

## CHƯƠNG V

## NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG

(*Transitions and energy dissipators*)

### 5.1 NỐI TIẾP DÒNG CHẢY Ở HẠ LƯU CÔNG TRÌNH

Có hai hình thức nối tiếp:

- Hình thức nối tiếp ở trạng thái chảy đầy. Trạng thái chảy đầy là trạng thái mà lưu tốc lớn nhất của dòng chảy xuất hiện ở gần đáy kênh dẫn.
- Hình thức nối tiếp chảy mặt xảy ra ở hạ lưu có bậc thẳng đứng.

#### 5.1.1 Nối tiếp chảy đầy

Tuỳ theo độ dốc đáy kênh dẫn, dòng chảy bình thường hạ lưu công trình có thể là chảy êm ( $i < i_k$ ) hay chảy xiết ( $i > i_k$ )

##### a. Dòng chảy hạ lưu là dòng chảy êm

Dòng chảy đổ xuống hạ lưu hình thành mặt cắt co hẹp (c-c), độ sâu co hẹp luôn nhỏ hơn độ sâu phân giới ( $h_c < h_k$ ). Như vậy dòng chảy qua công trình là chảy xiết nối tiếp hạ lưu là dòng chảy êm, bắt buộc phải qua nước nhảy.

Biện luận vị trí nước nhảy, giả sử  $h' = h_c$  ta tính độ sâu liên hiệp  $h_c''$  so sánh với độ sâu hạ lưu  $h_h$ , có 3 trường hợp xảy ra:

- ◆  $h_c'' = h_h$  là nước chảy tại chỗ, lúc này năng lượng thừa của dòng chảy thượng lưu sẽ được tiêu hao gần hết bằng nước nhảy. Sau nước nhảy, năng lượng còn lại của dòng chảy thượng lưu sắp xỉ năng lượng của dòng chảy trong lòng dẫn, nên nước nhảy sẽ kết thúc ở mặt cắt có độ sâu liên hiệp bằng độ sâu hạ lưu.
- ◆  $h_c'' < h_h$  là nước nhảy ngập, năng lượng thừa của dòng chảy thượng lưu không đủ để tiêu hao bằng nước nhảy tại chỗ.
- ◆  $h_c'' > h_h$  là nước nhảy phóng xa, dòng chảy thượng lưu không thể tiêu hao hết năng lượng thừa bằng nước nhảy tại chỗ, nên phải tiêu hao phần năng lượng còn lại bằng tổn thất dọc đường qua đoạn đường nước dâng dạng c, và nước nhảy. Sau nước nhảy năng lượng của dòng chảy gần bằng năng lượng của dòng chảy bình thường hạ lưu. Tức là độ sâu liên hiệp sau nước nhảy bằng độ sâu bình thường ở hạ lưu.

Ta có:  $h'' = h_h$  kết hợp hàm số nước nhảy tính ra  $h' = h_h'$

##### b. Dòng chảy ở hạ lưu là dòng chảy xiết

Dòng chảy trong kênh dẫn là dòng chảy xiết, nên dòng chảy qua công trình xuống kênh dẫn sẽ không có nước nhảy. So sánh độ sâu co hẹp và độ sâu hạ lưu công trình, ta có các dạng nối tiếp sau:

- ◆  $h_c = h_h$  hình thành dòng chảy đều
- ◆  $h_c > h_h$  hình thành đường nước hạ b<sub>2</sub>
- ◆  $h_c < h_h$  hình thành đường nước dâng c<sub>2</sub> nối tiếp dòng chảy đều. Trường hợp này, lưu tốc thường rất lớn sinh ra xói lở hạ lưu công trình.

#### 5.1.2 Hình thức chảy mặt

Trạng thái chảy mặt là lưu tốc lớn nhất của dòng chảy xuất hiện ở gần mặt tự do. Chỉ xảy ra khi ở chân công trình về phía hạ lưu có bậc thẳng đứng hay mũi cong.

Trong phần dưới đây ta chỉ đề cập đến tiêu năng cho chảy đầy vì gây xói lở nghiêm trọng hơn chảy mặt.

## 5.2 HỆ THỨC TÍNH TOÁN CƠ BẢN CỦA NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

Tính toán nối tiếp hạ lưu công trình bao gồm

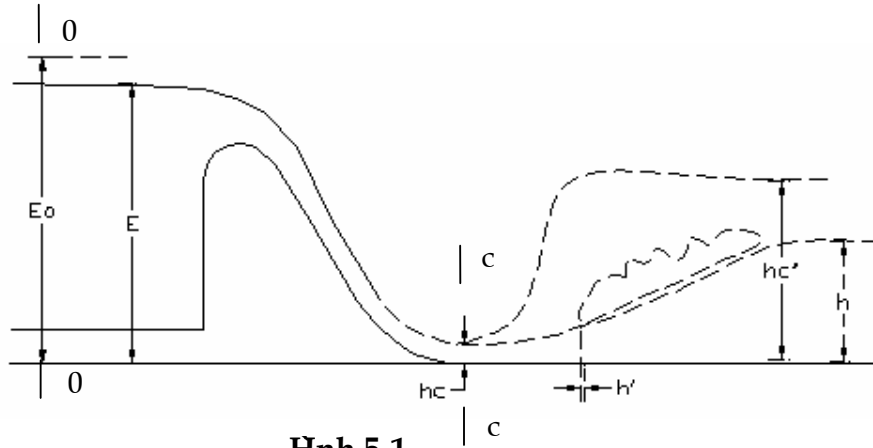
- ◆ Xác định độ sâu co hẹp  $h_c$
- ◆ Xác định độ liên hiệp với  $h_c$  là  $h_c''$
- ◆ So sánh  $h_c''$  với  $h_h$  để biết tình hình thức nối tiếp.

