

THỦY LỰC

(HYDRAULICS)



TS. Huỳnh công Hoài

Bộ môn Cơ Lưu Chất - Khoa Kỹ thuật Xây dựng – ĐH Bách Khoa tp HCM
www4.hcmut.edu.vn/~hchoai/baigiang

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. #NN Ẩn, NT Bấy, LS Giang, HC Hoài, NT Phương, LV Dực, “Giáo trình Thủy lực”, Lưu hành nội bộ ĐHBK tp HCM, 2005
2. Nguyễn cảnh Cẩm và các tác giả “ Thủy lực tập II”, NXB DH và THCN, 1978
3. Nguyễn cảnh Cẩm 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

1 DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH HỖ

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 thoáng, đường năng và đáy kênh song song với nhau.

1.2 CÔNG THỨC CHÉZY VÀ MANNING

Chézy (1769)

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

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

→

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

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

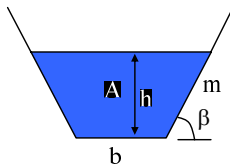
$$K = \frac{1}{n}AR^{2/3}$$

→

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

K được gọi là modul lưu lượng

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



$m = \cotg \beta$: hệ số mái dốc

$A = b + mh$: diện tích ướt

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

Mức nước và lưu lượng

1.3.1 Trường hợp mặt cắt kênh đơn giản

Phương pháp SCS (soil Conversation 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

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

Phương pháp công thức thực nghiệm

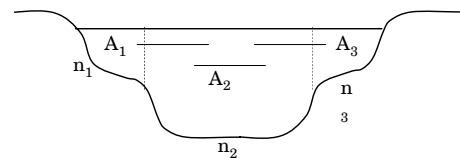
Simons và Sentruk (1976): $n = 0,047d^{1/6}$

d : Đường kính hạt của lòng kênh (mm).

1.3.2 Trường hợp mặt cắt kênh phức tạp

Cox(1973)

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



A_1 : 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 :

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

b. Xác định độ sâu h :

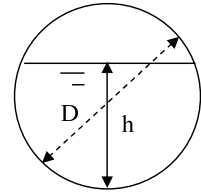
Biết : $i, n, Q, \text{ hình dạng mặt cắt kênh}$ \longrightarrow h

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

Đối với mặt cắt hình tròn có thể dùng biểu đồ

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

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



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 $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i}$ \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 $b = \frac{A}{h} - mh$

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

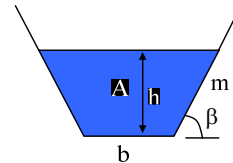
$P = \frac{A}{h} - mh + 2h\sqrt{1 + m^2}$

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

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

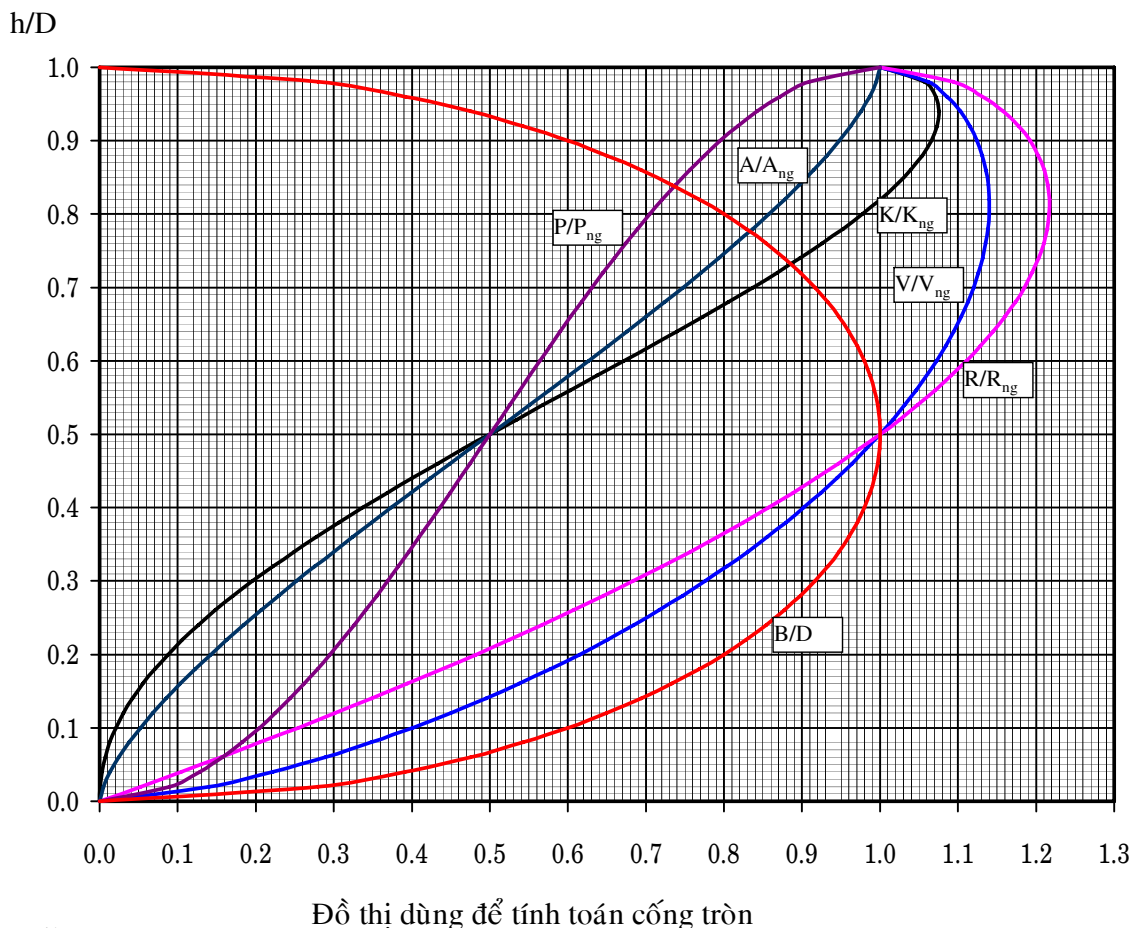
$h^2 = \frac{A}{2\sqrt{1 + m^2} - m}$ \longrightarrow $h^2 = \frac{(b + mh)h}{2\sqrt{1 + m^2} - m}$

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



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 lắng trụ.
- b) Trong kênh lắng 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 ướn không đổi thì luôn luôn có dòng đều

Câu 2: Dòng chảy đều trong kênh hở có:

- a) Đường năng, đường mặt nước và đáy kênh song song nhau.
- b) Diện tích mặt cắt ướn và biểu đồ phân bố vận tốc dọc theo dòng chảy không đổi.
- c) Áp suất trên mặt thoáng 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 thoáng $B = 0,90D$.
- b) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,78D$.
- c) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,46D$.
- d) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,25D$.

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 lắng 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.

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

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:

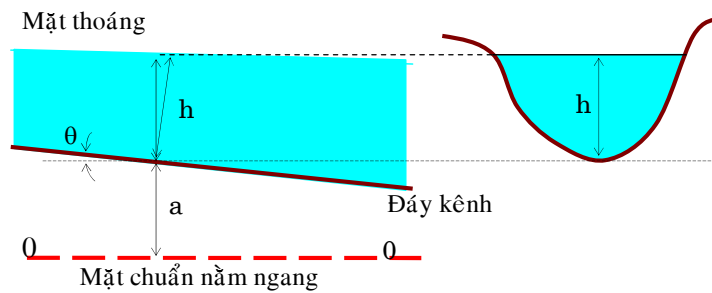
Năng lượng toàn phần E \longrightarrow
$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h \cos \theta + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

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

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



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

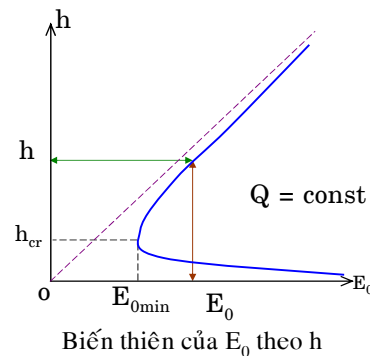
đường cong $E_0 = f(h)$

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.

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

$$dA/dh = B$$

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

$$\frac{dE_0}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}$$

phương trình tính
độ sâu phân giới:

$$1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} = 0$$

$$\frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

Trong đó : A_{cr} và là diện tích mặt cắt ướt , B_{cr} bề rộng mặt thoáng tính với độ sâu phân giới h_{cr} .
nhieu.dcct@gmail.com

Kênh hình chữ nhật: vì $A = bh$ và $B = b$ nên

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$$

$q = Q/b$: lưu lượng trên 1 đơn vị bề 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

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

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 lắng tru, ứng với một lưu lượng cho trước, độ sâu dòng chảy đều trong kênh h_0 bằng với độ sâu phân giới h_{cr} .

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

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

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

suy ra

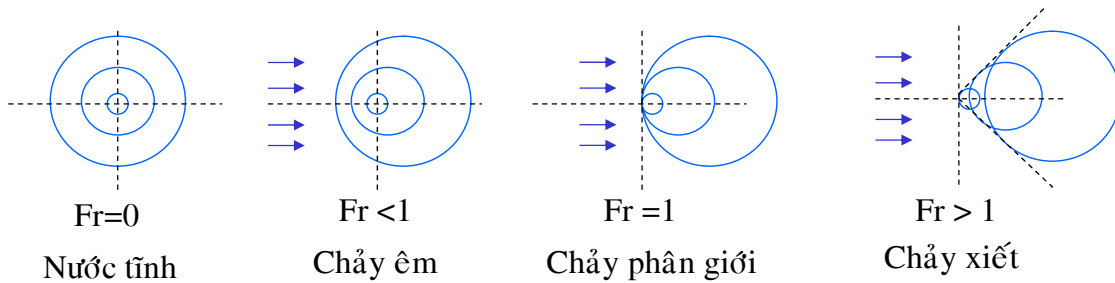
$$i_{cr} = \frac{g A_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 R_{cr} B_{cr}} = \frac{g P_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 B_{cr}}$$

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:
 B : bề rộng mặt thoáng và A diện tích ướt
Ý nghĩa vật lý trạng thái chảy

$$C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$$



2.1.6. Types of flow:

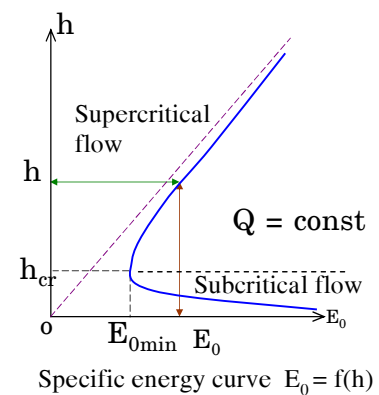
Subcritical flow :is the most common in nature and is relatively deep and slow moving.

Supercritical flow :is less common and is characterised by a very fast, relatively shallow flow

However, both may occur in the same channel at the same discharge

The ways to determine the types of flow

Type of flow	Way to determine			
	Depth h	Froude number	velocity	$\partial E_0 / \partial h$
Subcritical flow	$h > h_{cr}$	$Fr < 1$	$V < C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} > 0$
Critical flow	$h = h_{cr}$	$Fr = 1$	$V = C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} = 0$
Super-critical flow	$h < h_{cr}$	$Fr > 1$	$V > C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} < 0$

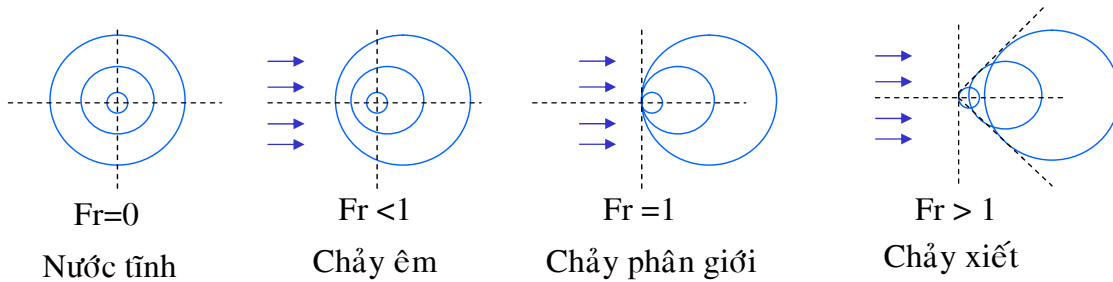


2.1.7. Ý nghĩa dòng chảy êm và xiết

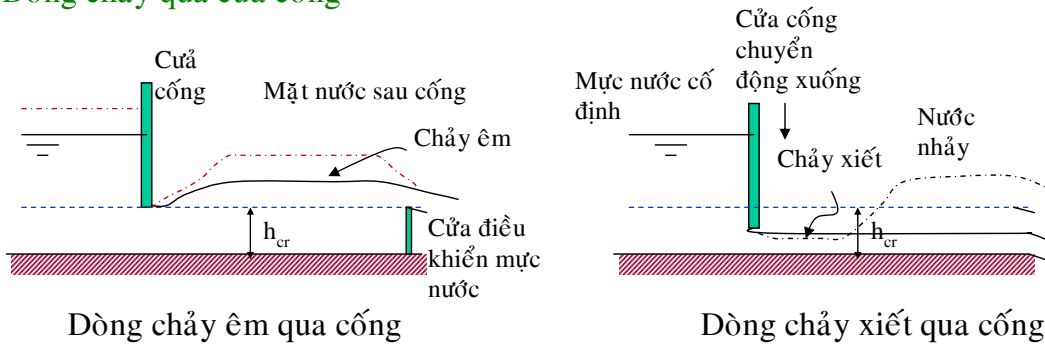
(i) Lan truyền sóng trong dòng chảy

Với C vận tốc truyền sóng trong nước tĩnh:
B : bề rộng mặt thoáng và A diện tích ướt

$$C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$$



(ii) Dòng chảy qua cửa cống



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

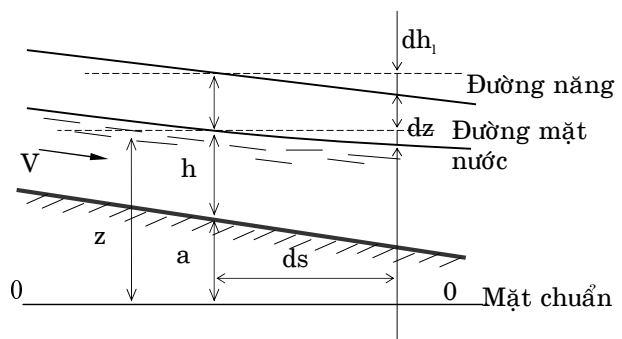
$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

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

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

=> J được tính theo công thức Chézy:

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



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

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

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

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

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

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

2.3 CÁC DẠNG ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG KÊNH LẮNG TRỤ

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

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

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

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

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

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

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

Mức nước trên khu a_1 : $h_{cr} < h_0 < h$

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

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

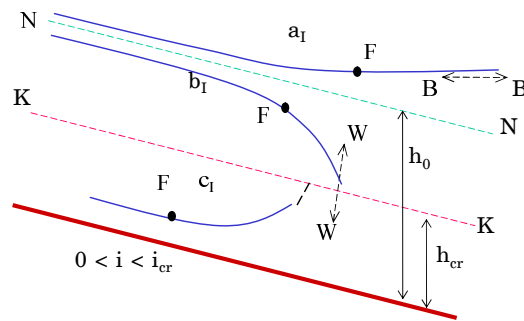
$\frac{dh}{ds} > 0$ đường nước dâng

$h \longrightarrow \infty$ $K \longrightarrow \infty$ $ts \longrightarrow 1$ \longrightarrow $\frac{dh}{ds} \longrightarrow i$
 $Fr^2 \longrightarrow 0$ $ms \longrightarrow 1$

đường mặt nước nằm ngang

$h \longrightarrow h_0$ $K \longrightarrow K_0$ $ts \longrightarrow 0$ \longrightarrow $\frac{dh}{ds} \longrightarrow 0$
 $Fr^2 < 1$ $ms > 0$

đường mặt nước tiệm cận với đường N-N



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

Mức nước trên khu b_1 : $h_{cr} < h < h_0$

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

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

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

$$h \rightarrow h_0 \quad K \rightarrow K_0 \quad ts \rightarrow 0 \quad \rightarrow \quad \frac{dh}{ds} \rightarrow 0$$

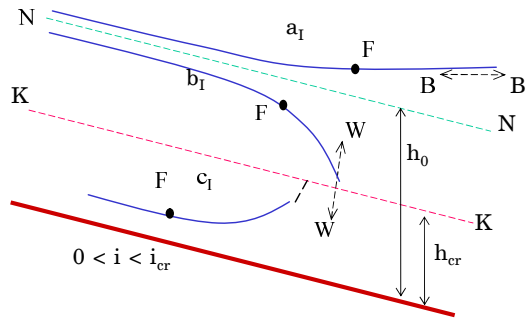
$$Fr^2 < 1 \quad ms > 0$$

đường mặt nước tiệm cận với đường N-N

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K < K_0 \quad ts < 0 \quad \rightarrow \quad \frac{dh}{ds} \rightarrow -\infty$$

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

đường mặt nước thẳng góc với K-K



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

Mức nước trên khu c_1 : $h < h_{cr} < h_0$

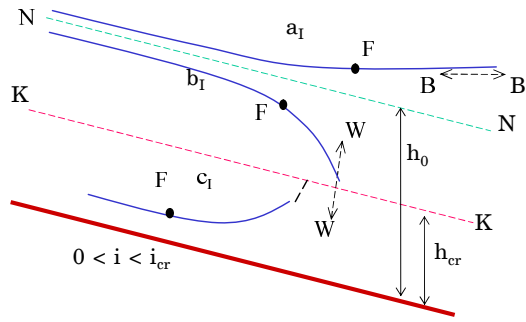
$$K < K_0 \rightarrow K_0^2 / K^2 > 1 \rightarrow ts < 0$$

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

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

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K < K_0 \quad ts < 0 \quad \rightarrow \quad \frac{dh}{ds} \rightarrow +\infty$$

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



đường mặt nước thẳng góc với K-K

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

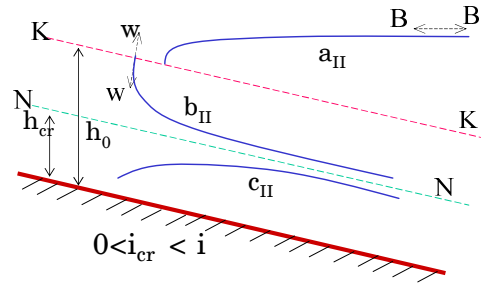
$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

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

$K_{cr} < K \rightarrow K_0^2 / K^2 < 1 \rightarrow ts > 0$

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

$\frac{dh}{ds} > 0$ đường nước dâng



$h \rightarrow \infty$ $K \rightarrow \infty$ $ts \rightarrow 1$
 $Fr^2 \rightarrow 0$ $ms \rightarrow 1$

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

đường mặt nước nằm ngang

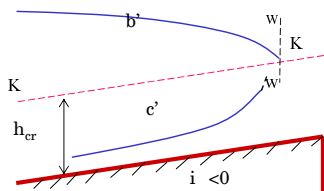
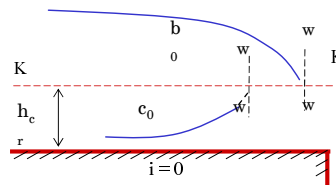
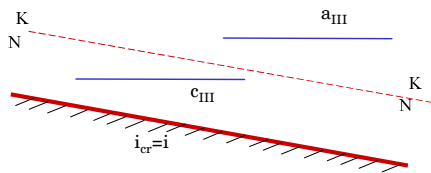
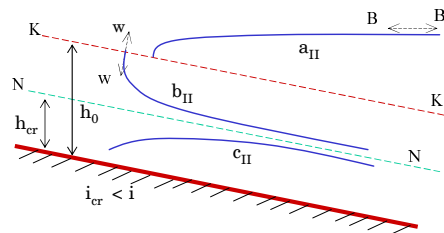
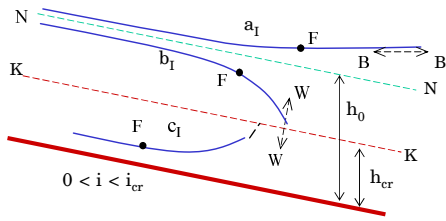
$h \rightarrow h_{cr}$ $K > K_0$ $ts \rightarrow 0$
 $Fr^2 \rightarrow 1$ $ms > 0^+$

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

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.

