ĐẠI HỌC DUY TÂN

Chương 5

DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH HỞ

UNIFORM FLOW IN OPEN CHANNEL

Khoa Xây dựng – Đại học Duy Tân

Nội dung

5.1 Khái niệm chung

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

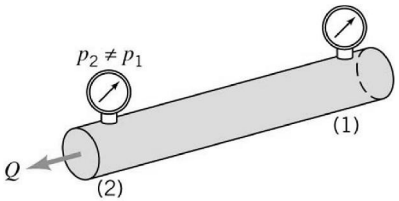
5.3 Các bài toán về dòng chảy đều trong kênh hở

5.1 Khái niệm chung

5.1.1 Khái niệm về dòng chảy đều trong kênh hở

☐ **Dòng chảy trong ống có áp và trong kênh hở:**

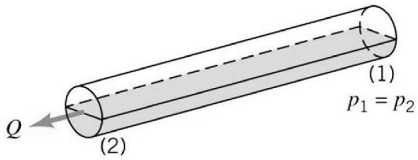
Dòng chảy có áp



- Dòng chảy đầy ống
- Áp suất thay đổi dọc dòng chảy

pressure pipe

Dòng chảy không áp



- Không đầy ống
- Áp suất không đổi
- Trọng lực gây ra chuyển động

non-**pressure pipe**

5.1 Khái niệm chung

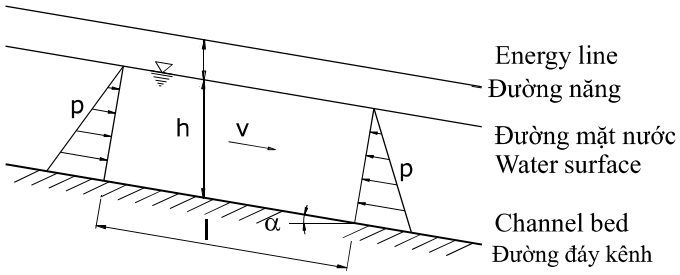
5.1.1 Khái niệm về dòng chảy đều trong kênh hở

5.1 Khái niệm chung

5.1.1 Khái niệm về dòng chảy đều trong kênh hở

☐ **Dòng chảy đều trong kênh hở:**
Uniform flow in open channel

- Một dòng chảy hở là dòng chảy đều nếu có các yếu tố thủy lực không thay đổi theo thời gian và dọc đường đi.



5.1 Khái niệm chung

5.1.1 Khái niệm về dòng chảy đều trong kênh hở

☐ Cụ thể là dòng chảy đó phải thỏa mãn điều kiện sau:

- Lưu lượng không đổi (Q = const)
- Mặt cắt ngang kênh không thay đổi.
- Độ sâu nước không đổi trên chiều dòng chảy.
- Độ dốc đáy kênh không đổi (i = const)
- Độ nhám lòng kênh không đổi (n = const)
- Không có tổn thất cục bộ (hc = 0).

5.1 Khái niệm chung

5.1.2 Công thức tính toán:

❑ Công thức cơ bản để tính là công thức Chezy:

$$v = C.\sqrt{R.J}$$ Chezy formula

Với dòng chảy đều: J = i Hydraulic gradient

→ $$v = C.\sqrt{R.i}$$ Uniform flow velocity

Với: v = tốc độ trung bình của dòng

R = bán kính thủy lực Hydraulic radius

i = độ dốc đáy kênh Bed slope

C = hệ số Chezy Cofficient C

5.1 Khái niệm chung

5.1.2 Công thức tính toán:

- Lưu lượng dòng chảy:

$$Q = v.\omega = C.\omega\sqrt{R.i}$$

hay: $$Q = K\sqrt{i}$$

với: $$K = C.\omega\sqrt{R}$$

- Có nhiều tác giả nghiên cứu cách xác định hệ số C và đã đưa ra nhiều công thức khác nhau; tuy nhiên, phổ biến rộng rãi là công thức của Manning.

