

CHƯƠNG 8. ĐƯỜNG HẦM THỦY CÔNG

Biên soạn: PGS.TS Nguyễn Chiến

§8.1 ĐIỀU KIỆN SỬ DỤNG, PHÂN LOẠI VÀ CÁCH BỐ TRÍ

I. ĐIỀU KIỆN SỬ DỤNG

Đường hầm thủy công là loại công trình dẫn tháo nước được xây dựng ngầm dưới đất, thường là đục xuyên qua núi đá. Đường hầm thủy công có những đặc điểm chung của các loại công trình ngầm là chịu tác dụng của áp lực đất đá, nước ngầm từ phía ngoài. Ngoài ra đường hầm thủy công cũng có đặc điểm riêng là thường xuyên chịu tác động của nước (các loại tác động cơ học, hoá - lý, sinh học) từ phía bên trong.

Đường hầm thủy công được sử dụng trong các trường hợp sau:

- 1- Khi địa hình tại khu công trình đầu mối chật hẹp, bờ dốc, núi đá, không có vị trí thích hợp để bố trí công trình dẫn, tháo nước hở ;
- 2- Khi phải dẫn nước, tháo nước cho trạm thủy điện ngầm ;
- 3- Khi tuyến dẫn nước qua vùng rừng núi rậm rạp, địa hình phức tạp ;
- 4- Khi tuyến dẫn nước qua sườn núi dễ bị sạt lở, đá lăn.

Nói chung việc xây dựng đường hầm thủy công cần được luận chứng trên cơ sở so sánh kinh tế – kỹ thuật với các phương án công trình dẫn, tháo nước kiểu hở.

II. PHÂN LOẠI

Có thể phân loại đường hầm thủy công theo một số tiêu chí sau đây:

1. Theo nhiệm vụ:

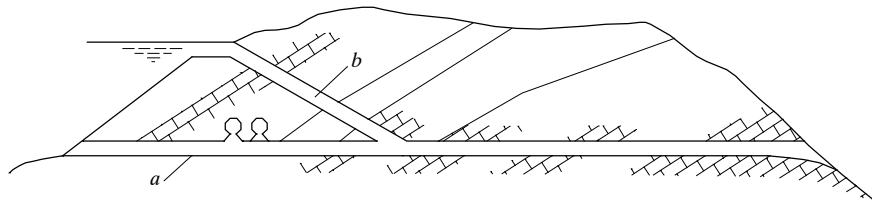
a. Đường hầm lấy nước và dẫn nước:

Đường hầm lấy nước được xây dựng để lấy nước từ hồ chứa, sông ngòi cho mục đích tưới, phát điện, cấp nước dân dụng, công nghiệp ...

Đường hầm dẫn nước được xây dựng trên tuyến dẫn nước tại những nơi có địa hình phức tạp để rút ngắn tuyến hoặc giảm khối lượng, giá thành công trình.

b. Đường hầm tháo nước: có nhiệm vụ tháo lũ từ hồ chứa, dẫn dòng thi công, tháo nước cho trạm thủy điện ngầm. Trong thực tế thường kết hợp đường hầm dẫn dòng thi công với tháo lũ lâu dài (hình 8-1). Khi đó phần cửa vào đường hầm thường được đặt ở các cao trình khác nhau theo từng giai đoạn:

- Khi dẫn dòng thi công, cửa vào đường hầm đặt thấp để giảm cao trình kê quai và khắc phục những khó khăn trong công tác lắp dòng.
- Khi tháo nước lâu dài, cửa vào đường hầm được nâng lên cao hơn để phù hợp với điều kiện khai thác công trình, để giảm nhẹ lực đóng mở cửa van...



Hình 8-1. Bố trí kết hợp đường hầm dẫn dòng thi công và tháo nước lâu dài.

a- Đoạn vào của giai đoạn dẫn dòng thi công;

b- Đoạn vào của giai đoạn tháo nước lâu dài.

2- Theo điều kiện thủy lực

a. *Đường hầm có áp*: là loại đường hầm có nước choán đầy mặt cắt khi nó làm việc. Áp lực nước từ bên trong đường hầm thường là lớn, có khi tới hàng trăm mét. Ngoài ra ở chế độ làm việc không ổn định vỏ đường hầm còn chịu tác động mạnh của áp lực nước va (thường xảy ra ở các đường hầm dẫn nước nối thẳng với tổ máy của trạm thủy điện).

Đường hầm có áp thường được sử dụng trong các trường hợp:

- Khi mực nước thượng lưu thay đổi nhiều.
- Khi yêu cầu dòng chảy phải có áp (đường hầm dẫn nước nối thẳng với tổ máy thủy điện).
- Khi so sánh kinh tế – kỹ thuật cho thấy đường hầm có áp là lợi hơn.

b. *Đường hầm không áp*: là loại đường hầm mà khi làm việc, nước choán không đầy mặt cắt (có một khoảng lưu không nhất định). So với đường hầm có áp thì ở loại này, áp lực nước tác dụng từ bên trong đường hầm nhỏ hơn nhiều; chế độ làm việc (chịu lực) của vỏ đường hầm cũng ít phức tạp hơn. Tuy nhiên, trong tính toán thủy lực đường hầm không áp, cần chú ý đảm bảo chế độ chảy không áp ổn định, tránh các trường hợp chuyển đổi chế độ chảy sang bán áp, có áp.

Đường hầm không áp được sử dụng khi:

- Mực nước thượng lưu và lưu lượng qua đường hầm ít thay đổi;
- Yêu cầu dòng chảy phải là không áp (khi đường hầm có kết hợp giao thông thủy);
- Khi so sánh kinh tế – kỹ thuật cho thấy đường hầm không áp là có lợi hơn.

III. HÌNH THỨC MẶT CẮT NGANG CỦA ĐƯỜNG HẦM

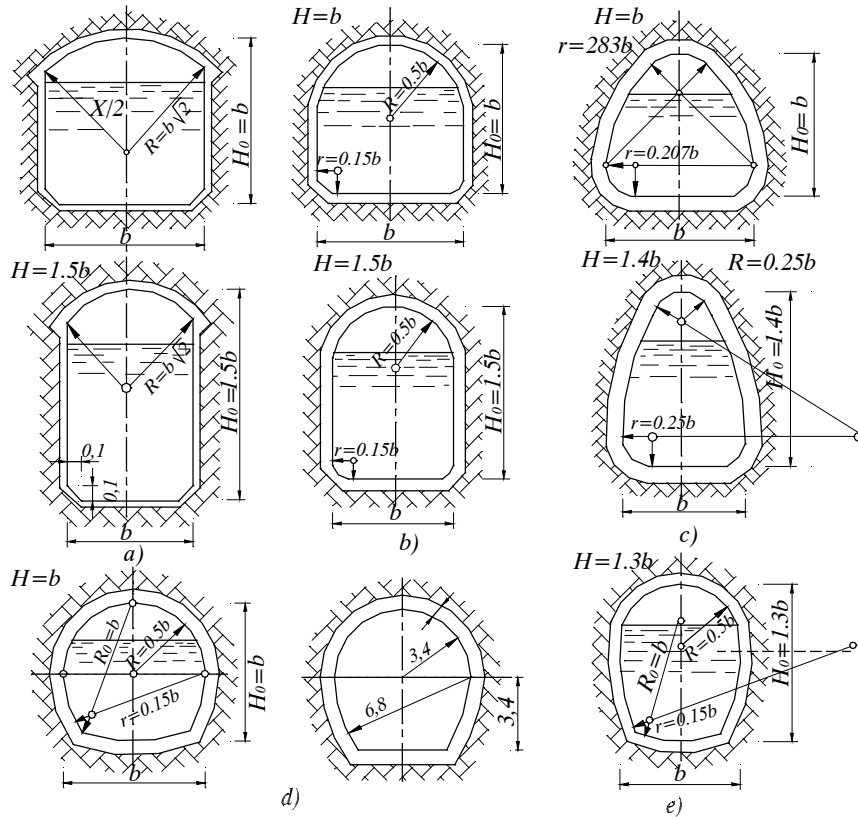
Hình thức mặt cắt ngang của đường hầm được quyết định chủ yếu dựa vào điều kiện chịu lực và điều kiện thi công. Nguyên tắc chung là nên chọn hình thức mặt cắt đơn giản phù hợp với điều kiện thi công. Về mặt chịu lực, thường phân biệt mặt cắt của đường hầm không áp và đường hầm có áp.

1- Mặt cắt đường hầm không áp

Có các dạng như sau:

- Mặt cắt có phần dưới là chữ nhật, thường có vát góc; phần đỉnh là vòm thấp (hình 8-2a). Loại này được dùng khi đường hầm đào qua tầng đá rắn chắc có hệ số kiên cố $f_k > 8$, không có áp lực đá núi tác dụng lên đường hầm.

- Mặt cắt có phần dưới là chữ nhật, phần đỉnh là vòm nửa đường tròn (hình 8-2b): dùng khi đá núi có $4 < f_k \leq 8$, thường chỉ có áp lực đá núi thẳng đứng.



Hình 8-2. Các hình thức mặt cắt của đường hầm không áp

- Mặt cắt dạng vòm cao (hình 8-2c): dùng khi đá núi có $2 < f_k \leq 4$, áp lực đá theo phương đứng lớn hơn phương ngang.

- Mặt cắt hình móng ngựa (hình 8-2d), tức vòm cong theo cả hai hướng - lên trên và xuống dưới, được dùng khi đá núi có $f_k \leq 2$, lớp lót đường hầm chịu áp lực đá núi từ trên đỉnh, hai bên và cả từ dưới đáy.

- Mặt cắt hình tròn: được dùng khi các thớ đá nằm nghiêng, áp lực đá lên mặt cắt đường hầm không đối xứng qua trục thẳng đứng, hay khi áp lực nước ngấm lên áo đường hầm rất lớn.

2. Mặt cắt đường hầm có áp

Đường hầm có áp thường làm mặt cắt hình tròn. Loại này có điều kiện thủy lực và điều kiện chịu lực tốt.

Khi cột nước áp lực (tính bằng mét) kể từ trung tâm mặt cắt đường hầm trở lên không vượt quá 3 lần chiều cao của đường hầm thì có thể dùng hình thức mặt cắt của hầm không áp, nhưng phải tiến hành các phân tích kinh tế – kỹ thuật một cách đầy đủ.

IV. TUYẾN ĐƯỜNG HẦM

Việc lựa chọn tuyến là một khâu rất quan trọng trong thiết kế đường hầm. Yếu tố quan trọng nhất trong việc chọn tuyến là phải phân tích kỹ điều kiện địa hình địa chất, khả năng thi công và điều kiện sử dụng.

1. Điều kiện địa chất: đường hầm cần đào qua khu vực đá tốt và đồng nhất, tránh đi qua những khu vực có đá xấu, có khả năng tự sạt trượt, mực nước ngầm cao và lượng nước thấm lớn.

2- Về địa hình và khả năng thi công:

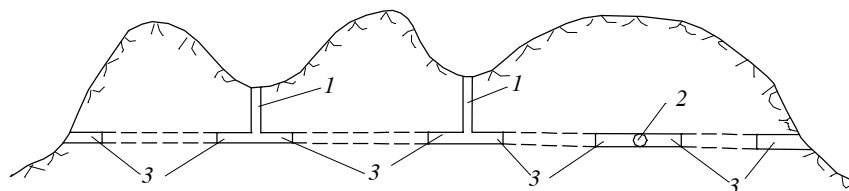
- Không bố trí đường hầm gần sát mặt đất đá thiên nhiên mà phải đảm bảo một độ chôn sâu nhất định: $h_d \geq 3h_t$, trong đó:

h_d - chiều dày lớp đất đá trên đỉnh đường hầm ;

h_t - chiều cao mặt cắt đường hầm.

- Dọc tuyến đường hầm có những vị trí có thể bố trí giếng đứng hay hầm ngang để vận chuyển đất đá, tăng được diện công tác khi thi công đào hầm (hình 8-3).

- Tuyến đường hầm cần đặt cách xa các công trình khác một khoảng nhất định để có thể bố trí đào bằng nổ mìn.



Hình 8-3. Cắt dọc tuyến đường hầm

1. Các giếng đứng để vận chuyển đất đá; 2. Hầm ngang;

3. Các nhánh công tác khi đào đường hầm.

3. Về điều kiện sử dụng:

- Tốt nhất là chọn đường hầm tuyến thẳng (khi điều kiện địa hình, địa chất cho phép).

- Khi buộc phải làm tuyến cong thì cần khống chế $R \geq 5B$, trong đó R là bán kính cong, B là bề rộng mặt cắt đường hầm. Khi lưu tốc $V \leq 10\text{m/s}$, cần khống chế góc ngoặt $\alpha \leq 60^\circ$. Khi $V > 10\text{m/s}$, bán kính R cần xác định thông qua thí nghiệm.

§8-2. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC ĐƯỜNG HẦM

Tính toán thủy lực đường hầm thủy công bao gồm việc đảm bảo khả năng chuyển nước với lưu lượng tính toán đã cho trong tất cả các chế độ làm việc của hồ chứa hay trạm thủy điện, giữ được chế độ thủy lực ổn định (có áp hay không có áp), loại trừ các hiện tượng thủy lực bất lợi như chân không – khí thực tại các bộ phận công trình có đột biến về đường biên, nước va vượt quá mức cho phép trong đường hầm có áp, hiện tượng thoát khí gây tiếng nổ trong đường hầm có chế độ thủy lực thay đổi ...

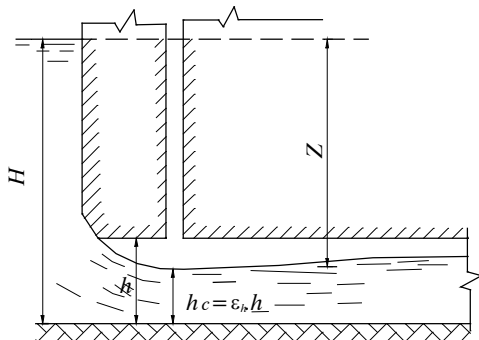
Sau đây trình bày nội dung tính toán thủy lực trong trường hợp đường hầm có chế độ chảy ổn định. Các trường hợp chảy không ổn định có liên quan đến việc đóng mở đột ngột tổ máy thủy điện như hiện tượng nước va, sóng gián đoạn được trình bày trong các tài liệu chuyên môn.

I-TÍNH TOÁN THUỶ LỰC ĐƯỜNG HẦM KHÔNG ÁP

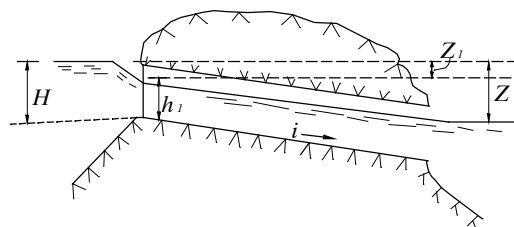
Để tính toán thủy lực đường hầm thường phân biệt 3 bộ phận của nó: cửa vào, thân đường hầm, cửa ra.

1. Cửa vào

Trong thực tế, các đường hầm tháo nước và lấy nước từ hồ chứa, cửa vào có thể bị ngập sâu dưới mực nước thượng lưu (hình 8-4); những đường hầm được xây dựng trên hệ thống dẫn nước, tháo lũ thi công cửa vào có thể không bị ngập (hình 8-5).



Hình 8-4. Sơ đồ dòng chảy có cửa vào bị ngập



Hình 8-5. Dòng chảy ở đường hầm không áp cửa vào không ngập

Khi cửa vào ngập, lưu lượng tháo qua đường hầm được tính theo công thức chảy qua lỗ:

$$Q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot (H - \epsilon_h \cdot h)} \quad (8-1)$$

trong đó:

μ - hệ số lưu lượng, phụ thuộc vào hình dạng và mức độ thu hẹp tại cửa vào;

ω - diện tích mặt cắt ngang cuối đoạn cửa vào;

h - độ cao mặt cắt ngang cuối đoạn cửa vào;

H - độ sâu nước trước cửa vào (tính đến đáy cửa vào);

ε_h - hệ số co hẹp theo phương đứng.

Khi cửa vào không ngập lưu lượng tháo qua đường hầm có thể tính như lưu lượng chảy qua đập tràn:

$$Q = m \cdot \sigma_n \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_o^{3/2}, \quad (8-2)$$

trong đó: m - hệ số lưu lượng của ngưỡng tràn;

b - bề rộng ở cuối đoạn cửa vào;

σ_n - hệ số ngập, $\sigma_n = f(h_1/H_o)$, tra ở sổ tay thủy lực;

h_1 - độ sâu ở sau mặt cắt co hẹp;

H_o - cột nước toàn phần trên ngưỡng tràn: $H_o = H + \frac{V_o^2}{2g}$

V_o - lưu tốc tới gần.

