

CHẢY QUA CỬA CỐNG

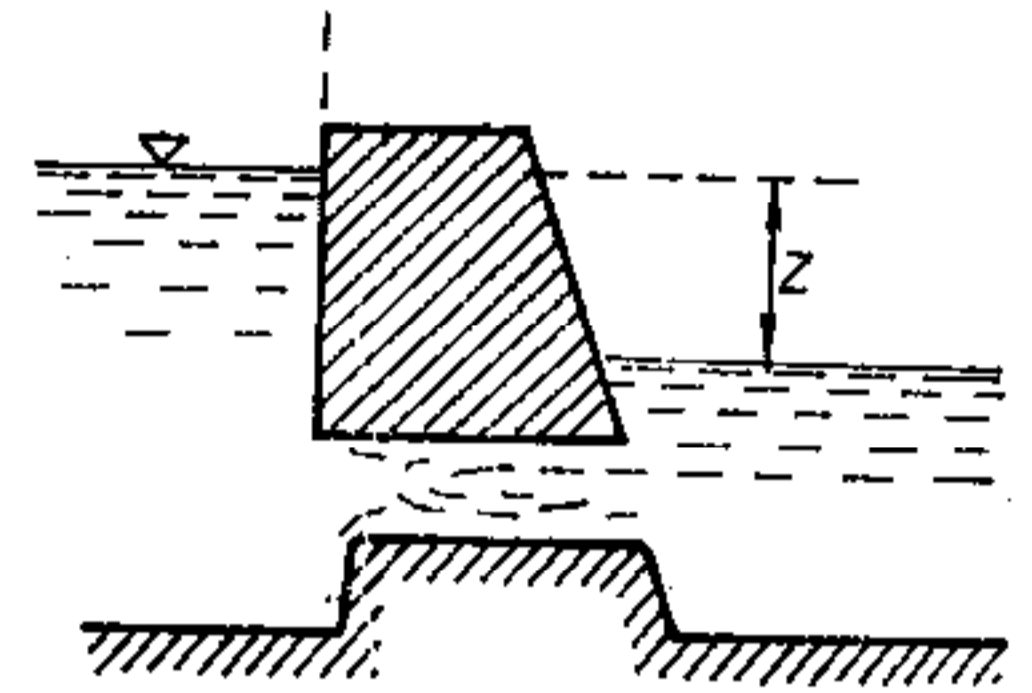
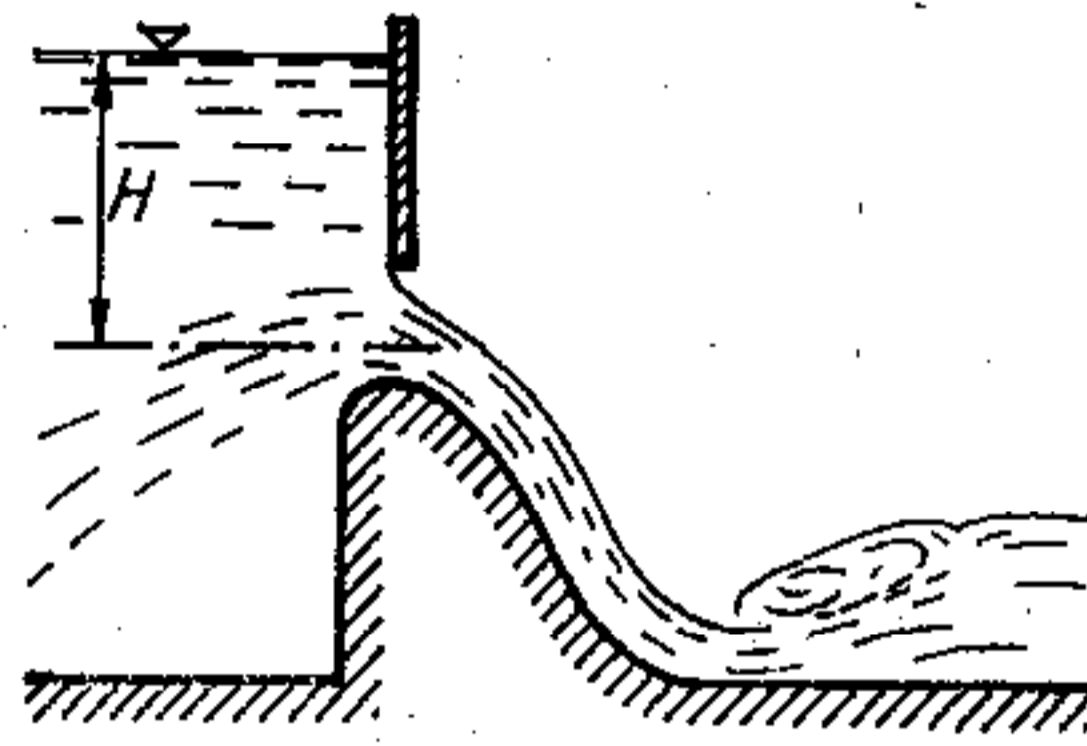
§XIII-1. CÁC KHÁI NIỆM CHUNG

Cống là tên chung chỉ công trình điều khiển mực nước hoặc lưu lượng.

Lỗ tháo nước của cống thường đóng mở bằng tấm chắn hoặc cánh cửa cống. Dòng chảy qua lỗ cửa chịu tác dụng của cột nước H hoặc độ chênh mực thượng hạ lưu z .

Điều khiển mực nước khi lưu lượng cố định hoặc điều khiển lưu lượng khi mực nước cố định đều bằng đóng mở cửa van.

Nếu cao trình mực nước thượng lưu (∇ MNTL) thấp hơn đỉnh cống, tấm cửa cũng kéo lên trên mực nước thì dòng chảy qua cống hoàn toàn là không áp, cống làm việc như một đập tràn đỉnh rộng.



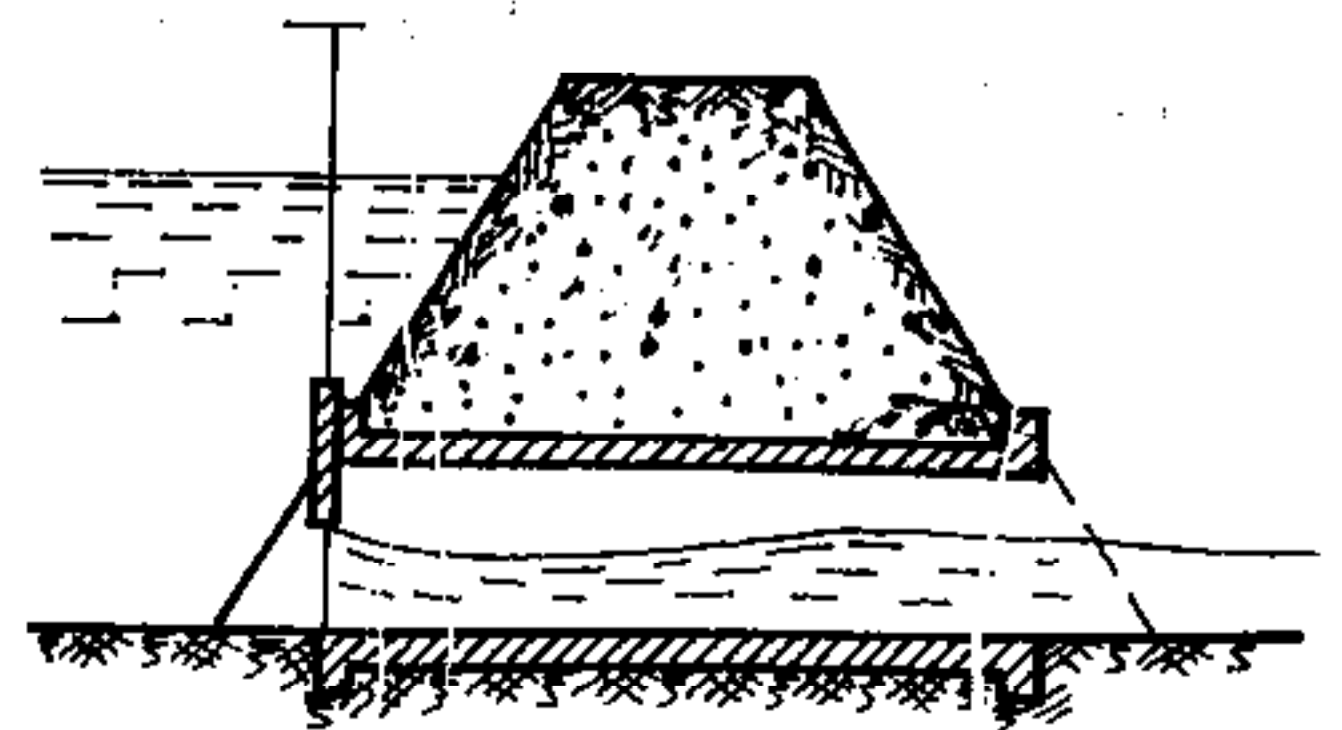
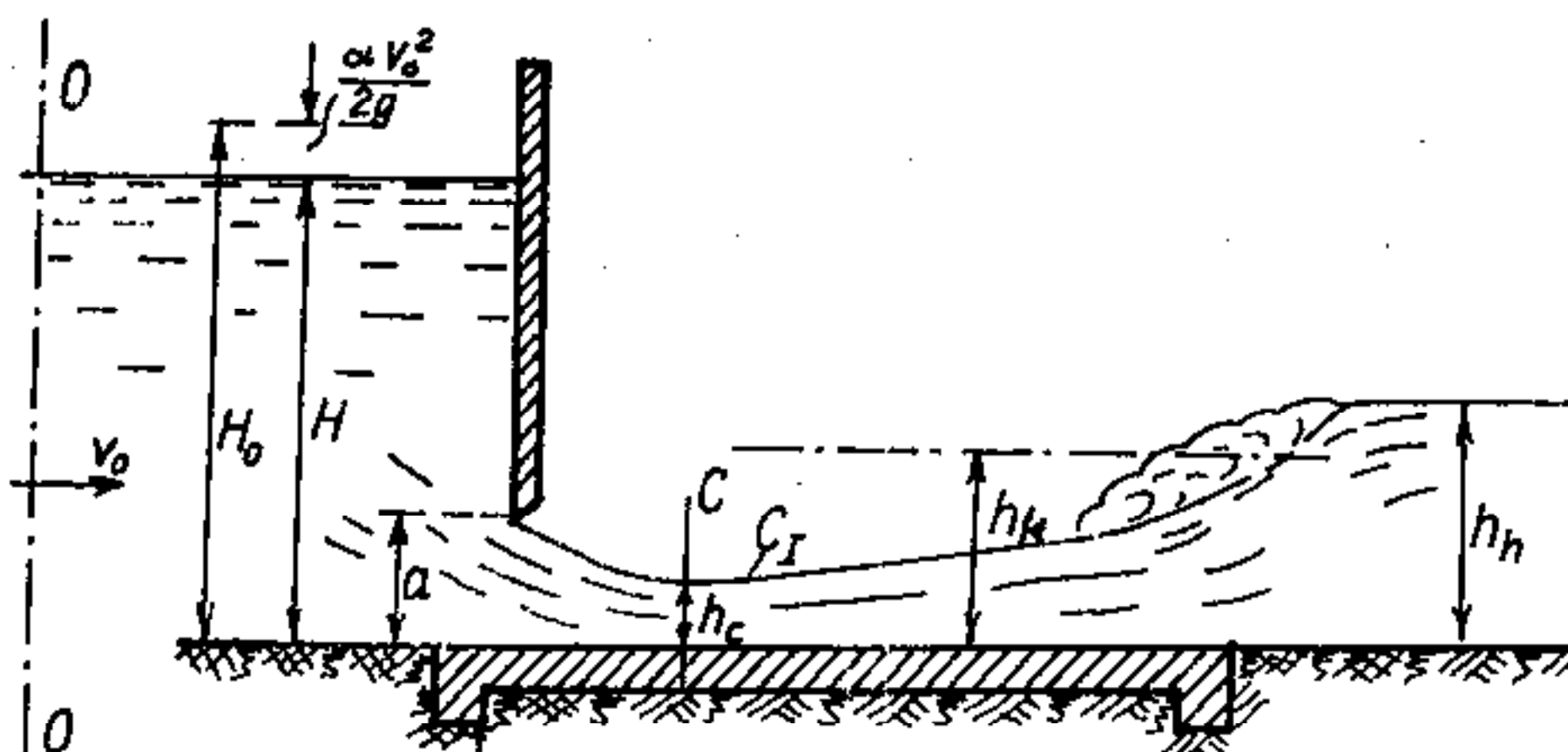
Khi cao trình mực nước thượng lưu (∇ MNTL) ngập hoàn toàn lỗ cống thì dòng chảy cơ bản là dòng chảy qua lỗ hoặc vòi.