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

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

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

$$\frac{dE_o}{ds} = i - J$$

Sai phân \rightarrow

$$\frac{\Delta E_o}{\Delta s} = i - \bar{J}$$

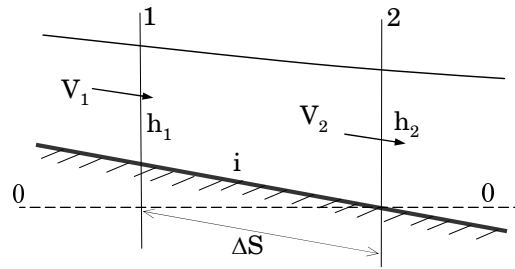
$$\Delta s = \frac{\Delta E_o}{i - \bar{J}}$$

\rightarrow

$$\Delta s = \frac{E_{o2} - E_{o1}}{i - \bar{J}}$$

\rightarrow

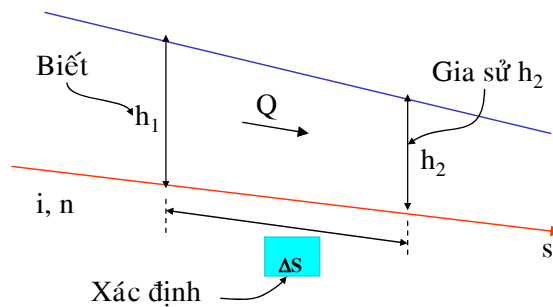
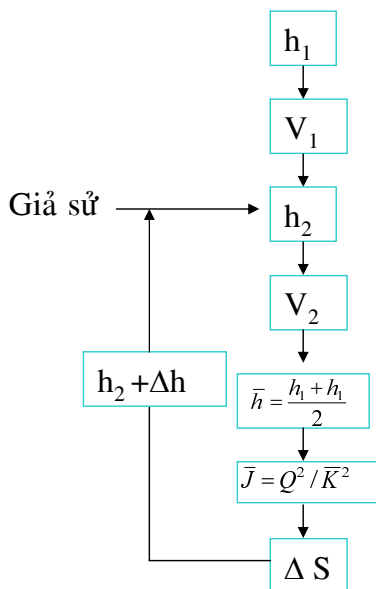
$$\Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right) - \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right)}{i - \bar{J}}$$



Cách tính toán

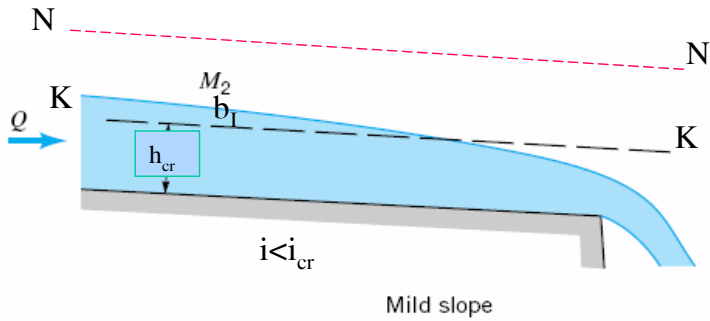
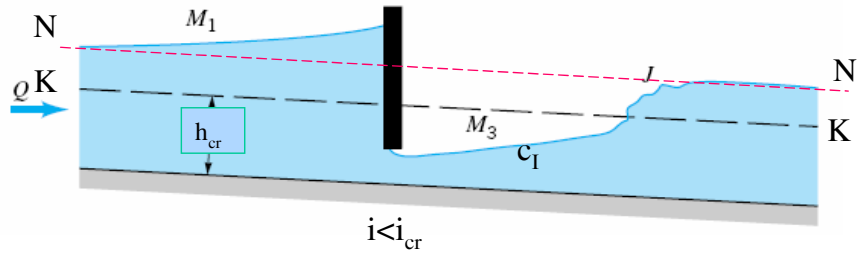
$$\Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right) - \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right)}{i - \bar{J}}$$

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

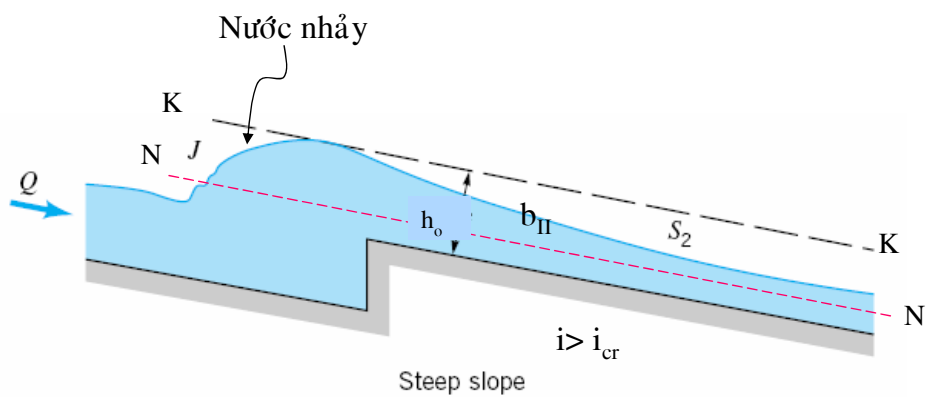
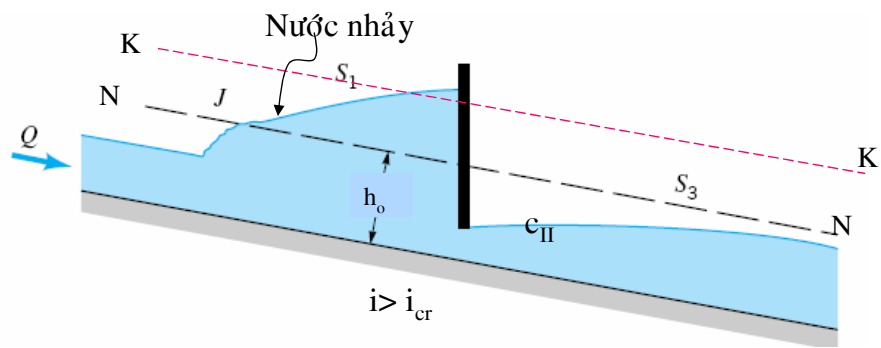


Sau khi xác định được ΔS , tương tự giả sử h_3 và xác định ΔS giữa h_2 và h_3 . Lập lại trình tự tính toán sẽ xác định được vị trí các độ sâu $h_4, h_5 \dots$ từ đó vẽ được đường mặt nước

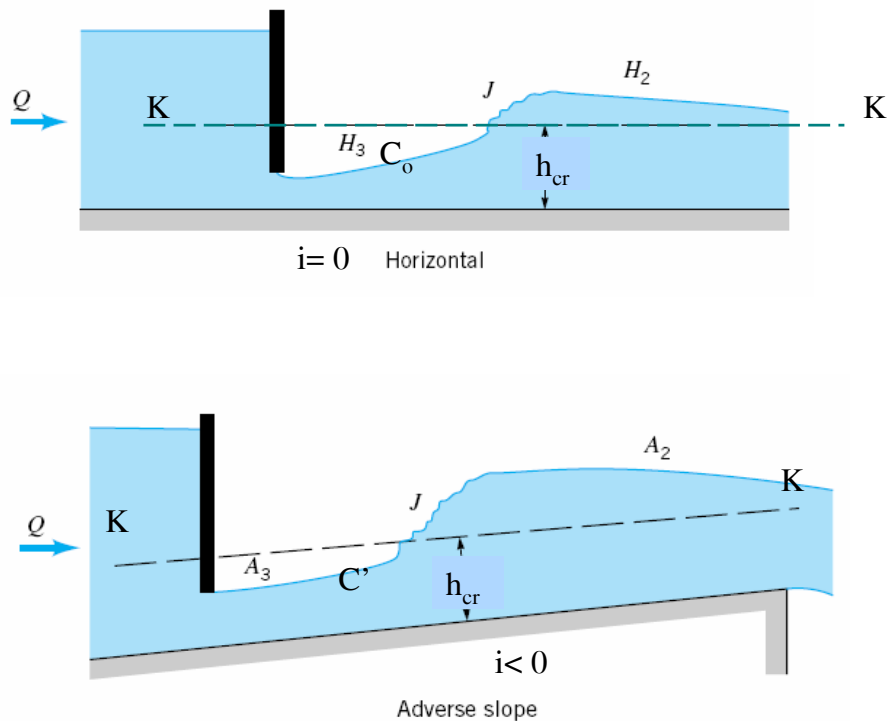
Các thí dụ về đường mặt nước



Các thí dụ về đường mặt nước



Các thí dụ về đường mặt nước



TRẮC NGHIỆM

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

- a) Chảy xiết
b) Chảy êm.
c) Chảy xiết nếu $h < h_0$
d) Chảy xiết nếu $h > h_{cr}$

Câu 2. Độ sâu phân giới trong kênh:

- a) Nhỏ hơn độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i > i_{cr}$.
b) Bằng độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i = i_{cr}$.
c) Lớn hơn độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i < i_{cr}$.
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 $h > h_{cr}$

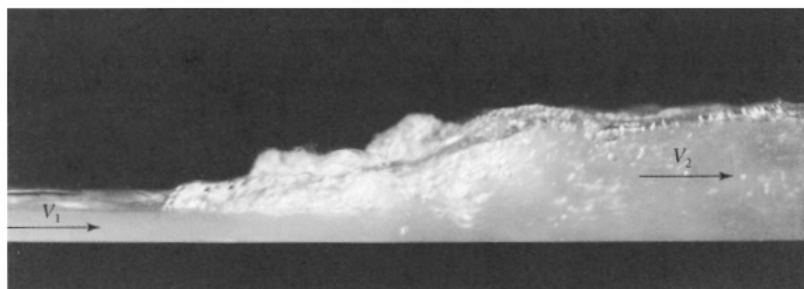
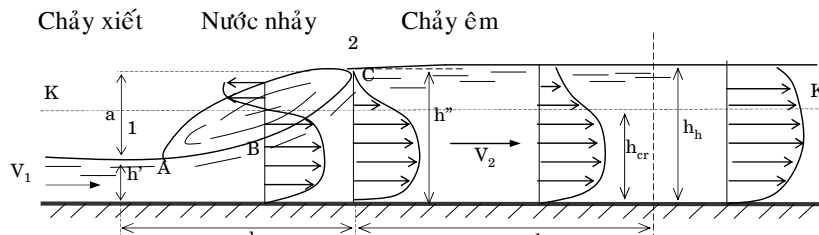
Câu 4. Một kênh có độ dốc $i > i_{cr}$, độ sâu nước trong kênh $h < h_0$.

- 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.

3 NƯỚC NHẢY

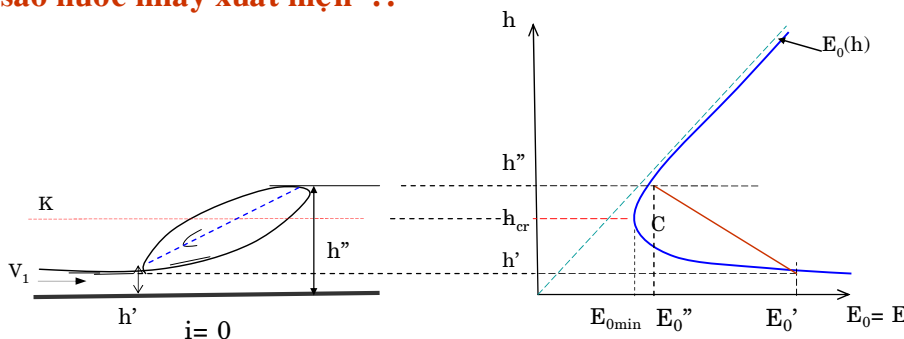
3.1 KHÁI NIỆM

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 xoáy làm biến đổi đột ngột từ độ sâu chảy xiết ($h' < h_{cr}$) sang độ sâu chảy êm ($h'' > h_{cr}$).



Hydraulic jump.

Tại sao nước nhảy xuất hiện ?:



Khảo sát cho trường hợp $i = 0$
Mặt chuẩn là đáy kênh \rightarrow Năng lượng riêng = $E = E_0 = \frac{\alpha V^2}{2g} + h$
Năng lượng toàn phần

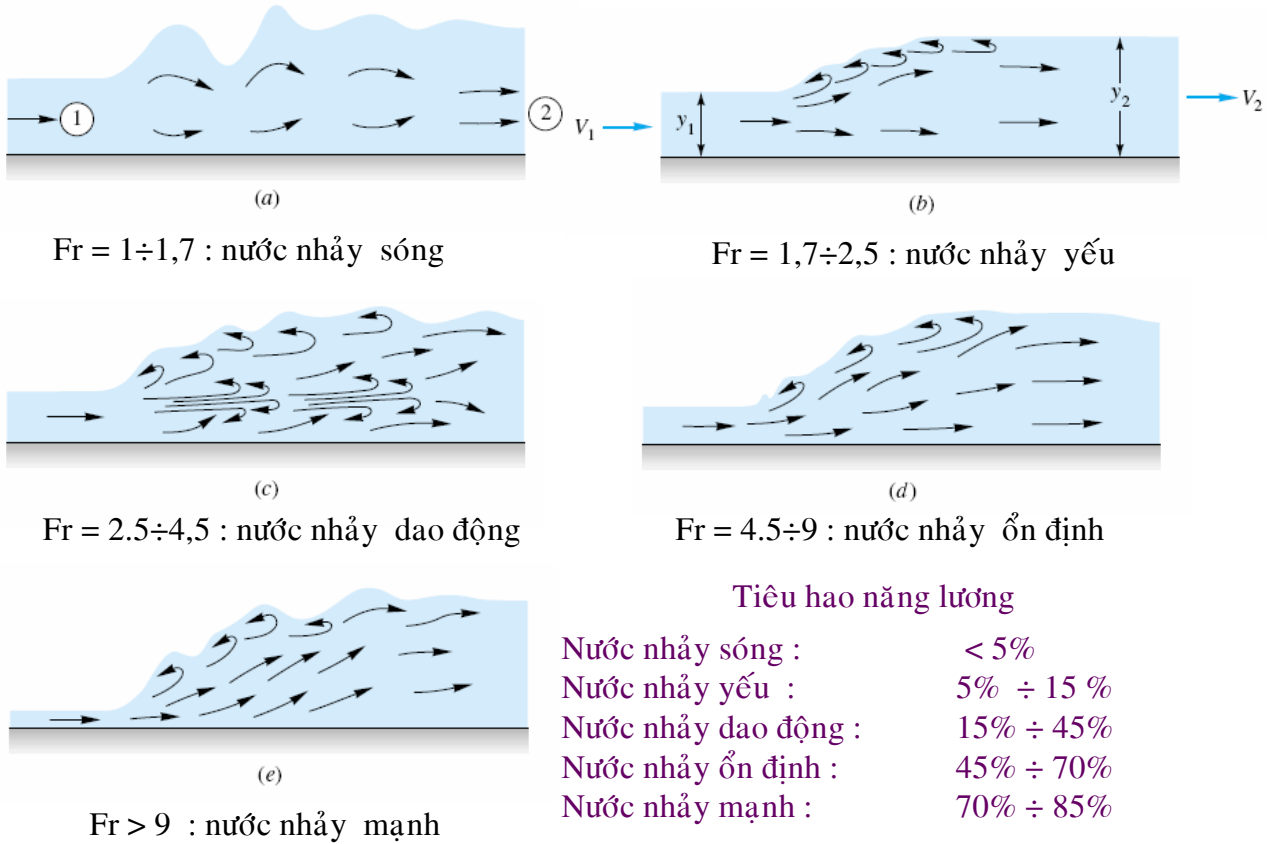
Từ biểu đồ $E(h)$ cho thấy năng lượng sẽ tăng từ E_{min} đến E'' khi độ sâu tăng từ h_{cr} đến h'' .
 \rightarrow Không thể xảy ra vì năng lượng theo dòng chảy chỉ có thể giảm không thể tăng \rightarrow Nước nhảy

Ứng dụng nước nhảy :

Nước nhảy tạo ra một cuộn xoáy 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.
nhieu.dcct@gmail.com

