

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 10400:2015

Xuất bản lần 1

**CÔNG TRÌNH THỦY LỢI -
ĐẬP TRỤ ĐỖ - YÊU CẦU THIẾT KẾ**

Hydraulic structures - Pillar dam - Technical requirements for design

HÀ NỘI - 2015

Mục lục

1 Phạm vi áp dụng.....	3
2 Tài liệu viện dẫn	3
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	4
4 Các tài liệu cần thiết phục vụ cho công tác thiết kế đập trụ đỡ.....	5
5 Yêu cầu kỹ thuật khi thiết kế	5
5.1 Quy mô và các thông số kỹ thuật cơ bản.....	5
5.2 Lựa chọn vị trí tuyến xây dựng công trình.....	8
5.3 Yêu cầu bố trí tổng thể, kết cấu công trình	9
5.4 Thiết kế kết cấu công trình.....	10
5.5 Yêu cầu thiết kế tổ chức và biện pháp thi công.....	20
5.6 Yêu cầu thiết kế bố trí thiết bị quan trắc.....	27
Phụ lục A.....	30
Phụ lục B.....	31
Phụ lục C	33
Phụ lục D	36
Phụ lục F.....	39
Phụ lục G	41
Phụ lục H	53
Phụ lục I.....	57
Phụ lục K.....	62

Lời nói đầu

TCVN 10400:2015 do Viện Thủy Công thuộc Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam biên soạn, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Công trình Thủy lợi - Đập trụ đỡ - Yêu cầu thiết kế

Hydraulic structures - Pillar Dam - Requirement for design

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu kỹ thuật khi thiết kế công trình thủy lợi (đập ngăn nước, đập kiểm soát triều, đập ngăn mặn giữ ngọt) được áp dụng theo công nghệ đập trụ đỡ trên nền không phải là đá;

Đối với các hạng mục cầu giao thông, cầu quản lý vận hành, âu thuyền (nếu có), cửa van, thiết bị đóng mở, thiết bị điều khiển, thiết bị điện, thiết bị quan trắc và các hạng mục công trình khác; tiêu chuẩn này chỉ quy định về yêu cầu lựa chọn, bố trí chung.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 2737 : 1995 Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế;

TCVN 4253 : 2012 Công trình thủy lợi - Nền các công trình thủy công – Yêu cầu thiết kế;

TCVN 5664 : 2009 Phân cấp kỹ thuật đường thủy nội địa;

TCVN 8215 : 2009 Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế bố trí thiết bị quan trắc cụm công trình đầu mối;

TCVN 8304 : 2009 Công tác thủy văn trong hệ thống thủy lợi;

TCVN 8421 : 2010 Công trình thủy lợi – Tải trọng và lực tác dụng lên công trình do sóng và tàu;

TCVN 8477 : 2010 Công trình thủy lợi – Yêu cầu về thành phần, khối lượng khảo sát địa chất trong các giai đoạn lập dự án và thiết kế;

TCVN 8478 : 2010 Công trình thủy lợi – Yêu cầu về thành phần, khối lượng khảo sát địa hình trong các giai đoạn lập dự án và thiết kế;

TCVN 9143 : 2012 Công trình thủy lợi – Tính toán đường viền thấm dưới đất của đập trên nền không phải là đá;

TCVN 10400 : 2015

TCVN 9160 : 2012 Công trình thủy lợi - Yêu cầu thiết kế dẫn dòng trong xây dựng;

TCVN 9386 : 2012 Thiết kế công trình chịu động đất;

TCVN 10304: 2014 Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1

Đập trụ đỡ (Pillar dam)

Công trình điều tiết nước bao gồm các trụ chịu lực bằng bê tông cốt thép có móng cọc cắm sâu vào nền, giữa các trụ là dầm đỡ van liên kết với các trụ, dưới dầm đỡ van và các trụ là cửa chống thấm cắm vào nền, các thanh cửa liên kết kín nước với nhau, đỉnh cửa liên kết với dầm van và trụ, trên dầm van là cửa van kết hợp với các trụ để điều tiết nước.

3.2

Đập trụ đỡ bề cao (Aboveground pillar dam)

Đập trụ đỡ có đáy bề trụ pin, trụ biên không tiếp xúc trực tiếp với nền công trình.

3.3

Đập trụ đỡ bề thấp (Below ground pillar dam)

Đập trụ đỡ có đáy bề trụ tiếp xúc trực tiếp với nền công trình.

3.4

Bệ trụ (Pillar footing)

Bằng bê tông cốt thép là kết cấu liên kết giữa hệ cọc dưới nền và kết cấu phần trên.

3.5

Trụ (Pillar)

Bộ phận kết cấu đặt trên bề trụ để đỡ cầu và các bộ phận bên trên. Trụ có 2 loại:

- a. Trụ pin: phân tách giữa các khoang cửa đập;
- b. Trụ biên: ngăn cách giữa đập và bờ.

3.6

Dầm đỡ van (Bottom beam)

Dầm đơn bằng bê tông cốt thép, bê tông cốt thép dự ứng lực hoặc bằng thép gác lên hai bề trụ để đỡ và làm kín nước với cửa van đồng thời liên kết kín nước với hàng cửa chống thấm và bề trụ.

3.7

Kết cấu chống thấm (Anti-seepage structure)

Tường chống thấm dưới đáy công trình được tạo nên bởi cử ván thép hoặc cử nhựa hoặc cử bê tông cốt thép liên kết kín khít với nhau cắm sâu vào nền, trên đầu cử liên kết kín khít với đáy đầm van, bộ trụ.

3.8

Cửa van (Gate)

Kết cấu điều tiết nước được lắp đặt giữa hai trụ pin.

3.9

Mang đập (Riverbank connection)

Bộ phận ngăn nước nối tiếp giữa trụ biên với bờ sông.

4 Các tài liệu cần thiết phục vụ cho công tác thiết kế đập trụ đỡ

4.1 Các tài liệu quy hoạch

Bản đồ, tài liệu về quy hoạch thủy lợi, giao thông thủy, giao thông bộ và các quy hoạch khác trong vùng.

4.2 Tài liệu địa chất

4.2.1 Thành phần và khối lượng khảo sát địa chất phục vụ thiết kế tuân theo TCVN 8477:2010, áp dụng đối với "công đồng bằng" tương ứng với từng giai đoạn thiết kế;

4.2.2 Đối với trụ đập, móng được gia cố bằng hệ cọc nên các yêu cầu đối với khảo sát địa chất theo TCVN 8477 : 2010 và TCVN 10304 : 2014;

4.2.3 Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật hoặc thiết kế bản vẽ thi công, tại mỗi vị trí trụ pin cần bố trí ít nhất một hố khoan; Trường hợp chiều dài bộ trụ lớn và điều kiện địa chất phức tạp thì có thể bố trí 2 hố khoan hay nhiều hơn nhưng cần phải có luận chứng cụ thể và được chủ đầu tư chấp thuận.

4.3 Các tài liệu khí tượng thủy văn trong khu vực dự án

Các tài liệu về mưa, gió, nhiệt độ, độ ẩm, thủy triều, các biên mực nước, lũ ngày, giờ, tháng theo tài liệu quan trắc nhiều năm theo TCVN 8304 : 2009.

5 Yêu cầu kỹ thuật khi thiết kế

5.1 Quy mô và các thông số kỹ thuật cơ bản

5.1.1 Xác định khẩu độ thoát nước

5.1.1.1 Để lựa chọn được phương án khẩu độ thoát nước đập tối ưu, cần tiến hành tính toán thủy văn, thủy lực đảm bảo mục tiêu, nhiệm vụ của công trình. Trong thiết kế cần phân tích, so sánh một số phương án khẩu độ thoát nước của đập cả về điều kiện kỹ thuật và kinh tế.

TCVN 10400 : 2015

5.1.1.2 Khẩu độ thoát nước của đập trụ đỡ được mở rộng để giảm lưu lượng đơn vị qua đập nhằm tạo thuận lợi cho việc gia cố chống xói trong thân đập bằng kết cấu mềm thi công dưới nước như rọ đá, thảm đá, thảm bê tông và đảm bảo chế độ thủy lực nối tiếp thượng hạ lưu hợp lý, không gây diễn biến xói lở về sau.

5.1.1.3 Không nên chọn khẩu độ đập quá lớn làm cho lưu lượng đơn vị qua đập quá nhỏ vừa gây bồi lắng cho công trình vừa làm tăng khối lượng công trình gây lãng phí.

5.1.1.4 Trong thiết kế sơ bộ có thể tham khảo tỷ số giữa khẩu độ thoát nước của đập với chiều rộng lòng sông như sau:

Bảng 1 - Tỷ lệ giữa khẩu độ thoát nước của đập và chiều rộng lòng sông

Bề rộng của lòng sông (kênh)	Tổng bề rộng đập / Bề rộng lòng sông (kênh)
Từ 50 m đến 100 m	Từ 0,60 đến 0,75
Từ 100 m đến 200 m	Từ 0,75 đến 0,85
Lớn hơn 200 m	Lớn hơn 0,85

5.1.1.5 Khẩu độ khoang đập được lựa chọn cần đảm bảo các yêu cầu sau, trên cơ sở xét tới kinh tế kỹ thuật:

a) Khi có yêu cầu về giao thông thủy, khẩu độ khoang đập đảm bảo theo TCVN 5664 : 2009 tương ứng với cấp đường thủy nội địa. Trường hợp công trình có nhiều khoang thoát nước thì cần có ít nhất một khoang đảm bảo yêu cầu cho giao thông thủy, được ưu tiên bố trí tại vị trí luồng chạy tàu hiện hữu.

b) Phù hợp với khả năng chế tạo, lắp ráp cửa van và các thiết bị cơ khí.

c) Thuận lợi cho quá trình vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa cửa van.

5.1.1.6 Trường hợp công trình có kết hợp cầu giao thông bộ thì khẩu độ khoang đập nên chọn phù hợp với chiều dài nhịp dầm cầu định hình.

5.1.1.7 Khẩu độ khoang đập liên quan đến số lượng khoang thoát nước của đập, số lượng trụ, cửa van nên ảnh hưởng đến giá thành xây dựng công trình. Do đó trong quá trình thiết kế cần so sánh một số phương án khẩu độ khoang đập cả về điều kiện kinh tế và kỹ thuật.

5.1.2 Cao trình ngưỡng đập

5.1.2.1 Cao trình ngưỡng đập bằng hoặc cao hơn đáy sông và phải đảm bảo điều kiện tiêu thoát nước theo tính toán thủy văn, thủy lực.

5.1.2.2 Trong trường hợp có yêu cầu giao thông thủy qua đập, cao trình ngưỡng đập phải đảm bảo chiều sâu, được xác định theo công thức sau:

$$Z_{ng} = Z_{MNT-TK} - [h] \quad (1)$$

Trong đó:

Z_{ng} là cao trình ngưỡng đập, m;

Z_{MNT-TK} là mực nước thấp thiết kế (được xác định thông qua tính toán thủy văn, thủy lực cho dự án hoặc được cơ quan quản lý về giao thông thủy cung cấp), m;

[h] là độ sâu ngưỡng cho phép lấy theo TCVN 5664 : 2009, m.

5.1.2.3 Nếu công trình có quy mô lớn với nhiều khoang thoát nước, có thể bố trí cao trình ngưỡng các khoang đập khác nhau tùy thuộc vào địa hình lòng sông tự nhiên. Tuy nhiên cao trình ngưỡng đập tại khoang thông thuyền phải đảm bảo theo công thức (1). Trong thiết kế cần so sánh một số phương án bố trí cao trình ngưỡng đập theo điều kiện kỹ thuật và kinh tế trên cơ sở xem xét các yếu tố về địa hình, địa chất, thủy lực dòng chảy.

5.1.3 Xác định cao trình đáy dầm cầu công tác hoặc cầu giao thông trên đập

5.1.3.1 Cao trình đáy dầm cầu công tác hoặc cầu giao thông trên đập, phải cao hơn mực nước lũ thiết kế.

5.1.3.2 Trường hợp có yêu cầu về giao thông thủy, cao trình đáy dầm cầu giao thông (cầu công tác) trên đập được xác định chủ yếu dựa vào điều kiện về tính không cho giao thông thủy theo TCVN 5664 : 2009.

Cao trình đáy dầm cầu tối thiểu, được xác định theo công thức sau:

$$Z_{đáydc} = Z_{MNC-TK} + [H] \quad (2)$$

Trong đó:

$Z_{đáydc}$ là cao trình đáy dầm cầu giao thông (cầu công tác), m;

Z_{MNC-TK} là mực nước cao thiết kế, m;

[H] là chiều cao tính không đối với cầu theo TCVN 5664 : 2009, m.

5.1.4 Xác định cao trình đỉnh cửa van, đỉnh trụ pin

5.1.4.1 Cao trình đỉnh cửa van được chọn là giá trị lớn nhất theo hai điều kiện sau:

a) Theo điều kiện ngăn nước (ngăn triều hoặc ngăn mặn)

$$Z_{cv1} = Z_{trp\%} + \Delta h + h_{nbd} + a_0 \quad (3)$$

Trong đó:

$Z_{trp\%}$ là mực nước ứng với tần suất thiết kế p%, theo kết quả tính toán thủy văn, thủy lực phụ thuộc vào cấp của công trình, m ;

Δh là chênh lệch giữa mực nước tĩnh và trung tâm sóng, m;

h_{nbd} là mực nước biển dâng do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu ;

a_0 là độ vượt cao an toàn, m.

b) Theo yêu cầu về cao trình giữ nước (giữ nước môi trường, cấp nước)

$$Z_{cv2} = Z_{gnP\%} + \Delta h' + a_0 \quad (4)$$

Trong đó:

$Z_{gnP\%}$ là mực nước yêu cầu giữ ứng với tần suất thiết kế $p\%$, m ;

$\Delta h'$ là chênh lệch giữa mực nước tĩnh và trung tâm sóng, m;

a_0 là độ vượt cao an toàn, m.

Độ vượt cao an toàn (a_0) được xác định theo Bảng 2

Bảng 2 - Độ vượt cao an toàn (a_0)

Độ vượt cao tính bằng mét

Mực nước tính toán	Cấp công trình				
	Đặc biệt	I	II	III	IV
Mực nước thiết kế	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
Mực nước kiểm tra	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1

Cao trình đỉnh cửa van được chọn là giá trị lớn nhất trong hai giá trị được tính toán theo các trường hợp trên.

5.1.4.2 Cao trình đỉnh trụ pin

Cao trình đỉnh trụ pin được chọn lớn hơn cao trình đỉnh cửa van từ 0 đến 0,5 m tùy thuộc vào loại cửa van và yêu cầu bố trí các hạng mục kết cấu và thiết bị trên đỉnh trụ.

5.1.5 Cao trình đỉnh mang đập

Thông thường cao trình đỉnh mang đập được lấy bằng cao trình đỉnh trụ pin. Tuy nhiên trong một số trường hợp để hạ thấp chiều cao đắp đất mang đập có thể chọn cao trình đỉnh mang thấp hơn cao trình trụ pin đập và kết hợp làm tường chắn sóng.

5.1.6 Quy mô cầu giao thông trên đập (nếu có)

Quy mô cầu giao thông (nếu có) phải căn cứ theo quy hoạch mạng lưới giao thông đường bộ trong khu vực và theo yêu cầu của chủ đầu tư, của chính quyền địa phương;

5.2 Lựa chọn vị trí tuyến xây dựng công trình

Đập trụ đỡ được xây dựng ngay trên lòng sông, vị trí tuyến xây dựng công trình cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đoạn sông thẳng, địa hình lòng sông và hai bờ ổn định.
- Tuyến công trình phải vuông góc với dòng chảy.
- Thuận lợi cho việc kết nối giao thông bộ và nối tiếp công trình với bờ.

d) Phù hợp với quy hoạch các công trình giao thông bộ, bến cảng, khu neo đậu tránh bão trong khu vực.

5.3 Yêu cầu bố trí tổng thể, kết cấu công trình

5.3.1 Toàn bộ công trình phải được bố trí ngay tại lòng sông nơi dự kiến xây dựng công trình, đảm bảo tính thẩm mỹ và hài hòa với cảnh quan của khu vực. Các khoang đập nên được bố trí đối xứng nhau qua tim dọc theo dòng chảy của đập để hạn chế hiện tượng lệch dòng chảy sau đập.

5.3.2 Mặt bằng công trình phải được bố trí hợp lý nhằm giảm thiểu khối lượng đền bù giải phóng mặt bằng;

5.3.3 Khoang thoát nước của đập kết hợp thông thuyền được bố trí ngay tại vị trí tuyến luồng giao thông thủy hiện hữu.

5.3.4 Cao trình đáy dầm cầu xác định theo công thức (2) chỉ áp dụng đối với khoang đập kết hợp là khoang thông thuyền.

5.3.5 Kích thước của bộ trụ được xác định căn cứ vào kích thước của trụ và đảm bảo bố trí đủ số lượng cọc theo yêu cầu chịu lực.

5.3.6 Kích thước của trụ đập cần được xác định căn cứ vào kiểu và kết cấu cửa van, khẩu độ các khoang thoát nước và yêu cầu bố trí các kết cấu, thiết bị trên trụ như trụ cầu, tháp kéo van, dàn công tác, tời hoặc xi lanh thủy lực. Trong tất cả các trường hợp, chiều dày của trụ pin tại chỗ có khe cửa không được nhỏ hơn 0,3 m.

5.3.7 Hình dạng trên mặt bằng của trụ pin phải bảo đảm cho dòng chảy vào khoang đập được thuận và sự co hẹp dòng chảy nhỏ nhất.

5.3.8 Dầm đỡ van được gác lên hai bộ trụ, giữa dầm đỡ van và bộ trụ phải có khớp nối kín nước. Kết cấu của khớp nối phụ thuộc vào biện pháp thi công dầm van là đúc tại chỗ hay lắp ghép.