Nếu là hình thức nhảy phóng xa thì giải quyết tiêu năng hạ lưu công trình.

### 5.2.1 Xác định $h_c$ và $h_c''$

Để đơn giản, ta xét bài toán phẳng và dòng chảy thay đổi dần nên áp suất phân bố theo qui luật thủy tĩnh.

Viết phương trình Bernoulli qua hai mặt cắt (0,0) và (c,c) lấy **đáy kênh hạ lưu công trình làm chuẩn**.



Hnh 5-1

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g} = z_c + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + hw$$

Ta có:

$$z_0 = P + H; z_c = h_c; \frac{p_0}{\gamma} = \frac{p_c}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma}; hw = \sum \xi \frac{v_c}{2g}$$

Đặt:

$$E_0 = P + H + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g}$$

Trong đó:

- $E_0$  năng lượng đơn vị của dòng chảy thượng lưu so với mặt chuẩn;
- $P$  chiều cao đập so với đáy kênh hạ lưu;
- $p_a$  là áp suất khí quyển;
- $\sum \xi$  là hệ tổn thất năng lượng dòng chảy qua tràn, được xác định bằng thực nghiệm.

Thay tất cả các giá trị trên vào phương trình Bernoulli, ta được

$$E_0 = h_c + \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + \sum \xi \frac{v_c}{2g} = h_c + (\alpha_c + \sum \xi) \frac{v_c^2}{2g}$$

Đặt: 
$$\frac{1}{\varphi^2} = \alpha_c + \sum \xi$$

Nên: 
$$E_o = h_c + \frac{v_c^2}{2g\varphi^2} \quad (5-1)$$

Ta biết: 
$$Q = W_c v_c$$

Vậy: 
$$E_o = h_c + E_o = h_c + \frac{Q^2}{2g\varphi^2 W_c^2} \quad (5-2)$$

Do đó: 
$$Q = \varphi W_c \sqrt{2g(E_o - h_c)} \quad (5-3)$$

Phương trình này là phương trình cơ bản thứ nhất để tính nối tiếp thượng hạ lưu. Từ đó ta có thể xác định độ sâu co hẹp  $h_c$ .

Nếu kênh dẫn ở hạ lưu là kênh chữ nhật hay kênh có đáy rất rộng thì có thể đưa về bài toán phẳng.

Ta có: 
$$q = \frac{Q}{b} \quad (5-4)$$

Trong đó :  $q$  lưu lượng đơn vị; ( $m^2/s$ )  
 $b$  chiều rộng của kênh dẫn. (m)

Vì vậy (5-2) và (5-3) có thể viết lại:

$$E_o = h_c + \frac{q^2}{2g\varphi^2 h_c^2} \quad (5-5)$$

$$q = \varphi h_c \sqrt{2g(E_o - h_c)} \quad (5-6)$$

Phương trình cơ bản thứ hai để tính nối tiếp thượng hạ lưu là phương trình nước nhảy, xác định độ sâu liên hiệp nước nhảy.

$$\frac{\alpha_o Q^2}{g.W_1} + y_1 W_1 = \frac{\alpha_o Q^2}{g.W_2} + y_2 W_2 \quad (5-7)$$

Trong trường hợp mặt cắt chữ nhật là phương trình:

$$h'' = \frac{h'}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8q^2}{gh'^3}} - 1 \right] \quad (5-8)$$

Để xác định độ sâu co hẹp  $h_c$  và độ sâu liên hiệp với  $h_c$  là  $h_c''$ , sử dụng hai phương trình (5-3) và (5-7), nếu bài toán phẳng thì với hai phương trình (5-6) và (5-8). Khi biết  $E_o$ ,  $Q$ ,  $\varphi$  ta có thể tính được  $h_c$  và  $h_c''$ .

Biết  $h_c''$  so với  $h_h$  ta có thể xác định được hình thức nối tiếp.

Hệ số lưu tốc  $\varphi$  đánh giá tổn thất năng lượng của dòng chảy qua công trình, có thể lấy các trị số theo bảng của Pavolopski. Hay lấy giá trị trung bình  $\varphi = 0,95$ .

Tính độ sâu co hẹp  $h_c$  từ (5-3) hay (5-6) phải làm bằng cách tính đúng dần.

Ở đây giới thiệu phương pháp I.I Agorótskin áp dụng trong bài toán phẳng.

