

## Chương IV

# NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

## Mục Lục

<b>MỤC LỤC .....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG IV .....</b>	<b>2</b>
<b>Nhà máy thủy điện .....</b>	<b>2</b>
4.1. Tổng quan về nhà máy thủy điện.....	2
4.1.1. Phân loại nhà máy thủy điện .....	2
4.1.2. Kết cấu nhà máy thủy điện.....	7
4.1.3. Những yêu cầu cơ bản đối với nhà máy thủy điện.....	7
4.1.4. Các bước tính toán thiết kế nhà máy thủy điện.....	8
4.2. Những tài liệu cơ bản cần cho thiết kế .....	8
4.2.1. Tài liệu địa hình, địa chất .....	8
4.2.2. Quy hoạch thủy năng và tài liệu giao thông .....	8
4.2.3. Tài liệu thiết bị cơ điện.....	8
4.2.4. Tài liệu tải trọng các tầng nhà máy thủy điện.....	9
4.2.5. Tài liệu về máy phát và máy biến thế chính .....	9
4.2.6. Thiết bị nâng chuyển .....	11
4.3. Phân tích ổn định tổng thể nhà máy thủy điện và xử lý nền.....	12
4.3.1. Tải trọng và tổ hợp tải trọng .....	14
4.3.2. Công thức tính toán các tải trọng.....	14
4.3.3. Phân tích ổn định nhà máy và hệ số an toàn.....	17
4.4. Nguyên tắc xác định kích thước và các cao trình chủ yếu Của nhà máy.....	18
4.4.1. Kích thước đoạn tổ máy và chiều dài nhà máy.....	18
4.4.1.2. Chiều dài sàn lắp ráp $L_2$ .....	21
4.4.2. Cao trình lắp đặt tuabin và chiều cao nhà máy chính .....	21
4.4.3. Chiều rộng nhà máy chính. (song song với chiều dòng chảy).....	25
4.5. Bố trí các tầng trong nhà máy và khu nhà máy trong công trình đầu mối .....	26
4.5.1. Bố trí các tầng trong nhà máy.....	26
4.5.2. Bố trí khu nhà máy .....	29
4.6. bố trí kết cấu nhà máy thủy điện .....	30
4.6.1. Thiết kế kết cấu phân trên nước của nhà máy.....	30
4.6.2. Khung cột nhà máy thủy điện: .....	37
4.6.4. Sàn các tầng nhà máy: .....	42
4.7. Tính toán bộ máy phát.....	45
4.7.1. Hình dạng và kết cấu: .....	46
4.7.2. Nguyên tắc tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng.....	46
4.7.3. Tính toán động lực bộ máy.....	48
4.7.4. Tính toán tĩnh lực bộ máy:.....	52
4.8. Tính toán kết cấu buồng xoắn .....	55
4.8.1. Phân loại và phạm vi sử dụng: .....	55
4.8.2. Sơ đồ tính toán, tải trọng và tổ hợp tải trọng .....	56
4.8.3. Tính toán kết cấu bê tông bao ngoài buồng xoắn kim loại .....	57
4.8.4. Tính toán buồng xoắn bê tông tiết diện tròn chịu áp lực nước bên trong .....	61
4.8.5. Tính toán biến vị biên ngoài tấm đỉnh buồng xoắn bê tông cốt thép.....	63
4.9. Tính toán kết cấu ống hút .....	64
4.9.1. Kết cấu ống hút.....	64
4.9.2. Tải trọng và tổ hợp tải trọng ống hút.....	65
4.9.3. Giả định tính toán và phương pháp tính toán ống hút.....	65

## Chương IV

# NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

Biên soạn: TS. Huỳnh Tấn Lượng

### 4.1. TỔNG QUAN VỀ NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

Nhà máy là công trình chủ yếu của Trạm thủy điện, trong đó bố trí các thiết bị động lực: Turbin, máy phát và các hệ thống thiết bị phụ phục vụ cho sự làm việc bình thường của các thiết bị chính nhằm sản xuất điện năng cung cấp cho các hộ dùng điện. Loại và kết cấu nhà máy phải bảo đảm sự làm việc an toàn của các thiết bị và thuận lợi trong vận hành.

#### 4.1.1. Phân loại nhà máy thủy điện

Trong thực tế xây dựng nhà máy thủy điện có thể phân đơn giản gồm hai loại:

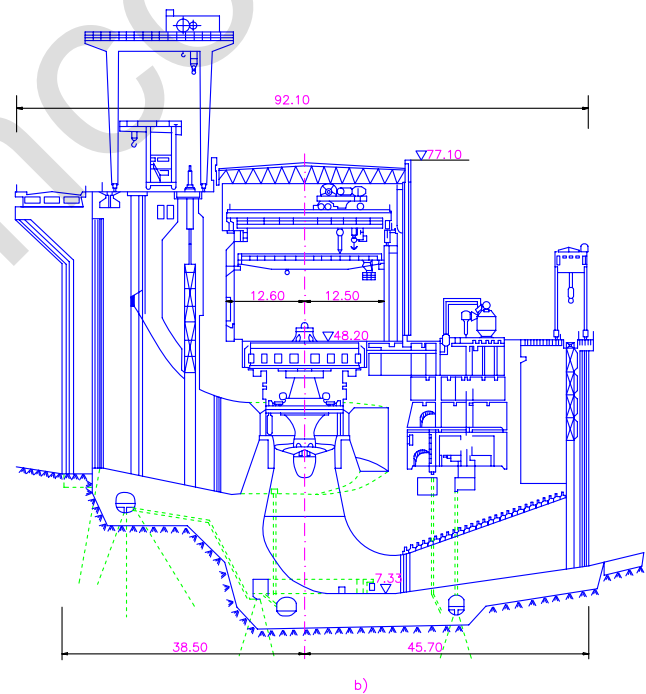
- Các loại nhà máy thông thường: Nhà máy không kết hợp: Nhà máy lòng sông, nhà máy sau đập, nhà máy đường dẫn

- Các loại nhà máy đặc biệt: Nhà máy ngầm, nhà máy kết hợp xả lũ, nhà máy trong thân đập v.v..

##### 4.1.1.1. Nhà máy thủy điện ngang đập

Nhà máy thủy điện ngang đập được xây dựng với cột nước không quá 35÷40m. Ở đây toàn bộ hệ thống công trình tập trung trên một tuyến. Bản thân nhà máy là một phần của công trình dâng nước, nó thay thế cho một phần đập dâng chịu áp lực nước thượng lưu. Cửa lấy nước cũng là thành phần của bản thân nhà máy.

Một đặc điểm cần lưu ý khi thiết kế đối với nhà máy thủy điện ngang đập là về mùa lũ cột nước công tác thường giảm, dẫn đến công suất tổ máy giảm, trong một số trường hợp nhà máy có thể ngừng làm việc. Để tăng công suất nhà máy trong thời kỳ lũ đồng thời giảm đập tràn, hiện nay trên thế giới người ta thiết kế nhà máy thủy điện ngang đập kết hợp xả lũ qua đoạn tổ máy. Nếu nghiên cứu bố trí một cách hợp lý công trình xả lũ trong đoạn tổ máy thì khi tràn làm việc có thể tạo thành những vị trí có thể tăng cột nước công tác do hiệu quả phun xiết.



Hình 4-1. Nhà máy thủy điện ngang đập

Đối với nhà máy thủy điện ngang đập, cột nước thấp lưu lượng lớn, chiều dài đoạn tổ máy thường xác định theo kích thước bao ngoài buồng xoắn và ống hút. Chiều ngang đoạn tổ máy theo chiều dòng chảy phân dưới nước của nhà máy phụ thuộc vào kích thước cửa lấy nước, buồng xoắn tuabin và chiều dài ống hút, đồng thời việc tính toán ổn định nhà máy và ứng suất nền có quan hệ đến kích thước phần dưới nước của nhà máy, đặc biệt đối với nền mềm.

Để giảm chiều cao phần dưới nước của nhà máy, trong thiết kế thường áp dụng mặt cắt buồng xoắn hình chữ T hướng xuống với đỉnh bằng, như vậy có thể cho phép rút ngắn chiều cao tầng tuabin và máy phát đặt gần tuabin hơn.

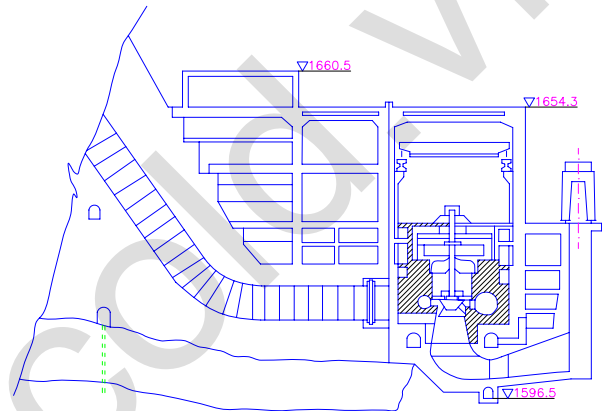
Để đảm bảo ổn định chống trượt và ứng suất đáy nền không vượt quá trị số cho phép, tấm đáy của nhà máy thủy điện ngang đập nằm trên nền mềm thường có kích thước rất lớn. Lợi dụng chiều dày tấm đáy người ta bố trí ở thượng lưu cửa lấy nước hành lang kiểm tra và thu nước. (Hình 4-1)

#### 4.1.1.2. Nhà máy thủy điện sau đập

Nhà máy thủy điện sau đập thường dùng với cột nước từ  $30 \div 45 \text{m} \leq H \leq 250 \div 300 \text{m}$  và có thể lớn hơn nữa. Nhà máy được bố trí ngay sau đập dâng nước. Nhà máy không trực tiếp chịu áp lực nước phía thượng lưu, do đó kết cấu phần dưới nước và biện pháp chống thấm đỡ phức tạp hơn nhà máy ngang đập dâng. Nếu đập dâng nước là đập bê tông trọng lực thì cửa lấy nước và đường ống dẫn nước Tuabin được bố trí trong thân đập bê tông. Khoảng cách giữa đập và nhà máy thường đủ để bố trí các phòng và máy biến thế (máy nâng điện áp) (Hình 4-2).

Trong một số trường hợp nếu không ảnh hưởng nhiều đến ứng suất hạ lưu đập để giảm khối lượng bê tông và chiều dài đường ống dẫn nước vào tuabin người ta đặt lán nhà máy vào thân đập.

Tùy thuộc vào cột nước công tác, nhà máy thủy điện sau đập thường dùng Tuabin tâm trục, Tuabin cánh quay cột nước cao hoặc tuabin cánh chéo. Ở nhà máy thủy điện sau đập phần điện thường bố trí phía thượng lưu giữa đập và nhà máy; còn hệ thống dầu nước thì bố trí phía hạ lưu (Hình 4-2).



**Hình 4-2.** Mặt cắt ngang nhà máy thủy điện sau đập.

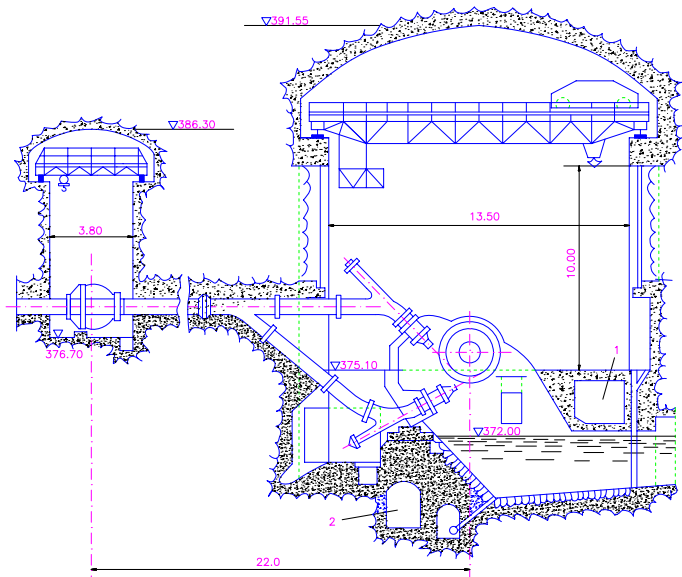
#### 4.1.1.3. Nhà máy thủy điện đường dẫn

Nhà máy thủy điện đường dẫn và nhà máy thủy điện sau đập có một số đặc điểm kết cấu giống nhau. Cả hai loại nhà máy đều dùng đường ống áp lực dẫn nước vào Tuabin. Cũng giống như nhà máy sau đập, loại nhà máy thủy điện đường dẫn không trực tiếp chịu áp lực nước phía thượng lưu.

Nhà máy thủy điện đường dẫn phạm vi sử dụng cột nước rất rộng từ  $2 \div 3 \text{m}$  đến  $1700 \div 2000 \text{m}$ .

Nhà máy thủy điện đường dẫn ống áp lực đặt lộ thiên có thể sử dụng cột nước đến  $2000 \text{m}$ . Với cột nước từ  $500 \div 600$  trở lên thường dùng tuabin gáo, tổ máy trục đứng hoặc trục ngang. (Hình 4-3).

Nhà máy thủy điện đường dẫn có nhiều hạng mục công trình và nằm tập trung theo hai khu vực: khu công trình đầu mối gồm: công trình ngăn dòng, công trình xả lũ, công trình lấy



**Hình 4-3.** Nhà máy thủy điện đường dẫn lắp Turbin gáo.

nước và khu nhà máy nối tiếp với hạ lưu bằng đường dẫn có áp hoặc không áp.

Ngoài cách phân loại cơ bản trên nhà máy thủy điện còn được phân loại theo vị trí tương đối của bản thân nhà máy trong bố trí tổng thể: Nhà máy thủy điện trên mặt đất, nhà máy thủy điện ngầm được bố trí toàn bộ trong lòng đất, nhà máy thủy điện nửa ngầm với phần chủ yếu của nhà máy bố trí ngầm trong lòng đất, phần mái che có thể bố trí trên mặt đất.

#### Nhà máy thủy điện ngầm:

Kết cấu nhà máy thủy điện ngầm phụ thuộc rất ít vào phương thức tập trung cột nước mà chủ yếu phụ thuộc vào điều kiện địa hình và cấu trúc địa chất. Nó có thể xây dựng trong những điều kiện địa chất khác nhau, từ đá có cường độ cao cho đến yếu. Ở những nơi địa hình phức tạp, địa chất tầng trên xấu, nếu địa chất dưới sâu tốt cho phép xây dựng nhà máy thủy điện ngầm thì khối lượng đào đắp sẽ giảm, tuyến đường ống áp lực dẫn vào tuabin ngắn, áp lực nước va giảm và có lợi cho việc điều chỉnh tổ máy.

Tùy thuộc vào cường độ của đá, kết cấu tường và hầm của nhà máy thủy điện ngầm cũng khác nhau. Hình 4-4 thể hiện các loại kết cấu nhà máy Thủy điện ngầm và nửa ngầm.

Với cường độ khối đá rất cứng, không có áp lực bên và áp lực đứng rất nhỏ, nếu đá cứng thuộc cấp 8÷10 thì không cần phải xây vòm bê tông chịu lực mà chỉ cần trát tường (sơ đồ I).

Khi cường độ đá thấp hơn và có áp lực đứng thì phải xây vòm chịu lực. Trong trường hợp này có thể có hai cách: áp lực đất đá và tải trọng cầu trục thông qua chân vòm truyền xuống khối đá (sơ đồ IIb) hoặc chỉ có tải trọng cầu trục thông qua hệ thống dầm và trụ cột truyền xuống khối đá (sơ đồ II).

Trong trường hợp đá có cường độ yếu, có áp lực đứng và ngang, sự nứt nẻ nhiều và phong hoá mạnh thì phải xây tường và vòm chịu lực (sơ đồ III). Đất đá có cường độ quá yếu thì áp dụng kết cấu hình móng ngựa, kết cấu này bảo đảm chống được áp lực đứng và ngang rất tốt. (sơ đồ IV).

Khi nhà máy đặt ở cao trình không sâu lắm thường áp dụng kết cấu kiểu sơ đồ V, phần nhà máy có thể có một phần nổi trên mặt đất, hoặc sau khi xây xong lấp đất lại. Loại nhà máy này thường gọi là kiểu nửa ngầm.

Sự phối hợp giữa các công trình ngầm được xác định bởi vị trí bố trí các thiết bị chính và phụ. Trong thiết kế và xây dựng nhà máy thủy điện ngầm, người ta nghiên cứu lựa chọn phương án bố trí các thiết bị chính và phụ một cách hợp lý phù hợp với điều kiện thực tế của công trình. Ở nhà máy thủy điện ngầm việc bố trí máy biến thế là một vấn đề lớn ảnh hưởng nhiều đến kết cấu và việc bố trí các thiết bị chính bên trong nhà máy. Người ta chỉ bố trí máy biến thế trên mặt đất khi nhà máy nằm không sâu lắm, còn nói chung là đặt dưới mặt đất, ở bên cạnh nhà máy trong hành lang riêng hoặc ngay trong nhà máy.

Khi phân tích các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và điều kiện vận hành nhà máy thủy điện ngầm người ta nhận thấy nó có một số ưu điểm sau:

- Lợi dụng cường độ cao của vòm đá để chuyển một phần tải trọng kết cấu của nhà máy và thiết bị xuống nền móng và do đó giảm nhẹ kết cấu chịu lực.

- Công trình xây dựng trong điều kiện địa chất vững chắc, an toàn cao, khả năng an toàn quốc phòng tốt.

- Có thể thi công, lắp ráp liên tục, không phụ thuộc vào thời tiết khí hậu.

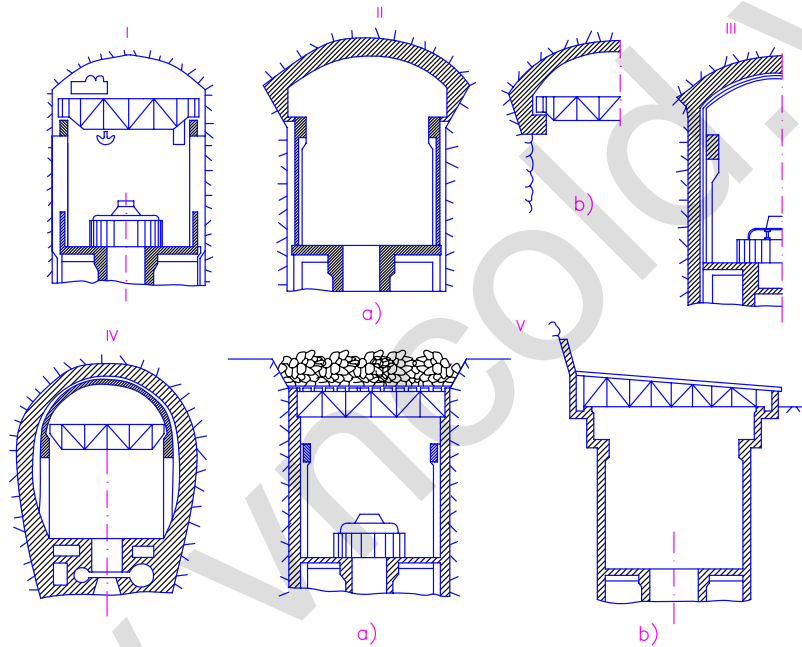
- Thiết bị vận hành trong điều kiện độ ẩm và nhiệt độ ổn định giảm được ứng suất trong thiết bị.

- Nếu điều kiện địa chất tốt có thể cho phép bố trí nhà máy tại vị trí bất kỳ trên tuyến đường dẫn không phụ thuộc vào điều kiện địa hình.

- Tuyến dẫn nước có áp ngắn vì đi thẳng, tổn thất cột nước nhỏ, đường ống tuabin có dạng giếng đứng hoặc nghiêng, áp lực nước va giảm, tổ máy làm việc ổn định.

Song ở nhà máy thủy điện ngầm có một số nhược điểm: khối lượng thi công lớn, yêu cầu kỹ thuật cao, yêu cầu về thông gió, thoát nước, ánh sáng phải đảm bảo mới thoả mãn điều kiện làm việc của công nhân vận hành.

Về đặc điểm kết cấu của ba loại cơ bản trên, nhà máy thủy điện còn có nhiều dạng kết cấu đặc biệt khác như nhà máy kết hợp xả lũ, nhà máy trong thân đập bê tông trọng lực, trong trụ pin, nhà máy thủy điện ngang đập với tuabin Capxul, nhà máy thủy điện tích năng, nhà máy thủy điện thủy triều.v.v.



**Hình 4-4. Các loại kết cấu gian máy nhà máy thủy điện ngầm và nửa ngầm.**

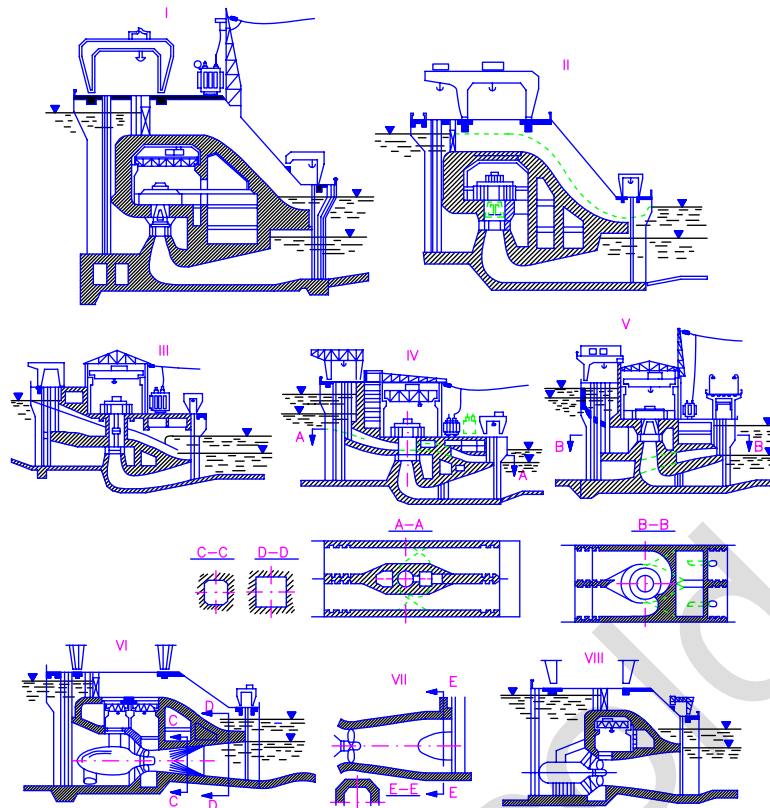
- Nhà máy thủy điện kết hợp xả lũ

Trong thiết kế và thí nghiệm, người ta đã đề ra và thử nghiệm rất nhiều phương án kết hợp xả lũ qua nhà máy, nhưng trong thực tế xây dựng phổ biến hơn cả có 3 loại: nhà máy kết hợp xả mái, xả mặt (trên buồng xoắn) và xả đáy (dưới buồng xoắn).

Phần dưới nước của nhà máy thủy điện ngang đập kết hợp xả lũ có nhiều dạng kết cấu khác nhau tùy thuộc vào cột nước và kích thước tổ máy. (Hình 4-5)

Với cột nước từ 25÷40 m thường bố trí nhà máy thủy điện trong thân đập tràn theo sơ đồ I (nhà máy kết hợp xả mái). Các phòng phụ và phòng đặt các thiết bị phụ bố trí trên tầng ống hút.

Ở các trạm thủy điện có cột nước thấp, đường kính bánh xe công tác D1 lớn, công trình tràn xả lũ thường áp dụng sơ đồ II. Nhược điểm của sơ đồ này là nắp đập trên gian máy yêu cầu tuyệt đối kín.



**Hình 4-5. Sơ đồ các dạng nhà máy thủy điện ngang đập kết hợp xả lũ.**

Để khắc phục nhược điểm của các sơ đồ trên, trong thiết kế người ta nghiên cứu bố trí công trình xả lũ trên buồng xoắn theo sơ đồ III (nhà máy thủy điện kết hợp xả mặt). Với sơ đồ này trục tổ máy dài dẫn đến kết cấu phân dưới nước tăng. Hoặc như kết cấu sơ đồ IV công trình xả lũ có áp trên buồng xoắn.

Loại sơ đồ này có thể áp dụng với các cột nước khác nhau. Nhược điểm của lấy nước tuabin đặt sâu, tải trọng cửa van lớn, thao tác không thuận tiện, trục tổ máy dài kết cấu phân dưới nước tăng. Trong thiết kế và vận hành ở các trạm thủy điện loại lớn người ta thấy rằng áp dụng sơ đồ V bố trí công trình xả lũ có áp dưới buồng xoắn là tốt nhất. Với sơ đồ này để giảm độ sâu móng nhà máy thường áp dụng buồng xoắn bê tông đối xứng có mặt cắt hướng lên trên và tăng chiều cao ống hút, như vậy có thể giảm được kích thước phần dưới nước của nhà máy.

Ưu điểm chung của các nhà máy kết hợp xả lũ:

- Rút ngắn được chiều dài đường tràn bê tông của công trình xả lũ.
- Nhờ hiệu quả phun xiết làm tăng cột nước công tác về mùa lũ.
- Thuận lợi việc bố trí công trình ở những nơi tuyến hẹp.

Tuy vậy nhà máy thủy điện kết hợp xả lũ có một số nhược điểm:

- Do bố trí đường xả lũ chiều rộng khối tổ máy thường tăng từ 5÷10%, thi công khó khăn hơn.
- Vận hành nhà máy kết hợp xả lũ phức tạp vì phải có qui trình phối hợp xả lũ.
- Nhà máy ẩm ướt vì bụi nước, khi xả lũ nhà máy có thể rung động.

Trong sơ đồ thể hiện việc bố trí một cách hợp lý các phòng thiết bị phụ tổ máy.

Cột nước công tác  $H_{\max}$  có liên quan đến loại Tuabin bố trí trong nhà máy. Ở trạm thủy điện cột nước cao bố trí tuabin tâm trục với tỷ tốc bé và khi  $H_{\max} > 500\text{m}$  sử dụng tuabin gáo. Ở trạm thủy điện cột nước trung bình thường bố trí các loại tuabin tâm trục với các tỷ tốc từ lớn đến bé và trong một số trường hợp với cột nước  $H_{\max} > 150\text{m}$  có thể sử dụng tuabin cánh chéo. Ở trạm thủy điện cột nước thấp thường bố trí Turbin cánh quay hoặc Turbin cánh quạt và cũng có thể bố trí các Turbin tâm trục tỷ tốc lớn hoặc Turbin cánh chéo.

Đối với trạm thủy điện sử dụng tuabin gáo, hình thức lắp máy có thể trục đứng hoặc trục ngang không phụ thuộc vào công suất lắp máy mà phụ thuộc vào số lượng vòi phun và các yếu tố kết cấu công trình cụ thể.

#### 4.1.2. Kết cấu nhà máy thủy điện

Nhà máy thủy điện phân chia thành hai phần: phần trên nước và phần dưới nước. Thông thường người ta quy ước, phần dưới nước được tính từ cao trình sàn máy phát trở xuống, phần trên nước được tính từ cao trình sàn máy phát trở lên. Phần dưới nước chiếm khoảng 70% khối lượng bê tông nhà máy.

##### 4.1.2.1. Kết cấu phần dưới nước nhà máy thủy điện

Với nhà máy thủy điện sau đập và đường dẫn phần dưới nước gồm buồng xoắn, ống hút, bệ máy phát, đường ống Turbin. Với nhà máy thủy điện ngang đập phần dưới nước ngoài buồng xoắn, ống hút, bệ máy còn có cửa lấy nước dẫn nước trực tiếp vào buồng xoắn. Với nhà máy thủy điện lắp Tuabin xung kích gáo, phần dưới nước chủ yếu là kênh xả dẫn nước ra hạ lưu.

Đọc theo chiều dài nhà máy (vuông góc với chiều dòng chảy) phần dưới nước gồm nhiều khối tuabin giống nhau và ngoài cùng là sàn lắp ráp. Tùy điều kiện địa chất nền và chiều dài nhà máy, toàn bộ nhà máy có thể là một khối liền hoặc cách nhau bằng những khe lún cắt ngang nhà máy thành từng khối. Trong mỗi khối gồm từ một hoặc một số tổ máy, riêng phần sàn lắp máy do chịu tải trọng khác nên thường được tách riêng khỏi các khối tuabin.

Ở tầng tuabin thường bố trí các hệ thống thiết bị phụ gồm: hệ thống thiết bị cung cấp dầu mỡ, hệ thống thiết bị cung cấp nước kỹ thuật, hệ thống thiết bị tháo nước sửa chữa tổ máy, hệ thống tiêu nước rò rỉ nhà máy.v.v. Ngoài ra còn bố trí các kho chứa và một số phòng phụ, máy tiếp lực và cơ cấu điều chỉnh.

Dưới sàn lắp ráp bố trí các xưởng, kho, máy bơm, giếng tập trung nước.

##### 4.1.2.2. Kết cấu phần trên nước nhà máy thủy điện

Phần trên nước nhà máy thủy điện bao gồm sàn máy, hệ khung đỡ, dầm cầu trục, mái nhà máy, kết cấu và kích thước phần này có liên quan đến việc bố trí các thiết bị trong gian máy.

#### 4.1.3. Những yêu cầu cơ bản đối với nhà máy thủy điện

- 1- Độ an toàn cao, sử dụng bền lâu, trong điều kiện có thể cần phải chú ý đến mỹ quan.
- 2- Nhà máy đối với giao thông bên ngoài thuận tiện, trong nhà máy sự liên hệ thuận lợi, việc lắp ráp sửa chữa thiết bị hợp lý.
- 3- Khối lượng công trình ít, vốn đầu tư rẻ, thời gian thi công ngắn.
- 4- Điều kiện thông gió, ánh sáng, nhiệt độ, cách nhiệt tốt; cảnh quan môi trường yên tĩnh, chủ yếu tạo điều kiện công tác cho nhân viên vận hành, kiểm tra tốt.
- 5- áp dụng kỹ thuật tiên tiến, phù hợp với yêu cầu hiện đại hoá.

#### 4.1.4. Các bước tính toán thiết kế nhà máy thủy điện

Trên cơ sở thu thập các tài liệu địa hình, địa chất thủy văn .v.v. Căn cứ vào công suất tổ máy, loại tổ máy, bước đầu xác định cao trình lắp máy và kích thước nhà máy. Tiến hành so sánh phương án bố trí tổng thể, sau khi phân tích phương án và chọn vị trí nhà máy, tiến hành bố trí khu nhà máy, bố trí thiết bị trong nhà máy.

Trên cơ sở đó định hình kết cấu và phân tích kết cấu trong nhà máy, lập thiết kế sơ bộ và bản vẽ thi công. Thiết kế thường phân làm hai giai đoạn: thiết kế sơ bộ bản vẽ thi công, đối với nhà máy thủy điện lớn có khi cần phải phân làm 3 giai đoạn thiết kế: thiết kế sơ bộ, thiết kế kỹ thuật, thiết kế thi công; khi cần thiết cũng có thể làm báo cáo chuyên đề thay cho thiết kế kỹ thuật.

### 4.2. NHỮNG TÀI LIỆU CƠ BẢN CẦN CHO THIẾT KẾ

Những tài liệu cần cho thiết kế nhà máy thủy điện và trạm biến thế bao gồm: địa hình, địa chất, quy hoạch thủy năng, thiết bị cơ điện, giao thông nhà máy đối với bên ngoài, tải trọng các tầng của nhà máy và tài liệu thiết kế có liên quan đến trạm biến thế.

