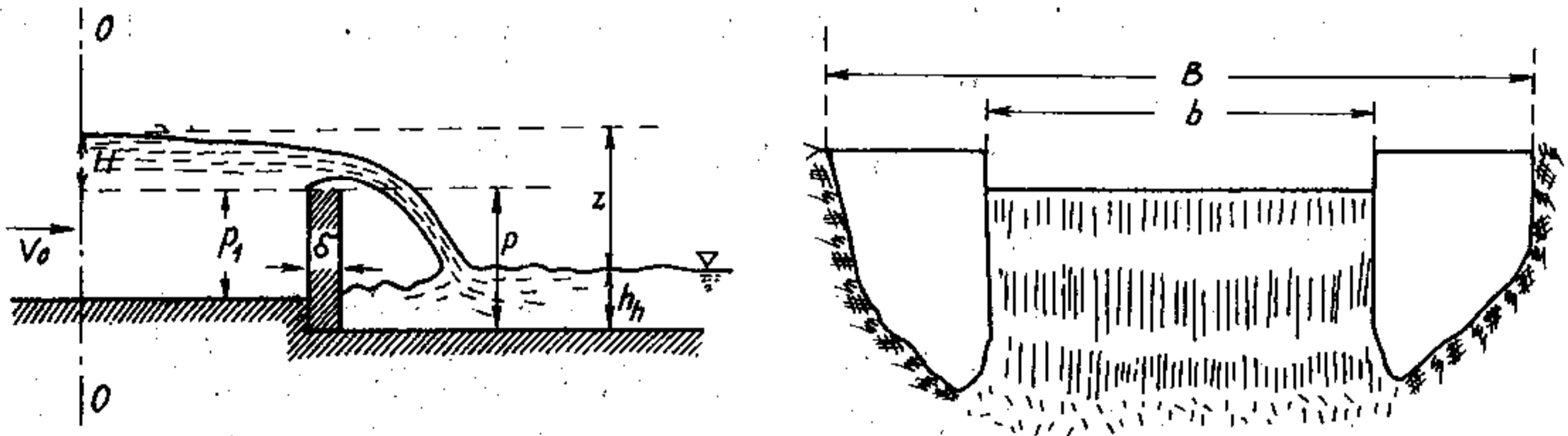


ĐẬP TRÀN

§XI-1. KHÁI NIỆM CHUNG

Đập tràn là bất cứ chương ngại nào đặt trên dòng chảy có nước tràn qua.



Về kết cấu đập tràn rất khác nhau.

Các bộ phận cơ bản của đập tràn :

- + Chiều rộng đập tràn, kí hiệu là b , là chiều dài đoạn nước tràn ;
- + Chiều cao của đập so với đáy kênh hoặc sông thượng lưu, kí hiệu là P_1 ;
- + Chiều cao của đập so với đáy hạ lưu, kí hiệu là P ;
- + Chiều dày của đỉnh đập, kí hiệu là δ ;
- + Cột nước tràn, kí hiệu là H , là chiều cao mặt nước thượng lưu so với đỉnh đập, chiều cao này phải đo tại mặt cắt (O-O) cách xa đỉnh đập một khoảng bằng từ $(3 - 5)H$ về phía thượng lưu, nơi mặt nước chưa bị hạ thấp trước khi tràn qua đập ;
- + Chiều sâu hạ lưu, kí hiệu là h_h ;
- + Độ ngập hạ lưu, kí hiệu là h_n , là chiều sâu từ mặt nước hạ lưu đến đỉnh đập (khi nước hạ lưu cao hơn đỉnh đập).

$$h_n = h_h - P$$

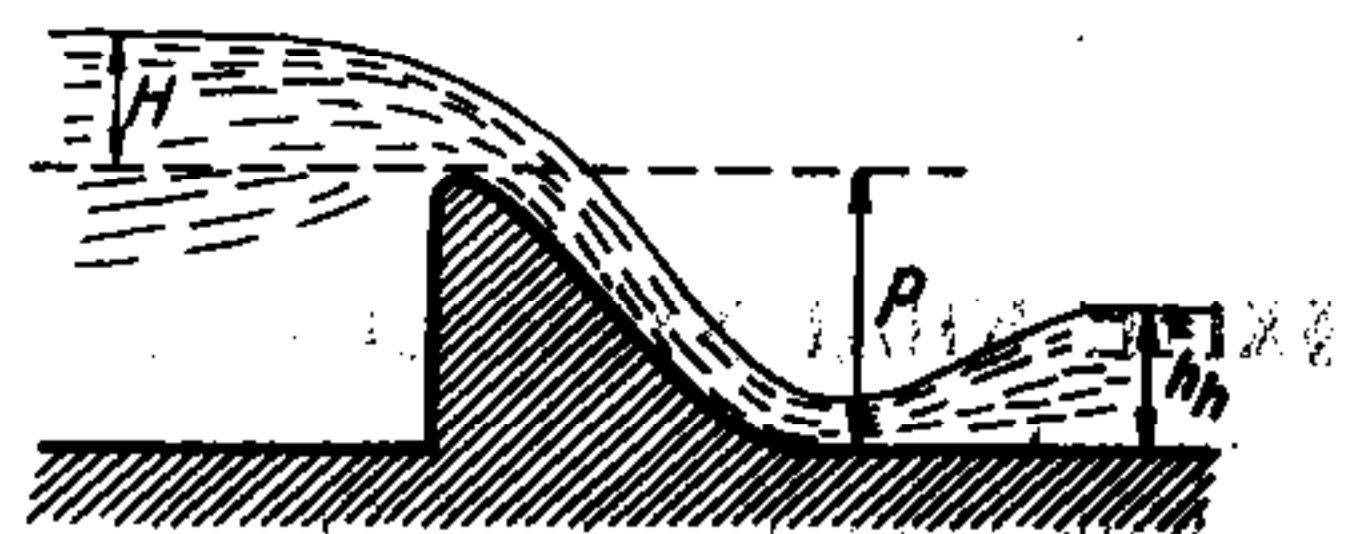
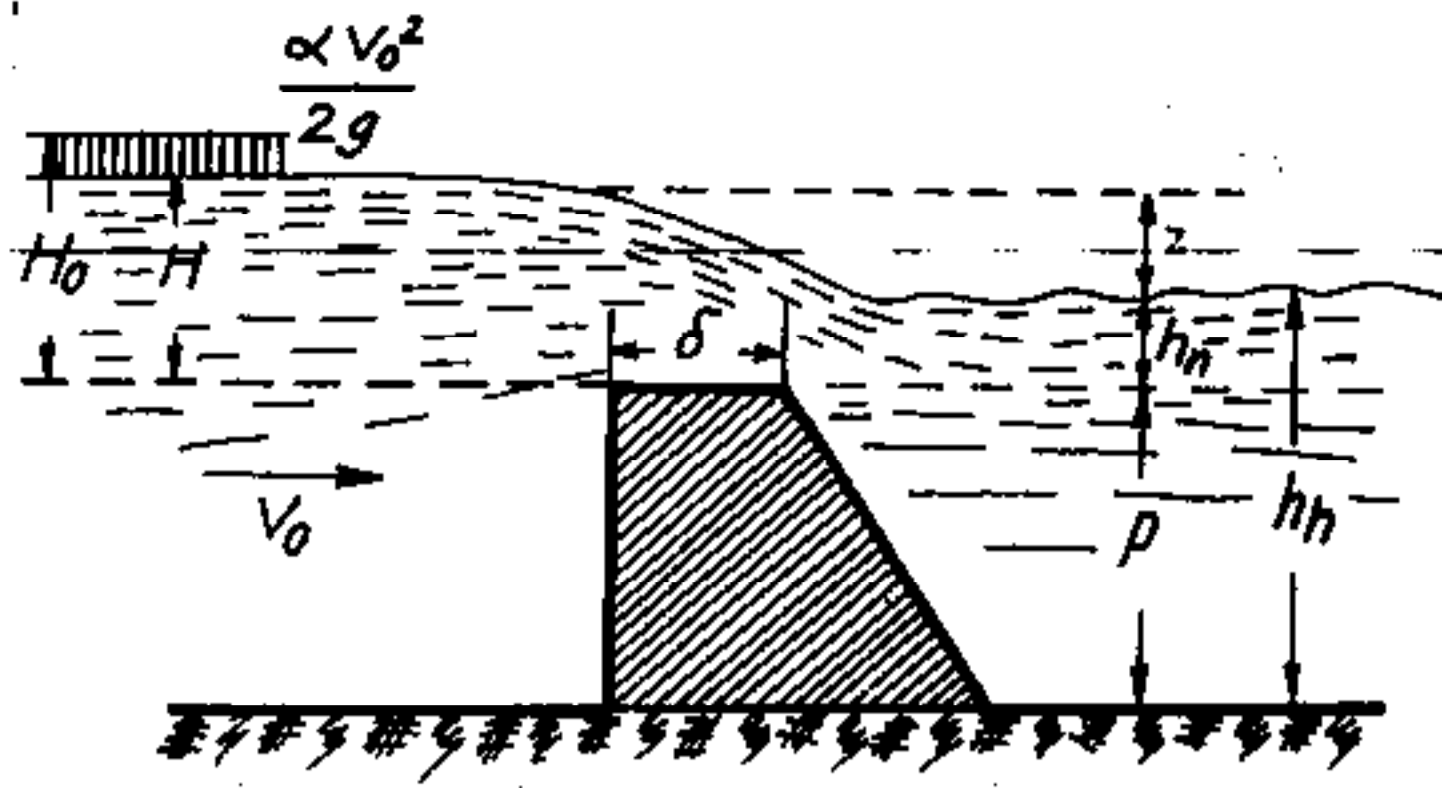
Đập tràn có thể phân loại theo các tiêu chuẩn sau :

a- Hình dạng mặt cắt đập :

1. Đập tràn thành mỏng. Khi chiều dày của đỉnh đập $\delta < 0,67H$, nước tràn ngay sau khi qua mép thượng lưu của đỉnh đập thì tách khỏi đỉnh đập, không chạm vào toàn bộ mặt đập, tức là hình dạng và chiều dày của đập không ảnh hưởng đến dòng nước tràn và lưu lượng tràn.

2. Đập tràn mặt cắt thực dụng. Khi chiều dày đỉnh đập đã ảnh hưởng đến làn nước tràn, nhưng không quá lớn, cụ thể là :

$$0,67H < \delta < (2 \div 3)H$$



Mặt cắt đập có thể là hình đa giác hoặc hình cong.

3. Đập tràn đỉnh rộng. Khi đỉnh đập nằm ngang (hoặc rất ít dốc) và có một chiều dày tương đối lớn :

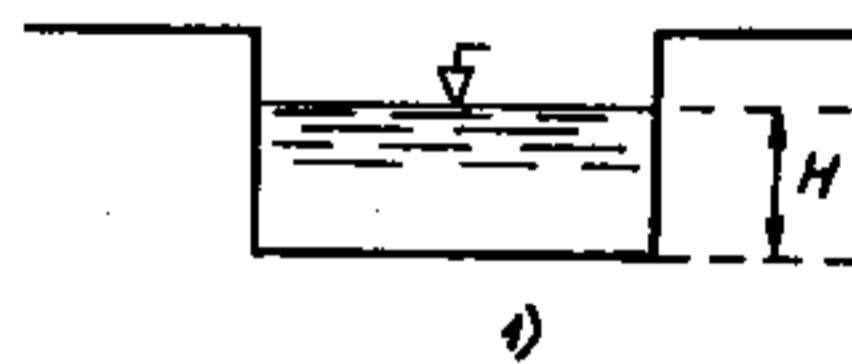
$$(2 \div 3)H < \delta < (8 \div 10)H$$

trên đỉnh đập hình thành một đoạn dòng chảy có tính chất thay đổi dần. Nhưng nếu chiều dày quá lớn thì không thể coi là đập tràn nữa mà phải coi như một đoạn kênh.



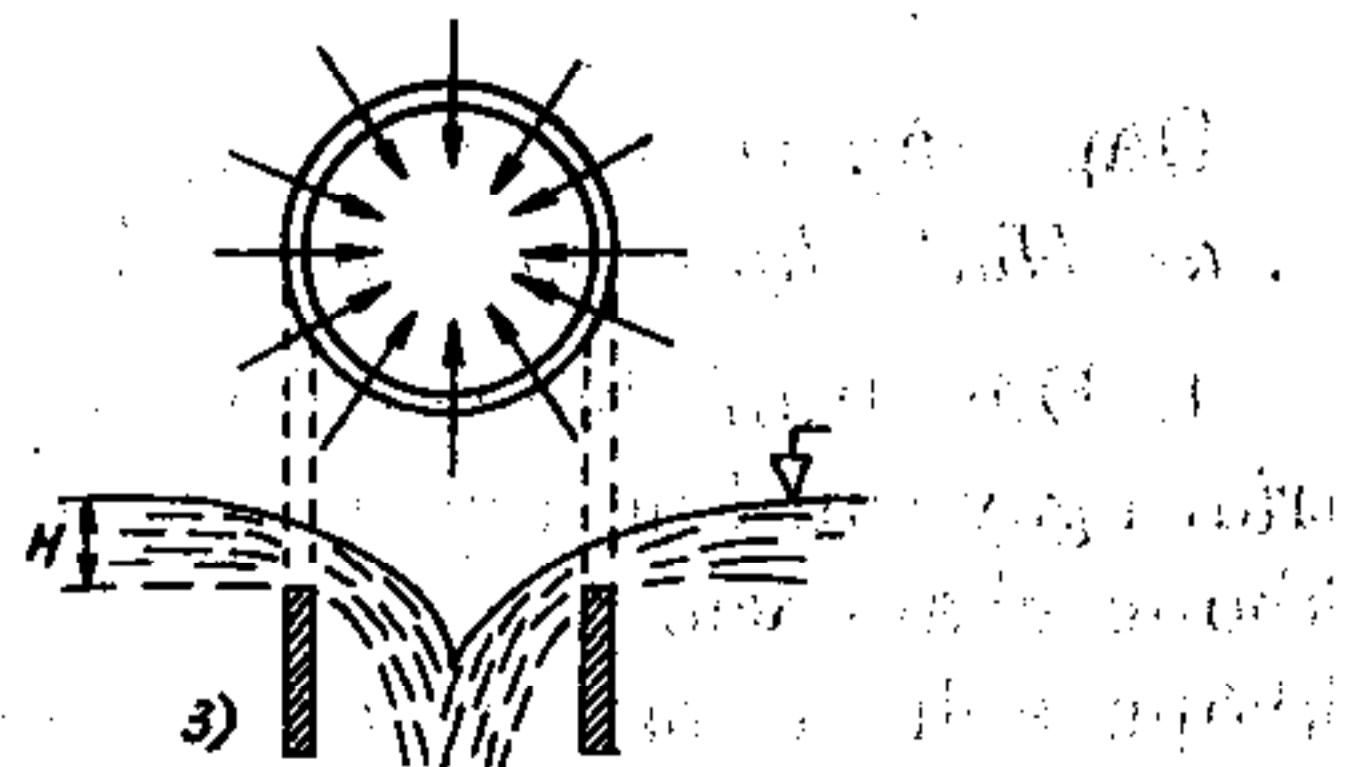
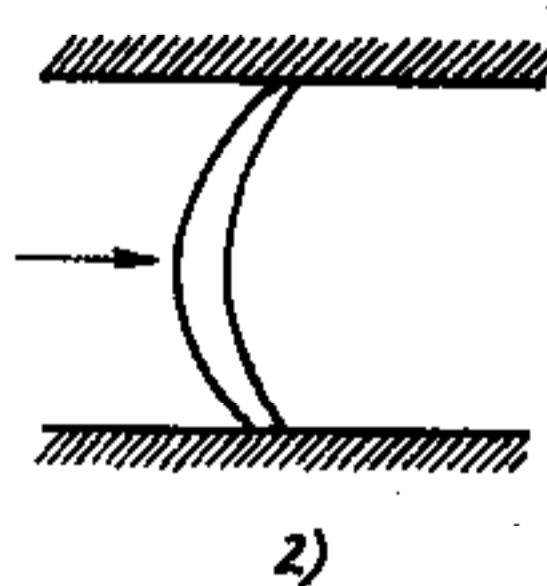
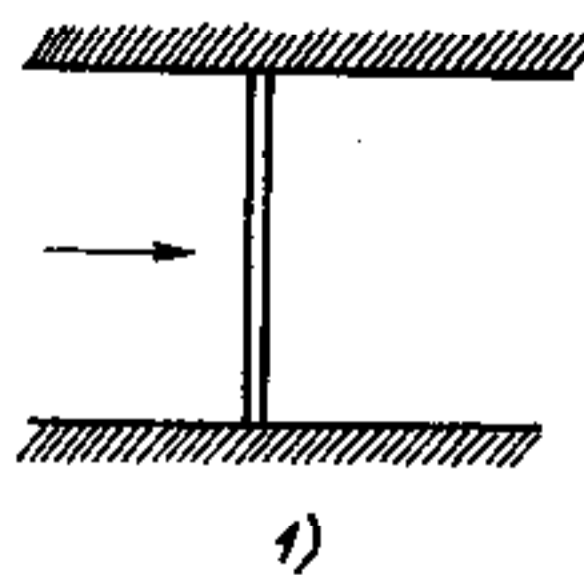
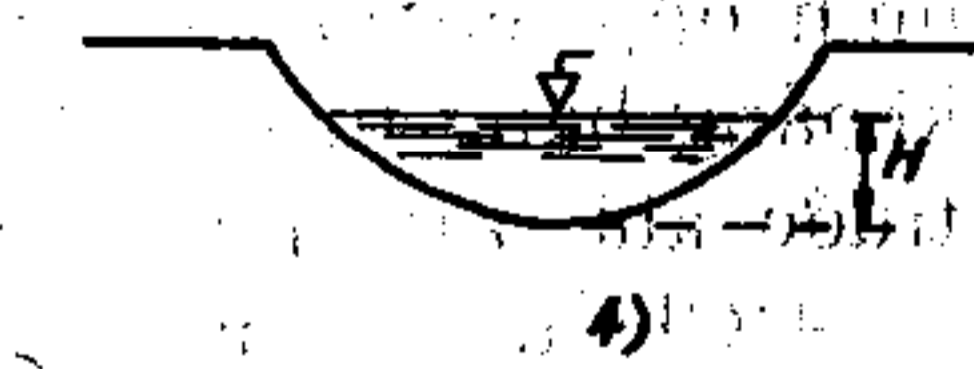
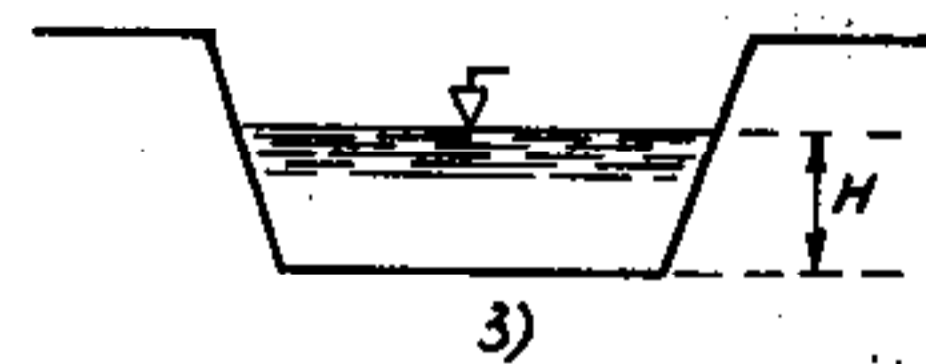
b- Hình dạng cửa tràn :

