

## CHƯƠNG I

## DÒNG CHẢY ỔN ĐỊNH TRONG KÊNH HỖ

*(Steady uniform flow in an open channel)*

- ◆ Đây là chương quan trọng làm cơ sở tính toán dòng chảy ổn định không đều và không ổn định.
- ◆ Trong thực tế, chúng ta thường gặp các bài toán thiết kế mặt cắt lòng dẫn như kênh, đường ống, cống ngầm ... ở các ngành kỹ thuật Thủy lợi, môi trường, cầu đường, thoát nước đô thị ...
- ◆ Cơ sở tính toán là công thức Chezy (1769). Tính toán chủ yếu là hình thang theo 2 cách là giải tích và tra bảng của Agorôtskin. Ngoài ra tính mặt cắt hình tròn.

## 1.1. KHÁI NIỆM

Dòng chảy được gọi là ổn định khi vận tốc không phụ thuộc thời gian và không đổi ở mọi mặt cắt.

**Điều kiện để dòng chảy đều không áp:**

1. Lưu lượng không đổi theo thời gian và dọc theo dòng chảy,  $Q(t,l)=\text{Const}$ .
2. Hình dạng mặt cắt, chu vi và diện tích mặt cắt ướt không đổi dọc theo dòng chảy. Nên độ sâu mực nước trong kênh không đổi;  $h(l)=\text{const}$  hay  $\frac{dh}{dl} = 0$ .
3. Độ dốc đáy không đổi,  $i=\text{const}$ .
4. Hệ số nhám cũng không đổi,  $n=\text{const}$ .
5. Sự phân bố lưu tốc trên các mặt cắt là không đổi dọc theo dòng chảy.

Nếu một trong các điều kiện trên không thỏa thì dòng chảy sẽ không đều.

Dòng chảy đều trong kênh hở thường là dòng chảy rối, đồng thời thường ở khu vực cân bằng phương, theo Chezy công thức tính vận tốc (**mean flow velocity**):

$$v = C\sqrt{RJ}, \text{ m/s} \quad (1-1)$$

Trong đó:

J Độ dốc thủy lực (**slope of energy gradient**);

C Hệ số Chezy (**Chezy coefficient**), được xác định theo một trong các công thức sau:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \text{ m}^{0,5}/\text{s} \quad (1-2)$$

với y xác định như sau:

➤ Theo công thức Pooorâyyme :  $y = \frac{1}{5}$  (1-3)

➤ Theo công thức Manning:  $y = \frac{1}{6}$  (1-4)

➤ Theo công thức Pavolôpski :

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.1) \quad (1-5)$$

➤ Theo Công thức Agorôtskin (1890):

$$C = 17,72(k + \lg R), \text{ m}^{0,5}/\text{s} \quad (1-6)$$

$$k = \frac{1}{17,72n} = \frac{0,05643}{n} \quad (1-7)$$

Ở đó:

$n$  là hệ nhám ;

$R$  là bán kính thủy lực (**The hydraulic radius**), xác định theo công thức:

$$R = \frac{W}{X}, \text{ (m)} \quad (1-8)$$

Với:  $W$ ,  $X$  diện tích mặt cắt ướt ( $m^2$ ) và chu vi ướt (m).

Gọi:  $i$  là độ dốc đáy kênh (**slope of channel bed**),  $\alpha$  là góc lập bởi đáy kênh và đường nằm ngang, được xác định  $i = \sin \alpha$ .

Theo điều kiện dòng đều, thì ta có:

Vì dòng chảy không áp, nên áp suất tại tất cả các mặt cắt như nhau.

Độ sâu dòng đều không đổi dọc theo dòng chảy, nên mặt nước song song với đáy kênh (độ dốc đo áp và dốc đáy kênh bằng nhau).

Vận tốc trong dòng chảy cũng không đổi, nên cột nước lưu tốc cũng không đổi. Điều đó chứng minh rằng:  $J = i$ , vì vậy công thức Chezy dùng cho dòng đều trong kênh hở viết dưới dạng:

$$V = C\sqrt{Ri}, \text{ (m/s)} \quad (1-9)$$

Công thức tính lưu lượng (*discharge of flow ; flowrate*) :

$$Q = WC\sqrt{Ri}, \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (1-10)$$

Gọi môđun lưu lượng :

$$K = WC\sqrt{R}, \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (1-11)$$

Nên lưu lượng:

$$Q = K\sqrt{i}, \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (1-12)$$

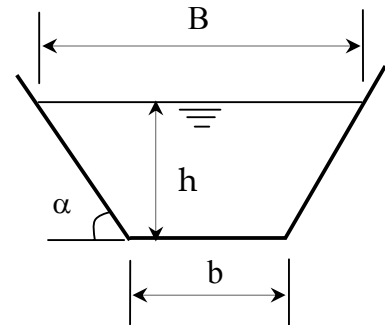
Do  $i$  thường nhỏ nên độ sâu trong kênh được xem như là khoảng cách thẳng đứng từ một điểm trên mặt nước tự do đến đáy kênh. Như vậy mặt cắt ướt cũng xem là đứng chứ không vuông góc đáy kênh.