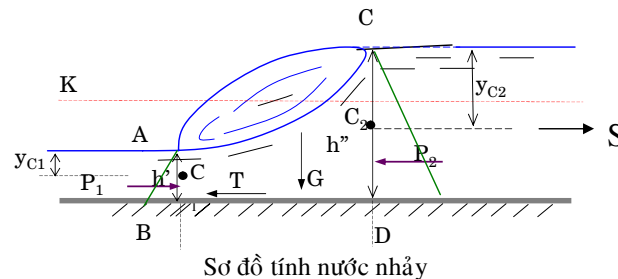
Các loại nước nhảy



3.2 PHƯƠNG TRÌNH NƯỚC NHẢY

Giả thiết:

- $i = 0$
- Mặt cắt trước và sau nước nhảy đường dòng thẳng song song - - > 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:

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

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

T_s : lực ma sát trên lòng kênh => 0

G_s : trọng lượng khối nước trên phương S => 0

R_s : phản lực đáy trên phương S => 0

$P_{1s} = P_1$ và $P_{2s} = P_2$: áp lực nước tại h' và h''

Áp suất phân bố theo qui luật thủy tĩnh

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

$$\alpha_0 \rho Q(V_2 - V_1) = \gamma y_{c1} A_1 - \gamma y_{c2} A_2 \quad \rightarrow \quad \frac{\alpha_0 Q^2}{g A_2} + y_{c2} A_2 = \frac{\alpha_0 Q^2}{g A_1} + y_{c1} A_1$$

3.3 HÀM NƯỚC NHẢY

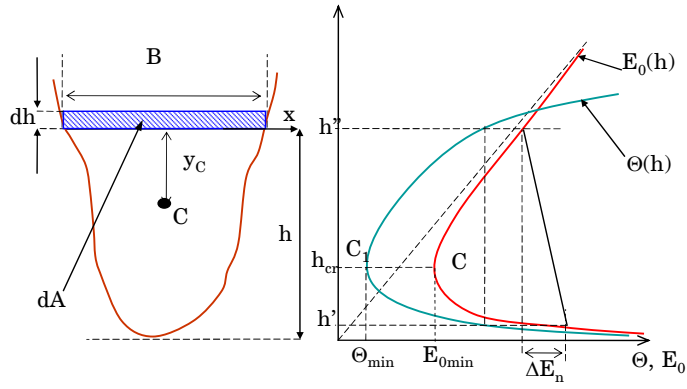
$$\Theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA} + y_c A$$

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

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

-> moment tĩnh của mặt cắt mới $(A+dA)$ đ/v mặt thoáng $(y_c + dh)A + \frac{dh}{2} dA$

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

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

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

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

$$h = h_{cr}$$

3.4 TÍNH TOÁN NƯỚC NHẢY

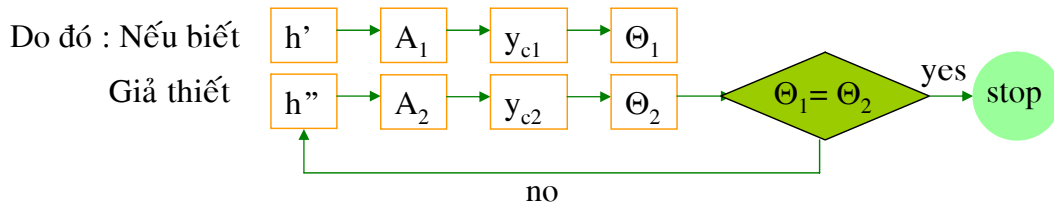
3.4.1. Chiều sâu nước nhảy:

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: $\Theta(h_1) = \Theta(h_2)$



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

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

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

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

Công thức gần đúng mặt cho cắt bất kỳ:

Khi $h'' < 5 h_{cr}$ một cách gần đúng chiều sâu nổi 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 (l_n):

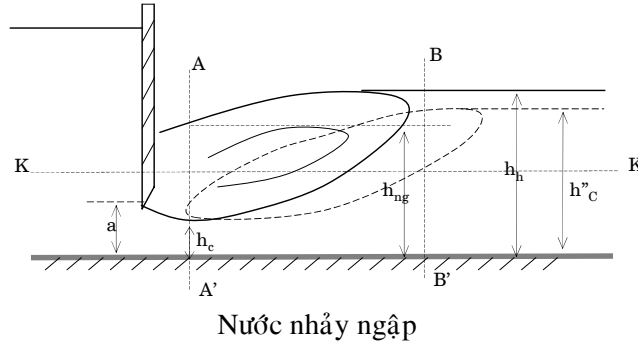
Đối với kênh chữ nhật:

Safranez (1934):	$l_n = 4,5h''$
Bakhmetiev và Matzke (1936):	$l_n = 5(h'' - h')$
Silvester (1965):	$l_n = 9,75h' (Fr_1^2 - 1)^{1,01}$

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.



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

$Fr_h^2 = \frac{V_h^2}{gh_h}$ 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:

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

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:

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

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

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

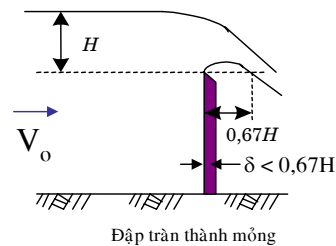
m_o có thể được tính theo công thức

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

Với phạm vi : $0,2 \text{ m} < b < 2 \text{ m}$

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

$0,05 \text{ m} < H < 1,24 \text{ m}$

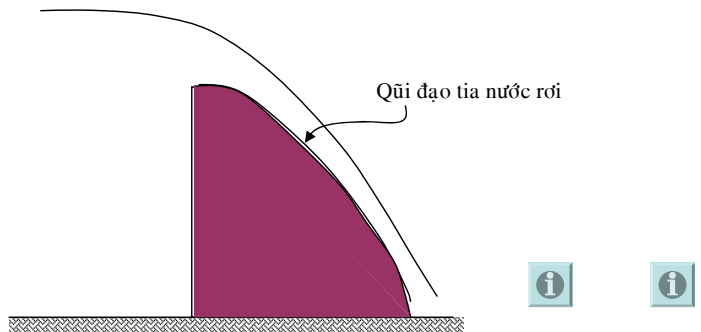
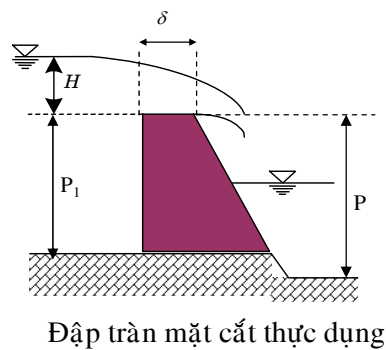


4.2 ĐẬP TRÀN MẶT CẮT THỰC DỤNG

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

Cải tiến của đập tràn mặt cắt thực dụng

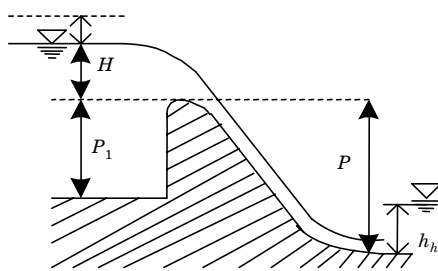
Đập tràn Creager - Ophixêrốp



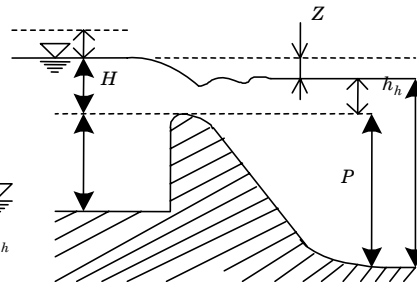
4.2.1 Các trạng thái chảy

(i) chảy tự do

(ii) chảy ngập



Chảy tự do



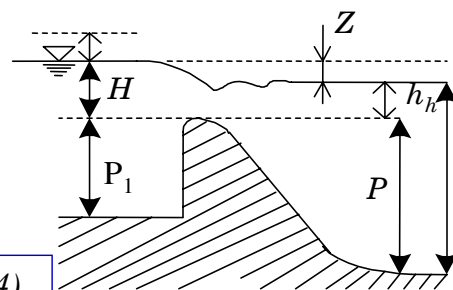
Chảy ngập

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).

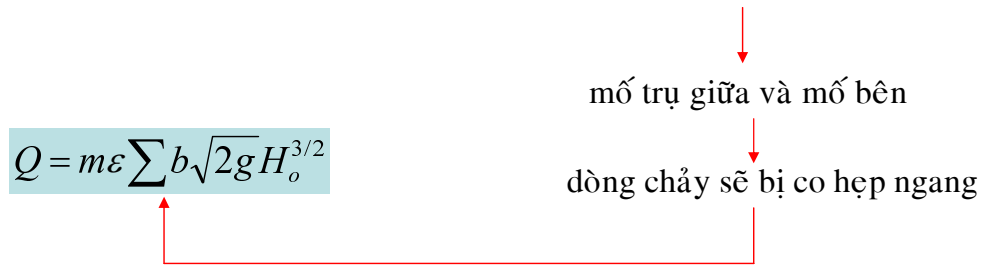


nhieu.dcct@gmail.com

4.2.2 Công thức tính lưu lượng

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

Trong thực tế do chiều rộng đập lớn → Bề rộng đập b được chia thành nhiều nhịp



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

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

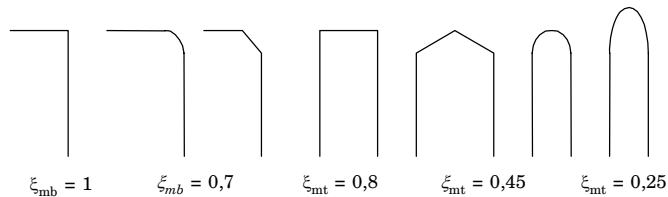
$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \frac{H_o}{b}$$

ξ_{mb} : Hệ số co hẹp do mố bên

ξ_{mt} : Hệ số co hẹp do mố trụ

n : Số nhịp đập

b : Bề rộng mỗi nhịp



Hệ số co hẹp do mố trụ và mố bên

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

m : hệ số lưu lượng

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

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

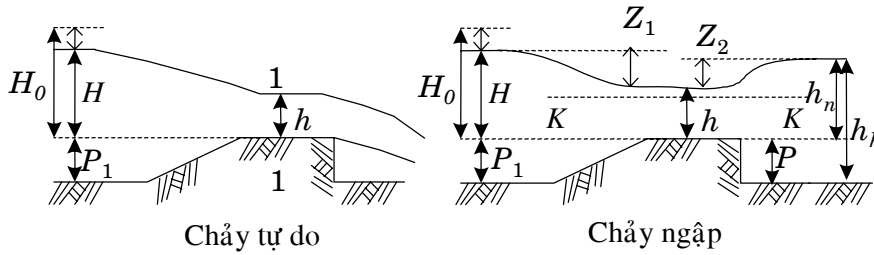
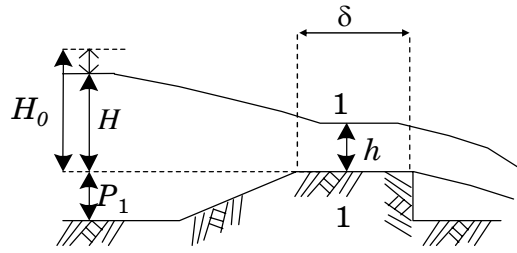
phụ lục 4.5

4.3 ĐẬP TRÀN ĐỈNH RỘNG

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

4.3.1 Các trạng thái chảy

- (i) chảy tự do
- (ii) chảy ngập

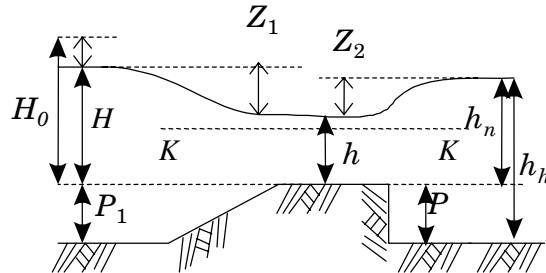


Các trạng thái chảy qua đập tràn đỉnh rộng

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

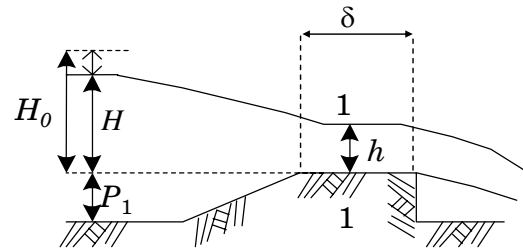
Viết phương trình năng lượng cho 2 mặt cắt 0-0 và 1-1

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

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

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

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



Khi cửa đập hình chữ nhật:

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

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

Ta có thể biến đổi đưa về dạng như sau:

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

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

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

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

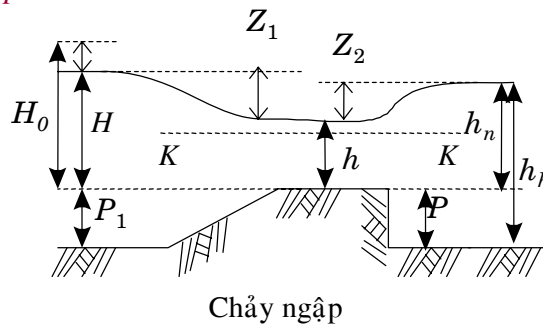
φ : hệ số lưu tốc ← phụ lục 4.7

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

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

φ_n : hệ số lưu tốc ← phụ lục 4.7 ← phụ lục 4.6

Trường hợp cửa đập hình chữ nhật:

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

Thông thường mực nước h_n gần bằng h , do đó có thể tính:

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

PHẦN 2: DÒNG CHẢY QUA CỐNG

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

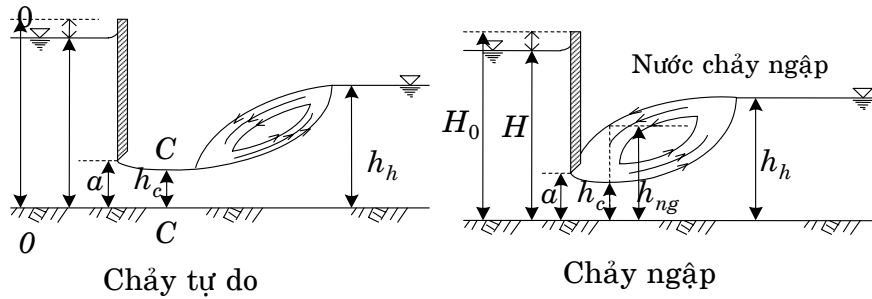
- (i) cống lộ thiên (ii) cống ngầm

4.4 CỐNG LỘ THIÊN

Cống lộ thiên là loại cống không có trần hoặc vòm



Chế độ chảy:
 ↗ Tự do
 ↘ Chảy ngập



Xác định trạng thái chảy

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

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

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

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

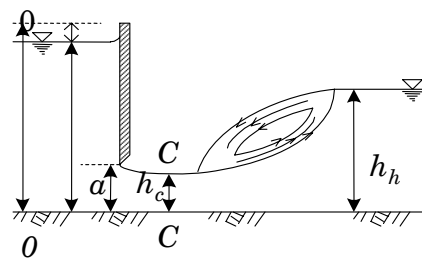
Chảy tự do

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

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

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

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



Trường hợp mặt cắt cống chữ nhật:

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

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

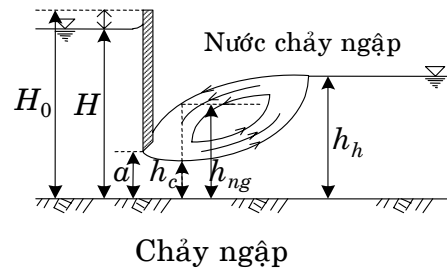
Chảy ngập

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

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

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

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



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

Khi độ mở cổng 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 $h_{ng} = h_h$, công thức tính Q có thể viết

$$Q = \varphi b \varepsilon a \sqrt{2g(H_o - h_h)}$$

4.5 CỐNG NGẦM

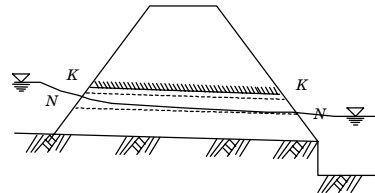
Được xây dựng qua đê, đập hoặc dưới đường có mặt cắt khép kín

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

4.5.1 Trạng thái chảy trong cống ngầm

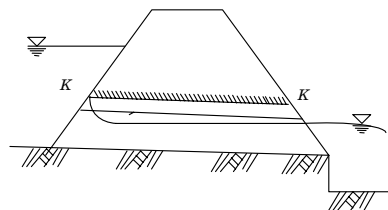
- Chảy không áp

Mức nước thượng hạ lưu thấp hơn đỉnh cống



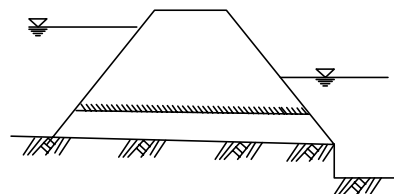
- Chảy bán áp

Mức nước thượng lưu cao hơn đỉnh cống
Mức nước hạ lưu thấp hơn đỉnh cống



- Chảy có áp

Mức nước thượng hạ lưu cao hơn đỉnh cống

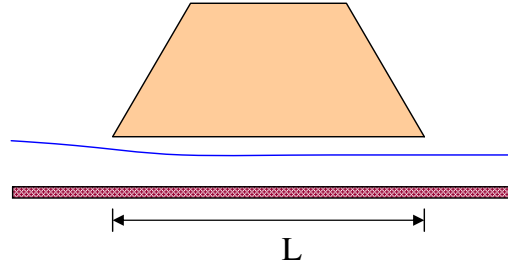


4.5.2 Công thức tính toán

a. Chảy không áp:

Chiều dài cống $L < 8H$

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

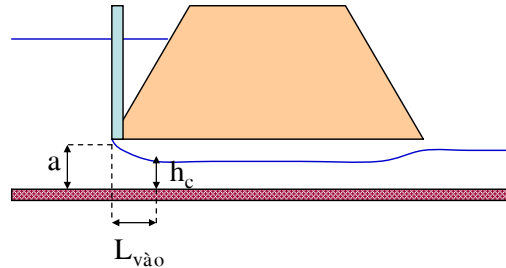


b. Chảy bán áp:

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

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

$$L_{\text{vào}} = 1,4 a$$



c. Chảy có áp:

Tính toán như chảy qua **một ống ngắn có áp**

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

φ_c : Hệ số lưu tốc qua cống

A: Tiết diện ngang cống

Z: Chênh lệch mực nước thượng hạ lưu

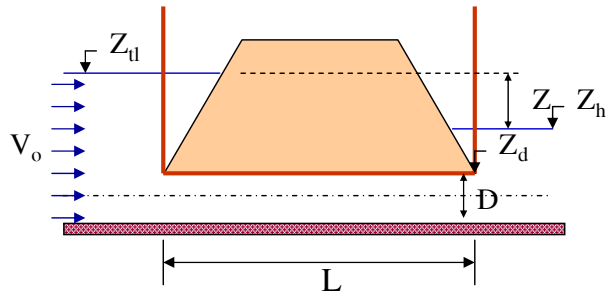
$$Z_o = Z + \alpha \frac{V_o^2}{2g}$$

φ_c : Hệ số lưu tốc qua cống

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

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

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



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

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

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

- a) Mức nước hạ lưu cao hơn ngưỡng đập tràn
- b) Dòng chảy qua đập tràn là chảy êm
- c) Mức 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

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

, 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



Đập tràn Trị An



Đập tràn Trị An- Creager Ophixêrốp



Một loại đập tràn





Cống lộ thiên



Cống ngầm mặt cắt hình tròn





Cống ngầm mặt cắt hình hộp



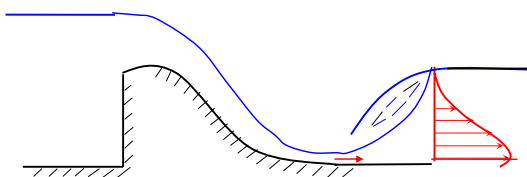
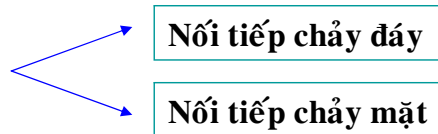
Cống ngầm mặt cắt hình hộp



5 NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG

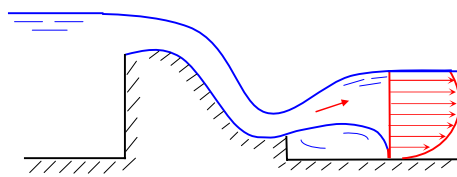
PHẦN 1. NỐI TIẾP DÒNG CHẢY Ở HẠ LƯU CÔNG TRÌNH

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

Vận tốc lớn xuất hiện ở đáy

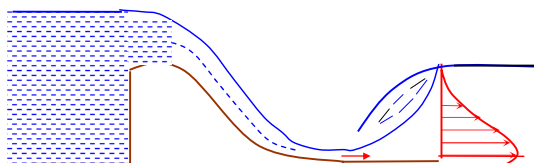


Nối tiếp chảy mặt

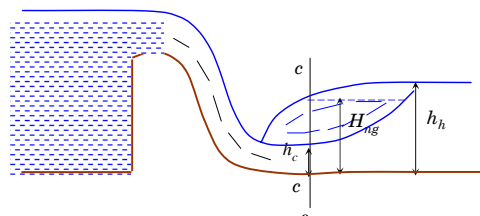
Vận tốc lớn xuất hiện ở bề mặt

5.1 NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

5.1.1 Các dạng nối tiếp chảy đáy



Nước nhảy phóng xa



Nước nhảy ngắn

5.1.2 Công thức tính toán

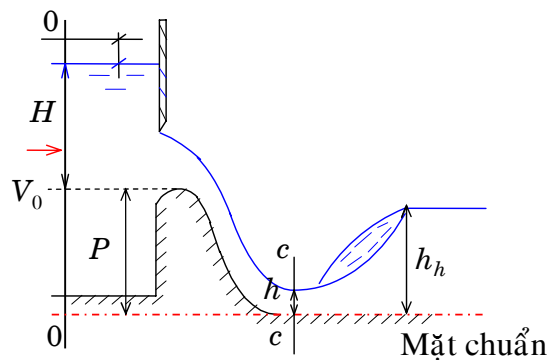
Viết phương trình năng lượng cho 2 mặt cắt 0-0 và c-c.

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

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

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha_c + \sum \xi}} \sqrt{2g(E_0 - h_c)} = \varphi \sqrt{2g(E_0 - h_c)}$$

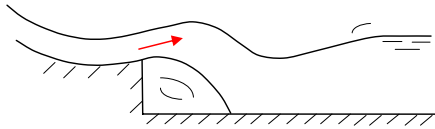
Mặt cắt hình chữ nhật



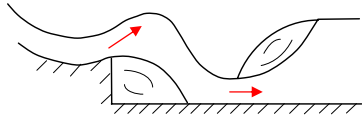
$Q = \varphi b h_c \sqrt{2g(E_0 - h_c)}$
thử dần
→
 h_c
→
 h''_c
→
 So sánh h_h
↙ Nhảy ngắn
 ↘ Nhảy tự do

5.2. NỐI TIẾP CHẢY MẶT

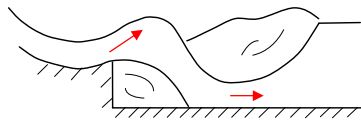
Nối tiếp chảy mặt thường gặp trong điều kiện công trình có bậc thẳng



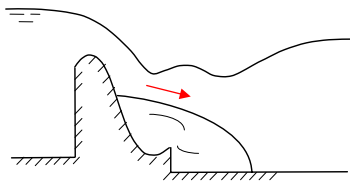
Nối tiếp chảy **mặt**



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

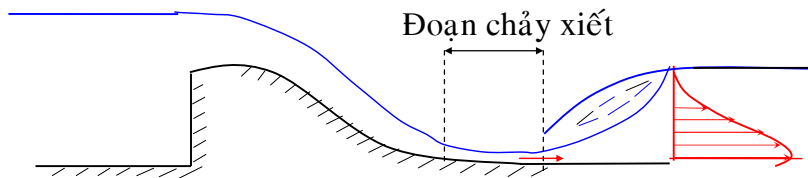


Mức nước hạ lưu dâng cao
Nối tiếp chảy **mặt đáy ngập**



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

PHẦN 2. TIÊU NẮNG Ở HẠ LƯU 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

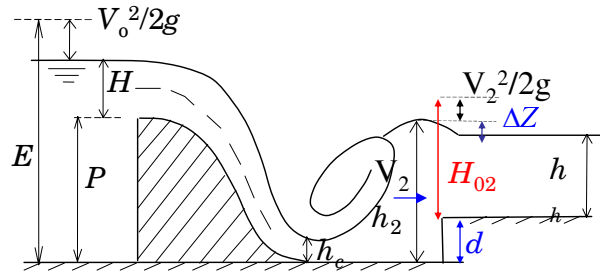
5.3 BỂ TIÊU NĂNG

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

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

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

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

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

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

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

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

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

hệ số an toàn: $\sigma = 1,05 - 1,1$.

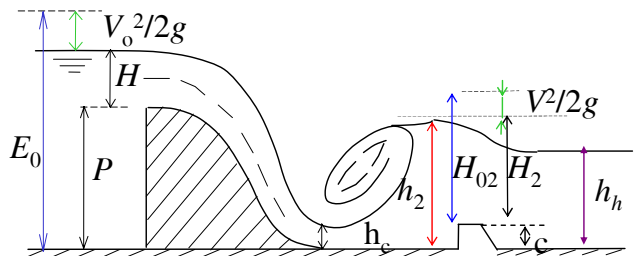
5.4 TƯỜNG TIÊU NĂNG

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

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

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

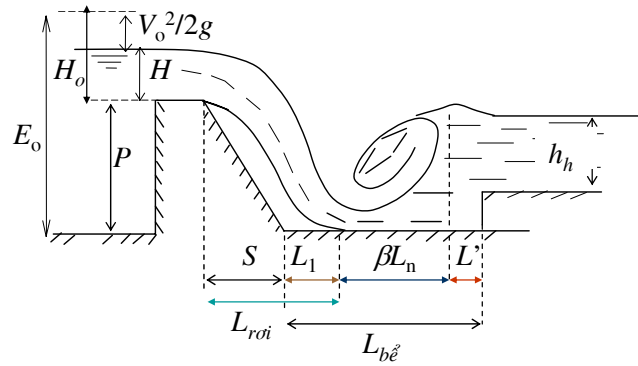
$$H_{02} = \left(\frac{Q}{\sigma_n m_t b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} \quad \text{mà}$$

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

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

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

5.5 XÁC ĐỊNH CHIỀU DÀI BỂ



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

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

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

Đập tràn đỉnh rộng: $L_{roi} = 1,64\sqrt{H_0(P + 0,24H_0)}$

β là hệ số kinh nghiệm, lấy bằng $0,7 \div 0,8$

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

- Nối tiếp chảy đáy dễ tính toán.
- Nối tiếp chảy đáy ổn định hơn.
- Nối tiếp chảy đáy kinh tế hơn.
- Tất cả đều đúng.

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

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

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

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

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

- Lưu lượng thiết kế.
- Lưu lượng max của dòng chảy.
- Lưu lượng min của dòng chảy.
- Tất cả đều sai

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 thấm thực và vận tốc thấm trung bình (V):

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

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

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

ΔQ : thể tích nước thấm trong thời gian Δt

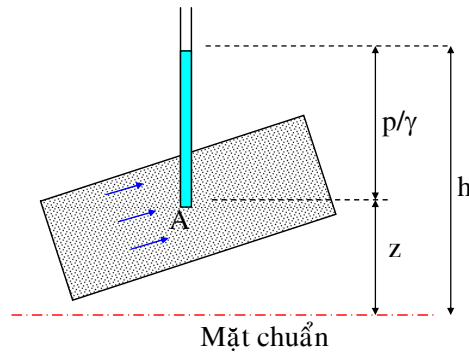
A : Diện tích mặt cắt cả phần rỗng và phần đất

6.1.3 Cột nước đo áp (thủy lực) :

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

Dòng thấm → V : nhỏ → V²/2g

Cột nước đo áp ≈ cột nước năng lượng



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

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

Loại đất	Hệ số thấm (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 ≠ k_y ≠ 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 do áp (hydraulic gradient) và diện tích thấm A”

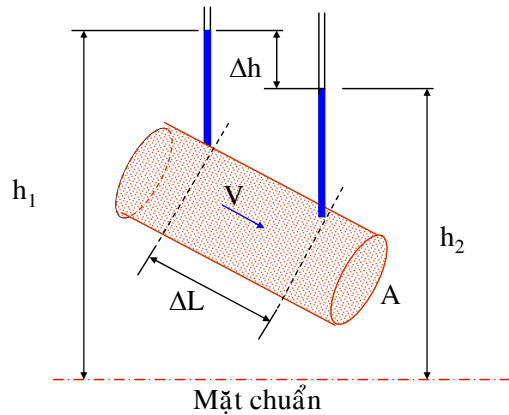
$$Q = -kA \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

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

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

$$R_e \leq 5$$

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

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

6.3 CÔNG THỨC DUPUIT – FORCHERHEIMER

Trong trường hợp thấm không áp với độ dốc nhỏ, các đường dòng trên một mặt cắt ước 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 :

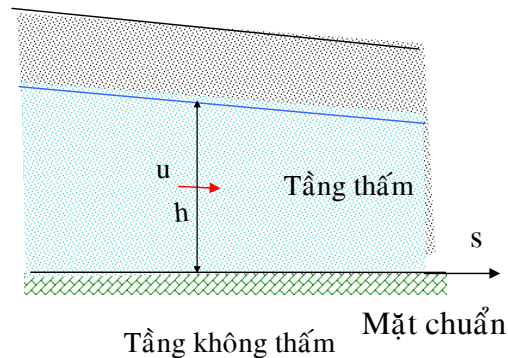
Khi đáy tầng không thấm nằm ngang, chọn làm mặt chuẩn thì h chính là độ sâu mực nước ngầm ($z = 0$)

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 THẨM VÀO GIẾNG NƯỚC.

6.4.1. Giếng phun: Thẩm có áp

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

Vận tốc

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

Lưu lượng thẩm qua mặt
trụ 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_0 đến r ứng với h từ h_0 đến h

$$h - h_0 = \frac{Q}{2\pi kb} \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

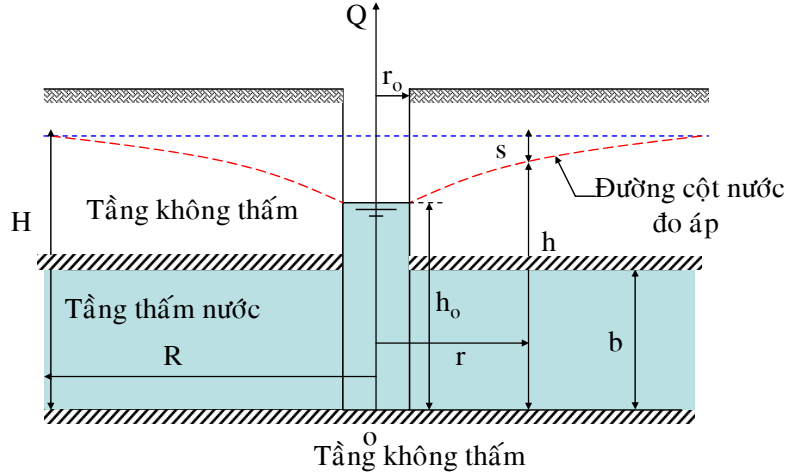
Gọi : R bán kính ảnh hưởng, H chiều cột nước đo áp khi chưa bơm

Tích phân từ r_0 đến R ứng với h từ h_0 đến H

$$H - h_0 = \frac{Q}{2\pi kb} \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)$$

$S = H - h_0$: chiều sâu hút nước

$$Q = \frac{2\pi kbS}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)}$$



6.4.2 Giếng thường

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

Vận tốc

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

Lưu lượng dòng thẩm
qua mặt trụ

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

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

Tích phân từ r_0 đến r ứng với h từ h_0 đến h

$$h^2 - h_0^2 = \frac{Q}{k\pi} \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

Tích phân từ r_0 đến R ứng với h từ h_0 đến H

$$H^2 - h_0^2 = \frac{Q}{k\pi} \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)$$

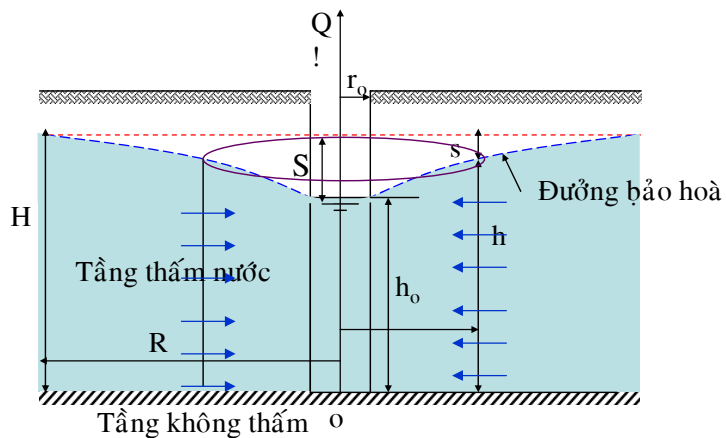
$$\rightarrow Q = \frac{k\pi(H^2 - h_0^2)}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)}$$

$$Q = \frac{2\pi HS}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)} \left(1 - \frac{S}{2H}\right)$$

$$S = H - h_0$$

Khi $S/2H \approx 0$

$$Q = \frac{2\pi HS}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)}$$



R được xác định :

Theo từng loại đất mà lấy gần đúng như sau:

- Đối với đất cỡ hạt trung bình $R=250m\div 500m$

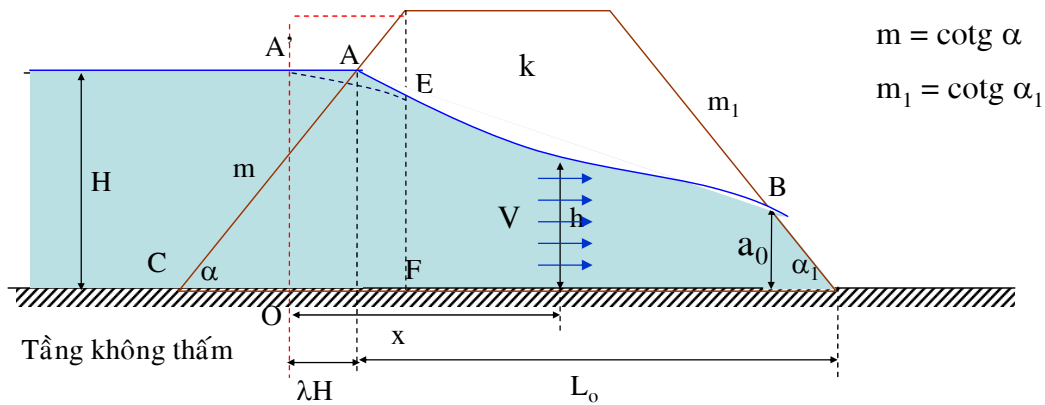
- Đối với đất hạt to $R=700m\div 1000m$

Công thức kinh nghiệm

$$R = 3000s\sqrt{k}$$

(Đi-các đơ)

6.5 THẨM QUA ĐẬP ĐẤT



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

Mikhailốp

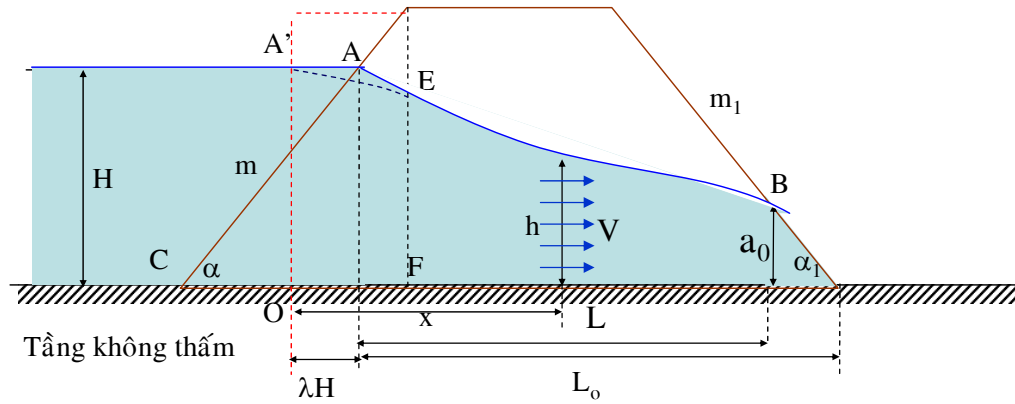
$$\lambda = \frac{m}{2m+1}$$

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

$$\frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H_1)}x = \frac{H^2 - h^2}{2} \rightarrow h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a_0^2}{\lambda H + L}x} \rightarrow h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a_0^2}{\lambda H + L_0 - m_1 a_0}x}$$