1. Đập tràn cửa chữ nhật ;
2. Đập tràn cửa hình tam giác ;
3. Đập tràn cửa hình thang ;
4. Đập tràn cửa hình cong.



c- Hình dạng tuyến đập tràn trên mặt bằng :

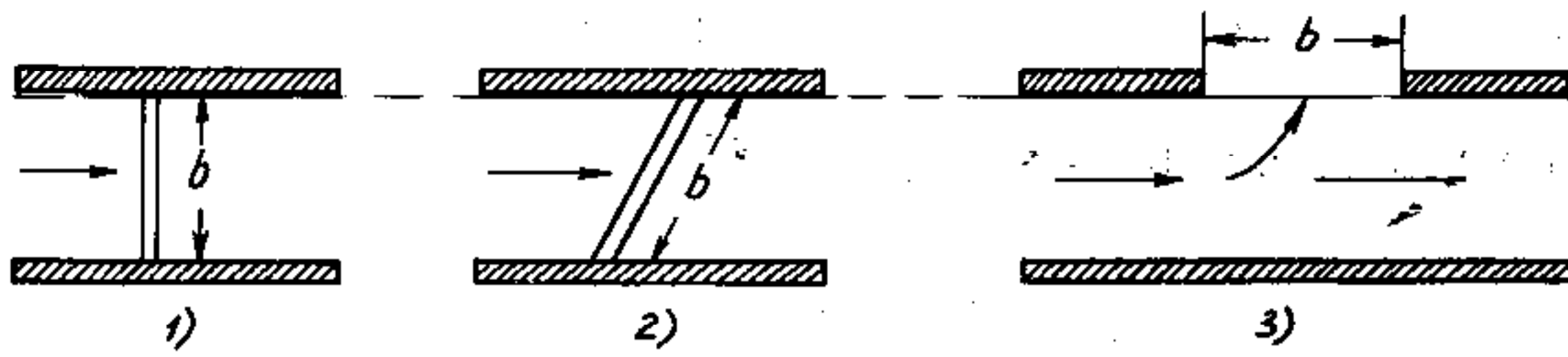
1. Đập thẳng ;
2. Đập cong, thường là hình cung ;
3. Đập kiểu giếng, có đường tràn nước là một hình cong kín, thường là tròn, v.v...



d- Hướng của đập so với hướng dòng chảy chính có :

1. Đập đặt thẳng góc với dòng chảy ;
2. Đập đặt xiên ;

3. Đập bên, đặt ở một bên bờ song song với dòng chính.



e- Ảnh hưởng của mực nước hạ lưu đối với khả năng tháo nước của đập :

1. Chảy không ngập. Khi mực nước hạ lưu còn thấp hơn đỉnh đập, hoặc cao hơn đỉnh đập, nhưng chưa ảnh hưởng đến hình dạng làn nước tràn và khả năng tháo nước của đập.

2. Chảy ngập. Khi mực nước hạ lưu cao hơn đỉnh đập đến mức ảnh hưởng đến hình dạng làn nước tràn và năng lực tháo nước của đập, cụ thể là khi h_h tăng thì Q tràn giảm đi (nếu H là cố định) hoặc khi Q tràn là cố định thì H tăng lên.

§XI-2. CÔNG THỨC TỔNG QUÁT TÍNH LƯU LƯỢNG CỦA ĐẬP TRÀN

Nếu đập tràn được xem là trường hợp riêng của dòng chảy qua lỗ lớn thì lưu lượng có thể xác định bằng công thức :

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (H_2^{3/2} - H_1^{3/2})$$

với giả thiết $H_1 = 0$ và $H_2 = H$ ta sẽ có :

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

hoặc nếu kí hiệu $m = \frac{2}{3} \mu$, trong đó m - hệ số lưu lượng của đập tràn ta sẽ có công thức cơ bản :

$$Q = m b \sqrt{2g} H^{3/2} \tag{1}$$

Công thức trên cũng có thể tìm bằng phương pháp thứ nguyên.

Đối với mặt tràn hình chữ nhật ta có thể viết được quan hệ sau :

$$Q = f(b, H, g)$$

hoặc dưới dạng :

$$Q = c.b^x.g^y.H^z$$

trong đó c là số không thứ nguyên, phụ thuộc hình dạng mặt cắt, chiều dài đỉnh đập v.v...

Dùng phương pháp thứ nguyên để xác định các số mũ x, y, z . Trước hết nhận xét trực giác rằng, trong trường hợp đập tràn cửa chữ nhật thì lưu lượng Q phải tỉ lệ với chiều rộng b , nghĩa là $x = 1$, ta có phương trình thứ nguyên :

$$Q = [b].[g]^y.[H]^z$$

$$\left[\frac{L^3}{T}\right] = [L]. \left[\frac{L}{T^2}\right]^y . [L]^z$$

Cân bằng 2 vế thứ nguyên ta được :

$$y = \frac{1}{2} \quad \text{và} \quad z = \frac{3}{2}$$

Vậy :

$$Q = cb \sqrt{g} H^{3/2} = \frac{c}{\sqrt{2}} b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Đặt $\frac{c}{\sqrt{2}} = m$, ta trở lại công thức tổng quát (1) của đập tràn.

Công thức này dùng cho tất cả các loại đập, chỉ khác nhau ở hệ số lưu lượng m cho từng loại đập và các yếu tố ảnh hưởng của vận tốc đến gần của sự co hẹp bên và của trạng thái nối tiếp với hạ lưu (ngập và không ngập) được đưa vào (1) khi có các ảnh hưởng đó.

Tổng quát mà nói ta có giới hạn của hệ số lưu lượng m là :

$$0,3 < m < 0,6$$

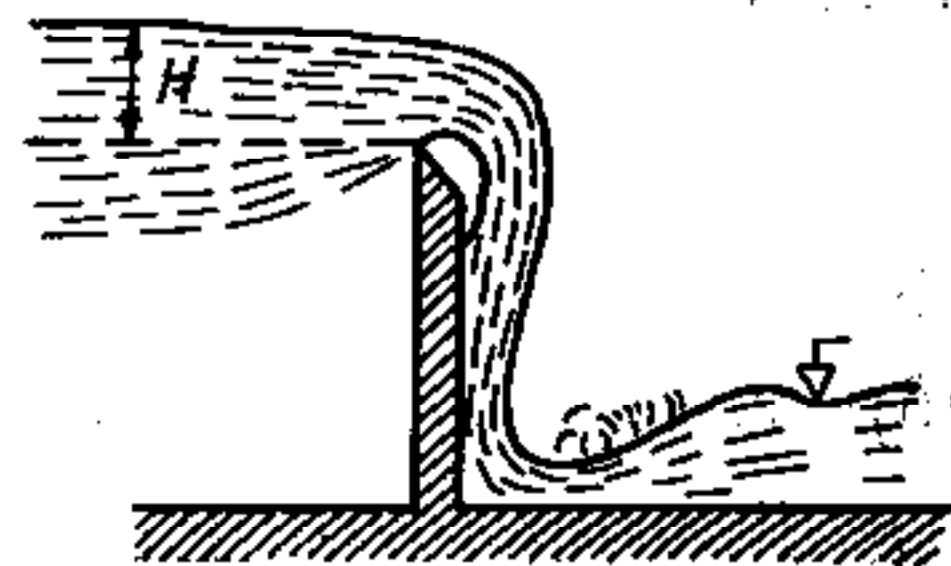
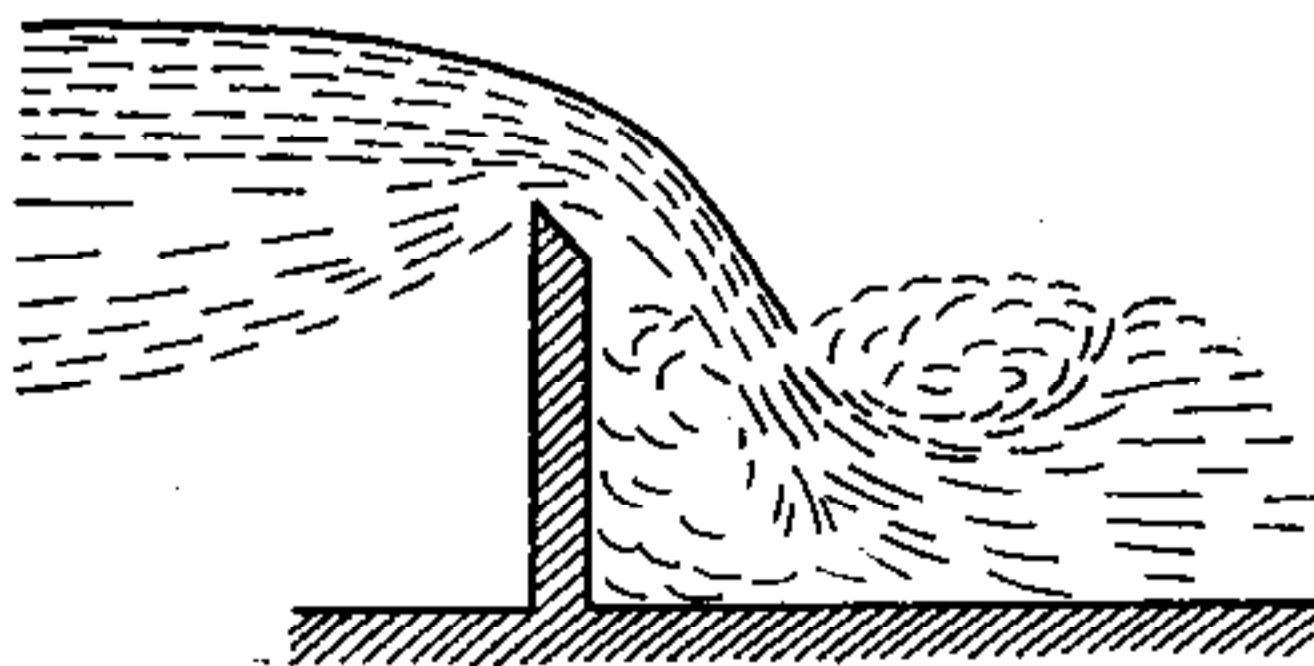
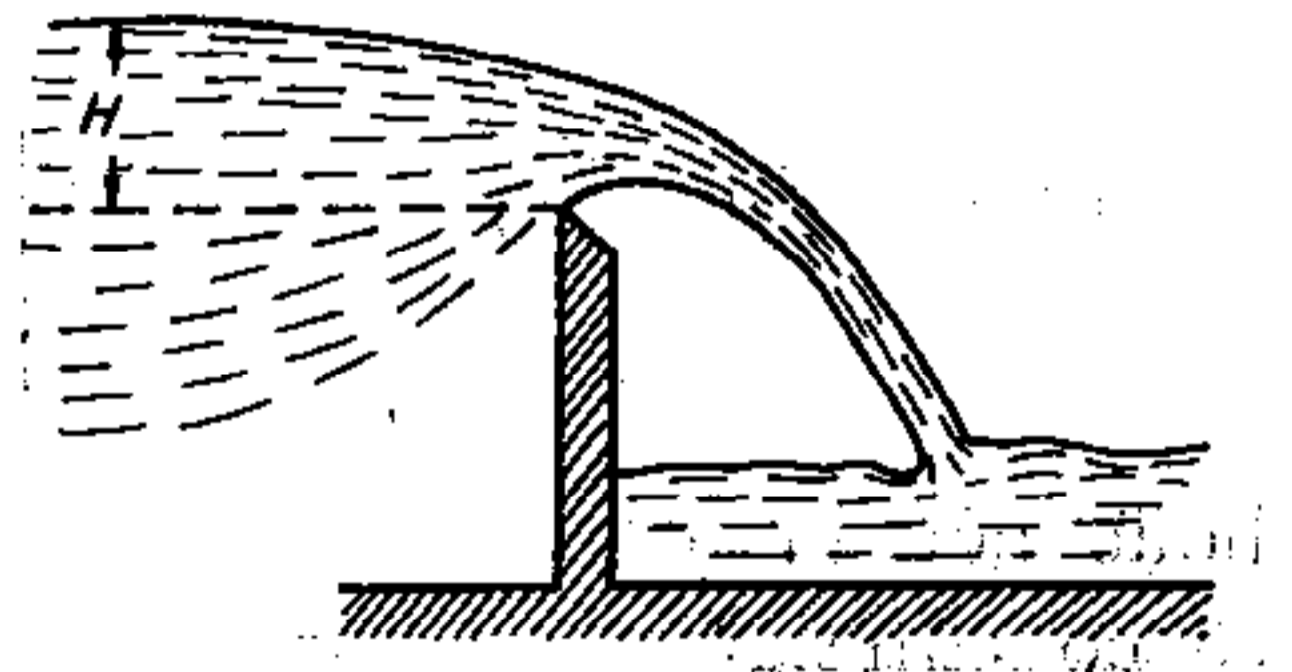
§XI-3. ĐẬP TRÀN THÀNH MỎNG

1. Các dạng chảy không ngập

Đối với đập tràn thành mỏng, khi chảy không ngập có thể có 3 dạng chảy khác nhau, tùy theo tình hình khu vực chứa không khí ở dưới làn nước tràn :

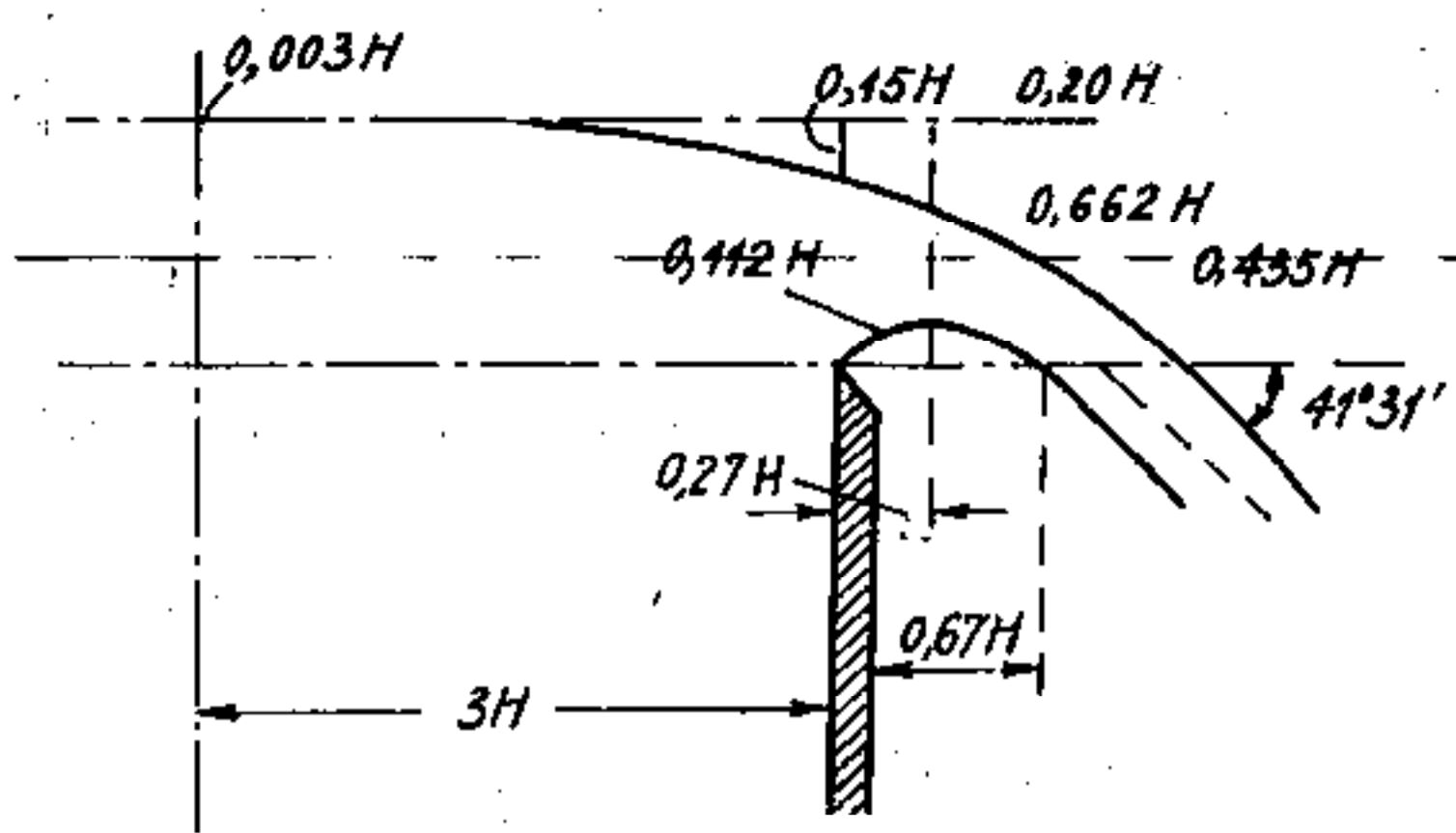
+ Chảy tự do. Khi phần không gian dưới làn nước tràn có không khí ra vào được tự do, áp suất ở đó bằng áp suất khí trời; làn nước rơi tự do theo quy luật của vật rơi.

