

Chương 5: Dòng chảy đều trong kênh hở

1. Khái niệm chung.
2. Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.
3. Những bài toán về dòng chảy đều trong kênh hở.

5.1. Khái niệm chung

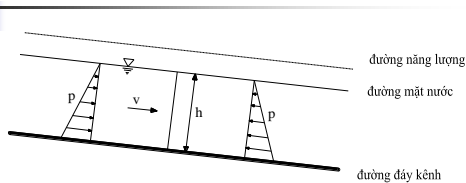
5.1.1. Khái niệm về dòng chảy đều trong kênh hở:

Dòng chảy trong kênh thường có mặt thoáng tiếp xúc với khí trời nên dòng chảy không áp. Trong chương này chỉ xét đến dòng chảy trong kênh là dòng chảy đều.

Dòng chảy đều trong kênh hở là dòng chảy thỏa mãn các điều kiện sau:

- + Lưu lượng không đổi ($Q = \text{const}$)
- + Hình dạng mặt cắt ướt không đổi dọc theo chiều dòng chảy và $\omega = \text{const}$.

5.1.1. Khái niệm về dòng chảy đều trong kênh hở:



Muốn vậy:

- + Độ dốc thủy lực không đổi: $J = J_n = i = \text{const}$
- + Độ nhám n không đổi
- + Không có tổn thất cục bộ

5.1.1. Khái niệm về dòng chảy đều trong kênh hở:

Nhận xét:

Dòng chảy đều chỉ có thể xảy ra trong các kênh thẳng (mặt cắt ngang không đổi) và khi tổn thất năng lượng dọc theo dòng chảy cân bằng với độ giảm thế năng do độ dốc đáy kênh tạo ra. Các điều kiện này chỉ gặp trong các kênh nhân tạo.

5.1.2. Các công thức cơ bản tính toán dòng chảy đều trong kênh hở.

5.1.2.1. Công thức Chezy.

Vì dòng chảy đều, hầu hết các trường hợp dòng chảy rối trong khu bình phương sức cản nên công thức cơ bản để tính là công thức Chezy.

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

vì J độ dốc thủy lực bằng i độ dốc đáy kênh

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

5.1.2.1. Công thức Chezy.

$$Q = K \cdot \sqrt{i}$$

với: K = $\omega \cdot C \cdot R$: môđun lưu lượng hoặc đặc tính lưu lượng – tức là lưu lượng của dòng chảy khi độ dốc $i = 1$

Từ thực nghiệm Manning (1889) đưa ra công thức tính toán dòng chảy đều:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

hay $C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$

với n là hệ số nhám.

5.1.2.2. Độ nhám (n)

Ở chương 3, ta biết độ nhám (n) và hệ số Chezy (C) phụ thuộc vào hệ số Reynolds, hệ số ma sát và hình dạng của lòng dẫn. Nhưng trong thực tế, dòng chảy trong kênh, sông thường là dòng chảy rối ở khu vực bình phương sức cản, nên chủ yếu độ nhám chỉ phụ thuộc vào hình dạng và bề mặt của lòng dẫn. Đó là:

- Độ nhám bề mặt
- Hình dạng mặt cắt kênh
- Kênh biến dạng
- Sự bồi đắp, xói mòn
- Mực nước và lưu lượng

5.1.2.2. Độ nhám (n)

Kênh có mặt cắt phức tạp:

Đối với kênh có mặt cắt phức tạp, hệ số nhám thay đổi trên cùng một mặt cắt.