#### 4.2.1. Tài liệu địa hình, địa chất

*Bảng 4-1 Tài liệu địa hình, địa chất, thủy văn*

TT	Hạng mục	Thuyết minh đơn giản
1	Địa hình	Khu vực nhà máy: 1/500 hoặc 1/1000 hoặc 1/2000 1/100 mặt cắt ngang kênh xả lòng sông.
2	Địa chất	Mặt bằng khu nhà máy, mặt cắt ngang, bản đồ trạng thái các hố khoan, cấu tạo địa chất chủ yếu, vật liệu xây dựng, tính chất cơ lý của đất đá, trạng thái nước ngầm và tài liệu động đất.
3	Thủy văn	Đường quan hệ lưu lượng và mực nước, bùn cát, các dạng lưu lượng lũ và mực nước tương ứng.
4	Khí tượng	Cường độ mưa, lượng mưa năm, số ngày mưa, khí hậu, độ ẩm, sức gió, hướng gió.v.v.

#### 4.2.2. Quy hoạch thủy năng và tài liệu giao thông

*Bảng 4-2. Các thông số thủy năng và tài liệu giao thông*

TT	Hạng mục	Thuyết minh đơn giản
1	Mực nước	Mực nước dâng bình thường, mực nước chết, mực nước thượng lưu, mực nước hạ lưu của các tần suất.v.v.
2	Tổ máy	Công suất tổ máy, hình thức tổ máy, cao trình lắp máy.v.v.
3	Lợi dụng tổng hợp	Phòng lũ, tưới, vận tải thủy, chuyển gỗ, nuôi cá, cấp nước thượng lưu và hạ lưu.v.v.
4	Đường thủy, đường bộ	Bán kính cần thiết đối với vận tải thủy và đường sắt $R \geq 200$ ; 300m $i = 2 \div 3\%$ Đường bộ $R > 35m$ , $i = 9\%$ , cấp độ cầu

#### 4.2.3. Tài liệu thiết bị cơ điện

Với tài liệu này chi tiết tỉ mỉ cần phải tham khảo sổ tay cơ điện



**Bảng 4-3. Tài liệu thiết bị cơ điện**

TT	Hạng mục	Thuyết minh đơn giản
1	Tuabin	Loại tuabin, đường kính bánh xe công tác, trọng lượng, loại buồng xoắn, ống hút và kích thước viên ngoài của nó.v.v.; Thiết bị phụ: bố trí tủ điều tốc và thùng dầu áp lực, lực hướng trục tuabin.
2	Máy phát	Loại máy phát, phương thức làm lạnh, phương thức kích từ, kích thước viên ngoài, trọng lượng Roto và trục.
3	Cầu trục	Ký hiệu cầu trục, vị trí giới hạn cầu của móc chính, móc phụ, chiều rộng cầu trục, tải trọng và công suất, áp lực nén lớn nhất, khoảng cách bánh xe.
4	Thiết bị và thiết bị phụ cơ khí	Máy bơm trong nhà máy, máy thông gió, máy nén khí, trọng lượng và kích thước ngoài của chúng, thiết bị thường dùng để sửa chữa trong nhà máy trọng lượng và kích thước của nó.
5	Sơ đồ đấu điện	Phương thức đấu điện, đường tải điện chính.v.v.
6	Máy biến thế	Số lượng máy biến thế, công suất, kích thước ngoài, chiều cao (chiều cao rút lõi thép), trọng lượng.
7	Phòng sản xuất phụ	Phòng điều khiển trung tâm, phòng cấp điện, phòng phân phối điện tự dùng, phòng axit-acquy, phòng nạp điện.v.v. diện tích và cách bố trí các phòng trên.

#### 4.2.4. Tài liệu tải trọng các tầng nhà máy thủy điện

Tải trọng các thiết bị bố trí ở các tầng trong nhà máy do xưởng chế tạo cung cấp. Tải trọng tầng gian lắp ráp căn cứ vào thiết bị khi sửa chữa, lắp ráp tổ máy để xác định

- Sàn máy phát ngoài máy phát điện còn bố trí các thiết bị máy điều tốc, thùng dầu áp lực, bảng điện bên máy.v.v. Dưới sàn máy phát có hệ thống dầm đỡ chính và phụ.

Thiết bị cơ điện trong nhà máy tương đối nặng, khi lắp ráp thường có va đập trên sàn, cho nên chiều dày sàn máy phát tương đối lớn, ở những nhà máy thủy điện vừa và lớn chiều dày sàn máy phát thường lớn hơn 20 cm, khẩu độ các dầm đỡ chính không được quá rộng, thường từ 2÷4 m.

Sàn máy phát ngoài trọng lượng bản thân, còn có hoạt tải tác động, nó bao gồm trọng lượng các phụ kiện khi sửa chữa và trọng lượng người đi lại. Do có lực xung kích khi cầu các cấu kiện đặt trên sàn máy phát cho nên khi tính toán chiều dày sàn cần phải nhân hệ số động, thường bằng 1,2 khi tính toán dầm chính và dầm phụ toàn bộ tải trọng động nhân với hệ số động 1,3.

- Tải trọng các tầng sản xuất phụ của nhà máy do các thiết bị cơ điện và trọng lượng bản thân của nó quyết định, thường từ 400÷1000KG/m<sup>2</sup> có khi lên đến 2000÷3000 KG/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.5. Tài liệu về máy phát và máy biến thế chính

##### 4.2.5.1. Máy phát điện

Các thông số về máy phát điện do xưởng chế tạo cung cấp, song khi xác định kích thước nhà máy thủy điện cần biết kiểu máy phát các kích thước chủ yếu, trọng lượng của nó.

Kích thước chủ yếu của máy phát điện là đường kính ngoài lõi thép từ của Stator  $D_a$  và chiều cao lõi thép từ  $l_a$ .

Nhãn hiệu máy phát thể hiện loại máy phát, hình thức lắp máy kích thước  $D_a$ ,  $l_a$ , số cực từ.v.v.

Đường kính rôto  $D_i$  phải bảo đảm để vận tốc dài của các bộ phận quay lớn nhất không vượt quá trị số cho phép khi Tuabin ở trạng thái quay lồng.

$$D_i \leq \frac{60V_l}{\pi k_p n_o}$$

$V_l$ -vận tốc quay lồng cho phép lớn nhất

$$V_l=160\text{m/s khi } S_{mf} \leq 175\text{MW}$$

$$V_l=185\text{m/s khi } S_{mf} > 175\text{MW}$$

$$k_p = \frac{n'_{1p}}{n'_{1o}} \text{ hệ số quay lồng tuabin;}$$

$n'_{1p}$ -số vòng quay quy dẫn ở chế độ lồng tốc;  $n'_{1o}$ -số vòng quay quy dẫn ở chế độ tính toán tổ máy. Công suất định mức máy phát có thể xác định theo công thức:

$$S_{mf} = \frac{N_{mf}}{\cos \varphi} \text{ (KVA).}$$

Để có thể tiến hành tháo lắp Tuabin khi sửa chữa mà không phải tháo dỡ Stato thì đường kính tối thiểu Roto phải thỏa mãn:

$$D_i \geq D_g + 0,6\text{m đối với máy phát có giá chữ thập dưới.}$$

$$D_i \geq D_g + 0,2\text{m đối với máy phát có giá đỡ ổ trục dưới đặt trên nắp tuabin}$$

$$D_i \geq D_g + 2\text{m đối với trường hợp cần thiết lắp ghép Roto trong hố máy phát.}$$

$$D_g : \text{ Đường kính giếng turbin.}$$

Căn cứ vào tỷ số giữa  $D_i$  và  $l_a$ , tốc độ quay của máy phát để xác định máy phát kiểu ô hoặc kiểu treo.

$$\text{Khi } D_i/l_a < 4 \text{ Máy phát kiểu treo.}$$

$$\text{Khi } D_i/l_a > 5 \text{ Máy phát kiểu ô.}$$

Trong khoảng  $D_i/l_a = 4 \div 5$  nếu tốc độ quay  $n_o > 150\text{v/ph}$ , chọn máy phát kiểu treo, ngược lại chọn máy phát kiểu ô.

#### 4.2.5.2. Máy biến thế chính (Máy biến áp)

Nhằm nâng cao điện áp để tải điện đi xa, phụ thuộc vào hệ thống mà trạm thủy điện cung cấp, điện áp cao thế của máy biến thế (hoặc máy biến áp) có thể từ 35, 110, 220, 500KV hoặc cao hơn. Máy biến thế về nguyên tắc được bố trí ngoài trời làm mát bằng không khí hoặc bằng nước.

Hệ thống điện tự dùng tùy theo từng loại thiết bị sử dụng điện áp từ 220V ÷ 10KV. Vì vậy còn có biến thế hạ áp nối trực tiếp với máy phát hoặc với hệ thống thanh góp điện áp máy phát. Trong nhà máy thủy điện bố trí các thiết bị phân phối điện áp máy phát. Tất cả các thiết bị này về nguyên tắc được đặt theo bộ để khi sửa chữa thay thế được dễ dàng. Trong trường hợp này diện tích phòng phân phối điện thế máy phát nhỏ, vận hành an toàn

Kích thước phòng phân phối điện thế máy phát, khi thiết kế sơ bộ có thể tham khảo bảng dưới đây.

Bảng 4-4

Sơ đồ đấu điện		Số tầng	Kích thước	
			Rộng (m)	Dài (m)
Sơ đồ bộ		1	5 ÷ 8	8 ÷ 15
Sơ đồ một bộ thanh góp	Không biến trở	1	6 ÷ 8	suốt chiều dài đoạn tổ máy
	Có biến trở	2	6 ÷ 8	
Sơ đồ hai bộ thanh góp	Không biến trở	2	6 ÷ 8	
	Có biến trở	2	6 ÷ 8	

#### 4.2.5.3. Trạm phân phối điện cao thế

Trạm phân phối điện cao thế bố trí ngoài trời, kích thước của nó phụ thuộc vào sơ đồ đấu điện, thiết bị phân phối, song cũng có thể tính sơ bộ xuất phát từ kích thước của các ô. Ở mỗi ô bao gồm máy đóng cắt, cầu dao cách ly và các máy móc khác, tùy thuộc vào điện thế mà có kích thước khác nhau. Trong thực tế xây dựng có thể căn cứ vào điện thế từ đó sơ bộ xác định diện tích của trạm phân phối điện cao thế. Bảng 4-5 và bảng 4-6.

**Bảng 4-5**

Điện thế (KV)	Diện tích (m <sup>2</sup> )	Điện thế (KV)	Diện tích (m <sup>2</sup> )
35	240	330	2640
110	480	550	4800
150	880	750	11480
220	1350		

Chiều rộng của trạm phân phối điện cao thế ngoài trời

**Bảng 4-6**

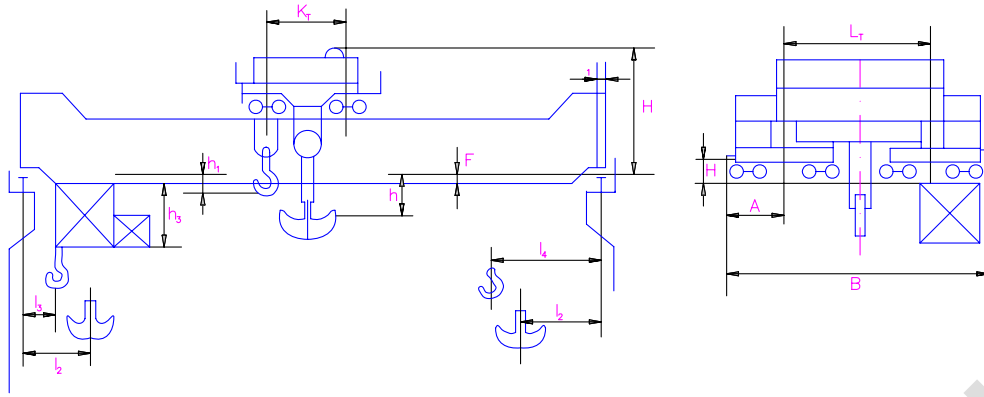
Điện thế (KV)	35	110	220
Bước ô (m)	6	8	15
Chiều rộng	60	80	135

#### 4.2.6. Thiết bị nâng chuyển

Thiết bị nâng chuyển trong nhà máy thủy điện là cầu trục phục vụ cho lắp ráp và sửa chữa tổ máy.

Cầu trục chính bố trí trong nhà máy thủy điện phải có sức nâng đủ để nâng vật nặng nhất của thiết bị khi lắp ráp và sửa chữa. Trong nhà máy kín thường dùng cầu trục cầu. Tùy theo số tổ máy và trọng lượng vật nặng nhất có thể chọn cầu trục đơn hoặc kép. Thường số tổ máy dưới 10 và trọng lượng vật nặng dưới 400 tấn thường chỉ chọn 1 cầu trục. Khi sử dụng cầu trục kép cần phải mở rộng đầu hồi và xét thêm chiều cao giàn nâng.

Vật nặng nhất ở nhà máy thủy điện thường là Rôto MF kèm trục, bánh xe công tác tuabin kèm trục, trọng lượng máy biến thế. Hình 4-6 thể hiện cầu trục trong nhà máy thủy điện.



**Hình 4-6. Thể hiện cấu trúc nhà máy thủy điện.**

Các ký hiệu trong cấu trúc:  $l_1$ ;  $l_2$ ;  $l_3$ ;  $l_4$  khoảng cách từ mốc chính, mốc phụ đến tâm đường  $h_1$ ;  $h_2$  khoảng cách từ mốc chính, mốc phụ đến mặt ray;  $H$  chiều cao từ tâm ray đến đỉnh xe nâng,  $B$  chiều rộng xe nâng,  $L_T$  khoảng cách ray xe nâng,  $K_T$  khoảng cách bánh xe nâng...

### 4.3. PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN VÀ XỬ LÝ NỀN

Nhà máy thủy điện là một kết cấu hình khối lớn, hình dạng khá phức tạp với nhiều khoảng trống bên trong. Toàn bộ nhà máy nói chung và từng phần nói riêng phải bảo đảm đủ ổn định và đủ độ bền dưới tác động của mọi tổ hợp tải trọng tĩnh và tải trọng động trong các giai đoạn xây dựng, vận hành, sửa chữa.

Sau khi đã chọn xong kết cấu nhà máy, việc đầu tiên là phải tính toán ổn định chống trượt. Khi tính toán ổn định chống trượt nên tính cho một khối tổ máy nhưng cũng có thể tính cho 1m. Chỉ cần tính toán ổn định chống trượt cho các nhà máy thủy điện chịu áp lực nước, tức là các nhà máy thủy điện ngang đập. Các nhà máy thủy điện sau đập và đường dẫn không chịu áp lực nằm ngang của nước từ thượng lưu và các lực nằm ngang khác nên không cần tính toán ổn định chống trượt. Chỉ kiểm tra ổn định chống trượt cho nhà máy thủy điện sau đập và đường dẫn khi giữa nhà máy và đập có khe lún hoặc khi có đống đất phía thượng lưu nhà máy hoặc hai bên hông nhà máy.

Ý nghĩa quyết định trong tính toán ổn định chống trượt là việc chọn đúng các tổ hợp tải trọng trong các trường hợp tính toán khác nhau.

Các tải trọng thường xuyên và tạm thời tác động lên nhà máy thủy điện là:

- Trọng lượng bản thân nhà máy, trọng lượng các thiết bị thủy lực và điện.
- Áp lực thủy tĩnh và thủy động từ hai phía thượng hạ lưu và trong các phần dẫn dòng của tuabin.
- Áp lực bùn cát.
- Áp lực thấm và đẩy nổi lên tấm đáy nhà máy thủy điện.
- Áp lực đất đá từ hai phía thượng hạ lưu.
- Áp lực sóng, mạch động của nước và rung động của thiết bị thủy lực.
- Áp lực do động đất.
- Tác động của nhiệt - co ngót trong kết cấu bê tông.
- Áp lực gió.

Ngoài những yếu tố trên còn có thể có tác động của lực dính của đất, phản lực đất, lực tỳ vào sân tiêu năng hay đá và lực kháng của neo.

Phương pháp tính toán ổn định nhà máy thủy điện là dựa vào lý thuyết cơ học đất-nền móng. Phương pháp này đơn giản song phản ánh tương đối đầy đủ quá trình làm việc của công trình chịu tải trọng nằm ngang.

Các công trình bê tông thường tính chống trượt theo mặt tiếp xúc của tấm đáy với nền - sơ đồ trượt phẳng và chỉ tính theo sơ đồ trượt sâu cùng với lớp đất bị ép phì khi tấm đáy nhà máy không chôn sâu và chiều rộng tấm đáy theo phương trượt nhỏ. Nhà máy thủy điện thường có chiều rộng tấm đáy lớn theo phương trượt (30÷60m) và đặt sâu nên thường được tính ổn định theo sơ đồ trượt phẳng.

Trong sơ đồ trượt phẳng, mặt trượt tính toán là mặt nằm ngang ở cao trình chôn sâu nhất của tấm đáy (hình 4-7). Khi tính toán phải kể đến trọng lượng phần đất nằm trên mặt trượt. Trường hợp nền có những lớp đất yếu nằm dưới tấm đáy thì phải kiểm tra ổn định theo mặt phẳng trùng với mặt của lớp đất đó, vì ở đó khả năng bị trượt rất lớn.

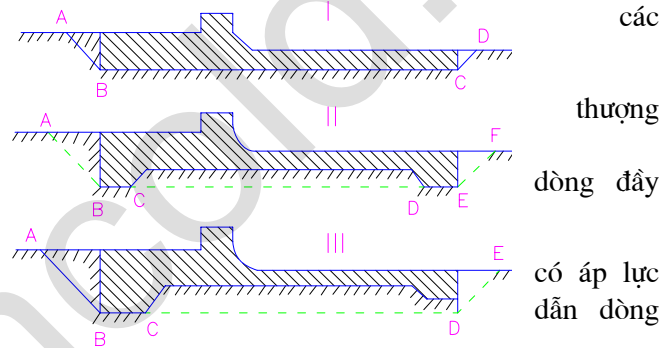
Thường người ta tính ổn định cho trường hợp sau:

- Vận hành bình thường: Mục nước lưu là mực nước dâng bình thường (MNDBT), thiết bị đặt tại chỗ, phân dẫn nước.

- Sửa chữa: Thượng hạ lưu nhà máy nước, thiết bị dỡ đem đi sửa chữa; phân bơm cạn nước.

- Sự cố khi có tải trọng đặc biệt.

Trước khi tính toán ổn định phải đồ tính toán. Phần lớn nhà máy thủy điện tính ổn định theo sơ đồ trượt phẳng, nhưng cũng có trường hợp tính theo sơ đồ trượt sâu. Có thể dựa vào các tiêu chuẩn sau đây để chọn sơ đồ mặt trượt.



**Hình 4-7. Các mặt trượt tính toán cho sơ đồ trượt phẳng ABCD, ABCDEF, ABCDE.**

Khi  $\tau = f + \frac{c}{p} > 0,45$  hoặc tỷ số giữa  $\frac{\sigma_{\max}}{\gamma B} \leq K$ , tính theo sơ đồ trượt phẳng.

Trong đó:

$\tau$ - hệ số trượt; f- hệ số masát; c- lực dính đơn vị T/m<sup>2</sup>

p- áp lực tính toán trên đất nền T/m<sup>2</sup>;

$\gamma$ - dung trọng đất T/m<sup>2</sup>

$\sigma_{\max}$ - ứng suất pháp lớn nhất trên đất nền;

B- chiều rộng nhà máy theo chiều dòng chảy.

K- trị số không thứ nguyên phụ thuộc vào góc masát trong  $\varphi$  và lực dính của đất c. Đối với các công trình cấp I, K xác định theo kết quả thí nghiệm mô hình, và đối với các công trình cấp II, III, IV nếu là nền đất có thể lấy K=3 riêng trên nền cát K=1.

Đối với nhà máy thủy điện tỷ số  $\frac{\sigma_{\max}}{BK} \leq 3$  nên phần lớn tính theo sơ đồ trượt phẳng.

### 4.3.1. Tải trọng và tổ hợp tải trọng

Để tính toán ổn định một cách chính xác cần phải phân tích tải trọng và tổ hợp tải trọng bao gồm: phương lực tác dụng, trị số, tổng hợp lực theo phương tác dụng vào công trình, các công thức tính toán tải trọng, còn cấp bậc công trình dựa vào tiêu chuẩn quy phạm quyết định.

**Bảng 4-7. Tổng hợp và phân tích tải trọng tính toán ổn định nhà máy thủy điện**

TT	Phương của lực và tổ hợp lực	Thuyết minh tải trọng và tổ hợp tải trọng
1	Các lực thẳng đứng	(1) Trọng lượng bản thân công trình $W_1$ , (2) trọng lượng nước $W_2$ , (3) Trọng lượng thiết bị cơ điện G, (4) áp lực đẩy nổi U
2	Tổng các lực tác dụng đứng	$\Sigma V = W_1 + W_2 + G - U$
3	Lực tác dụng ngang	(1) áp lực nước thượng lưu $P_1$ , (2) áp lực nước hạ lưu $P_2$ , (3) áp lực sóng $P_3$ , (4) áp lực bùn cát $P_4$ , (5) áp lực gió $P_5$ , (6) áp lực quán tính kết cấu khi động đất $P_6$ , (7) áp lực đập dềnh cửa sóng nước khi động đất $P_7$ .v.v.
4	Tổng các lực tác dụng ngang	$\Sigma H = P_1 - P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7$
5	Tình hình vận hành bình thường(1) Tình hình vận hành bình thường (2)	$-\Sigma V = W_1 + W_2 + G - U$ ; $\Sigma H = P_1 - P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7$ ; Mục nước hồ là MNDBT - Các lực giống nhau như (1) song trong trường hợp này mục nước thượng hạ lưu nhà máy tính với mục nước tần suất thiết kế tương ứng với cấp công trình
6	Tổ hợp đặc biệt (1)	$-\Sigma V = W_1 + W_2 + G - U$ ; $\Sigma H = P_1 - P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$ ; Mục nước hồ là mục nước lớn nhất.
7	Tổ hợp đặc biệt (2)	$-\Sigma V = W_1 + W_2 + G - U$ ; $\Sigma H = P_1 - P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7$ ; Mục nước hồ là MNDBT
8	Các trường hợp khác	Tổ máy đại tu: $G=0$ , $W_2=0$ , $P_6=0$ , $P_7=0$ , Tình hình thi công: $G=0$ , $W_2=0$ , $W_1$ tính theo thực tế, không tính động đất.

### 4.3.2. Công thức tính toán các tải trọng

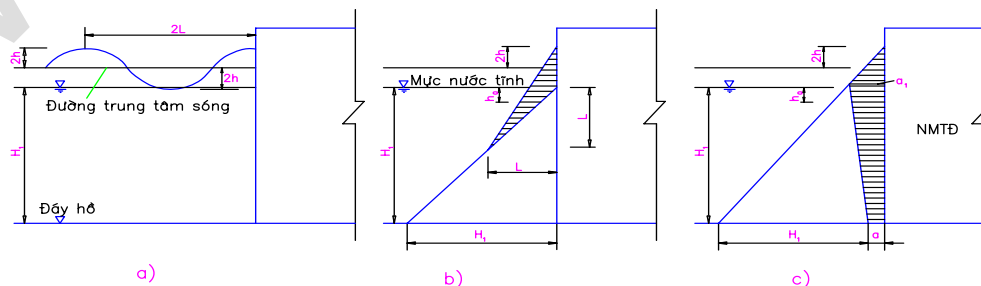
Các tải trọng như: Trọng lượng bản thân công trình  $W_1$ , trọng lượng nước  $W_2$ , trọng lượng các thiết bị cơ điện G, áp lực nước thượng hạ lưu.v.v. tính đơn giản. Song có một số tải trọng cần phải áp dụng công thức tính toán để xác định.

#### 4.3.2.1. Áp lực sóng $P_3$

$$\text{Chiều cao sóng (2h): } 2h = 0,0208 V^{5/4} D^{1/3} \quad (4-1)$$

V- tốc độ gió (m/s); D- đà sóng (Km)

$$\text{Chiều dài sóng (2L): } 2L = (8 \div 12) 2h \quad (4-2)$$



**Hình 4-8. Tính toán áp lực sóng.**

Khi chiều sâu nước  $H_1$  không lớn,  $h < H_1 < L$  áp lực sóng nước sâu (đáy hồ)

Hợp lực  $P_3$  là :

$$P_3 = \left[ \frac{(H_1 + h_o + 2h)(H_1 + a)}{2} - \frac{H_1^2}{2} \right] \gamma_o \quad (4-3)$$

Trong đó:

$h_o$ - Chiều cao từ mực nước tĩnh đến tâm đường sóng (hình 4-8)

$H_1$ - Chiều sâu nước tính từ đáy hồ đến mực nước tĩnh.

$$h_o = \frac{\pi(2h)^2}{2L} Cth \frac{\pi H_1}{L}$$

a: Cường độ áp lực sóng đáy hồ (hình 4-8c):  $a = 2h \operatorname{sech} \frac{\pi H_1}{L}$  ;

$\gamma_o$ : Dung trọng của nước.

Khi chiều sâu nước trong hồ  $H_1 > L$  (hình 4-8b)

$$P_3 = \left[ \frac{(L + 2h + h_o)(L)}{2} - \frac{L^2}{2} \right] \gamma_o \quad (4-4)$$

$$h_o = \frac{\pi(2h)^2}{2L} \quad (4-5)$$

Cường độ ồng áp lực ở mặt nước tĩnh (hình 4-8)

$$a_1 = \frac{(2h + 2h_o)L}{2h + h_o + L} \quad (4-6)$$

#### 4.3.2.2. Áp lực đẩy nổi U

Như Hình 4-11 thể hiện phân tích ổn định nhà máy thủy điện ngang đập khi tính toán áp lực đẩy nổi trị số các hệ số lấy như dưới đây.

Hệ số áp lực đẩy nổi tác dụng lên diện tích lấy = 1,0 ; khi thoát nước có hiệu quả lấy  $\alpha_1 = 0,45 \div 0,6$ ;  $\alpha_2 = 0,2 \div 0,4$ ; khi thoát nước kém hiệu quả  $\alpha_1 = 0,5 \div 0,7$ . Có thoát nước mặt nhưng không có màng chống thấm  $\alpha_2 = 0,5$

#### 4.3.2.3. Áp lực bùn cát $P_4$

Cường độ áp lực bùn cát ở một điểm bất kỳ nào tính theo công thức dưới đây:

$$P_4 = \gamma' h t g^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (4-7)$$

$$p_4^{\max} = \gamma' h \quad (\text{khi } \Phi = 0) \quad (4-7')$$

Trong công thức:  $\gamma'$  - dung trọng bùn cát lơ lửng ( $T/m^3$ )

h: Chiều sâu lắng đọng ở điểm bất kỳ (m)

$\phi$ : Góc masat trong bùn cát

#### 4.3.2.4. Áp lực gió $P_5$

Cường độ áp lực gió tính theo công thức sau:

$$P_5 = k \cdot k_2 \cdot W_0 \quad (4-8)$$

Trong đó:

k: Hệ số biểu thị hướng gió, hướng gió chính diện công trình  $k=0,8$ ; hướng gió bên  $k=0,5$ .

$k_2$ : Hệ số biểu thị thay đổi chiều cao áp lực gió

Khi chiều cao áp lực gió trên mặt nước 10 m,  $k_2 = 1,0$  m; khi 15 m,  $k_2 = 1,15$ ; khi 20 m,  $k_2 = 1,25$ ; khi 30 m,  $k_2 = 1,41$ .

$W_0$ : Áp lực gió cơ bản

$$W_0 = \beta \frac{V^2}{60}, \quad \beta = 1,2$$

#### 4.3.2.5. Lực quán tính động đất $P_6$

Lực quán tính của bản thân công trình và thiết bị khi động đất.

$$P_6 = k_H \cdot C_2 \cdot W \cdot F \quad (4-9)$$

Trong đó:

$k_H$ : Hệ số động đất hướng nằm ngang, khi động đất độ 7 (rite)  $k_H=0,1$ ; độ 8,  $k_H=0,2$ ; độ 9,  $k_H=0,4$

$C_2$ : Hệ số ảnh hưởng tổng hợp, lấy  $C_2=0,25$

F: Hệ số lực quán tính động đất, khi chiều sâu nước  $H_1 < 30$ m,  $F=1,1$ ; khi  $30 < H_1 < 70$  lấy  $F=1,3$ .

W: Tổng trọng lượng vật kiến trúc và thiết bị

#### 4.3.2.6. Lực đập dềnh của nước tác động vào công trình khi động đất $P_7$

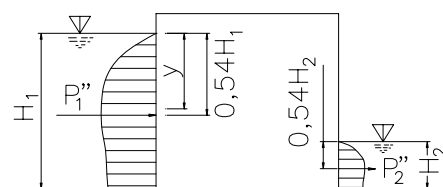
Cường độ đập dềnh của nước ở độ sâu y nào (hình 4-9), tính như sau:

$$\bar{P}_7 = k_H C_2 f_y \gamma_o H_1 \quad (4-10)$$

Trong đó:  $f_y$ : Hệ số phân bố lực đập dềnh, nước y, dựa vào bảng 4-8 để tính.

**Bảng 4-8. Hệ số phân bố lực đập dềnh nước ở độ sâu nước y**

$y/H_1$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$f_y$	0	0,43	0,58	0,68	0,74	0,76	0,76	0,75	0,71	0,68	0,67



**Hình 4-9. Sơ đồ phân bố áp lực đập dềnh của nước tác động vào công trình khi động đất.**

bất kỳ

ở độ sâu

của

#### 4.3.2.7. Áp lực đất khi động đất $P_8$

Áp lực đất khi động đất gồm: áp lực chủ động “-“, áp lực bị động “+”

$$P_8 = (1 \pm k_H C_3 \tan \phi) E \quad (4-11)$$

Trong công thức:



$\phi$ - góc masat trong của đất

E- áp lực đất tĩnh

$C_3$ - Hệ số áp lực đất khi động đất lấy theo bảng 4-9

**Bảng 4-9. Hệ số áp lực đất khi động đất**

áp lực đất		$\Phi$	Độ dốc đất				
			21°÷25°	26°÷30°	31°÷35°	36°÷40°	41°÷45°
Chủ động	0°		4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
	10°		5,0	4,0	3,5	3,0	2,5
	20°			5,0	4,0	3,5	3,0
	30°					4,0	3,5
Bị động	0°÷20°		3,0	2,5	2,0	1,5	1,0

**4.3.3. Phân tích ổn định nhà máy và hệ toàn**

Tính toán ổn định trượt phẳng không có nghiêng mặt trượt nằm ngang theo công thức

$$k_c = \frac{f \sum V}{\sum H} \quad (4-12)$$

Trong công thức: f-hệ số masat giữa với nền đá theo mặt trượt khi nền không có yếu; khi nền có tầng đá yếu dùng hệ số masat có kết cấu đó để xác định, tương ứng tầng chiều sâu nước với trọng lượng đá.

$k_c$ - hệ số an toàn, dựa vào cấp công trình tải trọng xác định (Bảng 4-10).