+ Chảy bị ép. Không khí bị cuốn đi mà không được bổ sung đầy đủ nên sinh ra chân không tại khu vực dưới làn nước nên dòng chảy không được tự do mà bị ép sát vào gần thành đập, dưới dòng chảy có khu nước cuộn dâng cao hơn mực nước ở hạ lưu, có khi chiếm hết cả khu vực dưới làn nước.



+ Chảy bị ép sát. Khi cột nước H nhỏ mà dưới làn nước tràn không khí không vào được tự do thì làn nước tràn bám sát vào thành đập mà rơi xuống.

Hai loại dòng chảy bị ép và bị ép sát này tuy có hệ số lưu lượng lớn hơn chảy tự do, nhưng là dạng chảy không ổn định nên hệ số lưu lượng luôn thay đổi. Vì thế chảy tự do được dùng làm thiết bị đo lưu lượng trong phòng thí nghiệm và đập tràn thành mỏng chảy tự do, không có co hẹp bên được gọi là *đập tiêu chuẩn*.



Đập tràn tiêu chuẩn có các trị số tọa độ tính theo cột nước H như hình vẽ.

§XI-4. CÔNG THỨC TÍNH LƯU LƯỢNG CỦA ĐẬP TRÀN TIÊU CHUẨN

Từ công thức cơ bản ta biến đổi để có công thức phù hợp với các điều kiện cụ thể.

1. Ảnh hưởng của vận tốc đến gần :

+ Theo Badanh ảnh hưởng đó có thể xét đến bằng việc dùng hệ số lưu lượng m_0 thay cho m :

$$m_0 = m \left(1 + \frac{\alpha v_0^2}{2gH} \right)^{3/2} \quad (1)$$

nên công thức tính lưu lượng sẽ trở thành :

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

Trị số m_0 được xác định bằng thực nghiệm.

Theo Badanh có thể tính m_0 theo :

$$m_0 = \left(0,405 + \frac{0,003}{H} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{H}{H+P} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Công thức trên đúng trong phạm vi :

$$\begin{aligned} 0,2m < b < 2m \\ 0,24m < P_1 < 1,13m \\ 0,05m < H < 1,24m \end{aligned}$$

Theo Tsugaep :

$$m_0 = 0,402 + 0,054 \frac{H}{P_1} \quad (4)$$

Phạm vi chính xác : $P_1 \geq 0,5H$ và $H \geq 0,1m$

Trong các phạm vi đã nêu, công thức (2) có độ chính xác đến 1%, do đó đập tràn thành mỏng tiêu chuẩn được dùng làm một công cụ đo lưu lượng.

+ Cũng có thể dùng cột nước toàn phần H_0 thay cho H trong (1) để xét đến ảnh hưởng của vận tốc đến gần :

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g}$$

Ta sẽ có công thức tính lưu lượng theo H_0 như sau :

$$Q = mb \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (5)$$

2. Ảnh hưởng co hẹp bên

Đối với đập tràn thành mỏng, khi có co hẹp bên, ta thay hệ số m_0 bằng m_c . Trị số m_c có thể lấy theo thực nghiệm của Badanh :

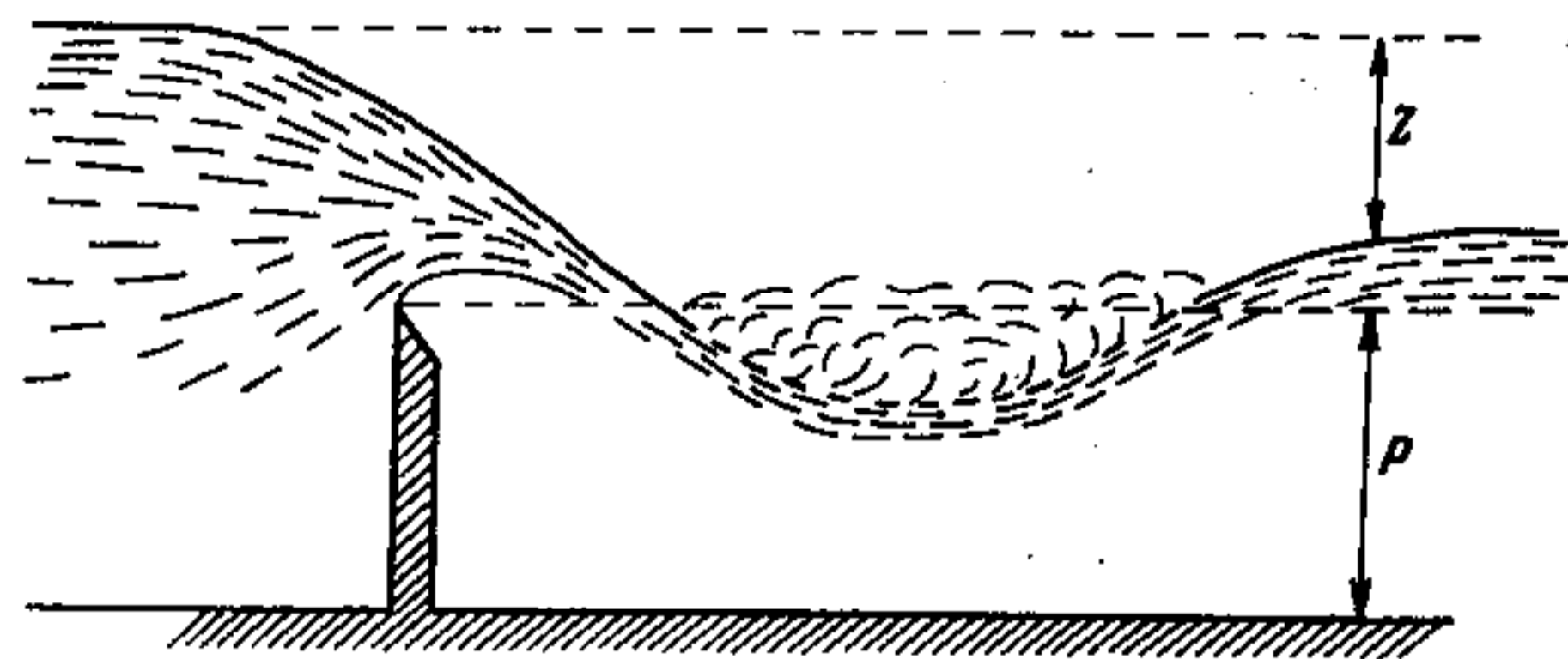
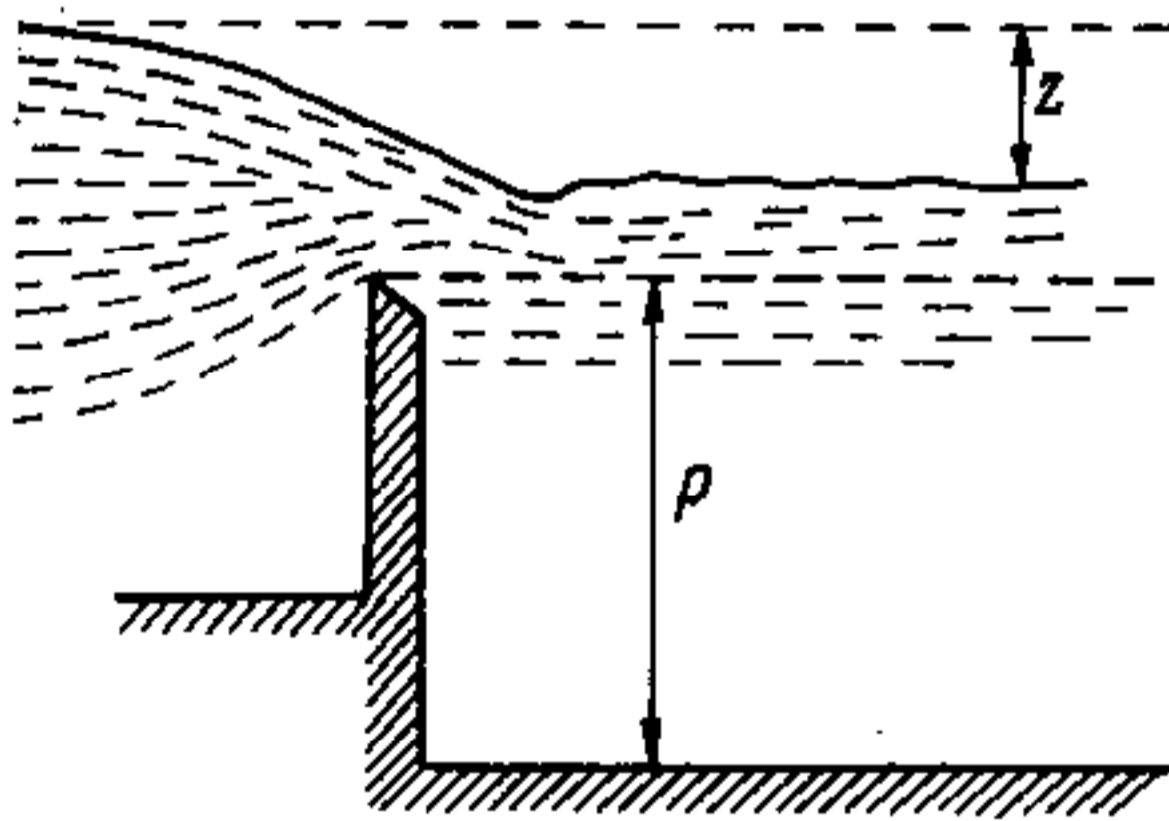
$$m_c = \left[0,405 + \frac{0,003}{H} - 0,03 \frac{B-b}{B} \right] \cdot \left[1 + 0,55 \left(\frac{b}{B} \right) \cdot \left(\frac{H}{H+P_1} \right)^2 \right] \quad (6)$$

Có thể quan niệm : $m_c = \varepsilon m_0$, trong đó ε - hệ số co hẹp bên.

Do đó công thức tính lưu lượng trong trường hợp này bằng :

$$Q = m_c \cdot b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (7)$$

3. Ảnh hưởng của tính ngập



Đập tràn thành mỏng sẽ là chảy ngập nếu thỏa mãn 2 điều kiện sau :

a) *Mực nước hạ lưu cao hơn đỉnh đập :*

$$h_h > P \text{ hoặc } h_h = h_n - P > 0 \quad (8)$$

b) *Dòng tràn nối tiếp với hạ lưu bằng nước nhảy ngập hoặc không có nước nhảy, dòng chảy ở ngay hạ lưu đập là chảy êm.*

Nếu điều kiện thứ 2 không thỏa mãn thì dù mực nước ở hạ lưu cao hơn đỉnh đập, mực nước ở ngay sau đập vẫn thấp hơn đỉnh đập. Lúc đó mực nước hạ lưu vẫn không ảnh hưởng đến lưu lượng tràn, nên vẫn là chảy không ngập.

Điều kiện có nước nhảy ngập sẽ được thỏa mãn khi tỉ số $\frac{z}{P}$ nhỏ hơn một trị số phân giới :

$$\left(\frac{z}{P} \right)_{p.g.}, \text{ tức là } \frac{z}{P} < \left(\frac{z}{P} \right)_{p.g.} \quad (9)$$

Trong đó : z - độ chênh mực nước thượng hạ lưu $z = H - h_n$.

Trị số phân giới $(\frac{z}{P})_{p.g.}$ này phụ thuộc vào tỉ số $\frac{H}{P}$.
 Để tìm trị số $(\frac{z}{P})_{p.g.}$ đã có bảng hoặc đồ thị riêng.
 Có thể lấy một cách gần đúng :

$$\left(\frac{z}{P}\right)_{p.g.} = 0,70 \div 0,75.$$

Vậy khi chảy ngập, công thức tính lưu lượng sẽ là :

$$Q = \sigma_n \cdot m_o \cdot b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (10)$$

Hệ số ngập σ_n được xác định bằng thực nghiệm, có thể lấy theo Badanh :

$$\sigma_n = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{h_n}{P}\right) \sqrt[3]{\frac{z}{H}} \quad (11)$$

Nếu vừa là chảy ngập vừa có co hẹp bên thì :

$$Q = \sigma_n \cdot m_c \cdot b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (12)$$

Ngoài đập tràn thành mỏng cửa chữ nhật, đập tràn thành mỏng cửa tam giác và hình thang thường được dùng làm công cụ đo lưu lượng trong phòng thí nghiệm và trên các kênh, máng nhỏ nhờ độ chính xác của các công thức tính lưu lượng trong điều kiện chảy tự do.

+ Đối với đập tràn cửa tam giác ta có công thức tính lưu lượng :

$$Q = m_o \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Trong đó : θ - góc ở đỉnh của tam giác (TG).

Thay $m_o \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = m_{TG}$, ta được :

$$Q = m_{TG} \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (13)$$

Đặt $m_{TG} \sqrt{2g} = M_{TG}$, ta có :

$$Q = M_{TG} \cdot H^{3/2} \quad (14)$$

Với đập được làm có $\theta = 90^\circ$, theo thực nghiệm của Tomson, trị số m_{TG} lúc đó bằng :

$$m_{TG} = 0,316$$

thay vào (13) ta được :

$$\begin{aligned} Q &= 1,4 \cdot H^{5/2} \text{ (m}^3/\text{s) (H tính bằng m) ;} \\ Q &= 4,427 \cdot H^{5/2} \text{ (l/s) (H tính bằng m).} \end{aligned} \quad (15)$$

Độ chính xác của các công thức này tới 1% trong phạm vi từ $0,05\text{m} < H < 0,25\text{m}$. Gặp H lớn hơn thì phải dùng đập cửa hình thang.

+ Đối với đập tràn cửa hình thang, lưu lượng qua đập lớn hơn lưu lượng qua đập chữ nhật dưới cùng chiều rộng b và cột nước H do cửa đập được mở rộng một góc θ .

Công thức tính lưu lượng qua đập cửa hình thang vẫn có dạng như cửa chữ nhật :

$$Q = m_{th} b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (16)$$

Trong đó : m_{th} - hệ số lưu lượng của đập cửa hình thang, phụ thuộc vào góc θ .

Thường làm đập có $\text{tg}\theta = \frac{1}{4}$, gọi là đập Xipoletti và có :

$$m_{th} = 0,42$$

nên

$$Q = 0,42 b \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (17)$$

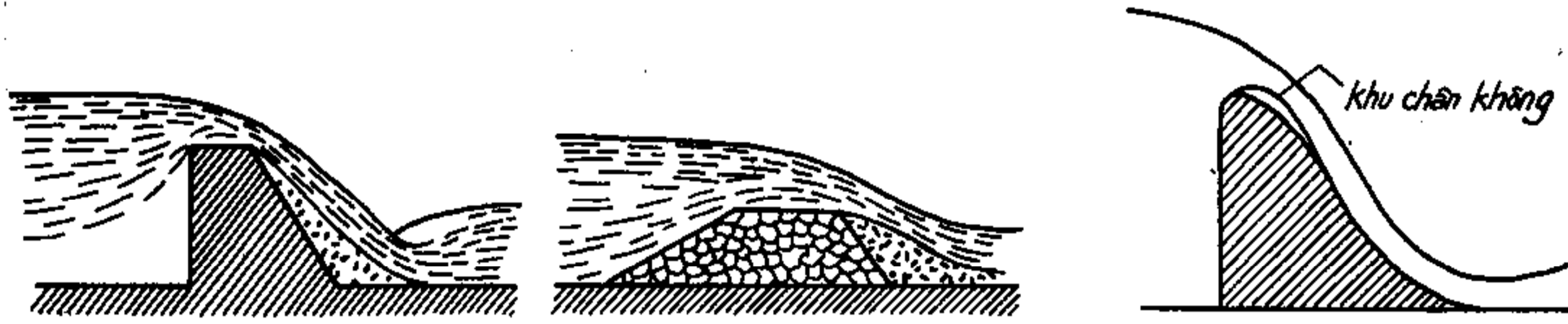
hay là :

$$Q = 1,86 b H^{3/2} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (18)$$

Công thức đúng trong điều kiện $b \geq 3H$; $P_1 > 0$; chảy tự do, vận tốc đi tới không lớn lắm.

§XI-5. ĐẬP TRÀN CÓ MẶT CẮT THỰC DỤNG

1. Đặc điểm chung của đập tràn có mặt cắt thực dụng



Về hình dạng mặt cắt :

+ Mặt cắt đa giác. Thường là hình thang, có đỉnh nằm ngang hoặc dốc, chiều dày đỉnh δ trong phạm vi :

$$0,67H < \delta < (2 - 3)H$$

với các mái dốc thượng hạ lưu khác nhau. Các đập này cấu tạo đơn giản, dễ xây dựng bằng các loại vật liệu thông thường, nhưng có nhược điểm là có hệ số lưu lượng nhỏ so với các loại mặt cắt hình cong.

+ Mặt cắt hình cong. Có đỉnh đập và mái hạ lưu hình cong, lượn theo làn nước tràn, nên dòng chảy tràn được thuận, hệ số lưu lượng lớn, nhưng xây dựng phức tạp hơn. Đập tràn hình cong thường có hai loại.

a. Nếu làm cho mặt đập sát vào mặt dưới của làn nước tràn, không còn khoảng trống nữa thì sẽ không có chân không, gọi là đập hình cong không có chân không.

b. Nếu giữa mặt đập với mặt dưới của làn nước tràn có khoảng trống thì không khí ở đó bị làn nước cuốn đi, sinh ra chân không, gọi là đập hình cong có chân không.

Loại đập này có nhược điểm là làn nước tràn không ổn định, dễ lay động, làm đập bị rung động và dễ sinh ra xâm thực trên mặt đập. Tuy nhiên đập này lại có ưu điểm là chân không trên đỉnh đập lại có tác dụng hút, làm tăng lưu lượng, nên có khả năng rút ngắn chiều rộng đập, do đó gần đây có các loại vật liệu mới và kĩ thuật xây dựng tiên tiến nên việc dùng đập có chân không lại có lợi hơn.

2. Công thức tính lưu lượng

Ta vận dụng công thức tổng quát :

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Tùy theo trường hợp cụ thể mà phải xét đến các ảnh hưởng sau :

- + Cột nước vận tốc đến gần bằng cách thay H qua H_0 ;
- + Co hẹp bên bằng cách thay b qua chiều rộng thực của làn nước tràn trên mỗi nhịp b_c :

$$b_c = \varepsilon b$$

Hệ số ε xác định bằng thực nghiệm.