2. Thân đường hầm

Thân đường hầm thường có chiều dài lớn. Khi tính toán phân biệt các trường hợp sau:

a. Khi tính toán khẩu diện: ứng với mực nước thấp ở thượng lưu và đường hầm cần tháo lưu lượng thiết kế Q_{TK} . Trường hợp này thường gặp khi tính toán các đường hầm lấy nước, dẫn nước, đường hầm xả lũ thi công.

Mô hình thủy lực trong trường hợp này là dòng chảy đều trong kênh hở. Độ sâu dòng chảy đều h_o có quan hệ với độ dốc dọc của đường hầm i như sau:

$$i = V^2 / (C^2 \cdot R), \quad (8-3)$$

trong đó: V - lưu tốc bình quân mặt cắt;

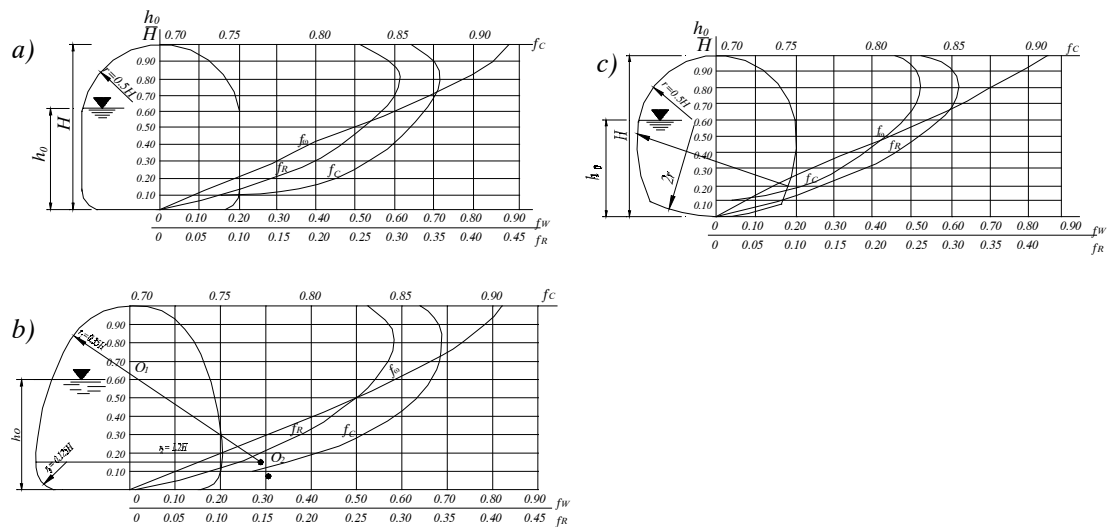
C - hệ số Sedy phụ thuộc vào độ nhám n và bán kính thủy lực R của mặt cắt ướt.

Các trị số V , C , R đều tính với độ sâu dòng đều h_o . Tùy theo dạng mặt cắt đường hầm (xem hình 8-6), các đặc trưng thủy lực của mặt cắt được xác định như sau:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= H^2 \cdot f_\omega(h_o/H); \\ R &= H \cdot f_R(h_o/H); \\ C &= \frac{1}{n} \cdot H^{0.11} \cdot f_c(h_o/H), \end{aligned} \right\} \quad (8-4)$$

trong đó: H - chiều cao toàn bộ của mặt cắt.

Các trị số f_ω , f_R , f_c tra trên đồ thị hình (8 – 6) ứng với trị số h_o/H . Các đồ thị này được lập khi tính hệ số Sedy theo Pavlopki $C = \frac{1}{n} \cdot R^y$ với $y = 0,11$.



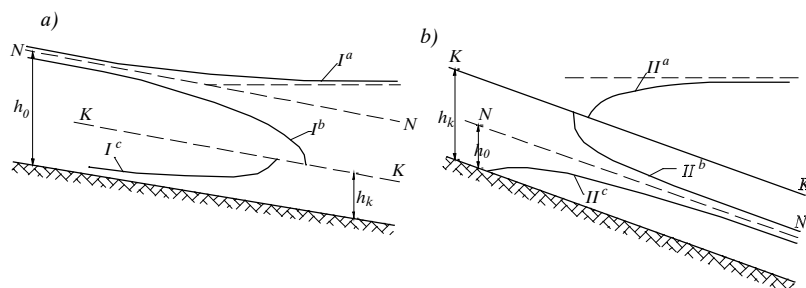
Hình 8-6. Biểu đồ xác định các hàm f_{ω} , f_R , f_c cho các dạng mặt cắt.

a- Hình chữ nhật có vòm đỉnh nửa tròn; b- Vòm cao;

c- Vòm hai hướng, hình móng ngựa.

b. Đối với các trường hợp khác

Do điều kiện mực nước thượng, hạ lưu đường hầm thay đổi, hay khi sử dụng cửa van để điều tiết lưu lượng, trạng thái chảy đều trong đường hầm bị phá vỡ, hình thành dòng không đều với đường nước dâng hoặc đường nước hạ. Tùy theo độ dốc đường hầm i và các điều kiện biên, các dạng đường mặt nước trong đường hầm không áp như thể hiện trong hình 8-7.



Hình 8-7. Các dạng đường mặt nước trong lòng dẫn hở

a. Trường hợp $i < i_k$; b. Trường hợp $i > i_k$

Phương pháp vẽ đường mặt nước được trình bày trong các sổ tay tính toán thủy lực. Khi tính toán, các thông số thủy lực của mặt cắt lấy theo hình (8-6), trong đó f_{ω} , f_R , f_c tra theo đối số h/H .

Muốn đảm bảo dòng chảy trong đường hầm là không áp, thường sử dụng các biện pháp công trình sau:

1- Làm trần đường hầm cao hơn mực nước trong đó. Khi dòng chảy trong đường hầm là êm, cần khống chế $\delta \geq 0,15h$ và $\delta > 0,4m$ (δ là độ lưu không); khi dòng chảy trong đường hầm là xiết, cần đề phòng hiện tượng tự hàm khí trên mặt thoáng, khi đó độ lưu không (xác định bởi tỷ số ω/Ω) có thể tham khảo theo bảng sau:

Bảng 8-1. Để xác định độ lưu không của đường hầm không áp chảy xiết

F_r	<10	10-20	>20
ω/Ω	0,90	0,80	0,75

Ở đây F_r - số Frút tại mặt cắt kiểm tra ;

ω - diện tích mặt cắt ướt thực tế ;

Ω - diện tích toàn bộ mặt cắt đường hầm .

2- Làm đỉnh đường hầm ở cửa ra cao hơn mực nước hạ lưu;

3- Tăng độ dốc đáy của đường hầm ;

4- Làm ống thông khí ở chỗ bắt đầu đoạn không áp .

3. Tính toán thông khí đường hầm

a- Tính toán lưu lượng thông khí cần thiết

- Khi sau van là không áp, chiều dài đường dẫn nhỏ (chiều dài không vượt quá 30-50 lần chiều sâu dòng chảy):

$$Q_{aK}=Q_{aB} \quad (8-5)$$

trong đó: Q_{aK} -lưu lượng không khí cần thiết;

Q_{aB} -lưu lượng khí bị cuốn vào vùng tách dòng sau ngưỡng, khe van, bậc thụt, xác định theo công thức thực nghiệm :

$$Q_{aB}=0,1.l_b.h_b.V_{TB}, \quad (8-6)$$

trong đó: h_b - chiều cao bậc thụt (ngưỡng);

l_b - chiều dài bậc khe, ngưỡng;

V_{TB} - lưu tốc bình quân của dòng chảy trước vị trí tách dòng.

Trong trường hợp có nhiều bộ phận tách dòng thì Q_{aB} phải là tổng của các lưu lượng khí trên từng bộ phận.

- Khi sau van là dòng không áp, chiều dài đường dẫn lớn (hơn 100 lần chiều sâu dòng chảy):

$$Q_{aK}=Q_{aB}+Q_{ac}+Q_{aM}, \quad (8-7)$$

trong đó:

Q_{aB} - như đã giả thích ở trên;

Q_{ac} - lưu lượng do tự hàm khí trên mặt thoáng dòng chảy, xác định theo công thức Ixatrenco :

$$Q_{ac} = 0,01 \cdot \sqrt{Fr - 40} \cdot Q \quad (8-8)$$

Q - lưu lượng nước;

Fr - số Frút của dòng chảy ngay sau van. Khi $Fr \leq 40$ thì coi như không có tự hàm khí.

Q_{aM} - lưu lượng khí bị cuốn vào mặt thoáng do ma sát trên mặt phân cách giữa dòng nước chảy xuôi và dòng khí chảy ngược từ phía cuối lên đầu đường hầm. Cách xác định Q_{aM} xem bài “*Vấn đề chân không và yêu cầu thông khí các cống ngầm lấy nước dưới đập*”- Tạp chí thủy lợi số 313/1996.

b - Tính toán tiết diện các ống dẫn khí

Diện tích mặt cắt ngang của ống dẫn khí được xác định theo công thức đã biết của thủy khí động học:

$$Q_{aK} = \mu_a \omega_{aK} \cdot \sqrt{2g \Delta h \cdot \gamma / \gamma_a} \quad (8-9)$$

trong đó :

μ_a -hệ số lưu lượng của ống dẫn khí, xác định theo công thức tính toán thủy lực thông thường ;

ω_{aK} -diện tích mặt cắt ngang ống dẫn khí;

Δh - cột nước chênh lệch áp lực ở đầu và cuối ống dẫn khí; khi tính cho ống dẫn khí chính thì $\Delta h = h_{ck}$ với h_{ck} - độ chân không ở khoảng không sau buồng van tính bằng mét cột nước ;

γ và γ_a lần lượt là trọng lượng riêng của nước và của không khí, trong điều kiện bình thường có thể lấy $\gamma/\gamma_a = 760$.

Khi thiết kế đường ống dẫn khí, thường khống chế lưu tốc khí trung bình trong ống không vượt quá 60m/s để tránh rung động và phát ra tiếng rít.

4. Tính toán thủy lực của ra cửa đường hầm

Tuỳ theo cao độ tương đối của cửa ra đường hầm so với đáy hạ lưu và địa chất nền hạ lưu, có thể chọn các sơ đồ tiêu năng đáy, tiêu năng mặt hay tiêu năng phóng xa.

Hình thức tiêu năng đáy thường áp dụng với các đường hầm lấy nước, dẫn nước hay đường hầm tháo nước có cột nước công tác không cao.

Hình thức tiêu năng mặt và phóng xa có thể áp dụng với các đường hầm tháo nước có cột nước công tác cao, lòng dẫn hạ lưu có địa chất là nền đá tốt.

Phương pháp tính toán nối tiếp và tiêu năng xem các sổ tay tính toán thủy lực.

II TÍNH TOÁN THUỶ LỰC ĐƯỜNG HẦM CÓ ÁP

1. Tính toán khả năng tháo nước

Khả năng tháo nước của đường hầm có áp xác định theo công thức của ống có áp nói chung:

$$Q = \mu \omega_r \cdot \sqrt{2gZ}, \quad (8-9)$$

trong đó :

ω_r - diện tích mặt cắt ngang tính toán (thường lấy ở cửa ra) của đường hầm;

μ - hệ số lưu lượng; trong trường hợp chung khi đường hầm có mặt cắt thay đổi, μ xác định theo:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{K_h^2 + \sum \xi_i K_i^2}}; \quad (8-10)$$

K_h - tỷ số giữa diện tích mặt cắt cửa ra đường hầm và diện tích mặt cắt dòng chảy sau cửa ra:

$$K_h = \omega_r / \omega_h,$$

ở đây khi cửa ra không ngập, có thể lấy $\omega_r = \omega_h$ khi đó $K_h = 1$; còn khi cửa ra ngập dưới mực nước hạ lưu thì ω_h là diện tích mặt cắt ngang dòng chảy ở bề tiêu năng.

ξ_i - hệ số tổn thất cột nước (cục bộ hay dọc đường) tại bộ phận của đường hầm có mặt cắt ngang tính toán là ω_i ; đối với tổn thất cục bộ thì ω_i lấy tại mặt cắt sau vị trí có tổn thất, còn đối với tổn thất dọc đường thì ω_i lấy là diện tích mặt cắt trung bình của đoạn đang xét;

$$K_i = \omega_r / \omega_i; \quad (8-12)$$

Z_0 - cột nước công tác toàn phần của đường hầm

$$Z_0 = Z + \frac{\alpha \cdot V_0^2}{2g}; \quad (8-13)$$

V_0 - lưu tốc tới gần;

α - hệ số sửa chữa lưu tốc;

Z - cột nước công tác:

- Trường hợp cửa ra của đường hầm không ngập: Z là chênh lệch cao độ mực nước thượng lưu và tâm mặt cắt ra của đường hầm ;

- Trường hợp cửa ra ngập dưới mực nước hạ lưu: Z là chênh lệch cao độ mực nước thượng hạ lưu.

Trong cả hai trường hợp, để xác định chính xác trị độ Z có thể tham khảo các sách chuyên đề hay quy phạm (ví dụ “*Quy phạm tính toán thủy lực cống dưới sâu QPTL C1-75*”).

2. Điều kiện chảy có áp ổn định của đường hầm

Trường hợp mở cửa van hoàn toàn, điều kiện đảm bảo dòng chảy có áp trong đường hầm như sau:

$$\frac{\omega_v \cdot \sqrt{Z_v}}{\sqrt{1 + \xi_v}} > \frac{\omega_r \cdot \sqrt{Z}}{\sqrt{K_h^2 + \sum \xi_i K_i^2}}, \quad (8-14)$$

trong đó :

ξ_v - hệ số tổn thất cột nước ở cửa vào;

ω_v - diện tích mặt cắt ngang cuối đoạn cửa vào ;

Z_v - chênh lệch cao độ từ mực nước thượng lưu đến đỉnh của mặt cắt ngang cuối đoạn cửa vào;

ω_r - diện tích mặt cắt ngang ở cửa ra của đường hầm;

Z - cột nước công tác của đường hầm;

Các kí hiệu K_h , K_i , ξ_i như đã giải thích ở trên.

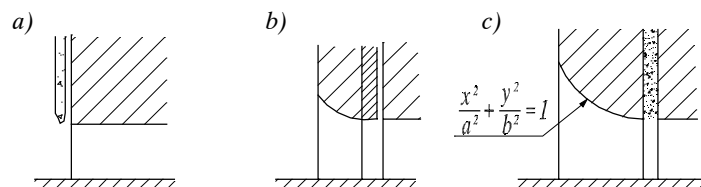
Các biện pháp công trình để đảm bảo điều kiện chảy có áp của đường hầm là:

- Đặt van điều chỉnh ở cửa ra;
- Cửa vào đường hầm phải thuận và ngập sâu dưới mực nước thượng lưu quá một giới hạn nhất định.
- Thu hẹp cửa ra, hoặc đặt cửa ra ngập sâu dưới mực nước hạ lưu.

3. Tính toán thủy lực cửa vào đường hầm.

Tính toán thủy lực cửa vào đường hầm có áp bao gồm xác định hệ số tổn thất cột nước ξ_v và kiểm tra điều kiện phát sinh khí hoá (dẫn tới hiện tượng khí thực) ở cửa vào.

a- Hình dạng cửa vào



Hình 8-8. Các dạng nối tiếp tại cửa vào đường hầm:

a- Cửa vào vuông góc ; b - cửa vào lượn tròn ; c - cửa vào dạng elíp

Nối tiếp từ thượng lưu vào thân đường hầm là một đoạn có mặt cắt thay đổi gọi là cửa vào của đường hầm. Yêu cầu của đoạn này là dòng chảy phải thuận để giảm tổn thất cột nước và tránh hiện tượng chảy tách dòng có thể dẫn tới khí hoá và khí thực làm hư hỏng công trình.

Cửa vào dạng vuông góc (hình 8-8a) tuy cấu tạo đơn giản nhưng tổn thất cột nước lớn và rất dễ xảy khí thực nên ít được sử dụng. Trong điều kiện thực tế thường áp dụng loại cửa vào lượn tròn (hình 8-8b) hay elíp (hình 8-8c).

Đối với cửa vào lượn tròn hay elíp, mức độ thuận dòng của nó được đánh giá bởi hai thông số:

- Độ thoải của elíp $K_s = a/b$, trong đó a - bán trục dài, b - bán trục ngắn của elíp. Đối với cửa vào lượn tròn, $K_s=1$.

