

Chương:

1 DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH HỞ

1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Dòng chảy đều – Dòng không đều

Dòng chảy đều có áp – Dòng chảy đều không áp (kênh hở)

Điều kiện cần để có dòng chảy đều

- Hình dạng mặt cắt ướt không đổi (kênh lăng trụ)
- Độ dốc không đổi ($i = \text{const}$)
- Độ nhám không đổi ($n = \text{const}$)

Khi dòng chảy đều xảy ra thì:

- Chiều sâu, diện tích ướt và biểu đồ phân bố vận tốc tại các mặt cắt dọc theo dòng chảy không đổi.
- Đường dòng, mặt thoảng, đường năng và đáy kênh song song với nhau.

1.2 CÔNG THỨC CHÉZY VÀ MANNING

Chézy (1769)

$$V = C\sqrt{Ri}$$

Manning

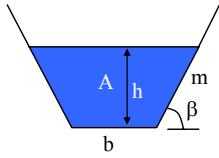
$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad \longrightarrow \quad V = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{i}$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} \sqrt{i}$$

$$K = \frac{1}{n} A R^{2/3} \quad \longrightarrow \quad Q = K \sqrt{i}$$

K được gọi là modul lưu lượng

Công thức tính toán diện tích ướt và chu vi ướt hình thang



$$m = \cot \beta : \text{hệ số mái dốc}$$

$$A = h(b + mh) : \text{diện tích ướt}$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad \text{chu vi ướt}$$

1.3 XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NHÁM

Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ số nhám như sau

Độ nhám bề mặt

Lớp phủ thực vật

Hình dạng mặt cắt kênh

Vật cản

Tuyến kênh

Sự bồi xói

Mực nước và lưu lượng

1.3.1 Trường hợp mặt cắt kênh đơn giản

Phương pháp SCS (soil Conservation Service Method)

Phương pháp dùng bảng

Phương pháp dùng hình ảnh

Phương pháp dùng biểu đồ lưu tốc

$$n = \frac{(x - 1)h^{1/6}}{6,78(x + 0,95)}$$

h: Chiều sâu dòng chảy

$$x = \begin{cases} U_{0,2} & U_{0,2}: \text{Vận tốc tại vị trí } 2/10 \text{ của chiều sâu hay } 0,8 \text{ h tính từ đáy}, \\ U_{0,8} & U_{0,8}: \text{Vận tốc tại vị trí } 8/10 \text{ của chiều sâu hay } 0,2 \text{ h tính từ đáy} \end{cases}$$

Phương pháp công thức thực nghiệm

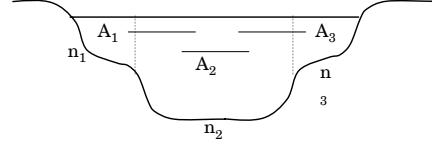
$$\text{Simons và Sentruk (1976): } n = 0,047d^{1/6}$$

d: Đường kính hạt của lòng kênh (mm).

1.3.2 Trường hợp mặt cắt kênh phức tạp

Cox(1973)

$$n_e = \frac{\sum_{i=1}^N n_i A_i}{A}$$



A₁: Diện tích ướt của từng diện tích đơn giản

A: Diện tích ướt của toàn bộ mặt cắt.

1.4 TÍNH TOÁN DÒNG ĐỀU:

1.4.1. Bài toán kiểm tra

a. Xác định lưu lượng :

$$\text{Biết : } A, i, n \longrightarrow Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i}$$

b. Xác định độ sâu h :

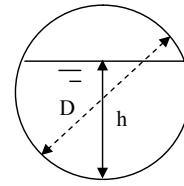
$$\text{Biết : } i, n, Q, \text{ hình dạng mặt cắt kênh} \longrightarrow h$$

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i} \longrightarrow \frac{nQ}{\sqrt{i}} = AR^{2/3} \longrightarrow \text{Thử dần} \rightarrow h$$

Đối với mặt cắt hình tròn có thể dùng biểu đồ

Modul lưu lượng: $K = \frac{1}{n} A R^{2/3} = \frac{Q}{\sqrt{i}}$

Modul lưu lượng khi chảy ngập: $K_{ng} = \frac{1}{n} A_{ng} R_{ng}^{2/3} = \frac{1}{n} \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} = \frac{\pi}{n} \frac{D^{8/3}}{4^{5/3}}$



Tính tỉ số:

$$K/K_{ng}$$

Từ:

$$K/K_{ng}$$

Dùng biểu đồ



$$h/D$$

$$\longrightarrow h$$

1.4.2 Bài toán thiết kế

a. Mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

Nếu kênh có cùng điều kiện: i, n, mặt cắt có hình dạng lợi nhất về thủy lực là :

- Có cùng diện tích ướt A nhưng cho lưu lượng lớn nhất
- hoặc - Cùng chảy với lưu lượng nhưng có diện tích ướt A nhỏ nhất

Từ $Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} \sqrt{i}$ \longrightarrow Mặt cắt có R lớn hay có P_{min} sẽ là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

Như vậy trong tất cả các loại mặt cắt, mặt cắt hình tròn là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

b. Mặt cắt hình thang có lợi nhất về thủy lực

Nếu các mặt cắt hình thang cùng một diện tích ướt A, cùng mái dốc m, thì mặt cắt hình thang nào có chu vi ướt nhỏ nhất sẽ là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.

Tỉ số giữa b/h để có mặt cắt có lợi nhất về thủy lực được xác định như sau:

$$A = (b + mh)h \longrightarrow b = \frac{A}{h} - mh$$

$$P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$$

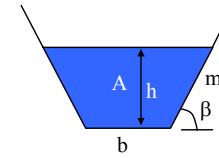
$$P = \frac{A}{h} - mh + 2h\sqrt{1+m^2}$$

$$\frac{dP}{dh} = -\frac{A}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2}$$

$$\frac{dP}{dh} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2} = 0$$

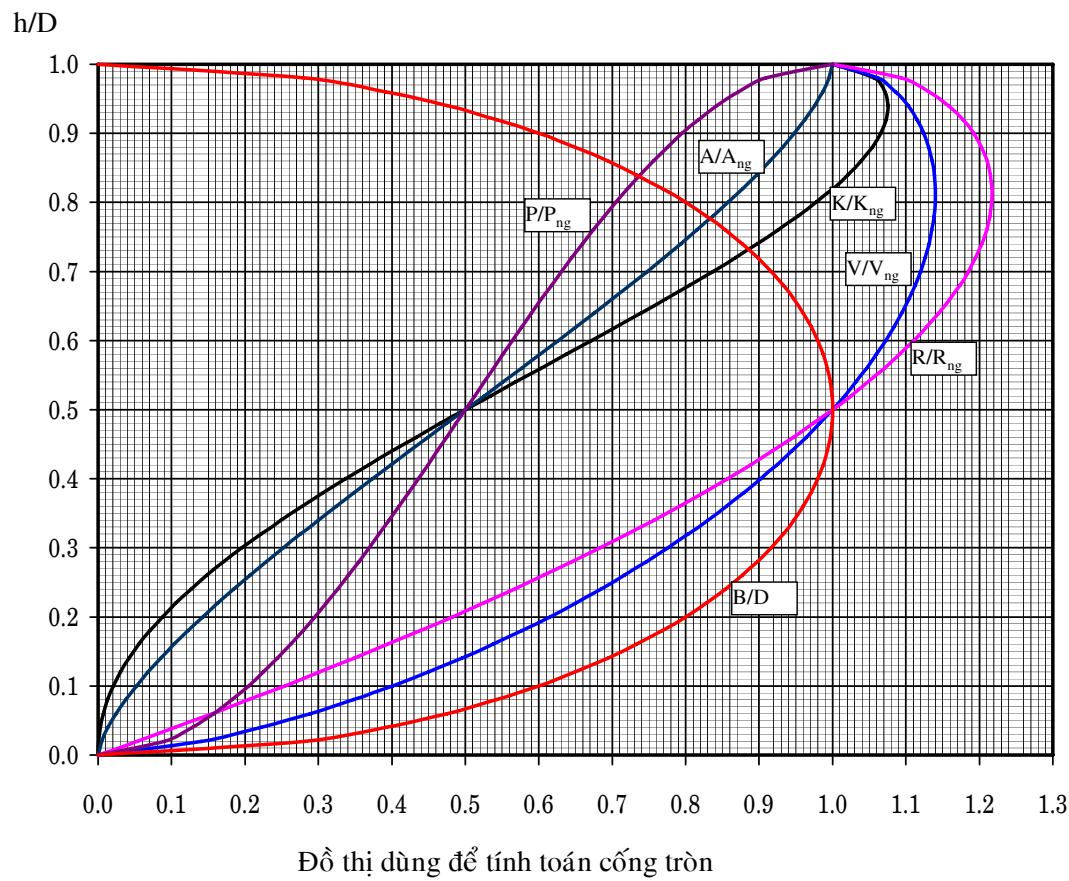
$$h^2 = \frac{A}{2\sqrt{1+m^2} - m} \longrightarrow h^2 = \frac{(b + mh)h}{2\sqrt{1+m^2} - m}$$

$$\frac{b}{h} = 2\left(\sqrt{1+m^2} - m\right)$$



c. Thiết kế kênh

- Xác định lưu lượng Q (mưa, nhu cầu xả nước ...)
- Xác định độ nhám n (loại vật liệu lòng kênh..)
- Xác định độ dốc i (phụ thuộc địa hình ..)
- Xác định hình dạng mặt cắt phụ thuộc yêu cầu thiết kế (hình tròn, hình thang, hình chữ nhật)
- Xác định kích thước kênh :
 - + Mặt cắt chữ nhật : xác định b và h , phải cho b để tìm h hoặc ngược lại, hoặc dùng điều kiện b/h của mặt cắt có lợi nhất về thủy lực
 - + Mặt cắt hình thang : xác định m dựa vào điều kiện ổn định mái dốc. Xác định b và h như trường hợp mặt cắt hình chữ nhật
 - + Mặt cắt hình tròn : xác định đường kính D dựa vào tỉ số độ sâu h/D cho phép trong cống
- Kiểm tra vận tốc trong kênh phải thỏa mãn : $V_{KL} < V < V_{KX}$



CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM:

Câu 1: Câu nào sau đây đúng:

- a) Dòng đều chỉ có thể xảy ra trong kênh lăng trụ.
- b) Trong kênh lăng trụ chỉ xảy ra dòng đều.
- c) Dòng không đều chỉ xảy ra trong sông thiên nhiên.
- d) Trong kênh có diện tích mặt cắt ướt không đổi thì luôn luôn có dòng đều

Câu 2: Dòng chảy đều trong kênh hở có:

- a) Đường nắng, đường mặt nước và đáy kênh song song nhau.
- b) Diện tích mặt cắt ướt và biểu đồ phân bố vận tốc dọc theo dòng chảy không đổi.
- c) Áp suất trên mặt thoảng là áp suất khí trời.
- d) Cả ba câu trên đều đúng.

Câu 3: Trong kênh có mặt cắt hình tròn đường kính D :

- a) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoảng $B = 0,90D$.
- b) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoảng $B = 0,78D$.
- c) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoảng $B = 0,46D$.
- d) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoảng $B = 0,25D$.

Về nhà suy luận ???

Câu 4: Trong dòng chảy đều:

- a) Lực ma sát cân bằng với lực trọng trường chiếu lên phương chuyển động.
- b) Lực ma sát cân bằng với lực quán tính.
- c) Lực gây nên sự chuyển động là lực trọng trường chiếu lên phương chuyển động.
- d) a và c đều đúng.

Câu 5: Trong kênh lăng trụ có lưu lượng không đổi:

- a) Độ sâu dòng đều tăng khi độ dốc i giảm.
- b) Độ sâu dòng đều không đổi độ dốc i tăng.
- c) Độ sâu dòng đều tăng khi độ dốc i tăng.
- d) Cả 3 câu trên đều sai.

Câu 6: Mặt cắt kênh có lợi nhất về mặt thủy lực :

- a) Có thể áp dụng đối với kênh có nhiều loại mặt cắt khác nhau.
- b) Đạt được lưu lượng cực đại nếu giữ diện tích mặt cắt ướt là hằng số.
- c) Đạt được diện tích mặt cắt ướt tối thiểu nếu giữ lưu lượng là hằng số.
- d) Cả ba câu trên đều đúng.

Chương:

2 DÒNG ỔN ĐỊNH KHÔNG ĐỀU BIẾN ĐỔI DẦN TRONG KÊNH HƠ

Ta có thể phân 2 loại chuyển động không đều trong kênh:

- Chuyển động không đều biến đổi dần.
- Chuyển động không đều biến đổi gấp.

2.1 CÁC KHÁI NIỆM

2.1.1 Năng lượng riêng của mặt cắt:

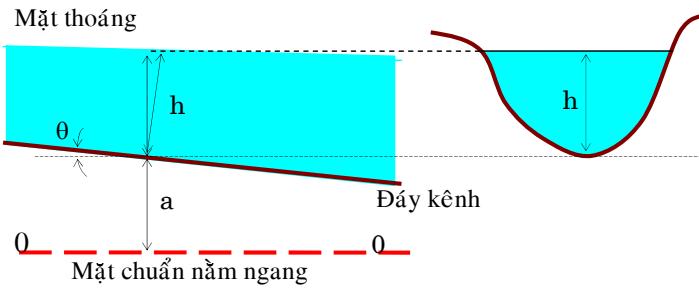
$$\text{Năng lượng toàn phần } E \longrightarrow E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h \cos \theta + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

$$E = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g} \quad \leftarrow \quad \text{độ dốc đáy kênh nhỏ } \cos \theta = 1$$

với mặt chuẩn nằm ngang đi qua điểm thấp nhất của mặt cắt đó.

Năng lượng riêng của mặt cắt E_0

$$E_0 = h + \frac{\alpha V^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$



$$E_0 = h + \frac{\alpha V^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$

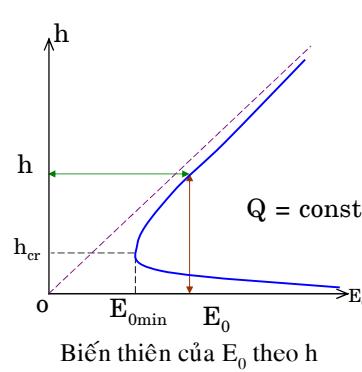
đường cong $E_0 = f(h)$

Khi $h \rightarrow \infty$ $E_0 \rightarrow \infty$ $E_0 \rightarrow h$

Đường phân giác thứ nhất $E_0 = h$, là 1 đường tiệm cận

Khi $h \rightarrow 0$ $E_0 \rightarrow \infty$

Trục hoành E_0 là 1 đường tiệm cận



2.1.3 Độ sâu phân giới (h_{cr}):

$Độ sâu phân giới h_{cr} là độ sâu để cho năng lượng riêng của mặt cắt đó đạt giá trị cực tiểu.$

$$\left(\frac{dE_0}{dh} \right)_{h=h_{cr}} = 0$$

$$\frac{dE_0}{dh} = \frac{d}{dh} \left(h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right) = 1 - \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{2}{A^3} \frac{dA}{dh} \right)$$

$$\frac{dE_0}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} \quad \xrightarrow{\text{phương trình tính}} \quad \text{độ sâu phân giới:} \quad 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} = 0 \quad \xrightarrow{\text{}} \quad \frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

Trong đó: A_{cr} và là diện tích mặt cắt ướt, B_{cr} bê rộng mặt thoáng tính với độ sâu phân giới h_{cr} .