Đặt : 
$$\tau_c' = \frac{h_c'}{E_o} \quad (5-9)$$

$$\tau_c'' = \frac{h_c''}{E_o} \quad (5-10)$$

Thay (5-9) vào phương trình (5-6) sau khi biến đổi ta có:

$$q = \varphi \tau_c' E_o^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g(1 - \tau_c')}$$

hay:

$$\frac{q}{\varphi E_o^{\frac{3}{2}}} = \sqrt{2g} \tau_c' \sqrt{1 - \tau_c'} \quad (5-11)$$

Đặt : 
$$F(\tau_c) = \sqrt{2g\tau_c}\sqrt{1-\tau_c} \tag{5-12}$$

Do đó, từ (5-11) viết lại

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi.E_0^{\frac{3}{2}}} \tag{5-13}$$

Thay ( 5-9 ) va ( 5-10 ) vào ( 5-8 ) và sau khi giản lược ta được :

$$\tau_c'' = 0.5\tau_c \left[ \sqrt{1+16.\varphi^2 \frac{1-\tau_c}{\tau_c}} - 1 \right] \tag{5-14}$$

Như vậy với hệ số  $\varphi$  xác định, mỗi trị số  $F(\tau_c)$  sẽ tương ứng với một trị số  $\tau_c$  và một trị số  $\tau_c''$

I.I.A gorôtskin đã lập thành bảng tính sẵn quan hệ  $\tau_c$  và  $\tau_c''$  theo biểu thức (5-12) và (5-14) ứng với trị số  $\varphi$  thường gặp từ 0.85 đến 1.0 **Phụ lục 5-1.**

**5.2.2 Xác định hình thức và vị trí nước nhảy**

Với bảng đó, khi biết  $q, E_0$  và  $\varphi$  ta tính  $F(\tau_c)$  theo (5-13) rồi tra phụ lục ta sẽ được các giá trị  $\tau_c$  và  $\tau_c''$ , từ đó tính được:

$$h_c = \tau_c.E_0 \tag{5-15}$$

$$h_c'' = \tau_c''.E_0 \tag{5-16}$$

Có  $h_c''$  ta so sánh với  $h_h$  để kết luận về hình thức nước nhảy:

- ◆ Nếu  $h_c'' = h_h$  nước nhảy tại chỗ.
- ◆ Nếu  $h_c'' < h_h$  nước nhảy ngập.
- ◆ Nếu  $h_c'' > h_h$  nước nhảy phóng xa.

Việc xác định vị trí nước nhảy, tính chiều dài đoạn dòng chảy xiết trước nước nhảy có ý nghĩa thực tiễn quan trọng.

Ta biết trong hình thức nước nhảy xa, độ sâu sau nước nhảy chính là độ sâu dòng chảy bình thường ở hạ lưu  $h_h$ . Từ phương trình nước nhảy, ta có thể tính được độ sâu trước nước nhảy  $h_h'$ .

Như ta đã biết  $h_h' > h_c$ .

Đoạn dòng chảy xiết trước nước nhảy, có độ sâu ở mặt cắt trên là  $h_c$  và độ sâu ở mặt cắt dưới là  $h_h'$ . Biết hai độ sâu đó, ta dùng phương pháp tính dòng không đều sẽ xác định được chiều dài lp ( chiều dài phóng xa ).

**5.2.3 Giải quyết tiêu năng hạ lưu công trình**

Khi dòng chảy qua công trình, nối tiếp sau hạ lưu xảy ra hiện tượng nước nhảy phóng thì bắt buộc phải đưa ra giải pháp thích hợp nhằm tiêu hao năng lượng thừa để tránh xói lở hạ lưu công trình gọi là giải quyết tiêu năng.

Giải quyết tiêu năng bằng giải pháp bố trí các công trình sao cho làm tiêu hao năng lượng dòng chảy hay nói cách khác là làm tăng năng lượng ở hạ lưu công trình, tức là làm tăng mực nước hạ lưu. Để làm tăng mực nước hạ lưu giải pháp 3 cách như sau:

- ◆ Hạ thấp đáy kênh hạ lưu phía sau công trình gọi là đào bể tiêu năng.
- ◆ Xây tường cản dòng chảy phía sau công trình gọi là xây tường tiêu năng.
- ◆ Trong trường hợp năng lượng dòng chảy rất lớn hai biện pháp trên không đạt hiệu quả thì kết hợp cả hai gọi là bể tường kết hợp.

Dưới đây trình bày cách xác định độ sâu đào bể, chiều cao tường hay bể tường kết hợp.

