

CHƯƠNG IV

ĐẬP TRÀN
(Spillways)

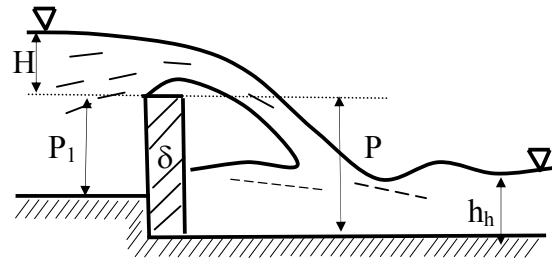
4.1 KHÁI NIỆM CƠ BẢN

4.1.1 Định nghĩa

Vật kiến trúc ngăn một dòng không áp làm cho dòng đó chảy tràn qua đỉnh gọi là đập tràn.

- b gọi là chiều rộng đập tràn hay chiều dài đoạn tràn nước. (Nếu đập có nhiều đoạn tràn mà bằng nhau, thì b là chiều rộng của một đoạn tràn và n là số cửa tràn. Như vậy chiều rộng nước tràn qua một đập có nhiều cửa bằng $n.b$

- P_1 gọi là chiều cao đập so với đáy hoặc đáy sông thượng lưu.
- P gọi là chiều cao đập so với đáy hạ lưu.
- δ gọi là chiều dày đỉnh đập.
- H gọi là cột nước tràn, chiều cao mặt nước thượng lưu so với đỉnh đập. Đo tại mặt cắt 0-0 cách đập từ $(3 \div 5)H$.
- h_h gọi là chiều sâu hạ lưu. (Mực nước có thường xuyên ở hạ lưu)
- $h_n = h_h - P$ gọi là độ ngập hạ lưu.



Hình 4-1

4.1.2 Phân loại đập tràn

a. Theo chiều dày đỉnh đập

- Đập tràn thành mỏng:

$0 < \delta < 0,67H.$

Chiều dày và hình dạng không ảnh hưởng đến làn nước tràn và lưu lượng (Hình 4-2a).

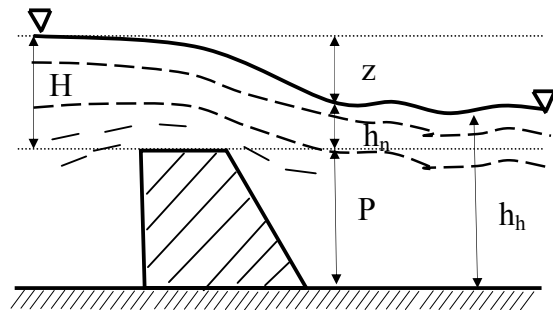


Hình 4-2a

- Đập tràn mặt cắt thực dụng:

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

Khi đó chiều dày đỉnh đập ảnh hưởng đến làn nước tràn, nhưng quá lớn. Mặt cắt đập có thể là đa hoặc hình cong (Hình 4-2b và Hình 4-2c).



ảnh không
giác
Hình

Hình 4-2b

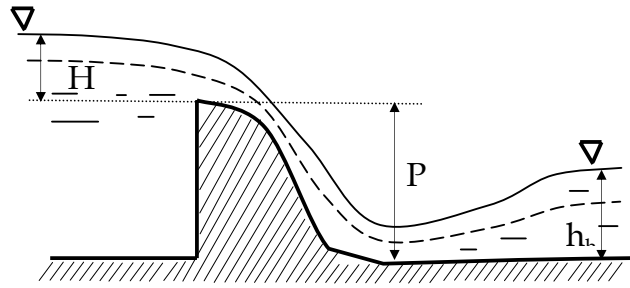
- Đập tràn đỉnh rộng:

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

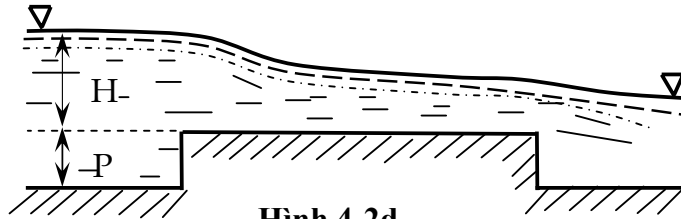
Trên đỉnh đập hình thành dòng chảy thay đổi dần (**Hình 4-2d**).

- Đoạn kênh :

$$\delta > (8 \div 10)H$$

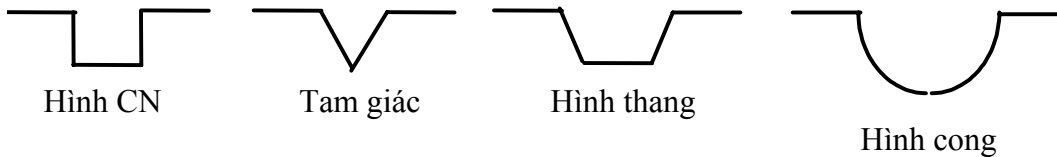


Hình 4-2c



Hình 4-2d

b. Phân loại theo dạng cửa tràn



Hình 4-3.

c. Theo hướng đập so với dòng chảy chính

- Đập đặt thẳng góc với dòng chảy.
- Đập đặt xiên.
- Đập bên, đặt ở 1 bên bờ song song với dòng chảy.

d. Tùy theo ảnh hưởng của mực nước hạ lưu đối với khả năng tháo nước của đập, có thể có một trong hai chế độ chảy:

- Chảy không ngập: Q, H không ảnh hưởng đến h_n.
- Chảy ngập: Q, H ảnh hưởng h_n.

Ngoài ra còn có chảy co hẹp và không co hẹp... Còn có thể nhiều cách phân loại khác nhau.