## 1.2. CÁC YẾU TỐ THỦY LỰC CỦA MẶT CẮT ƯỚT

### 1.2.1 Mặt cắt hình thang đối xứng (hình 1-1)

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

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



Hình 1-1

Hệ số: 
$$\beta = \frac{b}{h} \quad (1-13)$$

Diện tích mặt cắt ướt (**flow Area**):

$$W = (b + mh)h, \text{ (m}^2\text{)} \quad (1-14)$$

hay

$$W = (\beta + m)h^2, \text{ (m}^2\text{)} \quad (1-15)$$

Chu vi mặt cắt ướt (**wetted Perimeter**):

$$X = b + 2h\sqrt{1 + m^2}, \text{ (m)} \quad (1-16)$$

hay

$$X = (\beta + 2\sqrt{1 + m^2})h, \text{ (m)} \quad (1-17)$$

Chiều rộng mặt thoáng (*free surface width*):

$$B = b + 2mh, \text{ (m)} \quad (1-18)$$

Trong đó :

b là chiều rộng đáy kênh (*bed width of channel*); (m)

h là chiều sâu mực nước kênh (*flow depth*). (m)

### 1.2.2 Mặt cắt hình chữ nhật

Hình chữ nhật là một trường hợp riêng của hình thang khi :

Hệ số mái dốc  $m=0$ .

Diện tích mặt cắt ướt ( $m^2$ ):  $W = bh$  (1-19)

Chu vi mặt cắt ướt (m):  $X = b + 2h$  (1-20)

Chiều rộng mặt thoáng (m):  $B = b$  (1-21)

### 1.2.3 Mặt cắt hình tam giác cân

Hình tam giác là một trường hợp riêng của hình thang khi:

Chiều rộng  $b=0$

Diện tích mặt cắt ướt ( $m^2$ ):  $W = mh^2$  (1-22)

Chu vi mặt cắt ướt (m):  $X = 2h\sqrt{1+m^2}$  (1-23)

Chiều rộng mặt thoáng (m):  $B = 2mh$  (1-24)

## 1.3. MẶT CẮT CÓ LỢI NHẤT VỀ THỦY LỰC

Trong cùng một điều kiện:  $n, i, m$  và  $W$  không đổi, nếu mặt cắt nào dẫn lưu lượng lớn nhất thì mặt cắt đó có lợi nhất về thủy lực.

Ta nhận thấy rằng ứng với cùng một diện tích của mặt ướt, lưu lượng sẽ càng lớn khi bán kính thủy lực  $R$  càng lớn. Như vậy để mặt cắt lợi nhất về thủy lực, khi bán kính thủy lực lớn nhất, cũng có nghĩa là khi chu vi ướt nhỏ nhất.

Trong những kênh có diện tích bằng nhau thì hình tròn có chu vi bé nhất. Nhưng trong thực tế rất ít khi xây dựng kênh như vậy vì thi công khó khăn và không đảm bảo, lúc sử dụng dễ bị sạt lở; mà chỉ sử dụng với kênh bằng bê tông, gạch đá ...

Đối kênh mặt cắt hình thang ta hay sử dụng, nên xét điều lợi nhất về thủy lực, tức xem quan hệ các đại lượng:  $n, Q, i, w, R$ .

Từ công thức (1-14), suy ra:

$$b = \frac{W}{h} - mh \quad (1-25)$$

Thay vào (1-16), ta có:

$$X = \frac{W}{h} + (2\sqrt{1+m^2} - m)h \quad (1-26)$$

Để  $P_{\min}$  ta tính:

$$\frac{dX}{dh} = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{dX}{dh} = -\frac{W}{h^2} + 2\sqrt{1+m^2} - m = 0$$

$$\begin{aligned} &\Leftrightarrow -\left(\frac{b}{h}\right)_{\ln} + 2\sqrt{1+m^2} - 2m = 0 \\ &\Leftrightarrow -\beta_{\ln} + 2\sqrt{1+m^2} - 2m = 0 \\ &\quad \boxed{\beta_{\ln} = 2(\sqrt{1+m^2} - m)} \end{aligned} \tag{1-27}$$