Kênh hình chữ nhật: vì $A = bh$ và $B = b$ $h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$
nên

$q = Q/b$: lưu lượng trên 1 đơn vị bê rộng kênh gọi là lưu lượng đơn vị

Kênh tam giác cân: vì $A = mh^2$ và $B = 2mh$ nên $h_{cr} = \sqrt[5]{\frac{2\alpha Q^2}{gm^2}}$

Kênh hình thang: công thức gần đúng

$$h_{cr} = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105\sigma_N^2 \right) h_{crCN} \quad \text{trong đó} \quad \sigma_N = \frac{mh_{crCN}}{b} \quad h_{crCN} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}}$$

Kênh hình tròn: ta có thể áp dụng công thức gần đúng

$$h_{cr} = \frac{1,01}{d^{0,26}} \left(\frac{\alpha Q^2}{g} \right)^{0,25} \quad \text{với điều kiện} \quad 0,02 \leq \frac{h_{cr}}{d} \leq 0,85$$

2.1.4 Số Froude

$$Fr^2 = \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} \quad \left(\text{tỉ lệ với tỉ số} \frac{\text{lực quán tính}}{\text{trọng lực}} \right)$$

α - Hệ số sửa chữa động năng. B - Chiều rộng mặt thoáng

Nếu gọi: $C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$ vận tốc truyền sóng nhiễu động nhỏ trong nước tĩnh

số Froude thể hiện tỉ số giữa vận tốc trung bình của dòng chảy và vận tốc truyền sóng.

2.1.5 Độ dốc phân giới

Độ dốc phân giới i_{cr} là độ dốc của một kênh lăng trụ, ứng với một lưu lượng cho trước, độ sâu dòng chảy đều trong kênh h_0 bằng với độ sâu phân giới h_{cr} .

$$\text{Xác định } i_{cr} \quad Q = C_0 A_0 \sqrt{R_0 i} = C_{cr} A_{cr} \sqrt{R_{cr} i_{cr}}$$

$$\text{Ngoài ra} \quad \frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha Q^2}{g} \Rightarrow \frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha (A_{cr} C_{cr} \sqrt{R_{cr} i_{cr}})^2}{g}$$

suy ra

$$i_{cr} = \frac{g A_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 R_{cr} B_{cr}} = \frac{g P_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 B_{cr}}$$

- Nếu $i < i_{cr}$ thì $h_0 > h_{cr}$.
- Nếu $i > i_{cr}$ thì $h_0 < h_{cr}$.
- Nếu $i = i_{cr}$ thì $h_0 = h_{cr}$.

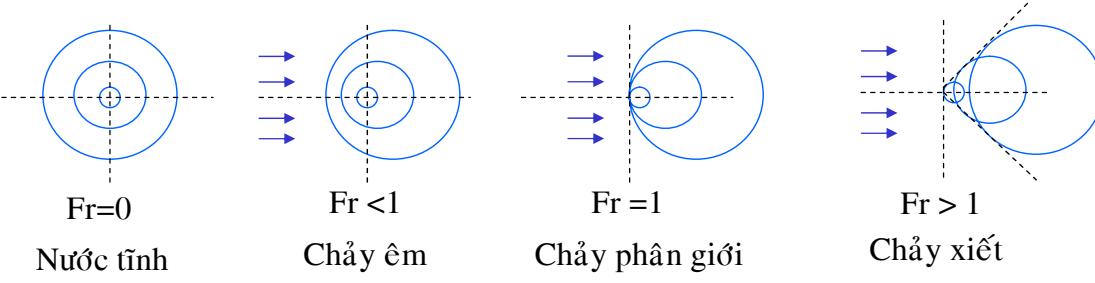
2.1.6.Các trạng thái chảy

Trạng thái chảy	Phân biệt theo			
	Độ sâu h	Số Froude	Vận tốc	$\partial E_0 / \partial h$
Êm	$h > h_{cr}$	$Fr < 1$	$V < C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} > 0$
Phân giới	$h = h_{cr}$	$Fr = 1$	$V = C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} = 0$
Xiết	$h < h_{cr}$	$Fr > 1$	$V > C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} < 0$

Với C vận tốc truyền sóng trong nước tĩnh: $C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$

B : bề rộng mặt thoáng và A diện tích ướt

Ý nghĩa vật lý trạng thái chảy



2.2 PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CƠ BẢN CỦA DÒNG ỔN ĐỊNH, KHÔNG ĐỀU BIẾN ĐỔI DÀN TRONG KÊNH HỒ

$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

$$-J = \frac{dE}{ds} = \frac{da}{ds} + \frac{dh}{ds} + \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = -i + \frac{dh}{ds} + \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right)$$

Xem qui luật tổn thất dọc đường của dòng không đều = dòng đều

=> J được tính theo công thức Chézy:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{A^2 C^2 R} = \frac{Q^2}{K^2}$$

$$\frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha Q^2}{2g A^2} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{g A^3} \frac{dA}{ds} \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{g A^3} \left(\frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right)$$

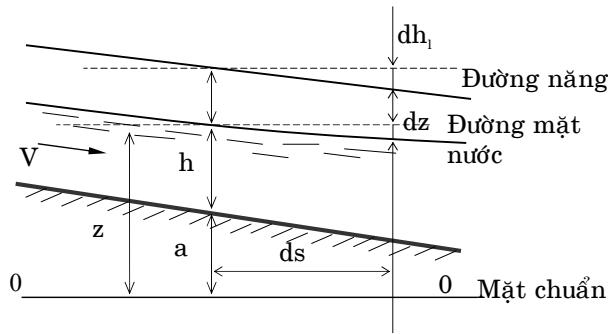
$$A = f\{s, h(s)\} \rightarrow \frac{dA}{ds} = \frac{\partial A}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial h} \frac{dh}{ds} = \frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds}$$

$$\frac{Q^2}{A^2 C^2 R} = i - \frac{dh}{ds} + \frac{\alpha Q^2}{g A^3} \left(\frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right)$$

$$\rightarrow \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R} \left(1 - \frac{\alpha C^2 R}{g A} \cdot \frac{\partial A}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}}$$

lãng trụ, $\partial A / \partial s = 0$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} = \frac{i - J}{1 - Fr^2}$$



2.3 CÁC DẠNG ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG KÊNH LĂNG TRỤ

2.3.1 Trường hợp kênh có độ dốc thuận $i > 0$

$$\text{Modun lưu lượng } K \quad K = K(h) = CA \sqrt{R}$$

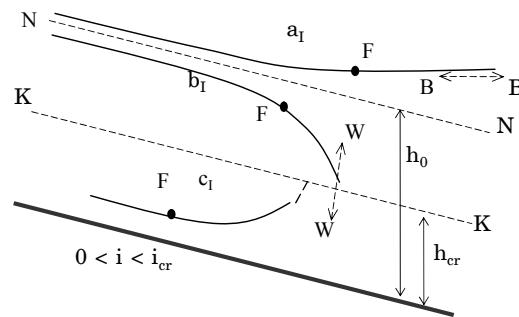
$$\text{Ứng với độ sâu dòng đều } h_0 \quad K_0 = C_0 A_0 \sqrt{R_0} \quad \longrightarrow \quad Q = K_0 \sqrt{i}$$

$$\text{Ứng với độ sâu dòng không đều } h \quad K = CA \sqrt{R} \quad \longrightarrow \quad Q = K \sqrt{J}$$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} = \frac{i - J}{1 - Fr^2} \quad \longrightarrow \quad \frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i$$

a. Trường hợp kênh lật: $0 < i < i_{cr}$

Mực nước trên khu a_I



a. Trưởng hợp khenh lèi: $0 < i < i_{cr}$

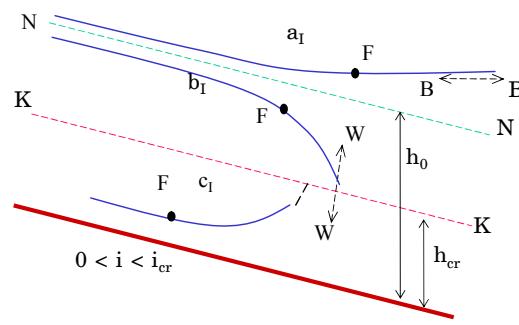
$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mực nước trên khu a_I : $h_{cr} < h_o < h$

$$K_o < K \rightarrow K_o^2 / K^2 < 1 \rightarrow ts > 0$$

$$Fr^2 < 1 \rightarrow ms > 0$$

$$\frac{dh}{ds} > 0 \quad \text{đường nước dâng}$$



$$\begin{array}{lll} h \rightarrow \infty & K \rightarrow \infty & ts \rightarrow 1 \\ & Fr^2 \rightarrow 0 & ms \rightarrow 1 \end{array} \rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow i \quad \text{đường mặt nước nằm ngang}$$

$$\begin{array}{lll} h \rightarrow h_o & K \rightarrow K_o & ts \rightarrow 0 \\ & Fr^2 < 1 & ms > 0 \end{array} \rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow 0 \quad \text{đường mặt nước tiêm cận với đường N-N}$$

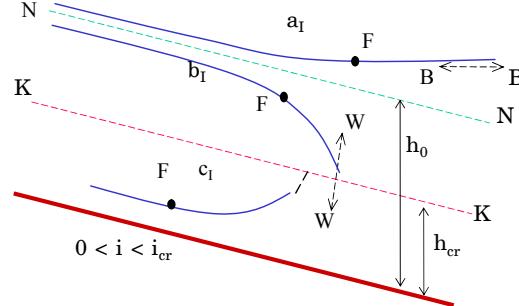
$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mực nước trên khu b_I : $h_{cr} < h < h_o$

$$K < K_0 \rightarrow K_o^2 / K^2 > 1 \rightarrow ts < 0$$

$$Fr^2 < 1 \rightarrow ms > 0$$

$$\frac{dh}{ds} < 0 \quad \text{đường nước hạ}$$



$$\begin{array}{lll} h \rightarrow h_o & K \rightarrow K_o & ts \rightarrow 0 \\ & Fr^2 < 1 & ms > 0 \end{array} \rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow 0 \quad \text{đường mặt nước tiêm cận với đường N-N}$$

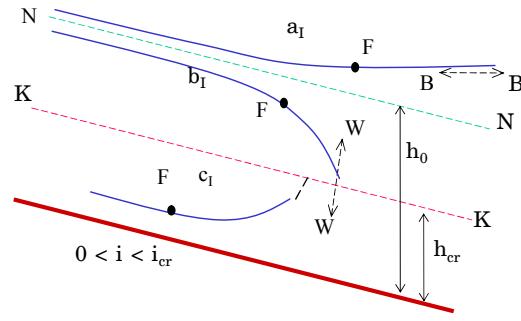
$$\begin{array}{lll} h \rightarrow h_{cr} & K < K_0 & ts < 0 \\ & Fr^2 \rightarrow 1 & ms \rightarrow 0^+ \end{array} \rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow -\infty \quad \text{đường mặt nước thẳng góc với K-K}$$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2/K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mực nước trên khu c_I: $h < h_{cr} < h_0$

$$K < K_0 \rightarrow K_o^2 / K^2 > 1 \rightarrow ts < 0$$

$$Fr^2 > 1 \rightarrow ms < 0$$



$$\frac{dh}{ds} > 0 \quad \text{đường nước dâng}$$

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K < K_0 \quad ts < 0$$

$$Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms \rightarrow 0$$

$$\frac{dh}{ds} \rightarrow +\infty$$

đường mặt nước thẳng góc với K-K

b. Trường hợp kênh dốc: $0 < i_{cr} < i$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2/K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mực nước trên khu a_{II}: $h_0 < h_{cr} < h$

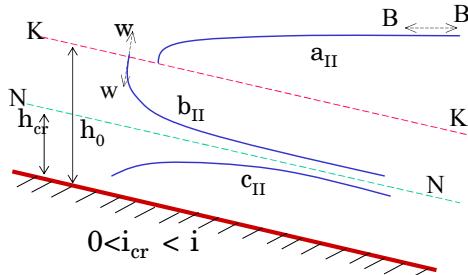
$$K_{cr} < K \rightarrow K_o^2 / K^2 < 1 \rightarrow ts > 0$$

$$Fr^2 < 1 \rightarrow ms > 0$$

$$\frac{dh}{ds} > 0 \quad \text{đường nước dâng}$$

$$h \rightarrow \infty \quad K \rightarrow \infty \quad ts \rightarrow 1$$

$$Fr^2 \rightarrow 0 \quad ms \rightarrow 1$$



$$\frac{dh}{ds} \rightarrow i$$

đường mặt nước nằm ngang

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K > K_0 \quad ts \rightarrow 0$$

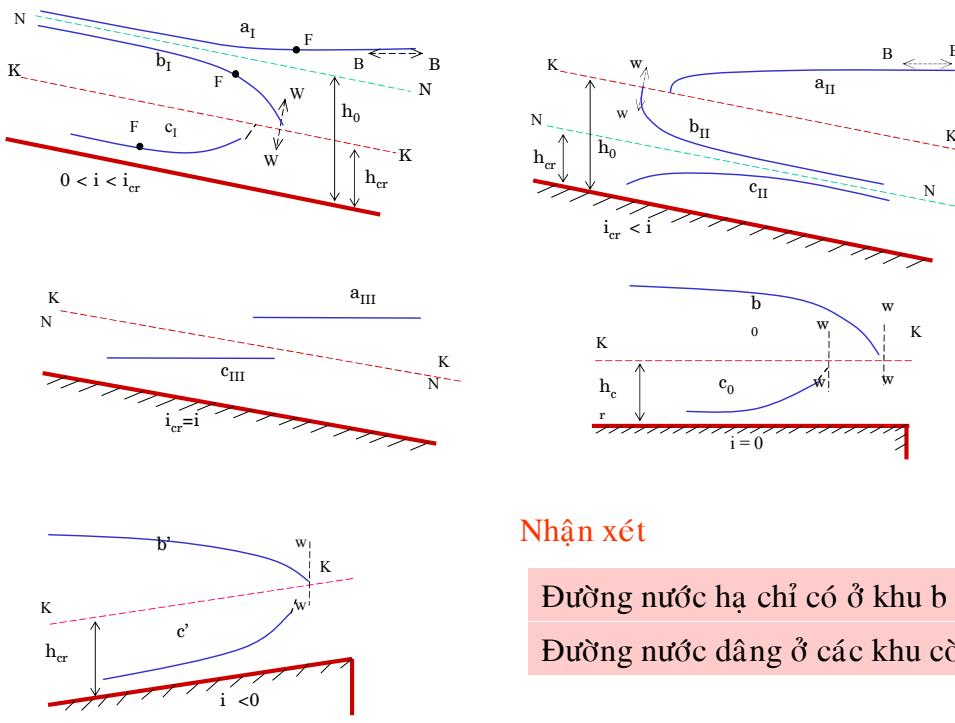
$$Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms > 0^+$$

$$\frac{dh}{ds} \rightarrow \infty$$

đường mặt nước thẳng góc đường K-K

Tương tự với các trường hợp còn lại ...