4.2 CÔNG THỨC CHUNG ĐẬP TRÀN

4.2.1 Chảy không ngập

Trong chế độ chảy không ngập, lưu lượng chảy qua đập tràn Q có quan hệ như sau:

$$Q = f(W, g, H_0)$$

Trong đó:

$$H_0 = H + \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2 \cdot g}; \quad (4-4)$$

W diện tích cửa tràn;

H_0 cột nước toàn phần.(bao gồm cả cột nước lưu tốc đi đến)

Trường hợp thường gặp là cửa tràn chữ nhật, thì kích thước cửa tràn biểu thị:

b là chiều rộng đập. Nên ta có quan hệ:

$$Q = f(b, H_0, g)$$

Ta có thể viết viết quan hệ này dưới dạng:

$$Q = c \cdot b^x \cdot g^y \cdot H_0^z.$$

c là hằng số không thứ nguyên phụ thuộc vào hình dạng mặt cắt, chiều dày đỉnh đập.v.v...

Ta dùng phương pháp phân tích 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 tỷ lệ với chiều rộng b, nghĩa là $x=1$, ta có phương trình thứ nguyên:

$$[Q] = [b] \cdot [g]^y \cdot [H_0]^z$$

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

Cân bằng thứ nguyên hai vế, ta được:

$$L : 3 = 1 + y + Z$$

$$T : -1 = - 2y$$

Giải ra ta được:

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

Vậy :

$$Q = cb\sqrt{g}H_0^{\frac{3}{2}}$$

Đặt: $m = \frac{c}{\sqrt{2}}$, ta được:

$$Q = mb\sqrt{2g}H_0^{\frac{3}{2}} \quad (4-5)$$

m là hệ số lưu lượng phụ thuộc đặc tính, cấu tạo từng loại đập.

4.2.2 Chảy ngập

Trong trường hợp chảy ngập, mực nước hạ lưu ảnh hưởng đến khả năng tháo nước của đập, làm giảm lưu lượng qua đập (khi cột nước toàn phần không đổi). Công thức tổng quát có thể viết thành:

$$Q = \sigma_n \cdot mb\sqrt{2g}H_0^{\frac{3}{2}} \quad (4-5')$$

σ_n là hệ số ngập ($\sigma_n < 1$), phụ thuộc chủ yếu vào mức đô ngập, tức quan hệ giữa h_n và H. Điều kiện chảy ngập và trị số ngập sẽ được xét cho từng loại đập cụ thể.

4.2.3 Ảnh hưởng co hẹp bên

Thường chiều rộng đập tràn nhỏ hơn chiều rộng của kênh, sông vì trong thực tế, một là cần hết sức rút ngắn chiều dài phần tràn nước của công trình ngăn sông; hai là do yêu cầu củng cố hai bên bờ sông ở hai đầu đập thường có mỏ. Do đó, dòng chảy bị

thu hẹp ở hai bên, chiều rộng thực tế của dòng chảy trên đỉnh đập nhỏ hơn chiều rộng đập.

Hiện tượng đó gọi là co hẹp bên. Co hẹp làm giảm lưu lượng chảy qua đập. Công thức tổng quát đập tràn trong trường hợp có co hẹp bên có thể viết :

$$Q = \varepsilon mb \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \quad (4-6)$$

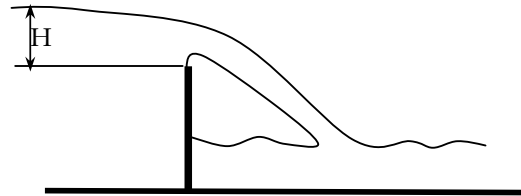
Với:

ε Hệ số co hẹp bên, phụ thuộc mức độ co hẹp và hình dạng cửa vào trên mặt bằng. Trị số co hẹp sẽ được xét riêng từng loại đập cụ thể.

4.3 ĐẬP TRÀN THÀNH MỎNG (Sharp-crested weir)

4.3.1 Các dạng nước chảy

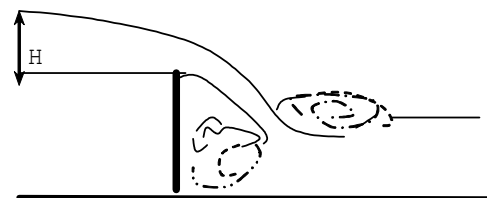
Đối với đập tràn thành mỏng, ngoài hai chế độ chảy không ngập và chảy ngập, thì riêng trong trường hợp chảy không ngập, còn có thể có ba dạng chảy khác nhau sau đây, tùy theo tình hình thông khí cho phần không gian dưới làn nước tràn:



Hình 4-4

a. Chảy tự do (hình 4-4)

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



Hình 4-5

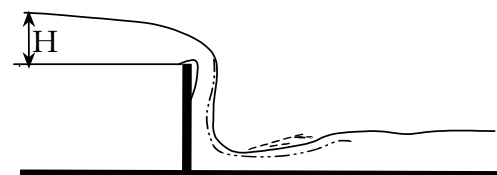
b. Chảy bị ép (hình 4-5)

Khi ở phần không gian dưới làn nước tràn, không khí bị làn nước cuốn đi mà không bổ sung đầy đủ, sinh ra chân không, làm cho làn nước không đổ được tự do mà bị ép vào gần thành đập.

c. Chảy bị ép sát (hình 4-6)