Tính:  $n, Q, i, R_{\ln}$

$$\begin{aligned} R_{\ln} &= \frac{(\beta_{\ln} + m)h^2}{\left(\beta_{\ln} + 2\sqrt{1+m^2}\right)h} \\ \Leftrightarrow R_{\ln} &= \frac{2(\sqrt{1+m^2} - m) + m}{2(\sqrt{1+m^2} - m) + 2\sqrt{1+m^2}} h \\ \Leftrightarrow R_{\ln} &= \frac{(2\sqrt{1+m^2} - m)h^2}{2(2\sqrt{1+m^2} - m)h} \\ R_{\ln} &= \frac{h}{2} \end{aligned} \tag{1-28}$$

Với mặt cắt chữ nhật  $n, Q, i, w$ , tức bề rộng bằng hai lần độ sâu.

**Chú ý:**

Mặt cắt kênh lợi nhất về thủy lực là một khái niệm hoàn toàn thủy lực. Còn về mặt kinh tế và kỹ thuật thì chưa hẳn là có lợi nhất, vì ta thấy:

- Đối với kênh có  $b$  nhỏ nên  $h$  cũng nhỏ, khi đó lợi nhất về thủy lực cũng có thể lợi về kinh tế và kỹ thuật.
- Nhưng đối với kênh có  $b$  lớn nên  $h$  cũng lớn, khi đó kênh phải đào sâu nên khó thi công và không kinh tế.

**1.4. CÁC BÀI TOÁN CƠ BẢN KÊNH HỖ HÌNH THANG.**

Ta xét thấy:  $Q=f(n, i, b, h, m)$

**1.4.1 Tính kênh đã biết.**

**Bài toán 1:** khi có  $n, i, b, h, m$  ta cần tìm  $Q$

Ta tính những trị số  $W, C, R$  rồi thay vào (1-10) tìm được  $Q$ .

**Bài toán 2:** khi có  $n, Q, b, h$  ta cần tìm  $i$ .

Ta tính những trị số  $W, C, R$  rồi thay vào (1-9) tìm được theo công thức:

$$i = \frac{Q^2}{W^2 C^2 R} \tag{1-29}$$

**Bài toán 3:** Khi có  $Q, i, b, h$  ta cần tìm  $n$ .

**1.4.2 Thiết kế kênh mới.**

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

- Xác định độ dốc đáy kênh  $i$ , từ tuyến kênh theo bản đồ địa hình.
- Xác định hệ số nhám  $n$  và hệ số mái dốc  $m$ , căn cứ vào vật liệu lòng dẫn.
- Xác định lưu lượng  $Q$ , căn cứ vào nhu cầu sử dụng nước hay tiêu thoát nước được xác định ở các bài toán thủy nông, thủy văn công trình, cân bằng nước, v.v...

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

**Bài toán 1 :** Chọn  $\beta$ .

Từ công thức (1-10), tính theo Manning ta được:

$$Q = \frac{W}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}, \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (1-30)$$

Kết hợp các công thức(1-15), (1-17) và (1-8) thay vào ta tính được:

$$h = \left( \frac{nQ}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{(\beta + 2\sqrt{1+m^2})^{\frac{1}{4}}}{(\beta + m)^{\frac{5}{8}}}, \text{ (m)} \quad (1-31)$$

$$b = \beta h, \text{ (m)} \quad (1-31a)$$

**Bài toán 2** : Chọn R hay v.

Từ (1-14) và (1-16), ta có:

$$\begin{cases} W = (b + mh)h & \text{(a)} \\ X = b + 2h\sqrt{1+m^2} & \text{(b)} \end{cases}$$

Để giải bài toán, tìm nghiệm b và h từ hệ phương trình trên, cần xác định W và X.

+ Nếu biết R, từ (1-28) ta tính :

$$W = \frac{nQ}{R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}}, \text{ (m}^2\text{)} \quad (1-32)$$

$$X = \frac{W}{R}, \text{ (m)} \quad (1-33)$$

+ Nếu biết v, từ (1-9) theo Manning ta có:

$$v = \frac{R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}}{n}, \text{ (m/s)} \quad (1-34)$$

Nên: 
$$R = \left( \frac{nv}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{2}}, \text{ (m)} \quad (1-35)$$

$$W = \frac{Q}{v}, \text{ (m}^2\text{)} \quad (1-36)$$

Từ hệ phương trình, dùng phương pháp suy ra được như (1-26), sau đó khử h, ta được phương trình bậc hai:

$$m_0 h^2 - Xh + W = 0 \quad (1-37)$$

ở đó:  $m_0 = 2\sqrt{1+m^2} - m$

Giải phương (1-35) ta tìm được h.

$$h_{1,2} = \frac{X \pm \sqrt{X^2 - 4m_0W}}{2m_0} \quad (1-38)$$

Từ  $h_1$  và  $h_2$  thay vào (1-26), ta chọn nghiệm dương, chiều rộng b và độ sâu mực nước hợp lý làm nghiệm.

