\beta) F_\eta F_\beta$$

$$F_\eta = \frac{H}{H + 2P_1} = \frac{2,4}{2,4 + 2 \cdot 0,5} = 0,705$$

$$F_\beta = \frac{b}{3,5B - 2,5b} = \frac{3}{3,5 \cdot 5 - 2,5 \cdot 3} = 0,30$$

$$m = 0,32 + (0,354 - 0,320) \cdot 0,705 + (0,385 - 0,354) \cdot 0,705 \cdot 0,30$$

$$m = 0,35$$

Xét tiêu chuẩn ngập:

a)  $h_n = 2,5 - 0,5 = 2,0m$

$$\frac{h_n}{H_0} \approx \frac{2}{2,40} = 0,83$$

Ta so với  $\left(\frac{h_n}{H_0}\right)_{pg}$  lấy trong đồ thị hình 14-12.

Với  $v_n = \frac{bh_n}{\Omega_h} = \frac{3 \cdot 2}{5 \cdot 2,5} = 0,48$  và  $m = 0,35$  có:  $\left(\frac{h_n}{H_0}\right)_{pg} = 0,86$

Ta có  $\frac{h_n}{H_0} < \left(\frac{h_n}{H_0}\right)_{pg}$  ;

Vậy là chảy không ngập. Do đó:

$$Q = mb\sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

Tính gần đúng lần thứ nhất, lấy  $H_0 \approx H = 2,40m$

$$Q = 0,35 \cdot 3 \cdot 4,43 \cdot 2,4^{3/2} = 17,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_0 = \frac{Q}{\Omega_0} \approx \frac{17,3}{5 \cdot 2,9} = 1,2 \text{ m/s}; \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 0,07m$$

$$H_0 = 2,47m. \text{ Tính lại được: } Q = 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b) \quad h_n = 2,75 - 0,5 = 2,25m$$

$$\frac{h_n}{H_0} \approx \frac{2,25}{2,40} = 0,93 > \left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{pg} - \text{vậy đập là chảy ngập. Do đó:}$$

$$Q = \varphi_n b h \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

Từ  $m = 0,35$  tra bảng (14-3) được  $\varphi_n = 0,93$ ,  $h = h_n - Z_2$ .

Tính gần đúng lần thứ nhất, lấy  $h = h_n$  ( $Z_2 = 0$ ) và  $H_0 \approx H = 2,4m$

$$Q = 0,93 \cdot 3 \cdot 2,25 \cdot 4,43 \sqrt{2,40 - 2,25} = 10,8 \text{ m}^3/s$$

$$v_0 = \frac{10,8}{5 \times 2,9} = 0,75 \text{ m/s}; \quad \frac{\alpha v_0^2}{2g} \approx 0,03m$$

$$H_0 = 2,43m.$$

Tính  $Z_2$  theo đồ thị hình (14-15):

$$q = \frac{10,8}{3} = 3,6 \text{ m}^2/s; \quad h_K = 1,10 \text{ m}; \quad \frac{h_n}{h_K} = \frac{2,25}{1,10} = 2,04$$

$$v_n = \frac{3 \cdot 2,25}{5 \cdot 2,75} = 0,49 \text{ Tra được: } \xi_2 = \frac{Z_2}{h_K} = 0,06$$

$$Z_2 = 0,06 \cdot 1,10 = 0,07m.$$

$$h = 2,25 - 0,07 = 2,18m.$$

$$Q = 0,93 \cdot 3 \cdot 2,18 \cdot 4,43 \sqrt{2,43 - 2,18} = 13,5 \text{ m}^3/s$$

$$c) \quad h_n = 2,2 - 0,5 = 1,7m.$$

Vẫn là chảy không ngập như trường hợp (a), và như vậy mực nước hạ lưu không ảnh hưởng đến lưu lượng. Lưu lượng vẫn là  $Q = 18,0 \text{ m}^3/s$ .

**Bài 14-27.** Cống rộng  $b = 4,00m$ , dài  $15m$ , đặt trên một kênh rộng  $B = 10m$ , đáy cống ngang bằng đáy kênh. Tường cánh lượn tròn với bán kính  $r = 0,4m$ . Khi lưu lượng  $Q = 30 \text{ m}^3/s$  thì độ sâu hạ lưu là  $h_n = 2,50m$ .

Tính độ sâu trước cống.

*Giải:*

Ta coi cống như một đập tràn đỉnh rộng không ngưỡng, thu hẹp lại theo chiều ngang. Xác định  $m$  theo phụ lục 14-8:

$$\beta = \frac{b}{B} = \frac{4}{10} = 0,4; \quad \frac{r}{b} = \frac{0,4}{4} = 0,1$$

Tra được:  $m = 0,349$ .

Xét tiêu chuẩn ngập:

$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}; q = \frac{Q}{b} = 7,5 \text{ m}^2/\text{s}; h_K = 1,80 \text{ m}$$

$$h_n = 2,50\text{m} > 1,3h_K = 2,34 \text{ m}$$

Vậy là chảy ngập.

Ứng với  $m = 0,349$ , theo bảng 14-3 có  $\varphi_n = 0,93$ .

$$Q = \varphi_n b h \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

$$H_0 = \frac{Q^2}{\varphi_n^2 b^2 h^2 2g} + h$$

với  $h = h_n - Z_2$ .

Tìm  $Z_2$  theo đồ thị hình (14-15):

$$\frac{h_n}{h_K} = \frac{2,50}{1,8} = 1,38; \quad v_n = \frac{bh_n}{\Omega_h} = \frac{4}{10} = 0,4$$

tra được:  $\xi_2 = \frac{Z_2}{h_K} = 0,14$

$$Z_2 = 0,14 \cdot 1,80 = 0,25\text{m}$$

$$h = 2,50 - 0,25 = 2,25 \text{ m}$$

$$H_0 = \frac{30^2}{0,93^2 \cdot 4^2 \cdot 2,25^2 \cdot 19,6} + 2,25 = 2,95 \text{ m}$$

$$v_0 = \frac{Q}{\Omega_0} = \frac{30}{2,95 \cdot 10} = 1,02 \text{ m/s}; \quad \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 0,06\text{m}$$

$$H = 2,95 - 0,06 = 2,89\text{m}$$

Nếu bỏ qua  $Z_2$  tức là lấy  $h = h_n$  thì tính được  $H_0 = 3,03\text{m}$  và  $H = 2,97\text{m}$ . Chiều dài cống  $L = 15\text{m} < 8H$ , nên tính cống như đập tràn đỉnh rộng là đúng.

**Bài 14-28.** Trên một kênh hình thang đáy  $b_1 = 12\text{m}$ ,  $m = 1$ , xây một đập tràn đỉnh rộng hai cửa hình chữ nhật. Tường cánh và mố giữa lượn tròn với  $r = 0,4\text{m}$ . Đầu ngưỡng cong tròn với  $r' = 0,26\text{m}$  (trên mặt cắt dọc), ngưỡng cao  $P = P_1 = 0,52\text{m}$ .

Xác định chiều rộng cần thiết của mỗi cửa để tháo được lưu lượng  $Q = 50\text{m}^3/\text{s}$  với độ sâu thượng lưu  $3,12\text{m}$  và độ sâu hạ lưu  $2,72\text{m}$ .

Giải:

$$H = 3,12 - 0,52 = 2,60\text{m}$$

$$\Omega_0 = (12 + 1 \times 3,12) 3,12 = 46,1\text{m}^2$$



$$v = \frac{50}{40} = 1,08 \text{ m/s}; \quad \frac{\alpha v_0^2}{2g} \approx 0,06 \text{ m}$$

$$H_0 = 2,60 + 0,06 = 2,66 \text{ m}$$

$$h_n = 2,27 - 0,52 = 2,20 \text{ m}$$

$$\frac{h_n}{H_0} = \frac{2,20}{2,66} = 0,83$$

So với chỉ tiêu ngập, lấy một cách gần đúng  $\left(\frac{h_n}{H_0}\right)_{pg} \approx 0,80$  thì đập này là chảy ngập.

Ta xác định  $m$  và  $\varphi_n$ : theo bảng 14-2 của Cumin, có thể sơ bộ lấy  $m = 0,35$  và từ  $m = 0,35$  tra bảng 14-3 có  $\varphi_n = 0,93$ .

$$\sum b = \frac{Q}{\varphi_n h \sqrt{2g(H_0 - h)}}$$

Lấy  $h = h_n = 2,20 \text{ m}$  ta được:

$$b = \frac{50}{0,93 \cdot 2,2 \cdot 4,43 \sqrt{2,66 - 2,20}} = 8,2 \text{ m}$$

Chiều rộng mỗi cửa là:

$$b = \frac{8,2}{2} = 4,10 \text{ m}$$

Trong tính toán sơ bộ, có thể công nhận kết quả trên. Muốn tính chính xác hơn, ta tính lại hệ số  $m$ ,  $\varphi_n$  theo phụ lục (14-8) và xét lại chỉ tiêu ngập theo đồ thị hình (14-12).

Theo phụ lục (14-8) với trị số gần đúng ở trên:

$$\frac{r'}{H} = \frac{0,26}{2,6} = 0,10; \quad m_\eta = 0,351$$

$$\frac{r}{b} = \frac{0,4}{4,10} \approx 0,10; \quad m_\beta = 0,342$$

Ta có:  $m_\eta > m_\beta$  nên:

$$m = m_\beta + (m_\eta - m_\beta)F_\beta + (0,385 - m_\eta)F_\eta F_\beta$$

$$\text{với: } F_\eta = \frac{H}{H + 2P_1} = \frac{2,60}{2,60 + 2 \cdot 0,52} = 0,715$$

$$F_\beta = \frac{b}{3,5B + 2,5b} = \frac{8,20}{3,5 \cdot 8,72 + 2,5 \cdot 4,10} = 0,25$$

tính được:  $m = 0,35$ , do đó:  $\varphi_n = 0,93$  như lấy ở trên. Xác định chỉ tiêu ngập theo đồ thị

hình 14-12: với  $m = 0,35$  và  $v_n = \frac{8,2 \cdot 2,2}{(12 + 2,72) \cdot 2,72} = 0,45$  thì  $\left(\frac{h_n}{H_0}\right)_{pg} = 0,86$ .

$$\frac{h_n}{H_0} = 0,83 < \left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{pg}$$

Vậy đập phải là chảy không ngập. Ta tính lại  $b$  theo công thức:

$$Q = m \sum b \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

$$\sum b = \frac{Q}{m \sqrt{2g} H_0^{3/2}} = \frac{50}{0,35 \cdot 4,43 \cdot 2,66^{3/2}} = 7,5 \text{ m}$$

$$b = 3,75 \text{ m}$$

*Nhận xét thêm:*

Vì trong trường hợp này, mức độ ngập  $\frac{h_n}{H_0} = 0,83$  đã rất gần với trị số phân giới

$\left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{pg} = 0,86$ , cho nên ta tính theo đập chảy ngập thì kết quả vẫn xấp xỉ như trên.

Thật vậy, ở trên ta đã tính theo công thức chảy ngập, bỏ qua độ cao hồi phục, tìm được  $\sum b = 8,20 \text{ m}$ , so với  $\sum b = 7,5 \text{ m}$  thì sai khoảng + 9%.

Nếu xét đến độ cao hồi phục  $Z_2$  thì công thức tính sẽ là:

$$\sum b = \frac{Q}{\varphi_n h \sqrt{2g} (H_0 - h)}$$

$$\text{với } h = h_n - Z_2$$

Theo đồ thị hình (14-15): với  $v_n = \frac{7,5 \cdot 2,2}{(12 + 2,72) \cdot 2,72} = 0,41$

và:  $\frac{h_n}{h_K} = \frac{2,2}{1,67} = 1,3$  có  $\xi_2 = \frac{Z_2}{h_K} = 0,18$

vậy:  $Z_2 = 0,18 \cdot 1,67 = 0,30 \text{ m}$

$$h = 2,20 - 0,30 = 1,90 \text{ m}$$

$$\sum b = \frac{50}{0,93 \cdot 1,90 \cdot 4,43 \sqrt{2,66 - 1,90}} = 7,3 \text{ m}$$

So với kết quả tính theo chảy không ngập  $\sum b = 7,5 \text{ m}$  thì sai khoảng - 3%.

**Bài 14-29.** Cống dưới đường mặt cắt tròn, đường kính  $d = 2,00 \text{ m}$ , thân cống dài  $L = 15 \text{ m}$ , đáy nằm ngang ( $i = 0$ ), đặt ở sát đáy kênh dẫn thượng, hạ lưu. Đầu cống nhô ra mái tường thượng lưu, tường cánh vuông góc.

a) Tính lưu lượng khi độ sâu thượng lưu  $H = 2,00 \text{ m}$ , độ sâu hạ lưu  $h_h = 1,70 \text{ m}$ , bỏ qua cột nước lưu tốc đi tới.

b) Tính độ sâu thượng lưu khi lưu lượng bằng  $Q = 4,65 \text{ m}^3/\text{s}$  và độ sâu hạ lưu  $h_h = 1,20\text{m}$ .

Giải:

a)  $L = 15\text{m} < 8 H = 16\text{m}$

Cống làm việc như một đập tràn đỉnh rộng

$$\frac{h_n}{H_0} = \frac{1,70}{2,00} = 0,85 > \left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{\text{pg}}$$

Vậy đập chảy ngập.

Ta tính Q theo công thức:

$$Q = \varphi_n \omega \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

$\omega$  là diện tích mặt cắt trong cống ứng với độ sâu  $h = h_n = 1,70\text{m}$

Với  $d = 2,00 \text{ m}$ ;  $h = 1,70\text{m}$ , ta tính được  $\omega = 2,846\text{m}^2$ .

Theo Cumin: lấy  $m = 0,30$ ,  $\varphi_n = 0,77$  ta được:

$$Q = 0,77 \cdot 2,846 \cdot 4,43 \sqrt{0,30} = 5,3\text{m}^3/\text{s}$$

b) Trường hợp này, độ sâu hạ lưu thấp, ta giả thiết là chảy không ngập để tính. Theo công thức:

$$Q = \varphi \omega \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

$\omega$  là diện tích mặt cắt trong ống tròn ứng với độ sâu  $h = k_1 H_0$ .

Trị số  $\varphi$  và  $k_1$  lấy ở bảng 14-3 ứng với  $m = 0,30$ :

$$\varphi = 0,943$$

$$k_1 = 0,420$$

Vậy trong phương trình trên, còn một ẩn số là  $H_0$ :

$$4,65 = 0,943 \omega 4,43 \sqrt{H_0 - 0,42H_0}$$
$$\frac{4,65}{0,943 \cdot 4,43 \sqrt{1 - 0,42}} = \omega \sqrt{H_0} = 1,46 \text{ m}^{5/2}$$

Giải bằng cách tính thử dần:

Giả thiết  $H_0 = 1,80 \text{ m}$ ; ta có:  $h = k_1 H_0 = 0,42 \cdot 1,8 = 0,756\text{m}$ :

$$\omega = 1,088 \text{ m}^2$$

$$\omega \sqrt{H_0} = 1,088 \sqrt{1,80} = 1,46 \text{ m}^{5/2}$$

$$\frac{h_n}{H_0} = \frac{1,20}{1,80} = 0,66 < \left( \frac{h_n}{H_0} \right)_{\text{pg}}$$

Vậy giả thiết chảy không ngập là đúng. Kết quả  $H \approx H_0 = 1,80m$ .

