Chương 2

ĐƯỜNG ỐNG DẪN NƯỚC ÁP LỰC TRẠM THUỶ ĐIỆN

Nước ta là một nước đang phát triển, năng lượng bình quân đầu người còn thấp so với nhiều nước trong khu vực. Để duy trì được tốc độ tăng trưởng GDP bình quân hàng năm trên 7% như hiện nay thì nhu cầu điện năng hằng năm cũng phải tăng trung bình tương ứng khoảng 14%. Đó là một nhiệm vụ hết sức nặng nề đối với ngành điện lực trong nhiều thập kỷ tới .

Với đặc điểm của nước ta là một nước nhiệt đới gió mùa mưa nhiều, nguồn nước mặt của các sông suối dồi dào, tiềm năng thuỷ điện phong phú (Trữ năng lý thuyết khoảng 271.3 tỷ KWh/năm, trữ năng kinh tế - kỹ thuật của 10 hệ thống sông lớn khoảng 88,6tỷ KWh/năm) thì việc ưu tiên phát triển thuỷ điện phải là một hướng quan trọng trong chiến lược phát triển của ngành điện lực.

Trong công tác nghiên cứu, thiết kế, xây dựng và vận hành các công trình thuỷ lợi, thuỷ điện cũng như trong công tác đào tạo rất cần những cuốn sổ tay để tra cứu. Đáng tiếc rằng cuốn sổ tay thuộc lĩnh vực thuỷ điện đến nay vẫn còn chưa có đầy đủ.

Để đáp ứng được những yêu cầu đòi hỏi cấp thiết đó theo sự phân công của Ban biên tập " sổ tay kỷ thuật thuỷ lợi" chúng tôi biên soạn tập 6 phần 2 của bộ sổ tay với tên gọi là "Công trình trên tuyến năng lượng và thiết bị thuỷ điện" nhằm phục vụ việc tra cứu và tham khảo cho các kỷ sư, kỷ thuật viên làm công tác khảo sát, quy hoạch, thiết kế, thi công, quản lý vận hành các công trình thuỷ điện, đồng thời cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho giảng viên, sinh viên ngành thuỷ lợi thuỷ điện của các trường đại học, cao đẳng và trung học chuyên nghiệp.

Nói chung, công việc nghiên cứu thiết kế một công trình thuỷ điện bao gồm ba nội dung sau:

1- Tính toán thuỷ năng, xác định các thông số cơ bản của TTĐ
2- Thiết kế các hạng mục công trình gồm: công trình đầu mối, Các công trình trên tuyến năng lượng và nhà máy thuỷ điện.
3- Chọn thiết bị cho TTĐ.

Song vì khối lượng hạn chế tập sách nên chúng tôi chỉ hạn chế cuốn sách trong một số nội dung sau đây:

Các công trình trên tuyến năng lượng và nhà máy thuỷ điện .

Thiết bị thuỷ điện .

Về công trình đầu mối gồm đập dâng nước và công trình xả lũ có thể tham khảo trong tập 2, phần 2.

Phần cửa van cho công trình đầu mối có thể xem tập . . .

Còn một số phần khác chưa có điều kiện giới thiệu trong sổ tay này, rất mong được độc gỉa thông cảm và tìm đọc trong các tài liệu tham khảo khác.

Tập 6 do PGS.TS Phan Kỳ Nam chủ biên và viết chương 2 , PGS.TS Nguyễn Duy Hạnh viết chương 1 và 3; TS Huỳnh Tấn Lượng viết chương 4; PGS.TS Đỗ Văn Chiêu viết chương 6, các tiết 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 của chương 5 và

các tiết 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9 của chương 8; PGS.TS Hoàng Đình Dũng viết chương 9, các tiết 5.8, 5.9 của chương 5 và các tiết 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 của chương 8; TS Hoàng Văn Thắng viết chương 7; KSCC Lê Gia Tài viết chương 10.

Đây là cuốn sổ tay được biên soạn lần đầu trong điều kiện thời gian ngắn, tài liệu tham khảo hạn chế. Các hệ loại và các đường đặc tính của turbin của các nước sản xuất(Trừ CHLB Nga) không được giới thiệu rộng rãi nên không có điều kiện để tổng hợp giới thiệu. Trung Quốc có rất nhiều cơ sở sản xuất thiết bị turbin nhưng cũng chưa được hệ thống hoá và giới thiệu đầy đủ các đường đặc tính tổng hợp của chúng. Đó là các khó khăn mà các tác giả của cuốn sách này gặp phải và điều đó đã hạn chế những thông tin về thiết bị đầy đủ cung cấp cho độc giả.

Vì những lý do trên, chúng tôi chỉ đưa vào trong cuốn sách này bộ đường đặc tính tổng hợp chính của các turbin CHLB Nga là bộ đường đặc tính tổng hợp có đầy đủ nhất mà chúng tôi thu thập được. Trong hoàn cảnh thiếu thông tin ngày nay về các loại turbin do các nước khác sản xuất, chúng ta có thể tạm coi bộ đường đặc tính tổng hợp của CHLB Nga là các đường đặc tính đại diện cho các đường đặc tính của turbin cùng hệ loại có điều kiện làm việc giống nhau(Cột nước và công suất của turbin gần như nhau) để tính toán. Mong rằng, sau này các tác giả khác sẽ sưu tầm được những tài liệu phong phú hơn bổ sung cho nguồn tài liệu tham khảo trong lĩnh vực thiết bịThuỷ Điện của chúng ta.

Tập thể tác giả chân thành cảm ơn PGS.TS Hồ Sỹ Dự, PGS.TS Lê Danh Liên, TS..... Thu, TS Ngô Quốc Trung đã góp nhiều ý kiến quý báu cho việc hoàn thiện tập sách này.

Vì thời gian ngắn, thiếu những thông tin cập nhật và trình độ người viết có hạn nên chắc chắn cuốn sách này còn thiếu xót. Tập thể tác giả rất mong nhận được sự góp ý của các đồng nghiệp và bạn đọc. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Ban Biên Tập để chúng tôi có thể tiếp tục bổ sung và sữa chữa . Xin chân thành cảm ơn.

Các tác giả

www.vncold.vn

KÝ HIỆU

H_{max} – Cột nước lớn nhất
H_{min} – Cột nước nhỏ nhất
H_{tt} – Cột nước tính toán
N – Công suất
Q – Lưu lượng
N – Số vòng quay
N_s – Tỷ tốc
D_1 - Đường kính bánh xe công tác của turbin
η – Hiệu suất
σ – Hệ số khí thực
V – Vận tốc tuyệt đối
W – Vận tốc tương đối
U – Vận tốc theo(Quay)
H_s – chiều cao hút
BXCT – Bánh xe công tác
CC – Turbin chong chóng(Propeller)
CQ – Turbin cánh quay(Kaplax)
TT – Turbin tâm trục(Francis)
CT – Turbin chéo trục(Deriaz)
CX – Turbin capxun trục ngang
G – Turbin gáo(Pelton)
TN – Turbin tia nghiêng(Turgo)
XK2L – Turbin xung kích 2 lần(Banki)
MNDBT – Mực nước dâng bình thường
MNC – Mực nước chết
MNGC – Mực nước gia cường
a_o - Độ mở cánh hứng nước
φ– Góc đặt cánh turbin chong chóng hoặc cánh quay
TBN – Turbin nhỏ
NMTĐ - Nhà máy thuỷ điện
TBDAL – Thiết bị dầu áp lực (MHY)
TTĐ - Trạm thuỷ điện
AVR – Thiết bị điều chỉnh điện áp tự động
MVR – Thiết bị điều chỉnh điện áp bằng tay
OPY – Thiết bị phân phối điện ngoài trời
DZK - Đường dây tải điện trên không
AC – Dây nhôm lõi kép
ACO – Dây nhôm lõi thép cấu tạo nhẹ
ACY – Dây nhôm lõi thép cấu tạo chắc
$P_{đm}$ – Công suất tác dụng định mức
$N_{đm}$ – Công suất định mức trên trục turbin
$Q_{đm}$ – Công suất phản kháng định mức
$I_{đm}$ – Dòng điện định mức của máy phát điện
$U_{đm}$ - Điện áp định mức của máy phát điện

www.vncold.vn

$S_{đm}$ – Công suất toàn phần định mức của máy phát điện
f – Tần số dòng điện phát ra
MFTĐ - Máy phát thuỷ điện
TBPP – Thiết bị phân phối điện
MC – Máy cắt điện
CL – Cầu dao cách ly
ĐD - Đường dây tải điện

www.vncold.vn

Mục Lục

MỤC LỤC 1

CHƯƠNG 2 7

Đường ống dẫn nước áp lực trạm thuỷ điện 7

2.1. Mở đầu 7
2.2. Phân loại và cấu tạo ống dẫn nước áp lực Turbin 10
2.2.1. Ống thép thành nhẵn 11
2.2.2. Ống thép có vành đai 12
2.2.2.1. Phương pháp bọc đai nóng 13
2.2.2.2. Phương pháp bọc đai tự động (Phương pháp lạnh) 13
2.2.3. Ống thép nhiều lớp 14
2.3. Lựa chọn chọn tuyến ống và phương thức cấp nước turbin 14
2.3.1. Lựa chọn tuyến ống 14
2.3.2. Phương thức cung cấp nước 15
2.3.2.1. Phương thức cung cấp nước độc lập 15
2.3.2.2. Phương thức cung cấp nước theo nhóm 15
2.3.3.3. Phương thức cung cấp nước liên hợp 15
2.3.3. Hướng ống dẫn nước chính vào nhà máy thuỷ điện 16
2.3.3.1. Tuyến ống bố trí thẳng góc với trục nhà máy 16
2.3.3.2. Tuyến đường ống bố trí song song với trục nhà máy 16
2.4 Các thiết bị bố trí trên đường ống và sơ đồ bố trí van trước turbin 16
2.4.1. Các thiết bị bố trí trên đường ống 16
2.4.2. Sơ đồ bố trí van trên đường ống turbin 18
2.4.3. Kết cấu khớp co dãn nhiệt độ 18
2.4.4. Cửa kiểm tra (cửa thăm) đường ống 20
2.5. Mố ôm và mố đỡ 21
2.5.1. Mố néo 21
2.5.2. Mố đỡ 22
2.6.Tính toán thuỷ lực và xác định đường kính kinh tế đường ống áp lực 25
2.6.1. Tính toán thuỷ lực đường ống 25
2.6.1.1. Tính tổn thất cột nước 26
2.6.1.2. Tính toán áp lực nước va 32
2.6.2. Xác định đường kính kinh tế đường ống dẫn nước áp lực 32
2.7. Tính toán tĩnh lực đường ống thép 33
2.7.1. Vật liệu làm ống 33
2.7.2. Các lực tác dụng lên ống thép lộ thiên 34
2.7.2.1. Nhóm lực cơ bản bao gồm các lực thường xuyên tác dụng lên ống trong quá trình vận hành 34
2.7.2.2. Nhóm lực đột xuất gồm các lực tác dụng không thường xuyên lên ống và với thời gian ngắn 34
2.7.2.3. Các trường hợp tổ hợp tải trọng dùng trong thiết kế đường ống 35
2.7.3. Phân tích kết cấu ống thép hở 40
2.7.3.1. Sơ bộ xác định chiều dày thành ống thép hở (lộ thiên). 40

2.7.3.2. Phân tích ứng suất trong thân ống thép hở 40
2.8. ống phân nhánh 52
2.8.1. Bố trí và đặc điểm của ống phân nhánh 52
2.8.1.1. Bố trí 52
2.8.1.2. Đặc điểm của ống phân nhánh 53
2.8.2. Mấy loại ống phân nhánh thường dùng 54
2.8.2.1. Ống phân nhánh hàn bên 54
2.8.2.2. Ống phân nhánh rẽ hai, rẽ ba 54
2.8.2.3. Ống phân nhánh có thép đai hình mặt bán nguyệt 55
2.8.3. Những điểm chủ yếu khi thiết kế ống phân nhánh 56
2.8.3.1. Giả thiết cơ bản 57
2.8.3.2. Tính toán gần đúng chiều dày thành ống 57
2.8.3.3. Phân tích cường độ của hệ dầm gia cố 58
2.9. ống bê tông cốt thép áp lực 59
2.9.1.Phân loại và phạm vi ứng dụng 59
2.9.2. Tài liệu cơ bản để thiết kế ống bê tông cốt thép áp lực 59
2.9.3. Cấu tạo 59
2.9.3.1. Phương thức bố trí đường ống 59
2.9.3.2. Phân đoạn đường ống và nối tiếp 61
9.3.3.3. Ước tính chiều dầy thành ống bê tông cốt thép 62
2.9.4. Tính toán kết cấu 62
2.9.4.1. Tính toán tải trọng 62
2.9.4.2. Tính toán nội lực 70
2.9.4.3. Tính toán cốt thép thành ống 76

www.vncold.vn

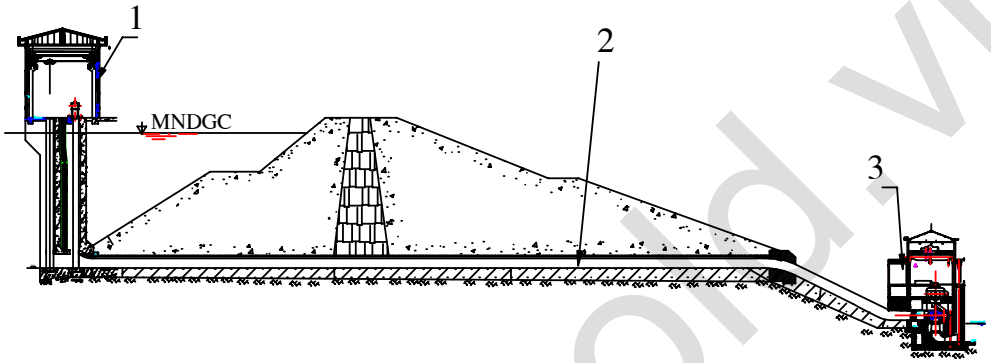
Chương 2

ĐƯỜNG ỐNG DẪN NƯỚC ÁP LỰC TRẠM THUỶ ĐIỆN

Biên soạn: PGS. TS. Phan Kỳ Nam

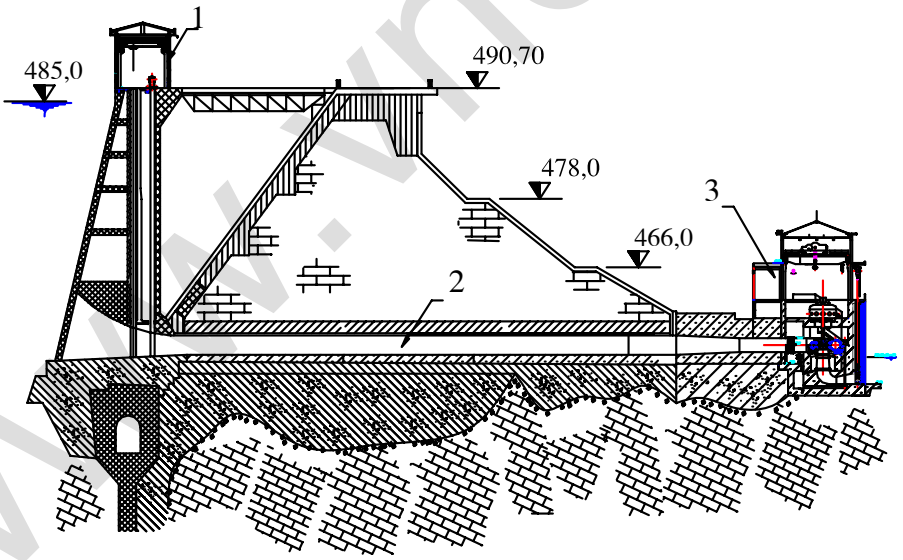
2.1. MỞ ĐẦU

Tuỳ theo cách bố trí tổng thể trạm thuỷ điện (TTĐ), điều kiện địa hình, địa chất, đường ống dẫn nước áp của TTĐ có thể có các cách bố trí khác nhau để phù hợp với điều kiện dẫn nước vào turbin tốt nhất



Hình 2.1a: TTĐ sau đập với ống dẫn nước áp lực đặt dưới đáy đập đất

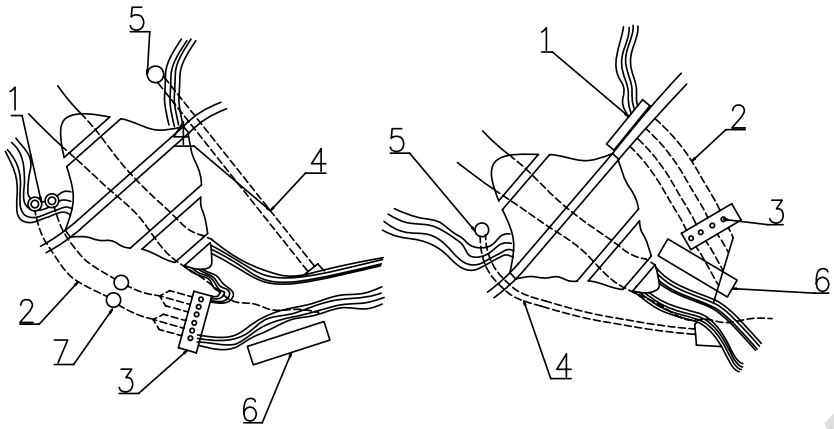
1-Tháp van 2- Đường ống dẫn nước 3- Nhà máy



Hình 2.1b: TTĐ sau đập với ống dẫn nước áp lực đặt dưới đáy đập đá xây

1-Tháp van 2- Đường ống dẫn nước 3- Nhà máy

www.vncold.vn



Hình 2.1c: TTĐ sau đập với đường dẫn nướcáp lực đặt bên bờ

1-Cửa lấy nước 2- Đường ống dẫn nước 3- Nhà máy TĐ

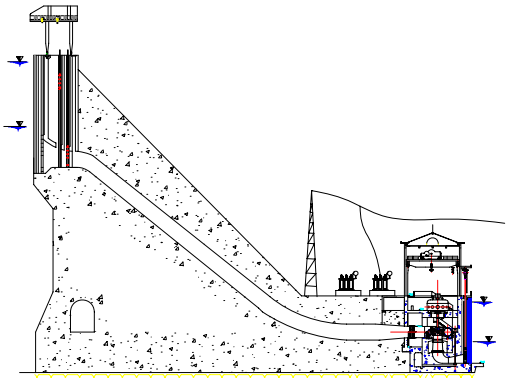
4-Đường hầm xả lũ thi công 5-Cửa xả lũ thi công

6-Trạm phân phối cao áp (OPY) 7-Tháp điều áp

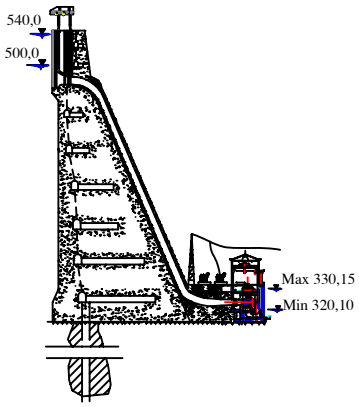
Đối với các TTĐ sau đập với các đập làm bằng vật liệu địa phương, đường ống dẫn nước áp lực của TTĐ (hay còn gọi là đường ống dẫn áp lực turbin) thường được đặt ở đáy đập (hình 2-1a và 2-1b) hoặc đặt trong bờ phía trong vai đập có nền móng tốt (hình 2-1c)

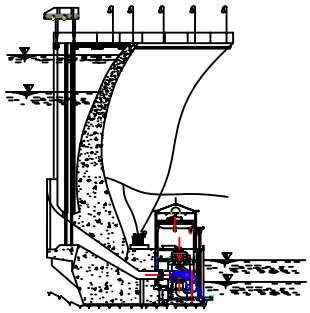
Ở các TTĐ sau đập với các đập bằng bê tông trọng lực, đường ống dẫn nước áp lực turbin thường được đặt trong thân đập hoặc ở mái hạ lưu đập (hình 2-2a và 2-2b)

Đối với các trạm thuỷ điện kiểu đường dẫn, các trạm thuỷ điện tích năng, đường ống dẫn nước áp lực turbin có khi đặt trên mặt đất như các đường ống thông thường (hình 2-4a), có khi đặt dưới mặt đất như kiểu tuy-nen (đường hầm) áp lực (hình 2-4b). Đường dẫn nước turbin kiểu tuy-nen thường được đặt trong các lớp đá cứng chắc. Các tuy-nen dẫn nước thường sử dụng các dạng kết cấu vỏ bằng bê tông cốt thép.



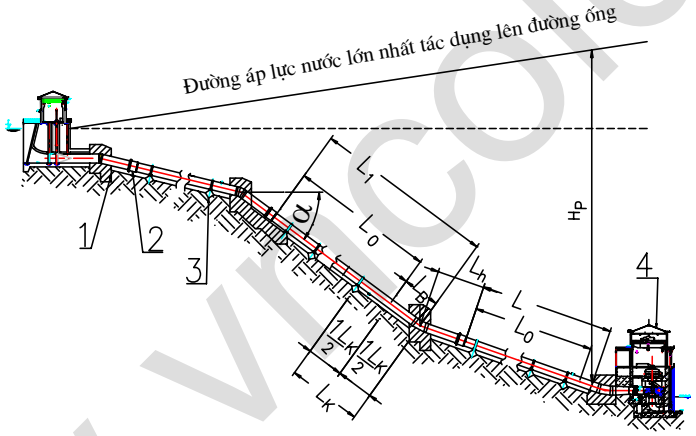
Hình 2.2a: TTĐ sau đập với ống dẫn nước áp lực đặt trong thân đập bê tông





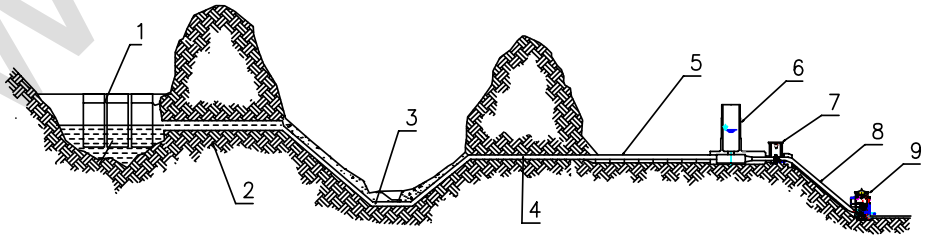
Hình 2-2b. TTĐ sau đập với ống dẫn nước áp lực đặt ở mái hạ lưu đập bê tông trọng lực.

Hình 2 -3. TTĐ sau đập với đường dẫn nước đặt ở phần dưới thân đập vòm.



Hình 2 - 4a. Trạm TĐ kiểu đường dẫn với đường ống dẫn nước lộ thiên

1- Mố néo (mố ôm) 2-Khớp co dãn nhiệt 3-Mố đỡ (mố trung gian). 4-Nhà máy



Hình 2 - 4b. Cắt dọc tuyến năng lượng TTĐ kiểu đường dẫn

1- Đập; 2- Tuy nen chảy không áp; 3- Xy phông;

4- Tuy nen chảy có áp; 5- Tuy nen hở; 6- Tháp điều áp;

7- Nhà van; 8- Đường ống áp lực turbin; 9- Nhà máy TĐ

www.vncold.vn

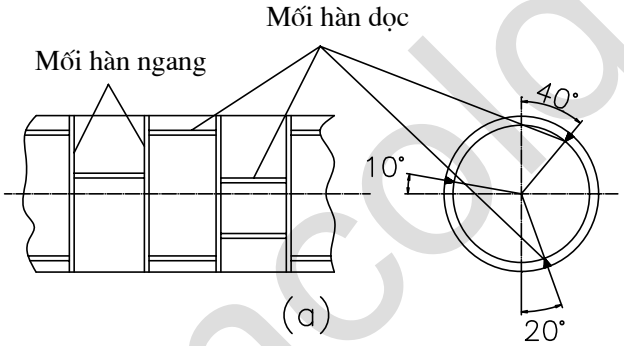
Trong các trạm thuỷ điện sau đâp với đập là đập vòm, đường ống dẫn nước áp lực turbin có thể đặt ở phần thân dưới của đập vòm (hình 2-3).

2.2. PHÂN LOẠI VÀ CẤU TẠO ỐNG DẪN NƯỚC ÁP LỰC TURBIN

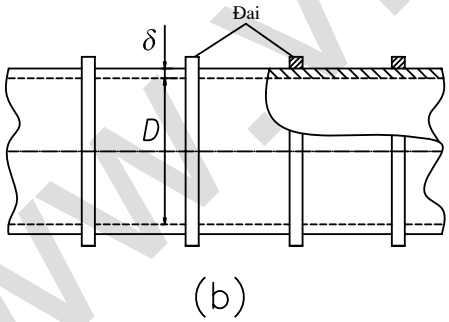
Ống dẫn nước áp lực turbin có nhiệm vụ dẫn nước từ bể áp lực hay từ tháp điều áp (đối với trạm thuỷ điện kiểu đường dẫn) hoặc trực tiếp dẫn nước từ hồ chứa nước thượng lưu (đối với trạm thuỷ điện kiểu đập v.v…) để đưa nước vào turbin.

Theo hình thức bố trí ống dẫn nước áp lực turbin có thể chia thành các loại cơ bản sau: ống dẫn nước áp lực kiểu hở (lộ thiên), ống dẫn nước áp lực kiểu ngầm (chôn trong thân đập hoặc dưới mặt đất)

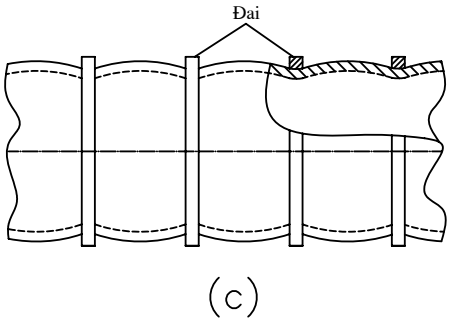
Theo vật liệu, ống dẫn nước áp lực turin có thể phân thành: Ống thép, ống bê tông cốt thép, ống gỗ và ống nhựa.



Hình 2-5a. Ống thép hàn thành trơn



Hình 2-5b. Ống thép hàn có đai



Hình 2-5c. Ống thép hàn hình sóng có đai

Ống thép được chế tạo từ những tấm thép cán nối liền với nhau bằng hàn điện có thể bằng đinh tán hoặc được đúc liền. Đường ống thép kiểu đinh tán hiện nay trong thực tế không được sử dụng nữa bởi có nhiều nhược điểm (chi phí vật liệu lớn, chế tạo khó khăn, tổn thất thuỷ lực lớn). Ống thép đúc liền chỉ được sử dụng khi đường kính ống bé (D < 600mm). Ống thép hàn hiện nay được sử dụng rộng rãi ở các trạm thuỷ điện. Ống gỗ hiện nay cũng không còn dùng nữa. Ống chất dẻo có ưu điểm là nhẹ và gần đây bắt đầu áp dụng cho TTĐ cột nước thấp, lưu lượng bé.

www.vncold.vn

Trong thực thế xây dựng các trạm thuỷ điện hiện nay, người ta đã sử dụng nhiều loại kết cấu ống thép khác nhau: ống thép loại hàn thành trơn, loại ống thép hàn có đai, ống thép hàn lượn sóng có đai, loại ống thép nhiều lớp v.v…

Trong hình 2-5 biểu thị sơ đồ kết cấu ống thép hàn thành trơn (hình 2-5a) ống thép hàn có đai (hình 2-5b) và ống thép hàn lượn sóng có đai (hình 2-5c)

2.2.1. Ống thép thành nhẵn

Ống thép thành nhẵn được chế tạo từ các tấm thép cán, các mép được nối lại với nhau nhờ hàn điện và tạo nên những đoạn ống có chiều dài từ 4÷18 m. Chiều dài cụ thể của từng đoạn ống được xác định theo điều kiện vận chuyển đến công trường, hoặc gia công tại chỗ và sức nâng của loại cần cẩu được sử dụng để lắp đặt đường ống.