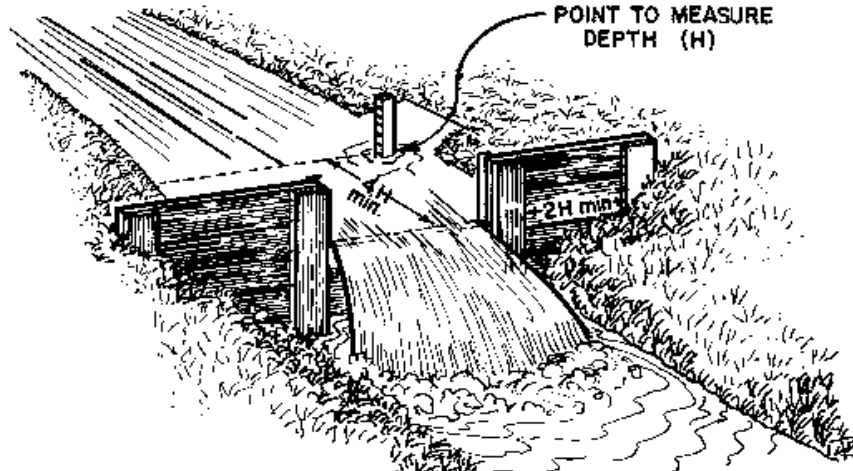
Khi cột nước H tràn nhỏ mà dưới làn nước tràn không khí không vào được tự do, thì làn nước tràn bám sát vào thành đập mà rơi xuống.

Ghi chú: Hai loại chảy bị ép và chảy bị ép sát tuy có hệ số lưu lượng m lớn hơn chảy tự do, nhưng không ổn định, làn nước lay động, hệ số lưu lượng m thay đổi. Trong chảy tự do thì làn nước tràn ổn định, hệ số lưu lượng m không đổi nên đập chảy tự do được dùng làm một công cụ đo lưu lượng trên kênh. Do đó, ở đây ta đi sâu xét cho trường hợp chảy tự do. Đập tràn thành mỏng chảy tự do không có co hẹp bên được gọi là đập tiêu chuẩn.



Hình 4-6

4.3.2 Công thức tính lưu lượng của đập tràn thành mỏng tiêu chuẩn



Hình 4-7

Theo công thức tổng quát :

$$Q = mb\sqrt{2g}H_0^{\frac{3}{2}}$$

Thay công thức (4-5), ta có:

$$Q = mb\sqrt{2g}\left(H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Rút H ra ngoài ngoặc, ta được:

$$Q = mb\sqrt{2g}\left(1 + \frac{\alpha v_0^2}{2gH}\right)^{\frac{3}{2}} H^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \tag{4-7}$$

với:

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

Trị số m_0 được xác định bằng thực nghiệm:

- Theo Ba-danh:

$$m_0 = \left(0.405 + \frac{0.003}{H}\right) \left[1 + 0.55 \left(\frac{H}{H + P_1}\right)^2\right] \tag{4-8}$$

Phạm vi chính xác của công thức trên:

$$\begin{aligned} 0.2 \text{ m} < b < 2 \text{ m} \\ 0.24 \text{ m} < P_1 < 1.13 \text{ m} \\ 0.05 \text{ m} < H < 1.24 \text{ m} \end{aligned}$$

- Theo Tru-ga-ep : (Quy định dùng trong quy phạm tạm thời):

$$m_0 = 0.402 + 0.054 \frac{H}{P_1} \tag{4-9}$$

Phạm vi chính xác: $P_1 > 0.5H$ và $H > 0.1 \text{ m}$

Trong các phạm vi nói trên, lưu lượng tính bằng công thức đập tràn thành mỏng có thể chính xác đến 1%, do đó đập tràn thành mỏng tiêu chuẩn được dùng làm một công cụ đo lưu lượng trên kênh, chỉ cần đo cột nước H trên đập là có thể tính ngay ra lưu lượng.

4.3.3 Ảnh hưởng co hẹp bên

Ta tính theo công thức:

$$Q = m_c b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \tag{4-10}$$

Trong đó:

$$m_c = \epsilon m_0 = A_1 A_2 \tag{4-11}$$

Trị số m_c có thể lấy theo thực nghiệm của Ba-danh.

$$A_1 = 0.405 + \frac{0.0027}{H} - 0.03 \frac{B-b}{B} \tag{4-12}$$

$$A_2 = 1 + 0.55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 \left(\frac{H}{H + P_1} \right)^2 \tag{4-13}$$

4.3.4 Chảy ngập

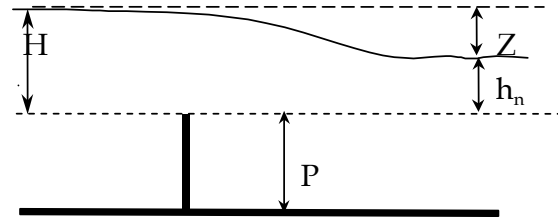
Điều kiện chảy ngập:

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

$$h_n > P \text{ hay } h_n > 0$$

ở đó: $h_n = h_n - P$ (4-14)

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



Hình 4-8

Điều kiện thứ 2 là:

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

trong đó:

$$z = H - h_n; \tag{4-15}$$

$$\left(\frac{z}{P} \right)_{pg} = f \left(\frac{H}{P} \right)$$

Tra bảng hay đồ thị thực nghiệm, cũng có thể lấy gần đúng :

$$\left(\frac{z}{P} \right)_{pg} = 0,7 \div 0,75$$

Nếu điều kiện thứ 2 không thỏa mãn thì *chảy tự do*, mặc dù mực nước cao hơn đỉnh đập tràn, nhưng mực nước hạ lưu không ảnh hưởng lưu lượng tràn.