### 5.3 TÍNH CHIỀU SÂU BỂ TIÊU NĂNG

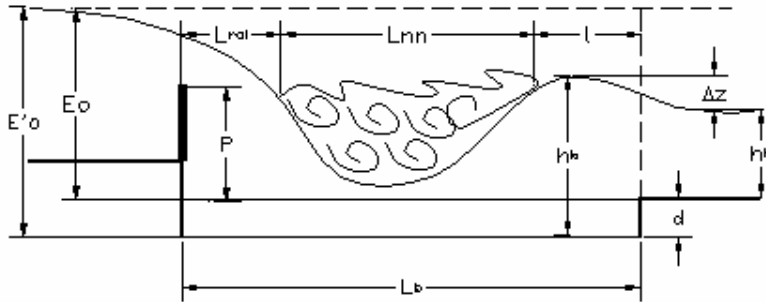
Giả thiết chiều cao công trình, mực nước thượng lưu, lưu lượng đơn vị qua công trình và quan hệ lưu lượng với mực nước hạ lưu là đã biết.

Ta biết rằng lúc chưa đào bể (lòng dẫn hạ lưu công trình  $Z_1$ ) thì cột nước thượng lưu so với đáy hạ lưu là

$$E_0 = E + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \quad (5-17)$$

Ứng với  $E_0$ , ta tính được độ sâu co hẹp  $h_c$  và độ sâ liên hiệp với nó  $h_c''$ .

Nếu:  $h_c'' > h_b$



Hình 5-2

Ta cần phải đào sâu đáy công trình xuống một độ sâu  $d$  (cao trình  $Z_2$ ) trên một chiều dài  $l_b$ , tạo thành một bể tiêu năng. **Hình 5-2**

Đào bể sao cho:  $h_b > h_c''$

Trong thực tế để đảm bảo vấn đề về kinh tế và kỹ thuật (nước nhảy trong bể hay nhảy tại chỗ), người ta đào bể (chọn chiều sâu  $d$ ) sao cho:

$$h_b = \sigma h_c'' \quad (5-18)$$

Trong đó:  $\sigma = 1,05 \div 1,1$

Vì nếu lấy  $\sigma$  càng lớn thì bể đào càng sâu, hiệu suất tiêu năng càng kém. Nhưng nếu lấy  $\sigma \approx 1$ , thì nước nhảy không ổn định về vị trí, khi tiến lên trước gần công trình, khi lùi về phía sau hạ lưu công trình.

Từ sơ đồ (5-2), độ sâu trong bể cũng tăng lên là:

$$h_b = h_h + d + \Delta z$$

Thay (5-18) vào công thức trên rút  $d$  ra ta được:

$$d = \sigma h_c'' - h_h - \Delta z \quad (5-19)$$

◆ Như vậy xác định độ sâu đào bể  $d$  theo công thức (5-19), thì:

- $h_c''$  đã tính được như đã nói ở trên;
- $h_h$  độ sâu hạ lưu, theo đo đạt hay từ thủy lực thủy văn có được;
- $\sigma$  lấy giá trị theo hiệu quả kinh tế như trên;
- **Do đó cần lập công thức xác định  $\Delta z$ .**

◆ **Xác định  $\Delta z$**

Ta xuất phát từ giả thiết gần đúng là coi sơ đồ dòng chảy đi ra khỏi bể như chảy ngập qua đập tràn đỉnh rộng.  $\Delta z$  được coi là độ chênh mực nước thượng lưu đập (là mực nước trong bể) với mực nước trên đập (là mực nước hạ lưu  $h_h$ ). Vậy áp dụng công thức chảy ngập qua đập tràn đỉnh rộng:

$$q = \varphi' h_h \sqrt{2g \cdot \Delta z_0} \quad (5-20)$$

trong đó :

$\varphi'$  là hệ số lưu tốc ở cửa ra của bể, có thể lấy khoảng: ( 0.95 -.- 1.00 )

$\Delta z_0$  là độ chênh cột nước ở cửa ra của bể, có tính đến cột nước lưu tốc tiến gần (lưu tốc trung bình trong bể )

ta có: 
$$\Delta z_0 = \Delta z + \frac{\alpha \cdot v_b}{2g} \tag{5-21}$$

Từ (5- 20) và (5-21) ta có:

$$\Delta z = \frac{q^2}{2g\varphi'^2 h_h^2} - \frac{\alpha v_b^2}{2g}$$

mà lưu tốc trong có thể tính gần đúng bằng:

$$v_b = \frac{q}{h_b} = \frac{q}{\sigma \cdot h_c''} \tag{5-22}$$

vậy:

$$\Delta z = \frac{q^2}{2g} \left( \frac{1}{(\varphi \cdot h_h)^2} - \frac{1}{(\sigma \cdot h_c'')^2} \right) \tag{5-23}$$

◆ **Chú ý:** Khi đào sâu xuống một đoạn  $d = Z_1 - Z_2$  thì cột nước thượng lưu so với đáy bể sẽ tăng lên (vì năng lượng thương lưu so với đáy kênh hạ lưu):

$$E_0' = E + d + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$$

Do  $E_0'$  tăng lên, nên  $h_c$  sẽ giảm đi,  $h_c''$  sẽ tăng lên. Ta ký hiệu  $h_c''$  ứng với khi có bể là ( $h_c''$ ).