Lưu ý rằng khi chế tạo ống thép có đường kính lớn nên cố gắng sử dụng các loại tấm thép có kích thước lớn nhất để giảm khối lượng hàn. Nhưng khi sử dụng tấm thép rộng phải có thiết bị đặc biệt ở nhà máy để uốn và gia công các cạnh. Vì vậy kích thước cụ thể của chúng cần được sự thoả thuận với nhà máy chế tạo ống thép

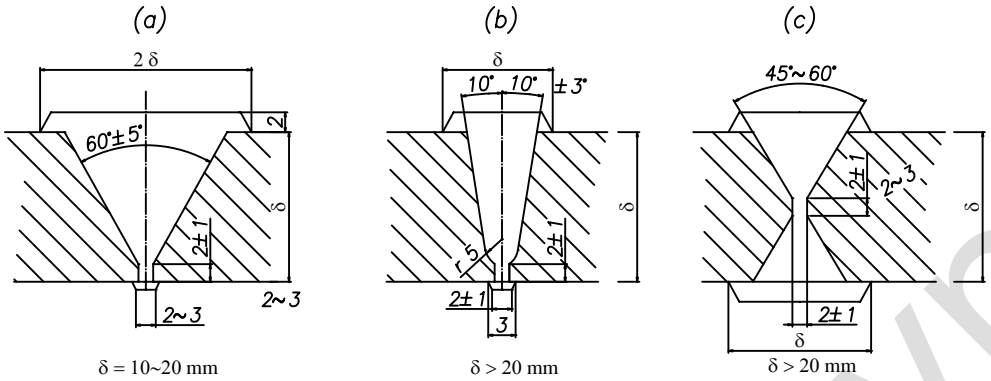
Tất cả các mối hàn vỏ ống thép (mối hàn dọc và mối hàn ngang) cần thực hiện bằng hàn tự động, đây như là một nguyên tắc cần được lưu ý. Còn việc nối các đoạn ống riêng biệt (hay các tấm riêng biệt) khi lắp đặt đường ống trên tuyến có thể sử dụng hàn tay. Các mối hàn dọc và hàn ngang khi lắp ráp thường có dạng chữ V khi độ dày tấm thép từ 10 đến 20 mm (hình 2-6a), chữ U (hình 2-6b) và chữ X (hình 2-6c), khi độ dày tấm thép lớn hơn 20 mm (hình 2-6).

Đối với mối hàn vòng tròn hình chữ V khi lắp ráp để tránh trường hợp hàn trần, ở nửa phía trên của đường tròn nên làm chiều hở ra ngoài, còn nửa phía dưới chiều hở vào trong. Mối hàn dọc trục là mối hàn chịu ứng suất lớn nhất, do đó cần phải làm chúng so le với nhau so với các đoạn bên cạnh (hình 2-5a). Yêu cầu chất lượng các đường hàn phải có cường độ tương tự như thép làm ống. Để kiểm tra chất lượng các mối hàn trong điều kiện hiện đại ngày nay người ta có thể dùng phương pháp siêu âm hoặc bằng máy chụp tia phóng xạ v.v…

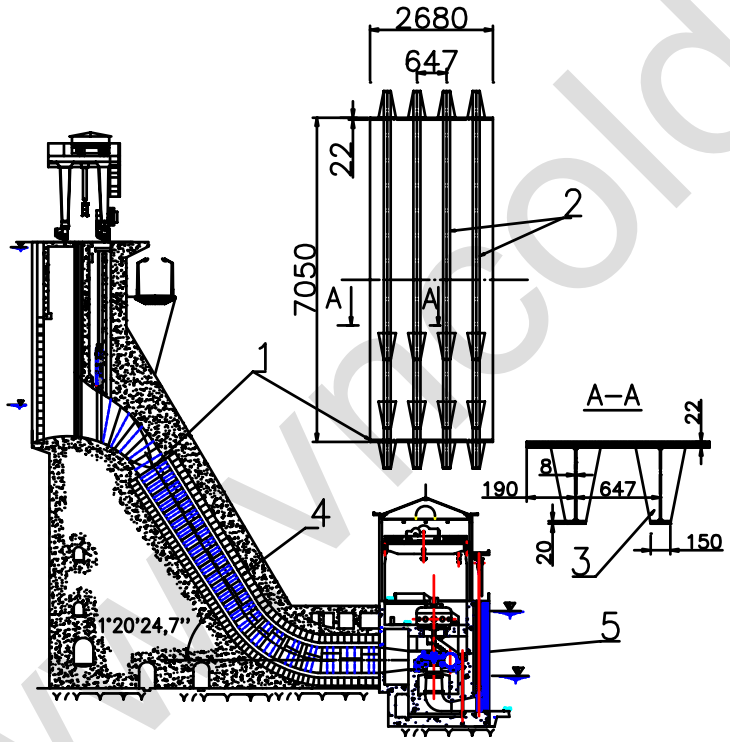
Một ví dụ về ống thép hàn thành trơn đặt trong thân đập bê tông (hình 2-7). Đây là đường ống dẫn nước áp lực turbin của trạm thuỷ điện Bratsk (Liên Xô cũ có D_o = 7 m, H_{tt} = 130,5 m). Xung quanh vỏ kim loại của đường ống được đặt các lưới cốt thép, và đổ bê tông tạo nên vòng bê tông cốt thép dày 1,5 m nằm trong thân đập bê tông. Vỏ thép của đường ống được làm từ các tấm thép dày từ 22 ÷ 25 mm.

Ống thép ở đây được chế tạo từ các tấm thép dày từ 22 ÷ 25 mm. Đường ống thép được lắp ráp từ các đoạn ống riêng biệt có chiều dài 2,68 m. Để bảo đảm độ ổn định của vỏ ống, tăng thêm độ bền, độ cứng của vỏ ống khi vận chuyển các

đoạn ống riêng biệt tới công trường cũng như khi đổ bê tông xung quanh vỏ, trên vỏ ống được đặt thêm các vòng đai cứng có tiết diện chữ T (xem hình 2-7).



Hình 2-6 Hình thức đường hàn: hình chữ V (hình a), U (hình b) và X (hình c)



Hình 2-7 Sơ đồ kết cấu đường ống dẫn nước turbin TTD Bratsk

1-Vỏ ống; 2- Vành đai gia cố; 3- Tấm thép gia cố; 4- Lưới thép; 5-Nhà máy;

2.2.2. Ống thép có vành đai

Khi ống dẫn nước áp lực turbin có đường kính lớn và đặc biệt khi có cột nước cao đôi khi độ dày yêu cầu của vỏ ống thép lớn hơn độ dày thực tế có thể chế tạo được hoặc lớn hơn giới hạn kinh tế cho phép, để tăng cường độ ổn định, độ bền, độ cứng của vỏ ống người ta lắp thêm vào vỏ đường ống những đai cứng gia cố được chế tạo từ loại thép có độ bền cao hơn thép làm vỏ đường ống (hình 2-5b). Ví dụ thép chế tạo vỏ đường ống có độ bền giới hạn đến 50÷60 kg/mm^2, còn đai gia cố

lắp trên đường ống chế tạo từ thép có độ bền giới hạn đến 100 kg/mm^2. Do có độ bền cao nên các đai thép tiếp nhận phần lớn ứng suất vòng (đến 60÷70%).

Ống thép có vành đai gia cố có độ dày thành ống δ nhỏ hơn nhiều so với ống thép thành nhẵn khi có cùng điều kiện làm việc tương đương, do đó làm giảm được khối lượng hàn khi chế tạo ống (khoảng 70%) và trọng lượng ống thép có đai thường nhỏ hơn 30÷45% trọng lượng ống thép thành nhẵn có điều kiện tương đương. Song do công nghệ chế tạo ống thép có đai phức tạp nên đôi khi trọng lượng nhỏ lại đắt hơn so với đường ống thép thành nhẵn tương đương về độ bền.

Khi chế tạo ống thép có vành đai người ta thường dùng các phương pháp sau: Phương pháp nóng và phương pháp lạnh có khi còn gọi là phương pháp tự động.

2.2.2.1. Phương pháp bọc đai nóng

Chế tạo vòng đai với đường kính bên trong nhỏ hơn đường kính bên ngoài của vỏ ống thép một ít, sau đó nung nóng chúng đến nhiệt độ 400 ÷ 500 ^oC và lắp chúng vào vỏ ống thép trong trạng thái nóng. Làm nguội đai gắn chặt vào vỏ ống thép, khi đó trong vòng đai và trong vỏ ống thép xuất hiện dự ứng lực. Sau khi chế tạo từng đoạn ống có vành đai riêng biệt người ta lại thí nghiệm bằng áp lực thuỷ tĩnh. Từ công thức xác định sơ bộ độ dày thành ống thép nếu tích số H × D = 540 trong đó H là cột nước tính bằng mét, D là đường kính tính bằng mét, nếu D = 2 m và áp lực nước trong ống rất lớn thì chiều dày thành ống đến 32 mm. Việc chế tạo ống thép có chiều dày lớn hơn giá trị này không thuận lợi phải có thiết bị chuyên dùng. Do đó tích số H × D > 540 có thể coi là dạng thức phân biệt sơ bộ áp dụng ống thép có đai. Song trong thực tế sản xuất hiện nay loại ống thép hàn thông thường có H × D lớn hơn 540 cũng không phải là ít, thậm chí có trường hợp H × D =722 thành ống dày tới 47 mm, còn độ dày thành ống thép ngầm (tuy-nen) ở công trình thuỷ lợi Bao-đơ (Mỹ) tới 70 mm. ở ta có TTĐ Nậm Mu (tỉnh Hà Giang) vừa xây dựng năm 2004 có ống dẫn nước áp lực turbin đường kính trong 1200 mm chiều dày thành ống δ = 12 ~ 36 mm, cột nước trạm thuỷ điện trên 400 m. Công suất lắp máy là 12 MW.

2.2.2.2. Phương pháp bọc đai tự động (Phương pháp lạnh)

Chế tạo các đai thép với đường kính trong vừa bằng đường kính ngoài của ống thép và lắp ráp vào bên ngoài của vỏ ống thép. Sau đó dùng nắp bịt kín hai đầu đoạn ống và đưa vào bên trong đó một áp lực lớn gấp 2,5 lần áp lực công tác. Ứng lực của thành ống vượt quá hạn độ đàn tính, cho nên ở khoảng giữa các đai thép bị uốn cong lên thành hình làn sóng (hình 2-5c). Vì thành ống có hình làn sóng nên có thể không cần đặt thêm khớp co dãn nhiệt. Song theo một số tài liệu thực nghiệm cho biết tổn thất đầu nước trong ống đai lượn sóng lớn gấp 1,27 lần so với ống thép thành nhẵn.

2.2.3. Ống thép nhiều lớp

Ở các trạm thuỷ điện cột nước cao đôi khi người ta sử dụng ống thép nhiều lớp cấu tạo từ một số vỏ thép lớp này bọc lớp kia.

Công nghệ chế tạo các vỏ thép nhiều lớp như sau. Những tấm thép riêng biệt của vỏ ngoài được ép chặt vào vỏ phía trong bằng dây mềm và đính chặt lên đó bằng hàn điện. Các đường hàn nối dọc vỏ sau đặt lệch so với đường hàn nối dọc của vỏ trước để tránh cho đường hàn này không chồng lên đường hàn kia. Những đường hàn được mài nhẵn ngang với mặt ngoài của vỏ để bảo đảm cho các lớp vỏ riêng biệt tiếp xúc sát với nhau trên toàn bộ diện tích. Mỗi một lớp vỏ sau đều được chế tạo như những lớp vỏ trước. Nhờ độ dày thành ống của các lớp vỏ trong và vỏ ngoài tiếp theo tương đối nhỏ, nên để chế tạo chúng người ta có thể sử dụng được các loại thép các bon nhẹ có độ bền cao hơn so với thép tấm dày để chế tạo vỏ đường ống một lớp cùng độ bền. Trọng lượng của ống thép nhiều lớp nhỏ hơn trọng lượng đường ống thép thành nhẵn khoảng từ 10 ÷11%.

2.3. LỰA CHỌN CHỌN TUYẾN ỐNG VÀ PHƯƠNG THỨC CẤP NƯỚC TURBIN

2.3.1. Lựa chọn tuyến ống

Khi thiết kế đường ống dẫn nước áp lực, việc đầu tiên phải chọn tuyến đặt đường ống. Tuyến đường ống bố trí hợp lý hay không ảnh hưởng rất lớn đến giá thành công trình, tính an toàn và độ tin cậy trong vận hành. Khi chọn tuyến ống cần phải phù hợp với yêu cầu bố trí tổng thể TTĐ, điều kiện địa hình, địa chất, thủy lực, thi công lắp ráp đường ống và yêu cầu vận hành an toàn. Tính toán vài phương án sau đó thông qua so sánh kinh tế - kỹ thuật để lựa chọn.

Khi chọn tuyến ống cần xét các yêu cầu sau:

(1). Chọn tuyến ngắn và thẳng. Vì như thế không những hạ thấp giá thành, giảm tổn thất cột nước và áp lực nước va mà còn có lợi cho tổ máy vận hành ổn định.

(2). Độ dốc đặt đường ống không nên quá dốc, vì dốc quá sẽ gây khó khăn cho thi công và ảnh hưởng tới ổn định của đường ống. Nói chung độ dốc yêu cầu không nên vượt quá 40^o.

(3). Giảm bớt độ cong và gãy khúc tuyến ống, nếu điều kiện địa hình hạn chế tuyến ống phải đi cong và gãy khúc thì tại chỗ ống cong và gãy khúc phải bố trí mố néo.

(4). Yêu cầu đường đỉnh tuyến ống phải luôn luôn thấp hơn đường áp lực thuỷ động thấp nhất từ 2 ÷ 3 m

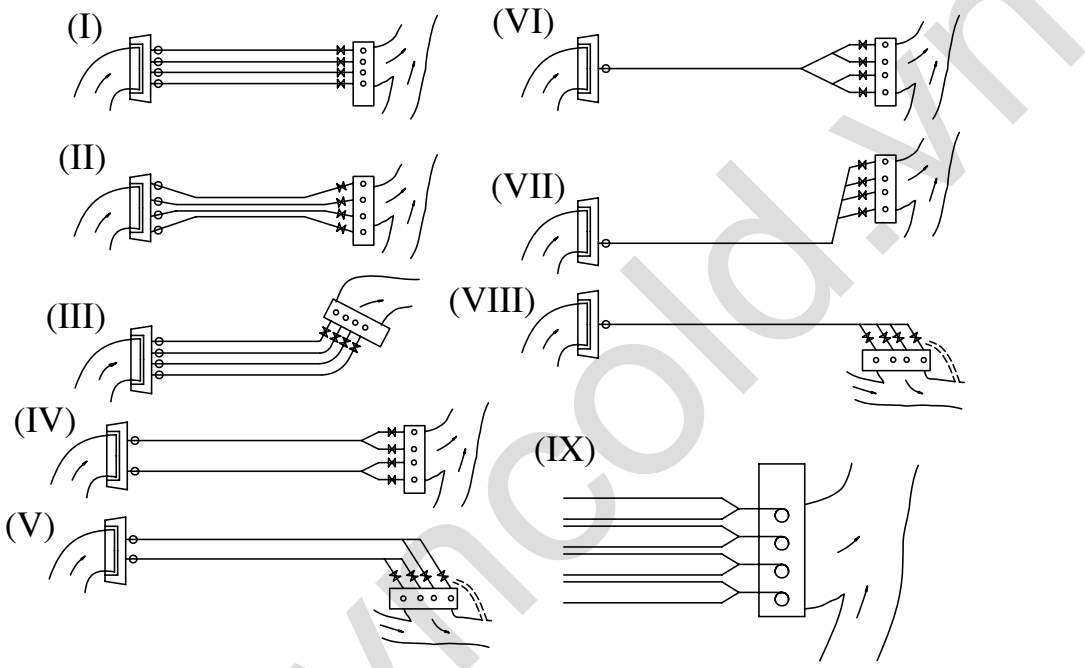
(5). Đường ống áp lực nên đặt trên nền kiên cố, ổn định, phải tránh những nơi sạt lở. Không được đặt đường ống ở đường tụ thủy. Cố gắng bố trí theo sườn núi để việc tiêu nước dọc theo đường ống được dễ dàng

2.3.2. Phương thức cung cấp nước

Ống dẫn nước áp lực vào turbin có mấy phương thức cấp nước sau đây:

2.3.2.1. Phương thức cung cấp nước độc lập

Một đường ống cung cấp nước cho một turbin (hình 2-8. I, II và III) Khi cột nước TTĐ không cao, lưu lượng qua một turbin lớn và chiều dài đường ống ngắn dùng phương thức này là thích hợp. Loại này kết cấu đơn giản, vận hành linh hoạt và trước turbin có thể không cần đặt van trước turbin.



Hình 2- 8. Sơ đồ các phương thức cung cấp nước cho turbin nhà máy TĐ

I, II, III - Cấp nước độc lập IV, V- Cấp nước theo nhóm

VI, VII, VIII- Cấp nước liên hợp IX- Hai đường ống cấp nước cho một turbin

2.3.2.2. Phương thức cung cấp nước theo nhóm

Một đường ống cung cấp cho từ 2 turbin trở lên (hình 2-8- IV và V). Khi đường ống áp lực tương đối dài, cột nước cao, lưu lượng qua một turbin tương đối lớn và số lượng tổ máy nhiều hơn 3 nên phân nhóm cung cấp nước là phù hợp. Cấp nước theo phương thức này có nhược điểm là cấu tạo ống phức tạp hơn, thêm ống nhánh và trước mỗi turbin phải bố trí thêm van (để khi kiểm tra sửa chữa không làm ảnh hưởng đến vận hành bình thường của tổ máy khác), do đó tổn thất cột nước nhiều hơn, trong vận hành kém linh hoạt hơn. Nhưng dùng phương thức này có ưu điểm là tiết kiệm được vật liệu làm ống, giảm được khối lượng công trình do đó giảm giá thành xây dựng.

2.3.3.3. Phương thức cung cấp nước liên hợp

Một đường chung cung cấp nước cho tất cả các tổ máy của TTĐ. Khi ống dẫn nước dài, lưu lượng qua một turbin tương đối nhỏ và số tổ máy của TTĐ không

nhiều sử dụng phương thức cung cấp nước liên hợp là thích hợp (hình 2-8 VI, VII và VIII).

Ngoài ba phương thức cung cấp nước nói trên, trong thực tế xây dựng nhiều TTĐ lớn hiện nay có công suất tổ máy rất lớn, lưu lượng qua turbin cũng quá lớn và do điều kiện kỹ thuật hạn chế khó chế tạo đường ống có đường kính quá lớn, điều kiện vận chuyển khó khăn hoặc trong trường hợp buồn xoắn có 2 cửa vào, người ta dùng 2 đường ống cấp nước cho một tổ máy (hình 2-8 IX).

2.3.3. Hướng ống dẫn nước chính vào nhà máy thuỷ điện

Có hai loại cơ bản sau:

2.3.3.1. Tuyến ống bố trí thẳng góc với trục nhà máy

Trong trường hợp này tuyến ống bố trí hầu như thẳng góc với đường đồng mức, nhà máy nằm song song với đường đồng mức (hình 2-8I và 2-8II). Ưu điểm của trường hợp này là đường ống ngắn, tổn thất thủy lực nhỏ, khối lượng đào đắp ít. Nhưng có nhược điểm lớn là khi đường ống bị sự cố nước sẽ chảy húc thẳng vào nhà máy gây nguy hại nhà máy và nguy hiểm tới nhân viên vận hành. Do đó để khắc phục nhược điểm này có khi người ta phải làm tường chắn bảo vệ phía trước nhà máy gây tốn kém.

2.3.3.2. Tuyến đường ống bố trí song song với trục nhà máy

Ưu điểm của cách bố trí này bảo đảm an toàn cho nhà máy và nhân viên hành, song tổn thất thủy lực lớn hơn và khối lượng đào đắp cũng tăng thêm (hình 2-8 V và VIII).

Cách bố trí thứ nhất phù hợp với TTĐ cột nước thấp, cách bố trí thứ hai thích dùng với TTĐ có cột nước trung bình và cao.

Ngoài ra cũng có trường hợp tuyến đường ống bố trí xiên với nhà máy một góc nào nào đó (hình 2-8III). Việc chọn phương án bố trí nào phải kết hợp nhiều yếu tố: bố trí nhà máy, điều kiện địa hình, địa chất, cột nước TTĐ cao thấp, tính linh hoạt, độ tin cậy và an toàn trong vận hành, giá thành công trình v.v. Sau khi so sánh phân tích tổng hợp điều kiện kinh tế – kỹ thuật để lựa chọn.

2.4 CÁC THIẾT BỊ BỐ TRÍ TRÊN ĐƯỜNG ỐNG VÀ SƠ ĐỒ BỐ TRÍ VAN TRƯỚC TURBIN

2.4.1. Các thiết bị bố trí trên đường ống

Trên đường ống dẫn nước thường bố trí các thiết bị sau:

1. Ống thông hơi thường được bố trí ở ngay sau cửa van sự cố của cửa nước vào đường ống hoặc ở vị trí cao để nạp không khí vào hay thoát không khí trong ống ra.

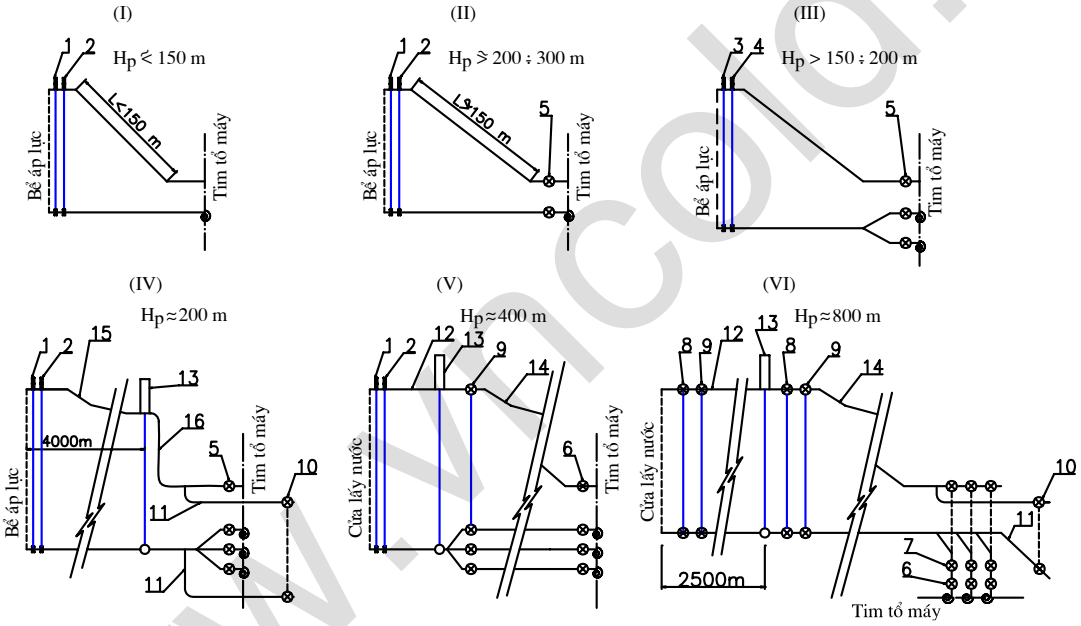
2. Van sau tháp (giếng) điều áp hoặc đầu đường ống turbin đối với ống dẫn nước bố trí hở (lộ thiên) và van trước turbin (xem sơ đồ bố trí van trước turbin hình 2-9).

3. Thiết bị cho nước từ từ vào đầy đường ống

4. Khớp co dãn nhiệt độ, thường được bố trí sau các mố néo (hình 2-4a) để làm triệt tiêu ứng suất nhiệt trong thành ống.

5. Cửa kiểm tra (cửa thăm) đường ống dùng để kiểm tra, vệ sinh, bảo dưỡng và sửa chữa đường ống.

6. Bộ phận tháo cạn nước và phù sa lắng đọng trong ống. Bộ phận tháo nước này gồm một đoạn ống ngắn có lắp van và bố trí ở vị trí thấp nhất trên tuyến ống. Như vậy để bảo đảm điều kiện vận hành, sửa chữa, phòng sự cố v.v… của tổ máy và đường ống, trên dọc đường ống ngoài các thiết bị trên còn phải bố trí thêm một số van. Số lượng van cần bố trí bao nhiêu, chọn loại van nào thích hợp và đặt ở vị trí nào trên đường ống phụ thuộc vào phương thức cung cấp nước, chiều dài ống dẫn và cột nước tác dụng lên đường ống turbin. Khi bố trí van trên đường ống có thể tham khảo các sơ đồ bố trí các van trên đường ống thể hiện ở (hình 2-9)



Hình 2-9. Sơ đồ bó trí van trên đường ống turbin.

Sơ đồ I: TTĐ có H < 150 m; Sơ đồ II: TTĐ có H > 200 ÷ 300 m, dẫn nước đến turbin bằng đường ống riêng; Sơ đồ III TTĐ có H > 150 ÷ 200 m dẫn nước tới turbin bằng một đường ống chung; Sơ đồ IV với TTĐ có H ~200 m dẫn nước bằng đường ống lộ thiên (15) và tuy nen dẫn nước turbin (16); Sơ đồ V và VI với 2 TTĐ lần lượt có H ~ 400 m và H ~ 800 m dẫn nước phần đầu bằng tuy nen đẫn nước có áp (12) phần sau là đường ống lộ thiên.

(1). Cửa van phẳng sửa chữa; (2). Cửa van phẳng sự cố; (3). Van sửa chữa kiểu phẳng hoặc kiểu van đĩa; (4). Van sự cố – sửa chữa kiếu phẳng hoặc kiểu đĩa; (5). Van trước turbin sự cố – sửa chữa kiểu đĩa hoặc kiểu cầu; (6). Van trước turbin sự cố – sửa chữa kiểu hình cầu; (7). Van sửa chữa hình cầu; (8). Van sửa chữa kiểu đĩa; (9). Van sự cố – sửa chữa kiểu đĩa; (10). Van kim trên ống xả; (11). Đường

ống xả; (12). Tuy nen có áp; (13). Giếng (tháp) điều áp; (14). Đường ống dẫn nước áp lực turbin lộ thiên; (15). Đường ống dẫn nước lộ thiên; (16). Đường hầm cao áp.

Tuỳ yêu cầu cụ thể của từng TTĐ trên đường ống còn bố trí các mặt bích chờ sẵn trên các đoạn ống nhánh khi TTĐ xây dựng theo nhiều giai đoạn hay để lắp ống tưới (khi có nhiệm vụ kết hợp tưới) trong trường hợp các tổ máy ngừng phát điện vì sự cố.

Ngoài ra để đỡ ống, dọc theo tuyến ống lộ thiên người ta bố trí các mố đỡ (mố trung gian) và các mố néo (mố ôm). Có khi ở cuối đường ống (gần nhà máy) còn xây tường chắn nước bảo vệ nhà máy phòng trường hợp ống bị vỡ.

2.4.2. Sơ đồ bố trí van trên đường ống turbin

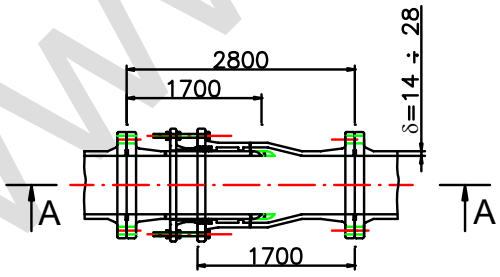
Để bảo đảm điều kiện vận hành linh hoạt, kiểm tra sửa chữa và đề phòng sự cố thường phải bố trí van trên đường ống. Vị trí đặt van, số lượng van và nên dùng loại van nào phụ thuộc sơ đồ cung cấp nước, chiều dài ống dẫn và cột nước tác dụng lên đường ống.