5.3.9 Kích thước dầm đỡ van được xác định phụ thuộc vào loại cửa van, loại phai sửa chữa, khẩu độ khoang thoát nước và biện pháp thi công dầm (đúc tại chỗ hay lắp ghép).

5.3.10 Liên kết kín nước giữa dầm đỡ van và hàng cừ chống thấm phụ thuộc vào biện pháp thi công dầm. Nếu dầm đỡ van được thi công tại chỗ trong khung vây thì cừ chống thấm được liên kết trực tiếp với cốt thép và ngàm vào dầm đỡ van; nếu dầm đỡ van được lắp ghép thì cừ có thể được ngàm vào bê tông đổ sau dưới đáy dầm hoặc giữa đỉnh cừ và đáy dầm có cao su kín nước.

5.3.11 Gia cố trong khoang đập và lòng sông thượng và hạ lưu đập bằng kết cấu mềm, thi công dưới nước như rọ đá, thảm đá, thảm bê tông lắp ghép hay đá hộc xếp. Phạm vi gia cố, kích thước kết cấu gia cố được xác định thông qua tính toán thủy lực tiêu năng thượng lưu, hạ lưu đập hoặc thí nghiệm mô hình thủy lực.

5.3.12 Phân đoạn thi công, phương án dẫn dòng phù hợp với yêu cầu tiêu thoát nước và giao thông thủy trên sông khu vực dự kiến xây dựng công trình trong thời gian thi công.

5.4 Thiết kế kết cấu công trình

5.4.1 Tải trọng, tác động và tổ hợp các tải trọng lên công trình

5.4.1.1 Căn cứ mục tiêu, nhiệm vụ của công trình, đập trụ đỡ có thể được thiết kế để chịu lực một chiều (ngăn nước hoặc giữ nước) hay chịu lực cả hai chiều (ngăn nước và giữ nước):

Trường hợp giữ nước (giữ ngọt, giữ nước môi trường, cấp nước);

Trường hợp ngăn nước (ngăn mặn, ngăn triều, ngăn lũ).

5.4.1.2 Các tải trọng tác dụng lên công trình bao gồm các tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời và tải trọng đặc biệt (xem Phụ lục C):

5.4.1.3 Trong mỗi trường hợp làm việc của đập, khi thiết kế phải tính toán theo tổ hợp tải trọng cơ bản và kiểm tra theo tổ hợp tải trọng đặc biệt.

5.4.1.4 Tổ hợp tải trọng cơ bản bao gồm các tải trọng và tác động: tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và tải trọng tạm thời ngắn hạn mà công trình có thể phải tiếp nhận cùng một lúc.

5.4.1.5 Tổ hợp tải trọng đặc biệt bao gồm các tải trọng và tác động đã xét trong tổ hợp tải trọng cơ bản nhưng một trong chúng được thay thế bằng tải trọng (hoặc tác động) tạm thời đặc biệt. Trường hợp tải trọng cơ bản có xét thêm tải trọng do động đất, sóng thần hoặc nổ cũng được xếp vào tổ hợp đặc biệt.

5.4.1.6 Chỉ dẫn về áp dụng các loại tải trọng

Tùy từng công trình cụ thể (có hoặc không có cầu giao thông), các tải trọng tác dụng lên công trình khác nhau.

Tải trọng và lực tác dụng lên công trình do sóng và tàu xác định theo TCVN 8421 : 2010.

Trường hợp có cầu giao thông trên đập thì hoạt tải xe, gió, va tàu, va xe tác dụng lên đập trụ đỡ xác định theo tiêu chuẩn thiết kế cầu giao thông.

Đối với công trình đập trụ đỡ từ cấp I trở lên, cần tính toán kiểm tra ảnh hưởng của động đất tới kết cấu và nền công trình theo TCVN 9386 : 2012, trong đó có kết cấu cọc, hóa lỏng và biến dạng lún của đất nền.

5.4.2 Yêu cầu thiết kế kết cấu chống thấm dưới nền

5.4.2.1 Kết cấu chống thấm đập trụ đỡ được thiết kế theo nguyên lý đường viền thấm đứng bằng tường cử cắm sâu xuống nền.

5.4.2.2 Các trường hợp tính toán

Với công trình chịu lực hai chiều cần tính toán, kiểm tra độ bền thấm của nền cho cả hai trường hợp làm việc là trường hợp giữ nước và trường hợp ngăn nước.

Với công trình chịu lực một chiều thì chỉ cần tính toán kiểm tra độ bền thấm của nền cho một trong hai trường hợp giữ nước hoặc trường hợp ngăn nước tùy theo nhiệm vụ của công trình cụ thể.

Với trường hợp giữ nước cần tính toán với tổ hợp mực nước thượng lưu giữ lớn nhất và mực nước hạ lưu nhỏ nhất.

Với trường hợp ngăn nước cần tính toán với tổ hợp cơ bản và kiểm tra với tổ hợp kiểm tra (với mỗi tổ hợp đều chọn cặp mực nước thượng lưu nhỏ nhất và mực nước hạ lưu lớn nhất).

5.4.2.3 Điều kiện ổn định thấm

Nền công trình đảm bảo ổn định thấm:

$$\frac{n_c \cdot K_n}{m} \cdot J_{ra} \leq [J] \quad (5)$$

Trong đó:

n_c là hệ số tổ hợp tải trọng;

K_n là hệ số bảo đảm được xét theo quy mô, nhiệm vụ của công trình;

m là hệ số điều kiện làm việc

J_{ra} là gradient thấm trong nền hoặc điểm ra của dòng thấm;

$[J]$ là gradient thấm cho phép của nền, phụ thuộc vào cấp công trình và loại đất nền theo TCVN 4253 : 2012.

5.4.2.4 Những vị trí cần kiểm tra điều kiện ổn định thấm là đáy hàng cừ chống thấm, vị trí dòng thấm thoát ra khỏi nền ở thượng và hạ lưu đập.

5.4.2.5 Chiều dài của tường cừ chống thấm (chiều sâu đóng cừ) được xác định thông qua tính toán chiều dài đường viền thấm đảm bảo độ bền thấm của nền công trình theo TCVN 9143 : 2012.

5.4.2.6 Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua các chương trình máy tính để kiểm tra lại chiều dài của hàng cừ đã lựa chọn tại 5.4.2.5.

5.4.2.7 Việc lựa chọn loại cừ phụ thuộc vào dạng kết cấu đập trụ đỡ (trụ đỡ bộ thấp hay trụ đỡ bộ cao), tính chất ăn mòn của môi trường nước, loại đất nền và khả năng thi công (tham khảo Phụ lục D).

5.4.3 Yêu cầu thiết kế kết cấu chống thấm mang đập

5.4.3.1 Kết cấu chống thấm mang đập có nhiệm vụ giảm gradient thấm, đề phòng biến dạng thấm của đất nền mang đập.

5.4.3.2 Kết cấu và chiều dài chống thấm mang đập phải đảm bảo ổn định thấm theo 5.4.2.3, hợp lý về kinh tế - kỹ thuật.

5.4.3.3 Chiều dài đường viền thấm mang đập được xác định dựa vào cột nước thấm và loại đất đắp mang đập (tham khảo Phụ lục D). Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để kiểm tra lại chiều dài đường viền thấm.

5.4.4 Yêu cầu thiết kế móng bộ trụ

5.4.4.1 Trình tự thiết kế

Bước 1 : Tổ hợp tải trọng

Bước 2 :

- + Sơ bộ lựa chọn loại cọc;
- + Sức chịu tải của cọc;
- + Số lượng cọc đứng;
- + Số lượng cọc xiên theo hai phương chịu lực;

Bước 3 : Bố trí móng cọc

- + Mặt bằng bố trí móng;
- + Sơ đồ bố trí móng cọc tối ưu;

Bước 4 : Tính toán ổn định trụ đỡ bằng mô hình toán (phương pháp phần tử hữu hạn)

- + Mô hình hóa tương tác cọc nền;
- + Tính toán mô đun phản lực nền theo phương ngang và phương đứng;
- + Tính toán lún và biến dạng của khối móng quy ước.

Bước 5 : Kiểm tra đánh giá kết quả.

- + Kiểm tra nội lực trong cọc;
- + Lựa chọn lại tối ưu hóa móng cọc, trong trường hợp hệ móng chưa đảm bảo cần tính toán lại theo Bước 2.

Tối ưu móng cọc theo các tiêu chí sau:

- + Số lượng cọc nhỏ nhất;
- + Cọc chủ yếu chịu nén, lực nén lên đầu cọc tương đối đồng đều;
- + Mô men và lực cắt trong các cọc không quá lớn.

5.4.4.2 Các nhóm trạng thái giới hạn cần tính toán

Trạng thái giới hạn thứ nhất: công trình, kết cấu và nền làm việc trong điều kiện khai thác bất lợi nhất gồm: các tính toán về độ bền và độ ổn định chung của hệ công trình - nền, độ bền thấm của nền; độ bền của các bộ phận mà sự hư hỏng của chúng sẽ làm cho việc khai thác công trình bị ngừng trệ; các tính toán về ứng suất, chuyển vị của kết cấu bộ phận mà độ bền hoặc độ ổn định công trình chung phụ thuộc vào chúng.

Trạng thái giới hạn thứ hai: công trình và nền làm việc bất lợi trong điều kiện khai thác bình thường gồm: các tính toán độ bền cục bộ của nền; các tính toán về hạn chế chuyển vị và biến dạng.

5.4.4.3 Điều kiện ổn định chung của công trình và nền

Công thức kiểm tra ổn định chung:

$$\begin{aligned} n_c \cdot N_{tt} &\leq \frac{m \cdot R}{K_n} \\ K &= \frac{R}{N_{tt}} \geq \frac{n_c \cdot K_n}{m} \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó:

N_{tt} là tải trọng tính toán tổng quát (lực, mô men, ứng suất), biến dạng hoặc thông số khác mà nó là căn cứ để đánh giá trạng thái giới hạn ;

R là sức chịu tải tính toán tổng quát, biến dạng hoặc thông số khác được xác lập theo các tài liệu tiêu chuẩn thiết kế.

m là hệ số điều kiện làm việc. Hệ số m xét tới loại hình công trình, kết cấu hoặc nền, dạng vật liệu, tính gần đúng của sơ đồ tính, nhóm trạng thái giới hạn và các yếu tố khác được quy định trong các tài liệu tiêu chuẩn thiết kế hiện hành cho mỗi loại công trình, kết cấu và nền khác nhau;

n_c là hệ số tổ hợp tải trọng;

K_n là hệ số bảo đảm được xét theo quy mô, nhiệm vụ của công trình;

K là hệ số an toàn chung của công trình.

5.4.4.4 Móng đập trụ đỡ

5.4.4.4.1 Việc lựa chọn loại cọc cần căn cứ vào địa chất nền và điều kiện thi công tại khu vực xây dựng công trình.

- Trường hợp vị trí xây dựng nằm xa khu dân cư thì lựa chọn cọc đóng bê tông cốt thép hoặc cọc thép, xiên theo hai chiều chịu lực;

- Trường hợp vị trí xây dựng nằm trong vùng xây chen hoặc nền bùn sâu không cho phép sử dụng cọc đóng thì ưu tiên lựa chọn cọc ống thép khoan xiên, trong trường hợp không thể áp dụng các dạng cọc xiên thì có thể nghiên cứu áp dụng cọc khoan nhồi.

Lưu ý : Cọc khoan nhồi chủ yếu là cọc để chịu tải trọng đứng, đối với đập trụ đỡ có tải trọng ngang lớn, nếu lựa chọn phương án cọc khoan nhồi thì giá thành móng rất cao.

5.4.4.4.2 Chiều dài cọc cần đảm bảo mũi cọc nằm trong lớp đất tốt:

- Đối với cọc đóng trong đất không dính mũi cọc nên đặt ở độ sâu có giá trị SPT > 15, trong đất dính nên đặt ở độ sâu có giá trị SPT > 10; độ ngập sâu cọc vào đất tốt $\Delta L \geq 3D$ (D là đường kính cọc).

TCVN 10400 : 2015

- Đối với cọc khoan nhồi và các cọc khác trong đất không dính, mũi cọc nên đặt ở độ sâu có giá trị SPT > 40, trong đất dính nên đặt ở độ sâu có giá trị SPT > 20.

5.4.4.5 Yêu cầu tính toán

Từ các tổ hợp tải trọng tính toán tác dụng xuống nền tự nhiên (nền chưa gia cố), đánh giá khả năng chịu lực của nền, từ đó đề xuất giải pháp gia cố.

5.4.4.5.1 Tính toán áp suất đáy móng

Áp suất đáy móng chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố như hình dạng, kích thước và độ cứng của móng, độ sâu chôn móng, giá trị và quy luật phân bố của tải trọng tác dụng lên móng, tính chất đất nền.

Áp suất đáy móng lớn nhất và nhỏ nhất được xác định theo công thức nén lệch tâm:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\sum N_n}{F} \pm \frac{\sum M_x}{W_x} \pm \frac{\sum M_y}{W_y} \quad (7)$$

Trong đó:

$\sum N_n$ là tổng lực thẳng đứng tác dụng lên công trình;

$\sum M_x, \sum M_y$ là tổng giá trị mômen của các lực theo phương x và y đối với tâm;

$F = B \times L$ là diện tích đáy móng tính toán;

W_x, W_y : Môđun chống uốn của mặt cắt đáy móng tính toán theo phương x, phương y.

Khi thiết kế công trình không cho phép để áp suất đáy móng âm bởi vì vừa gây bất lợi cho công trình mà nền làm việc không hết khả năng. Vì thế cần điều chỉnh tổng tải trọng công trình về hướng tâm móng để áp suất đáy móng phân bố càng đều càng tốt.

Nền công trình đặt trên đất yếu cần khống chế $\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} < 2$.

5.4.4.5.2 Tính toán sức chịu tải của nền

Với tải trọng tác dụng xuống nền thông qua áp suất đáy móng, cần kiểm tra sức chịu tải của đất nền có đảm bảo hay không.

Sức chịu tải của nền R xác định theo TCVN 4253 : 2012.

Điều kiện đảm bảo cho nền không cần gia cố :

$$\sigma_{tb} < R \text{ và } \sigma_{\max} < 1,2.R \quad (8)$$

Kiểm tra theo công thức (8), nếu không thỏa mãn thì cần có giải pháp gia cố nền.

5.4.4.5.3 Tính toán sức chịu tải của cọc

Sức chịu tải của cọc là sức chịu tải nhỏ nhất theo đất nền (R_{dn}) và theo vật liệu (R_v). Sức chịu tải theo đất nền là khả năng chịu tải của đất nền dọc thành cọc và mũi cọc. Sức chịu tải theo vật liệu là khả

năng chịu tải của vật liệu làm cọc trong quá trình chịu lực và thi công, có xét tới các yếu tố ảnh hưởng tới chất lượng cọc (trong quá trình thi công) và sự tương tác của nền đất xung quanh cọc (làm tăng khả năng ổn định của cọc).

a) Điều kiện kiểm tra:

- Trạng thái giới hạn thứ nhất:

Lực dọc trục lớn nhất trong cọc đơn: $N_{\max} < R_t$;

Mômen lớn nhất trong cọc đơn : $M_{\max} < [M]_{gh}$;

Lực cắt lớn nhất trong cọc đơn : $Q_{\max} < [Q]_{gh}$.

Trong đó:

R_t là sức chịu tải của cọc;

$[M]_{gh}$; $[Q]_{gh}$ là khả năng chịu lực của vật liệu cọc.

- Trạng thái giới hạn thứ hai: về biến dạng và chuyển vị

Độ lún của móng cọc: $S < [S]$;

Độ lún lệch tương đối của 2 điểm mép móng: $\Delta S_1/L < [\Delta S_1/L]$;

Chuyển vị ngang của khối móng: $y < [y]$;

Biến dạng góc của móng: $\theta < [\theta]$.

Chênh lệch lún của 2 trụ liền kề: $\Delta S < [\Delta S]$;

Chênh lệch chuyển vị ngang của 2 trụ liền kề: $\Delta y < [\Delta y]$;

Trong đó:

$[S]$ là độ lún cho phép của móng cọc tham khảo phụ lục G;

$[\Delta S_1/L]$ là độ lún lệch tương đối cho phép của móng cọc tham khảo phụ lục G;

$[\theta]$ là biến dạng góc cho phép của móng;

$[y]$ là chuyển vị ngang cho phép của cọc đơn; cần căn cứ vào 2 yếu tố:

+ Đảm bảo nền xung quanh cọc ổn định;

+ Đảm bảo ổn định kết cấu cọc;

$[\Delta S]$ là chênh lệch lún cho phép của 2 trụ liền kề;

$[\Delta y]$ là chênh lệch chuyển vị ngang cho phép của 2 trụ liền kề;

Chênh lệch lún và chênh lệch chuyển vị ngang cho phép giữa 2 trụ liền kề cần căn cứ vào:

+ Ổn định cho các thiết bị cơ khí bên trên (cửa van, thiết bị);

TCVN 10400 : 2015

+ Ôn định các kết cấu phần trên;

L là khoảng cách tính toán của hai điểm xét trong móng công trình;

Các giá trị về biến dạng giới hạn của hệ móng cọc, tham khảo Phụ lục G.

b) Khả năng chịu tải trọng đứng của cọc: Tham khảo các phương pháp tính toán được trình bày trong Phụ lục G.

c) Sức kháng ngang của cọc:

- Sức kháng theo phương ngang của cọc không chỉ được đất nền huy động tập trung nằm ở lớp đất trên cùng với độ sâu khoảng từ 5 lần đến 7 lần đường kính cọc, mà còn phụ thuộc vào độ cứng chống uốn $E_{cọc} \cdot J_{cọc}$ của cọc và chiều dài đoạn cọc ngàm chặt vào lớp đất tốt tại mũi cọc.