Cả hai điều kiện trên thỏa, tính công thức chảy ngập như sau:

$$Q = \sigma_n m_0 b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \tag{4-16}$$

Trong đó hệ số ngập tính theo Ba-danh:

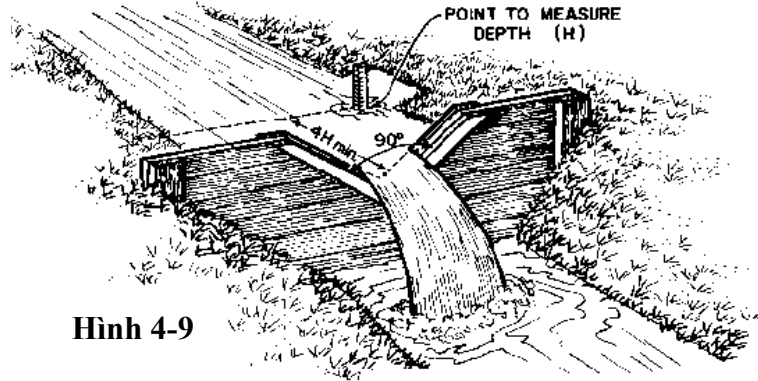
$$\sigma_n = 1.05 \left(1 + 0.2 \frac{h_n}{P} \right) \cdot \sqrt[3]{\frac{Z}{H}} \tag{4-16}$$

Nếu vừa chảy ngập vừa co hẹp bên:

$$Q = \sigma_n m_c b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \tag{4-16}$$

4.3.5 Đập tràn thành mỏng cửa tam giác và hình thang

a. Đập tràn cửa tam giác



Hình 4-9

Cũng bằng phương pháp phân tích thứ nguyên như đã làm đối với đập cửa chữ nhật, ta được công thức tính lưu lượng của đập tràn cửa tam giác dưới dạng:

$$Q = m_0 t g \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{\frac{5}{2}}$$

trong đó :

θ Góc ở đỉnh tam giác.

Thay:

$$m_0 t g \frac{\theta}{2} = m_{tg}$$

Thì:

$$Q = m_{tg} \sqrt{2g} H^{\frac{5}{2}}$$

Đặt:

$$M_{tg} = m_{tg} \sqrt{2.g}$$

Ta được:

$$Q = M_{tg} H^{\frac{5}{2}} \tag{4-17}$$

Thường làm đập với $\theta = 90^0$, theo thực nghiệm của Tomson trị số M_{tg} lúc đó bằng:

$$M_{tg}=0,316$$

Thay vào ta có:

$$Q=1,4H^{2,5} \quad (m^3/s) \quad (H \text{ tính theo đơn vị là mét}) \tag{4-18}$$

$$Q= 4,427H^{2,5} \quad (l/s) \quad (H \text{ tính theo đơn vị là dm}) \tag{4-19}$$

Độ chính xác là 1% trong phạm vi $0,05m < H < 0,25m$. Trường hợp H lớn hơn dùng cửa tràn hình thang.

b) Đập tràn cửa hình thang

Đập tràn cửa hình thang được dùng để đo lưu lượng lớn quá phạm vi đập cửa tam giác, khi không thể làm được đập cửa chữ nhật không co hẹp bên.

Bằng cách phân tích thứ nguyên ta có thể thấy rằng lưu lượng qua đập cửa hình thang vẫn có dạng như cửa chữ nhật:

$$Q = m_{th} b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \tag{4-20}$$

trong đó:

m_{th} : Hệ số lưu lượng của đập cửa hình thang, tất nhiên phụ thuộc góc θ_1
 b là chiều rộng đáy hình thang.

Thường làm đập có $tg\theta_1 = 0.25$. Gọi là đập Xipoletti, theo thực nghiệm của có:

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

Nên:

$$Q = 0.42b\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}}$$

Hay là:

$$Q = 1.86bH^{\frac{3}{2}} \quad (m^3/s) \quad (4-21)$$

Công thức này được áp dụng trong điều kiện $b > 3H$, $P1 > 0$, chảy tự do và lưu tốc tới gần không đáng kể.

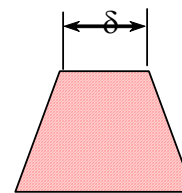
4.4 ĐẬP TRÀN MẶT CẮT THỰC DỤNG

4.4.1 Hình dạng mặt cắt

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

$$0.67H < \delta < (2 - 3)H$$

Mái dốc thượng hạ lưu khác nhau. Các đập này có cấu tạo đơn giản, dễ xây dựng bằng mọi vật liệu bê tông, gạch đá, gỗ..., nhưng có nhược điểm là có hệ số lưu lượng nhỏ so với các loại mặt cắt hình cong.

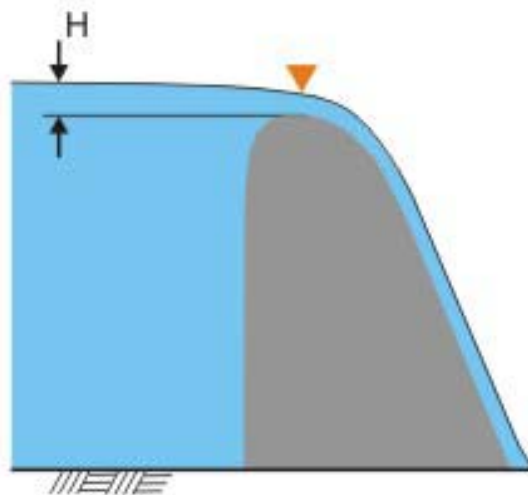


Hình 4 -10

b. 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, dễ tháo các vật trôi trong nước, nhưng xây dựng có phức tạp hơn. Đập mặt cắt hình cong thường có hai loại:

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



Hình 4-11

- 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.

4.4.2 Công thức tính lưu lượng

Ta dùng công thức tổng quát(4-5):

$$Q = mb\sqrt{2g}H_0^{\frac{3}{2}}$$

Trong thức tế, các đập hình cong thường được chia thành nhiều nhịp bởi các mô trụ. Trong trường hợp đó, ta quy ước kí hiệu:

b là chiều rộng của một nhịp đập

$\sum b$ là chiều rộng tràn nước của toàn đập.