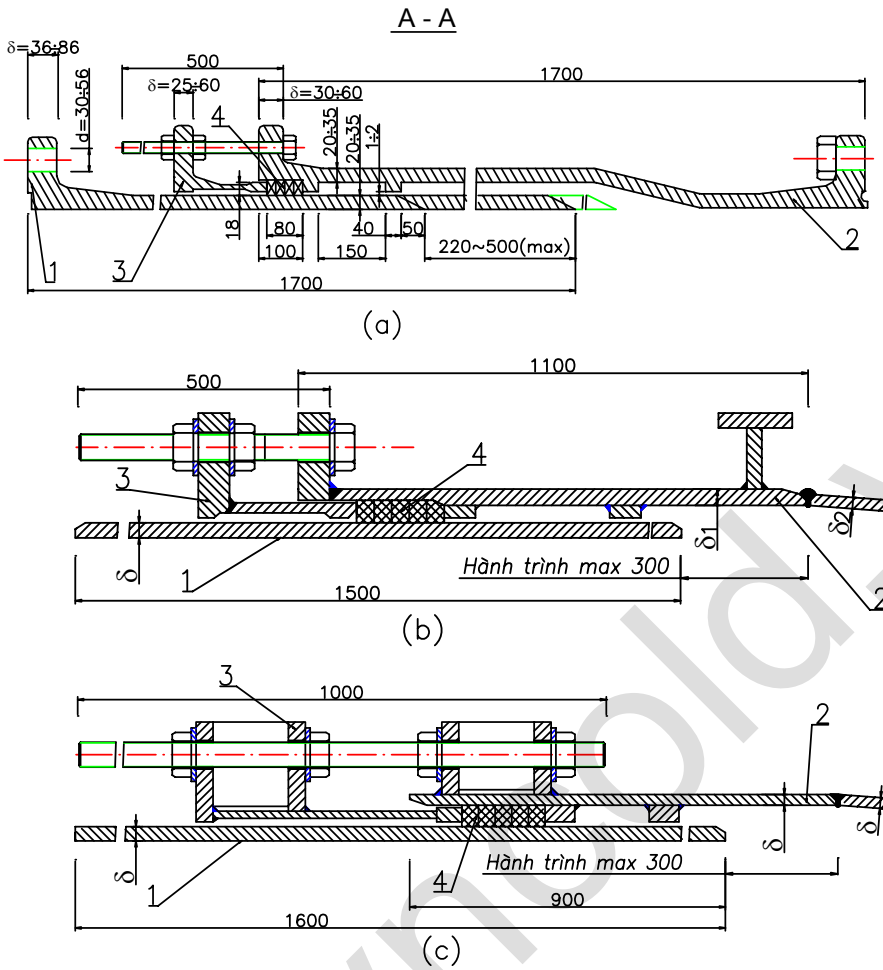
Đối với phương thức cung cấp nước độc lập, chiều dài đường ống không dài lắm (L < 150 m) thì không cần bố trí van trước turbin (van ở cuối đường ống), (hình 2-9.I). Song khi chiều dài ống dẫn nước turbin lớn hơn 150 m nên bố trí van trước turbin (hình 2 -9.II)

Đối với phương thức cung cấp nước theo nhóm, cung cấp nước liên hợp, ở cuối mỗi ống nhánh phải bố trí van trước turbin (hình 2-9.III và IV)

Trong trường hợp ống dẫn nước áp lực dài, để giảm áp lực nước va trên đường ống phải bố trí giếng hoặc tháp điều áp. Khi đó sau giếng hoặc tháp điều áp có thể bố trí ống rẽ nhánh vào turbin. Nếu đường ống rẽ nhánh ngắn thì chỉ cần bố trí van trước turbin là đủ. Trong trường hợp cột nước cao, đường ống chung dài hay ống rẽ nhánh dài thì đầu đường ống turbin và cả trước turbin đều phải bố trí van (hình 2-9.V và VI)

2.4.3. Kết cấu khớp co dãn nhiệt độ





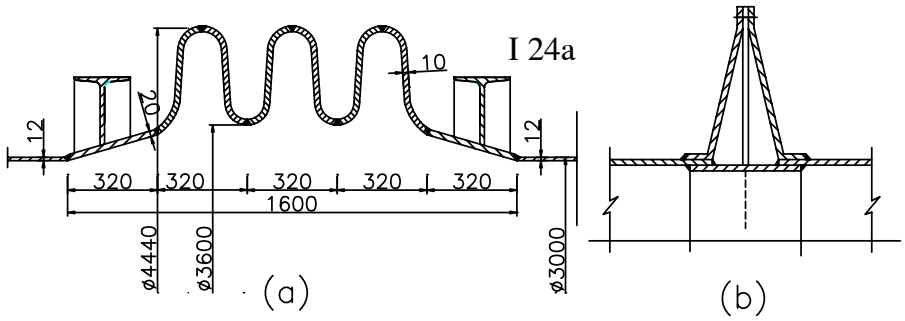
Hình 2-10. Các loại khớp co dãn nhiệt kiểu ống lồng trượt

a. Khớp co dãn nhiệt kiểu ống lồng trượt đúc, có D_0 = 426 ÷ 870 mm, và H = (160, 250, 400, 500 m);

b. Khớp co dãn nhiệt kiểu ống lồng trượt hàn, có đường kính trong từ 870 ÷ 3040 mm, có áp suất 10; 16; 20; 25; 32; 40 và 50 Kg/cm^2;

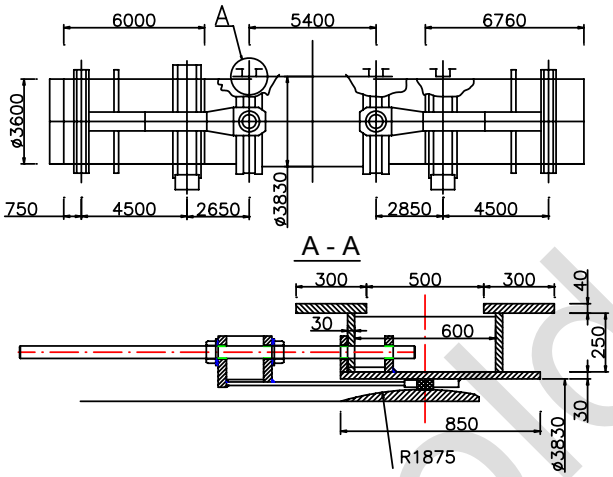
c. Khớp co dãn nhiệt kiểu ống lồng trượt hàn, có đường kính trong từ 3240 ÷ 7050 mm, có áp suất 2,5; 6; 10 và 16 Kg/cm^2,

1-Ống luồn phía trong; 2-Ống bao phía ngoài; 3-Ống luồn giữ vật chắn nước; 4-Vật chắn nước



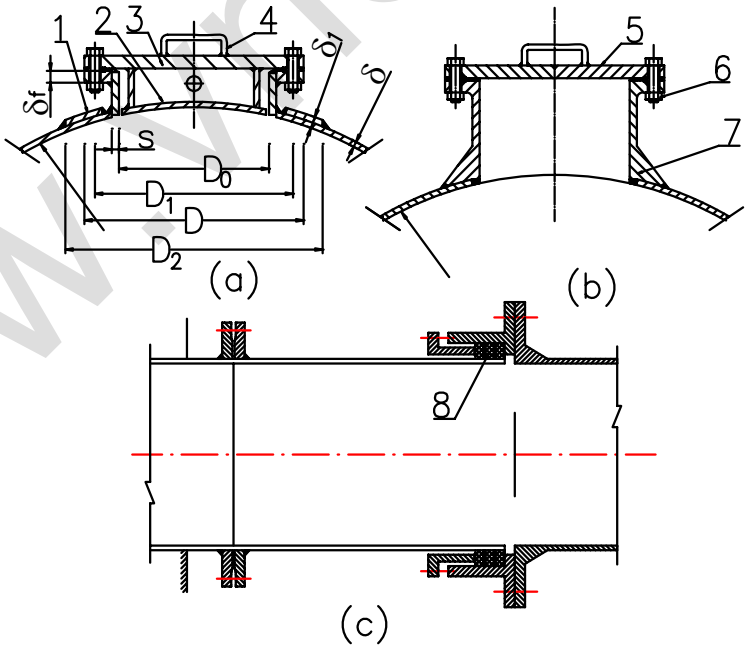
Hình 2-11. Khớp co dãn nhiệt kiểu đĩa đàn hồi

Để triệt tiêu ứng suất nhiệt trong thành ống do nhiệt độ gây nên, sau các mố néo (mố ôm) người ta bố trí các khớp co dãn nhiệt. Khớp co dãn nhiệt có hai loại cơ bản là khớp co dãn kiểu ống lồng trượt (hình 2-10) và kiểu đĩa đàn hồi (hình 2-11). Ngoài ra các mố đỡ trên đường ống có khi lún không đều cũng gây nên ứng suất, do đó cần bố trí khớp co dãn nhiệt độ và lún (hình 2-12).



Hình 2-12. Khớp co dãn nhiệt và lún

2.4.4. Cửa kiểm tra (cửa thăm) đường ống



Hình 2-13. Cửa kiểm tra

1-Tấm gia cố; 2-Tấm dẫn lưu; 3-Nắp đậy; 4-Tay cầm;
5- Nắp đậy; 6-Bu lông; 7 Vòng gia cố ống thăm

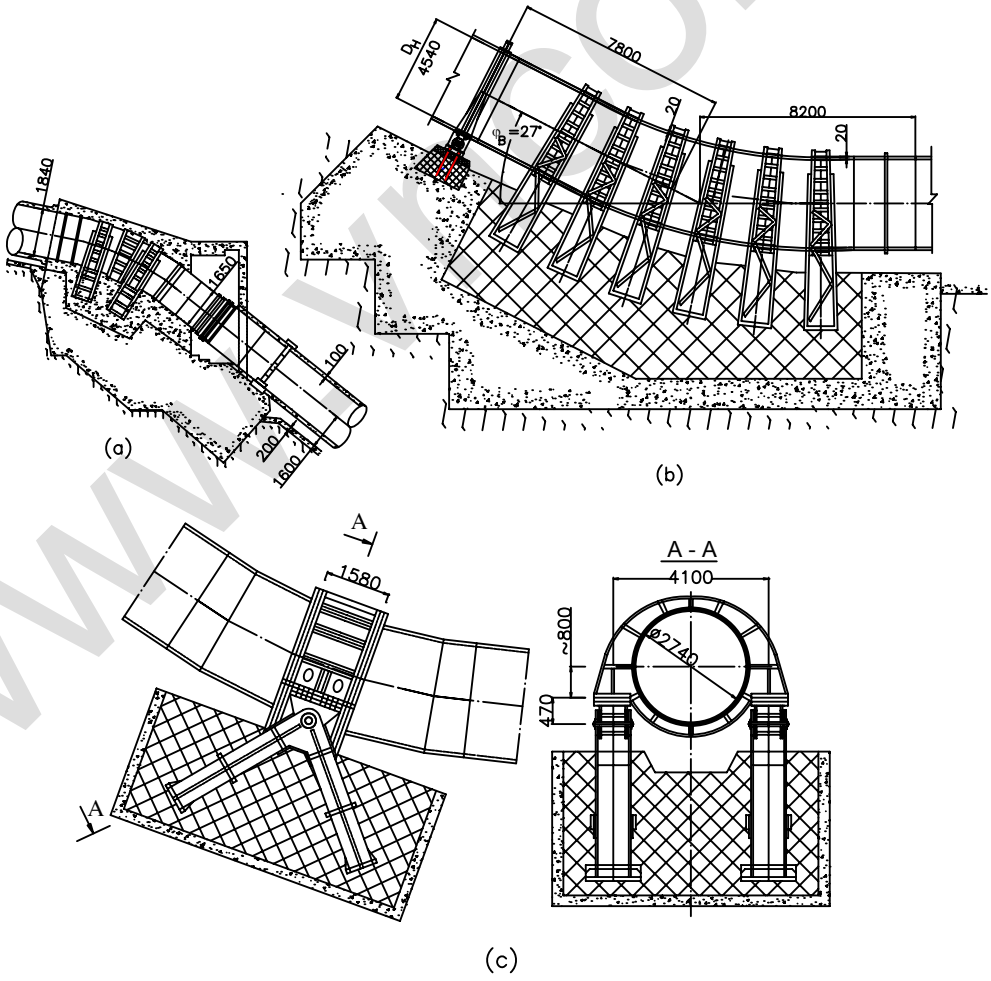
www.vncold.vn

Để có thể vào bên trong đường ống kiểm tra, dọn vệ sinh, sửa chữa và sơn mặt trong thành ống cần phải bố trí các cửa kiểm tra sửa chữa (cửa thăm). Khoảng cách giữa các cửa kiểm tra không nên dài quá 200 m. Cửa kiểm tra đường ống thường có mặt cắt hình tròn và đường kính không được nhỏ hơn 450 mm. Đối với đường ống có D < 800 mm và cột nước TTĐ thấp có thể dùng đoạn ống tháo rời đặc biệt đặt ở giữa hai mặt bích, khi cần kiểm tra thì tháo đoạn ống rời này và nó có công dụng như cửa kiểm tra (hình 2-13c). Kết cấu các loại cửa kiểm tra có các hình thức như (hình 2-13) biểu thị.

2.5. MỐ ÔM VÀ MỐ ĐỠ

Đường ống thường được đặt trên các mố ôm (còn gọi là mố néo) và mố đỡ (còn gọi là mố trung gian). Mố ôm chịu sự tác động của các lực khác nhau tác dụng lên đường ống và nó có nhiệm vụ giữ chặt đường ống không cho dịch chuyển theo các phương. Còn đoạn ống nằm giữa hai mố néo được tựa trên các mố đỡ (hình 2-4a). Kết cấu mố đỡ phải bảo đảm để đường ống có thể dịch chuyển theo phương dọc trục khi nhiệt độ thay đổi nếu giữa hai mố néo có lắp khớp co dãn nhiệt.

2.5.1. Mố ôm



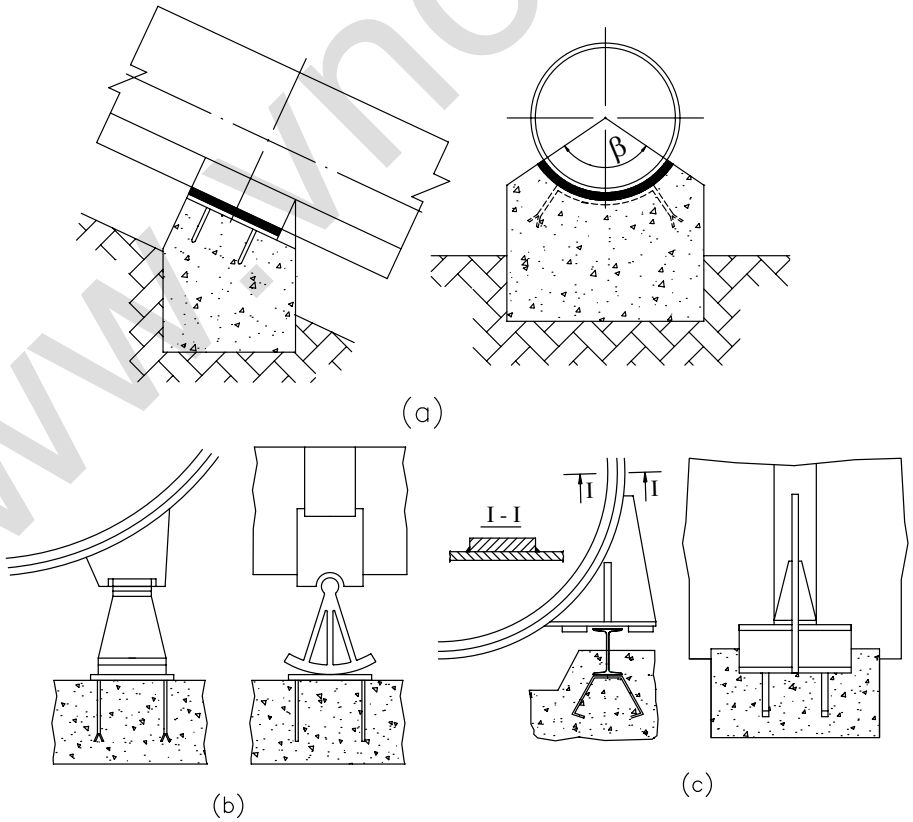
Hình 2-14. Mố néo (mố ôm)

Có hai loại: Loại kín và loại hở. Loại kín thành ống được chôn chặt trong khối bê tông hoặc bê tông cốt thép (hình 2-14a). Loại mố néo kiểu hở đường ống được néo chặt với mố nhờ các vành đai có kết cấu đặc biệt hoặc các thanh néo (hình 2-14b và 2-14c). Loại mố này có ưu điểm là kiểm tra và sửa chữa thuận lợi hơn.

Mố néo được bố trí ở những chỗ ống uốn cong hoặc tuyến ống thay đổi độ dốc. Khoảng cách giữa các mố néo phụ thuộc vào kết cấu đường ống, điều kiện địa hình, địa chất tuyến ống đi qua. Thông thường trên tuyến ống thẳng khoảng cách giữa các mố néo không vượt quá 150 ÷ 200 m. Khi độ dốc tuyến ống rất nhỏ và có bố trí khớp co dãn ở giữa thì khoảng cách đó có thể đạt đến 300 m. Trong nhiều trường hợp các mố néo đặt ở đầu và cuối đường ống (mố néo cuối cùng) được gắn liền với móng công trình mà chúng tiếp giáp. Như đối với TTĐ kiểu đường dẫn, mố néo đầu đường ống được gắn với móng cửa nước vào đường ống ở bể áp lực hay móng đáy tháp điều áp ở cuối đường hầm.

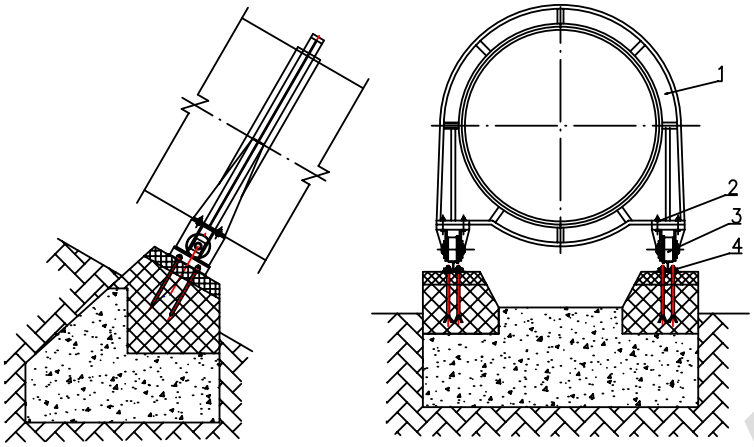
2.5.2. Mố đỡ

Trong thực tế thường có hai loại cơ bản sau: kiểu yên ngựa (hình 2-15a) loại này kết cấu đơn giản và thường dùng khi đường kính ống nhỏ hơn 1000 mm và kiểu vòng tựa con lăn (hình 2-15d) có kết cấu phức tạp hơn và thường dùng khi đường kính ống lớn hơn.



(a) (b) (c)

www.vncold.vn



(d)

Hình 2-15. Mố đỡ

(a). Mố đỡ kiểu yên ngựa; (b). Mố đỡ kiểu trượt

(c). Mố đỡ kiểu trượt; (d). Mố đỡ kiểu con lăn

1-Vành đỡ ống; 2-Bu lông; 3-Cụm bánh xe; 4-Cụm đường ray;

2.5.3. Thiết kế mố ôm.

Mố ôm là loại kết cấu trọng lực, cường độ của nó dễ thoả mãn,. Do đó khi thiết kế mố ôm thường chủ yếu dựa vào kiểu kiện chống trượt, điều kiện ổn định để xác định kích thước bên ngoài của nó. Phụ tải và tổ hợp các lực tác dụng lên mố ôm thường xét trong điều kiện đầy nước, nhiệt độ tăng và xét trong hai trường hợp sau :.

2.5.3.1. Thiết kế mố ôm trên nền đất .

Ta xét mố ôm trên nền đất như hình vẽ 2- 14d biểu thị. Để bảo đảm yêu cầu ổn định chống trượt của mố ôm . trọng lượng tối thiểu cần có của mố ôm được xác định theo công thức sau :

$$G = \frac{K_c}{f_0}\Sigma X - \Sigma Y \qquad (2\text{-}1)$$

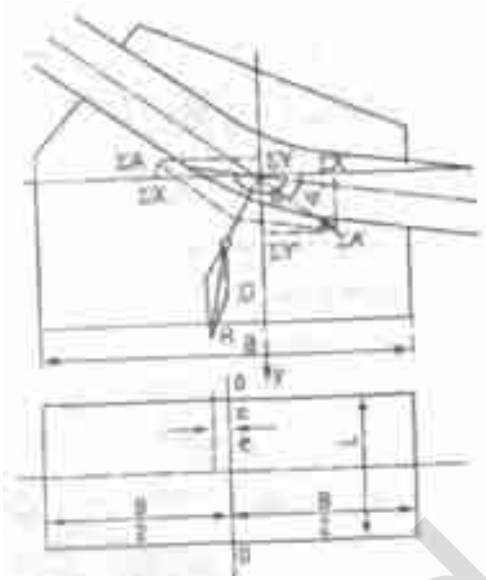
Trong đó : ΣX - tổng các phân lực hướng ngang của các lực tác dụng lên mố ôm (kN).

ΣY - tổng các phân lực hướng thẳng đứng của các lực tác dụng lên mố ôm, (kN).

G - trọng lượng bản thân mố ôm., (kN).

f_0 - hệ số ma sát giữa mố ôm và nền.

K_c - hệ số an toàn chống trượt, thường $K_c > 1,5 \sim 2,0$.



Hình 2- 14d. Sơ đồ tính toán mố ôm trên nền đất

Sau đó dựa vào trọng lượng G của mố ôm tính ra thể tích và từ đó xác định kích thước bao ngoài của mố ôm. Kích thước bao ngoài của mố ôm phải thoả mãn yêu cầu bọc kín toàn bộ đoạn ống cong. Ngoài ra 2 đoạn ống thẳng ở hai đầu đoạn ống cong phải được chôn sâu vào khối bê tông không nhỏ hơn 0,4 m và bề dày của lớp bê tông bao quanh đoạn ống không nhỏ hơn 0,8 D (Đ là đường kính ống).

Việc tính toán xác định kích thước mố ôm phải tiến hành đồng thời với việc tính toán kiểm tra ứng suất nền và phải bảo đảm sao cho hợp lực tác dụng lên mố ôm có độ lệch tâm bé. Thường ta phải tính thử vài lần và ứng suất biên móng mố ôm có thể tính theo công thức sau :

$$\sigma = \frac{\sum Y + G}{BL}(1 + \frac{6e}{B}) \le [\sigma] \qquad (2\text{-}2)$$

$$e = \left(\frac{\sum M}{\sum Y + G} - \frac{B}{2} \right) \angle \frac{B}{6} \qquad (2\text{-}2a)$$

Trong 2 công thức trên :

e- độ lệch tâm.

$\sum M$ - tổng mômen của các lực $\sum X, \sum Y$ và G v.v…gây nên so với tâm đáy móng mố ôm.

B,L - chiều rộng và chiều dài của đáy mố ôm (xem hình 2-14d).

Ứng suất nền tính được theo công thức (2-1) phải nhỏ hơn ứng suất nền cho phép $[\sigma]$, đồng thời yêu cầu không cho phép phát sinh ứng suất kéo ($\sigma_{min} > 0$).

Khi xác định kích thước bao ngoài của mố ôm cần phải làm sao cho để ứng suất trên nền phân bổ tương đối đều đặn và thường yêu cầu tỷ lệ giữa ứng suất lớn nhất và nhỏ nhất không lớn hơn 2.

Mố ôm trên nền yếu , ngoài việc kiểm tra ứng suất nền còn cần phải kiểm tra khả năng chống trượt của nền mố ôm.

Mố ôm bố trí ở chỗ đoạn ống có hướng cong lên, thì hợp lực của các lực tác dụng lên mố ôm cũng có hướng đi lên , lúc này $\sum Y$ có giá trị âm, nên trong trường hợp này trọng lượng mố ôm yêu cầu phải rất lớn.

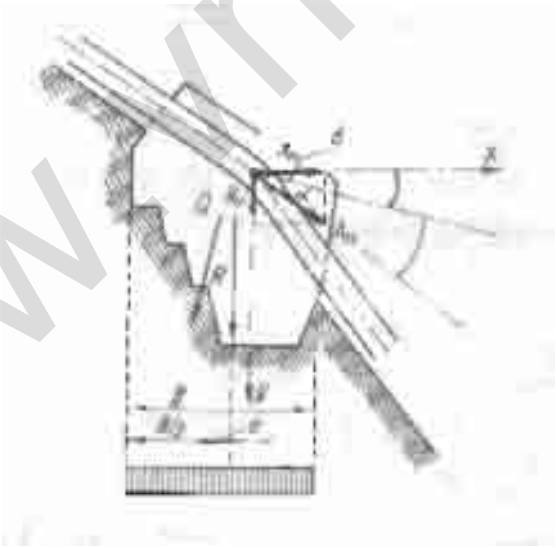
Mố ôm bố trí trên sườn dốc thường phát sinh trượt nghiêng hoặc trượt vòng cung, nên ở những chổ có độ dốc , móng mố ôm phải bóc hết tầng phủ bên ngoài và xây mố ôm trực tiếp trên nền đá.

2.5.3.2. Mố ôm trên nền đá.

Đối với mố ôm đặt trên nền đá, để giảm nhỏ kích thước và khối lượng của mố ôm , mặt đáy mố ôm thường làm thành các bậc thang để tạo ra mặt đáy hố móng mố ôm nghiêng và gần trực giao với hướng tổng hợp lực. Tính toán ổn định chống trượt tiến hành theo mặt nghiêng đó

(như hình 2-14 e biểu thị) .

Khi mố ôm bố trí trên nền yếu như nền bán nham thạch , cần phải xét đến sự ảnh hưởng của lún không đều đối với các nội lực của ống thép.



Hình 2-14e. Sơ đồ tính toán mố ôm trên nền đá.

2.6.TÍNH TOÁN THUỶ LỰC VÀ XÁC ĐỊNH ĐƯỜNG KÍNH KINH TẾ ĐƯỜNG ỐNG ÁP LỰC

2.6.1. Tính toán thuỷ lực đường ống

Tính toán thủy lực bao gồm tính tổn thất cột nước và tính áp lực nước va:

2.6.1.1. Tính tổn thất cột nước

Khi dòng nước chảy trong ống phát sinh tổn thất cột nước. Tổng tổn thất cột nước được xác định theo công thức sau:

$$h_{\omega} = \sum \Delta h_{dd} + \sum \Delta h_{cb} \ (m) \qquad (2\text{-}3)$$

Trong đó:

- $\sum \Delta h_{dd}$: Tổng tổn thất dọc đường ống (m);
- $\sum \Delta h_{cb}$: Tổng tổn thất cục bộ (m)

2.6.1.1.1. Tổn thất dọc đường

(1). Đối với ống thép:

$$\Delta h_{dd} = a.m.\frac{V^{1,9}}{D^{1,3}} L \ (m) \qquad (2\text{-}3a)$$

Trong đó:

D: Đường kính trong ống (m):

V: Lưu tốc trung bình trong ống;

L: Chiều dài ống

m: Hệ số xét tới niên hạn sử dụng ống. Trong năm thứ nhất sử dụng lấy

m = 1,01 ÷ 1,02, sau 10 năm sử dụng m = 1,16 ÷ 1,25 (khi nước có tác dụng ăn mòn lấy hệ số càng lớn).

Hệ số a trong công thức dựa vào đặc tính ống để xác định:

- Đối với ống mặt trong nhẵn (Ống hàn, ống đúc liền) lấy a = 0,000826
- Đối với ống có đường hàn dọc nhẵn, còn đường nối ngang có đầu nhô ra a = 0,000878.

(2). Ống bê tông cốt thép tính tổn thất dọc đường theo công thức sau:

$$h_{dd} = a\frac{V^2}{D^{1,25}} L \ (m) \qquad (2\text{-}3b)$$

Trong đó:

Hệ số a được chọn theo đặc tính thi công đường ống như sau:

- Khi ống chia thành đoạn ngắn và thi công kém, không nhẵn nhất là ở khớp nối lấy: a = 0,00153
- Khi thi công đạt yêu cầu và có trát mặt trong ống lấy a = 0,001135
- Khi thi công tốt và trát kỹ mặt trong lấy a = 0,000917

www.vncold.vn

2.6.1.1.2. Tổn thất cục bộ

(1). Tổn thất cột nước ở lưới chắn rác:

$$\Delta h_1 = \zeta_1 \frac{V^2}{2g} \quad (m) \qquad (2\text{-}4)$$

Trong đó:

g: Gia tốc trọng trường, g = 9,81 (m/s^2)

V: Vận tốc trung bình dòng chảy qua lưới chắn rác (m/s), để giảm nhỏ tổn thất cột nước và tiện vớt rác bám ở lưới, lưu tốc qua lưới không nên quá lớn. Ở cửa lấy nước không áp lấy V khoảng 0,9 ÷ 1,2 m/s; ở cửa lấy nước có áp dưới sâu lưu tốc khoảng 0,6 ÷ 0,8 m/s.