Cần xác định $a_0 \rightarrow h$

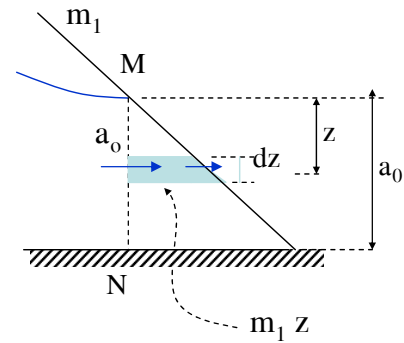
chiều dài của dải nguyên tố $m_1 z$

$dq = uz$ Darcy $\rightarrow dq = -k \frac{\Delta h}{\Delta L} dz$

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

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

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



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

$$\frac{q}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H_1)}$$

$$\frac{k \frac{a_0}{m_1}}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H_1)} \rightarrow \frac{a_0}{m_1} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L_0 - m_1 a_0 + \lambda H_1)}$$

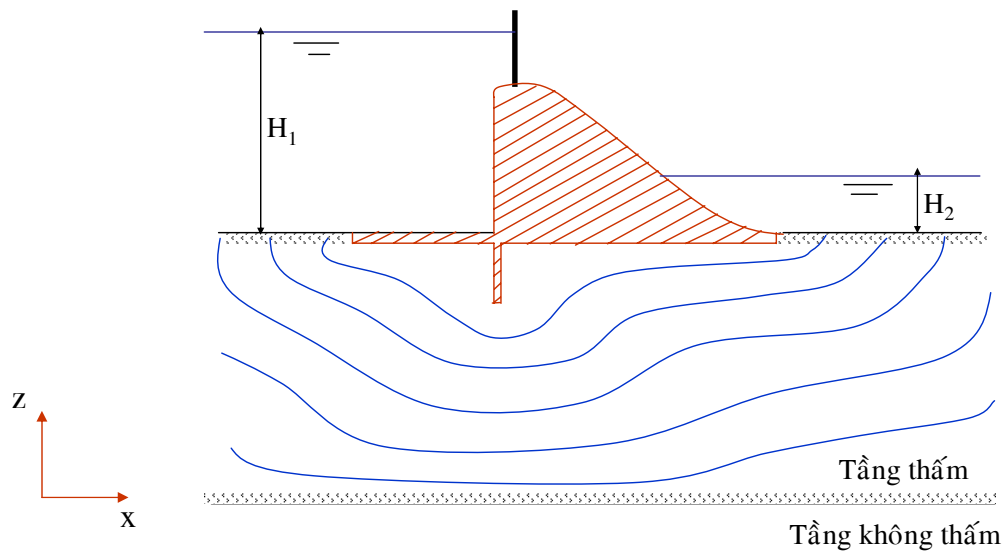
Giải phương trình bậc 2 cho a_0 :

$$a_0 = \frac{(L_0 + \lambda H) \pm \sqrt{(L_0 + \lambda H)^2 - m_1^2 H^2}}{m_1}$$

Có a_0 , xác định được q và đường bão hoà

$$h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a_0^2}{\lambda H + L_0 - m_1 a_0}x}$$

6.6 THẨM CỐ 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:

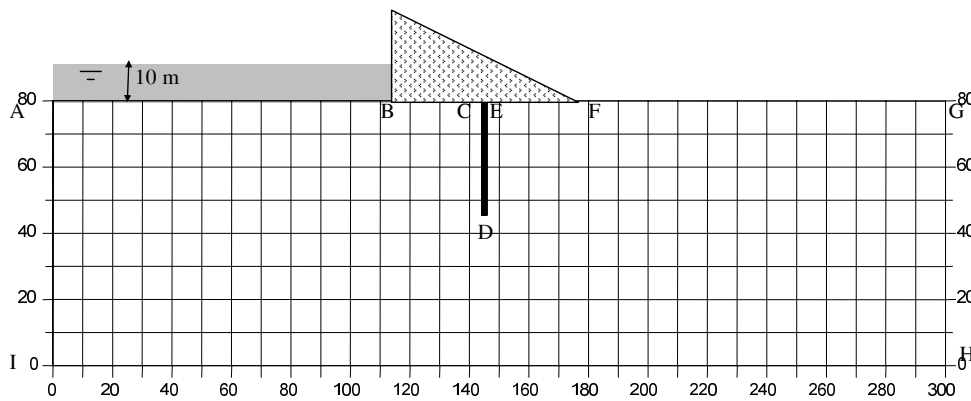
$$u_x = -k \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$u_z = -k \frac{\partial h}{\partial z}$$

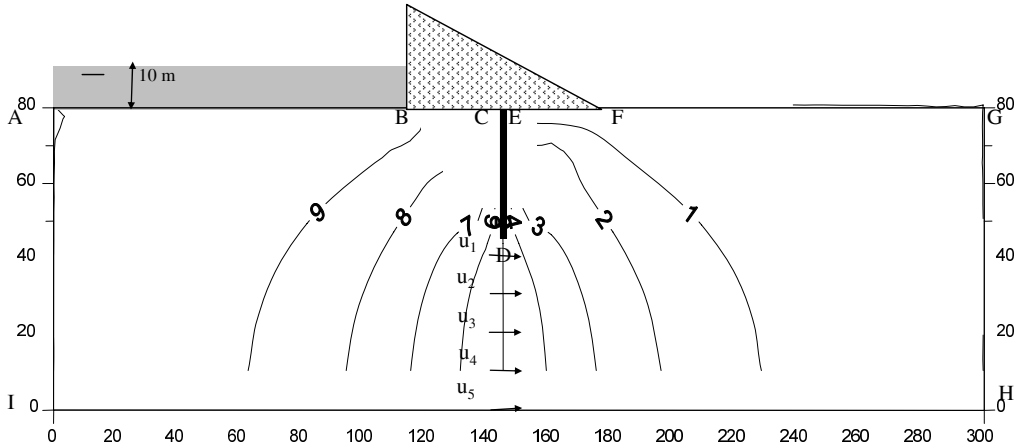
Phương trình liên tục $\rightarrow \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \rightarrow h(x,z)$

VÍ DỤ TÍNH TOÁN THẨM CỐ ÁP BẰNG PHƯƠNG PHÁP SAI PHÂN HỮU HẠN

Một đập bê tông có bề rộng 60m, thượng lưu chứa nước có độ sâu 10m, hạ lưu không có nước. Đập được xây trên một tầng đất thấm nước đồng chất dày 80m, với hệ số thấm là $k = 10^{-4} \text{m/s}$. Một hàng cừ được đóng ở giữa đáy đập sâu 35m để giảm lưu lượng thấm qua đập. Xác định lưu lượng thấm qua đáy đập nếu xem dòng thấm chỉ ảnh hưởng trong phạm vi 105m về phía thượng lưu đập và 135m về phía hạ lưu đập.



Kích thước, vị trí đập và lưới tính toán



Đường đẳng cột nước đo áp và vận tốc thấm dưới hàng cừ

Lưu lượng thấm trong 1 ngày đêm là: $q = 39,007 \text{ m}^3/\text{m ngày đêm}$

Tính toán chi tiết và chương trình máy tính xem trong phụ lục

I.KHÁI NIỆM :#

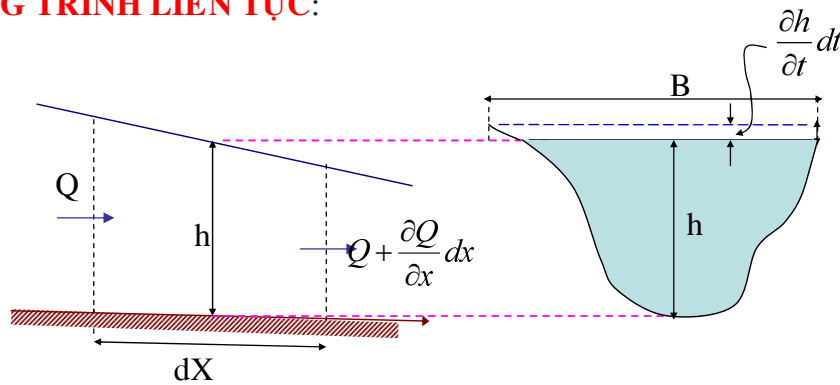
Dòng không ổn định là dòng chảy mà các yếu tố của dòng chảy đều phụ thuộc vào thời gian,

- 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

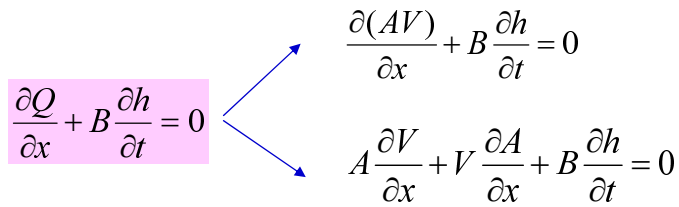
$$\left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) dt - Q dt = \frac{\partial Q}{\partial x} dx dt$$

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

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

Phương trình liên tục

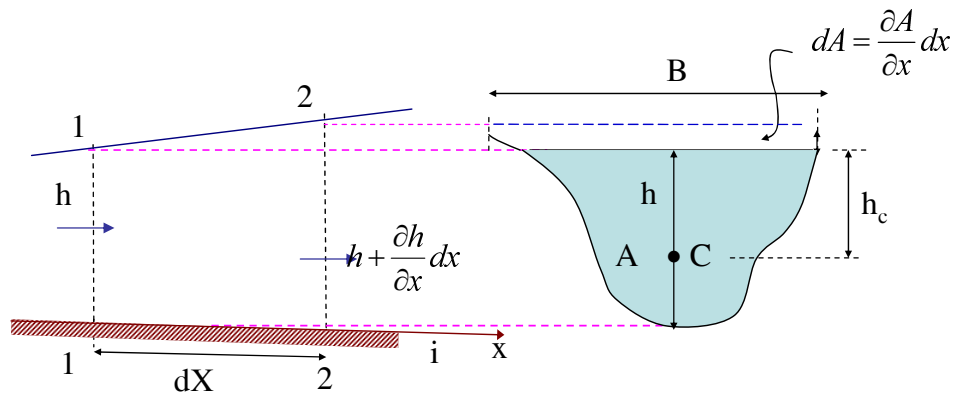
Các dạng khác :

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

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

III. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LƯỢNG:

Các giả thiết:

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



Áp lực trên mặt 1-1 $F_1 = \gamma A h_c$

Áp lực trên mặt 2-2

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

Trọng lực theo phương x $F_3 = \gamma (A dx) i$

Ma sát $F_f = P \tau_o dx$ ← τ_o : ứng suất ma sát
P: chu vi ướt

Tổng lực theo phương dòng chảy (X): $F_1 - F_2 + F_3 - F_f$

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

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

Ngòai ra

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

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

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

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 "

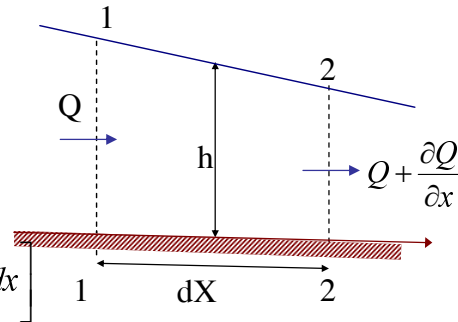
Sự biến đổi động lượng trong thể tích kiểm soát giới hạn m/c 1-1 và 2-2

Động lượng vào m/c 1-1

$$M_1 = \rho QV = \rho AV^2$$

Động lượng ra m/c 2-2

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



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 $M_2 - M_1 + M_c = \sum F_x$

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

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

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

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

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

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

↔
Dòng đều

↔
Dòng không đều

↔
Dòng không ổn định

IV. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG ĐẶC TRƯNG 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

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

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 A_0 và

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

5. Bề mặt thoáng B bằng bề rộng trung bình không đổi B_0

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

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad \longrightarrow \quad A_0 \frac{\partial V}{\partial x} + B_0 \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

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

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) $A_0 \frac{\partial V}{\partial x} \frac{C_0}{A_0} + B_0 \frac{\partial h}{\partial t} \frac{C_0}{A_0} = 0$ (3)

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

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

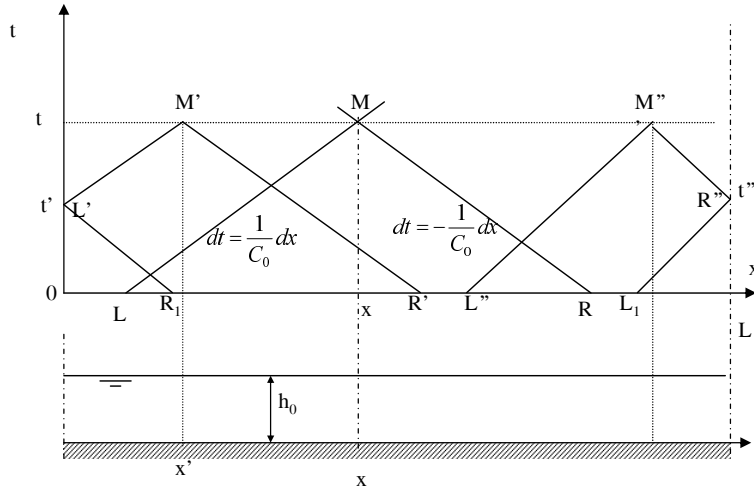
Nếu $C_0 = \frac{dx}{dt}$ thì: $\frac{\partial V}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{g}{C_0} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial h}{\partial t} \right) = 0$

$$\frac{dV}{dt} + \frac{g}{C_0} \left(\frac{dh}{dt} \right) = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{dt} \left(V + \frac{g}{C_0} h \right) = 0 \quad \longrightarrow \quad \left(V + \frac{g}{C_0} h \right) = Const$$

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_0^+ (có độ dốc $1/C_0$) cắt trục hoành ($t = 0$) tại L

Trên đường ML cho :

$$\left(V_M + \frac{g}{C_0}h_M\right) = \left(V_L + \frac{g}{C_0}h_L\right) \quad (1)$$

Tương tự vẽ đường đặc trưng nghịch C_0^- (có độ dốc $-1/C_0$), MR:

$$\left(V_M - \frac{g}{C_0}h_M\right) = \left(V_R - \frac{g}{C_0}h_R\right) \quad (2)$$

Từ (1) và (2) \rightarrow $V_M = \frac{1}{2}\left[(V_L + V_R) + \frac{g}{C_0}(h_L - h_R)\right]$

$$h_M = \frac{1}{2}\left[\frac{C_0}{g}(V_L - V_R) + (h_L + h_R)\right]$$

$V_M, h_M,$

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

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)

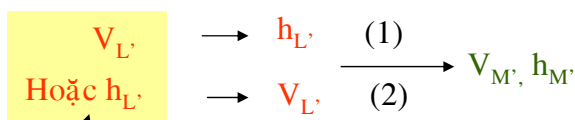
$$V_{M'} = \frac{1}{2} \left[(V_L + V_R) + \frac{g}{C_0} (h_L - h_R) \right] \quad (1)$$

$$h_{M'} = \frac{1}{2} \left[\frac{C_0}{g} (V_L - V_R) + (h_L + h_R) \right] \quad (2)$$

Để xác định V_L , h_L , tại L' ta vẽ một đường đặc trưng nghịch C_0^-

$$\left(V_L - \frac{g}{C_0} h_L \right) = \left(V_{R1} - \frac{g}{C_0} h_{R1} \right)$$

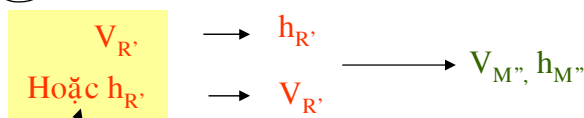
Biết h_{R1} , V_{R1} , biết từ điều kiện đầu +



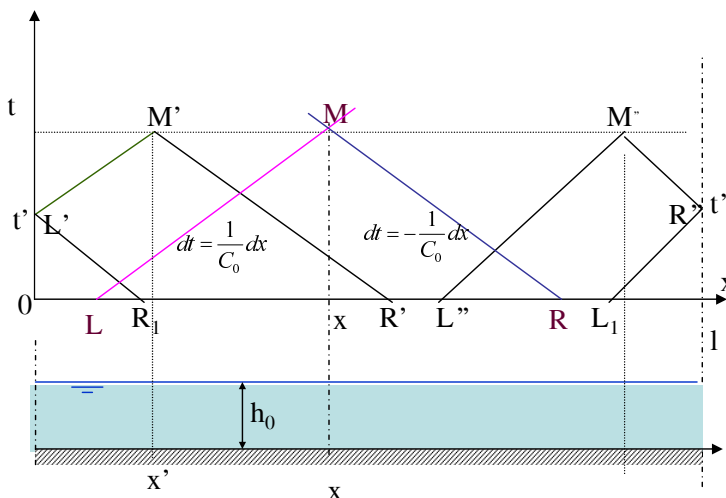
Điều kiện biên

Tương tự M''

Biết h_{L1} , V_{L1} , biết từ điều kiện đầu +



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 sóng biên độ nhỏ:

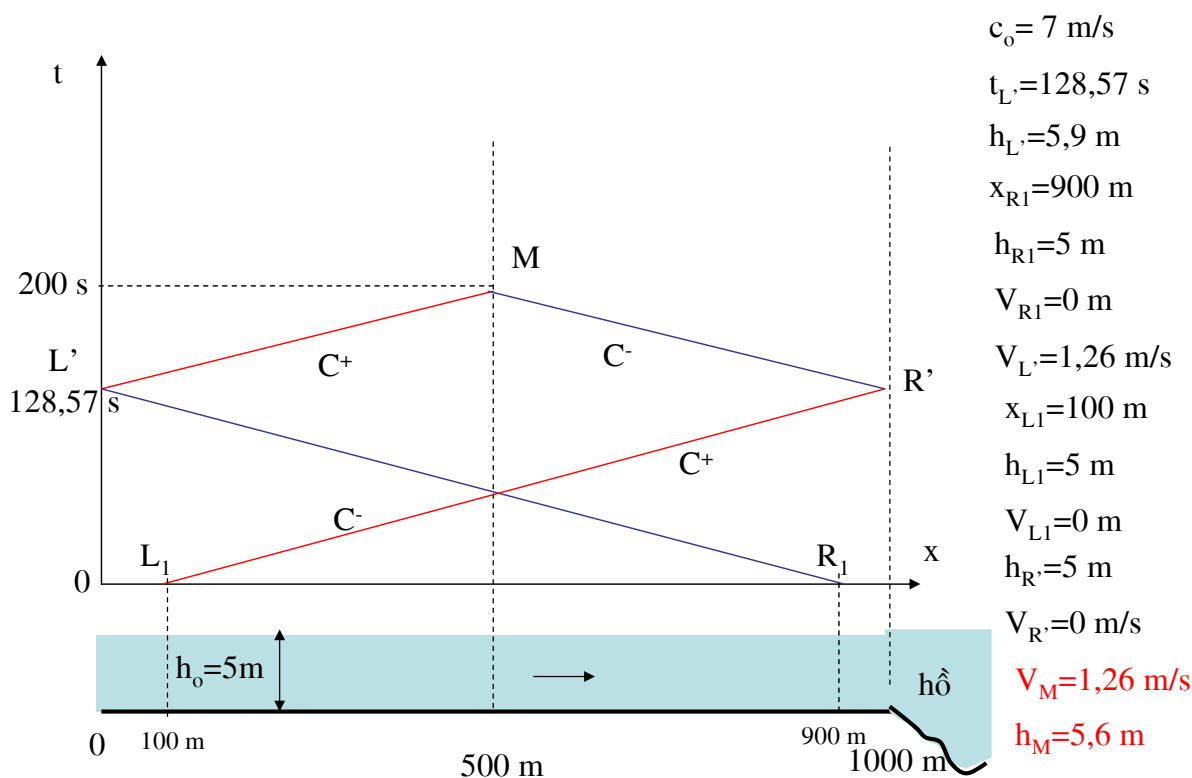
1. Điều kiện ban đầu : $V(0, x)$, $h(0, x)$

2. Điều kiện biên :

Đầu kênh : $V(t, 0)$ hoặc $h(t, 0)$

Cuối kênh : $V(t, 1)$ hoặc $h(t, 1)$

Ví dụ: Một kênh chữ nhật rộng $b = 10\text{m}$, dài 1000m nối với một hồ chứa. Tại thời điểm $t = 0$, nước tĩnh với độ sâu $h_0 = 5\text{m}$. Tại đầu kênh độ sâu thay đổi theo thời gian $h = h_0 + \sin(2\pi t/T)$ với $T = 400$. Xác định V, h tại vị trí $x = 500\text{m}$ ở thời điểm $t = 200\text{s}$.



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

Vận tốc truyền sóng trong kênh hình chữ nhật :

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

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

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

Thay vào pt liên tục và động lượng :

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

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

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

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

cộng hai vế :

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

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

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

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

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

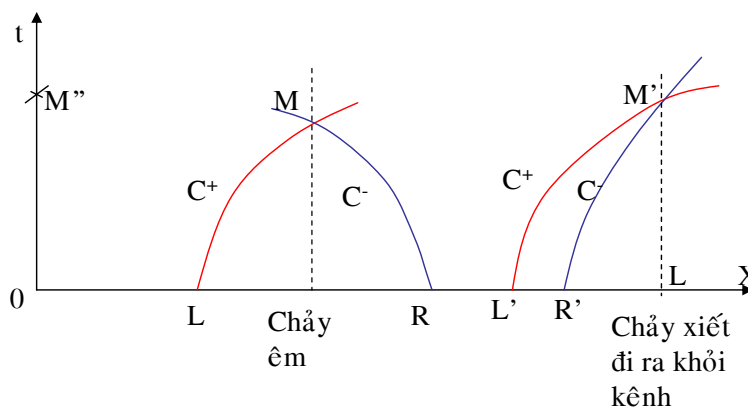
$$\frac{d}{dt}(V \pm 2C) = g(i - J)$$

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



$$\frac{dx}{dt} = (V + C)$$

$$\frac{dx}{dt} = (V - C)$$

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

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

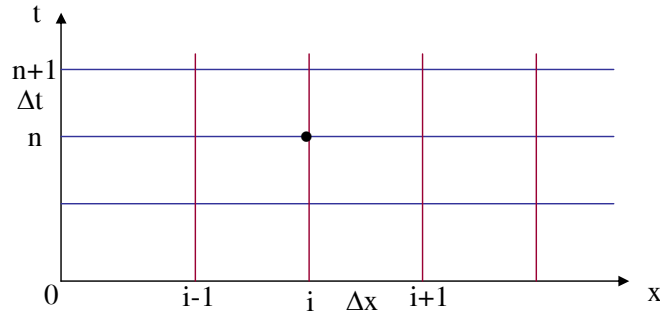
2. Điều kiện biên :

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

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

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

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

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

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

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad \rightarrow \quad A_i^n \left(\frac{V_{i+1}^n - V_i^n}{\Delta x} \right) + V_i^n \left(\frac{A_{i+1}^n - A_i^n}{\Delta x} \right) + B_i^n \left(\frac{h_i^{n+1} - h_i^n}{\Delta t} \right) = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \quad \rightarrow \quad \frac{h_{i+1}^n - h_i^n}{\Delta x} + \frac{V_i^n}{g} \left(\frac{V_{i+1}^n - V_i^n}{\Delta x} \right) + \frac{1}{g} \left(\frac{V_i^{n+1} - V_i^n}{\Delta t} \right) = i - j_i$$

Vận tốc và độ sâu h_i, V_i^n \rightarrow h_i^{n+1}, V_i^{n+1}
 thời điểm n \rightarrow thời điểm $n+1$

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)

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

BÀI TẬP CHƯƠNG I

1. Cho một kênh hình thang có $b = 12\text{m}$; độ sâu $h = 3\text{m}$; mái dốc $m = 1,5$; độ nhám $n = 0,025$ và độ dốc $i = 0,0002$. Tính lưu lượng qua kênh.

Giải :

$$W = (b + mh)h = (12 + 1,5 \times 3) \times 3 = 49,5 \text{ m}^2$$

$$X = b + 2h\sqrt{1 + m^2} = 12 + (2 \times 3\sqrt{1 + 1,5^2}) = 22,8 \text{ m}$$

$$\rightarrow R = \frac{W}{X} = \frac{49,5}{22,8} = 2,17 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{0,025} 2,17^{1/5} = 46,7 \text{ m}^{0,5}/\text{s} \quad (\text{theo Pavelovsky, } y = 0,2)$$

$$\rightarrow Q = WC\sqrt{Ri} = 49,5 \times 46,7 \times \sqrt{2,17 \times 0,0002} = 48,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Một kênh hình thang có $b = 12\text{m}$; độ sâu $h = 3\text{m}$; mái dốc $m = 1,5$; độ nhám $n = 0,025$ và độ dốc $i = 0,0002$. Để lưu lượng là $60\text{m}^3/\text{s}$, thì độ dốc đáy kênh là bao nhiêu?

→ Bài tập tự làm

3. Xác định kích thước của kênh hình thang (b, h) bằng phương pháp giải tích sao cho mặt cắt lợi nhất về thủy lực, cho biết $m = 1,5$; $n = 0,0275$; $i = 0,0006$ và $Q = 1,1\text{m}^3/\text{s}$.

Giải : Mặt cắt có lợi về thủy lực khi có R max.

$$\rightarrow \beta_{\text{in}} = 2(\sqrt{1 + m^2} - m) = 2(\sqrt{1 + 1,5^2} - 1,5) = 0,606$$

Mà $\beta_{\text{in}} = \frac{b}{h} = 0,606 \rightarrow b = 0,606 h$

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{1,1}{\sqrt{0,0006}} = 44,91 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tính thử dần, lập bảng bằng Excel :

h	b = 0,606h	$W = (b + mh)h$	$X = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	$R = \frac{W}{X}$	$C = \frac{1}{n} R^y$	$K = \frac{Q}{\sqrt{i}}$
1	0,606	2,106	4,21	0,5	30,7	45,72
0,99	0,6	2,06	4,17	0,494	30,6	44,3
..

So sánh thấy $K_0 \approx K \approx 44,3 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ chọn $h = 0,99 \text{ m}$ và $b = 0,6 \text{ m}$

4. Xác định kích thước của kênh hình thang (b, h) bằng phương pháp giải tích, cho biết $Q = 75 \text{ m}^3/\text{s}$; $v = 1,25 \text{ m/s}$; $m = 2$; $i = 0,00038$ và $n = 0,0225$.

Giải: Ta có $v = C\sqrt{Ri} \Rightarrow R = \frac{v^2}{C^2 \cdot i}$. Theo Manning $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$, vậy:

$$R = \frac{v^2}{\left(\frac{1}{n} R^{1/6}\right)^2 \cdot i} = \frac{v^2 \cdot n^2}{R^{1/3} \cdot i} \Leftrightarrow R \cdot R^{1/3} = R^{4/3} = \frac{v^2 \cdot n^2}{i} \Leftrightarrow R = \left(\frac{v \cdot n}{\sqrt{i}}\right)^{3/2} = \left(\frac{1,25 \times 0,0225}{\sqrt{0,00038}}\right)^{3/2} = 1,73 \text{ m}$$

$$W = (b + mh)h = mh^2 + bh, \quad m = 2 \text{ nên } W = 2h^2 + bh$$

$$W = \frac{Q}{v} = \frac{75}{1,25} = 60 \text{ m}^2 \text{ nên } 2h^2 + bh = 60 \quad (1)$$

$$X = b + 2h\sqrt{1+m^2} = b + 2h\sqrt{1+2^2} = b + 2\sqrt{5}h$$

$$X = \frac{W}{R} = \frac{60}{1,73} = 34,68 \Rightarrow 2\sqrt{5}h + b = 34,68 \quad (2)$$

Phương trình (1) và (2): $\begin{cases} 2h^2 + bh = 60 \\ 2\sqrt{5}h + b = 34,68 \end{cases}$ khi b sẽ có $2,47 h^2 - 34,48 h + 60 = 0 \quad (*)$

Giải phương trình bậc 2 (*) sẽ được 2 nghiệm:

$$\begin{aligned} h_1 = 2,03 & \quad \rightarrow b_1 = 25,49 \quad \rightarrow \text{chấp nhận} \\ h_2 = 11,0 & \quad \rightarrow b_2 = -18,76 \quad \rightarrow \text{loại} \end{aligned}$$

5. Xác định độ sâu chảy đều h trong kênh hình thang theo phương pháp đối chiếu mặt cắt lợi nhất về thủy lực của Agorotskin, cho biết $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$; $b = 2 \text{ m}$; $m = 1$; $i = 0,0008$ và $n = 0,014$.

Giải: $f(R_{\text{in}}) = \frac{4 \cdot m_o \cdot \sqrt{i}}{Q}$ với $m_o = 2\sqrt{1+m^2} - m = 2\sqrt{1+1^2} - 1 = 1,828$

$$f(R_{\text{in}}) = \frac{4 \times 1,828 \times \sqrt{0,0008}}{3} = 0,0689$$

Tra bảng (1-1) $\rightarrow R_{\text{in}} = 0,549$ (có nội suy)

Lập tỉ số $\frac{b}{R_{\text{in}}} = \frac{2}{0,0549} = 3,64$ Tra bảng (1-2) $\rightarrow \frac{h}{R_{\text{in}}} = 1,47$ (có nội suy)

Với $h = R_{\text{in}} \cdot 1,47 = 0,549 \times 1,47 = 0,807 \text{ m}$

6. Xác định bề rộng b trong kênh hình thang theo phương pháp đối chiếu mặt cắt lợi nhất về thủy lực của Agorotskin, cho biết $Q = 5,2\text{m}^3/\text{s}$; $m = 1$; $i = 0,0006$; $n = 0,025$ và độ sâu chảy đều $h = 1,2\text{m}$.

→ Bài tập tự làm

7. Xác định kích thước mặt cắt kênh hình thang (b, h) theo phương pháp đối chiếu mặt cắt lợi nhất về thủy lực của Agorotskin sao cho $\beta = b/h = 5$, cho biết: $Q = 19,6\text{m}^3/\text{s}$; $m = 1$; $i = 0,0007$ và $n = 0,02$.

→ Bài tập tự làm

8. Xác định kích thước mặt cắt kênh hình thang (b, h) theo phương pháp đối chiếu mặt cắt lợi nhất về thủy lực của Agorotskin sao cho có lợi nhất về thủy lực, cho biết $m = 1,5$; $n = 0,0275$; $i = 0,0006$ và $Q = 1,1\text{m}^3/\text{s}$.

→ Bài tập tự làm

9. Xác định kích thước của kênh hình thang (b, h) theo phương pháp đối chiếu mặt cắt lợi nhất về thủy lực của Agorotskin, cho biết $Q = 75\text{m}^3/\text{s}$; $v = 1,25\text{m/s}$; $m = 2$; $i = 0,00038$ và $n = 0,0225$.

Giải: $f(R_{ln}) = \frac{4 \cdot m_o \cdot \sqrt{i}}{Q}$ với $m_o = 2\sqrt{1+m^2} - m = 2\sqrt{1+2^2} - 2 = 2,47$

→ $f(R_{ln}) = \frac{4 \times 2,47 \times \sqrt{0,00038}}{75} = 0,00257$

Tra bảng (1-1) → $R_{ln} = 2,24$ (có nội suy)

Theo Manning $R = \left(\frac{n \cdot v}{\sqrt{i}}\right)^{3/2} = \left(\frac{0,0225 \times 1,25}{\sqrt{0,00038}}\right)^{3/2} = 1,73$

Lập tỉ số $\frac{R}{R_{ln}} = \frac{1,73}{2,24} = 0,772$ Tra bảng (1-2) → $\frac{b}{R_{ln}} = 11,82$ (có nội suy)
 $\frac{h}{R_{ln}} = 0,903$

→ $b = R_{ln} \cdot 11,82 = 2,24 \times 11,82 = 26,47\text{ m}$
 $h = R_{ln} \cdot 0,903 = 2,24 \times 0,903 = 2,02\text{ m}$

10. Xác định vận tốc dòng chảy v và lưu lượng Q trong ống sành có đường kính $d = 30\text{mm}$ và độ đầy $s = h/d = 0,6$; độ dốc đáy $i = 0,008$, $n = 0,0025$.

→ Bài tập tự làm

11. Tính đường kính của đường hầm dẫn nước bằng bê tông cốt thép ($n = 0,015$); $i = 0,001$; nếu $Q = 24\text{m}^3/\text{s}$; $s = 0,7$.

Giải : Ta có $s = 0,7 \rightarrow \cos\theta = 1 - 2s = 1 - (2 \times 0,7) = -0,4$
 $\rightarrow \theta = 113,58^\circ = 1,98 \text{ rad.}$

$$W = \frac{1}{8}(2\theta - \sin 2\theta)d^2 = \frac{1}{8}(2 \times 1,98 - \sin 2(113,58))d^2 = 0,586.d^2 = K_w d^2$$

$$X = \theta.d = 1,98.d$$

$$R = \frac{W}{X} = \frac{0,586.d^2}{1,98.d} = 0,296.d$$

Theo Manning $C = \frac{1}{n}R^{1/6} = \frac{1}{0,015}(0,296.d)^{1/6} = 54,42.d^{1/6}$

$$Q = WC\sqrt{Ri} = 0,586d^2 \times 54,42d^{1/6} \times \sqrt{1,98d \times 0,001} = 24$$

$$d^{8/3} = 43,74 \Rightarrow d = 4,12 \text{ m}$$

12. Xác định đường kính của ống tròn bằng bê tông cốt thép sao cho $s = h/H \leq 0,8$. Biết $Q = 3\text{m}^3/\text{s}$; $i = 0,004$; $n = 0,013$.

\rightarrow Bài tập tự làm

13. Xác định độ sâu chảy đều h trong ống tròn bằng bê tông cốt thép, cho biết $d = 1,3\text{m}$; $Q = 3\text{m}^3/\text{s}$; $i = 0,004$; $n = 0,013$.

Giải : $Q = \frac{K_w^{5/3}}{\theta^{2/3}} \cdot \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot d^{8/3} \Rightarrow \frac{K_w^{5/3}}{\theta^{2/3}} = \frac{Q.n}{\sqrt{i}.d^{8/3}} = \frac{3 \times 0,013}{\sqrt{0,004} \cdot (1,3)^{8/3}} = 0,306$

Mà $K_w = \frac{1}{8}(2\theta - \sin 2\theta) \Rightarrow \frac{\left[\frac{1}{8}(2\theta - \sin 2\theta)\right]^{5/3}}{\theta^{2/3}} = 0,306 \rightarrow \frac{\left[(2\theta - \sin 2\theta)^{5/3}\right]}{\theta^{2/3}} = 9,79 \text{ (*)}$

Giải phương trình (*) bằng cách thử dần, tính được $\theta \approx 126,87^\circ$

Ta có : $\cos\theta = 1 - 2s \rightarrow \cos(126,87) = 1 - 2s \rightarrow s = 0,8 = h/d$
 $\rightarrow h = d \cdot s = 1,3 \times 0,8 = 1,04 \text{ m}$

14. Xác định độ sâu chảy đều h trong ống tròn bằng bê tông cốt thép, cho biết $d = 1,5\text{m}$; $Q = 3\text{m}^3/\text{s}$; $i = 0,004$; $n = 0,013$.

\rightarrow Bài tập tự làm

BÀI TẬP CHƯƠNG II

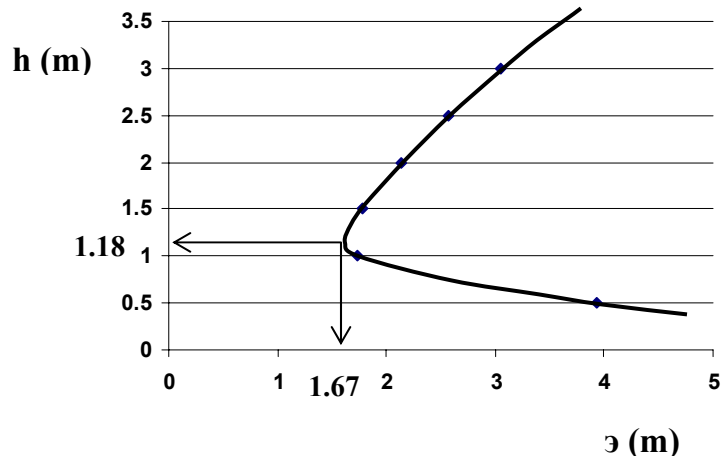
1. Xác định độ sâu phân giới trong kênh hình thang, cho:
 $Q = 35 \text{ m}^3/\text{s}$; $b = 8,2\text{m}$; $m = 1,5$.