**Bài 14-30.** Tính lưu lượng qua đập tràn đỉnh rộng có  $B = b = 3m$ , đầu ngưỡng vuông cạnh, cao  $P = P_1 = 0,80m$ . Cột nước tràn  $H = 2,03m$ ,  $h_h = 1,80$ . Bỏ qua lưu tốc đi tới.

Đáp số:  $Q = 13,8 m^3/s$ .

**Bài 14-31.** Tính lưu lượng qua một cống hai cửa mặt cắt chữ nhật, đáy cống ngang bằng đáy kênh, mỗi cửa rộng  $b = 6m$ , mố giữa dày  $1m$ , đầu mố hình nửa tròn, tường cánh lượn tròn, kênh thượng lưu rộng  $20m$ . Độ sâu thượng lưu  $H = 2,60m$ , độ sâu hạ lưu  $h_h = 2,40m$ .

Đáp số:  $Q = 55m^3/s$ , ứng với khi bỏ qua cột nước lưu tốc  $\frac{\alpha v_0^2}{2g}$  và độ cao hồi phục  $Z_2$ .

Nếu tính cả hai đại lượng trên thì  $Q = 77m^3/s$ .

**Bài 14-32.** Cửa tràn lữ của hồ chứa rộng  $b = 30 m$ , tường cánh mở rộng với góc  $45^\circ$ . Đỉnh tràn dày  $5,00m$ , tiếp sau đỉnh tràn là dốc nước.

a) Tính lưu lượng tràn khi cột nước thượng lưu  $H = 1,35m$ .

b) Tính cột nước tràn khi lưu lượng tràn  $Q_{\max} = 98 m^3/s$ .

Đáp số: a)  $Q = 73 m^3/s$ ;

b)  $H = 1,64m$ .

**Bài 14-33.** Cống tròn đường kính  $d = 1,20m$ , dài  $l = 10m$ , đáy nằm ngang ( $i = 0$ ), độ nhám  $n = 0,017$ , đáy cống ngang bằng đáy kênh thượng lưu và cao hơn đáy kênh hạ lưu  $0,20 m$ . Tường cánh mở rộng thuận.

a) Tính lưu lượng khi độ sâu thượng lưu  $H = 1,00 m$ ; độ sâu kênh hạ lưu  $h_h = 0,70m$ .

b) Tính cột nước thượng lưu khi  $Q = 1,7 m^3/s$ , độ sâu kênh hạ lưu  $h_h = 0,80 m$ .

Đáp số:  $Q = 1,4 m^3/s$ ;  $H = 1,12 m$ .

**Bài 14-34.** Đập tràn đỉnh rộng cao  $P = P_1 = 1m$ , rộng  $b = 24m$ , kênh thượng lưu mặt cắt hình thang, đáy rộng  $b_k = 30 m$ , mái dốc  $m = 1,5$ . Tường cánh xiên góc  $45^\circ$  với trục dòng chảy. Mặt cắt đập vuông cạnh.

Tính độ sâu kênh thượng lưu khi lưu lượng  $Q = 80 m^3/s$  và độ sâu kênh hạ lưu là  $h_h = 1,75m$ .

Đáp số:  $H = 1,66 m$ .

**Bài 14-35.** Trên một kênh hình thang đáy rộng  $b_k = 8m$ , mái dốc  $m = 1$ , xây một cống cửa chữ nhật không ngưỡng, tường cánh xiên góc  $45^\circ$ . Tính chiều rộng cống sao cho với lưu lượng thiết kế  $Q = 25 m^3/s$ , độ sâu hạ lưu  $h_h = 2,20m$ , thì tạo nên độ chênh mực nước thượng hạ lưu là  $\Delta z = 0,30m$ .

Đáp số:  $b = 4,10m$ .

**Bài 14-36.** Cổng điều tiết trên kênh có lưu lượng  $Q$ , có  $n$  cửa mỗi cửa rộng  $b$ , đáy cổng ngang bằng đáy kênh ở cao trình  $+ 3,50m$ . Mực nước thượng lưu  $+ 6,00m$ , mực nước hạ lưu  $+ 5,75m$ . Kênh có mặt cắt hình thang, đáy bằng  $b_K$ , mái dốc  $m$ . Đầu cổng có tường cánh mở rộng với góc  $\theta = 45^\circ$ . Các mố có đầu nhọn góc  $90^\circ$ .

Tính chiều rộng  $b$  và số cửa  $n$  với các trị số  $Q, b_K, m$  cho dưới đây (14 trường hợp), mỗi cửa không rộng quá  $4m$ .

Trường hợp	1	2	3	4	5	6	7
$Q$	17,2	20,8	21,4	22,4	28,7	35,0	39,8
$b_K$	6	5	8	9	10	10	12
$m$	1	2	1,5	1,5	1,5	2	2

Trường hợp	8	9	10	11	12	13	14
$Q$	44,0	46,5	56,5	63,0	70,0	73,5	88,0
$b_K$	13	15	15	15	16	20	20
$m$	2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2

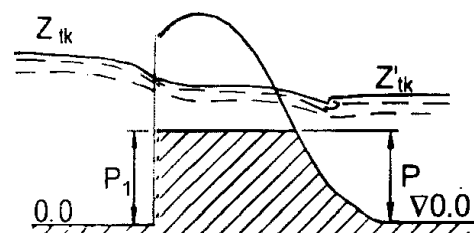
*Đáp số:*

Trường hợp	1	2	3	4	5	6	7
$b$	2,90	3,40	3,70	3,90	2,40	2,80	3,20
$n$	1	1	1	1	2	2	2

Trường hợp	8	9	10	11	12	13	14
$b$	3,5	3,7	2,9	3,2	3,5	3,8	3,4
$n$	2	2	3	3	3	3	4

**Bài 14-37.** Trên đập tràn của hồ chứa bố trí một cửa tràn thấp, rộng  $b$ , cao  $P = P_1$ , ngưỡng vuông cạnh, không có co hẹp bên.

a) Biết cao trình đáy kênh trước và sau đập là  $(0,00)$ , cao trình mực nước tháo lũ thiết kế thượng lưu là  $Z_{TK}$ , cao trình mực nước hạ lưu tương ứng  $Z'_{TK}$ , lưu lượng tháo  $Q_{TK}$ . Xác định chiều cao ngưỡng  $P$  với các trị số  $Q_{TK}, b, Z_{TK}, Z'_{TK}$  cho dưới đây (14 trường hợp).



b) Với chiều cao ngưỡng  $P$  đã tính ở trên, tính lưu lượng tháo lớn nhất  $Q_{max}$ , biết mực nước thượng lưu lớn nhất là  $Z_{max}$  và mực nước hạ lưu tương ứng là  $Z'_{max}$ .

**Bài 14-37**

Trường hợp	1	2	3	4	5	6	7
$b, (m)$	6,0	6,5	7,0	7,2	7,4	7,5	7,8
$Q, (m^3/s)$	54	58	54	67	68,5	47,2	71,0
$Z_{TK}, (m)$	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1
$Z'_{TK}, (m)$	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	2,8
$Z_{max}$	5,6	5,6	5,8	5,7	6,0	6,4	6,8
$Z'_{max}$	2,8	2,7	2,8	3,6	3,8	4,5	4,9

Trường hợp	8	9	10	11	12	13	14
$B, (m)$	8,0	8,2	8,4	8,5	8,8	9,0	9,2
$Q, (m^3/s)$	64,5	78	79,5	72,0	125,5	98,5	95,5
$Z_{TK}$	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8
$Z'_{TK}$	3,0	3,0	3,2	3,2	3,8	3,9	3,5
$Z_{max}$	6,5	6,4	7,0	6,8	6,3	6,4	6,8
$Z'_{max}$	5,0	5,0	5,4	5,2	4,8	4,9	5,2

Đáp số:

Trường hợp	1	2	3	4	5	6	7
$P, (m)$	1,5	1,6	1,9	1,7	1,8	2,5	2,0
$Q_{max}, (m^3/s)$	91	92	94	102	113	97	146

Trường hợp	8	9	10	11	12	13	14
$P, (m)$	2,3	2,1	2,2	2,5	1,6	2,2	2,4
$Q_{max}, (m^3/s)$	118	126	155	128	163	133	145

**Bài 14-38.** Cống dưới đê có ba cửa hình chữ nhật, mỗi cửa rộng  $b = 4,00m$ , đáy nằm ngang ( $i = 0$ ), lòng cống có hệ số nhám  $n = 0,017$ . Cửa vào và cửa ra có hình dạng rất thuận:  $m = 0,36$ ;  $k_1 = 0,54$ ;  $\varphi_n = 0,96$ . Cống dài  $L = 45m$ .

a) Tính lưu lượng khi mực nước thượng lưu cao hơn đáy cống  $H = 2,80m$ , mực nước hạ lưu cao hơn đáy cống  $h_n = 2,50m$ .

Trong tính toán, bỏ qua cột nước lưu tốc đi tới và độ cao hồi phục.

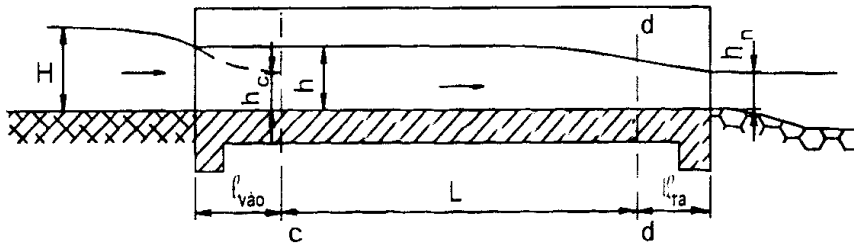
b) Tính mực nước thượng lưu khi lưu lượng bằng  $Q = 60m^3/s$ , mực nước hạ lưu cao hơn đáy cống  $h_n = 1,20m$ .

*Giải:*

a) Ở đây có khả năng là trường hợp cống dài, độ sâu trong cống có khả năng lớn hơn độ sâu ở hạ lưu  $h_n$ , ta cần vẽ đường mặt nước trong cống để xác định độ sâu  $h$  tại mặt cắt co hẹp, và tính lưu lượng bằng công thức chảy ngập qua cống:

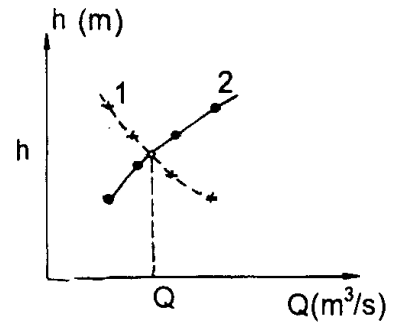
$$Q = \varphi_n b h \sqrt{2g(H_0 - h)} \quad (*)$$

Nhưng độ sâu  $h$  lại phụ thuộc lưu lượng  $Q$ . Tính  $h$  bằng phương trình của dòng không đều khi biết  $Q$  và độ sâu ở cuối là  $h_n$ .



*Có thể có hai cách giải:*

- *Cách thứ nhất:* vẽ đường quan hệ  $h \sim Q$  bằng công thức chảy qua cống (\*) [đường (1) trong hình bên] đồng thời vẽ quan hệ  $h \sim Q$  bằng phương trình của dòng chảy không đều [đường (2) trong hình bên]. Giao điểm hai đường ấy cho ta đáp số cần tìm.



- *Cách thứ hai:* tính thử dần: trước hết tạm lấy trị số  $h$  bằng hoặc hơi lớn hơn  $h_n$  để tính  $Q$  theo công thức chảy qua cống (\*), sau đó dùng  $Q$  này để tính dòng không đều, tìm lại được  $h$ . Cứ như thế tính cho đến khi trị số  $h$  trong hai phương trình xấp xỉ nhau là được.

### Bài 14-38

Dưới đây ta dùng cách thứ hai:

Cho  $h = 2,60m$ . Ta tính lưu lượng qua mỗi cửa:

$$Q = 0,96 \cdot 4 \cdot 2,60 \cdot 4,43 \sqrt{2,80 - 2,60} = 19,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ta tính dòng không đều trong cống mặt cắt chữ nhật với  $b = 4,00m$ ;  $i = 0$ ;  $n = 0,017$ , biết độ sâu ở cuối (mặt cắt d - d) bằng  $h_n = 2,50 \text{ m}$  và khoảng cách c - d bằng  $l = L - l_{vào}$ .

$$l_{vào} \cong 2(H_0 - h_c) = 2(H_0 - k_1 H_0) = 2(1 - 0,54) 2,80 = 2,50 \text{ m}$$

Ở đây  $l_{ra} \cong 2,5(h_K - h_n)$  lấy bằng 0 vì:

$$h_K = \sqrt[3]{\frac{1(19,8)^2}{9,81 \cdot 4^2}} = 1,36 \text{ m} < h_n$$

$$l = 45,0 \text{ m} - 2,5 \text{ m} = 42,5 \text{ m}$$

Ta dùng phương pháp sai phân với phương trình tính toán:

$$\Delta l_{1-2} = \frac{\Delta \varepsilon}{i - \bar{J}} = \frac{\left( h_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} \right) - \left( h_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} \right)}{i - \bar{J}}$$

h (m)	$\omega$ (m <sup>2</sup> )	R (m)	v (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	$\varepsilon$ (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J	$\bar{J}$	$\Delta \varepsilon$ (m)	$\Delta l$ (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
2,50	10	11,1	1,98	0,200	2,700	62,8	0,0010				
2,55	10,2	1,12	1,94	0,193	2,742	63,2	0,00094	0,00097	-0,042	43,3	43,3

43,3  $\approx l = 42,5m$ , vậy có thể lấy độ sâu ở đầu cống ứng với  $Q = 19,8 m^3/s$  là  $h = 2,55m$ .

Ta tính lại Q:

$$Q = 0,96 \cdot 4 \cdot 2,55 \cdot 4,43 \sqrt{2,80 - 2,55} = 21,7 m^3/s$$

Tính lại dòng không đều với  $Q = 21,7 m^3/s$ , ta được  $h = 2,56 m$ . Khi đó:

$$Q = 0,96 \cdot 4 \cdot 2,56 \cdot 4,43 \sqrt{2,80 - 2,56} = 21,3 m^3/s$$

Đến đây có thể coi là được. Vậy lưu lượng qua cống bằng:

$$Q = 3 \cdot 21,3 = 63,9 m^3/s.$$

*Nhận xét:* Nếu tính cống như một đập tràn đỉnh rộng đơn thuần thì lưu lượng sẽ là:

$$Q = 3 \cdot 0,96 \cdot 4 \cdot 2,50 \cdot 4,43 \sqrt{2,80 - 2,50} = 69,6 m^3/s.$$

b)  $Q = 60 m^3/s$ ;  $h_n = 1,20m$ .