Vì chia thành nhiều nhịp nên dòng chảy tràn bị thu hẹp bên, ta có công thức tính lưu lượng của toàn đập là:

$$Q = \sigma_n \varepsilon . m \sum b \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \quad (4-22)$$

Theo qui định, nếu thỏa mãn điều kiện sau đây, thì lưu tốc đi tới đủ nhỏ để có thể bỏ qua cột nước lưu tốc $\frac{\alpha . v_0^2}{2.g}$ mà lấy $H=H_0$:

$$\Omega_t > 4 . \sum b H \quad (4-23)$$

Trong đó :

Ω_t là diện tích mặt cắt dòng chảy thượng lưu đập.

4.4.3 Điều kiện chảy ngập và hệ số ngập

Điều kiện chảy ngập của đập tràn có mặt cắt thực dụng cũng như của đập tràn thành mỏng:

a. Mực nước hạ lưu cao hơn đỉnh đập.

$$h_h > P \text{ hay } h_n = h_h - p$$

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

Điều kiện này được thỏa mãn khi :

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

$\left(\frac{Z}{P} \right)_{p.g}$ đã được tính sẵn và cho ở bảng (14-1), dưới đây

Bảng 4-1: Trị số phân giới xác định trạng thái chảy đập mặt cắt thực dụng

	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00	1.5	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	0.63	0.67	0.67	0.78

σ_n hệ số thực nghiệm cho ở bảng 14-2:

Bảng 4-2: Hệ số ngập σ_n của đập có mặt cắt thực dụng.

$\frac{h_n}{H_0}$	σ_n	
	Đập không có chân không	Đập có chân không
0.1	0.998	0.971
0.4	0.983	0.845
0.6	0.957	0.723
0.7	0.933	0.642
0.8	0.79	0.538
0.9	0.59	0.39

4.4.4 Ảnh hưởng co hẹp bên

Trong thực tế các đập, thường có chiều rộng tràn nước (b nhỏ hơn chiều rộng sông thượng lưu B, ở hai đầu đập có mố (mố bên) và trên đỉnh đập có các mố trụ, chia đập ra làm nhiều nhịp. Điều đó làm cho dòng chảy đi vào đỉnh đập bị co hẹp, chiều rộng thực tế của làn nước tràn trên mỗi nhịp không phải là b mà là:

$$b_c = \varepsilon b$$

Hệ số co hẹp được xác định bằng thực nghiệm, tính theo công thức :

$$\varepsilon = 1 - 0.2 \frac{\zeta_{m.b} + (n-1)\zeta_{m.t}}{n} \frac{H_0}{b} \tag{4-24}$$

trong đó:

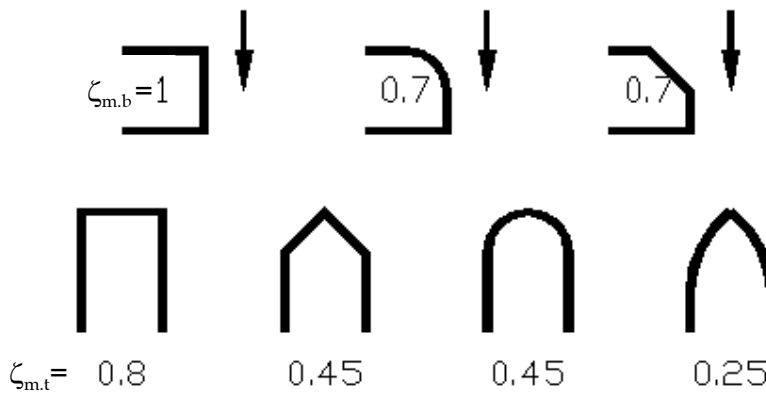
n số nhịp đập;

b chiều rộng mỗi nhịp;

$\frac{H_0}{b} > 1$ thì phải lấy $\frac{H_0}{b} = 1$ để tính;

$\zeta_{m.b}$ hệ số hình dạng của mố bên, lấy các trị số ghi ở hình dưới đây;

$\zeta_{m.t}$ hệ số hình dạng của mố trụ, lấy các trị số ghi ở hình dưới đây.



4.4.5 Cấu tạo mặt cắt và Hệ số lưu lượng

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 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} .

Tốt nhất và được áp dụng nhiều nhất là mặt cắt do các ông Corigior và Ôphixêrôp nghiên cứu. Corigior nghiên cứu đường cong nước rơi tự do từ đập tràn thành mỏng, rồi vẽ mặt đập hơi lún vào làn nước tràn.

Ôphixêrôp về sau nghiên cứu sửa chữa mặt cắt Corigiơ, gọi là kiểu Corigiơ - Ôphixêrôp. Bảng dưới đây cho tọa độ vẽ đường tràn của hai loại.

Bảng 4-3: Tọa độ đường cong mặt đập không có chân không vẽ theo phương pháp Corigiơ – Ôphixêrôp

$\bar{x} = \frac{x}{H_{tk}}$	$\bar{y} = \frac{y}{H_{tk}}$	
	Đập loại I	Đập loại II
0	0.126	0.043
0.2	0.007	0.00
0.3	0.00	0.005
0.6	0.06	0.098
1.0	0.256	0.321
1.4	0.565	0.665
1.7	0.873	0.992
2.5	1.960	1.14
3.0	2.824	3.06
4.0	4.930	5.24
4.5	6.22	6.58

Nếu đập cao, bản thân đường cong này không đủ thỏa mãn điều kiện ổn định của thân đập thì tiếp theo đường cong này là một đoạn thẳng có độ dốc theo yêu cầu ổn định của thân đập. Phần chân đập, chỗ nối tiếp với sân đập có lượn theo một cung tròn để dòng chảy xuống chân đập được thuận.

Bán kính R cung tròn này lấy theo kinh nghiệm, cho ở bảng. Khi đập thấp hơn 10m thì có thể lấy R=0.5P.