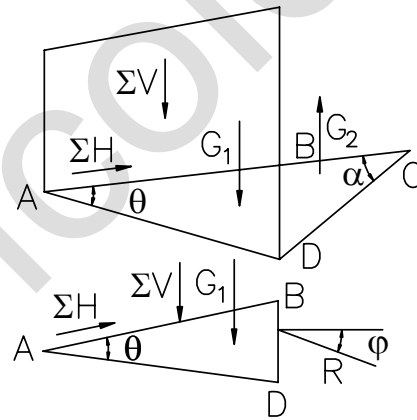
**Bảng 4-10. Hệ số an toàn chống trượt**

Hệ số an toàn		Cấp công trình	
		Cấp công trình	Cấp công trình thủy công
Tổ hợp tải trọng	I	1	2,3
		II	1,00
Tổ hợp cơ bản		1,10	1,10÷1,05
Tổ hợp đặc biệt	I	1,05	1,05÷1,0
	II	1,00	1,00

Khi trượt sâu, mặt trượt có góc nghiêng (Hình 4-10) hệ số an toàn chống trượt theo mặt trượt tính như sau:

$$k_\theta = \frac{[R \sin(\phi + \alpha) + G_2 \cos \alpha] f_2}{R \cos(\phi + \alpha) - G_2 \sin \alpha} \geq 1,0 \div 1,1 \quad (4-13)$$

Trong đó:



**Hình 4-10. Sơ đồ tính toán ổn định chống trượt mặt trượt có góc nghiêng.**

số an

góc dưới đây:

bê tông tầng đá của tầng thêm

và tổ hợp

$k_c$

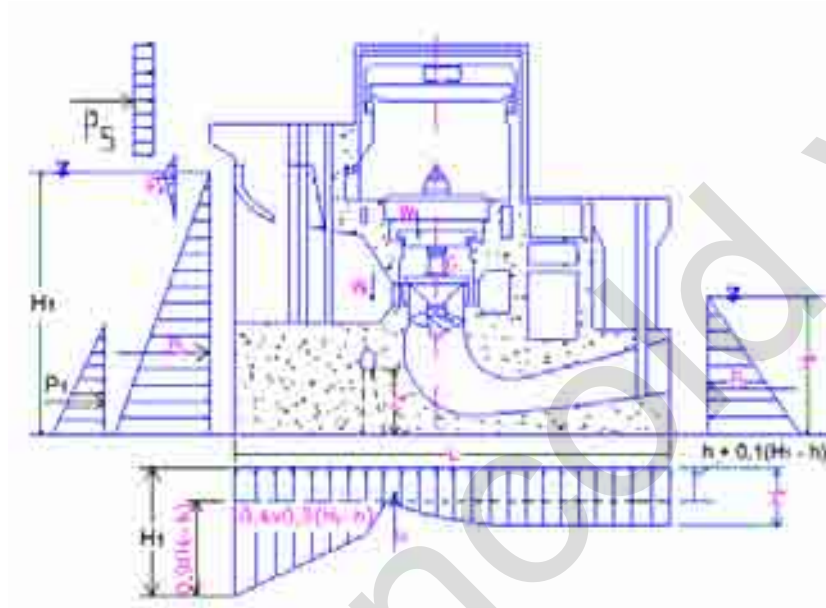
R: Lực kháng khối đá hạ lưu

$f_2$ : Hệ số masat theo mặt trượt

$$R = \frac{\sum H(\cos \theta + f_1 \sin \theta) - (\sum V + G_1)(f_1 \cos \phi - \sin \theta)}{\cos(\phi - \theta) - f_1 \sin(\phi - \theta)} \quad (4-14)$$

$\phi$ : Góc masat trong.

(các ký hiệu xem hình vẽ 4-10)



**Hình 4-11. Sơ đồ phân tích ổn định nhà máy thủy điện ngang đập**

Sơ đồ Hình 4-11. Sơ đồ các lực tác dụng lên nhà máy Thủy điện lòng sông trong tính toán ổn định chống trượt

Các lực tác dụng lên công trình gồm:

$W_1$ - Trọng lượng bản thân công trình;  $W_2$ - Trọng lượng nước; G- Trọng lượng các thiết bị;

U- Áp lực đẩy nổi và thấm;

$P_1$ - Áp lực nước thượng lưu;  $P_2$ - Áp lực nước hạ lưu;  $P_3$ - Áp lực sóng;  $P_4$ - Áp lực bùn cát;  $P_5$ - Áp lực gió .v.v.

#### 4.4. NGUYÊN TẮC XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC VÀ CÁC CAO TRÌNH CHỦ YẾU CỦA NHÀ MÁY

Kích thước nhà máy thủy điện chủ yếu dựa vào việc bố trí các thiết bị trong nhà máy. Trong giai đoạn bố trí sơ bộ và so sánh phương án, bước đầu có thể định ra kích thước một tuabin làm cơ sở tính toán, phương pháp thường sử dụng là: căn cứ tài liệu về kích thước các linh kiện và thiết bị tuabin do xưởng chế tạo cơ điện cung cấp, hoặc có thể dùng kích thước và chi tiết kết cấu tương tự ở các nhà máy đã xây dựng có cùng kiểu và cùng điều kiện làm việc để xác định sơ bộ kích thước.

##### 4.4.1 Kích thước đoạn tổ máy và chiều dài nhà máy.

(Vuông góc với chiều dòng chảy)

Kích thước phần dưới nước của nhà máy thủy điện có quan hệ đến đường kính tuabin  $D_1$ , chiều cao hút  $H_s$ , hình dạng và kích thước ngoài buồng xoắn, ống hút (hoặc là máng xả nước khi dùng Tuabin xung kích).

Ở các trạm thủy điện cột nước thấp và vừa trong các bộ phận dưới nước của nhà máy thì kích thước ngoài buồng xoắn là lớn nhất. Do đó, chiều dài đoạn tổ máy được xác định trên cơ sở kích thước ngoài của buồng xoắn và các mối trụ bố trí giữa các tổ máy.

Chiều dài đoạn tổ máy (hoặc khối tổ máy) tính với 2 trục tổ máy liên tiếp hoặc theo 2 trục mốc chính.

#### 4.4.1.1. Kích thước buồng xoắn:

##### a. Buồng xoắn kim loại

Dựa vào kích thước Hình 4-12 và bảng 4-11 tính định kích thước ngoài buồng xoắn kim loại.

Trong đó:

$\varphi^o$ : Góc bao của mặt cắt tính toán bất kỳ của xoắn;

C: Hằng số, tính theo công thức dưới đây:

$$C = \frac{\varphi_{\max}^o}{ra + \rho_{\max} - \sqrt{ra(ra + 2\rho_{\max})}}$$

$r_a$ : Bán kính từ tâm trục đến cánh hướng nước.

$\rho_{\max}$ : Bán kính tiết diện tròn lớn nhất tức là bán kính cửa vào buồng xoắn, bằng bán kính cuối đường ống áp lực.

$\varphi_{\max}^o$ : Góc bao lớn nhất buồng xoắn, đối với buồng xoắn kim loại  $\varphi_{\max}^o = 345^o$

$\rho$ : Bán kính tiết diện tròn bất kỳ đang xét

$$\rho = \frac{\varphi^o}{C} + \sqrt{2r_a \frac{\varphi^o}{C}}$$

R: Khoảng cách từ tâm trục tổ máy của mặt cắt bất kỳ đến mép ngoài của buồng xoắn.

$$R = 2\rho + r_a \quad (4-15)$$

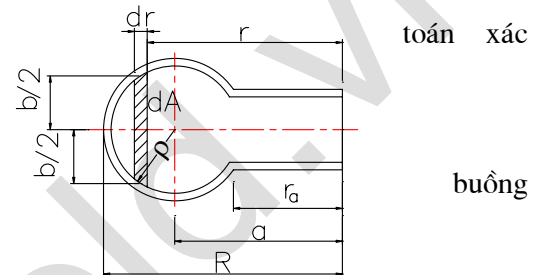
**Bảng 4-11. Tính toán xác định kích thước buồng xoắn kim loại**

Góc bao $\varphi^o$ mặt cắt tính toán	$\frac{\varphi^o}{C}$	$2r_a \frac{\varphi^o}{C}$	$\sqrt{2r_a \frac{\varphi^o}{C}}$	$\rho$	$2\rho$	$R = 2\rho + r_a$
...						

- Chiều dài đoạn tổ máy buồng xoắn kim loại  $L_1$

$$L_1 = R_1 + R_2 + 2a \quad (4-16)$$

Trong đó:



**Hình 4-12. Tính toán kích thước buồng xoắn kim loại.**

$R_1, R_2$ : Phân biệt độ rộng bán kính bên phải và bên trái buồng xoắn kim loại (cắt dọc qua tâm trục tổ máy).

a: Chiều dày lớp bê tông hai bên buồng xoắn, đối với buồng xoắn kim loại

$$a=1,0\div 2,0\text{m.}$$

$L_1$ : Cũng có thể tính theo công thức kinh nghiệm dưới đây

$$L_1=3,6D_1+h \quad (4-17)$$

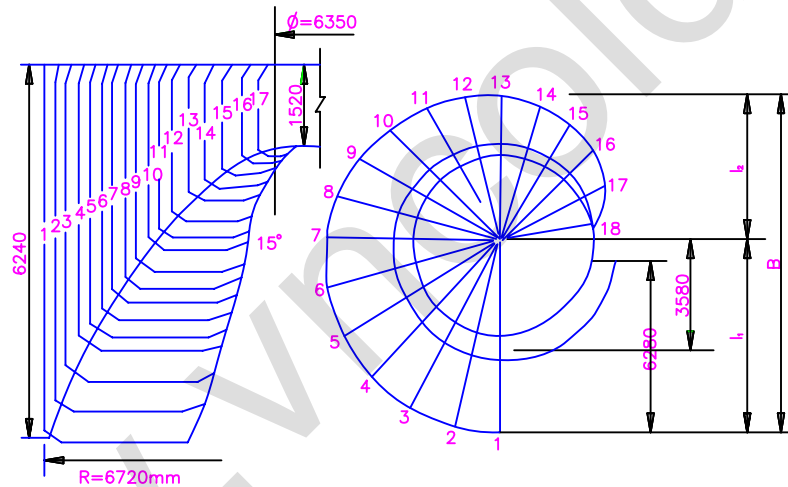
Trong đó:

Đối với buồng xoắn kim loại  $h=1,0\div 3,5\text{m}$ ; khi cột nước cao lấy trị số nhỏ, ngược lại cột nước thấp lấy trị số lớn

$D_1$ : Đường kính BXCT tuabin

### b. Buồng xoắn bê tông

Khi góc bao buồng xoắn bê tông nhỏ nhất  $\varphi^0=180^0$  kích thước tổng chiều rộng mặt bằng buồng xoắn tính theo công thức dưới đây. Hình 4-13



**Hình 4-13. Tính toán kích thước buồng xoắn bê tông.**

$$B=l_1+l_2=R_B+0,95D_1 \quad (4-18)$$

Trong đó:

$l_1, l_2$ : Phân biệt độ rộng bán kính bên trái và bên phải buồng xoắn. (cắt dọc qua tâm tổ máy)

$R_B$ : Bán kính mặt cắt cửa vào buồng xoắn.

$D_1$ : Đường kính BXCT tuabin

- Chiều dài đoạn tổ máy buồng xoắn bê tông

$$L_1=l_1+l_2+2a=B+2a \quad (4-19)$$

$L_1$ : Cũng có thể tính theo công thức kinh nghiệm dưới đây:

$$L_1=2,4D_1+h \quad (4-20)$$

Trong đó:

Đối với buồng xoắn bê tông  $h=4,5\div 8,0\text{m}$ , khi cột nước cao lấy trị số nhỏ, cột nước thấp lấy trị số lớn;  $D_1$ -đường kính BXCT.

a: Chiều dày lớp bê tông hai bên buồng xoắn, đối với buồng xoắn bê tông  $a=2,0\div 3,5\text{m}$

#### 4.4.1.2. Chiều dài sàn lắp ráp $L_2$

Kích thước gian lắp ráp cố định dựa vào yêu cầu cùng thời gian sửa chữa hoặc lắp ráp một tổ máy hoặc hai tổ máy tùy số lượng tổ máy nhiều hoặc ít.

Khi lắp ráp phải dùng cầu trục chính trong gian máy để tiến hành thao tác, do đó chiều ngang gian lắp ráp bằng chiều ngang gian máy. Chiều dài gian lắp ráp  $L_2$  xác định trên cơ sở kích thước của tất cả các thiết bị một hoặc hai tổ máy đặt lên nó.

Khi sửa chữa tổ máy trong phạm vi gian lắp ráp thường đặt các thiết bị sau: máy kích từ, giá chữ thập trên máy phát, roto máy phát, ổ trục với gối đỡ, nắp đậy Tuabin và vòng điều chỉnh máy tiếp lực, bánh xe công tác, diện tích để sửa chữa máy biến thế, diện tích để đi lại.

$$L_2=(1,0\div 2,0)L_1 \quad (4-21)$$

hoặc  $L_2=(6,0\div 9,0)\times$  tổng diện tích bánh xe công tác cộng với diện tích trục

Hệ số trong công thức (4-21) đối với TTĐ loại vừa số tổ máy lấy bằng 1,0; trạm thủy điện loại lớn số tổ máy nhiều lấy bằng 2,0; nói chung thường lấy trung bình 1,5

Đối với gian lắp ráp sửa chữa độ dài  $\Delta L$  ở gian máy cuối cùng:

$$\Delta L=(0,2\div 1,0)D_1 \quad (4-22)$$

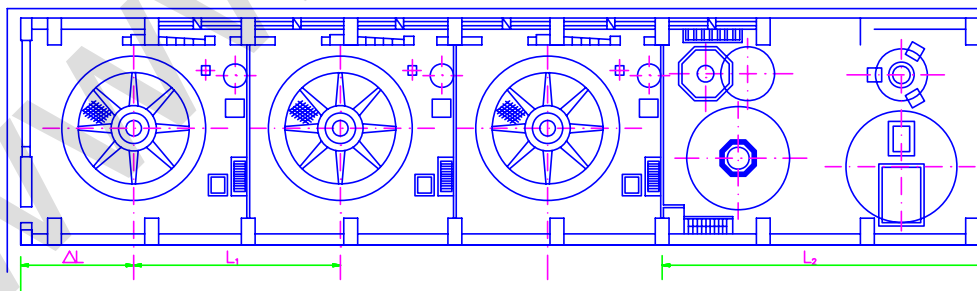
Các hệ số trong công thức (4-22) có quan hệ vị trí gian lắp ráp (phía phải hoặc trái) và hình dạng buồng xoắn.

#### 4.4.1.3. Chiều dài nhà máy chính

Chiều dài nhà máy là tổng chiều dài các đoạn tổ máy (khối máy) chiều dài sàn lắp ráp, đoạn tăng thêm ở tổ máy cuối cùng. Toàn bộ chiều dài biểu thị bằng công thức dưới đây:

$$L=nL_1+L_2+\Delta L \quad (4-23)$$

Trong đó: n- số tổ máy.



Hình 4-14.

Chiều dài nhà máy chính.

#### 4.4.2. Cao trình lắp đặt tuabin và chiều cao nhà máy chính

Chiều cao nhà máy chính gồm chiều cao phần dưới nước và chiều cao phần trên nước hợp thành: Chiều cao phần dưới nước quyết định bởi cao trình lắp Tuabin, chiều cao ống hút, trục tổ máy phát tuabin và cao trình mực nước lũ hạ lưu lớn nhất.v.v. Chiều cao phần trên nước quyết định bởi chiều cao máy phát và chiều cao xe nâng, roto máy phát, trục và chiều cao móc cầu.v.v.

#### 4.4.2.1. Chiều cao hút và cao trình lắp đặt Tuabin:

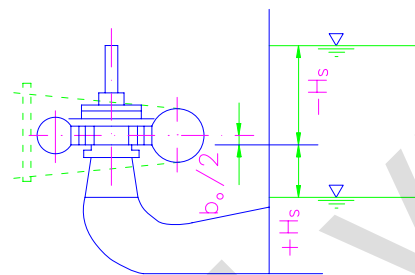
Khi làm thí nghiệm cũng như khi xác định chiều cao lắp đặt tuabin so với mực nước hạ lưu thấp nhất người ta quy ước các điểm có áp suất nhỏ nhất nằm ở vị trí sau đây của Tuabin:

- Đối với Turbin tâm trục và chéo trục là mặt đầu dưới cánh hướng nước.
- Đối với tuabin hướng trục là tâm trục quay cánh BXCT.

- Đối với tuabin trục ngang là điểm cao BXCT

Khoảng cách thẳng đứng tính từ mực nước thấp nhất đến các cao trình quy ước trên gọi là hút và ký hiệu  $H_s$ . Chiều cao hút là dương (+ $H_s$ ) nếu mực nước hạ lưu thấp hơn các cao trình quy định trên (- $H_s$ ) nếu mực nước hạ lưu cao hơn các cao trình trên.

Hình 4-15 .biểu thị chiều cao hút  $H_s$  của tuabin tâm trục.



Hình 4-15. Biểu thị cách tính toán chiều cao hút  $H_s$ .

$$H_s = P - 1,05\sigma H_{tt} - \frac{\nabla}{900} \quad (4-24)$$

$$H_s = 10 - \frac{\nabla}{900} - (\sigma + \Delta\sigma)H_{tt} \quad (4-25)$$

P: Áp khí quyển, lấy 10m cột nước.

$H_{tt}$ : Cột nước tính toán (m)

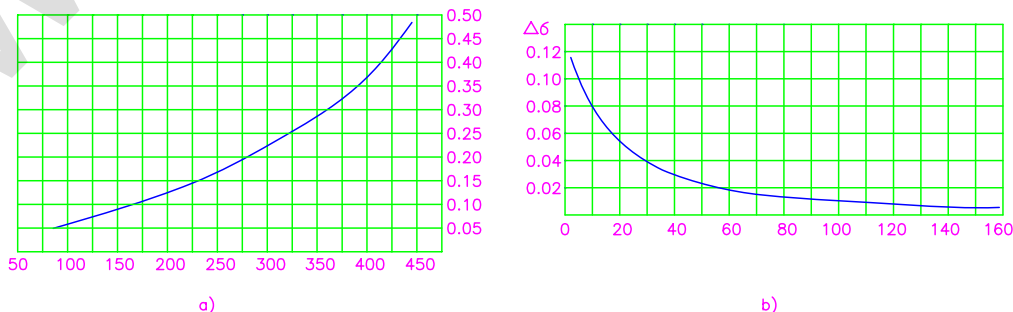
$\nabla$ : Cao trình mực nước biển tại vị trí đặt nhà máy (trong tính toán thường lấy mực nước hạ lưu thấp nhất).

$\frac{\nabla}{900}$ : Hệ số hiệu chỉnh khi cao trình đặt nhà máy cao hơn mực nước biển (Khi nhà máy đặt

cao hơn mực nước biển  $\nabla_m$  thì áp suất khí quyển sẽ giảm xuống  $\frac{\nabla}{900}$ )

$\sigma$ : Hệ số khí thực, có thể tra trên đường đặc tính tổng hợp chính turbin hoặc trên hình 4-16a.

$\Delta\sigma$ : Hệ số hiệu chỉnh khí thực hình 4-16b.



Hình 4-16. Đường khí thực Turbin và đường hệ số hiệu chỉnh.

a: Đường khí thực Turbin.

b: Đường quan hệ cột nước tính toán và hệ số hiệu chỉnh Turbin.

Đối với tuabin hướng trục  $H_s$  tính theo công thức dưới đây:

$$H_s = 10 - \frac{\nabla}{900} - k\sigma H_{tt} \quad (4-26)$$

Trong đó:

k:- Hệ số an toàn ; k=1,1

Cao trình lắp đặt tuabin đôi khi người ta dùng chiều cao hút danh nghĩa  $H_s'$  (hoặc chiều cao hút cấu tạo  $H_s'$ ) thay thế.

$H_s'$  được quy ước bằng khoảng cách thẳng đứng tính từ mực nước hạ lưu thấp nhất đến trung tâm chiều cao cánh hướng nước đối với tuabin trục đứng hoặc đến trung tâm trục Tuabin trục ngang.

Đối với tuabin tâm trục:

$$H_s' = \left[ 10 - \frac{\nabla}{900} - (\sigma + \Delta\sigma)H_{tt} \right] \pm \frac{b_0}{2} \quad (4-27)$$

hoặc 
$$H_s' = H_s \pm \frac{b_0}{2} \quad (4-28)$$

Đối với Tuabin hướng trục và Tuabin cánh chéo

$$H_s' = H_s \pm xD_1 \quad (4-29)$$

Đối với Tuabin trục ngang:

$$H_s' = H_s - \frac{D_1}{2} \quad (4-30)$$

Trong đó:

$b_0$  : Chiều cao cánh hướng nước (CHN)

$\chi D_1$  : Khoảng cách từ tâm trục quay cánh Tuabin đến trung tâm cánh hướng nước.

Đối với tuabin có tỷ tốc  $n_s$  lớn, lấy  $\chi D_1=0,40 \div 0,41$ ; đối với tuabin có tỷ tốc nhỏ lấy  $\chi D_1=0,38$ .

Kết quả tính toán, nếu  $H_s' > 0$ , cao trình lắp đặt tuabin trên mực nước hạ lưu thấp nhất; nếu  $H_s' < 0$ , cao trình lắp đặt tuabin dưới mực nước hạ lưu thấp nhất.

#### 4.4.2.2. Chiều cao ống hút h:

Chiều cao ống hút do xưởng chế tạo cung cấp, hoặc tra trong sổ tay thiết bị cơ điện hoặc dựa vào bảng 4-12 để tính toán chiều cao h.

**Bảng 4-12. Chiều cao ống hút**

Kiểu ống hút	4A	4C	4E-1	4E-2	4H-1	4H-2	20
Chiều cao h (m)	1,915 $D_1$	2,3 $D_1$	2,3 $D_1$	2,5 $D_1$	2,5 $D_1$	2,7 $D_1$	2,3 $D_1$

Loại tuabin	TBHT-577 TBHT-587	TBHT-587 TBHT-510	TBTT-82 TBTT-638	TBHT-592 TBHT-510	TBTT-638, TBTT-82 TBTT-211, TBTT-123	TBHT-592	TBTT-533 TBTT-246
-------------	----------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---	----------	----------------------

Khi chọn chiều cao ống hút cong cần chú ý: tăng  $h$  sẽ tăng hiệu suất tuabin nhưng tăng giá thành xây dựng nhà máy. Do đó việc chọn chiều cao  $h$  nên tiến hành tính toán kinh tế kỹ thuật. Thông thường đối với tuabin cánh quay,  $h \leq 2,6D_1$ ; đối với tuabin tâm trục,  $h \geq 2,6D_1$ . Đôi khi để giảm giá thành xây dựng nhà máy thủy điện, người ta có thể cho chiều cao  $h$  bé hơn:  $h=1,915D_1$  cho tuabin cánh quay và  $h=2,3D_1$  cho tuabin tâm trục.

Chiều dài ống hút nên chọn: Đối với Tuabin cánh quay  $L_n \geq (4,0 \div 4,5)D_1$  với Tuabin tâm trục  $L_n \geq (4,0 \div 5,0)D_1$ . Chiều rộng của ống hút  $B_5$  nên lấy như sau:  $B_5 \geq (2,5 \div 2,7)D_1$  cho tuabin cánh quay và  $B_5 \geq (2,7 \div 3,3)D_1$  cho tuabin tâm trục, còn góc  $\theta$  của đoạn chóp nên lấy như sau  $\theta=16 \div 20$  cho Turbin cánh quay và  $\theta \leq 16 \div 18^\circ$  cho Tuabin tâm trục.

#### 4.4.2.3. Cao trình tầng máy phát và chiều cao bộ phận dưới nước:

Khi xác định cao trình tầng máy phát phải bảo đảm cao hơn mực nước hạ lưu lớn nhất để máy phát không bị ngập. Song không phải bất cứ trường hợp nào cũng thỏa mãn điều kiện này, nhất là khi mực nước hạ lưu thay đổi lớn giữa mùa lũ và mùa kiệt. Trong trường hợp này, nếu tầng máy phát trên mực nước hạ lưu cao nhất thì trục tổ máy dài không có lợi cho tính ổn định khi vận hành, chiều cao phần dưới nước tăng lên khối lượng bê tông cũng tăng nhiều. Khi gặp trường hợp này thường sử dụng biện pháp công trình là xây tường ngăn chống lũ hạ lưu nhà máy, chỉ trên cơ sở đó mới hạ được cao trình tầng máy phát xuống.

Chiều cao phần dưới nước gồm các bộ phận sau đây hợp thành (hình 4-17)

$$H_1 = h + \rho + h_4 + h_5 + h_6$$

Trong đó:

$h$ : Chiều cao ống hút;  $\rho$ - bán kính buồng xoắn kim loại

$h_4$ : Chiều dày lớp bê tông bảo vệ buồng xoắn;  $h_4 \geq 1,5 \div 2,0\text{m}$

$h_5$ : Chiều cao cửa vào giếng tuabin  $h_5 \geq 1,8\text{m}$

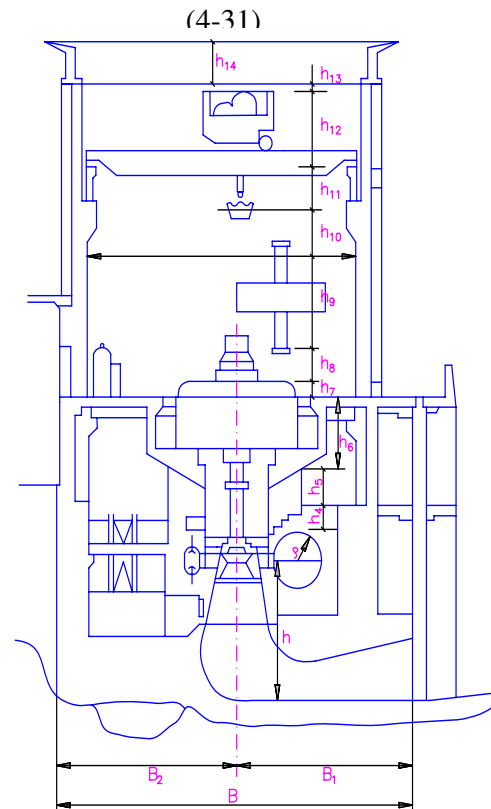
$h_6$ : Chiều cao từ đỉnh cửa vào đến tầng máy phát, chiều cao tầng tuabin =  $h_5 + h_6 > 3,0\text{m}$  do đó  $h_6 > 1,2\text{m}$ .

Chiều cao phần dưới nước có thể dựa vào công thức kinh nghiệm dưới đây để tính (có quan hệ đến đường kính tuabin).

$$H_1 = 0,16D_1^2 + 2,8D_1 + 4,0(\text{m}) \quad (4-32)$$

#### 4.4.2.4. Chiều cao phần trên nước nhà máy thủy điện:

Chiều cao phần trên nước nhà máy thủy điện do các bộ phận sau đây hợp thành, biểu thị trên hình



Hình 4-17. Chiều cao nhà máy chính.



4-17

$$H_2 = h_7 + h_8 + h_9 + h_{10} + h_{11} + h_{12} + h_{13} + h_{14} \quad (4-33)$$

Trong đó:

$h_7$ - chiều cao giá chữ thập trên;

$h_8$ - khoảng cách an toàn cầu roto di chuyển trên MF,  $h_8 > 0,3m$ ;

$h_9$ - chiều dài trục MF.

$h_{10}$ - khoảng cách từ móc cầu đến đỉnh vật cầu.

$h_{11}$ ,  $h_{12}$ - do móc cầu và xe nâng quyết định;

$h_{13}$ - khoảng cách từ đỉnh xe nâng đến trần nhà máy hoặc dầm đỡ mái nhà máy  
 $h_{13} \geq 0,15 \div 0,40m$ . (Bảng 4-13)

$h_{14}$ - chiều dày trần nhà máy.

**Bảng 4-13**

Trọng nâng (Tấn)	Khoảng cách nhỏ nhất từ đỉnh xe nâng đến trần nhà máy
20-50	Không được nhỏ hơn 0,15
75-250	Không được nhỏ hơn 0,25
trên 400	Không được nhỏ hơn 0,40

#### 4.4.3. Chiều rộng nhà máy chính. (song song với chiều dòng chảy)

Kích thước chiều rộng nhà máy chính gồm 2 phần: phần trên nước và phần dưới nước.

Chiều rộng  $B$  nhà máy phần dưới nước lấy tâm trục tổ máy làm chuẩn xác định chủ yếu trên cơ sở kích thước cửa lấy nước (nhà máy ngang đập) buồng xoắn và chiều cao ống hút. Chiều rộng  $B$  có thể dựa vào công thức kinh nghiệm sau đây để tính (Hình 4-18)

$$B = B_1 + B_2 \quad (4-34)$$

$$B = (3,5 \div 4,5) D_1 + \alpha D_1 \quad (4-35)$$

Trong đó:

$B_1$ - chiều rộng nhà máy phía hạ lưu.

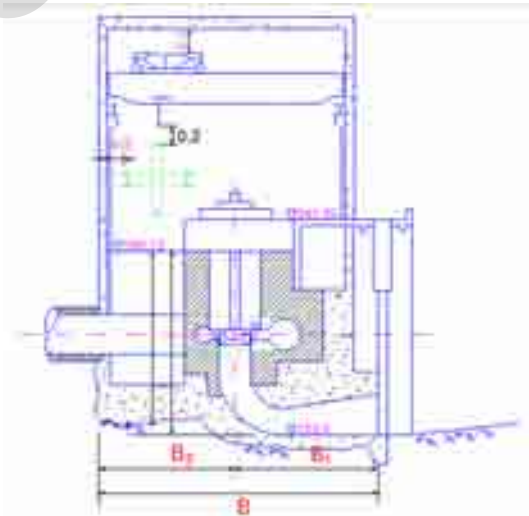
$B_2$ - chiều rộng phía thượng lưu nhà máy.

$\alpha$ - hệ số, với đường kính BXCT

$D_1 = 6 \div 1,0m$  tương ứng  $\alpha = 1,8 \div 6$ .

hoặc có thể tính theo công thức gần đúng  $B = (6 \div 8) D_1$  đối với nhà máy ngang đập và  $B = (6 \div 7) D_1$  đối với nhà máy sau đập và đường dẫn.

Chiều rộng phần trên nước nhà máy chính căn cứ vào kích thước và phương thức bố trí MF (thường lấy kích thước đường kính ngoài stato hoặc kích thước ngoài rãnh thông gió).



**Hình 4-18. Sơ đồ xác định chiều rộng và chiều cao phần dưới nước nhà máy thủy điện**

Phía thượng lưu nhà máy thường bố trí Máy điều tốc, Thùng dầu áp lực, bảng điện bên máy và các thiết bị khác. Phía phía hạ lưu bố trí đi lại và cầu thang xuống tầng tuabin (chiều rộng này không nhỏ hơn  $1,5 \div 2,0\text{m}$ ). Các thiết bị này phải nằm trong phạm vi thao tác của cầu trục, chiều rộng này phải bảo đảm khẩu độ chuẩn của cầu trục.

Ngoài các yếu tố trên, phương pháp cấu vật của cầu trục di chuyển bên cạnh hoặc trên MF cũng liên quan đến chiều rộng nhà máy chính (hình 4-18).