$$C = \frac{1}{n}R^{1/6}$$ Manning formula

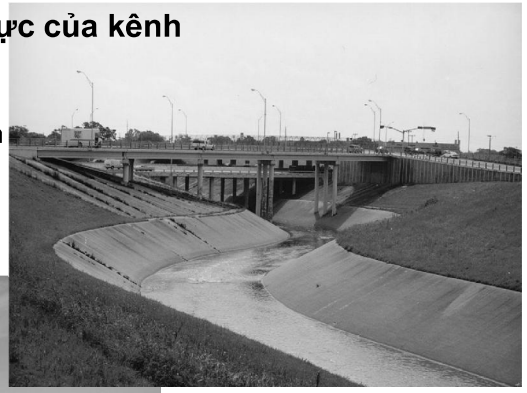
n: resistance coeficient, Manning's n

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.1 Các yếu tố thủy lực của kênh

- Mặt cắt ngang:

Cross section



5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.1 Các yếu tố thủy lực của kênh

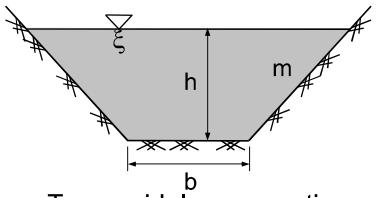
- Mặt cắt ngang:

Cross section

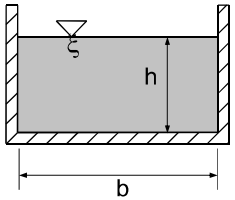
5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.1 Các yếu tố thủy lực của kênh

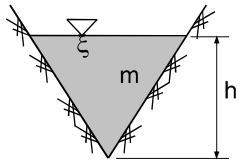
- Mặt cắt ngang:
  - Mặt cắt ngang có thể có nhiều dạng:



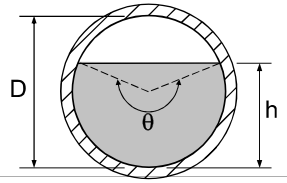
Trapezoidal cross section



Rectangular cross section



Triangular cross section

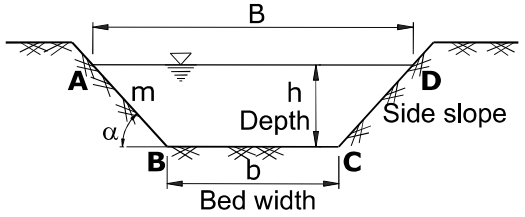


Circular cross section

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.1 Các yếu tố thủy lực của kênh

- Xét mặt cắt ngang hình thang: Trapezoidal cross section



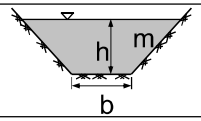
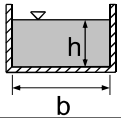
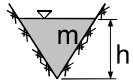
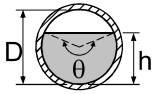
$$m = cotg\alpha$$

$$\beta = \frac{b}{h}$$

- Chiều rộng mặt nước
  Surface width: $B = b + 2.m.h$
- Diện tích mặt cắt ướt:
  Area cross section: $\omega = (b + m.h).h$
- Chu vi ướt
  Wetted perimeter: $\chi = b + 2.\sqrt{1 + m^2}.h$
- Bán kính thủy lực
  Hydraulic radius: $R = \frac{\omega}{\chi}$

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.1 Các yếu tố thủy lực của kênh

TT	Mặt cắt	Bề rộng	Diện tích mặt cắt ướt	Chu vi ướt
1		$b+2mh$	$(b+mh)h$	$b+2h\sqrt{1+m^2}$
2		B	$b.h$	$b+2h$
3		2mh	mh^2	$2h\sqrt{1+m^2}$
4		$2.\sqrt{h.(D-h)}$	$(\theta+\sin\theta)\frac{\pi.D^2}{8}$	$\frac{\theta}{2}.D$

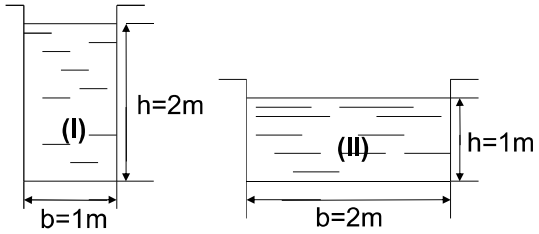
5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.2 Mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

Most efficient cross section

(best hydraulic section)

- Xét 2 mặt cắt kênh như hình vẽ:

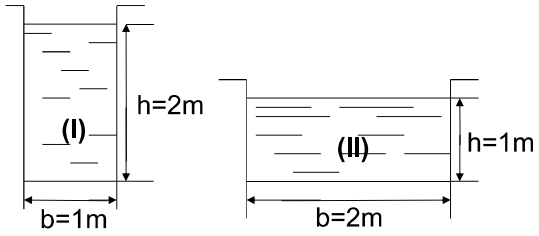


- Diện tích mặt ω, i, n như nhau.
- So sánh khả năng tháo nước của hai kênh?