Lưu lượng qua mỗi cửa  $Q = \frac{60}{3} = 20 m^3/s$ .

$$q = \frac{20}{4} = 5,00 m^2/s; h_K = 1,37 m > h_n$$

Nếu là cống ngắn thì cống sẽ làm việc như một đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập; nếu là cống dài thì phải tính độ sâu ở mặt cắt co hẹp bằng phương trình dòng chảy không đều.

Trước hết ta tính H theo đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập:

$$H \approx H_0 = \left( \frac{Q}{mb\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left( \frac{20}{0,36 \cdot 4 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 2,14$$

Nếu là chảy không ngập thì độ sâu tại mặt cắt co hẹp c-c sẽ là:

$$h_c = k_1 H_0 = 0,54 \cdot 2,14 = 1,15m$$



Ta tính chiều dài phân giới  $l_k$  bằng phương trình dòng không đều, biết hai độ sâu ở hai đầu là  $h_1 = h_c = 1,15 m$  và  $h_2 = h_K = 1,37 m$  và coi là một đoạn để tính theo công thức sai phân:

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}}$$

h (m)	$\omega$ ( $m^2$ )	R (m)	v (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	$\vartheta$ (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J	$\bar{J}$	$\Delta \vartheta$ (m)	$\Delta l = l_K$ (m)
$h_c = 1,15$	4,60	4,35	0,97	2,12	0,73	48,2	0,0082			
								0,0066	-0,07	10,60
$h_K = 1,37$	5,48	3,66	0,68	2,05	0,82	51,9	0,0050			

Rõ ràng là  $l = l_{\text{cống}} - (l_{\text{vào}} + l_{\text{ra}}) > l_k$  vậy là cống dài.

Ta phải tính dòng không đều để tìm độ sâu h tại mặt cắt c - c (biết lưu lượng Q và độ sâu ở cuối mặt cắt d - d bằng  $h_K$ ; và khoảng cách c - d là l)

$$l_{\text{vào}} \cong 2(H_0 - h_c) = 2(2,14 - 1,15) \cong 2,0m.$$

$$l_{\text{ra}} \cong 2,5(h_K - h_n) = 2,5(1,37 - 1,30) \cong 0,30m.$$

$$l = L_{\text{cống}} - l_{\text{vào}} - l_{\text{ra}} = 45,0 - 2,0 - 0,3 = 42,7m.$$

Ta tính dòng không đều, xuất phát từ độ sâu ở cuối bằng  $h_K = 1,37m$ .

h (m)	$\omega$ ( $m^2$ )	R (m)	v (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	$\vartheta$ (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	J	$\bar{J}$	$\Delta \vartheta$ (m)	$\Delta l$ (m)	$\Sigma \Delta l$ (m)
1,37	5,48	0,82	3,66	0,68	2,05	51,9	0,0050				
								0,0044	0,020	4,5	
1,50	6,00	0,85	3,33	0,57	2,07	53,1	0,0039				4,5
								0,0035	0,030	7,8	
1,60	6,40	0,89	3,13	0,50	2,10	54,6	0,0033				12,3
								0,0030	0,040	13,3	
1,70	6,80	0,92	2,94	0,44	2,14	55,8	0,0028				25,6
								0,0026	0,050	19,3	
1,80	7,20	0,95	2,78	0,39	2,19	56,9	0,0024				44,9

Với  $l = 42,7m$ , có thể lấy  $h = 1,79m$ .

Như vậy, cống được coi như một đập tràn đỉnh rộng có độ sâu hạ lưu đập bằng  $1,79m$ , tiếp theo là dòng chảy không đều trong lòng cống (đường nước hạ loại  $b_0$ ).

Xét chỉ tiêu ngập:

$$\frac{h_n}{h_K} = \frac{1,79}{1,37} = 1,3. \text{ Trị số này xấp xỉ với trị số phân giới, vậy có thể tính theo công thức}$$

chảy không ngập hoặc công thức chảy ngập, kết quả cũng không sai nhau mấy. Thật vậy, ở trên ta đã tính theo chảy không ngập, được  $H = 2,14m$ . Nếu tính theo chảy ngập, ta được:

$$H = \left( \frac{Q}{\varphi_n b h \sqrt{2g}} \right)^2 + h = \left( \frac{20}{0,96 \cdot 4 \cdot 1,79 \cdot 4,43} \right)^2 + 1,79 = 2,22 m$$

Tra đồ thị hình 14-12 với  $v_n = \frac{bh_n}{\Omega_h} = 1$ ; ta có  $\left( \frac{h_n}{H} \right)_{P.g} = 0,75$ .

Ở đây:  $\frac{h_n}{H} = \frac{1,79}{2,22} = 0,80 > \left( \frac{h_n}{H} \right)_{P.g}$ .

Vậy lấy kết quả theo chảy ngập:  $H = 2,22m$

**Bài 14-39.** Dẫn dòng trong thời gian thi công qua cống ngầm trong đập đất. Cống hình hộp hai cửa mặt cắt chữ nhật, mỗi cửa rộng  $b = 5,00m$ , cao  $6,00m$ , dài  $L = 60m$ , dốc  $i = 0,0004$ . Lòng cống có độ nhám  $n = 0,017$ . Đáy cống đặt ở cao trình  $+ 20,00m$  (ở đầu) dốc xuống đến cao trình  $+ 19,976m$  (ở cuối). Đầu cống có tường cánh thu hẹp dần, thuận dòng.

Tính mực nước thượng lưu  $Z_t$  khi lưu lượng là  $Q = 60m^3/s$ , mực nước hạ lưu bằng  $Z_h = + 21,20 m$ . Kênh dẫn đến cống có mặt cắt hình thang đáy rộng  $b_t = 20m$ , mái dốc  $m = 3$ ; đáy ở cao trình  $+ 19,80m$ .

Đáp số:  $Z_t = + 22,50m$

**Bài 14-40.** Cống tròn, đường kính  $d = 2,00m$ , dài  $40m$ ,  $i = 0$ ,  $n = 0,017$ , đáy cống ở cao trình  $+ 25,00m$ . Tính mực nước thượng lưu  $Z_t$  khi lưu lượng  $Q = 5m^3/s$ , mực nước hạ lưu  $+ 26,10m$ . Cống có tường cánh thu hẹp dần, thuận ( $m = 0,35$ ;  $\varphi_n = 0,93$ ). Bỏ qua cột nước lưu tốc đi tới.

Đáp số:  $Z_t = + 26,67m$ .

## Chương XV

# NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG Ở HẠ LƯU CÔNG TRÌNH

### I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Dòng chảy từ công trình đổ xuống sân hạ lưu có lưu tốc lớn, ở trạng thái chảy xiết, trong khi dòng chảy bình thường ở hạ lưu thường là trạng thái chảy êm.

Có hai hình thức nối tiếp cơ bản: nối tiếp chảy đáy và nối tiếp chảy mặt.

#### 1. Xác định hình thức nối tiếp chảy đáy khi hạ lưu công trình có $h_h > h_k$

Độ sâu tại mặt cắt co hẹp  $h_c$  ở sau công trình được xác định trực tiếp bằng phương trình Bécnu-li viết cho mặt cắt 0-0 và mặt cắt C-C (hình 15-1):

$$E_0 = h_c + \frac{\alpha v_c^2}{2g} + \sum \xi \frac{v_c^2}{2g} \quad (15-1)$$

hoặc 
$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(E_0 - h_c)} \quad (15-2)$$

trong đó:

$E_0$  là cột nước toàn phần của thượng lưu so với đáy sân sau tại mặt cắt C-C;

$\sum \xi$  là tổng các hệ số tổn thất từ mặt cắt 0-0 đến mặt cắt C-C;

$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi}}$  là hệ số lưu tốc.

Sau khi tính được  $h_c$  theo (15-2), có thể tính độ sâu liên hợp với  $h_c$  là  $h_c''$  theo công thức của nước nhảy (xem chương XIII).

So sánh  $h_c''$  với độ sâu hạ lưu  $h_h$  sẽ xác định được các hình thức nối tiếp dưới đây.

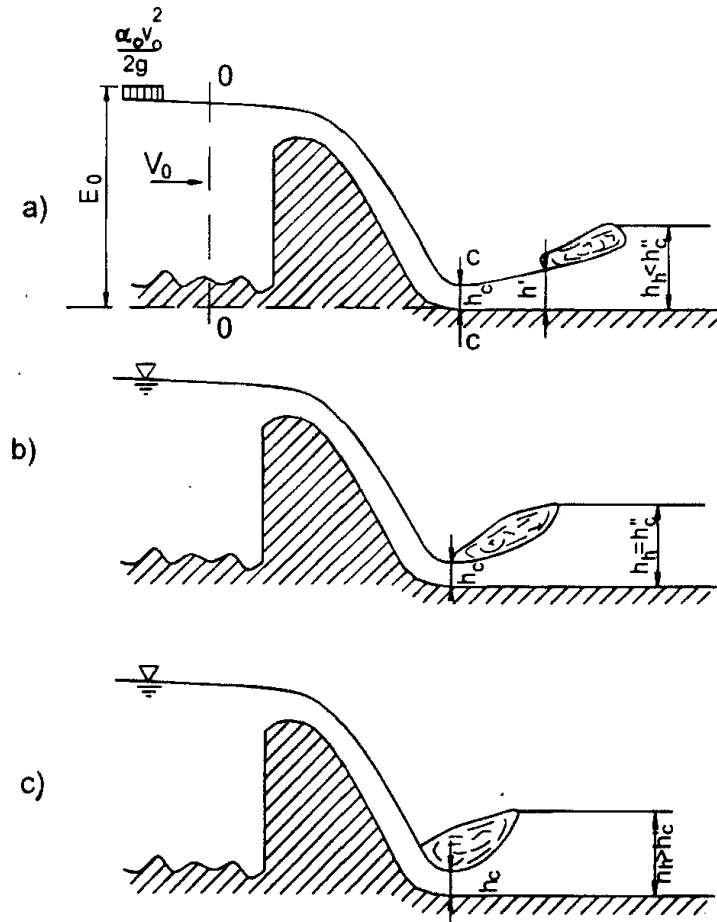
$h_c'' > h_h$ : Nối tiếp bằng nước nhảy phóng xa (hình 15-1a);

$h_c'' = h_h$ : Nối tiếp bằng nước nhảy phân giới (hình 15-1b);

$h_c'' < h_h$ : Nối tiếp bằng nước nhảy ngập (hình 15-1c).

Trong hình thức nối tiếp bằng nước nhảy phóng xa, ở sau mặt cắt co hẹp C-C có một đoạn dòng chảy xiết (đường mặt nước loại C) rồi qua nước nhảy mà chuyển sang dòng chảy êm bình thường ở hạ lưu. Độ sâu liên hợp thứ 2 (sau nước nhảy) chính là độ sâu

đòng chảy bình thường ở hạ lưu. Do đó, biết độ sâu hạ lưu  $h_h = h''$ , ta có thể tính được độ sâu trước nước nhảy  $h'_h$ . Và từ đó có thể xác định được chiều dài đoạn chảy xiết, (độ sâu ở đầu trên là  $h_c$  và độ sâu ở đầu dưới  $h''_h$ ), theo phương pháp tính dòng không đều (xem chương IX).



Hình 15-1

Trị số  $\phi$  trong công thức (15-1) và (15-2) có thể lấy theo bảng (15-1).

Trường hợp riêng khi kênh dẫn ở hạ lưu là kênh chữ nhật hay có đáy rất rộng để có thể đưa được về bài toán phẳng, có thể tính  $h_c$ ,  $h''_c$  bằng bảng tính được thành lập như sau:

Đặt: 
$$\frac{h_c}{E_0} = \tau_c ; \frac{h''_c}{E_0} = \tau''_c ; q = \frac{Q}{b},$$

có thể đưa (15-2) về dạng:

$$\frac{q}{\phi E_0^{3/2}} = F(\tau_c) = \sqrt{2g\tau_c} \sqrt{1-\tau_c} \quad (15-3)$$

Bảng phụ lục (15-1) cho quan hệ giữa  $\tau_c, \tau''_c$  với  $F(\tau_c)$ .

**Bảng 15-1**

Sơ đồ công trình	$\varphi$
- Chảy từ bậc xuống, không có cửa van; chảy qua các đập tràn có dạng thuận dòng, chiều dài mặt tràn bé; chảy qua lỗ ở đáy rất trơn và thuận.	1,00 ÷ 0,97
- Chảy từ bậc có cửa van; chảy qua đập tràn có chiều dài mặt tràn trung bình; chảy qua lỗ ở đáy tương đối thuận.	0,97 ÷ 0,95
- Chảy qua đập tràn có chiều dài mặt tràn khá lớn, chảy qua đập tràn có cửa van.	0,95 ÷ 0,90
- Chảy qua đập tràn có dạng gãy khúc, qua đập tràn đỉnh rộng, qua đập tràn có cửa van không trơn thuận.	0,90 ÷ 0,80

## 2. Xác định hình thức nối tiếp chảy mặt

Trên những công trình có độ sâu hạ lưu tương đối lớn (đủ tạo ra chế độ chảy đáy ngập), nếu ở chân công trình có bậc thụt và độ sâu hạ lưu thích hợp, thì có thể tạo ra chế độ chảy mặt.

Các hình thức nối tiếp chảy mặt nói chung khá phức tạp, trong đó có 2 hình thức có lợi về mặt tiêu năng chống xói cho hạ lưu công trình là: nối tiếp chảy mặt không ngập và nối tiếp chảy mặt ngập.

Hình thức chảy mặt không ngập biểu thị ở hình 15-2a: chủ lưu ở trên mặt mở rộng từ từ xuống hạ lưu, dưới chân là khu nước cuộn.

Hình thức chảy mặt ngập biểu thị ở hình 15-2b: chủ lưu vẫn ở trên mặt, dưới bậc có khu nước cuộn, đồng thời trên mũi đập còn có một khu nước cuộn nằm trên chủ lưu.

Trạng thái phân giới chuyển tiếp từ hình thức nối tiếp chảy đáy sang hình thức nối tiếp chảy mặt không ngập gọi là trạng thái phân giới thứ nhất; độ sâu hạ lưu tương ứng là  $h_{h1}$ .

Trạng thái phân giới chuyển tiếp từ hình thức chảy mặt không ngập sang hình thức chảy mặt ngập gọi là trạng thái phân giới thứ hai; độ sâu hạ lưu tương ứng là  $h_{h2}$  ( $h_{h2} > h_{h1}$ ).

Nhiệm vụ tính toán nối tiếp chảy mặt là với phạm vi thay đổi cho trước của độ sâu hạ lưu  $h_h$ , xác định độ cao bậc thụt  $a$  để có hình thức nối tiếp chảy mặt không ngập hoặc chảy mặt ngập.