## 4.5. BỐ TRÍ CÁC TẦNG TRONG NHÀ MÁY VÀ KHU NHÀ MÁY TRONG CÔNG TRÌNH ĐẦU MỐI

### 4.5.1. Bố trí các tầng trong nhà máy.

Bố trí các tầng trong nhà máy là cơ sở để tiến hành thiết kế các hạng mục trong nhà máy. Khi bố trí cần phải hợp tác chặt chẽ với các cán bộ thiết kế chuyên ngành như: Kiến trúc, Thủy công, Thi công, điện, cơ khí.v.v. nhiều lần điều chỉnh mới hoàn thành.

Bố trí trong nhà máy bao gồm: bố trí tầng MF, tầng tuabin, gian lắp ráp cùng với các gian sản xuất phụ và nhà máy phụ.

#### 4.5.1.1. Bố trí tầng máy phát:

Bố trí máy phát có thể gồm các hình thức như Stato, giá chữ thập trên đặt chìm hoặc stato đặt nổi, song phương thức stato đặt nổi ít sử dụng.

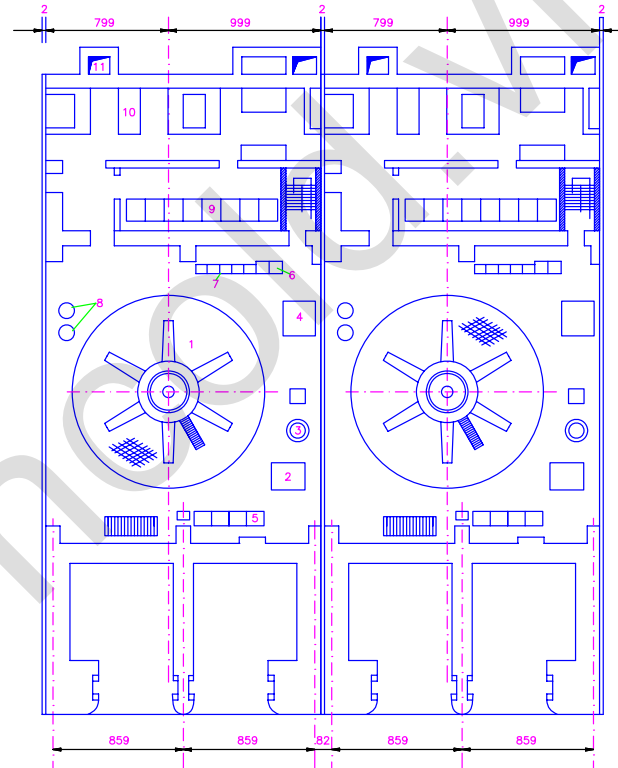
Máy kích từ cũng có thể bố trí chìm hoặc nổi, phương thức bố trí nổi thường dùng rộng rãi.

Vị trí đặt máy phát ở các nhà máy vừa và lớn thường dịch về phía thượng lưu, phía hạ lưu thường để lối đi lại chính, chiều rộng không được nhỏ hơn  $1,5 \div 2,0\text{m}$  (bao gồm lối đi lại và cầu thang). Phía thượng lưu nhà máy sau khi bố trí các thiết bị như: máy điều tốc, thùng dầu áp lực, bảng điện bên máy, còn lại để lối đi phụ khoảng  $1 \div 1,2\text{m}$ .

Tầng máy phát và gian lắp ráp cùng cao trình để tiện việc vận chuyển và sửa chữa tổ máy, đồng thời cùng cao trình với đường giao thông vào nhà máy.

Các thiết bị chính, phụ cũng như hố cầu vật ở tầng máy phát phải nằm trong phạm vi thao tác của móc chính và phụ của cầu trục để tiện việc lắp ráp, sửa chữa.

Khi thiết kế và bố trí tầng máy phát phải bảo đảm an toàn, thuận tiện trong vận hành, ánh sáng, thông gió tốt và mỹ quan, cứ hai tổ máy bố trí một cầu thang xuống tầng Tuabin, trong bất kỳ



**Hình 4-19.** Cách bố trí tầng máy phát ở một TTĐ đã xây dựng

1-Máy phát, 2-Thiết bị dầu áp lực, 3-Tủ điều tốc, 4-Hố cầu vật, 5-Bảng kích từ, 6-Bảng điện bên máy, 7-Bảng đo nhiệt độ, 8-Hố sâu cầu máy bơm, 9-Trạm đóng mở 6,3KV, 10-Đường dẫn điện tự dùng, 11-Hầm thông gió.

trường hợp nào cũng không thể ít hơn hai cầu thang trong nhà máy đi xuống tầng Tuabin, nền sàn gian máy thường lát đá mài mặt, không được lát xi măng.

Một số ít nhà máy thủy điện loại vừa ở tầng máy phát bố trí các bảng điện điều khiển, như vậy có thể giảm được phòng điều khiển trung tâm.

#### 4.5.1.2. Tầng Tua bin:

Dưới tầng máy phát là tầng tuabin, ở đây là bề mặt của khối bê tông lớn có chiều cao khác nhau và có nhiều khoảng trống. Giữa tầng tuabin bố trí bộ máy, phía thượng lưu có cáp điện dẫn từ máy phát ra, và có đặt các thiết bị phụ trợ máy thủy lực, máy tiếp lực. Phía hạ lưu nhà máy bố trí đường ống dẫn dầu, nước, khí, thông gió.v.v.

Máy tiếp lực bố trí trong giếng tuabin (bộ máy). Tùy kết cấu buồng xoắn cách bố trí cũng khác nhau, khoảng cách máy tiếp lực nên rút ngắn. Tầng tuabin thường tối, ẩm ướt, có tiếng ồn của máy móc, nên không bố trí các phòng nghỉ hoặc làm việc của công nhân vận hành. Dưới tầng là giếng tập trung nước.

Khi tiến hành bố trí các tầng trong nhà máy, cần phải tiến hành bố trí các thiết bị ở tầng buồng xoắn. Tầng này chủ yếu là khoảng trống ở phía hạ lưu nhà máy, thường bố trí dầu áp lực, máy bơm dầu.v.v.

#### 4.5.1.3. Gian lắp ráp và các thiết bị phụ bố trí dưới nó

Vị trí gian lắp ráp có liên quan đến đường giao thông dẫn vào nhà máy. Chiều rộng gian lắp ráp bằng chiều rộng nhà máy. Chiều dài gian lắp ráp do các thiết bị đặt trên nó khi sửa chữa một hoặc hai tổ máy quyết định (phần này đã trình bày ở mục 4.4).

Cao trình gian lắp ráp cùng cao trình tầng máy phát, bố trí như vậy khi sửa chữa, lắp ráp tổ máy có thể sử dụng diện tích của tổ máy kề bên. Cửa vào gian lắp ráp phải phù hợp với tiêu chuẩn vận chuyển đường sắt và đường bộ. Khi mực nước hạ lưu cao hơn cao trình gian lắp ráp phải dùng biện pháp công trình chống ngập trong thời kỳ lũ.

**Bảng 4-14. Quy định kích thước của lớn vào gian lắp ráp.**

Phương tiện vận chuyển	Đường sắt	ôtô tải trọng lớn	xe đẩy lớn
Rộng x cao	4,2x5,4m	3,3x4,5m	Rộng≥4,2m

Tầng dưới gian lắp ráp là khoảng không gian trống, thường bố trí phòng đặt máy khí nén, máy bơm dầu, đường ống dẫn dầu, động cơ điện, máy phân ly, máy lọc dầu, thùng dầu bẩn, gian kiểm tra hoá dầu cùng thiết bị điện. Khoảng cách giữa các thùng dầu không được nhỏ hơn  $0,8 \div 1,2m$ , cách tường không được nhỏ hơn  $0,75 \div 1m$ . Khoảng cách giữa các máy khí nén không được nhỏ hơn  $1,5m$  cách tường không được nhỏ hơn  $0,5 \div 1,0m$ . Đường đi lại không được nhỏ hơn  $1,0m$ .

Gian kiểm hoá dầu cần có thông gió, ánh sáng, phòng ẩm ướt, phòng cháy. Khi tầng dưới gian lắp ráp không đáp ứng bố trí các thiết bị trên thì bố trí sang gian kế bên.

Gian để dầu và gian máy khí nén phải có thiết bị phòng hoả, chống cháy nổ, phải có thiết bị xả dầu khi sự cố và biện pháp phòng cháy nổ.

Khi lượng dầu vượt quá 100T nhưng ít hơn 250T thì kho dầu nên đưa ra ngoài nhà máy. Khi lượng dầu càng lớn bố trí kho dầu đổ dưới mặt đất. Khi khoảng cách cung cấp khí cho đối tượng vượt quá 250m thì bố trí phòng khí nén thứ 2.

#### 4.5.1.4. Bố trí nhà máy phụ

Nhà máy phụ bao gồm các gian bố trí thiết bị phụ sản xuất, còn có bộ phận điện.

Bộ phận thiết bị điện gồm phòng điều khiển trung tâm và các phòng cáp điện, phòng acid-acquy, phòng nạp điện, phòng biến thế tự dùng, phòng viễn thông, phòng máy tính.v.v.

Ngoài ra còn có các phòng sinh hoạt, phòng điều phối hồ chứa, phòng quan trắc thủy công.v.v.

*a. Gian bộ phận cơ khí:*

- Phòng máy bơm: Trong nhà máy phải bố trí các máy bơm cấp, thoát nước, giếng tập trung nước. Thường có hai bộ phận máy bơm, cung cấp nước kỹ thuật và cung cấp nước sinh hoạt. Khi lấy nước phía thượng lưu hồ chứa thì không cần máy bơm. Thiết bị cung cấp nước đặt phía thượng lưu tầng tuabin. Khi lấy nước hạ lưu nhà máy thì máy bơm đặt phía hạ lưu trên tầng tuabin hoặc trên đỉnh tầng ống hút. Cao trình tâm máy bơm nên đặt bằng hoặc thấp hơn mực nước hạ lưu bình thường. Hệ thống bơm thoát nước tổ máy và hệ thống bơm thoát nước mặt nên tách riêng. Bơm thoát nước tổ máy thường bố trí phía hạ lưu tầng tuabin, bơm trực tiếp từ giếng tập trung nước xả xuống hạ lưu.

- Phòng máy thông gió: Bố trí máy thông gió, bảng lọc nước, thùng điều chỉnh không khí. Máy hút gió nên đặt nơi không khí trong lành, sạch, tránh đặt ở đầu nhà máy có tràn xả lũ. máy xả gió nên đặt ở đầu nhà máy tránh gần các phòng cần yên tĩnh.

*b. Gian bộ phận điện*

- Phòng điều khiển trung tâm và phòng cáp điện

Phòng điều khiển trung tâm là nơi đặt các thiết bị điều khiển vận hành nhà máy. Vì vậy nơi đây về thông gió, ánh sáng phải thật tốt. Sàn lát bằng gỗ, hoặc bằng đá mài nhân tạo, tường có cách âm. Diện tích không được quá hẹp. Mặt sau các bảng điều khiển cách tường không được nhỏ hơn 1,0m. Các bảng điều khiển chính đặt phía trước cách tường không được nhỏ hơn 4,5m. Khoảng cách giữa các hàng không được nhỏ hơn 1,8m. Bố trí bàn trực ban còn cần có lối đi lại. Chiều cao tầng không được nhỏ hơn 3,2÷4,2m.

Tầng cáp điện dưới tầng điều khiển trung tâm có diện tích bằng nhau, chiều cao tầng cáp điện không được nhỏ hơn 2,5m. Tầng này thường tối, cần phải có đèn sáng, nền sàn thường lát vữa.

- Phòng điện một chiều: Để cung cấp điện thao tác các thiết bị và thắp sáng cho nhà máy khi xảy ra sự cố. ở trạm thủy điện thường dùng dòng điện một chiều bao gồm phòng acid-acquy, phòng nạp điện, gian đầu hồi (gian ngăn cách), thông gió và biện pháp thoát gió. Các phòng này bố trí gần phòng điều khiển trung tâm, song không được bố trí trong phòng điều khiển trung tâm. Phải có một gian có cửa riêng đi từ ngoài nhà máy vào. Cần tránh ánh nắng mặt trời chiếu trực tiếp, cần đề phòng cháy nổ, sàn nhà phải chống ăn mòn của acid.

- Phòng máy biến thế tự dùng: Phòng này nên bố trí tầng cao ráo, không nên bố trí ở tầng tuabin. Cần rút ngắn khoảng cách từ đường dây dẫn điện áp máy phát đến trạm phân phối điện áp. Máy biến áp đặt cách tường 0,3÷0,6m, có thiết bị phòng hoả, cửa đi vào riêng hướng ra ngoài; có cửa phòng hoả và rãnh tập trung dầu.

Chiều rộng cửa dựa vào kích thước máy biến áp để xác định và để rộng thêm 0,3÷0,6m.

- Phòng viễn thông, phòng máy tính.

Hai phòng này cần phải sạch, sáng sủa, yên tĩnh, sàn lát bằng gỗ hoặc lát đá mài.

- Phòng máy tính nên có điều hoà, chống bụi, ngoài có gian đầu hồi (gian ngăn cách) để thay đổi quần áo, dây dép.

#### 4.5.2. Bố trí khu nhà máy

Vị trí nhà máy thủy điện trên mặt bằng phụ thuộc vào điều kiện địa hình, địa chất nơi xây dựng và phải phối hợp một cách tốt nhất với các công trình liên quan đến nhà máy. Bố trí khu nhà máy bao gồm: Vị trí tương đối giữa nhà máy chính, nhà máy phụ, sự phối hợp giữa nhà máy với đường dẫn cấp điện, máy biến thế và trạm đóng mở, đường giao thông vào nhà máy, cùng với việc bố trí giữa nhà máy với đập dâng nước.

Điều lưu ý trước tiên khi chọn vị trí nhà máy là phải tận dụng địa hình để bố trí sao cho dòng chảy vào và ra khỏi nhà máy được thuận dòng. Tốt nhất là đặt nhà máy vuông góc với chiều dòng chảy. Trong trường hợp đặt lệch thì phải làm các công trình dẫn dòng và hướng dòng.

Đối với nhà máy ngang đập và sau đập có hai cách bố trí ở lòng sông hoặc ở bên bờ. Bố trí bên bờ có lợi nhiều về mặt thi công, rộng rãi trong việc sắp xếp, bố trí các công trình có liên quan nhưng đòi hỏi phải đào một khối lượng đất đá lớn. Bố trí ở lòng sông có thuận lợi về chế độ thủy lực, khối lượng đào đất đá ít, nhưng về mặt thi công ngăn dòng, tháo lũ, làm khô hố móng.v.v. gặp rất nhiều khó khăn. Hình 4-20 sơ đồ bố trí tổng thể trạm thủy điện sau đập.

Đối với nhà máy ngầm có thể có 3 cách bố trí: ở đầu, ở giữa và ở cuối đường hầm dẫn nước vào, việc chọn phương án nhà máy ngầm phụ thuộc vào điều kiện địa chất công trình, chiều dài đường hầm, và dao động mực nước hạ lưu.

Việc chọn vị trí nhà máy thủy điện trên mặt bằng phải dựa vào so sánh kinh tế kỹ thuật các phương án bố trí công trình và nghiên cứu chế độ thủy lực toàn trạm. Nhiều khi vì điều kiện bố trí chung toàn trạm thủy điện người ta đặt nhà máy thủy điện không phải ở vị trí tốt nhất riêng đối với nó. Vị trí của nhà máy thủy điện đã được giải quyết trong khi so sánh các phương án bố trí các công trình trạm thủy điện.

Tóm lại, khi bố trí nhà máy thủy điện cần phải tuân thủ các quy định sau:

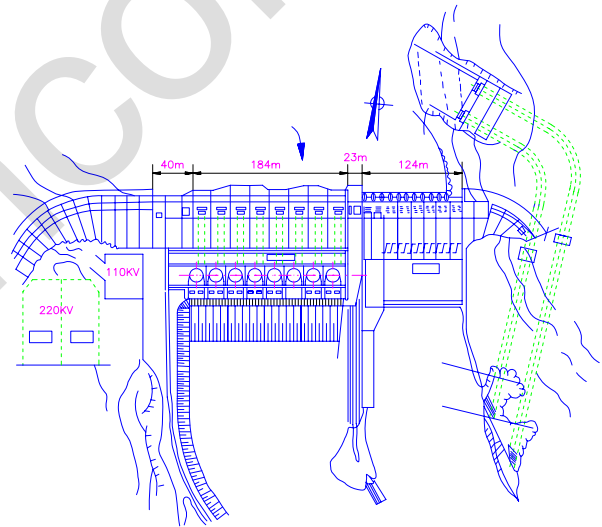
- Nước chảy vào và chảy ra phải thuận dòng, đường ống áp lực bố trí vuông góc với nhà máy.

- Đường ống áp lực đặt lộ thiên của nhà máy thủy điện đường dẫn cột nước cao không nên đặt vuông góc với nhà máy, nên đặt song song hoặc một góc nghiêng, chỉ có ống nhánh đặt vuông góc với nhà máy.

- Bố trí tràn xả lũ không được ảnh hưởng đến nhà máy, trạm biến thế, trạm đóng mở cao thế và đường giao thông vào nhà máy.

- Khoảng cách cấp dẫn điện từ máy phát đến máy biến thế cần rút ngắn, tạo thuận lợi cho đường dây dẫn cao thế.

- Giao thông đến nhà máy chính, phụ trong và ngoài nhà máy, hai bên bờ sông, từ nhà máy chính đến trạm biến thế, trạm đóng mở cao thế và đập cần thuận tiện cho nhân viên vận hành, kiểm tra, quan trắc.



**Hình 4-20.** Sơ đồ bố trí tổng thể mặt bằng nhà máy thủy điện sau đập

- Dựa vào bản đồ địa hình tiến hành bố trí khu nhà máy và các công trình liên quan sao cho lượng đào đắp và khối lượng bê tông ít nhất.

#### 4.6. BỐ TRÍ KẾT CẤU NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

Bố trí kết cấu nhà máy tiến hành trên cơ sở bố trí các tầng trong nhà máy, đồng thời theo nhu cầu dưới đây.

- Khoảng cách hệ thống cột bằng nhau, hoặc gần bằng nhau, khoảng cách chênh lệch cho phép  $\leq 10\%$ , không cho phép chân cột đặt trên đỉnh ống hút và ống dẫn nước áp lực, cửa lớn vào gian lắp ráp. Tùy thuộc vào kích thước nhà máy và sức nâng của cầu trục, có thể có các phương án khác nhau để bố trí hệ thống cột nhà máy.

Nói chung đối với trạm thủy điện lớn cứ một đoạn tổ máy (khối máy) bố trí khớp lún. Gian lắp ráp bố trí khớp lún tách khỏi gian máy, chỗ khớp lún bố trí cột đôi. ở trạm thủy điện loại vừa chiều dài gian máy chính nhỏ hơn 40m, có thể không bố trí khớp lún, chỉ bố trí khớp lún ở vị trí gian lắp ráp kề với gian máy.

- Ở những nhà máy lớn, gian máy chịu tải trọng cầu trục lớn hệ thống cột nên bố trí ở bản đáy nhà máy hoặc đặt trực tiếp trên nền đá, hoặc trên khối bê tông lớn phần dưới nước. Ở những nhà máy gian máy có tải trọng nhỏ có thể đặt trên đỉnh tầng ống hút.

- Khoảng cách dầm phụ ở các gian của các tầng trong nhà máy nên bố trí bằng nhau, song ở dưới sàn tầng máy phát khoảng trống nhiều, không theo quy cách nên rất khó bố trí khoảng cách dầm phụ bằng nhau.

- Gian lắp ráp do tải trọng lớn, thường dùng kết cấu cột giằng chặt, khoảng cách dầm phụ thường  $1,5 \div 2,5$ m, chiều dày sàn  $0,25 \div 0,5$ m. Tải trọng tầng máy phát cũng tương đối lớn, đặc biệt phần gần gian lắp ráp, khoảng cách dầm phụ thường  $1,8 \div 2,2$ m chiều dày tấm sàn  $0,15 \div 0,25$ .

Tải trọng các phòng của tầng Tuabin, nhà máy phụ và các tầng khác trong nhà máy thường nhỏ, chiều dày tấm sàn  $8 \div 12$ cm, khoảng cách dầm phụ trên dưới  $2,5 \div 3,0$ m.

- Nếu không có yêu cầu gì đặc biệt, tải trọng hệ thống mái nhà nên nhẹ, chiều dày khoảng 8cm là được, nếu dùng bê tông dự ứng lực chiều dày từ  $4 \div 6$ cm, cũng có thể dùng tấm bản bê tông lớn như vậy tiết kiệm được dầm phụ.

- Do hệ thống cột nhà máy chính liên kết chặt với khối lượng bê tông dưới nước, ống hút, trụ pin, bản đáy hoặc trực tiếp đặt trên nền đá. Lợi dụng những đặc điểm kết cấu đó, lập sơ đồ tính toán cho phù hợp. Bố trí kết cấu như trên giảm được xê dịch ngang của hệ thống cột, còn hướng đứng của cột dùng hệ thống dầm tăng cường sự liên kết.

##### 4.6.1. Thiết kế kết cấu phần trên nước của nhà máy

Kết cấu phần trên nước nhà máy bao gồm hệ thống mái nhà, dầm cầu trục, hệ thống cột và các sàn tầng nhà máy.

###### 4.6.1.1. Hệ thống mái nhà

*Tải trọng và tổ hợp tải trọng*

- Trọng lượng bản thân  $A_1$ ... Dựa vào kích thước thực tế của cấu kiện để tính; dung trọng bê tông cốt thép  $2,5T/m^3$ .

- Trọng lượng tầng phẳng-tầng giữ nhiệt  $A_2$  thường tính bằng  $80KG/m^2$  hoặc căn cứ vào chiều dày thực tế để tính toán.

- Trọng lượng tầng chống thấm nước mưa  $A_3$  thường dính từ 2 đến 3 lớp giấy dầu chống thấm tính  $35\text{KG/m}^2$  hoặc dựa vào thực tế để tính.

- Trọng lượng tầng lán xi măng  $A_4$ , dựa vào chiều dày lớp lán xi măng để tính.

- Trọng lượng ớp đỉnh  $A_5$ .

- Hoạt tải  $A_6$  có người lên mái nhà tính  $150\text{KG/m}^2$ , không có người nên tính  $50\text{KG/m}^2$ , nhưng không xét tải trọng thi công.

Nếu mái nhà dùng vào việc khác hoặc để thiết bị thì tính trọng lượng tăng thêm.

Tổ hợp tải trọng:  $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$  (hoặc  $A_6$ ); hoạt tải có cơ hội làm chuyển dịch kết cấu, nội lực tính rất lớn.

#### 4.6.1.2. Dầm cầu trục

a- Tải trọng và tổ hợp tải trọng:

- Trọng lượng bản thân  $A_1$ , đối với dầm cầu trục dư ứng lực, khi kiểm tra hiện trạng cầu vật cần nhân hệ số 1,5.

- Ray sắt cùng với phụ kiện  $A_2$ , thường  $A_2 = 150 \div 200\text{KG/m}$ . hoặc dựa vào thực tế để tính toán.

- Lực nén lớn nhất của bánh xe nâng  $A_3$ , dựa vào công thức dưới đây để tính toán và nhân hệ số 1,1

Khi một xe nâng thao tác:

$$P_{\max} = \frac{1}{m} \left[ (G_1 + G_2) \frac{L - L_1}{L} + \frac{1}{2} G_3 \right] \quad (4-36)$$

Khi hai xe nâng thao tác:

$$P_{\max} = \frac{1}{2m} \left[ (G_1 + 2G_2 + G_3) \frac{L - L_1}{L} + \frac{1}{2} G_3 \right] \quad (4-37)$$

Trong đó:

m: Số bánh xe của 1 xe nâng tác dụng 1 bên trên dầm cầu trục

$G_1$ : Trọng lượng nâng lớn nhất, hoặc tải trọng kiểm tra vượt tải (Tấn)

$G_2$ : Trọng lượng 1 xe con di chuyển ngang (Tấn)

$G_3$ : Trọng lượng 1 xe nâng (Tấn)

L: Khẩu độ xe nâng (m)

1: Khoảng cách nhỏ nhất từ móc chính đến ray dầm cầu trục

- Lực hãm xe hướng nằm ngang  $A_4$ : Dựa vào công thức dưới đây tính toán không nhân hệ số động

Khi một xe nâng thao tác

$$T = \frac{G_1 + G_2}{10m} \quad (\text{móc cứng}); \quad T = \frac{G_1 + G_2}{20m} \quad (\text{móc mềm}) \quad (4-38)$$

Khi hai xe nâng cùng thao tác:

$$T = \frac{G_1 + 2G_2 + G_3}{20m} \quad (\text{móc cứng})$$

$$T = \frac{G_1 + 2G_2 + G_3}{40m} \quad (\text{móc mềm}) \quad (4-39)$$

Lực hãm xe có hướng chính và ngược lại.

Áp lực nén hướng thẳng đứng lớn nhất của bánh xe căn cứ vào vị trí giới hạn của xe con để xác định hình 4-21

- Lực hãm xe hướng dọc  $A_5$ , tính theo công thức dưới đây, không nhân hệ số động lực.

$$T_o = 0,1 \cdot \sum P_{\max} \quad (4-40)$$

Trong đó:

$P_{\max}$  – Tổng lực nén lớn nhất của các bánh xe hãm dừng lại một bên ray.

Lực hãm hướng dọc  $T_o$  từ đỉnh ray chuyển qua dầm cầu trực tác dụng lên hàng cột (N/m).

Tổ hợp tải trọng:

Đối với mặt cắt chính diện cầu trực:  $A_1 + A_2 + A_3$ .

Kiểm tra mô men xoắn dầm cầu trực:  $A_4$ .

Kiểm tra hướng ngang hàng cột:  $A_1 + A_2 + A_3 + A_4$ .

Kiểm tra hướng dọc hàng cột:  $A_5$ .

Cuối cùng đối với bảng dầm cầu trực, khi tính toán ngoài việc lấy hệ số an toàn cơ bản theo quy phạm còn cần phải nhân hệ số an toàn tăng thêm 1.05 (hệ số an toàn phụ gia).

*b- Hình dạng kết cấu:*

Dựa vào vật liệu đúc dầm, thường có loại dầm cầu trực bằng bê tông cốt thép và dầm cầu trực bằng thép. Dầm cầu trực bằng bê tông cốt thép dùng tương đối nhiều.

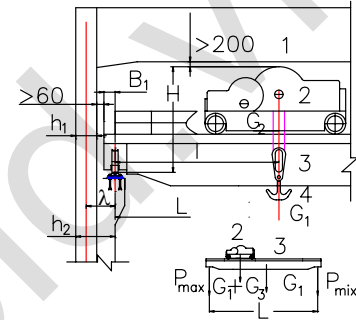
Dầm bê tông cốt thép dựa vào phương pháp gia công không giống nhau có dầm đúc hoàn chỉnh tại hiện trường, dầm bê tông dự ứng lực và dầm đúc hai lần.

Mặt cắt dầm cầu trực thường hình chữ nhật, hình chữ T và hình chữ I. Ở các trạm thủy điện lớn dầm cầu trực dự ứng lực hình chữ I dùng tương đối nhiều.

Chiều rộng cánh trên của dầm thường bằng  $\left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{15}\right)$  khẩu động dầm, chiều rộng cánh dưới quyết định bởi các hàng thép dự ứng lực, chiều dày cánh dầm thường bằng  $\left(\frac{1}{6} \div \frac{1}{9}\right)$  chiều cao dầm, tỷ lệ giữa chiều cao và chiều dày  $\geq 6 \div 7$  đối với dầm chữ I và  $\geq 2,5$  đối với dầm chữ T.

*c. Vật liệu:*

Mác bê tông cốt thép đúc tại hiện trường không được thấp hơn 200, bê tông dự ứng lực mác không được thấp hơn 300, nói chung thường mác trên 400: Cốt thép không dùng thép loại I, tối thiểu phải dùng thép loại II thép gai. Đối với thép dự ứng lực dùng thép dây cường độ cao.



**Hình 4-21.**



d- *Tính toán nội lực và tính toán độ võng:*

Dầm cầu trục liên tục khẩu độ bằng nhau tính toán nội lực dưới tác dụng của tải trọng đơn vị di động có thể tham khảo sổ tay thiết kế:

Đối với dầm liên tục 5 nhịp chịu tải trọng 1 xe nâng và 2 xe nâng tính toán nội lực và độ võng tham khảo tài liệu về bê tông cốt thép.

e- *Thiết kế mặt cắt dầm cầu trục.*

(1) Dầm cầu trục bê tông cốt thép thông thường:

\* *Tính toán cường độ mặt cắt chính diện và mặt cắt nghiêng.*

Ngoài tính toán kiểm tra mặt cắt đứng còn cần phải kiểm tra mặt cắt ngang tức là tình trạng chịu Mô men uốn nằm ngang và lực cắt, lực cắt chủ yếu xét chiều cao và chiều rộng dầm.

\*- *Tính Mô men xoắn và Momen chống xoắn của cốt thép.*

$$\text{Momen xoắn: } M_T = \beta(\mu P_{\max} e_1 + T e_2) \quad (4-41)$$

Trong đó:

$e_1$  - Độ lệch đặt ray trên đỉnh dầm (có thể lấy bằng 2cm tức là khoảng cách độ lệch tâm bánh xe nén hướng đứng)

$e_2$  - Khoảng cách lực hãm ngang đối với trung tâm mặt cắt;  $e_2 = h_0 + y_0$ .

$h_0$  - Khoảng cách từ đỉnh dầm cầu trục đến đỉnh ray.

$y_0$  - Khoảng cách trung tâm mặt cắt đến đỉnh dầm cầu trục.

$$\text{Mặt cắt dầm hình chữ nhật: } y_0 = \frac{h}{2}$$

$$\text{Mặt cắt dầm hình chữ I: } y_0 = \frac{\sum(J_y, y_i)}{\sum J_y}$$

$$\text{Hình chữ T: } y_0 = \frac{h_1'}{2} + \frac{\frac{h}{2}(h-h')b^3}{h'b^2 + (h-h')b^3}$$

$J_{y_i}$  - Mô men quán tính của các mặt cắt chia nhỏ hình chữ nhật.

$y_i$  - Khoảng cách từ tâm các mặt cắt chia nhỏ hình chữ nhật đến đỉnh mặt cắt.

$\beta$  - Xem xét hệ số tổ hợp sự phát sinh đồng thời của lực hướng ngang và hướng đứng bánh xe nén lệch tâm, lấy  $\beta = 0,9$

Diện tích cốt thép đai chống xoắn:

$$a_k = \frac{kM_{T\max}.s}{2edRg} \quad (4-42)$$

(diện tích một thanh thép đai)

Mômen chống xoắn diện tích cốt thép dọc:

$$A_o = \frac{kM_{T_{\max}}}{cd}(c + d) \quad (4-43)$$

(diện tích một thanh thép chống xoắn hướng dọc)

Trong công thức:

s-Khoảng cách đai thép.

c, d-Chiều dài và chiều ngang đai thép bao quanh tâm mặt cắt bê tông

k - Hệ số an toàn chịu xoắn bê tông cốt thép.