Bảng 4-4: Bảng trị số bán kính nối tiếp R ở chân đập

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	3.0	4.2	5.4	6.5	7.5	8.5	9.5	10.6	11.6
20	4.0	6.0	7.8	8.9	10.0	11.0	12.0	13.3	14.3
30	4.5	7.5	9.7	11.0	14.4	13.5	14.7	15.8	16.8
40	4.7	8.4	11.0	13.0	14.5	15.8	17.0	18.0	19.0
50	4.8	8.8	12.0	14.5	16.5	18.0	19.2	22.3	21.3
60	4.9	8.9	13.0	15.5	18.0	20.0	21.0	22.2	23.2

Phía thượng lưu mặt cắt lý thuyết nói trên, có thể làm thêm một đoạn dày a, phần trên có mặt dốc một góc α để dễ tháo các vật trôi trong nước. Trị số a và α tùy theo yêu cầu kiến trúc của thân đập. Thường $\alpha = 45^0$.

Đập được thiết kế và xây dựng với cột nước thiết kế cho trước H_{tk} sẽ là đập không có chân không, khi đập làm việc với cột nước bằng hoặc nhỏ hơn H_{tk} . Khi $H < H_{tk}$ thì dòng chảy sẽ ma sát nhiều hơn với mặt đập nên hệ số lưu lượng giảm đi đôi chút. Khi đập làm việc với $H > H_{tk}$ thì do làn nước vòng ra xa hơn, tách khỏi mặt đập, nên đập sẽ thành có chân không, lúc đó hệ số lưu lượng tăng lên.

Do những điều kiện trên, hệ số lưu lượng của một đập cụ thể làm việc với một cột nước nào đó được xác định bằng công thức.

$$m = \sigma_{hd} \cdot \sigma_H \cdot m_{tc} \tag{4-25}$$

trong đó:

- σ_{hd} : Hệ số do thay đổi hình dạng theo cấu tạo khác với đập tiêu chuẩn, chẳng hạn do tăng đoạn a và góc α và góc β ..., tra **bảng 14-5**;
- σ_H : Hệ số sửa chữa do cột nước H khác với H_{tk} , tra **bảng 14-6**;
- m_{tc} : Hệ số lưu lượng được xác định cho kiểu đập tiêu chuẩn:
 - + Đập loại I theo Ô-phi-xê-rốp có $m_{tc} = 0,504$, theo Pa-vơ-lốp-ski $m_{tc} = 0,49$.
 - + Đập loại II có $m_{tc} = 0,48$.

Bảng 4-5: Hệ số sửa chữa hình dạng σ_{hd}

α^0	β^0	$\frac{e}{Pl}$				
		0	0.3	0.6	0.9	1.0
15	15	0.888	0.878	0.855	0.850	0.933
	30	0.910	0.908	0.885	0.880	0.974
	60	0.927	0.925	0.902	0.805	1.0
45	15	0.915	0.915	0.911	0.919	0.919
	30	0.953	0.950	0.950	0.950	0.956
	60	0.974	0.974	0.970	0.978	1.0
75	15	0.930	0.930	0.930	0.930	0.933
	30	0.972	0.972	0.972	0.972	0.974
	60	0.998	0.998	0.999	0.999	1.0

Trong đó : e là độ dài phần thẳng đứng của mặt đập phía thượng lưu.

Bảng 4-6: Hệ số sửa chữa do cột nước σ_H

H/H_{tk}	α_0					
	15	30	45	60	75	90
0.2	0.897	0.886	0.875	0.864	0.853	0.842
0.4	0.934	0.928	0.921	0.914	0.907	0.900
0.6	0.961	0.957	0.953	0.949	0.945	0.940
0.8	0.982	0.980	0.978	0.977	0.975	0.973
1.2	1.016	1.017	1.019	1.020	1.022	1.024
1.4	1.029	1.032	1.036	1.039	1.042	1.045
1.6	1.042	1.048	1.051	1.055	1.060	1.064
1.8	1.054	1.059	1.065	1.071	1.076	1.082
2.0	1.064	1.071	1.078	1.085	1.092	1.099

4.4.6 Đập hình đa giác

Có rất nhiều kiểu: Chữ nhật, hình thang, đa giác bất kỳ, có thể có một phần là đường cong.

Các loại đập này cấu tạo đơn giản, dễ làm, nhưng hệ số lưu lượng nhỏ, $m=0,35\div 0,45$. Thường được dùng nhiều vào các công trình thủy lợi loại nhỏ bằng vật liệu tại chỗ: đá, gạch, gỗ...

Hệ số lưu lượng của đập mặt cắt chữ nhật, theo Ba-danh:

$$m = 0.42 \left(0.70 + 0.185 \frac{H}{\delta} \right) \tag{4-25'}$$

4.4.7 Các bài toán về đập tràn mặt cắt thực dụng

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

- a. Biết chiều rộng đập b, cao trình đỉnh đập, mực nước thượng hạ lưu (tức biết H và h_h), tính lưu lượng Q.
- b. Biết chiều rộng đập b, lưu lượng Q, mực nước thượng hạ lưu, xác định cao trình đỉnh đập (tính H) hoặc ngược lại xác định H (tính ra cao trình đỉnh đập).
- c. Biết lưu lượng Q, cao trình đỉnh đập, mực nước thượng hạ lưu, tính chiều rộng đập b.

Nói chung cách giải từ công thức tổng quát.

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

Ta có thể dễ dàng rút ra một trong các đại lượng Q, b, H khi biết các đại lượng còn lại. Tuy nhiên vì các hệ số σ_n, ε, m nhiều khi lại phụ thuộc yếu tố chưa biết, nên một số bài toán phải giải bằng cách tính đúng dần.

4.5 ĐẬP TRẦN ĐỈNH RỘNG (Broad-crested weir)

4.5.1 Định nghĩa

Là đập tràn có đỉnh nằm ngang, chiều cao bất kỳ, mép vào thượng lưu có thể xiên hoặc vuông cạnh.