Bảng tóm tắt



Nhận xét

Đường nước hạ chỉ có ở khu b

Đường nước dâng ở các khu còn lại (a, c)

2.4 TÍNH TOÁN VÀ VẼ ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG KÊNH

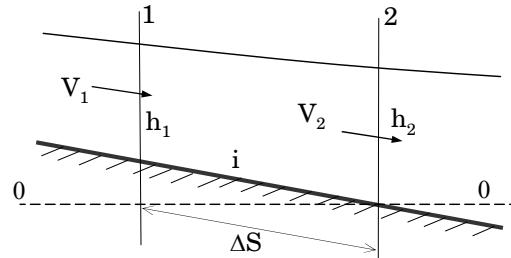
Phương pháp sai phân hữu hạn.

$$E = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + E_o$$

$$\frac{dE}{ds} = \frac{da}{ds} + \frac{dE_o}{ds}$$

$$-j = -i + \frac{dE_o}{ds}$$

$$\frac{dE_o}{ds} = i - J \quad \xrightarrow{\text{Sai phân}} \quad \frac{\Delta E_o}{\Delta s} = i - \bar{J}$$

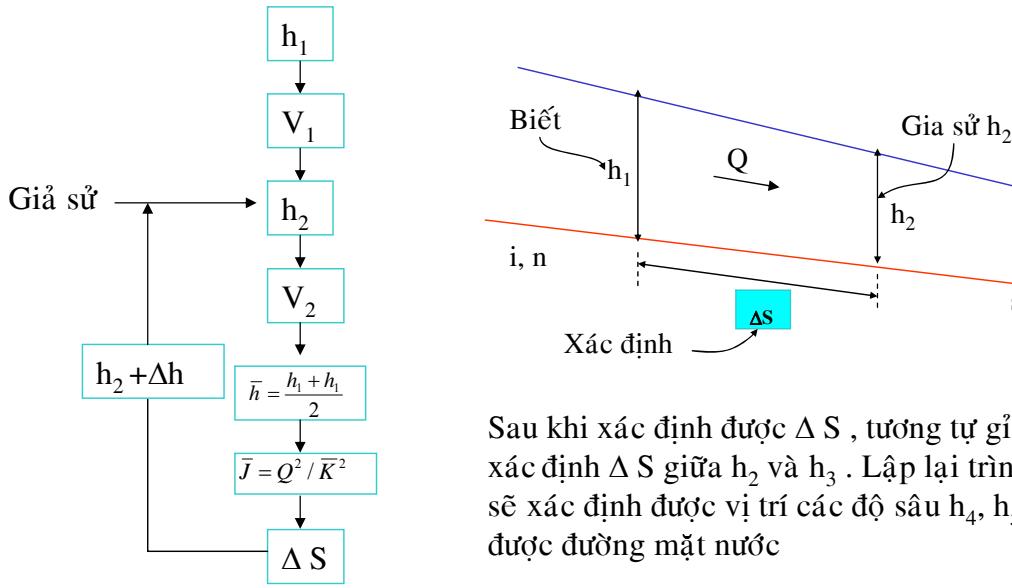


$$\Delta s = \frac{\Delta E_o}{i - \bar{J}} \quad \rightarrow \quad \Delta s = \frac{E_{02} - E_{01}}{i - \bar{J}} \quad \rightarrow \quad \Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right)}{i - \bar{J}}$$

Cách tính toán

$$\Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^1}{2g} \right) - \left(h_1 + \frac{V_1^1}{2g} \right)}{i - \bar{J}}$$

Biết: Lưu lượng (Q), hình dạng mặt cắt, độ dốc (i), độ nhám (n), độ sâu h_1 tại mặt cắt đầu (hoặc cuối)



Sau khi xác định được ΔS , tương tự giả sử h_3 và xác định ΔS giữa h_2 và h_3 . Lập lại trình tự tính toán sẽ xác định được vị trí các độ sâu $h_4, h_5 \dots$ từ đó vẽ được đường mặt nước

TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Một kênh có độ dốc $i > icr$, số Froude $Fr > 1$. Dòng chảy trong kênh ở trạng thái:

Câu 2. Độ sâu phân giới trong kênh:

- a) Nhỏ hơn độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i > icr$.
 - b) Bằng độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i = icr$.
 - c) Lớn hơn độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i < icr$.
 - d) Cả 3 câu trên đều đúng.

Câu 3. Một kênh có độ dốc $i > i_{cr}$, độ sâu nước trong kênh $h > h_0$. Dòng chảy trong kênh ở trạng thái:

- a) Luôn chảy xiết b) Chảy xiết nếu $h < h_{cr}$.
 c) Luôn chảy êm d) Chảy êm nếu $h > h_{cr}$

Câu 4. Một kênh có độ dốc $i > icr$, độ sâu nước trong kênh $h < h_0$.

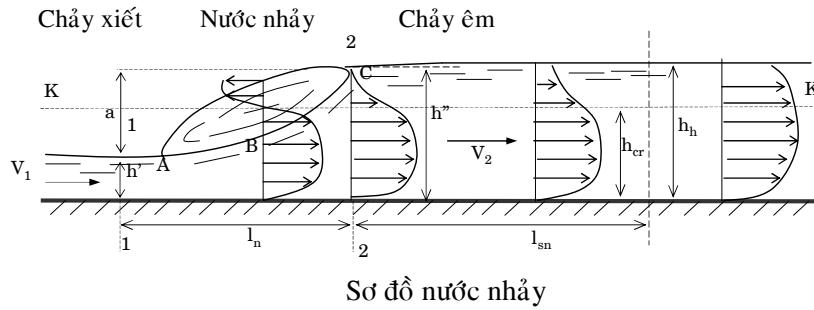
- a) Độ sâu nước giảm dọc theo chiều dài kênh.
 - b) Năng lượng riêng của mặt cắt tăng dọc theo chiều dài kênh.
 - c) Năng lượng riêng của mặt cắt giảm dọc theo chiều dài kênh.
 - d) Cả 2 câu a) và c) đều đúng.

Chương:

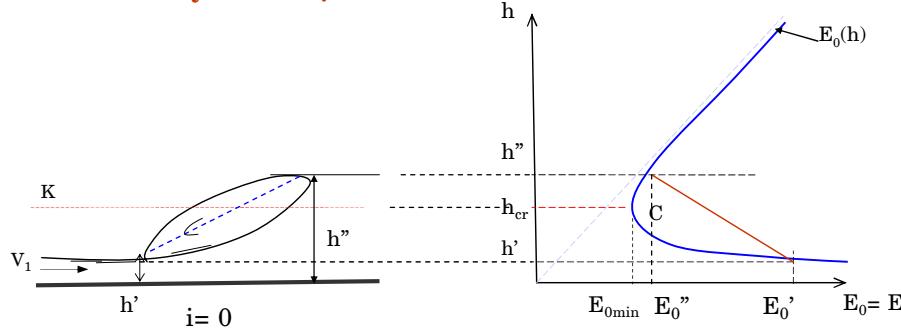
3 NUỐC NHẢY

3.1 KHÁI NIỆM

Nước nhảy là một hiện tượng xảy ra khi dòng chảy đi từ chảy xiết sang chảy êm. Hiện tượng nước nhảy tạo ra một cuộn xoay làm biến đổi độ ngọt từ độ sâu chảy xiết ($h' < h_{cr}$) sang độ sâu chảy êm ($h'' > h_{cr}$).



Tại sao nước nhảy xuất hiện ?:



Khảo sát cho trường hợp $i = 0$
Mặt chuẩn là đáy kênh

$$\rightarrow \text{Năng lượng riêng} = \frac{\alpha V^2}{2g} \rightarrow E = E_0 = \frac{\alpha V^2}{2g} + h$$

Năng lượng toàn phần

Từ biểu đồ $E(h)$ cho thấy năng lượng sẽ tăng từ E_{min} đến E'' khi độ sâu tăng từ h_{cr} đến h'' .

\rightarrow Không thể xảy ra vì năng lượng theo dòng chảy chỉ có thể giảm không thể tăng

Nước nhảy

Ứng dụng nước nhảy :

Nước nhảy tạo ra một cuộn xóay mãnh liệt nên dòng chảy qua nước nhảy sẽ bị tiêu hao năng lượng khá lớn.

Trong xây dựng dùng nước nhảy để tiêu hao năng lượng sau công trình để tránh xói lở.

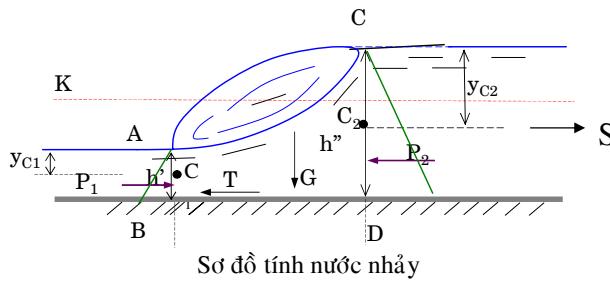
3.2 PHƯƠNG TRÌNH NƯỚC NHẢY

Giả thiết:

$$-i = 0$$

- Mặt cắt trước và sau nước nhảy đường dòng thẳng song song \rightarrow phân bố áp suất theo qui luật thủy tĩnh

- Bỏ qua ma sát đáy kênh



Áp dụng nguyên lý động lượng cho thể tích ABCD, chiếu trên phương s:

$$\rho Q(\alpha_{02}V_2 - \alpha_{01}V_1) = T_o + G_s + R_s + P_{1s} + P_{2s}$$

V_1, V_2 vận tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt AB, CD

T_o : lực ma sát trên lòng kênh $\Rightarrow 0$

G_s : trọng lượng khối nước trên phương S $\Rightarrow 0$

R_s : phản lực đáy trên phương S $\Rightarrow 0$

P_{1s} và P_{2s} : áp lực nước tại h' và h''

$$P_{1s} = \gamma y_{c1} A_1$$

Áp suất phân bố theo qui luật thủy tĩnh

$$P_{2s} = \gamma y_{c2} A_2$$

Với $\alpha_{01} = \alpha_{02} = \alpha_0$

$$\alpha_0 \rho Q(V_2 - V_1) = \gamma y_{c1} A_1 - \gamma y_{c2} A_2$$

$$\frac{\alpha_0 Q^2}{g A_2} + y_{c2} A_2 = \frac{\alpha_0 Q^2}{g A_1} + y_{c1} A_1$$

Phương trình nước nhảy

3.3 HÀM NƯỚC NHẢY

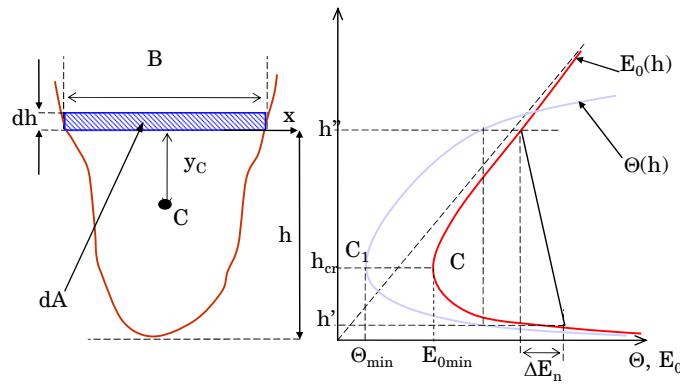
$$\Theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA} + y_c A$$

$$\frac{d\Theta}{dh} = -\frac{Q^2}{gA^2} \frac{dA}{dh} + \frac{d}{dh}(y_c A) = 0$$

trong đó:

$$\frac{dA}{dh} = B \quad \text{và} \quad \frac{d}{dh}(y_c A) \quad \text{với}$$

$(y_c A)$ là moment tĩnh của diện tích A so với trục x được xác định:



Biến thiên của E_0 và Θ theo h

Khi h biến thiên một đại lượng dh thì A biến thiên một đại lượng dA

$$\rightarrow \text{moment tĩnh của mặt cắt mới } (A+dA) \text{ đ/v mặt thóang } (y_c + dh)A + \frac{dh}{2} dA$$

$$\frac{d(y_c A)}{dh} = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} \frac{(y_c + \Delta h)A + \frac{\Delta h}{2} \Delta A - (y_c A)}{\Delta h} = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} \frac{\Delta h A + \frac{\Delta h}{2} \Delta A}{\Delta h} = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} (A + \frac{\Delta A}{2}) = A$$

$$-\frac{\alpha_0 Q^2}{gA^2} B + A = 0 \rightarrow \frac{A^3}{B} = \frac{\alpha_0 Q^2}{g} \rightarrow$$

$$\Theta = \Theta_{\min}$$

$$h = h_{cr}$$

$\alpha_0 = \alpha$ thì cực tiểu của hàm nước nhảy trùng với cực tiểu của hàm năng lượng riêng.

3.4 TÍNH TOÁN NƯỚC NHẢY

3.4.1. Chiều sâu nước nhảy:

Từ phương trình nước nhảy

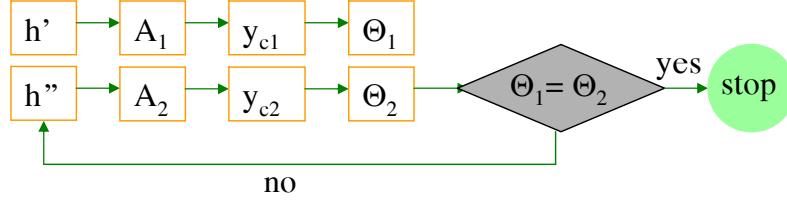
$$\frac{\alpha_0 Q^2}{gA_2} + y_{c2} A_2 = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA_1} + y_{c1} A_1$$

Suy ra khi nước nhảy xuất hiện thì hàm nước nhảy $\Theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA} + y_c A$

tại mặt cắt trước và sau nước nhảy sẽ bằng nhau: $\Theta(h_1) = \Theta(h_2)$

Do đó : Nếu biết

Giả thiết



Trường hợp đặc biệt: Kênh hình chữ nhật: $A = bh$; $y_c = h/2$; $q = Q/b$; $h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{2g}}$

$$\Theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA} + y_c A = b \left(\frac{\alpha_0 q^2}{gh} + \frac{h^2}{2} \right) = b \left(\frac{h_{cr}^3}{h} + \frac{h^2}{2} \right)$$

$$b \left(\frac{h_{cr}^3}{h'} + \frac{h'^2}{2} \right) = b \left(\frac{h_{cr}^3}{h''} + \frac{h''^2}{2} \right) \rightarrow h'' = \frac{h'}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h'} \right)^3} - 1 \right] \quad h' = \frac{h''}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h''} \right)^3} - 1 \right]$$

Công thức gần đúng mặt cho cát bất kỳ:

Khi $h'' < 5 h_{cr}$ một cách gần đúng chiều sâu nối tiếp có thể xác định theo công thức của A. N. Rakhmanov

$$h'' = \frac{1,2 h_{cr}^2}{h' + 0,2 h_{cr}}$$

$$h' = 1,2 \frac{h_{cr}^2}{h''} - 0,2 h_{cr}$$

3.4.2 Tổn thất năng lượng nước nhảy:

$$\begin{aligned}\Delta E_n &= E_1 - E_2 \\ &= \left(h' + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) - \left(h'' + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right) \\ &= \left(h' + \frac{\alpha_1 Q^2}{2gA_1^2} \right) - \left(h'' + \frac{\alpha_2 Q^2}{2gA_2^2} \right)\end{aligned}$$

Đối với kênh chữ nhật:

$$\Delta E_n = \frac{(h'' - h')^3}{4h'h''} = \frac{a^3}{4h'h''} \quad \text{với} \quad a = h'' - h'$$

3.4.3 Chiều dài nước nhảy (ln):

Đối với kênh chữ nhật:

$$\text{Safranez (1934):} \quad l_n = 4,5h''$$

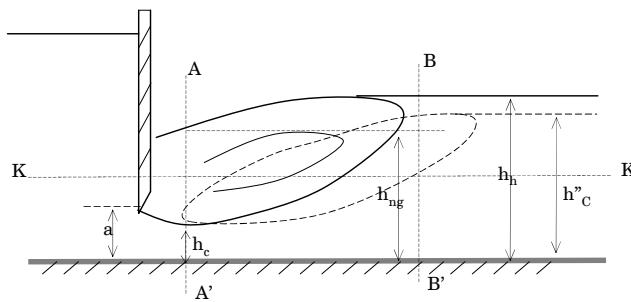
$$\text{Bakhmetiev và Matzke (1936):} \quad l_n = 5(h'' - h')$$

$$\text{Silvester (1965):} \quad l_n = 9,75h' (Fr_l - 1)^{1,01}$$

3.5 CÁC DẠNG NƯỚC NHẢY KHÁC

3.5.1 Nước nhảy ngập

Khi mặt cắt trước nước nhảy hoàn chỉnh bị ngập thì ta có nước nhảy ngập.