Trong thực tế dòng chảy ra khỏi cửa cống sẽ đi ra kênh dẫn, nối tiếp với dòng hạ lưu theo những hình thức nối tiếp khác nhau và các hình thức đó lại ảnh hưởng đến khả năng tháo nước của cống.

Vì vậy trong chương này phải dùng các kết quả nghiên cứu về dòng chảy qua lỗ và vòi và nối tiếp thượng hạ lưu để nghiên cứu.

Ta xét 2 trường hợp :

+ Cống không có tràn hoặc vòm, sau cửa cống là lòng dẫn hở. Đó là dòng chảy dưới tấm chắn cửa cống hở.



+ Thân cống hình ống tương đối dài (mặt cắt khép kín có trần hoặc vòm), dòng chảy trong thân cống có thể là đầy ống hoặc không đầy ống. Đó là chảy qua cống ngầm.

A. CHẢY DƯỚI TẦM CHẤN CỦA CỐNG HỖ

§XIII-2. CÁC HÌNH THỨC NỐI TIẾP SAU CỬA CỐNG

Theo hình vẽ cột nước toàn phần ở thượng lưu là :

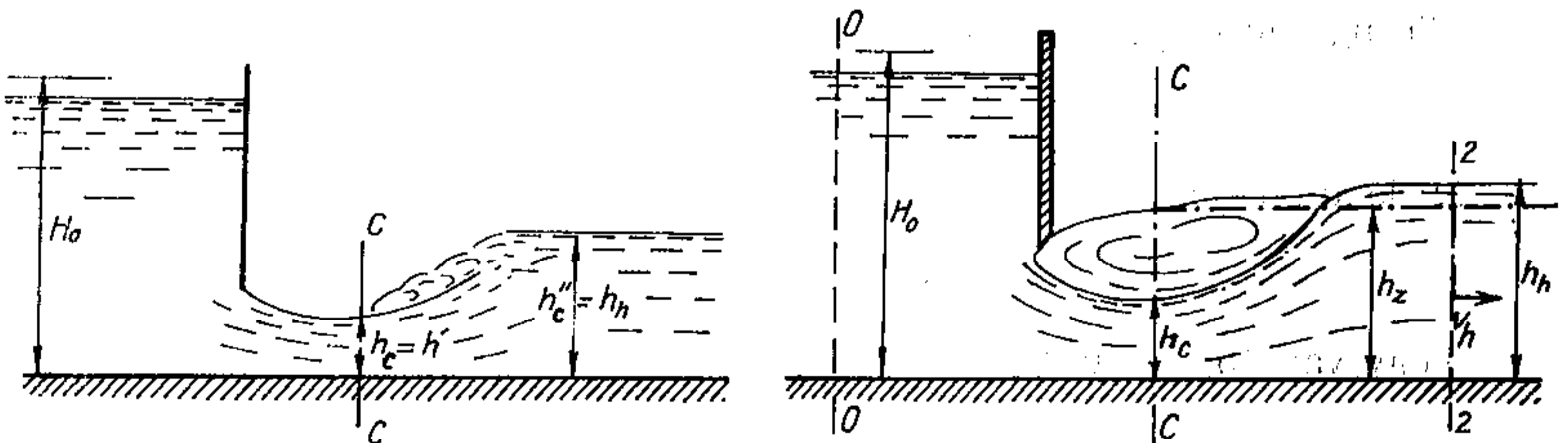
$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$$

Dòng ra khỏi cửa cống cách cửa một đoạn khoảng bằng a thì co hẹp nhất với độ sâu h_c . Tại mặt cắt co hẹp do trạng thái chảy ra là chảy xiết : $h_c < h_k$.

Nếu dòng chảy hạ lưu $h_n < h_k$ thì nối tiếp sau cống không qua nước nhảy. Nhưng thường gặp dòng chảy êm ở hạ lưu $h_n > h_k$ nên dòng chảy sau cống sẽ nối tiếp với hạ lưu qua nước nhảy.

Cũng dùng h''_c để so sánh với h_n ta sẽ có 3 dạng nối tiếp : nước nhảy xa với đường nước dâng c_0 hoặc c_1 ; nước nhảy tại mặt cắt co hẹp ; nước nhảy ngập.

Trong các dạng nối tiếp với nước nhảy xa, nhảy tại chỗ và không có nước nhảy thì mặt cắt co hẹp không bị ngập, chiều sâu hạ lưu không ảnh hưởng đến khả năng tháo của cửa cống nên gọi là *chảy không ngập*.



Trong dạng nối tiếp với nước nhảy ngập dòng chảy hạ lưu ảnh hưởng đến khả năng tháo qua cống nên gọi là *chảy ngập*.

§XIII-3. CÔNG THỨC TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY DƯỚI TẦM CHẤN CỦA CỐNG

1. Chảy không ngập

Viết phương trình Bernoulli cho 2 mặt cắt O-O và c-c ta được ;

$$H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = h_c + \frac{\alpha v_c^2}{2g} + \sum \zeta_c \frac{\alpha v_c^2}{2g}$$

từ đó tính được vận tốc tại mặt cắt co hẹp v_c :

$$v_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi_c}} \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

$$v_c = \varphi \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (1)$$

Lưu lượng qua cống :

$$Q = \omega_c \cdot v_c = \varphi \cdot \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (2)$$

φ là hệ số vận tốc, được xác định bằng thực nghiệm chủ yếu phụ thuộc vào hình dạng và mức độ thu hẹp dòng chảy, mức độ nhám ở cửa vào.

Đối với cống có đáy ở ngang đáy kênh, đầu cống có tường cánh lượn tròn hoặc xiên, $\varphi = 0,95 \div 1,00$.

Cống có đáy cao hơn đáy kênh, cửa vào không thuận, $\varphi = 0,85 \div 0,95$. Độ sâu co hẹp h_c được viết là :

$$h_c = \varepsilon \cdot a \quad (3)$$

ε - gọi là hệ số co hẹp thẳng đứng.

Theo kết quả của N. E. Jucôpxki, ε chỉ phụ thuộc vào tỉ số $\frac{a}{H}$.

Thay (3) vào (2) ta được ;

$$Q = \varphi \cdot \varepsilon \cdot ab \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon \cdot a)} \quad (4)$$

Gọi $\mu = \varepsilon \cdot \varphi$ là hệ số lưu lượng thì :

$$Q = \mu \cdot ab \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon \cdot a)} \quad (5)$$

Trong các công thức trên v_0 lại phụ thuộc vào lưu lượng Q :

$$v_0 = \frac{Q}{\Omega_1}$$

Ω_1 là diện tích mặt cắt kênh thượng lưu.

$$H_0 = H + \frac{\alpha Q^2}{2g \cdot \Omega_1^2}$$

Thay vào (5) ta được :

$$Q = \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g(H - h_c)}}{\sqrt{1 - \alpha \mu^2 \frac{\omega^2}{\Omega_1^2}}} \quad (6)$$

Theo công thức này ta thấy khi $\frac{\omega}{\Omega_1}$ nhỏ thì mẫu số có thể cho bằng 1,

nghĩa là $H_0 = H$. Với $\frac{\omega}{\Omega_1} < 0,2$ mà coi $H_0 = H$ thì sai số cũng chỉ dưới 1%.

2. Chảy ngập

Chảy ngập thì tại chỗ mặt cắt co hẹp có khu chảy cuộn, độ sâu không phải là h_c mà bằng h_z ($h_c < h_z < h_n$). Dòng chính ở dưới khu nước cuộn vẫn có độ sâu bằng $h_c = \varepsilon \cdot a$.

Cũng viết phương trình Becnui cho 2 mặt cắt O-O và c-c và cho rằng áp suất tại khu nước cuộn trên mặt cắt co hẹp cũng phân bố theo quy luật thủy tĩnh, sau khi sắp xếp lại ta được vận tốc tại mặt cắt co hẹp là :

$$v_c = \varphi \sqrt{2g(H_o - h_z)} \quad (7)$$

$$Q = \varphi \cdot \omega_c \sqrt{2g(H_o - h_z)} \quad (8)$$

ε , φ và μ trong điều kiện $\frac{a}{H} \leq 0,75$ vẫn như trường hợp chảy không ngập.