Đối với dầm cầu trục mặt cắt chữ T và chữ I thì đem toàn bộ Mômen xoắn  $M_{T_{\max}}$  của mặt cắt phân cho các mảnh hình chữ nhật nhỏ tức là:

$$M_{Ti} = \frac{k_i c_i d_i^3}{\sum k_i c_i d_i^3} M_{T_{\max}} \quad (4-44)$$

Trong đó:  $k_i$ ,  $c_i$ ,  $d_i$ -Cường độ chống xoắn của mỗi mảnh hình chữ nhật nhỏ, trong đó  $k_i$  là hệ số cường độ chống xoắn xem Bảng 4-15.

$c_i, d_i$ -Cạnh dài và cạnh ngắn mỗi hình chữ nhật nhỏ.

Đem mô men xoắn của các mảnh hình chữ nhật nhỏ thay vào công thức tính toán cốt thép chống xoắn của mỗi diện tích thép đai mảnh nhỏ và diện tích thép dọc. Diện tích cần cho thép đai bằng bê tông cốt thép chống xoắn và cốt thép chống cắt.

**Bảng 4 –15 Hệ số độ cứng chống xoắn K**

c/d	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.80	2.00	2.50	3.00	3.50	4.0	5.0	10.0	20.0
k	0.111	0.154	0.166	0.177	0.187	0.197	0.204	0.217	0.220	0.244	0.263	0.273	0.281	0.291	0.312	0.323

\* Kiểm tra độ rộng vết nứt:

Hạn chế vết nứt lớn nhất:  $\delta_{f_{\max}} = 0,3$  mm. Công thức tính toán.

$$\delta_{f_{\max}} = 1.07\psi \frac{\sigma_g}{E_g} . l_f \quad (4-45)$$

Trong đó:

$\psi$  - Hệ số biến đổi không đồng đều vết nứt hướng dọc cốt thép chịu kéo, đối với tải trọng nặng  $\psi = 1.0$

$\sigma_g$  - ứng suất cốt thép của mặt cắt bị rạn nứt dưới tác dụng của tải trọng.

$$\sigma_g = \frac{M}{A_g \eta h_o} = \frac{M}{A_g . 0,87 . h_o}$$

$l_f$  -Khoảng cách giữa vết nứt (mm). Dựa vào công thức kinh nghiệm ta có (Công thức của Viện công nghệ Nam Kinh)

$$l_f = \beta' \left[ 6 + 0,06 . \frac{d'}{\mu} (1 + 2\gamma_1 + 0,4\gamma_1') \right]$$

$\beta'$  -Đối với cốt đai  $\beta' = 0,7$ . Đối với cốt thép kéo lạnh  $\beta' = 1$

$d'$  - Đường kính thép (cm), khi sử dụng nhiều loại đường kính thép thì phải chuyển đổi thành đường kính  $d' = \frac{4A_g}{s'}$ ;

$s'$  - Tổng chiều dài cốt thép vòng chịu kéo hướng dọc

$$\gamma_1 = \frac{(b_i - b)h_i}{bh} \text{ Mặt cắt hình chữ nhật, mặt cắt chữ T, } \gamma_1 = 0$$

$$\gamma'_1 = \frac{(b'_i - b)h_i}{bh} \text{ Mặt cắt hình chữ nhật, mặt cắt chữ I, } \gamma'_1 = 0$$

\* Tính toán độ võng:

Hạn chế độ võng dầm cầu trục  $f_{\max} = \frac{l}{600}$ , đối với dầm cầu trục đơn công thức tính toán dưới đây:

Dưới tác dụng của tải trọng  $q$  phân bố đều.

$$f'_d = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{B_d} \quad (4-46)$$

Dưới tác dụng của tải trọng  $P$  giữa dầm

$$f''_d = \frac{l}{48} \cdot \frac{Pl^3}{B_d} \quad (4-47)$$

Trong đó:  $B_d$  - Độ cứng của dầm, nhân tố ảnh hưởng đến  $B_d$  rất nhiều, có thể lấy trị số gần đúng  $B_d = 0,65 \cdot E_h I$

Độ võng lớn nhất cần phải xem xét bê tông ngoài biến dạng và ảnh hưởng tác dụng của tải trọng lặp đi lặp lại trong thời gian được tính theo công thức.

$$f_{\max} = 2(f'_d + f''_d) \quad (4-48)$$

Độ võng dầm cầu trục có thể căn cứ Mômen uốn lớn nhất  $M_{x_{\max}}$  và tính theo công thức gần đúng.

$$f_{\max} = \pm \frac{M_{x_{\max}}}{10B_d} \quad (4-49)$$

Với dầm cầu trục bê tông dự ứng lực mặt cắt bằng nhau độ võng dựa vào công thức dưới đây hiệu chỉnh

$$f = f_{\max} - 2f_c$$

Trong đó:  $f_c$  - Dưới tác dụng dự ứng lực khiến cho độ cong ngược của dầm sản sinh, dựa vào công thức dưới đây tính toán.

$$f_c = \frac{N_{g2} \cdot e_o \cdot l^2}{8E_h J_o} \quad (\text{Khu vực chịu kéo khi tăng dự ứng lực})$$

$$f_c = \frac{(N_{g2} - N'_{y2}) \cdot e_o J^2}{8E_h J_o} \quad (\text{Khu vực chịu kéo, chịu nén khi tăng dự ứng lực})$$

$N_{y2}, N'_{y2}$  - Dự ứng lực đạt được ở khu vực chịu kéo và chịu nén sau khi khấu trừ toàn bộ tổn thất dự ứng lực.

$e_o$  - Độ lệch tâm dự ứng lực đối với mặt cắt tính toán chuyển đổi.

(2) Dầm cầu trục bê tông cốt thép hai lớp.

Đầu tiên bộ phận đáy dầm dùng cốt thép dự ứng lực định vị làm giá đỡ cho phần đổ bê tông sau, hình thành dầm bê tông đổ 2 lớp. Mặt cắt dầm 2 lớp có hình *lõi lõm* và có thép chèn, để lại thép đai sau chắm vào bê tông đổ sau (diện tích cốt thép không được nhỏ hơn diện tích dầm đổ 2 lớp 0,015%)

Cường độ mặt cắt tính toán dầm cầu trục đổ 2 lớp cũng giống như dầm cầu trục bê tông dự ứng lực thông thường. Kiểm tra mặt cắt chống nứt dựa vào 2 công thức dưới đây.

a/ Bộ phận bê tông sau khi đổ: ứng suất của biên chịu kéo bê tông dự ứng lực không cho phép xuất hiện vết nứt.

$$\sigma \leq \gamma R_f \quad (4-50)$$

Trong đó:  $\sigma$  - ứng suất pháp của biên chịu kéo sau khi đổ bê tông tính như sau:

$$\sigma = -\frac{M}{J_o} y_o \quad (\text{Có giá đỡ})$$

$$\sigma = \frac{M - M_1}{J_o} y_o \quad (\text{Không có giá đỡ})$$

M- Mômen uốn do ngoại lực sản sinh

$M_1$ - Mô men uốn sản sinh do toàn bộ tải trọng của dầm tác dụng

$J_o$  - Mô men quán tính của mặt cắt tính toán chuyển đổi dầm 2 lớp

$y_o$  - Khoảng cách mặt cắt dầm 2 lớp đến tâm mặt cắt chuyển đổi tính toán

$\gamma$  - Hệ số dẻo của bê tông, tùy đặc trưng của mặt cắt không giống nhau

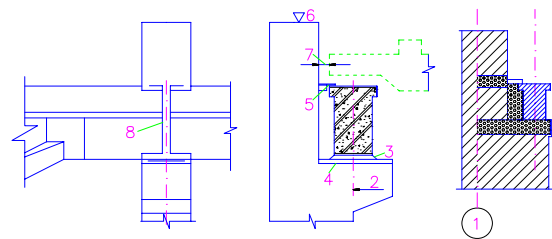
$R_f$  - Cường độ tính toán chống nứt của bê tông

b- Bộ phận bê tông dự ứng lực phải thỏa mãn yêu cầu dưới đây.

$$k_f \sigma \leq \sigma_n + \gamma R_f$$

Trong đó:

$\sigma$  - ứng suất pháp bê tông của biên chịu lực kéo dự ứng lực (đáy dầm tính theo công thức)



**Hình 4-22. Cấu định cột với dầm cầu trục**

1- Khoảng cách từ tâm dầm cầu trục đến biên của hàng cột; 2- Khẩu độ dầm; 3- Tấm đệm; 4- Tấm thép chèn; 5- Tấm thép liên kết giữa cột và dầm cầu trục; 6- Dầm dưới của mái nhà máy; 7- Khoảng trống giữa cột và đầu dầm cầu trục; 8- Liên kết hướng dọc

$$\sigma = \frac{M}{W_0} \text{ (Có giá đỡ)}$$

$$\sigma = \frac{M - M_1}{W_0} + \frac{M_1}{W_1} \text{ (không có giá đỡ)}$$

k: Hệ số an toàn chống nứt.

$W_0$  - Môđul đàn hồi chống nứt của biên chịu kéo mặt cắt chuyển đổi dầm 2 lớp, bộ phận sau khi đổ dựa vào tỷ số chuyển đổi Modulyl mặt cắt của bộ phận chuyển đổi. Nếu sau khi đổ biết vết nứt khu vực chịu kéo thì khi tính toán  $W_0$  không xét biên trên của bộ phận dự ứng lực đến diện tích mặt cắt tâm chuyển đổi.

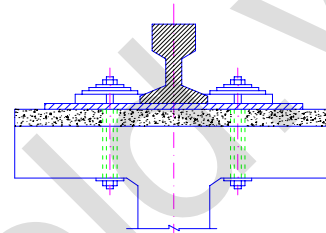
$W_1$  -Modulyl đàn hồi chống nứt của biên độ chịu kéo mặt cắt chuyển đổi của bộ phận dự ứng lực.

$\sigma_h$  - ứng suất nén của biên chịu kéo bộ phận ứng lực sau khi đã khấu trừ dự ứng suất giai đoạn tương

(3) Cố định cột, dầm cầu trục và ray:

Cánh dầm cầu trục hàn chặt vào cột, một đầu đáy cố định vào gối đỡ của cột thể hiện hình 4-22.

Giữa dầm của cầu trục và ray thép có một lớp dầm mác cao, trên có tấm đệm bằng thép hoặc tấm đệm su, sau đó dùng bulong và tấm thép ép cố định như hình 4-23.



bê tông dự  
ứng:

dầm hàn

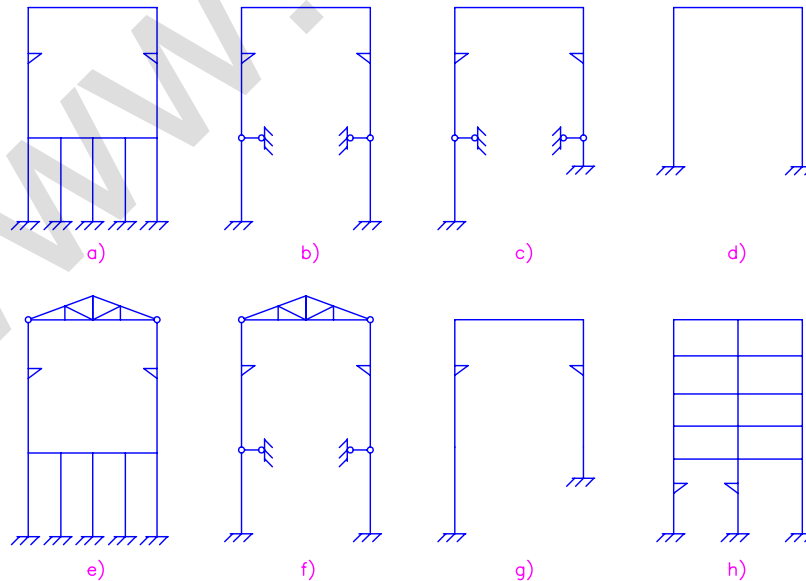
**Hình 4-23. Cố định giữa dầm cầu trục và ray thép**

bê tông đá  
băng cao

## 4.6.2. Khung cột nhà máy thủy điện:

### 4.6.2.1. Sơ đồ tính toán:

Khung cột nhà máy thủy điện, dựa vào phương thức liên kết giữa cột và dầm mái nhà phân thành khung liên kết cứng và khung liên kết khớp. Đoạn tổ máy thường là khung một tầng, gian lắp ráp thường khung hai tầng. Sơ đồ khung nhà máy thể hiện như hình 4-24.



**Hình 4-24. Sơ đồ đơn giản thể hiện khung cột nhà máy thủy điện**

a -Gian lắp máy, b -Gian tổ máy, c -Gian tổ máy, d -Khung cuối nhà máy,

e - Gian lắp ráp, f - Gian tổ máy, g - Bê tông đợt 2, h - Nhà máy phụ

#### 4.6.2.2. Tải trọng và tổ hợp tải trọng

##### (1) Tải trọng cơ bản:

- Trọng lượng bản thân kết cấu, bao gồm trọng lượng bản thân khung cột, trọng lượng dầm cầu trục, trọng lượng dầm mái nhà và trọng lượng dầm sàn các tầng ( $A_1$ )
- Trọng lượng tầng phẳng, tầng giữ nhiệt, tầng chống mưa ( $A_2$ )
- Trọng lượng lớp vữa trát trần nhà ( $A_3$ )
- Hoạt tải mái nhà ( $A_4$ )
- Trọng lượng xe nâng ( $A_5$ )
- Áp lực mực nước hạ lưu dâng bình thường hoặc áp lực mực nước hạ lưu thiết kế ( $A_6$ ) (áp lực này tác động vào tường chắn chuyển cho khung cột)
- Áp lực đá phía thượng lưu hoặc áp lực đá xây và áp lực nước ngầm ( $A_7$ )
- Áp lực bánh xe nâng đẩy tải ( $A_8$ )
- Áp lực hướng ngang khi hãm xe nâng ( $A_9$ )
- Áp lực đứng khi hãm xe nâng ( $A_{10}$ )
- Trọng lượng hoạt tải tầng máy phát hoặc tầng gian lắp ráp ( $A_{11}$ )
- Trọng lượng hoạt tải tầng Turbin ( $A_{12}$ )

##### (2) Tải trọng phụ và tải trọng đặc biệt:

- Ảnh hưởng khi nhiệt độ tăng ( $B_1^+$ )
- Ảnh hưởng khi nhiệt độ giảm và bê tông co ngót ( $B_1^-$ )
- Tải trọng gió ( $B_2$ )
- Áp lực nước lũ kiểm tra ( $B_3$ ) (lực  $B_3$ ,  $B_4$  tác động vào tường chắn chuyển cho khung cột)
- Áp lực nước đặc biệt lớn ( $B_4$ ) Vượt quá áp lực nước lũ kiểm tra
- Lực quán tính động đất ( $B_5$ )
- Tải trọng tạm thời khi lắp ráp thiết bị ( $B_6$ )
- Áp lực ngược do nước và phân ống hút ( $B_7$ )

##### (3) Tổ hợp tải trọng

Điều kiện xem xét và giả định khi tổ hợp tải trọng.

- Trọng lượng bản thân bất kỳ có lợi hoặc không có lợi cần phải tổ hợp, song cấu kiện chèn cần xem xét do thi công kích thước có thể thiên lớn trọng lượng có thể lớn so với thực tế, ngược lại không có lợi.

- Tải trọng hoạt tải mái nhà không tổ hợp, cũng như không tổ hợp áp lực nước lũ và nhiệt độ tăng.

- Tổ hợp áp lực bánh xe nén khi xe nâng đẩy tải và lực hãm bánh xe song lực hãm bánh xe không nhất định cùng phát sinh.

- Lực động đất không tổ hợp với áp lực nước lũ và áp lực bánh xe nén khi nâng đầy tải.
- Khi tổ hợp tải trọng xe nâng và tải trọng gió nhân với hệ số tổ hợp 0,9 ngoài ra các tổ hợp khác không nhân hệ số.

Có các trường hợp tải trọng dưới đây:

$$1/ A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7$$

$$2/ A_1 + A_2 + A_3 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + B_1^+ + B_2$$

$$3/ A_1 + A_2 + A_3 + A_5 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} + B_1^- + B_2$$

$$4/ A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_8 + A_{11} + A_{12} + (\text{hoặc } B_1^+) + B_2 + B_3 (\text{hoặc } B_4) \text{ hoặc } (B_5)$$

Nội lực đối với cột cân tổ hợp  $M_{\max} \rightarrow N$ ,  $M_{\min} \rightarrow N$  và  $N_{\max} \rightarrow M_o$

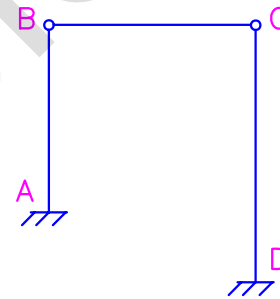
#### 4.6.2.3- Phân tích nội lực khung.

Khung nhà máy thủy điện đa số là khung đơn, khung một tầng liên kết khớp hoặc khung liên kết cứng. Dưới đây giới thiệu phương pháp tính toán đơn giản một số loại khung nhà máy thủy điện trong thiết kế thường dùng.

##### (1) Khung liên kết khớp một tầng:

Giả thiết dầm mái nhà là thanh cứng, tức là chuyển vị đỉnh khung về phía thượng lưu và hạ lưu như nhau. Khi tính toán nội lực dùng phương pháp phân phối lực cắt để tính, tuân tự các bước tính toán như sau:

1/ Do cột một cấp tỷ số quán tính của mặt cắt  $n$  và tỷ số chiều cao cột  $\lambda$  có thể tra bảng tính được chuyển vị đỉnh cột  $\delta$  (Xem sổ tay tính toán khung bê tông cốt thép). Như hình 4-25 thể hiện khung liên kết khớp chiều cao cột không bằng nhau, tìm hệ số phân phối lực cắt như sau:



Hình 4-25. Khung liên kết khớp một tầng chiều cao cột không bằng nhau

$$\text{Cột AB: } n_{AB} = \frac{J_1}{J_2}; \lambda_{AB} = \frac{H_1}{H_2}$$

$$\text{Cột CD: } n_{CD} = \frac{J_1}{J_2}; \lambda_{CD} = \frac{H_1}{H_2}$$

Đo biểu đồ đường cong tìm được  $C_o$

$$C_o = \frac{3}{1 + \lambda^2 \left( \frac{1}{n} - 1 \right)} \text{ từ đó có thể tìm được chuyển vị đỉnh cột:}$$

$$\delta_{AB} = \frac{H_1^3}{EJ_1 C_o}; \delta_{CD} = \frac{H_2^3}{EJ_2 C_o}$$

(chú ý chiều cao cột khác nhau  $C_o$  không giống nhau)

$$\text{Hệ số phân phối lực cắt cột AB: } n_{AB} = \frac{\frac{1}{\delta_{AB}}}{\frac{1}{\delta_{AB}} + \frac{1}{\delta_{CD}}} \quad (4-52)$$

$$\text{Hệ số phân phối lực cắt cột CD: } n_{CD} = \frac{\frac{1}{\delta_{CD}}}{\frac{1}{\delta_{AB}} + \frac{1}{\delta_{CD}}} \quad (4-53)$$

2/ Tìm lực cắt đỉnh cột và nội lực thực tế của khung

$$Q_{AB} = n_{AB} \cdot P, \quad Q_{CD} = n_{CD} \cdot P$$

Trong đó: P-Lực tác dụng ngang trên đỉnh cột, lực này khi điều kiện chịu lực không giống nhau có thể phân biệt tìm được.

Để có thể lợi dụng hệ số phân phối lực cắt ở trên, đầu tiên giả định ở đỉnh cột có một khớp đỡ không dịch chuyển bởi sự cản trở di chuyển ngang một bên, tìm ra phản lực R của khớp đỡ không dịch chuyển, sau đó loại bỏ khớp không dịch chuyển và đem phương phản lực R tác dụng lên đỉnh khung cột, cộng nội lực của hai bước trên, tìm được nội lực thực tế của khung.

Do tỷ số quán tính n và tỷ số chiều cao cột  $\lambda$  có thể tra được hệ số phân lực  $C_1 \sim C_n$  ở khớp đỉnh cột không dịch chuyển dưới tác dụng của các tải trọng bên ngoài ở những vị trí khác nhau, từ đó tìm được phản lực đỉnh cột R, tiến đến tìm được lực cắt đỉnh cột.

$$Q_{AB} = n_{AB} \cdot P = n_{AB} \cdot \Sigma R \quad (4-54)$$

$$Q_{CD} = n_{CD} \cdot P = n_{CD} \cdot \Sigma R \quad (4-55)$$

Sau khi tìm được lực cắt đỉnh cột, khung cột trở thành kết cấu tĩnh định, nội lực của nó dễ tìm.

(2) Khung liên kết khớp hai tầng.

Khi sàn tầng máy phát điện làm thành khớp trung gian, lúc này ở đỉnh cột chuyển vị dưới tác dụng lực ngang đơn vị, dựa vào công thức dưới tính toán (Hình 4-27), còn phản lực R của khớp đỡ không dịch chuyển tra biểu đồ, dựa vào cơ học kết cấu tìm được.

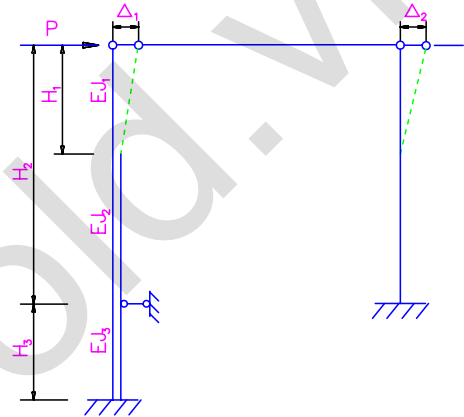
$$\delta = \frac{H_2^3}{3EJ_2} \left[ 1 + \lambda^2 \left( \frac{1}{n} - 1 \right) \right] + \frac{1}{4EJ_2} H_3 H_2^2 = \frac{H_2^2}{EJ_2} \left( \frac{H_2}{C_o} + \frac{H_3}{4} \right) \quad (4-56)$$

(3) Khung liên kết cứng.

Đối với khung đối xứng liên kết cứng (sàn lắp ráp) dùng phương pháp phân phối Mômen uốn để tính toán, cách tính dưới đây:

1, Tìm hằng số hình dạng (cột một cấp dầm đối xứng) K,  $\lambda$ ,  $\gamma$ .

$$\text{Độ chống uốn: } K_{AB} = C_1 \cdot \frac{J_1}{L} E; \quad K_{BA} = C_2 \cdot \frac{J_2}{L} E \quad (4-57)$$



Hình 4-26. Khung tầng máy phát có khớp đỡ



$$\text{Hệ số phân phối: } \lambda_1 = \frac{K_i}{\sum K_i} \quad (4-58)$$

Hệ số chuyển ngược:

$$\gamma_{AB} = \frac{C_2}{C_1}; \gamma_{BA} = \frac{C_2}{C_3}.$$

Đối với thanh mặt cắt bằng nhau

$$\gamma_{AB} = \gamma_{BA} = 0,5 \quad (4-59)$$

Trong đó:

$C_1, C_2, C_3$  tra biểu đồ có liên quan, Ví dụ “Sách tính toán bê tông cốt thép”

2, Tìm hằng số tải trọng C. (Mômen uốn ngàm cố định)

Đối với cột một cấp, khi tác dụng của tải trọng  $\omega$  phân bố đều

$$C_{AB} = \beta \cdot \omega \cdot L^2, C_{BA} = \beta' \cdot \omega \cdot L^2 \quad (4-60)$$

Khi Mômen uốn tác dụng tập trung

$$C_{AB} = \beta \cdot M, C_{BA} = \beta' \cdot M \quad (4-61)$$

Khi lực P tác dụng tập trung

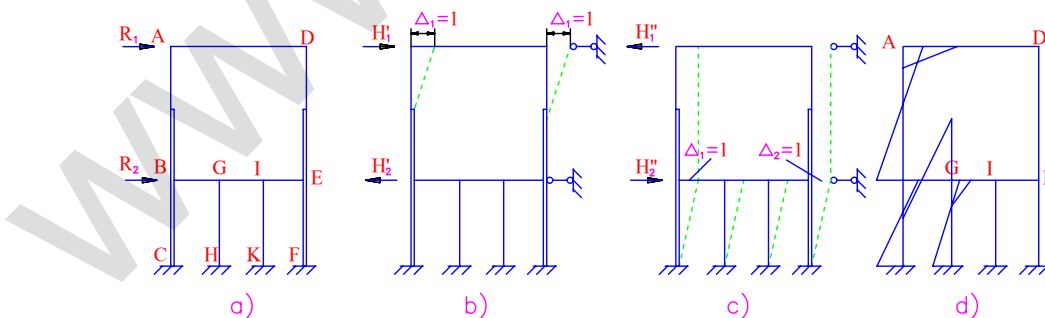
$$C_{AB} = \beta \cdot P \cdot L, C_{BA} = \beta' \cdot P \cdot L \quad (4-62)$$

Trong đó: Hệ số  $\beta, \beta'$  dựa vào tỷ số  $\alpha$  chiều dài lớn nhỏ của cột và tỷ số độ cao mặt cắt  $m$  tra ở biểu đồ mặt cắt liên quan.

Đối với thanh mặt cắt bằng nhau, Mômen uốn ngàm cố định tra ở biểu đồ.

3, Đầu tiên giả định khung cứng không di chuyển bên, tiến hành phân phối Mômen uốn và tìm được ở các tầng lực cắt không cân bằng  $R_1, R_2$ .

4, Tiến hành hiệu chỉnh dịch chuyển bên. Dùng phương pháp dịch chuyển đơn vị khung cứng hai tầng thể hiện như hình 4-27.



**Hình 4-27. Sơ đồ tính toán hiệu chỉnh dịch chuyển bên.**

Đầu tiên giả định ở tiếp điểm tầng đỉnh chuyển vị ngang  $\Delta = 1$ , còn tiếp điểm giữa chuyển vị ngang  $\Delta_2 = 0$ , tìm Mômen đầu ngàm thanh đứng (Do  $\Delta_2=1$  sinh ra), tiến hành phân phối tìm được Mômen uốn  $M' \dots$  đầu ngàm các thanh và lực cắt đầu thanh  $Q' \dots$ , tức là có được lực tiếp điểm  $H_1'$  và  $H_2'$  tương ứng tầng đỉnh và tầng giữa.

$$H_1' = Q_{AB}' + Q_{DB}' \quad (4-63)$$

$$H_2' = Q_{BA}' + Q_{BD}' + Q_{BC}' + Q_{EF}' + Q_{GH}' + Q_{IK}' \quad (4-64)$$

Giả định tiếp ở tiếp điểm tầng giữa có chuyển ngang đơn vị  $\Delta_2 = 1$  còn ở tiếp điểm tầng đỉnh chuyển vị ngang  $\Delta_1 = 0$  với phương pháp trên tìm được lực tiết điểm ở tầng đỉnh và tầng giữa và Mômen uốn đầu thanh  $M''$ .

Như vậy thành lập phương trình liên quan.

$$H_1' \Delta_1 - H_1'' \Delta_2 = R_1 \quad (4-65)$$

$$H_2' \Delta_1 - H_2'' \Delta_2 = R_2 \quad (4-66)$$

Giải phương trình trên được chuyển vị thực tế  $\Delta_1$  và  $\Delta_2$  dưới tác dụng của tải trọng ngoài, tức là được giá trị hiệu chỉnh Mômen dịch chuyển bên (lấy thanh AB làm ví dụ)

$$M_{AB} = M_{AB}' \Delta_1 + M_{AB}'' \Delta_2 \quad (4-70)$$

$$M_{BA} = M_{BA}' \Delta_1 + M_{BA}'' \Delta_2 \quad (6-71)$$

Đem mômen uốn dịch chuyển bên và Mômen uốn không dịch chuyển cộng lại được Mômen uốn chính thức các thanh của khung.

#### 4.6.4. Sàn các tầng nhà máy:

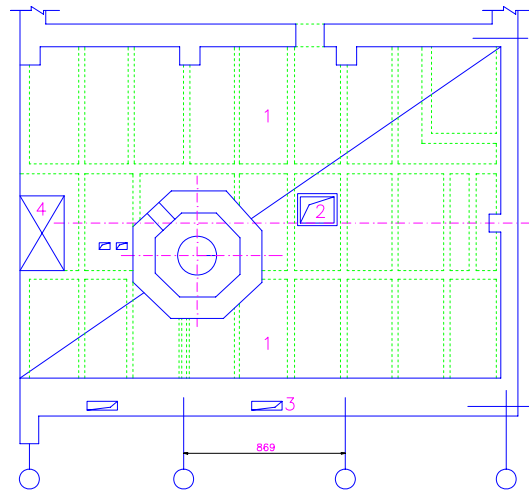
Sàn nhà máy chính bao gồm sàn tầng máy phát, sàn tầng Turbin, sàn gian lắp ráp và sàn các tầng phòng điều khiển trung tâm nhà máy phụ, chủ yếu do bản và các dầm phụ hình thành (nội dung tính toán dầm chính như cột và khung nhà máy). Sàn nhà máy chính chịu tải trọng lớn, bằng dày nhiều lỗ trống không theo quy cách, đại bộ phận đổ bê tông tại hiện trường, nhưng cũng có trạm thủy điện sử dụng tấm bê tông dự ứng lực đúc sẵn. Sàn nhà máy phụ đại bộ phận dùng tấm bê tông dự ứng lực. Bố trí kết cấu và phương pháp tính sẽ trình bày dưới đây.

##### 4.6.4.1. Sàn lắp ráp.

Sàn lắp ráp chịu tải rất lớn, kết cấu của sàn nên dựa vào sự phân chia khu vực lắp ráp, sửa chữa để bố trí cho hợp lý, tức là bố trí tải trọng từng khu vực khác nhau. Chiều dày bản từ 25-50cm, khoảng cách dầm phụ trên dưới 1,5-2,5m. Đối với cấu kiện đặc biệt nặng có thể do nền móng hoặc khối bê tông lớn chịu tải. Bản chỗ lỗ cầu vát và hố máy biến thế nên gia cường thép đai bao quanh, chiều dài công xôn của bản không được lớn hơn 0,5m. Cần xem xét kết hợp móc thử vượt tải xe nâng và bệ đỡ sửa chữa Rato máy phát. Hình 4-28 thể hiện cách bố trí kết cấu sàn lắp ráp ở một nhà máy thủy điện.