Nước nhảy ngập

$$\frac{h_{ng}}{h_h} = \sqrt{1 + 2Fr_h^2 \left(1 - \frac{h_h}{h_c} \right)}$$

$Fr_h^2 = \frac{V_h^2}{gh_h}$ là số Froude ứng với độ sâu hạ lưu h_h và V_h là vận tốc ở hạ lưu

Theo Smetana, chiều dài nước nhảy ngập được tính:

$$l_{nn} = 6(h_h - h_c)$$

Chương:

4 DÒNG CHẢY QUA CÔNG TRÌNH

PHẦN I DÒNG CHẢY QUA ĐẬP TRÀN

Đập tràn là một công trình ngăn dòng chảy và cho dòng chảy qua đỉnh đập.

Đập tràn được dùng để kiểm soát mực nước và lưu lượng.

Có 3 loại đập tràn thông dụng

Đập tràn thành mỏng

Đập tràn mặt cắt thực dụng

Đập tràn đỉnh rộng

4.1 ĐẬP TRÀN THÀNH MỎNG $\delta < 0,67H$

(i)

4.1.1 Công thức tính lưu lượng

Áp dụng phương trình năng lượng hoặc dùng phương pháp phân tích thứ nguyên:

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

m : hệ số lưu lượng

b : bề rộng đập tràn

$$H_o = H + \frac{\alpha V_o^2}{2g}$$

V_o : Vận tốc tiến gần

Nếu thay $m_o = m \left(1 + \frac{\alpha V_o^2}{2gH}\right)^{3/2}$

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

m_o có thể được tính theo công thức

Bazin $m_o = \left(0,405 + \frac{0,003}{H}\right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{H}{H + P_1}\right)^2\right]$

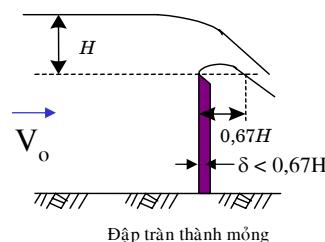
Với phạm vi :

$$0,2 \text{ m} < b < 2 \text{ m}$$

$$0,24 \text{ m} < P_1 < 1,13$$

$$0,05 < H < 1,24$$

(i)

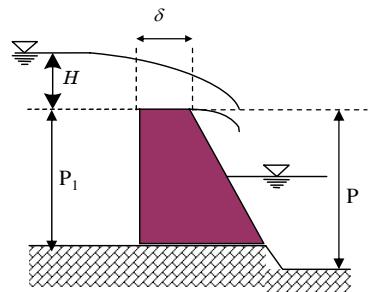


4.2 ĐẬP TRÀN MẶT CẮT THỰC DỤNG

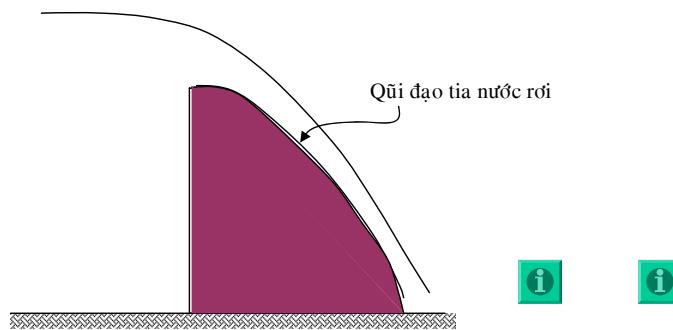
$$0,67h < \delta < 2 \div 3H$$

Cải tiến của đập tràn mặt cắt thực dụng

Đập tràn Creager -Ophixêrốp



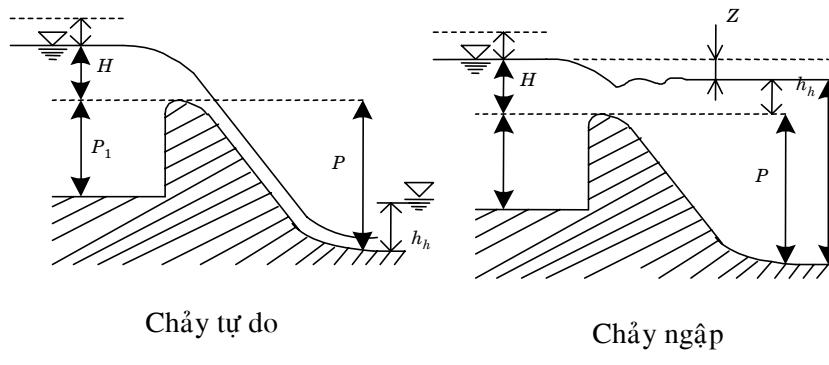
Đập tràn mặt cắt thực dụng



4.2.1 Các trạng thái chảy

(i) chảy tự do

(ii) chảy ngập

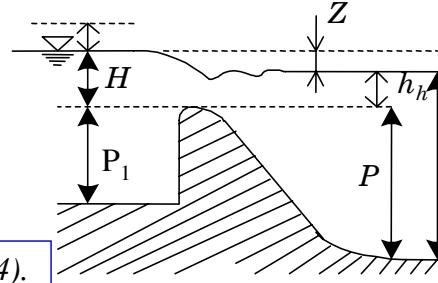


Điều kiện chảy ngập:

$$h_h > P$$

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

Trị số $\left(\frac{z}{P}\right)_{pg}$ phụ thuộc vào $\frac{H}{P}$ (phụ lục 4).



4.2.2 Công thức tính lưu lượng

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

Trong thực tế do chiều rộng đập lớn

→ Bé rộng đậm b được chia thành nhiều nhịp

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

ε : Hệ số co hẹp bên do ảnh hưởng của trụ giữa và mố bên

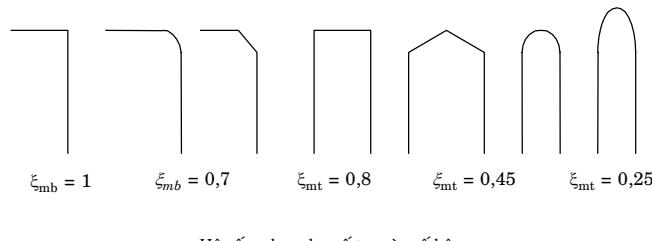
$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \frac{H_o}{b}$$

ξ_{mb} : *Hệ số co hép do mổ bên*

ξ_{mb} : Hết số có hép do mổ bên

n: Số nhịp đậm

b: Bề rộng mỗi nhịp



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

m : hệ số lưu lượng

$$m = m_{tc} \sigma_{hd} \sigma_H$$

m_{tc}: Hệ số lưu lượng tiêu chuẩn

Đập tràn loại Creager $m_{tc} = 0,48 \div 0,5$

Đập tràn hình đa giác $m_{tc} = 0,3 \div 0,45$

phụ lục .4.3

σ_H: Hệ số điều chỉnh do cột nước tràn H khác với cột nước thiết kế (H_{tk}).

$H > H_{tk}$: Đập có chân không $\sigma_H > 1$

$H = H_{tk}$: $\sigma_H = 1$

$H < H_{tk}$: Đập không có chân không $\sigma_H < 1$

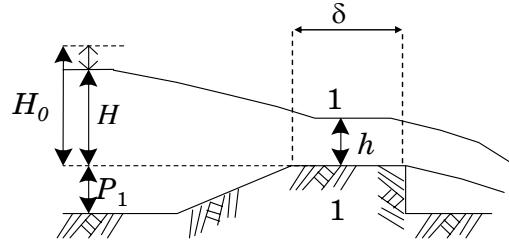
phụ lục 4.4

σ_{hd}: Hệ số điều chỉnh do thay đổi hình dạng đập so với hình dạng tiêu chuẩn

phụ lục 4.5

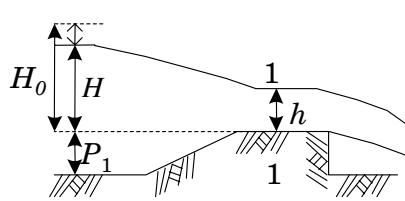
4.3 ĐẬP TRÀN ĐỈNH RỘNG

$$3H < \delta < 8H$$

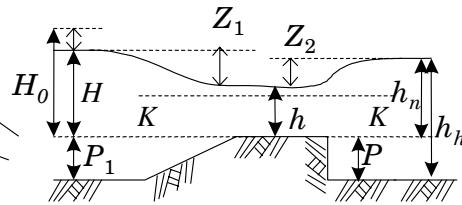


4.3.1 Các trạng thái chảy

- (i) chảy tự do
- (ii) chảy ngập



Chảy tự do



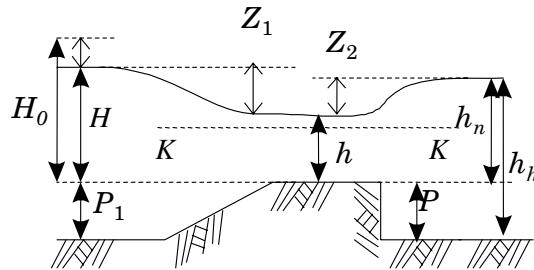
Chảy ngập

Các trạng thái chảy qua đập tràn đỉnh rộng

Điều kiện chảy ngập

$$h_h > P$$

$$\frac{h_n}{H_o} > \left(\frac{h_n}{H_o} \right)_{pg} = 0,75 \div 0,85$$



Chảy ngập

4.3.2 Công thức tính lưu lượng

Trường hợp chảy không ngập

Viết phương trình năng lượng cho 2 mặt cắt 0-0 và 1-1

$$H_o = \frac{\alpha V_o^2}{2g} + H = \frac{\alpha V^2}{2g} + h + h_f \quad h_f = \sum \xi \frac{V^2}{2g}$$

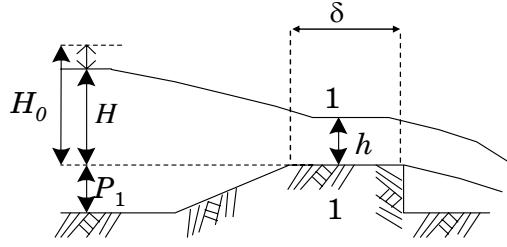
$$V = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi}} \sqrt{2g(H_o - h)}$$

$$V = \varphi \sqrt{2g(H_o - h)}$$

$$Q = \varphi A \sqrt{2g(H_o - h)}$$

Khi cửa đập hình chữ nhật:

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



TS. Huỳnh công Hoài –BM Cơ lưu Chất - DHBK tp HCM – Tóm tắt bài giảng

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

Ta có thể biến đổi đưa về dạng như sau:

$$Q = \varphi b \frac{h}{H_o} \sqrt{2g(1 - \frac{h}{H_o})} \cdot H_o^{3/2}$$

$$\text{Đặt } k = \frac{h}{H_o} \quad Q = \varphi b k \sqrt{1-k} \cdot \sqrt{2g} H_o^{3/2}$$

$$\text{Đặt } m = \varphi k \sqrt{1-k} \quad Q = m b \sqrt{2g} H_o^{3/2}$$

m : hệ số lưu lượng của đập tràn đỉnh rộng phụ lục 4.6

φ : hệ số lưu tốc phụ lục 4.7

Từ $m = \varphi k \sqrt{1-k}$ Nếu biết m và φ có thể suy ra k (k_1 và k_2) phụ lục 4.7

Có k suy ra h (độ sâu trên đỉnh đập)

Chú ý: k_1 cho h ứng với dòng chảy xiết trên đỉnh đập

k_2 cho h ứng với dòng chảy êm trên đỉnh đập

Trường hợp chảy ngập:

Chứng minh tương tự

$$Q = \varphi_n A \sqrt{2g(H_o - h)}$$

Trường hợp cửa đập hình chữ nhật:

$$Q = \varphi_n b h \sqrt{2g(H_o - h)}$$

PHẦN 2: DÒNG CHẢY QUA CỐNG

Cống là tên chung để chỉ các công trình điều khiển mực nước hay lưu lượng.

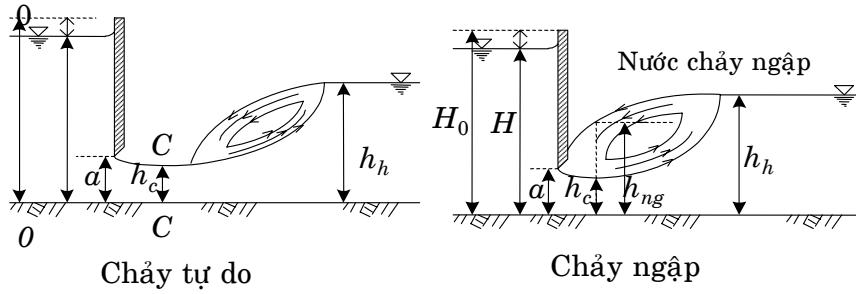
- (i) cống lô thiên
- (ii) cống ngầm

4.4 CỐNG LỘ THIÊN

Cống lộ thiên là loại cống không có trần hoặc vòm

i

Chế độ chảy: 
Tự do
Chảy ngập



Xác định trạng thái chảy

Giả sử nước nhảy tại mặt cắt co hẹp $h' = h_c \rightarrow h''$

Nếu $h'' > h_h \rightarrow$ Nước nhảy phóng xa \rightarrow Chảy tự do

$h'' < h_h \rightarrow$ Nước nhảy ngập \rightarrow Chảy ngập

4.4.1 Công thức tính lưu lượng chảy qua cống lộ thiên:

Chảy tự do

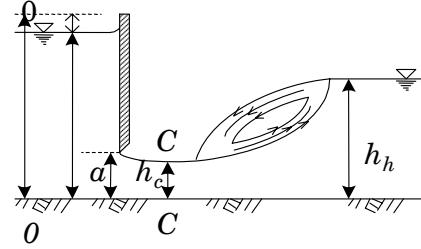
Viết phương trình năng lượng cho 2 mặt cắt 0-0 và c-c:

$$H_o = h_c + \frac{\alpha V_c^2}{2g} + \sum \xi_c \frac{V_c^2}{2g}$$

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi}} \sqrt{2g(H_o - h_c)} = \varphi \sqrt{2g(H_o - h_c)}$$

$$Q = V_c \times A = \varphi A \sqrt{2g(H_o - h_c)}$$

Trường hợp mặt cắt cống chữ nhật:



Chảy tự do

$$Q = \varphi b h_c \sqrt{2g(H_o - h_c)}$$

$$\varepsilon : \text{hệ số co hẹp} \quad h_c = \varepsilon a \quad Q = \varphi b \varepsilon a \sqrt{2g(H_o - \varepsilon a)}$$

phụ lục 4.8

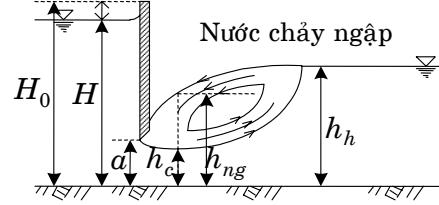
Chảy ngập

Giả thiết rằng áp suất trên mặt cắt co hẹp phân bố theo quy luật tịnh

Viết phương trình năng lượng cho hai mặt cắt 0-0 và c-c

$$V_c = \varphi \times \sqrt{2g(H_o - h_{ng})}$$

$$Q = V_c \times A = \varphi b \varepsilon a \sqrt{2g(H_o - h_{ng})}$$



Chảy ngập

h_{ng} : xác định theo công thức nước nhảy ngập trong chương 3

Khi độ mở cống a khá nhỏ hơn so với độ sâu h_h , thì xuất hiện nước ngập lặng $h_{ng} = h_h$