- Độ thu hẹp tại cửa vào :

$$K_r = h_v/h_l = 1+b/h_l, \quad (8-15)$$

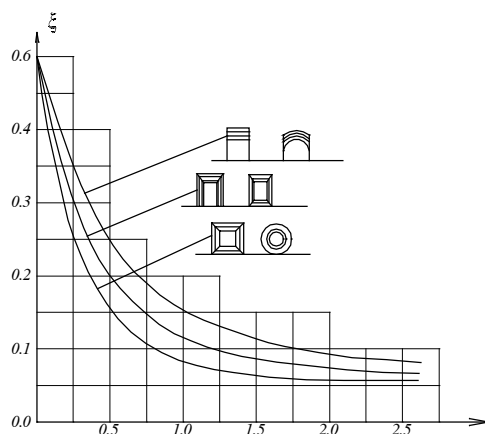
Ở đây: h_l chiều cao mặt cắt sau cửa vào;

h_v chiều cao từ đáy đến hết phần lượn cong của cửa vào (hình 8-8c).

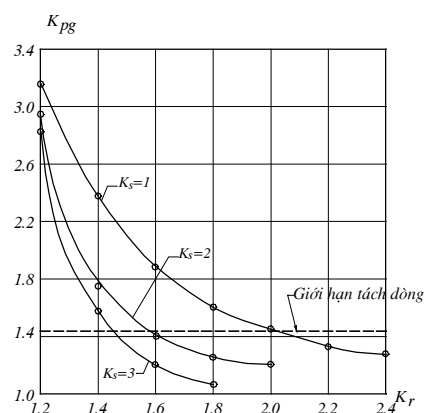
Trên đây là mô tả sự thu hẹp tại cửa vào theo phương đứng. Trong thực tế còn bố trí cửa vào thu hẹp theo phương ngang (từ hai phía), khi đó sẽ đạt hệ số tổn thất cột nước của cửa vào là nhỏ nhất.

b- Hệ số tổn thất cột nước tại cửa vào

Đối với các đầu vào lượn tròn với bán kính r , hệ số tổn thất cột nước tại cửa vào ξ_v xác định theo hình 8-9; trong đó với đầu vào có mặt cắt hình chữ nhật: $\xi_v = f(r/h_l)$, h_l –chiều cao mặt cắt đường hầm ngay sau cửa vào ;với đầu vào mặt cắt hình tròn $\xi_v = f(r/D)$, D -đường kính mặt cắt đường hầm ngay sau cửa vào.



Hình 8-9. Hệ số tổn thất cột nước tại cửa vào (ξ_v)



Hình 8-10. Hệ số khí hoá phân giới K_{pg} của các cửa vào elíp

c- Kiểm tra điều kiện khí hoá tại cửa vào

Dòng chảy tại cửa vào sẽ không bị khí hoá nếu thoả mãn điều kiện:

$$K > K_{pg}, \quad (8-16)$$

trong đó:

K_{pg} - hệ số khí hoá phân giới. Với cửa vào elíp, trị số $K_{pg} = f(K_s, K_r)$ như trên hình 8-10;

K - hệ số khí hoá thực tế:

$$K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{v_{DT}^2 / 2g}; \quad (8-17)$$

H_{DT} - cột nước tính toán đặc trưng cho trạng thái làm việc thực tế cửa vào:

$$H_{DT} = Z_v + H_a;$$

H_a - cột nước áp suất khí trời, phụ thuộc vào cao độ điểm tính toán (trên mặt cắt sau cửa vào). Trị số H_a như ở bảng 6-8;

Z_v - chênh lệch cao độ mực nước thượng lưu và trên mặt cắt sau cửa vào của đường hầm;

H_{pg} - cột nước áp lực phân giới của nước, thay đổi theo nhiệt độ tại điểm tính toán, xem bảng 6-9.

V_{DT} - lưu tốc đặc trưng, lấy theo lưu tốc trung bình tại mặt cắt ngay sau cửa vào.

Khi tính toán theo (8-16) thấy không thoả mãn thì cần điều chỉnh hình dạng và kích thước cửa vào (K_s, K_r) để đạt được sự an toàn về khí thực.

III. KÍCH THƯỚC MẶT CẮT CỦA ĐƯỜNG HẦM

Kích thước mặt cắt của đường hầm phải thoả mãn các điều kiện sử dụng, kinh tế và thi công.

Về điều kiện sử dụng, kích thước đường hầm phải đảm bảo với mực nước thượng hạ lưu bất lợi nhất vẫn tháo qua được lưu lượng đã định và đảm bảo được chế độ dòng chảy theo những tiêu chuẩn thiết kế đã đặt ra. Đối với đường hầm vận tải thủy phải đảm bảo sự thuận lợi và an toàn cho sự qua lại của các loại tàu thuyền đã dự kiến. Những đường hầm mà bên trong có đặt các ống thép thì kích thước cần thoả mãn các yêu cầu vận chuyển, lắp ráp và sửa chữa.

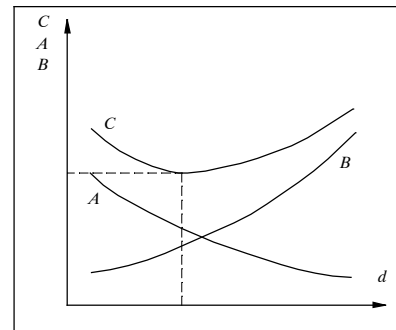
Về điều kiện kinh tế, cần tính toán để điều hoà mâu thuẫn giữa kinh phí đào và lót đường hầm với kinh phí phải bù đắp do tổn thất cột nước trong toàn đường hầm. Điều này thường xảy ra ở các đường hầm dẫn nước của nhà máy thủy điện.

Trên hình 8-11, đường A biểu thị quan hệ giữa đường kính của đường hầm với giá trị tổn thất điện năng hàng năm do cột nước tạo ra; đường b biểu thị mối quan hệ giữa đường kính d với chi phí đầu tư và chi phí vận hành hàng năm. Đường c biểu thị tổng chi phí theo a và b. Vị trí cực tiểu của đường c cho ta giá trị đường kính kinh tế d_{kt} .

Theo kinh nghiệm thiết kế, khi lưu lượng cố định, lưu tốc trong các đường hầm lấy nước không áp vào khoảng 1,5 - 2,5m/s; khi lưu lượng biến đổi lớn thường khống chế lưu tốc khoảng 1,5 - 4m/s. Lưu tốc dòng chảy trong đường hầm có áp của trạm thủy điện khoảng 2 - 4m/s; khi có phụ tải cao có thể tăng lên đến 5m/s.

Khi xác định kích thước các đường hầm dẫn dòng thì công phải đồng thời xét kết hợp cả hai mặt: giá thành của đề quai thượng, hạ lưu và cường độ thi công cho phép của các công trình chính.

Theo điều kiện thi công, kích thước của các đường hầm không thể quá nhỏ. Nếu đục bằng thủ công thì đường hầm tròn cần có $d \geq 1,8m$; đường hầm mặt cắt không tròn cần có $B \times H \geq 1,5 \times 1,8m$. Khi thi công cơ giới, thường khống chế $B \times H \geq 2,5m \times 2,5m$.



Hình 8-11. Để xác định đường kính kinh tế của đường hầm thủy điện.

§8.3 LỚP LÓT ĐƯỜNG HẦM

Lớp lót được bố trí bao quanh mặt cắt đường hầm để đảm bảo các điều kiện thủy lực, điều kiện chịu lực và nối tiếp đường hầm với môi trường xung quanh.

I. CÁC HÌNH THỨC LỚP LÓT CỦA ĐƯỜNG HẦM

1. Lớp lót của đường hầm không áp

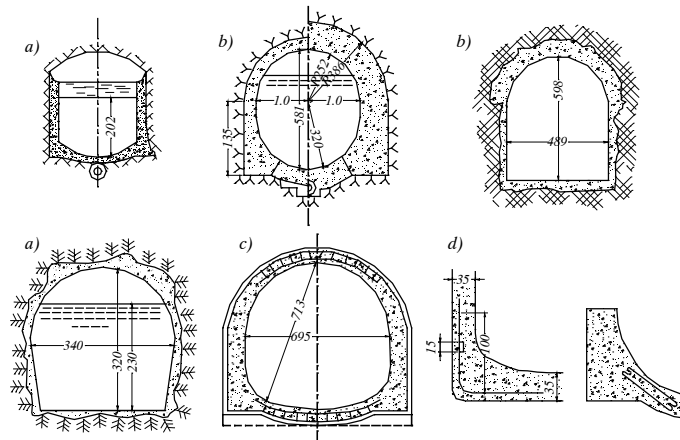
a. *Lớp lót trát trơn (hình 8-12a).* Khi đường hầm đào qua tầng đá rất cứng ($f_k > 10$) không có áp lực đá núi có thể sử dụng hình thức này để giảm độ nhám và bảo vệ đá núi khỏi bị phong hoá. Lớp lót trát trơn có thể tạo bằng cách phun vữa hoặc trát.

b. *Lớp lót gia cố chỉnh thể (hình 8-12b).* Trường hợp áp lực đá núi không lớn, lực kháng đàn tính có thể đảm bảo thì dùng lớp lót bê tông chỉnh thể. Đôi khi dòng nước có tính xâm thực mạnh, có tính bào mòn lớn, dùng lớp lót bê tông không có lợi thì có thể dùng lớp lót xây bằng đá, gạch xây. Nếu không có áp lực đá núi bên trên thì có thể dùng lớp lót hình vòm ở trên đỉnh bằng bê tông, còn phía dưới dùng lớp lót kiểu trát trơn. Khi gặp đá mềm yếu, áp lực đá núi rất lớn, có thể dùng lớp lót bằng bê tông cốt thép, căn cứ vào áp lực đá núi lớn hay nhỏ mà bố trí cốt thép thành một tầng hay hai tầng (hình 8-12c).

c. *Lớp lót kiểu lắp ghép.* Khi đá núi có thể cho phép tiến hành đào hoàn toàn đường hầm hoặc cần có lớp lót để chống đỡ ngay áp lực đá núi thì có thể dùng lớp lót kiểu lắp ghép. Lớp lót này gồm có những tấm bê tông hoặc những tấm bê tông cốt thép đúc sẵn lót ở vòng ngoài, vòng trong làm những tấm xi măng lưới thép hoặc bê tông cốt thép liền khối để chịu áp lực nước bên trong và chống thấm. Hình thức lớp lót này có những ưu điểm: tốc độ thi công nhanh, giảm bớt hoặc tránh hẳn được việc đổ bê tông phức tạp ở trong đường hầm.

Bê tông đúc sẵn trong xưởng nên chất lượng cao. Bên cạnh đó hình thức này cũng có một số nhược điểm: điều kiện chịu lực và chống thấm của bê tông lắp ghép kém. Khi áp lực bên trong đường hầm lớn, buộc phải dùng vòng trong bằng lớp lót bê tông cốt thép đổ liền khối, vì vậy công trình sẽ phức tạp, giá thành cao.

Ở những nơi đá xấu, rời rạc, dùng hình thức lắp ghép cũng có lợi. Đầu tiên làm một vành bảo hộ để đào đường hầm rồi tiến hành lắp ghép toàn bộ vòng ngoài lớp lót, chống đỡ áp lực đá núi, sau đó tiến hành thi công vòng trong của lớp lót.



Hình 8-12. Các hình thức lớp lót của đường hầm không áp

- a) Lớp lót trát trơn; b) Lớp lót gia cố chính thể bằng bê tông; c) Lớp lót gia cố chính thể bằng bê tông cốt thép; d) Gia cố ở đáy đường hầm.

2. Các lớp lót của đường hầm có áp

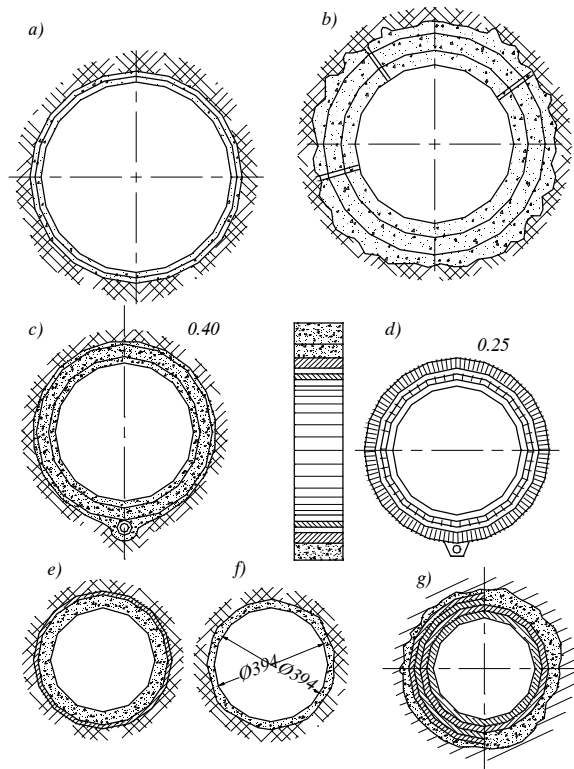
a. *Lớp lót trát trơn, chống thấm:* Dùng cho những nơi đá rắn chắc ($f_k > 14$), cột nước không lớn. Tác dụng của lớp lót chỉ nhằm giảm bớt độ nhám của đường hầm và chống thấm.

b. *Lớp lót gia cố chính thể đơn:* Do bê tông không chịu được ứng suất kéo lớn nên lớp lót đơn bằng bê tông chỉ dùng trong trường hợp cột nước không lớn lắm ($H < 60m$), tầng đá tương đối rắn chắc, áp lực đá núi không lớn và lực kháng đàn tính bảo đảm. Với đường hầm cao áp ($H > 60m$) mà hệ số lực kháng đàn tính đơn vị của đá vào khoảng $1,0 \times 10^{10} N/m^2$ cũng có thể dùng loại lớp lót này (hình 8-13a). Với những đường hầm có cột nước vào loại trung bình $H = 30 \div 60m$ và đường hầm có cột nước cao ($H > 60m$) còn có thể dùng hình thức lót gia cố bằng bê tông cốt thép (hình 8-13b). Khi $H < 60m$ cũng có thể dùng lớp lót kiểu lắp ghép nhưng chỗ nối tiếp phải bảo đảm gia cố thật tốt.

c. *Lớp lót gia cố kép (hình 8-13c, d, e, f, g).*

Cấu tạo: vòng ngoài làm bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép, vòng trong là xi măng lưới thép hoặc bằng thép. Lớp lót kép thường dùng cho những đường hầm có đường kính lớn, áp lực đá núi và áp lực nước bên trong đều rất lớn, khi đó áp lực đá núi sẽ do vòng ngoài chống đỡ, còn áp lực nước trong đường hầm sẽ do vòng trong và vòng ngoài cùng chịu. Đối với

những đường hầm khi thi công nếu cần tiến hành lót ngay để chống đỡ áp lực đá núi thì dùng hình thức lớp lót lắp ghép rất tiện. Vòng ngoài dùng các kết cấu lắp ghép đúc sẵn do đó đào đến đâu có thể lắp ngay đến đấy, lúc đó lớp lót có tác dụng chống đỡ đá núi rồi tiếp tục thi công vòng trong.



Hình 8-13. Hình thức lớp lót của đường hầm có áp

II. LỰC TÁC DỤNG LÊN LỚP LÓT ĐƯỜNG HẦM

1. Lực tác dụng và tổ hợp lực.

Tất cả các tải trọng và lực tác dụng lên lớp lót đường hầm có thể phân ra thành các tải trọng thường xuyên và tạm thời. Các tải trọng tạm thời lại được phân ra thành tải trọng tạm thời dài hạn, ngắn hạn và đặc biệt.

Tải trọng thường xuyên tác dụng trong suốt thời gian tồn tại của đường hầm. Các tải trọng tạm thời đặc trưng cho từng thời kỳ xây dựng hay khai thác đường hầm.

Việc tính toán lớp lót cần được tiến hành với các tổ hợp tải trọng khác nhau. Tổ hợp tải trọng cơ bản bao gồm các tải trọng thường xuyên, các tải trọng tạm thời dài hạn và ngắn hạn. Tổ hợp tải trọng đặc biệt bao gồm các tải trọng thường xuyên, các tải trọng tạm thời dài hạn, một số tải trọng tạm thời ngắn hạn và một tải trọng đặc biệt (ví dụ lực do động đất, lực do nổ phá...). Trong tính toán cần dự kiến các tổ hợp lực bất lợi nhất trong từng thời kỳ: xây dựng, khai thác hay sửa chữa.

Hệ số lệch tải khi tính toán lớp lót đường hầm về độ bền và ổn định (trạng thái giới hạn thứ nhất) lấy theo bảng (8-2). Khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai, các hệ số lệch tải lấy bằng 1.