Khi đó hệ số nhám của kênh được quy đổi về hệ số nhám tương đương theo cách làm sau:

$$n = \frac{n_1 \cdot \chi_1 + n_2 \cdot \chi_2 + \dots + n_n \cdot \chi_n}{\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_n}$$

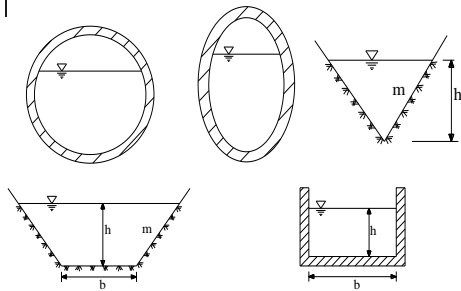
5.2. Các yếu tố thủy lực của kênh

5.2.1. Mặt cắt ngang của kênh:

5.2.1.1. Các dạng mặt cắt ngang của kênh

Tùy theo tính chất vật liệu làm bờ kênh và tính chất của kênh khác nhau mà mặt cắt của kênh có hình dạng khác nhau.

5.2.1.1. Các dạng mặt cắt ngang của kênh

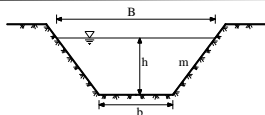


5.2.1.2. Các yếu tố thủy lực của kênh hình thang

Hình thang là hình tổng quát cho hình chữ nhật và hình tam giác. Hơn nữa, trong thực tế khi thiết kế kênh đất tính theo mặt hình thang để ổn định hơn những loại mặt cắt hình dạng khác. Vì vậy trong chương này, nghiên cứu khá kỹ về các bài toán về mặt cắt ướt hình thang.

Ta gọi $m = \cot\alpha$ là hệ số mái dốc. Xác định theo tính toán ổn định của bờ kênh.

5.2.1.2. Các yếu tố thủy lực của kênh hình thang



$$\text{Hệ số: } \beta = \frac{b}{h}; \quad m' = 2\sqrt{1+m^2}$$

$$\text{Diện tích mặt cắt ướt: } \omega = (b+m.h)h = (\beta+m)h^2$$

$$\text{Chu vi ướt: } \chi = b + 2\sqrt{1+m^2}.h = (\beta+m')h$$

$$\text{Bán kính thủy lực: } R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(\beta+m)h^2}{(\beta+m')h} = \frac{\beta+m}{\beta+m'}.h$$

$$\text{Chiều rộng mặt nước: } B = b + 2.m.h = (\beta + 2.m).h$$

5.2.2. Mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.2.1. Khái niệm

Công thức tính: $Q = \omega C \sqrt{Ri}$

Thay C bằng công thức của Pavolópski, ta được:

$$Q = \omega \cdot \frac{1}{n} \cdot R^y \cdot \sqrt{Ri}$$

Ta nhận thấy bán kính thủy lực tỉ lệ nghịch với chu vi ướt nên với hai mặt cắt có cùng diện tích mặt cắt ướt, thì mặt cắt ướt nào có chu vi ướt nhỏ hơn sẽ cho lưu lượng lớn hơn.

5.2.2.2. Kênh hình thang có lợi nhất về mặt thủy lực

Từ công thức diện tích mặt cắt ướt:

$$b = \frac{\omega}{h} - m \cdot h$$

Thay vào công thức chu vi ướt ta được:

$$\chi = \frac{\omega}{h} + (2 \cdot \sqrt{1+m^2} - m)h$$

Để χ_{\min} ta tính:

$$\frac{d\chi}{dh} = 0$$

$$\beta_{\min} = 2 \cdot (\sqrt{1+m^2} - m) \quad \text{với} \quad \beta = \frac{b}{h}$$

5.2.2.2. Kênh hình thang có lợi nhất về mặt thủy lực

Từ công thức diện tích mặt cắt ướt:

$$b = \frac{\omega}{h} - m \cdot h$$

Thay vào công thức chu vi ướt ta được:

$$\chi = \frac{\omega}{h} + (2 \cdot \sqrt{1+m^2} - m)h$$

Để χ_{\min} ta tính:

$$\frac{d\chi}{dh} = 0$$

$$\beta_{\min} = 2 \cdot (\sqrt{1+m^2} - m) \quad \text{với} \quad \beta = \frac{b}{h}$$