Chú ý : Bài toán có nghiệm khi :

- Điều kiện của (1-38) là  $X^2 > 4m_0W$
- Ngoài ra ta biết rằng khi mặt cắt có lợi nhất về thủy lực, thì bán kính thủy lực và vận tốc là lớn nhất và diện tích mặt cắt là nhỏ nhất. Như vậy bài

toán chỉ có lời giải khi R và v cho trước nhỏ hơn R và v lợi nhất về thủy lực.

**Bài toán 3 :** Chọn b (hay h). Tính h (hay b)

Từ (1-12), ta tính 
$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}} \tag{1-39}$$

Từ (1-11) ta cũng có thể truy tìm nghiệm bằng cách lập bảng hoặc bằng đồ thị. Dùng cách lập trình trong Visual basic, Pascal hay dùng phần mềm Mathcad để tính.

**1.5. TÍNH TOÁN THEO PHƯƠNG PHÁP ĐỐI CHIẾU MẶT CẮT CÓ LỢI NHẤT VỀ THỦY LỰC. (Phương pháp của AGORÔTSKIN)**

Bài toán có b tìm h hay có h tìm b, thường phải giải đúng dần, cho nên việc tính toán dùng máy tính tay gặp khó khăn về thời gian và mức độ chính xác phụ thuộc người tính. Vì vậy trong phần này giới thiệu phương pháp tính của Agorôtskin bằng cách lập bảng tra đối với mặt cắt hình thang.

Agorôtskin đặt hệ số đặc trưng mặt cắt hình thang, không thứ nguyên, biểu thị quan hệ giữa b, h, m, nghĩa là biểu thị hình dạng mặt cắt.

Từ đó xác định các yếu tố thủy lực theo đặc trưng mặt cắt, điều quan trọng mặt cắt hình thang lợi nhất về thủy lực, có giá trị đặc trưng mặt cắt lợi nhất bằng một.

Từ đó xác định được bán kính lợi nhất thủy lực, đặc biệt quan hệ mặt cắt lợi nhất về thủy lực và mặt cắt bất kỳ là hàm số phụ thuộc vào đặc trưng mặt cắt.

**1.5.1. Quan hệ hình dạng mặt cắt.**

Từ (1-14), đặt bề rộng trung bình hình thang:

$$\bar{b} = b + mh \tag{1-40}$$

nên: 
$$W = \bar{b}h \tag{1-41}$$

Từ (1-40) rút b thay vào (1-16) sắp xếp lại ta được :

$$X = \bar{b} + m_0h \tag{1-42}$$

ở đó đặt : 
$$m_0 = 2\sqrt{1+m^2} - m \tag{1-43}$$

Tính bán kính thủy lực theo(1-41) và (1-42), ta được

$$R = \frac{\bar{b}h}{\bar{b} + m_0h} = \frac{h}{1 + \sigma} \tag{1-44}$$

ở đó đặt: 
$$\sigma = \frac{m_0h}{\bar{b}} \tag{1-45}$$

Từ các công thức trên, nếu ta biết hệ số đặc trưng mặt cắt, thì quan hệ giữa các yếu tố của mặt cắt sẽ được xác định như sau:

Từ (1-44) rút h ta được :

$$h = (1 + \sigma)R \tag{1-46}$$

Từ (1-45) rút chiều rộng trung bình và thay (1-46) vào, ta được:

$$\bar{b} = \frac{m_0h}{\sigma} = \frac{m_0}{\sigma}(1 + \sigma)R \tag{1-47}$$

Từ (1-40) rút chiều rộng và thay (1-47) vào, ta được :

$$b = \bar{b} - mh = \left( \frac{m_0}{\sigma} - m \right) (1 + \sigma)R \tag{1-48}$$

Từ (1-41) thay (1-46) và (1-47) tính lại diện tích theo công thức :

$$W = \frac{(1 + \sigma)^2}{\sigma} m_0 R^2 \quad (1-49)$$

Suy ra 
$$R^2 = \frac{W \cdot \sigma}{m_0 (1 + \sigma)^2} \quad (1-$$

50)