Bảng 8-2. Hệ số lệch tải khi tính toán lớp lót đường hầm.

STT	Loại tải trọng lực tác dụng	Trị số n
1.	Áp lực thẳng đứng của đá núi:	
	- Do trọng lượng đá trong vòm cân bằng	1,5
	- Do trọng lượng toàn bộ đá ở vùng bị phá hoại trên đường hầm	1,1 (0,9)
2.	Áp lực ngang của đá núi	1,2 (0,8)
3.	Trọng lượng lớp lót	1,2 (0,9)
4.	Áp lực nước bên trong (có xét đến nước va)	1,0
5.	Áp lực mạch động của nước	1,2
6.	Áp lực nước ngầm	1,1 (0,9)
7.	Áp lực phụt vữa	1,2 (1)
8.	Áp lực từ máy móc	1,2

*Ghi chú: chỉ sử dụng các hệ số lệch tải trong ngoặc đơn khi kết quả tính toán thể hiện công trình ở trong tình trạng bất lợi hơn

2. Tính toán áp lực đá núi.

Áp lực đá núi tác dụng lên lớp lót đường hầm được tính theo phương pháp vòm cân bằng tự nhiên do Prôtôdiacanốp đề xướng. Theo đó đá núi được xem như là một thể rời quy ước, có hệ số kiên cố là f_k . Trị số f_k cho từng loại đất đá cho trên bảng 8-3.

Bảng 8-3. Hệ số kiên cố của các loại đất đá.

Mức độ rắn chắc của đá	Loại đá núi	Khối lượng riêng (10^3kg/m^3)	Hệ số kiên cố f_k	Góc ma sát trong tương đương (độ)
Vô cùng cứng	Các đá quáczit, bazan và các loại đá khác đặc sít và rắn chắc nhất	2,8-3,0	20	87
Rất cứng	Các đá granit, poocfia thạch anh, phiến thạch silic rất cứng; các đá quáczit ít cứng hơn loại trên, các loại sa thạch và đá vôi cứng nhất.	2,6-2,7	15	85

Cứng	Đá granít chặt và đá giống granít, các đá sa thạch và đá vôi, mạch quặng thạch anh rất cứng, cuội kết cứng, quặng sắt rất cứng	2,5-2,6	10	82,5
Cứng	Các đá vôi cứng, granít không cứng, các sa thạch, cẩm thạch, đolômít, quặng sắt màu vàng cứng.	2,5	8	80
Tương đối cứng	Sa thạch thông thường, quặng sắt thường	2,4	6	75
Tương đối cứng	Phiến thạch cát, sa thạch phiến.	2,5	5	70
Cứng trung bình	Diệp thạch sét cứng, đá vôi và đá sa thạch không cứng, cuội kết mềm.	2,8	4	70
Cứng trung bình	Các diệp thạch không cứng, mácnơ chặt.	2,5	3	65
Tương đối mềm	Phiến thạch mềm, đá vôi mềm, đá phấn, muối mỏ, thạch cao, antraxit, đá mácnơ thường, sa thạch vụn, đất pha đá	2,4	2	60
Tương đối mềm	Đá vụn, diệp thạch vụn, sỏi, cuội kết thành khối, than đá cứng, đất sét cứng.	1,8-2,0	1,5	60
Mềm	Sét chặt, than đá trung bình, cát cứng, đất dính.	1,8	1,0	45
Mềm	Sét pha ít cát, hoàng thổ, sỏi, than đá mềm.	1,6	0,8	40
Đất	Đất thực vật, cát ẩm, đất thịt nhẹ.	1,5	0,6	30
Vụn	Cát, dăm vụn, đất đổ đóng, than khai thác.	1,7	0,5	27
Chảy	Cát chảy, đất bùn, hoàng thổ loãng.	1,5-1,8	0,3	9

Khi tính toán áp lực đá núi, cần phân biệt 2 trường hợp:

a. Đá núi có $f_k < 4$, khi đó xung quanh đường hầm hình thành vòm cân bằng tự nhiên có kích thước như sau:

$$\text{- Nhịp vòm: } L = B_0 + 2H_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (8-18)$$

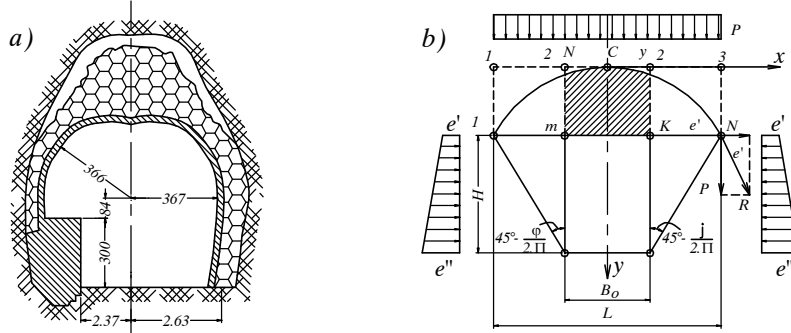
trong đó:

B_0 - bề rộng đường hầm;

H_0 - chiều cao đường hầm;

φ - góc ma sát trong của đất đá trong vòm.

- Chiều cao vòm : $h = L / (2f_k)$ (8-19)



Hình 8-14. a) Hiện tượng đá bị sụt và hình thành vòm cân bằng tự nhiên;

b) Sơ đồ tính áp lực đá núi.

Các trị số áp lực đá núi như sau:

- Áp lực đứng trên đỉnh : $p = \beta \gamma_d h$, (8-20)

trong đó:

h - chiều cao vòm;

γ_d - trọng lượng riêng của đá núi;

β - hệ số, phụ thuộc vào bề rộng đường hầm:

Khi $B_0 \leq 5,5m$: $\beta = 0,7$; khi $B_0 \geq 7,5m$: $\beta = 1,0$;

Khi B_0 ở khoảng giữa 2 giới hạn trên, β xác định bằng cách nội suy.

- Áp lực ngang hai bên:

* Tại vị trí đỉnh : $c' = p \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$; (8-21)

* Tại vị trí đáy : $c'' = (p + \gamma_d H_0) \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$. (8-22)

Trong tính toán thường coi áp lực ngang hai bên là phân bố đều với trị số trung bình:

$$c = (p + \gamma_d \frac{H_0}{2}) \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}). \quad (8-23)$$

b. Đá núi có $f_k \geq 4$:

Trường hợp này, áp lực đá núi lấy tương ứng bằng trọng lượng đất đá trong vùng bị phá hoại.

Chiều cao vùng bị phá hoại khi đào đường hầm được xác định theo tài liệu nghiên cứu hiện trường. Tuy nhiên, trong tính toán sơ bộ, có thể lấy như sau:

$$h_p = K_a B_0, \quad (8-24)$$

trong đó : B_0 - chiều rộng đường hầm;

K_a - hệ số, phụ thuộc vào mức độ nứt nẻ của đá, xác định theo bảng 8-4, trong đó M_q là môđun kẽ nứt, lấy bằng số lượng kẽ nứt trên 1 mét dài quan trắc.

Bảng 8-4. Trị số K_a trong công thức (8-24)

Hệ số kiên cố f_k	Đá ít nứt nẻ $M_q \leq 1,5$	Nứt nẻ trung bình $1,5 < M_q \leq 5$	Nứt nẻ mạnh $5 < M_q \leq 30$
4	0,20	0,25	0,30
5-9	0,10	0,20	0,25
10	0,05	0,10	0,15

Áp lực thẳng đứng trên đỉnh đường hầm tính theo (8-20), trong đó thay h bằng h_p .

Trường hợp $f_k \geq 4$ thường không xét áp lực nằm ngang. Khi chiều cao thành đường hầm $H_0 \geq 6m$ thì trị số áp lực đá núi nằm ngang được xác định từ điều kiện cân bằng giới hạn về trượt của lăng thể đá. Đối với các đường hầm nằm rất sâu ($H > 500m$) thì áp lực đá núi được xác định bằng các phương pháp riêng có xét đến trạng thái chảy dẻo, hiện tượng tách bóc của nham thạch và các yếu tố đặc biệt khác.

3. Lực kháng đàn tính của đá.

Dưới tác dụng của tải trọng, khi lớp lót đường hầm biến dạng về phía ngoài sẽ bị đá núi ngăn lại, lực ngăn lại đó là lực kháng đàn tính mang tính chất bị động. Lực kháng đàn tính không những có quan hệ với tính chất vật lý và cấu tạo của các tầng đá mà còn có liên quan tới sự biến dạng của lớp lót. Như vậy lực kháng đàn tính có liên quan với trị số của tải trọng và độ cứng của lớp lót. Lực kháng đàn tính của đá núi có thể chịu được một phản ứng suất do áp lực đá núi, trọng lượng bản thân của lớp lót và áp lực nước bên trong sinh ra, làm giảm bớt trị số các lực tác dụng lên lớp lót, có lợi đối với sự làm việc của lớp lót. Vì vậy khi xét thật kỹ và chính xác ảnh hưởng của lực kháng đàn tính thì có thể thu nhỏ kích thước lớp lót, làm giảm khối lượng công trình. Với trình độ kỹ thuật hiện nay khi dùng những biện pháp thi công thích đáng, bảo đảm trong mọi trường hợp, lớp lót luôn liên kết chặt chẽ với các tầng đá rắn chắc xung quanh thì lúc thiết kế các đường hầm đều có thể xét đến lực kháng đàn tính. Nếu lực kháng đàn tính dùng lớn thì trong lớp lót sẽ sinh ra ứng suất lớn, lúc đó khó tránh được nứt gãy. Theo hướng dẫn thiết kế đường hầm thủy lợi HD TL-C-3-77 khi tính toán lớp lót đường hầm (bao gồm cả các chi tiết có dạng định hình của vỏ thép) chịu những tổ hợp tải trọng bất kỳ phải xét đến loại lực này. Khi đường hầm có áp nằm ở độ sâu bé hơn ba lần đường kính của nó, tính toán loại lực này phải có luận chứng đặc biệt.

Trị số của lực kháng đàn tính có thể coi gần đúng tỷ lệ thuận với biến vị theo hướng pháp tuyến với bề mặt lớp lót, tức là:

$$p = K_u, \quad (8-25)$$

trong đó:

p - lực kháng đàn tính phân bố;

u - biến vị của lớp lót;

K - hệ số lực kháng đàn tính (kG/cm^3) là lực tác dụng lên một đơn vị diện tích và làm cho đơn vị diện tích này biến vị một đoạn bằng một đơn vị độ dài. Hệ số này phụ thuộc vào tính chất của đá và đường kính của đường hầm. Trong tính toán lớp lót đường hầm, đặc trưng đàn tính của đá được xét thông qua hệ số lực kháng đơn vị K_0 hoặc bằng môđun biến dạng của đá E_d và hệ số biến dạng ngang μ_d (hệ số poát-xông) có xét đến khả năng làm tăng thêm những đặc trưng trên trong trường hợp đá bao quanh đường hầm được gia cố nhân tạo.

Đối với đường hầm có áp hình tròn nằm trong đá đồng nhất đẳng hướng, quan hệ giữa E_d , K_0 và μ_d xác định bằng công thức

$$E_d = 100K_0 (1 + \mu_d) \quad (8-26)$$

Tùy theo mức độ quan trọng của công trình mà các đặc trưng E_d , E_0 được xác định từ tài liệu nghiên cứu tại hiện trường bằng những phương pháp có mức độ chính xác khác nhau.

Ở đường hầm có mặt cắt dạng tròn, hệ số K và K_0 quan hệ với nhau theo công thức:

$$K = \frac{100K_0}{r_n} \quad (\text{kG/cm}^3), \quad (8-27)$$

trong đó:

r_n - bán kính ngoài của lớp lót, cm;

K_0 - hệ số lực kháng đơn vị (chính là hệ số đàn tính của đá khi bán kính đào đường hầm bằng 100cm), kG/cm^2 .

Hệ số K_0 phụ thuộc vào hệ số kiên cố của đá f_k , được xác định bằng thí nghiệm. Trên hình (8-15) thể hiện quan hệ giữa K_0 và f_k của đá nứt nẻ.

Đối với đường hầm không có mặt cắt tròn:

$$K = \frac{100K_0}{0,5B_0} \quad (\text{kG/cm}^3), \quad (8-28)$$

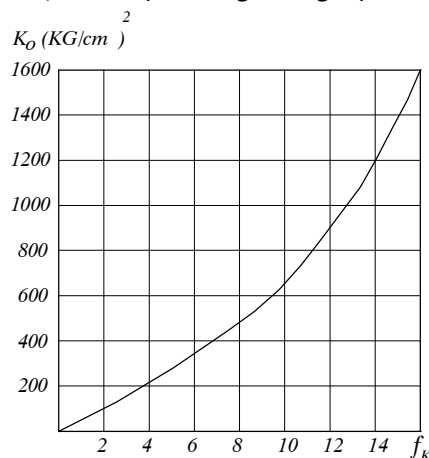
trong đó: $B_0 = B - 2t$;

B - bề rộng mặt cắt mới đào (cm);

t - chiều dày của lớp lót (cm).

Dưới đế của lớp lót mở:

$$K_d = \frac{100K_0}{1,34(1 - \mu_d)b} \quad (\text{kG/cm}^3), \quad (8-29)$$



Hình 8 -15. Quan hệ giữa K_0 và f_k của đá nứt nẻ

trong đó: μ_d - hệ số Poatxông;

b - chiều rộng đế (cm).

Khi có tài liệu về tính dị hướng của khối đá và trị số thực đo về hệ số phản lực dọc và K_1 và ngang và K_2 thì hệ số lực kháng tại một mặt cắt bất kỳ sẽ là:

$$K_\psi = K_1 + (K_2 - K_1) \sin^2 \psi, \quad (8-30)$$

trong đó: ψ - góc giữa mặt phân lớp của đá và pháp tuyến với mặt ngoài lớp lót tại mặt cắt đang xét.

4. Các lực khác.

a. *Áp lực nước*: bao gồm áp lực bên trong và bên ngoài đường hầm. Giá trị áp lực bên trong phụ thuộc vào trạng thái dòng chảy; áp lực bên ngoài đường hầm phụ thuộc vào mực nước ngầm. Các lực này được xác định theo nguyên tắc của áp lực thủy tĩnh.

Với đường hầm có áp, ngoài áp lực nước khi làm việc bình thường còn cần xem xét khả năng xuất hiện áp lực nước va (dương và âm) khi đóng mở cửa van đột ngột, đặc biệt là các đường hầm của tổ máy thủy điện.

b. *Áp lực phụt vữa*: Các lỗ phụt vữa thường bố trí ở đỉnh đường hầm. Ở phía dưới đường kính nằm ngang của đường hầm chỉ bố trí lỗ phụt vữa khi có những lỗ hỏng cục bộ lớn hoặc khi có hiện tượng trượt đá. Riêng trường hợp dùng lớp lót kiểu lắp ghép thì cần bố trí lỗ phụt vữa trên toàn chu vi mặt cắt ngang đường hầm. Các lỗ phụt vữa liên kết thường bố trí đối xứng.

Sự phân bố áp lực tác dụng lên lớp lót đường hầm khi tiến hành phụt vữa có liên quan đến hình dạng mặt cắt đường hầm, độ rộng của đá ở phía sau lớp lót, số lượng và vị trí lỗ phụt vữa, trình tự phụt vữa và áp lực khi phụt vữa. Trị số của áp lực này cần căn cứ vào thí nghiệm ở hiện trường và các quy phạm hiện hành để xác định.

c. *Ứng suất nhiệt*: Cũng như ứng lực xuất hiện do trương nở của bê tông, từ biến của đá, ứng lực xuất hiện do thay đổi nhiệt độ là loại lực đặc biệt tác dụng lên lớp lót của đường hầm. Ứng suất nhiệt thường xét trong giai đoạn thi công (nhiệt do bê tông ngưng kết tỏa ra) và trong thời kỳ khai thác (chênh lệch nhiệt độ giữa nước chảy trong đường hầm với đá núi xung quanh). Khi bề dày lớp lót nhỏ, dễ tỏa nhiệt và đường kính đường hầm không lớn lắm (3-4m) thì có thể không cần xét đến ứng suất nhiệt.

d. *Lực động đất* :

Ảnh hưởng của động đất đối với đường hầm phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau: cấp độ động đất, tính chất của đất đá, sự phân lớp, thể tích của đá, độ chôn sâu của đường hầm...

Ở vùng động đất cấp 6 trở xuống có thể không cần xét lực động đất. Ở vùng động đất cấp 10 trở lên, lực động đất lên lớp lót đường hầm rất lớn nên đường hầm cần được thiết kế đặc biệt, hoặc không dùng đường hầm.