ξ_1: Hệ số tổn thất cục bộ qua lưới chắn rác, có thể xác định theo công thức sau:

$$\xi_1 = \beta \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} K.\sin\alpha \qquad (2\text{-}4a)$$

Trong đó:

s: Độ dày hoặc đường kính thanh lưới (cm),

b: Khoảng cách hai thanh lưới kề nhau (cm). Nó phụ thuộc vào kích thước và loại turbin.

Đối với turbin dọc trục lấy $b = \frac{1}{20} D_1$

Đối với turbin tâm trục $b = \frac{1}{30} D_1$

Với turbin gáo phụ thuộc vào đường kính vòi phun $b \approx \frac{d_n}{5}$.

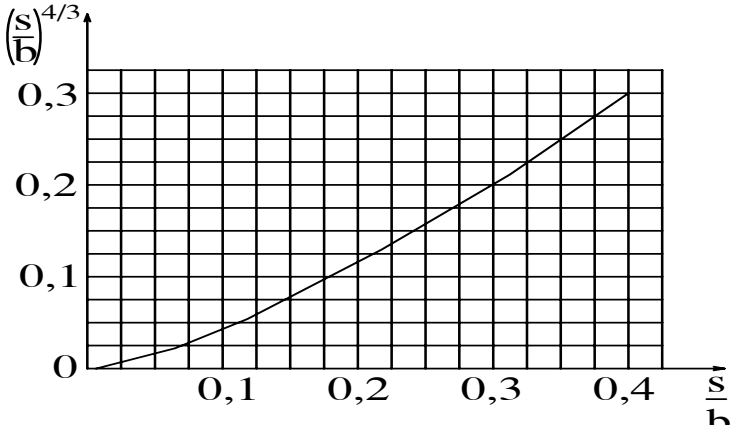
K- Hệ số xét tới hướng dòng chảy vào mặt chính diện lưới chắn rác.

α: Góc tạo thành giữa mặt phẳng nằm ngang và lưới chắn rác,

d_n: Đường kính vòi phun

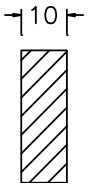
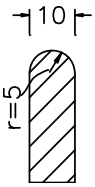
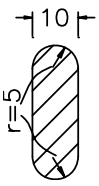
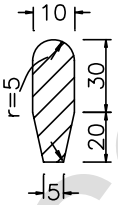
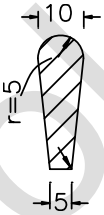
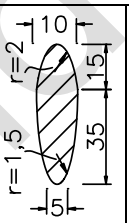
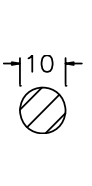
Trị số $(S/b)^{4/3}$ có thể xác định theo hình 2-16.

β: Hệ số phụ thuộc hình dạng mặt cắt ngang thanh lưới. Trị số β chọn theo bảng 2-1



Hình 2-16. Đường quan hệ giữa $\frac{s}{b}$ ***và*** $(\frac{s}{b})^{4/3}$

Bảng 2-1. Biểu giá trị hệ số β

Hình dạng thanh lưới							
Trị số β	2,42	1,83	1,67	1,03	0,92	0.76	1,79

(2). Tổn thất ở cửa vào đường ống:

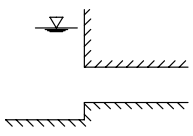
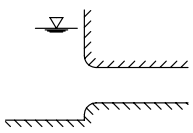
$$\Delta h_2 = \zeta_2 \frac{V^2}{2g} \qquad (2\text{-}5)$$

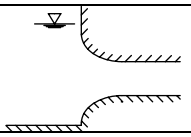
Trong đó:

v: Vận tốc trung bình dòng chảy qua cửa nước vào trong ống, (m/s)

ξ_2: Hệ số tổn thất cục bộ ở cửa vào, xác định theo hình dạng cửa vào theo bảng 2-2:

Bảng 2-2. Bảng hệ số tổn thất cục bộ ở cửa vào

Hình dạng cửa vào	**Sơ đồ biểu thị**	**Hệ số tổn thất**
Mép cửa vào vuông góc, không thuận,		0,5
Mép cửa vào có lượn tròn		0,25

Mép cửa vào lượn cong thuận dòng chảy hơn.		0,05 ~ 0,20 (Thường dùng 0,10)

(3). Tổn thất qua qua khe van, khe phai:

$$\Delta h_3 = (\xi_V + \zeta_P)\frac{V^2}{2g} \quad (m) \qquad (2\text{-}6)$$

Trong đó:

V: Lưu tốc trung bình qua cửa nước vào nơi có bố trí khe phai và khe van (m/s)

Hệ số ζ_P và ζ_V phụ thuộc vào độ rộng tương đối (b_n/ B) của khe phai và khe van:

b_n: Chiều rộng khe phai hoặc khe van.

B: Chiều rộng của cửa lấy nước trên phần bố trí cửa van. Trị số ζ_V và ζ_P có thể lấy như sau:

Khi tỷ số $\frac{b_n}{B} < 0,1$; Trị số $\zeta_V = 0,05$

$\frac{b_n}{B} > 0,2$; Trị số $\zeta_V = 0,10$

Còn khi $0,1 < \frac{b_n}{B} < 0,2$ Có thể nội suy theo các giá trị trên.

(4). Tổn thất ở chỗ ống cong

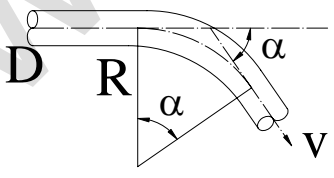
$$\Delta h_4 = \zeta_4 \frac{V^2}{2g} \ (m) \qquad (2\text{-}7)$$

Ở đây hệ số tổn thất ζ_4 tính theo công thức:

$$\zeta_4 = \left[0,131 + 0,1632.\left(\frac{D}{R}\right)^{\frac{7}{2}}\right].\left(\frac{\alpha}{90^0}\right)$$

Hoặc có thể sơ bộ xác định theo bảng 2-3

Bảng 2-3.

	**Góc cong α (độ)**	30	40	50	60	70	80	90
	Trị số ζ_4	0,20	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90	1,10

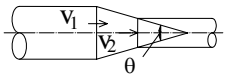
(5). Tổn thất cục bộ ở chỗ ống có mặt cắt thu hẹp:

www.vncold.vn

$$\Delta h_5 = \zeta_5 \frac{V^2}{2g} \quad (m) \qquad (2\text{-}8)$$

Trong đó hệ số tổn thất cục bộ ζ_5 ở đoạn tiệm biến phụ thuộc vào góc θ và tra ở bảng (2-4).

Bảng 2-4.

	Góc thu hẹp	< 5⁰	15⁰	20⁰	25⁰	30⁰	45⁰	60⁰	75⁰
	Hệ số tổn thất ζ_5	0,06 ~ 0,005	0,18	0,20	0,22	0,24	0,30	0,32	0,34

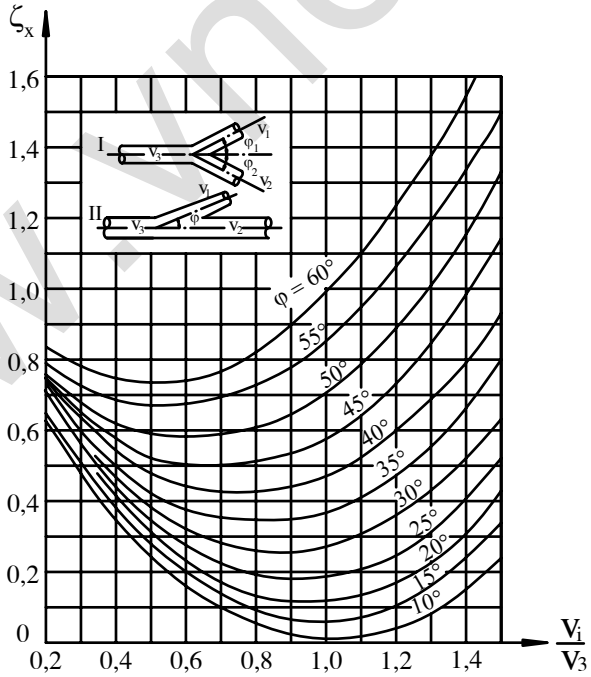
(6). Tổn thất cục bộ trong ống rẽ nhánh

$$\Delta h_6 = \zeta_6 \frac{V^2}{2g} \quad (m) \qquad (2\text{-}9)$$

Trong đó

V: Lưu tốc V_1 hay lưu tốc V_2 trong ống phân nhánh (Xem hình 2-17)

ζ_6: Tổn thát cục bộ trong ống nhánh ở chỗ rẽ ống.



V_i ở đây là chỉ v_1 hoặc v_2

Hình 2-17. Đường quan hệ hệ số tổn thất cục bộ ζ_6 trong ống rẽ nhánh

(7). Tổn thất cục bộ ở chỗ lắp van

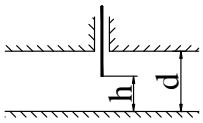
www.vncold.vn

(a). Tổn thất cục ở chỗ lắp van phẳng:

$$\Delta h_{7a} = \zeta_{7a} \frac{V^2}{2g} \text{ (m)} \qquad (2\text{-}10)$$

Trong đó: Hệ số tổn thất cục bộ ζ_{7a} phụ thuộc vào độ mở van và xác định theo bảng (2-5).

Bảng 2-5.

	**Độ mở biểu thị bằng** $\frac{d-h}{d}$	Mở hoàn toàn: 0	1/8	1/4	1/2	3/4	…
	Hệ số tổn thất: ζ_{7a}	0,00	0,07	0,26	2,06	17,00	…

(b). Tổn thất cục bộ ở chỗ lắp van đĩa:

$$\Delta h_{7b} = \zeta_{7b} \frac{V^2}{2g} \text{ (m)} \qquad (2\text{-}11)$$

Trong đó: Hệ số tổn thất cục bộ ζ_{7b} chỗ van đĩa phụ thuộc vào góc mở α tra theo bảng 2-6.

Bảng 2-6.

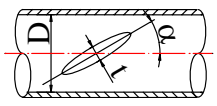
Góc mở: α	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	35^0
Hệ số tổn thất: ζ_{7b}	0,24	0,52	0,90	1,54	2,51	3,91	6,22
Góc mở: α	40^0	45^0	50^0	55^0	60^0	65^0	70^0
Hệ số tổn thất: ζ_{7b}	10,8	18,7	32,8	58,8	118	258	751

Khi van đĩa mở hoàn toàn hệ số tổn thất cục bộ ζ_{7b} phụ thuộc vào tỷ số giữa độ dày lớn nhất t của van đĩa và đường kính D của đường ống:

$$\zeta_{7b} = \frac{t}{D} \qquad (2\text{- }11a)$$

Đối với van đĩa khi trạm thủy điện làm việc thường là mở hoàn toàn, hệ số tổn thất cục bộ trong trường hợp này còn phụ thuộc vào cột nước công tác H của trạm thuỷ điện, khi chưa có số liệu của nhà chế tạo cấp có thể xác định theo bảng 2-7.

Bảng 2-7.

	**Cột nước H(m)**	< 25	25	50	100	150	200	250
	Hệ số tổn thất ζ_{7b}	0,05 ~ 0,10	0,10	0,13	0,18	0,22	0,26	0,29

Đối với trạm thủy điện cột nước cao thường dùng turbin gáo, nên tổn thất cục bộ khi dòng chảy qua van kim ở vòi phun chiếm tỷ lệ rất bé có thể bỏ qua.

2.6.1.2. Tính toán áp lực nước va

Tính toán tổn thất cột nước và tính toán áp lực nước va cần phối hợp với nhau để vẽ ra các đường áp lực nước tác dụng lên thành ống trong các trường hợp sau:

(1). Đường áp lực nước cao nhất trong trường hợp làm việc bình thường.

(2). Đường áp lực nước cao nhất trường hợp vận hành đặc biệt.

(3). Đường áp lực nước thấp nhất.

Tính toán áp lực nước va là một bộ phận trong tính toán điều chỉnh tổ máy cần tiến hành phối hợp tính toán với sự thay đổi số vòng quay của tổ máy. Tính toán nước va tham khảo chương 3 và các tài liệu liên quan khác.

Cần lưu ý rằng khi tính toán và vẽ đường áp lực nước cao nhất là xét với trường hợp mực nước thượng lưu ở hồ chứa (TTĐ ngang đập và sau đập) hay ở giếng điều áp (TTĐ kiểu đường dẫn dài có áp) hoặc ở bể áp lực (TTĐ kiểu kênh dẫn) tương ứng MNDBT, tất cả các tổ máy làm việc đầy tải đột nhiên bị sự cố, cắt tải toàn bộ. Còn khi tính toán vẽ đường áp lực nước thấp nhất, là xét trong truường hợp mực nước thượng lưu là MNC, có (n - 1) tổ máy làm việc đầy tải còn tổ máy cuối cùng từ không tải đến đầy tải.

2.6.2. Xác định đường kính kinh tế đường ống dẫn nước áp lực

Đường kính kinh tế D_{KT} ống dẫn nước áp lực của TTĐ cần dựa vào điều kiện kinh tế kỹ thuật để chọn. Sơ bộ có thể dựa vào công thức kinh nghiệm của Bundsu (Đức) để chọn:

$$D_{KT} = \sqrt[7]{\frac{5,2Q_{max}^3}{H}} \text{ (m) khi H > 100 m} \qquad (2\text{-}12)$$

$$D_{KT} = \sqrt[7]{0,052Q_{max}^3} \text{ (m) khi H < 100 m} \qquad (2\text{-}13)$$

Trong đó:

Q_{max}: Lưu lượng qua đường ống.

H: Cột nước tính toán của đoạn ống thiết kế (bao gồm áp lực thủy tĩnh và áp lực nước va)

Đối với TTĐ nhỏ đường kính kinh tế cũng có thể xác định theo lưu tốc kinh tế bằng công thức sau:

$$D_{KT} = \sqrt{\frac{Q_{max}}{0,785V_{KT}}} \qquad (2\text{-}14)$$

Trong đó:

Q_{max}: Lưu lượng lớn nhất chảy qua đường ống dẫn nước áp lực (m^3/s).

V_{KT}: Lưu tốc kinh tế của ống dẫn nước áp lực (m/s).

Dựa vào kinh nghiệm: lưu tốc kinh tế đối với ống thép từ 3 ÷ 6 m/s; đối với ống bê tông cốt thép từ 2 ÷ 4 m/s. Đường kính kinh tế tính được cần đối chiếu với đường kính tiêu chuẩn của ống để chọn cho phù hợp. Ở ta chưa có quy định chính thức, có thể tham khảo theo quy định sau đây của Liên xô cũ [1] như sau:

- Khi đường kính trong ống $D_0 < 0,5$ m khoảng cách cấp đường ống kề nhau là 50 mm

- Khi $D_0 = 0,5 \div 3,0$ m khoảng cách là 100 mm.

- Khi $D_0 = 3,0 \div 7,0$ m khoảng cách là 200 mm.

- Khi $D_0 = 7,0 \div 14,0$ m khoảng cách là 500 mm

Khi lưu lượng qua đường ống dẫn nước áp lực từ 0,2 ÷ 16 m^3/s và cột nước nhỏ hơn 100 m có thể tham khảo xác định đường kinh tế theo bảng (2-8):

Bảng 2-8. Đường kính kinh tế ống dẫn nước áp lực

TT	Lưu kượng (m^3/s)	Đường kính kính tế (m)	Lưu tốc (m/s)	TT	Lưu lượng (m^3)	Đường kính kinh tế (m)	Lưu tốc (m/s)
1	0,2	0,35	2,1	12	3,5	1,1	3,55
2	0,4	0,45	2,5	13	4,0	1,20	3,57
3	0,6	0,58	2,3	14	4,5	1,25	3,66
4	0,8	0,60	2,85	15	5,0	1,36	3,74
5	1,0	0,66	2,95	16	6,0	1,40	3,84
6	1,2	0,70	3,03	17	7,0	1,50	3,90
7	1,5	0,78	3,13	18	8,0	1,60	3,98
8	1,8	0,84	3,24	19	10,0	1,80	4,11
9	2,0	0,88	3,28	20	12,0	1,90	4,23
10	2,5	1,00	3,38	21	14,0	2,00	4,32
11	3,0	1,00	3,46	22	16,0	2,10	4,40

2.7. TÍNH TOÁN TĨNH LỰC ĐƯỜNG ỐNG THÉP

2.7.1. Vật liệu làm ống

Vật liệu chính để chế tạo các bộ phận ống thép như vỏ ống, vành tăng cứng (gia cố), vành đỡ v.v... phải phù hợp với các qui định TCVN hiện hành. Vật liệu chế tạo ống cần dựa vào hình thức kết cấu ống, quy mô ống, nhiệt độ sử dụng, tính năng vật liệu, công nghệ chế tạo, thi công lắp ráp ống và điều kiện kinh tế mà quyết định. Khi đường kính ống lớn và cột nước cao, để tránh chiều dày vỏ ống quá lớn, khó gia công nên thường dùng thép hợp kim thấp với giới hạn chảy $\sigma_{ch} = 23 \div 24$ kg/mm^2 và thép có độ bền cao với giới hạn chảy đến 55 kg/mm^2. Đối với các cấu

kiện chịu lực chủ yếu của ống thép phải dùng vật liệu thép có chất lượng tốt có thành phần hoá học và yêu cầu kỹ thuật về tính năng lực học theo đúng quy định của TCVN. Đối với các mối hàn của vỏ ống cần bảo đảm chất lượng và tính đồng nhất về cường độ giữa thép hàn và thép làm ống. Về các đệm chắn nước ở các khớp co dãn nhiệt, các mặt bích, các cửa vào kiểm tra đường ống (cửa thăm) thường dùng các vòng cao su có tiết diện vuông khi cột nước tác dụng nhỏ hơn 1000 m và dùng các đệm chắn nước bằng da hoặc bằng đồng khi cột nước lớn hơn 1000 m.

Khi thiết kế chi tiết đường ống thép và các mố néo, mố đỡ cần được tuân thủ theo các quy phạm thiết kế đường ống thép cho TTĐ. Ngoài các quy phạm của Việt Nam có liên quan, cần tham khảo " Quy phạm thiết kế ống thép áp lực trạm thủy điện " phát hành tháng 7/2002 ký hiệu DL/T 5141 - 2001 hay " Quy phạm thiết kế ống thép áp lực trạm thủy điện" có ký hiệu SL281 - 2003 phát hành tháng 3 năm 2003 của Trung Quốc.

2.7.2. Các lực tác dụng lên ống thép lộ thiên

Dựa vào tính chất có thể chia làm 2 loại nhóm lực: nhóm lực cơ bản và nhóm lực đặc biệt.

2.7.2.1. Nhóm lực cơ bản.

Là các lực thường xuyên tác dụng lên ống trong quá trình vận hành

(1). Áp lực nước bên trong ống ứng với mực nước thượng lưu là MNDBT.

(2). Trọng lượng nước chứa đầy trong ống,

(2a). Trọng lượng một bộ phận nước trong ống trong quá trình tháo hoặc tích nước vào ống (chỉ xét đối với đoạn ống thoải $\varphi < 15^0$ và đường kính ống $D_0 > 2,4$ m, chiều dày thành ống $\delta < 14$ mm).

(3). Trọng lượng bản thân kết cấu đường ống,

(4). Lực ma sát do nhiệt độ thay đổi gây ra giữa thành ống với vật chắn nước ở khớp co dãn nhiệt, giữa thành ống với các mố đỡ đối với ống lộ thiên phân đoạn.

(4a). Lực ma sát giữa nước với thành ống

(5). Áp lực nước ở chỗ đoạn ống có đường kính thay đổi, ở chỗ có đoạn ống uốn cong, ở đầu mút ống chỗ khớp co dãn nhiệt, lực tác dụng lên cửa van đóng kín v.v…

(5a). Lực ly tâm tại các chỗ ống cong.

(6). Lực phát sinh do lún không đều ở mố đỡ và mố néo.

(7). Lực do gió gây nên.

(8). Lực do tuyết (ở những vùng có tuyết) gây nên.

2.7.2.2. Nhóm lực đặc biệt.

Là các lực đột xuất tác dụng không thường xuyên lên ống và với thời gian ngắn

(9). Áp lực nước trong ống bằng tổng áp lực nước tĩnh khi mực nước thượng lưu là MNDBT cộng với áp lực nước va khi cắt toàn bộ phụ tải.

(10). Áp lực nước trong ống bằng tổng áp lực nước tĩnh ứng với mực nước thượng lưu là MNGC và áp lực nước va phát sinh khi đột nhiên cắt toàn bộ phụ tải,

(11). Chân không phát sinh khi ống xả hết nước và ống thông hơi bị tắc,

(12). Lực phát sinh do thí nghiệm áp lực nước sinh ra, lực phát sinh do lắp ráp, v.v…

(13). Lực do thi công lắp ráp ống gây nên.

(14). Lực do động đất gây nên.

2.7.2.3. Các trường hợp tổ hợp tải trọng dùng trong thiết kế đường ống

Trong thiết kế đường ống cần lựa chọn trường hợp bất lợi nhất có thể xảy ra về tổ hợp tải trọng trong thực tế để tính toán. Sau đây là một số trường hợp thường gặp:

2.7.2.3.1. Tổ hợp tải trọng cơ bản

(1). Trường hợp vận hành bình thường 1 có tổ hợp các lực: (1) + (2) + (3) + (4) + (4a) + (5) + (5a) + (6)

(2). Trường hợp vận hành vận hành bình thường 2 có tổ hợp các lực: (9) + (2) + (3) + (4) + (4a) + (5) + (5a) + (6) + (7) hoặc (8).

(3). Trường hợp phát sinh chân không trong ống: (11) hoặc (2a) và các tải trọng cơ bản khác.

2.7.2.3.2. Các trường hợp tổ hợp tải trọng đặc biệt và lực cơ bản

(1). Trường hợp vận hành đặc biệt 1 (hồ chứa làm việc với MNGC. nhà máy làm việc đầy tải và đột nhiên cắt tải toàn bộ) có tổ hợp các lực: (10) + (2) + (3) + (4) + (4a) + (5) + (5a) + (6).

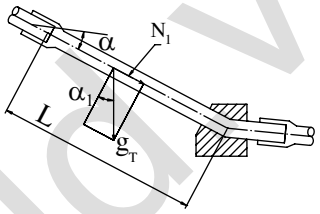
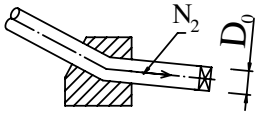
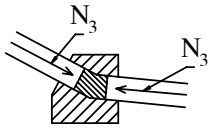
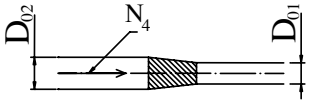
(2). Trường hợp thí nghiệm áp lực nước trong ống có tổ hợp các lực: (12) + (2) + (3) + (5)

(3). Trường hợp thi công lắp ráp có tổ hợp các lực: (3) + (4) + (7) hoặc (8) + (13)

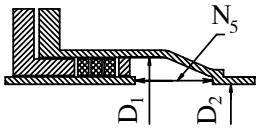
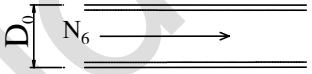
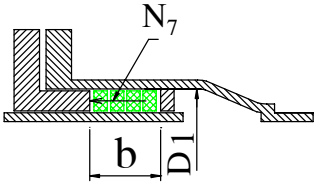
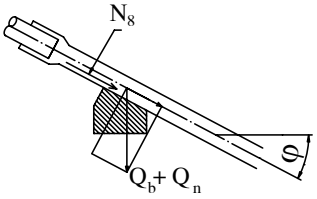
(4). Trường hợp vận hành đặc biệt 2 (hồ làm việc với MNGC, nhà máy làm việc đầy tải có động đất xảy ra và đột nhiên cắt tải toàn bộ) có các tổ hợp lực: (10) + (2) + (3) + (4) + (4a) + (5) + (5a) + (6) + (14).

Bảng 2-9. Tổng hợp các lực tác dụng lên thành ống, mố đỡ, mố néo và các công thức tính toán. Còn các lực gió, băng tuyết và động đất tham khảo các tài liệu và các quy phạm liên quan.

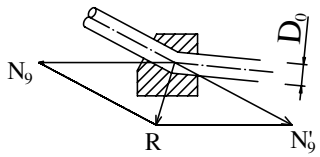
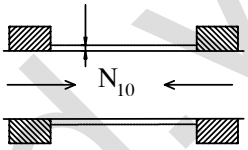
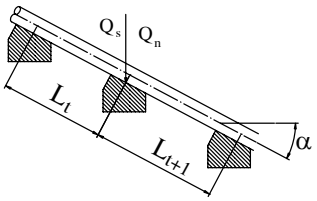
Bảng 2-9. Tổng hợp các lực tác dụng lên đường ống thép.