Giải: Theo lý thuyết $h = h_k \Leftrightarrow \vartheta = \vartheta_{\min}$

$$\text{mà } \vartheta = h + \frac{\alpha \cdot Q^2}{2gW^2} \quad \text{với } W = (b + mh)h = (8,2 + 1,5 \cdot h)h$$

Lập bảng quan hệ giữa h và ϑ , chọn $\alpha = 1,1$ và $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

h (m)	W (m ²)	ϑ (m)
0.5	4.475	3.929602
1.0	9.7	1.729939
1.5	15.675	1.779521
2.0	22.4	2.136878
2.5	29.875	2.576951
3.0	38.1	3.047313



Vẽ đồ thị và tìm điểm ϑ_{\min}

$$\vartheta_{\min} = 1,67 \text{ m} \Leftrightarrow h = h_k = 1,18 \text{ m}$$

2. Xác định độ sâu phân giới h_k của mặt cắt hình thang, cho:
 $Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$; $b = 12\text{m}$; $m = 1,5$.

3. Xác định độ sâu phân giới h_k và độ dốc phân giới i_k của mặt cắt hình thang theo cách có thông qua độ sâu phân giới hình chữ nhật, cho biết:
 $Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$; $b = 12\text{m}$; $m = 1,5$ và $n = 0,025$.

Giải:

Dùng công thức của Agorôtskin liên quan đến độ sâu phân giới hình chữ nhật h_{kCN} :

$$h_k = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105 \sigma_N^2\right) h_{kCN} \quad \text{với } h_{kCN}^3 = \frac{\alpha}{g} \left(\frac{Q}{b}\right)^2 \rightarrow h_{kCN} = \sqrt[3]{\frac{\alpha}{g} \left(\frac{Q}{b}\right)^2}$$

$$\text{Trong đó } q = \frac{Q}{b} = \frac{18}{12} = 1,5 \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{chọn } \alpha = 1,1 \quad \rightarrow h_{kCN} = \sqrt[3]{\frac{1,1}{9,81} (1,5)^2} = 0,63 \text{ m}$$

Tính hệ số đặc trưng hình dạng mặt cắt chữ nhật σ_N :

$$\sigma_N = \frac{mh_{kCN}}{b} = \frac{1,5 \times 0,63}{12} = 0,08$$

$$\rightarrow h_k = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105 \sigma_N^2\right) h_{kCN} = \left(1 - \frac{0,08}{3} + 0,105 \times 0,08^2\right) 0,63 = \underline{\underline{0,614 \text{ m}}}$$

Tính i_k . $Q = W_k C_k \sqrt{R_k i_k} \Rightarrow i_k = \frac{Q^2}{W_k^2 \cdot C_k^2 \cdot R_k}$

Trong đó: $W_k = (b + mh_k)h_k = (12 + 1,5 \times 0,614)0,614 = 7,93m^2$

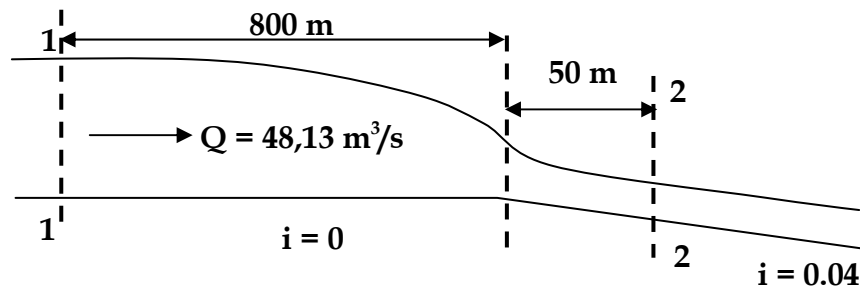
$$X_k = b + 2h_k \sqrt{1 + m^2} = 12 + 2(0,614)\sqrt{1 + 1,5^2} = 14,21m$$

$$R_k = \frac{W_k}{X_k} = \frac{7,93}{14,21} = 0,558m$$

$$C_k = \frac{1}{n} R_k^{1/6} = \frac{1}{0,025} (0,558)^{1/6} = 36,29 \text{ (theo Manning)}$$

Thay vào: $i_k = \frac{18^2}{7,93^2 \times 36,29^2 \times 0,558} = \underline{\underline{0,007}}$

4. Kênh hình thang đáy bằng ($i = 0$), $b = 12$ m; $m = 1,5$; $n = 0,025$; nối với một dốc cũng mặt cắt như trên nhưng độ dốc đáy $i = 0,04$ và $n = 0,017$. Cho biết lưu lượng $Q = 48,13$ m³/s. Yêu cầu vẽ đường mặt nước trên kênh, đoạn dốc và tính độ sâu tại hai mặt cắt chỗ thay đổi độ dốc về phía thượng lưu 800m và về phía hạ lưu 50m.



Giải: Gọi mặt cắt cách độ dốc về phía thượng lưu 800 m là 1-1.

Gọi mặt cắt cách độ dốc về phía hạ lưu 50 m là 2-2.

- Tìm h_0 và h_k ở đoạn kênh có $i = 0 \rightarrow$ không có dòng đều. Theo Agorôtskin:

$$h_k = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105\sigma_N^2\right) h_{kCN} \text{ với } h_{kCN} = \sqrt[3]{\frac{\alpha}{g} \left(\frac{Q}{b}\right)^2} = \sqrt[3]{\frac{1,1}{9,81} \left(\frac{48,13}{12}\right)^2} = 1,217m$$

$$\sigma_N = \frac{mh_{kCN}}{b} = \frac{1,5 \times 1,217}{12} = 0,152$$

$$\rightarrow h_k = \left(1 - \frac{0,152}{3} + 0,105 \times 0,152^2\right) 1,217 = 1,15m$$

- Ở đoạn kênh có $i = 0,04 > 0$. Theo Agorôtskin:

$$f(R_{ln}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} \text{ với } m_0 = 2\sqrt{1 + m^2} - m = 2\sqrt{1 + 1,5^2} - 1,5 = 2,11$$

$$f(R_{in}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} = \frac{4 \times 2,11 \times \sqrt{0,04}}{48,13} = 0,035$$

Tra phụ lục 1.1 $\rightarrow R_{in} = 0,89$

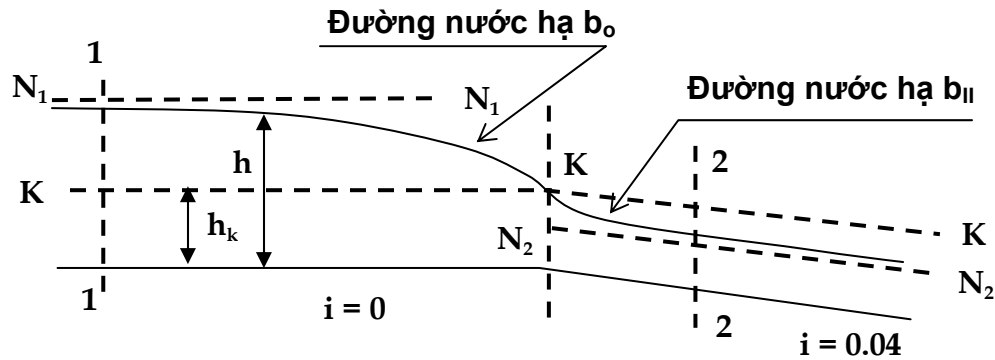
Lập tỉ số $\frac{b}{R_{in}} = \frac{12}{0,89} = 15,73$

Tra phụ lục 1.2 $\rightarrow \frac{h}{R_{in}} = 0,69$

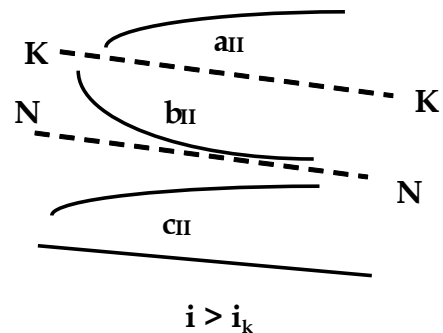
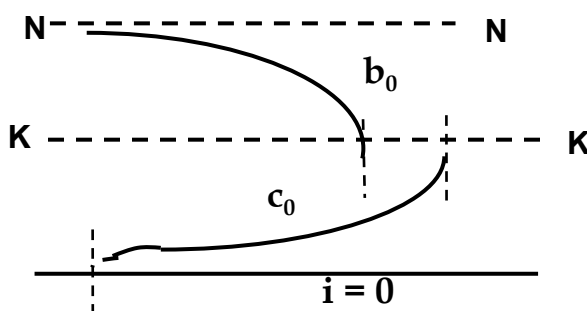
$\rightarrow h = h_0 = R_{in} \cdot 0,69 = 0,89 \times 0,69 = 0,614 \text{ m}$

Theo lý thuyết, độ sâu phân giới h_k không phụ thuộc vào độ dốc i , hệ số nhám n , nên ta thấy đoạn dốc và đoạn kênh có mặt cắt ướn giống nhau.

$\rightarrow h_k$ tại điểm đổ dốc = h_k ở đoạn kênh = 1,15 m

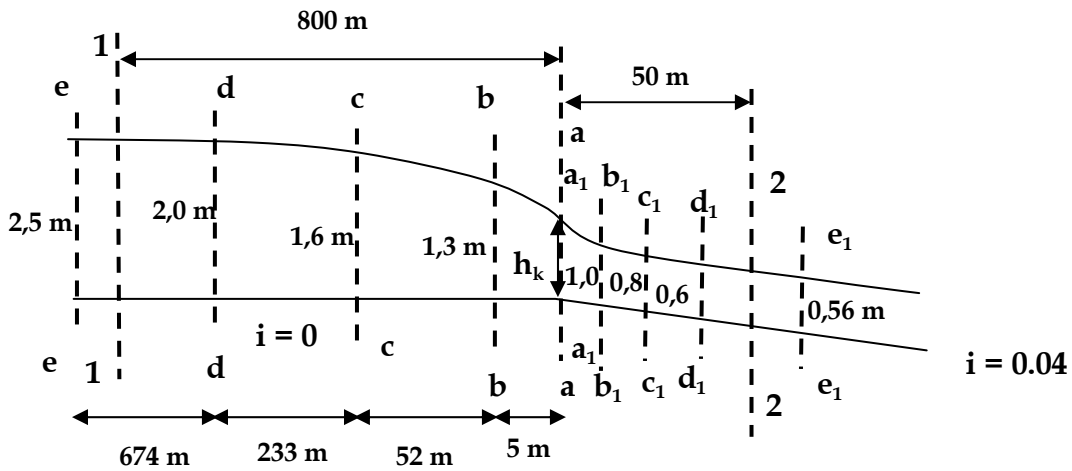


- Tại đoạn kênh có $i = 0$, đường mực nước xuất phát từ N-N và kết thúc tại N-N, $h > h_k \rightarrow$ đường mặt nước trên kênh là đường nước hạ b_0 .
- Tại đoạn kênh có $i > 0$, đường mực nước từ N-N và cắt K - K tại điểm bắt đầu đổ dốc $\rightarrow h_0 < h < h_k \rightarrow$ đường mặt nước trên kênh là đường nước hạ b_{II} .



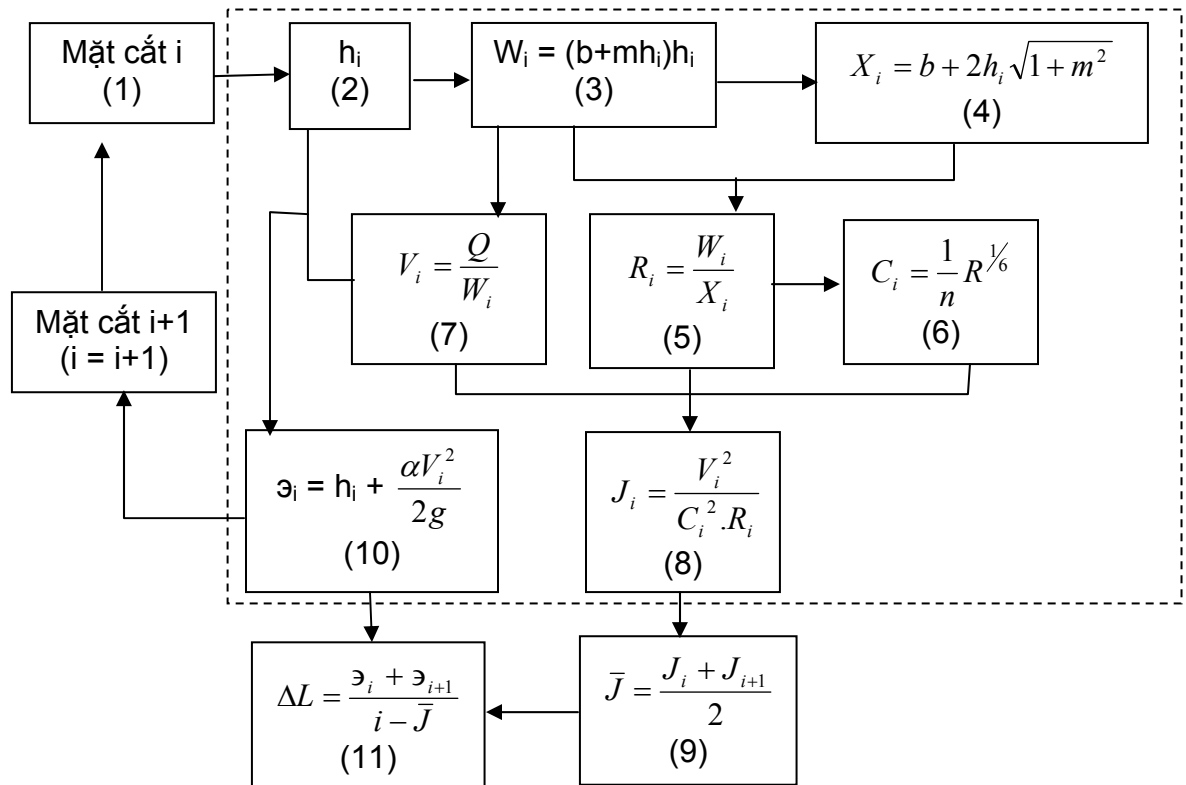
Tính độ sâu tại vị trí h_{800} (cách thượng lưu 800 m) và h_{50} (cách hạ lưu 50m):

Chia đoạn kênh thành nhiều đoạn nhỏ với tên a-a, b-b, c-c, d-d và e-e tương ứng với độ sâu $h_a = 1,15 \text{ m}$, $h_b = 1,3 \text{ m}$, $h_c = 1,6 \text{ m}$, $h_d = 2,0 \text{ m}$ và $h_e = 2,5 \text{ m}$.



Lập bảng tính:

Mặt cắt	h (m)	W (m ²)	X (m)	R (m)	C	V (m/s)	\bar{J}	J _{th}	ϑ (m)	ΔL (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
a-a	1,15	15,78	16,15	0,98	39,82	3,05	0,006		1,67	
b-b	1,30	18,13	16,69	1,08	40,73	2,65	0,004	0,005	1,694	5,0
c-c	1,60	23,04	17,77	1,29	42,30	2,09	0,0018	0,0029	1,845	52
d-d	2,00	30,00	19,20	1,56	42,83	1,61	0,0009	0,00135	2,145	233
e-e	2,50	39,40	21,00	1,87	44,90	1,22	0,0004	0,00065	2,645	674
									Σ(ΔL)=	954



Vì $l = \Sigma(\Delta L) = 954 \text{ m} > 800 \text{ m}$, nên để tìm h_{800} dùng cách giải đúng dần bằng phương pháp cộng trực tiếp.

$h_d = 2 \text{ m}$ (tại mặt cắt d-d)

$\Delta l_{d-800} = 800 - (5+52+233) = 520 \text{ m}$ (khoảng cách từ từ mặt cắt d-d đến mặt cắt 800 m)

$$\Delta l_{d-800} = \frac{\Delta \vartheta_{d-800}}{i - \bar{J}} = \frac{\vartheta_d - \vartheta_{800}}{i - \bar{J}} \Leftrightarrow \Delta l_{d-800} \cdot (i - \bar{J}) = \vartheta_d - \vartheta_{800} \Leftrightarrow \Delta l_{d-800} \cdot i - \vartheta_d = \Delta l_{d-800} \cdot \bar{J} - \vartheta_{800}$$

$$\Leftrightarrow 520 \times 0 - 2,145 = 520 \cdot \bar{J} - \vartheta_{800} \quad \Leftrightarrow \vartheta_{800} - 520 \cdot \bar{J} = 2,145 (*)$$

Giải đúng dần:

Chọn $h_{800} = 2,4 \text{ m} \rightarrow W_{800} = 37,44 \text{ m}^2, X_{800} = 20,65 \text{ m}, R_{800} = 1,813, C_{800} = 45,2$

$V_{800} = 1,28 \text{ m/s}, \vartheta_{800} = 2,49 \text{ m}, J_{800} = 0,00044$

$$\rightarrow \bar{J} = \frac{J_d - J_{800}}{2} = \frac{0,0009 - 0,00044}{2} = 0,00067 (**)$$

Thay (**) vào (*): $\vartheta_{800} - 520J = 2,49 - 520 \times 0,00067 = 2,142 \approx 2,145 \quad \checkmark$

Vậy chọn $h_{800} = 2,4 \text{ m}$ là chấp nhận.

Ở đoạn dốc $I = 0,004$.

Tương tự, chia đoạn kênh thành nhiều đoạn nhỏ với tên $a_1-a_1, b_1-b_1, c_1-c_1, d_1-d_1$ và e_1-e_1 tương ứng với độ sâu $h_{a1} = 1,15 \text{ m}, h_{b1} = 1,0 \text{ m}, h_{c1} = 0,8 \text{ m}, h_{d1} = 0,6 \text{ m}$ và $h_{e1} = 0,56 \text{ m}$.

lập bảng tính như trên và giải thử dần, tìm được $h_{50} = 0,59 \text{ m}$.

