

Chương 5

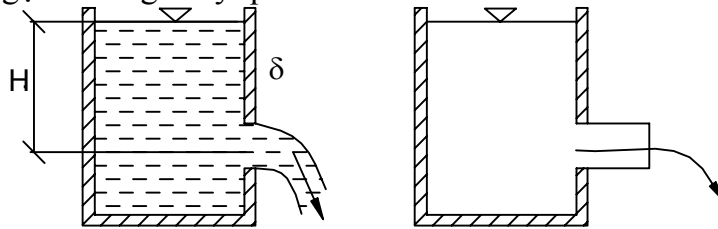
## DÒNG CHẢY QUA LỖ VÀ VÒI

### 5.1 Khái niệm chung

#### 5.1.1. Khái niệm :

- Trên thành bình chứa chất lỏng có khoét một lỗ, dòng chất lỏng chảy qua lỗ gọi là dòng chảy qua lỗ.

- Vòi : là một đoạn ống ngắn dính liền với thành bình chứa tại vị trí lỗ. Dòng chất lỏng chảy qua ống gọi là dòng chảy qua vòi.



Hình 5 - 1: Khái niệm về lỗ và vòi

- Lý thuyết tính toán về lỗ và vòi là cơ sở cho sự tính toán thủy lực về công cấp tháo nước, âu tàu, thiết bị phun xói nước, vòi cứu hỏa...

- Tổn thất năng lượng của dòng chảy qua lỗ và vòi chủ yếu là tổn thất cục bộ.

#### 5.1.2. Các loại lỗ :

Theo tính chất của dòng chảy qua lỗ có thể phân thành các dạng lỗ như sau :

a. Dựa vào độ cao  $e$  của lỗ so với cột nước  $H$  tính từ trọng tâm của lỗ

Chia làm 2 loại :

- Lỗ nhỏ :  $\frac{e}{H} < 0.1$  Cột nước tác dụng lên tất cả các điểm của lỗ đều bằng nhau và bằng  $H$  tại trọng tâm lỗ.

- Lỗ to :  $\frac{e}{H} \geq 0.1$  Cột nước tác dụng tại phần trên và phần dưới lỗ khác nhau rõ rệt.

b. Dựa vào chiều dày thành lỗ :

- Lỗ thành mỏng : lỗ có cạnh sắc và độ dày  $\delta$  không ảnh hưởng đến hình dạng dòng chảy ra.

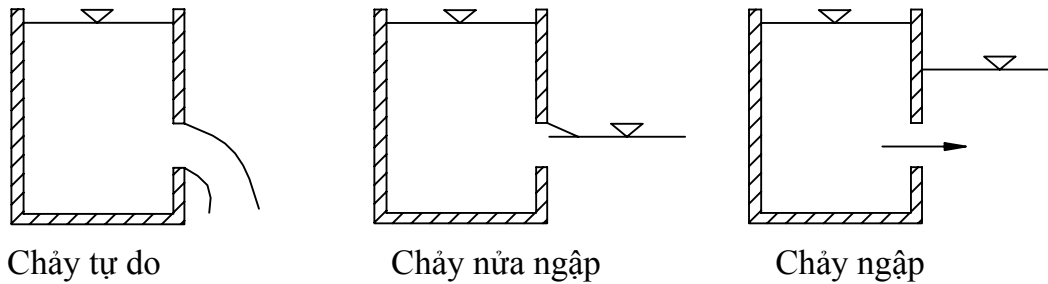
- Lỗ thành dày : lỗ có  $\delta \geq (3 - 4) e$ , có ảnh hưởng đến hình dạng dòng chảy ra.

c. Dựa vào tình hình nối tiếp của dòng chảy ra :

- Chảy tự do : dòng chảy ra khỏi lỗ tiếp xúc với không khí.

- Chảy ngập : khi dòng chảy ra khỏi lỗ bị ngập dưới mặt chất lỏng.

- Chảy nửa ngập : khi mặt chất lỏng tại phía ngoài lỗ nằm trong phạm vi độ cao lỗ.



Hình 5 - 2: Các trường hợp chảy ra khỏi lỗ

## 5.2 Dòng chảy ổn định qua lỗ nhỏ thành mỏng

### 5.2.1. Dòng chảy tự do :

Là dòng chảy ra khỏi lỗ khi cột nước tác dụng  $H$  không đổi, là một dòng ổn định, nghĩa là lưu tốc, áp lực đều không đổi theo thời gian.

Khi chất lỏng chảy ra khỏi lỗ các đường dòng ở ngay trên mặt lỗ không song song nhau, nhưng cách xa lỗ một đoạn nhỏ thì các đường dòng có độ cong giảm dần và trở nên song song nhau. Đồng thời mặt cắt ướt của luồng chảy co hẹp lại gọi là mặt cắt co hẹp. Sau khi ra khỏi mặt cắt co hẹp, dòng chảy mở rộng dần ra và rơi xuống dưới tác dụng của trọng lực.