Ở cửa vào, cửa ra của đường hầm, là nơi có độ chôn sâu nhỏ, đường hầm chịu tác dụng của lực động đất rất lớn, các tầng đá ở đây dễ bị sụt hoặc trượt khi có động đất, cần phải có kết cấu tường cánh và tường đầu bên vững để đảm bảo an toàn.

Trên toàn chiều dài đường hầm, lực động đất cần được tính riêng cho từng đoạn, ở mỗi đoạn có các đặc trưng đất đá và độ chôn sâu tương đối đồng đều. Trị số của lực động đất thường được xác định theo bài toán động, tức xét dao động đàn hồi của đường hầm cùng với khối đá núi bao quanh.

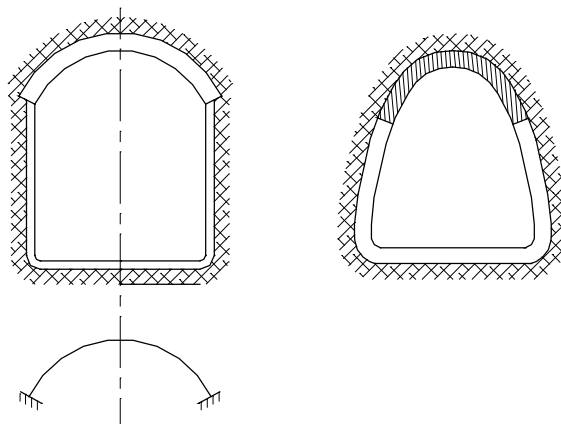
III. TÍNH TOÁN KẾT CẤU LỚP LÓT ĐƯỜNG HẦM.

Mục đích của tính toán kết cấu lớp lót là xác định nội lực và phân bố ứng suất trong lớp lót, từ đó tiến hành kiểm tra điều kiện bền và bố trí cốt thép. Bài toán xác định nội lực và ứng suất trong lớp lót có thể giải bằng phương pháp cơ học kết cấu, phương pháp cơ học vật rắn biến dạng hay các phương pháp số.

1. Phương pháp cơ học kết cấu.

a. Tính toán vòm thấp.

Đối với mặt cắt như hình (4-16a), vòm thấp ở đỉnh là kết cấu chịu lực trong tính toán xem chân vòm ngàm cứng đàn hồi vào đá. Với mặt cắt hình (8-16b), nếu chiều dày lớp lót không đổi và không có áp lực đá núi bên thì cũng có thể coi rằng chỉ có một phần ở đỉnh là vòm công tác và được tính như sơ đồ vòm thấp (hình 8-17a).



Hình 8-16. a) Vòm thấp ở đỉnh; b) Vòm công tác ở đỉnh

Tải trọng và lực tác dụng lên vòm chủ yếu là: áp lực đá núi, trọng lượng bản thân, áp lực phụt vữa, không xét đến lực kháng đàn tính và lực ma sát. Do chân vòm là ngàm chặt đàn hồi với đá núi nên khi tính toán cần phải xét đến ảnh hưởng của biến vị chân vòm.

Biến vị chân vòm gồm biến vị góc và biến vị theo đường thẳng.

Khi mặt ngàm chịu một mômen M_0 thì hai biên của mặt cắt chân vòm sẽ có ứng suất $\sigma = \frac{M_0 h_n}{2J_n}$, trong đó J_n là mômen quán tính của mặt cắt chân vòm. Biến vị theo phương

pháp tuyến của mặt cắt tỷ lệ thuận với ứng suất pháp của mặt cắt, tức là $\sigma = K\delta$, trong đó K là hệ số lực kháng đàn tính của đá núi ở chân vòm, do đó ta có:

$$\delta = \frac{\sigma}{K} = \frac{M_0 h_n}{2J_n K}$$

Góc quay β của mặt cắt là:

$$\beta = \frac{\delta}{0,5h_n} = \frac{M_0}{J_n K}$$

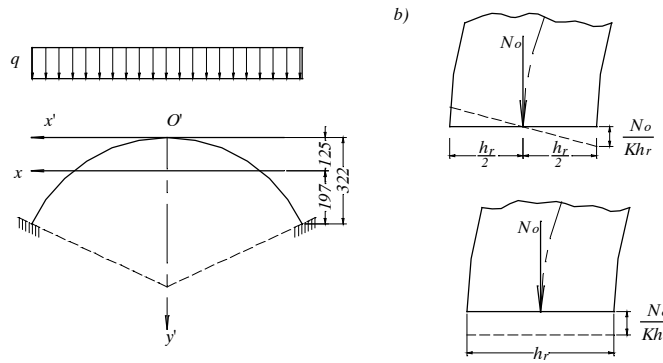
Vì $M_0 = M_p + X_1 + X_2 y_n$, trong đó M_p là mômen chân vòm do ngoại lực gây ra, nên:

$$\beta = \frac{M_p + X_1 + X_2 y_n}{KJ_n} = \beta_p + X_1 \beta_1 + X_2 y_n \beta_1 ;$$

$$\beta_p = \frac{M_p}{KJ_n} ; \quad \beta_1 = \frac{1}{KJ_n} ;$$

y_n là khoảng cách từ tâm đàn hồi đến điểm giữa chân vòm theo phương thẳng đứng.

Khi lực dọc N_0 tác dụng, chân vòm sẽ biến vị theo phương vuông góc với mặt ngàm một giá trị $\Delta = \frac{N_0}{Kh_n}$ (xem hình 8-17b).



Hình 8-17. Sơ đồ tính toán vòm thấp

Hình chiếu của Δ xuống phương nằm ngang (song song với trục x) là ΔH .

$$\Delta H = \frac{N_0}{Kh_n} \cos \varphi_n = \frac{N_p + X_2 \cos \varphi}{Kh_n} \cos \varphi_n = \Delta P + X_2 \Delta_2 ,$$

trong đó N_p là lực hướng trục ở chân vòm do các ngoại lực sinh ra.

Phương trình chính tắc của vòm khi có xét đến biến vị chân vòm có dạng:

$$\left. \begin{aligned} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + \Delta_{1p} + \beta &= 0 \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + \Delta_{2p} + \beta y_n + \Delta H &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8-31)$$

Mômen và lực hướng trục ở mỗi mặt cắt trên vòm được xác định:

$$\left. \begin{aligned} M &= M_p + X_1 + X_2 y, \\ N &= N_p + X_2 \cos \varphi, \end{aligned} \right\} \quad (8-32)$$

trong đó: M_p và N_p - mômen và lực hướng trục do ngoại lực gây ra trên hệ tĩnh định;

X_1, X_2 được xác định từ hệ phương trình (8-31).

Ứng suất tại mỗi mặt cắt vòm xác định theo công thức nén lệch tâm:

$$\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W} \quad (8-33)$$

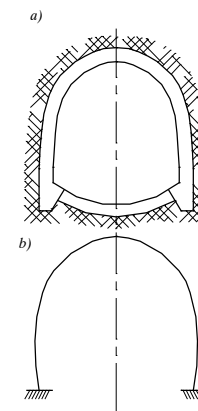
b. Tính toán vòm cao.

Những mặt cắt của đường hầm như hình (8-18) được tính toán theo sơ đồ vòm cao (hình 4-19). Khi tính toán không xét tác dụng của bản đáy. Chân vòm được ngàm chặt đàn hồi vào đá. Giả thiết hai điểm A, D ở chân vòm chỉ có biến vị góc, không có biến vị đường thẳng, do đó lực kháng đàn tính tại điểm này bằng không. Giả định lực kháng đàn tính tác dụng lên vòm phân bố theo đường parabol (hình 8-19a,b) có trị số lớn nhất $K\delta_n$ tại vị trí $\left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right)H$, trong đó H là tổng chiều cao đoạn vòm chịu tác dụng của lực kháng đàn tính.

Khi vòm tương đối cao $\frac{f}{l} > 1$ dùng tỷ số $\frac{1}{3}H$; khi vòm không cao lắm $\frac{f}{l} < 1$, dùng tỷ số $\frac{2}{3}H$; trong đó f là chiều cao vòm, l là chiều rộng chân vòm.

Từ vị trí có lực kháng đàn tính lớn nhất trở lên, lực kháng đàn tính tại một điểm trên vòm tính theo công thức:

$$K\delta = K\delta_n \left(1 - \frac{\cos^2 \zeta}{\cos^2 \varphi_n} \right) \quad (8-34)$$



Hình 8-18. Sơ đồ tính toán vòm cao

Từ vị trí có giá trị max trở xuống, lực kháng đàn tính tại một điểm trên vòm tính theo công thức:

$$K\delta = K\delta_n \left(1 - \frac{y_1^2}{y_h^2} \right) \quad (8-35)$$

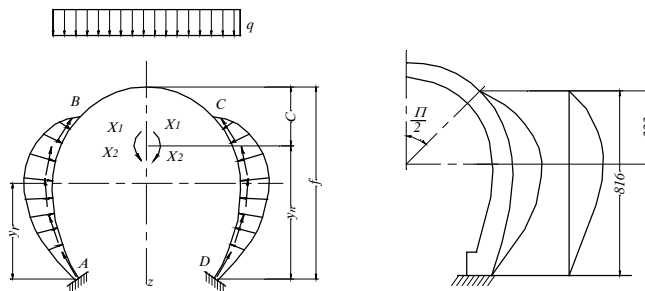
Phương pháp còn xét đến lực ma sát T . Lực này tỷ lệ thuận với lực kháng đàn tính: $T = \mu K\delta$ (hình 8-19), trong đó μ là hệ số ma sát giữa đá núi với lớp lót.

Phương trình chính tắc có xét tới biến vị góc β ở chân vòm là:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} + \beta &= 0; \\ \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} + \beta y_n &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (4-36)$$

trong đó: $\beta = \beta_p + X_1\beta_1 + X_2Y_n\beta_2$.

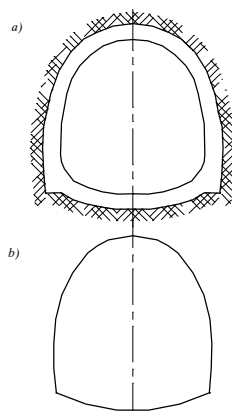
Giá trị nội lực và ứng suất trong vòm được xác định theo các công thức (8-32) và (8-33).



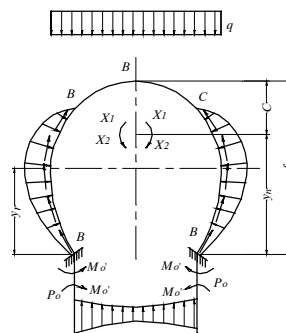
Hình 8-19. a) Sơ đồ tính toán kết cấu vòm cao; b) Xác định vị trí có lực kháng đàn tính lớn nhất trên vòm.

c. Tính toán vòm kín.

Trong tầng đá tương đối mềm yếu thường xây lớp lót thành một khối chỉnh thể trên toàn bộ chu vi của mặt cắt đường hầm (hình 8-20). Khi xác định sơ đồ tính toán cho loại này cần dựa vào trình tự thi công lớp lót. Nếu thi công một lúc toàn bộ lớp lót theo chu vi mặt cắt đường hầm thì sơ đồ tính toán sẽ là một kết cấu khép kín (vòm kín) trên nền đàn hồi (hình 8-21). Về thực chất, kết cấu này gồm một vòm cao và một vòm ngược ở đáy ghép lại mà thành. Nếu thi công phần vòm cao phía trên trước một thời gian sau mới thi công phần vòm ở đáy thì trọng lượng bản thân lớp lót và áp lực đá núi (nhất là áp lực đá núi sinh ra trong khoảng giữa hai lần thi công vòm đỉnh và vòm đáy) sẽ do vòm cao phía trên chịu, lúc đó vòm phía trên tính theo kết cấu vòm cao. Nếu biện pháp thi công đảm bảo vòm trên và vòm đáy cùng làm việc thì dưới tác dụng của các lực khác như áp lực nước bên trong và ngoài đường hầm, lớp lót sẽ được tính theo kết cấu khép kín trên nền đàn hồi.



Hình 8-20. Sơ đồ vòm khép kín



Hình 8-21. Sơ đồ tính toán vòm khép kín.

Khi tính toán kết cấu vòm kín thường phân làm hai phần: phần trên tính toán như một vòm cao, phần dưới là một vòm cong ngược (hình 8-21).

Tính toán phần vòm cao như phương pháp đã nêu ở trên nhưng biến vị góc chân vòm do các ngoại lực gây ra (β_p) và biến vị góc ở chân vòm do mômen đơn vị gây ra (β_1) cần phải xét đến ảnh hưởng của vòm đáy.

Vòm đáy được coi như một dầm trên nền đàn hồi, khi vòm đáy tương đối thấp, tỷ số giữa chiều cao vòm với chiều rộng chân vòm (vòm đáy) khoảng $\frac{1}{10}$, thì có thể coi vòm đáy như một dầm thẳng để tính toán.

Theo kết quả tính dầm trên nền đàn hồi có:

$$\beta_1 = \frac{2\alpha^2}{Kb} G_4; \quad (8-37)$$

$$\beta_p = \frac{2\alpha^2}{Kb} P_0 G_5 + \beta_1 M_p, \quad (8-38)$$

trong đó : β_p - biến vị góc ở chân vòm do các ngoại lực gây ra;

β_1 - biến vị góc ở chân vòm do mômen đơn vị gây ra;

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{Kb}{EJ}}; \quad (8-39)$$

E, J - môđun đàn hồi của vật liệu và mômen quán tính của mặt cắt vòm đáy;

K - hệ số lực kháng đàn tính của đá núi;

b - chiều dài của đoạn vòm, thường lấy đoạn dài một mét để tính toán;

M_p - mômen ở chân vòm do các ngoại lực gây ra tính theo hệ tĩnh định;

P_0 - tổng hình chiếu theo phương thẳng đứng của các lực tác dụng lên nửa vòm đỉnh (bao gồm cả lực ma sát và lực kháng đàn tính);

G_4 và $G_{5=}$ - hệ số phụ thuộc vào vị trí số $\left(\frac{\alpha l}{2}\right)$.

Xác định nội lực và ứng suất ở vòm tương tự như đối với vòm cao. Biết các giá trị M_0 , N_0 , P_0 ở chân vòm ta có thể tìm được mômen ở các mặt cắt trên vòm đáy, từ đó kiểm tra cường độ và bố trí cốt thép vòm đáy.

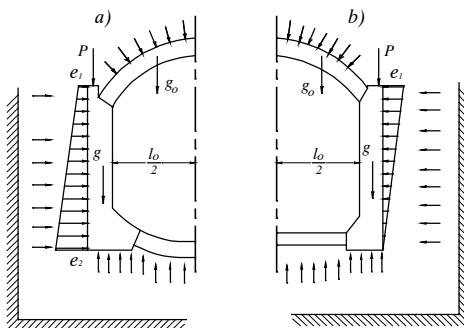
Phương pháp này có khối lượng tính toán rất lớn. G.G.Zurabốp và O.E.Bugaêva đã lập bảng cho những mặt cắt có kích thước tiêu chuẩn để giảm bớt khối lượng tính toán.

d. Tính toán kết cấu tường bên của lớp lót đường hầm.

Lớp lót của đường hầm thủy công không áp và trong các trạm thủy điện ngầm thường được làm theo kiểu có tường bên thẳng đứng. Đối với loại lớp lót này dùng phương pháp

tính vòm cao sẽ không chính xác vì sự phân bố của lực kháng đàn tính sẽ không tuân theo quy luật đường parabol.

C.C.Đavudốp đã dùng lý thuyết đàn hồi có xét ảnh hưởng của trường đàn hồi của đá núi. Tác giả không dùng hệ số lực kháng đàn tính K mà dùng môđun đàn hồi E_0 và hệ số Poatxông μ_0 của đá núi để phản ánh tác dụng của đá núi. Lúc tính toán coi lớp lót và môi trường đàn hồi của đá núi cùng chịu sự tác dụng của các lực (hình 8-22).



Hình 8 - 22. Các lực tác dụng lên tường bên

a) Tường cứng; b) Tường đàn hồi

Chiều dày tầng đàn hồi H ở phía dưới bản đáy hoặc sau tường bên sẽ được tính từ bản đáy (hoặc tường bên) đến một mặt phẳng có áp lực tăng thêm do các lực tác dụng lên lớp lót gây ra, đối với mặt phẳng đó bằng khoảng 20% áp lực ban đầu tức $\sigma_{\max} = 1,2\sigma$, σ là áp lực đất, đá lúc ban đầu chưa xây đường hầm.