Đối với cả hai trạng thái phân giới thứ nhất và thứ hai, đều có hai phương trình:

$$E_0 - a = h \cos \theta + \frac{1}{2} h_a + \frac{q^2}{2g\varphi^2 h^2} \quad (15-4)$$

$$\frac{2\alpha_0 q^2}{g} \left( \frac{1}{h_h} - \frac{\cos \theta}{h} \right) = h_a (h \cos \theta + 2a) + (h \cos \theta + a)^2 - h_h^2 \quad (15-5)$$

trong đó:  $a$  - chiều cao bậc thụt;

$\theta$  - góc của mũi bậc làm với đường nằm ngang;

$h_a$  - cột nước áp suất phụ gia (so với áp suất thủy tĩnh) của dòng chảy trên mũi bậc;  
 $h$  - chiều sâu nước ở mũi bậc.

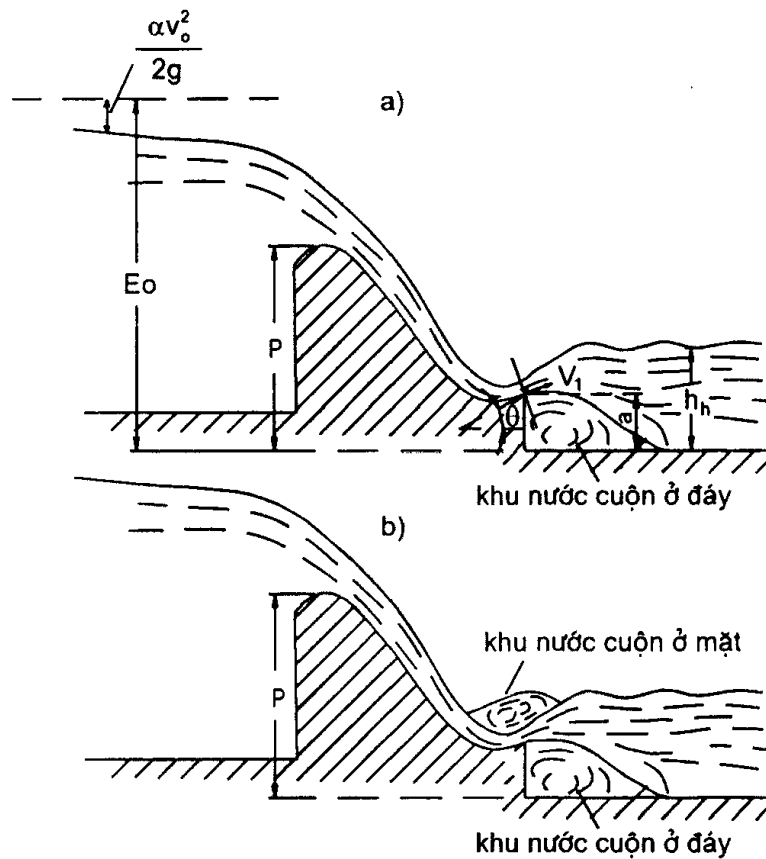
Đối với trạng thái phân giới thứ nhất, thực nghiệm cho:

$$(h_a)_1 = 0,31h_{h1} - 0,5a \quad (15-6)$$

Đối với trạng thái phân giới thứ hai:

$$(h_a)_2 = 0,59 h_{h2} - a \quad (15-7)$$

Như vậy khi đã định chiều cao bậc  $a$ , để tính trạng thái phân giới thứ nhất, phải giải hệ ba phương trình (15-4), (15-5) và (15-6); để tính trạng thái phân giới thứ hai  $h_{h2}$  phải giải hệ 3 phương trình (15-4), (15-5) và (15-7).



Hình 15-2

### 3. Các biện pháp tiêu năng trong chế độ chảy đáy

Có nhiều biện pháp và hình thức tiêu năng, trong đó cơ bản nhất là biện pháp biến đổi chế độ nối tiếp bằng nước nhảy phóng xạ thành nối tiếp bằng nước nhảy ngập. Muốn vậy cần tăng độ sâu của hạ lưu bằng cách:

Đào sâu sân sau - tức làm bể tiêu năng;

Làm một tường chắn để nâng cao mực nước - tức làm tường tiêu năng;

Vừa đào sâu, vừa làm tường-bể và tường tiêu năng kết hợp.

Nhiệm vụ tính toán là xác định chiều sâu bể  $d$ , chiều cao tường tiêu năng  $c$  và chiều dài bể  $l_b$ .

1) Tính bể tiêu năng (hình 15-3)

Chiều sâu  $d$  của bể tiêu năng tính bằng công thức:

$$d = \sigma h_c'' - h_h - \Delta Z \quad (15-8)$$

trong đó:

$h_h$  - độ sâu hạ lưu khi chưa đào bể;

$h_c''$  - độ sâu liên hợp với độ sâu co hẹp;

$h_c$  tính với cao trình sân bể, với cột nước thượng lưu  $E_0'' = E_0 + d$ ;

$\sigma$  - hệ số an toàn ngập, lấy khoảng  $1,05 \div 1,10$ ;

$\Delta Z$  - chênh lệch cột nước ở cửa ra của bể, tính bằng công thức:

$$\Delta Z = \frac{Q^2}{2g\varphi'^2\omega_h^2} - \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_b^2} \quad (15-9)$$

trong đó:

$\omega_b$  - diện tích mặt cắt ướt ở cuối bể, có chiều sâu là  $h_b = \sigma h_c''$ ;

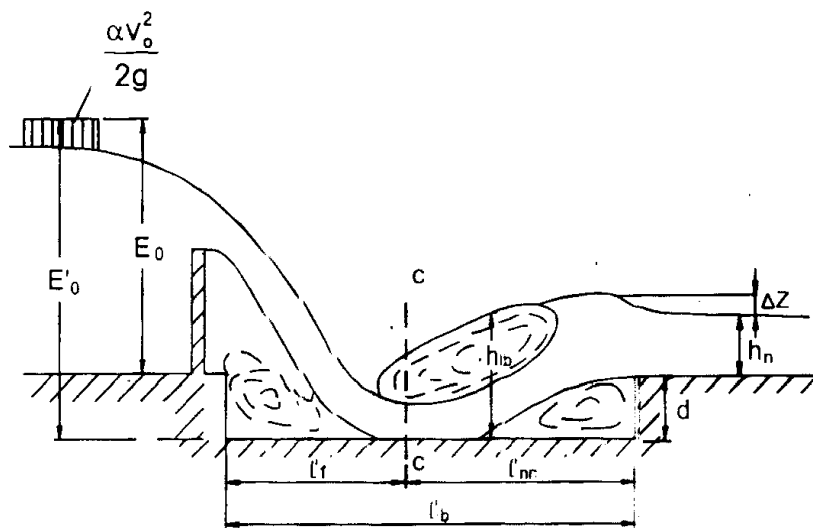
$\omega_h$  - diện tích mặt cắt ướt hạ lưu sau bể;

$\varphi'$  - hệ số lưu tốc ở cửa ra của bể, lấy khoảng  $0,95 \div 1,00$ .

Nếu mặt cắt ngang của bể không phải là chữ nhật thì tính  $h_c$  bằng công thức (15-2) và tính  $h_c''$  bằng công thức tổng quát của nước nhảy.

Nếu mặt cắt ngang của bể là chữ nhật thì tính  $h_c$ ,  $h_c''$  bằng phụ lục (15-1).

Như vậy trong công thức (15-8), để tính  $d$ , các số hạng  $h_c''$  và  $\Delta Z$  lại phụ thuộc chính ầu số  $d$ . Do đó, bài tính phải giải bằng cách tính đúng dần.



Hình 15-3

b) Tính tường tiêu năng (hình 15-4)

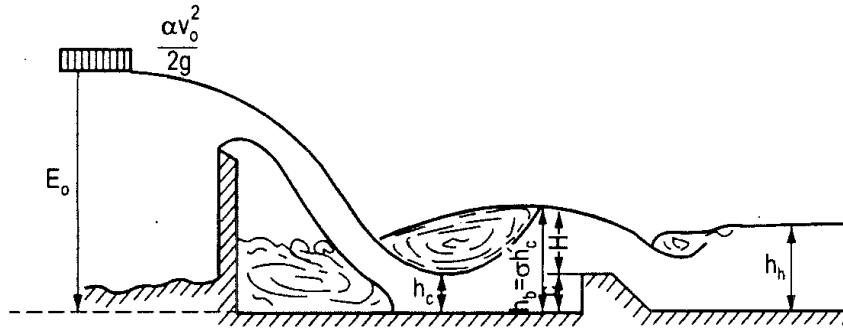
Chiều cao  $c$  của tường tiêu năng tính bằng công thức:

$$c = \sigma h_c'' - H_1$$

$H_1$  là cột nước tràn trên đỉnh tường, tính theo công thức đập tràn chảy ngập:

$$H_1 = \left( \frac{Q}{\sigma_n m b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha Q^2}{2g(\sigma h_c'')^2 b^2} \quad (15-11)$$

Với hệ số  $m \approx 0,40 \div 0,42$ .



Hình 15-4

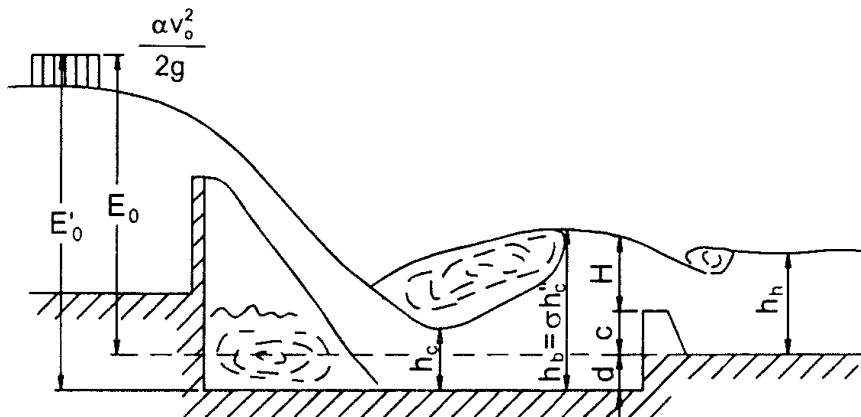
Trong (15-11) hệ số ngập của tường  $\sigma_n$  lại phụ thuộc chiều cao tường  $c$ .

c) Tính bể và tường kết hợp (hình 15-5)

Chiều cao tường  $c$  và chiều sâu đào bể  $d$  phải thỏa mãn điều kiện:

$$d + c = \sigma h_c'' - H_1 \quad (15-12)$$

$h_c''$  và  $H_1$  tính như hai trường hợp trên.



Hình 15-5

Có hai cách đặt vấn đề để giải quyết:

1. Tự định một trong hai đại lượng  $d$ , hoặc  $c$  và tìm ra đại lượng kia, sau đó điều chỉnh để  $d$  và  $c$  có một tỉ lệ hợp lý nhất về kinh tế - kỹ thuật.



2. Định chiều cao tường lớn nhất có thể được, miễn là ở sau tường không xảy ra nối tiếp bằng nước nhảy phóng xa.

Dưới đây là cách tính trong trường hợp thứ hai, xét cho bài toán phẳng: Chiều cao tường tới hạn  $c_0$  để không có nước nhảy phóng xa ở dưới tường (hình 15-6) tính bằng công thức:

$$c_0 = h_{c1} + \frac{q^2}{\varphi'^2 2gh_{c1}^2} - \left( \frac{q}{m\sqrt{2g}} \right)^{2/3} \quad (15-13)$$

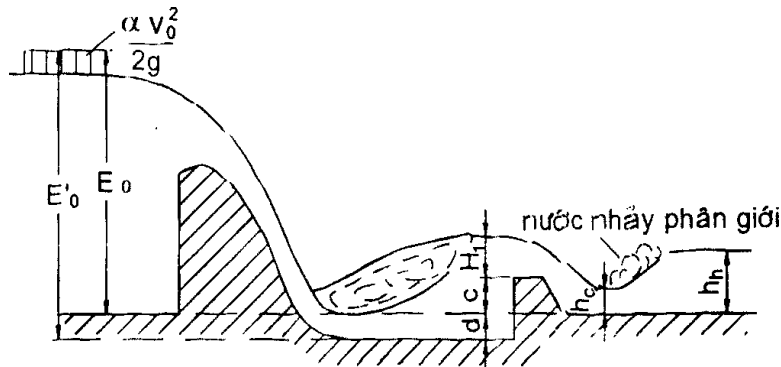
trong đó:  $h_{c1}$  là độ sâu của mặt cắt co hẹp ở sau tường trong trường hợp nối tiếp sau tường là nối tiếp bằng nước nhảy phân giới, nghĩa là  $h_{c1}$  là độ sâu liên hợp thứ nhất với độ sâu hạ lưu:

$$h_{c1} = \frac{h_h}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8\alpha_0 q^2}{gh_h^3}} - 1 \right] \quad (15-14)$$

Sau khi tính được  $c_0$  sẽ lấy chiều cao tường  $c$  nhỏ hơn  $c_0$  một ít để đảm bảo nối tiếp bằng nước nhảy ngập ở sau tường:

$$c = (0,9 \div 0,95) c_0 \quad (15-15)$$

Sau khi có  $c$ , sẽ xác định  $d$  theo công thức (15-12).



Hình 15-6

d) Tính chiều dài bể tiêu năng

Chiều dài bể tiêu năng  $l_b$  tính từ chân công trình, bao gồm chiều dài  $l_1$  từ chân công trình đến mặt cắt co hẹp c-c, và chiều dài của nước nhảy ngập  $l_{nn}$  nằm trong phạm vi bể:

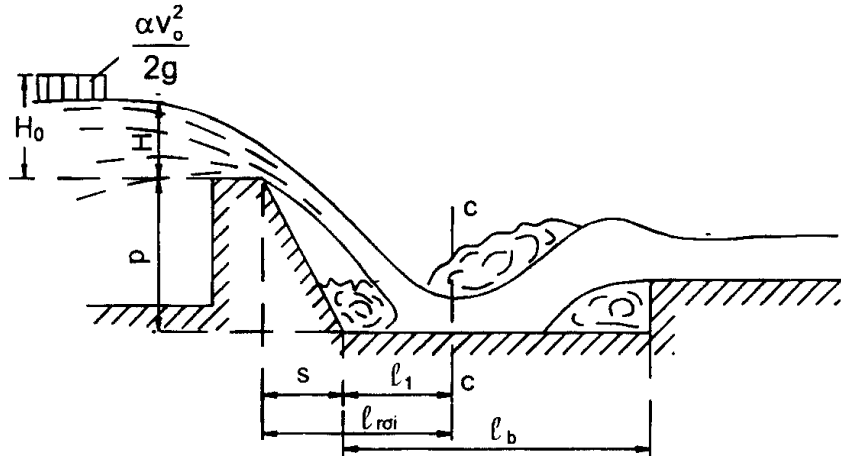
$$l_b = l_1 + l_{nn} = l_1 + (0,70 \div 0,80) l_n \quad (15-16)$$

trong đó:

$l_n$  là chiều dài nước nhảy hoàn chỉnh. Chiều dài  $l_1$ , theo hình (15-7) tính bằng:

$$l_1 = l_{roi} - s \quad (15-17)$$

Chiều dài nước rơi  $l_{roi}$ , tùy theo hình thức của tháo nước, tính theo các công thức thực nghiệm dưới đây.