Gần đúng có thể lấy $h_{ng} = h_h$

4.5 CỐNG NGẦM

Được xây dựng qua đê, đập hoặc dưới đường có mặt cắt khép kín

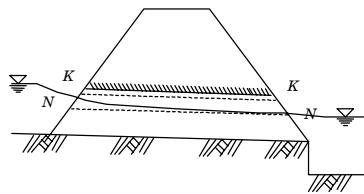
Cống ngầm thường có mặt cắt hình tròn hoặc hình chữ nhật



4.5.1 Trạng thái chảy trong cống ngầm

- Chảy không áp

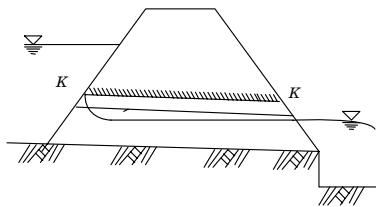
Mực nước thượng lưu
thấp hơn đỉnh cống



- Chảy bán áp

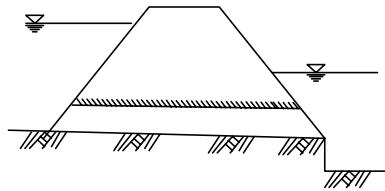
Mực nước thượng lưu cao
hơn đỉnh cống

Mực nước hạ lưu thấp hơn
đỉnh cống



- Chảy có áp

Mực nước thượng lưu
cao hơn đỉnh cống

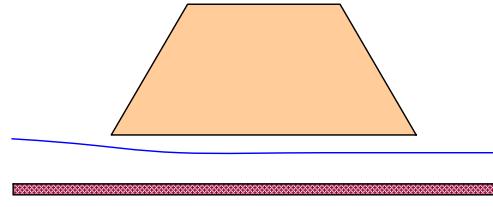


4.5.2 Công thức tính toán

a. Chảy không áp:

Chiều dài cống $L < 8H$

Tính toán như chảy qua
đập **tràn đỉnh rộng**

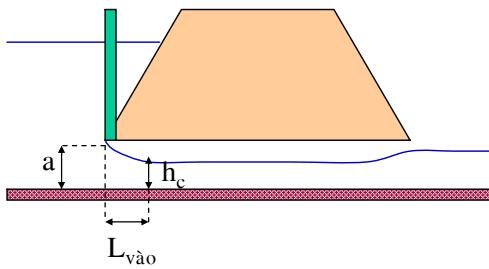


b. Chảy bán áp:

Tính toán như chảy qua
đập **cống lộ thiên (hở)**

Khóang cách từ cửa cống đến mặt cắt co hẹp có thể được xác định theo công thức thực nghiệm sau

$$L_{vào} = 1,4 a$$



c. Chảy có áp:

Tính toán như chảy qua
một ống ngắn có áp

$$Q = \varphi_c A \sqrt{2gZ_o}$$

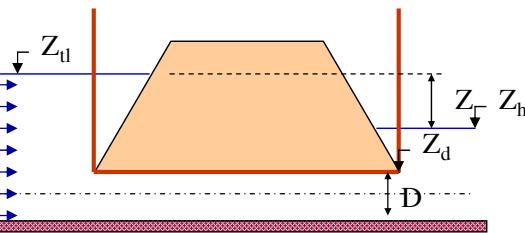
$$Z_o = Z + \alpha \frac{V_o^2}{2g}$$

A: Tiết diện đầy cống

Z: Chênh lệch mực nước thượng hạ lưu

φ_c : Hệ số lưu tốc qua cống

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi_c + \frac{2gL}{C^2 R}}} \rightarrow$$



ξ_c : Hệ số tổn thất cục bộ

L: Chiều dài cống

R: Bán kính thủy lực mặt cắt
thẳng đứng cống

C: Hệ số Chezy

$$Z_h > Z_d - D/2 \rightarrow Z = Z_{tl} - Z_h$$

$$Z_h > Z_d - D/2 \rightarrow Z = Z_{tl} - (Z_h - D/2)$$

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Dòng chảy qua đập tràn thực dụng, ở chế độ chảy ngập, có:

- a) Mực nước hạ lưu cao hơn ngưỡng đập tràn
- b) Dòng chảy qua đập tràn là chảy êm
- c) Mực nước hạ lưu ảnh hưởng tới lưu lượng qua đập tràn
- d) Cả 3 câu đều đúng

Câu 2. Dòng chảy qua cống hở (lộ thiên), ở chế độ chảy tự do, có:

- a) Nước nhảy ngập
- b) Nước nhảy tự do
- c) Dòng chảy qua cửa cống ở chế độ chảy êm
- d) Cả 3 câu đều sai.

Câu 3. Áp suất trên bề mặt đập tràn Creager:

- a) Bằng áp suất không khí.
- b) Là áp suất chân không khi cột nước trên ngưỡng tràn cao hơn cột nước thiết kế.
- c) Lớn hơn áp suất không khí khi cột nước trên ngưỡng tràn cao hơn cột nước thiết kế.
- d) Cả 3 câu đều sai.

Câu 4. Trong công thức tính lưu lượng qua cống ngầm khi chảy có áp, hệ số lưu lưu tốc được tính

$$\varphi = 1/(1 + \sum \xi_c + \frac{2gL}{C^2 R})$$

, trong đó tổn thất dọc đường chảy trong cống được tính với điều kiện dòng chảy trong cống là:

- a) Chảy rối thành trơn thủy lực
- b) Chảy rối thành nhám thủy lực
- c) Chảy rối thành hoán toán nhám
- d) Cho tất cả trạng thái chảy

Câu 10. Nếu cùng một độ sâu H trước đỉnh đập và cùng bề rộng b , dòng chảy qua đập là chảy tự do thì loại đập cho lưu lượng lớn nhất là :

- a) Đập tràn thành mỏng
- b) Đập tràn mặt cắt thực dụng
- c) Đập tràn đỉnh rộng
- d) Cả 3 đều bằng nhau

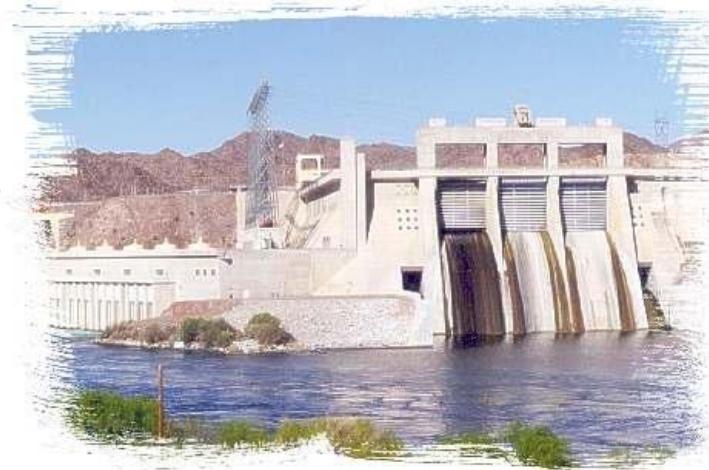


Đập tràn thành mỏng





Đập tràn thành mỏng hình tam giác



Đập tràn mặt cắt thực dụng





Cổng lô thiên



Cổng ngầm mặt cắt hình tròn





Cống ngầm mặt cắt hình hộp



Cống ngầm mặt cắt hình hộp



CHƯƠNG

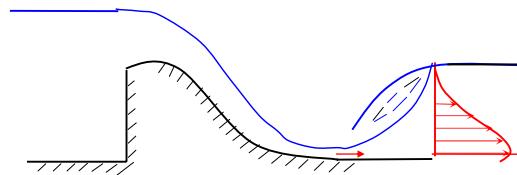
5 NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG

PHẦN 1. NỐI TIẾP DÒNG CHẢY Ở HẠ LUU CÔNG TRÌNH

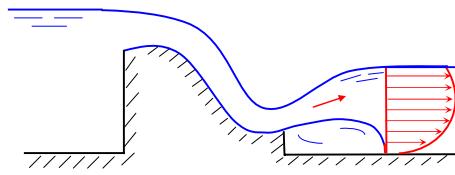
Dòng chảy từ thượng lưu qua đập tràn hay qua cống được nối tiếp với kênh dẫn ở hạ lưu bằng hai hình thức

Nối tiếp chảy đáy

Nối tiếp chảy mặt



Nối tiếp chảy đáy



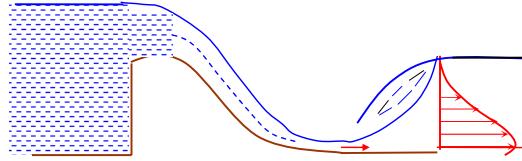
Nối tiếp chảy mặt

Vận tốc lớn xuất hiện ở đáy

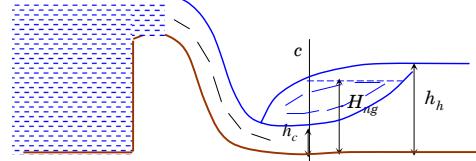
Vận tốc lớn xuất hiện ở bờ mặt

5.1 NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

5.1.1 Các dạng nối tiếp chảy đáy



Nước nhảy phóng xa



Nước nhảy ngập

5.1.2 Công thức tính toán

Viết phương trình năng lượng cho 2 măt cắt 0-0 và c-c.

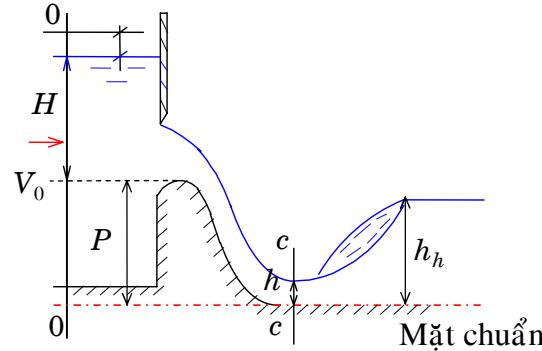
$$H + P + \frac{\alpha V_0^2}{2g} = E_0 = h_c + \frac{\alpha_c V_c^2}{2g} + h_f$$

$$h_f = \sum \xi \frac{\alpha_c V_c^2}{2g} \quad \text{Tổn thất năng lượng}$$

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha_c + \sum \xi}} \sqrt{2g(E_o - h_c)} = \varphi \sqrt{2g(E_o - h_c)}$$

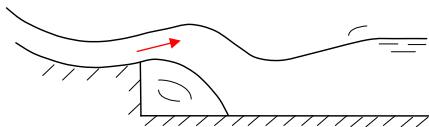
Mặt cắt hình chữ nhật

$$Q = \varphi b h_c \sqrt{2g(E_o - h_c)} \xrightarrow{\text{thứ dân}} h_c \longrightarrow h''_c \longrightarrow \begin{array}{l} \text{So sánh } h_h \\ \text{Nhảy ngập} \\ \text{Nhảy tự do} \end{array}$$

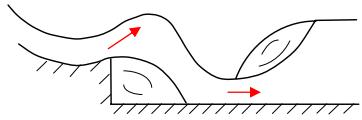


5.2. NỐI TIẾP CHẢY MẶT

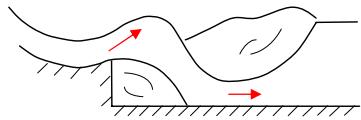
Nối tiếp chảy mặt thường gấp trong điều kiện công trình có bậc thang



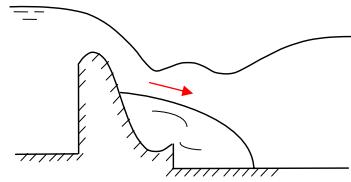
Nối tiếp chảy **mặt**



Mực nước hạ lưu dâng lên
Nối tiếp chảy **mặt đáy không ngập**



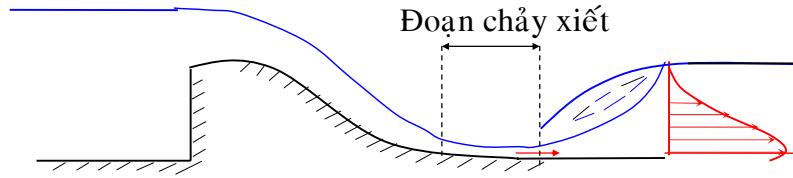
Mực nước hạ lưu dâng cao
Nối tiếp chảy **mặt đáy ngập**



Mực nước hạ lưu tiếp tục dâng cao
Nối tiếp chảy **mặt ngập**

PHẦN 2.

TIÊU NĂNG Ở HẠ LUU CÔNG TRÌNH



Nối tiếp chảy **đáy**

Khi nối tiếp chảy đáy thường gây xói lở trên một đoạn dài sau công trình

Giảm chiều dài đoạn chảy xiết

Đưa nước nhảy tại chân công trình

Công trình tiêu năng

Bể tiêu năng

Tường tiêu năng

Bể tường kết hợp

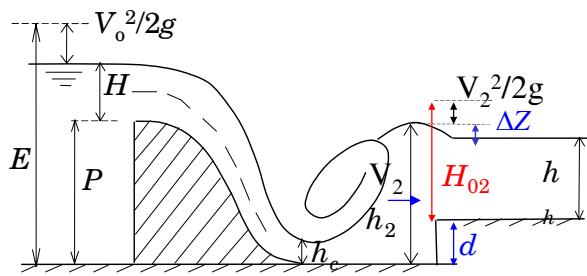
5.3 BỂ TIÊU NĂNG

Nguyên tắc tính toán :

Độ sâu d sao cho h_2 là độ sâu sau nước nhảy của h_c

Phương pháp tính toán :

h_c : xác định từ phần tính toán dòng chảy đáy



Độ sâu sau nước nhảy khi có nước nhảy tại mặt cắt co hẹp

Dòng chảy từ bể qua kênh hạ lưu được xem như dòng chảy qua một đập tràn đỉnh rộng

$$h_2 = \frac{h_c}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h_c} \right)^3} - 1 \right]$$

$$Q = \varphi' b h_h \sqrt{2g(H_{02} - h_h)}$$

$$\varphi' = 0,95 - 1 \text{ (hệ số lưu tốc qua đập tràn)}$$

$$Q = \varphi' b h_h \sqrt{2g \left(\frac{V_2^2}{2g} + \Delta z \right)}$$

$$\Delta z = \frac{Q^2}{2g(\varphi' b h_h)^2} - \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\Delta z = \frac{Q^2}{2g(\varphi' b h_h)^2} - \frac{Q^2}{2g(b\sigma h_2)^2}$$

$$d = \sigma h_2 - \Delta z - h_h$$

$$\text{hệ số an toàn: } \sigma = 1,05 - 1,1.$$

5.4 TUỜNG TIÊU NĂNG

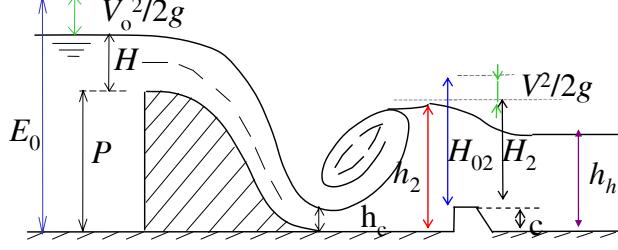
Nguyên tắc tính toán :

Chiều cao tường sao cho h_2 là độ sâu sau nước nhảy của h_c

Phương pháp tính toán :

h_c : xác định từ phần tính toán dòng chảy đáy

Độ sâu sau nước nhảy khi có nước nhảy tại mặt cắt co hẹp



Lưu lượng chảy qua tường tiêu năng được tính như qua đập tràn mặt cắt thực dụng

$$Q = \sigma_n m_t b \sqrt{2g} H_{02}^{3/2}$$

m_t : hệ số lưu lượng khi chảy qua tường tiêu năng $m_t = 0,4 \div 0,42$.