Công thức tính Q cho trường hợp chảy ngập về kết cấu giống như cho chảy không ngập (6) chỉ thay h_c bằng h_z .

Trong trường hợp bài toán phẳng h_z cũng được tính từ công thức nước nhảy ngập :

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - \frac{2\alpha_o q^2}{g} \cdot \frac{(h_h - h_c)}{h_h \cdot h_c}} \quad (9)$$

Công thức này cho ta tính h_z khi đã biết q , a .

Có 2 dạng bài toán :

+ Cho biết H_o , a . Xác định q :

- Giải : cho $\alpha_o = 1$ và sắp xếp lại ta được :

$$h_z^2 = h_h^2 - 4\mu^2 \cdot a^2 (H_o - h_z) \cdot \frac{h_h - h_c}{h_h h_c}$$

đặt
$$M = 4 \cdot \mu^2 \cdot a^2 \frac{h_h - h_c}{h_h \cdot h_c} \quad (10)$$

Phương trình trên trở thành :

$$h_z^2 - Mh_z + (MH_o - h_h^2) = 0$$

Giải phương trình bậc 2 này đối với h_z ta được :

$$h_z = \sqrt{h_h^2 - M \left(H_o - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2} \quad (11)$$

+ Cho biết q , H_o . Xác định a , h_c :

- Giải : thay v_c theo (7) vào (11) ta được :

$$h_z^2 = h_h^2 - \frac{2\alpha_o q}{g} \left[\varphi \sqrt{2g(H_o - h_z)} - \frac{q}{h_h} \right]$$

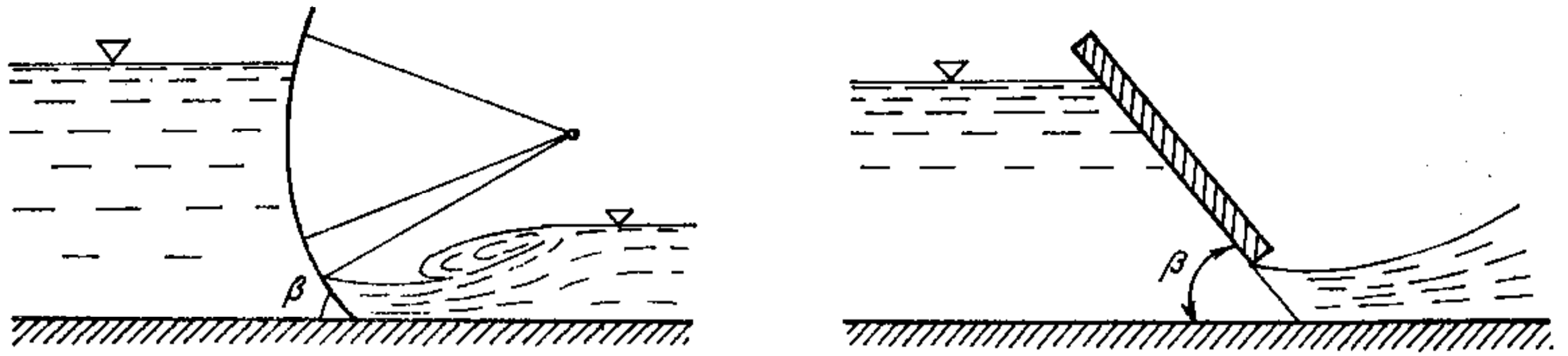
$$\left. \begin{aligned} \text{đặt } A &= 2\sqrt{\frac{2}{g}} \alpha_o \varphi \cdot q \\ B &= h_h^2 + \frac{2\alpha_o q^2}{gh_h} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

ta được :
$$h_z^2 + A\sqrt{H_o - h_z} - B = 0 \quad (13)$$

Phương trình trên được giải bằng thử dần để tìm h_z .

Khi độ chênh thượng hạ lưu ít và tấm chắn cửa cống mở cao, tức là $a/H > 0,75$ thì độ sâu sau cửa cống coi như bằng độ sâu hạ lưu.

Khi diện tích lỗ cống nhỏ so với kênh hạ lưu, ngập sâu trong kênh thì nước nhảy sau cống hoàn toàn bị ngập, lúc đó ta cũng có : $h_z = h_h$



Trong 2 trường hợp đó ta tính cống như một lỗ chảy ngập :

$$Q = M \cdot \omega \sqrt{2g \cdot z_0} = \mu \cdot \omega \sqrt{2g(H_0 - h_h)} \quad (14)$$

$$\mu = 0,65 \div 0,75$$

3. Tấm chắn hình cung và tấm chắn phẳng đặt nghiêng

Các hiện tượng vật lí của trường hợp này đều như của tấm chắn phẳng, chỉ khác là do cửa vào lượn tròn và nghiêng, dòng chảy ít bị co hẹp và ít tổn thất nên các trị số φ , μ và ε đều có thay đổi ít nhiều. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu về mặt này chưa nhiều. Ta có thể tham khảo các số liệu sau đây :

+ Tấm chắn hình cung :

- Chảy không ngập : $\mu = 0,58$;
- Chảy ngập : $\mu = 0,60 \div 0,63$; khi $\beta > 24^\circ$;
- Chảy không ngập : $\mu = 0,50 + 0,4 \sin^2\beta$;
- Chảy ngập : $\mu = 0,52 + 0,4 \sin^2\beta$.

+ Tấm chắn phẳng đặt nghiêng :

ε , φ đều phụ thuộc vào góc nghiêng và độ mở $\frac{a}{H}$. Một cách gần đúng có thể lấy $\varphi = 0,97$ và ε theo bảng :

β°	0	30	70	90	110
ε	1,00	0,80	0,65	0,61	0,59

§XIII-4. CÁC BÀI TOÁN VỀ DÒNG CHẢY DƯỚI TẤM CHẮN CỬA CỐNG

- Trong các công thức nói trên thường có 3 đại lượng cần xác định là a , H và Q . Còn h_h và hình dạng mặt cắt cống thường đã biết trước. Biết 2 trong 3 đại lượng có thể tìm được đại lượng thứ 3.

Thực tế thường phải giải quyết các bài toán sau đây :

+ Bài 1. Biết mực nước thượng lưu H , độ cao mở cống a , tính lưu lượng Q .

+ Bài 2. Biết mực nước thượng lưu H , lưu lượng Q , tính độ cao mở cống a .

+ Bài 3. Biết lưu lượng Q , độ cao mở cống a , tính cột nước thượng lưu H .

Giải các bài toán trên đây, tuy chỉ gặp phương trình đại số 1 ẩn nhưng do các trị số ε , h''_c ... lại phụ thuộc vào các yếu tố chưa biết nên bài toán phải giải bằng thử dần.

B. CHẢY QUA CỐNG NGẦM

Nhiều cống dưới đê, đập, đường có mặt cắt khép kín. Hình dạng mặt cắt thường là tròn hoặc chữ nhật trên đỉnh có trần phẳng hoặc vòm, chiều dài thân cống khá lớn, ta gọi là *cống ngầm*.

Có thể có 3 hình thức sau đây :

+ Khi tấm chắn cửa cống được kéo lên khỏi mặt nước (mở hết), (cao trình mực nước trước cống (\sqrt{MNTC}) và cao trình mực nước trong cống (\sqrt{MNTGC}) đều thấp hơn cao trình đỉnh cống ($\sqrt{ĐC}$) thì chế độ chảy trong cống là *chảy không áp*.

+ Khi dòng chảy đầy mặt cắt cống thì chế độ chảy là *chảy có áp*.

+ Khi \sqrt{MNTL} ngập đỉnh cống nhưng dòng chảy sau cửa cống vẫn thấp hơn đỉnh cống, có mặt thoáng, thì trong cống có 2 chế độ chảy, phần trước là có áp, còn phần sau là không áp. Để gọn ta gọi là *cống chảy nửa áp*.

- Chế độ chảy không áp đã được xét trong chương đập tràn, ở đây ta chỉ xét chế độ chảy nửa áp và chảy có áp.

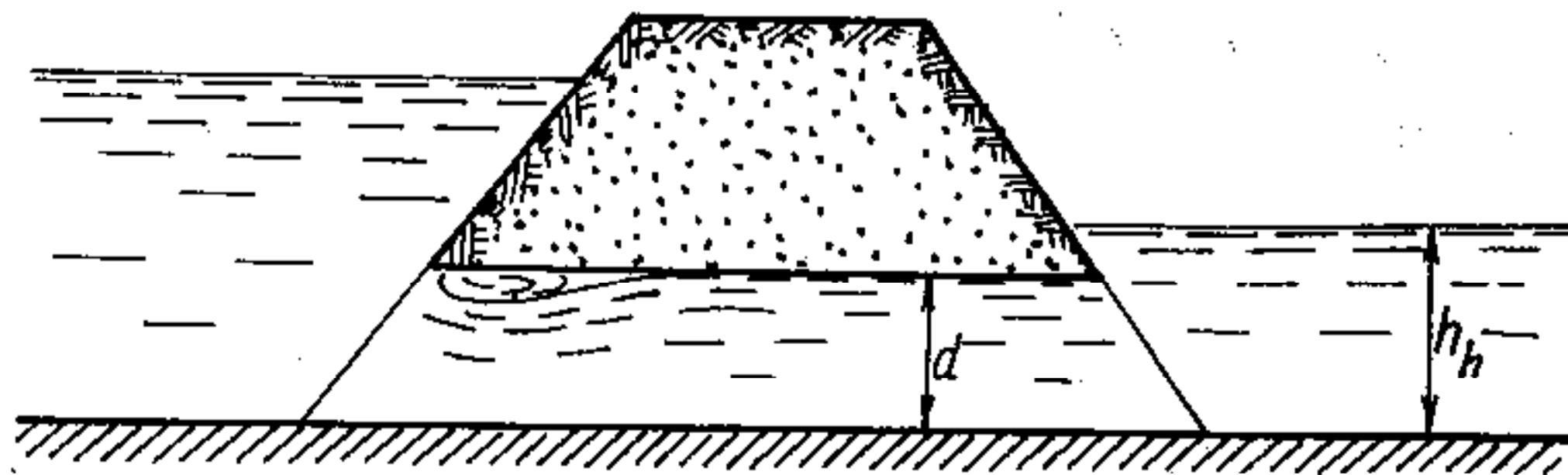
- Về cơ bản ta phải dựa trên các kết quả nghiên cứu về chảy qua lỗ dưới cửa cống hở (đối với chảy nửa áp) và về chảy qua vòi (đối với chảy có áp). Điều khác nhau ở đây là phải xét chi tiết ảnh hưởng của chiều dài cống, độ dốc và độ nhám thân cống.