Trong khi tính toán có xét đến lực đẩy ngang của đất đá. Lực này làm giảm biến hình đàn hồi hướng ngang của tường bên. Trị số và sự phân bố của áp lực đẩy ngang này phụ thuộc vào hệ số cứng α của tường bên.

Khi $\alpha > 0,05$ tường bên là tường đàn hồi, áp lực đẩy ngang phân bố theo quy luật hình tam giác (hình 8-22b).

Khi $\alpha \leq 0,05$ tường bên là tường cứng, áp lực đẩy ngang phân bố theo quy luật hình thang (hình 4-22a). Hệ số α được tính:

$$\alpha = \frac{\pi E_0}{6EJ} \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu_0^2} C^3, \quad (8-40)$$

trong đó : E, μ - Môđun đàn hồi và hệ số Poatxông của vật liệu;

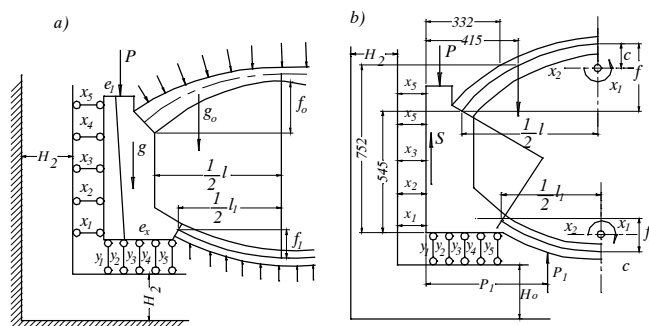
J - mômen quán tính mặt cắt tường bên;

$C \approx 0,2 h_y, h_y$ là chiều cao tường bên.

Hiện nay có quan điểm cho rằng khi đá núi tương đối rắn chắc ($f_k > 2$) thì chỉ xét đến phản lực đàn tính của đá núi mà không xét lực đẩy ngang của đá núi.

Theo phương pháp này, phần vòm của lớp lót sẽ được tính toán với các lực tác dụng: áp lực thẳng đứng và áp lực bên của đá núi, đồng thời coi chân vòm ngàm đàn hồi vào tường bên, dựa vào tác dụng của tường bên để tính ra biến vị góc ở chân vòm.

Tường bên được tính toán theo dầm trên nền đàn hồi. Lúc tính toán thay tác dụng tầng đàn hồi sau và dưới chân tường bên bằng các kết cấu thanh. Số lượng thanh mỗi phía khoảng 5 là đủ độ chính xác theo yêu cầu thiết kế.

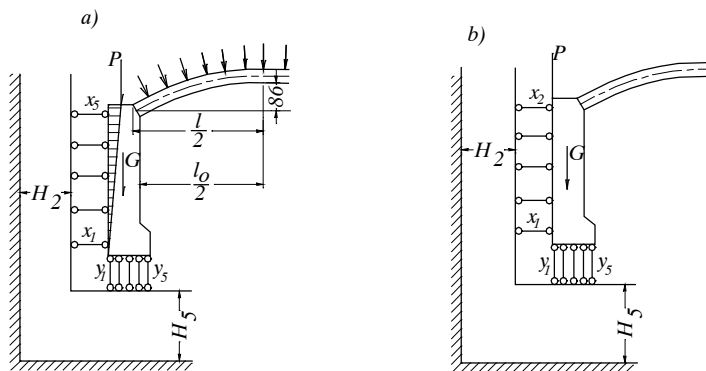


Hình 8-23. a) Hình thức kết cấu của tường bên cứng;

b) Sơ đồ tính toán của tường bên cứng.

Tường bên cứng sẽ tính theo sơ đồ hình 8-23a, b. Tường bên đàn hồi sẽ tính theo sơ đồ hình 8-24a, b.

Thông qua các bước tính toán trên, sẽ xác định phản lực của tầng đàn hồi, tính được lực hướng trục, mômen tại các mặt cắt, dựa vào đó để tiến hành thiết kế mặt cắt và bố trí cốt thép.



Hình 8-24. Tường bên đàn hồi a) Sơ đồ kết cấu; b) Sơ đồ tính toán

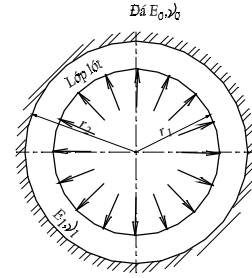
2. Phương pháp cơ học vật rắn biến dạng.

Nhóm các phương pháp này dựa trên lời giải của lý thuyết đàn hồi, dẻo và từ biến với nửa không gian hay nửa mặt phẳng có lỗ khoét hình tròn hay hình có biên phức tạp hơn, có đường biên tự do hoặc có các vòng liên kết với chiều dày không đổi.

Phương pháp này dựa trên các nghiên cứu của B.G.Galerkin, G.N.Xavin, G.B.Côlôxôp, N.I.Muxkhelisvili, X.G.Lekhnixki...

Để tính toán lớp lót đường hầm có áp mặt cắt tròn, thường sử dụng sơ đồ hình xuyên gắn kết với lỗ khoét hình tròn đặt trong môi trường đàn hồi vô hạn, hoặc là lời giải của lý thuyết đàn hồi cho hình trụ thành dày chịu tác dụng của áp lực bên trong và bên ngoài.

Ta xét biến dạng khi có tác dụng của lực phân bố bên trong p lên hình trụ thành dày (hình 8-25) có bán kính trong r_1 , bán kính ngoài r_2 . Vật liệu lớp lót được đặc trưng bởi mô đun đàn hồi E_1 và hệ số Poatxông μ_1 ; môi trường bao quanh: tương ứng là E_0 và μ_0 . Theo lời giải của B.G.Galerkin, ứng suất tại các biên của lớp lót trong hệ tọa độ cực (r, θ) như sau:



Hình 8-25. Sơ đồ lớp lót đường hầm mặt cắt tròn.

- Biên trong ($R = r_1$):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= p; \\ \sigma_\theta &= -\frac{r_2^2 + r_1^2 - 2\lambda r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} p. \end{aligned} \right\} \quad (8-41)$$

- Biên ngoài ($R = r_2$):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \lambda p; \\ \sigma_\theta &= -\frac{2r_1^2 - \lambda(r_2^2 - r_1^2)}{r_2^2 - r_1^2} p. \end{aligned} \right\} \quad (8-42)$$

Đặt: $\frac{1}{m_1} = \mu_1$; $\frac{1}{m_0} = \mu_0$, ta có:

$$\lambda = \frac{\frac{2r_1^2}{E_1(r_2^2 - r_1^2)}}{\frac{m_0 + 1}{m_0 E_0} + \frac{(m_1 - 1)r_2^2 + (m_1 + 1)r_1^2}{m_1 E_1(r_2^2 - r_1^2)}}. \quad (8-43)$$

Công thức của B.G.Galerkin cho phép tính toán ứng suất cho cả các đường hầm không có lớp lót (đào trong đá cứng). Nếu coi $E_1 = E_0 = E$; $\mu_1 = \mu_0 = \mu$, đối với bán kính R bất kỳ trong khoảng $r_1 \leq R < \infty$, ta có:

$$\sigma_r = -\sigma_\theta = \frac{pr_1^2}{R^2}. \quad (8-44)$$

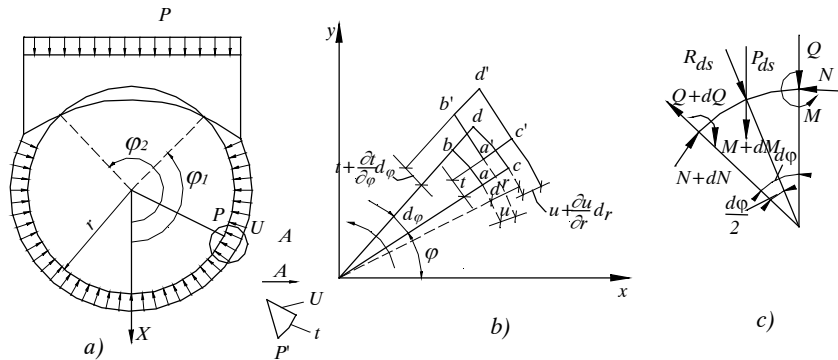
Lời giải chính xác của lý thuyết đàn hồi không cho phép thiết lập được các công thức tính toán khép kín đối với trường hợp tải trọng phân bố trên một phần của đường biên (ví dụ tải trọng là áp lực đá núi).

Trong trường hợp này có thể sử dụng lời giải của B.P.Bođrôp và L.N.Gôrelíc (1936). Lời giải này sử dụng nguyên lý thế năng cực tiểu cho vòng tròn trong môi trường đàn hồi. Giả thiết rằng khi biến dạng của lớp lót về phía khối đá thì phản lực lên nó tỷ lệ với biến

dạng (giả thiết Vinkler), nghĩa là $p = ku$ (hình 8-26a), trong đó u - thành phần chuyển vị theo hướng bán kính tại một điểm bất kỳ; t - thành phần chuyển vị hướng tiếp tuyến. Bỏ qua biến dạng do các lực ngang và thẳng góc gây ra, quan hệ giữa các thành phần chuyển vị có thể viết dưới dạng :

$$t = - \int u d\varphi. \quad (8-45)$$

Tính đúng đắn của biểu thức này có thể được chứng minh khi xem xét điều kiện cân bằng của phần bố lớp lót abcd (hình 8-26b) khi biến dạng.



Hình 8-26. Sơ đồ biến dạng của vòng tròn dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng phân bố đều (a, b) và sơ đồ lực tác dụng vào vòng tròn (C).

Để đảm bảo nhận được lời giải bằng số, biến dạng hướng bán kính được viết theo chuỗi Phuriê:

$$u = \sum_{m=1}^m (a_m \cos m\varphi + b_m \sin m\varphi), \quad (8-46)$$

trong đó: φ - góc giữa trục x và tia hướng đến điểm đang xét; $a_1, a_2, \dots, a_m; b_1, b_2, \dots, b_m$ - các hằng số chưa biết. Tính đối xứng qua trục thẳng đứng của kết cấu lớp lót và tải trọng dẫn đến là các số hạng thứ hai của biểu thức (8-46) bằng không, từ đó:

$$u = \sum_{m=1}^m (a_m \cos m\varphi); \quad (8-47)$$

$$t = \int \left(- \sum_{m=1}^m a_m \cos m\varphi \right) d\varphi = - \sum_{m=1}^m \frac{1}{m} a_m \sin m\varphi. \quad (8-48)$$

Góc φ_1 (hình 8-26a) được chia ra trong quá trình tìm trị số ban đầu của biểu đồ phản lực. Sau khi xác định thế năng T của vòng tròn như là tổng công của ngoại lực, nội lực khi biến dạng và phản lực đàn hồi, sẽ tìm được các ẩn số a_1, a_2, \dots, a_m bằng cách áp dụng lý thuyết cực tiểu thế năng, khi đó:

$$\frac{\partial T}{\partial a_1} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial a_2} = 0; \quad \dots; \quad \frac{\partial T}{\partial a_m} = 0. \quad (8-49)$$

Độ chính xác tính toán được xác định bằng trị số m . Trong thực tế tính toán thường lấy $m = 5 \div 6$.

Biết a_1, a_2, \dots, a_m sẽ xác định được mômen M , lực cắt Q và lực dọc N tại mặt cắt bất kỳ (ứng với góc φ):

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{EI}{r^2} \sum_{m=1}^m (1-m^2) a_m \cos m\varphi; \\ Q &= \frac{dM}{dS} = \frac{EI}{r^2} \frac{d}{rd\varphi} \left[\sum_{m=1}^m (1-m^2) a_m \cos m\varphi \right] = \\ &= \frac{EI}{r^3} \sum_{m=1}^m m(1-m^2) a_m \sin m\varphi; \\ N &= Rr + \frac{EI}{r^3} \sum_{m=1}^m m^2(1-m^2) a_m \cos m\varphi. \end{aligned} \right\} \quad (8-50)$$

Phương pháp nêu trên cho phép dễ dàng thiết lập chương trình giải trên máy tính.

Lời giải của bài toán lý thuyết đàn hồi về phân bố ứng suất quanh lỗ tròn cho phép xác định trường ứng suất trong khối đàn hồi đồng nhất bị khoét bởi đường hầm mặt cắt tròn. Đối với lỗ khoét bán kính r_1 (hình 8-27), trường ứng suất ban đầu xác định theo:

$$\sigma_{y_0} = \gamma_d (y-H); \quad \sigma_{x_0} = \lambda \gamma_d (y-H); \quad \tau_{xy_0} = 0, \quad (8-51)$$

trong đó: γ_d - trọng lượng riêng của đá núi, ứng suất trong khối được xác định theo công thức Kirs:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= -\gamma_d \left[\frac{1+\lambda}{2} \left(1 - \frac{r_1^2}{r^2}\right) + \frac{1-\lambda}{2} \left(1 + 3\frac{r_1^4}{r^4} - 4\frac{r_1^2}{r^2}\right) \cos 2\theta \right] H; \\ \sigma_\theta &= -\gamma_d \left[\frac{1+\lambda}{2} \left(1 - \frac{r_1^2}{r^2}\right) + \frac{1-\lambda}{2} \left(1 + 3\frac{r_1^4}{r^4}\right) \cos 2\theta \right] H; \\ \tau_{r\theta} &= -\gamma_d H \frac{1-\lambda}{2} \left(1 - 3\frac{r_1^4}{r^4} + 2\frac{r_1^2}{r^2}\right) \sin 2\theta, \end{aligned} \right\} \quad (8-52)$$

trong đó:

θ - góc giữa trục y và hướng đến điểm tính toán;

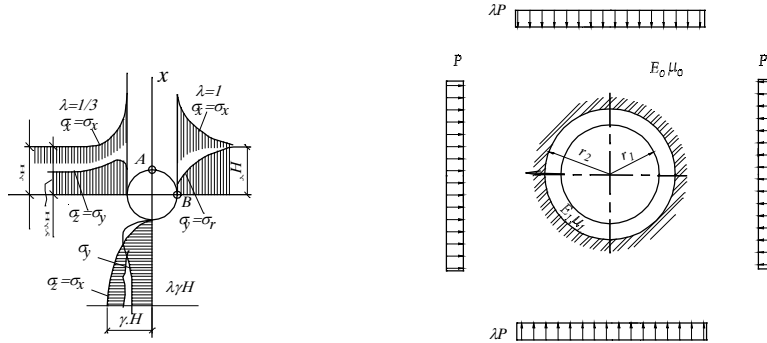
r - khoảng cách từ tâm vòng tròn đến điểm tính toán.

Khi $\theta = 0$ thì trên biên lỗ khoét ($r = r_1$, hình 8-27), ứng suất tiếp vuông góc bằng:

$$\sigma_\theta = \gamma H (3\lambda - 1), \quad (8-53)$$

nghĩa là khi $\lambda < 1/3$, trên biên sẽ phát sinh ứng suất kéo. Cần lưu ý rằng trong trường hợp lỗ khoét không được gia cố thì phân bố ứng suất trong khối đá không phụ thuộc vào đặc trưng

biến dạng của nó và được xác định chỉ theo trường ứng suất ban đầu tương ứng với $\sigma_{x_0} / \sigma_{y_0} = \lambda$ và các thông số hình học.