5.2.2.2. Kênh hình thang có lợi nhất về mặt thủy lực

Bán kính thủy lực lợi nhất của kênh hình thang

$$R_{in} = \frac{(\beta_{in} + m)h^2}{(\beta_{in} + 2\sqrt{1+m^2})h}$$

$$\Leftrightarrow R_{in} = \frac{2(\sqrt{1+m^2} - m) + m}{2(\sqrt{1+m^2} - m) + 2\sqrt{1+m^2}} h^2$$

$$\Leftrightarrow R_{in} = \frac{h}{2}$$

5.2.3. Độ dốc đáy kênh và vận tốc dòng chảy trong kênh

Độ dốc đáy kênh và vận tốc trong kênh có mối quan hệ thông qua công thức:

$$v = C \cdot \sqrt{Ri}$$

Khi độ dốc đáy kênh (i) tăng thì vận tốc (v) tăng và ngược lại

Vậy với lưu lượng (Q) cho trước, nếu tăng độ dốc đáy kênh (i) thì có thể giảm được diện tích mặt cắt ướt (ω); nhưng khi đó vận tốc tăng dẫn đến xói lở bờ kênh.

5.2.3. Độ dốc đáy kênh và vận tốc dòng chảy trong kênh

Ngược lại nếu giảm (i) thì giữ được mức độ hạ đáy kênh, nhưng khi đó vận tốc giảm dẫn đến lòng kênh có thể bị bồi lắng.

Vận tốc cho phép không xói $[V]_{kx}$ là vận tốc lớn nhất khi dòng chảy đạt đến giá trị đó vẫn không gây xói lở lòng kênh.

5.2.3. Độ dốc đáy kênh và vận tốc dòng chảy trong kênh

Vận tốc cho phép không lắng $[V]_{kl}$ là vận tốc bé nhất mà khi dòng chảy đạt đến giá trị đó vẫn không gây ra bồi lắng bùn cát ở lòng kênh.

Khi thiết kế kênh, vận tốc phải thỏa mãn điều kiện:

$$[V]_{kl} \leq V \leq [V]_{kx}$$

5.3. Những bài toán về dòng đều trong kênh hở

Đối với dòng chảy đều trong kênh hở, từ công thức cơ bản:

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{Ri} = \frac{1}{n} \cdot R^2 \cdot \omega \cdot \sqrt{Ri}$$

Có 5 yếu tố: lưu lượng (Q), độ nhám (n), độ dốc (i), độ sâu dòng đều (h), hình dạng kích thước mặt cắt kênh (ω, R)

5.3. Những bài toán về dòng đều trong kênh hở

Bài toán chỉ giải được khi biết trước bốn yếu tố, cần xác định yếu tố còn lại

Có ba loại bài toán cơ bản:

- Xác định lưu lượng Q trong kênh
- Xác định độ dốc i của đáy kênh
- Xác định kích thước mặt cắt kênh

5.3.1. Những bài toán cơ bản

❖ Bài toán 1:

Biết b, h, m, n, i . Tìm Q

Giải:

Tìm ω, χ, R, C

Thay vào tính

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{Ri}$$

5.3.1. Những bài toán cơ bản

❖ Bài toán 2:

Biết Q, b, h, m, n . Tìm i

❖ Giải:

Tìm ω, C, R

Tính:
$$i = \frac{Q^2}{\omega^2 \cdot C^2 \cdot R}$$

5.3.1. Những bài toán cơ bản

❖ Bài toán 3:

Tìm $h(b)$ biết $b(h), Q, m, n, i$

❖ Giải:

Bằng cách thử dần

+ Tính:

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}$$

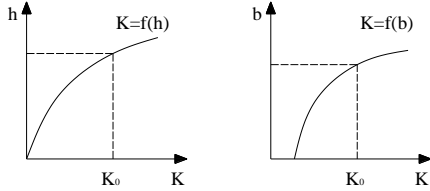
+ Giả thiết một trị số h , tính K tương ứng.