##### 4.6.4.2. Tầng máy phát.

Bố trí kết cấu tầng máy phát nên cố gắng đạt đến hệ thống hóa, quy hoạch hóa, tức là mỗi đoạn tổ máy giống nhau hoặc đơn nguyên tính toán kết cấu cơ bản giống nhau. So với toàn nhà máy tải trọng tầng máy phát chỉ kém sàn lắp ráp, bản thân chịu tải rất lớn, bao quanh thiết bị hoặc dưới sàn có các lỗ và rãnh hình dạng và kích thước không



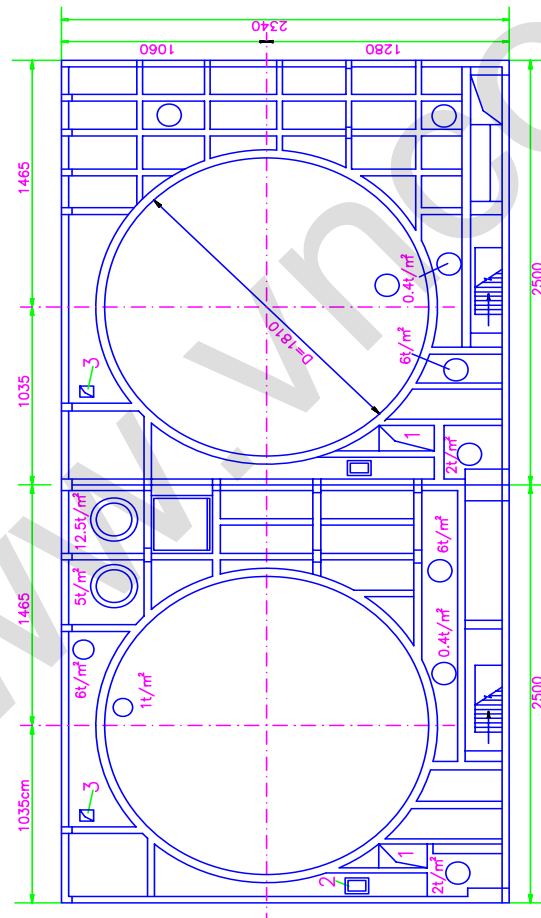
**Hình 4-28. Kết cấu sàn lắp ráp ở một nhà máy thủy điện**

1- Gian lắp máy, 2- Hố cầu vát, 3- Hành lang thông gió, 4- Lỗ cầu thang.

giống nhau. Cho nên có bản một hướng, bản hai hướng, bản không theo quy tắc. Sàn máy phát với đỉnh rãnh thông gió có thể liên kết khớp hoặc liên kết cứng. Liên kết khớp có thể giảm nhỏ hoặc loại trừ vết nứt hướng tia do chấn động tổ máy và ứng suất nhiệt, liên kết cứng chống chấn động tốt, song tường bao quanh rãnh thông gió cần phải gia cường thép vòng... Chiều dày sàn máy phát thường 15÷25 cm, khoảng cách dầm phụ (khẩu độ bằng) trên dưới 1,8÷2,2m, nếu bản hai hướng có thể đạt đến 2,5÷3,0m. Hình 4-29. Bố trí kết cấu tầng máy phát ở một trạm thủy điện.

Sàn lắp ráp và sàn máy phát đều chịu tải trọng động, sàn máy phát thường làm việc ở trạng thái chấn động, do đó hạn chế nghiêm ngặt đối với vết nứt, ứng suất cốt thép không được quá lớn. Nội lực dựa vào công thức bằng một hướng hoặc hai hướng của lý thuyết hệ thanh dàn hồi tính toán, không xem xét sự phân bố lại nội lực dính. Đối với bản hai hướng hình tam giác vuông (tỷ số hai cạnh vuông tam giác nhỏ hơn 2) có thể đơn giản hóa hình chữ nhật hai hướng cạnh dài là 2/3 cạnh vuông. Đối với gối đỡ giữa của bản hai hướng khẩu độ không bằng nhau tính gần đúng lấy trị số bình quân Mômen uốn hai gối liền kề bố trí cốt thép. Đối với giữa bản tựa dàn hồi và gối đỡ có thể lấy 0,7 lần Mômen uốn giữa khẩu độ để bố trí cốt thép.

Trong phạm vi tải trọng bằng chuyên cho dầm phụ, đối với bản một hướng thì lấy tâm giữa hai bản, đối với bản hai hướng từ mỗi góc của bản vẽ đường phân giác chia phạm vi chịu tải của dầm phụ.



**Hình 4-29. Bố trí kết cấu tầng máy phát một trạm thủy điện**

1- Hồ cầu vật, 2- Hồ máy điều tốc, 3- Nắp đậy hồ cầu vật.

#### 4.6.4.3. Sàn nhà máy phụ.

Nhà máy phụ ngoài các phòng khí nén, phòng máy thông gió, gian máy bơm và một số ít tầng có chấn động cơ khí khi làm việc cũng giống như sàn nhà máy chính tính theo lý thiết hệ thanh dàn hồi, cũng có thể dựa vào sự phân bố lại nội lực đỉnh để tính toán.

(1) *Tính toán theo lý thuyết hệ thanh dàn hồi.*

1) Xem xét tác dụng ràng buộc dàn hồi dầm phụ đối với bảng và dầm chính đối với dầm phụ, để điều chỉnh sai số do tính toán khớp đỡ thường dùng tải trọng tính toán quy đổi ( $g'$ ,  $p'$ ) thay tải trọng tính toán bảng:

- Tải trọng quy đổi của bảng

$$g' = g + \frac{1}{2}P; p' = \frac{1}{2}P \quad (4-69)$$

- Tải trọng quy đổi của dầm phụ:

$$g' = g + \frac{1}{4}P; p' = \frac{3}{4}P \quad (4-70)$$

Trong đó:

g: Tải trọng tính toán cố định

p: Tải trọng hoạt tải tính toán.

2) Tiến hành bố trí cốt thép dựa vào lực cắt và Mômen uốn của mặt cắt biên

(2) *Tính toán sự phân bố lại nội lực đỉnh.*

Đối với kết cấu siêu tĩnh không biến dạng khi chịu sự chấn động tải trọng động ở giai đoạn sử dụng, vết nứt lớn nhất cho phép (0,3÷0,5 mm) cần xem xét sự phân bố lại nội lực đỉnh.

1) Bảng một hướng, dùng phương pháp điều chỉnh biên độ Mômen uốn.

Đầu tiên dựa vào hệ thanh dàn hồi tìm Mômen uốn mặt cắt, sau đó căn cứ vào yêu cầu lấy Mômen uốn mặt cắt lớn nhất (Tuyệt đối) dựa vào các bảng 4-16 bảng 4-17 điều chỉnh.

Mômen uốn mặt cắt gối đỡ và ở giữa.

$$M = \alpha \cdot (g+p) \cdot l^2 \quad (4-71)$$

Lực cắt mặt cắt gối đỡ.

$$Q = \beta \cdot (g+p) \cdot l \quad (4-72)$$

**Bảng 4-16. Trị số hệ số Mômen uốn  $\alpha$**

Mặt cắt	Giữa cạnh biên	Gối đỡ thứ nhất	Giữa cạnh giữa	Gối đỡ giữa
Trị số $\alpha$	$\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{14}$ (bảng) $-\frac{1}{11}$ (dầm phụ)	$\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{16}$

**Bảng 4-17. Trị số hệ số lực cắt  $\beta$**

Mặt cắt	Gối đỡ biên	Gối đỡ thứ nhất bên trái	Gối đỡ thứ nhất bên phải	Gối đỡ giữa
Trị số $\beta$	0,4	0,6	0,5	0,5

Mômen uốn sau khi điều chỉnh được nhỏ hơn 70% theo tính toán hệ đàn hồi. Trị số nội lực sau khi điều chỉnh phải cân bằng ngoại lực. Sau khi chỉnh tất cả Mômen uốn ở giữa và phải thỏa mãn.

$$M > \frac{1}{24}(g + P)l^2$$

2) *Bảng hai hướng: Dùng phương pháp đường khớp đỉnh để toán:*

Nguyên lý của phương pháp đỉnh là căn cứ bảng dưới tác dụng trọng giới hạn tất cả các hệ khớp hình thành, dựa vào phương pháp ẩn lợi dụng điều kiện nội ngoại công đổi tìm được Mômen uốn giới hạn m. bảng hai hướng hình chữ nhật bốn gối đỡ như hình vẽ 4-30 thể hiện thể tải trọng q tác dụng phân bố đều, lợi phương pháp ẩn công tìm được

$$\beta = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{3\mu\alpha^2 + \mu^2\alpha^4} - \mu\alpha^2 \right] \tag{4-73}$$

$$m = \frac{1}{24} q^2 l^2 \left[ \sqrt{3 + \mu\alpha^2} - \alpha\sqrt{\mu} \right]^2 \tag{4-74}$$

Trong đó:

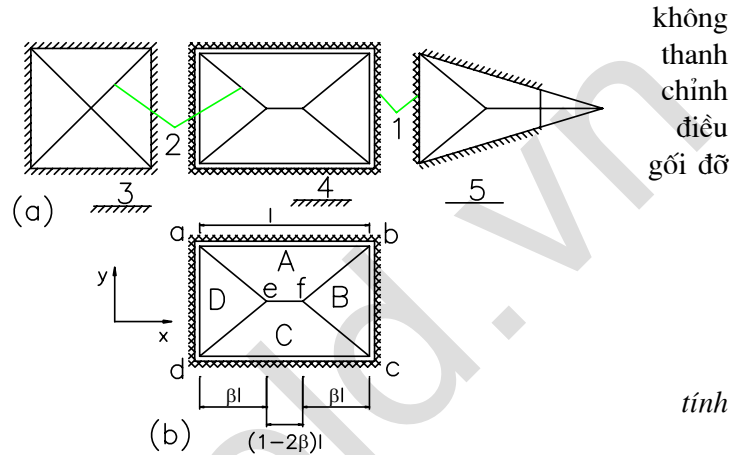
l - Một cạnh dài của bản

$\alpha$  - Tỷ số cạnh dài của bản

$\mu$  - Tỷ số Mômen uốn giới hạn của 4 hướng giả thiết  $m_y = m$  tức là  $m_y = \mu m$ ,  $\mu$  do người thiết kế giả định

### 4.7. TÍNH TOÁN BỆ MÁY PHÁT

Bệ máy phát là kết cấu đỡ máy phát và tuabin, nó chịu toàn bộ tải trọng động và tải trọng tĩnh. Vì vậy phải bảo đảm đầy đủ tính ổn định, cường độ và độ cứng, kết cấu bệ bằng bê tông cốt thép. Tường bê tông bao quanh hành lang thông gió máy phát và bệ máy đúc liền với nhau (nắp chắn gió)



**Hình 4-30. Bảng hai hướng dùng phương pháp đường khớp đỉnh để tính toán**

a - Đường khớp đỉnh của bảng; b- Bảng hai hướng hình chữ nhật 4 cạnh gối đỡ tính theo phương pháp khớp đỉnh.

(1) Đường khớp đỉnh mặt đỉnh, (2) Đường khớp đỉnh mặt đáy, (3) Biên gối đỡ, (4) Biên cố định, (5) Biên tự do

không thanh chỉnh điều gối đỡ

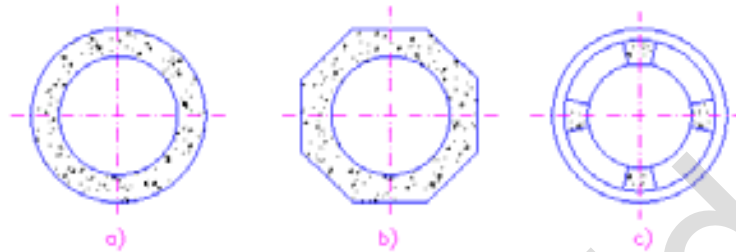
tính

khớp của tải đỉnh công, không Ví dụ cạnh hiện, dụng

#### 4.7.1. Hình dạng và kết cấu:

- 1- Bộ máy kiểu hình trụ tròn
- 2- Bộ máy kiểu hình bán giác.
- 3- Bộ máy kiểu hình dầm vành tròn.

Tùy thuộc vào công suất tổ máy, kiểu máy phát hình dạng kết cấu bộ máy không giống nhau. Ở những trạm thủy điện lớn tổ máy trục đứng thường dùng bộ máy kiểu hình trụ tròn hoặc hình bán giác. Trạm thủy điện vừa và nhỏ tổ máy trục đứng thường bộ máy kiểu hình dầm vành tròn.



Hình 4-31. Sơ đồ các kiểu bộ máy phát.

a-Bộ máy kiểu hình trụ tròn, b-Bộ máy kiểu hình bán giác, c-Bộ máy kiểu hình dầm vành tròn

#### 4.7.2. Nguyên tắc tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng.

##### 7.7.2.1. Tải trọng.

###### 1- Tải trọng tĩnh tác dụng lên bộ máy

- 1, Trọng lượng bản thân bộ máy  $A_1$ .
- 2, Trọng lượng sàn máy phát và tải trọng hoạt tải sàn máy phát  $A_2$ .
- 3, Trọng lượng Stato máy phát  $A_3$  (tức  $G_2$ )

$$\text{Trọng lượng máy phát } G = K_2 \sqrt{\frac{N}{n}} - 85$$

$G_2 = G$ -Trọng lượng cấu kiện chủ yếu (Rôto + giá chữ thập trên)

- 4, Trọng lượng Stato máy kích từ và thiết bị phụ của nó  $A_4$ .
- 5, Trọng lượng giá chữ thập trên  $A_5$  (tức  $G_3$ )

$$G_3 = (0,12 \div 0,15) G$$

- 6, Trọng lượng giá chữ thập dưới  $A_6$  (tức  $G_4$ )

$$G_4 = (0,07 \div 0,09) G$$

- 7, Trọng lượng Tuarbin  $A_7$

###### 2- Tải trọng động tác dụng lên bộ máy:

- 1, Trọng lượng Rôto liên trục  $B_1$  (Tức  $G_1$ )

$$G_1 = (0,45 \div 0,55) G$$

- 2, Trọng lượng Rôto máy kích từ  $B_2$ .
- 3, Trọng lượng Tuarbin quay liên trục  $B_3$  (tức  $G$ )

$$G = K_1 D_1^3 + \text{trọng lượng trục}$$

4, Áp lực nước hướng trục của Tuabin B<sub>4</sub> (tức P<sub>o</sub>)

$$P_o = K' \frac{1}{4} \pi D^2 H_{\max}$$

5, Lực ly tâm ngang B<sub>5</sub> (Tức P<sub>1</sub>): P<sub>1</sub> = emω<sup>2</sup>.

6, Mômen xoắn của máy phát B<sub>6</sub> (tức M<sub>n</sub>):

$$M_n = 0,975 \cdot \frac{N \cdot \cos}{n} (T - m)$$

7, Momen xoắn của máy phát khi đoạn mạch B<sub>7</sub> (tức M'<sub>n</sub>)

$$M'_n = 0,975 \frac{N}{n \cdot x_d} (T - m)$$

Trong đó:

N: Công suất máy phát (KW)

n: Số vòng quay máy phát (v/f)

D<sub>1</sub>: Đường kính bánh xe Tuabin

K', K<sub>1</sub>: Hệ số;

H<sub>max</sub>: Cột nước lớn nhất (m)

e: Độ lệch tâm của bộ phận quay, e = 0,0004m.

$$m = \frac{W}{g}$$

W : Trọng lượng bộ phận quay máy phát

ω : Tốc độ góc; x'<sub>d</sub> - Điện trở kháng tức thời máy phát x'<sub>d</sub> = 0,18÷0,33

#### 4.7.1.2. Tổ hợp tải trọng

Vận hành bình thường: A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>+ A<sub>3</sub>+A<sub>4</sub>+ A<sub>5</sub>+A<sub>6</sub>+ A<sub>7</sub>+ B<sub>1</sub>+B<sub>2</sub>+ B<sub>3</sub>+B<sub>4</sub>+ B<sub>5</sub>+B<sub>6</sub>

Phát sinh đoạn mạch: A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>+ A<sub>3</sub>+A<sub>4</sub>+ A<sub>5</sub>+A<sub>6</sub>+ A<sub>7</sub>+ B<sub>1</sub>+B<sub>2</sub>+ B<sub>3</sub>+B<sub>4</sub>+ B<sub>5</sub>+B<sub>7</sub>

#### 4.7.1.3. Tải trọng nắp chắn gió: (Tuồng bao quanh hành lang thông gió)

1, Trọng lượng bản thân và trọng lượng sàn máy phát.

2, Tải trọng hoạt tải tầng máy phát

3, Ứng suất nhiệt.

4, Lực kích đẩy ngang giá chữ thập trên máy phát

5, Khi máy phát phát sinh Mômen xoắn đoạn mạch, thì Mômen xoắn sẽ ràng buộc toàn bộ bảng tầng máy phát

#### 4.7.1.4. Nguyên tắc tính toán bộ máy.

1- Giả định khi tính toán động lực

1, Loại bỏ trọng lượng bản thân bộ máy, dùng một khối lượng tác động lên đỉnh ống hình trụ tròn thay thế khối lượng vốn có của nó, khiến cho khối lượng tập trung đó tác động tần suất chấn động hệ thanh đơn tự do gần với tần suất hệ thanh đa tự do nguyên của nó.

2, Lấy chấn động bộ máy làm tính toán hệ thanh đơn tự do, trong tính toán hệ số động lực và tần suất chấn động tự do không tính ảnh hưởng tắt dần

3, Chấn động bộ máy trong chấn động biên độ nhỏ của giới hạn đàn hồi và quan hệ giữa biến vị cần phải tuân thủ định luật Huk

4, Đường cong đàn hồi của kết cấu chấn động và đường cong đàn hồi dưới tác dụng của tải trọng khối lượng tính hình thức tương tự, từ đó có thể dùng “Phương pháp tĩnh động” tiến hành tính toán.

## 2- Giả định khi tính toán tĩnh lực.

1, Cho tải trọng phân bố đều trên chu vi hình ống tròn từ tâm lấy 1 m dài đơn vị mặt cắt hình chữ nhật dựa vào cấu kiện nén lệch tâm để tính toán ứng suất chính

2, Mômen uốn mặt cắt ngang bất kỳ tính theo công thức ống vỏ mỏng dài vô hạn với giả định đáy ống ngàm chặt đỉnh ống tự do.

3, Ứng suất cắt sản sinh của Mômen xoắn tính theo công thức xoắn với giả định ống hai đầu tự do

4, Ứng suất cắt Mômen xoắn chỗ cửa vào giếng Turbin giả định triển khai ống có lỗ tính theo công thức xoắn.

5, Ứng suất biên lỗ tập trung (ứng suất chính) tính theo công thức lỗ bằng cách triển khai ống có lỗ nằm trong mặt phẳng vô hạn.

6, Tính toán ứng suất nhiệt giả định đáy ống ngàm chặt, đỉnh ống bị ràng buộc

7, Lấy hệ số động lực  $\mu = 1,5 \div 2,0$  sau đó hiệu chỉnh xem xét lại, hệ số môi  $\eta_y = 2,0$  hệ số xung kích  $\eta' = 2,0$ .

## 3- Tiêu chuẩn phán đoán kiểm tra bộ máy.

1, Phán đoán cộng hưởng, khi  $n < n_0$  và hiệu của chúng  $\frac{n_0 - n}{n_0} > 20 \div 30\%$  không phát sinh cộng hưởng, nhưng cộng hưởng tức thời có thể phát sinh

$n$ -Tần số chấn động cưỡng bức,  $n_0$  -Tần số chấn động tự do.

2, Hạn chế biên độ: Biên độ thẳng đứng  $A_1 \leq 0,10 \div 0,15$  (mm)

Tổng biên độ xoắn và ngang  $(A_2 + A_3) < 0,15 \div 0,20$  (mm).

3, Hạn chế ứng suất: Ứng suất chính < Ứng suất nén cho phép bê tông.

Ứng suất cắt  $\leq$  Ứng suất cắt cho phép bê tông

Ứng suất kéo chính  $\leq$  Ứng suất kéo cho phép bê tông.

### 4.7.3. Tính toán động lực bộ máy.

Mục đích tính toán động lực là kiểm tra có phát sinh cộng hưởng không biên độ có vượt qua phạm vi cho phép không, các hạng mục tính toán công thức tính toán dưới đây:



(1)-Tần số chấn động tự do hướng đứng, do công thức cơ bản  $n = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\Delta}} = \frac{30}{\sqrt{\Delta}}$  tìm được

$$n_{01} = \frac{30}{\sqrt{G\delta_1 + P\delta_2}} \quad (4-75)$$

(2) Tần số chấn động hướng ngang.

$$n_{02} = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{G_2\delta_2}} = \frac{30}{\sqrt{G_2\delta_2}} \quad (4-76)$$

(3) Tần số chấn động tự do xoắn

$$n_{03} = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{I_\Phi\Phi_1}} = \frac{30}{\sqrt{I_\Phi\Phi_1}} \quad (4-77)$$

(4) Kiểm tra cộng hưởng: Khi  $n < n_0$ ; và  $\frac{n_0 - n}{n_0} > 20 \div 30\%$  nói chung không phát sinh cộng hưởng.

Trong công thức:

G- Tải trọng hướng thẳng đứng tác dụng lên đỉnh bệ máy và cộng thêm 0,35 trọng lượng bản thân bệ máy.

$\delta_1$ - Dưới tác dụng của lực đơn vị đỉnh bệ máy biến vị nén, được tính như sau:

$$\delta_1 = \frac{L}{EF}$$

L- Chiều cao bệ máy, F -Diện tích  
máy

E -Môduyl đàn hồi bê tông bệ máy.

P -Toàn bộ tải trọng thẳng đứng tác dụng lên bệ máy, cộng với trọng lượng bản thân bệ máy và trọng lượng tấm đỉnh buồng xoắn.

$\delta_p$  - Độ võng tấm đỉnh buồng xoắn dưới tác dụng của lực đơn vị  $P = 1$ . Hình 4-32.

$$\delta_p = \frac{a^2}{6EI_p} (3M_A + R_A a)$$

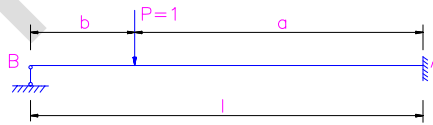
$I_p$  -Mômen quán tính tấm đỉnh buồng xoắn (lấy chiều rộng đơn vị 1m để tính)

$M_A$  -Mômen uốn ngàm A dưới tác dụng lực đơn vị.

$$M_A = \frac{ab}{2l} \left( 1 + \frac{b}{l} \right)$$

$R_A$  -Phản lực tại ngàm A dưới tác dụng lực đơn vị

$$R_A = -\frac{b}{2l} \left( 3 - \frac{b^2}{l^2} \right)$$



Hình 4-32. Sơ đồ tính toán độ võng của tấm đỉnh buồng xoắn dưới tác dụng lực đơn vị

mặt cắt bệ

$G_2$  - "Tải trọng tương đương" tập trung ở đỉnh bộ máy, được tính:

$$G_2 = \sum P_i + 0,35P_o$$

$\sum P_i$  - Tổng tải trọng lên đỉnh bộ máy.

$P_o$  - Trọng lượng bản thân bộ máy.

$\delta_2$  - Dưới tác dụng lực đơn vị lên đỉnh bộ máy biến vị ngang sản sinh, dựa vào dầm cônson đỉnh bộ tự do, đáy bộ cố định để tính toán.

$$\delta_2 = \frac{L^2}{3EI_2}$$

$I_2$  - Mômen quán tính mặt cắt bộ máy

$I_\Phi$  - Mômen quán tính hồi chuyển của "tải trọng tương đương" tập trung trên đỉnh bộ máy.

$$I_\Phi = \sum P_i r_i^2 + 0,35P_o r_o^2$$

$\Phi_1$  - Góc xoắn đơn vị,  $n_o$  - Tần số chấn động tự do.

$n$  - Tần số chấn động cưỡng bức, bao gồm:

1, Tần số chấn động sản sinh do Stato lắp không cân bằng, nó bằng số vòng quay bình thường trong 1 phút của máy phát  $n_1 = n$

2, Tần số do xung kích thủy lực gây nên, tức là tần số  $n_2$  quyết định bởi số lần xung kích phát sinh tương hỗ trong 1 phút giữa cánh hướng nước và cánh Turbin quyết định.

$$n_2 = \frac{nx_1x_2}{a}$$

$x_1, x_2$  - Số lượng cánh hướng nước;  $a$  - ước số chung lớn nhất của  $x_1$  và  $x_2$

(5) Tính toán biên độ giao động.

1, Biên độ chấn động đứng.

$$A_1 = \frac{P_1}{\frac{G_1}{g} \sqrt{(\lambda_1^2 - \omega_1^2)^2 + 0,2\lambda_1^2 \omega_1^2}} \quad (4-78)$$

2, Biên độ chấn động hướng ngang.

$$A_2 = \frac{P_2}{\frac{G_2}{g} \sqrt{(\lambda_2^2 - \omega_2^2)^2 + 0,2\lambda_2^2 \omega_2^2}} \quad (4-79)$$

3, Biên độ chấn động xoắn.

$$A_3 = \frac{P_3}{\frac{I_\Phi}{g} \sqrt{(\lambda_3^2 - \omega_3^2)^2 + 0,2\lambda_3^2 \omega_3^2}} \quad (4-80)$$

Khi không xét tắt dần, các công thức trên  $0,2\lambda^2 \omega^2 = 0$

4, Khống chế biên độ giao động

$$A_1 < 0,1 \div 0,15 \text{ mm.}$$

$$(A_2 + A_3) < 0,15 \div 0,20 \text{ mm.}$$

Trong công thức  $P_1$  -Tải trọng động tác động lên bộ máy, bao gồm áp lực nước hướng trục và tổng trọng lượng bộ phận quay.

$G_1$  -Tổng tải trọng của 3 bộ phận gồm toàn bộ tải trọng bộ máy, trọng lượng bản thân bộ máy, trọng lượng tấm bảng buồng xoắn.

$\lambda_1$  - Tần suất chấn động tự do xoay tròn của chấn động thẳng đứng, tức là tần suất chấn động tự do trong  $2\pi$  sec.

$$\lambda_1 = \frac{2\pi n_{01}}{60} = 0,104 n_{01} \text{ sec}^{-1}$$

$\omega_1$  -Tần số chấn động cưỡng bức xoay tròn của chấn động thẳng đứng.

$$\omega_1 = \frac{2\pi n}{60} = 0,104 n_{01} \text{ sec}^{-1}$$

$P_2$  -Tải trọng động ngang tác động lên bộ máy, tức là lực ly tâm ngang

$$P_2 = e m_1 \omega^2.$$

e - Độ lệch tâm của tâm của bộ phận khối lượng quay và tâm quay  $e = 0,0004\text{m}$ .

$$m_1 = \frac{W_1}{g}; W_1 - \text{Trọng lượng bộ phận quay máy phát}$$

$\omega$  - góc quay

$G_2$  -“Tải trọng tương đương” của đỉnh bộ máy

$\lambda_2$  -Tần số chấn động tự do ngang trong  $2\pi$  sec;

$I_\Phi$  - Mômen quán tính hồi chuyển của “Tải trọng tương đương” tập trung đỉnh máy phát

$$I_\Phi = \sum P_i r_i^2 + 0,35 P_o r_o^2$$

$M_n$  -Mômen xoắn (vận hành bình thường và đoạn mạch)

R -Bán kính vòng tròn ngoài bộ máy

$\lambda_2$  -Tần số chấn động tự do xoắn ngang trong  $2\pi$  sec;

$$\lambda_2 = \frac{2\pi n_{03}}{60} = 0,104 n_{03} \text{ sec}^{-1}$$

$\omega_3$  -Tần suất chấn động cưỡng bức xoắn ngang trong  $2\pi$  sec

$$\omega_3 = 0,104 n_{03} \text{ sec}^{-1}$$

n -Tốc độ quay bình thường, đại diện cho tần suất chấn động của tốc độ quay bình thường  $n = n_1$

Khi tốc độ quay lồng, đại diện cho tần suất chấn động của tốc độ quay lồng  $n = n_p$

(6) Kiểm tra lại hệ số động lực.

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{n_i}{n_{oi}}\right)^2\right]^2 + \frac{r^2}{\pi^2} \left(\frac{n_i}{n_{oi}}\right)^2}} \quad (4-81)$$

Khi hiệu của tần số chấn động cưỡng bức với tần số chấn động tự do  $\frac{n_{oi} - n_i}{n_{oi}} > 20 \div 30\%$ , không tính ảnh hưởng của sự tắt dần, thì  $\gamma = 0$ , công thức tính hệ số động lực sẽ đơn giản

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{n_i}{n_{oi}}\right)^2\right]^2}} = \frac{1}{1 - \left(\frac{n_i}{n_{oi}}\right)^2} \quad (4-82)$$

Trong đó:

$n_i$  – Tần số chấn động cưỡng bức của mỗi hướng (đứng, ngang, xoắn) số lần/phút

$n_{oi}$  – Tần số chấn động tự do bộ máy của mỗi hướng (đứng, ngang, xoắn) số lần/phút

$\gamma$  - Hệ số đối số tắt dần của bộ máy, đối với bê tông cốt thép  $\gamma = 0,25 \div 0,40$

#### 4.7.4. Tính toán tĩnh lực bộ máy:

##### 4.7.4.1. Ứng suất chính vuông góc

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x C}{I} \quad (4-83)$$

Trong đó:

P-Tải trọng 1(m) dài cung đơn vị của bộ máy

A-Tiết diện dải mặt cắt bộ máy  $A = 1 \times P_2$

h- Chiều dày bộ máy,  $C = 0 - h/2$

I-Mômen quán tính dải mặt cắt bộ máy;  $I = \frac{1}{12} h^3$

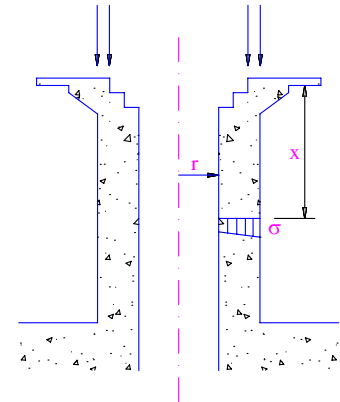
$M_x$  - Mômen uốn của mặt cắt tại điểm x tính từ đỉnh bộ máy trở xuống theo hướng trục x, đối với bộ máy tương đối cao, lấy gần đúng

$$M_x = M_{\varphi(\beta x)}$$

$$= (\beta x) = e^{-\beta x} (\cos \beta x + \sin \beta x);$$

$$\beta = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{rh}}$$

M -Mômen trên một cung đơn vị đỉnh bộ máy.