Để xác định lưu lượng của dòng chảy ta viết phương trình Bécnuily cho 2 mặt cắt, m/c 1-1 ở mặt tự do của thùng chứa và mặt cắt C-C tại vị trí mặt cắt co hẹp. Chọn mặt phẳng chuẩn là 0-0 đi qua trọng tâm lỗ.

Ta có phương trình Bécnuily như sau :

$$H + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot v_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_c \cdot v_c^2}{2g} + h_w \quad (5-1)$$

$$\text{Đặt } H_0 = H + \frac{\alpha_1 v_0^2}{2g}$$

$$\rightarrow H_0 = \frac{\alpha_c \cdot v_c^2}{2g} + h_w$$

$h_w$  là tổn thất của dòng chảy đi từ 1-1 đến C-C. Chủ yếu là tổn thất qua lỗ.

$$\text{Ta có : } h_w = \xi \frac{v_c^2}{2g}$$

$$\text{Vậy : } H_0 = (\alpha_c + \xi) \frac{v_c^2}{2g}$$

$$\rightarrow v_c = \sqrt{\frac{2gH_0}{\alpha_c + \xi}} = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \xi}} \sqrt{2gH_0}$$

$$\text{đặt } \varphi = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \xi}} \quad (5-2)$$

$$\rightarrow v_c = \varphi \cdot \sqrt{2gH_0} \quad (5-3)$$

$\varphi$  gọi là hệ số lưu tốc của lỗ.

$$\rightarrow Q = \varphi \omega_c \cdot \sqrt{2gH_0}$$

trong đó  $\omega_c$  là diện tích mặt cắt co hẹp. Gọi  $\varepsilon$  là tỷ số giữa diện tích mặt cắt co hẹp và diện tích lỗ :  $\varepsilon = \frac{\omega_c}{\omega}$  (5-4)

$$\text{Do đó } Q = \varphi \cdot \varepsilon \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH_0} \text{ nếu đặt } \mu = \varphi \cdot \varepsilon \text{ ta có } Q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH_0} \quad (5-5)$$

Trong đó  $\mu$  gọi là hệ số lưu lượng.

Đối với lỗ tròn thành mỏng,  $d \geq 1\text{cm}$  có thể lấy :

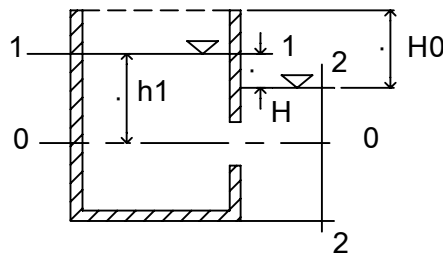
$$\varphi = 0.97 - 0.98$$

$$\xi = 0.04 - 0.06$$

$$\varepsilon = 0.63 - 0.64$$

$$\mu = 0.60 - 0.61$$

### 5.2.2. Dòng chảy ngập qua lỗ :



Hình 5 - 3: Dòng chảy ngập qua lỗ

Để xác định lưu lượng dòng chảy qua lỗ ta tiến hành viết phương trình Bécnuily cho 2 mặt cắt 1-1 và 2-2 đối với mặt phẳng chuẩn 0-0.

$$h_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g} + h_w$$

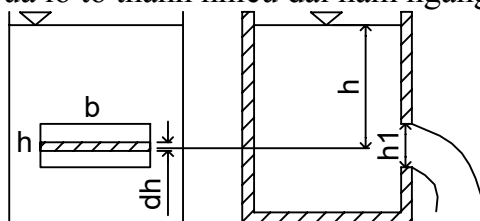
Với giả thiết  $v_2 = 0$  ta biến đổi và thu được :

$$Q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH_0} \quad (5-6)$$

## 5.3 Dòng chảy qua lỗ to thành mỏng

### 5.3.1. Xét trường hợp dòng chảy tự do qua lỗ.

Đối với lỗ to, cột nước tại vị trí trên và dưới của lỗ có trị số khác nhau. Do đó ta phân chia mặt cắt ướt của của lỗ to thành nhiều dải nằm ngang, có độ cao  $dh$ .



Hình 5 - 4: Dòng chảy qua lỗ to thành mỏng

Lưu lượng chảy qua một vi phân chiều cao lỗ tính theo công thức của lỗ nhỏ thành mỏng là :

$$dQ = \mu' b.dh.\sqrt{2gh}$$

trong đó :  $\mu'$  là hệ số lưu lượng của một vi phân chiều cao.