§XIII-5. ĐIỀU KIỆN CHẢY NỬA ÁP VÀ CHẢY CÓ ÁP

Khi gặp một cống có mực nước thượng lưu ngập đỉnh cống, ta cần xác định lúc nào cống làm việc với chế độ chảy nửa áp lúc nào có áp.

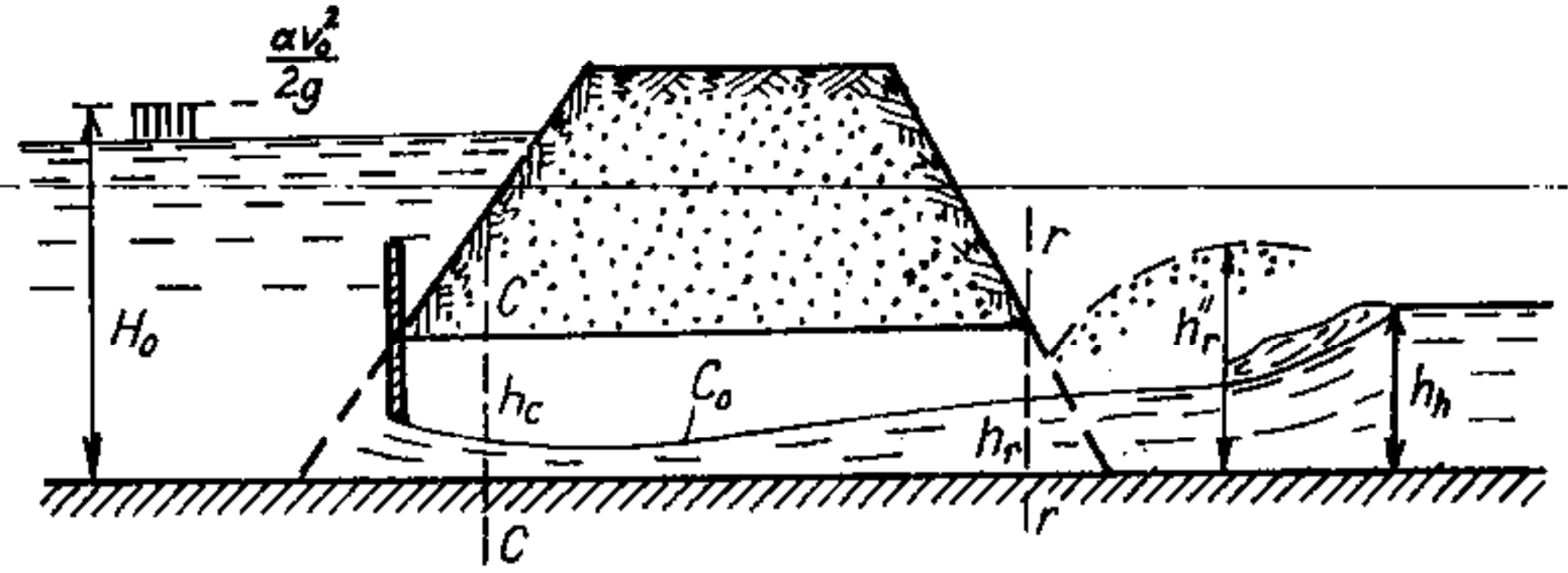
Điều này hết sức quan trọng vì 2 chế độ chảy đó có công thức tính toán khác nhau và vì mỗi độ chảy lại đề ra những điều kiện làm việc khác nhau cho công trình về nhiều mặt : ổn định, chống chấn động, chống thấm v.v...

Nguyên tắc xác định chế độ chảy trong cống rất đơn giản : chỉ cần vẽ đường mặt nước trong một lòng cống không có trần tương ứng, nếu đường



mặt nước đó vượt quá trần cống thì cống là chảy có áp, nếu không thì là chảy nửa áp.

Đối với cống có mặt cắt không phải chữ nhật thì hiện nay chưa có nhiều kết quả nghiên cứu chính xác nên cũng có thể lấy gần đúng như cống có mặt cắt chữ nhật.



Ta phân tích hiện tượng chảy để xác định chế độ chảy có áp hay nửa áp trong các trường hợp sau đây :

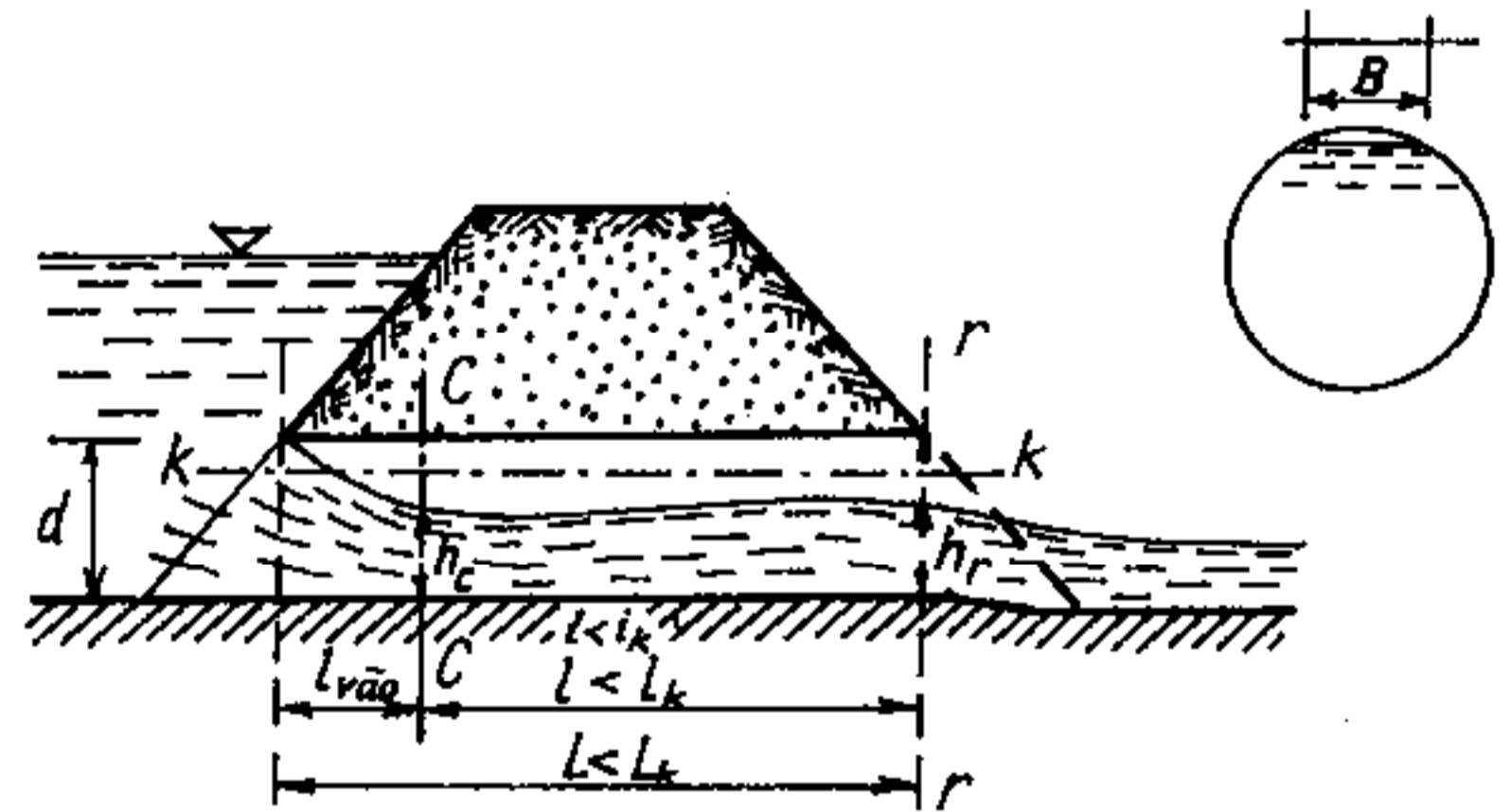
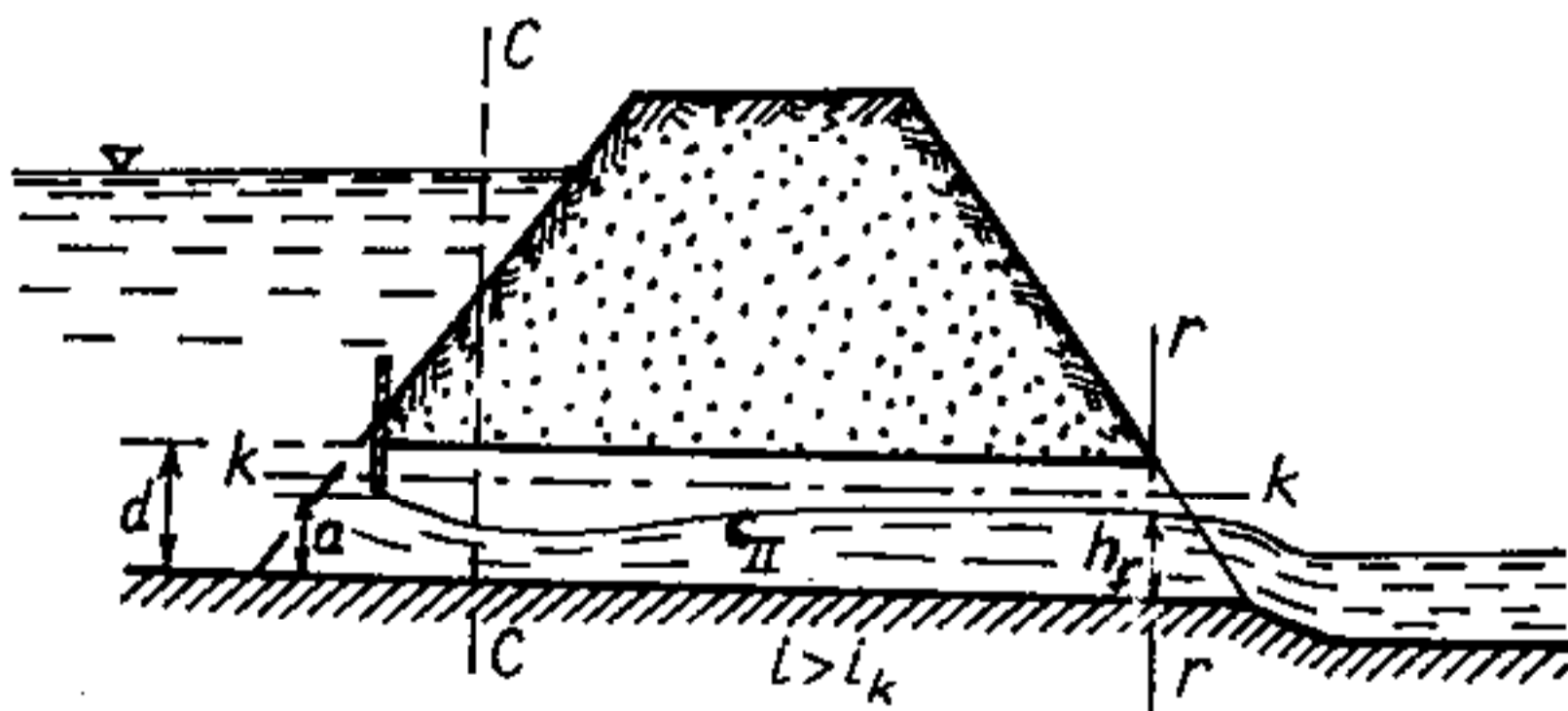
1. $h_n > d$, độ sâu hạ lưu ở cửa ra cao hơn đỉnh cống.