Khi nào có $K = K_0$ thì h tương ứng chính là h cần tìm.

5.3.1. Những bài toán cơ bản

❖ Bài toán 3:

Có thể vẽ đồ thị để tra



Đồ thị quan hệ $K = f(h)$ và $K = f(b)$

5.3.2. Bài toán thiết kế kênh mới

Khi thiết kế kênh, cần tính chiều rộng và độ sâu mực nước kênh (b, h), cần thu thập các số liệu sau:

- Xác định độ dốc đáy kênh i, từ tuyến kênh theo bản đồ địa hình.
- Xác định hệ số nhám n và hệ số mái dốc m, căn cứ vào vật liệu lòng dẫn.

5.3.2. Bài toán thiết kế kênh mới

- Xác định lưu lượng Q, căn cứ vào nhu cầu sử dụng nước hay tiêu thoát nước được xác định ở các bài toán thủy nông, thủy văn công trình, cân bằng nước, v.v...

Sau khi xác định Q, m, n, i và chọn một trong các thông số, tùy từng trường hợp, thường gặp các bài toán có cách giải khác nhau.

Biết Q, m, n, i, tìm b, h (có hai ẩn, cần tìm thêm một phương trình)

5.3.2. Bài toán thiết kế kênh mới

Trường hợp 1:

Cho biết thêm tỉ số $\beta = \frac{b}{h}$

Giải:

Thay $\beta = \frac{b}{h}$ vào công thức tính Q

Chỉ còn một ẩn số rồi giải

Tính $K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}$

Giả thiết một trị số h, tính K tương ứng. Khi nào có $K = K_0$ thì h tương ứng chính là h cần tìm.

5.3.2. Bài toán thiết kế kênh mới

Trường hợp 2:

Cho biết thêm R hoặc v

+ Cho biết R

$$R \rightarrow C \cdot \sqrt{R} \rightarrow \omega = \frac{Q}{C \cdot \sqrt{R} \cdot i} = (b + m \cdot h) \cdot h$$

$$\frac{\omega}{R} = \frac{Q}{R \cdot C \cdot \sqrt{R} \cdot i} = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$$

Giải hệ phương trình hai ẩn trên ta tìm ra b và h.

5.3.2. Bài toán thiết kế kênh mới

Trường hợp 2:

Cho biết thêm R hoặc v

+ Cho biết v

$$C = \sqrt{R} = \frac{v}{\sqrt{i}}$$

Tìm R từ $C \cdot \sqrt{R}$

5.4. Tính toán thủy lực cho kênh mặt cắt hình tròn

Do quy luật thay đổi của ω và χ nên người ta thường lập các bảng tra phụ hay đồ thị cho các tỉ số:

$$\frac{K_{ng}}{K}, \frac{W_{ng}}{W}, \frac{\omega_{ng}}{\omega}$$

tương ứng theo độ ngập nước trong kênh $\frac{h_{ng}}{D}$

Với:

$K_{ng}; W_{ng}; \omega_{ng}$ tương ứng với độ sâu mực nước h_{ng}
 $K; W; \omega$ tương ứng với độ sâu mực nước đầy nhất

5.4. Tính toán thủy lực cho kênh mặt cắt hình tròn

Vậy các bảng phụ và các đồ thị biểu thị các hàm quan hệ:

$$\frac{K_{ng}}{K} = \frac{Q_{ng}}{Q} = f\left(\frac{h_{ng}}{D}\right)$$

$$\frac{W_{ng}}{W} = \frac{V_{ng}}{V} = f\left(\frac{h_{ng}}{D}\right)$$

$$\frac{\omega_{ng}}{\omega} = \frac{A_{ng}}{A} = f\left(\frac{h_{ng}}{D}\right)$$

5.4. Tính toán thủy lực cho kênh mặt cắt hình tròn