- Lớp đất trên cùng ảnh hưởng đến chuyển vị ngang, mô men chịu tải của cọc. Sức kháng ngang của cọc đơn và cọc trong nhóm cọc, phụ thuộc vào các yếu tố:

Chuyển vị ngang cho phép của cọc khi đất nền làm việc (điều kiện đất nền);

Chuyển vị ngang tổng thể cho phép của công trình;

Điều kiện bền uốn bản thân cọc (vật liệu).

- Tính toán sức chịu tải trọng ngang của cọc có thể tham khảo các phương pháp được trình bày trong Phụ lục G.

d) Hệ số nhóm cọc

- Cọc chịu tải trọng đứng: Hệ số nhóm cọc phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cọc, đồng thời phụ thuộc vào quá trình làm việc của cọc (cọc ma sát hay cọc chống). Khả năng chịu tải của nhóm cọc (tham khảo Phụ lục G):

Đối với đất rời: nếu dùng phương pháp nén, ép để hạ cọc thì sức chịu tải của nhóm cọc có thể lớn hơn tổng sức chịu tải của các cọc đơn trong nhóm.

Đối với đất dính: Mức độ giảm sức chịu tải của nhóm cọc phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cọc, đặc tính của nền đất, độ cứng của đài cọc và sự tham gia truyền tải trọng công trình của đài xuống cọc và đất nền.

Đối với cọc chống thì sức chịu tải của nhóm cọc bằng tổng sức chịu tải của cọc đơn trong nhóm cọc.

- Cọc chịu tải trọng ngang: Hệ số nhóm cọc phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cọc.

e) Tính toán số lượng cọc

- Số lượng cọc cần thiết để đảm bảo chịu toàn bộ lực đứng:

$$n = \beta_1 \frac{N_d}{Q_c} \quad (9)$$

Trong đó:

β_1 là hệ số kinh nghiệm có kể đến lực ngang và mô men; $\beta_1 = 1,3$ đến 1,5;

Q_c là sức chịu tải dọc trục tính toán của cọc ;

N_H là tải trọng tính toán theo phương đứng tác dụng lên đáy bệ trụ.

- Để đảm bảo khả năng chịu toàn bộ tải trọng ngang ứng với tổ hợp tính toán, trong trường hợp bố trí cọc xiên thì số lượng cọc xiên cần thiết được xác định sơ bộ:

Số lượng cọc xiên về phía thượng lưu:

$$n_{\text{cọcxiên1}} = \beta_2 \frac{Q_{HL} - n \cdot [H]}{P_{\text{cọcTB1}} \cdot \sin \alpha} \quad (10)$$

Số lượng cọc xiên về phía hạ lưu:

$$n_{\text{cọcxiên2}} = \beta_2 \frac{Q_{TL} - n \cdot [H]}{P_{\text{cọcTB2}} \cdot \sin \alpha} \quad (11)$$

Trong đó:

β_2 là hệ số kinh nghiệm; β_2 trong khoảng từ 1,3 đến 1,5;

$[H]$ là sức chịu tải ngang tính toán của cọc đứng, tham khảo Phụ lục G;

Q_{TL} là tổng tải trọng ngang tác dụng vào bệ trụ theo phương dòng chảy từ thượng lưu về hạ lưu;

Q_{HL} là tổng tải trọng ngang tác dụng vào bệ trụ theo phương dòng chảy từ hạ lưu lên thượng lưu;

$P_{\text{cọcTB1,2}}$ là tải trọng trung bình dọc trục thiết kế tác dụng lên đầu cọc xiên;

α là góc nghiêng của cọc đóng xiên.

Số lượng cọc đứng, cọc xiên trong bệ trụ được xác định từ các phương trình (9), (10) và (11).

- Khi bệ trụ chịu tác dụng của tải trọng hai chiều, cần xác định số lượng cọc xiên về hai phía. Trong trường hợp không sử dụng cọc xiên thì góc $\alpha = 0$, số lượng cọc cần thiết để đảm bảo thỏa mãn tổng lực ngang tác dụng vào bệ trụ được xác định như sau:

$$n_{\text{cọcngang}} = \beta_2 \frac{Q_y}{[H]} \quad (12)$$

Đối với đập trụ đỡ khuyến cáo nên sử dụng cọc xiên để chịu lực ngang.

Đối với trụ giá đỡ đất, cần xem xét lực ngang do áp lực đất để bố trí cọc xiên theo phương ngang trụ.

f) Bố trí cọc trong móng:

Việc bố trí cọc trong móng cần phải đảm bảo một số nguyên tắc sau:

- Trọng tâm của nhóm cọc tiệm cận với điểm tác dụng của hợp lực tổ hợp các tải trọng trên mặt đáy móng.

TCVN 10400 : 2015

- Không có cọc chịu nhỏ;
- Thi công thuận lợi;
- Khoảng cách giữa các cọc và giữa cọc với mép bệ theo quy định theo TCVN 10304 : 2014.

g) Tính toán ổn định hệ cọc bằng phương pháp phần tử hữu hạn:

- Khi đã xác định sơ bộ cọc xiên về hai phía, cọc đứng, bố trí sơ bộ cọc trong móng, có thể sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua các chương trình máy tính như SAP, PIER, MIDAS, Piling, Plaxis 3D để tính toán chính xác lại các giá trị nội lực trong cọc và chuyển vị của đầu cọc, của bệ cọc. (xem Phụ lục H).

- Dựa vào biểu đồ phân bố nội lực trong thân cọc để tính toán bố trí cốt thép cọc. Trong trường hợp cọc dài, thông thường momen thân cọc lớn ở đầu cọc và giảm dần xuống mũi cọc, do đó bố trí cốt thép chịu lực đoạn cọc dưới nên nhỏ hơn đoạn cọc trên nhưng phải đảm bảo an toàn khi tách cọc và vận chuyển cọc.

h) Kiểm tra đất nền xung quanh cọc

Tải trọng tác dụng lên đầu cọc sẽ ảnh hưởng đến đất nền xung quanh, vì thế cần kiểm tra áp lực tính toán do cọc biến dạng dưới tác dụng của tải trọng công trình trên đầu cọc gây ra biến dạng đất nền so với sức chịu tải của đất nền (xem Phụ lục H).

- Kiểm tra độ lún của nền dưới khối móng quy ước;
- Kiểm tra độ lún lệch tương đối, biến dạng góc giữa hai điểm mép móng;
- Kiểm tra chênh lệch lún, chênh lệch chuyển vị ngang giữa hai trụ liền kề.

5.4.5 Yêu cầu thiết kế kết cấu trụ, bệ trụ

Tổ hợp lực tác dụng lên trụ: Được tổ hợp từ các lực đã trình bày trong 5.4.1 và cần xét đến trường hợp thi công. Mỗi loại cửa van có sơ đồ truyền tải trọng từ cửa vào trụ khác nhau và cần lưu ý phân tích lực tại các vị trí tiếp xúc như khe van, tai van, gờ tựa.

Trên cơ sở sơ đồ lực tác dụng, sử dụng các phương pháp tính toán kết cấu để xác định nội lực và biểu đồ phân bố ứng suất trong bệ trụ, thân trụ theo các phương từ đó tính toán và bố trí cốt thép.

Các phương pháp phân tích kết cấu có thể được áp dụng bao gồm: Phương pháp sức bền vật liệu, phương pháp phần tử hữu hạn hoặc bất cứ phương pháp nào thỏa mãn các yêu cầu về điều kiện cân bằng, tính tương hợp và sử dụng được mối liên kết ứng suất, biến dạng.

Người thiết kế có thể sử dụng các chương trình máy tính để dễ phân tích kết cấu và giải trình cũng như sử dụng kết quả. Trong tài liệu tính toán và báo cáo thiết kế cần ghi rõ tên, phiên bản và ngày phần mềm được đưa vào sử dụng.

5.4.6 Yêu cầu thiết kế kết cấu dầm đỡ van

Khi tính toán kết cấu dầm đỡ van không xét đến sự tham gia chịu lực của cừ chống thấm, trường hợp dưới nền không có cọc gia cố, coi dầm đặt trên nền đàn hồi, hai đầu khớp. Trong trường hợp có cọc

cần tính toán theo sơ đồ dầm đặt trên các gối tựa.

Cần kiểm tra độ bền của dầm theo hai phương (phương thẳng đứng và phương nằm ngang vuông góc với trục dầm) đồng thời kiểm tra độ võng cho dầm đỡ van của khoang đập có bề rộng lớn hơn 10 m.

Các phương pháp phân tích kết cấu có thể được áp dụng bao gồm: Phương pháp sức bền vật liệu, phương pháp phần tử hữu hạn hoặc bất cứ phương pháp nào thỏa mãn các yêu cầu về điều kiện cân bằng, tính tương hợp và sử dụng được mối liên kết ứng suất, biến dạng.

5.4.7 Yêu cầu thiết kế kết cấu mang đập

5.4.7.1 Tải trọng tác dụng lên kết cấu mang đập

Tùy thuộc vào từng loại kết cấu mang đập, sẽ có các loại tải trọng tác dụng vào hệ mang chủ yếu như sau:

- Tĩnh tải: trọng lượng bản thân kết cấu, trọng lượng phai sự cố đặt trên mang đập.
- Áp lực nước tác dụng vào hệ cừ chống thấm.
- Áp lực đất tác dụng lên tường cánh.
- Áp lực sóng;
- Tải trọng gió;
- Hoạt tải tác dụng lên mặt mang đập trong quá trình sửa chữa và quản lý vận hành công trình.

5.4.7.2 Các bài toán ổn định kết cấu mang đập.

Ứng với mỗi dạng kết cấu mang đập cần phải kiểm tra ổn định với những bài toán như sau:

a) Mang đập dạng rỗng, không đắp đất

Kết cấu mang đập này gồm dạng hình thang, chữ nhật, chữ T được cấu tạo bởi hệ cừ chống thấm làm nhiệm vụ ngăn nước, hệ cọc và dầm giằng tạo thành khung không gian chịu lực, bản mặt bằng bê tông cốt thép hoặc đổ tại chỗ.

Với kết cấu mang đập dạng này cần tính toán ổn định nhằm đảm bảo hệ kết cấu đủ khả năng chịu lực và chuyển vị trong giới hạn cho phép. Các yêu cầu trong tính toán:

- Tính ổn định thấm:
- Tính ổn định của hệ kết cấu cừ chống thấm liên kết với cọc, dầm giằng, bản mặt khi làm nhiệm vụ ngăn nước, sửa chữa.

b) Mang đập dạng đặc, đắp đất

Kết cấu mang đập này gồm dạng hình thang, chữ nhật được cấu tạo bởi hệ cọc hoặc bản cừ bê tông cốt thép dự ứng lực chịu lực, chống thấm bằng đất đắp mang, bản mặt bằng bê tông cốt thép lắp ghép hoặc đổ tại chỗ.

Mang đập dạng hình chữ nhật tạo bởi hai hàng cọc bản được neo giữ bằng các dầm dằng và được đắp đất ở trong, với kết cấu này có các bài toán sau:

TCVN 10400 : 2015

- Tính ổn định thấm.

- Tính ổn định trượt tổng thể: Tường cánh là hệ cọc cắm sâu vào nền chịu tải trọng ngang do áp lực đất là chủ yếu nên dễ xuất hiện cung trượt nguy hiểm đi qua mũi cọc. Trong quá trình tính toán phải giả thiết nhiều cao độ mũi cọc khác nhau để tìm ra chiều sâu mũi cọc đảm bảo hệ số ổn định trượt $K_{min} > [K]$, kết quả tính toán sẽ chọn lựa kích thước và số lượng dầm giằng mang đập.

- Tính toán trời đất đắp mang đập vào lòng khoang đập: Do kết cấu đập trụ đỡ không có bản đáy nên khi đắp đất mang đập sẽ dễ có hiện tượng đất đẩy trời vào khoang đập.

- Tính toán ổn định tường biên khi chịu áp lực đất mang đập và giải pháp dầm chống trên tường biên được thi công trước khi đắp đất mang đập

- Tính toán thiết kế các giải pháp giảm áp lực đất lên tường biên nhờ đất có cốt hoặc dùng vật liệu giảm áp lực ngang.

- Với mang đập hình thang đắp đất chống thấm cần kiểm tra ổn định trượt của tấm lát mái.

5.4.8 Yêu cầu thiết kế kết cấu gia cố lòng dẫn, kè bảo vệ mái thượng, hạ lưu

5.4.8.1 Kết cấu gia cố lòng dẫn và kè bảo vệ mái thượng, hạ lưu phụ thuộc vào:

Lưu tốc dòng chảy lớn nhất qua đập;

Địa chất bờ sông, lòng sông.

5.4.8.2 Kết cấu gia cố lòng dẫn là các dạng kết cấu mềm thi công dưới nước như rỗng đá, thấm đá, rọ đá, thấm cát, thấm bê tông thì chiều dày và chiều dài gia cố phụ thuộc vào tính toán thủy lực đập. Đối với công trình từ cấp II trở lên, kết cấu gia cố cần căn cứ vào kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực.

5.4.8.3 Kè bảo vệ mái sông nên có dạng mái nghiêng với kết cấu mềm như thấm đá, rọ đá, tấm lát bê tông, đá xây.

5.4.9 Yêu cầu thiết kế kết cấu phần trên đập

5.4.9.1 Cầu giao thông

Kết cấu cầu giao thông được thiết kế tuân theo các tiêu chuẩn hiện hành áp dụng cho thiết kế cầu, đường.

5.4.9.2 Giàn van, tháp van

Dựa trên các tổ hợp tải trọng tác dụng lên từng hạng mục, tính toán ổn định, kết cấu các hạng mục này theo hai trạng thái giới hạn (trạng thái giới hạn một và trạng thái giới hạn hai).

5.5 Yêu cầu thiết kế tổ chức và biện pháp thi công

5.5.1 Yêu cầu chung

5.5.1.1 Sơ đồ dẫn dòng thi công là nội dung chủ yếu của thiết kế tổ chức xây dựng. Khi thi công các kết cấu nằm trong nước của công trình ngay tại lòng sông bằng khung vây phải đảm bảo công tác dẫn dòng qua lòng sông thu hẹp.

5.5.1.2 Cấp công trình dẫn dòng theo TCVN 9160 : 2012.

5.5.1.3 Tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất để thiết kế khung vây và các công trình tạm thời phục vụ dẫn dòng thi công theo TCVN 9160 : 2012.

5.5.1.4 Phân đoạn thi công phải nghiên cứu các phương án khác nhau, dựa trên điều kiện về dòng chảy (mùa lũ, mùa kiệt) và trên cơ sở so sánh kinh tế kỹ thuật để chọn phương án hợp lý nhất.

5.5.1.5 Mặt bằng công trường thi công phải được bố trí hợp lý nhằm giảm thiểu khối lượng đền bù giải phóng mặt bằng.

5.5.1.6 Các trụ đập, dầm đỡ van có thể được thi công độc lập trong từng phân đoạn khung vây riêng hoặc có thể kết hợp hai trụ liền nhau và dầm đỡ van giữa hai trụ trong một khung vây.

5.5.1.7 Việc lựa chọn số lượng khung vây thi công đồng thời trong cùng một phân đoạn căn cứ vào yêu cầu về tiến độ thi công, khả năng bố trí mặt bằng công trường, thiết bị và điều kiện cung cấp vật tư vật liệu nhưng phải đảm bảo không làm co hẹp dòng chảy quá lớn gây xói lở lòng sông và không làm ảnh hưởng lớn đến giao thông thủy trên tuyến.

5.5.1.8 Trong trường hợp phân đoạn thi công làm co hẹp dòng chảy quá lớn gây xói lở lòng dẫn, cần có các phương án gia cố đảm bảo ổn định chân khung vây và lòng dẫn.

5.5.1.9 Các kết cấu gia cố lòng dẫn được thi công dưới nước bằng các thiết bị nổi.

5.5.2 Biện pháp thi công trụ

5.5.2.1 Phân loại vòng vây hố móng và phạm vi áp dụng

5.5.2.1.1 Đập trụ đỡ được thi công ngay tại lòng sông, biện pháp thi công từng trụ có thể áp dụng các kiểu: khung vây cọc ván thép, hoặc khung vây cọc ống thép. Phạm vi và điều kiện áp dụng của từng loại khung vây được nêu trong bảng sau:

Bảng 3 - Điều kiện áp dụng các dạng khung vây thi công trụ

Loại khung vây	Điều kiện áp dụng
Khung vây cọc ván thép	Đất nền yếu Thích hợp mọi chiều sâu
Khung vây cọc ống thép	Đất nền yếu nằm sâu Thích hợp sông có chiều sâu lớn

5.5.2.1.2 Trong thiết kế nên ưu tiên sử dụng khung vây cọc ván thép là loại khung vây được sử dụng rộng rãi và giá thành thấp hơn. Việc sử dụng khung vây cọc ống thép cần có luận chứng kinh tế kỹ thuật và phải được chủ đầu tư chấp thuận.