σ_n : hệ số ngập

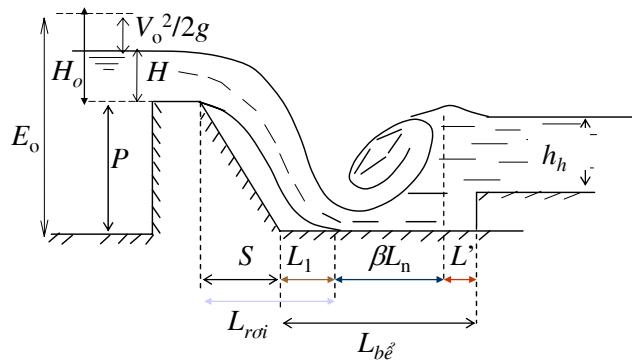
$$H_{02} = \left(\frac{Q}{\sigma_n m_t b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} \quad \text{mà}$$

$$H_{02} = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} = H_2 + \frac{Q^2}{2g(\sigma h_2 b)^2}$$

$$H_2 = \left(\frac{Q}{\sigma_n m_t b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{Q^2}{2g(\sigma h_2 b)^2}$$

$$C = \sigma h_2 \cdot H_2 \quad (\sigma = 1,05 - 1,1)$$

5.5 XÁC ĐỊNH CHIỀU DÀI BỂ



$$L_{be} = L_1 + \beta L_m + L'$$

$$L_1 = L_{roi} - S$$

Độp tràn thực dụng mặt cắt hình thang: $L_{roi} = 1,33\sqrt{H_0(P + 0,3H_0)}$

Độp tràn đỉnh rộng: $L_{roi} = 1,64\sqrt{H_0(P + 0.24H_0)}$

β là hệ số kinh nghiệm, lấy bằng 0,7÷0,8

L' là chiều dài khu nước vật dưới

TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Nối tiếp chảy đáy được sử dụng nhiều so với nối tiếp chảy mặt vì

- a) Nối tiếp chảy đáy dễ tính toán.
- b) **Nối tiếp chảy đáy ổn định hơn.**
- c) Nối tiếp chảy đáy kinh tế hơn.
- d) Tất cả đều đúng.

Câu 2. Xét về mặt công trình thì dạng nối tiếp nước nhảy phóng xa

- a) Là lợi nhất vì nó tiêu hao nhiều năng lượng nhất.
- b) **Là bất lợi nhất vì phải gia cố hạ lưu lớn.**
- c) Là điều không tránh khỏi.
- d) Tất cả đều sai.

Câu 3. Xét về mặt công trình thì dạng nối tiếp nước nhảy tại chõ

- a) Cần phải xây dựng vì nó tiêu hao nhiều năng lượng nhất.
- b) **Là không nên xây dựng vì nó không ổn định.**
- c) Là điều không tránh khỏi.
- d) Tất cả đều sai.

Câu 5. Lưu lượng dùng để tính toán tiêu năng là

- a) Lưu lượng thiết kế.
- b) Lưu lượng max của dòng chảy.
- c) Lưu lượng min của dòng chảy.
- d) **Tất cả đều sai**

CHƯƠNG

6 DÒNG THẤM QUA CÔNG TRÌNH ĐẤT

6.1 MỘT SỐ KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH NGHĨA

6.1.1 Độ rỗng (n)

Tỉ lệ phần trăm thể tích giữa phần rỗng và toàn thể phần đất đá

$$n = \frac{100 W_o}{W}$$

W_o : Thể tích lỗ rỗng

W : Thể tích đất đá bao gồm cả phần rỗng và phần rắn

6.1.2 Vận tốc thẩm thực và vận tốc thẩm trung bình (V):

Vận tốc thẩm thực tế là vận tốc thẩm qua các khe rỗng của đất đá

Vận tốc thẩm trung bình là vận tốc thẩm được xem như thẩm qua cả phần đất và phần khe rỗng của đất đá

$$V = \frac{\Delta \vartheta}{\Delta t A}$$

$\Delta \vartheta$: thể tích nước thẩm trong thời gian Δt

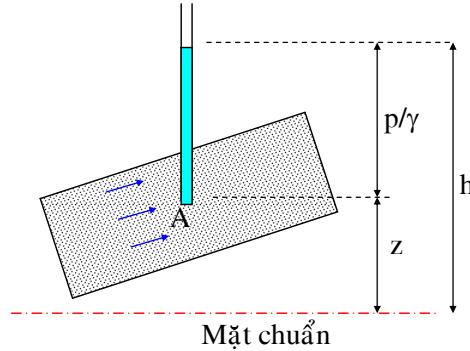
A : Diện tích mặt cắt cả phần rỗng và phần đất

6.1.3 Cột nước đo áp (thủy lực) :

$$h = \frac{p}{\gamma} + z$$

Dòng thẩm $\rightarrow V$: nhỏ $\rightarrow V^2/2g$

Cột nước đo áp \approx cột nước năng lượng



6.1.4 Hệ số thẩm (k) (Độ dẫn thủy lực)

Lưu lượng thẩm trên một đơn vị tiết diện ngang của dòng thẩm khi chịu tác động bởi một đơn vị cột nước thủy lực trên một đơn vị chiều dài thẩm (nghĩa là có một độ dốc thủy lực bằng một đơn vị).

Loại đất	Hệ số thẩm (k) (cm/s)
Sét	$10^{-9} - 10^{-6}$
Bụi, bụi chứa cát	$10^{-6} - 10^{-4}$
Cát tuyển chọn tốt	$10^{-3} - 10^{-1}$

Đối với đất **không đồng chất, dị hướng** thì k thay đổi theo từng điểm và tại một điểm thì $k_x \neq k_y \neq k_z$

6.2 ĐỊNH LUẬT DARCY (Henry Darcy ,1856)

“Khi dòng thấm ổn định, lưu lượng thấm tỉ lệ với độ dốc cột nước đo áp (hydraulic gradient) và diện tích thấm A”

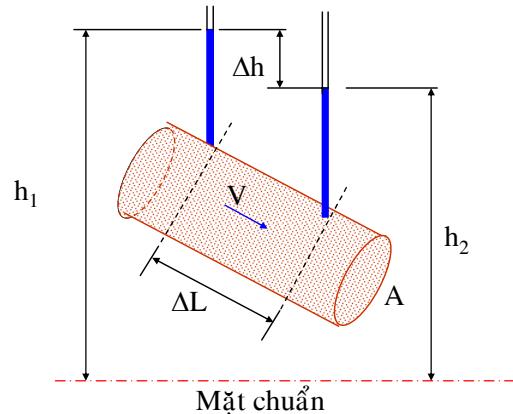
$$Q = -kA \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

$$V = -k \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

V là vận tốc thấm (vận tốc Darcy)

Tổng quát : vận tốc thấm tại từng điểm trong miền thấm

$$u = -k \frac{dh}{ds}$$



Điều kiện ứng dụng định luật Darcy

$$R_e \leq 5$$

$$R_e = \frac{Vd}{\nu n^{1/3}}$$

$$\text{Với : } Re = 5 \quad V \leq \frac{5\nu n^{1/3}}{d}$$

6.3 CÔNG THỨC DUPUIT – FORCHERHEIMER

Trong trường hợp thấm không áp với độ dốc nhỏ, các đường dòng trên một mặt cắt ướt được xem song song thì cột nước đo áp $h = p/\gamma + z$ là hằng số tại các điểm trên một mặt cắt .

Do đó :

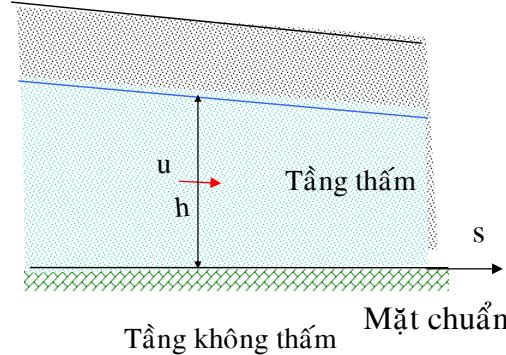
Khi đáy tầng không thấm nằm ngang, chọn làm mặt chuẩn thì h chính là độ sâu mực nước ngầm ($z = 0$)

Công thức Darcy trở thành công thức Dupuit - Forcherheimer

$$V = -k \frac{dh}{ds}$$

Với: h :độ sâu dòng thấm

V :vận tốc được xem phân bố đều trên mặt cắt



6.4 CHUYỂN ĐỘNG ỔN ĐỊNH CỦA DÒNG THẤM VÀO GIẾNG NƯỚC.

6.4.1. Giếng phun: Thấm có áp

Xét một mặt tru bán kính r
đồng trục với thành giếng

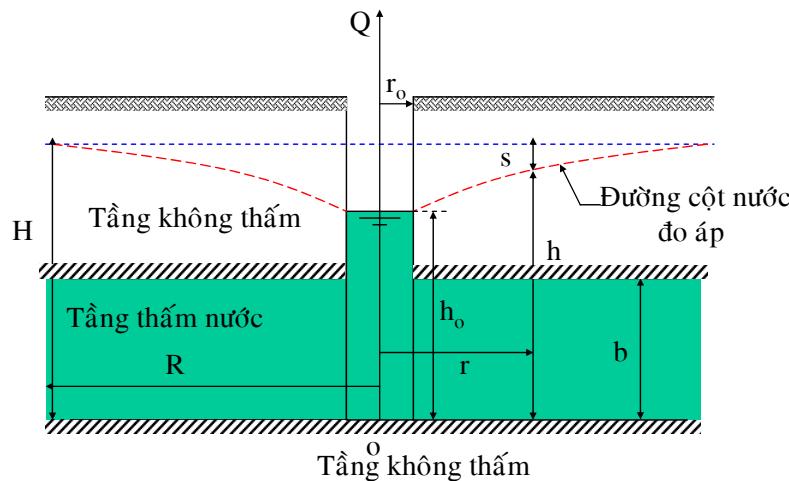
Vận tốc

$$V = -k \frac{dh}{dr}$$

Lưu lượng thấm qua mặt tru bán kính r , cao b

$$Q = -k(2\pi rb) \frac{dh}{dr}$$

$$\rightarrow dh = -\frac{Q}{2\pi kb} \frac{dr}{r}$$



Tích phân từ r_o đến r ứng với h từ h_o đến h

$$h - h_o = \frac{Q}{2\pi kb} \ln\left(\frac{r}{r_o}\right)$$

Gọi : R bán kính ảnh hưởng, H chiều cột nước đo áp khi chưa bơm

Tích phân từ r_o đến R ứng với h từ h_o đến H

$$H - h_o = \frac{Q}{2\pi kb} \ln\left(\frac{R}{r_o}\right)$$

$S = H - h_o$: chiều sâu hút nước

$$Q = \frac{2\pi kbS}{\ln\left(\frac{R}{r_o}\right)}$$

6.4.2 Giếng thường

Xét mặt tru tròn đồng tâm
với thành giếng, bán kính r

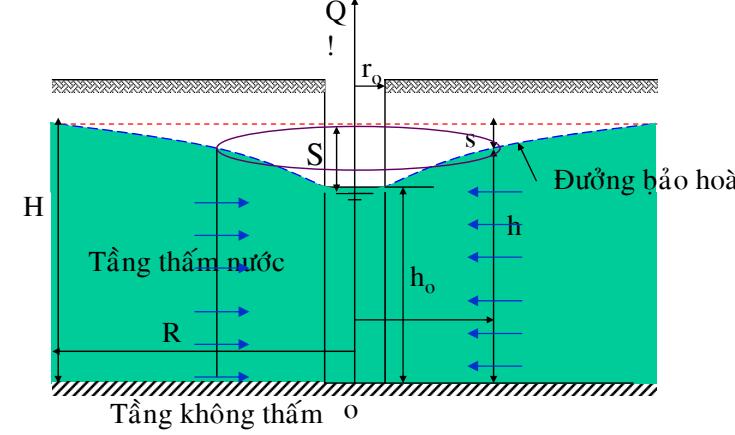
Vận tốc

$$V = -k \frac{dh}{dr}$$

Lưu lượng dòng thấm
qua mặt tru

$$Q = -2\pi krh \frac{dh}{dr}$$

$$\rightarrow h dh = -\frac{Q}{2\pi k} \frac{dr}{r}$$



Tích phân từ r_o đến r ứng với h từ h_o đến h

$$h^2 - h_o^2 = \frac{Q}{k\pi} \ln \frac{r}{r_o}$$

Tích phân từ r_o đến R ứng với h từ h_o đến H

$$H^2 - h_o^2 = \frac{Q}{k\pi} \ln \frac{R}{r_o}$$

$$\rightarrow Q = \frac{k\pi(H^2 - h_o^2)}{\ln \frac{R}{r_o}}$$

\rightarrow

$$Q = \frac{2\pi HS}{\ln \frac{R}{r_o}} \left(1 - \frac{S}{2H}\right)$$

$$S = H - h_o$$

Khi $S/2H \approx 0$

\rightarrow

$$Q = \frac{2\pi HS}{\ln \frac{R}{r_o}}$$

R được xác định :

Theo từng loại đất mà lấy gần đúng như sau:

- Đối với đất cát hạt trung bình

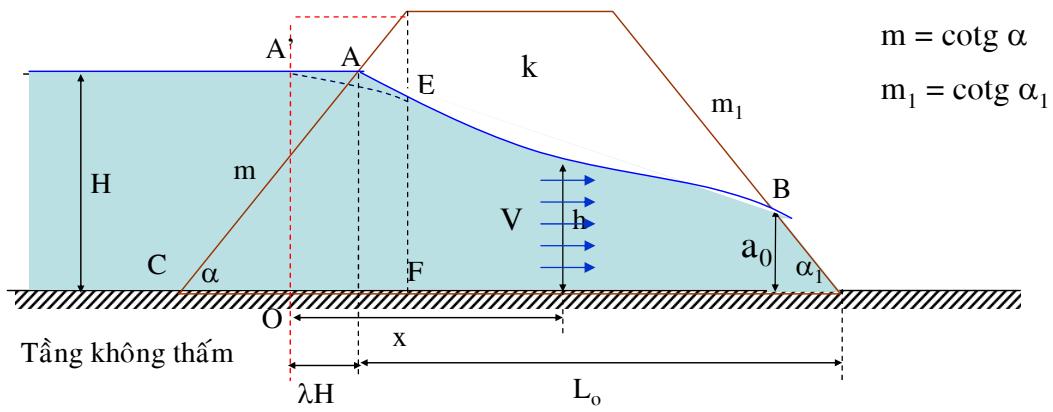
$$R=250\text{m} \div 500\text{m}$$

- Đối với đất hạt to

$$R=700\text{m} \div 1000\text{m}$$

Công thức kinh nghiệm

$$R = 3000s\sqrt{k} \quad (\text{Đi-các dơ})$$

6.5 THẤM QUA ĐẬP ĐẤT

Biến đổi mái nghiêng AC thành thẳng đứng A'O, sao cho lưu lượng qua AC giống như A'O