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.2 Mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

- Xét 2 mặt cắt kênh như hình vẽ:



$Q_1 < Q_2$

→ Mặt cắt (II) có lợi hơn về mặt thủy lực

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.2 Mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

Most efficient cross section

- Từ công thức:

$$Q = C.\omega\sqrt{R.i}$$

với những kênh có cùng ω, i và n; kênh nào có R_{max} thì sẽ có C_{max} → có Q_{max}.

Kênh có mặt cắt lợi nhất về mặt thủy lực.

Để $R \to R_{max}$ thì $\chi \to \chi_{min}$.

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.2 Mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

Most efficient cross section

- Trong các hình có cùng diện tích, hình tròn có chu vi là bé nhất. Như vậy kênh mặt cắt ngang hình tròn là có lợi nhất về mặt thủy lực
- Mặt cắt hình thang có lợi nhất về mặt thủy lực:

$$\frac{d\chi}{dh} = 0 \rightarrow \frac{d}{dh}\left(b + 2.h.\sqrt{1+m^2}\right) = 0$$

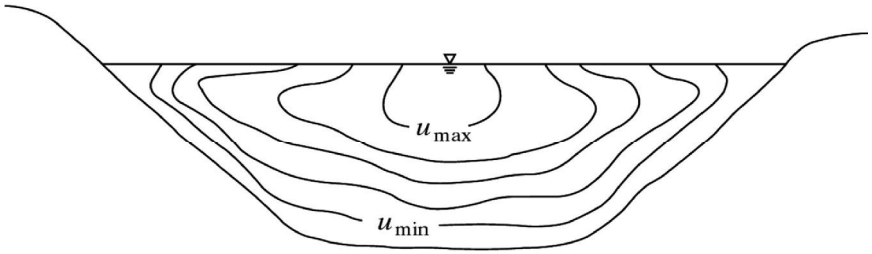
$$\boxed{\beta_{ln} = 2.\left(\sqrt{1+m^2} - m\right)}$$

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.3 Độ dốc đáy kênh và vận tốc dòng chảy

- Sự phân bố vận tốc trên mặt cắt ướt:

Velocity distribution in a trapezoidal cannal



5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.3 Độ dốc đáy kênh và vận tốc dòng chảy

Bed slope and velocity of flow

- Độ dốc đáy và vận tốc dòng chảy có quan hệ tỉ lệ thuận với nhau:

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

- Với lưu lượng Q xác định:
  - Khi i lớn → v lớn → giảm ω → gây xói lở
  - Khi i nhỏ → v nhỏ → tăng ω → gây bồi lắng

5.2 Các yếu tố thủy lực của kênh, mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực

5.2.3 Độ dốc đáy kênh và vận tốc dòng chảy

Bed slope and velocity of flow

- Khi thiết kế cần xác định vận tốc dòng chảy sao cho kênh không bị xói lở, bồi lắng.
- Khi thiết kế kênh cần kiểm tra với điều kiện:

$$[V]_l \le V \le [V]_x$$

Trong đó

$[V]_x$ = vận tốc cho phép không xói

$[V]_l$ = vận tốc cho phép không lắng

- $[V]_x$ và $[V]_l$ được xác định từ thực nghiệm

5.3 Các bài toán cơ bản

5.3.1 Bài toán cơ bản:

Khi tính toán thủy lực dòng chảy đều trong kênh hở thường gặp ba bài bài cơ bản sau đây:

- Tính lưu lượng Q trong kênh
- Tính độ dốc i của đáy kênh
- Tính kích thước mặt cắt kênh.

Cơ sở:

$$Q = C.\omega\sqrt{R.i}$$

5.3 Các bài toán cơ bản

5.3.1 Bài toán cơ bản:

☐ **Bài toán 1:**

- Biết các yếu tố của mặt cắt ngang kênh: b, h, m, n và i.
- Xác định lưu lượng dòng đều Q trong kênh.