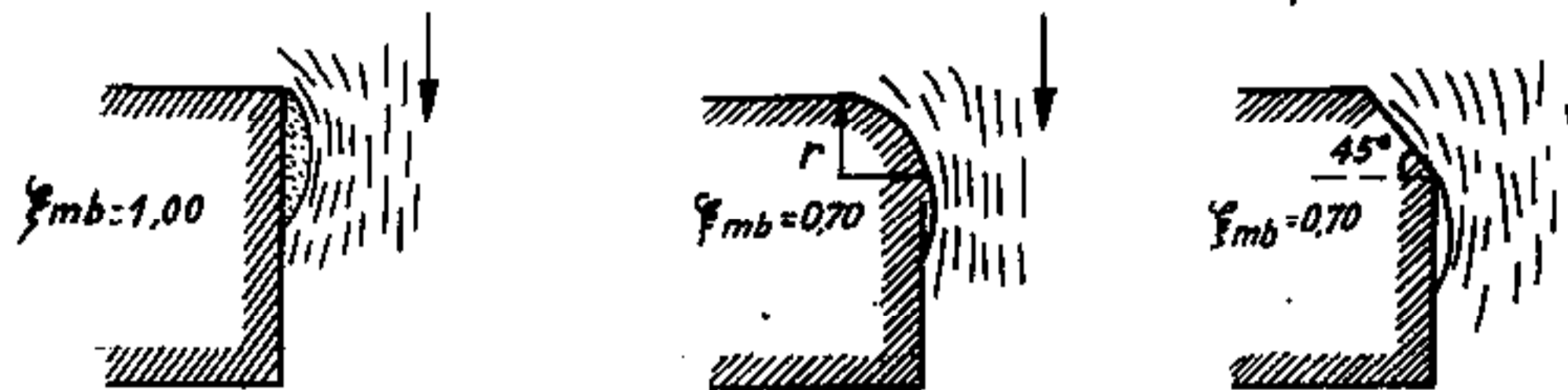
Theo quy phạm, hệ số co hẹp bên ε có thể tính theo công thức sau :

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{m.b} + (n - 1) \cdot \xi_{m.t}}{n} \frac{H_0}{b} \quad (19)$$

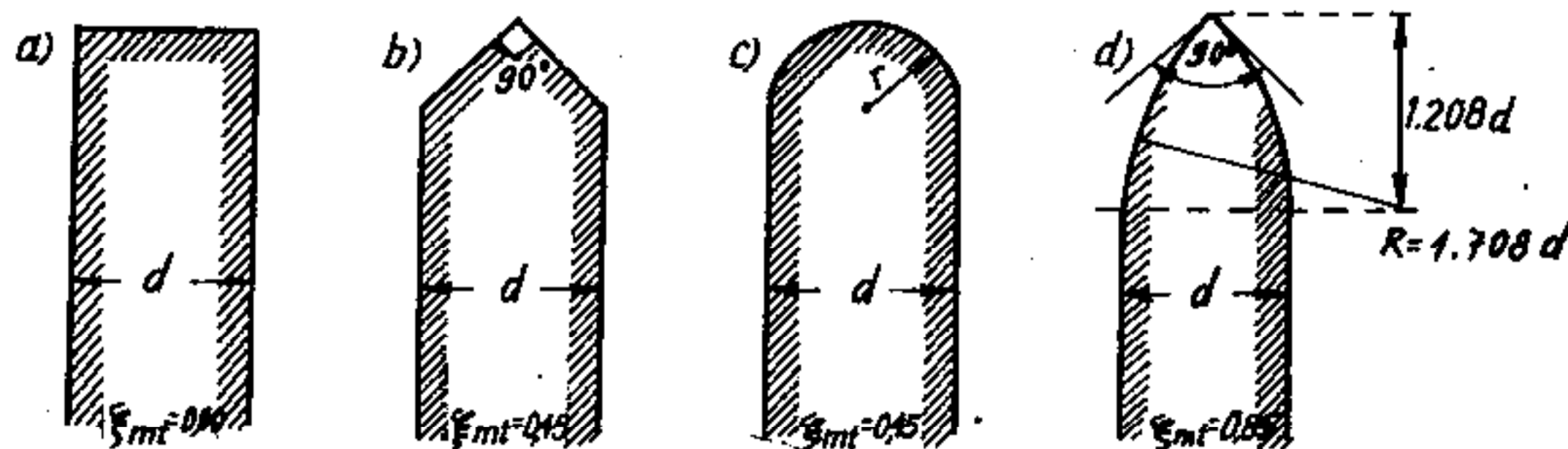
Trong đó : n - số khoang đập ;

b - chiều rộng mỗi nhịp ;

ξ_{mb} - hệ số hình dạng của mố bên, lấy theo hình vẽ sau :



ξ_{mt} - hệ số hình dạng của mố trục lấy theo hình vẽ sau :



+ Điều kiện nhảy ngập

Cũng như đối với đập tràn thành mỏng, điều kiện nhảy ngập là :

* Mực nước hạ lưu cao hơn đỉnh đập :

$$h_h > P \text{ hoặc } h_n = h_h - P > 0 \quad (20)$$

* Dòng chảy ngay sau đập là êm, ngập đỉnh đập, nối tiếp với hạ lưu bằng nước nhảy ngập hoặc không có nước nhảy.

Điều kiện thứ hai được thỏa mãn khi tỉ số $\frac{z}{P}$ nhỏ hơn tỉ số phân giới $\left(\frac{z}{P}\right)_{p.g}$:

$$\frac{z}{P} < \left(\frac{z}{P}\right)_{p.g} \quad (21)$$

Trị số $\left(\frac{z}{P}\right)_{p.g}$ phụ thuộc vào tỉ số $\frac{H}{P}$ và hệ số lưu lượng m , đã tính sẵn cho ở bảng sau :

$m \backslash \frac{H}{P}$	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	0,80	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

Hệ số ngập σ_n lấy theo thực nghiệm, cho ở bảng sau :

Hệ số ngập σ_n của đập có mặt cắt thực dụng

$\frac{h_n}{H_0}$	σ_n	
	Đập không có chân không (1)	Đập có chân không (2)
-0,15	1	1
0,10	1	0,999
0	1	0,990
0,10	0,998	0,971
0,20	0,996	0,940
0,30	0,991	0,895
0,40	0,983	0,845
0,50	0,972	0,788
0,60	0,957	0,723
0,70	0,933	0,642
0,75	0,85 (0,91 ÷ 0,68)	-
0,80	0,79 (0,89 ÷ 0,63)	0,538
0,85	0,70 (0,86 ÷ 0,54)	-
0,90	0,59 (0,63 ÷ 0,44)	0,390
0,95	0,41 (0,53 ÷ 0,28)	-
1,00	0,00	0,000

Với $-0,15 < \frac{h_n}{H_0} < 0$, tuy thực chất chưa phải là chảy ngập, nhưng lúc

đó mực nước hạ lưu lên đến gần đỉnh đập, ép khu chân không làm giảm tác dụng hút của chân không nên hệ số lưu lượng m giảm đi chút ít.

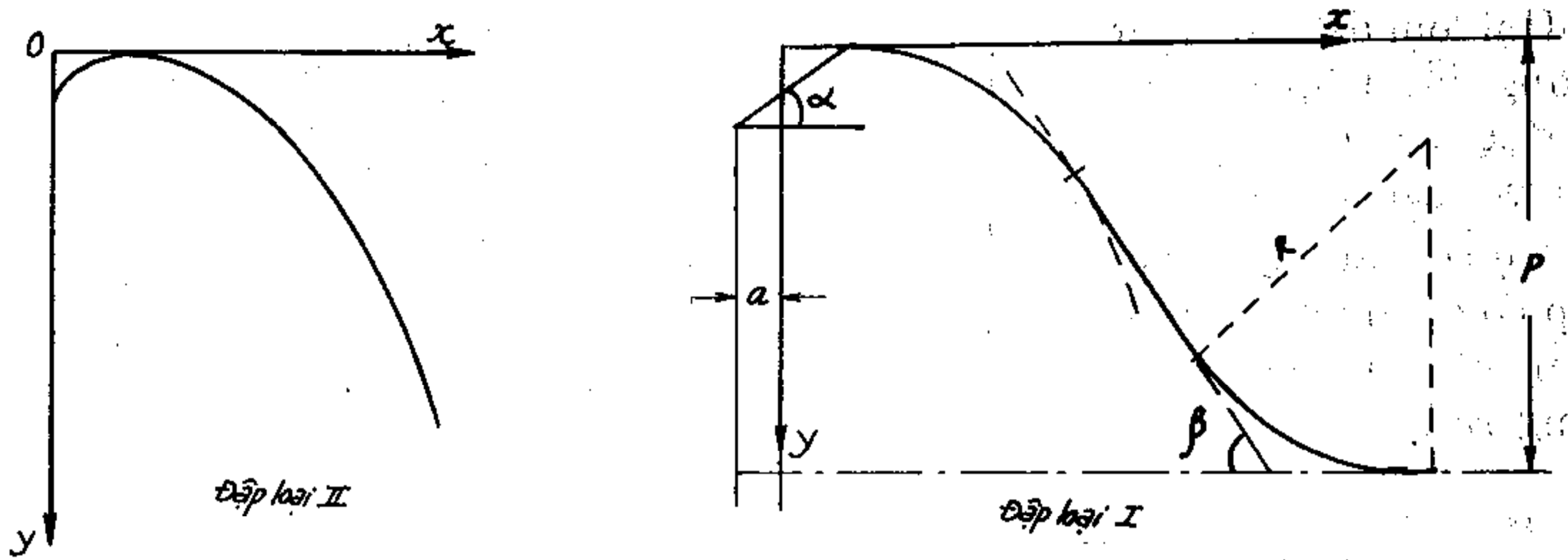
Vậy khi đập có nhiều khoang và đủ cả 3 yếu tố ảnh hưởng đã nói trên, ta sẽ có công thức tính lưu lượng như sau :

$$Q = \sigma_n \cdot \varepsilon \cdot m \Sigma b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (21)$$

3. Cấu tạo mặt cắt của các loại đập mặt cắt thực dụng

a. Đập hình cong không có chân không.

Nguyên tắc thiết kế mặt cắt đập không có chân không là làm cho mặt đập ăn khớp với mặt cắt dưới của làn nước chảy qua đập thành mỏng tiêu chuẩn ứng với một cột nước H cho trước, gọi là *cột nước thiết kế mặt cắt*, kí hiệu là H_{tk} .



Tọa độ mặt đập được vẽ theo các trị số trong bảng tọa độ của Crigior-Ôphixerôp ứng với cột nước thiết kế mặt cắt theo bảng (phụ lục 5) ($H_{tk} = 1$).

Khi đập cao, đường cong này không đủ thỏa mãn điều kiện ổn định của đập thì tiếp theo đường này là một đoạn thẳng có độ dốc theo yêu cầu ổn định của đập. Phần chân đập, chỗ nối tiếp với sàn đập lượn theo một cung tròn để dòng chảy xuống chân đập được thuận. Bán kính R của cung tròn này lấy theo bảng (phụ lục 6). Khi đập thấp hơn 10m ($P < 10m$) thì có thể lấy $R = 0,5P$.

Hệ số lưu lượng cụ thể của một đập do cấu tạo mặt đập tương ứng có thể xác định bằng công thức :

$$m = \sigma_{hd} \cdot \sigma_H \cdot m_{tc} \quad (22)$$

Trong đó :

m_{tc} - hệ số lưu lượng xác định cho đập tiêu chuẩn ;

σ_{hd} - hệ số sửa chữa do thay đổi hình dạng theo cấu tạo khác với đập tiêu chuẩn, chẳng hạn, do tăng đoạn a , thay đổi góc α và góc β , v.v...

σ_H - hệ số sửa chữa do cột nước H khác với cột nước thiết kế mặt cắt H_{tk} .

Các hệ số sửa chữa hình dạng, cột nước có thể lấy theo các bảng tính sẵn (phụ lục 7).

b. Đập hình cong có chân không

Mặt cắt đập phải thỏa mãn các điều kiện sau đây :

+ Có hệ số lưu lượng lớn nhất, khi chảy với cột nước thiết kế ;

+ Chỉ có chân không ở phần đỉnh đập, không có ở phần dưới của mặt tràn ;

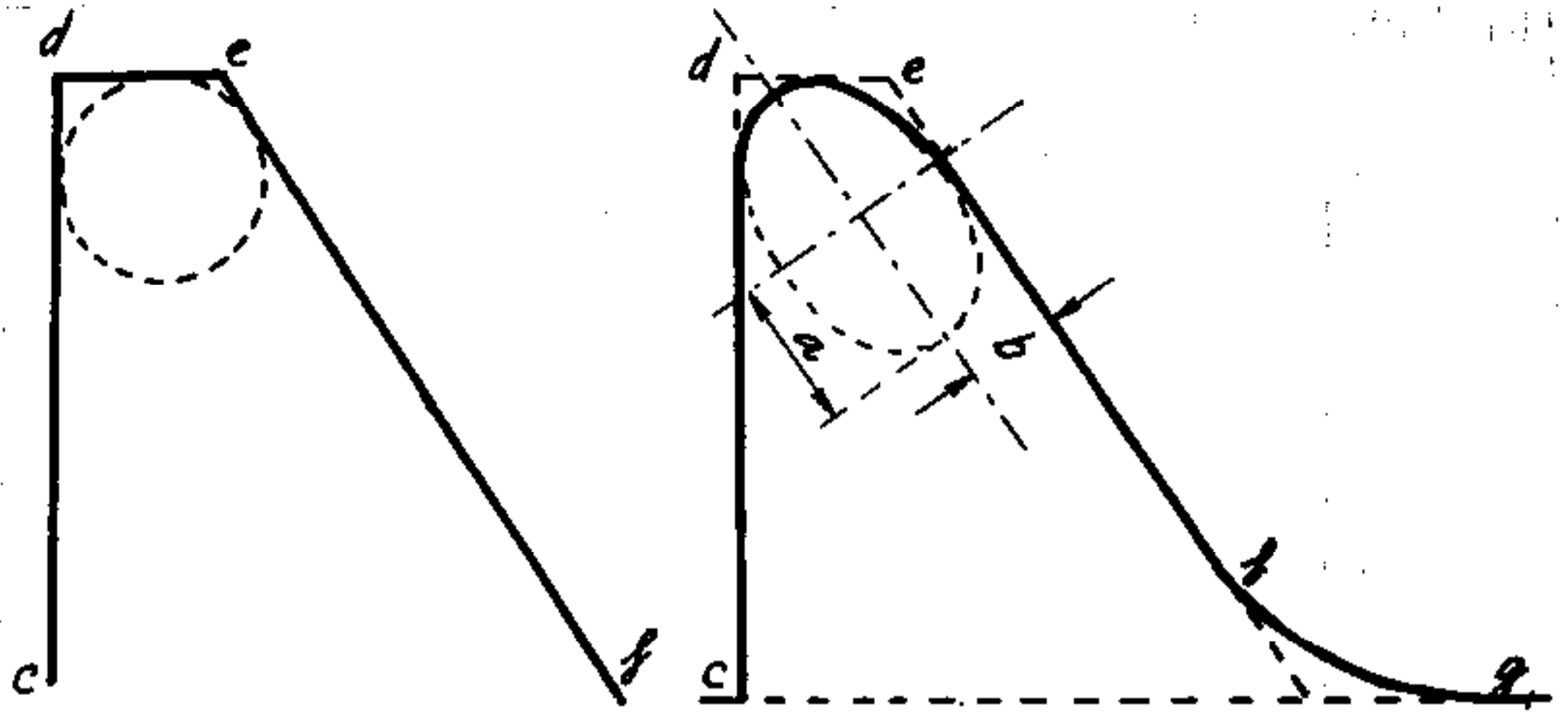
+ Đảm bảo không có không khí lọt vào dưới làn nước ;

+ Độ chân không $\sigma_{ck} = \frac{h_{ck}}{H_0}$ không lớn quá ;

+ Không có áp lực mạch động quá lớn.