Ngưỡng tràn có hình dạng tùy ý và chiều dày đập thỏa điều kiện.

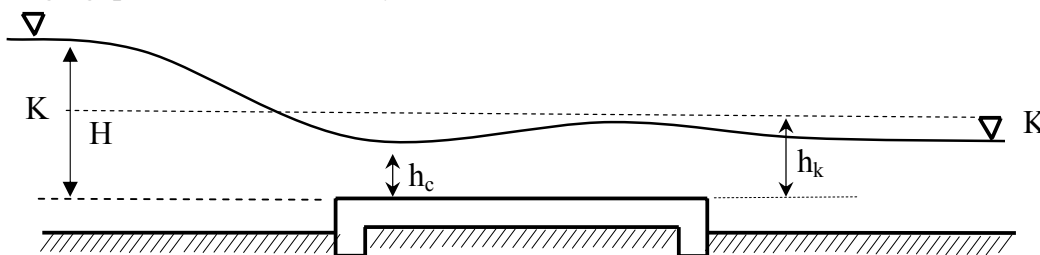
$$(2 - 3)H < \delta < (8 - 10)H$$

Hay khi $P = P_1$, nếu dòng chảy bị thu hẹp, trụ cầu, cống ở đầu kênh khi cửa cống kéo lên khỏi mặt nước ...

4.5.2 Hình dạng dòng chảy trên đỉnh đập

a. Khi chiều dày đỉnh đập thay đổi

Quan sát các dạng dòng chảy qua đập tràn có ngưỡng ($P>0$), không co hẹp, chảy không ngập và có chiều dài thay đổi như sau:



Hình 4-12

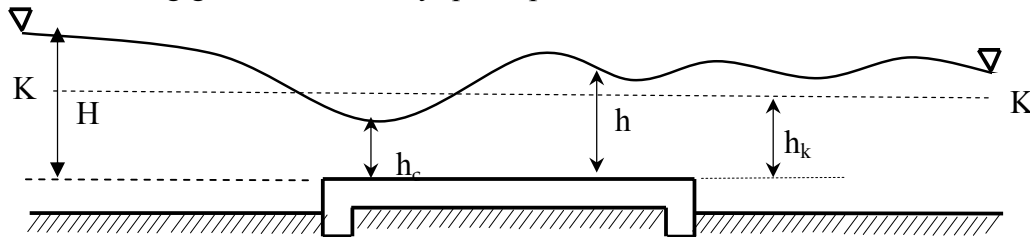
- ◆ $2H < \delta < 4H$: mực nước cắt h_k trên đỉnh đập, là trường hợp quá độ từ đập tràn thực dụng sang đập tràn đỉnh rộng.

- ◆ $3H < \delta < 8H$: có mực nước co hẹp thấp hơn độ sâu phân giới ($h_c < h_k$), đường mực nước dâng lên nhưng $h < h_k$. Đây là hình thức chảy điển hình đập tràn đỉnh rộng. (**Hình 4-12**)
- ◆ $\delta = (8 \div 10)H$: dòng chảy không đủ năng lượng để duy trì trạng thái chảy xiết trên toàn bộ chiều dài đập. Nên phần trước là chảy xiết theo đường dâng, có nước nhảy sóng trên đập và phần sau là chảy êm.
- ◆ $\delta > 10H$: Có nước nhảy sóng trên đập dần lên phía thượng lưu đè lên mặt cắt co hẹp. Đây có thể xem trường hợp dạng dòng chảy quá độ chuyển qua đoạn kênh ngắn.

b. Ảnh hưởng của mực nước hạ lưu.

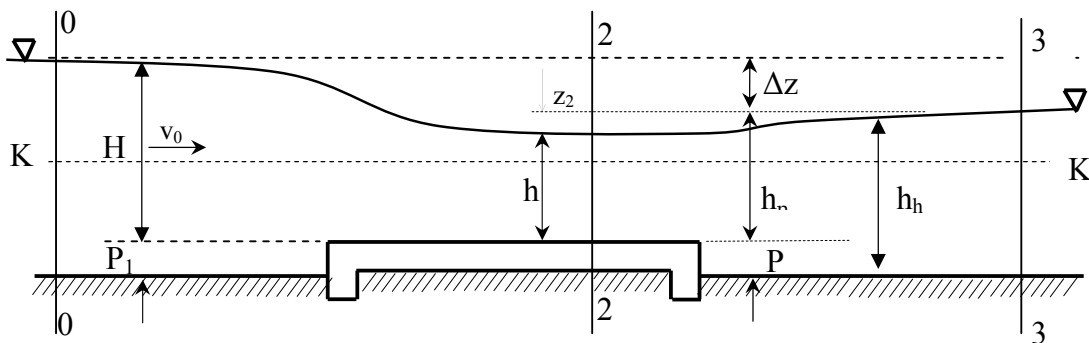
Xét các chế độ chảy ứng với chiều dài đập điển hình, khi mực nước hạ lưu dần tăng lên như sau:

- ◆ Khi mực nước hạ lưu cao hơn ngưỡng, nhưng chưa cao lắm thì dòng chảy có nước nhảy ngập hay nhảy sóng ngoài đập. Lúc này mực nước hạ lưu không ảnh hưởng gì đến chế độ chảy qua đập.