**Hình 4-33.** Sơ đồ tính toán tĩnh lực bộ máy.

$\mu$  - Hệ số poisson  $\mu = \frac{1}{6}$ ; r-Bán kính bình quân bộ máy

$\varphi_{(\beta x)}$  hàm số căn cứ vào giá trị  $\beta$  dựa vào bảng dưới đây tìm được  $\varphi(\beta x)$  Bảng 4-18

Quan hệ hàm số  $\varphi(\beta x)$

**Bảng 4-18**

$\beta x$	$\Phi_{(\beta x)}$	$\beta x$	$\Phi_{(\beta x)}$	$\beta x$	$\Phi_{(\beta x)}$	$\beta x$	$\Phi_{(\beta x)}$
0	1,000	1,8	0,1234	3,6	-0,0366	5,4	-0,0006
0,1	0,9906	1,9	0,0932	3,7	-0,0341	5,5	0,0000
0,2	0,9051	2,0	0,0667	3,8	-0,0314	5,6	0,0005
0,3	0,9267	2,1	0,0438	3,9	-0,0286	5,7	0,0009
0,4	0,8784	2,2	0,0244	4,0	-0,2558	5,8	0,0013
0,5	0,8231	2,3	0,0080	4,1	-0,0231	5,9	0,0015
0,6	0,7628	2,4	-0,0056	4,2	-0,0204	6,0	0,0017
0,7	0,6997	2,5	-0,0166	4,3	-0,0179	6,1	0,0018
0,8	0,6353	2,6	-0,0254	4,4	-0,0155	6,2	0,0019
0,9	0,5712	2,7	-0,0320	4,5	-0,0132	6,3	0,0019
1,0	0,5083	2,8	-0,0369	4,6	-0,0111	6,4	0,0018
1,1	0,4476	2,9	-0,0403	4,7	-0,0092	6,5	0,0018
1,2	0,3898	3,0	-0,0422	4,8	-0,0075	6,6	0,0017
1,3	0,3355	3,1	-0,0431	4,9	-0,0059	6,7	0,0016
1,4	0,2849	3,2	-0,0431	5,0	-0,0046	6,8	0,0015
1,5	0,2384	3,3	-0,0422	5,1	-0,0033	6,9	0,0014
1,6	0,1960	3,4	-0,0408	5,2	-0,0023	7,0	0,0013
1,7	0,1576	3,5	-0,0388	5,3	-0,0014		

#### 4.7.4.2. Ứng suất cắt:

1, Ứng suất cắt sản sinh do Mômen xoắn bình thường

$$\tau_1 = \frac{M_n r}{I_p} = \frac{M_n r}{\frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)} \quad (4-84)$$

Trong đó:

$M_x$  -Mômen xoắn bình thường, cần nhân hệ số động lực  $\eta$  (thường lấy  $\eta = 1.5$ ) và hệ số môi của vật liệu  $\eta_y$  (thường lấy  $\eta_y = 2,0$ )

$r$ :- Khoảng cách từ điểm tính toán đến tâm bộ máy

$I_p$  -Mômen quán tính mặt cắt bộ máy

D- Đường kính ngoài bộ máy

d - Đường kính trong bộ máy

2, Ứng suất cắt sản sinh do Mômen xoắn đoạn mạch.

$$\tau_2 = \eta' \frac{M_n' R}{I_p} \quad (4-85)$$

Trong đó:

$M_n'$  - Mômen xoắn đoạn mạch

R - Bán kính ngoài bộ máy

$\eta'$  - Hệ số xung kích Mômen xoắn đoạn mạch

$$\eta' = \frac{\left[ 1 + \frac{T_a}{t_1} \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{T_a}} \right) \right]}{1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}}; \quad t_1 = \frac{30}{n}$$

n - Số vòng quay máy phát

$T_a$  - Hằng số thời gian của máy phát, thường  $T_a = 0,15 \div 0,40$

e - Đối số tự nhiên

Thông thường hệ số xung kích  $\eta' = 2,0$ , Mômen xoắn đoạn mạch không nhân hệ số động lực

3, Ứng suất cắt sản sinh do lực ly tâm ngang khi tốc độ quay bình thường.

$$\tau_3 = \eta \eta_y \cdot \frac{P_2}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)} \quad (4-86)$$

Trong đó:

$\eta$  - Hệ số động lực,  $\eta_y$  - Hệ số môi

P - Lực ly tâm ngang,  $P_2 = r.m.\omega^2$

4, Ứng suất cắt sản sinh do lực ly tâm khi quay lồng.

$$\tau_4 = \eta \eta_y \cdot \frac{P_2'}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)} \quad (4-87)$$

5, Ứng suất cắt chỗ cửa vào bộ máy

1/ Mô men xoắn đoạn mạch

$$\tau_2' = \eta' \frac{M_n' (3l + 1,8h)}{l^2 h^2} \quad (4-88)$$

Trong đó: l - Chiều dài đường tâm chu vi bộ máy

h - Chiều dày bộ máy.

2/ Tác dụng của lực ly tâm.

$$\tau'_p = \eta_y \cdot \frac{C_r \cdot A_2}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) - f} \quad \text{hoặc}$$

$$\tau'_p = \eta \eta_y \cdot \frac{P_2}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) - f} \quad (4-89)$$

Trong đó:

$$\eta_y - \text{Hệ số môi. } P_2 - \text{Lực ly tâm; } c_r = \frac{1}{\delta_2}$$

$\delta_2$  - Biến vị ngang sản sinh dưới tác dụng lực đơn vị ngang lên đỉnh bộ máy

$$\delta_2 = \frac{L^2}{3EI_2}$$

f - Diện tích cửa vào

(3) Ứng suất kéo bộ máy.

Sau khi đã tính được ứng suất chính  $\sigma$  và ứng suất cắt  $\tau$  tiến hành tính toán ứng suất kéo bộ máy theo công thức

$$\tau_{gl} = \frac{\sigma}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad (4-90)$$

Trị số ứng suất kéo không được vượt quá trị số cho phép của bê tông, tức là

$$\tau_{gl} < \frac{R_c}{k_g}$$

Trong đó:  $R_c$  - ứng suất cho phép của bê tông.

$k_g$  - Hệ số an toàn. Nếu không phải đặt nhiều cốt thép ngang và cốt thép đứng để chống lại ứng suất kéo.

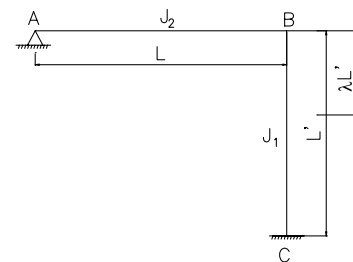
## 4.8. TÍNH TOÁN KẾT CẤU BUỒNG XOẮN

Buồng xoắn là bộ phận qua nước của Turbin, buồng xoắn kim loại do xưởng chế tạo thiết kế, nó chịu toàn bộ áp lực nước bên trong, lớp bê tông bao ngoài chịu tải trọng từ trên truyền xuống. Chủ yếu thiết kế buồng xoắn bê tông mặt cắt hình tròn và buồng xoắn bê tông mặt cắt hình thang chịu áp lực nước bên trong.

### 4.8.1. Phân loại và phạm vi sử dụng:

#### 4.8.1.1. Buồng xoắn kim loại.

Buồng xoắn kim loại thường sử dụng ở TTD cột nước vừa và cao, phần nửa bên trên của buồng xoắn và lớp bê tông bảo vệ bên ngoài có tấm đệm đàn hồi ngăn cách, cho nên áp lực nước tác dụng bên trong do buồng xoắn kim loại chịu. Nhiệm vụ tính toán là phân tích cường độ, độ cứng của lớp bê tông bao ngoài (cũng giống như bộ máy, không tính toán ổn định), lựa chọn mác bê tông, quyết định cốt thép nhiều ít và cấu tạo như thế nào.



**Hình 4-34. Sơ đồ tính toán mặt cắt buồng xoắn bằng nhau kiểu khung chữ  $\Gamma$**

#### 4.8.1.2. Buồng xoắn bê tông cốt thép mặt cắt hình tròn chịu áp lực nước bên trong.

Loại buồng xoắn này thường dùng ở TTĐ cột nước vừa, trong trường hợp thép tấm thiếu, yêu cầu thi công loại buồng xoắn này rất cao.

#### 4.8.1.3. Buồng xoắn bê tông cốt thép mặt cắt hình thang.

Thường dùng ở TTĐ cột nước thấp, song có một số trường hợp TTĐ cột nước vừa vẫn dùng loại buồng xoắn này. Trong phần tính toán này chỉ giới thiệu tính toán buồng xoắn loại 1 và 2.

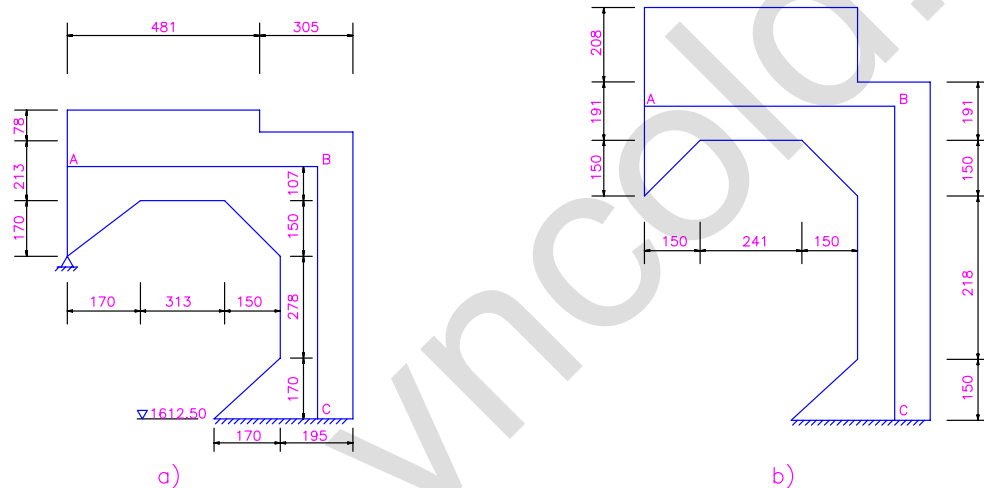
### 4.8.2. Sơ đồ tính toán, tải trọng và tổ hợp tải trọng.

#### 4.8.2.1. Sơ đồ tính toán.

Sơ đồ tính toán, có mấy phương pháp dưới đây:

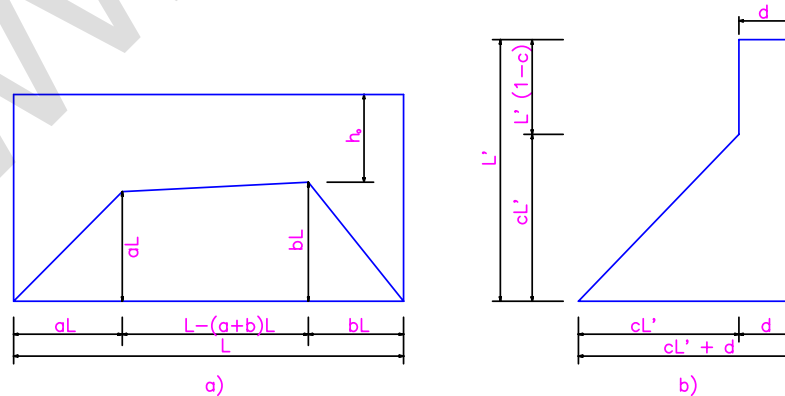
1.1. Tính toán theo khung chữ  $\Gamma$  mặt cắt bằng nhau, thông thường cắt từ 3 đến 4 mặt cắt, trong đó mặt cắt cửa vào là mặt cắt khống chế.

1.2. Dựa vào khung chữ  $\Gamma$  mặt cắt biến đổi để tính toán. (Hình 4-35)



Hình 4-35. Sơ đồ tính toán mặt cắt buồng xoắn biến đổi kiểu khung chữ  $\Gamma$

a-Mặt cắt  $\phi = 0^\circ$ , b-Mặt cắt  $\phi = 90^\circ$



Hình 4-36. Sơ đồ phân tách cột và dầm mặt cắt biến đổi để tính toán buồng xoắn.

a-Dầm b-Cột

1.3. Chia tách cột và dầm mặt cắt biến đổi (tám đỉnh) để tính toán (Hình 4-36) cũng có thể giả định điểm cố định ở cao trình lắp máy, xem đỉnh bảng phía trong dầm mặt cắt biến đổi cung tròn.



Khi lấy hình khung chữ  $\Gamma$  để tính toán, giả định một đầu đỉnh bằng gối vòng bê. Chân cột cố định ở đáy buồng xoắn hoặc cao trình lắp máy, căn cứ độ cứng tương đối để định.

Giữa hai kỳ đổ bê tông cần tăng cường biện pháp cấu tạo để liên kết chặt. Do mặt cắt bê tông ngoài buồng xoắn tương đối dày cần phải xem xét ảnh hưởng góc cứng và biến dạng cắt.

#### 4.8.2.2. Tải trọng và tổ hợp tải trọng.

- Trọng lượng bản thân  $A_1$ .
- Tải trọng hoạt tải tầng Turbin  $A_2$ .
- Tải trọng tĩnh truyền từ bộ máy phát xuống  $A_3$ .
- Tải trọng động truyền từ bộ máy phát xuống  $A_4$ .

Tổ hợp tải trọng của buồng xoắn khi không chịu áp lực nước bên trong:

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

- Áp lực nước (bao gồm áp lực nước va)  $A_5$ .

Tổ hợp tải trọng buồng xoắn khi chịu áp lực nước bên trong:

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

#### 4.8.2.3. Giả định khi tính toán.

- Buồng xoắn không chịu áp lực nước bên trong cho phép xuất hiện vết nứt để tính toán.
- Buồng xoắn chịu áp lực nước bên trong không cho phép xuất hiện vết nứt để tính toán hoặc khống chế độ rộng vết nứt để tính toán.
- Không xem xét ứng suất nhiệt.
- Dựa vào giai đoạn phá hoại cốt thép để tính toán.

#### 4.8.3. Tính toán kết cấu bê tông bao ngoài buồng xoắn kim loại.

##### 4.8.3.1. Tính toán theo khung chữ $\Gamma$ mặt cắt bằng nhau.

Nhìn chung tải trọng tác dụng lên khung chữ  $\Gamma$  lớp bê tông bao ngoài buồng xoắn kim loại như hình 4-37.

Dưới tác dụng của tải trọng hình thang (tải trọng nén lệch tâm) nội lực phân thành hai bộ phận tải trọng hình thang và tải trọng hình tam giác để tính toán sau đó cộng lại.

Lực cắt và mô men uốn mặt cắt bất kỳ tính như sau:

##### 1.1. Mô men uốn.

$$a. \quad 0 < x \leq d \dots M_x = M_x^q + M_x^{q'}$$

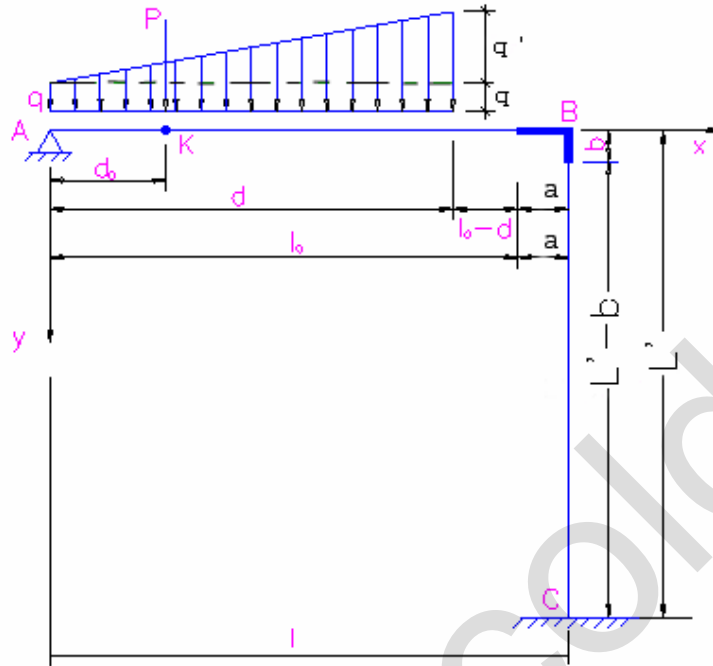
$$M_x = \frac{6(M_B + M_B') + d^3(3q + 2q') - 3dl(2q + q')}{6.l.x + \frac{1}{2}qx^2 + \frac{q'}{6d}x^3} \quad (4-91)$$

$$b. \quad d \leq x < l \dots M_x = M_x^q + M_x^{q'}$$

$$M_x = \frac{6(M_B + M_B') + d^3(3q + 2q')x}{6.l} - \frac{d^3(3q + 2q')}{6} \quad (4-92)$$

$$c. \quad 0 < y \leq l' \dots\dots M_y = M_y^q + M_y^{q'}$$

$$M_y = (M_B + M_B') - \frac{(M_B + M_B') + (M_c + M_c')}{l'} y \quad (4-93)$$



Hình 4-37. Sơ đồ tải trọng tác dụng lên khung chữ  $\Gamma$  mặt cắt buồng xoắn.

### 1.2. Lực cắt.

$$a. \quad 0 < x \leq d, Q_x = Q_x^q + Q_x^{q'}$$

$$Q_x = \frac{3dl(2q + q') - d^2(3q + 2q') - 6(M_B + M_B')}{6.l - q.x - \frac{q'}{2.d}x^2} \quad (4-94)$$

$$b. \quad d \leq x \leq l, Q_x = Q_x^q + Q_x^{q'}$$

$$Q_x = \frac{d^2(3q + 2q') + 6(M_B + M_B')}{6.l} \quad (4-95)$$

$$c. \quad 0 < y \leq l', Q_y = Q_y^q + Q_y^{q'}$$

$$Q_y = \frac{(M_B + M_B') + (M_c + M_c')}{l} \quad (4-96)$$

Trong các lực trên:

l-khẩu độ tám đỉnh buồng xoắn;

l'-chiều cao cột đứng buồng xoắn.

d-độ dài tải trọng phân bố;

q-cường độ tải trọng hình chữ nhật.

q'-cường độ tải trọng hình tam giác.

$M_B, M_B', M_C, M_C'$ -Mô men uốn tại các C, có thể dùng phương pháp phân phối mô men

Trong trường hợp đối với tấm đỉnh buồng khung hình chữ  $\Gamma$  chịu tải trọng phân bố đơn cũng có thể trực tiếp tìm được mô men uốn các

+ Tải trọng phân bố đều toàn khẩu độ (Hình 4-38)

$$R_A = \frac{3}{8}ql \quad (4-97)$$

$$R_B = \frac{5}{8}ql \quad (4-98)$$

$$M_B = -\frac{1}{8}ql^2 \quad (4-99)$$

+ Tải trọng phân bố đều bộ phận (Hình 4-39)

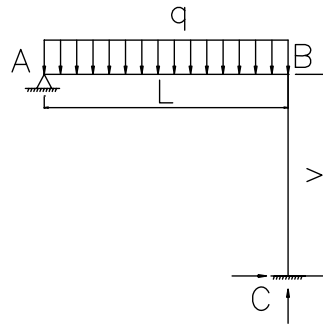
$$R_A = \frac{qC}{8.l^3}(12b^2l - 4b^3 + aC^2) \quad (4-100)$$

$$M_B = R_A l - qC(l - a) \quad (4-101)$$

+ Tải trọng tập trung (Hình 4-40)

$$R_A = -\frac{Pa}{2.l} \left( 3 - \frac{a^2}{l^2} \right) \quad (4-102)$$

$$M_B = \frac{P.a.b}{2.l^2}(a+l) - \frac{P.a.l - P.a^2}{2.l^2}(a+l) \quad (4-103)$$

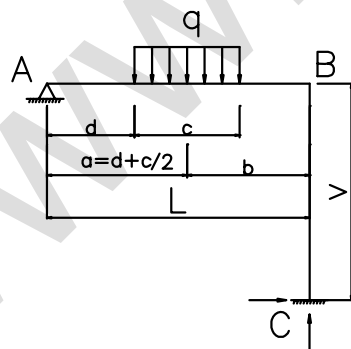


điểm B và tìm được.

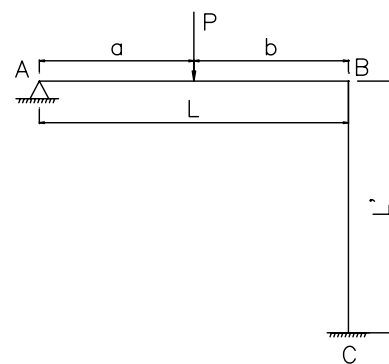
xoắn  
giản,  
điểm trên

(Hình 4-

**Hình 4-38.** Tải trọng phân bố đều toàn khẩu độ khung hình chữ  $\Gamma$  đỉnh buồng xoắn.



**Hình 4-39.** Tải trọng phân bố đều bộ phận trên tấm đỉnh khung hình chữ  $\Gamma$  buồng xoắn.



**Hình 4-40.** Tải trọng tập trung trên tấm đỉnh khung hình chữ  $\Gamma$  buồng xoắn.

#### 4.8.3.2. Tính theo khung hình chữ $\Gamma$ mặt cắt thay đổi.

a. Phân đoạn dùng công thức phương pháp lực tìm và tính toán lực tấm đỉnh (Hình 4-41).

Do sơ đồ hình 4-41 ta có:

$$R_A = \frac{\left[ \sum \frac{\bar{m}_i \cdot m_{ip} \cdot d_s}{EI} + \sum \frac{k \cdot Q_i \cdot Q_{ip} \cdot \Delta S}{GF} + \sum \frac{\bar{N}_i \cdot N_{ip} \cdot d_s}{EF} \right]}{\left[ \sum \frac{\bar{m}_i^2 \cdot \Delta S}{EI} + \sum \frac{k \cdot Q_i^2 \cdot d_s}{GF} + \sum \frac{\bar{N}_i \cdot \Delta S}{EF} \right]} \quad (4-104)$$

Trong đó:

$R_A$  - Dưới tác dụng lực đơn vị phản lực đẩy gối đỡ A bên trái.

$\bar{m}_i, \bar{Q}_i, \bar{N}_i$  - Do lực đơn vị  $P = 1$  tác dụng gối đỡ A bên trái khiến cho momen uốn tĩnh định lực cắt và lực hướng trục sản sinh ở tâm các mặt cắt nhỏ.

$m_{ip}, Q_{ip}, N_{ip}$  - Do trọng lượng bản thân cùng với tải trọng bên ngoài khiến cho momen uốn, lực cắt và lực hướng trục ở trung tâm các mặt cắt nhỏ.

$\Delta S$  - Độ rộng của mảnh nhỏ.

$$I = \frac{1}{12} h^3 - \text{Momen quán tính chuyển động của mỗi mảnh nhỏ.}$$

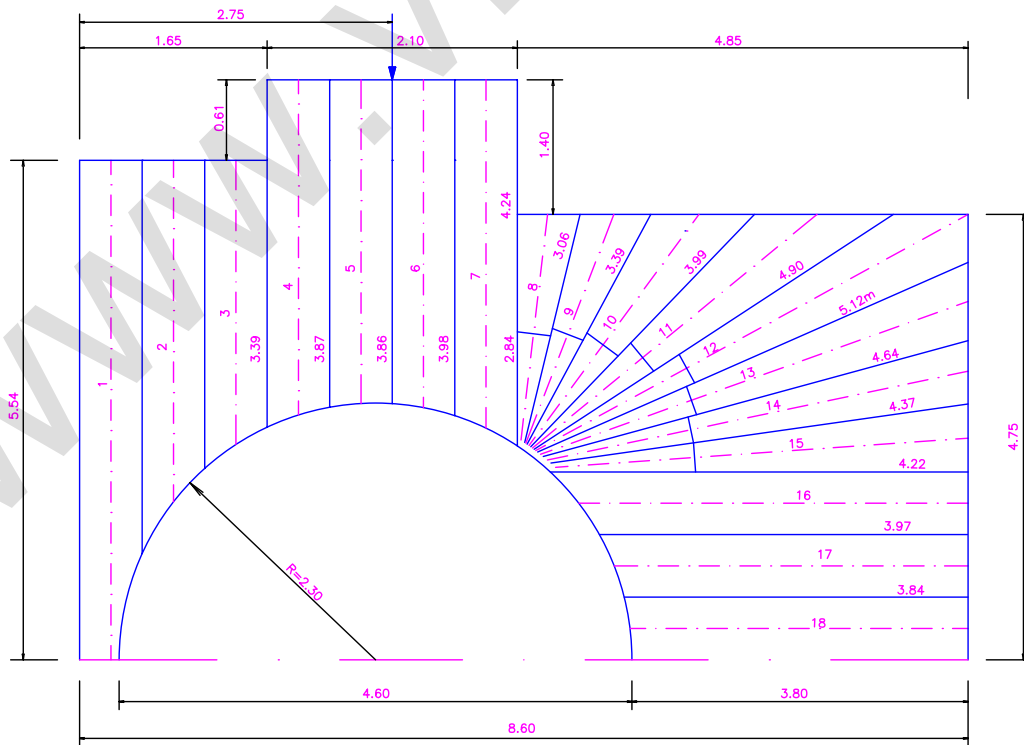
$F = b \cdot h = 1 \cdot h$  - Diện tích mỗi mảnh nhỏ.

$k$  - hệ số chuyển hoá ứng suất cắt của bê tông.

$E$  - Moduyn đàn hồi của bê tông.

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)} - \text{Moduyn lực cắt của bê tông.}$$

$\mu$  : Hệ số poisson bê tông



Hình 4-41. Sơ đồ kích thước tính toán mặt cắt đập biến đổi thực tế đỉnh buồng xoắn.

b. Dùng phương pháp hình dôi ra  $\frac{I_o}{I}$  tính toán đỉnh buồng xoắn và cột đứng.

Sơ đồ tính toán như hình 4-42

+ Hệ số độ cứng (lấy dầm ab làm ví dụ).

$$S_{ab} = \frac{1}{\alpha_b}; S_{bc} = \frac{1}{\alpha_{b'}} \quad (4-105)$$

+ Hệ số phân phối (lấy điểm b làm ví dụ)

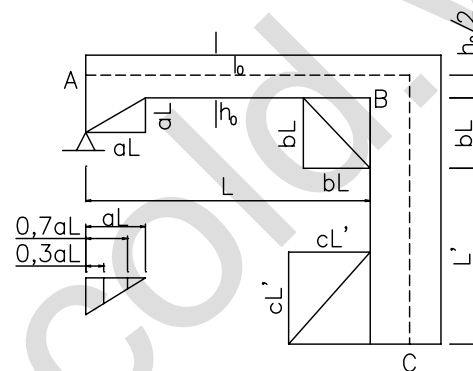
$$\mu_{ba} = \frac{S_{ba}}{S_{ba} + S_{b'c}}; \mu_{bc} = \frac{S_{bc}}{S_{ba} + S_{bc}} \quad (4-106)$$

+ Hệ số truyền ngược

$$C_{ab} = \frac{\beta}{\alpha_b}; C_{bc} = \frac{\beta}{\alpha_c} \quad (4-107)$$

Phương pháp tính toán  $(\alpha_b, \alpha_{b'}, \beta)$  biến đổi góc trong các công thức trên có thể khảo sách “Phân tích kết cấu cứng mặt cắt đối”.

Cũng vậy, có thể tìm hằng số biến đổi góc  $\alpha_b, \alpha_{b'}$ ... Tiến hành tính toán một loạt hằng số dạng, hằng số tải trọng không giống nhau, tìm được hằng số kết cấu cứng có thể dùng phương pháp phân phối momen toàn bộ tiến hành tích.



hằng số  
tham  
biến

tải trọng  
số hình  
phương  
phân

**Hình 4-42.** Dùng phương pháp hình dôi ra tính toán khung hình chữ  $\Gamma$  mặt cắt biến đổi buồng xoắn.

#### 4.8.4. Tính toán buồng xoắn bê tông tiết diện tròn chịu áp lực nước bên trong.

##### 4.8.4.1. Điều kiện áp dụng.

Thường dùng ở những TTĐ cột nước không cao, lưu lượng qua Turbin không lớn, công suất tổ máy tương đối nhỏ.

##### 4.8.4.2. Tải trọng và tổ hợp tải trọng.

- Trọng lượng bản thân  $A_1$ .
- áp lực nước bên trong  $A_2$ .
- Tải trọng tập trung truyền từ bộ máy xuống  $A_3$ .
- Nhiệt độ giảm đều và co ngót bê tông  $A_4$ .

Thường tổ hợp  $A_1 + A_2 + A_3 + A_4$ , lấy tổ hợp bất lợi nhất trong đó (đối với mỗi mặt cắt tính toán).

##### 4.8.4.3. Dùng công thức phương pháp lực tính toán khung chữ $\Gamma$ chịu áp lực nước bên trong của buồng xoắn (Hình 4-43).

Phương trình liên hệ

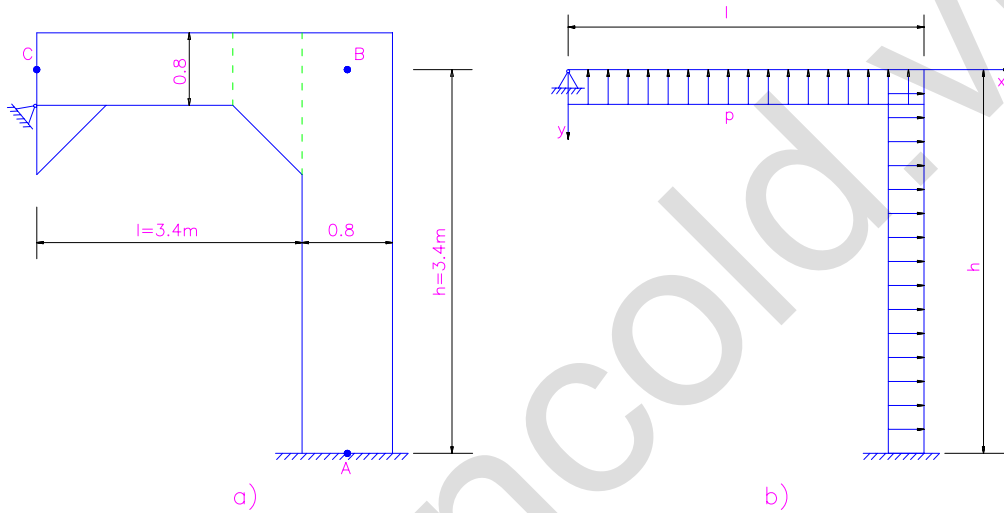
$$\begin{aligned} R_1 \cdot \delta_{11} + R_2 \cdot \delta_{12} + \Delta_1 &= 0 \\ R_2 \cdot \delta_{22} + R_1 \cdot \delta_{21} + \Delta_2 &= 0 \end{aligned} \quad (4-108)$$

hoặc khi xem xét nhiệt độ giảm

$$\begin{aligned} R_{11} \cdot \delta_{11} + R_{12} \cdot \delta_{12} + \Delta_{r1} &= 0 \\ R_{11} \cdot \delta_{21} + R_{12} \cdot \delta_{22} + \Delta_{r2} &= 0 \end{aligned} \quad (4-109)$$

trong đó :

$$\delta_{11} = \int \frac{m_i^2 \cdot dx}{EJ}; \delta_{22} = \int \frac{y^2 \cdot dy}{EJ}; \delta_{12} = \int \frac{y \cdot dy}{EJ}; \Delta t = \alpha \cdot t \cdot l = 0,00001 \cdot t \cdot l$$



**Hình 4-43. Sơ đồ tính toán khung chữ  $\Gamma$  (mặt cắt tròn) buồng xoắn bê tông chịu áp lực nước bên trong**

a- kích thước một đơn vị rộng tính toán buồng xoắn    b- áp lực nước bên trong

#### 4.8.4.4. Dùng công thức bảng hình vành khăn để tính tấm đỉnh buồng xoắn.

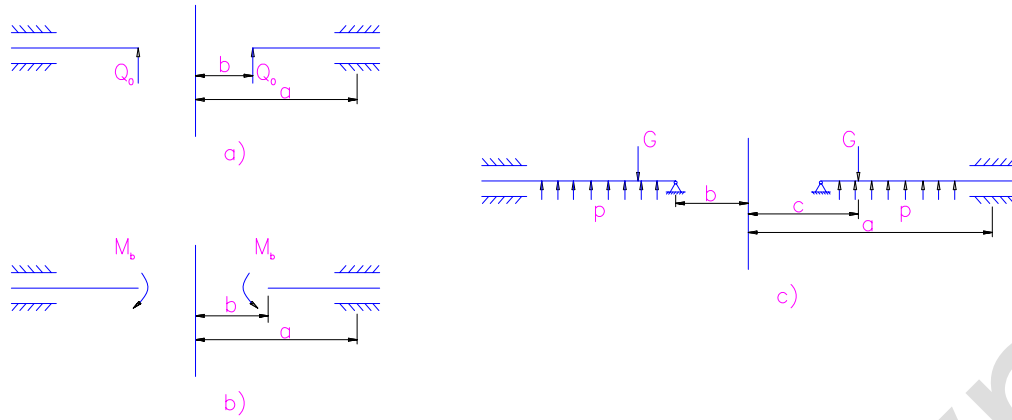
Giả thiết chu vi biên ngoài tấm đỉnh buồng xoắn ngàm cố định (song có thể tự do co giãn). Biên trong tự do như hình 4-44.