Hình 8-27. Phân bố ứng suất trong khối đá có lỗ khoét tròn khi $\lambda = \sigma_x / \sigma_y$ Hình 8-28. Sơ đồ tác dụng của tải trọng lên khối đá bao quanh lớp lót đường hầm

Trong trường hợp lỗ khoét được gia cố bằng một vòng tròn có chiều dày không đổi thì tình hình sẽ khác. Chẳng hạn, khi có các áp lực p và λp (ví dụ lực động đất) tác dụng lên khối đá ở xa đường hầm (hình 8-28) thì có thể sử dụng lời giải của G.N.Xavin:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r|_{r=r_2} &= p \left[\frac{1+\lambda}{2} (c_1 - 1) + \frac{1-\lambda}{2} (a_1 - 3c_3 - 1) \cos 2\theta \right]; \\ \sigma_\theta|_{r=r_1} &= p \left[(1+\lambda)(2c_1 d - 1) - 2(1-\lambda)(3c_3 d R_1^2 - t a_1 R_1^{-2}) \cos 2\theta \right]; \\ \sigma_\theta|_{r=r_2} &= p \left\{ \frac{1+\lambda}{2} [(4d-1)c_1 - 1] - \frac{1-\lambda}{2} [3(4d-1)c_3 + (1-4t)a_1 - 1] \cos 2\theta \right\}, \end{aligned} \right\} \quad (8-54)$$

trong đó:

$$\chi_0 = 3 - 4\mu_0; \quad t = \frac{1 + \chi_0 \beta}{1 + \chi_1}; \quad l = 1 - d; \quad S = 1 - t;$$

$$c_1 = \frac{R_1^2}{1 - 2d(1 - R_1^2)}; \quad a_1 = \frac{R_1^2 (dR_1^6 + 1)}{(t + SR_1^2)(dR_1^6 + 1) + 3tR_1^2 d(R_1^2 - 1)^2};$$

$$c_3 = \frac{tR_1^2 (R_1^2 - 1)}{(t + 3R_1^2)(dR_1^6 + 1) + 3tR_1^2 d(R_1^2 - 1)^2}; \quad R_1 = \frac{r_1}{r_2};$$

$$\chi_1 = 3 - 4\mu_1; \quad \beta = \frac{E_1 \times (1 + \mu_0)}{E_0 (1 + \mu_1)}; \quad d = \frac{1 - \beta}{1 + \chi_1}.$$

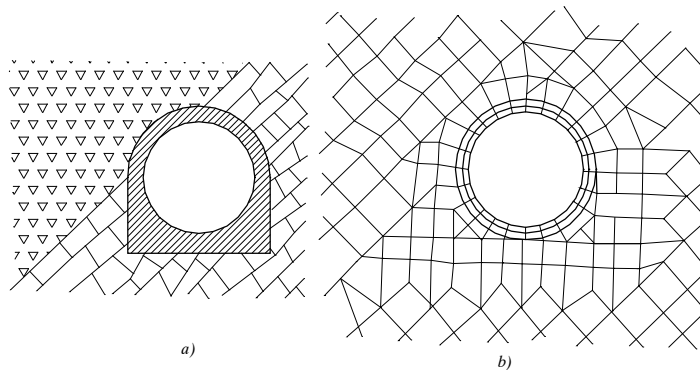
Có thể nhận được các công thức tính toán ở dạng giải tích cho trường hợp có áp lực nước tác dụng bên ngoài, áp lực nước bên trong đường hầm không áp, trọng lượng bản thân lớp lót v.v...

3. Áp dụng các phương pháp số trong tính toán đường hầm.

a. Phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH).

Nguyên tắc và trình tự giải bài toán kết cấu đường hầm theo phương pháp PTHH như sau.

1) Rời rạc hóa miền tính toán. Miền xác định được chia thành các phần tử. Trong giới hạn của sơ đồ tính toán có thể bao gồm các dạng phần tử khác nhau. Ví dụ như sơ đồ tính toán cho đường hầm và khối đá bao quanh (hình 8-29a) được chia thành các phần tử phẳng hình tứ giác và tam giác (hình 8-29b). Số lượng và dạng phần tử sử dụng được xác định bởi mục đích tính toán và yêu cầu độ chính xác của kết quả, cũng như khả năng có thể - dung lượng bộ nhớ, năng lực của hệ thống tính toán, các tham số của chương trình máy tính sẽ được sử dụng cho tính toán. Cần chú ý là việc chia miền xét thành các phần tử chỉ là biện pháp tính toán mà thường thì không mang một ý nghĩa vật lý nào.



Hình 8-29. a) Mặt cắt đường hầm trong môi trường đá không đồng chất; b) Sơ đồ lưới phần tử; 1-ranh giới; 2-lớp đá.

2) Lựa chọn các hàm nội suy. Trong giai đoạn này cần xác định các nút của sơ đồ tính toán và cho các hàm xác định sự phân bố các biến chưa biết trong giới hạn của phần tử. Thường các hàm nội suy được cho dưới dạng đa thức bởi vì việc lấy đạo hàm và tích phân các hàm đa thức là tương đối dễ dàng. Bậc của đa thức được chọn phụ thuộc vào số lượng nút trong phần tử và yêu cầu đặt ra đối với quy luật phân bố của các biến số trên toàn phần tử.

3) Xác định tính chất của các phần tử. Sau khi đề xuất mô hình phần tử hữu hạn của đối tượng xét, có thể sử dụng một trong các nguyên tắc nêu trên để xác định biểu thức mô tả mỗi phần tử. Các biểu thức này được viết dưới dạng ma trận.

4) Lắp ráp hệ các phần tử. Để thực hiện tính toán cần phải tập hợp các phần tử riêng rẽ vào trong một hệ duy nhất. Nói cách khác, các biểu thức ma trận xác định tính chất của hệ các phần tử cần phải tạo lập quan hệ chung xác định tính chất của hệ các phần tử. Các biểu thức ma trận cho hệ các phần tử có cùng một dạng như là một phần tử riêng rẽ, nhưng có bậc cao hơn, bởi vì nó chứa các số hạng cho tất cả các nút của sơ đồ tính. Ở phương pháp PTHH, các biểu thức như vậy là ma trận của hệ phương trình có số ẩn bằng số các nút trong sơ đồ nhân với số biến được xác định ở mỗi nút (số bậc tự do của nút trong bài toán cơ học

kết cấu). Nguyên tắc tập hợp dựa trên yếu tố là ở một nút nối liền một số phần tử thì giá trị của ẩn số là duy nhất đối với tất cả các phần tử quy về nút này. Trước khi giải hệ phương trình, người ta đưa vào đó những thay đổi tương ứng với các điều kiện biên đã cho.

5) Giải hệ phương trình. Trong kết quả tập hợp, ta nhận được hệ phương trình có số ẩn số lớn; sau khi giải hệ ta sẽ có các trị số tại nút của các ẩn số. Hệ phương trình có thể là tuyến tính hay phi tuyến tùy thuộc vào dạng của bài toán.

6) Các tính toán bổ sung. Sau khi giải hệ phương trình có thể thực hiện các tính toán bổ sung để nhận được các thông số phụ thuộc vào các biến số chính. Trong tính toán công trình, các biến số chính là trị số chuyển vị của các nút dưới tác dụng của tải trọng. Ứng suất ở các phần tử có thể được xác định từ trị số các chuyển vị nút đã biết.

Trong thực tế tính toán công trình bằng phương pháp PTHH, trình tự tính toán có thể khác chút ít. Công cụ tính toán chính là chương trình máy tính.

b. Phương pháp phần tử biên

Phương pháp PTHH không phải là phương pháp duy nhất cho phép nhận được lời giải gần đúng của các bài toán gặp trong thực tế.

Phương pháp các phương trình tích phân biên đã được ứng dụng rộng rãi trong những năm gần đây trong việc tính toán công trình trên máy tính. Bản chất của phương pháp nằm

ở khái niệm bài toán biên đối với các phương trình vi phân dẫn đến phương trình tích phân theo biên của miền hay một phần của nó.

Đối với các bài toán cơ học môi trường liên tục, phương trình vi phân biên có dạng (hình 8-30):

$$\frac{u_i(P)}{2} + \int_B u_j(Q) T_{ij}(Q, P) dS(Q) = \int_B t_i(Q) u_{ij}(Q, P) dS(Q), \quad (8-55)$$

trong đó:

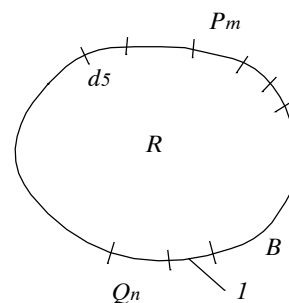
P và Q - các điểm trên biên của miền R;

T_{ij} , u_{ij} - tenxơ bậc hai (đôi khi còn gọi là hàm Grin) tương ứng của các chuyển vị pháp tuyến và tiếp tuyến do 3 tải trọng đơn vị trực giao sinh ra trong vật thể đàn hồi và là hàm của khoảng cách giữa các điểm P, Q và hằng số đàn hồi của môi trường;

u_j - chuyển vị pháp tuyến của biên;

t_i - chuyển vị tiếp tuyến trên biên.

Phương trình (8-55) được giải bằng phương pháp số, khi đó biên liên tục được thay bằng N phần tử biên:



Hình 8-30. Sơ đồ miền tính toán. R-miền; B-biên; 1-phần tử biên

$$\frac{u_i(P_m)}{2} + \sum_{n=1}^N u_j(Q_n) \Delta T_{ij}(Q_n, P_m) = \sum_{n=1}^N t_i(Q_n) \Delta u_{ij}(Q_n, P_m) \quad (8-56)$$

Các trị số ΔT_{ij} và Δu_{ij} nhận được theo thông số hình học của các phân tố và hằng số đàn hồi của vật liệu. Phương trình cuối cùng của (8-56) quy về dạng:

$$AX = BY \quad (8-57)$$

trong đó: X chứa 2N hay 3N (với bài toán 3 chiều) hàm ẩn và Y là các điều kiện biên đã biết.

Khác với phương pháp PTHH, ma trận của phương trình (8-57) là đầy; lời giải của nó có thể nhận được bằng các phương pháp tiêu chuẩn.

4. Nguyên tắc thiết kế mặt cắt của lớp lót.

Dọc theo tuyến đường hầm, điều kiện địa chất có thể không đồng nhất, hệ số kiên cố và lực kháng đàn tính không giống nhau, nên khi thiết kế lớp lót của đường hầm phải xuất phát từ điều kiện cụ thể phân đường hầm ra từng đoạn để tính toán. Trong mỗi đoạn xem mọi điều kiện để tính toán giống nhau. Số đoạn phân càng nhiều, mức độ chính xác càng cao.

Trước khi tính các lực tác dụng vào lớp lót phải sơ bộ chọn chiều dày của nó. Chiều dày nhỏ nhất được khống chế với lớp lót bằng bê tông và bê tông cốt thép đổ liền khối có một hàng cốt thép là: 20cm, hai hàng cốt thép là: 25cm, bê tông lắp ghép: 12cm, bê tông phun chịu lực: 10cm, trát trơn: 5cm, bằng vữa phun: 5cm.

Tiến hành tính toán các lực tác dụng, ghép các tổ hợp lực trong các trường hợp bất lợi để tính lớp lót theo phương pháp trạng thái giới hạn phù hợp với những yêu cầu của quy phạm hiện hành. Việc tính toán được tiến hành theo hai bài toán: 1) tính khả năng chịu lực và trong những trường hợp cần thiết có kiểm tra ổn định của kết cấu (nhóm thứ nhất của các trạng thái giới hạn); 2) tính theo điều kiện chống nứt, khống chế vết nứt cũng như lượng nước thấm mất đi của đường hầm (nhóm thứ hai của các trạng thái giới hạn).

IV. CẤU TẠO LỚP LÓT CỦA ĐƯỜNG HẦM

1. Vật liệu xây dựng lớp lót.

Lớp lót của đường hầm được xây dựng bằng bê tông, bê tông cốt thép, xi măng lưới thép, bê tông phun, vữa phun, cấu kiện bê tông lắp ghép bằng thép, bằng gạch đá xây...

Chất lượng của các loại vật liệu phải thỏa mãn các yêu cầu của các tiêu chuẩn quy phạm "*Thiết kế, thi công lớp lót đường hầm*" hiện hành. Khi chọn vật liệu xây dựng phải chú ý tới các điều kiện bào mòn, xâm thực của nước.

Lớp lót xây bằng phương pháp phun bê tông có những chỉ tiêu kỹ thuật rất cao nên độ dày có thể giảm đi một nửa so với lớp lót xây bằng bê tông thường. Có thể dùng bê tông phun chống đỡ thay cho các giàn chống tạm thời bằng bê tông hoặc cốp pha trong thi công. Sau khi phun bê tông từ 2 đến 3 giờ, có thể nổ mìn ngay để đào tiếp đoạn sau. Bê tông phun có một vai trò quan trọng trong việc tăng nhanh tốc độ thi công và bảo đảm an toàn thi công.

2. Khe nối trong lớp lót

Trong lớp lót bê tông cốt thép cần bố trí các khe công tác ngang và dọc. Khoảng cách giữa các khe ngang thường chọn từ 6 đến 8m. Ở chỗ nối tiếp phải bố trí thêm các cốt thép móc để bảo đảm thêm tính chỉnh thể của lớp lót. Để tránh nứt nẻ do bê tông co rút gây ra, có thể dùng phương pháp thi công cách đoạn.

Trong một số công trình, để bê tông khỏi nứt nẻ, người ta còn bố trí các khe co giãn ngang, trong khe có bố trí các tấm đồng chống thấm, khoảng cách các khe này từ 4 đến 10m. Nhưng tác dụng của các khe co giãn hiện đang còn được tiếp tục nghiên cứu vì giữa lớp lót và đá núi đã có một độ dính kết nhất định, nếu thi công không tốt thì khe co giãn sẽ trở thành một chỗ yếu, nước dễ thấm qua. Thi công khe co giãn rất phiền phức, có thể làm kéo dài tiến độ thi công và tiêu hao một lượng thép và kim loại màu lớn. Một số công trình tuy đã có khe co giãn nhưng sau khi hoàn thành một thời gian vẫn sinh vết nứt. Nguyên nhân cơ bản sinh ra vết nứt là do bê tông bị co rút. Ở chỗ tiếp giáp giữa hai khối bê tông cũ và mới, tại những nơi đá núi lồi lõm không bằng phẳng, độ dày lớp lót thay đổi đột ngột cũng dễ sinh ra nứt nẻ. Vì vậy, nếu dùng xi măng tỏa nhiệt ít, dùng biện pháp làm lạnh cốt liệu trước khi trộn bê tông và làm mặt đá núi bằng phẳng nhẵn trơn, thì có thể tránh được nứt nẻ.

3. Phụt vữa.

Căn cứ vào mục đích của việc phụt vữa có thể phân làm hai loại: phụt vữa lấp các khe hở và phụt vữa cố kết. Phụt vữa lấp các khe hở là để lấp kín các khe hở, các lỗ, tăng độ chặt giữa lớp lót với vách đá. Phụt vữa cố kết là để gia cố các tầng của đá núi, tăng tính chỉnh thể và chống thấm. Phụt vữa có tác dụng như: giảm bớt áp lực đá núi, bảo đảm lực kháng đàn tính của đá núi, giảm hoặc làm mất áp lực nước ngầm và chống thấm... Đối với đường hầm có áp, phụt vữa rất cần thiết và quan trọng.

Lỗ phụt vữa để lấp các khe hở sâu chừng 0,8 - 1,2m; lỗ phụt vữa cố kết sâu chừng 3m, có khi sâu đến 6÷10m, độ sâu này do tình hình, tính chất các tầng đá quyết định.

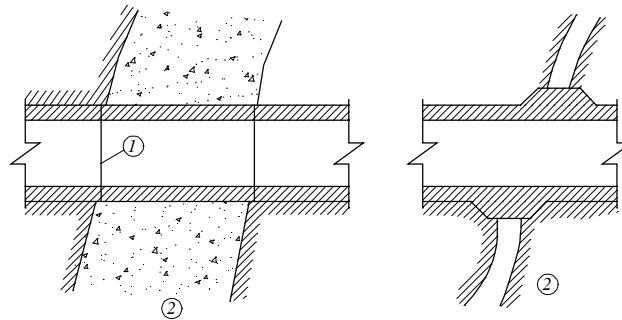
Nếu nước ngầm có tác dụng xâm thực đối với bê tông thì ngoài việc bố trí các thiết bị thoát nước còn phải làm màng ngăn cách bằng cách phụt vữa bitum hoặc vữa xi măng.

4. Tháo nước, biện pháp xử lý khi đường hầm xuyên qua các tầng đá nứt gãy.

Khi mực nước ngầm tương đối cao, cần phải đặt các ống thoát nước để giảm bớt áp lực nước bên ngoài. Thường chỉ bố trí thoát nước theo hướng dọc, thông về hạ lưu. Ống thoát nước hướng dọc có thể làm bằng gạch hoặc bê tông nhẹ. Ngoài ra, cũng có công trình còn bố trí các ống thoát nước hướng ngang để tăng thêm hiệu quả của việc tiêu nước ngầm. Ống tiêu nước hướng ngang có thể làm bằng gạch hoặc đá dăm.

Thiết kế đường hầm phải dự kiến khả năng tháo cạn nước trên suốt chiều dài của nó để kiểm tra và sửa chữa.

Khi đường hầm bắt buộc phải xuyên qua các tầng đá nứt gãy, tại chỗ đó cần tăng chiều dày của lớp lót và bố trí thêm cốt thép. Khi tầng gãy rất rộng, cần phải bố trí khe co giãn hướng ngang (hình 8-31) để tránh nứt nẻ do lực không đều gây ra.