Nói chung là chảy có áp. Cửa ra bị ngập.

Chỉ là chảy nửa áp trong trường hợp cống ngắn và cột nước H lớn, dòng chảy xiết phóng ra ngoài cửa cống, độ sâu ở cửa ra là $h_r < h_k$ và độ sâu liên hiệp với h_r là h''_r lớn hơn độ sâu hạ lưu h_n : $h''_r > h_n$.

2. $h_n < d$, độ sâu hạ lưu thấp hơn đỉnh cống

+ Trường hợp $i > i_k$

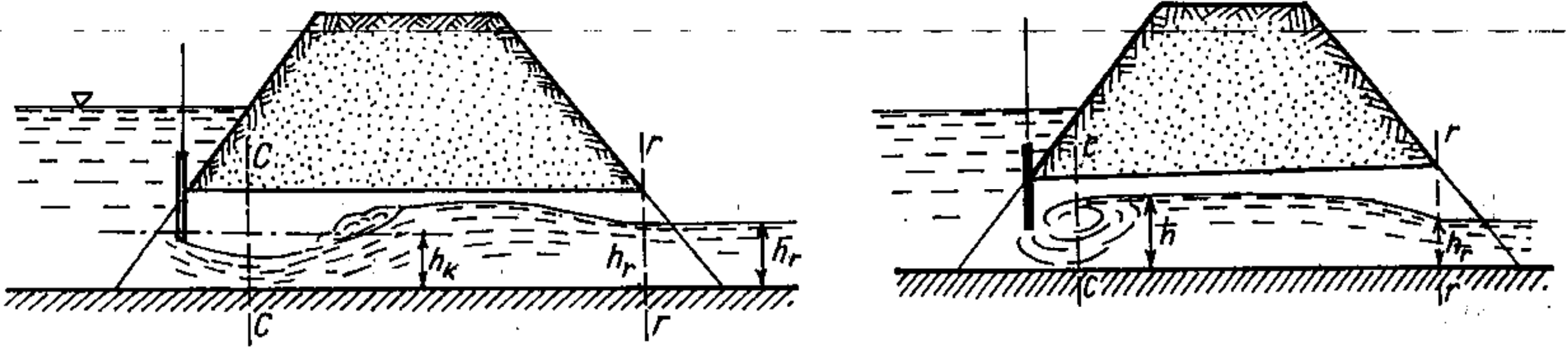


Nói chung là chảy nửa áp, dòng chảy sau mặt cắt co hẹp sẽ theo đường nước dâng c_{II} .

Chỉ có áp khi đường nước dâng c_{II} vẽ đến cuối cống tại mặt cắt (r-r), có độ sâu h_r lớn hơn chiều cao cống : $d < h_r$.

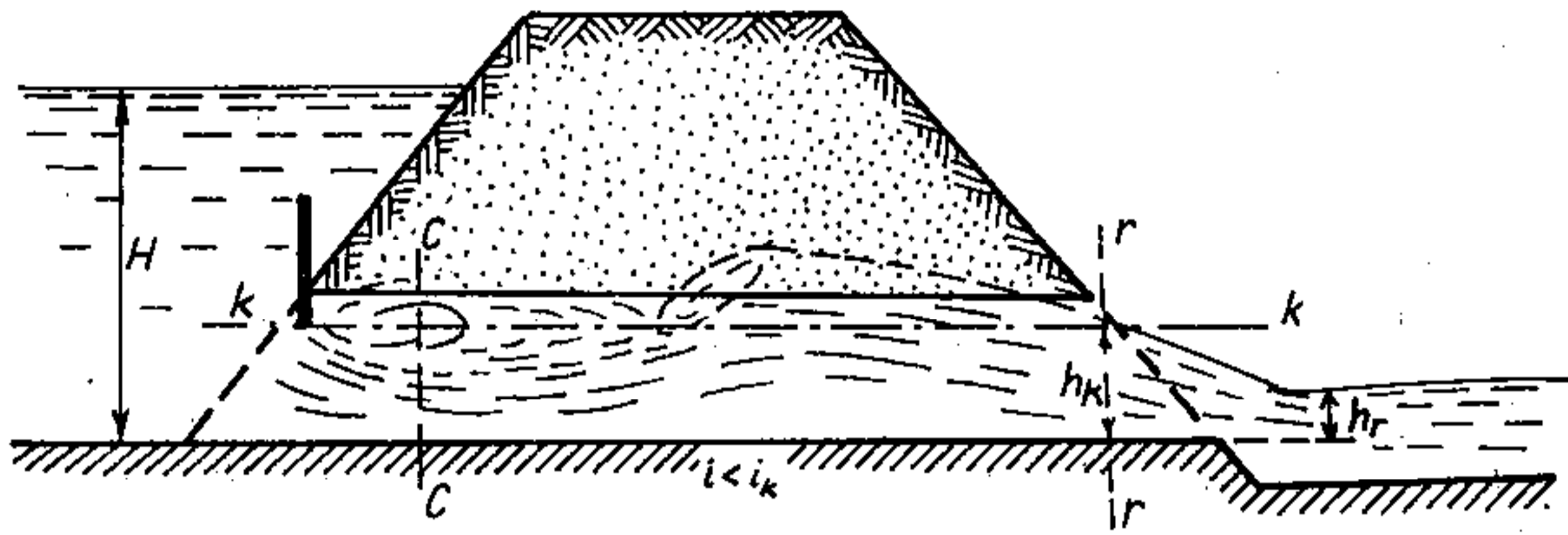
Các cống có đỉnh hình vòm cong tròn không bao giờ thỏa mãn điều kiện này để là chảy có áp vì với đường mặt nước c_{II} thì $h_r < h_0 < h_k$, mà cống có vòm bao giờ cũng có $h_k < d$, vì về trái của phương trình cơ bản xác định chiều sâu phân giới ($\alpha Q^2/g = \omega_k/B_k$) có lớn bao nhiêu ta vẫn có thể tìm được một độ sâu $h_k < d$ có B đủ nhỏ để về phải bằng về trái do B ở gần đỉnh có thể rất nhỏ.

+ Trường hợp $0 < i < i_k$



Cống chảy nửa áp trong 2 trường hợp :

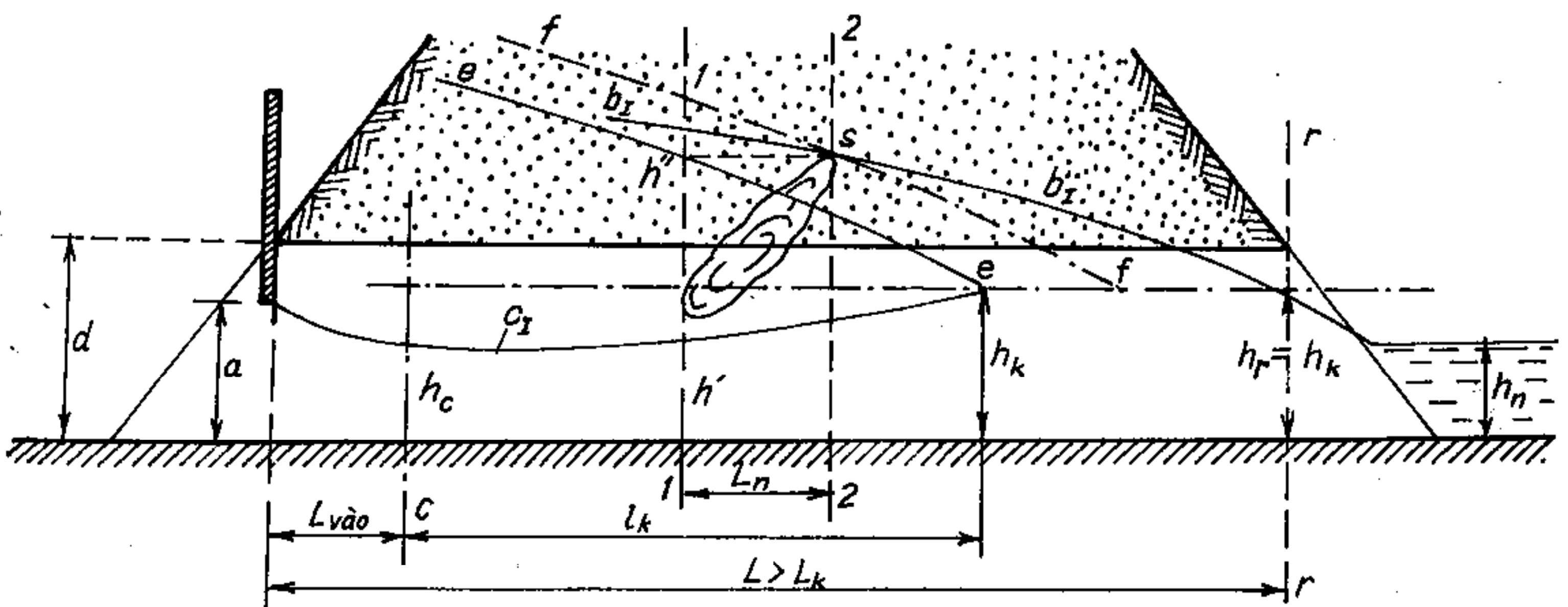
- * Không có nước nhảy trong cống, dòng chảy trong cống hoàn toàn là chảy xiết theo đường c_1 hoặc c_0 .
- * Có nước nhảy trong cống nhưng độ sâu sau nước nhảy vẫn thấp hơn đỉnh cống $h'' < d$.