Khi đó lưu lượng của cả lỗ to là :

$$Q = \int_{H_1}^{H_2} dQ = \int_{H_1}^{H_2} \mu' b.\sqrt{2gh}.dh$$

Lấy tích phân và bỏ qua phần vô cùng bé ta có :

$$Q = \mu.\omega.\sqrt{2gH_0} \tag{5-7}$$

**Bảng 5-1 : Hệ số lưu lượng  $\mu$  của lỗ to theo thí nghiệm của Pavolôpxki :**

Loại lỗ	$\mu$
- Lỗ loại trung, dòng chảy co hẹp đều đặn về mọi phương, không có tấm dẫn nước :	0.65
- Loại lỗ to, dòng chảy co hẹp đều đặn về mọi phương, nhưng là co hẹp không hoàn thiện :	0.70
- Lỗ khoét ở đáy, không co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp về các phương khác có ảnh hưởng rõ rệt :	0.65-0.70
- Lỗ khoét ở đáy, không co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp về các phương khác có ảnh hưởng vừa phải :	0.70-0.75
- Lỗ khoét ở đáy, không co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp ở 2 bên rấy hoà hoãn:	0.80-0.85
- Lỗ khoét ở đáy, không có co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp ở các phương khác rất bé :	0.90

**5.3.2. Dòng chảy nửa ngập :**

Vấn đề này chưa được nghiên cứu đầy đủ, tuy nhiên ta có thể tham khảo công thức tính lưu lượng qua lỗ to chảy nửa ngập của Pavolôpxki :

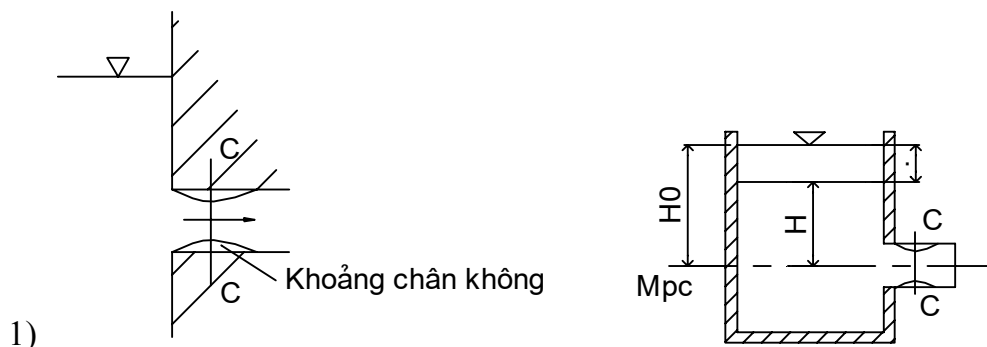
$$Q = \sigma.\mu.\omega.\sqrt{2gH_0} \tag{5-8}$$

Hệ số ngập  $\sigma$  tra bảng 5-2 SGK

**5.4 Dòng chảy ổn định qua vòi**

*\*Vòi là một đoạn ống ngắn, gắn vào lỗ thành mỏng, có độ dài bằng khoảng 2-5 lần đường kính lỗ.*

- Chất lỏng chảy qua vòi thường sinh ra co hẹp tại chỗ vào của vòi, sau đó mở rộng ra và chảy đầy vòi.



**Hình 5 - 5: Dòng chảy qua vòi**

## Chương 5 : Dòng chảy qua lỗ và vòi

- Không gian giữa mặt ngoài dòng chảy tại chỗ co hẹp và mặt thành vòi là một khu nước xoáy, ở đó hình thành chân không.

- Trị số chân không tùy thuộc vào cột nước tác dụng vào vòi.

- Vì trong vòi có sinh ra chân không nên lưu lượng qua vòi luôn lớn hơn lưu lượng qua lỗ (do  $\mu_{\text{vòi}} > \mu_{\text{lỗ}}$ ). Tuy nhiên đặc tính này chỉ xảy ra khi chất lỏng chảy đầy vòi.

- Vòi có một số dạng : vòi hình trụ tròn, hình nón mở rộng hoặc thu hẹp theo phương dòng chảy và vòi hình đường dòng.

Đối với vòi hình trụ tròn (hay ống Venturi), lưu lượng được tính theo công thức :

$$Q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH_0} \quad (5-9)$$

\* Trị số chân không :

Để xem xét đặc tính chân không của dòng chảy qua vòi ta xét phương trình Bécnuily cho 2 mặt cắt 1-1 trên mặt thoáng và c-c tại vị trí chân không :

$$H + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot v_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{\alpha_c \cdot v_c^2}{2g} + h_w$$

Với  $\alpha_c = 1$  và  $H_0 = H + \frac{\alpha_1 \cdot v_0^2}{2g}$  ;  $v_c = \frac{v}{\varepsilon}$  thay vào và biến đổi ta có :

$$\frac{p_a - p_c}{\gamma} = \left[ (1 + \xi) \left( \frac{\varphi}{\varepsilon} \right)^2 - 1 \right] H_0 \quad (5-10)$$

$$\text{với } \xi = 0.06 ; \varepsilon = 0.64 ; \varphi = \mu = 0.82 \text{ ta có : } h_{ck} = 0.75 \cdot H_0. \quad (5-11)$$

Khi tăng  $H_0$  thì  $h_{ck}$  cũng tăng lên do đó tăng lưu lượng. Tuy vậy không thể tăng  $H_0$  lên mãi mà trên thực tế  $h_{ck}$  có một giá trị giới hạn = 7m. Khi đó :

$$H_0 = \frac{h_{ck}}{0.75} = 9m.$$