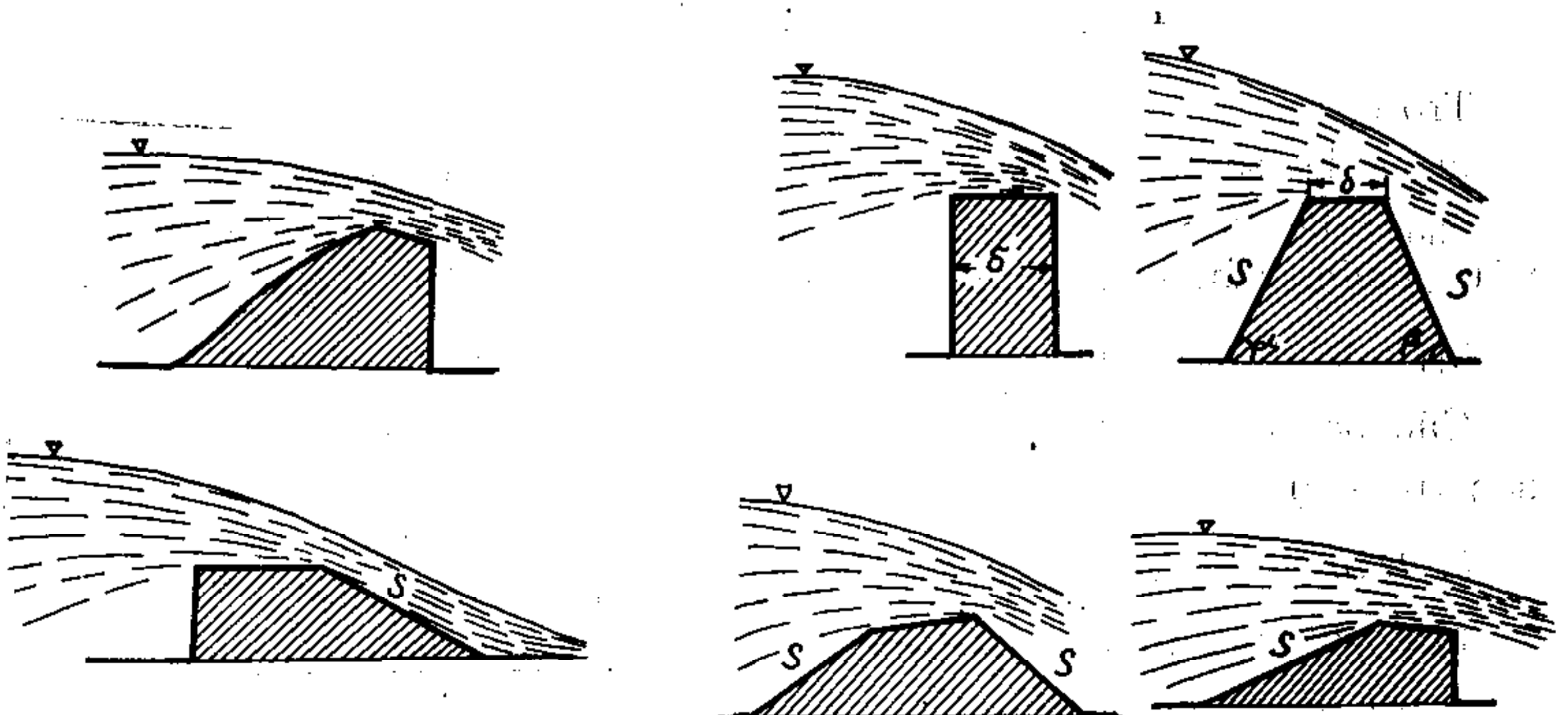
Hai loại đập có chân không đầu tròn và elíp đã được nghiên cứu, có cấu tạo như hình vẽ bên :

Hệ số lưu lượng của đập có chân không đỉnh tròn và elíp lấy theo bảng sau :



$\frac{H_0}{r'}$	m			$\frac{H_0}{r'}$	m		
	$\frac{a}{b} = 1$	$\frac{a}{b} = 2$	$\frac{a}{b} = 3$		$\frac{a}{b} = 1$	$\frac{a}{b} = 2$	$\frac{a}{b} = 3$
1	0,486	0,487	0,495	2,4	0,538	0,544	0,557
1,2	0,497	0,500	0,509	2,6	0,543	0,560	0,562
1,4	0,506	0,512	0,520	2,8	0,549	0,565	0,566
1,6	0,53	0,521	0,530	3,0	0,553	0,569	0,570
1,8	0,521	0,531	0,537	3,2	0,557	0,573	0,575
2,0	0,526	0,540	0,544	3,4	0,560	0,577	0,577
2,2	0,535	0,548	0,551				

Theo bảng thì $\frac{H_0}{r'}$ càng lớn thì m càng lớn, nhưng $\frac{H_0}{r'}$ lớn quá thì độ chân không trên đỉnh cũng sẽ lớn và đỉnh đập quá nhỏ không đảm bảo yêu cầu ổn định và vững chắc. Nói chung không nên làm với $\frac{H_0}{r'}$ lớn quá 3,0 đến 3,6.



c. Đập tràn đa giác

Đập tràn đa giác có nhiều dạng mặt cắt như là hình chữ nhật, hình thang, đa giác bất kì, có thể có một phần là đường cong.

Loại đập này cấu tạo đơn giản, dễ làm nhưng hệ số lưu lượng nhỏ ($m = 0,35 \div 0,45$). Đập này thường được sử dụng nhiều vào các công trình thủy lợi loại nhỏ bằng vật liệu tại chỗ như đá, gạch, gỗ v.v...

Dưới đây là hệ số lưu lượng của một vài loại đập đơn giản.

+ Đập mặt cắt chữ nhật, theo Badanah :

$$m = 0,42 \left(0,70 + 0,185 \frac{H}{\delta} \right) \quad (23)$$

+ Đập tràn mặt cắt hình thang lấy theo bảng phụ lục 8.

4. Các bài toán về đập có mặt cắt thực dụng

Thực tế thường phải giải quyết các bài toán sau đây về đập tràn :

+ Biết chiều rộng đập b , cao trình đỉnh đập, mực nước thượng hạ lưu (tức biết H và h_h), tính lưu lượng Q .

+ Biết chiều rộng đập b , lưu lượng Q , mực nước thượng hạ lưu, xác định cao trình đỉnh đập (tính H) hoặc ngược lại biết cao trình đỉnh đập, xác định mực nước dâng ở thượng lưu.

+ Biết lưu lượng Q , cao trình đỉnh đập, mực nước thượng hạ lưu, tính chiều rộng đập b .

Các bài toán trên đều xuất phát từ một công thức tổng quát :

$$Q = \sigma_n \cdot \varepsilon \cdot m \cdot \Sigma b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (24)$$

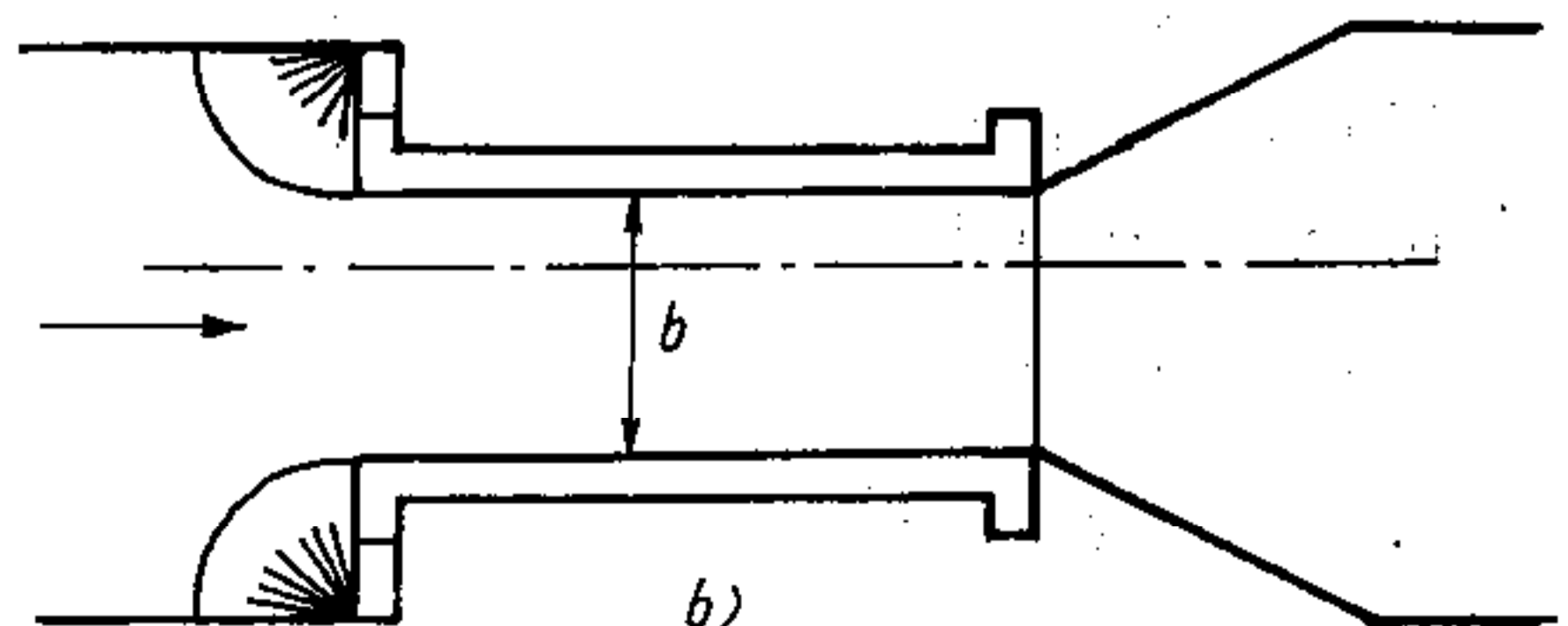
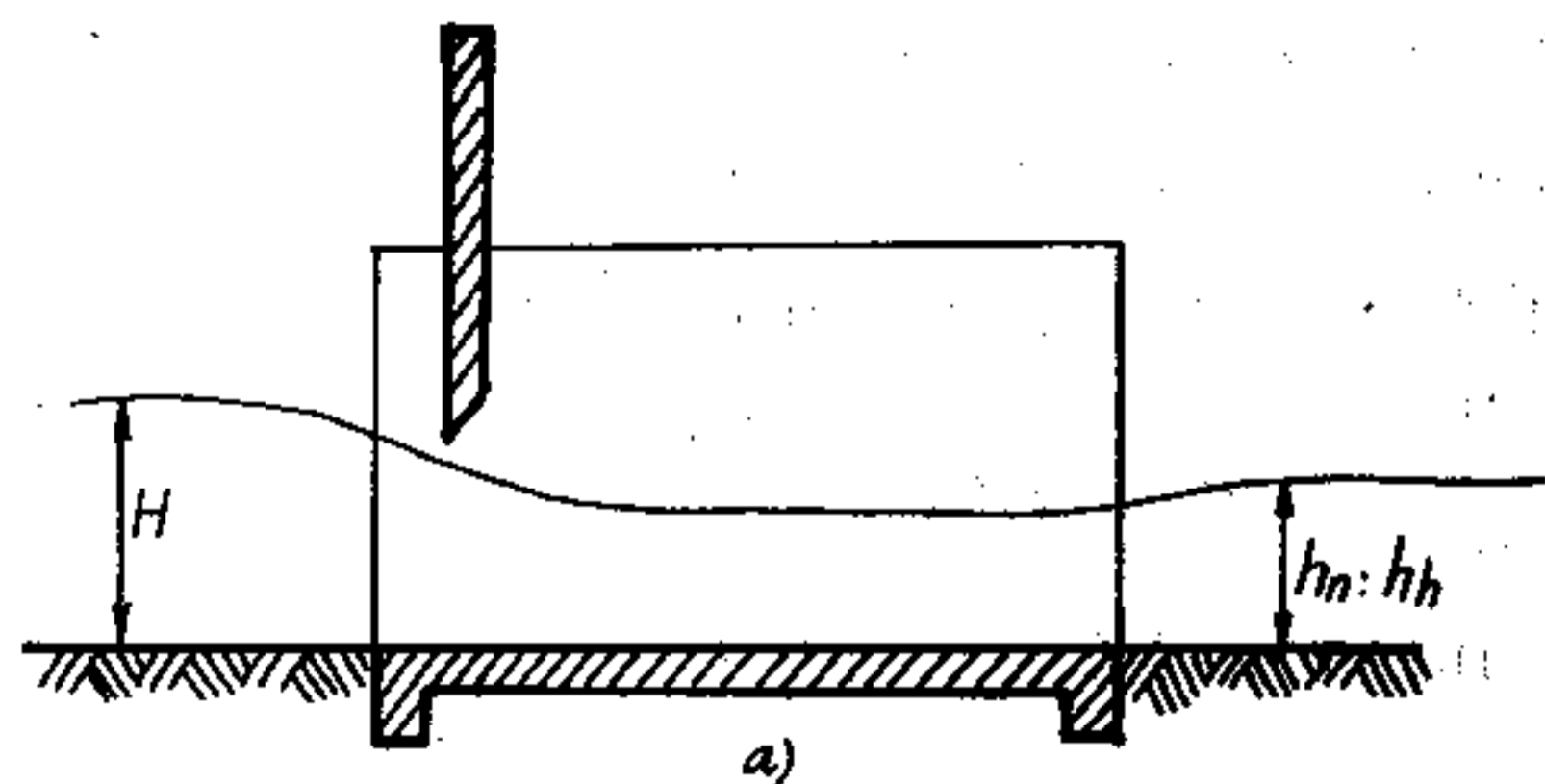
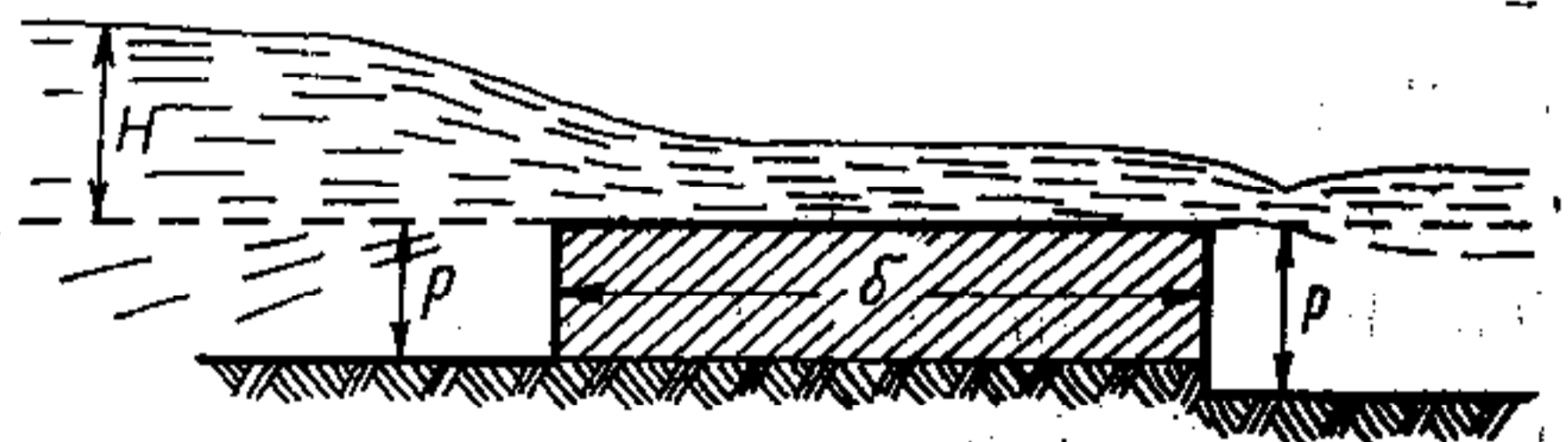
Các hệ số σ_n , ε , m nhiều khi lại phụ thuộc các yếu tố chưa biết, nên một số bài toán phải giải bằng cách tính gần đúng dần (tính thử dần).

§XI-6. ĐẬP TRÀN ĐỈNH RỘNG

Khi chiều dày của đỉnh đập δ trong khoảng :

$$(2 \div 3)H < \delta < (8 \div 10)H$$

thì gọi là đập tràn đỉnh rộng. Đập tràn đỉnh rộng có nhiều đặc điểm khác hai loại đập đã xét ở trên, về hình dạng làn nước tràn, về tiêu chuẩn ngập và do đó cả về phương diện tính toán.



Định nghĩa chung : đập tràn đỉnh rộng là một ngưỡng chắn ngang dòng chảy để dòng chảy tràn trên ngưỡng.

Nhưng nếu có 2 tường bên hoặc mố ở 2 bên làm thu hẹp dòng chảy, làm cho mực nước ở phía thượng lưu phải dâng lên, tạo nên một độ chênh mực nước, thí dụ không có ngưỡng cao hơn đáy kênh, về quan điểm thủy lực ta cũng coi đây là hiện tượng chảy qua đập tràn đỉnh rộng (đập có $P = P_1 = 0$), lúc đó độ sâu ở thượng lưu khe hẹp cũng chính là cột nước H trên đỉnh đập. Hiện tượng này gặp rất nhiều : mố cầu nhỏ, cống trên kênh hoặc cống ở đầu kênh khi cửa cống kéo lên khỏi mặt nước, v.v...

1. Cách xác định chiều sâu h và hệ số lưu lượng m

Đập tràn đỉnh rộng đã được nghiên cứu nhiều và từ rất lâu, bằng lí luận và bằng thực nghiệm. Tuy nhiên đến nay việc xác định trị số m vẫn chưa có ý kiến thống nhất.

Dưới đây là một số phương pháp cơ bản :

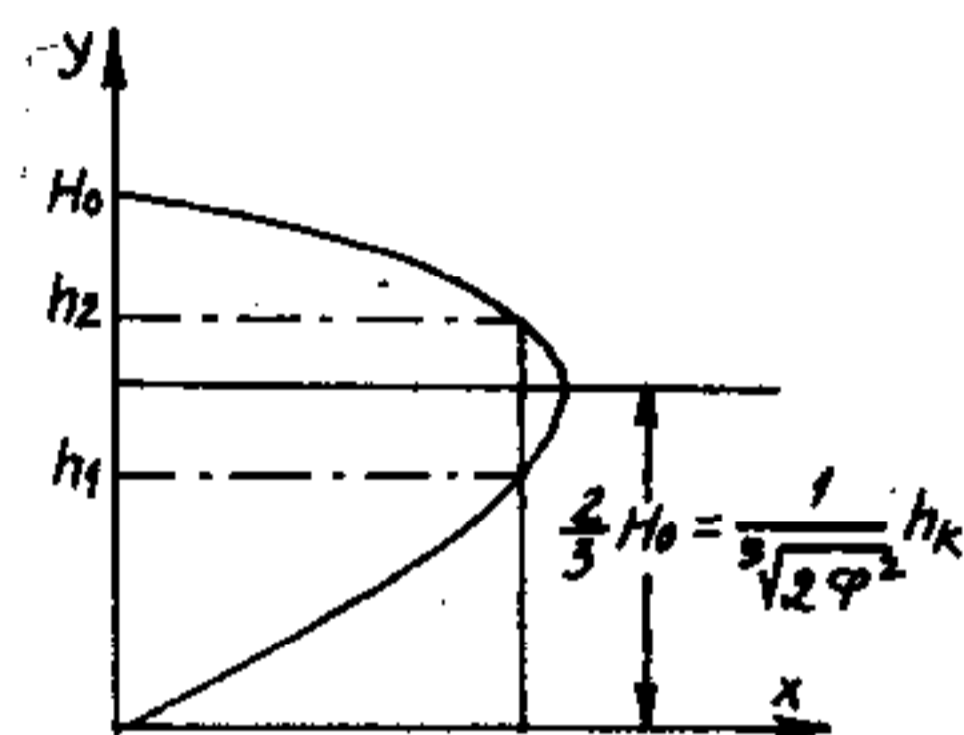
+ Phương pháp Bêlănggiơ :

Xét quan hệ giữa lưu lượng và các thông số cơ bản trong công thức tính đối với đập tràn đỉnh rộng :

$$Q = \mu b h \sqrt{2g(H_0 - h)} \quad (25)$$

Trong đó : μ - hệ số lưu lượng ;

h - chiều sâu trên đỉnh đập tràn.



ta thấy :

Với một trị số H_0 cho trước, thì Q sẽ biến đổi theo h như ở hình vẽ. Khi $h \rightarrow 0$ thì $Q \rightarrow 0$. Khi $h \rightarrow H_0$ thì $Q \rightarrow 0$ đường biểu diễn $Q \sim h$ có một giá trị Q lớn nhất : Q_{max} .

Năm 1828 Bêlănggiơ đã đưa ra tiên đề : dòng chảy sẽ tự điều chỉnh một độ sâu h trên đỉnh đập thế nào cho lưu lượng tháo qua đập là lớn nhất.