Hình 15-7

- Chảy qua đập tràn thực dụng mặt cắt hình thang (hình 15-7):

$$l_{roi} = 1,33 \sqrt{H_0(P + 0,3H_0)} \quad (15-18)$$

- Chảy qua đập tràn thực dụng có cửa van trên đỉnh đập (hình 15-8):

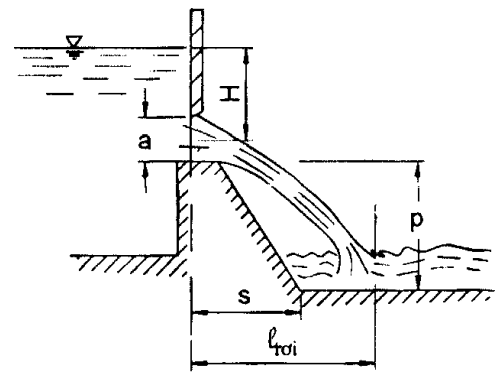
$$l_{roi} = 2 \sqrt{H_0(P + 0,32a)} \quad (15-19)$$

- Chảy qua đập tràn đỉnh rộng (hình 15-9):

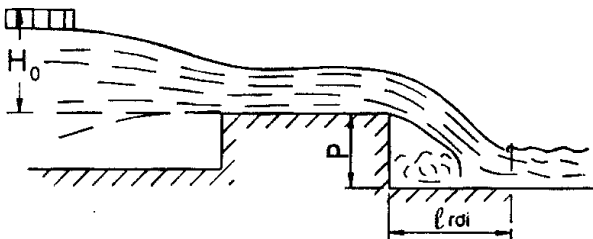
$$l_{roi} = 1,64 \sqrt{H_0(P + 0,24H_0)} \quad (15-20)$$

- Chảy từ bậc xuống (hình 15-10):

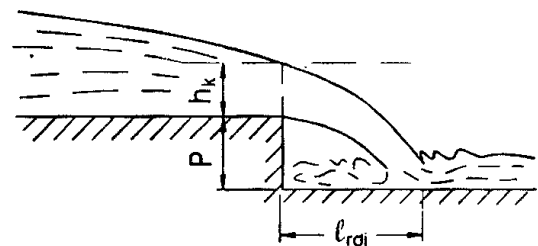
$$l_{roi} = P + h_k \quad (15-21)$$



Hình 15-8



Hình 15-9



Hình 15-10

e) Lưu lượng tính toán tiêu năng

Chú ý rằng khi công trình làm việc với nhiều cấp lưu lượng thì cần tính tiêu năng theo lưu lượng nguy hiểm nhất, tức là lưu lượng cho hiệu số  $(h_c'' - h_h)$  lớn nhất. Lưu lượng tính toán tiêu năng này không nhất thiết là lưu lượng lớn nhất.

## II. BÀI TẬP

**Bài 15-1.** Đập tràn cao  $P = 12m$ , rộng  $b = 60m$ , có hệ số lưu lượng  $m = 0,49$  và hệ số co hẹp bên  $\varepsilon = 0,97$ . Xác định hình thức nối tiếp ở hạ lưu trong hai trường hợp sau:

a) Lưu lượng  $Q = 860m^3/s$ , độ sâu hạ lưu  $h_h = 5m$ :

b) Lưu lượng  $Q = 860m^3/s$ , độ sâu hạ lưu  $h_h = 7m$ .

Lòng dẫn hạ lưu có mặt cắt chữ nhật:  $b = 60m$ ;  $n = 0,020$ ;  $i = 0$ .

*Giải:*

Tính cột nước tràn trên đỉnh đập:

$$H_0 = \left( \frac{Q}{\varepsilon m b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} = 3,60m$$

Cột nước toàn phần so với đáy hạ lưu:

$$E_0 = P + H_0 = 12 + 3,60 = 15,60m$$

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi E_0^{2/3}} = \frac{860}{60 \cdot 0,95 \cdot 15,6^{3/2}} = 0,256$$

Tra phụ lục (15-1) được:

$$\tau_o = 0,069 \text{ và } \tau_o'' = 0,422$$

Do đó: 
$$h_c = 0,069 \cdot 15,6 = 1,07m$$

$$h_c'' = 0,422 \cdot 15,6 = 6,57m$$

Như vậy:

a) Khi  $h_h = 5m$  ta có:

$$h_c'' > h_h \text{ tức là nối tiếp bằng nước nhảy phóng xa.}$$

Ta xác định vị trí của nước nhảy:

Biết  $h'' = h_h = 5m$ , nên độ sâu liên hiệp thứ nhất đối với  $h_h$ :

$$h_h' = \frac{5}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 \cdot \frac{860^2}{60^2 \cdot 9,81 \cdot 5^3}} - 1 \right] = 1,32m$$

Đoạn chảy xiết là đường nước dâng  $c_0$  (kênh có  $i = 0$ ), có độ sâu ở đầu trên là  $h_c = 1,07m$  và độ sâu ở đầu dưới là  $h_h' = 1,32m$ . Tính chiều dài đoạn ấy bằng công thức sai phân của phương trình dòng không đều:

$$\Delta l = \frac{\Delta \varepsilon}{i - \bar{J}}$$

Hai trị số  $h$  ở đây khá gần nhau, nên ta có thể coi là một đoạn để tính:

$$h_1 = h_c = 1,07m; \quad v_1 = \frac{860}{60 \cdot 1,07} = 13,4 \text{ m/s};$$

$$\frac{\alpha v_1^2}{2g} = \frac{1 \cdot 13,4^2}{19,62} = 9,20 \text{ m}; \quad \vartheta_1 = 1,07 + 9,20 = 10,27m;$$

$$h_2 = 1,32m; \quad v_2 = \frac{860}{60 \cdot 1,32} = 10,7 \text{ m/s};$$

$$\frac{\alpha v_2^2}{2g} = 6,0m; \quad \vartheta_2 = 1,32 + 6,00 = 7,32m;$$

$$\bar{h} = \frac{1,07 + 1,32}{2} \cong 1,20 \text{ m};$$

$$\bar{\omega} \cong 60 \cdot 1,2 = 72 \text{ m}^2;$$

$$\bar{R} \cong \bar{h} = 1,20m;$$

$$\bar{C} \sqrt{\bar{R}} = 56 \text{ m/s}; \quad \bar{K} = 72 \cdot 56 = 4032 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$\bar{J} = \frac{Q^2}{\bar{K}^2} = \left( \frac{860}{4032} \right)^2 = 0,0455;$$

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}} = \frac{7,32 - 10,27}{-0,0455} = 64 \text{ m}$$

Chiều dài đoạn phóng xa từ mặt cắt C-C đến nước nhảy dài 64m.

b) Khi  $h_h = 7m$  ta có:  $h_h > h_c''$  nên nối tiếp bằng nước nhảy ngập.

**Bài 15-2.** Dưới chân đập tràn có một sân bằng bê tông, mặt cắt chữ nhật, dốc  $i = 0,0004$ ,  $n = 0,017$ . Tiếp theo sân là một dốc nước. Lưu lượng đơn vị  $q = 5 \text{ m}^2/\text{s}$ . Cột nước toàn phần trên đập so với mặt sân ở chân đập là  $E_0 = 12,00m$ .

Xác định hình thức nối tiếp khi :

a)  $l_s = 40m$

b)  $l_s = 300m$

Tính toán theo bài toán phẳng, lấy  $R \cong h$ .

*Giải:*

Tính độ sâu của mặt cắt co hẹp: lấy hệ số  $\varphi = 0,95$  ta có:

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi E_0^{3/2}} = \frac{5}{0,95 \cdot 12^{3/2}} = 0,1265$$

$$\tau_c = 0,031 \text{ và } \tau_c'' = 0,303 \text{ (phụ lục 15-1)}$$

$$h_c = 0,031 \cdot 12 = 0,37m; h_c'' = 0,303 \cdot 12 = 3,63m$$

Tính độ sâu phân giới và độ sâu chảy đều trên sân:

$$q = 5m^2/s \text{ nên } h_k = 1,37m$$

$$n = 0,017; i = 0,0004 \text{ nên } h_0 = 2,40m$$

Vậy dòng chảy trên sân đập có:

$$h_c < h_k < h_0$$

và:  $h_c'' > h_0$

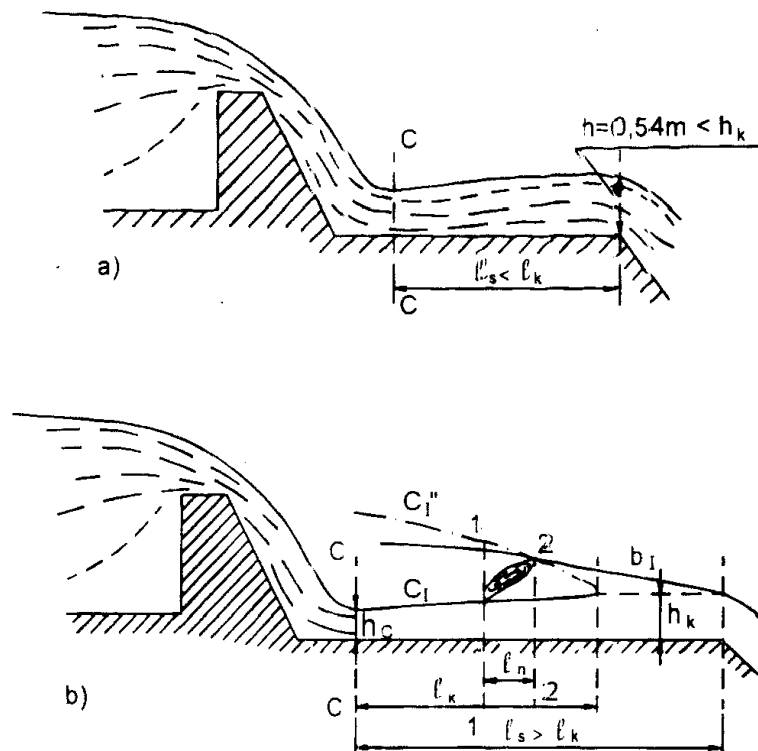
Nếu sân đập ngắn thì dòng chảy sau mặt cắt C-C sẽ theo đường nước dâng  $c_1$  đi đến cuối sân rồi đi xuống dốc, không qua nước nhảy.

Nếu sân đập dài, dòng chảy theo đường nước dâng chảy xiết  $c_1$  không đủ năng lượng để đi hết sân, nên đến một chỗ nào đó phải qua nước nhảy chuyển thành chảy êm, rồi sau đó theo đường nước đổ  $b_1$  đi đến cuối sân và đổ xuống dốc.

Giới hạn giữa hai trường hợp là khi sân vừa đủ dài để đường nước dâng  $c_1$  đi đến cuối sân thì có độ sâu vừa bằng  $h_k$ . Ta tính độ dài đó bằng cách vẽ đường nước dâng  $c_1$  xuất phát từ độ sâu ở đầu sân là  $h_c$ .

Ta dùng phương pháp cộng trực tiếp:

$$\Delta l = \frac{\Delta \vartheta}{i - J}$$



Bài 15-2

**Bảng A**

$h$ (m)	$v$ (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	$\vartheta$ (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	$J = \frac{v^2}{C^2R}$	$\bar{J}$	$i - \bar{J}$	$\Delta\vartheta$ (m)	$\Delta l$ (m)	$\Sigma\Delta l$ (m)	Chú thích
0,37	13,5	9,30	9,67	31,1	0,188					0	$h_1 = h_c = 0,37m$
						0,1290	-0,1286	-4,07	31,6		
0,50	10,0	5,10	5,60	37,8	0,070					31,6	
						0,0466	-0,0462	-2,30	49,6		
0,70	7,15	2,60	3,30	46,9	0,0232					81,2	
						0,0167	-0,0163	-0,82	50,3		
0,90	5,56	1,58	2,48	55,0	0,0102					131,5	
						0,0077	-0,0073	-0,32	42,8		
1,10	4,55	1,06	2,16	62,4	0,0053					174,3	
						0,0040	-0,0036	-0,11	30,6		
1,37	3,66	0,68	2,05	71,7	0,0026					204,9	$h_2 = h_k = 1,37m$

Từ kết quả tính trên, ta xác định được chiều dài giới hạn  $l_K = 204,9m$  đồng thời vẽ được đường mặt nước  $c_1$ .

Bây giờ lần lượt xét hai trường hợp tính toán:

a) Khi  $l_s = 40m$ :  $l_s < l_K$

Dòng chảy sau mặt cắt C-C sẽ theo đường  $c_1$  đi đến cuối sân. Độ sâu ở cuối sân bằng  $h = 0,54m < h_K$  (lấy trên đường mặt nước vừa tính ở trên với  $l = 40m$ ); sau đó dòng chảy sẽ đổ dốc (hình a bài 15-2).

b) Khi  $l_s = 250m$ :

$$l_s > l_K$$

Dòng chảy theo đường nước dâng  $c_1$  đến mặt cắt 1-1 thì qua nước nhảy; từ mặt cắt 2-2 sau nước nhảy, dòng chảy sẽ theo đường  $b_1$  đi đến cuối sân và đổ xuống dốc (hình b bài 15-2).

Ta phải xác định vị trí của nước nhảy.

Muốn vậy, ta vẽ đường mặt nước  $b_1$ , bắt đầu tính từ cuối sân ngược lên biết độ sâu ở cuối sân là  $h_K$ . Kết quả xem bảng B. Đồng thời ta vẽ đường  $c_1''$  liên hợp với đường  $c_1$  và ở một vị trí lùi xuống hạ lưu một đoạn bằng chiều dài nước nhảy tương ứng. Chi tiết tính toán ghi ở bảng C.

**Bảng B**

$h$ (m)	$v$ (m/s)	$\frac{\alpha v^2}{2g}$ (m)	$\vartheta$ (m)	$C\sqrt{R}$ (m/s)	$J = \frac{v^2}{C^2 R}$	$\bar{J}$	$i - \bar{J}$	$\Delta \vartheta$ (m)	$\Delta l$ (m)	$l_1$ (m)
1,37	3,66	0,680	2,050	71,7	0,00260					250
						0,00226	-0,00186	-0,015	8,1	
1,50	3,33	0,565	2,065	75,8	0,00193					241,9
						0,00175	-0,00135	-0,030	22,2	
1,60	3,12	0,495	2,095	79,0	0,00156					219,7
						0,00142	-0,00102	-0,045	44,2	
1,70	2,94	0,440	2,140	82,0	0,00128					175,5
						0,00118	-0,00078	-0,055	70,4	
1,80	2,78	0,395	2,195	85,0	0,00107					105,1
						0,00098	-0,00058	-0,057	98,2	
1,90	2,63	0,352	2,252	87,9	0,00089					6,9

**Ghi chú:** Cột cuối cùng  $l_1$  biểu thị khoảng cách từ mặt cắt cơ hợp c-c đến mặt cắt có độ sâu  $h$  tính toán trên đường nước đồ  $b_1$ .