Giả thiết :  $Q_0$  –Tải trọng trên 1 đơn vị độ dài biên trong đỉnh buồng xoắn.

ta có:  $p = 2 \cdot \pi \cdot b_0 \cdot Q_0$

b-bán kính trong, a-bán kính ngoài, tức là bán kính buồng xoắn , r-bán kính buồng xoắn bất kỳ,  $\mu$  -hệ số poisson.

Khi có tải trọng  $Q_0$  ( $p = 2 \cdot \pi \cdot b_0 \cdot Q_0$ ) tác dụng trên 1 đơn vị độ dài thì momen uốn hướng bán kính (Hình 4-44a).



Hình 4-44. Sơ đồ tính toán đỉnh buồng xoắn theo hình vành khăn.

$$M_r = -\frac{P}{4.\pi} \cdot \left\{ (1+\mu) \ln \frac{r}{a} + 1 + \frac{(1+\mu) \ln \frac{a}{b} - 1}{a^2 \cdot (1-\mu) + b^2(1+\mu)} \cdot \left[ b^2(1+\mu) + \frac{a^2 \cdot b^2}{r^2} (1+\mu) \right] \right\} \quad (4-110)$$

Momen hướng uốn tiếp tuyến:

$$M_t = -\frac{P}{4.\pi} \cdot \left\{ (1+\mu) \ln \frac{r}{a} + \mu + \frac{(1+\mu) \ln \frac{a}{b} - 1}{a^2(1-\mu) + b^2(1+\mu)} \cdot \left[ b^2(1+\mu) - \frac{a^2 \cdot b^2}{r^2} (1+\mu) \right] \right\} \quad (4-111)$$

Khi có momen  $M_b$  tác dụng trên 1 đơn vị độ dài chu vi biên trong buồng xoắn (Hình 4-44b)

Ta được momen uốn bán kính

$$M_r = -\frac{b^2 \cdot M_b}{a^2(1-\mu) + b^2(1+\mu)} \left[ 1 + \mu + \frac{a^2}{r^2} (1-\mu) \right] \quad (4-112)$$

Momen hướng tiếp tuyến.

$$M_t = -\frac{b^2 \cdot M_b}{a^2(1-\mu) + b^2(1+\mu)} \left[ 1 + \mu - \frac{a^2}{r^2} (1-\mu) \right] \quad (4-113)$$

#### 4.8.4.5. Vật liệu và yêu cầu thi công.

+ Mác bê tông không được thấp hơn 250, mác chống thấm không được thấp hơn trị số qui định.

+ Cốt thép thường dùng cốt thép gai, khi cần thiết dùng thép  $\phi$  16.

+ Hạn chế tỷ lệ nước xi măng nhỏ hơn  $0,45 \div 0,50$  không chế nghiêm ngặt nhiệt độ bê tông vào thùng chứa, tiến hành phân khoảnh phân tầng.

#### 4.8.5. Tính toán biến vị biên ngoài tấm đỉnh buồng xoắn bê tông cốt thép.

Khi tính toán động lực bộ máy cần phải biết biến vị đứng của tấm đỉnh buồng xoắn, khi tấm đỉnh là hệ thanh có mặt cắt bằng nhau, biến vị hướng đứng vị trí lực tập trung như hình 4-45a.

$$y = \delta_p = \frac{a^2}{6EI_p} (3M_A + R_A \cdot a) \quad (4-114)$$

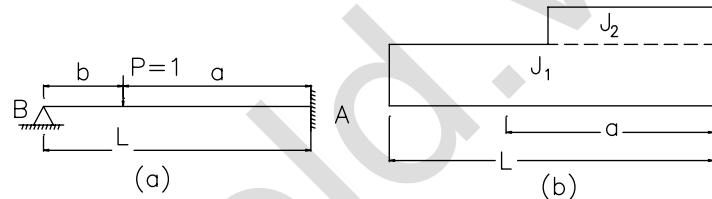
trong đó:  $M_A = \frac{ab}{2l} \left(1 + \frac{b}{l}\right); R_A = -\frac{b}{2l} \left(\frac{3-b^2}{l^2}\right)$

Khi mặt cắt dầm biến đổi, tính toán biến vị đứng của đỉnh bảg, dùng phương pháp tích phân đoạn, công thức sau: xem hình 4-45b.

$$y = \frac{\partial}{\partial P} \left( \sum \int \frac{m^2 dx}{2EJ} + \sum \int \frac{k \cdot Q^2 \cdot dx}{2G \cdot F} + \sum \int \frac{N \cdot \bar{N} \cdot dx}{E \cdot F} \right) \quad (4-115)$$

Trong công thức tích phân:

Số hạng thứ nhất biến vị do momen uốn sinh ra, số hạng thứ hai biến vị do lực cắt sản sinh, số hạng thứ ba biến vị do lực hướng trục sản sinh nói chung tỷ trọng chiếm tương đối nhỏ (Khoảng 20%) có thể không tính.



**Hình 4-45.** Sơ đồ tính biến vị thẳng đứng khi tám đỉnh buồng xoắn chịu lực tập trung.

a-Mặt cắt bằng nhau

b-Mặt cắt thay đổi

## 4.9. TÍNH TOÁN KẾT CẤU ỚNG HÚT

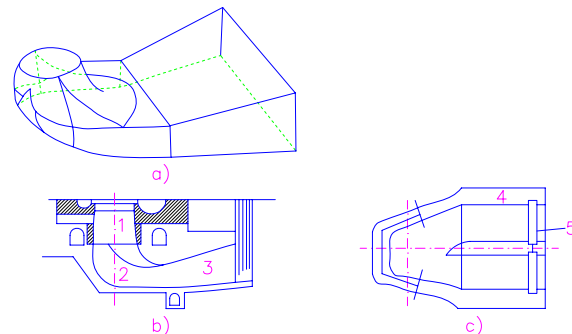
### 4.9.1. Kết cấu ống hút.

Ớng hút là bộ phận dẫn nước ra của Turbin, hình dạng bên trong do xưởng chế tạo xác định. Nhiệm vụ thiết kế chủ yếu xác định độ dày kết cấu lớp bê tông, tiến hành phân tích ứng suất, bố trí cốt thép, chọn mác bê tông và thiết kế phân khoảnh phân tầng...

Trạm thủy điện loại vừa và loại lớn thường dùng ống hút cong, về mặt kết cấu thường chia làm 3 đoạn, đoạn chóp cụt, đoạn khuỷu, đoạn loe, nó là kết cấu không gian phức tạp hình thành gồm: tường bên, tám đỉnh, bản đáy và mố giữa Hình 4-46.

Bản đáy của ống hút cũng là tám mỏng nhà máy chính, khi nền móng là khối đá hoàn chỉnh và cường độ cứng, về nguyên tắc có thể phân thành lớp bản đáy mỏng, hoặc không có bản đáy.

Chiều dày bản đáy thường từ 0,3 ÷ 0,5m, mặt đá thay bản đáy cần phải phẳng, tổn thất cột nước nhỏ nhất và chống sự mài mòn. Đối với nhà máy trên nền đất kém hơn, nền bản đáy thường là khối bê tông hoàn chỉnh, chiều dày bản đáy lớn hơn 2 ÷ 3 m. Hình 4-47 thể hiện bản đáy tách ra.

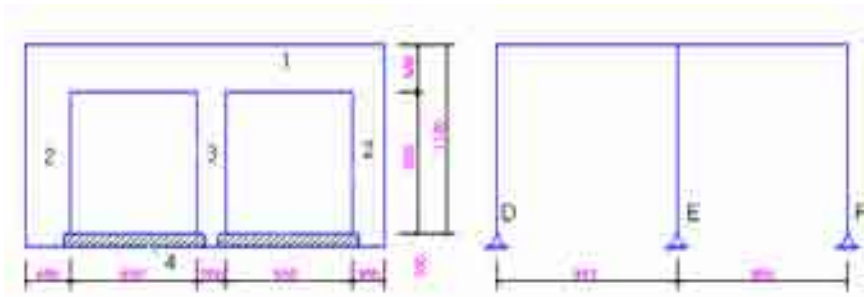


**Hình 4-46.** Thể hiện ống hút kiểu cong.

a-Hình phối cảnh, b-Mặt cắt dọc, c-Mặt bằng buồng xoắn.

1-hình chóp cụt, 2-đoạn khuỷu, 3-đoạn loe, 4-tường bên, 5-rãnh van ống hút.





**Hình 4-47. Mặt cắt ống hút bản đáy tách riêng.**

1-Tấm đỉnh, 2-Tường bên, 3-Mố giữa, 4-Bản đáy.

#### 4.9.2. Tải trọng và tổ hợp tải trọng ống hút.

- 1-Trọng lượng bản thân và trọng lượng trạng thái lớp bê tông bên trên  $A_1$ .
- 2-Trọng lượng bê tông buồng xoắn, bộ máy và trọng lượng tổ máy truyền xuống và tải trọng tầng trên  $A_2$ .
- 3-Tải trọng bộ khung nhà máy hoặc tường chắn nước truyền xuống  $A_3$ .
- 4-áp lực nước bên ngoài, ống hút bơm cạn nước, áp lực ngoài của tường bên, trọng lượng trên tấm đỉnh và áp lực đẩy nổi của bản đáy  $A_4$ .
- 5-Phản lực nền  $A_5$ , thông qua tính toán tìm được hoặc giả định sơ đồ phản lực nền sau đó điều chỉnh lại.
- 6-áp lực nước bên trong  $A_6$ , khi vận hành bình thường, không xét động đất.
- 7-Tải trọng động đất  $A_7$ , khi bơm cạn sửa chữa ống hút, không xét động đất.
- 8-ứng suất nhiệt  $A_8$ , khi ống hút đầy nước không xét ứng suất nhiệt, song thời kỳ thi công cần xem xét, chú ý phòng chống xuất hiện vết nứt sớm.

##### Tổ hợp tải trọng

+ Hiện trạng thi công:  $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_8$

+ Hiện trạng sửa chữa:  $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$

#### 4.9.3. Giả định tính toán và phương pháp tính toán ống hút.

##### 4.9.3.1. Giả định tính toán.

- a. Lấy 1 đơn vị chiều rộng kết cấu tính theo khung phẳng, nhưng phải tiến hành điều chỉnh cân bằng lực hướng đứng.
- b. Khi tính theo khung phẳng, khẩu độ tính toán của thanh thường lấy trung tâm giữa hai mặt cắt thanh, cốt thép momen uốn âm gối đỡ không bố trí theo trị số momen uốn trung tâm gối đỡ mà nên lấy theo momen uốn ở biên hoặc bố trí theo momen uốn đoạn thanh yếu.
- c. Thường tỷ số độ cao khẩu độ  $\lambda \leq 3,5 \div 4,0$  nên xem xét ảnh hưởng biến dạng lực cắt và đặc tính tiếp điểm.
- d. Khi tỷ số độ cao khẩu độ  $\lambda \leq 2,5$  tính nội lực và bố trí cốt thép theo thanh dầm sâu.
- e. Khi tỷ số độ cứng tương đối của thanh trên và độ cứng của bản đáy gắn nhau thì tính theo khung trên nền đàn hồi.

f. Khi bản đáy tương đối dày, độ cứng tương đối lớn, có thể giả định khung cố định với bản đáy thì tách ra để tính toán, bản đáy tính theo dầm trên nền đàn hồi.

g. Tính toán khung trên nền đàn hồi, sơ đồ phản lực nền móng đối với bản đáy có thể có các biện pháp xử lý dưới đây.

1-Nền móng là đá cứng, độ cứng tương đối bản đáy nhỏ có thể giả định gần đúng phản lực phân bố hình tam giác. Hình 4-44b

Trong hình, độ rộng tải trọng phản lực  $a_0 = \frac{1,5}{\beta}$  (Khi  $\beta \geq \frac{3}{L}$ )

cường độ tải trọng phản lực:  $q = \frac{W - u}{2.a_0} = \frac{V}{2.a_0}$

Trong đó:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k.b}{4.E_h.I}}$$

b-độ rộng tính toán bản đáy (b=1.0m)

k-hệ số lực kháng đàn hồi của nền đá (T/m<sup>3</sup>).

E<sub>h</sub>-moduyn đàn hồi bê tông bản đáy (T/m<sup>2</sup>).

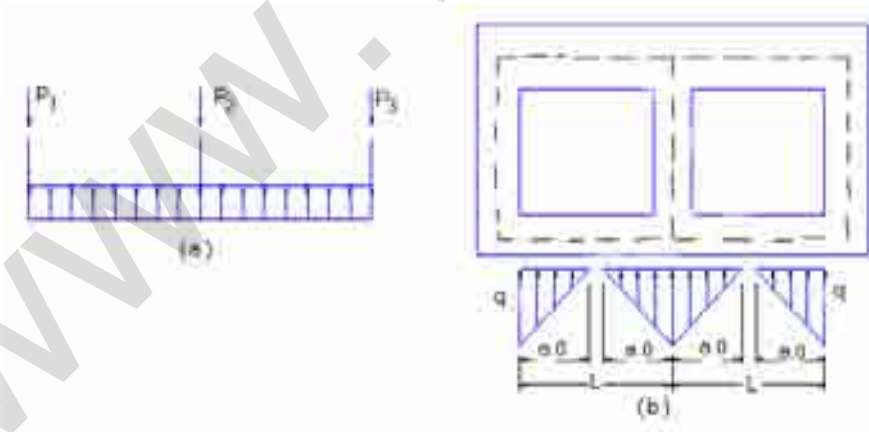
I-momen quán tính mặt cắt bản đáy (m<sup>4</sup>)

L-khẩu độ tính toán (m)

W-hợp lực tải trọng phân trên (T)

u-hợp lực của áp lực đẩy nổi bản đáy (T)

V-hợp lực của phản lực nền móng (T)



**Hình 4-48. Sơ đồ giả định phân bố phản lực bản đáy ống hút**

a-Lực phân bố đều. b-Lực phân bố hình tam giác.

2-Khi nền móng yếu, độ cứng tương đối bản đáy lớn, có thể giả định gần đúng phản lực phân bố đều Hình 4-48a.

3-Trong trường hợp nền móng ở giữa hai trường hợp trên thì sơ đồ phân bố phản lực nền thông qua tính toán hệ khung hoặc dầm trên nền đàn hồi tìm được.

### 4.9.3.2. Phương pháp tính toán.

Trong tính toán thường chia 2 bộ phận để tính toán: đoạn khuỷu cong và đoạn loe của ống hút.

#### 1. Tính toán đoạn khuỷu cong.

a. Bản đáy đoạn khuỷu cong tính theo bản nửa hình tròn (Hình 4-49).

Dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều, độ võng của bản tròn.

$$y_b = \frac{q.r^4}{64D} \quad (4-116)$$

Dưới tác dụng của tải trọng tập trung, độ võng của bản tròn

$$y_r = \frac{P.r^2}{64D} \quad (4-117)$$

trong đó:  $D = \frac{E.h^3}{12(1-\mu^2)}$

Trong công thức:

q-cường độ tải trọng phân bố đều (T/m<sup>2</sup>);  
P-tải trọng tập trung (T); r-bán kính bản tròn;  
h-chiều dày bản đáy;  $\mu$ -hệ số poisson.

Lợi dụng điều kiện độ võng bằng nhau, tìm được phản lực:

$$p = q \frac{r^2}{4} \quad (4-118)$$

Momen uốn hướng bán kính và hướng tiếp tuyến có thể tra biểu đồ đã lập sẵn tính toán bằng tìm được, song momen uốn hệ tọa độ cực, nên chuyển đổi thành momen uốn trong tọa độ phẳng

$$M_B = \sqrt{M_r^2 + M_t^2} \quad (4-119)$$

Như vậy ta có mo men uốn hoành độ và tung độ.

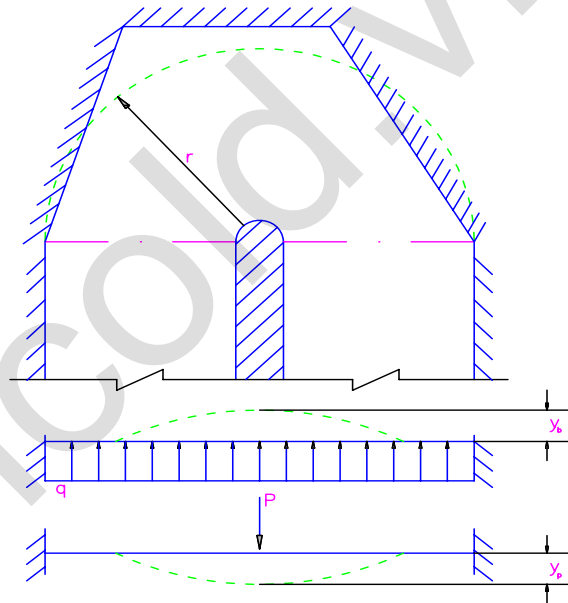
$$M_x = M_B \cdot \cos \alpha \quad (4-120)$$

$$M_y = M_B \cdot \sin \alpha \quad (4-121)$$

trong đó:  $M_r$ -momen hướng bán kính đường tròn.

$M_t$ -momen hướng tiếp tuyến đường tròn.

$$\alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{M_r}{M_t}}$$



**Hình 4-49.** Bản đáy khuỷu ống hút tính theo bản nửa hình tròn.

b. Giả định sơ đồ phản lực là hình thang dùng phương pháp dầm trực giao để tính toán (Hình 4-50).

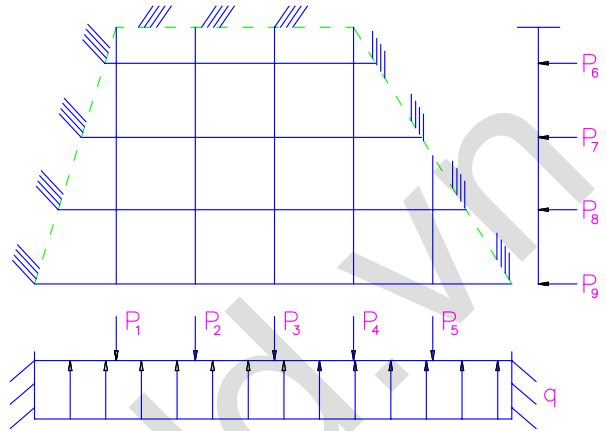
c. Giả định sơ đồ phản lực là khung đảo ngược để tính toán Hình 4-51.

### 2. Phương pháp tính toán đoạn lọc.

a. Khung bên trên và bản đáy tách ra để tính, thường giả định chân khung ngàm cố định trên bản đáy, đầu tiên tính nội lực bộ phận khung bên trên, sau đó đem nội lực (M,N) của chân khung tác dụng lên dầm đáy và tính toán theo dầm trên nền đàn hồi Hình 4-52.

b. Khi tính toán khung trên nền đàn hồi thường dùng phương pháp tiêm cận lần lượt hoặc phương pháp hằng số Hình 4-53.

c. Lực hướng đứng không cân bằng giữa khung phẳng kể đoạn lọc ống hút, căn cứ điều kiện cân bằng tổng thể, giả định phản lực nền theo hướng dòng chảy phân bố đường thẳng ta có thể tìm được.



**Hình 4-50. Bản đáy đoạn khuỷu cong tính theo sơ đồ hình thang**

Còn hệ lực cắt với giả định ống hút thuận theo phương dòng chảy là cấu kiện chịu cong ta có thể tìm được

$$\tau = \frac{Q.S}{I.b} \quad (4-122)$$

hoặc

$$b.\tau = \frac{Q.S}{I}$$

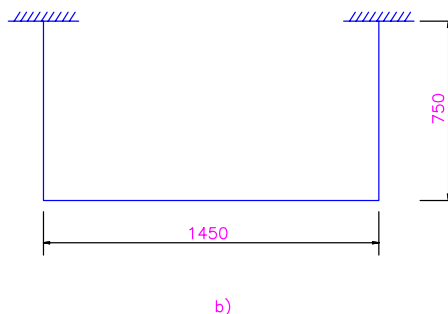
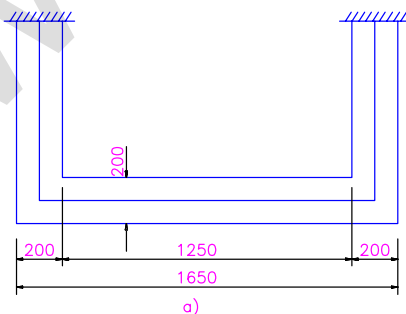
Tong đó: Q: Lực hướng đứng không cân bằng.

I: Momen quán tính mặt cắt vuông góc với dòng chảy.

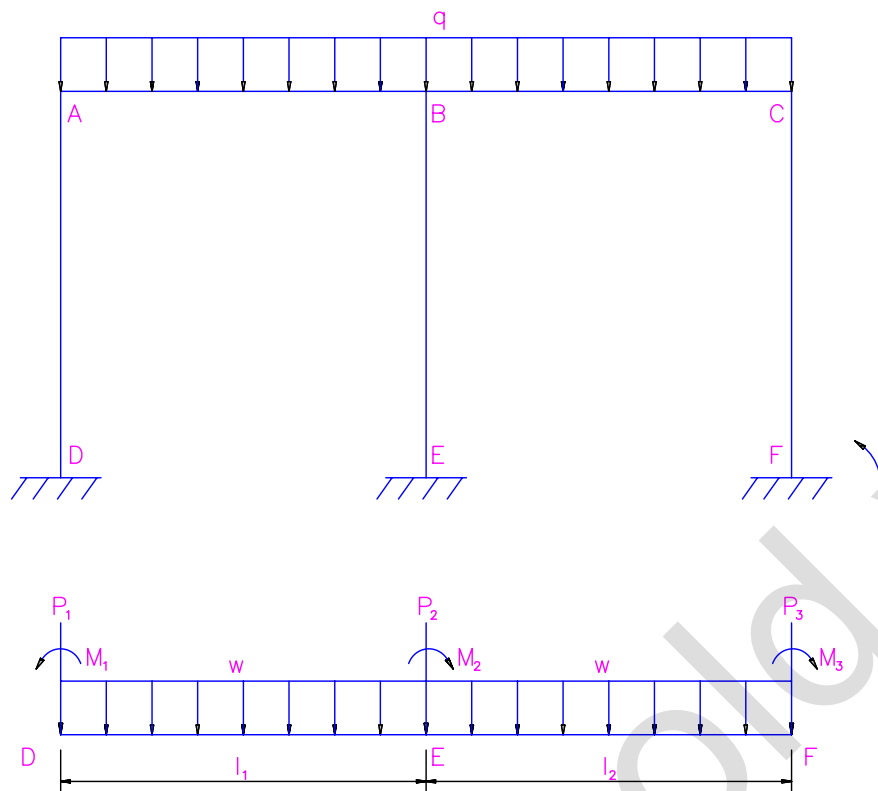
S: Diện tích mặt cắt trên dải tính toán đối với momen mặt cắt trùng tâm trục

b: Độ rộng mặt cắt ở dải tính toán.

$\tau$ : Tổng lực chống cắt.



**Hình 4-51. Đoạn khuỷu cong tính theo khung đảo ngược**



**Hình 4-52. Khung trên ống hút và bản dáy tách ra để tính toán.**

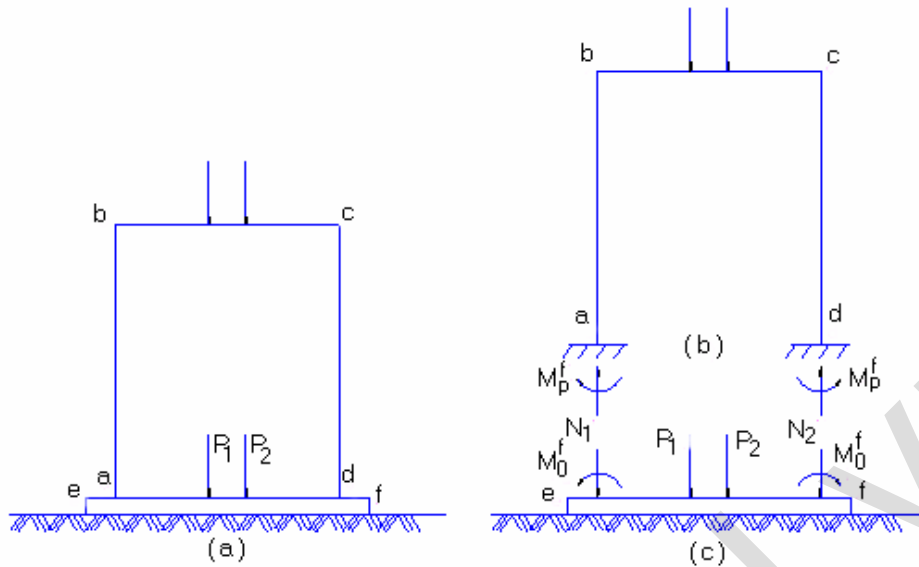
Lực chống cắt của mỗi khung phẳng ống hút do lực cắt ba bộ phận tấm đỉnh, bản đáy và trụ pin hợp thành.

Do  $Q$  và  $I$  cùng một mặt cắt nên đều là hằng số, quan hệ  $\tau$  và  $\frac{Q}{I}$  có thể lấy  $\frac{Q}{I} = 1$  do đó

$$b \cdot \tau = S \quad (4-123)$$

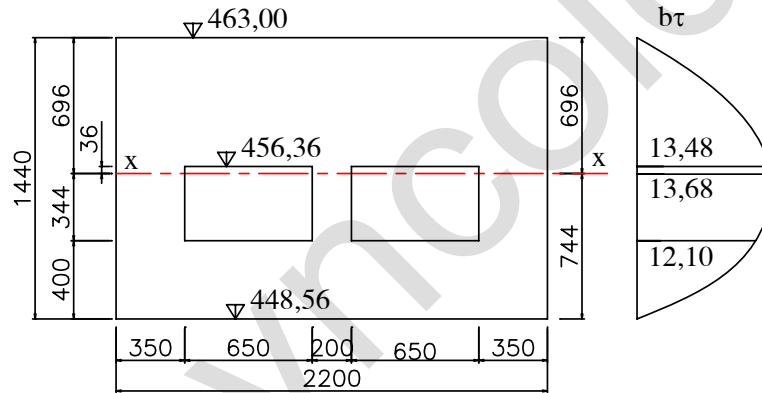
Cho ta sơ đồ phân bố  $b \cdot \tau$  của mỗi mặt cắt như sơ đồ hình 4-54.

Tìm diện tích hình  $b \cdot \tau$  vị trí tương ứng của bản đáy, trụ pin, tức là biết tỷ lệ các bộ phận lực cắt và chuyển thành tải trọng phân bố đều.



Hình 4-53.

Sơ đồ tính toán khung trên nền đàn hồi bằng phương pháp hằng số.



Hình 4-54. Sơ đồ phân bố  $b. \tau$  của mặt cắt ống hút.

lực trụ pin căn cứ vào sự phân phối độ dày các trụ pin thành lực tập trung.

Khi xem xét ảnh hưởng biến dạng lực cắt và tiếp điểm cứng cho thấy hình dạng hằng số không giống nhau như ký hiệu hình 4-55.

Công thức tính hệ số ảnh hưởng biến dạng.

$$P = \frac{l^3}{l^3 + \frac{12E_h IKl}{AG}} \tag{4-124}$$

$$P' = \frac{l^3}{l^3 + \frac{3E_h IKl}{AG}} \tag{4-125}$$

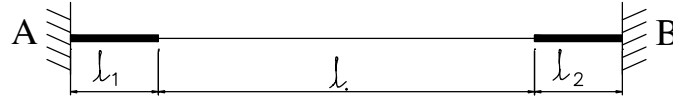
P' - tính cho đoạn khớp

Trong đó:

A-Diện tích mặt cắt thanh; G-môđun lực cắt;  $G = 0.425Eh$ .

K-hệ số lực cắt; Mặt cắt hình chữ nhật  $K = 1.2$

E-Môđun đàn hồi; I-mômen quán tính mặt cắt thanh.



**Hình 4-55. Sơ đồ hoá hằng số hình dạng của thanh biến dạng lực cắt và tiếp điểm cứng**

Mặt cắt thanh bê tông hình chữ nhật: giả thiết  $h$  - độ dày mặt cắt thanh

$l$ -chiều dài thanh mềm;  $l_1, l_2$  chiều dài đoạn cứng.

$$P = \frac{1}{1 + 2.824 \left(\frac{h}{l}\right)^2} \quad (4-126)$$

$$P' = \frac{1}{1 + 0.706 \left(\frac{h}{l}\right)^2} \quad (4-127)$$

Độ rộng: giả thiết  $m = \frac{l_1}{l}$ ,  $n = \frac{l_2}{l}$

$$S_{AB} = \frac{EI}{l} (3P + 1 + 12mP + 12m^2P) \quad (4-128)$$

$$S_{BA} = \frac{EI}{l} (3P + 1 + 12nP + 12n^2P) \quad (4-129)$$

hệ số chuyển ngược:

$$C_{AB} = \frac{3P - 1 + 6(m + n)P + 12mnP}{3P + 1 + 12mP + 12m^2P} \quad (4-130)$$

$$C_{BA} = \frac{3P - 1 + 6(m + n)P + 12mnP}{3P + 1 + 12nP + 12n^2P} \quad (4-131)$$

mômen uốn đoạn ngàm cố định thường tính

tải trọng  $q$  phân bố toàn khẩu độ

$$M_{AB}^F = -\frac{1}{12}ql^2 \quad (4-132)$$

$$M_{BA}^F = \frac{1}{12}ql^2 \quad (4-133)$$

Toàn khẩu độ tải trọng  $q$  phân bố hình tam giác (trị số lớn nhất tại đầu A)

$$M_{AB}^F = \frac{5+P}{120}ql^2 \quad (4-134)$$

$$M_{BA}^F = \frac{5-P}{120}ql^2 \quad (4-135)$$

Đoạn dài  $a$  tải trọng cục bộ phân bố đều (từ đầu A kéo dài)

$$M_{AB}^F = \frac{l(3l-2a)+3P(l-a)^2}{12l^2} qa^2 \quad (4-136)$$

$$M_{BA}^F = \frac{l(3l-2a)+3P(l-a)^2}{12l^2} qa^2 \quad (4-137)$$

Độ dài đoạn  $a$  tải trọng phân bố cục bộ hình tam giác (trị số lớn nhất tại đầu A)

$$M_{AB}^F = \frac{5l(2l-a)+P(10l^2-15al+6a^2)}{120l^2} qa^2 \quad (4-138)$$

$$M_{BA}^F = \frac{5l(2l-a)-P(10l^2-15al+6a^2)}{120l^2} qa^2 \quad (4-139)$$

Khi trụ pin chịu áp lực nước phân bố hình thang tìm Mômen uốn có thể cộng Mômen uốn đầu cố định do tải trọng hình tam giác và hình chữ nhật sản sinh.