Từ (25) lấy đạo hàm Q theo h , coi φ là hằng số :

$$\frac{dQ}{dh} = \varphi \cdot b \sqrt{2g} \frac{d(h\sqrt{H_0 - h})}{dh} = \varphi \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[\sqrt{H_0 - h} - \frac{1}{2} \frac{h}{\sqrt{H_0 - h}} \right]$$

Cho đạo hàm bằng 0 và giải ra, ta được :

$$h = \frac{2}{3} H_0 \quad (26)$$

Thí nghiệm chứng tỏ thường xuyên gặp $h = \frac{2}{3} H_0$. Điều đó chứng tỏ tính chính xác, hợp lí của tiên đề Bêlănggiơ.

Thay h vào (25) :

$$Q = \varphi b \frac{2}{3} H_0 \sqrt{2g \left(H_0 - \frac{2}{3} H_0 \right)} = \varphi \frac{2}{3\sqrt{3}} b H_0 \sqrt{2g H_0}$$

hoặc : $Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$ (27)

trong đó : $m = \varphi \frac{2}{3\sqrt{3}} = 0,385\varphi \approx 0,35$ (28)

Có thể xem đây là cách giải gần đúng.

Để giải chính xác, ta dùng nguyên lí của Bakhmêchép.

+ Phương pháp Bakhmêchép :

Năm 1912 Bakhmêchép cho rằng dòng chảy trên đỉnh đập phải có độ sâu thế nào cho năng lượng đơn vị của mặt cắt Θ đạt đến trị số nhỏ nhất. Đây là nguyên lí tỉ năng nhỏ nhất. Nguyên lí này xuất phát từ quy luật của cơ học nói chung : bất cứ hệ cơ học nào trong trọng trường cũng có xu thế chiếm vị trí mà dự trữ năng lượng là bé nhất.

Như vậy theo Bakhmêchép, độ sâu trên đỉnh đập là :

$$h = h_k \quad (29)$$

Tỉ năng mặt cắt Θ trên ngưỡng đập :

$$\Theta = h + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gb^2h^2}$$

Lấy đạo hàm :

$$\frac{d\Theta}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{gb^2} \cdot \frac{1}{h^3} = 0$$

Từ đó rút ra :

$$h = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}}$$

Đặt : $q = \frac{Q}{b}$, ta có :

$$h = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} \quad (30)$$

(30) cũng chính là công thức tính chiều sâu phân giới. Vậy (29) đã được chứng minh.

Viết
$$h_k^3 = \frac{\alpha Q^2}{gb^2} = \frac{\alpha(\omega_k v_k)^2}{gb^2} = \frac{\alpha b^2 h_k^2 v_k^2}{gb^2}$$

Cuối cùng :
$$h_k = \frac{\alpha v_k^2}{g}$$

Viết phương trình Bécnuí cho 2 mặt cắt tại trước đập và trên đỉnh đập, ta được :

$$v_k = \sqrt{\frac{2g(H_0 - h_k)}{1 + \xi}} = \varphi \sqrt{2g(H_0 - h_k)}$$

$$\frac{v_k^2}{g} = 2\varphi^2(H_0 - h_k) \quad \text{nên} \quad h_k = 2\varphi^2(H_0 - h_k)$$

Kí hiệu : $k = \frac{h_k}{H_0}$ hoặc $h_k = kH_0$

$$kH_0 = 2\varphi^2(H_0 - kH_0)$$

$$k = \frac{2\varphi^2}{1 + 2\varphi^2}$$

nên chiều sâu trên đỉnh đập bằng chiều sâu phân giới

$$h_k = \frac{2\varphi^2}{1 + 2\varphi^2} H_0 \quad (31)$$

Nếu $\xi = 0$; $\varphi = 1,0$ thì

$$h_k = \frac{2\varphi^2}{1 + 2\varphi^2} H_0 = \frac{2}{3} H_0 \quad (32)$$

và cách giải của Bêlăngiơ cũng trùng với cách giải của Bakhmêchép.

Vì $\varphi < 1,0$ nên k theo (31) nhỏ hơn $2/3$, do đó :

"Chiều sâu theo Bakhmêchép trên ngưỡng luôn bé hơn $2/3H_0$, còn theo Bêlăngiơ thì bằng $2/3H_0$ ".

+ Hệ số lưu lượng m của đập tràn đỉnh rộng

Lưu lượng có thể xác định theo công thức :

$$Q = \omega v = b \cdot h_k \cdot \varphi \sqrt{2g(H_0 - h_k)}$$

hoặc :

$$Q = \varphi \cdot b \cdot k \cdot H_0 \sqrt{2g(H_0 - kH_0)} = \varphi \cdot k \sqrt{1 - k} \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} \quad (33)$$

Thay vào công thức tính lưu lượng tổng quát của đập tràn (5), ta có :

$$m = \varphi \cdot k \cdot \sqrt{1 - k} \quad (34)$$

Nếu $\varphi = 1,0$ thì $m = 0,385$. Đây là hệ số m lớn nhất. Thông thường $m = 0,32 \div 0,35$.

2. Ảnh hưởng của sự co hẹp bên đối với hệ số lưu lượng

Ảnh hưởng của sự co hẹp bên đến hệ số lưu lượng của đập tràn đỉnh rộng được D. I. Cumin xác định bằng thực nghiệm đối với các trường hợp đập có các hình thức và mức độ co hẹp khác nhau theo chiều thẳng đứng và trên mặt bằng. Kết quả được lập thành bảng sau đây :

Tính chất thu hẹp ở cửa vào	m
1. Cửa vào rất không thuận, mức độ thu hẹp rất lớn, đầu cong, đập nhô ra mái dề thượng lưu.	0,30 ÷ 0,31
2. Cửa vào không thuận, ngưỡng đập vuông cạnh, mõ 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

3. Ảnh hưởng của tính ngập

Khi xem xét diễn biến của dòng chảy trên đỉnh đập ta gặp hiện tượng lúc mực nước hạ lưu cao hơn đỉnh đập một mức nào đó thì hình thành nước nhảy sóng trên đỉnh đập, nếu mực nước càng lên cao thì nước nhảy càng lùi dần về phía thượng lưu, nhưng chừng nào nước nhảy chưa làm ngập mặt cắt co hẹp (c-c), trên đỉnh đập vẫn còn có đoạn chảy xiết trước nước nhảy thì mực nước hạ lưu vẫn chưa ảnh hưởng đến lưu lượng hoặc mực nước thượng lưu, và đập vẫn còn là chảy không ngập.

Chỉ khi mực nước hạ lưu lên đến mức làm ngập mặt cắt co hẹp (nước nhảy ngập), dòng chảy ở trên đập hoàn toàn ở trạng thái chảy êm ($h > h_k$) thì lúc đó mới là chảy ngập.

Khi bắt đầu chảy ngập thì nếu độ sâu hạ lưu tăng lên sẽ làm lưu lượng giảm đi (với mực nước thượng lưu không đổi) hoặc sẽ làm mực nước thượng lưu tăng lên (với lưu lượng chảy về không đổi).

Nếu gọi độ ngập h_n lúc bắt đầu từ chảy không ngập sang chảy ngập là $(h_n)_{p.g.}$ thì theo Picalôp, trạng thái phân giới xảy ra lúc độ ngập hạ lưu h_n bằng độ sâu liên hiệp với h_c trong nước nhảy sóng :

$$(h_n)_{p.g.} = h''_c = k'' H_0$$

h''_c lấy theo công thức :

$$h''_c = k'' H_0 = \frac{2\varphi^2}{1 + 2\varphi^2(2\varphi^2 - 1)} H_0 \quad (35)$$

4. Công thức tính lưu lượng khi chảy ngập

Khi chảy ngập công thức lưu lượng sẽ là :

$$Q = \varphi_n \cdot b \cdot h_n \cdot \sqrt{2g(H_0 - h_n)} \quad (36)$$

Trong đó để tính gần đúng đã bỏ qua chiều cao phục hồi z_2 và lấy $h_n = h$, còn φ_n là hệ số lưu lượng cho trường hợp chảy ngập được lấy theo bảng sau :

Quan hệ giữa m và $\varphi, \varphi_n, k_1, k_2$

m	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,385
φ	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
φ_n	0,77	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	0,99	1

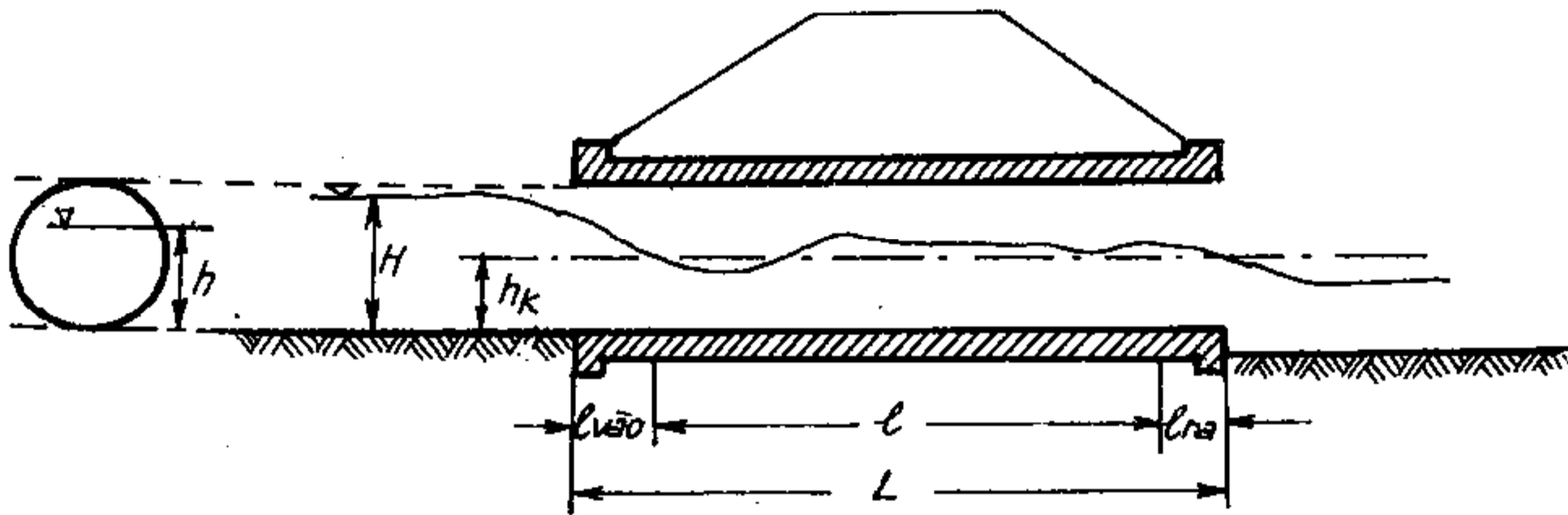
§XI-7. TÍNH THỦY LỰC CỐNG DÀI KHÔNG ÁP

Nhiều cống lộ thiên hoặc cống ngầm chảy không áp có mực nước thượng hạ lưu thấp hơn đỉnh cống và cửa cống kéo lên khỏi mặt nước.

Ta gọi chiều dài cống là L thì :

+ Với cống ngắn $L \leq (8 \div 10)H$ thì có thể coi như một đập tràn đỉnh rộng, không cần xét đến ảnh hưởng của chiều dài, độ nhám và độ dốc thân cống.

+ Với cống dài $L > (8 \div 10)H$ thì độ ảnh hưởng của sức cản trên thân cống, dòng chảy trên thân cống thực chất là một dòng không đều trên một đoạn kênh, lúc đó không phải đơn thuần độ sâu thượng hạ lưu quyết định hình thức chảy, mà còn do chiều dài, độ dốc và độ nhám của cống quyết định. Lúc này phải coi cống như là một đập tràn nối tiếp với một đoạn kênh để xét. Nhiều cống dưới đê, dưới đường thuộc loại này.



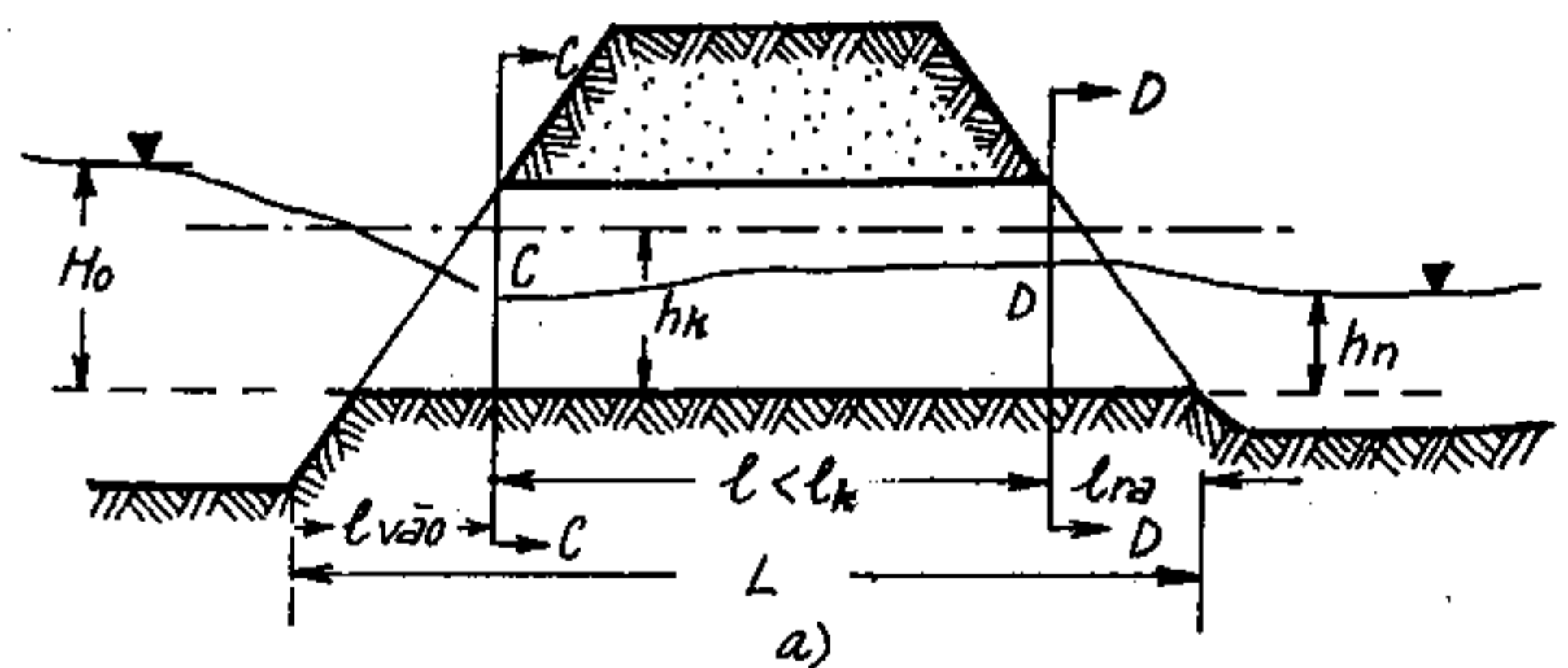
Để phân biệt cống dài và cống ngắn có thể lấy con số phân giới tổng quát như sau :

$$L_k = (8 \div 10)H \quad (37)$$

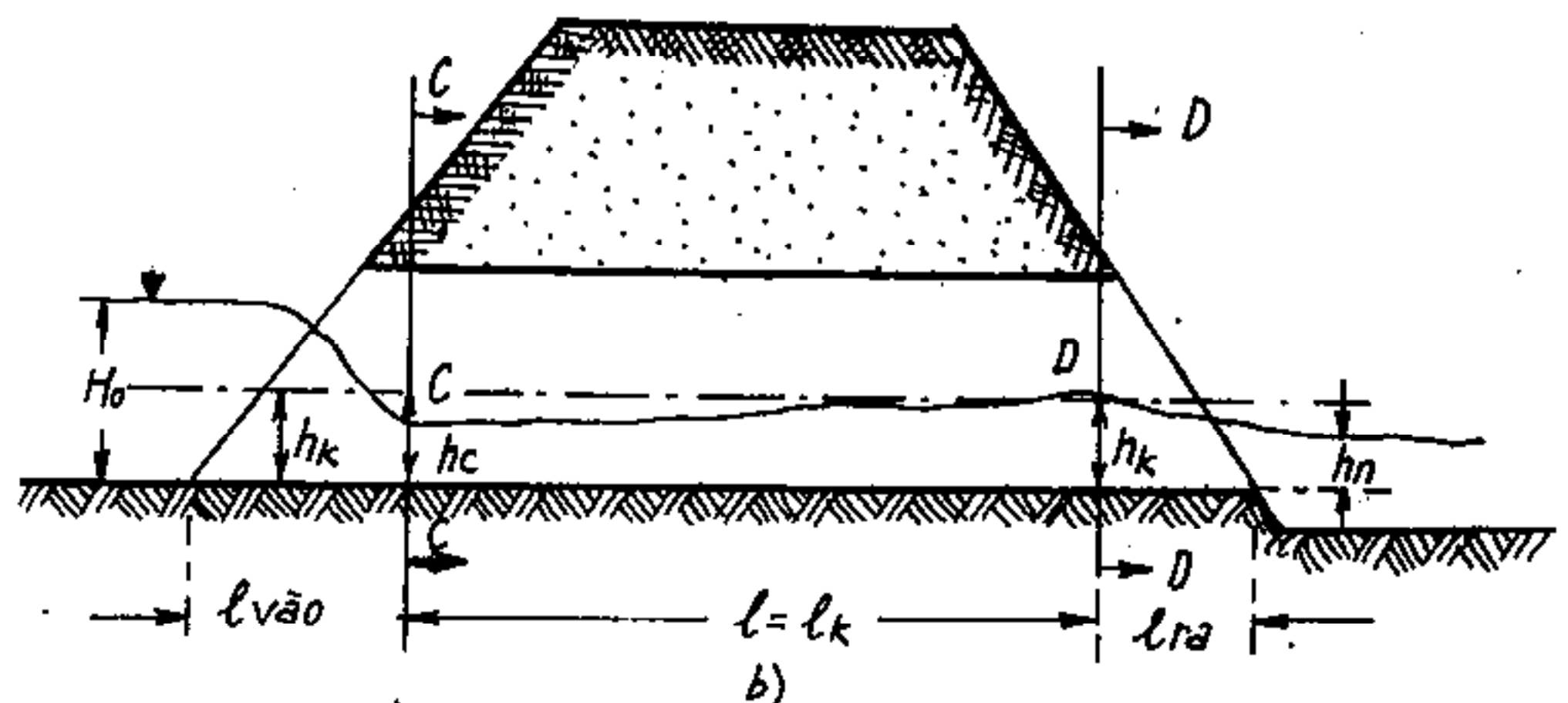
Cũng có thể lấy việc trong cống (trên đỉnh đập) xuất hiện nước nhảy sóng ngay cả khi độ sâu hạ lưu ở cửa ra nhỏ hơn độ phân giới : $h_n < h_k$ để làm tiêu chuẩn phân biệt cống dài, cống ngắn.