5. Xác định lưu lượng trong dòng chảy không đều trước một đập tràn, biết rằng độ sâu ở hai mặt cắt cách nhau một đoạn $l = 3700 \text{ m}$ là: $h_c = 5 \text{ m}; h_d = 4,4 \text{ m}$. Biết kênh mặt cắt hình thang có: $b = 12 \text{ m}; m = 1,5; n = 0,025$ và $i = 0,0002$.

Giải: Áp dụng công thức cộng trực tiếp:

$$\Delta l_{1-1} = \frac{\Delta \vartheta_{1-2}}{i - \bar{J}} \Rightarrow \Delta l_{1-1} (i - \bar{J}) = \Delta \vartheta_{1-2} = \left(h_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} \right) - \left(h_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} \right)$$

với $h_1 = h_d = 4,4 \text{ m}$ và $h_2 = h_c = 5 \text{ m}$. Ta có $v = \frac{Q}{W}$ và

$$\bar{J} = \frac{1}{2} (J_1 + J_2) = \frac{1}{2} \left(\frac{Q^2}{W_1^2 C_1^2 R_1} + \frac{Q^2}{W_2^2 C_2^2 R_2} \right)$$

$$\rightarrow \Delta l_{1-1} \left(i - \frac{Q^2}{2W_1^2 C_1^2 R_1} - \frac{Q^2}{2W_2^2 C_2^2 R_2} \right) = \left(h_2 + \frac{\alpha v_2^2}{2g} \right) - \left(h_1 + \frac{\alpha v_1^2}{2g} \right)$$

Đặt $K_1^2 = W_1^2 \cdot C_1^2 R_1$ và $K_2^2 = W_2^2 \cdot C_2^2 R_2$

$$\rightarrow h_1 - h_2 + i\Delta l_{1-1} = Q^2 \left(\frac{\alpha}{2gW_2^2} - \frac{\alpha}{2gW_1^2} + \frac{\Delta l_{1-2}}{2K_1^2} + \frac{\Delta l_{1-2}}{2K_2^2} \right)$$

$$\rightarrow Q = \sqrt{\frac{h_1 - h_2 + i\Delta l_{1-2}}{\frac{\alpha}{2g} \left(\frac{1}{W_2^2} - \frac{1}{W_1^2} \right) + \frac{\Delta l_{1-2}}{2} \left(\frac{1}{K_1^2} + \frac{1}{K_2^2} \right)}}$$

Tính toán: $W_1 = 81,84 \text{ m}^2$; $X_1 = 27,86 \text{ m}$; $R_1 = 2,973 \text{ m}$; $C_1 = 47,87$; $K_1 = 6713,99$
 $W_2 = 97,50 \text{ m}^2$; $X_2 = 30,03 \text{ m}$; $R_2 = 3,247 \text{ m}$; $C_2 = 48,67$; $K_2 = 8550,81$
(C lấy theo Manning và $\alpha = 1,1$)

$$\rightarrow Q = \sqrt{\frac{4,4 - 5,0 + 0,0002 \times 3700}{\frac{1,1}{2 \times 9,81} \left(\frac{1}{97,5^2} - \frac{1}{81,84^2} \right) + \frac{3700}{2} \left(\frac{1}{6713,99^2} + \frac{1}{8550,81^2} \right)}} = \underline{\underline{46,95 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

6. Một kênh dẫn dài 14km, dẫn tới bể áp lực của nhà máy thủy điện. Kênh có mặt cắt hình thang $b = 12 \text{ m}$; $i = 0,0002$; $m = 1,5$; $n = 0,025$. Cho biết lưu lượng $Q = 48,13 \text{ m}^3/\text{s}$ và độ sâu tại cuối kênh (ở bể áp lực) là $h_c = 5\text{m}$. Yêu cầu vẽ đường mặt nước trên kênh một cách tương đối và tính độ sâu ở đầu kênh.

Giải: Xác định đường mặt nước

Tìm h_0 và h_k

$$f(R_{ln}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} \quad \text{với } m_0 = 2\sqrt{1+m^2} - m = 2\sqrt{1+1,5^2} - 1,5 = 2,11$$

$$f(R_{ln}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} = \frac{4 \times 2,11 \times \sqrt{0,0002}}{48,13} = 0,00248 \quad \text{Tra phụ lục 1.1} \rightarrow R_{ln} = 2,354$$

$$\text{Lập tỉ số } \frac{b}{R_{ln}} = \frac{12}{2,354} = 5,098 \quad \text{Tra phụ lục 1.2} \rightarrow \frac{h}{R_{ln}} = 1,273$$

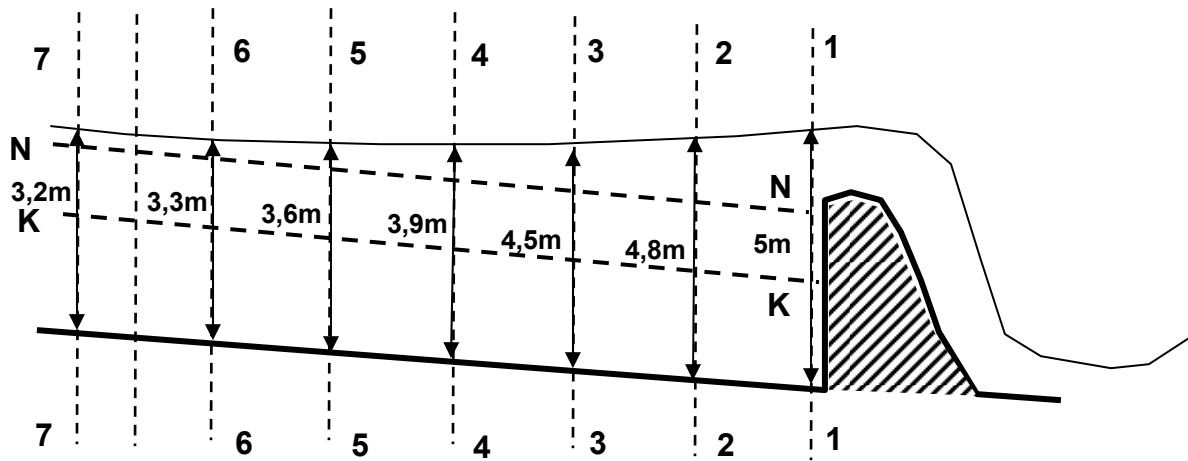
$$\rightarrow h = h_0 = R_{ln} \cdot 1,273 = 2,354 \times 1,273 = 2,997 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

$$h_k = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105\sigma_N^2 \right) h_{kCN} \quad \text{với } h_{kCN} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \left(\frac{Q}{b} \right)^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \left(\frac{48,13}{12} \right)^2}{9,81}} = 1,217 \text{ m}$$

$$\sigma_N = \frac{mh_{kCN}}{b} = \frac{1,5 \times 1,217}{12} = 0,152$$

$$\rightarrow h_k = \left(1 - \frac{0,152}{3} + 0,105 \times 0,152^2 \right) 1,217 = 1,15 \text{ m}$$

So sánh: $h_c = 5\text{m} > h_0 = 3\text{m} > h_k = 1,15\text{m} \rightarrow$ đường mực nước là đường nước dâng a_1 .



Dùng phương pháp cộng trực tiếp, chia thành nhiều đoạn nhỏ theo các mặt cắt 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6 và 7-7 ứng với các độ sâu h là 5m, 4,8m, 4,5m, 3,9m, 3,6m, 3,3m và 3,2m. Lập bảng tính toán:

Mặt cắt	h (m)	W (m^2)	X (m)	R (m)	C	V (m/s)	j	\bar{J}	ϑ (m)	Δl (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1-1	5,0	97,50	30,03	3,247	50,62	0,494	0,000029		5,01	
								0,000031		1153
2-2	4,8	92,16	29,31	3,144	50,30	0,522	0,000033		4,815	
								0,0000385		1827
3-3	4,5	84,38	28,22	2,990	49,79	0,570	0,000044		4,52	
								0,000059		4184
4-4	3,9	69,62	26,06	2,672	48,69	0,691	0,000075		3,93	
								0,000088		2678
5-5	3,6	62,64	24,98	2,507	48,07	0,768	0,00010		3,63	
								0,00012		3600
6-6	3,3	55,94	23,90	2,390	47,42	0,860	0,00014		3,342	
								0,00015		2040
7-7	3,2	53,76	23,54	2,283	47,18	0,895	0,00016		3,24	
									$\Sigma \Delta l =$	15482

Khoảng cách từ 1-1 đến 7-7: $l = \Sigma \Delta l = 15482 \text{ m} > 14000 \text{ m}$

Để tìm h_d ta giải đúng dần kết hợp với phương pháp cộng trực tiếp:

$h_6 = 3,3 \text{ m}$ (tại mặt cắt 6-6)

$h_d = h_{14000} = ?$

$\Delta l_{6-14000} = 14000 - (1153+1827+4184+2678+3600) = 558 \text{ m}$ (khoảng cách từ mặt cắt 6-6 đến mặt cắt 14000 m)

$$\Delta l_{6-14000} = \frac{\Delta \vartheta_{6-14000}}{i - \bar{J}} = \frac{\vartheta_6 - \vartheta_{14000}}{i - \bar{J}} \Leftrightarrow \Delta l_{6-14000} \cdot (i - \bar{J}) = \vartheta_6 - \vartheta_{14000} \Leftrightarrow \Delta l_{6-14000} \cdot i - \vartheta_6 = \Delta l_{6-14000} \cdot \bar{J} - \vartheta_{14000}$$

$$\rightarrow 558 \times 0,0002 - 3,342 = 558 \cdot J - \vartheta_{14000}$$

$$\rightarrow -3,23 = 558 \cdot J - \vartheta_{14000} \quad \rightarrow \vartheta_{14000} - 558 \cdot J = 2,23 \quad (*)$$

Giải đúng dần: Chọn $h_{14000} = 3,25$

$\rightarrow W_{14000} = 54,84 \text{ m}^2; X_{14000} = 23,72 \text{ m}; R_{14000} = 2,312 \text{ m}; C_{14000} = 47,3;$

$V_{14000} = 0,877; \vartheta_{14000} = 3,29 \text{ m}; J_{14000} = 0,00015$

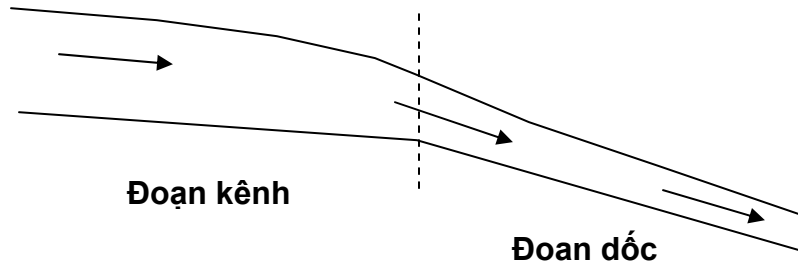
$$\rightarrow \bar{J} = \frac{J_6 + J_{14000}}{2} = \frac{0,00014 + 0,00015}{2} = 0,000145 \text{ thay vào (*)}$$

$$\rightarrow 3,29 - 558 \times 0,000145 = 3,21 \text{ m} \approx 3,23 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{Chọn } h_d = h_{14000} = 3,25 \text{ m}$$

7. Một kênh bằng đất nối với một dốc đá xây. Đoạn kênh đất có mặt cắt hình thang $b = 8 \text{ m}$; $m = 1$; $i_1 = 0,0001$; $n = 0,025$. Đoạn dốc bằng đá xây có mặt cắt cũng như trên và $i_2 = 0,01$; $n = 0,017$. Lưu lượng $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vẽ mặt nước trên hai đoạn đó, tính độ sâu tại mặt cắt trên kênh cách điểm chuyển tiếp sang dốc một khoảng cách 1000m về phía thượng lưu, và độ sâu tại mặt cắt ở chân dốc, cách điểm chuyển tiếp 30m về phía hạ lưu.



Giải: Tính h_0 và h_k

Tính đoạn kênh:

$$f(R_{ln}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} \quad \text{với } m_0 = 2\sqrt{1+m^2} - m = 2\sqrt{1+1^2} - 1 = 1,83$$

$$f(R_{ln}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} = \frac{4 \times 1,83 \times \sqrt{0,0001}}{12} = 0,0061 \quad \text{Tra phụ lục 1.1} \rightarrow R_{ln} = 1,684 \text{ m}$$

Lập tỉ số $\frac{b}{R_{ln}} = \frac{8}{1,684} = 4,75$

Tra phụ lục 1.2 $\rightarrow \frac{h}{R_{ln}} = 1,28$

$$\rightarrow h = h_{01} = R_{ln} \cdot 1,28 = 1,684 \times 1,28 = 2,16 \text{ m}$$

Tính đoạn dốc:

$$m_0 = 2\sqrt{1+m^2} - m = 2\sqrt{1+1^2} - 1 = 1,83$$

$$f(R_{ln}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} = \frac{4 \times 1,83 \times \sqrt{0,0001}}{12} = 0,0061 \quad \text{Tra phụ lục 1.1} \rightarrow R_{ln} = 0,621 \text{ m}$$

Lập tỉ số $\frac{b}{R_{ln}} = \frac{12}{0,621} = 12,88$

Tra phụ lục 1.2 $\rightarrow \frac{h}{R_{ln}} = 0,72$

$$\rightarrow h = h_{02} = R_{ln} \cdot 0,72 = 0,621 \times 0,72 = 0,45 \text{ m}$$

Tìm h_k : Vì kích thước của đoạn kênh và đoạn dốc giống nhau $\rightarrow h_{k1} = h_{k2} = h_k$

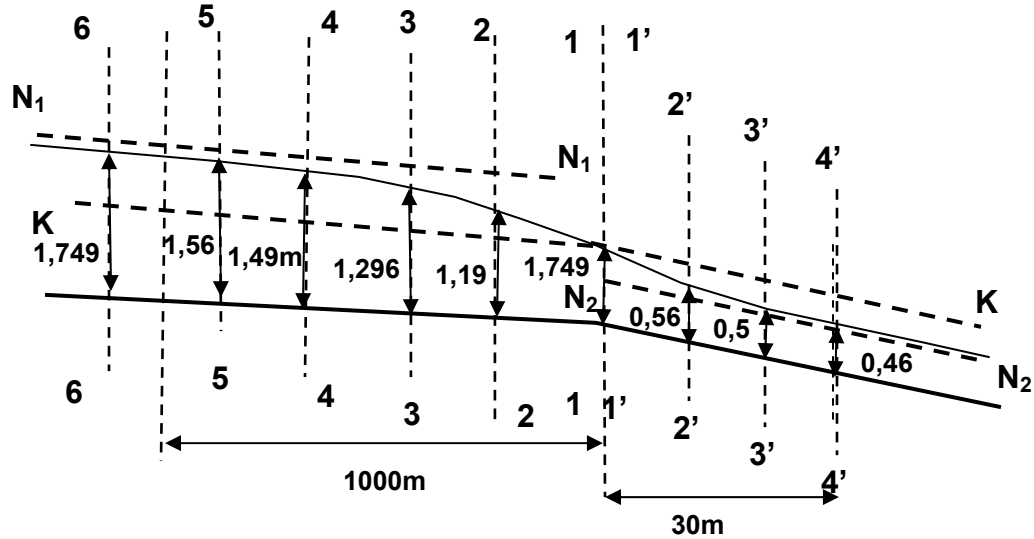
$$h_k = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105\sigma_N^2\right) h_{kCN} \quad \text{với } h_{kCN} = \sqrt[3]{\frac{\alpha}{g} \left(\frac{Q}{b}\right)^2} = \sqrt[3]{\frac{1,1}{9,81} \left(\frac{12}{8}\right)^2} = 0,632 \text{ m}$$

$$\sigma_N = \frac{mh_{kCN}}{b} = \frac{1 \times 0,632}{8} = 0,079$$

$$\rightarrow h_k = \left(1 - \frac{0,079}{3} + 0,105 \times 0,079^2\right) 0,632 = 0,61 \text{ m}$$

→ $h_{01} > h_1 > h_k$ và $i_{01} < i_k$ → đường mặt nước là đường nước hạ b_I
 $h_{02} < h_2 < h_k$ và $i_{02} > i_k$ → đường mặt nước là đường nước hạ b_{II}

Tìm h_{1000} và h_{30} :



Chia đoạn kênh thành nhiều đoạn nhỏ với tên 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5 và 6-6 tương ứng với độ sâu $h = 0,61\text{m}, 0,865\text{ m}, 1,19\text{ m}, 1,49\text{m}, 1,749\text{ m}$

Chia đoạn dốc thành nhiều đoạn nhỏ với tên 1'-1', 2'-2', 3'-3' và 4'-4' tương ứng với độ sâu $h = 0,61\text{m}, 0,56\text{ m}, 0,5\text{ m}, \text{ và } 0,46\text{m}$

Lập bảng tính toán:

Mặt cắt	h (m)	W (m ²)	X (m)	R (m)	C	V (m/s)	j	\bar{J}	ϵ (m)	Δl (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)

(trương tự các bài trước)

Kết quả: $h_{1000} = 1,56\text{ m}$ và $h_{30} = 0,46\text{ m}$

8. Một kênh có lưu lượng $Q = 40\text{ m}^3/\text{s}$, mặt cắt hình thang $b = 10\text{m}$; $m = 1,5$; $n = 0,025$; $i = 0,0003$. Đến một ống điều tiết chắn ngang kênh, người ta giữ cho độ sâu trước cống là $h_c = 4\text{m}$. Vẽ đường mặt nước trên kênh. Tính độ sâu ở vị trí cách cống 3000 m về phía thượng lưu.

9. Một kênh tiêu có lưu lượng $Q = 55\text{ m}^3/\text{s}$, mặt cắt hình thang $b = 25\text{ m}$; $m = 2$; $n = 0,025$ và dốc $i = 0,0004$. Cuối kênh này có một đoạn dài 2000 m, mặt cắt cũng như trên nhưng $i = 0$, dẫn đến trạm bơm giữ bằng 2 m. Vẽ đường mặt nước trên kênh. Tính độ sâu tại chỗ thay đổi độ dốc.