Thứ tự	Tên lực tác dụng	Công thức tính toán	Hướng của lực khi t° tăng	Hướng của lực khi t° giảm	Sơ đồ lực tác dụng	Ghi chú
1	2	3	4	5	6	7
1	Lực hướng trục do trọng lượng ống gây nên	$N_1 = g_{ố} L \cos\alpha$ Trong đó: $g_{ố}$ trọng lượng của 1 m dài đường ống. L - là độ dài của đoạn ống tính toán				
2	Lực hướng trục do áp lực nước tác dụng lên cửa van đóng kín hoặc nắp đậy	$N_2 = \frac{1}{4}\Pi D^2_{ố} \gamma H$				
3	Lực hướng trục do áp lực nước bên trong tác dụng lên chỗ ống uốn cong	$N_3 = \frac{\pi}{4} D_0^2 \gamma H$				
4	Lực dọc trục do áp lực nước tác dụng lên đoạn ống có	$N_4 =$ $= \frac{\pi}{4}(D_{02}^2 - D_{01}^2)\gamma H$				

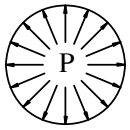
www.vncold.vn

	đường kính thay đổi					
5	Lực hướng trục do áp lực nước bên trong tác dụng lên đầu ống ở khớp nhiệt.	$= \frac{\pi}{4}(D_1^2 - D_2^2)\gamma H$				
6	Lực ma sát của nước với thành ống	$N_6 = \frac{\pi}{4} D_0^2 \gamma h_{\varpi}$				hω - tổn thất cột nước do ma sát
7	Lực ma sát của vật liệu chèn ở khớp co dãn nhiệt khi nhiệt độ thay đổi.	$N_7 = \pi D_1 b f_k \gamma H$				fk là hệ số ma sát giữa vật liệu chèn với thành ống
8	Lực ma sát giữa mố đỡ với thành ống khi nhiệt độ thay đổi	$N_8 = \sum (q_t + q_n).$ $. l_1 . f \cos\varphi$				

www.vncold.vn

9	Phân lực của lực li tâm do nước chảy qua chỗ ống cong	$N_9 = \frac{\pi}{4} D_0^2 \frac{\gamma V^2}{g}$				R – lực li tâm
10	Lực do biến dạng ngang gây nên:					
	Khi chiều dày thành ống không đổi:	$N_{10a} = \mu \sigma \pi D \delta$				
	Khi chiều dày thành ống thay đổi:	$N_{10b} = \mu \sum l_i \sigma : : \sum \frac{l_i}{\pi D_i \delta_i}$				
11	Lực do nhiệt độ thay đổi gây nên:					
	+ Khi chiều dày thành ống không đổi.	$N_{11a} = \alpha_t E \pi D \delta \Delta t$				
	+ Khi chiều dày thành ống thay đổi	$N_{11b} = \alpha_t E \Delta t \sum l_i : : \sum \frac{l_i}{\pi D_i \delta_i}$				
12	Lực pháp tuyến do trọng lượng ống gây nên	$Q_s = q_0 L \cos\alpha$				
13	Lực pháp tuyến do nước trong ống gây nên	$Q_n = q_n L \cos\alpha$				

www.vncold.vn

14	Âp lực nước trong ống	P = γ H				

Các ký hiệu trong các công thức:

$q_ố$: Trọng lượng một mét dài ống

l: Độ dài tính toán của đoạn ống

α: Góc nghiêng đường ống tạo bởi trục ống và mặt phẳng nằm ngang

D: Đường kính trong của ống

γ: Trọng lượng riêng của nước

H: Cột nước tính toán bao gồm cả áp lực nước va tại tiết diện được xét

D_{o1}, D_{o2}: Đường kính trong lớn nhất và nhỏ nhất ở chỗ có đường kính thay đổi của ống

D_1, D_2: Đường kính trong ống lồng trượt và đường kính trong đường ống ở khớp co dãn nhiệt

$h_ω$: Cột nước tổn thất do ma sát

b: Độ dài đoạn chèn vật liệu chắn nước ở khớp co dãn nhiệt, có thể lấy b = 0,1 $D_ố$

f_k: Hệ số ma sát giữa vật liệu chắn nước ở khớp co dãn nhiệt và thành ống, sơ bộ có thể lấy f_k = 0,2 ÷ 0,3; Song lưu ý giá trị tích số $bf_kγH$ không nên nhỏ hơn 7,5 N/m

$Q_ố$: Trọng lượng bản thân đoạn ống tính toán

Q_n: Trọng lượng nước trong đoạn ống tính toán

f: Hệ số ma sát giữa thành ống và mố đỡ khi ống dịch chuyển, nó phụ thuộc vào hình thức kết cấu mố đỡ

Ví dụ: Ma sát giữa kim loại với yên ngựa bằng bê tông sơ bộ có thể lấy f = 0,6 ÷ 0,75

- Ma sát giữa kimloại với yên ngựa kim loại không dầu nhờn sơ bộ lấy f = 0,5, khi có cho dầu nhờn f = 0,3 ÷ 0,45

- Mố đỡ kiểu con lăn f = 0,1;

A_9: Thành phần hướng trục của lực ly tâm R và lực ly tâm Rtính theo công thức :

$$R = \frac{2\gamma V^2}{g}.\frac{\pi D^2}{4}.Sin\frac{\alpha}{2}$$

V: Lưu tốc trong đường ống

μ: Hệ số poát xông

σ: Ứng suất

δ: Chiều dày thành ống

α_t: Hệ số nở dài nhiệt của thép và $\alpha_t = 12{,}0.10^{-6}$

E: Môdun đàn hồi của thép E = 2,1. 10^6 kg/cm^2

Δt: Độ chênh nhiệt độ;

g: Gia tốc trọng trường và bằng 9,8 m/gy^2

2.7.3. Phân tích kết cấu ống thép hở

2.7.3.1. Sơ bộ xác định chiều dày thành ống thép hở (lộ thiên).

Khi tiến hành phân tích ứng suất ống thép, đầu tiên phải xác định độ dày thành ống. Độ dày thành ống thép hở bao gồm độ dày tính toán và độ dày chống gỉ. Độ dày tính toán quyết định bởi yêu cầu về cường độ của thành ống. Độ dày chống gỉ thường lấy từ 1 ÷ 2 mm. Ống thép thuộc loại kết cấu vỏ mỏng, ngoài thoả mãn yêu cầu về cường độ còn có yêu cầu về độ cứng của thành ống để thuận tiện trong quá trình chế tạo, lắp ráp và vận chuyển.

Áp lực nước trong ống là phụ tải chủ yếu đối với ống thép hở, dưới tác dụng của áp lực nước bên trong phân bổ đều lên vỏ ống, gây ứng suất cắt thành ống σ_z và có thể xác định theo công thức sau:

$$\sigma_z = \frac{pD_0}{2\delta} \qquad (2\text{-}15)$$

Trong đó:

p: Áp lực nước trong ống (N/mm^2)

D_0: Đường kính trong ống thép (mm)

δ: Chiều dày thành ống (mm).

Khi chỉ xét phụ tải chủ yếu, ứng suất cho phép của vật liệu thép [σ] nên giảm xuống với hệ số φ_1 để sử dụng và tiếp đến lại xét thêm chất lượng cường độ hàn với hệ số φ_2 thì chiều dày thành ống nên tính theo công thức sau:

$$\delta = -\frac{pD_0}{2\varphi_1\varphi_2} \cdot \frac{1}{[\sigma]} \text{ (mm)} \qquad (2\text{-}16)$$

Trong đó:

δ: Chiều dày tính toán thành ống (mm)

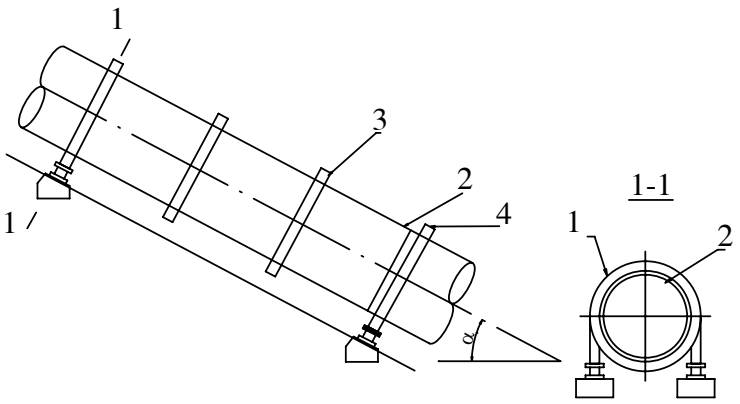
[σ]: Ứng suất cho phép của thép (N/mm^2)

φ_1: Hệ số giảm ứng suất cho phép, thường lấy $\varphi_1 = 0{,}75$.

φ_2: Hệ số chất lượng đường hàn, căn cứ vào kỹ thuật hàn, phương pháp và kinh nghiệm hàn để chọn và thường $\varphi_2 = 0{,}9 \div 0{,}95$.

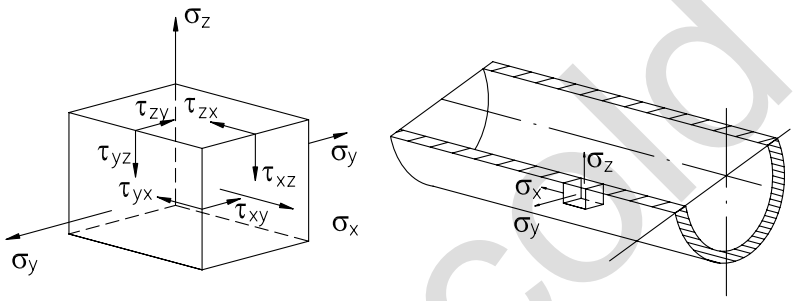
2.7.3.2. Phân tích ứng suất trong thân ống thép hở

www.vncold.vn



Hình 2 -18. Các mặt cắt tính toán trong phân tích ứng suất thành ống thép

1 – Vành mố đỡ; 2 – Thành ống



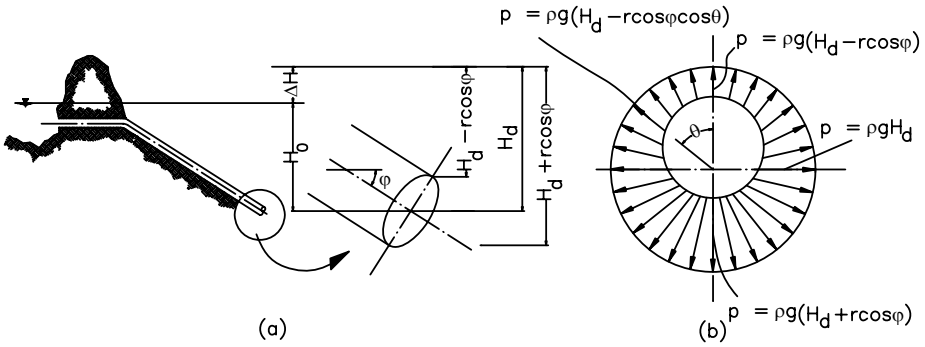
Hình 2 - 19. Trạng thái ứng suất của một phân tố ở thành ống thép

Căn cứ vào hình thức kết cấu của thân ống và đặc điểm chịu lực để chọn mặt cắt tính toán trong phân tích ứng suất trong thân ống. Chọn 4 vị trí mặt cắt cơ bản sau đây để tính: Mặt cắt 1 - 1 chọn ở giữa nhịp, mặt cắt 2 - 2 ở biên bên vành đỡ, mặt cắt 3 - 3 ở nơi vành tăng cứng (vành gia cố) và mặt cắt 4 - 4 ở ngay mố đỡ (xem hình 2-18)

Trước khi tính toán phân tích ứng suất thành ống cần thống nhất một số quy định sau: chọn đường trục của ống làm trục x, đường kính ống làm trục y và đường song song với tiếp tuyến vành ống làm trục z, ứng suất nén lấy dấu âm (-), ứng suất kéo lấy dấu dương (+).

2.7.3.2.1. Ứng suất thành ống do lực hướng đường kính tác dụng sinh ra

Đối với ống thép hở, áp lực nước trong ống sinh ra lực hướng tâm như hình 2-20. biểu thị và sinh ra các loại ứng suất: Ứng suất pháp tuyến và ứng suất tiếp tuyến.



Hình 2 -20. Sơ đồ phân bổ áp lực nước trong ống theo hướng đường kính.

(1). Ứng suất pháp tuyến (ứng suất hướng đường kính) σ_y ở các mặt cắt trên thành thân ống thép bằng áp lực nước trong ống tại mặt cắt đó.

$$\sigma_y = - p = - \rho g (H_{tt} \pm r.\cos\varphi.\cos\theta) \qquad (2\text{-}17)$$

Trong đó:

H_{tt}: Cột nước tính toán và tính $H_{tt} = H_0 + \Delta H$

r: Bán kính trong của ống dẫn nước

φ: Góc nghiêng giữa trục ống và đường thẳng nằm ngang

θ: Góc kẹp giữa đường kính ống qua phân tố đơn vị đang xét và đường thẳng đứng:

ρ: Mật độ nước trong ống

g: Gia tốc trọng trường.

(2). Ứng suất tiếp tuyến

Dưới tác dụng áp lực nước trong ống, thành ống sinh ra ứng suất tiếp tuyến $\sigma_{z,}$, vì ống thép thuộc kết cấu vỏ mỏng có thể cho rằng ứng suất tiếp tuyến phân bổ đều theo chiều dày thành ống và nó được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{Z1} = \frac{pr}{\delta} = \frac{\rho g(H_{tt} - r\cos\varphi\cos\theta)r}{\delta} \qquad (2\text{-}18)$$

Trong đó:

δ: Chiều dày thành ống;

Các ký hiệu khác tương tự như công thức (2-17).

Đối với các mặt cắt 3 - 3 và 4 - 4 vì dưới tác dụng ràng buộc của vành tăng cứng và vành đai mố đỡ, ứng suất tiếp tuyến phải căn cứ vào chuyển vị hướng tâm của thành ống để xác định

2.7.3.2.2. Ứng suất thành ống do tác dụng của lực hướng trục gây nên

Dưới tác dụng của các lực hướng trục $\sum A$, phát sinh ứng suất hướng trục σ_{x3} ở thành ống và xác định theo công thức:

$$\sigma_{x3} = \frac{\sum A}{\pi D \delta} \qquad (2\text{-}19)$$

Trong đó:

D: Đường kính ống dẫn nước

Các lực hướng trục tác dụng lên thành ống có thể dựa vào bảng (2-9) và tình hình làm việc cụ thể của đường ống để xác định.

2.7.3.2.3. Ứng suất thành ống phát sinh do tác dụng của lực pháp tuyến

Dưới tác dụng của phụ tải q hướng pháp tuyến phân bổ đều do trọng lượng bản thân và nước trong ống, ống sẽ bị uốn cong và gây nên ứng suất hướng trục, ứng suất cắt trong thành ống.

Có thể xem ống thép như một dầm nhiều nhịp liên tục, mố néo đầu dưới ống là ngàm cố định còn khớp co dãn nhiệt ở phía trên là đầu tự do, trục ống tạo với trục nằm ngang một góc φ để tính mômen M và lực cắt Q (hình 2-21). Do đó ứng suất trong thành ống có thể tính theo công thức sau:

(1). Ứng suất pháp

$$\sigma_{x1} = -\frac{M}{W}\cos\varphi = \frac{M}{\pi r^2 \delta}\cos\varphi \qquad (2\text{-}20a)$$

hay $$\sigma_{x1} = -\frac{M}{W}\cos\varphi = \frac{4M}{\pi D^2 \delta}\cos\varphi \qquad (2\text{-}20b)$$

Trong đó:

M: Mômen ở mặt cắt tính toán do trọng lượng ống và nước trong ống gây nên. ở mặt cắt giữa nhịp và tại mặt cắt mỗ đỡ có mô men lớn nhất và tính gần đúng:

$$M = \frac{1}{10} qL^2 \cos\varphi .$$

W: Môduyn mặt cắt khuyên tròn thành ống thép và $W = \frac{\pi D^2}{4}\delta$

Nếu đồng thời xét thêm lực động đất tác dụng, ứng suất trong thành ống tính theo công thức sau:

$$\sigma_{x2} = \frac{4}{\pi D^2 \delta}(-M\cos\varphi + M_{dc}\sin\varphi) \qquad (2\text{-}21)$$

Trong đó:

M_{dc}: Mômen dầm liên tục dưới tác dụng của lực địa chấn và tính gần đúng theo công thức:

$$M_{dc} = \frac{0{,}5K_{dc}M}{\cos\varphi}$$

$K_{đc}$: Hệ số địa chấn nằm ngang

(2). Ứng suất cắt τ_{xz}:

www.vncold.vn

Dựa vào lý thuyết kết cấu, ứng suất cắt được xác định theo công thức sau:

$$\tau_{xz} = \frac{QS}{bJ} = \frac{Q\sin\theta}{\pi r\delta} \qquad (2\text{-}22)$$

Trong đó:

Q: Lực cắt ở mặt cắt trên ống liên tục

S: Mômen tĩnh của diện tích hình vành khuyên đối với trục trung hoà

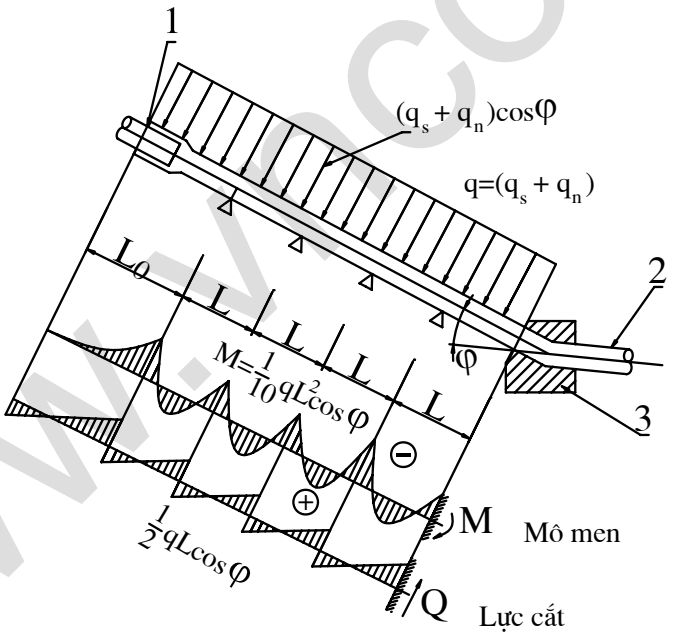
b: Chiều rộng mặt cắt chịu lực cắt và b = 2δ

J: Mômen quán tính của mặt cắt thành ống và $J = \frac{\pi D^3\delta}{8}$

D: Đường kính ống dẫn nước.

Từ công thức (2-22) và hình (2-20) ta thấy rằng ở đỉnh ống θ = 0, ở đáy ống θ = $180^{0,}$ τ_{xz} = 0, hai bên hông ống θ = 90^0 và θ = 270^0 lúc này ứng suất cắt đạt giá trị lớn nhất:

$$\tau_{xz} = \frac{Q}{\Pi r\delta} \qquad (2\text{-}23)$$



Hình 2-21. Biểu đồ mômen M và lực cắt Q do lực pháp tuyến gây nên

2.7.3.2.4. Ứng suất thành ống tại vành thép gia cố

Dưới tác dụng của áp lực nước bên trong ống, thành ống phát sinh chuyển vị theo huớng đường kính một lượng Δ_2, biến vị tương đối là Δ_2/r và theo định luật Huc ta có:

$$\frac{\Delta_2}{r} = \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Trong đó: $\sigma = \frac{Pr}{\delta}$, do đó ta có:

$$\Delta_2 = \frac{Pr^2}{\delta E} \qquad (2\text{-}24)$$

Nhưng do vành thép gia cố có độ cứng tương đối lớn giữ chặt ống nên chỉ phát sinh chuyển vị hướng đường kính ra ngoài một lượng nhỏ Δ_1 và được xác định theo công thức:

$$\Delta_1 = (pa + 2Q')\frac{r^2}{F_k' E} \qquad (2\text{-}25)$$

Trong đó:

Q': Lực cắt do thành ống truyền cho vành thép gia cố.

F_k': Diện tích mặt cắt tĩnh của vành thép gia cố bao gồm cả diện tích thành ống đoạn nối tiếp a.

a: Chiều rộng của vành thép gia cố (hình 2-22a).

Do vậy, thành ống ở vùng phụ cận của vành đai thép phát sinh uốn cong cục bộ. Căn cứ lý thuyết đàn hồi, phạm vi ảnh hưởng của vành đai thép đối với ứng suất thành ống chỉ giới hạn trong phạm vi độ dài có hạn l' hai bên vành thép gia cố và l' tính theo công thức sau:

$$l' = \frac{\sqrt{r\delta}}{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}} = 0{,}78\sqrt{r\,\delta} \qquad (2\text{-}26)$$

Trong đó:

μ: Hệ số Poison, đối với thép lấy μ = 0,3

Bây giờ ta hãy tách riêng thành ống và vành đai thép gia cố ra và thay vào đó lực cắt hướng tâm Q' và mômen M' để cân bằng như hình (2-22b) biểu thị. Dựa theo lý thuyết đàn hồi, giữa Q' và M' có tồn tại quan hệ sau:

$$M' = \frac{1}{2} Q' l' \qquad (2\text{-}27)$$

Dưới tác dụng đồng thời các lực Q' và M' thành ống phát sinh biến vị Δ_3 hướng tâm và nó được tính theo công thức:

$$\Delta_3 = \frac{3Q'(1-\mu^2)(l')^3}{E\delta^3} \qquad (2\text{-}28)$$

Căn vào điều kiện biến dạng: $\Delta_1 = \Delta_2 - \Delta_3$ (hình 2-22a), thay các giá trị Δ_1, Δ_2, Δ_3 vào và rút gọn ta có:

$$Q' = \beta l' p \qquad (2\text{-}29)$$

$$M' = \frac{1}{2}\beta (l')^2 p \qquad (2\text{-}30)$$

Trong đó:

www.vncold.vn

$$\beta = \frac{F_k - a\delta}{F_k + 2l'\delta}$$

Dưới tác dụng của Q' và M' ứng suất cục bộ trên thành ống:

$$\sigma_{x2} = \pm\frac{6M'}{\delta^2} = \pm 1{,}82\beta\frac{p\,r}{\delta} \qquad (2\text{-}31)$$

$$\tau_{xy} = \frac{Q'}{\delta} = \frac{\beta\, l' p}{\delta} \qquad (2\text{-}32)$$

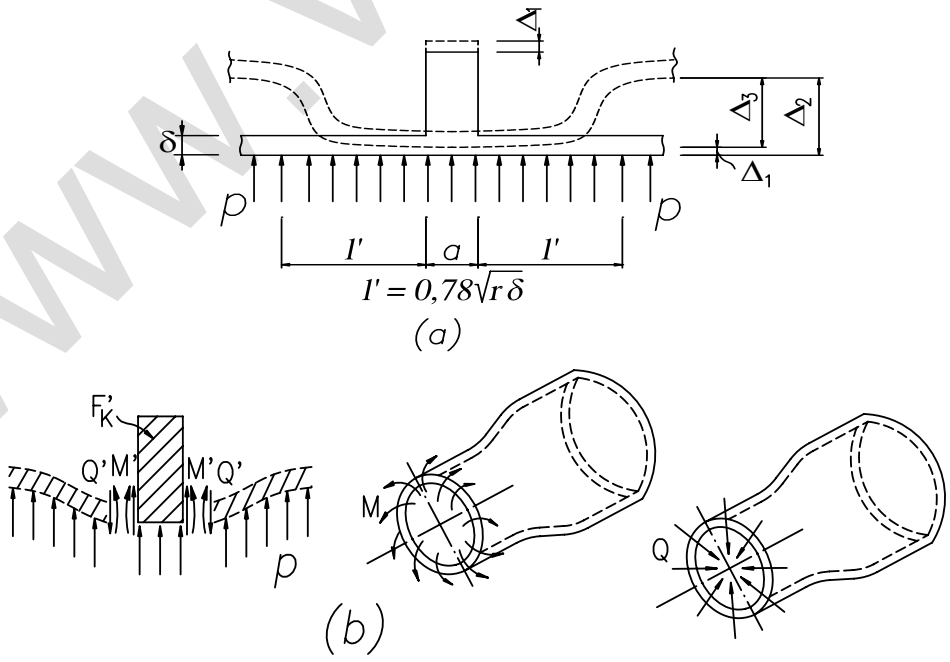
Ứng suất tiếp tại vành đai gia cố có thể căn cứ biến vị hướng tâm Δ_1 để tìm.

$$\sigma_{x5} = \frac{E\Delta_1}{r} = \frac{p\,r}{F'_k}(a + 1{,}56\beta\sqrt{r\,\delta}) \qquad (2\text{-}33)$$

Các loại ứng suất trên thành ống tại chỗ vành đai thép gia cố và các công thức tính toán được tổng hợp trong bảng (2-10)

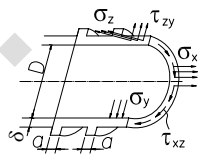
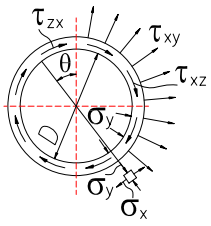
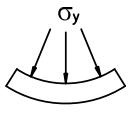
2.7.3.2.5. Ứng suất thành ống tại chỗ vành đai thép mố trụ đỡ

Vành mố trụ đỡ cũng giống như vành đai gia cố, có tác dụng bó chặt không cho thành ống chuyển vị, do đó khiến thành ống cong cục bộ. Việc tính toán ứng suất cục bộ của chúng cũng giống như chỗ vành đai thép gia cố. Nhưng có điểm khác nhau là do tác dụng của trụ mố đỡ khiến trở thành một dầm hình cung có trụ đỡ trên mố trụ đỡ. Dưới tác dụng của tải trọng hướng pháp tuyến, các mặt cắt trong vòng cung phát sinh mômen M_k, lực hướng trục T_k và lực cắt hướng đường kính Q_k. Người ta lấy vành đai đỡ và đoạn ống ở sát mố đỡ cùng chịu lực có chiều dài bằng 2l' làm đoạn tính toán, xem hình
(2-22).



Hình 2-22. Sơ đồ tính toán chuyển vị cục bộ tại vành thép gia cố ở thành ống thép.

Bảng 2-10. Công thức tính ứng suất ở các mặt cắt vành đai mố đỡ ống thép

TT	Hướng tác dụng	Loại ứng suất	Ứng suất mặt cắt				Công thức tính toán	Ghi chú
			1-1	2-2	3-3	4-4		
1	Hướng trục	Ứ.S chính	σ_{z1}	σ_{z1}			$\sigma_{z1} = \frac{\gamma(H_{tt} - r\cos\varphi\cos\theta)r}{\delta}$	
2	Hướng trục	Ứ.S chính	σ_{z2}	σ_{z2}			$\sigma_{z2} = -\gamma\, r\cos\varphi\cos\theta$	
3	Hướng trục	Ứ.S chính				σ_{z3}	$\sigma_{z3} = \pm\frac{M_K}{W_K}$	
4	Hướng trục	Ứ.S chính				σ_{z4}	$\sigma_{z4} = \frac{T_K}{F_K}$	
5	Hướng trục	Ứ.S chính			σ_{z5}	σ_{z5}	$\sigma_{z5} = \frac{pr}{F_K'}(a + 1{,}56\beta\sqrt{r\delta})$	
6	-	Ứ.S cắt				τ_{zy}	$\tau_{zy} = \frac{Q_K S_K}{J_K a}$	
7	Hướng ngang	Ứ.S chính	σ_{x1}	σ_{x1}	σ_{x1}	σ_{x1}	$\sigma_{x1} = \pm\frac{M}{W}$	
8	-	Ứ.S chính			σ_{x2}	σ_{x2}	$\sigma_{x2} = \pm 1{,}82\beta\frac{pr}{\delta}$	
9	-	Ứ.S chính	σ_{x3}	σ_{x3}	σ_{x3}	σ_{x3}	$\sigma_{x3} = \frac{\sum A}{\pi D\delta}$	
10	-	Ứ.S cắt		τ_{xz}	τ_{xz}	τ_{xz}	$\tau_{xz} = \frac{Q}{\pi.r\delta}\sin\theta$	
11	-	Ứ.S cắt			τ_{xy}	τ_{xy}	$\tau_{xy} = \frac{p}{\delta}\beta l'$	
12	Hướng đường kính	Ứ.S chính	σ_y	σ_y	σ_y	σ_y	$\sigma_y = -\gamma(H_{tt} - r\cos\varphi\cos\theta)$	

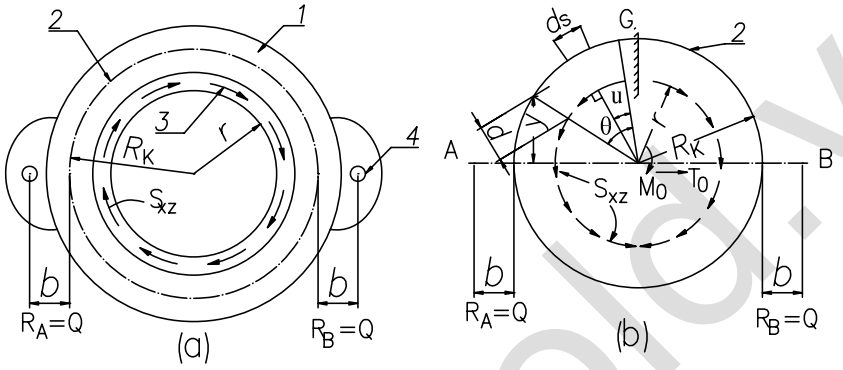
www.vncold.vn

Tải trọng tác dụng lên đoạn tính toán (hình 2-23a) là:

$$S_{xz} = 2\tau_{xz}\delta = \frac{2Q}{\pi.r}\sin\theta \qquad (2\text{-}34)$$

$$R_A = R_B = Q = \frac{1}{2}ql \qquad (2\text{-}35)$$

Các nội lực của mặt cắt trong vành đai có thể dựa vào lý thuyết đàn hồi để tính toán (hình 2-23b) biểu thị.



Hình 2-23. Sơ đồ phân bổ tải trọng và tính toán vành trụ đỡ.

1-Vành đỡ; 2-Đường tròn trung tâm vành đỡ; 3-Thành ống; 4-Điểm đỡ

Nội lực của các mặt cắt ở vành đai mố đỡ không những có quan hệ với tải trọng và kích thước của vành đai mố đỡ mà còn quan hệ với tỷ số b/R_K. Khi tỷ số $b/R_K = 0{,}04$ thì ở vành đai mômen dương lớn nhất và mômen âm lớn nhất và xấp xỉ nhau nghĩa là vật liệu được sử dụng đạt hiệu ích kinh tế tối ưu.

Ta đem mômen M_K trong vành đai (có $b = 0{,}04R_K$) lực hướng trục T_K của vành đai và lực cắt Q_K hướng đường kính vẽ lên như hình 2-24.