5.5.2.2 Các bước thi công trụ

Bước 1: Định vị tìm tuyến công trình và vị trí các trụ;

Bước 2: Thi công cọc móng trụ, đóng hàng cừ chống thấm;

Bước 3: Đóng cọc ván thép tạo khung vây;

Bước 4: Đào xói hút đất trong khung vây cọc ván thép;

Bước 5: Đổ lớp bê tông vữa dâng bịt đáy khung vây;

Bước 6: Lắp đặt hệ khung chống trong khung vây;

Bước 7: Bơm nước làm khô khung vây tạo hồ móng để thi công trụ;

Bước 8: Thi công bê tông bệ và thân trụ;

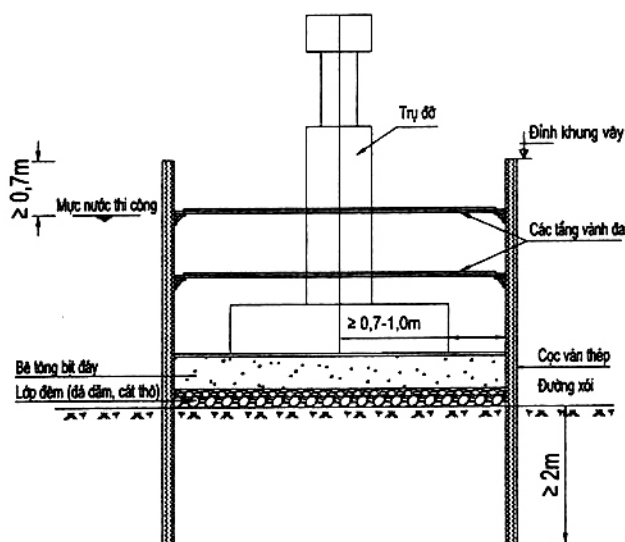
Bước 9: Tháo dỡ khung chống, nhổ cọc ván thép, chuyển đến vị trí thi công trụ tiếp theo.

5.5.2.3 Thiết kế kết cấu khung vây cọc ván thép

5.5.2.3.1 Các tài liệu cơ bản để thiết kế:

- Kích thước bệ trụ, cao trình đặt bệ trụ;
- Điều kiện địa chất lòng sông;
- Điều kiện thủy văn: mực nước thi công, mực nước cao nhất, mực nước thấp nhất, lưu tốc dòng chảy;
- Tình trạng, đặc trưng kỹ thuật của cọc ván thép hoặc cọc ống thép sử dụng làm khung vây;
- Yêu cầu về giao thông thủy trên tuyến;
- Điều kiện cung ứng vật tư và thiết bị thi công.

5.5.2.3.2 Xác định sơ đồ hình dạng và các kích thước cơ bản của khung vây cọc ván thép



Hình 1 - Sơ đồ và hình dạng khung vây

- Kích thước của khung vây trên mặt bằng được xác định chủ yếu từ kích thước thiết kế của bệ trụ, đồng thời xét đến điều kiện thi công (lắp dựng ván khuôn, cốt thép bệ móng) phải đảm bảo khoảng cách từ mép bệ móng đến chân khung vây từ 0,75 m đến 1,0 m. Trường hợp móng có bố trí cọc xiên

thì mũi cừ khung vây không được chạm vào cọc xiên.

- Chiều cao của khung vây được xác định dựa vào mực nước thi công và chiều cao bệ trụ. Cao độ đỉnh khung vây phải cao hơn mực nước thi công tối thiểu 0,7 m. Khoảng cách giữa các tầng khung chống được xác định căn cứ vào khả năng chịu lực của cọc ván thép. Cao độ chân khung vây quyết định tùy thuộc vào mức xói cục bộ, điều kiện địa chất lòng sông và tối thiểu phải thấp dưới đường xói cục bộ là 2 m.

5.5.2.3.3 Tải trọng tính toán

Tải trọng tác dụng vào khung vây chủ yếu là lực ngang. Trường hợp trên sàn công tác có đặt các máy móc, thiết bị thi công thì phải tính thêm lực đứng do trọng lượng bản thân của các máy móc thiết bị đó gây ra.

Việc tính toán khung vây cọc ván thép được thực hiện theo hai giai đoạn thi công:

- Giai đoạn 1: Khung vây đã hạ đến cao trình thiết kế nhưng chưa đổ bê tông bịt đáy. Ở giai đoạn này chênh lệch cột nước trong và ngoài không lớn, sự ổn định của khung vây chủ yếu dựa vào hệ cột chống. Nơi có ảnh hưởng của thủy triều thì sẽ có biện pháp cho nước trong và ngoài khung vây bằng nhau.

- Giai đoạn 2: Khung vây đã hạ đến cao trình thiết kế, đổ xong bê tông bịt đáy và tiến hành hút nước để thi công trụ. Đây là giai đoạn khung vây chịu lực lớn nhất.

Tùy theo điều kiện cụ thể của từng giai đoạn thi công, người thiết kế lựa chọn tổ hợp lực tính toán bất lợi nhất từ những lực sau:

- Áp lực thủy tĩnh.
- Áp lực thủy động.
- Áp lực ngang của đất.
- Lực sóng và gió.
- Lực va tàu.

5.5.2.3.4 Các bước tính toán khung vây

a) Tính toán ổn định khung vây

Cần kiểm tra chiều dài cừ cắm vào nền tương ứng với các tầng khung chống có đảm bảo điều kiện ổn định cho khung vây hay không.

- Tính toán các lực tác dụng vào khung vây ứng với chiều dài cừ cắm xuống nền;
- Kiểm tra ổn định;

b) Kiểm tra điều kiện ổn định của đáy khung vây

- Kiểm tra điều kiện ổn định thấm chung của nền trong khung vây;

TCVN 10400 : 2015

Hệ số ổn định thấm chung của khối đất ở đáy nền hồ móng trong khung vây:

$$K_s = \frac{i_c}{i} \quad (13)$$

Trong đó:

i_c là độ bền thấm chung của khối đất ở đáy hồ móng trong khung vây, phụ thuộc vào mật độ hạt của đất và hệ số rỗng của đất;

i là độ dốc thủy lực trung bình của dòng thấm vào hồ móng

$$i = \frac{h_w}{L} \quad (14)$$

Với:

h_w là chênh lệch cột nước giữa trong và ngoài đáy hồ móng;

L là độ dài đường viền thấm tính toán của dòng thấm;

$$L = \sum L_h + m \cdot \sum L_v;$$

$\sum L_h$ là tổng độ dài đoạn nằm ngang của đường viền;

$\sum L_v$ là tổng độ dài đoạn thẳng đứng của đường viền;

m là hệ số tính đổi đoạn thẳng đứng của đường chảy thấm thành đoạn nằm ngang.
Khung vây có một hàng cừ thì $m = 1,50$; có hai hàng cừ thì $m = 2,00$.

- Kiểm tra ổn định chống đẩy nổi do áp lực thấm:

Trường hợp lớp trên là đất sét không thấm nước, lớp dưới có một tầng chứa nước có áp hoặc tầng chứa nước không phải là nước có áp, do quá trình đào đất hình thành chênh lệch cột nước trong và ngoài khung vây, cần kiểm tra ổn định chống đẩy nổi lớp đất ở đáy hồ móng:

$$K = \frac{P_{cz}}{P_{wy}} \quad (15)$$

Trong đó:

P_{cz} là trọng lượng bản thân của lớp đất phủ nằm từ mặt hồ móng đến mặt của tầng nước có áp;

P_{wy} là áp lực đẩy nổi của nước lên đáy lớp đất tính toán;

K là hệ số ổn định chống cột nước có áp, $K = 1,05$.

- Kiểm tra ổn định chống trôi của hồ móng trong khung vây:

Khi đào hồ móng trong khung vây, do đất trong hồ bị đào đi làm biến đổi trường ứng suất và trường biến dạng của nền đất, gây đẩy trôi đất đáy hồ móng. Do đó khi thiết kế cần thiết phải kiểm tra ổn định chống đẩy trôi của hồ móng (xem Phụ lục I).

Trong trường hợp một trong ba điều kiện ổn định nêu trên (ổn định thấm chung, ổn định chống đẩy nổi do áp lực thấm và ổn định chống đẩy trôi), cần đề xuất biện pháp gia cường làm cho tính ổn định của nền đất có đủ độ an toàn.

Biện pháp thường được sử dụng là bê tông bịt đáy vừa có tác dụng gia cường đáy hồ móng vừa có tác dụng chống đỡ cho khung vây như một tầng khung chống.

c) Tính toán độ bền các bộ phận của khung vây

- Kiểm tra độ bền của cọc ván thép

Xét ở giai đoạn sau khi đổ bê tông bịt đáy, hút cạn nước bên trong khung vây để thi công bệ.

+ Sơ đồ tính: Tách một dải tường cọc ván thép theo phương đứng với bề rộng 1 m theo chu vi vòng vây và coi nó là một dầm liên tục nhiều nhịp, kê lên các gối tựa là các điểm tỳ của cọc ván thép vào vành đai và một gối tựa vào lớp bê tông bịt đáy tại điểm cách mặt bê tông 0,5 m. Điểm gối kê dưới cùng của cọc ván thép cách điểm chân cừ đoạn $t/2$ (t là chiều sâu cừ cắm vào đất nền).

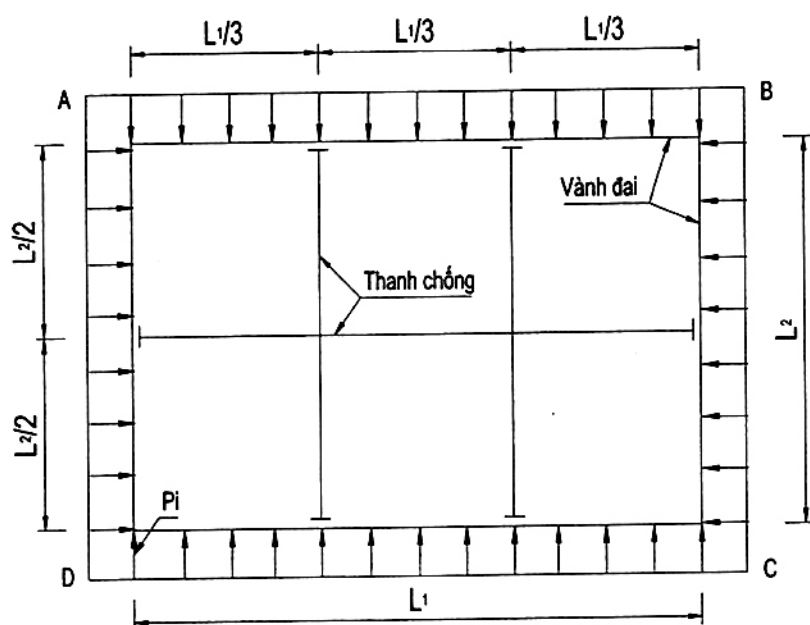
+ Tải trọng tác dụng lên tường cọc ván thép là tổ hợp lực bất lợi nhất của các lực ngang.

Từ sơ đồ kết cấu và sơ đồ tải trọng xác định được các mômen gối M_i và các phản lực gối tựa R_i . Tính toán và so sánh nội lực trong thân cọc với khả năng chịu lực của cọc ván thép. Nếu nội lực trong cọc lớn hơn khả năng chịu lực của cọc thì cần thay đổi loại cọc ván thép hoặc tăng thêm tầng khung chống.

- Tính toán vành đai:

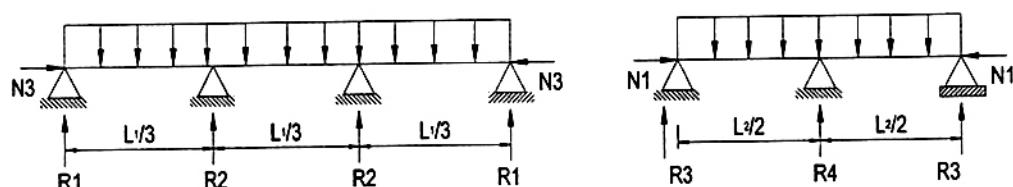
Sau khi xác định được các phản lực trên các gối tựa R_i , đây là các tải trọng tác dụng vào vành đai và tính toán nội lực phát sinh trong vành đai.

Thông thường có 3 dạng vành đai: vành đai tròn, vành đai chữ nhật và vành đai hình elíp. Với đập trụ đỡ, dạng vành đai phù hợp là vành đai hình chữ nhật, sơ đồ chịu lực được minh họa trên Hình 2:



Hình 2 - Sơ đồ tải trọng tác dụng lên vành đai dạng chữ nhật

Thanh vành đai được tính toán như một dầm liên tục có các gối tựa là các thanh chống, hai gối biên là điểm tựa của nó trên hai thanh chống vuông góc. Sơ đồ tính thanh vành đai:



Hình 3 - Sơ đồ tính thanh vành đai

Thanh vành đai được tính toán như một dầm liên tục chịu nén uốn. N_1 , N_3 là phản lực tại các gối biên của dầm. Kiểm tra khả năng chịu lực của vành đai về điều kiện cường độ và điều kiện ổn định theo các công thức của sức bền vật liệu.

- Tính toán thanh chống:

Thanh chống được tính với sơ đồ một thanh chịu nén. Lực tác dụng vào thanh chống bằng phản lực gối của vành đai.

d) Tính chiều dày lớp bê tông bịt đáy (xem Phụ lục I).

5.5.3 Biện pháp thi công dầm đỡ van

5.5.3.1 Dầm đỡ van có thể được thi công đúc tại chỗ trong khung vây hoặc được đúc sẵn và lắp ghép vào vị trí. Khi thiết kế phải ưu tiên lựa chọn giải pháp dầm van đúc sẵn lắp ghép để giảm thiểu ảnh hưởng đến giao thông thủy, thoát nước.

5.5.3.2 Trường hợp dầm đỡ van được thiết kế thi công đúc tại chỗ trong khung vây thì biện pháp thi

công tương tự như thi công trụ.

5.5.3.3 Trường hợp dầm đỡ van được thiết kế đúc sẵn, việc lắp ghép dầm có hai phương án.

5.5.3.3.1 Dầm van được thiết kế dạng hộp rỗng có thể nổi trên mặt nước. Dầm được đúc trong hồ móng tại công trường sau đó tháo nước vào làm nổi dầm, dùng tàu kéo di chuyển dầm đến vị trí lắp ghép.

5.5.3.3.2 Kết cấu dầm được thiết kế để cẩu lắp vào vị trí. Dầm van được đúc trên bãi đúc tại công trường sau đó được lắp đặt vào vị trí bằng cầu.

5.5.3.3.3 Việc lựa chọn phương án lắp đặt dầm phụ thuộc vào điều kiện bố trí mặt bằng công trường, khả năng vận chuyển các thiết bị hỗ trợ lắp đặt như xà lan, cầu.

5.5.3.4 Với phương án dầm đúc sẵn lắp ghép, trên bộ trụ, trụ cần lắp đặt sẵn các kết cấu tạm để định vị, dẫn hướng trong quá trình lắp đặt dầm. Trường hợp cần thiết có thể sử dụng khe van, khe phai để định vị và dẫn hướng.

5.5.3.5 Trường hợp sử dụng đệm cao su để kín nước giữa dầm van và đỉnh cừ chống thấm thì đệm cao su cần được lắp đặt chắc chắn vào dầm van trước khi tiến hành lắp đặt dầm.

5.5.3.6 Trường hợp sử dụng giải pháp bơm vữa vào trong dầm hoặc xuống dưới đáy dầm thì khi thi công dầm cần phải đặt sẵn các lỗ hoặc ống để phục vụ cho việc bơm vữa sau này.

5.6 Yêu cầu thiết kế bố trí thiết bị quan trắc

5.6.1 Yêu cầu chung

5.6.1.1 Khi thiết kế đập trụ đỡ cần phải dự kiến bố trí các thiết bị kiểm tra đo lường để tiến hành các quan trắc, nghiên cứu hiện trạng công trình và nền của chúng cả trong quá trình thi công cũng như trong thời kỳ khai thác nhằm mục đích đánh giá độ tin cậy của tổ hợp công trình nền, tình hình biến dạng để phát hiện kịp thời các hư hỏng, phòng ngừa sự cố và cải thiện tình hình khai thác.

5.6.1.2 Đập trụ đỡ là công trình bê tông cốt thép trên nền đất nên yêu cầu bố trí thiết bị quan trắc cần tuân theo TCVN 8215 : 2009.

Việc quan trắc chuyển vị của các trụ pin, trụ biên, áp lực thấm ở nền, đường bão hòa ở hai mang đập trụ đỡ là rất quan trọng cần phải bố trí thiết bị quan trắc. Những nội dung cần quan trắc phụ thuộc vào cấp công trình được trình bày trong Bảng 4:

Bảng 4 - Nội dung yêu cầu quan trắc

TT	Nội dung quan trắc	Cấp công trình				
		Đặc biệt	I	II	III	IV
1	Quan trắc chuyển vị	+	+	+	+	+
2	Quan trắc thấm	+	+	+	+	+
3	Quan trắc áp lực nước, mạch động	+	+	-	-	-
CHÚ THÍCH: Ký hiệu "+" là những nội dung cần quan trắc						

TCVN 10400 : 2015

5.6.1.3 Quan trắc ổn định lòng dẫn và gia cố mái sông thượng hạ lưu.

5.6.1.4 Quan trắc các yếu tố khí tượng thủy văn: thu thập, cập nhật và lưu trữ tài liệu mưa, gió theo tiêu chuẩn hiện hành liên quan.

5.6.1.5 Những công trình có tàu thuyền qua lại thường xuyên phải có thiết bị đo gió để hướng dẫn tàu thuyền neo đậu và qua lại thuận tiện, an toàn.

5.6.1.6 Những công trình có bố trí đường cá đi phải có thiết bị quan trắc cá tại vị trí tim công trình.

5.6.1.7 Những công trình có kết hợp cầu giao thông việc bố trí các thiết bị quan trắc đối với cầu, đường nối tiếp đầu cầu theo tiêu chuẩn hiện hành liên quan.

5.6.2 Thiết kế bố trí thiết bị quan trắc chuyển vị

5.6.2.1 Nội dung quan trắc chuyển vị bao gồm:

- Quan trắc lún.
- Quan trắc chuyển vị ngang, nghiêng, lệch;
- Quan trắc tình hình ổn định các kết cấu gia cố mái sông, lòng dẫn. Đo bình đồ kênh nối tiếp thượng hạ lưu tỷ lệ 1/500 mỗi năm hai lần vào đầu và cuối mùa lũ.