Cống chảy có áp nếu có nước nhảy trong cống và độ sâu sau nước nhảy cao hơn đỉnh cống. (Nước nhảy giả định tương ứng với trường hợp cống không có tràn).

Do đó muốn biết chế độ chảy trong cống có $i < i_k$ ta cần biết vị trí của nước nhảy và chiều sâu sau nước nhảy.

Xét sự nối tiếp theo hình vẽ :



Trước nước nhảy là đoạn chảy xiết c_1 hoặc c_0 , sau nước nhảy là đoạn chảy êm theo b_1 hoặc b_0 bắt đầu từ 2-2 và tận cùng là h_r ở cửa ra.

Độ sâu h_r lấy theo : $h_r = h_n$ nếu $h_n > h_k$
 và $h_r = h_k$ nếu $h_n < h_k$

Cách xác định vị trí nước nhảy :

- + Vẽ đường c_1 hoặc c_0 bắt đầu từ c-c ;
- + Vẽ đường e-e có độ sâu liên hiệp với đường c_1 (hoặc c_0) bằng cách lấy một số điểm trên đường c_1 và tính ra độ sâu liên hiệp tương ứng.
- + Tịnh tiến đường e-e về phía hạ lưu một đoạn bằng chiều dài nước nhảy l_n được đường f-f.
- + Vẽ đường b_1 (hoặc b_0) bắt đầu từ cửa cuối cống có độ sâu h_r và vẽ ngược lên phía đầu cống. Đường b_1 này cắt đường f-f tại điểm S có độ sâu h'' . Đó chính là độ sâu sau nước nhảy có thể xảy ra trong cống.

Nếu $h'' < d$ thì cống chảy nửa áp, 2-2 chính là vị trí thực tế của mặt cắt sau nước nhảy.

Nếu $h'' > d$ thì cống chảy có áp (thực tế không có nước nhảy nữa). Trường hợp này thường gặp hơn.

Việc xác định như trên thường mang ý nghĩa lí luận. Trong thực tế vì độ sâu phân giới thường lớn hơn hoặc gần bằng chiều cao cống, còn độ sâu sau nước nhảy h'' thường lớn hơn chiều cao cống, tức là nếu đã có nước nhảy thì trong cống thường là chảy có áp. Do vậy người ta thường dùng chỉ tiêu : trong cống có nước nhảy hay không để phân biệt cống chảy có áp hay nửa áp. Cũng như đối với cống chảy không áp ở đây ta cũng phân biệt cống dài và cống ngắn :

+ *Cống ngắn* là cống không có nước nhảy trong cống khi cửa cống được mở hết (khi $h_r < h_k$ và vẫn nhỏ hơn d).

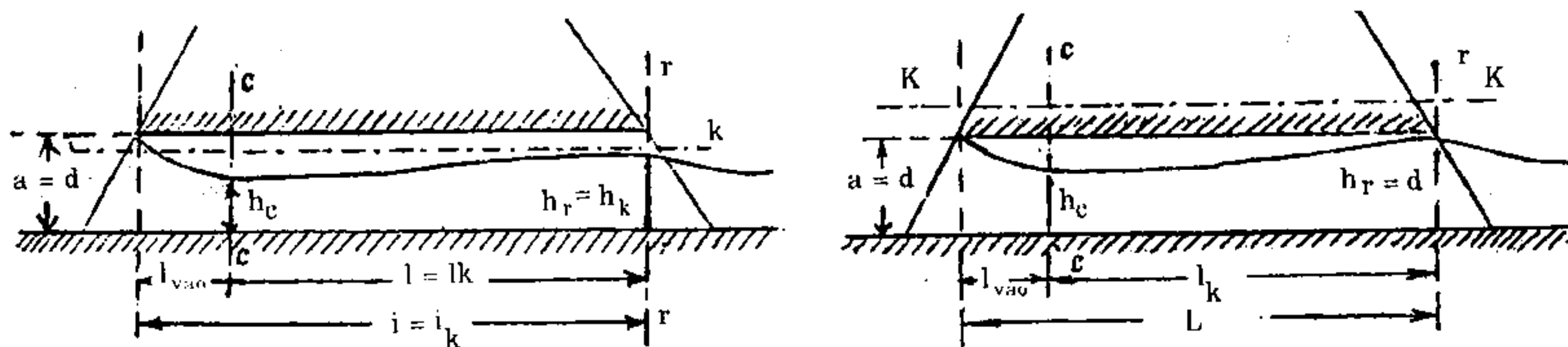
+ *Cống dài* là cống có nước nhảy trong cống. Đường nước dâng c_1 hoặc c_0 của cống dài kết thúc trong phạm vi lòng cống hoặc đến chỗ chạm vào đỉnh cống khi $h_k > d$. Cống dài thường là chảy có áp ngay cả khi mực nước hạ lưu thấp ($h_n < h_k$).

Ta cũng có trường hợp phân giới, mà tiêu chuẩn phân giới là :

$h_r = h_k$ (nếu $h_k < d$) ; hoặc $h_r = d$ (nếu $h_k > d$).

Trong trường hợp này chiều dài cống là L_k bằng :

(15)



$$L_k = l_k + l_{vào}$$

Tính l_k bằng cách tính dòng không đều với độ sâu ở đầu là $h_c = \varepsilon.d$ và độ sâu ở cuối bằng h_k (khi $h_k < d$) và bằng d (khi $d < h_k$). Còn l_{vao} xác định bằng công thức kinh nghiệm.

- Vậy : + Cống ngắn là cống có $L < L_k$;
 + Cống dài là cống có $L > L_k$.

§XIII-6. CÔNG THỨC TÍNH CỐNG NGẦM CHẢY NỬA ÁP VÀ CÓ ÁP

1. Chảy nửa áp

Tính như cống hở :

+ Chảy không ngập :

$$Q = \varphi \cdot \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (16)$$

+ Chảy ngập :

$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_z)} \quad (17)$$

Khác với chảy hở là trong khi tính h_z theo (9) thì phải thay h_h bằng h_x tại mặt cắt c-c của dòng không đều trong cống. Độ sâu h_x được xác định bằng cách vẽ đường mặt nước từ cửa ra ngược lên cửa vào đến c-c với h_r là :

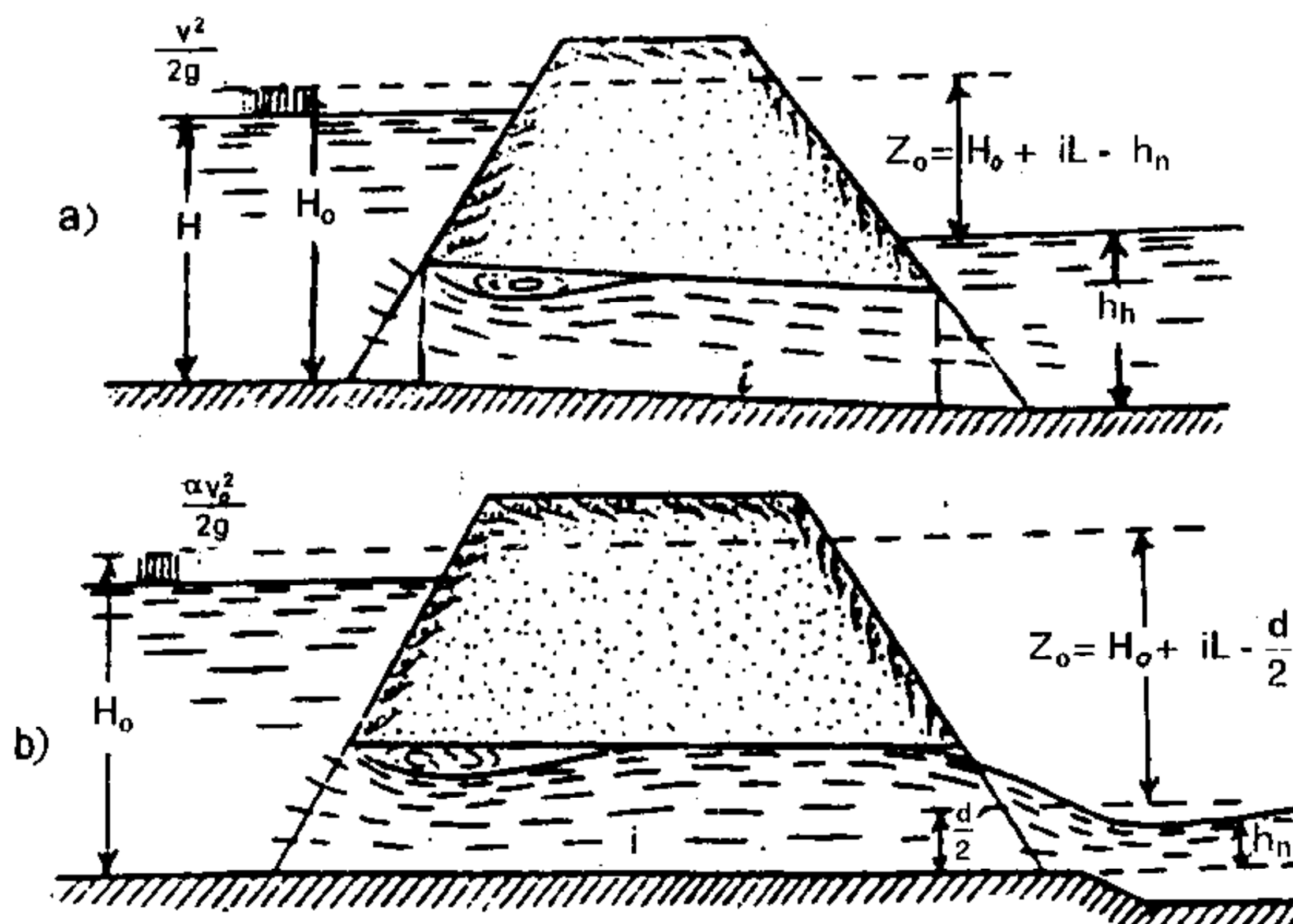
$$h_r = h_k \text{ khi } h_n < h_k \text{ và } h_r = h_n \text{ khi } h_n > h_k.$$

2. Chảy có áp

Cống chảy có áp tính như vòi hoặc ống ngắn :

$$Q = \varphi_c \cdot \omega \sqrt{2g \cdot z_0} \quad (18)$$

Trong đó : ω - diện tích mặt cắt cống ;



$$z_o = z + \frac{\alpha \cdot v_o^2}{2g}$$

với z là chênh lệch mực nước thượng hạ lưu khi mực nước hạ lưu ngập quá $1/2$ chiều cao cửa ra ;

và z là cột nước thượng lưu so với tấm cửa ra nếu mực nước hạ lưu thấp hơn $1/2$ chiều cao cửa ra.