Mikhaillop

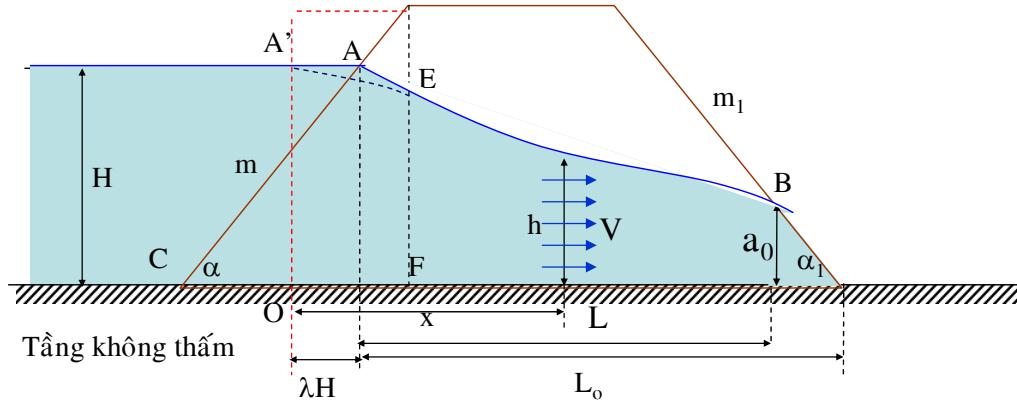
$$\lambda = \frac{m}{2m + 1}$$

Dupuit-Forcherheimer: $V = -k \frac{dh}{dx} \rightarrow q = -kh \frac{dh}{dx} \rightarrow \frac{q}{k} dx = -h dh$

Lấy gốc tọa độ tại O

Tích phân từ 0 đến x tương ứng từ H đến h

$$\frac{q}{k} x = \frac{H^2 - h^2}{2}$$



Xác định vị trí đường bão hoà

$$\frac{q}{k}x = \frac{H^2 - h^2}{2}$$

tại $x = \lambda H + L$, $h = a_0$ $\rightarrow \frac{q}{k}(\lambda H + L) = \frac{H^2 - a_0^2}{2} \rightarrow \frac{q}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(\lambda H + L)}$

$$\frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H)}x = \frac{H^2 - h^2}{2} \rightarrow h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a_0^2}{\lambda H + L}x} \rightarrow h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a_0^2}{\lambda H + L_o - m_1 a_0}x}$$

Cân xác định a_0 $\rightarrow h$

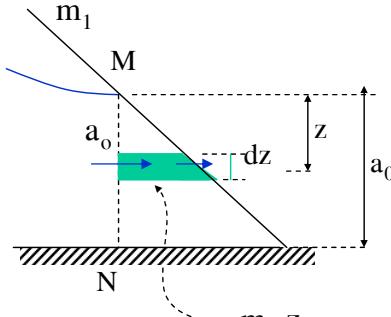
chiều dài của dải nguyễn tố $m_1 z$

$$dq = u dz \xrightarrow{\text{Darcy}} dq = -k \frac{\Delta h}{\Delta L} dz$$

$$dq = -k \frac{(-z)}{m_1 z} dz$$

Lưu lượng thẩm qua MN $q = \int_0^{a_0} k \frac{z}{m_1 z} dz$

$$q = \frac{k}{m_1} \int_0^{a_0} dz \rightarrow q = \frac{ka_0}{m_1}$$



Lưu lượng thẩm này cũng bằng lưu lượng thẩm đi qua đập đất

$$\frac{q}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H)}$$

$$\frac{k \frac{a_0}{m_1}}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H)} \rightarrow \frac{a_0}{m_1} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L_o - m_1 a_0 + \lambda H)}$$

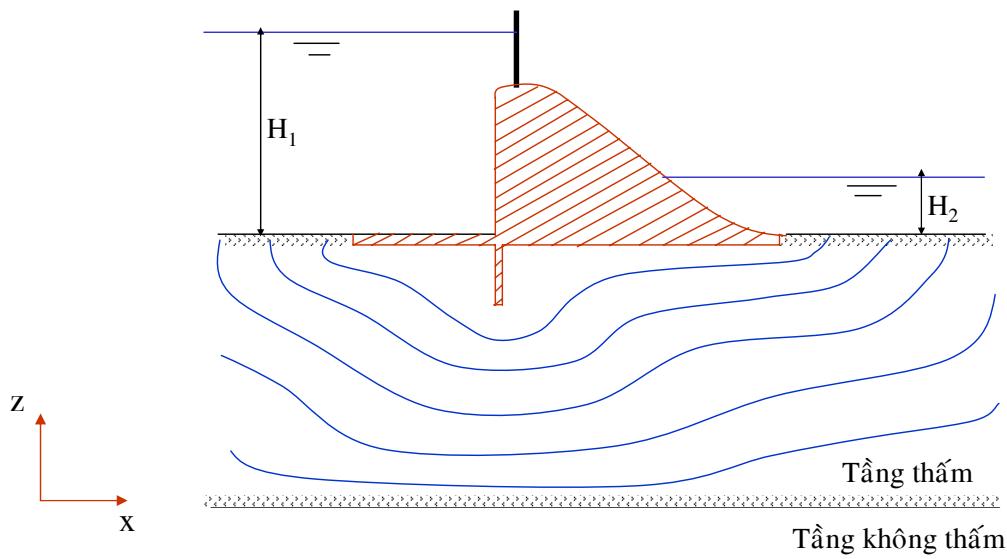
Giải phương trình bậc 2 cho a_0 :

$$a_0 = \frac{(L_o + \lambda H) \pm \sqrt{(L_o + \lambda H)^2 - m_1^2 H^2}}{m_1}$$

Có a_0 , xác định được q và đường bão hoà

$$h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a_0^2}{\lambda H + L_o - m_1 a_0}x}$$

6.6 THẤM CÓ ÁP QUA ĐẬP



Để xác định vận tốc thấm (\$u\$), cột nước đo áp (\$h\$), dựa vào phương trình thấm Darcy như sau:

Đất đồng chất và đẳng hướng:

$$\begin{aligned} u_x &= -k \frac{\partial h}{\partial x} && \text{Phương trình} \\ u_z &= -k \frac{\partial h}{\partial z} && \text{liên tục} \end{aligned} \quad \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \rightarrow \quad h(x,z)$$

CHƯƠNG

7

DÒNG KHÔNG ỔN ĐỊNH TRONG KÊNH

I.KHÁI NIỆM :

Dòng không ổn định là dòng chảy mà các yếu tố của dòng chảy đều phụ thuộc vào thời gian,

Độ sâu : $h = h(x,t)$

Vận tốc : $V = V(x,t)$

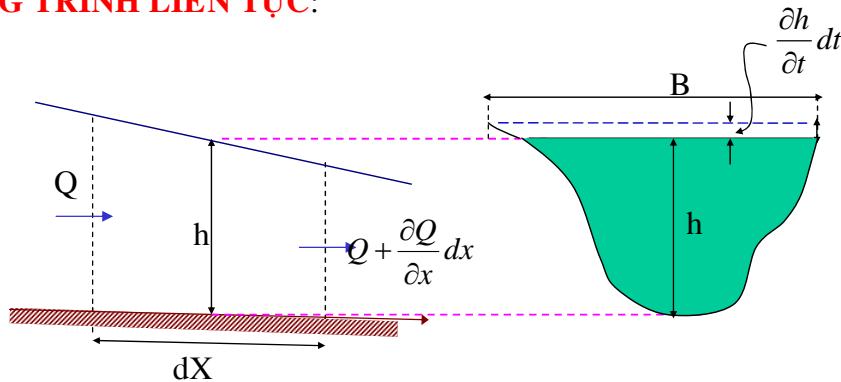
Lưu lượng: $Q = Q(x,t)$

Dòng không ổn định thường xuất hiện

Sông, kênh bị ảnh hưởng thủy triều

Kênh xả nhà máy thủy điện khi lưu lượng xả thay đổi đột ngột

II. PHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC:



Sự thay đổi thể tích trong đoạn dx trong thời gian dt

$$\frac{\partial h}{\partial t} dt \cdot B \cdot dx$$

thì bằng lưu lượng ra – lưu lượng vào trong thời gian đó

$$\left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) dt - Q dt = \frac{\partial Q}{\partial x} dx dt$$

$$-\frac{\partial h}{\partial t} dt \cdot B \cdot dx = \frac{\partial Q}{\partial x} dx dt$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

Phương trình liên tục

Các dạng khác :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

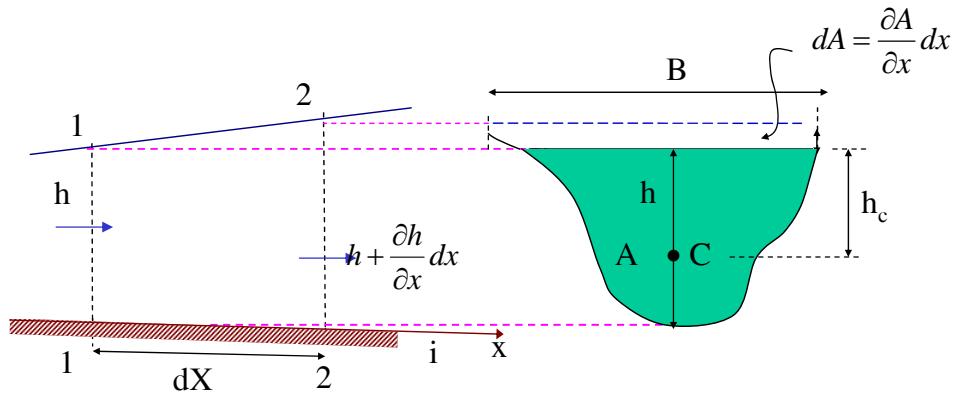
$$\frac{\partial(AV)}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

III. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LƯỢNG:

Các giả thiết:

- Biến đổi chậm, bỏ qua lực quán tính
- Tổn thất năng lượng được tính như dòng ổn định không đầm
- Phân bố áp suất trên mặt cắt đứng được xem theo qui luật thủy tĩnh
- Độ dốc nhỏ



$$\text{Áp lực trên mặt } 1-1 \quad F_1 = \gamma A h_c$$

$$\text{Áp lực trên mặt } 2-2$$

$$F_2 = \gamma \left(A + \frac{\partial A}{\partial x} dx \right) \left(h_c + \frac{\partial h_c}{\partial x} dx \right) = \gamma \left(Ah_c + A \frac{\partial h_c}{\partial x} dx + h_c \frac{\partial A}{\partial x} dx \right)$$

$$\text{Trọng lực theo phương } x \quad F_3 = \gamma (Adx)i$$

$$\text{Ma sát} \quad F_f = P \tau_o dx \quad \leftarrow \quad \begin{aligned} \tau_o &: \text{Ứng suất ma sát} \\ P &: \text{Chu vi ướt} \end{aligned}$$

$$\text{Tổng lực theo phương dòng chảy (X):} \quad F_1 - F_2 + F_3 - F_f$$

$$\sum F_x = \gamma \left(-A \frac{\partial h_c}{\partial x} - h_c \frac{\partial A}{\partial x} + Ai - \frac{P \tau_o}{\gamma} \right) dx$$

$$\sum F_x = \gamma \left(-A \frac{\partial h_c}{\partial x} - h_c \frac{\partial A}{\partial x} + Ai - \frac{P\tau_o}{\gamma} \right) dx$$

Ngòai ra

Lấy moment tĩnh tại mặt cắt 2-2 đối với mặt thoảng suy ra

$$A \left(h_c + \frac{\partial h}{\partial x} dx \right) + \frac{\partial A}{\partial x} dx \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \frac{dx}{2} = \left(A + \frac{\partial A}{\partial x} dx \right) \left(h_c + \frac{\partial h}{\partial x} dx \right)$$

Khai triển và bỏ các số hạng bậc cao

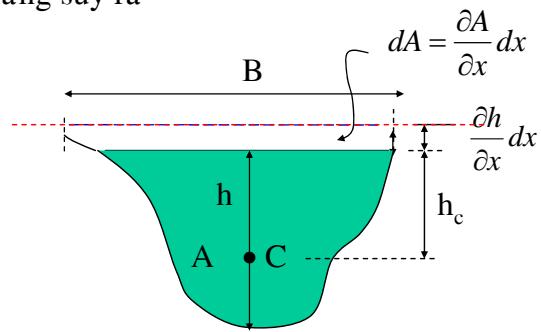
$$A \frac{\partial h_c}{\partial x} + h_c \frac{\partial A}{\partial x} = A \frac{\partial h}{\partial x}$$

Và viết lại

$$\frac{P\tau_o}{\gamma} = \frac{P(\gamma R J)}{\gamma} = AJ$$

Thay vào

$$\sum F_x = \gamma A \left(-\frac{\partial h}{\partial x} + i - J \right) dx$$



Áp dụng phương trình động lượng: "Sự biến đổi động lượng trong một đơn vị thời gian trong một thể tích kiểm soát thì bằng tổng các lực tác động lên thể tích đó"

Sự biến đổi động lượng trong thể tích kiểm

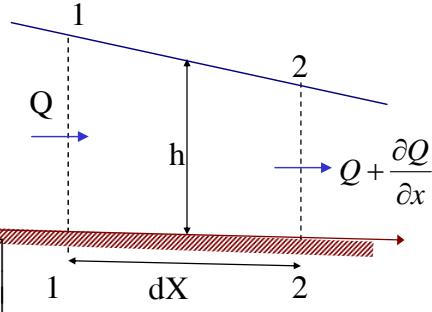
soát giới hạn m/c 1-1 và 2-2

Động lượng vào m/c 1-1

$$M_1 = \rho Q V = \rho A V^2$$

Động lượng ra m/c 2-2

$$M_2 = \rho A V^2 + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho A V^2 \right) dx = \rho \left[A V^2 + \frac{\partial}{\partial x} \left(A V^2 \right) dx \right]$$



Sự gia tăng động lượng trong thể tích kiểm soát:

$$M_c = \frac{\partial}{\partial t} (\rho A dx V)$$

Theo phương trình động lượng $M_2 - M_1 + M_c = \sum F_x$

$$\rho \left[A V^2 + \frac{\partial}{\partial x} \left(A V^2 \right) dx \right] - \rho A V^2 + \frac{\partial}{\partial t} (\rho A V dx) = \gamma A \left(-\frac{\partial h}{\partial x} + i - J \right) dx$$

Đơn giản và chia 2 vế cho ρ và dx:

$$\frac{\partial}{\partial t} (AV) + \frac{\partial}{\partial x} (AV^2) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(i - J)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(AV) + \frac{\partial}{\partial x}(AV^2) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(i - J)$$

Các dạng của phương trình động lượng

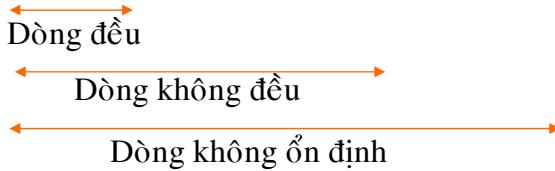
Viết lại: $\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{A} \left(\frac{\partial A}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial t} \right) = g(i - J)$

Chú ý: $\left(\frac{\partial A}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial t} \right) = 0$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(i - J)$$

Hay $\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J)$

$$J = i - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{V^2}{2g} + h \right) - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t}$$



IV. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG ĐẶC TRUNG SÓNG BIÊN ĐỘ NHỎ

Có phương trình liên tục $A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$

Phương trình động lượng: $\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J)$

Vận tốc truyền sóng: Vận tốc lan truyền khi gây một nhiễu động trong nước tĩnh, có độ sâu h

$$C_0 = \sqrt{g \frac{A_0}{B_0}} \quad \text{Mặt cắt chữ nhật} \quad C_o = \sqrt{gh}$$