5.6.2.2 Bố trí các thiết bị đo để quan trắc chuyển vị được quy định như sau:

Để quan trắc ta có thể sử dụng theo phương pháp trắc đạc và phương pháp tự động như: Quả lắc thuận đảo, Magnetic Extensometer. Đối với công trình nhỏ từ cấp IV trở xuống nên ưu tiên áp dụng phương pháp trắc đạc dùng hệ thống mốc. Hệ thống mốc mặt bố trí trên đỉnh ở thượng lưu và hạ lưu của tất cả các trụ pin, trụ biên, trên đỉnh mang đập và trên hai bờ.

5.6.2.3 Một tháng đo một lần trong năm đầu và sáu tháng đo một lần cho các năm tiếp theo tại các vị trí có mốc quan trắc.

5.6.2.4 Nếu kết quả quan trắc lớn hơn các giá trị cho phép của cơ quan tư vấn thiết kế cấp thì phải báo cáo lên cơ quan cấp trên để có kế hoạch xử lý.

5.6.3 Thiết kế bố trí thiết bị quan trắc mực nước, thấm

5.6.3.1 Nội dung quan trắc thấm bao gồm:

- Quan trắc độ cao mực nước trước và sau cửa van;
- Quan trắc hiện tượng rò rỉ do thấm qua nền, qua mang đập và cửa van.

5.6.3.2 Quan trắc mực nước phục vụ cho công tác vận hành công trình, việc quan trắc có thể sử dụng theo phương pháp trắc đạc hoặc phương pháp tự động hoặc cả hai tùy thuộc vào yêu cầu vận hành công trình. Với những công trình không có yêu cầu vận hành tự động hóa thì chỉ sử dụng phương pháp trắc đạc bằng các cột thủy chí được gắn trên mặt bên ở thượng lưu và hạ lưu của các trụ pin.

5.6.3.3 Bố trí thiết bị quan trắc thấm tuân theo TCVN 8215 : 2009.

5.6.4 Thiết kế bố trí thiết bị quan trắc áp lực nước, mạch động

Thiết bị đo mạch động của dòng chảy thường dùng là cảm biến kiểu tự cảm. Các thiết bị này có thể được lắp đặt ngay khi bắt đầu đổ bê tông hoặc khi hoàn thành đổ bê tông và phải có bộ phận đặt sẵn trong khối bê tông để đảm bảo liên kết chắc chắn giữa thiết bị đo với mặt bê tông.

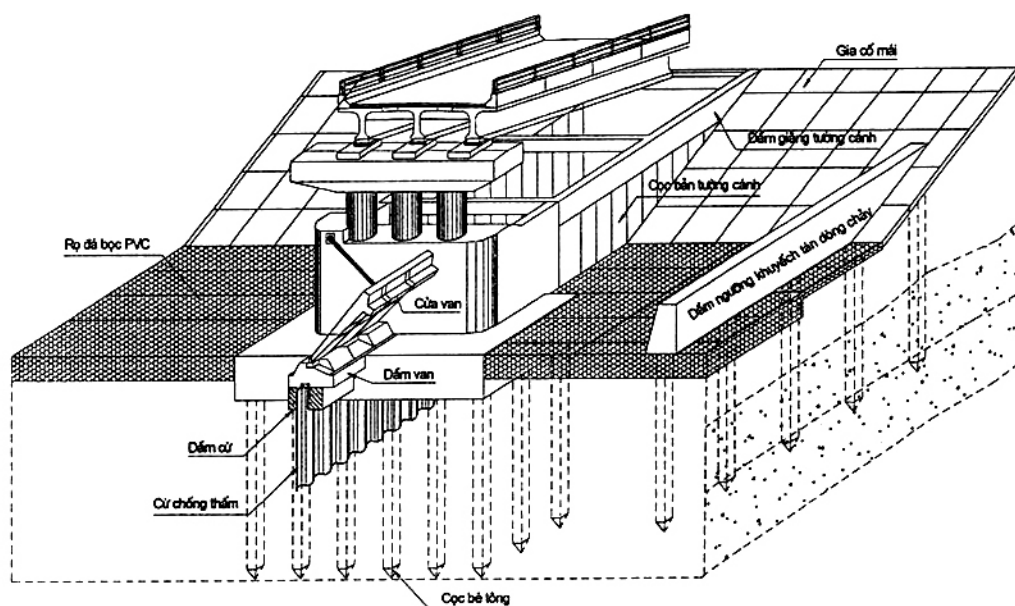
Các thiết bị đo áp lực nước có thể đặt trên mặt phẳng nằm ngang hoặc thẳng đứng của công trình. Sơ đồ bố trí, vị trí đặt thiết bị đo phải căn cứ vào kết quả tính toán thủy lực.

Đối với công trình cấp I và cấp đặc biệt, việc bố trí thiết bị đo mạch động phải thông qua kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực.

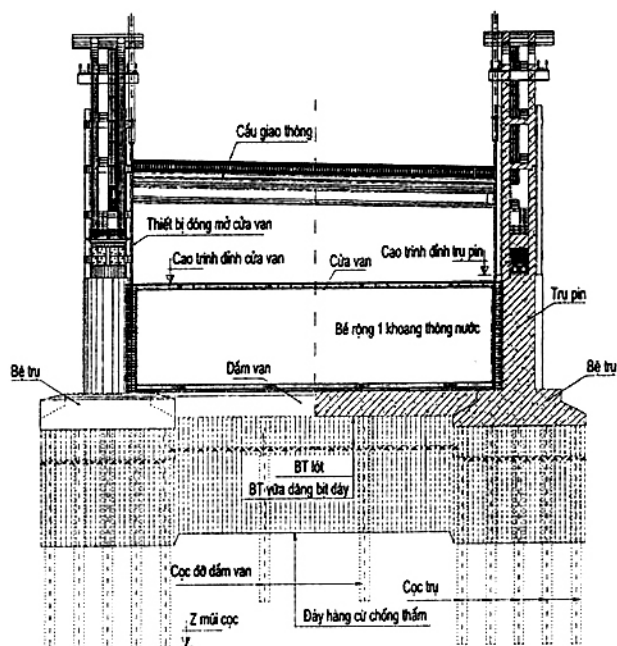
Phụ lục A

(Tham khảo)

Các bộ phận chính của đập trụ đỡ



Hình A1 - Mô hình đập trụ đỡ

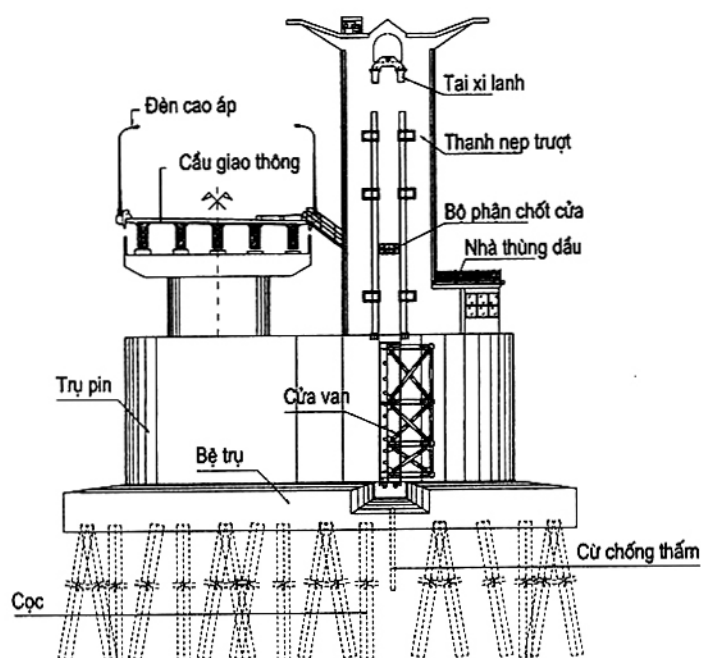


Hình A2 - Cắt dọc 1 khoang thoát nước đập trụ đỡ

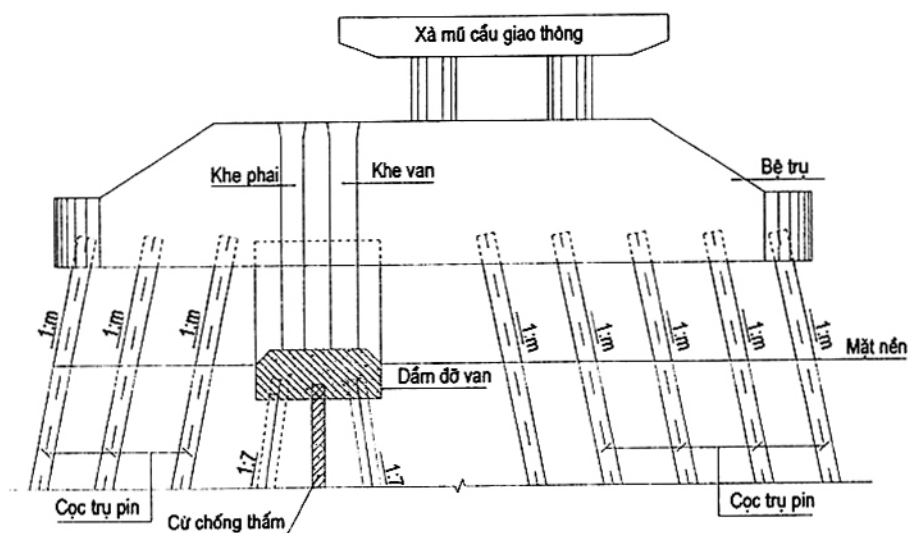
Phụ lục B

(Tham khảo)

Cấu tạo các loại đập trụ đỡ



Hình B1 - Cắt ngang đập trụ đỡ bộ thấp



Hình B2 - Cắt ngang đập trụ đỡ bộ cao

m là hệ số mái nghiêng của cọc xiên; với cọc bê tông cốt thép thì $m \geq 5$; với cọc thép thì $m \leq 5$

Khi sử dụng cọc thép thì phần cọc nhô ra khỏi kết cấu trụ và đất nền phải được bảo vệ chống ăn

mòn.

Tùy theo các điều kiện cụ thể sẽ chọn từng kiểu đập trụ đỡ khác nhau, thông thường việc chọn dạng đập trụ đỡ dựa vào các yếu tố sau:

Bảng B1 - Phạm vi áp dụng phù hợp cho các dạng đập trụ đỡ

TT	Thông số	Kiểu đập trụ đỡ		
		Bệ thấp	Bệ cao, dầm van đồ tại chỗ	Bệ cao, dầm van lắp ghép
1	Bề rộng khoang	Lớn hơn 15 m	Từ 7 m đến 15 m	Từ 3 m đến 7 m
2	Chênh lệch cột nước thiết kế	Từ 1,5 m đến 4,0 m	Nhỏ hơn 2,5 m	Lớn hơn 1,5 m
3	Độ sâu mực nước	Từ 3,0 m đến 15,0 m	Nhỏ hơn 5,0 m	Lớn hơn 5,0 m

Phụ lục C

(Tham khảo)

Tải trọng và sơ đồ tải trọng tác dụng lên công trình

C.1 Tải trọng tác dụng lên công trình

Các tải trọng tác dụng lên công trình bao gồm các tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời và tải trọng đặc biệt:

C.1.1 Tải trọng thường xuyên:

- Tải trọng bản thân của các bộ phận kết cấu công trình và thiết bị phụ phi kết cấu (P), tải trọng bản thân của lớp phủ mặt và các tiện ích công cộng (DW);
- Tải trọng đất (EH) bao gồm áp lực đất ngang chủ động, áp lực đất ngang bị động và áp lực đất thẳng đứng;
- Tải trọng nước bao gồm: áp lực nước ngang (H), trọng lượng nước (N), áp lực thấm, áp lực đẩy nổi (W) tác dụng trực tiếp lên bề mặt công trình;
- Tải trọng gây ra do kết cấu chịu ứng suất trước.

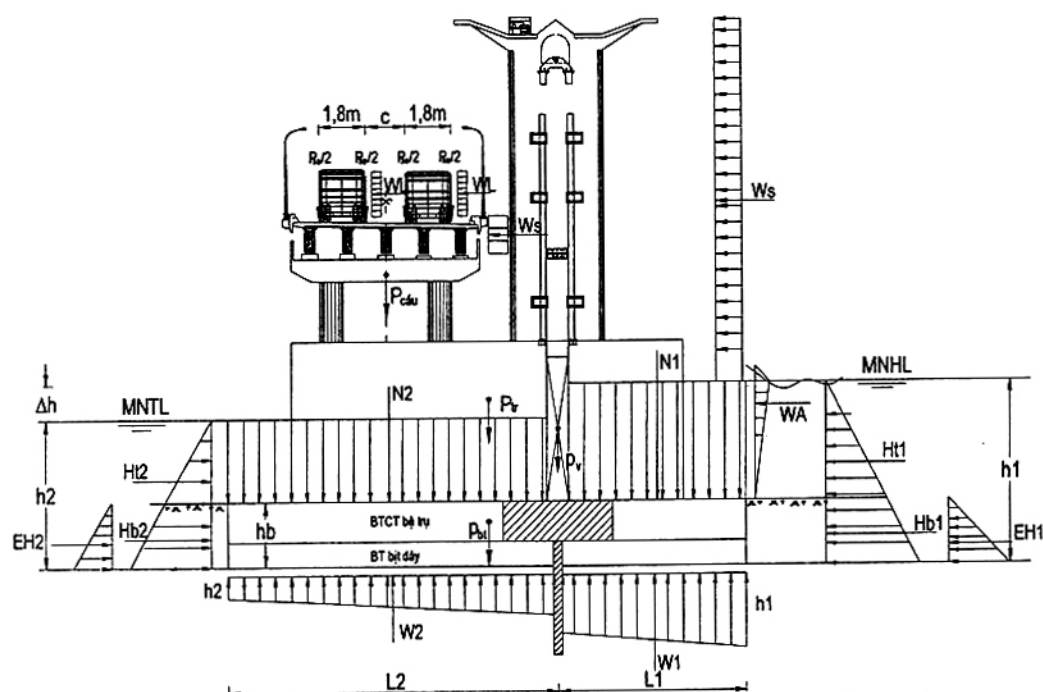
C1.2 Tải trọng tạm thời bao gồm tải trọng tạm thời dài hạn và tải trọng tạm thời ngắn hạn:

- Áp lực do sóng, nước dâng (WA);
- Tải trọng gió (gió trên hoạt tải WL, gió trên kết cấu WS).
- Hoạt tải (LL);
- Tải trọng người đi (PL);
- Lực hãm xe (BR);
- Lực ly tâm do xe (CE);
- Lực ma sát (FR);
- Lực động của xe (IM);

C1.3 Tải trọng đặc biệt:

- Lực va tàu (CV) trong trường hợp mở cửa van;
- Lực va xe (CT) trên cầu trong trường hợp có cầu giao thông;
- Tải trọng động đất (EQ);
- Áp lực nước tương ứng mực nước kiểm tra;
- Tải trọng sóng do động đất, nổ hoặc sóng thần.

C.2 Sơ đồ tính tải trọng tác dụng vào trụ

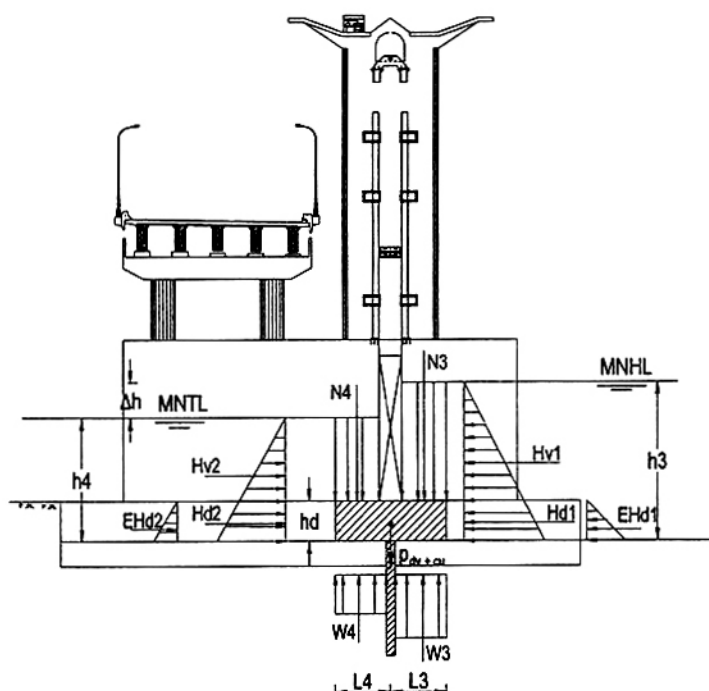


Hình C1 - Sơ đồ tính lực đẩy nổi và tải trọng tác dụng trực tiếp vào trụ

Ký hiệu trong Hình C1:

h_b : chiều cao bộ trụ + bê tông cốt đáy (nếu có)	W_s : áp lực gió vào trụ, tháp van và cầu
l_1 : chiều dài bộ trụ thượng lưu	W_L : áp lực gió lên hoạt tải xe trên cầu
l_2 : chiều dài bộ trụ hạ lưu	N_1 : trọng lượng nước tác dụng vào bộ trụ phía thượng lưu.
h_1 : Cột nước thượng lưu tính đến đáy bộ	N_2 : trọng lượng nước tác dụng vào bộ trụ phía hạ lưu.
h_2 : Cột nước hạ lưu tính đến đáy bộ	W_1 : áp lực đẩy ngược tác dụng vào bộ trụ phía thượng lưu.
Δh : Chênh lệch cột nước thượng - hạ lưu.	W_2 : áp lực đẩy ngược tác dụng vào bộ trụ phía hạ lưu.
H_{11} : áp lực nước thượng lưu vào trụ	P_v : Trọng lượng cửa van
H_{12} : áp lực nước hạ lưu vào trụ	$P_{bt}, P_{tr}, P_{cầu}$: lần lượt là trọng lượng của bộ, trụ pin và tính tải cầu
H_{b1} : áp lực nước thượng lưu vào bộ trụ	P_{xe} : Tải trọng xe thiết kế trên cầu
H_{b2} : áp lực nước hạ lưu vào bộ trụ	
E_{H1} : áp lực đất chủ động vào bộ trụ	
E_{H2} : áp lực đất bị động vào bộ trụ	
W_A : áp lực sóng vào trụ	

C.3 Sơ đồ tải trọng tác dụng vào dầm van



Hình C2 - Sơ đồ tính lực tác dụng gián tiếp vào trụ thông qua cửa van và dầm đỡ van

Ký hiệu trong Hình C2:

h_3 : Cột nước thượng lưu tính đến đáy dầm đỡ van;

h_4 : Cột nước hạ lưu tính đến đáy dầm đỡ van;

Δh : Chênh lệch cột nước thượng - hạ lưu;

$P_{dv+cư}$: Trọng lượng dầm đỡ van (tính đầy nổi) và cừ chống thấm;

H_{d1} : áp lực nước thượng lưu vào dầm đỡ van;

H_{d2} : áp lực nước hạ lưu vào dầm đỡ van;

H_{v1} : áp lực nước thượng lưu vào cửa van;

H_{v2} : áp lực nước hạ lưu vào cửa van;

h_d : chiều cao dầm đỡ van;

W_3 : áp lực đẩy ngược tác dụng lên dầm van phía thượng lưu;

W_4 : áp lực đẩy ngược tác dụng lên dầm van phía hạ lưu.