Ứng suất trên các mặt cắt trong vành đai mố đỡ có thể xác định theo các công thức sau:

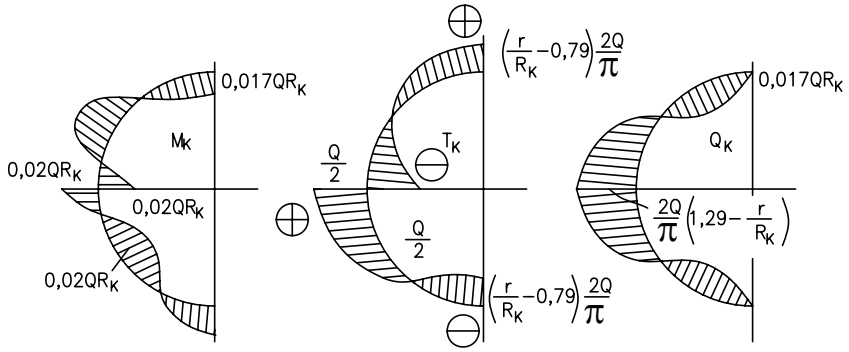
$$\sigma_{z3} = \frac{M_K}{W_K} \qquad (2\text{-}36)$$

$$\sigma_{z4} = \frac{T_K}{F_K} \qquad (2\text{-}37)$$

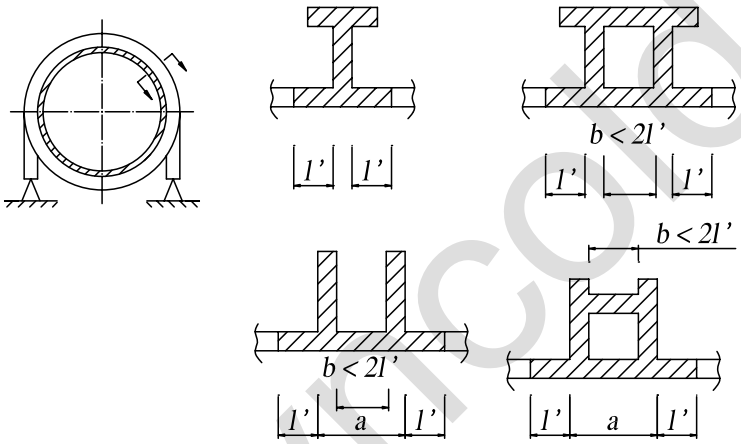
$$\tau_{xy} = \frac{Q_K S_K}{aJ_K} \qquad (2\text{-}38)$$

Trong đó: W_K, F_K, J_K và S_K theo tuần tự là môđun chống uốn, diện tích mặt cắt, mômen quán tính của vành đai mố đỡ (bao gồm cả thành ống cùng chịu tác dụng) và mômen tĩnh của một mặt cắt tính toán đối với trục trung hoà.

Mặt cắt các loại vành đai mố đỡ có thể xem hình 2-25. Các công thức tính toán ứng suất tại 4 mặt cắt cơ bản được tổng hợp trong bảng 2-10



Hình 2-24. Sơ đồ nội lực tại mặt cắt vành đai mố đỡ (khi b = 0,04R_K)



Hình 2-25. Hình dạng các loại mặt cắt vành đai mố đỡ (l' = 0,78 $\sqrt{r.\delta}$)

2.7.3.2.6. Kiểm tra cường độ của thành ống thép

Trong quá trình thi công và vận hành, ống thép luôn ở trong trạng thái phức tạp và thành ống chịu các loại ứng suất: ứng suất hướng tâm σ_y, ứng suất dọc trục σ_x và ứng suất tiếp tuyến (kinh tuyến) σ_z. Sau khi xác định được các loại ứng suất thành phần theo các công thức như đã trình bày trên, ta kiểm tra độ bền thành ống theo ứng suất quy đổi (theo điều kiện kỹ thuật và tiêu chuẩn thiết kế của Liên Xô cũ) bằng các công thức sau:

$$\sigma_1 = \sqrt{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + 4\tau^2_{yz}} < \varphi[\sigma] \qquad (2\text{-}39)$$

$$\sigma_2 = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau^2_{xz}} < \varphi[\sigma] \qquad (2\text{-}40)$$

$$\sigma_3 = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\alpha\tau_{xy}{}^2} < \varphi[\sigma] \qquad (2\text{-}41)$$

Trong đó:

$[\sigma]$: Ứng suất cho phép.

φ: Hệ số xét tới chất lượng hàn và bằng: 0,9 ÷ 0,95.

Ứng suất dọc trục toàn phần trong thành ống xác định theo công thức sau:

$$\sigma_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} \qquad (2-41a)$$

Trong đó:

σ_{x1}: Ứng suất do momen uốn gây nên,

σ_{x2}: Ứng suất tại chỗ,

σ_{x3}: Ứng suất do tổng các lực dọc trục.

Tuỳ tình hình tải trọng tác dụng và điều kiện làm việc của mỗi đoạn ống ta có thể lấy các giá trị ứng suất cho phép khác nhau. Ví dụ khi tính toán ở khớp co dãn nhiệt, ống rẽ nhánh, chỗ chạc hai chạc ba và các đoạn ống bố trí trong nhà máy TTĐ, ứng suất cho phép nên giảm đi 15 ÷ 20%.

Khi thiết kế đường ống thép, điều đặc biệt quan trọng là chọn đúng loại thép tốt để chế tạo đường ống. Thép để chế tạo đường ống cột nước cao, ngoài độ bền chịu lực còn cần phải có tính dẻo tốt, tính bền cao, tính chống cắt lớn, tính chịu giá lạnh tốt và có đủ khả năng chống già nua.

2.7.3.2.7. Tính toán độ cứng của thành ống

Trong quá trình vận hành của TTĐ có lúc có thể áp lực bên ngoài tác dụng lên ống thép lộ thiên lớn hơn áp lực nước bên trong. Thí dụ như khi đóng van đột ngột ở cửa lấy nước, mà lỗ thông hơi mất tác dụng, không khí không thể vào ống, trong ống xuất hiện hiện tượng chân không. Lúc đó dưới tác dụng của áp suất không khí bên ngoài nếu độ cứng của ống không đủ, ống sẽ mất tính ổn định và ống có thể bị bóp méo (hình 2-26). Hay trong trường hợp ống bị lấp đất, do áp lực đất bên ngoài, hoặc trong các đường ống đặt trong đập bê tông, do áp lực nước, nước có thể thấm từ thượng lưu theo khe hở tiếp giáp giữa thành ống với bê tông. Các áp lực bên ngoài đó tác dụng lên thành ống có thể làm mất ổn định, do đó cần kiểm tra độ cứng của thành ống.

(1). Đối với ống thép thành trơn.

Trong trường hợp ống thép thành trơn lộ thiên không có vành đai gia cố, có thể co dãn theo hướng trục, áp suất dư giới hạn để duy trì ổn định thành ống:

$$P_{gh} = 2E\,(\frac{\delta}{D})^3 \text{ (MPa)} \qquad (2\text{-}42)$$

Đối với ống thép có chiều dài tương đối lớn, áp suất dư giới hạn có thể tính theo công thức sau:

$$P_{gh} = \frac{2E}{1-\mu^2}(\frac{\delta}{D})^3 \text{ (MPa)} \qquad (2-42a)$$

www.vncold.vn

Để bảo đảm sự ổn định thành ống, áp suất dư thực tế (độ chênh lệch áp suất bên trong và bên ngoài) phải nhỏ hơn áp suất giới hạn P_{gh} và biểu thị theo công thức sau:

$$k.P < P_{gh} = \frac{2E}{1-\mu^2}\left(\frac{\delta}{D}\right)^3 (MPa) \qquad (2\text{-}43)$$

Trong đó:

k: Là hệ số an toàn thường chọn k = 2.

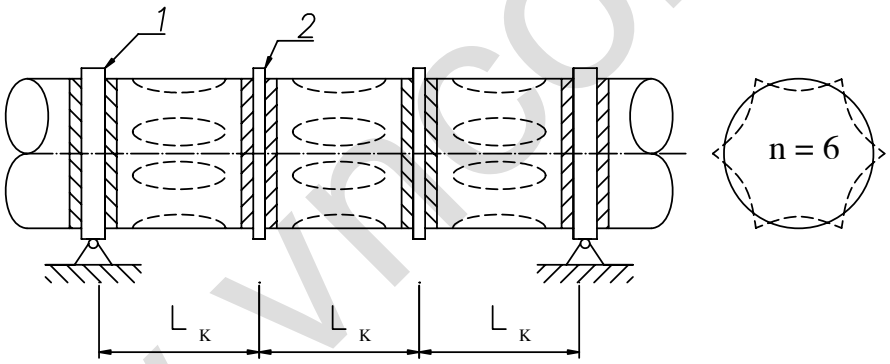
P: Là áp suất dư thực tế, khi xảy ra chân không hoàn toàn lấy P = 0,1 MPa,

E: Môduyn đàn hồi của thép và E = 2,1. 10^5 MPa. đối với thép hệ số μ = 0,3

Thay các giá trị trên vào công thức (2-43) và rút ra điều kiện chống áp lực ngoài của ống thép lộ thiên:

$$\frac{\delta}{D} > \frac{1}{130} \qquad (2-44)$$ Hay

$$\delta > \frac{D}{130} \qquad (2\text{-}44a)$$



Hình 2-26. Trạng thái mất ổn định của thành ống và vành gia cố

1-Vành đỡ mố trụ. 2-Vành gia cố (vành tăng cứng)

(2). Đối với ống thép có đai

Khi độ dày thành ống không thoả mãn điều kiện (2-44a) , cần phải đặt các vành đai gia cố (tăng cứng). Trong trường hợp ống thép có đai gia cố để tăng độ cứng, áp suất dư giới hạn xác định theo công thức:

$$P'_{gh} = \frac{3EJ_K}{R_K^3 l_K} \qquad (2\text{-}45)$$

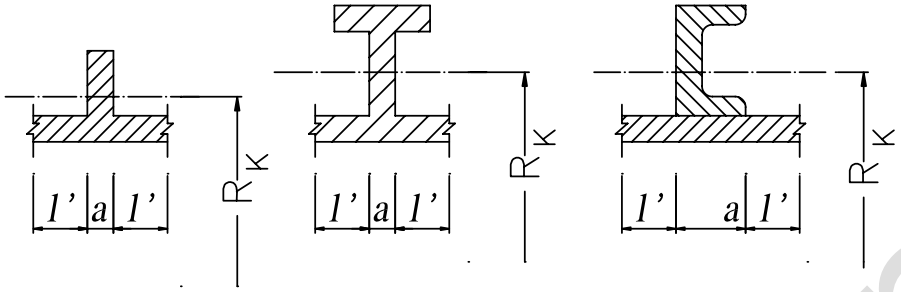
Trong đó:

J_K: Mômen quán tính của mặt cắt vành đai gia cố và cả đoạn phụ cận có chiều dài (2l' + a) đối với trục trung hoà, trong đó l' = 0,78 $\sqrt{r.\delta}$ (xem hình 2 -27)

l_K: Khoảng cách giữa các đai gia cố và l_K = 1,56$\sqrt{r.\delta}$ + a

www.vncold.vn

R_K: Bán kính của vòng tròn đi qua trọng tâm của vành đai gia cố (hình 2-27).



Hình 2-27. Sơ đồ các loại vành đai gia cố (vành tăng cứng) để tính độ ổn định vỏ đường ống thép.

2.8. ỐNG PHÂN NHÁNH

2.8.1. Bố trí và đặc điểm của ống phân nhánh

2.8.1.1. Bố trí ống phân nhánh

Khi trạm thuỷ điện áp dụng phương thức phân nhóm cấp nước với hình thức nhiều máy một ống hoặc nhiều máy nhưng ít ống, nhất thiết phải bố trí ống phân nhánh để phân phối lưu lượng cho các tổ máy. Khi bố trí ống phân nhánh phải dựa vào các yếu tố như: Địa hình, địa chất, bố trí nhà xưởng, tổn thất đầu nước v.v, cần đảm bảo an toàn, hợp lý và kinh tế. Các đường trục của ống chính và ống nhánh phải nằm trong cùng một mặt phẳng

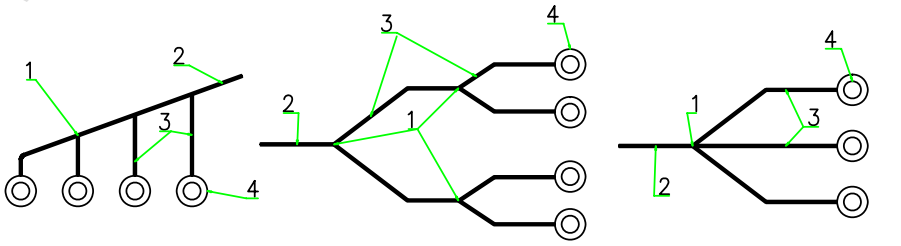
Có 3 cách bố trí điển hình:

(1) Các ống nhánh bố trí lệch cả về một bên của ống chính (hình 2-28a)

(2) Các ống nhánh bố trí đối xứng sang 2 bên của ống chính (hình 2-28b)

(3) Bố trí thành 3 nhánh (hình 2-28c)

Đối với trạm thuỷ điện nhỏ số tổ máy từ 2 ÷ 4. Rất nhiều trường hợp bố trí theo hình thức chữ Y: 2 máy một ống. Khi có ba máy một ống phần lớn bố trí theo hình lệch về 1 bên, Khi đường kính ống không lớn có thể bố trí theo hình thức 3 nhánh, Khi có 4 tổ máy 1 ống thì có thể áp dụng hình thức chữ Y hoặc lệch về một bên.



Hình 2-28. Bố trí điển hình của ống phân nhánh

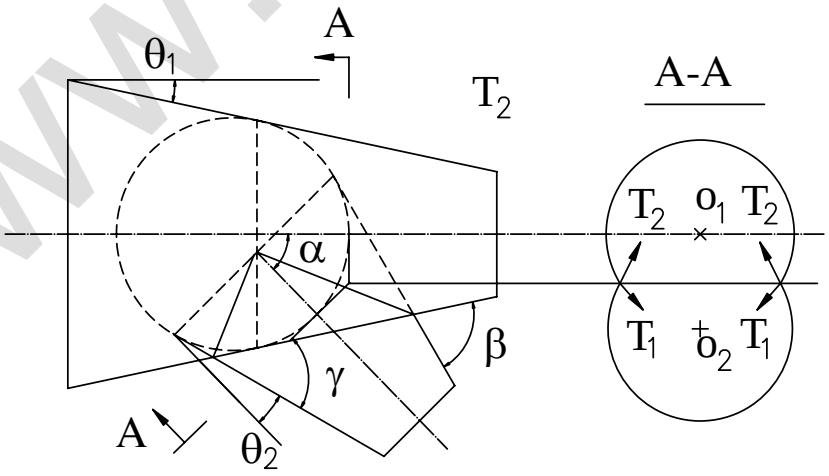
1-Chỗ phân nhánh; 2- ống chính; 3- ống nhánh; 4- Turbin

2.8.1.2. Đặc điểm của ống phân nhánh

Ống phân nhánh là bộ phận phức tạp nhất của ống áp lực, đặc điểm của nó là kết cấu và điều kiện chịu lực phức tạp, công nghệ chế tạo và lắp đặt khó khăn, tổn thất đầu nước lớn.

Khi xác định hình thể của ống phân nhánh, cần đảm bảo kết cấu hợp lý, không sản sinh ứng suất tập trung và biến hình quá lớn, thứ đến là cố gắng giảm bớt dòng chảy rối tại nơi phân nhánh, làm cho lưu tốc trong ống dần dần tăng lên, cố gắng giảm bớt dòng chảy rối và mạch động để giảm bớt tổn thất đầu nước. Sử dụng ống phân nhánh do các đoạn ống hình chóp cụt hợp thành, ống phân nhánh do các đoạn ống hình tròn là có trạng thái dòng chảy tốt nhất. Xuất phát từ mục đích cải thiện điều kiện dòng chảy, góc phân nhánh α (góc kẹp giữa trục ống chính và ống nhánh, hình 2-29 biểu thị) nên nhỏ, vì vậy nếu việc bố trí kết cấu và công nghệ chế tạo cho phép, và hợp lý về kinh tế, thì nên cố gắng sử dụng góc phân nhánh nhỏ. Góc phân nhánh α nói chung nên lấy = $30^0 \div 60^0$ thường lấy $\alpha = 45^0 \div 60^0$. Ngoài ra khi xác định góc phân nhánh còn phải lưu ý tới các yếu tố như khoảng cách các tổ máy, khối lượng đào đắp v.v.. cho hợp lý.

Thành ống của ống chính và ống nhánh tại chỗ phân nhánh cắt nhau, khiến hình dạng mặt cắt ngang thành ống không phải là hình tròn hoàn chỉnh nữa, chỗ thành ống giáp nhau tồn tại lực không cân bằng rất lớn như T_1 và T_2 trong hình 2-29. Để đảm bảo cân bằng lực và ổn định cho thành ống ở chỗ cắt nhau, cần thiết lắp thêm cấu kiện gia cố tại đường cắt nhau (đường giao nhau giữa ống chính và ống nhánh) để gánh chịu lực không cân bằng này. Như thế ống phân nhánh trở thành tổ hợp kết cấu siêu tĩnh không gian do kết cấu vỏ mỏng và cấu kiện gia cố hợp thành. Nó chịu lực tương đối phức tạp.



Hình 2-29. Sơ đồ mô tả phương thức nối tiếp ống phân nhánh

Do ống phân nhánh có ngoại hình phức tạp, các đường hàn tương đối tập trung, để việc chế tạo và hàn nối tiếp dễ dàng, góc của ống phân nhánh yêu cầu

không nên nhỏ quá, tránh hàn hai lần và vết hàn chồng lên nhau. Để tiện cho việc gia cố, nên các đường hàn giao cắt nhau là đường cong trên một mặt phẳng. Điều kiện cần và đủ để các đường hàn giao cắt nhau nằm trên cùng một mặt phẳng là 2 ống hình chóp có cùng một tiếp cầu, trên mặt phẳng là cùng vòng tròn, như đường chấm chấm trên hình 2-29.

2.8.2. Mấy loại ống phân nhánh thường dùng

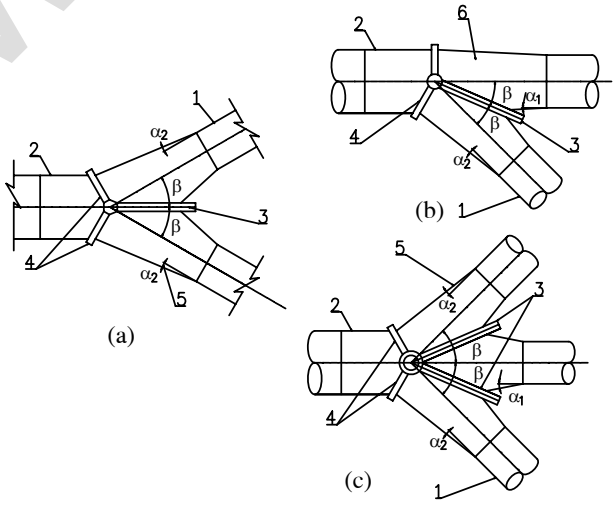
Căn cứ vào hình thể và phương thức gia cố của ống phân nhánh, ống phân nhánh thường dùng trong thuỷ điện chủ yếu có mấy loại sau:

2.8.2.1. Ống phân nhánh hàn bên

Ống phân nhánh bên có ống chính, ống nhánh và bản thép gia cố hợp thành, như hình 2-30a biểu thị. Lực không cân bằng ở chỗ cắt, do bản thép gia cố và thành ống cùng gánh chịu. Trạng thái ứng suất của ống phân nhánh bên tương đối phức tạp. Trước mắt vẫn chưa có một phương pháp phân tích và tính toán nào thích hợp, phần lớn dựa vào kinh nghiệm để xác định kích thước của bản gia cố, chiều rộng của bản gia cố nói chung không nhỏ hơn 0,12 đến 0,18 lần đường kính ống chính. Thành ống của loại này vì cùng tham gia chịu áp lực nước bên trong không cân bằng, chiều dày cần tăng một cách thích đáng, nói chung lấy bằng 1,25 đến 1,5 lần chiều dày tính toán của thành ống. Bản gia cố có thể chế tạo bằng bản thép thông thường, công nghệ chế tạo tương đối giản đơn, dùng trong trạm thuỷ điện có đầu nước thấp hoặc đường kính ống tương đối nhỏ.

2.8.2.2. Ống phân nhánh rẽ hai, rẽ ba

Loại này do ống chính, ống nhánh và cầu chữ U ở cạnh ngoài đường cắt nhau, tạo thành Đáy bao ngoài ở đường cắt nhau của hai ống và vành đai gia cố lưng cấu thành hệ dầm gia cố như hình (2-30) biểu thị. Dầm hình chữ U chịu tác dụng của lực không cân bằng tương đối lớn và là cấu kiện chính trong loại ống này. Dầm lưng gánh chịu lực không cân bằng tương đối nhỏ.



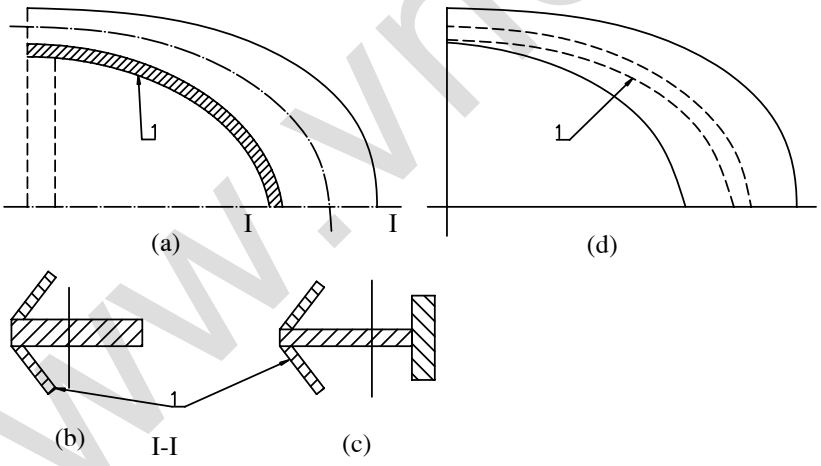
Hình 2-30. Kết cấu điển hình của ống phân nhánh

1- ống nhánh; 2- ống chính; 3- Cầu chữ U; 4- dầm lưng

Đem 2 đầu của dầm đai chữ U và vành đai gia cố lưng liên kết lại, hình thành một cấu kiện tổ hợp do vỏ ống mỏng và hệ thống dầm không gian hợp thành. Nếu là ống lộ thiên vì tính chống uốn của dầm lưng rất nhỏ, giả thiết là nối tiếp mềm, còn trong trường hợp ống chôn dưới đất, giả thiết tính chống uốn rất lớn, coi điểm liên kết là liên kết cứng. Do độ cứng của 3 dầm tương đối lớn, đối với vỏ ống có độ bó chặt lớn, làm cho vỏ ống vùng 3 dầm tồn tại ứng suất cục bộ tương đối lớn. Yêu cầu công nghệ chế tạo ống phân nhánh chạc 3 cao. Ống phân nhánh chạc 3 là loại thường dùng nhiều trong thực tế, đã có nhiều kinh nghệm về thiết kế chế tạo và vận hành nhưng vì nó tồn tại những khuyết điểm như đã nêu trên, cho nên không thể coi là loại cấu kiện lý tưởng. Nó có thể thích hợp với ống thép lộ thiên có cột nước tương đối cao, lưu lượng (Q) tương đối nhỏ.

2.8.2.3. Ống phân nhánh có thép đai hình mặt bán nguyệt

Loại này dùng bản thép hình bán nguyệt cắm vào trong ống thay cho đai hình chữ U trong ống phân nhánh chạc 3. Vì vậy nó là loại ống phân nhánh chạc 3 cải tiến. Ưu điểm chủ yếu của nó là: Bản thép dầm hình bán nguyệt chịu lực tương đối đều và không có ứng suất vòng. Cải thiện điều kiện dòng chảy, do bỏ đi ba dầm làm cho kích thước ngoài của ống phân nhánh giảm nhỏ nhiều. Loại ống này là loại có hình thức tương đối mới đang được phát triển mấy năm gần đây ở các nước.



Hình 2-31. Hình dạng mặt cắt đai chữ U

1- Thành ống.

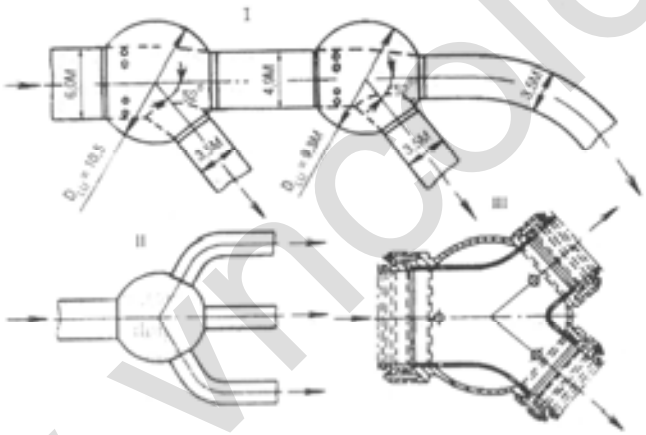
2.8.2.4.Ống phân nhánh hình cầu.

Ống phân nhánh hình cầu (quả cầu) thường được sử dụng ở các TTĐ có cột nước cao. Khi ống phân nhánh hình cầu có đường kính không lớn thường được đúc liền khối. Đôi

khi người ta đặt thêm ống dẫn hướng vào bên trong quả cầu để giảm tổn thất cột nước . Ngoài ra trên các ống dẫn hướng được đặt trong quả cầu đó người ta còn đục các lổ để nước thông nhau, nhờ đó thành ống dẫn hướng chịu áp lực nước hai bên, do đó độ dày thành ống có thể làm mỏng đi (xem hình 2-32).

Khi TTĐ có cột nước cao và đường ống có đường kính lớn, việc thiết kế và công nghệ chế tạo ống phân nhánh hình cầu khá phức tạp: một mặt phải bảo đảm tổn thất thủy lực nhỏ nhất, mặt khác phải bảo đảm tốt nhất về độ bền và độ ổn định. Như vậy đối với các TTĐ vừa và lớn cần phải qua thí nghiệm mô hình để chọn được kết cấu hợp lý cho ống phân nhánh.

Trong thực tế để tăng mức bảo đảm an toàn, tăng độ bền và tăng độ ổn định chỗ ống phân thường được trong khối bê tông cốt thép (mố ôm). Khối bê tông của mố ôm này gánh chịu tất cả các lực xuất hiện trong ống phân nhánh truyền cho nó.



Hình 2-32 Kết cấu ống phân nhánh dạng hình cầu

2.8.3. Những điểm chủ yếu khi thiết kế ống phân nhánh

Đầu tiên, căn cứ phương pháp cấp nước và phương thức dẫn vào nhà máy của ống nước áp lực, lựa chọn hình thức bố trí "kết cấu của ống phân nhánh". Đối với loại bố trí hình chữ Y (như hình 2-30a). Kết cấu gia cố của nó là dầm hình chữ U và hai dầm lưng. Đối với đường kính ống dẫn nước chính của trạm thuỷ điện nhỏ thường thường tương đối nhỏ, thì có thể dùng dầm lưng hình bán nguyệt. Bố trí hình chữ Y là hình thức thường dùng của ống phân nhánh loại này. Nếu là bố trí 3 nhánh (như hình 2-30c) thì hệ dầm gia cố là do hai dầm chữ U và hai dầm lưng hợp thành. Nếu áp dụng hình thức bố trí về một bên (hình 2-30b) thì hệ dầm do 1 chữ U và 2 dầm lưng hợp thành.