$\Delta z$  là độ chênh mực nước chỗ ra khỏi bể cũng thay đổi theo  $h_c''$

Tuy nhiên, do  $h_b$  tăng nhiều hơn ( $h_c''$ ) nên với một độ sâu  $d$  đủ lớn, ta có thể có:

$$h_b = h_h + d + \Delta z > (h_c'')$$

Hai công thức (5-19) và (5-23) chủ yếu để tính chiều sâu bể tiêu năng. Nói chung phải tính bằng phương pháp thử dần vì  $\Delta z$  và  $h_c''$  lại phụ thuộc  $d$ . Có thể tính theo các bước sau đây:

1. Tính  $d$  gần đúng lần thứ nhất theo biểu thức:

$$d_1 = h_c'' - h_h$$

hoặc giả định một trị số xấp xỉ trị số trên.

2. Với chiều sâu  $d_1$  đã chọn, tính độ sâu co hẹp ( $h_c$ ) và độ sâu liên hiệp ( $h_c''$ ) theo cột nước  $E_0' = E + d_1$  bằng các phương pháp đã trình bày.

3. Tính  $\Delta z$  theo (5-23)

4. Tính chiều sâu  $d$  của bể theo (5-19)

5. Nếu giá trị  $d$  tính ra bằng hay gần bằng trị số  $d_1$  đã chọn thì việc chọn  $d_1$  đã đúng và độ sâu bể cần đào. Nếu hai giá trị chưa bằng nhau, cần lấy giá trị  $d$  tính lại lần nữa theo trình tự như trên cho đến khi kết quả hai lần liên tiếp xấp xỉ bằng nhau.

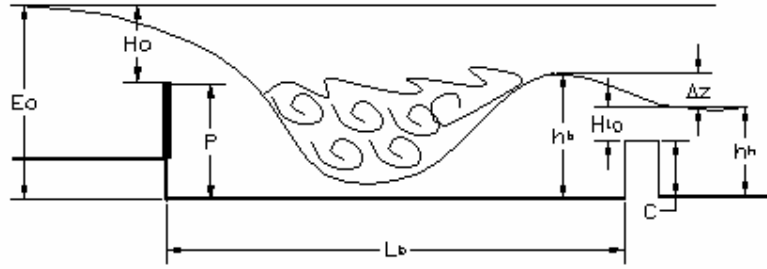
#### 5.4 TÍNH CHIỀU CAO TƯỜNG TIÊU NĂNG

Trong trường hợp này, ta giữ nguyên cao trình đáy kênh hạ lưu và xây một tường chắn ngang dòng chảy, nước trước tường sẽ dâng lên và có độ sâu là  $h_b > h_h$ . Nếu lúc không làm tường ta có  $h_h < h_c''$  (độ sâu liên hiệp với  $h_c$ ), tức có nước nhảy xa ở hạ lưu công trình thì sau lúc làm tường, ta có thể đạt được  $h_b > h_c''$ , nghĩa là có nước nhảy ngập trong bể tiêu năng. Như vậy, chiều cao tường  $C$  được định ra xuất phát từ điều kiện:

$$h_b = \sigma h_c'' \tag{5-24}$$

Trong đó :  $\sigma = 1.05 \div 1.10$

Từ hình vẽ ta thấy:  $h_b = C + H_1$  (5-25)



Hình 5-3

Trong đó:

- C chiều cao tường;
- $H_1$  cột nước trên tường tiêu năng.

Thay (5-24) vào (5-25), ta được:

$$C = \sigma \cdot h_c'' - H_1 \quad (5-26)$$

Giả thiết rằng tường tiêu năng làm việc như một đập tràn có mặt cắt thực dụng chảy ngập, ta sẽ xác định được cột nước  $H_1$  trên đỉnh đập bằng công thức của đập tràn.

$$H_{10} = H_1 + \frac{\alpha v_b}{2g} = \left( \frac{q}{\sigma_n \cdot m' \cdot \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (5-27)$$

trong đó:

- $m'$  hệ số lưu lượng của tường tiêu năng, có thể lấy  $m' = 0.40 \div 0.42$
- $\sigma_n$  hệ số ngập của đập tràn thực dụng phụ thuộc vào  $\frac{h_n}{H_{10}}$  tra bảng 4-2.

Thay (5-22) vào (5-27) biến đổi tính ra cột nước  $H_1$

$$H_1 = \left( \frac{q}{\sigma_n m' \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} - \frac{\alpha}{2g} \frac{q^2}{(\sigma \cdot h_c'')^2} \quad (5-28)$$

Bằng các công thức (5-26) và (5-28), ta có thể xác định được chiều cao tường C. Nhưng vì hệ số ngập  $\sigma_n$  trong công thức (5-28) lại phụ thuộc  $h_n = h_n - C$ , nên nói chung bài toán phải giải bằng cách tính đúng dần.