☐ **Bài toán 2:**

- Biết lưu lượng Q và các yếu tố mặt cắt ngang: b, h, m, n.
- Tính độ dốc i của đáy kênh

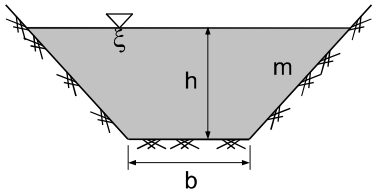
5.3 Các bài toán cơ bản

5.3.1 Bài toán cơ bản:

☐ **Bài toán 1:**

- **Bài tập:**

Tính Q của một kênh có mặt cắt hình thang cho n=0,014; i=0,0002, m=1,25, b=10m, h=3,5m



5.3 Các bài toán cơ bản

5.3.1 Bài toán cơ bản:

☐ **Bài toán 1:**

- **Giải:**

Các yếu tố thủy lực mặt cắt:

$$\omega = (b + m.h).h = 50{,}3\,m^2$$

$$\chi = b + 2.\sqrt{1 + m^2}.h = 21{,}2\,m$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = 2{,}37\,m$$

Hệ số Chezy (xác định theo công thức Manning):

$$C = \frac{1}{n}R^{1/6} = 82{,}48\,m^{1/2}/s$$

Lưu lượng dòng chảy đều:

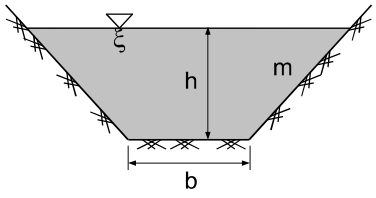
$$Q = C.\omega\sqrt{R.i} = 90{,}32\,m^3/s$$

5.3.1 Bài toán cơ bản:

☐ **Bài toán 2:**

■ **Bài tập:**

Tính độ dốc i của một kênh hình thang, cho biết b=1,2m; h=0,8m; m=1; n=0,025; Q=0,7m^3/s



5.3.1 Bài toán cơ bản:

☐ **Bài toán 2:**

■ **Giải:**

Các yếu tố thủy lực mặt cắt:

$$\omega = (b + m.h).h = 1,7\,m^2$$

$$\chi = b + 2.\sqrt{1+m^2}.h = 3,46\,m$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = 0,46\,m$$

Hệ số Chezy (xác định theo công thức Manning):

$$C = \frac{1}{n}R^{1/6} = 35,14\,m^{1/2}/s$$

Độ dốc đáy kênh:

$$i = \frac{Q^2}{C^2.\omega^2.R} = 0,0003$$

5.3.1 Bài toán cơ bản:

☐ **Bài toán 3:**

- Xác định kích thước mặt cắt ngang kênh khi đã biết lưu lượng Q, độ dôc đáy kênh i và độ nhám lòng kênh n.
- Có thể gặp 3 trường hợp sau đây:
  - ☐ Trường hợp 1: biết b, tính h; hoặc biết h tính b
  - ☐ Trường hợp 2: Xác định cả b, h. Cần có thêm dữ liệu:
    - Tỉ số β=b/h
    - Cho trước vận tốc v

5.3.2 Bài toán kênh có mặt cắt khép kín:

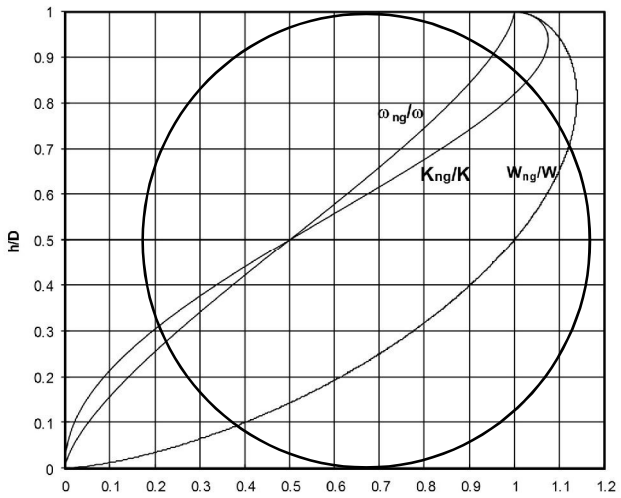
- Do quy luật thay đổi của ω và χ; lập sẵn bảng tra phụ, đồ thị: các đặc trưng về lưu lượng, vận tốc, diện tích mặt cắt theo độ đầy của nước trong ống:

$$\frac{K_{ng}}{K} = f\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) \qquad \frac{W_{ng}}{W} = f\left(\frac{h_{ng}}{H}\right) \qquad \frac{\omega_{ng}}{\omega} = f\left(\frac{h_{ng}}{H}\right)$$