Vậy (18) có thể viết thành :

+ Khi $h_n > d/2$:

$$Q = \varphi_c \cdot \omega \sqrt{2g(H_o + iL - h_n)} \quad (19)$$

+ Khi $h_n < d/2$:

$$Q = \varphi_c \cdot \omega \sqrt{2g(H_o + iL - \frac{a}{2})} \quad (20)$$

Trong đó :

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi_c + \frac{\lambda \cdot L}{4R}}} = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi_c + \frac{2gL}{C^2R}}} \quad (21)$$

Ví dụ XIII-1 :

Tính lưu lượng Q chảy dưới cửa cống phẳng với $H = 2,5m$, $v_o \approx 0$,
 $a = 0,5$, $h_n = 2m$, $b = 2,8m$, $\varphi = 0,9$.

Giải :

$v_o \approx 0$ dẫn đến $H_o = H$

$$\frac{a}{H} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2$$

Tra bảng phụ lục 10 $\varepsilon = 0,62$

$$h_c = \varepsilon \cdot a = 0,62 \times 0,5 = 0,31m$$

$$h''_c = \tau_c \cdot H = 0,534 \times 2,5 = 1,335m$$

$h_c < h_n$ cống ở trạng thái chảy ngập

$$Q = \varphi \cdot \varepsilon \cdot a \cdot b \sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$h_z = \sqrt{h_n^2 - M \left(H_o - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2}$$

$$M = 4 \varepsilon^2 \varphi^2 a^2 \cdot \frac{h_n - h_c}{h_c \cdot h_n} = 4 \times 0,62^2 \times 0,9^2 \cdot 0,5^2 \frac{2 - 0,31}{2 \times 31} = 0,85$$

$$h_z = \sqrt{2^2 - 0,85 \left(2,5 - \frac{0,85}{4} \right)} + \frac{0,85}{2}$$

$$= \sqrt{4 - 1,944} + 0,425 = 1,86m$$

$$Q = \varepsilon \cdot \varphi \cdot a \cdot b \sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$= 0,62 \times 0,9 \times 0,5 \times 2,8 \times 4,43 \sqrt{2,5 - 1,86} = 2,76 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Ví dụ XIII-2 :

Tính độ cao mở cống a để tháo lưu lượng $2,25 \text{ m}^3/\text{s}$ dưới cửa cống phẳng lộ thiên với $H_0 = 2,5\text{m}$, $b = 4,5\text{m}$, $h_n = 2\text{m}$, $\varphi = 0,95$.

Giải :

Xác định chế độ chảy

$$F(\tau_c) = \frac{q}{\varphi \cdot H_0^{3/2}} = \frac{2,25}{4,5 \times 0,95 \cdot (2,5)^{3/2}} = 0,133$$

$$\tau_c = 0,035$$

$$\tau'_c = 0,31 \quad h''_c = H_0 \cdot \tau'_c = 0,31 \times 2,5 = 0,775$$

$h''_c < h_n$ vậy cống chảy ngập.

Vậy
$$h_c = \varepsilon \cdot a = \frac{Q}{\varphi \cdot b \sqrt{2g(H_0 - h_z)}}$$

Ta phải tính h_z theo công thức :

$$h_z^2 + A \sqrt{H_0 - h_z} - B = 0$$

$$A = 2 \sqrt{\frac{2}{g}} \times \alpha \varphi q = 2 \sqrt{\frac{2}{9,81}} \times 1 \times 0,95 \times \frac{2,25}{4,5} = 0,42 \text{ m}^{3/2}$$

$$B = h_n^2 + \frac{2\alpha_0 q^2}{gh_n} = 2^2 + \frac{2 \times 1 \times 2,25^2}{9,81 \times 2 \times 4,5^2}$$

$$= 4,025 \text{ m}^2$$

Thay vào phương trình trên giải ra được

$$h_z = 1,95$$

$$h_c = \varepsilon \cdot a = \frac{2,25}{0,95 \times 4,5 \times 4,43 \sqrt{2,5 - 1,95}} = 0,16$$

$$\tau_c = \frac{h_c}{H} = \frac{\varepsilon \cdot a}{H} = \frac{0,16}{2,5} = 0,064$$

Tra bảng phụ lục 10 được $\frac{a}{H} = 0,1$

Vậy $a = 0,1H = 0,1 \times 2,5 = 0,25\text{m}$

Ví dụ XIII-3 :

Tính độ sâu H trước cống phẳng lộ thiên với $b = 5,0\text{m}$, $a = 0,8\text{m}$. Biết lưu lượng $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, $h_n = 2\text{m}$, $\varphi = 0,95$.

Giải :

Xác định chế độ chảy

Giả thiết $\varepsilon = 0,625$

$$h_c = \varepsilon \cdot a = 0,625 \cdot 0,8 = 0,5\text{m}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h''_c = \frac{h_c}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \frac{\alpha q^2}{g h_c^3}} - 1 \right]$$

$$= \frac{0,5}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \frac{2^2}{9,81 \cdot 0,5^3}} - 1 \right] = 1,04\text{m}$$

$h''_c > h_n$ - chảy ngập sau cống.

$$Q = \varepsilon \varphi \cdot a \cdot b \sqrt{2g(H_0 - h_z)}$$

$$H_0 = \frac{q^2}{\varphi^2 \varepsilon^2 a^2 2g} - h_z$$

$$h_z = \sqrt{h_n - \frac{2\alpha_0 \cdot q^2}{g} \times \frac{h_n - h_c}{h_n \cdot h_c}}$$

$$= \sqrt{2 - \frac{2 \times 2^2}{9,81} \cdot \frac{2 - 0,5}{2 \times 0,5}} = 1,67\text{m}$$

$$H_0 = \frac{2^2}{0,95^2 \times 0,625^2 \times 0,8^2 \times 19,62} - 1,67$$

$$= 2,57\text{m}$$

Tính lại để kiểm tra giả thiết $\varepsilon = 0,625$.

$$\frac{a}{H} \approx \frac{a}{H_0} = \frac{0,8}{2,57} = 0,31$$

Tra bảng phụ lục 10 có $\varepsilon = 0,626$.

Như vậy $\varepsilon_{tt} \approx \varepsilon_{gt}$

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$$

$$H = H_0 - \frac{\alpha v_0^2}{2g} = 2,57 - \frac{Q^2}{(b H_0)^2 \cdot 2g}$$

$$= 2,54\text{m}$$

Ví dụ XIII-4 :

Cống lấy nước dưới đập mặt cắt chữ nhật có $b = 12\text{m}$, $d = 1,6\text{m}$, dài 60m bằng bê tông có hệ số nhám $n = 0,014$, đáy nằm ngang, cột nước thượng lưu $H = 8\text{m}$. Xác định chế độ chảy và tính lưu lượng khi mở hoàn toàn $a = d$, $h_n = 1,4\text{m}$.

Giải :

Xác định chế độ chảy trong cống :

- Cần xác định trạng thái chuyển động của nước trong cống - tức quan hệ giữa d , h_k .

- So sánh l_d và l

l_d : Chiều dài đoạn nước dâng $h = h_c$ đến $h = d$

l : Chiều dài cống

Giả thiết dòng chảy trong cống là bán áp

$$Q = \varphi \cdot a \cdot b \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$
$$\frac{a}{H} = \frac{1,6}{8} = 0,2$$

Theo bảng phụ lục 10 có:

$$\varepsilon = 0,62, h_c = \varepsilon \cdot a = 0,62 \times 1,6 = 0,992\text{m}$$

Giả thiết dòng chảy trong cống là nửa áp không ngập

$$Q = \varphi \cdot \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g(H_0 - h_c)} = 0,95 \cdot 0,62 \cdot 1,6 \times 1,2 \sqrt{19,62(8 - 0,992)}$$
$$= 13,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q = \frac{13,26}{1,2} = 11,05 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{11,05^2}{9,81}} = 2,3\text{m}$$
$$h_k > d > h_n$$

Xác định chiều dài đoạn nước dâng từ $h = h_c$ đến $h = d$

$$l_{cd} = \frac{\Delta \vartheta}{i - j} = \frac{\vartheta_d - \vartheta_c}{i - J}$$

$$\vartheta_d = d + \frac{\alpha q^2}{d^2 \cdot 2g} = 1,6 + \frac{(11,05)^2}{(1,6)^2 \cdot 19,62} = 4\text{m}$$

$$\vartheta_c = h_c + \frac{q^2}{h_c^2 \cdot 2g} = 0,992 + \frac{11,05^2}{(0,992)^2 \cdot 19,62} = 7,28\text{m}$$

$$\bar{J} = \frac{J_c + J_d}{2}$$

$$(C\sqrt{R})_d = 71,43$$

$$(C\sqrt{R})_c = 94,92$$

$$J_c = \frac{V_c^2}{(C\sqrt{R})_c^2} = 0,024$$

$$J_d = \frac{V_d^2}{(C\sqrt{R})_d^2} = 0,0055$$

$$\bar{J} = \frac{0,0055 + 0,024}{2} = 0,0147$$

$$l_{cd} = \frac{4 - 7,28}{-0,0147} = 223\text{m}$$

$l_{cd} > l$ dẫn đến $h_r < d$ chiều sâu dòng chảy cuối cùng chưa chạm trần cống. Như vậy điều giả thiết đầu : Dòng chảy bán áp trong cống là đúng.