Nếu sóng có biên độ nhỏ và với một số giả thiết sau

1. Kênh nằm ngang: độ dốc i = 0
2. Không có ma sát: độ dốc năng J = 0
3. Vận tốc dòng chảy nhỏ và sự biến đổi vận tốc nhỏ: $V \frac{\partial V}{\partial x} = 0$
4. Tiết diện mặt cắt ướt A dọc theo dòng chảy xem bằng một tiết diện trung bình không đổi Ao và

$$\frac{\partial A}{\partial x} = 0$$

5. Bề mặt thoảng B bằng bề rộng trung bình không đổi Bo

Hệ phương trình liên tục và động lượng có thể viết lại thành dạng đơn giản:

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \cancel{\frac{\partial A}{\partial x}} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad \rightarrow \quad A_o \frac{\partial V}{\partial x} + B_o \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\cancel{\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \cancel{\frac{\partial V}{\partial x}}} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \quad \rightarrow \quad \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Đặt $C_0 = \sqrt{g \frac{A_0}{B_0}}$ nếu mặt cắt hình chữ nhật thì $C_0 = \sqrt{gh_0}$

Nhân $\frac{C_0}{A_0}$ cho pt (1) $A_o \frac{\partial V}{\partial x} \frac{C_0}{A_0} + B_o \frac{\partial h}{\partial t} \frac{C_0}{A_0} = 0 \quad (3)$

Nhân g cho pt (2) $g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = 0 \quad (4)$

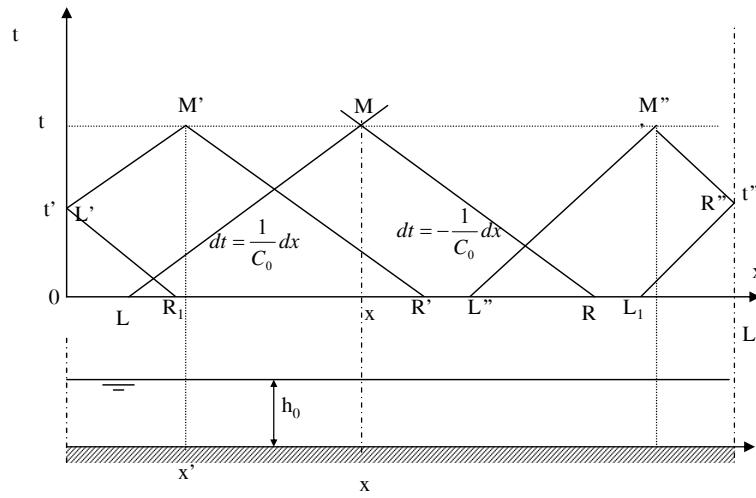
Công vế theo vế $C_0 \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{g}{C_0} \left(C_o \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} \right) = 0$

Nếu $C_0 = \frac{dx}{dt}$ thì : $\frac{\partial V}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{g}{C_0} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial h}{\partial t} \right) = 0$
 $\frac{dV}{dt} + \frac{g}{C_0} \left(\frac{dh}{dt} \right) = 0 \rightarrow \frac{d}{dt} \left(V + \frac{g}{C_0} h \right) = 0 \rightarrow \left(V + \frac{g}{C_0} h \right) = Const$

Trừ vế theo vế và nếu $C_0 = -\frac{dx}{dt}$

$$\frac{d}{dt} \left(V - \frac{g}{C_0} h \right) = 0 \quad \rightarrow \quad \left(V - \frac{g}{C_0} h \right) = Const$$

Ý nghĩa phương trình đường đặc trưng :



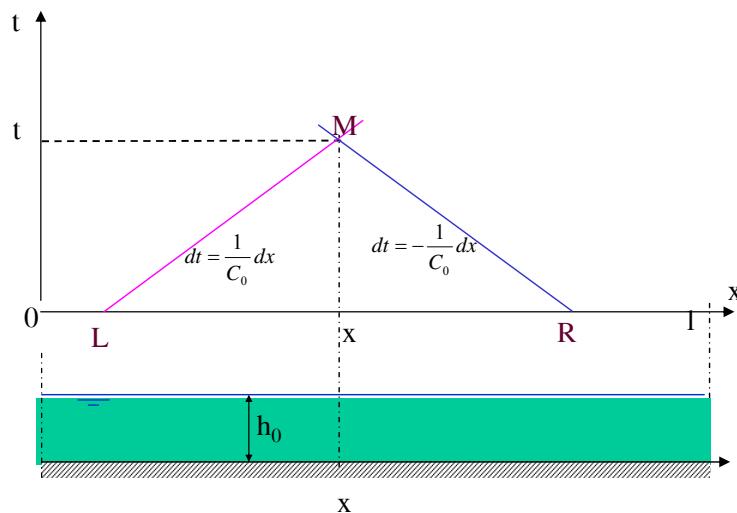
Cách xác định độ sâu (h) và vận tốc (V) tại M(x,t)

Tại M vẽ đường đặc trưng thuận C_o^+ (có độ dốc $1/C_o$) cắt trục hoành ($t = 0$) tại L

Trên đường ML cho :

$$\left(V_M + \frac{g}{C_o} h_M \right) = \left(V_L + \frac{g}{C_o} h_L \right) \quad (1)$$

Tương tự vẽ đường đặc trưng nghịch C_o^- (có độ dốc $-1/C_o$), MR:



$$\left(V_M - \frac{g}{C_o} h_M \right) = \left(V_R - \frac{g}{C_o} h_R \right) \quad (2)$$

Từ (1) và (2) $\rightarrow V_M = \frac{1}{2} \left[(V_L + V_R) + \frac{g}{C_o} (h_L - h_R) \right]$

$$h_M = \frac{1}{2} \left[\frac{C_o}{g} (V_L - V_R) + (h_L + h_R) \right]$$

Vì h_L, V_L, h_R, V_R
đã biết tại thời điểm $t = 0$

\downarrow
 V_M, h_M

Tuy nhiên nếu vị trí M gần đầu kênh hoặc cuối kênh thì phải cần thêm điều kiện biên

Ví dụ điểm $M'(x', t)$

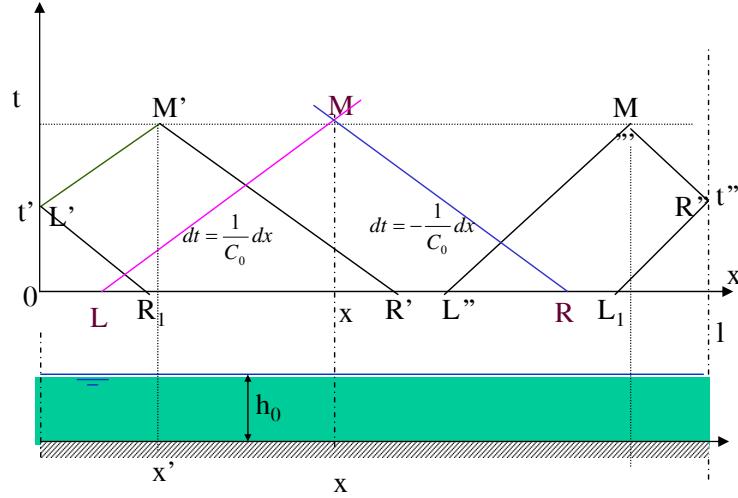
$$V_{M'} = \frac{1}{2} \left[(V_L + V_{R'}) + \frac{g}{C_o} (h_L - h_{R'}) \right] \quad (1)$$

$$h_{M'} = \frac{1}{2} \left[\frac{C_o}{g} (V_L - V_{R'}) + (h_L + h_{R'}) \right] \quad (2)$$

Để xác định $V_{L'}, h_{L'}$, tại L' ta vẽ một đường đặc trưng nghịch C_o^-

$$\left(V_{L'} - \frac{g}{C_o} h_{L'} \right) = \left(V_{R1} - \frac{g}{C_o} h_{R1} \right)$$

Biết h_{R1}, V_{R1} , biết từ điều kiện đầu



$V_{L'}$
Hoặc $h_{L'}$ \rightarrow $h_{L'}$ $\xrightarrow{(1)}$ $V_{M'}, h_{M'}$
 \rightarrow $V_{L'}$ $\xrightarrow{(2)}$ $V_{M'}, h_{M'}$

Điều kiện biên

Để giải toán sóng có biên độ nhỏ hay một bài dòng không ổn định thông thường, cần thiết phải có :

Các điều kiện đầu và điều kiện biên :

1. Điều kiện ban đầu : $V(0, x)$, $h(0, x)$

2. Điều kiện biên :

Đầu kênh : $V(0, t)$ hoặc $h(0, t)$

Cuối kênh : $V(l, t)$ hoặc $h(l, t)$

V. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG ĐẶC TRUNG CHO MỘT KÊNH MẶT CẮT HÌNH CHỮ NHẬT

Vận tốc truyền sóng trong kênh hình chữ nhật :

$$C = \sqrt{gh} \implies C^2 = gh \implies h = \frac{C^2}{g}$$

do đó $\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial x}$ và $\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial t}$

$$\text{Xét cho một đơn vị bề rộng kênh } B = 1\text{m} \implies A = h = \frac{C^2}{g} \implies \frac{\partial A}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial x}$$

Thay vào pt liên tục và động lượng :

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \implies \frac{C^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{2C}{g} V \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \implies \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \quad (2)$$

$$\text{chia (1) cho } \pm C/g \quad \pm C \frac{\partial V}{\partial x} \pm 2V \frac{\partial C}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} = 0$$

$$\text{nhân (2) cho } g \quad 2C \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$$

$$\text{cộng hai vế :} \quad 2(C \pm V) \frac{\partial C}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} + (V \pm C) \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$$

$$2(C \pm V) \frac{\partial C}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} + (V \pm C) \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$$

hay $(V \pm C) \frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial x} + \frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial t} = g(i - J)$

Nếu $(V \pm C) = \frac{dx}{dt}$ thì :

$$\frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial t} = g(i - J)$$

$$\frac{d}{dt}(V \pm 2C) = g(i - J)$$

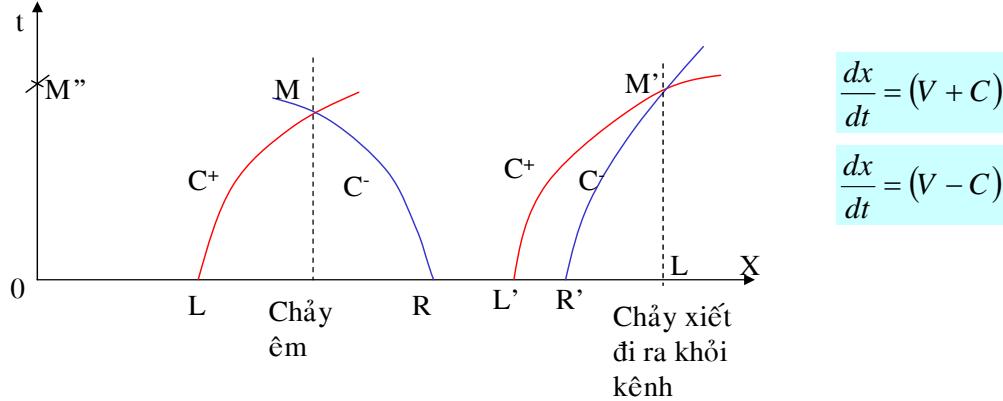
Đường đặc trưng thuận (C+) : $\frac{dx}{dt} = (V + C)$

Đường đặc trưng nghịch (C-) : $\frac{dx}{dt} = (V - C)$

Chú ý

Khi V và C đều dương, nếu dòng chảy êm ($V < C$) thì đường đặc trưng nghịch và thuận ngược chiều

Nhưng nếu dòng chảy xiết ($V > C$) thì đường đặc trưng nghịch và thuận cùng chiều nhau



Tổng quát điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho bài toán dòng không ổn định như sau:

1. Điều kiện ban đầu : $V(0, x), h(0, x)$

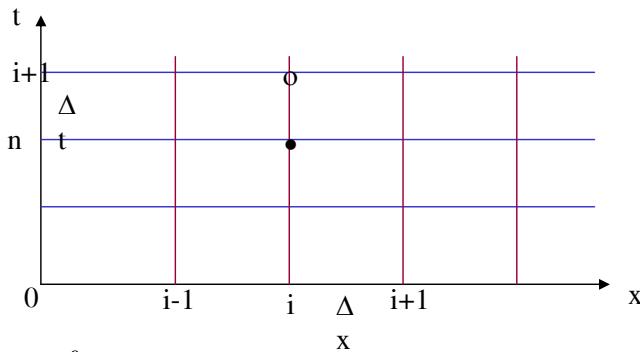
2. Điều kiện biên :

Chảy êm :
 + Đầu kênh : chỉ cần 1 điều kiện biên $V(0, t)$ hoặc $h(0, t)$
 + Cuối kênh : chỉ cần 1 điều kiện biên $V(0, t)$ hoặc $h(0, t)$

Chảy xiết :
 + Đầu kênh : Dòng chảy đi vào kênh: cần 2 điều kiện biên $V(0, t)$ và $h(0, t)$
 + Cuối kênh : Dòng chảy đi ra khỏi kênh: không cần điều kiện biên

VI. KHÁI NIỆM PHƯƠNG PHÁP SAI PHÂN HỮU HẠN:

Xét miền tính toán xot được rời rạc hóa như hình vẽ



Tại điểm i và $i+1$ ở thời điểm t ta có :

$$f(x_{i+1}) = f(x_i) + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_i (x_{i+1} - x_i) + \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\right)_i \frac{(x_{i+1} - x_i)^2}{2!} + \dots$$

Nếu bỏ các số hạng bậc cao , suy ra

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)_i = \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{(x_{i+1} - x_i)} = \frac{f_i^n - f_{i+1}^n}{\Delta x}$$

Tương tự, nếu tại điểm i ở thời điểm n và $n+1$ ta cũng có

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t} \right)_i = \frac{f^{n+1}(x_i) - f^n(x_i)}{\Delta t} = \frac{f_i^{n+1} - f_i^n}{\Delta t}$$

Thay vào trong phương trình liên tục và pt động lượng :

$$A_i^n \left(\frac{V_{i+1}^n - V_i^n}{\Delta x} \right) + V_i^n \left(\frac{A_{i+1}^n - A_i^n}{\Delta x} \right) + B_i^n \left(\frac{h_i^{n+1} - h_i^n}{\Delta t} \right) = 0$$

$$\frac{h_i^n - h_i^n}{\Delta x} + \frac{V_i^n}{g} \left(\frac{V_{i+1}^n - V_i^n}{\Delta x} \right) + \frac{1}{g} \left(\frac{V_i^{n+1} - V_i^n}{\Delta t} \right) = i - j_i$$

Đối với những điểm nằm trên biên, cần phải bổ sung thêm điều kiện biên mới xác định được các giá trị h và V

Điều kiện ổn định của pp sai phân hiện

Điều kiện Courant - Friedrichs – Lewy (CFL)

$$\Delta t \leq \left| \frac{\Delta x}{V \pm C} \right|$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NN Ẩn, NT Bảy, LS Giang, HC Hoài, NT Phương, LV Dực, “Giáo trình Thủy lực “, Lưu hành nội bộ ĐHBK tp HCM, 2005
2. Nguyễn cảnh Cầm và các tác giả “ Thủy lực tập II”, NXB DH và THCN, 1978
3. Nguyễn cảnh Cầm và các tác giả “ Bài tập Thủy lực tập II”, NXB DH và THCN, 1978
4. French R.H “Open channel Hydraulics”. McGra-Hill, Singapore 1986
5. Koupitas C.G. “Elements of Computation Hydraulics “. Pentics Pres, 1983
6. Haestad press. “Computer Application Hydraulic Engineering “, 2002