**Bảng C**

$h'$	$l_1$	$\frac{h'}{h_K}$	$\frac{h''}{h_K}$	$h''$	$l_n$	$l_2 = l + l_n$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,37	0	0,27	2,592	3,30	14,8	14,8
0,50	31,6	0,365	2,165	2,76	12,4	44,0
0,70	81,2	0,511	1,745	2,22	10,0	91,2
0,90	131,5	0,658	1,443	1,83	8,2	139,7
1,10	174,3	0,803	1,226	1,56	7,0	181,3
1,37	204,9	1	1	1,37	0	204,9

**Ghi chú:** Cột thứ 1 và cột thứ 2 lấy ở kết quả tính đường  $c_1$  ở bảng A.

Cột thứ 7 là khoảng cách từ mặt cắt c-c đến mặt cắt 2-2 sau nước nhảy, ứng với các độ sâu trước nước nhảy trên đường  $c_1$  ở cột 1.

Vậy giao điểm giữa đường quan hệ  $h \sim l_1$  (đường  $b_1$ ) ở bảng B với đường quan hệ  $h'' \sim l_2$  (đường  $c_1''$ ) ở bảng C sẽ cho vị trí sau nước nhảy và độ sâu sau nước nhảy tương ứng (xem hình b bài 15-2).

Qua giải bằng vẽ ta được:  $h'' = 1,75m$ ;  $l = 154m$ , nghĩa là mặt cắt (2-2) sau nước nhảy ở cách mặt cắt c-c là  $l_2 = 154m$ , có độ sâu  $h'' = 1,75m$ . Chiều dài nước nhảy tương ứng là

$l_n \approx 8,00m$ . Mặt cắt (1-1) trước nước nhảy ở cách mặt cắt c-c là  $l_1 = 146m$ , có độ sâu  $h' = 1,04m$ .

**Bài 15-3.** Đập tràn cao  $P = 20,4m$  cột nước tràn  $H_0 = 3,00m$ , dưới chân đập có bậc thụt cao  $a = 6,5m$ , mũi bậc dốc ngược một góc  $\theta = 14^\circ$  ( $\cos\theta \approx 0,97$ ).

Xác định hình thức nối tiếp khi lưu lượng đơn vị  $q = 11,2m^2/s$  và độ sâu hạ lưu bằng  $h_h$  trong hai trường hợp:

a)  $h_h = 9,20m$

b)  $h_h = 12,00m$ .

Giải:

Trước hết ta phải tìm các độ sâu phân giới thứ nhất  $h_{h1}$  (ứng với trạng thái phân giới từ chảy đáy ngập sang chảy mặt không ngập), độ sâu phân giới thứ hai  $h_{h2}$  (ứng với trạng thái phân giới từ chảy mặt không ngập sang chảy mặt ngập) và độ sâu phân giới chảy đáy  $h_c$  (ứng với trạng thái phân giới từ chảy đáy phóng xa sang chảy đáy ngập).

Để tìm  $h_{h1}$  ta phải giải hệ ba phương trình:

$$E_0 - a = h \cos\theta + \frac{1}{2} h_a + \frac{q^2}{2g\varphi^2 h^2} \quad (15-4)$$

$$\frac{2\alpha_0 q^2}{ghh_{h1}} (h - h_{h1} \cos\theta) = h_a (h \cos\theta + 2a) + (h \cos\theta + a)^2 - h_{h1}^2 \quad (15-5)$$

$$(h_a)_1 = 0,31 h_{h1} - 0,5a \quad (15-6)$$

Biết:  $E_0 = P + H_0 = 20,4 + 3,00 = 23,4m$ ;  $a = 6,5m$ ;  $q = 11,2m^2/s$ ;  $\cos\theta = 0,97$ ;  $\varphi = 0,95$  lấy  $\alpha_0 \approx 1$ .

Giải bằng cách tính đúng dần:

Lần thứ nhất  $h_a = 0$  trong phương trình (15-4) ta có:

$$23,4 - 6,5 = 0,97 h + \frac{q^2}{2g\varphi^2 h^2}$$

$$16,9 = 0,97 h + \frac{7,08}{h^2}$$

Giải ra được:  $h = 0,66m$ .

Thay vào phương trình (15-5):

$$\frac{2 \cdot 11,2^2}{9,81 \cdot 0,66 h_{h1}} (0,66 - 0,97 h_{h1}) = (0,97 \times 0,66 + 6,5)^2 - h_{h1}^2$$

hay: 
$$\frac{25,6}{h_{h1}} - 37,6 = 51 - h_{h1}^2$$



hay: 
$$h_{h_1}^2 + \frac{25,6}{h_{h_1}} = 88,6$$

Giải được  $h_{h_1} = 9,27m$ .

Thay  $h_{h_1} = 9,27m$  vào (15-6) để tính lại lần thứ 2:

$$(h_a)_1 = 0,31 \times 9,27 - 0,5 \times 6,5 = 2,87 - 3,25 = -0,38$$

Tính lại (15-4):

$$23,4 - 6,5 = 0,97h - \frac{0,38}{2} + \frac{11,2^2}{19,6 \cdot 0,95^2 h^2}$$

$$16,9 = 0,97h - 0,19 + \frac{7,08}{h^2}$$

Giải được:  $h = 0,656m$

Thay lại  $h = 0,656m$  vào (15-5):

$$\frac{25,6}{h_{h_1}} - 37,6 = -0,38 (0,97 \cdot 0,656 + 2 \cdot 6,5) + 51 - h_{h_1}^2$$

hay: 
$$h_{h_1}^2 + \frac{25,6}{h_{h_1}} = 88,6 - 5,17 = 83,43$$

So sánh với lần tính thứ nhất, ta thấy chỉ có thêm số hạng thứ nhất ở vế phải của (15-5), còn các số hạng khác thay đổi không đáng kể.

Giải ra được:  $h_{h_1} = 8,98m$ .

$$(h_a)_1 = 0,31 \cdot 8,98 - 0,5 \cdot 6,5 = 2,78 - 3,25 = -0,47m$$

Thay lại  $(h_a)_1$  vào (15-5) lần thứ ba:

$$h_{h_1}^2 + \frac{25,6}{h_{h_1}} = 88,6 - 0,47 (0,97 \cdot 0,656 + 2 \cdot 6,5) = 88,6 - 5,8 = 82,8$$

Giải ra được:

$$h_{h_1} = 8,94m$$

Lấy:  $h_{h_1} = 8,94m$ .

Tính  $h_{h_2}$ , ta phải giải (15-4), (15-5) và (15-7):

$$(h_a)_2 = 0,59(h_{h_2} - a)$$

Tính gần đúng lần thứ nhất: lấy  $h_{h_2} = 10m$ , ta có:

$$(h_a)_2 = 0,59 (10 - 6,5) = 2,06m$$

Thay vào (15-5) và coi các yếu tố khác vẫn như trên ( $h = 0,656m$ ) ta có:

$$h_{h_2}^2 + \frac{25,6}{h_{h_2}} = 2,06 (0,97 \cdot 0,656 + 2 \cdot 6,5) + 88,6 = 28,1 + 88,6 = 116,7m$$

Giải ra được:

$$h_{h_2} = 10,70m$$

Bây giờ tính lại lần thứ hai:

$$(h_a)_2 = 0,59 (10,70 - 6,5) = 2,48m$$

Thay vào (15-4) để tính lại h:

$$16,9 = 0,97h + \frac{2,48}{2} + \frac{7,08}{h^2}$$

$$16,9 - 1,24 = 0,97h + \frac{7,08}{h^2}$$

Giải được:  $h = 0,685m$

Thay vào (15-5):

$$\frac{25,6}{h_{h_2}} - \frac{25,6 \cdot 0,97}{0,685} = 2,48 (0,685 \cdot 0,97 + 2 \cdot 6,5) + (0,97 \cdot 0,685 + 6,5)^2 - h_{h_2}^2$$

hay: 
$$\frac{25,6}{h_{h_2}} - 36,3 = 33,9 + 51,33 - h_{h_2}^2$$

hay: 
$$h_{h_2}^2 + \frac{25,6}{h_{h_2}} = 33,9 + 51,33 + 36,3 = 121,53$$

Giải ra được:  $h_{h_2} = 10,9m$

Lấy:  $h_{h_2} = 10,90m$

Để tính trạng thái chảy đáy, ta tính độ sâu  $h_c$  của mặt cắt co hẹp ở chân bậc và độ sâu liên hiệp  $h_c''$ :

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi E_0^{3/2}} = \frac{11,2}{0,95 \cdot 23,4^{3/2}} = 0,104$$

$$\tau_c = 0,0237 \text{ do đó } h_c = 23,4 \cdot 0,0237 = 0,55m$$

$$\tau_c'' = 0,277 \text{ do đó } h_c'' = 23,4 \cdot 0,277 = 6,50m$$

Tóm lại ta có:

$$h_c'' = 6,50m \text{ (trạng thái phân giới chảy đáy ngập);}$$

$$h_{h_1} = 8,94m \text{ (trạng thái phân giới chảy mặt thứ nhất);}$$

$h_{h_2} = 10,90 m$  (trạng thái phân giới chảy mặt thứ hai).

Như vậy nếu:

$h_h < h_c''$ : ta có nối tiếp chảy đáy với nước nhảy phóng xạ ở dưới chân bậc;

$h_c'' < h_h < h_{h_1}$ : ta có nối tiếp chảy đáy ngập;

$h_{h_1} < h_h < h_{h_2}$ : ta có nối tiếp chảy mặt không ngập;

$h_{h_2} < h_h$ : ta có nối tiếp chảy mặt ngập;

Theo số liệu của bài toán, ta có:

Trường hợp a), khi  $h_h = 9,2m$ : nối tiếp chảy mặt không ngập;

Trường hợp b), khi  $h_h = 12,0m$ : nối tiếp chảy mặt ngập.

**Bài 15-4.** Đập tràn mặt cắt không chân không Corrigior- Ôphixêrốp ( $m = 0,49$ ), cao  $P = 20m$ , tháo lưu lượng từ  $q_{\min} = 6m^2/s$  đến  $q_{\max} = 18m^2/s$ .

Tính chiều cao bậc  $a$  với mũi đập nằm ngang ( $\cos\theta = 1$ ) để có trạng thái chảy mặt không ngập với mọi cấp lưu lượng.

Quan hệ mực nước hạ lưu với lưu lượng cho ở bảng dưới đây:

$q, m^2/s$	6	9	12	15	18
$h_h, m$	7,55	8,65	9,73	10,75	12,40

*Giải:*

1. Trước hết ta đặt vấn đề tính chiều cao bậc  $a$  ứng với  $q_{\min} = 6m^2/s$  để có trạng thái chảy mặt không ngập:

a) Tính cột nước toàn phần ứng với  $q_{\min}$ :

$$E_0 = P + H_0$$

$$H_0 = \left( \frac{q}{m\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left( \frac{6}{0,49 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 1,97 m$$

$$E_0 = 20 + 1,97 = 21,97 m$$

b) Kiểm tra chế độ nối tiếp chảy đáy nếu không có bậc thật:

$$\frac{q}{\varphi E_0^{3/2}} = \frac{6}{0,95 \cdot 21,97^{3/2}} = 0,0617$$

$$\tau_0 = 0,014 ; \quad h_c = 0,507 m$$

$$\tau_0'' = 0,216 ; \quad h_c'' = 4,75 m$$

Ta có  $h_h = 7,55 m > h_c''$ , vậy đảm bảo được điều kiện nối tiếp chảy đáy ngập, nghĩa là nếu làm bậc có độ cao thích hợp thì có khả năng chuyển thành chảy mặt.

Ta xét xem trạng thái chảy sẽ thay đổi như thế nào khi thay đổi  $a$ . Muốn vậy, ta cho một trị số  $a$  và xác định các độ sâu phân giới thứ nhất  $h_{h1}$  và độ sâu phân giới thứ hai  $h_{h2}$ .

Cách làm như bài 15-3. Kết quả ta được:

$q = q_{\min} = 6m^2/s$						
$a, (m)$	Trong trạng thái phân giới thứ nhất			Trong trạng thái phân giới thứ hai		
	$h, (m)$	$h_a, (m)$	$h_{h1}, (m)$	$h, (m)$	$h_a, (m)$	$h_{h2}, (m)$
5,00	0,345	- 0,45	6,65	0,36	1,88	8,20
7,00	0,365	- 1,16	7,55	0,38	1,65	9,80
9,00	0,390	- 1,86	8,50	0,41	1,50	11,50

Từ bảng trên cho ta thấy: mũi bậc  $a$  càng thấp thì độ sâu phân giới thứ nhất  $h_{h1}$  càng nhỏ, nghĩa là càng dễ có khả năng tạo thành chế độ chảy mặt không ngập, nhưng đồng thời độ sâu phân giới thứ hai cũng càng nhỏ, nghĩa là cũng dễ vượt quá trạng thái chảy mặt không ngập để trở thành chảy mặt ngập bất lợi hơn.

Từ kết quả trên, ta thấy: nếu chọn  $a = 7m$ , thì hình thức nối tiếp lúc  $q_{\min}$  vừa đúng là trạng thái phân giới thứ nhất (vì  $h_h = 7,55m = h_{h1}$ ); để đảm bảo một mức độ an toàn nào đấy ta lấy bậc thấp đi một chút ít để giảm  $h_{h1}$ , sao cho  $h_h > h_{h1}$ .

Cụ thể ta chọn :  $a = 6,50m$ .

2. Với chiều cao mũi đã chọn ấy, ta tính lại hai độ sâu phân giới  $h_{h1}$  và  $h_{h2}$  ứng với mọi cấp lưu lượng.

Kết quả được:

$a = 6,50m$							
$q, (m^2/s)$	$E_o, (m)$	Trạng thái phân giới thứ nhất			Trạng thái phân giới thứ hai		
		$h (m)$	$h_a (m)$	$h_{h1} (m)$	$h (m)$	$h_a (m)$	$h_{h2} (m)$
6	21,97	0,36	- 1,02	7,26	0,38	1,70	9,40
12	23,13	0,70	- 0,40	9,25	0,74	2,65	11,00
18	24,10	1,14	- 0,25	10,50	1,18	3,70	12,90

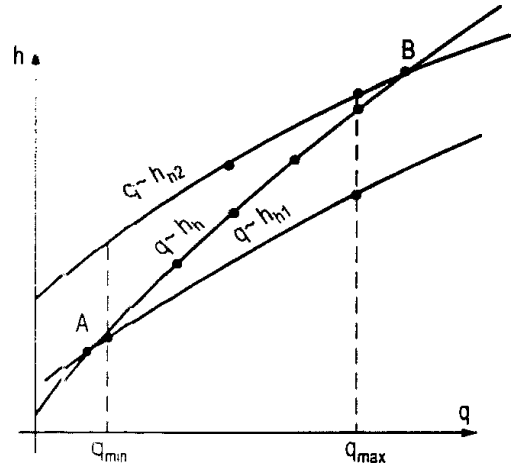
Từ đường quan hệ  $q \sim h_h$  (thực có ở hạ lưu) và các đường quan hệ  $q \sim h_{h1}$ ,  $q \sim h_{h2}$ , ta thấy trong phạm vi từ  $q_{\min}$  đến  $q_{\max}$  đều có:

$$h_{h1} < h_h < h_{h2}$$

nghĩa là đều có trạng thái chảy mặt không ngập.