Có nhiều cách thử, có thể theo cách tính như sau:

1. Sau khi tính được  $h_c$  và  $h_c''$ , ta tính  $H_1$  theo (5-28), trong đó cho  $\sigma_n = 1$ , rồi tính C theo (5-26).
2. Nếu  $C > h_h$  thì kết quả tính trên là đúng.
3. Nhưng thường  $C < h_h$  nghĩa là tường làm việc như đập chảy ngập,  $\sigma_n < 1$ . Lúc đó, ta lấy trị số C hơi nhỏ hơn trị số vừa tính được ở trên, và tính  $h_n = h_h - C$
4. Tính  $\frac{h_n}{H_{10}}$  để tìm hệ số ngập  $\sigma_n$  theo bảng hệ số ngập của đập tràn có mặt cắt thực dụng (bảng 4-2) và tính lại chiều cao tường.
5. Sau khi tính được C luôn luôn phải chú ý kiểm tra lại dạng nước nhảy sau tường. Nếu sau tường có nước nhảy xa ta phải làm tiếp tường thứ hai và trong trường hợp cần thiết có thể cần đến tường thứ ba, v.v. . . Sao cho tường cuối cùng có được nước nhảy ngập.

6. Việc tính toán các tường tiếp sau tương tự như đối với tường đầu, nhưng trong trường hợp đó thì nên kết hợp vừa đào sâu đáy vừa xây tường, tức làm bề tiêu năng kết hợp sẽ có lợi hơn là xây dựng nhiều tường nối tiếp nhau.

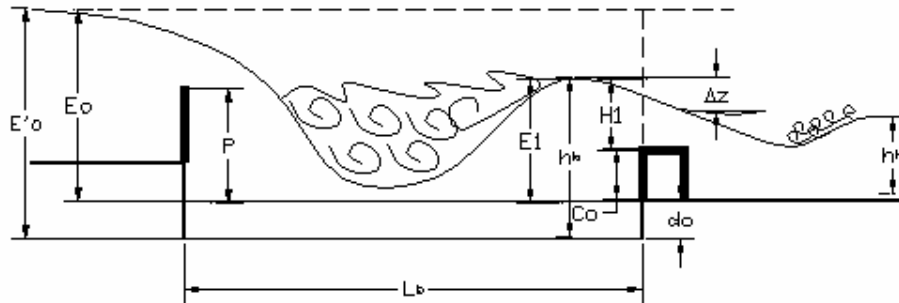
### 5.5 TÍNH TOÁN THỦY LỰC BỀ TIÊU NĂNG KẾT HỢP

Trong thực tế, có nhiều trường hợp nếu làm bề tiêu năng chỉ bằng cách hạ thấp đáy kênh hạ lưu hoặc chỉ bằng cách xây tường thì không hợp lý.

Trong trường hợp thứ nhất, bề sẽ rất sâu, đáy kênh hạ lưu phải hạ thấp quá nhiều, như vậy ta đã làm cho chiều cao đập tăng lên. Do đó, điều kiện nối tiếp và tiêu năng ở hạ lưu đập sẽ nặng nề thêm.

Trong trường hợp thứ hai, tường sẽ phải quá cao, sau tường rất có khả năng xảy ra nước nhảy xa và ta phải làm tiếp tường thứ hai. . . Trong điều kiện như thế, tốt hơn hết là kết hợp cả hai biện pháp trên, vừa hạ thấp đáy kênh vừa làm tường, gọi là bề tiêu năng kết hợp. Thực tế chứng tỏ dùng biện pháp này trong nhiều trường hợp rất có lợi về mặt kinh tế và kỹ thuật.

Sau đây trình bày cách xác định hai trị số  $d$  và  $C$ . Xem sơ đồ ở **hình 5-4**, ta thấy độ sâu trong bề tiêu năng kết hợp tường là:



**Hình 5-4**

$$h_b = d + C + H_1$$

Ta cần có nước nhảy ngập trong bề, nghĩa là :

$$h_b = \sigma h_c''$$

Vậy :

$$\boxed{d + C = \sigma h_c'' - H_1} \tag{5-29}$$

$H_1$  vẫn xác định bằng công thức (5-28) như trường hợp trên.

Trong phương trình (5-29) có hai đại lượng chưa biết là  $d$  và  $C$ . Có hai cách đặt vấn đề để giải quyết

#### 5.5.1 Tự chọn

Tự định một trong hai đại lượng  $d$  hoặc  $C$  và tìm ra đại lượng còn lại, sau đó điều chỉnh sao cho chiều sâu đào bề  $d$  và chiều cao tường  $C$  có một tỷ lệ lợi nhất và hợp lý nhất về kỹ thuật và kinh tế. Như vậy, việc tính toán xác định  $d$  khi đã định trước  $C$  (hoặc ngược lại) có thể tiến hành bằng cách dùng các công thức (5-28) và (5-29). Bài toán nói chung phải giải bằng cách đúng dần.

#### 5.5.2 Xác định chiều cao tường lớn nhất

Xác định chiều cao tường lớn nhất có thể được miễn là, sao cho dòng chảy qua tường là chảy không ngập còn nước nhảy sau tường là nước nhảy ngập; còn thì đào sâu sân công trình để đảm bảo trong bề có nước nhảy ngập.



Muốn vậy, trước hết ta xét trường hợp làm sao cho sau tường có nước nhảy tại chỗ. Chiều cao tường ứng với trường hợp đó ký hiệu là  $C_0$ .