Ta xét một cống có đáy nằm ngang hoặc rất ít dốc ($0 \leq i \leq i_k$), có độ ngập sau hạ lưu $h_n < h_k$. Ta sẽ có lần lượt các sơ đồ sau đây :

Vậy chiều dài quá độ L_k giữa cống ngắn và cống dài là chiều dài sao cho đường nước dâng chảy xiết trong cống có



Cống ngắn $h_c < h_D < h_k$



Cống ngắn - phân giới $h_c < h_D = h_k$

độ sâu ở cuối cống (mặt cắt D-D) vừa đúng bằng độ sâu phân giới ($h_D = h_k$).
 Trị số L_k đó có thể tính bằng :

$$L_k = l_k + l_v + l_r \quad (38)$$

trong đó :

l_k - chiều dài đường nước dâng có độ sâu ở đầu trên là h_c và độ sâu ở đầu dưới là h_k , có thể tính theo phương pháp dòng không đều như đã trình bày ở chương IX.

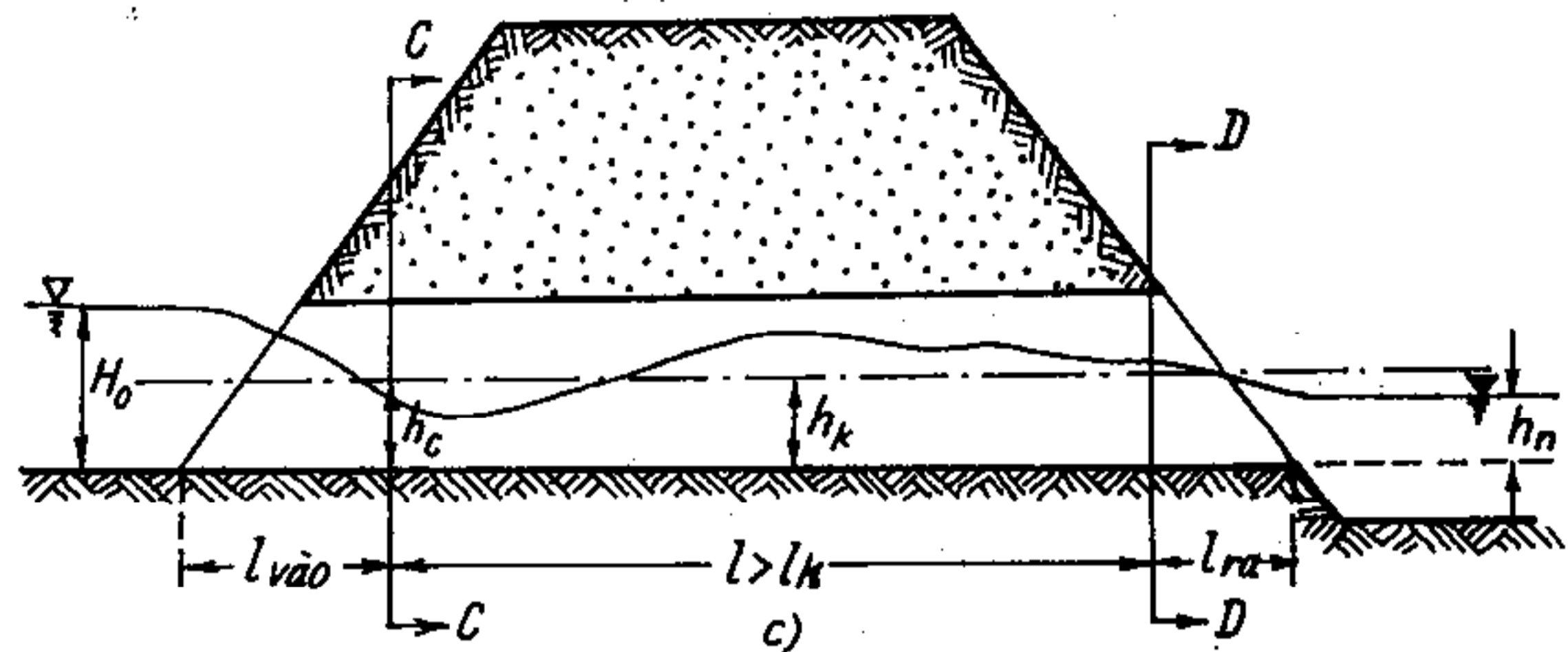
l_v - chiều dài đoạn cửa vào, từ đầu cống đến mặt cắt (c-c), lấy theo kinh nghiệm :

$$l_v = (1,5 - 2,5)(H_0 - h_c) \quad (39)$$

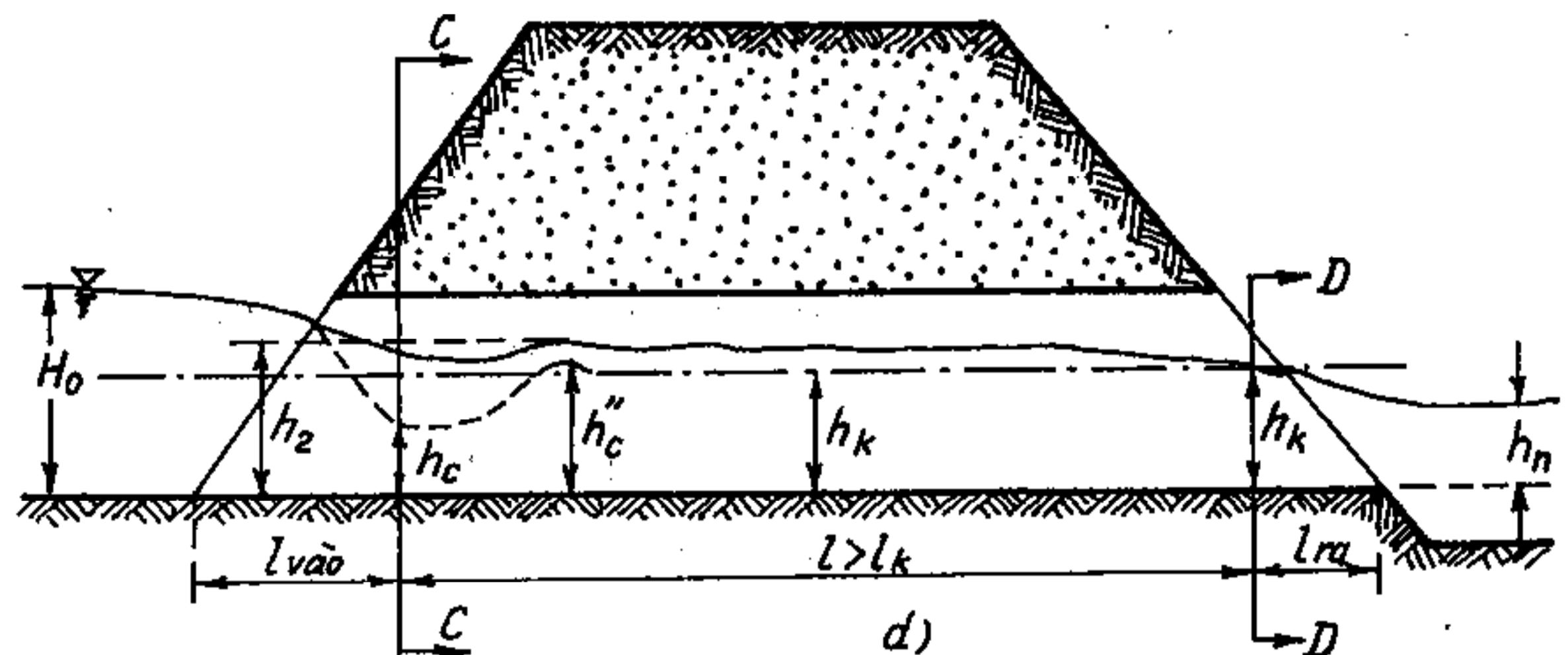
l_r - chiều dài đoạn cửa ra, từ mặt cắt (D-D) đến cuối cống :

$$l_r = 2,5(h_k - h_n) \quad (40)$$

Cống dài
 - có nước nhảy



Cống dài
 - có nước
 nhảy ngập



Cách tính cống dài không áp chỉ khác với cống ngắn (đập tràn đỉnh rộng đơn thuần) ở chỗ phải tính và vẽ đường mặt nước trong cống, xuất phát từ cửa ra (mặt cắt D-D) tại đó đã biết độ sâu là h_D , tính ngược lên thượng lưu để tìm ra độ sâu h_x tại mặt cắt (c-c) ở đầu cống, rồi coi độ sâu ấy là độ sâu hạ lưu của đập tràn.

Độ sâu h_D ở cửa ra lấy như sau :

$$\begin{aligned} h_D &= h_k & \text{nếu } h_n < h_k ; \\ h_D &= h_n - z_2 & \text{nếu } h_n > h_k. \end{aligned}$$

trong đó z_2 - độ cao phục hồi.

Biết độ sâu ở cuối là h_D và chiều dài $l = CD$ có thể tính ra độ sâu ở đầu là h_x . Sau khi tính được h_x , đem so sánh nó với chỉ tiêu ngập $(h_n)_{p.g.}$.

- + Nếu $h_x < (h_n)_{p.g.}$ thì tính cống như đập tràn đỉnh rộng không ngập;
- + Nếu $h_x > (h_n)_{p.g.}$ thì tính cống như đập tràn đỉnh rộng chảy ngập, có độ sâu trên đỉnh là $h = h_k$.

Tình hình ngập ở hạ lưu cũng phụ thuộc vào độ dốc đáy cống:

+ Cống dài với $i < i_k$ có thể là chảy ngập dù mực nước ở hạ lưu (cửa ra) còn thấp.

+ Cống dài có $i > i_k$ thì lại có thể là chảy không ngập dù mực nước hạ lưu ở cửa ra đã cao quá chỉ tiêu ngập của đập tràn đỉnh rộng.

Ví dụ XI-1 :

Tính lưu lượng qua đập tràn thành mỏng cửa chữ nhật có $b = B = 0,5m$, $P = P_1 = 0,35m$ $H = 0,4m$, độ sâu hạ lưu $h_n = 0,45m$.

Giải :

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma_n \cdot m_o \cdot b \sqrt{2g} H_o^{3/2}$$

$b = B$ không có hẹp bên $\varepsilon = 1$

Chế độ chảy :

$$\frac{Z}{P} = \frac{(H + P) - h_n}{P} = \frac{(0,35 + 0,4) - 0,45}{0,35} = 0,857$$

$\frac{Z}{P} > \left[\frac{Z}{P} \right]_{pg} = 0,75$: Chế độ chảy không ngập $\sigma_n = 1$.
 m_o tính theo công thức Tsugaep

$$\begin{aligned} m_o &= 0,402 + 0,054 \cdot \frac{H}{P_1} \\ &= 0,402 + 0,054 \cdot \frac{0,4}{0,35} = 0,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,46 \times 0,5 \cdot 4,43 \cdot 0,4^{3/2} \\ &= 0,26 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Ví dụ XI-2 :

Tính lưu lượng qua đập tràn mặt cắt thực dụng mặt cong không có chân không kiểu Corigio-Ôphoxêrôp loại I với $P = P_1 = 3,8m$, $\sum b = 90m$ chia làm 9 nhịp bằng các mố đầu tròn. Biết $H = H_{tk} = 2,4m$, $h_n = 5m$.

Giải :

$$Q = \sigma_n \cdot \varepsilon \cdot m \sum b \sqrt{2g} H_o^{3/2}$$

Xét chế độ chảy :

$$\frac{Z}{P} = \frac{(P_1 + H) - h_n}{P} = \frac{(3,8 + 2,4) - 5}{3,8} = 0,315$$

$$\frac{Z}{P} < \left[\frac{Z}{P} \right] \text{ chảy nhập } \sigma_n = f \left(\frac{h_n}{H_0} \right)$$

$$\frac{h_n}{H_0} = \frac{1,2}{2,4} = 0,5 \rightarrow \sigma_n = 0,972$$

Xét sự co hẹp đầu mố trụ tròn $\xi_{mtr} = 0,45$ xem $B = \sum b$; $\xi_{mb} = 0$

$$e = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mtr}}{n} \cdot \frac{H}{b}$$

$$= 1 - 0,2 \frac{(9-1)0,45}{9} \cdot \frac{2,4}{10} = 0,981$$

Bỏ qua v_0 $H \approx H_0$

$$Q = 0,972 \times 0,981 \times 0,504 \times 90 (2,4)^{3/2} \times 4,43 = 712,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ví dụ XI-3 :

Một đập tràn thực dụng hình cong có chân không đỉnh elip ($\frac{a}{b} = 2$, $r' = 1,5$) cột nước thiết kế là $H_{tk} = 3\text{m}$. Mực nước hạ lưu thấp hơn đỉnh đập. Đập có 4 nhịp $b = 10\text{m}$, đầu mố tròn. Đập cao 10m , dòng sông thượng lưu có chiều rộng $B = 60\text{m}$. Tính lưu lượng chảy qua đập.

Giải :

$$h_n = h_h - P_1 < 0 : \text{dòng chảy tự do qua đập.}$$

$$Q = \varepsilon \cdot m \sum b \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

Xác định hệ số co hẹp ε

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mtr}}{n} \cdot \frac{H}{b}$$

$$\xi_{mb} = 1 ; \quad \xi = 0,45 ; \quad n = 4 ; \quad b = 10$$

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{1 + 3 \times 0,45}{4} \cdot \frac{3}{10} = 0,954$$

$$m = f \left(\frac{a}{b}, r' \right) ; \quad \frac{a}{b} = 2 ; \quad r' = 1,5$$

Tra bảng trong mục XI-5-3 $m = f \left(\frac{a}{b}, r' \right) \rightarrow m = 0,546$

$$\Omega_{tl} = B(H + P) = 60 \times 13 = 780\text{m}^2$$

$$\omega = \sum b.H = 40 \times 3 = 120\text{m}^2$$

$\Omega_{tl} > 4\omega$ bỏ qua cột nước vận tốc đến gần

$$H_0 \approx H$$

$$Q = \varepsilon \cdot m \sum b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

$$= 0,954 \cdot 0,516 \times 40 \cdot 4,43 \cdot 3^{3/2}$$

$$= 453,6\text{m}^3/\text{s}$$

Ví dụ XI-4 :

Đập tràn thực dụng hình cong không có chân không loại II có $\alpha = 75^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $l/p = 1$, có 7 nhịp, mỗi nhịp rộng 5m, mố trụ dày 0,7m, mố bên lượn tròn. Đập cao $P = P_1 = 8m$, $h_h < P$. Sông phía thượng lưu có $B = 50m$. Xác định cột nước H khi tháo $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Giải :

Đập loại II : $m_{tc} = 0,48$.

Hệ số lưu lượng $m = \sigma_{hd} \cdot \sigma_H \cdot m_{tc}$

$\sigma_{hd} = f(\beta, \alpha, e/P) : \alpha = 75^\circ, \beta = 60 ; \frac{e}{P} = 1 : \text{tra bảng trong mục XI-5-2, } \sigma_{hd} = 1.$

ε : lần đầu giả thiết $\varepsilon = 1$, giả thiết $\sigma_H = 1$

$$m = m_{tc} = 0,48$$

$$H_o = \left(\frac{Q}{m \Sigma b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{300}{0,48 \cdot 35 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 2,53m$$

Xác định lại các thông số khi có giá trị H bước 1

$$\xi_{mb} = 0,7 ; \xi_{mtr} = 0,45 ; \quad b = 5$$

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1) \xi_{mtr}}{n} \cdot \frac{H}{b}$$

$$= 1 - 0,2 \frac{(0,7 + 6 \cdot 0,45)}{7} \cdot \frac{2,53}{5} = 0,95$$

$$H_o = \left(\frac{Q}{\varepsilon m \Sigma b \cdot \sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{300}{0,95 \times 0,48 \times 4,43 \times 35} \right)^{2/3} \\ = 2,62m$$

$$\Omega_1 = B \times (H + P_1) = 50 \times 10,5 = 525m^2$$

$$4\omega = 35 \times 2,54 = 350,$$

$$\Omega_t > 4\omega \text{ dẫn đến } H_o \simeq H = 2,62m$$

Ví dụ XI-5 :

Tính lưu lượng qua đập tràn đỉnh rộng có $b = B = 3m$, đầu ngưỡng vuông cạnh cao $P = P_1 = 0,8m$, $H = 2,03$, $h_h = 1,8m$, bỏ qua vận tốc đến gần.

Giải :

Lưu lượng qua đập tràn đỉnh rộng tính theo công thức cơ bản :

$$Q = m b \sqrt{2g} H_o^{2/3}$$

bỏ qua $\frac{v_o^2}{2g}$ $H_o = H$

$$\text{Xét chế độ chảy } h_n = h_h - P = 1,8 - 0,8 = 1m$$

Gần đúng lấy

$$\left[\frac{h_n}{H_0} \right]_{pg} = \left[\frac{h_n}{H_0} \right] = 0,8$$

$$\frac{h_n}{H} = \frac{1}{2,03} = 0,493$$

$\frac{h_n}{H} < \left[\frac{h_n}{H} \right]_{pg}$ chảy không ngập qua đập.

Cửa vào vuông cạnh theo Cumin (bảng trong mục XI-5.4.2) có $m = 0,33$.