5.3 Các bài toán cơ bản

5.3.2 Bài toán kênh có mặt cắt khép kín:

- Đồ thị hình cá:



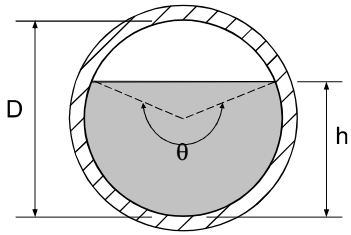
5.3 Các bài toán cơ bản

5.3.2 Bài toán kênh có mặt cắt khép kín:

- **Bài tập:**

Xác định đường kính của ống tròn bằng bêtông cốt thép (n=0,013) sao cho độ đầy h/D=0,8.

Biết: Q=3m³/s, i=0,04.



5.3 Các bài toán cơ bản

5.3.2 Bài toán kênh có mặt cắt khép kín:

- **Giải:**

Môđun lưu lượng dòng chảy (ứng với h/D=0,8):

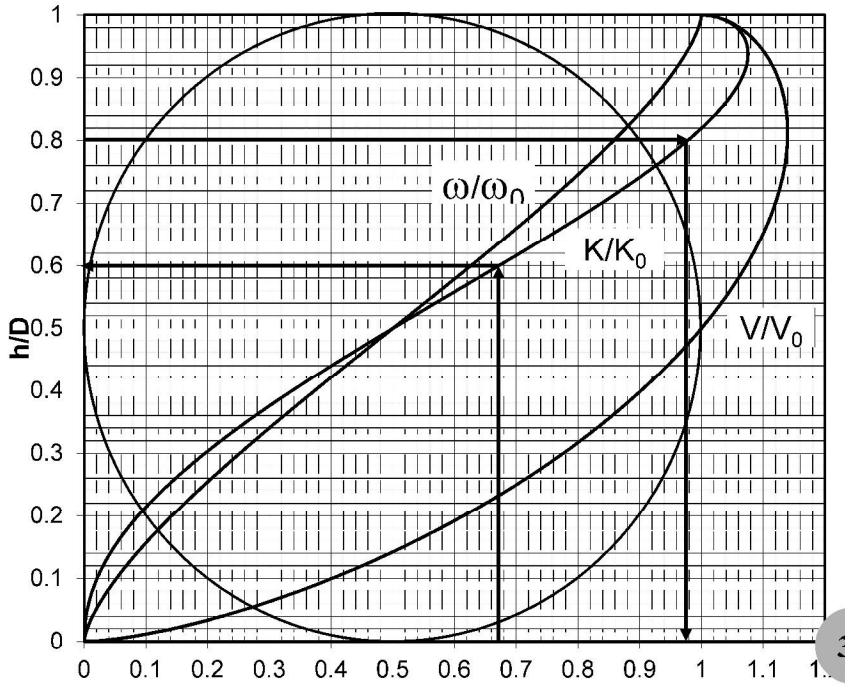
$$K_{ng} = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{3}{\sqrt{0{,}004}} = 47{,}4\ m^3/s$$

Tương ứng độ đầy h/D=0,8 từ đồ thị ta có được:

$$\frac{K_{ng}}{K} = 0{,}975 \longrightarrow K = \frac{K_{ng}}{0{,}975} = 48{,}71\ m^3/s$$

Mà $$K = \frac{1}{n}.R^{2/3}.\omega \longrightarrow d = \left(\frac{K.n}{0{,}3113}\right)^{3/8} = 1{,}3m$$

Chọn ống d=1,5 m; kiểm tra lại:

$$K = \frac{1}{n}.R^{2/3}.\omega = 70{,}6\ m^3/s$$

$$\frac{K_{ng}}{K} = 0{,}67 \longrightarrow \frac{h}{D} = 0{,}6$$