Phụ lục D

(Tham khảo)

Lựa chọn loại cừ chống thấm cho đập trụ đỡ**D.1 Lựa chọn cừ chống thấm****Bảng D1 - Lựa chọn loại cừ chống thấm**

Thông số	Loại cừ		
	Cừ larsen	Cừ BTCT thường	Cừ Bê tông cốt thép dự ứng lực có me cừ
1. Theo cột nước thi công			
≤ 5m	++	++	+
> 5m	++	+	-
2. Theo dạng kết cấu đập trụ đỡ			
2.1. Đập trụ đỡ bệ thấp, dầm đỡ van đổ tại chỗ	++	++	+
2.2. Đập trụ đỡ bệ thấp, dầm đỡ van lắp ghép	++	-	+
2.3. Đập trụ đỡ bệ cao	-	++	+
CHÚ THÍCH 1 : "++" rất phù hợp, "+" phù hợp, "-" không phù hợp			
CHÚ THÍCH 2: Ngoài ra, khi phân tích lựa chọn loại cừ cũng cần phải lưu ý đến tính chất ăn mòn hóa học của môi trường nước tại khu vực xây dựng công trình.			

D.2 Tính toán chiều dài đường viền chống thấm mang đập

Chiều dài đường viền thấm mang đập:

$$L_b = C_b \cdot H \quad (D1)$$

Trong đó:

H là cột nước thấm

C_b là hệ số, C_b = (0,67 đến 0,75).C

C là hệ số, phụ thuộc vào loại đất mang đập.

Bảng D2 - Hệ số C

Loại đất	C
Đất sét chặt	1,50
Đất sét chặt vừa	1,70 đến 2,00
Đất sét mềm	2,00 đến 2,50
Đá cuội, sỏi hạt lớn	2,50
Cuội sỏi trung bình	3,00
Cuội sỏi hạt nhỏ	3,50

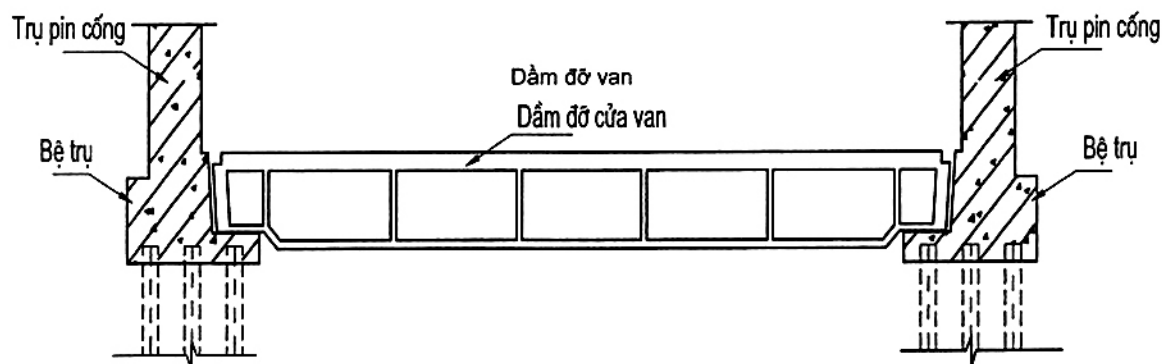
Bảng D2 – (Kết thúc)

Loại đất	C
Cát hạt lớn	4,00
Cát hạt trung bình	5,00
Cát hạt nhỏ	6,00
Cát mịn	7,00

Phụ lục E

(Tham khảo)

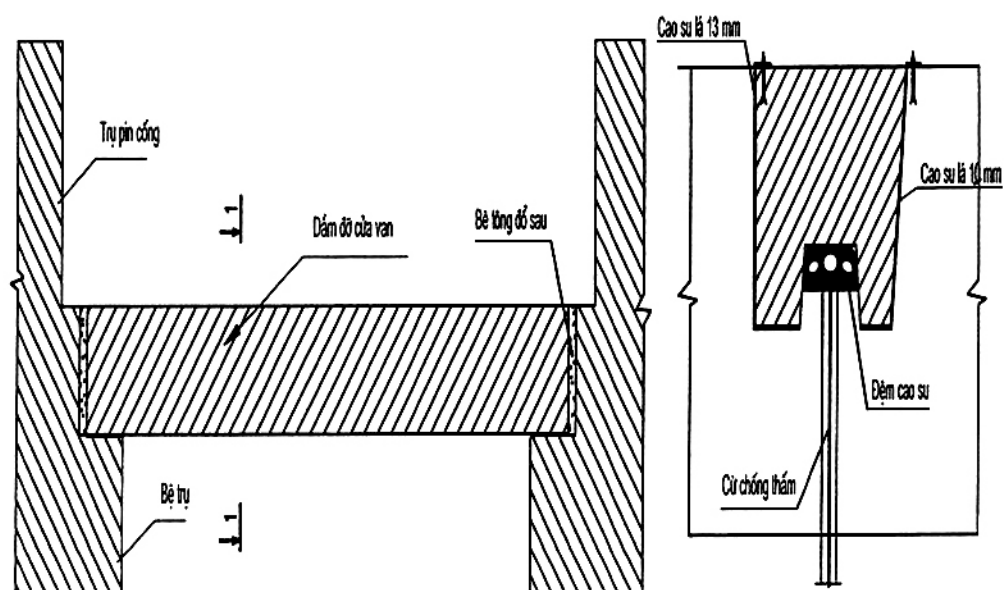
Dạng dầm đỡ van



Hình E1 - Dầm đỡ van đập dạng phao hộp lắp đặt dưới nước sau khi thi công trụ pin

CẮT DỌC DẦM ĐỠ VAN

CẮT 1 - 1

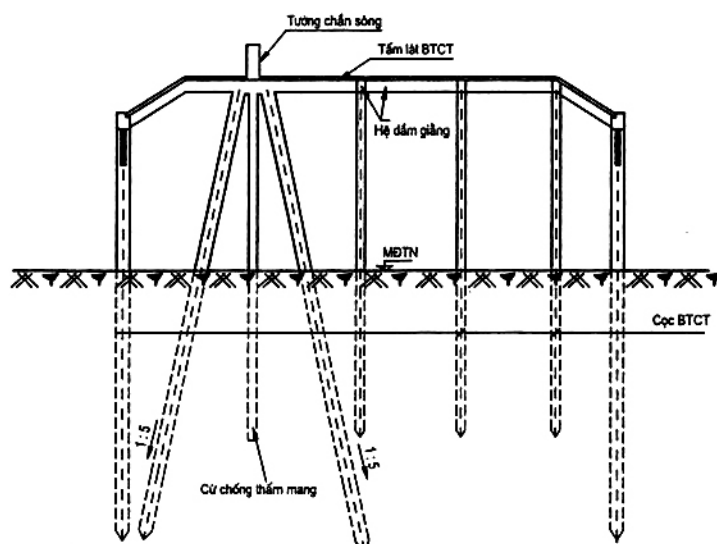


Hình E2 - Dầm đỡ van dạng chữ U ngược lắp đặt dưới nước sau khi thi công trụ pin

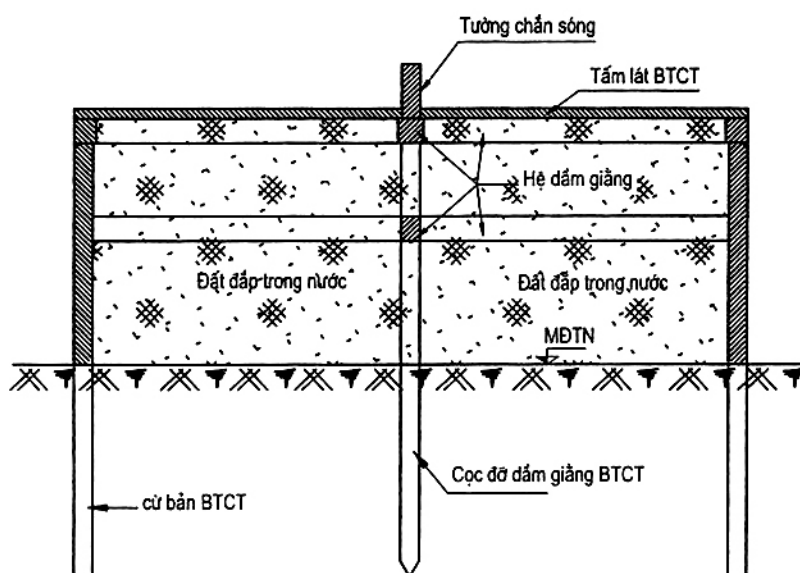
Phụ lục F

(Tham khảo)

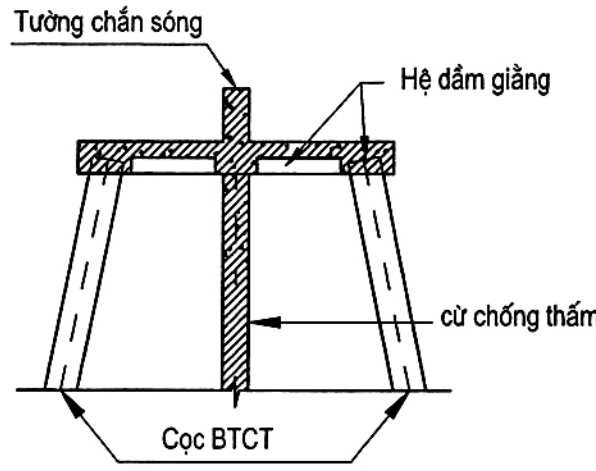
Mang đập và gia cố lòng dẫn



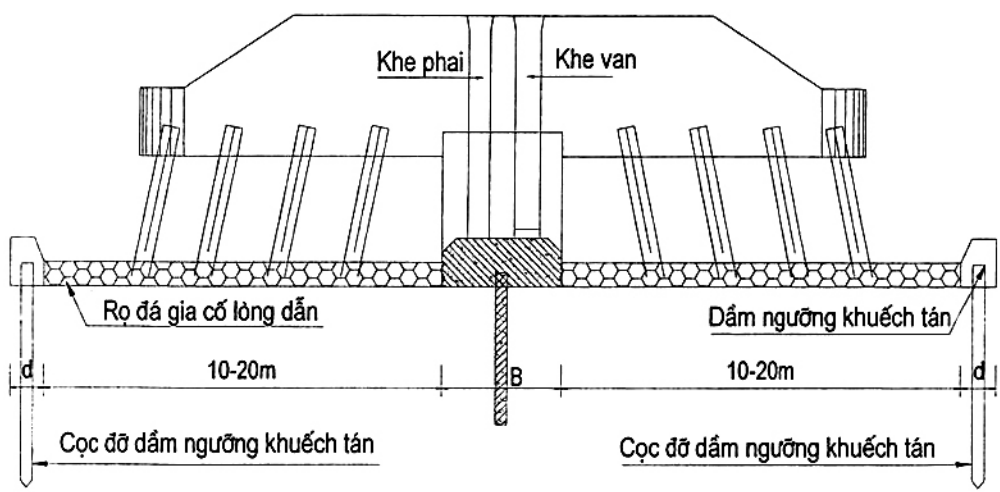
Hình F1 - Kết cấu mang đập lắp ghép dạng hình thang



Hình F2 - Kết cấu mang đập dạng hình chữ nhật



Hình F3 - Kết cấu mang đập dạng chữ T



Hình F4 - Kết cấu gia cố lòng dẫn và tường khuếch tán dòng chảy

Phụ lục G

(Tham khảo)

Tính toán sức chịu tải của cọc**G.1. Sức chịu tải đứng của cọc theo sức chịu tải vật liệu**

- Với cọc đóng:

$$R_{vl} = m.(\gamma_{cb}.\gamma'_{cb}.A_p.R_n + A_s.R_a) \quad (G1)$$

$$R_{vl} = 0,85.\varphi.A_p.f_c \text{ hoặc } (f_y)$$

Trong đó:

- m : Hệ số ảnh hưởng của uốn dọc;
 γ_{cb} : Hệ số điều kiện làm việc của cọc (theo TCVN 10304 : 2014);
 γ'_{cb} : Hệ số điều kiện làm việc do thi công (theo TCVN 10304 : 2014);
 A_p : Diện tích mặt cắt ngang thân cọc;
 R_n : Cường độ chịu nén của bê tông;
 A_s : Diện tích của thép dọc trong cọc;
 R_a : Cường độ chịu nén của thép;
 φ : Hệ số sức kháng, lấy $\varphi = 0,75$;
 f_c : Cường độ chịu nén 28 ngày của bê tông cọc;
 f_y : Cường độ chảy của cọc thép;

- Với cọc khoan nhồi: Sức kháng tính toán của cọc theo vật liệu

$$R_{vl} = \phi.P_n = \phi.\beta.[0,85.f_c.(A_g - A_s) + A_s.f_y] \quad (G2)$$

Trong đó:

- ϕ : Hệ số sức kháng, lấy $\phi = 0,75$;
 β : Hệ số triết giảm, lấy $\beta = 0,85$ với đai xoắn và $\beta = 0,80$ với đai thường;
 A_g : Diện tích tiết diện cọc;
 A_s : Diện tích tiết diện cốt thép cọc (A_s/A_g trong khoảng từ 1% đến 2%);

G.2. Sức chịu tải đứng của cọc theo sức chịu tải của đất nền

Sức chịu tải của cọc được xác định theo TCVN 10304 : 2014. Ngoài ra thì có hai phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc đó là: dùng các phương pháp phân tích (ước tính nửa thực nghiệm) và phương pháp dựa trên thí nghiệm hiện trường.

- Phương pháp nửa thực nghiệm, phần sức kháng thân cọc tiêu chuẩn có đưa ra 3 cách tính là: phương pháp α (alpha), phương pháp β (beta) và phương pháp λ (lamda).

- Phương pháp hiện trường (dựa trên các thí nghiệm hiện trường): Phương pháp này sử dụng kết quả SPT hoặc CPT và chỉ áp dụng cho đất rời.

$$R_R = \varphi \cdot R_n = \varphi_{qp} \cdot R_p + \varphi_{qs} \cdot R_s \quad (G3)$$

Trong đó:

R_p : Sức kháng mũi cọc; $R_p = q_p \cdot A_p$; q_p : Sức kháng đơn vị mũi cọc;

R_s : Sức kháng thân cọc; $R_s = q_s \cdot A_s$; q_s : Sức kháng đơn vị thân cọc;

A_s : Diện tích bề mặt thân cọc; A_p : Diện tích bề mặt mũi cọc;

φ_{qp} , φ_{qs} : Hệ số sức kháng đối với sức kháng mũi cọc và thân cọc;

Tùy vào từng loại cọc (cọc đóng hay cọc khoan nhồi) và đất nền để áp dụng các công thức tính cho phù hợp.

***Chú ý:** Ma sát âm: giảm sức chịu tải của cọc (đặc biệt là cọc khoan nhồi) trong các trường hợp đất nền (theo TCVN 10304 : 2014);

Với đất nền yếu, đất đắp: Hệ số ma sát âm dọc thân cọc: $f_{am} = \alpha \times S_u$ (T/m^2)

Trong đó:

α : Hệ số kết hợp dính $\alpha = 1$ khi $S_u < 2,5 T/m^2$;

S_u : Sức kháng cắt không thoát nước trung bình;

Sét mềm, phù sa, cát không chặt (cát đắp): $f_{am} = \Sigma N_{0i} \cdot \sigma'_{vi} \cdot L_i$ (T/m)

σ'_{vi} : Ứng suất hiệu quả thẳng đứng của đất;

L_i : Chiều dài dọc thân cọc;

N_0 : Hệ số phụ thuộc vào đất nền và điều kiện của cọc

N_0 = từ 0,01 đến 0,05 khi cọc được phủ bằng Bitum hoặc Bentonite;

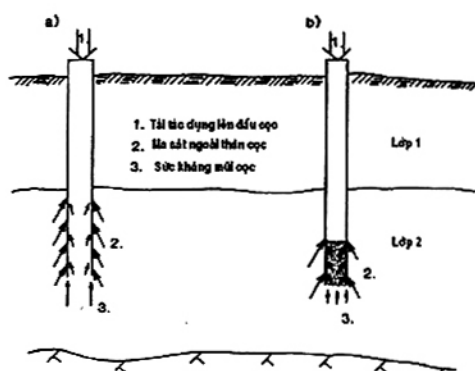
N_0 = từ 0,15 đến 0,30 khi cọc không sơn phủ, đất nền là phù sa hoặc sét mềm;

N_0 = từ 0,30 đến 0,80 khi cọc không sơn phủ, đất nền là cát không chặt;

+ Với cọc ống thép: có hai quan điểm tính toán sức chịu tải của cọc ống thép mà mũi cọc hở.