Từ (1-46) và (1-48) ta tính được hệ số:

$$\beta = \frac{m_0}{\sigma} - m$$

hay 
$$\sigma = \frac{m_0}{\beta + m} \quad (1-51)$$

### 1.5.2. Đặc trưng của mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.

Cũng như ở 1.3, xét mặt cắt lợi nhất, theo (1-50) ta biết rằng diện tích mặt cắt và mái dốc cho trước, nên mặt cắt lợi về thủy lực khi có R lớn nhất. Để R đạt giá trị lớn nhất ta xét đạo hàm sau :

$$\frac{d}{d\sigma} \left[ \frac{\sigma}{(1 + \sigma)^2} \right] = \frac{(1 + \sigma)^2 - 2\sigma(1 + \sigma)}{(1 + \sigma)^4} = 0$$

Tính đạo hàm và giải ra ta được  $\sigma=1$ . Vậy điều kiện để có mặt cắt lợi nhất về thủy lực của hình thang là khi:

$$\sigma_{Ln}=1 \quad (1-52)$$

Từ (1-51) cho bằng 1, và chú ý công thức (1-43), ta sẽ tìm được công thức (1-27). Điều này cho thấy mặt cắt lợi nhất thủy lực hình thang có thể biểu thị quan hệ khác nhau nhưng bản chất là như nhau.

### 1.5.3. Quan hệ giữa mặt cắt có lợi nhất về thủy lực và mặt cắt bất kỳ.

Xét phương trình cơ bản, ta có:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} = (\omega C \sqrt{R})_{ln} \sqrt{i} \Leftrightarrow \omega C \sqrt{R} = (\omega C \sqrt{R})_{ln}$$

Ta tính hệ số C theo công thức (1-5) của Pavolôpski; còn A tính theo (1-49) thay vào công thức trên, chú ý thay  $\sigma_{Ln} = 1$  ứng với mặt cắt lợi nhất. Sau đó, tính tỉ số bán kính bất kỳ trên mặt cắt lợi nhất về thủy lực và rút gọn ta được:

$$\frac{R}{R_{ln}} = \left[ \frac{4\sigma}{(1 + \sigma)^2} \right]^{\frac{1}{y+2.5}} = f(\sigma) \quad (1-53)$$

Nếu xem y là hằng số, ứng với  $\sigma$  cho trước, ta tính được công thức (1-52). Nếu chia hai vế công thức (1-46) và (1-48) cho  $R_{Ln}$  ta được:

$$\frac{h}{R_{ln}} = (1 + \sigma) \frac{R}{R_{ln}} = f(\sigma) \quad (1-54)$$

$$\frac{b}{R_{ln}} = \left( \frac{m_0}{\sigma} - m \right) \frac{h}{R_{ln}} = f(\sigma, m) \quad (1-55)$$

Theo Phoocorâyme lấy  $y = 0.2$ , ta sẽ lập bảng các quan hệ giữa các đại lượng không thứ nguyên  $\frac{R}{R_{Ln}}$ ,  $\frac{h}{R_{Ln}}$ ,  $\frac{b}{R_{Ln}}$  theo  $\sigma$ , từ (1-53), (1-54), (1-55) ở **(Phụ lục 1-2)**.

Bảng này tự chúng ta cũng có thể lập bảng trên excel.

Từ phụ lục, nếu biết một trong các đại lượng, tra ra các đại lượng còn lại. Do đó, có thể tính các kích thước hình thang như b, h, R nếu biết bán kính lợi nhất về thủy lực.

**1.5.4. Xác định bán kính thủy lực.**

Theo lưu lượng cho mặt cắt lợi nhất về thủy lực, ta có:

$$Q = (\omega C \sqrt{R})_{L_n} \sqrt{i} = \frac{(1 + \sigma_{L_n})^2}{\sigma_{L_n}} m_0 R_{L_n}^2 C \sqrt{R_{L_n}} \sqrt{i}$$

$$\Leftrightarrow Q = 4m_0 R_{L_n}^{2.5} C_{L_n} \sqrt{i}$$

$$\Leftrightarrow \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} = \left( \frac{1}{CR^{2.5}} \right)_{L_n} = f(R_{L_n})$$

Agorôtskin đã tính sẵn quan hệ:

$$f(R_{L_n}) = \frac{4m_0 \sqrt{i}}{Q} \tag{1-56}$$

Trong đó hệ số Chezy được tính theo công thức của tác giả và lập thành bảng **(Phụ lục 1 -1)**

Nếu tính C theo công thức của Maninh hay Phoocorâyme, thì có thể tính rút trực tiếp ra  $R_{L_n}$ :

➤ Theo Maninh: 
$$R_{L_n} = \left( \frac{nQ}{4m_0 \sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}} \tag{1-57}$$

➤ Theo Phoocorâyme: 
$$R_{L_n} = \left( \frac{nQ}{4m_0 \sqrt{i}} \right)^{\frac{10}{27}} \tag{1-58}$$

**1.5.5. Cách vận dụng cụ thể**

**Bài toán 1:** Tìm h khi biết: Q, m, n, i và b.

+ Trước tiên xác định bán kính lợi nhất về thủy lực:  $R_{L_n}$  có thể dùng các công thức (1-57), (1-58) hoặc dùng phụ lục (1-1).