**a. Xác định  $C_0$**

Khi có nước nhảy tại chỗ ở sau tường thì độ sâu co hẹp ở sau tường  $h_{c1}$  chính là độ sâu liên hiệp với dòng chảy bình thường ở hạ lưu:

$$h_{c1} = \frac{h_h}{2} \sqrt{1 + \frac{8 \cdot \alpha_0 \cdot q^2}{g h_h^3}} - 1 \tag{5-30}$$

Độ sâu co hẹp  $h_{c1}$  với cột nước toàn phần  $E_{01}$  ở trước tường ( trong bể ) so với đáy hạ lưu có quan hệ với nhau theo công thức:

$$E_{10} = h_{c1} + \frac{q^2}{\varphi'^2 \cdot 2g h_{c1}^2} \tag{5-31}$$

Xem hình 5-4 vẽ, ta lại có:

$$E_{10} = C_0 + H_{10} \tag{5-32}$$

Trong đó  $H_{10}$  là cột nước toàn phần trên đỉnh tường, tính bằng công thức đập tràn thực dụng chảy không ngập:

$$H_{10} = \left( \frac{q}{m' \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{5-33}$$

Từ (5-32), ta có:

$$C_0 = E_{10} - H_{10} \tag{5-34}$$

Thay (5-31) và (5-33) vào (5-34), ta được:

$$C_0 = h_{c1} + \frac{q^2}{\varphi'^2 \cdot 2g \cdot h_{c1}} - \left( \frac{q}{m' \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{5-35}$$

**b. Xác định  $d_0$**

Trị số  $d_0$  xác định từ (5-29), ta có

$$\begin{aligned} d_0 + C_0 + H_1 &= \sigma h_c'' \\ d_0 &= \sigma h_c'' - (C_0 + H_1) = \sigma h_c'' - E_1 \\ d_0 &= \sigma h_c'' - \left( E_{10} - \frac{\alpha v_b^2}{2g} \right) \end{aligned}$$

thay (5-22), ta được:

$$d_0 = \sigma h_0'' - \left( E_{10} - \frac{\alpha q^2}{2g(\sigma \cdot h_c'')^2} \right) \tag{5-36}$$

Vì  $h_c''$  lại phụ thuộc  $d_0$  nên bài toán này cũng phải giải bằng tính đúng dần.

Sau khi có  $d_0$  và  $C_0$  ta giảm  $C_0$  đi một ít, và tăng  $d_0$  lên một ít để có nối tiếp bằng nước nhảy ngập ở trong bể và sau tường. Chú ý là cần tăng  $d_0$  nhiều hơn là giảm  $C_0$ .

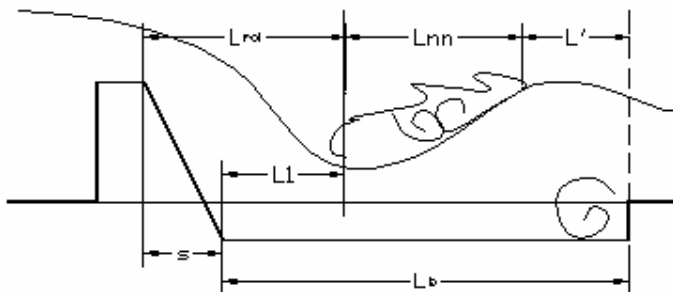
Cuối cùng kiểm tra lại xem có thỏa mãn điều kiện:

$$h_b = d + C + H_1 > \sigma \cdot h_c''$$

Ở đây  $H_1$  tính theo công thức (5-28 )

**5.6 TÍNH TOÁN CHIỀU DÀI BỂ TIÊU NĂNG**

Cũng như việc xác định chiều sâu của bể tiêu năng (hay chiều cao tường tiêu năng), việc xác định chiều dài của bể tiêu năng là một vấn đề hết sức quan trọng và khó khăn, cho đến nay vẫn chưa có lời giải bằng lý thuyết. Vì vậy, trong thiết kế người ta thường dùng các công thức thực nghiệm mà kết quả tính ra nhiều lúc sai lệch nhau khá lớn.



Hình 5-5

Khi tính chiều dài bể cần phân biệt, hai trường hợp sau:

- ♦ *Trường hợp 1: Khi bể nằm sau đập có mặt tràn hình cong thuận, chiều dài bể sẽ tính từ mặt cắt co hẹp (C-C). Vị trí của mặt cắt này phụ thuộc vào kết cấu của đập.*
- ♦ *Trường hợp 2: Khi bể nằm sau một tường thẳng đứng hoặc nghiêng thì chiều dài bể không phải tính từ mặt cắt co hẹp mà tính từ chân công trình.*

Như vậy, so với trường hợp 1, thì chiều dài bể tăng lên một đoạn  $l_1$ , là khoảng cách từ chân công trình đến mặt cắt co hẹp. Trị số  $l_1$  này hoàn toàn tùy thuộc chiều dài nước rơi và mái dốc hạ lưu công trình, ta sẽ xét sau.