Tiếp theo là từ hình thức bố trí kết cấu ống phân nhánh, đường kính ống chính và đường kính ống nhánh v.v, để xác định kích thước ngoài của ống phân nhánh. Lúc này góc kẹp giữa hai trục ống chính và ống nhánh θ nên dùng $40^0 \div 60^0$; chiều dài của ống chính, ống nhánh phải thoả mãn yêu cầu về bố trí kết cấu và trạng thái dòng chảy. Hình thức mặt cắt cần gia cố thường dùng có 2 loại - hình chữ nhật, hình chữ T. Khi vật liệu cho phép, cầu chữ U có mặt cắt hình chữ nhật nên hơi ngắn và dày. mặt ngoài (trong) của cầu chữ U đều là đường bầu dục. Để giảm bớt đoạn tính toán của cầu chữ U, có thể đem một phần của nó luồn vào vỏ ống như hình 2-31d biểu thị, phần lồng vào ống càng lớn ứng suất uốn cong trên dầm chữ U càng nhỏ.

Vấn đề thứ 3 là tiến hành phân tích kết cấu và tiến hành tính toán ứng suất mặt cắt đối với thành ống và hệ dầm gia cố đã xác định, kiểm nghiệm kích thước hình học của nó đã thoả mãn yêu cầu cường độ chưa?, nội dung cụ thể về phân tích kết cấu như sau:

2.8.3.1. Giả thiết cơ bản

Ứng suất thành ống chỉ xem xét ứng suất chính, bỏ qua ứng suất cục bộ, dùng phương pháp tăng chiều dày ống để bù đắp lại. Tải trọng trên hệ dầm là ứng suất chính do thành ống truyền đến, nói chung ống phân nhánh của trạm thuỷ điện đều được bọc kín bằng mố bê tông cố định, lực hướng trục hoàn toàn do mố bê tông cố định chịu. Nếu sức chống uốn của dầm lưng rất nhỏ, thì điểm liên kết ở đầu 3 dầm coi là mềm, lúc này mô men ở bộ phận đầu 3 dầm bằng không. Nếu cường độ chống uốn của dầm lưng lớn thì điểm liên kết bộ phận đầu 3 dầm coi như liên kết cứng, lúc này góc chuyển vị ở bộ phận đầu 3 dầm bằng không.

2.8.3.2. Tính toán gần đúng chiều dày thành ống

Chiều dày thành ống nên thoả mãn 2 điều kiện:

(1) Thành ống cách hệ dầm gia cố $> 0{,}78\sqrt{r\delta}$ có thể xem là khu ứng suất chính, căn cứ ống hình chóp, tính toán gần đúng chiều dày thành ống

$$\delta = \frac{Kpr}{\Phi[\sigma]\cos\theta} \qquad (2\text{-}46)$$

Trong đó

p: Áp lực nước bên trong,

r: Bán kính trong lớn nhất của đoạn ống,

θ: $\frac{1}{2}$ góc chóp của ống,

Φ: Hệ số đàn hồi: Φ = 0,9 ÷ 0,95

K: Hệ số gia tăng chiều dày thành ống: K = 1,1

[σ]: Ứng suất cho phép của vật liệu ở khu ứng suất chính.

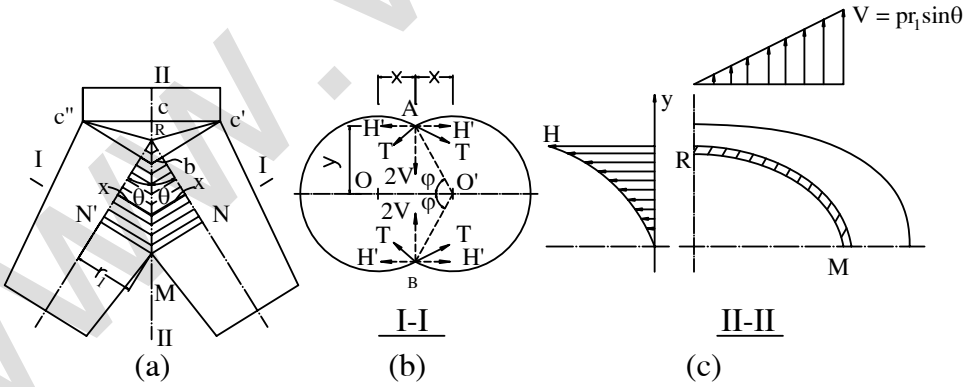
(2) Thành ống trong phạm vi $0{,}78\sqrt{r\delta}$, ngoài ứng suất chính còn nên xem xét ứng suất cục bộ, chiều dày thành ống vẫn tính theo công thức 2-46, nhưng K trong công thức này lấy bằng K = 1,5 ÷ 2,0 (Xét đến ảnh hưởng của ứng suất cục bộ); [σ]- dùng ứng suất cho phép trong khu ứng suất cục bộ.

2.8.3.3. Phân tích cường độ của hệ dầm gia cố

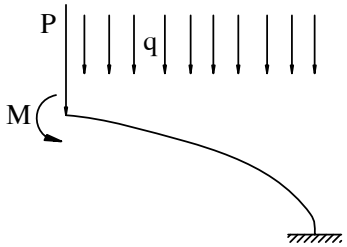
Căn cứ vào ứng suất chính từ thành ống chuyển đến, tính ra tải trọng thẳng góc và tải trọng ngang mà các dầm chịu. Tải trọng thẳng góc bằng tích của diện tích phần gạch chéo trong hình 2-33a với áp suất nước trong ống p, Tải trọng ngang căn cứ vào áp lực nước lên trên diện tích hình chiếu bởi mặt giao nhau của ống chính và ống nhánh chiếu xuống hướng trục của ống chính và ống nhánh để tính toán.

Khi tính toán hệ dầm gia cố của ống phân nhánh trong trạm thuỷ điện, có thể bỏ qua tải trọng ngang, kết quả tính toán thiên về an toàn.

Dầm lưng và dầm chữ U liên hiệp làm việc, hình thành một hệ kết cấu không gian, nói chung có thể dùng phương pháp kết cấu lực học để tính toán gần đúng. Ống phân nhánh 3 dầm của thuỷ điện. Chỗ liên kết của 3 bộ phận đầu dầm gia cố có thể xem là liên kết cứng, nghĩa là các phần đầu của dầm chỗ có chuyển vị ngang, không có chuyển vị góc, đem các dầm giản đơn hoá thành dầm cong chịu tải trọng q, p và mô men M, như hình 2-34 biểu thị. Căn cứ điều kiện biến vị giống nhau ở đầu dầm, tính ra các nội lực chưa biết P và M ở các đầu dầm. Sau đó lại căn cứ kết cấu tĩnh tìm ra nội lực các mặt cắt trong dầm, sau cùng căn cứ vào công thức dầm cong tính ra ứng suất, kiểm tra cường độ mặt cắt. Công việc tính toán cụ thể có thể tham khảo các tài liệu tính toán kết cấu liên quan.



Hình 2-33. Tình trạng chịu lực của ống phân nhánh



Hình 2-34. Sơ đồ tính toán dầm gia cố của ống phân nhánh

2.9. ỐNG BÊ TÔNG CỐT THÉP ÁP LỰC

2.9.1.Phân loại và phạm vi ứng dụng

Ống bê tông cốt thép có áp có thể chia làm hai loại: Ống bê tông cốt thép bình thường và ống bê tông cốt thép dự ứng lực (còn gọi ứng suát trước). Loại trước dùng khi cột nước dưới 50m, loại sau dùng khi đầu nước cao hơn. Trong thực tế xây dựng thuỷ điện ở Trung Quốc, ống bê tông cốt thép dự ứng lực có đường kính nhỏ (đường kính trong D < 1m) đã có nơi dùng với cột nước đến 120 ÷180 m, làm việc vẫn tốt. Với công nghệ chế tạo được không ngừng cải tiến, hiện đã chế tạo được loại ống bê tông cốt thép dự ứng lực với đường kính trong 2 m, cột nước làm việc 160 m và đã đưa vào vận hành.

2.9.2. Tài liệu cơ bản để thiết kế ống bê tông cốt thép áp lực

Cần nắm rõ các hạng mục công trình trong hệ thống dẫn nước (cửa lấy nước, bể áp lực hoặc tháp điều áp, ống dẫn nước v.v...) và tình hình bố trí tổng thể trạm thuỷ điện.

Các thông số cơ bản trạm thuỷ điện (các cột nước đặc trưng, lưu lượng thiết kế và kết quả tính toán thuỷ lực như tính toán tổn thất cột nước, nước va v.v...).

Tài liệu địa hình: Bản đồ địa hình dọc tuyến ống, bản vẽ cắt dọc và cắt ngang với tỷ lệ thường dùng 1:200 ÷1:500.

Tài liệu địa chất: Tình hình đất nền và cấu tạo địa chất của vùng dọc tuyến ống. Đặc tính vật lý của tầng đất đá như dung trọng của đất, đá nền, hệ số ma sát, hệ số đàn hồi, độ dãn nở, áp lực cho phép, hệ số độ rỗng của đất, góc ma sát trong v.v...

Các tài liệu khác: Tình hình thay đổi nhiệt độ, động đất, nhiệt độ không khí v.v...

2.9.3. Cấu tạo

2.9.3.1. Phương thức bố trí đường ống bê tông cốt thép.

Đường ống bê tông cốt thép nói chung bố trí trên các bệ đỡ liên tục. Ở những chỗ trục đường ống đổi hướng (chỗ ngoặt) và những chỗ độ dốc thay đổi, đều phải bố trí mố néo (mố ôm) để cố định ống. Nếu đường ống bố trí trên mặt dốc có độ dốc lớn, lại dài để tránh đường ống trượt theo dốc, ta còn nên bố trí mố néo cố định ở giữa đoạn ống. Khoảng cách giữa các mố néo dọc đoạn dốc nên căn cứ vào tình hình địa chất để xác định. Trong đoạn dốc mà địa hình dốc lớn nhưng điều kiện địa chất tốt, khoảng cách giữa các mố néo cố định nên lấy 20 ÷30 m, nếu điều kiện địa chất không tốt, khoảng cách nên giảm một cách thích ứng. Khi đoạn đường ống qua nơi bằng phẳng quá dài, nói chung cứ cách 150 ÷ 200 m nên bố trí một mố néo cố định. Mố néo đường ống thường sử dụng kết cấu dạng trọng lực bằng bê tông hoặc đá xây. Mố néo chủ yếu chịu lực hướng trục từ thành ống truyền tới, cường độ

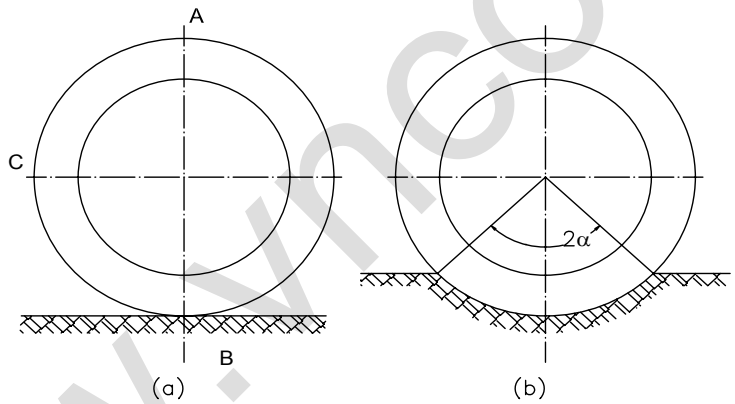
của kết cấu và tính ổn định của nó trực tiếp ảnh hưởng tới sự an toàn của đường ống, cần phải cẩn thận trong thiết kế và thi công đường ống bê tông áp lực.

Ống bê tông cốt thép trên mặt đất hoặc chôn dưới đất thường có 2 loại bố trí dưới đây:

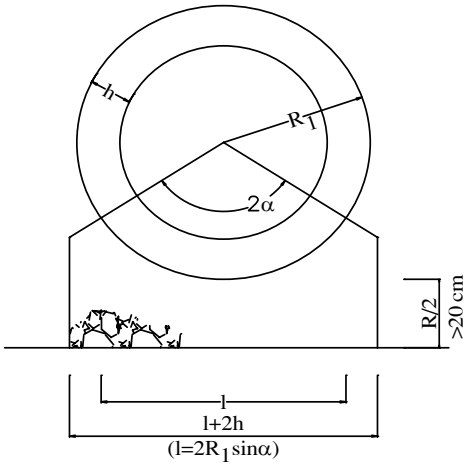
(1). Trực tiếp bố trí trên nền đất: Khi đường kính ống nhỏ, đồng thời nền đất tương đối rắn chắc và ổn định, ống bê tông cốt thép có thể trực tiếp bố trí trên nền đất bằng phẳng hoặc trên nền đất kiểu hình máng (hình cung tròn) xem hình (2-35)

(2). Mố đỡ kiểu băng: Ống bê tông cốt thép có áp của trạm thuỷ điện thường được đặt liên tục trên mố đỡ kiểu băng, bằng đá xây hoặc bê tông. Mố đỡ kiểu băng nên đặt trên nền đất đá tốt: Góc bao 2α của mố đỡ kiểu băng thường dùng 90^0,135^0,180^0, kích thước của kết cấu có thể tham khảo hình vẽ (2-36)

Để giảm bớt lực ma sát giữa thành ống và mố đỡ, thường bố trí thêm lớp lót bằng nhựa đường hoặc bao tải nhựa đường giữa mố đỡ và thành ống.



Hình 2-35 . Các hình thức bố trí ống bê tông cốt thép trên nền đất.
a- Bố trí trên nền phẳng. b- Bố trí trên nền hình lòng máng.



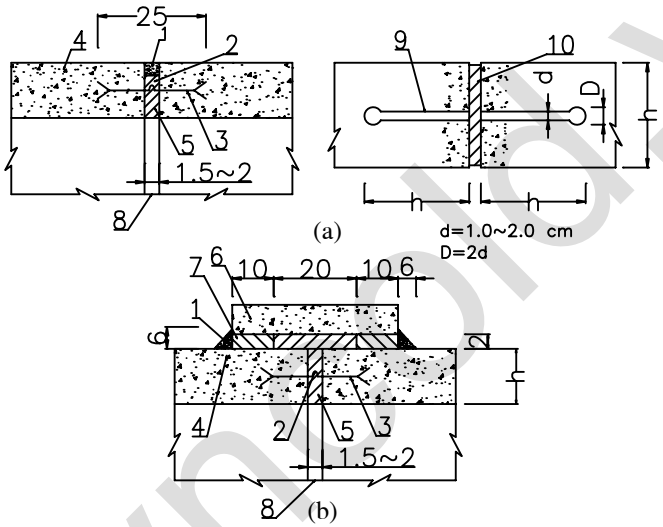
Hình 2-36. Mố đỡ ống bê tông cốt thép kiểu băng-yên ngựa

2.9.3.2. Phân đoạn đường ống và cách nối tiếp

2.9.3.2.1. Phân đoạn đường ống

Với ống bê tông cốt thép đổ tại chỗ, để khi nhiệt độ thay đổi, đoạn ống có thể tự do co dãn, thường bố trí khe co dãn. Trên nền đất, khoảng cách giữa các khe co dãn lấy 15÷20m; trên nền đá, khoảng cách giữa các khe co dãn lấy 10÷15m. Nếu có biện pháp thích hợp, thí dụ giữa hai khe co dãn ta phân đoạn (mỗi đoạn thường 4÷5m) và phân kỳ thi công và thi công không liên tục thì khoảng cách giữa các khe co dãn có thể tăng đến 30÷35 m.

2.9.3.2.2. Nối tiếp và chống rò rỉnước



Hình 2-37. Đầu nối tiếp và chống rò rỉ (đơn vị – cm)

a) Nối tiếp miệng bằng **b) Nối tiếp kiểu ống lồng**

1) Chít vữa xi măng cát 2) Vải tẩm nhựa đường

3) Tấm ô-mê-ga đồng chống rò rỉ nước 4) Thành ống

5) Bao tải nhựa đường 6) Ống lồng

7) Vữa xi măng đá sợi bông 8) Khe co dãn 1.5~2cm

9) Tấm kim loại chắn nước. 10) Vật liệu chắn nước.

Đầu nối tiếp giữa các ống bê tông cốt thép đổ tại chỗ có hai hình thức nối tiếp : nối tiếp kiểu miệng bằng và nối tiếp kiểu ồng lồng, hình thức trước cấu tạo đơn giản, hiệu quả chống rỏ rỉ tương đối tốt; hình thức sau là lồng thêm một đoạn ống ở mặt ngoài chỗ nối tiếp, cấu tạo phức tạp hơn hình thức trước, nhưng hiệu quả chống rò rỉ tốt hơn, nó thích dùng trong trường hợp cột nước cao, chiều rộng của khe co dãn khoảng 1,5 ÷ 2 cm, ở giữa không có vành cao su hoặc vành kim loại chống rỏ rỉ; cấu tạo chi tiết xem hình vẽ (2-37). Cần chú ý ở các chỗ nối tiếp, phân đoạn trên đường ống, cần phải làm tốt biện pháp chống rò rỉ.

Vật liệu chống rò rỉ thường dùng có đồng, thép không rỉ, thép mạ, v.v...

Những năm gần đây có nơi đã dùng tấm nhựa như PVC mềm và sử dụng tấm cao su chống rò rỉ v.v... Các vật liệu thường dùng nhét vào khe nối tiếp có bao tải nhựa đường, sợi vải tẩm nhựa đường hoặc miếng nhựa đường v.v...

9.3.3.3. Ước tính chiều dầy thành ống bê tông cốt thép

Khi tiến hành thiết kế ống dẫn nước bê tông cốt thép, đầu tiên nên sơ bộ xác định chiểu dầy thành ống. Khi tính toán sơ bộ, thường chỉ xét đến lực chống kéo của bê tông và thép dưới tác dụng của áp lực nước trong ống. Đề phòng chống thành ống phát sinh nứt khi thép biến hình do bị kéo, khi tính toán nên giảm nhỏ ứng suất kéo cho phép của thép, có thể tính theo công thức dưới đây:

$$h = \frac{k_1 N - 200 A_g}{100 R_1} - \qquad (2\text{-}47)$$

Trong đó:

h: Chiểu dầy thành ống (cm)

k_1: Hệ số an toàn chống kéo của bê tông

R_1: Cường độ giới hạn chống kéo của bê tông (kg/cm^2)

A_g: Tiết diện thép hướng vòng chịu kéo trên 1m dài đường ống (cm^2).

$$A_g = \frac{kN}{R_g}$$

R_g: Giới hạn chảy của thép

N: Lực kéo hướng vòng do áp lực nước sản sinh trên 1 m dài thành ống (kg)

k: Hệ số an toàn về cường độ của bê tông cốt thép.

Khi sơ bộ ước tính chiều dầy ống, cũng có thể sử dụng công thức dưới đây:

$$h = (\frac{1}{8} \div \frac{1}{10}) D_0 \qquad (2\text{-}48)$$

Trong đó:

D_0: Đường kính trong của ống bê tông cốt thép áp lực. Mác bê tông của thành ống: thường sử dụng không thấp hơn mác 300 và thép sử dụng là thép CT3 làm thép chịu lực chính.

2.9.4. Tính toán kết cấu

2.9.4.1. Tính toán tải trọng

Các tải trọng tác dụng trên ống dẫn nước có áp bằng bê tông cốt thép:

Trọng lượng bản thân của ống, trọng lượng nước trong ống, áp lực nước phân bổ đều trong ống, áp lực đất hướng đứng, áp lực đất hướng bên, các tải trọng trên mặt đất, v.v....

Ứng suất sản sinh do thay đổi nhiệt độ và bê tông co lại chủ yếu giải quyết thông qua biện pháp thi công và hình thức cấu tạo, như hạ thấp tỷ lệ nước trong bê tông. bố trí khe co dãn, áp dụng đầu nối tiếp mềm và phủ đất trên thành ống v.v...Đối với đường ống chôn dưới đất chịu ảnh hưởng thay đổi nhiệt độ ít, nói chung không cần tính toán ứng suất do nhiệt độ thay đổi. Đối với ống hở trên mặt đất thì nên tiến hành tính toán ứng suất do nhiệt độ.

Đối với các loại tải trọng phân bổ đều lấy 1 m dài đường ống để tính toán, cụ thể như sau:

2.9.4.1.1. Trọng lượng của ống

$$P_{ô} = 2\pi r_0 \gamma_{BT} h \ (T/m) \qquad (2\text{-}49)$$

Trong đó:

r_o: Bán kính bình quân của ống, tức bán kính của đường tâm thành ống (m)

γ_{BT} : Dung trọng bê tông cốt thép, nói chung dùng 2,5 T/m^3

h: Chiều dầy thành ống (m)

2.9.4.1.2. Trọng lượng nước khi đầy ống

$$P_n = \pi r_2^2 \gamma_n \ (T/m^3) \qquad (2\text{-}50)$$

Trong đó:

r_2: Bán kính trong của ống bê tông áp lực. (m)

γ_n : Dung trọng của nước (T/m^3)

2.9.4.1.3. Áp lực nước phân bổ đều trong ống

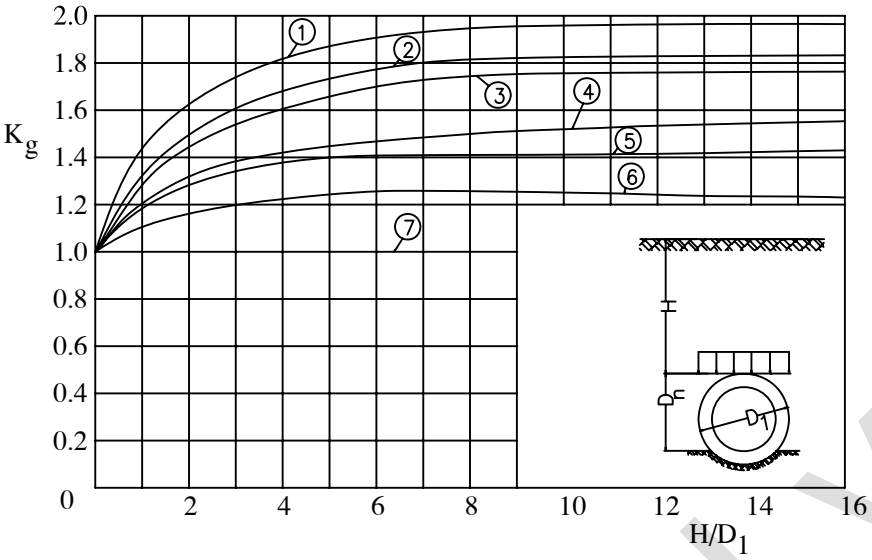
$$P_n = \gamma_n H \ (T/m^2) \qquad (2\text{-}51)$$

Trong đó:

H: Tổng của cột nước tĩnh trên đỉnh ống và cộng thêm áp lực nước va.

2.9.4.1.4. Áp lực đất

1). Áp lực đất hướng đứng: Áp lực đất hướng đứng lớn hay nhỏ có quan hệ với phương thức chôn ống, nói chung phân thành hai trường hợp để tính toán là chôn trên nền phẳng và chôn trong rãnh,



Hình 2-38. Đường cong hệ số áp lực đất hướng đứng K_g với đường ống kiểu chôn trên nền phẳng.

(a). Áp lực đất hướng đứng trên ống dạng chôn trên nền phẳng (hình 2-38). Ống nước được đặt trên nền đất phẳng, trên ống được lấp đất ta gọi dạng chôn trên nền phẳng. Tổng áp lực đất hướng đứng trên 1 m dài ống bằng:

$$P_{d1} = K_n \gamma_d H D_1 \text{ (T/m)} \qquad (2\text{-}52)$$

Trong đó:

H: Độ cao lấp đất tính từ đỉnh ống trở lên (m)

γ_d: Dung trọng đất lấp (T/m^3)

D_1: Đường kính ngoài của ống (m)

K_n: Hệ số áp lực đất hướng đứng của lớp đất lấp trở lại với dạng chôn trên nền phẳng. Để xác định trị số K_n có thể dựa vào bảng 2-11 và hình 2-38.

Bảng 2-11. Tiêu chuẩn chọn mã số đường cong K_n trong hình 2-37

Loại đất đá đắp trên ống	Mã số đường cong K_g	
	Nền hình cung	Trụ đỡ bê tông
- Đá	1	2
- Đất đá vỡ	3	3
- Đất cát:		
+ Cát sỏi chặt, cát thô, cát vừa	3	3
+ Cát sỏi chặt, cát thô, cát vừa, cát mìn chặt vừa	5	4

và chặt.		
+ Cát mịn chặt vừa, bột cát.	7	6
- Đất dính		
+ Chặt cứng	3	3
+ Mềm	5	4
+ Chảy	7	6

Trước tiên từ bảng 2-11 định ra mã số đường cong K_n, sau đó dựa vào mã số này từ hình 2-37 tra được trị số K_n. Khi lấp đất tương đối cao (H > 20m), trị số K_n tra được từ hình này thường thiên lớn.

(b). Áp lực đất hướng đứng trên ống dạng chôn trong rãnh (hình 2-38)

Khi chôn ống trong rãnh thành đứng, tổng áp lực đất hướng đứng trên 1 m dài ống là:

Khi B- D_1 < 2 m

$$P_{d2a} = K_g \gamma_d HB \ (T/m) \qquad (2\text{-}53)$$

Khi B- D_1 > 2 m

$$P_{d2b} = K_g \gamma_d H \frac{B + D_1}{2} \ (T/m) \qquad (2\text{-}54)$$

Trong đó:

B: Chiều rộng rãnh (m).

K_g: Hệ số áp lực của đất thẳng đứng dạng chôn trong rãnh. Để xác định trị số K_g. tương tự như trên ta dựa vào bảng 2-12 định ra mã số đường cong K_g, sau đó dựa vào mã số này tra trên hình (2-39) ta được trị số K_g.

Khi chôn ống trong rãnh thành nghiêng (vát), tổng áp lực đất hướng đứng trên 1 m dài ống là:

$$P_{d2c} = K_g \gamma_d H \frac{B_0 + D_1}{2} \ (T/m) \qquad (2\text{-}55)$$

Trong đó:

B_0: Chiều rộng rãnh tại đỉnh ống (m)

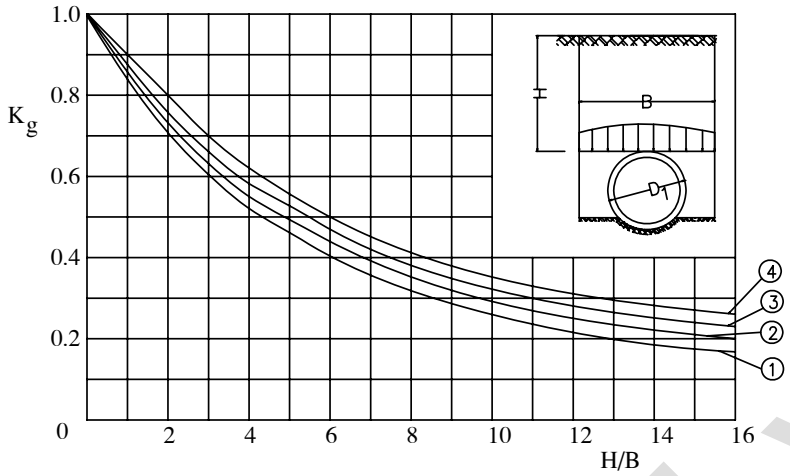
Khi tra trị số K_g trên hình (2-40) Trục hoành H/B được thay bằng H/B_c, B_c là chiều rộng rãnh tại điểm cách mặt đất H/2 (hình 2-40)

Đối với đường ống khi chiều sâu lấp đất nhỏ hơn đường kính ống (D_1 > 1 m) cần phải xét đến toàn bộ trọng lượng đất lấp trên vai ống từ đường ngang đỉnh ống trở xuống và tính theo công thức:

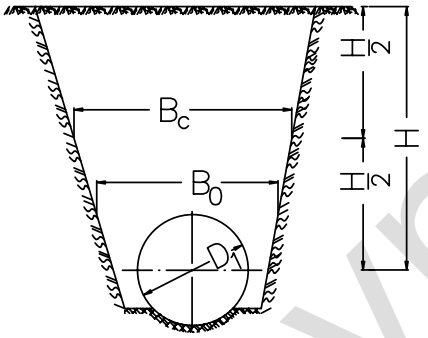
$$P_{dl} = 0{,}1075 \ \gamma_d D_1^2 \ (T/m) \qquad (2\text{-}56)$$

Tham khảo tải trọng thứ 6 ở bảng 2-13

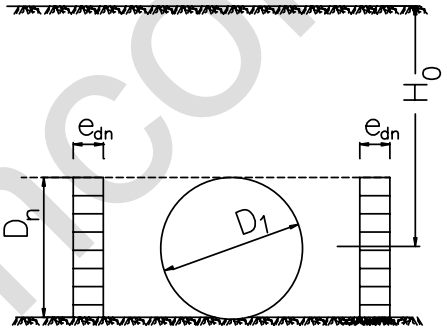
www.vncold.vn



Hình 2-39. Đường cong hệ số áp lực đất hướng đứng K_g của lớp đất đắp lại trên đường ống kiểu chôn trong rãnh.