- Tính ma sát thân cọc: tính lực bên trong lòng cọc và bên ngoài (với lực ma sát bên trong lòng cọc được chiết giảm α trong khoảng từ 0,30 đến 0,50), mũi cọc chịu lực là diện tích hình vành khăn;

- Tính ma sát thân cọc: tính lực ma sát bên ngoài thành cọc, lực mũi cọc là toàn bộ diện tích cọc (bao gồm hình vành khăn và đất trong lòng cọc).



+ Theo thí nghiệm hiện trường:

Kiểm tra sức chịu tải của cọc tính toán theo lý thuyết với sức chịu tải thí nghiệm ngoài hiện trường để hiệu chỉnh đường kính cọc, chiều dài cọc và phương pháp tính toán. Các phương pháp xác định tải trọng theo thí nghiệm hiện trường theo TCVN 10304 : 2014 và TCVN 9393 : 2012.

G.3 Sức kháng ngang của cọc

G.3.1 Theo phương pháp đường cong p-y

Mô đun phản lực ngang của nền K_s đặc trưng cho phản lực và chuyển vị của đất xung quanh được xác định theo công thức tổng quát:

$$K_s = \frac{P}{y} \quad (G4)$$

Trong đó:

- p : Phản lực của đất nền trên một đơn vị chiều dài của cọc
 y : Chuyển vị (biến dạng) tương ứng tại điểm đó.

G.3.1.1 Palmer và Thompson (1948)

$$K_s = K_h \cdot \left(\frac{x}{L} \right)^n \quad (G5)$$

Với

- K_h : Giá trị của K_s tại $x = L$ hoặc ở đỉnh cọc
 x : Độ sâu tại một điểm nào đó dọc theo cọc
 n : Hệ số, cọc trong cát, đất sét cổ kết bình thường $n=1$, sét quá cổ kết $n=0$;

Với đất sét không thoát nước $n = 0,15$, với đất cát $n = 1,5$.

Khi $n=1$ thì $K_h = n_h \cdot z$, n_h là hằng số phản lực nền theo phương ngang.

TCVN 10400 : 2015

G.3.1.2 Theo TCVN 10304:2014

Giá trị mô đun phản lực ngang của nền K_s được xác định theo công thức:

$$K_s = K \cdot \frac{z}{\gamma_c} \quad (G6)$$

Trong đó:

K: Hệ số tỷ lệ theo TCVN 10304:2014.

z: Độ sâu của vị trí tiết diện cọc, kể từ mặt đất đối với cọc đài cao, hoặc kể từ đáy đài với cọc đài thấp.

γ_c : Hệ số điều kiện làm việc (đối với cọc độc lập $\gamma_c = 3$).

G.3.1.3 Theo Bowles (1997)

Mô đun phản lực ngang hay hệ số nền được xác định:

$$K_s = s_1 \cdot A_s + s_2 \cdot B_s \cdot Z^n \quad (G7)$$

Trong đó : Với cọc tiết diện vuông : $s_1 = s_2 = 1,0$

Với cọc tiết diện tròn : $s_1 = 1,3$ đến $1,7$

: $s_2 = 2,0$ đến $4,4$

Các thông số A_s và B_s xác định theo công thức sức chịu tải nền Terzaghi (1948), ứng với chuyển vị đất nền tương ứng $\Delta H = 2,5$ cm ứng $C = 40$;

$$A_s = C \cdot (c \cdot N_c + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

$$B_s = C \cdot (\gamma \cdot N_q)$$

Số mũ $n = 0,4$ đến $0,5$ xác định từ đường cong hiệu chỉnh thí nghiệm hiện trường theo thí nghiệm cọc chịu tải ngang (nếu có);

Z là độ sâu tính toán.

G.3.1.4. Theo tiêu chuẩn đường bộ Nhật Bản – Thiết kế cho cọc ống thép:

Mô đun phản lực ngang của nền:

Trường hợp không vượt quá chuyển vị cho phép:

$$K_H = K_{H0} \cdot \left(\frac{B_H}{0,3} \right)^{-3/4} \quad (G8)$$

Trong đó:

K_{H0} : Giá trị phản lực ngang của nền, với thí nghiệm tấm cứng đường kính 0,3 m.

Giá trị này có thể được tính toán, kN/m^2 ; $K_{H0} = \frac{\alpha \cdot E_0}{0,3}$

E_0 : Mô đun biến dạng của nền, kN/m^2 ;

α : Hệ số đánh giá phản lực nền;

B_H : Bề rộng tải tương đương của móng vuông góc với hướng tải, m.

Trong trường hợp cọc thì $B_H = \sqrt{\frac{D}{\beta}}$;

D : Bề rộng của cọc theo hướng tải, m.

β : Giá trị đặc trưng của nền $\sqrt[4]{\frac{K_H \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$ (m^{-1})

EI : Độ cứng của vật liệu móng.

Trường hợp vượt quá chuyển vị cho phép:

$$K'_H = K_H \cdot \left(\frac{y'}{y} \right)^{-1/2} \quad (G9)$$

Trong đó:

K_H : Hệ số phản lực ngang của nền ứng chuyển vị " y ", kN/m^3 ;

y' : Chuyển vị tại đầu cọc, mm. Giá trị này được xác định khoảng 3,5%. D hoặc ít hơn (nhỏ hơn 50 mm);

y : Chuyển vị cho phép, mm. Giá trị này được xác định khoảng 1,0%. D .

G.3.2. Theo phương pháp chuyển vị của cọc

G.3.2.1. Theo phương pháp tính chuyển vị ngang cho phép trong nền nhiều lớp Davisson và Gill (sử dụng điều kiện về đất nền)

$$Y_x = A_{yc} \frac{H_u R^3}{EJ} + B_{yc} \frac{M_g R^2}{EJ} \quad (G10)$$

$$M_x = A_{mc} H_u R + B_{mc} M_g$$

Trong đó: R : Độ cứng tương đối của cọc đối với đất nền;

Với đất dính thì $R = \left(\frac{EJ}{k_s D} \right)^{0,25}$; Với đất không dính thì $R = \left(\frac{EJ}{n_h} \right)^{0,20}$;

TCVN 10400 : 2015

EJ : Độ cứng chống uốn của cọc;

D: Đường kính hoặc bề rộng của cọc;

k_s : Độ cứng hướng ngang của đất;

n_h : Hằng số phản lực nền;

S_u : Lực dính không thoát nước của lớp đất nền;

$[H]_u$: Sức kháng ngang của cọc;

M_g : Momen tác dụng vào đầu cọc;

y_x : Chuyển vị đầu cọc;

$A_{yc}, B_{yc}, A_{mc}, B_{yc}$: Các hệ số phụ thuộc vào lớp đất gần mặt đất.

. Với đất dính: $K_s = \frac{67}{S_u \cdot D}$ hoặc $K_s = \frac{n_1 \cdot n_2 \cdot 80 \cdot q_u}{D}$ với $q_u = 2 \cdot S_u$

$n_1 = 0,32$ đến $0,40$ hệ số phụ thuộc vào phương thức đóng cọc;

n_2 : Hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm cọc;

. Với đất không dính: $K_s = \frac{n_h \cdot z}{D}$; z: chiều sâu tại vị trí tính toán.

Bảng G1 - Giá trị n_h đất nền

Đơn vị tính bằng tấn/mét khối (T/m³)

Độ chặt	Trên mực nước ngầm	Dưới mực nước ngầm
Rời rạc	190	110
Chặt vừa	810	540
Chặt	1760	1080

Hiệu chỉnh hệ số nền $K_H = \phi \cdot K_s$ theo điều kiện tải trọng trong từng loại đất.

Bảng G2: Hệ số hiệu chỉnh ϕ

Trường hợp tải	Đất nền	Trạng thái đất nền	Hệ số ϕ
Tải động đất	Đất rời	Đất chặt vừa đến chặt	0,50
		Đất ở trạng thái rời	0,25
Tải trọng tĩnh	Đất dính	Đất yếu	0,17 đến 0,33
		Đất cứng đến rất cứng	0,25 đến 0,50
Khác			1,00

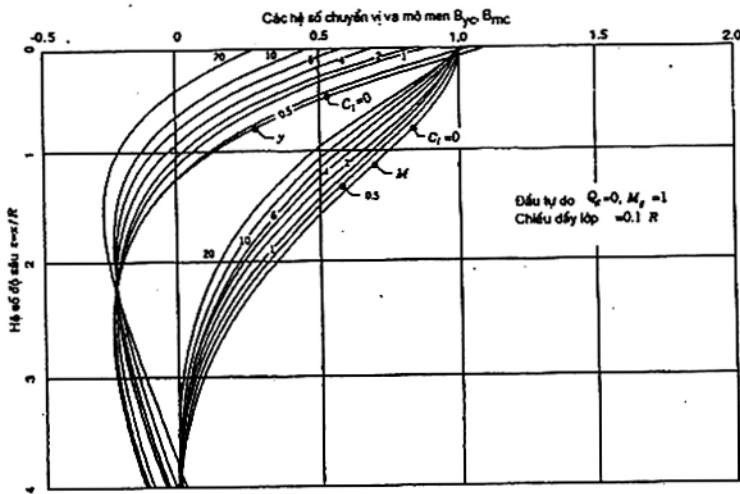
Khi cọc ngầm 1 đầu (do liên kết cứng vào bệ vì bệ có độ cứng chống uốn $EJ_{bệ}$ lớn hơn nhiều so với cọc $EJ_{cọc}$) thì:

Phương trình chuyển vị của cọc dạng:
$$y_x = \frac{C_{yc} \cdot [H]_u \cdot R^3}{EJ}$$

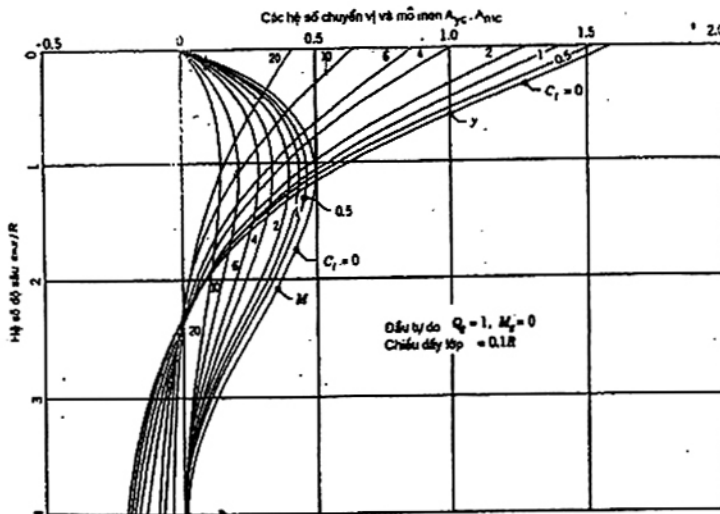
Mô men đầu cọc dạng:
$$M_x = C_{mc} \cdot [H]_u \cdot R$$

Với chuyển vị cho phép tại đầu cọc y_x , xác định được sức kháng ngang của cọc.

Cách xác định A_{yc} , B_{yc} , A_{mc} , B_{mc} , C_{yc} , C_{mc} :

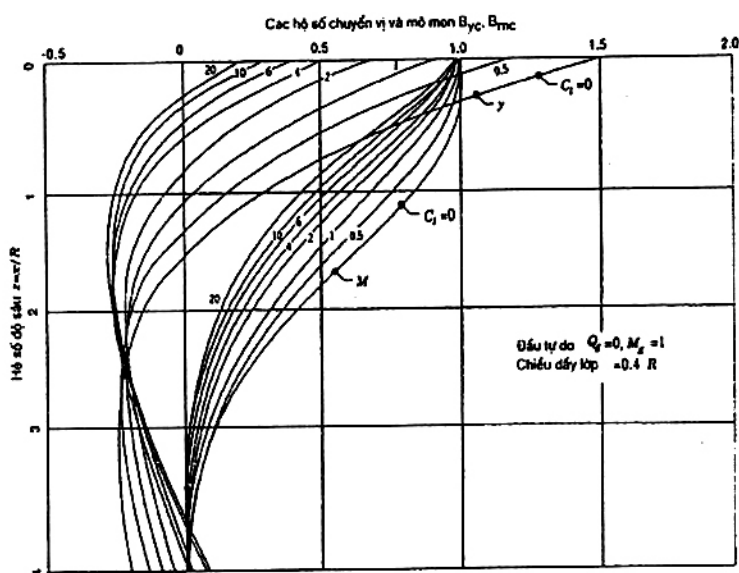


Hệ số chuyển vị và mômen (B_{yc} và B_{mc}) :
Cọc có đầu tự do - chiều dày lớp = 0,1R (Davisson và Gill, 1963).

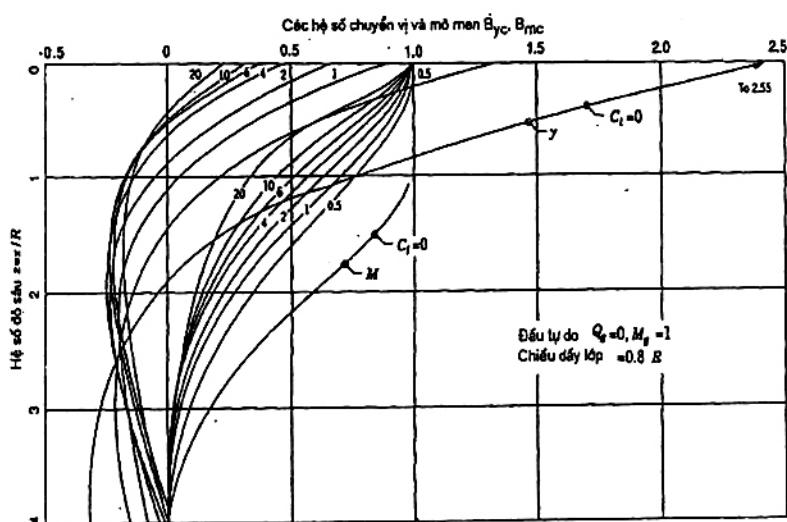


Hệ số chuyển vị và mômen (A_{yc} và A_{mc}) :
Cọc có đầu tự do - chiều dày lớp = 0,1R (Davisson và Gill, 1963).

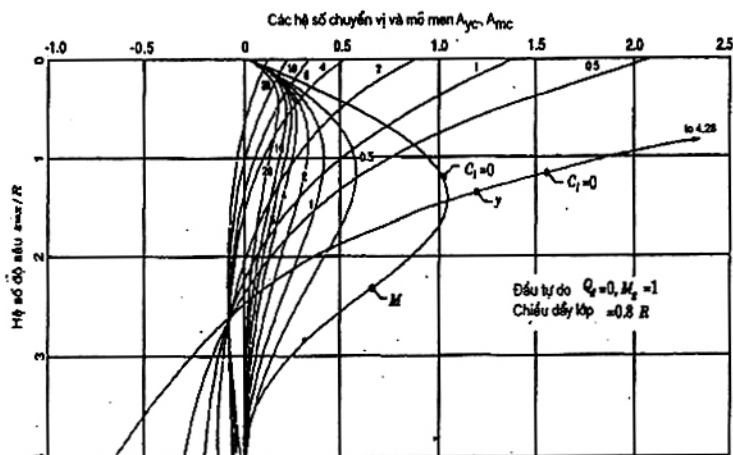
Hình G1 - Xác định hệ số A_{yc} , B_{yc} , A_{mc} , B_{mc} , C_{yc} , C_{mc}



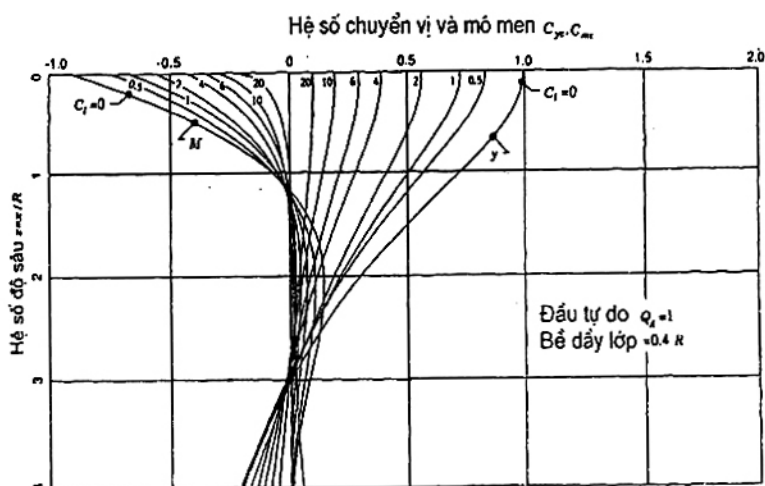
Hệ số chuyển vị và mômen (B_{yc} và B_{mc}) : Cọc đầu tự do chịu tải mômen - chiều dài cọc = $0,4R$ (Davisson và Gill, 1963).