Hình 8-31. Xử lý khi đường hầm xuyên qua các tầng gãy

1. Khe co giãn; 2. Tầng gãy.

S8.4. CẤU TẠO CỦA ĐƯỜNG HẦM THỦY CÔNG

I. CÁC BỘ PHẬN CHÍNH CỦA ĐƯỜNG HẦM THÁO DẪN NƯỚC

Ngoài phần kênh dẫn vào ở thượng lưu (có khi không cần kênh dẫn vào) và kênh dẫn ra ở hạ lưu, đường hầm tháo, dẫn nước chủ yếu do các bộ phận sau đây hợp thành:

1. Bộ phận cửa vào: thường gồm lưới chắn rác, cửa van, dùng khi sửa chữa, cửa van chính (có trường hợp cửa van này đặt ở cửa ra), máy đóng mở, giàn bệ đặt máy đóng mở, ống cân bằng áp lực và lỗ thông hơi. Tùy theo hình thức kết cấu khác nhau, phần cửa vào có thể phân thành các hình thức tháp, giếng đứng, mái nghiêng, tháp tựa bờ...

2. Đường hầm ở phần sau cửa vào: đáy đường hầm phải có một độ dốc. Đối với đường hầm dài, độ dốc đáy đường hầm nên lớn hơn 1% để tiện tháo nước thi công và tháo khô đường hầm. Khi đường hầm rất ngắn, có thể làm độ dốc $i = 0$. Để tránh ứ đọng nước trong hầm, ảnh hưởng tới thi công, sửa chữa, đáy đường hầm không làm dốc ngược.

3. Phần cửa ra: thường bố trí bể tiêu năng và các kết cấu phụ trợ cho việc tiêu năng như tường hướng dòng, mố, ngưỡng tiêu năng v.v... Có khi chỗ cửa ra còn đặt cửa van chính.

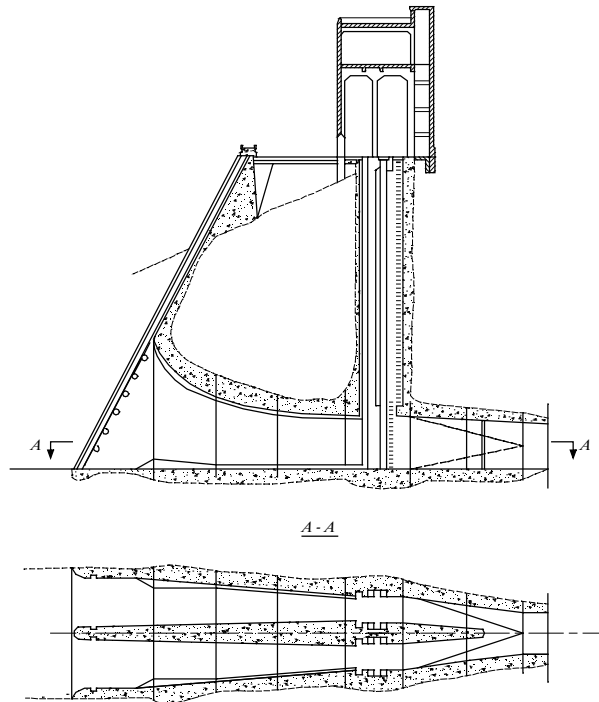
Cửa ra của đường hầm dẫn nước đến trạm thủy điện thường trực tiếp dẫn thẳng đến buồng xoắn của trạm thủy điện.

II. CÁC HÌNH THỨC CỬA VÀO

1. Hình thức giếng đứng.

Hình thức này được dùng ở những nơi có đá kiên cố, khi đào giếng, đá không bị sụt lở (hình 8-32). Trước miệng cửa vào đoạn tiết diện thay đổi trước cửa van có đặt lưới chắn rác. Trong giếng đứng đặt cửa van thao tác và các thiết bị đóng mở cửa van. Đoạn tiết diện thay đổi sau cửa van dùng để nối tiếp đoạn vào với đường hầm.

Ưu điểm của hình thức này là kết cấu đơn giản, sửa chữa ít tốn kém, có thể đóng mở với mọi mực nước, lực đóng mở nhỏ, giá thành rẻ. Nhược điểm là thi công đào đá tương đối khó, việc sửa chữa đoạn tiết diện thay đổi trước cửa van chỉ tiến hành được khi mực nước thấp, lưới chắn rác đặt ở sâu và xa giếng đứng nên kiểm tra, sửa chữa khó khăn.



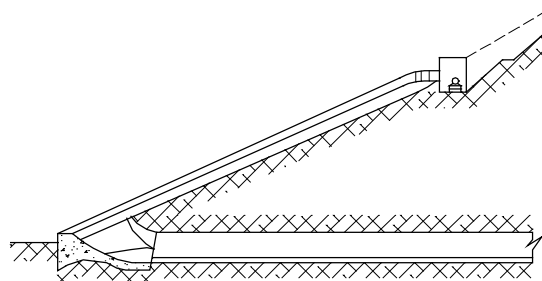
Hình 8-32. Cửa lấy nước kiểu giếng đứng

2. Hình thức mái nghiêng (hình 8-33)

Loại này được dùng ở nơi địa chất tốt, đá rắn chắc và có mái nghiêng, cửa van và lưới chắn rác được di động trên đường ray đặt trên mái nghiêng.

Hình thức này có ưu điểm là kết cấu và thi công đơn giản, giá thành rẻ, nhưng có nhược điểm do cửa vào mở rộng nên cửa van phải lớn, lực đóng mở cần lớn. Do cửa van và các thiết bị đóng mở đặt trên mái nghiêng nên nếu đất đá mái không tốt gây lún hoặc trượt sẽ ảnh hưởng đến an toàn của cửa van. Hình thức này thường dùng đối với công trình nhỏ và vừa

hoặc dùng đối với cửa van sửa chữa.



Hình 8-33. Cửa lấy nước kiểu mái nghiêng

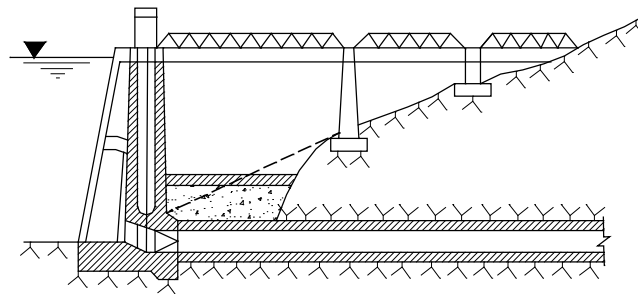
3. Hình thức tháp.

Ở những đường hầm có lớp phủ tương đối dày hoặc đá xấu nếu dùng hai hình thức trên sẽ không kinh tế, trường hợp này nên dùng hình thức kiểu tháp (hình 8-34). Kết cấu của nó

là bê tông cốt thép, gồm bốn bộ phận: cửa vào có lưới chắn rác và cửa van; đoạn nối tiếp với đường hầm hoặc đường ống phía sau; thân tháp; cầu công tác nối liền tháp và bờ.

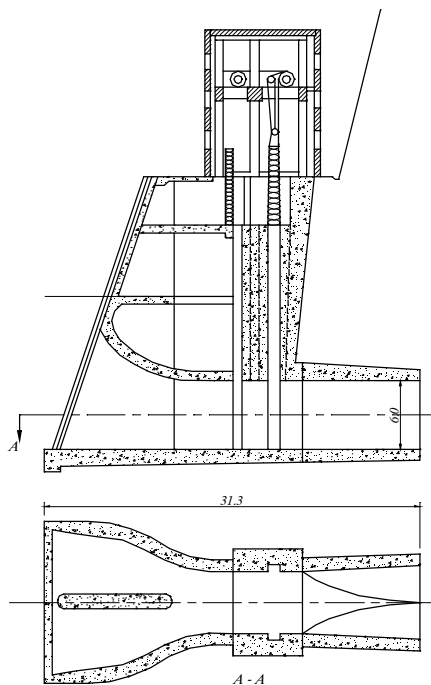
Tháp có thể xây dựng theo kiểu kín (hình 8-34). Mặt cắt ngang của tháp có thể hình tròn, hình chữ nhật hoặc đa giác. Mặt cắt hình tròn chịu lực tốt. Mặt cắt hình chữ nhật thì công đơn giản hơn. Cửa van sửa chữa và cửa van chính được bố trí gần nhau. Với hình thức tháp kín, việc sửa chữa, kiểm tra có thể được tiến hành với mọi mực nước dễ dàng, an toàn nhưng giá thành đắt.

Đối với các đường hầm ít quan trọng, tháp có thể làm theo kiểu giàn khung (hình 8-35).

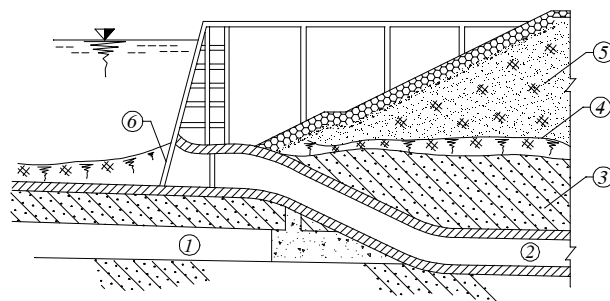


Hình 8-34. Tháp kiểu kín

4. Hình thức tháp tựa bờ (hình 8-36)



Hình 8-36. Cửa lấy nước kiểu tháp tựa bờ



Hình 8-35. Tháp kiểu giàn khung

1. đường hầm dẫn dòng; 2. đường hầm dẫn nước; 3. đá; 4. mặt đất tự nhiên; 5. đập đất; 6. cửa nước vào.

Hình thức này thường được dùng ở những nơi có bờ tương đối dốc, đá rắn chắc.

Hình thức này có được những ưu điểm của hình thức thấp và mái nghiêng. Thân của tháp tựa vào bờ nên ổn định tốt, kiểm tra sửa chữa dễ dàng, giá thành rẻ.

III. CAO TRÌNH CỬA VÀO

Đối với đường hầm có áp dẫn nước đến trạm thủy điện, yêu cầu đỉnh của cửa vào phải ngập dưới mực nước thấp nhất của hồ (khoảng $0,5 \div 1,0\text{m}$) để tránh không khí bị hút vào đường hầm, đồng thời đáy của đường hầm phải đặt cao hơn cao trình lắng đọng của bùn cát để đảm bảo cho bùn cát không bị dẫn vào trạm thủy điện.

Ở các đường hầm tháo lũ, cửa vào sẽ đặt ở dưới dung tích phòng lũ của hồ, nhưng nếu cần phải tháo bùn cát thì vị trí cửa vào sẽ dựa vào yêu cầu này mà quyết định.

Vị trí đường hầm tháo cạn nước trong hồ chứa cần phải đặt dưới mực nước định tháo cạn.

Những đường hầm dùng vào việc dẫn dòng thì công thì cao trình cửa vào cần phải chú ý đến điều kiện thi công khi chặn dòng để tránh khi chặn dòng, mực nước chênh lệch thượng hạ lưu quá cao, gây khó khăn cho công tác hạ lưu.

Đối với các đường hầm có nhiều công dụng khác nhau, việc lựa chọn cao trình cửa vào cần thỏa mãn các mục đích sử dụng của đường hầm, vì vậy cửa vào có thể đặt ở nhiều cao trình khác nhau. Ví dụ: thời kỳ thi công có thể bố trí cửa vào ở cao trình thấp để dẫn dòng, sau khi thi công xong sẽ lấp đi và sử dụng cửa vào ở cao trình cao hơn để tháo lũ hoặc dẫn nước (xem hình 8-1).

Khi chọn cao trình cửa vào đường hầm, còn cần phải căn cứ vào các điều kiện khác như địa hình, địa chất. Để giảm áp lực lên cửa van, nên bố trí cửa vào cao trong phạm vi có thể.

IV. BỐ TRÍ CỬA VAN, ỐNG THÔNG KHÍ

1. Bố trí cửa van.

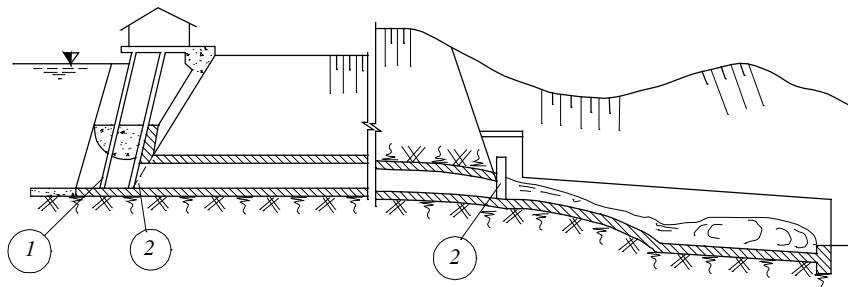
Các công trình tháo nước thường sử dụng hai loại cửa van: cửa van chính (cửa van công tác) để điều tiết lưu lượng và cửa van sửa chữa dùng trong khi sửa chữa đường hầm hoặc sửa chữa cửa van chính.

Cửa van sửa chữa thường đặt ở phần cửa vào, nếu cửa ra đặt thấp hơn mực nước hạ lưu cũng cần bố trí cửa van sửa chữa tại đây. Cửa van chính thường đặt ở cửa vào nhưng cũng có trường hợp đặt ở cửa ra.

Khi cửa van chính bố trí ở cửa ra (hình 8-37), đường hầm thường xuyên chịu cột nước áp lực cao, lúc sửa chữa đường hầm phải tháo cạn nước, nên trạng thái chịu lực của lớp lót phải thay đổi nhiều, mặt khác bố trí van chính và van sửa chữa ở hai đầu như vậy nên phải dùng hai bộ thiết bị đóng mở do đó vốn đầu tư tăng. Nhưng bố trí kiểu này cũng có ưu điểm là dòng chảy trong đường hầm ổn định, ít sinh chân không. Trường hợp dùng van đặc biệt (như loại van hình nón v.v...), nhất thiết phải đặt ở hạ lưu.

Khi cửa van chính bố trí ở cửa vào, dòng chảy trong đường hầm có thể là có áp hoặc không áp. Ưu điểm của hình thức này là cửa van chính và cửa van sửa chữa đều đặt ở cùng một chỗ nên có thể chỉ dùng một bộ máy đóng mở, kiểm tra sửa chữa dễ dàng. Các đường hầm tháo nước thường dùng hình thức bố trí này.

Các đường hầm dẫn nước đến trạm thủy điện thường phải bố trí các cửa van chính đóng mở nhanh để sử dụng khi trạm thủy điện gặp sự cố. Khi cửa van đóng mở nhanh đặt ở cuối đường hầm thì cửa vào chỉ cần đặt cửa van sửa chữa. Khi tại các tổ máy turbine có cửa van sự cố đóng mở nhanh thì ở cửa vào đặt cửa van chính và cửa van sửa chữa bình thường.



Hình 8 -37. Các hình thức bố trí cửa van

1. cửa van sửa chữa; 2. cửa van chính.

2. Bố trí ống thông khí

Đối với đường hầm không áp, cửa ống thông khí thường đặt ở vị trí ngay sau buồng van để bổ sung lượng không khí cần thiết cho khoảng không phía trên đường hầm cũng như các vị trí có sự chảy tách dòng cục bộ, dễ sinh chân không. Các sơ đồ bố trí như sau:

a. *Ống (hay giếng) thông khí chính.* Ống này có cửa vào thông với khí trời, đặt ở cao độ trên mực nước gia cường ở thượng lưu (đối với các loại tháp) hay cao hơn mặt đất (đối với giếng đứng) và có lưới bảo vệ chống đất đá, rác lọt vào. Cửa ra của ống thông khí chính đặt ngay ở trần đường hầm, mặt cắt sau cửa van. Đây là đường tiếp khí đơn giản và sử dụng phổ biến nhất.

b. *Ống thông khí trực tiếp đến các vị trí tách dòng.* Các vị trí cần tiếp khí ở buồng van chủ yếu là các khe van, bán khe, ngưỡng đáy, bậc thụt. Các ống này được bố trí luôn trong tường bên hoặc trụ pin, nối từ khoảng không sau buồng van đến vị trí cần tiếp khí. Với ống tiếp khí ở ngưỡng đáy, cần chọn độ dốc thuận để tránh nước đọng làm cản trở việc thông khí.

Lưu lượng thông khí và tiết diện cần thiết của các ống thông khí xác định theo §8-2.

3. Ống cân bằng áp lực.

Khi có 2 cửa van, có thể đặt ống để cân bằng áp lực trước và sau cửa van, giảm bớt lực đóng mở cho van phía trước. Ống cân bằng áp lực có thể bố trí trong trụ pin, cũng có thể đặt ngay trên cửa van, nhưng khi lưu lượng nước tháo quá lớn thì dễ gây ra chấn động.

Đường kính của ống cân bằng áp lực cần căn cứ vào thời gian tháo nước vào đoạn đường ống phía sau cửa van thứ nhất để quyết định. Khi thiết kế cần chú ý khấu trừ lượng nước rò rỉ qua cửa van phía sau.