Hoặc tính Q theo m tính toán với $\varphi = 0,963$; $k_1 = 0,471$, $k_2 = 0,830$ bằng công thức :

$$m = \varphi k \sqrt{1-k} \quad \text{Thay } k_1 = 0,471; k_2 = 0,83$$

ta có :

$$m_1 = 0,963 \cdot 0,471 \sqrt{1-0,471} = 0,33$$

$$m_2 = 0,963 \cdot 0,83 \sqrt{1-0,83} = 0,33$$

Vậy :

$$Q = m \cdot b \sqrt{2g} H^{3/2} = 0,33 \times 3,443 \cdot 2,03^{3/2} \\ = 12,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ví dụ XI-6 :

Cho đập tràn thành mỏng hình chữ nhật có $P = 0,4\text{m}$, $P_1 = 0,4\text{m}$, $B = 0,5\text{m}$, $h = 0,7\text{m}$, $H = 0,4\text{m}$, $Q = 0,178 \text{ m}^3/\text{s}$. Xác định chiều rộng tuyến đập.

Giải

$$Q = \sigma_n \cdot \varepsilon \cdot m_0 \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

Giả thiết không co hẹp : $\varepsilon = 1$

Chế độ chảy :

$$\frac{Z}{P} = \frac{(P_1 + H) - h_n}{P} = \frac{(0,4 + 0,4) - 0,7}{0,4} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25$$

$$\frac{Z}{P} < \left[\frac{Z}{P} \right]_{pg} = 0,75$$

Theo Badanh :

$$\sigma_n = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{h_n}{P} \right)^3 \sqrt{\frac{Z}{H}}$$

$$= 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{0,3}{0,4} \right)^3 \sqrt{\frac{0,1}{0,4}}$$

$$= 0,75$$

Hệ số lưu lượng tính theo Tsugaep

$$m_0 = 0,402 + 0,054 \frac{H}{P_1} = 0,402 + 0,054 \frac{0,4}{0,4} = 0,456$$

Chiều rộng tuyến tràn

$$b = \frac{0,178}{0,76 \cdot 0,456 \cdot 4,43 \cdot (0,4)^{3/2}} = 0,458\text{m}$$

Tính hệ số lưu lượng khi có co hẹp bên.

$$m_e = \left[0,405 + \frac{0,003}{H} - 0,03 \frac{B-b}{B} \right] \left[1 + 0,55 \frac{b}{B} \left(\frac{H}{H+P_1} \right)^2 \right]$$
$$= \left[0,405 + \frac{0,003}{0,4} - 0,03 \frac{0,5-0,458}{0,5} \right] \left[1 + 0,55 \frac{0,458}{0,5} \left(\frac{0,4}{0,8} \right)^2 \right] = 0,4567$$

$m_o \approx m_e$ dẫn đến $b = 0,46\text{m}$.

Ví dụ XI-7 :

Đập tràn có $P = P_1 = 8\text{m}$ được chia thành 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 $H_{tk} = 2,0\text{m}$, mực nước hạ lưu $h_h = 5\text{m}$, sông phía thượng lưu có $B = 80\text{m}$. Xác định b khi đập là hình cong loại II.

Giải :

Vì $h_n < 0$ nên dòng chảy tự do qua đập. Đập tràn mặt cắt thực dụng mặt cong loại I có $m_{tc} = 0,48$.

$$v_o^2 = \frac{Q}{\omega} = \frac{300}{(2+8) \times 80} = 0,375 \text{ m/s}$$

$$\frac{\alpha v_o^2}{2g} = \frac{1 \times 0,375^2}{9,81 \times 2} = 0,007 \approx 0 \text{ xem } H_o = H$$

$Q = \sigma_n \cdot \varepsilon \cdot m \cdot n \cdot b \sqrt{2g} H^{3/2}$. Lấy $\sigma_n = 1$.

$$\varepsilon b = \frac{Q}{n \cdot m \sqrt{2g} H^{3/2}} = \frac{300}{7 \cdot 0,38 \cdot 4,432^{3/2}}$$

Mặt khác hệ số co hẹp ε tính từ công thức

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{(\zeta_{mb} + (n-1)\zeta_{mtr})}{n} \cdot \frac{H_o}{b}$$

$$\varepsilon \cdot b = b - 0,2 \frac{\zeta_{mb} + (n-1)\zeta_{mtr}}{n} \cdot H$$

$$b = \varepsilon b + 0,2 \frac{\zeta_{mb} + (n-1)\zeta_{mtr}}{n} \cdot H$$

$$= 7,12 + \frac{0,2(0,7 + 6 \cdot 0,45)}{7} \cdot 2 = 7,3\text{m}$$

Ví dụ XI-8 :

Đập tràn đỉnh rộng có $P = P_1 = 1\text{m}$. Đầu ngưỡng vuông cạnh cao, cột nước tràn $H = 2,3\text{m}$, $h_n = 1,8\text{m}$. Bỏ qua vận tốc đến gần. $Q = 20\text{ m}^3/\text{s}$. Xác định chiều rộng ngưỡng tràn, biết $B = 6\text{m}$.

Giải :

Chế độ chảy qua đập

$$h_n = h_h - P = 1,8 - 1 = 0,8\text{m}$$

$$\frac{h_n}{H} < \left[\frac{h_n}{H_0} \right]_{pg} = 0,7 \div 0,85 \text{ dòng tràn qua đập là chảy tự do}$$
$$\frac{h_n}{H} = \frac{0,8}{2,3} = 0,35$$

Theo Cumin $m = 0,33$.

$$Q = \varepsilon \cdot m \cdot \Sigma b \sqrt{2g} H_0^{3/2} = \varepsilon \cdot m \cdot n b \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

$$H_0 = H$$

$$\varepsilon b = \frac{Q}{m \cdot n \sqrt{2g} H^{3/2}} = \frac{20}{0,33 \cdot 4,43 \cdot 3,5} = 3,92\text{m}$$

Mặt khác :

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1) \xi_{mtr}}{n} \cdot \frac{H}{b}$$

$$\varepsilon b = b - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1) \xi_{mtr} \cdot H}{n}$$

$$b = \varepsilon b + 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1) \xi_{mtr} \cdot H}{n}$$

$$n = 1 \quad \xi_{mb} = 0,7$$
$$= 3,92 + 0,2 \cdot 0,7 \cdot 2,3 = 4,24\text{m}$$

Ví dụ XI-9 :

Thiết kế đập có $H = 4\text{m}$, $P = 8\text{m}$. Chọn kiểu đập tràn mặt cong loại I không có chân không $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $R = 0,5$, $P = 4\text{m}$.

Giải :

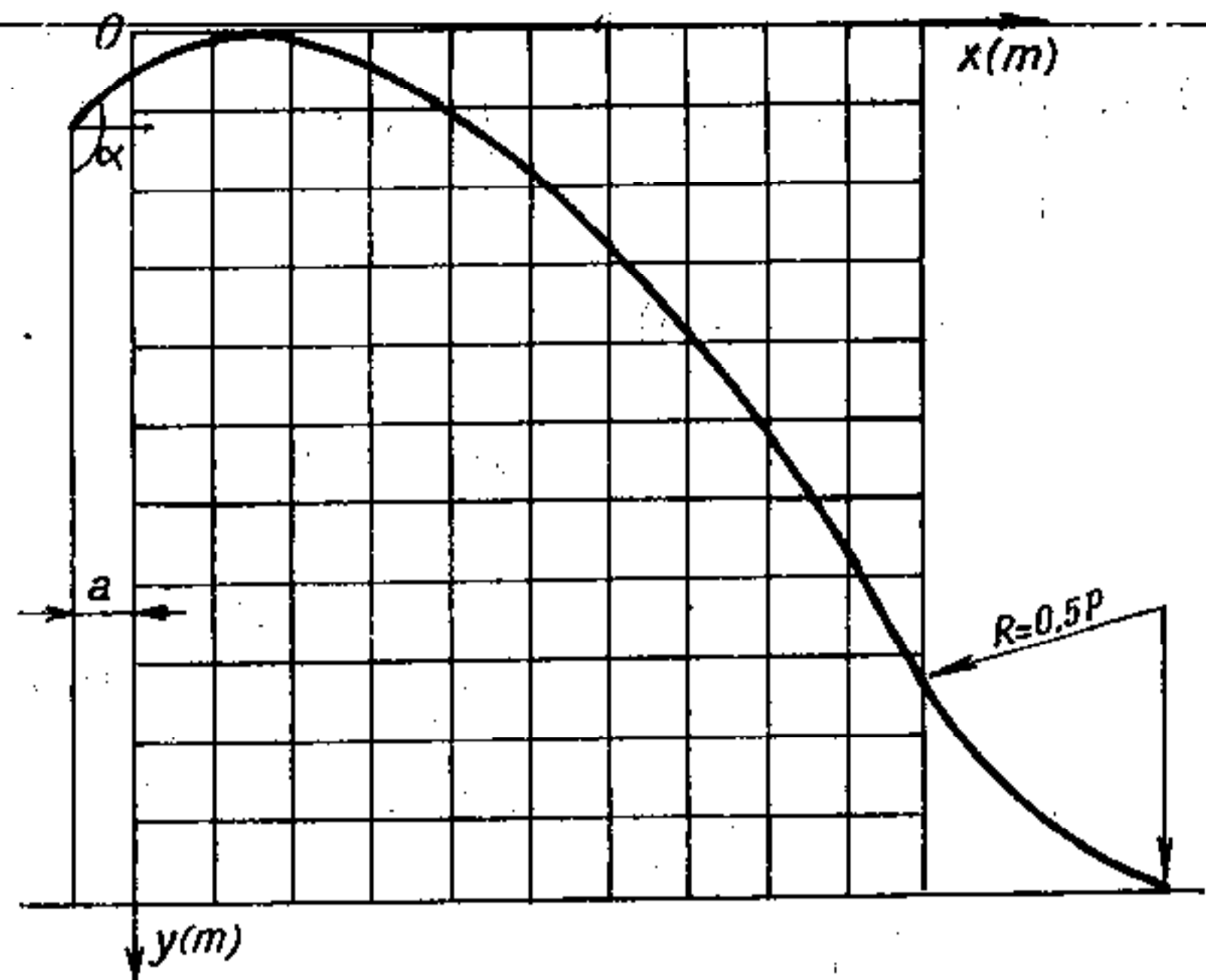
Dựa vào bảng tọa độ đường cong mặt đập không có chân không vẽ theo phương pháp Corigio - Ôphixêrốp cho chiều cao $H = 1\text{m}$.

$$\bar{x} = \frac{x}{H_{tk}} ; \bar{y} = \frac{y}{H_{tk}} \text{ từ đó ta tính được}$$

$$x = \bar{x} \cdot H_{tk} ; y = \bar{y} \cdot H_{tk}$$

\bar{x} , \bar{y} , x , y ở bảng sau.

$\bar{x} = \frac{x}{H_{tk}}$	$x = \bar{x} \cdot H_{tk}$	$\bar{y} = \frac{y}{H_{tk}}$	$y = \bar{y} \cdot H_{tk}$
0	0	0,126	0,504
0,1	0,4	0,036	0,144
0,2	0,8	0,007	0,028
0,3	1,2	0,00	0,00
0,4	1,4	0,007	0,028
0,5	2,4	0,06	0,24
0,8	3,2	0,147	0,588
1,0	4,0	0,256	1,024
1,2	4,8	0,393	1,572
1,4	5,6	0,563	2,25
1,7	6,8	0,873	3,5
2	8	1,235	4,95
2,5	10	1,960	7,84



Hình dạng đập được biểu thị trên hình vẽ.

Ví dụ XI-10 :

Thiết kế đập có chân không đều hình elip có $H_{tk} = 4m$

$$\frac{a}{b} = 2 ; \frac{H_0}{r'} = 2.$$

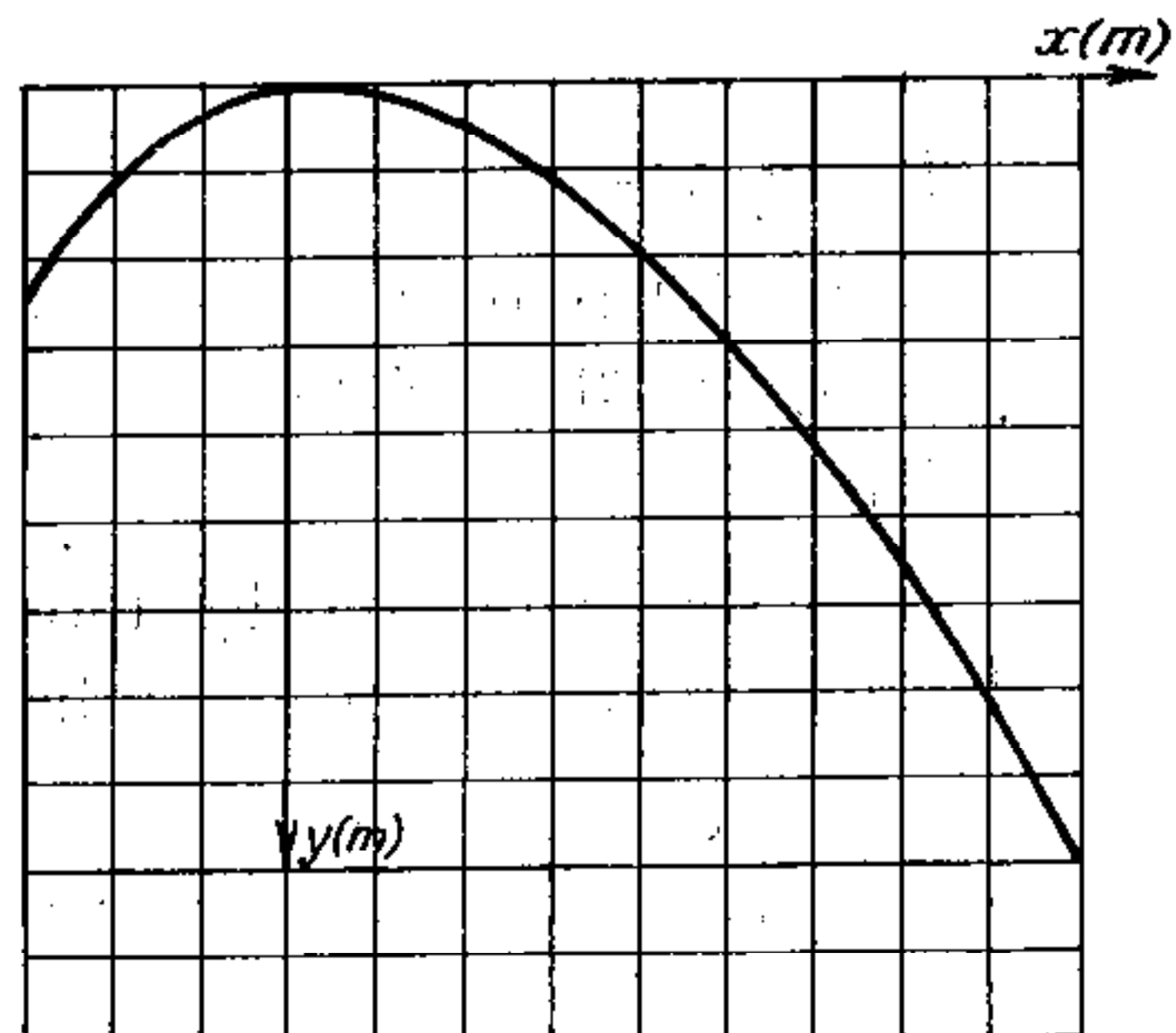
Giải : $\frac{H_0}{r'} = 2$ dẫn đến $r' = \frac{H_0}{2} = \frac{4}{2} = 2m.$

$$\bar{x} = \frac{x}{r'} ; x = \bar{x} \cdot r' ;$$

$$\bar{y} = \frac{y}{r'} ; y = \bar{y} \cdot r'.$$

Các kết quả được ghi ở bảng sau :

Tên điểm	$\bar{x} = \frac{x}{r'}$	$x = \bar{x} \cdot r'$	$\bar{y} = \frac{y}{r'}$	$y = \bar{y} \cdot r'$
1	-0,692	-1,384	0,830	1,66
2	-0,56	-1,12	0,248	0,496
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,629	1,26	0,226	0,452
5	1,242	2,484	0,730	1,46
6	1,682	3,364	1,278	2,556
7	2,327	4,654	2,246	4,5
8	2,956	5,912	3,189	6,38



Ví dụ XI-11 :

Tính lưu lượng qua đập tràn thành mỏng hình chữ nhật có $P = 0,5m$, $P_1 = 0,4m$, $B = 0,5m$, $b = 0,4m$, $h_h = 0,7m$, $H = 0,4m$.

Đáp số : $Q = 0,143 m^3/s$

Ví dụ XI-12 :

Để đo lưu lượng trong phòng thí nghiệm người ta dùng một đập thành mỏng cửa chữ nhật có chiều rộng $b = 60m$. Đập không có co hẹp. Xác định chiều cao H trước đập khi $P = P_1 = 0,4m$, $h_h = 3,0cm$, $Q = 45 l/s$.

Đáp số : $H = 0,118m$

Ví dụ XI-13 :

Cho một đập tràn có $P = P_1 = 0,5m$, $b = 0,6m$ yêu cầu xác định cột nước H trước đập khi $Q = 0,04 m^3/s$ với $B = 0,5m$, $h_h = 0,5m$.

Đáp số : $H = 0,11m$

Ví dụ XI-14 :

Để nâng cao mực nước tưới trong kênh có chiều rộng $B = 2,00m$ có lưu lượng $Q = 1 m^3/s$, độ sâu tương ứng trong kênh hạ lưu là $h_k = 0,8m$ người ta thả một hàng phai cao $P = P_1 = 0,4m$, phai dày $\delta = 0,1m$.

Tính chiều rộng tuyến tràn để nâng mực nước thượng lưu lên $h_{tl} = 1m$.

Đáp số : $b = 1,3m$

Ví dụ XI-15 :

Xác định chiều rộng của một đập tràn hình cong loại II có $H = 2m$, $B = 16m$, đập có 2 khoang. Mỗi khoang có trụ nửa hình tròn, mố bên là cung tròn, $P_1 = P_2 = 4m$, $H = 2m$, $h_h = 1,5m$, $Q = 15 m^3/s$.

Đáp số : $\sum b = 7,94m$

Ví dụ XI-16 :

Thiết kế đập có $H = 3m$, $P = 5m$, đập loại II. Không có chân không $a = 0,2m$, $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 60^\circ$.

Đáp số :

x	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,8	2,4
y	0,138	0,03	0,00	0,015	0,069	0,294	0,567
x	3	3,6	4,2	5,1	6	7,5	
y	0,963	1,26	1,995	2,976	4,116	6,42	