+ Lập tỉ:  $\frac{b}{R_{L_n}}$  tra phụ lục (1-2) suy ra được:  $\frac{h}{R_{L_n}}$

+ Tính h theo công thức:

$$h = \frac{h}{R_{L_n}} R_{L_n} \tag{1-59}$$

**Bài toán 2:** Tìm b khi biết: Q, m, n, i và h.

+ Trước tiên xác định  $R_{L_n}$  như trên

+ Lập tỉ:  $\frac{h}{R_{L_n}}$  tra phụ lục (1-2) suy ra được:  $\frac{b}{R_{L_n}}$

+ Tính b theo công thức:

$$b = \frac{b}{R_{L_n}} R_{L_n} \tag{1-60}$$

**Bài toán 3:** Tìm b và h, khi biết: Q, m, n, i và  $\beta$ .

+ Xác định  $R_{L_n}$  như trên.

+ Tính đặc trưng mặt cắt hình thang theo công thức (1-51), tra (phụ lục 1-2) suy ra được  $\frac{h}{R_{L_n}}, \frac{b}{R_{L_n}}$

+ Tính h và b theo công thức: (1-59) và (1-60)



**Bài toán 4:** Tìm b và h, khi biết: Q, m, n, i và R hoặc v.

- + Xác định  $R_{Ln}$  như trên.
- + Nếu có R thì lập tỉ số, tra phụ lục (8-3) suy ra được:  $\frac{h}{R_{Ln}}, \frac{b}{R_{Ln}}$
- + Tính h và b theo công thức: (1-59) và (1-60)
- Nếu biết v: Tính vận tốc theo Chezy, hệ số Chezy xác định theo Manning. Do đó tính bán kính thủy lực R theo công thức (1-35), tính ra b và h như trên.

## 1.6. DÒNG CHẢY TRONG ỐNG

### 1.6.1. Các yếu tố thủy lực

Công thức tính diện tích và chu vi mặt cắt hình tròn chảy lưng ống, tuy đơn giản nhưng ít được các tài liệu chứng minh.

Tính diện tích, xét 2 phần: diện tích cung tròn MHG và diện tích tam giác OMN, tức là:

$$W = W_{MHG} + W_{OMG} = \frac{1}{8}(2\theta - \sin 2\theta)d^2$$

trong đó:

d là đường kính mặt cắt hình tròn;

$\theta$  là góc được ghi chú trên hình 3. (rad)

Diện tích cung tròn MHG: 
$$W_{MGH} = \frac{\pi}{4}d^2 \frac{2\theta}{2\pi} = \frac{\theta}{4}d^2$$

Diện tích phần tam giác OMG: 
$$W_{OMG} = 2W_{OMN} = ON.MN = -\frac{d^2}{4} \sin \theta \cos \theta$$

Vì xét tam giác vuông OMN, ta có:

$$MN = \frac{d}{2} \sin(\pi - \theta) = \frac{d}{2} \sin \theta$$

$$ON = \frac{d}{2} \cos(\pi - \theta) = -\frac{d}{2} \cos \theta$$

ta lại có:

$$ON = h - \frac{d}{2}$$

Do đó:

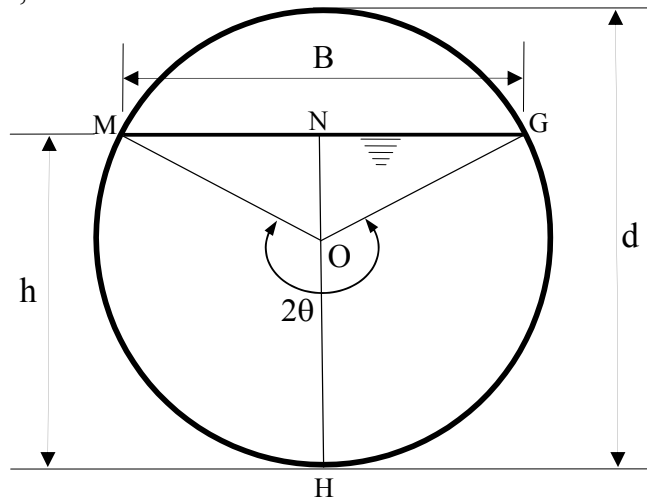
$$\cos \theta = 1 - 2\frac{h}{d}$$

Hay:

$$\cos \theta = 1 - 2s \quad (1-61)$$

Đặt:

$$s = \frac{h}{d} \quad (1-61a)$$



Hình 3

Công thức (1-65) và (1-66), giúp chúng ta thiết lập mối quan hệ giữa độ sâu mực nước chảy lưng ống với đường kính ống tròn và góc  $\theta$  đã đặt, để từ tính diện tích ướt và chu vi ướt.

Diện tích: 
$$W = k_w d^2 \quad (1-62)$$

Đặt: 
$$k_w = \frac{1}{8}(2\theta - \sin 2\theta) \quad (1-62a)$$

Chu vi ướt 
$$X = \theta.d \quad (1-63)$$

Chiều rộng mặt thoáng 
$$B = d \sin \theta \quad (1-64)$$

$$\text{Bán kính thủy lực} \quad R = \frac{k_w}{\theta} d \quad (1-65)$$

**1.6.2. Công thức tính lưu lượng**

Tính lưu lượng theo công thức Manning (1-30), thay (1-62) và (1-65), ta được:

$$Q = \frac{k_w^{\frac{5}{3}} \sqrt{i}}{\theta^{\frac{2}{3}} n} d^{\frac{8}{3}} \quad (1-66)$$

$$h(\theta) = \frac{nQ}{\sqrt{i} d^{\frac{8}{3}}} = \frac{k_w^{\frac{5}{3}}}{\theta^{\frac{2}{3}}} \quad (1-67)$$

**1.6.3. Mặt cắt lợi nhất về thủy lực**

Với i, n và d cho trước, ứng độ sâu mực nước trong ống là bao nhiêu để có lưu lượng lớn nhất khi:

$$\frac{d}{d\theta} \left( \frac{k_w^{\frac{5}{3}}}{\theta^{\frac{2}{3}}} \right) = \frac{d}{d\theta} \left[ \frac{(2\theta - \sin 2\theta)^{\frac{5}{3}}}{\theta^{\frac{2}{3}}} \right] = 0$$

Sau khi lấy đạo hàm hàm số trên, ta được phương trình:

$$2\theta - 5\theta \cos 2\theta + \sin 2\theta = 0$$

Giải phương trình, ta được:  $\theta = 151^0$  hay  $s = 0,94$ .

Tính vận tốc theo (1-34), thay bán kính thủy lực (1-64), ta được:

$$v = \frac{\sqrt{i}}{n} \left( \frac{k_w}{\theta} \right)^{\frac{2}{3}} d^{\frac{2}{3}} \quad (1-68)$$

Với i, n và d cho trước, ứng độ sâu mực nước trong ống là bao nhiêu để có vận tốc lớn nhất khi:

$$\frac{d}{d\theta} \left[ \left( \frac{k_w}{\theta} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = \frac{d}{d\theta} \left[ \left( \frac{2\theta - \sin 2\theta}{\theta} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = 0$$

Sau khi lấy đạo hàm hàm số trên, ta được phương trình:

$$- 2\theta \cos 2\theta + \sin 2\theta = 0$$

Giải phương trình, ta được:  $\theta = 129^0$  hay  $s = 0,81$

**1.6.4. Các bài thường gặp**

**Bài toán 1:** Bài toán thiết kế, có Q, n và i. Xác định đường kính ống.

**Giải.**

Từ công thức (1-66), cho thấy  $Q=f(n, i, d, s)$ , vì vậy bài toán có 2 ẩn số là d và s, nhưng chỉ có một phương trình, nên tùy yêu cầu thực tế ta cần lưu lượng lớn thì lấy  $s = 0,94$ , còn tính theo vận tốc lớn nhất lấy  $s = 0,81$ .

Khi có s ta kính được  $\theta$  và  $k_w$ , tính theo công thức sau:

$$d = \left( \frac{nQ}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{\theta^{\frac{1}{4}}}{k^{\frac{5}{8}}} \quad (1-69)$$

**Bài toán 2:** Bài toán kiểm tra, có Q, d, n và i. Xác định độ sâu mực nước.

**Giải.**

Từ (1-67), ta tính được:

$$h_0(\theta) = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{i} \cdot d^3} \quad (1-70)$$

Có 2 cách để tìm nghiệm h:

- **Cách 1:** Phương pháp thử dần (mò nghiệm), tự chọn s tính  $\theta$  và  $k_w$ , ta vào biểu thức sau:

$$h(\theta) = \frac{k_w^{\frac{5}{3}}}{\theta^3} \quad (1-71)$$

Tính đến khi nào  $h_0(\theta) \approx h(\theta)$  thì giá trị s đó cần tìm.