Qua việc giải bài toán trên, ta rút ra đường lối chung có thể theo để xác định chiều cao bậc a nhằm duy trì chế độ nối tiếp chảy mặt có lợi nhất ở hạ lưu như sau:

Định a với  $q_{min}$  để cho độ sâu dòng chảy tương ứng với  $h_h$  hơi lớn hơn độ sâu phân giới thứ nhất  $h_{h1}$ ; sau đó với trị số a đã chọn, tính lại chế độ nối tiếp để kiểm tra xem trong phạm vi lưu lượng nào thì ta có  $h_{h1} < h_h < h_{h2}$  (trạng thái nối tiếp chảy mặt không ngập) và trong phạm vi lưu lượng nào thì ta có  $h_{h2} < h_h$  (trạng thái chảy mặt ngập).



**Bài 15-4**

**Bài 15-5.** Cho một đập tràn mặt cát thực dụng cao  $P = 12m$ , rộng  $b = 10m$ , hệ số lưu lượng coi như không đổi bằng  $m = 0,49$ . Lưu lượng tháo qua đập có thể thay đổi từ  $Q_{min} = 10m^3/s$  đến  $Q_{max} = 100m^3/s$ , và mực nước hạ lưu  $h_h$  thay đổi tương ứng như sau:

$Q, (m^3/s)$	10	20	40	60	80	100
$h_h, (m)$	0,70	1,11	1,75	2,40	3,10	3,80

Yêu cầu xác định lưu lượng tính toán tiêu năng và tính kích thước bể tiêu năng.

*Giải:* Để định lưu lượng tính toán tiêu năng, ta tính cho mọi cấp lưu lượng các trị số  $E_0$ ,  $h_c''$  và tìm lưu lượng có hiệu số  $(h_c'' - h_h)$  lớn nhất.

Ở đây ta giải theo bài toán phẳng:

$$E_0 = P + H_0 = P + \left( \frac{Q}{mb\sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

Từ  $F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi E_0^{3/2}}$ ; ta có  $\tau_c''$  và tính ra  $h_c'' = \tau_c'' E_0$ ,

Kết quả tính toán ghi ở bảng sau (với  $\varphi = 0,90$ ):

$Q$ ( $m^3/s$ )	$H_0$ ( $m$ )	$E_0$ ( $m$ )	$F$ ( $\tau_c$ )	$\tau_c''$	$h_c''$ ( $m$ )	$h_h$ ( $m$ )	$h_c'' - h_h$ ( $m$ )
10	0,596	12,6	0,0248	0,1302	1,64	0,70	0,94
20	0,945	12,95	0,0478	0,1805	2,34	1,11	1,23
40	1,50	13,50	0,0895	0,249	3,36	1,75	1,51
<u>60</u>	1,97	13,97	0,1230	0,289	4,05	2,40	<u>1,65</u>
80	2,38	14,38	0,163	0,324	4,60	3,10	1,56
100	2,76	14,76	0,196	0,355	5,25	3,80	1,45

Từ đó xác định được lưu lượng tính toán tiêu năng là  $Q = 60m^3/s$ , tức  $q = 6m^2/s$  ứng với  $(h_c'' - h_h)_{\max} = 1,65m$ . Ta tính bề tiêu năng với lưu lượng này. Từ kết quả trên, ta đã có (với  $Q = 60m^3/s$ ):  $E_0 = 13,97m$ ;  $h_c'' = 4,05m$ ;  $h_h = 2,40m$ .

Sơ bộ lấy chiều sâu bể bằng:

$$d_0 = h_c'' - h_h = 4,05 - 2,40 = 1,65m$$

So với đáy bể, cột nước toàn phần sẽ là:

$$E'_0 = E_0 + d = 13,97 + 1,65 = 15,62m.$$

$$F(\tau_c) = \frac{6}{0,9 \cdot 15,62^{3/2}} = 0,1077$$

Từ đó có:

$$\tau_c = 0,0245; h_c = 15,62 \cdot 0,0245 = 0,38m$$

$$\tau_c'' = 0,267; h_c'' = 15,62 \cdot 0,267 = 4,15m$$

$$\sigma h_c'' = 1,05 \cdot 4,15 = 4,36m.$$

$$\Delta Z = \frac{q^2}{\varphi'^2 2gh_h^2} - \frac{q^2}{2g(\sigma h_c'')^2} = \frac{6^2}{0,95^2 \cdot 19,62 \cdot 2,4^2} - \frac{6^2}{19,62 \cdot 4,36^2} = 0,25m$$

Tính lại chiều sâu bể theo công thức:

$$d = \sigma h_c'' - h_h - \Delta Z = 4,36 - 2,40 - 0,25 = 1,71m$$

Vì  $d$  khác  $d_0$  (trị số định sơ bộ) nên theo nguyên tắc, phải tính lại  $E'_0$  và  $h_c''$  với  $d = 1,71m$  ta có:

$$E'_0 = E_0 + d = 13,97 + 1,71 = 15,68m$$

$$F(\tau_c) = \frac{6}{0,9 \cdot 15,68^{3/2}} = 0,1075 ; \tau_c'' = 0,266$$

$$h_c'' = 0,266 \cdot 15,68 = 4,16m$$

Vì  $d$  và  $d_0$  chỉ sai khác chút ít nên ta thấy kết quả tính  $h_c''$  hai lần sai khác không đáng kể. Vậy có thể không cần tính lại, mà lấy tròn:

$$d = 1,70m$$

Tính chiều dài bể theo:

$$l_b = 0,8 l_n + l_1$$

Ở đây là đập hình cong nên  $l_1 = 0$ :

$$l_n \cong 4,5 \cdot h_c'' = 4,5 \cdot 4,16 \cong 18,7m$$

$$l_b = 0,8 \cdot 18,7 \cong 15m$$

**Bài 15-6.** Tính tường tiêu năng ở hạ lưu đường tháo lũ qua đập tràn mặt cắt hình thang trong trường hợp thiết kế tiêu năng dưới đây:

Lưu lượng đơn vị:  $q = 10m^2/s$

Mức nước thượng lưu:  $Z_t = +26,50m$

Mức nước hạ lưu:  $Z_h = +20,00m$

Biết sân sau ở cao trình  $+17,00m$ . Đập cao  $P = 6,00m$ , mái hạ lưu bạt ra một khoảng  $s = 5,00m$ , lấy  $\varphi_{\text{đập}} = 0,95$ ;  $\varphi_{\text{bề}} = 0,95$ ;  $\varphi_{\text{tường}} = 1$ .

*Giải:*

Bỏ qua lưu tốc đi tới thượng lưu, ta có cột nước thượng lưu so với sân sau là:

$$E_0 = E = 26,50 - 17,00 = 9,50m$$

$$F(\tau_c) = \frac{10}{0,95 \cdot 9,5^{3/2}} = 0,396$$

$$\tau_c'' = 0,4941; \quad h_c'' = 0,4941 \cdot 9,50 = 4,70m.$$

$$h_h = 20,00 - 17,00 = 3,00m$$

$$\sigma h_c'' = 1,05 \cdot 4,70 = 4,94m$$

Khi xây tường, chiều cao lớp nước tràn trên đỉnh tường tính bằng công thức đập tràn chảy ngập (15-11) với  $m = 0,42$ :

$$H_1 = \left( \frac{q}{\sigma_n m \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha q^2}{2g(\sigma h_c'')^2}$$

Tạm lấy  $\sigma_n = 1$ :

$$H_1 = \left( \frac{10}{1,0 \cdot 0,42 \cdot 4,43} \right)^{2/3} - \frac{10^2}{19,62 \cdot 4,94^2} = 2,86m$$

$$c = \sigma h_c'' - H_1 = 4,94 - 2,86 = 2,08m$$

Bây giờ ta kiểm tra chế độ nổi tiếp ở hạ lưu tường để xác định đúng lại hệ số  $\sigma_n$ :

Mức nước chênh lệch ở thượng hạ lưu tường:

$$Z_{\text{tường}} = 4,94 - 3,00 = 1,94m$$

$$\frac{Z_{\text{tường}}}{c} = \frac{1,94}{2,08} = 0,93 > \left( \frac{Z}{c} \right)_{\text{pg}} \approx 0,75$$

Do đó, mặc dù đỉnh tường thấp hơn mức nước hạ lưu ( $c < h_h$ ), nhưng tường vẫn là chảy không ngập. Vì thế  $\sigma_n = 1$  và kết quả tính ở trên là đúng.

Ta cần kiểm tra lại điều kiện nối tiếp ở sau tường:

$$E_{10} = c + H_{10} = 2,08 + 3,07 = 5,15m$$

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi_{tường} E_{10}^{3/2}} = \frac{10}{1,5,15^{3/2}} = 0,855$$

$$\tau_c'' = 0,724 ; h_c'' = 5,15 \cdot 0,724 = 3,73m$$

$h_c'' > h_h$ , vậy sau tường có nước nhảy phóng xa.

Nếu ta làm tường cao như đã tính ở trên, thì lại phải giải quyết vấn đề cải biến chế độ nối tiếp bằng nước nhảy xa ở sau tường, bằng cách xây thêm một tường tiêu năng thứ hai nữa.

Nhưng tốt nhất là kết hợp đào sâu với xây tường, tức làm bể tiêu năng kết hợp.

Ở đây, ta đặt vấn đề làm một tường cao tối đa với điều kiện không có nước nhảy xa ở sau tường, còn thiếu bao nhiêu thì đào bể.

Độ sâu liên hợp với hạ lưu sau tường bằng:

$$h_{c_1} = \frac{3}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8 \cdot 10^2}{9,81 \cdot 3^3}} - 1 \right] = 1,47m$$

Chiều cao tường tối đa tính theo (15-13) bằng:

$$c_0 = 1,47 + \frac{10^2}{19,62 \cdot 1,47^2} - \left( \frac{10}{0,42 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 3,85 - 3,07 = 0,78m$$

Ta lấy chiều cao tường bằng  $c = 0,70m$ .

Bây giờ tường thành một đập tràn chảy ngập với:

$$h_n = 3,00 - 0,70 = 2,30m$$

Ta phải tính lại cột nước tràn trên tường với  $\sigma_n < 1$ :

$$H_1 = \left( \frac{10}{\sigma_n \cdot 0,42 \cdot 4,43} \right)^{2/3} - \frac{10^2}{19,62 \cdot 4,94^2}$$

$$H_1 = \frac{3,07}{\sigma_n^{2/3}} - 0,21$$

Tạm lấy  $\sigma_n = 0,70$  do đó:  $\sigma_n^{2/3} = 0,788$ .

$$H_1 = \frac{3,07}{0,788} - 0,21 = 3,89 - 0,21 = 3,68m; \frac{h_n}{H_0} = \frac{2,30}{3,68} = 0,64 ; \text{tra bảng hệ số ngập của}$$

đập ta có thể lấy  $\sigma_n = 0,70$ . Vậy kết quả tính ở trên là đúng:



$$H_1 = 3,68m$$

$$c + H_1 = 0,70 + 3,68 = 4,38m.$$

Còn cần phải đào bể đến một độ sâu  $d$  sao cho:

$$d + c + H_1 = \sigma h_c''$$

Chú ý rằng sau khi đào bể thì  $\sigma h_c''$  sẽ tăng lên, chứ không phải là  $4,94m$  như trên nữa.

Ta tạm lấy:  $\sigma h_c'' = 5,00m$  và tính được:

$$d = \sigma h_c'' - c - H_1 = 5,00 - 0,70 - 3,68 = 0,62m.$$

Ta có thể quyết định chọn  $d = 0,70m$  mà không cần tính lại  $\sigma h_c''$  nữa (vì trị số  $d$  tương đối nhỏ).

Tóm lại, ở đây ta thấy rõ ràng là nên xây một ngưỡng cao  $c = 0,70m$  và đào một bể có độ sâu  $d = 0,70m$ , hơn là làm một ngưỡng cao  $2,08m$  và thêm một ngưỡng tiếp theo.

Tuy nhiên, ở bài toán này, việc xác định hệ số ngập  $\sigma_n$  theo tỷ số  $\frac{h_n}{H}$  trong điều kiện chiều cao tường  $c$  lấy rất gần với chiều cao tường  $c_0$  ở trạng thái không ngập cần phải được xét kỹ thêm, bằng thí nghiệm mô hình.

Bây giờ ta xác định chiều dài bể tiêu năng:

Vị trí nước rơi tính theo (15-18):

$$l_{\text{rơi}} = 1,33 \sqrt{H_0(P + 0,3H_0)}$$

Ở đây:  $P = 6m$ ;  $H_0 \approx H = 26,5 - 17,0 - 6 = 3,5m$

Nên  $l_{\text{rơi}} = 1,33 \sqrt{3,5(6 + 0,3 \cdot 3,5)} = 6,8m$

Chiều dài nước nhảy tính theo công thức:

$$l_n = 4,5 h_c'' = 4,5 \cdot 4,70 = 21,1m$$

Chiều dài bể:

$$l_{\text{bể}} = l_{\text{rơi}} - s + 0,8l_n = 6,8 - 5,0 + 0,8 \cdot 21,1 = 1,8 + 16,9 = 18,7m$$

**Bài 15-7.** Xác định hình thức nối tiếp ở hạ lưu đập tràn mặt cát thực dụng hình cong loại I. Đập cao  $P = 7m$ ;  $q = 8m^2/s$ . Độ sâu hạ lưu  $h_h = 3,60m$ , lấy  $\varphi = 0,95$ .

**Đáp số:**  $h_c = 0,65m$ ;  $h_c'' = 4,20m$ ; nối tiếp bằng nước nhảy phóng xa.

**Bài 15-8.** Xác định hình thức nối tiếp và vị trí nước nhảy khi dòng chảy từ dốc nước đi vào kênh hình thang có  $m = 1$ ;  $b = 3,80m$ ;  $i = 0,0006$ ;  $n = 0,025$  với lưu lượng  $Q = 5,2m^3/s$  và độ sâu đầu kênh  $h_c = 0,10m$ .

**Đáp số:**  $h_c'' = 1,79m > h_h$ ; nối tiếp bằng nước nhảy phóng xa. Chiều dài đoạn chảy xiết trước nước nhảy là  $l_{\text{phx}} = 8m$ , ứng với khi tính  $\bar{J}$  theo  $\bar{h}_1$ .