Hình 4-13

- ◆ Tăng mực nước hạ lưu tăng đến khi có nhảy sóng lan truyền đến đỉnh đập, phần trước vẫn còn chảy xiết và phần sau chảy êm có sóng. Lúc này dòng chảy tự do mặc dù h_n khá lớn. (**Hình 4-13**)
- ◆ Tiếp tục tăng mực nước cho đến khi nước nhảy sóng ngập mặt cắt co hẹp, mực nước hạ lưu ảnh hưởng đến lưu lượng chảy qua đập.
- ◆ Sau đó tiếp tục tăng mực nước hạ lưu thì độ sâu trên đỉnh đập tăng dần, biên độ sóng giảm, tiến tới mực nước trên đỉnh đập nằm ngang thấp hơn hạ lưu một độ cao z_2 gọi là độ cao hồi phục. (**Hình 4-14**)



Hình 4-14

4.5.3 Công thức tính lưu lượng của đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập.

Viết phương trình Bernoulli qua hai mặt cắt (0-0) và (2-2) và lấy đỉnh đập làm chuẩn. Theo sơ đồ hình (4-14). Bỏ qua tổn thất cột nước trên đỉnh đập. Ta có :

$$H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = h + \frac{\alpha v^2}{2g} + \sum \zeta \frac{v^2}{2g}$$

thay (4-4) vào được:
$$H_0 = h + \left(\alpha + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

Đặt
$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \zeta}}$$

Ta được:
$$v = \varphi \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

Vậy công thức tính về đập tràn đỉnh rộng là:

$$Q = Wv = \varphi W \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

Nếu mặt cắt đập là hình chữ nhật:

$$Q = \varphi b h \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

Ta có thể biến đổi công thức này để về dạng công thức chung của đập tràn.

$$Q = \varphi b \frac{h}{H_0} \sqrt{2g \left(1 - \frac{h}{H_0} \right)} H_0^{\frac{3}{2}}$$

Đặt
$$k = \frac{h}{H_0}$$

Nên
$$Q = \varphi k \sqrt{1-k} . b . \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}}$$

Và đặt
$$m = \varphi k \sqrt{1-k}$$

Công thức trở về dạng chung của đập tràn:

$$Q = mb \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}} \tag{4-26}$$

Khi thỏa mãn điều kiện:

$$\Omega_t > 4 \sum bH$$

Có thể bỏ qua cột nước lưu tốc $\frac{\alpha . v_0^2}{2.g}$ lấy $H_0=H$.

$m=f(\text{co hẹp, ngưỡng đập, hình dạng mố. . .})$

Theo qui định tạm thời bộ dùng **bảng phụ lục (4-1)** tra m, có m dùng bảng tra ra φ_n như sau:

Bảng 4-7: Quan hệ giữa m và φ_n

m	0,3	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,38 5
φ_n	0,77	0,81	0,84	0,87	0,9	0,93	0,96	0,98	0,99	1

Trị số m lấy trong khoảng 0,32 đến 0,38; thường lấy $m=0,35$.

4.5.4 Đập tràn đỉnh rộng chảy ngập.

a. Điều kiện chảy ngập

$$\frac{h_n}{H_0} > \left(\frac{h_n}{H_0} \right)_{p.g} = 0.75 - 0.85$$

$$\frac{h_n}{h_k} > \left(\frac{h_n}{h_k} \right)_{pg} = 1.2 - 1.4$$

b. Công thức chảy ngập

Viết phương trình Bernoulli mặt cắt (0-0) và (2-2)

Và làm tương tự như không ngập. Ta có:

$$Q = \varphi_n W \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

Nếu là hình chữ nhật $W=bh$

và $h=h_n - z_2$ (4-27)

Nên :

$$Q = \varphi_n b (h_n - z_2) \sqrt{2g(H_0 - h_n + z_2)} \quad (4-28)$$

Độ cao hồi phục Z_2 có thể xác định theo cách, viết phương Becnuiy qua hai mặt cắt (2 -2) và (3- 3). Ta có:

$$\frac{\alpha v^2}{2g} = z_2 + \frac{\alpha_h v_h^2}{2g} + h_w \quad \text{lấy: } \alpha = \alpha_h = 1$$

Theo Borda, ta có:

$$h_w = \frac{(v - v_h)^2}{2g}$$

Vậy:

$$z_2 = \frac{v^2}{2g} - \frac{v_h^2}{2g} - \frac{(v - v_h)^2}{2g}$$

Rút gọn ta được:

$$z_2 = \frac{v_h(v - v_h)}{g} \quad (4-29)$$

Trong trường hợp đơn giản có thể bỏ qua z_2 . Trị số này có thể tra đồ thị của Cumin. Ta có thể tính gần đúng.

$$z_2 = \xi \cdot h_k$$

Trong đó có thể lấy gần đúng $\xi = 0,1$ đến $0,2$.

Ngoài ra theo qui phạm tạm thời, tính cho các công đồng bằng có thể tính z_2 theo công thức:

$$z_2 = \left[\begin{array}{c} \frac{h_h}{h_k} - 1,3 \\ 0,3 - \frac{h_h}{h_k} \\ 3,22 \frac{h_h}{h_k} - 3,65 \end{array} \right] h_k \quad (4-30)$$

trong đó :

h_h độ mực nước hạ lưu công trình ;

h_k độ sâu phân giới trên ứng với chiều rộng đập tràn.

Đối với công đồng bằng chênh lệch mực nước $\Delta z = 0,1$ đến $0,3$.

4.5.5 Các bài toán về đập tràn đỉnh rộng

Trong thực tế thường phải giải quyết các dạng toán sau đây:

- 1) Biết chiều rộng đập b, cao trình đỉnh đập và mực nước thượng hạ lưu (P, P₁, H, h_h), tính lưu lượng Q.
- 2) Biết lưu lượng Q, cao trình đỉnh đập, mực nước thượng hạ lưu (P, P₁, H, h_h), tính chiều rộng đập b.
- 3) Biết lưu lượng Q, chiều rộng đập b, mực nước hạ lưu h_h, tính cột nước thượng lưu H (xác định cao trình đỉnh đập khi biết mực nước thượng lưu hoặc xác định mực nước thượng lưu khi biết cao trình đỉnh đập).