Hình 2-40.



Hình 2-41.

2). Áp lực đất hướng ngang: Hình dạng phân bổ áp lực đất hướng ngang có thể áp dụng một cách gần đúng như hình chữ nhật, xem hình (2-41), áp lực đất hướng ngang của nó có thể lấy bằng giá trị áp lực đất hướng ngang tại điểm trung tâm ống và tính theo công thức:

$$e_{dn} = \eta\gamma_d H_0 \qquad (2\text{-}57)$$

Trong đó:

H_0: Độ cao lấp đất tính từ tâm ống trở lên

η- Hệ số áp lực đất hướng ngang và xác định theo công thức :

$$\eta = tg^2(45^o - \frac{\varphi}{2})$$

φ: Góc ma sát trong của đất, với đất thịt pha cát nói chung và đất sét tương đối khô, có thể lấy η = 0.35÷0.45. Khi đất đắp được đầm nện tương đối chặt và hàm lượng nước tương đối lớn, có thể nâng cao tới 0.5÷0.55.

Bảng 2-12. Tiêu chuẩn chọn mã số đường cong Kg trong hình (2-39)

Loại đất đắp trên ống	Mã số đường cong
Đất cát và đất trồng trọt (khô)	1
Đất cát trồng trọt (ướt, bão hoà) và đất xét cứng	2
Đất sét nhão	3
Đất sét chẩy	4

Tổng áp lực đất hướng ngang trên 1 m dài ống chôn trên nền phẳng và ống chôn trong rãnh có chiều rộng rãnh tương đối lớn (B - D_1 >= 2 m), được tính theo công thức sau:

$$P_{dn} = \gamma_d H_0 \eta D_n \ (T/m) \qquad (2\text{-}58)$$

Trong đó:

D_n: Độ cao nhô lên trên mặt đất nền của đường ống (m) (xem hình 2-38 hay 2-43)

Khi chiều rộng rãnh tương đối hẹp (B - D_1 <2m), đất đắp hai bên sườn ống không thể đầm chặt, áp lực ngang tương đối nhỏ, nên dựa vào công thức dưới đây để tính tổng áp lực ngang của đất trên 1 m dài đường ống:

$$P_{dn} = \gamma_d H_0 \eta D_n K_c \ (T/m) \qquad (2\text{-}59)$$

Trong đó:

K_c: là hệ số và xác định theo công thức:

$$K_c = \frac{B - D_1}{2}$$

Chiều rộng rãnh B và đường kính ngoài của ống D_1 đều tính bằng mét.

2.9.4.1.5. Tải trọng tĩnh trên mặt đất

a. Tải trọng phân bố đều

Tổng áp lực hướng đứng P tăng thêm trên một mét dài do tải trọng phân bố đều trên mặt đất P_d gây nên trên đường ống dạng chôn trong rãnh: có thể tính tính theo công thức dưới đây:

Khi B - D_1 < 2m

$$P = p_{td} B e^{-2\eta\mu_1 H/B} \qquad (2\text{-}60)$$

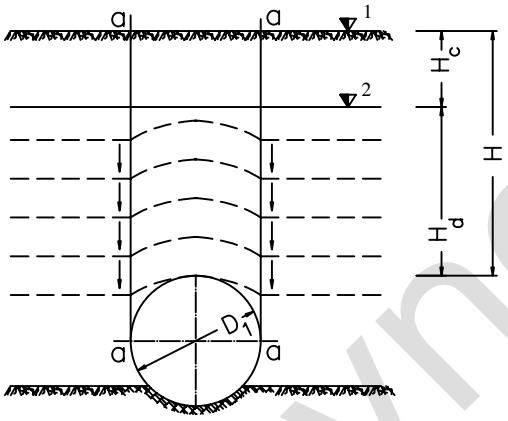
Khi B- D_1 > 2m

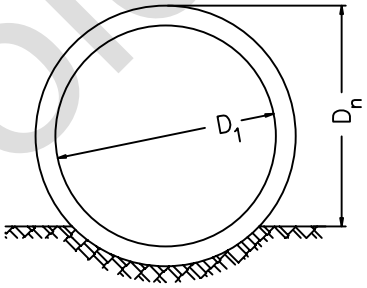
$$P = p_{td} \frac{B + D_1}{2} e^{-2\eta\mu_1 H/B} \qquad (2\text{-}61)$$

Đối với đường ống dạng chôn trên nền phẳng, do độ cứng của bản thân ống và độ cứng của đất hai bên không giống nhau, tải trọng hướng đứng mà đường ống

phải chịu không bằng trọng lượng cột đất trên ống. Đối với ống cứng mà nói độ lún của đất đắp của bộ phận trên đường ống nhỏ hơn độ lún của đất đắp hai bên sườn ống, vì thế trên mặt cắt (a-a) sẽ sản sinh lực ma sát hướng xuống dưới (hình 2-42). Do sự tồn tại của loại lực ma sát này, ngoài toàn bộ trọng lượng cột đất trên đường ống truyền xuống đường ống ra, một phần trọng lượng đất gần ngoài mặt cắt (a-a) cũng là tải trọng gia tăng truyền cho ống.

Nhưng khi độ cao đắp đất trên đỉnh ống rất lớn, lực ma sát này chỉ ảnh hưởng đến trong phạm vi cao độ H_d (hình 2-42). Khối đất từ mặt bằng vượt qua cao độ này trở lên thì thể hiện lún đều, nghĩa là lực ma sát ở chỗ này không tồn tại. Thông thường gọi mặt bằng này là mặt bằng lún bằng nhau, H_d là cao độ tầng lún bằng nhau. Tất cả các mặt lún dưới mặt bằng lún bằng nhau đều là mặt cong, trên đỉnh ống có độ cong lớn nhất. Tổng áp lực hướng đứng tăng thêm trên đường ống dạng chôn trên nền phẳng do tải trọng đều P_{td} gây nên có quan hệ tới chiều cao tầng lún đều H_d





Hình 2-42. Ống dạng chôn trên nền phẳng ***Hình 2-43.***

- Khi $H < H_d$

$$P = p_{td} D_1 e^{2\eta\mu H / D_1} \qquad (2\text{-}62)$$

- Khi $H > H_d$

$$P = p_{td} D_1 e^{2\eta\mu H_d / D_1} \qquad (2\text{-}63)$$

Độ cao tầng lún bằng nhau H_d có thể tính theo công thức dưới đây:

$$e^{2\eta\mu H_d / D_1} - 2\eta\mu^{H_d / D_1} = 1 + 2\eta\mu\alpha_d \qquad (2\text{-}64)$$

Trong các công thức trên:

η: Hệ số áp lực ngang chủ động của đất

$$\eta = tg^2(45^o - \frac{\varphi}{2})$$

φ: Góc ma sát trong của đất đắp trở lại

μ_1: Hệ số ma sát gồm đất đắp lại và thành rãnh chôn ống, và $\mu_1 = tg\varphi_1$

www.vncold.vn

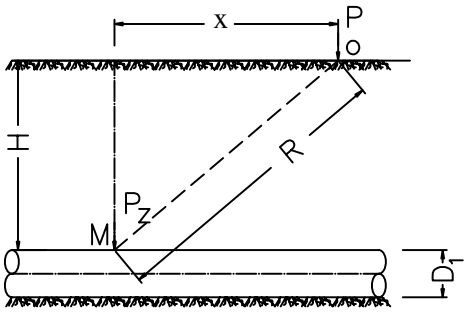
φ_1:Góc ma sát giữa khối đất đắp lại và thành rãnh.

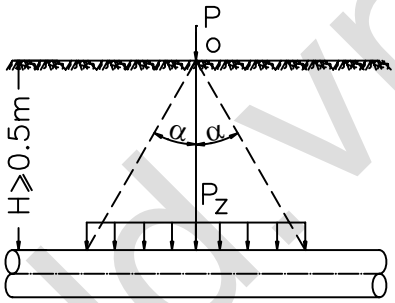
μ: Hệ số ma sát trong của khối đất đắp lại $\mu = tg\varphi$

D_1: Đường kính ngoài của ống

α_n: Hệ số nhô lên của ống, $\alpha_n = \frac{D_n}{D_1}$ (xem hình 2-43)

b. Tải trọng tập trung





Hình 2-43. Sơ đồ tính toán áp lực hướng đứng tăng thêm do lực tập trung trên mặt đất gây nên đối với đường ống dạng chôn trong rãnh.

Hình 2-44.

Độ tăng thêm áp lực thẳng đứng P_z tại điểm M trên thành ống (xem hình 2-43) do tải trọng tập trung P gây nên có thể tính toán gần đúng theo công thức dưới đây:

$$P_z = \frac{2PH^3}{\pi D_1 R^4} e^{-2\eta\mu_1 H/B} \qquad (T/m^2) \qquad (2\text{-}65)$$

Xét theo hướng chiều rộng của ống và giả thiết P_z phân bố đều

Đối với đường ống chôn trên nền phẳng, khi chiều sâu lớp đất đắp $H \geq 0,5$ m có thể xác định tải trọng phân bố đều tác dụng lên ống do tải trọng tập trung đặt trên mặt đất gây ra và tải trọng phân bố đều này chỉ nằm trong phạm vi góc khuyếch tán áp lực $\alpha = 35^0$ (xem hình 2-45)

Khi độ sâu đất phủ H > 10 m, đề nghị dựa vào giả thuyết đàn hồi bán vô hạn và dùng phương pháp đàn hồi để tính toán.

$$p_z = \frac{3PH^3}{2\pi R^5} \qquad (T/m^2) \qquad (2\text{-}66)$$

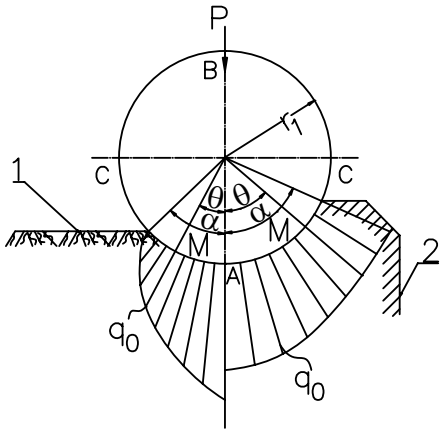
Các kí hiệu trong công thức xem hình (2-44)

Khi trên mặt đất có xe chạy qua, nếu chiều dày lớp đất đắp phủ lớn hơn 0,5 m thì có thể bỏ qua sự ảnh hưởng của lực xung kích.

2.9.4.1.6. Phản lực của mố đỡ (mố trung gian)

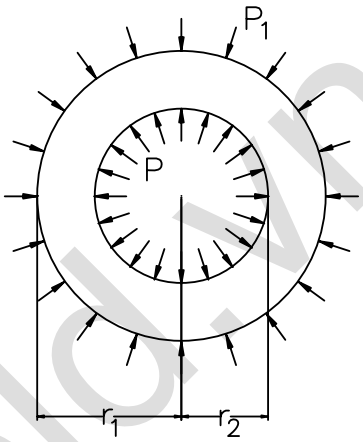
Hợp lực của tất cả tải trọng tác dụng trên ống nước là cân bằng với phản lực của mố đỡ, mà quy luật phân bố của phản lực có quan hệ với phương thức bố trí đường ống và loại hình của mố đỡ.

Khi ống nước bố trí trên nền đất hình cung, cường độ phản lực hướng tâm q_0 tại bất kỳ điểm M của ống nước có thể giả thiết một cách gần đúng bằng (phần nửa trái hình 2-46) va q_0 tính theo công thức:



Hình 2-46. Sơ đồ phân bố phản lực của trụ đỡ ống.

1-Nền đất võng 2-Bệ đỡ cứng



Hình 2-47. Sơ đồ tính toán thành ống dày dưới tác dụng của áp lực nước trong và ngoài phân bố đều.

$$q_0 = \frac{3P(\cos\theta - \cos\alpha)\cos\theta}{r_1(3\sin\alpha + \sin^3\alpha - 3\alpha\cos\alpha)} \qquad (2\text{-}67)$$

Trong đó:

r_1: Bán kính ngoài của ống,

α: Một nửa góc bao của bệ đỡ ống (xem hình 2-46),

θ: Góc kẹp giữa điểm tính toán M và trục thẳng đứng bệ đỡ ống.

Khi ống nước bố trí trên bệ đỡ cứng (như bệ bê tông, bệ đá xây), cường độ phản lực hướng tâm q_0 tại bất kỳ điểm M của ống có thể lấy bằng (phần nửa phải hình 2-46)

$$q_0 = \frac{2P\cos\theta}{r_1(\sin 2\alpha + 2\alpha)} \qquad (2\text{-}68)$$

So sánh giữa công thức (2-67) và công thức (2-68) có thể thấy: Khi tải trọng bên ngoài P tác dụng và góc ôm 2α trung tâm giống nhau thì sự phân bố phản lực của ống trên bệ đỡ cứng tương đối đều, điều kiện làm việc tương đối có lợi.

2.9.4.2. Tính toán nội lực

Khi tính toán nội lực hướng ngang của ống bê tông cốt thép, đầu tiên căn cứ vào tỷ số của chiều dày thành ống h và bán kính bình quân của ống r_0, để phân biệt

đó là ống thành mỏng hay ống thành dày, sau đó tiến hành tính toán, nói chung khi $\frac{h}{r_0} \le \frac{1}{8}$ có thể tính theo ống thành mỏng, khi $\frac{h}{r_0} > \frac{1}{8}$ có thể tính theo ống thành dày.

2.9.4.2.1. Tính toán ống thành mỏng

Ống thành mỏng là loại kết cấu hình vành siêu tĩnh bậc 3, sau khi xác định tải trọng tác dụng trên đường ống và phản lực của nền thì có thể dựa vào phương pháp đàn hồi lực học công trình để tìm nội lực. Có thể phân biệt tính toán nội lực đối với các loại tải trọng tác dụng trên đường ống, sau đó cộng chồng lên nhau để xác định nội lực lớn nhất trên mặt cắt đường ống.

Bây giờ ta đem các hệ số nội lực của các điểm khống chế trên mặt cắt dưới tác dụng của các loại tải trọng với 3 phương thức bố trí đường ống trên nền phẳng, trên nền hình cung và trên bệ đỡ cứng tổng hợp vào bảng (2-13) để sử dụng khi thiết kế. Khi tính toán, đầu tiên nên chú ý loại hình tải trọng tác dụng trên ống và phương thức bố trí đường ống, tra ra hệ số nội lực tương ứng, sau đó dùng công thức dưới đây để tính toán nội lực trên các điểm khống chế dưới tác dụng của tải trọng hướng đứng và hướng ngang.

$$\begin{aligned} M_A &= m_A p_i r_0 \qquad N_A = n_A p_i \\ M_B &= m_B p_i r_0 \qquad N_B = n_B p_i \\ M_C &= m_C p_i r_0 \qquad N_C = n_C p_i \end{aligned} \tag{2-69}$$

Bảng 2-13. Hệ số nội lực của các điểm khống chế trên đường ống

Công thức tính toán		Hệ số	Phương thức lắp đặt ống						Số nhân
			Trên nền phẳng	Nền cung		Bệ đỡ cứng			
				$2\alpha=90^0$	$2\alpha=135^0$	$2\alpha=90^0$	$2\alpha=135^0$	$2\alpha=180^0$	
1. Trọng lượng bản thân ống	$P_ô = = 2\pi r_0 \gamma_n h$ (2-49)	m_A	0.2390	0.1230	0.0890	0.0790	0.0510	0.0440	$P_ô r_0$
		m_B	0.0797	0.0707	0.0627	0.0767	0.0527	0.0437	$P_ô r_0$
		m_C	-0.0909	-0.0819	-0.0719	-0.0749	-0.0589	-0.0479	$P_ô r_0$
		n_A	0.079	0.206	0.248	0.2557	0.298	0.318	$P_ô$

			7	7	7		7	7	
		n_B	-0.0797	-0.0617	-0.0427	-0.0617	-0.0197	-0.0007	$P_ô$
		n_C	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	$P_ô$
2. Trọng lượng nước khi đầy ống	$P_n = \pi r_2^2 \gamma_n$ (2-50)	m_A	0.2390	0.1230	0.0890	0.0790	0.0510	0.0440	$P_n r_0$
		m_B	0.0797	0.0707	0.0627	0.0767	0.0527	0.0437	$P_n r_0$
		m_C	-0.0909	-0.0819	-0.0719	-0.0749	-0.0589	-0.0479	$P_n r_0$
		n_A	-0.3980	-0.2710	-0.2290	-0.2220	-0.1790	-0.1590	P_n
		n_B	-0.2390	-0.2210	-0.2020	-0.2210	-0.1790	-0.1600	P_n
		n_C	-0.0686	-0.0686	-0.0686	-0.0686	-0.0686	-0.0686	P_n
3. Áp lực nước bên trong phân bố đều	$P = H_{tt} \gamma_n$	Khi $\frac{h}{r_2} \le \frac{1}{8}$ thì $M_A = M_B = M_C = 0$ $N_A = N_B = N_C = -p r_2$ Khi $\frac{h}{r_2} > \frac{1}{8}$ thì $M_A = M_B = M_C = 0.0833 p_n h^2 \frac{r_1}{r_0}$ $N_A = N_B = N_C = -p r_2$							
4. Áp lực đất hướng đứng	P_d tính theo các công thức (2-52 ÷ 2-55)	m_A	0.2940	0.1780	0.1440	0.1340	0.1060	0.0990	$P_d r_0$
		m_B	0.1500	0.1410	0.1330	0.1470	0.1230	0.1140	$P_d r_0$
		m_C	-0.1540	-0.1540	-0.1350	-	-0.1220	-0.1110	$P_d r_0$

www.vncold.vn

phân bố đều			0	0	0	0.1380	0	0	
		n_A	0.0530	0.1800	0.2220	0.2290	0.2720	0.2920	P_d
		n_B	-0.0530	-0.0350	-0.0160	-0.0350	0.0070	0.0260	P_d
		n_C	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	P_d
5. Áp lực đất hướng ngang phân bố đều	E_{dn} tính theo công thức (2-57) P_{dn} tính theo công thức (2-58) hoặc (2-59)	m_A	-0.1250	-0.1310	-0.1170	-0.1310	-0.1170	-0.0850	$P_{dn}r_0$
		m_B	-0.1250	-0.1430	-0.1570	-0.1430	-0.1570	-0.1650	$P_{dn}r_0$
		m_C	0.1250	0.1430	0.1520	0.1430	0.1520	0.1250	$P_{dn}r_0$
		n_A	0.5000	0.4210	0.3260	0.4210	0.3260	0.2100	P_{dn}
		n_B	0.5000	0.5790	0.6740	0.5790	0.6740	0.7900	P_{dn}
		n_C	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	P_{dn}
		P_t	2.0000	1.7070	1.3830	1.7070	1.3830	1.0000	$e_t r_0$
6. Trọng lượng đất đắp trên ống	P_{dl} tính theo công thức (2-56)	m_A	0.2710	0.1550	0.1210	0.1110	0.0830	0.0760	$P_{dl}r_0$
		m_B	0.0850	0.0760	0.0680	0.0820	0.0580	0.0490	$P_{dl}r_0$
		m_C	-0.1260	-0.1170	-0.1070	-0.1100	-0.0940	-0.0830	$P_{dl}r_0$
		n_A	0.1020	0.2290	0.2710	0.2780	0.3210	0.3410	P_{dl}
		n_B	-0.1020	-0.0840	-0.0650	-0.0840	-0.0420	-0.0230	P_{dl}

www.vncold.vn

			0	0	0		0	0	
		n_C	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	P_{dl}
7. Chênh lệch nhiệt độ Δt	$\Delta t = t_2 - t_1$	$M_A = M_B = M_C = -\frac{a_t EJ\Delta t}{h} = -\frac{a_t Eh^2\Delta t}{12}$ $N_A = N_B = N_C$							

Trong đó:

M_A, M_B, M_C: Mô men (lực kéo thành ống là dương) tại các mặt cắt khống chế dưới tác dụng của các loại tải trọng tương ứng.

m_A, m_B, m_C: Hệ số tính toán mô men của các mặt cắt khống chế dưới tác dụng của các loại tải trọng tương ứng.

N_A, N_B, N_C: Lực hướng trục của các mặt cắt khống chế dưới tác dụng của các loại tải trọng tương ứng.

n_A, n_B, n_C: Hệ số tính toán lực hướng trục của các mặt cắt khống chế dưới tác dụng của các loại tải trọng tương ứng.

P_t: Tải trọng tính toán trên mỗi mét chiều dài đường ống (Tải trọng hướng đứng hoặc hướng nằm ngang)

r_0: Bán kính bình quân của ống

r_1, r_2: Bán kính ngoài và bán kính trong của ống

Từ bảng (2-13) có thể thấy, dưới tác dụng của cùng một tải trọng, hệ số nội lực của ống đặt trên nền phẳng lớn hơn hệ số nội lực đặt trên nền đất hình cung và trên bệ đỡ cứng. Từ đây ta thấy áp dụng biện pháp lắp đặt trên nền hình cung và trên bệ đỡ cứng là biện pháp hữu hiệu để giảm bớt ứng suất ở thành ống, mặt khác lắp đặt trên mố đỡ cứng càng có hiệu quả hơn trên nền cung tròn (nền lòng máng)

2.9.4.2.2. Tính toán ống thành dày

Đối với ống thành dày, trên lý thuyết nên dựa vào vấn đề mặt bằng lực học đàn hồi để tìm nội lực của nó. Song vì khối lượng tính toán quá lớn nên ngoài việc dùng phương pháp này để tính toán nội lực sinh ra khi có tác dụng của áp lực nước phân bố đều ở trong (ở ngoài) ống, với nội lực do các tải trọng khác gây nên, nói chung vẫn tính theo phương pháp lực học công trình, có thể dựa vào biểu 2- 13 để tính .

Đối với ống bê tông cốt thép, dưới tác dụng của áp lực nước phân bố đều ở trong và ở ngoài ống, ứng suất kéo trên mặt trong và ngoài thành ống $\sigma_{\theta 1}$ và $\sigma_{\theta 2}$ có thể tính một cách gần đúng theo công thức dưới đây (hình 2-47)

$$\sigma_{\theta 1} = \left(\frac{r_2^2 (p_1 - p_2)}{r_1^2 - r_2^2} - \frac{p_2 r_2^2 - p_1 r_1^2}{r_1^2 - r_2^2} \right) \frac{A}{A_0} \qquad (2\text{-}70a)$$

$$\sigma_{\theta 2} = \left(\frac{r_1^2 (p_1 - p_2)}{r_1^2 - r_2^2} - \frac{p_2 r_2^2 - p_1 r_1^2}{r_1^2 - r_2^2} \right) \frac{A}{A_0} \qquad (2\text{-}70b)$$

Trong đó

p_1: Trị số áp lực nước phân bố đều bên ngoài ống,

p_2: Trị số áp lực nước phân bố đều bên trong ống,

r_1: Bán kính ngoài của ống,

r_2: Bán kính trong của ống,

A: Diện tích tiết diện thành ống trên đơn vị chiều dài ống,

A_0: Diện tích mặt cắt chiết tính thành ống trên đơn vị chiều dài ống,

Quy định σ_θ ứng suất nén là dương, ứng suất kéo là âm.

Khi $p_1 = 0$

$$\sigma_{\theta 1} = -\left(\frac{2 p_2 r_2^2}{r_1^2 - r_2^2} \right) \frac{A}{A_0} \qquad (2\text{-}71a)$$

$$\sigma_{\theta 2} = -\frac{(r_1^2 + r_2^2) p_2}{r_1^2 - r_2^2} \frac{A}{A_0} \qquad (2\text{-}71b)$$

Đem tất cả các ứng suất do các tải trọng khác gây nên và các ứng suất do áp lực nước trong (ngoài) ống gây nên cộng lại theo công thức dưới đây, đồng thời kiểm tra tính ổn định chống nứt ở trong và ngoài của ống:

$$\sigma_{\theta 1} = -\frac{A}{A_0} \frac{2 r_2^2}{r_1^2 - r_2^2} p_2 + \frac{\sum N}{A_0} + \frac{\sum M}{\upsilon W_0} \le \frac{R_1}{k_f} \qquad (2\text{-}72a)$$

$$\sigma_{\theta 2} = -\frac{A}{A_0} \left(\frac{r_1^2 + r_2^2}{r_1^2 - r_2^2} \right) p_2 + \frac{\sum N}{A_0} - \frac{\sum M}{\upsilon W_0} \le \frac{R_1}{k_f} \qquad (2\text{-}72b)$$

Trong đó

W_0: Mô men chống uốn mặt cắt chiết toán của thành ống trên đơn vị chiều dài ống.

υ: Hệ số xét đến tính đàn hồi trong khu chịu kéo của bê tông,

ΣN, ΣM: Lực hướng trục và mô men do các tải trọng khác gây nên.

Khi tính toán cốt thép, đem các lực hướng trục N_2 ($N_2 = p_2 r_2$) sản sinh trong thành ống do áp lực nước bên trong gây nên và các lực hướng trục ΣN, mô men ΣM sản sinh do các tải trọng khác tổ hợp lại. Nghĩa là có thể căn cứ vào phương pháp tính toán cường độ của cấu kiện bê tông cốt thép chịu nén, kéo lệch tâm để tiến hành tính toán cốt thép.

Đối với đường ống bê tông cốt thép bố trí hệ trụ đỡ liên tục, nói chung không tiến hành tính toán nội lực hướng trục, có thể áp dụng những biện pháp thích hợp

www.vncold.vn

trong thi công và cấu tạo (thí dụ: trong 1 đoạn dài nhất định bố trí khe co dãn, sử dụng đầu nối tiếp mềm, gia cố nền móng, chọn mùa vụ thi công hợp lý và quét dầu hoặc kê vải tẩm nhựa đường giữa bệ đỡ cứng và đường ống v.v) để đảm bảo đường ống không bị phá hoại.

2.9.4.3. Tính toán cốt thép thành ống

Ống dẫn nước áp lực bê tông cốt thép, thường dựa vào giai đoạn phá hoại để tính toán cường độ, dựa vào yêu cầu không cho phép xuất hiện vết nứt để tiến hành kiểm tra chống nứt. Thành ống chịu tác dụng của cả lực hướng vòng và mô men uốn thuộc về cấu kiện chịu kéo (hoặc nén) lệch tâm. Nói chung, thép vòng thuộc về thép chịu lực, thép dọc trục là thép cấu tạo.

Về phương pháp tính toán cường độ và tính toán chống nứt của cấu kiện bê tông cốt thép chịu kéo (hoặc nén) lệch tâm, tham khảo các phần liên quan trong sách bê tông cốt thép.

Trong bảng 2 – 13 có các ký hiệu sau:

γ_{bt}: Dung trọng vật liệu trong bê tông (T/m^3),

r_0: Bán kính bình quân của ống (m),

r_1: Bán kính ngoài của ống (m),

r_2: Bán kính trong của ống (m),

γ_n: Dung trọng nước (T/m^3),

h: Độ dày thành ống (m),

J: Mô men quán tính của mặt cắt (m^4),

α_1: Hệ số dãn nở của bê tông,

E: Mô đun đàn hồi của vật liệu,

$\Delta t = t_2 - t_1$ là độ chênh lệch nhiệt độ trong và ngoài ống (C^0), Trong công thức t_2, t_1 phân biệt là nhiệt độ trong ngoài thành ống.

Về ống dẫn nước bê tông cốt thép dự ứng lực, do hạn chế về số trang nên không trình bày đây, độc giả có thể tham khảo ở các tài liệu liên quan khác.

www.vncold.vn