Từ hình vẽ, ta thấy rằng khi trong bể có nước nhảy ngập, sẽ tồn tại hai khu nước có trục nằm ngang. Chiều dài của bể phải được định ra sao cho nước nhảy ngập nằm gọn trong đó, đồng thời sao cho khu nước vật trên và khu nước vật dưới không che lấp lẫn nhau, tức là sao cho dòng chảy đi đến ngưỡng ra của bể tiêu năng được bình thường. Điều đó có nghĩa là  $l_b$  phải được chọn sao cho mặt cắt (m-m) là mặt cắt cuối của khu nước vật dưới. Nếu cho phép trong bể xảy ra nước nhảy tại vị trí phân giới thì xuất phát từ lý luận trên, ta có:

$$l_b = l_n + l' + l_1 \tag{5-26}$$

trong đó:

- $l_n$  chiều dài của nước nhảy hoàn chỉnh, không ngập;
- $l'$  chiều dài khu nước vật dưới.

Thực tế thì trong bể là nhảy ngập, có chiều dài  $l_{nn}$  (chiều dài nước nhảy ngập) bé hơn  $l_n$  ở trên, nên chiều dài bể thực ra không cần lớn như tính ở trên. Vì lý do đó, nhiều tác giả đã đề ra công thức tính  $l_b$  cho những trị số bé hơn trị số tính toán một ít.

Chẳng hạn theo, giáo sư M.Đ. Tréctôuxôp đề ra công thức sau:

$$l_b = \beta l_n + l_1 \tag{5-27}$$

trong đó:  $\beta$  một hệ số kinh nghiệm, lấy ( 0,70 ÷ 0,80 )

Theo V.Đ.Durin đưa ra công thức thực nghiệm tính chiều dài bể tiêu năng kết hợp:

$$l_b = 3,2 \sqrt{H_0(C + d + 0,83H_0)} + l_1 \tag{5-28}$$

I.I. Agorôtskin đưa ra công thức:

$$l_b = 3h_b + l_1 \tag{5 - 29}$$

Cần chú ý rằng tiêu năng quá dài thì không cần thiết, nhưng nếu ngắn quá thì có thể không hình thành nước nhảy ở trong bể mà dòng chảy sẽ diễn ra ở ngoài bể. Khi đó, bể không những không thực hiện được nhiệm vụ tiêu năng mà dòng chảy vọt ra có thể làm xói lở và phá hoại lớp gia cố lòng dẫn hạ lưu sau bể.

**Tính  $l_1$**

Từ sơ đồ hình, ta có:

$$l_1 = l_{roi} - S \tag{5-30}$$

trong đó:

S là chiều dài nằm ngang của mái dốc hạ lưu công trình;

$l_{roi}$  là chiều dài nằm ngang của dòng nước roi tính từ cửa công trình đến mặt cắt co hẹp, được tính theo các công thức thực nghiệm sau:

1. Chảy qua đập tràn thực dụng, mặt cắt hình thang.

$$l_{roi} = 1,33\sqrt{H_0(P + 0,3H_0)} \tag{5-31}$$

2. Chảy qua đập tràn thực dụng có cửa cống trên đỉnh đập.

$$l_{roi} = 2\sqrt{H_0(P + 0,32a)} \tag{5-32}$$

3. Chảy qua đập tràn đỉnh rộng.

$$l_{roi} = 1,64\sqrt{H_0(P + 0,24H_0)} \tag{5-33}$$

4. Chảy từ bậc xuống.

$$l_{roi} = P + h_k \tag{5 - 33}$$

**5.7 LƯU LƯỢNG TÍNH TOÁN TIÊU NĂNG**

Khi công trình làm việc có lưu lượng biến đổi từ giá trị nhỏ nhất  $Q_{min}$  đến lưu lượng  $Q_{max}$ . Nên khi tính toán với lưu lượng nào gây ra sự bất lợi nhất, gọi là lưu lượng tiêu năng, kí hiệu  $Q_{tn}$ .

Trường hợp bất lợi nhất là lúc năng lượng dòng chảy dư thừa không tiêu hao hết khi qua công trình, sinh ra nước nhảy phóng xa lớn nhất, tức đoạn nước dâng dạng c sau mặt cắt co hẹp là dài nhất. Trong tính toán ta so sánh  $(h_c'' - h_h)$  lớn nhất ứng với trường hợp này chính là lưu lượng tiêu năng  $Q_{tn}$ .

Cách xác định lưu lượng tiêu năng như sau :

- Ứng với mỗi Q ta tính  $h_c''$  tương ứng, từ đó so với  $h_h$ .
- Xác định  $h_c''$  có thể dùng cách tra bảng Agorôt skin, hay thử dần theo công thức (5-6) tìm ra  $h_c$  rồi thay vào (5-8) tính ra  $h_c''$ .
- Ta có thể dùng cách lập bảng tính, rồi so sánh tìm ra giá trị  $(h_c'' - h_h)_{max}$ .

Thực ra khi lưu lượng thay đổi thì mực nước thượng và hạ lưu cũng thay đổi. Thêm nữa thời đoạn nào để tính toán, nên việc tìm ra lưu lượng tiêu năng cũng rất phức tạp.