- **Cách 2:** Tra bảng, từ công thức (1-61), (1-62) và (1-71) ta lập bảng tra Từ công thức (1-70) tính được  $h_0(\theta)$  dựa vào bảng ta tra ra giá trị cần tìm s, tính h theo công thức sau:

$$h = s \cdot d \quad (1-72)$$

Từ các công thức (1-61a), (1-61), (1-62a) và (1-71), tiến hành lập bảng bằng excel **Phụ lục 1-3** để tra, thuận tiện trong việc tính toán bằng máy tính tay. Ta cũng thể dựa vào các công thức trên lập trình tính toán hay dùng phần mềm Mathcad.

## 1.7. LƯU TỐC CHO PHÉP KHÔNG LẮNG VÀ KHÔNG XÓI CỦA KÊNH

Trong thiết kế cần phải xét đến vấn đề kinh tế kỹ thuật sao cho đáp ứng nhu cầu sử dụng được lâu dài, không bị xói lở hoặc bồi lắng. Do đó kênh thiết kế khi làm việc với mọi cấp lưu lượng, đều có vận tốc thỏa điều kiện không lắng không xói:

$$v_{kl} < v < v_{kx}$$

Để tránh bồi lắng và xói lở lòng kênh, trong tất cả các chế độ làm việc từ  $Q_{min}$  đến  $Q_{max}$ , vận tốc trung bình trong kênh phải thỏa mãn :

$$v_{min} > v_{kl} \quad (1-73)$$

$$v_{max} < v_{kx} \quad (1-74)$$

### 1.7.1. Vận tốc không xói

Vận tốc cho phép không xói là vận tốc lớn nhất mà dòng chảy đạt tới trị số ấy không gây ra sự xói lở lòng kênh (1-74). Vận tốc không xói cho phép phụ thuộc :

- Tính chất cơ lý của đất nơi tuyến kênh đi qua để dùng đắp kênh hoặc làm vật liệu gia cố kênh ;
- Lượng ngậm phù sa và tính chất phù sa của dòng chảy trong kênh ;
- Lưu lượng của kênh, kích thước mặt cắt ngang của kênh và các yếu tố thủy lực của dòng chảy trong kênh.

Khi không biết bán kính thủy lực, vận tốc không xói cho phép được xác định theo công thức :

$$v_{kx} = K_x \cdot Q^{0,1} \quad (1-75)$$

Trong đó :

$K_x$  Hệ số phụ thuộc vào đất lòng kênh;

$Q$  Lưu lượng của kênh,  $m^3/s$

$[v_{kx}]$  cho trong bảng đối với đất rời và dính do Miêcxulava lập ra, có thể dùng cho việc tính toán kênh tưới và tiêu.

### 1.7.2. Vận tốc không lắng

Để không gây ra bồi lắng lòng dẫn, thì vận tốc thực tế trong kênh cần phải lớn hơn vận tốc cho phép không lắng (1-73)

Trong đó vận tốc cho phép không lắng, ứng với nó dòng chảy đủ sức tải số lượng bùn cát với thành phần tổ hợp đã định. Có thể xác định theo công thức sau:

$$v_{kl} = 0,01 \frac{W}{\sqrt{d_{tb}}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{0,01} \frac{0,0225}{n} \sqrt{R}} ; (\text{m/s}) \quad (1-76)$$

Trong đó:

- W Tốc độ lắng (mm/s) của hạt có đường kính trung bình  $d_{tb}$  (mm) ;
- $d_{tb}$  Đường kính trung bình của đại bộ phận các hạt phù sa lơ lửng (mm) ;
- R Bán kính thủy lực (m) ;
- n Hệ số nhám của kênh ;
- $\rho$  Tỷ lệ phần trăm tính theo trọng lượng của các hạt phù sa lơ lửng có đường kính xấp xỉ 0,25mm.

Mặt khác các hạt rắn có thể bị bồi lắng xuống không phải do kích thước quá lớn mà do số lượng của chúng trong nước quá nhiều. Vì vậy cần kiểm tra điều kiện :

$$\rho_0 < \rho_k \quad (1-76)$$

Trong đó:

- $\rho_0$  số lượng chất lơ lửng trong một đơn vị thể tích của dòng chảy gọi là độ đục dòng chảy;
- $\rho_k$  độ đục phân giới dòng chảy.