**Bài 15-9.** Xác định hình thức nối tiếp ở hạ lưu đập tràn, biết đập cao  $P = 10m$ , cột nước tràn  $H_0 = 3,00m$ , hệ số lưu lượng của đập  $m = 0,44$  (không có hẹp ngang). Độ sâu hạ lưu  $h_h = 2,00m$ .

*Đáp số:*  $h_c = 0,715m$ ; nối tiếp không qua nước nhảy ( $h_h < h_k$  - độ sâu phân giới hạ lưu).

**Bài 15-10.** Như bài 15-8, nhưng độ dốc kênh hạ lưu bằng  $i = 0,01$ .

*Đáp số:* nối tiếp bằng đường  $c_{II}$  không qua nước nhảy.

**Bài 15-11.** Bậc nước cao  $P = 2m$ , trên có lắp cửa để giữ độ sâu trên bậc  $H = 1,6m$ , lưu lượng  $Q = 10m^3/s$  và lưu tốc đi tới  $v_0 = 1,0m/s$ . Xác định hình thức nối tiếp ở hạ lưu biết rằng kênh dẫn hạ lưu hình chữ nhật có  $b = 4,0m$ ; sâu  $h_h = 1,40m$ ; lấy  $\varphi = 0,97$ .

*Đáp số:*  $h_c = 0,32m$ ;  $h_c'' = 1,94m > h_h$ ; nước nhảy phóng xa.

**Bài 15-12.** Dốc nước nối với một kênh có độ dốc đáy nhỏ, cả hai đều có mặt cắt chữ nhật  $b = 5m$ .

Biết lưu lượng  $Q = 20m^3/s$  và độ sâu chân dốc  $h_1 = 0,50m$ .

a) Xác định hình thức nối tiếp khi độ sâu bình thường trên kênh là  $h_h = 1,8m$ .

b) Kênh cần có độ sâu bình thường như thế nào để có nước nhảy ở ngay chân dốc (nối tiếp chảy đáy kiểu phân giới).

*Đáp số:* a) Nước nhảy phóng xa.

b)  $h_h = 2,31m$ .

**Bài 15-13.** Như bài 15-12, nhưng kênh hạ lưu có mặt cắt hình thang với  $m = 1,25$ . Xác định độ sâu trước nước nhảy.

*Đáp số:*  $h_h' = 0,55m$ .

**Bài 15-14.** Xác định hình thức nối tiếp ở hạ lưu đập tràn, biết mực nước thượng lưu cao hơn đáy kênh dẫn hạ lưu là  $E = 10,0m$  đập rộng  $b = 10m$ . Lưu lượng  $Q = 100m^3/s$ .

Sau đập là một đoạn kênh bằng bê tông mặt cắt chữ nhật, rộng bằng đập ( $b = 10m$ );  $n = 0,017$ ; độ dốc  $i = 0,0002$ .

Kênh khá dài, có thể coi như độ sâu ở hạ lưu đập là độ sâu chảy đều trong kênh.

*Đáp số:*  $h_c'' = 4,75m$ ;  $h_h = 6,25m$ ; nối tiếp bằng nước nhảy ngập.

**Bài 15-15.** Như bài 15-14, nhưng kênh dài  $l_s$ , tiếp đến dốc nước. Xác định hình thức nối tiếp khi:

a)  $l_s = 80m$ .

b)  $l_s = 800m$ .

c)  $l_s = 3800m$ .

Đáp số: a) Không có nước nhảy trên kênh; b) Có nước nhảy phóng xa trên kênh;

c) Nước nhảy ngập ở chân đập.

**Bài 15-16.** Như bài 15-14, nhưng kênh hạ lưu dài  $l_s$ , tiếp đến là dốc nước. Xác định chiều dài  $l_{spg}$  của kênh (từ đập đến dốc nước) để cho ở chân đập có nước nhảy phân giới.

Đáp số:  $l_{spg} \approx 2500m$ .

**Bài 15-17.** Dòng chảy qua công trình dâng nước có cột nước toàn phần so với đáy sân sau là  $E_0 = 14,80m$ , lưu lượng  $Q = 100m^3/s$ .

Chiều rộng công trình và kênh dẫn hạ lưu  $b = 10m$ . Kênh dẫn hạ lưu lát đá ( $n = 0,02$ );  $i = 0,0004$ : mặt cắt chữ nhật  $b = 10m$ .

Xác định hình thức nối tiếp trong hai trường hợp:

Kênh dẫn dài  $120m$ , tiếp đó là bậc nước.

Kênh dẫn dài  $250m$ , tiếp đó là bậc nước.

Lấy  $\varphi = 0,90$ .

Đáp số: a) Không có nước nhảy trên kênh dẫn

b) Có nước nhảy trên kênh; nước nhảy ở cách chân công trình khoảng  $200m$  với  $h'' \approx 2,70m$ , sau nước nhảy là đường nước hạ  $b_1$ .

**Bài 15-18.** Xác định hình thức nối tiếp ở chân đập tràn có bậc thụt. Đập cao  $P = 16m$ , bậc cao  $a = 6m$ , mũi dốc ngược một góc  $\theta = 10^\circ$ . Lưu lượng  $q = 8m^2/s$ ,  $H_0 = 2,45m$ ,  $h_h = 8,0m$ ,  $\varphi = 0,95$ .

Đáp số:  $h_{h_1} = 7,60m$ ;  $h_{h_2} = 9,56m$ .

$h_{h_1} < h < h_{h_2}$ : Trạng thái chảy mặt không ngập.

**Bài 15-19.** Xác định hình thức nối tiếp ở chân đập trong bài 15-18, khi lưu lượng biến đổi trong phạm vi  $q_{\min} = 5m^2/s$  đến  $q_{\max} = 16m^2/s$ , biết rằng kênh dẫn hạ lưu có môđun lưu lượng biến đổi theo số mũ thủy lực  $x = \frac{10}{3}$ ;  $\frac{K'^2}{K''^2} = \left(\frac{h'}{h''}\right)^{10/3}$  và đập có hệ số lưu lượng không đổi;  $m = 0,47$ .

Đáp số: Tính  $h_h$ ,  $h_{h_1}$ ,  $h_{h_2}$  theo một số cấp lưu lượng từ 5 đến  $16m^2/s$ , vẽ thành các đường quan hệ như bài 15-4. Kết quả cho thấy rằng:

Khi:  $q_{\min} < q < 7,2m^2/s$ : chảy đáy;

$7,2 < q < q_{\max}$ : chảy mặt không ngập;

$q > 17m^2/s$ : chảy mặt ngập.

**Bài 15-20.** Dòng chảy qua đập tràn không có chân không: đập cao  $P = 21m$ . Chân đập có bậc thụt cao  $a$  mũi bậc nằm ngang ( $\theta = 0$ ).

Xác định chiều cao bậc  $a$  để trạng thái phân giới thứ nhất (chuyển tiếp từ chảy đáy sang chảy mặt không ngập): khi lưu lượng  $q = 10,4m^2/s$ ,  $H_1 = 2,00m$ ,  $h_h = 10m$ ,  $\varphi = 0,95$ .

Đáp số:  $a = 7,10m$ .

**Bài 15-21.** Tính bề tiêu năng ở sau cửa cống, chiều rộng cống bằng chiều rộng đáy kênh:  $b = 3m$ . Cột nước thượng lưu  $H_0 = 2m$ . Lưu lượng  $Q = 7,16m^3/s$  độ sâu hạ lưu  $h_h = 1,16m$ . Hệ số lưu tốc qua cống  $\varphi = 0,95$ .

Đáp số:  $d = 0,30m$ ;  $l_b \approx 6,25m$ .

**Bài 15-22.** Dòng chảy qua bậc nước cao  $P = 3,00m$ , rộng  $b = 4m$ , lưu lượng  $Q = 12m^3/s$ ; độ sâu hạ lưu  $h_h = 1,80m$ . Hiện tượng chảy qua ngưỡng bậc coi như qua đập tràn đỉnh rộng không ngập ( $m = 0,36$ ).

Tính chiều cao ngưỡng và chiều dài bể.

Đáp số:  $c = 0,84m$ ;  $l_b = 11,5m$ .

**Bài 15-23.** Đập tràn mặt cắt thực dụng hình cong không chân không loại I, rộng  $b = 20m$ , cao  $P = P_1 = 8m$ , trên đỉnh đập không có mố trụ. Sông hạ lưu đập mặt cắt chữ nhật, rộng bằng đập,  $n = 0,025$ ,  $i = 0,00098$ . Đáy sông thượng lưu rộng  $B = 25m$ .

Lưu lượng thiết kế  $Q_{TK} = 100m^3/s$  ứng với độ sâu hạ lưu  $h_h = 2,50m$ .

Lưu lượng nhỏ nhất  $Q_{min} = 40m^3/s$  ứng với độ sâu hạ lưu  $h_h = 1,50m$ .

Lưu lượng lớn nhất  $Q_{max} = 130m^3/s$  ứng với độ sâu hạ lưu  $h_h = 2,70m$ .

a) Xác định hình thức nối tiếp ở hạ lưu đập ứng với lưu lượng thiết kế. Tính chiều dài đoạn chảy xiết khi không có thiết bị tiêu năng;

b) Tính lưu lượng tính toán tiêu năng.

c) Thiết kế bề tiêu năng.

Đáp số: a)  $l_{phx} = 10m$ ;

b)  $Q_{tn} = Q_{max} = 130m^3/s$ ;

c)  $d = 1,50m$ .

**Bài 15-24.** Tính bề tiêu năng ở hạ lưu đập tràn, với  $Q = 120m^3/s$ . Đập và kênh hạ lưu rộng  $B = 12m$ , đập cao  $P = 7m$ , cột nước tràn  $H_0 = 2,5m$ . Độ sâu hạ lưu  $h_h = 3,00m$ . Kênh dẫn mặt cắt chữ nhật, lấy  $\varphi = 0,95$ ;  $\varphi' = 0,90$ .

Đáp số:  $d \approx 1,7m$ ;  $l_{bể} = 18,0m$ .

**Bài 15-25.** Tính tường tiêu năng ở hạ lưu đập tràn mặt cắt Ôphixêrốp, cho  $q = 4m^2/s$ ;  $P = P_1 = 3,2m$ ;  $H_0 = 2m$ . Kênh hạ lưu chữ nhật,  $h_h = 2m$ ;  $\varphi_{đập} = 0,95$ ;  $\varphi_{tường} = 0,97$ .

Đáp số:  $c = 1,05m$ ;  $l_{bể} = 9,50m$ .

**Bài 15-26.** Tính bề tiêu năng kết hợp vừa đào sâu vừa xây tường ở sau cống điều tiết. Biết lưu lượng đơn vị  $q = 5,46m^2/s$  và cột nước toàn phần so với đáy sân sau là  $E_0 = 6m$ , lấy  $\varphi = 0,95$ . Kênh hạ lưu sâu  $h_h = 2,0m$ . Làm một tường tiêu năng cao  $c = 0,80m$ , còn bao nhiêu thì đào sâu sân sau thành bể.

Tính chiều sâu cần đào và chiều dài bể.

*Đáp số:*  $d = 0,45m$ ;  $l_{bể} = 11,3m$ , nếu tính chiều dài nước nhảy theo công thức (13-11) và chưa kể  $l_{rơi}$ .

**Bài 15-27.** Tính bể tiêu năng kết hợp ở hạ lưu đập tràn, cho  $q = 8m^2/s$ , chiều cao đập  $P = 7m$ , cột nước tràn  $H_0 = 3,00m$ . Độ sâu hạ lưu  $h_h = 3,00m$ . Xác định chiều cao tường tối đa (để không có nước nhảy xa ở sau tường), còn bao nhiêu thì đào bể. Lấy  $\varphi_{đập} = 0,90$ ;  $\varphi_{tường} = 0,95$ .

*Đáp số:*  $c = 1,50m$ ;  $d = 0,40m$ ;  $l_{bể} = 14m$ .

**Bài 15-28.** Cũng như bài 15-27, nhưng yêu cầu mức độ chảy ngập của tường là  $\frac{h_n}{H_1} = 0,55$ . Xác định chiều cao tường và chiều sâu đào bể.

*Đáp số:*  $c = 1,30m$ ;  $d = 0,70m$  (lấy hệ số ngập khi  $\frac{h_n}{H_1} = 0,55$  là  $\sigma_n = 0,75$ ).

**Bài 15-29.** Tính chiều sâu bể tiêu năng và chiều dài bể ở hạ lưu đập tràn mặt cắt hình thang.  $P = P_1 = 12m$ ;  $s = 0,5$ ;  $s' = 0,5$ ;  $\delta = 1,5m$ ;  $H_0 = 4m$ ;  $h_h = 5m$ ;  $B = b = 10m$ ;  $\varphi_{đập} = 0,95$ ;  $\varphi_{tường} = 0,90$ .

*Đáp số:*  $d = 1,8m$ ;  $l_{bể} = 25m$ .

**Bài 15-30.** Tính tường tiêu năng ở hạ lưu đập tràn mặt cắt thực dụng cao  $P = 6m$ ;  $H_0 = 2,0m$ ,  $q = 6m^2/s$ ,  $h_h = 3,0m$ .

*Đáp số:*  $c = 1,4m$ ;  $l_{bể} = 11m$ .

**Bài 15-31.** Xác định lưu lượng tính toán tiêu năng cho một đập tràn mặt cắt thực dụng không có chân không cao  $P = 11m$ , với cột nước thiết kế mặt cắt đập  $H_{TK} = 3,8m$ , ứng với  $Q_{TK} = 805m^3/s$ . Chiều rộng đường tràn  $b = 50m$ . Hệ số lưu tốc qua đập  $\varphi = 0,95$ . Lưu lượng chảy qua đập thay đổi từ  $Q_{min} = 158m^3/s$  đến  $Q_{max} = 850m^3/s$ , và độ sâu hạ lưu  $h_h$  thay đổi tương ứng theo quan hệ  $Q \sim h_h$  cho ở bảng dưới đây:

$Q (m^3/s)$	100	200	300	400	500	600	700	800	850
$h_h (m)$	1,50	2,30	3,05	3,65	4,20	4,73	5,25	5,75	6,01

*Đáp số:*  $Q_{tn} = 433m^3/s$ .

**Bài 15-32.** Xác định vị trí nước nhảy ở hạ lưu đập trong bài 15-31 khi không làm bể tiêu năng ứng với lưu lượng tính toán tiêu năng. Kênh hạ lưu đập coi như có mặt cắt chữ nhật  $b = 50m$ , đáy dốc  $i = 0,00075$ .

*Đáp số:*  $l_{phx} = 32m$ ;  $l_n = 16m$ .

*Chỉ dẫn :* Quan hệ  $Q \sim h_n$  cho ở bài 15-31 có thể coi như quan hệ giữa lưu lượng và độ sâu chảy đều ở hạ lưu.