Ví dụ XIII-5 :

Cống lấy nước qua thân đập đất mặt cắt tròn, đường kính $d = 1,5\text{m}$, dài $l = 50\text{m}$ (kể từ cửa cống đến cửa ra), $n = 0,014$, đáy nằm ngang $i = 0$. Tính lưu lượng Q khi mở cống hoàn toàn. $H = 10\text{m}$, $h_n = 1$. Chế độ chảy cho biết là nửa áp.

Giải :
$$Q = \varphi \cdot \omega_c \cdot \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

$h_c = \varepsilon \cdot a$ lấy theo hình chữ nhật $H_0 = 10\text{m}$, $a = d = 1,5\text{m}$.

$$\frac{a}{H_0} = \frac{1,5}{10} = 0,15$$

Theo bảng phụ lục 10 : $\varepsilon = 0,618$

$$h_c = \varepsilon \cdot a = 0,618 \times 1,5 = 0,927\text{m}$$

$$S_c = \frac{h_c}{d} = \frac{0,927}{1,5} = 0,618$$

Tra bảng phụ lục 11

$$\bar{\omega} = \frac{\omega_c}{d^2} = 0,51$$

$$\omega_c = \bar{\omega} \cdot d^2 = 0,51 \cdot 1,5^2 = 1,15\text{m}^2$$

$$Q = \varphi \omega_c \cdot \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \\ = 0,95 \cdot 1,15 \cdot 4,43 \sqrt{(10 - 0,907)} = 14,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ví dụ XIII-6 :

Cống ngầm dưới đập mặt cắt chữ nhật rộng $b = 2\text{m}$, cao $d = 2,4\text{m}$, nền cống có $i = 0$. Cống bằng bê tông $n = 0,014$, $H = 10\text{m}$. Cống mở hoàn toàn. Chế độ chảy trong cống có áp, $L = 60\text{m}$. Xác định lưu lượng qua cống.

Giải :

$$Q = \varphi_c \omega \sqrt{2g(H_0 + iL) - h_n}$$

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\zeta_r + \zeta_{ch} \zeta_{dm} + \frac{2gL}{C^2 \cdot R}}}$$

Với $\zeta_r = 1$, $\zeta_{ch} + \zeta_{dm} = 0,5$; $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{9,6}{4,8} = 0,5\text{m}$

$$C\sqrt{R} = 46$$

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,5 + \frac{9,81 \times 2 \times 60}{46^2}}} = 0,75$$

$$Q = 0,75 \cdot 4,8 \times 4,43 \times \sqrt{10 - 2,6} = 43,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ví dụ XIII-7 :

Cống tròn dưới đập có đường kính $d = 2\text{m}$, $n = 0,014$, chiều dài cống $L = 60\text{m}$, $i = 0$. Tính độ mở cống khi $Q = 14 \text{ m}^3/\text{s}$, $H = 8\text{m}$, $h_n = 1,2\text{m}$. Xác định độ mở a .

Giải :

Trước hết giả thiết chảy bán áp không ngập, lưu lượng tính theo công thức :

$$A = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

$$\omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} = \frac{Q}{\varphi \sqrt{2g}} = \frac{14}{0,95 \times 4,43} = 3,33$$

$s = \frac{h}{d}$ với độ sâu h_c ta có :

$$s_c = \frac{h_c}{d} \rightarrow h_c = s_c \cdot d ;$$

Giải bằng phương pháp thử dần

$$\omega_c \cdot \sqrt{H_0 - h_c} = 3,33$$

thay $\omega_c = \bar{\omega} \cdot d^2$

$$h_c = s_c \cdot d$$

$$\bar{\omega} \cdot d^2 \sqrt{H_0 - s_c \cdot d} = 3,33$$

Giải ra ta được $h_c \approx 0,84\text{m}$

Giả thiết $\varepsilon = 0,62$

$$a = \frac{h_c}{\varepsilon} = \frac{0,84}{0,62} = 1,35\text{m}$$

Tính lại $\frac{a}{H} = \frac{1,35}{8} = 0,17$, tra bảng phụ lục 10 ta có $\varepsilon = 0,62$. Như vậy giả thiết $\varepsilon = 0,62$ là hợp lí.

$$a = 1,35\text{m}$$

Xét lại trạng thái chảy.

Giả thiết đường nước dâng c_0 . Xác định chiều dài $l_k = l_{cd}$ từ $h = h_k$ đến $h = d$.

$$l_{cd} = \frac{\Delta \vartheta}{i - J}$$

$$\Delta \vartheta = \vartheta_d - \vartheta_c$$

$$\vartheta_d = h_d + \frac{\alpha V_d^2}{2g} = 2 + 1 = 3\text{m}$$

$$\vartheta_c = h_c + \frac{\alpha V_c^2}{2g} \approx 0,84 + 6,39 = 7,23\text{m}$$

$$\bar{J} = \frac{J_c + J_d}{2}$$

$J_c = \frac{v_c^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{K_c^2}$. K_c tính cho kênh kín như trong chương VIII - dòng chảy đều không áp trong kênh (Thủy lực tập I). Khi $h = d$; $K_o = 138.10^3$ l/s.

$K_c = a.K_o$; tra đồ thị $a = f\left(\frac{h_c}{d}\right)$ cho ống tròn (trang 162 TL I) $a = 0,35$.

$$K_c = 0,35.138.10^3 = 48,3.10^3 \text{ l/s}$$

Có K_c , tính

$$(C\sqrt{R})_c = \frac{K_c}{\omega_c} = \frac{48,3}{1,25} = 38,64.$$

$$J_c = \frac{V_c^2}{(C\sqrt{R})_c^2} = \frac{125}{1493} = 0,084$$

$$J_D = \frac{Q^2}{K_o^2} = \frac{14^2}{(138)^2} = 0,0103$$

$$\bar{J} = \frac{0,084 + 0,0103}{2} = 0,047$$

$$l_{cd} = \frac{3 - 7,23}{-0,047} = 90\text{m} > L$$

$l_{cd} > L$ như vậy chiều sâu dòng chảy trong cống h_1 từ cc đến cuối ống $h_1 < d$ dòng chảy trong cống là bán áp. Giả thiết ban đầu là đúng.

Ví dụ XIII-8 :

Cống tròn dưới đê dài $L = 160\text{m}$, $d = 1,50\text{m}$, $b = 1,2\text{m}$, $n = 0,014$, $i = 0$. Xác định hình thức chảy và chiều cao cột nước H_o trước cống khi mở van hoàn toàn $Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$, $h_n = 2\text{m}$.

Giải : $h_n > d$ sẽ là chảy ngập nếu $h_r > d$, $q = \frac{Q}{b} = \frac{8}{1,2} = 6,67 \text{ m}^2/\text{s}$.

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{6,67^2}{9,81}} = 2,13 > d.$$

Giả thiết $\varepsilon = 0,62 \rightarrow h_c = \varepsilon.a = 0,62.1,5 = 0,93\text{m}$. Xác định chiều dài đoạn nước dâng c_o từ cc đến $h = h_d = d$.

$$l_{cd} = \frac{\Delta \vartheta}{i - \bar{J}} = \frac{\vartheta_d - \vartheta_c}{i - \bar{J}}; \quad \vartheta_c = h_c + \frac{\alpha V_c^2}{2g}$$

$$= 0,93 + 2,62 = 3,55\text{m}$$

$$\vartheta_d = h_d + \frac{\alpha v_d^2}{2g} = 1,5 + 1,45 = 2,95\text{m}$$

$$\bar{J} = \frac{J_c + J_d}{2}$$

$$J_c = \frac{v_c^2}{(C^2R)_c} = \frac{44,5}{2624} = 0,017 ;$$

$$J_d = \frac{v_d^2}{(C^2R)_d} = \frac{28,4}{(91,3)^2} = 0,003$$

$$\bar{J} = \frac{0,017 + 0,003}{2} = 0,01$$

$$l_{cd} = \frac{2,95 - 3,55}{-0,01} = 60\text{m}$$

$l_{cd} < L$ dòng chảy trong cống là chảy ngập khi $h_n > d$

$$Q = \varphi_c \cdot \omega \sqrt{2g(H_o - h_n)}$$

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\Sigma \xi_c + \frac{2gL}{C^2R}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,5 \frac{2 \times 9,81 \cdot 100}{(91,3)^2}}} = 0,75$$

$$H_o - h_n = \frac{Q^2}{\varphi^2 \cdot \omega^2 \cdot 2g} = \frac{64}{0,503 \cdot 3,24 \cdot 19,62} = 1,76\text{m}$$

$$H_o = 1,76 + h_n = 3,76\text{m}$$

Ví dụ XIII-9 : Xác định lưu lượng Q chảy dưới của cống phẳng $H = 2\text{m}$, $v_o = 0,75 \text{ m/s}$, $a = 0,7\text{m}$, $b = 3\text{m}$, $\varphi = 0,95$, $h_n = 1,2\text{m}$.

Đáp số : $Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$

Ví dụ XIII-10 : Tính độ cao mở cống a để tháo lưu lượng $Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ dưới cửa cống phẳng lộ thiên với $H_o = 4\text{m}$, $b = 3\text{m}$, $h_n = 1,5$, $\varphi = 0,95$.

Đáp số : $a = 0,4\text{m}$

Ví dụ XIII-11 : Cống chữ nhật $b = 4\text{m}$, cửa cống mở cao $a = 0,6\text{m}$, lưu lượng $Q = 8\text{m}^3/\text{s}$. Tính độ sâu trước cống, biết $h_n = 1,5\text{m}$, $\varphi = 0,95$, $B_{II} = 6\text{m}$.

Đáp số : $H = 2,4\text{m}$

Ví dụ XIII-12 : Cống lấy nước dưới đập mặt cát chữ nhật có $b = 1,2\text{m}$ đáy nằm ngang $i = 0$, $d = 1,6\text{m}$, $b = 250\text{m}$, bằng bê tông $n = 0,014$, lưu lượng $Q = 14,5 \text{ m}^3/\text{s}$ khi mở toàn bộ cống, $H = 10\text{m}$, $h_n = 1,4\text{m}$. Xác định chế độ chảy.

Đáp số : $h_n < d$ - dòng chảy trong cống là nửa áp.