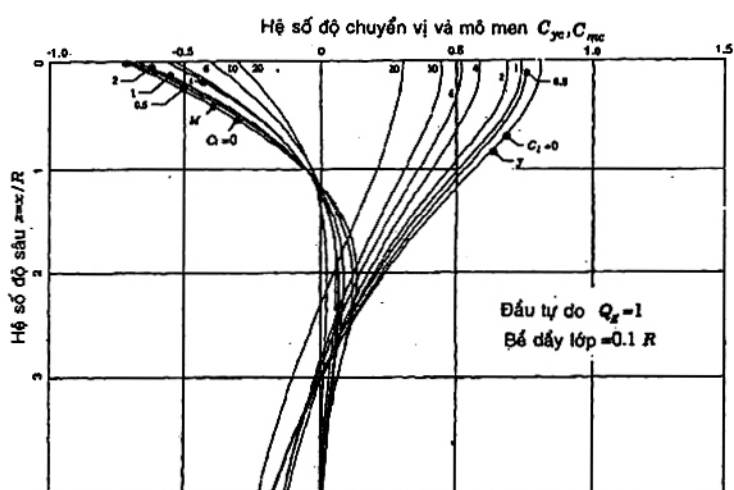
Hệ số chuyển vị và mômen (B_{yc} và B_{mc}) : Cọc đầu tự do chịu tải mômen, chiều dài cọc = $0,8R$ (Davisson và Gill, 1963).



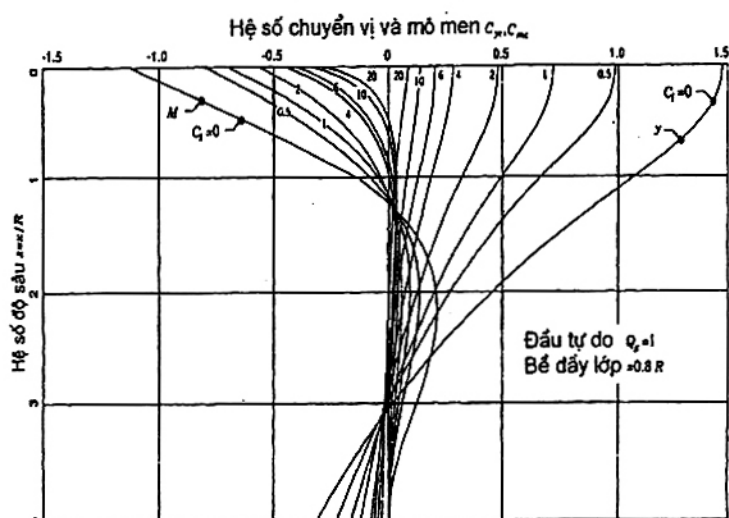
Hệ số chuyển vị và mômen (A_{yc} và A_{mc}) :
Cọc có đầu tự do - chiều dày lớp $= 0,8R$ (Davisson và Gill, 1963).



Hệ số chuyển vị và mômen (C_{yc} và C_{mc}) : Cọc đầu tự do,
chiều dày lớp $= 0,4R$ (Davisson và Gill, 1963).



Hệ số chuyển vị và mômen (C_{yc} và C_{mc}) : Cọc đầu tự do, độ dày lớp = $0,1R$ (Davisson và Gill, 1963).



Hệ số chuyển vị và mômen (C_{yc} và C_{mc}) : Cọc đầu tự do, chiều dày lớp = $0,8R$ (Davisson và Gill, 1963).

Hình G1 - Xác định hệ số A_{yc} , B_{yc} , A_{mc} , B_{mc} , C_{yc} , C_{mc} (kết thúc)

G.3.2.2. Theo phương pháp Brom

Dựa vào 2 hệ số $M_u/(S_u \cdot D^3)$ và $H_u/(S_u \cdot D^2)$ (điều kiện bền của vật liệu và đất nền).

Trong đó: M_u , H_u : Mô men và lực cắt cực hạn của cọc (theo vật liệu cọc);

S_u : lực dính không thoát nước của đất;

D : Đường kính của cọc.

G.3.2.3. Theo phương pháp m

Đất bao quanh cọc được xem như môi trường đàn hồi biến dạng tuyến tính đặc trưng bằng hệ số nền, hệ số nền biến đổi tuyến tính theo chiều sâu. Hệ số nền tính toán của đất trên thân cọc được xác định $C_z = \frac{K.z}{\gamma_c}$ (kN/m³).

Trong đó: k là hệ số tỷ lệ, tính bằng kN/m⁴, phụ thuộc vào loại đất bao quanh cọc;

z là độ sâu của tiết diện cọc trong đất, nơi xác định hệ số nền, kể từ mặt đất trong trường hợp móng cọc đài cao, hoặc kể từ đáy đài trong trường hợp móng cọc đài thấp, m;

γ_c là hệ số điều kiện làm việc (đối với cọc độc lập $\gamma_c = 3$).

G.4. Hệ số nhóm cọc**G.4.1. Cọc chịu tải trọng đứng**

Trường hợp cọc bố trí theo hàng và cột cho đất dính:

$$\eta = 1 - \frac{\text{Arctg}(D/S)}{\pi/2} \cdot \left[2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right] \quad (\text{G11})$$

Trong đó:

- D : Đường kính hoặc cạnh cọc;
- S : Khoảng cách giữa 2 tâm cọc;
- m : Số hàng cọc;
- n : Số cọc trong 1 hàng.

+ Đất dính: Các trường hợp sau không yêu cầu giảm hệ số nhóm:

- Bề cọc tiếp xúc chặt chẽ với đất;
- Bề cọc không tiếp xúc chặt chẽ với đất và đất nền cứng;

Nếu bề cọc không tiếp xúc chặt chẽ với đất và đất trên bề mặt là mềm yếu thì:

- + $\eta = 0,65$ khi khoảng cách tim cọc đến tim cọc = 2,5D;
- + $\eta = 1,00$ khi khoảng cách tim cọc đến tim cọc = 6,0D;

Các trường hợp khác thì nội suy.

+ Đất rời: hệ số nhóm bằng 1.

G.4.2. Cọc chịu tải trọng ngang

Xét ảnh hưởng tương tác của toàn bộ nhóm cọc (không xét tới ảnh hưởng riêng lẻ từng cọc):

Bảng G4 - Hệ số nhóm cọc ảnh hưởng tới sức chịu tải ngang của cọc

S/D	3,0	3,5	4	4,5	5	6	8
Hệ số nhóm η	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	1,00
CHÚ THÍCH: D là đường kính hoặc cạnh cọc; S là khoảng cách giữa hai tâm cọc							

G.5. Biến dạng giới hạn của hệ móng cọc

+ Độ lún cho phép [S]: độ lún cho phép của móng cọc; từ 8,00 cm đến 10,00 cm; hoặc có thể xác định $[S]=1,5\sqrt{L_{\text{khoang}}}$.

+ Độ lún lệch tương đối cho phép $[\Delta S_1/L]$: trong khoảng từ 0,002 đến 0,004.

+ Chuyển vị ngang cho phép [y]: Chuyển vị ngang cho phép lớn nhất của cọc, $[y] \leq 3,80$ cm.

+ Chênh lệch lún cho phép của 2 trụ liền kề $[\Delta S]$: $[\Delta S]=0,75\sqrt{L_{\text{khoang}}}$.

Trong đó:

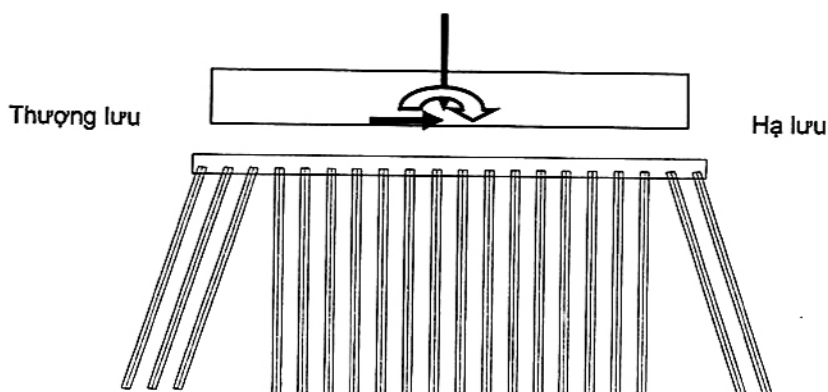
L_{khoang} : chiều dài của nhịp ngắn kể với trụ đó tính bằng m và lấy ít nhất là 25m.

Phụ lục H

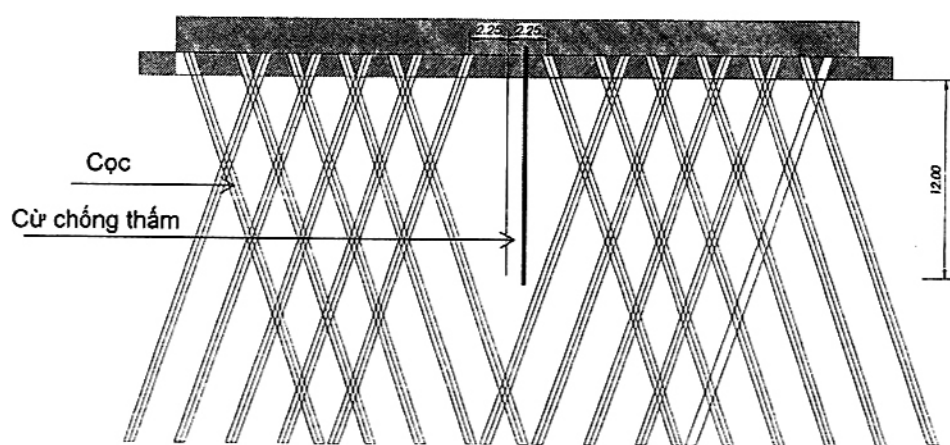
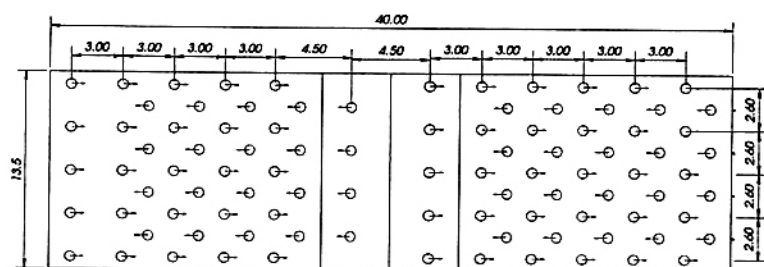
(Tham khảo)

Tính toán ổn định bộ trụ đỡ

H.1 Các sơ đồ bố trí móng cọc xiên



Hình H1 - Sơ đồ bố trí móng cọc xiên về 2 phía riêng biệt:



Hình H2 - Sơ đồ bố trí móng cọc xiên về 2 phía kết hợp

H.2 Mô đun phản lực nền cho tính toán ổn định trụ bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Trong trường hợp mô phỏng hệ cọc và nền trong mô hình không gian bằng phần mềm Sap 2000 với đất nền được thay thế bằng hệ lò xo tại các vị trí dọc theo cọc:

Hệ số nền theo phương ngang:

$$K_s = s_1 \cdot A_s + s_2 \cdot B_s \cdot Z^n \quad (H1)$$

Trong đó: s_1, s_2 : Hệ số phụ thuộc vào tiết diện cọc;

Cọc vuông: $s_1 = s_2 = 1$

Cọc tròn: $s_1 = 1,3$ đến $1,7$; $s_2 = 2,0$ đến $4,4$

A_s, B_s : Hệ số phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất;

$A_s = C \cdot (c \cdot N_c + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$; $B_s = C \cdot (\gamma \cdot N_q)$;

c, γ : Lực dính, góc ma sát của lớp đất;

C : Hệ số ứng với chuyển vị của điểm tính toán trong nền; $C = 40$;

Z : Độ sâu tại điểm đang xét trên cọc, m;

N_c, N_γ, N_q : Hệ số phụ thuộc vào góc ma sát của đất;

n : Hệ số mô đun phản lực nền, $n = 0,4$ đến $0,5$;

Hệ số nền theo phương đứng:

$$\text{Đất dính : } K_{vs} = 0,1 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \quad (H2)$$

$$\text{Đất rời : } K_{vs} = 0,05 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4}$$

Trong đó: $E_0 = 0,025 \cdot N$: Mô đun đàn hồi của nền (T/m^2);

N : Giá trị xuyên tĩnh SPT;

D : Bề rộng của cọc, m.

H.3 Tính toán lún và biến dạng của bộ trụ móng

H.3.1 Về độ lún của cọc đơn:

Trong trường hợp dưới bộ trụ bố trí ít cọc (từ 1 đến 5) cọc cần kiểm tra độ lún cho cọc đơn:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 < [S] \quad (H3)$$

Trong đó:

S_1 : Độ co của vật liệu làm cọc

S_2 : Biến dạng của nền dưới mũi cọc;

S_3 : Chuyển vị thẳng đứng của cọc do ma sát bên của cọc.

H.3.2 Kiểm tra độ lún đất nền xung quanh hệ nhóm cọc:

Tải trọng tác dụng lên cọc đầu cọc sẽ ảnh hưởng đến đất nền xung quanh, vì thế cần kiểm tra áp lực tính toán do cọc biến dạng dưới tác dụng của tải trọng công trình trên đầu cọc gây ra biến dạng đất nền theo TCVN 10304 : 2014 so với sức chịu tải của đất nền.

- Kiểm tra khối đất nền dưới mũi cọc:

$$F_{qd} = (A_1 + 2.H.tg\alpha).(B_1 + 2.H.tg\alpha) \quad (H4)$$

Trong đó:

A_1, B_1 : Khoảng cách giữa 2 hàng mũi cọc xa nhất trong móng theo phương x và phương y, m;

H : Khoảng cách từ đáy đài cọc đến đáy khối móng quy ước, m;

(Trong trường hợp lớp đất ngay dưới bề trụ là lớp đất bùn yếu thì chiều cao H là khoảng cách từ đáy lớp đất yếu đến đáy khối móng quy ước);

φ_{tb} : Góc ma sát trung bình của các lớp đất từ mũi cọc trở lên; $\alpha = \varphi_{tb}/4$. Trong trường hợp cọc đóng xiên theo phương nào thì $\alpha = 0$.

- Kiểm tra cường độ của đất nền theo điều kiện sau:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &\leq 1,2R. \\ \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} &\leq R \end{aligned} \quad (H5)$$

Với $\sigma_{\max}, \sigma_{\min}$: ứng suất lớn nhất và nhỏ nhất tại đáy khối móng quy ước, xác định như sau:

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{N_d}{F} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \quad (H6)$$

Trong đó :

N_d : Tổng tải trọng thẳng đứng tác dụng lên đáy khối móng quy ước;

$$N_d = N_{tt} + N_d + N_c$$

N_{tt} : Tải trọng tính toán tác dụng lên khối móng;

N_d : Trọng lượng đất trong khối móng quy ước;

N_c : Tổng trọng lượng của toàn bộ cọc trong móng;

TCVN 10400 : 2015

- F_{qu} : Diện tích đáy khối móng quy ước;
 M_y : Mômen uốn quanh trục y tính đến đáy khối móng quy ước;
 M_x : Mômen uốn quanh trục x tính đến đáy khối móng quy ước;
 W_x : Mô men chống uốn của diện tích đáy móng theo phương x;
 W_y : Mô men chống uốn của diện tích đáy móng theo phương y;

- Sức chịu tải của nền R xác định theo TCVN 4253 : 2012.

- Tính lún cho khối móng quy ước: Do lớp địa chất mũi cọc xuyên qua khá dày nên độ lún của móng quy ước được tính như móng nông trên nền thiên nhiên. Tại đáy khối móng, áp lực trung bình tiêu

chuẩn: $\sigma_{tb} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$

+ Chia khối đất thành nhiều lớp bằng nhau có chiều dày là h_i .

+ Tính lún theo công thức: $S = \sum S_i$ (coi đất nền làm việc trạng thái đàn hồi)

$$S_i = \frac{0,8 \cdot \sigma_{zi} \cdot h_i}{E_{0i}} \quad (H8)$$

Trong đó:

- σ_{zdi} : Ứng suất tăng thêm của đất dưới đáy móng;
 $\sigma_{zi} = K \cdot (\sigma_{tb} - \gamma_{tb} \cdot H)$: Ứng suất gây lún của khối móng;
 E_{0i} : Mô đun biến dạng của lớp đất thứ i dưới khối móng;
 K : Hệ số phụ thuộc tỷ số l/b , $2z/b$ đã được lập sẵn thành bảng.

Kết quả tính toán độ lún của nền: $S < [S]$.

Phụ lục I

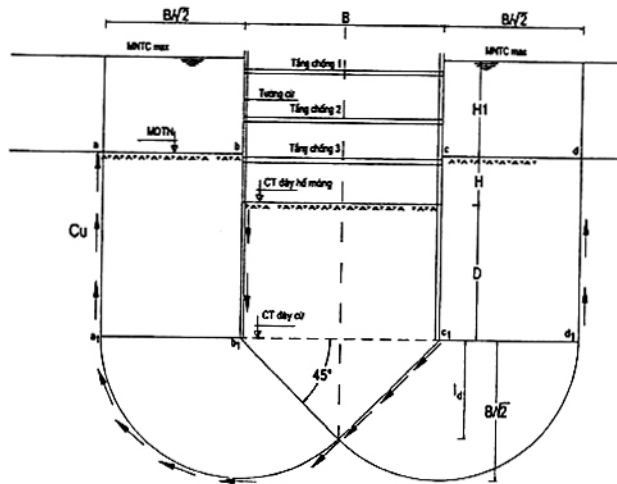
(Tham khảo)

Tính toán ổn định nền trong khung vây

I.1 Kiểm tra ổn định chống đẩy trôi:

I.1.1 Đối với đất sét thuần sét (coi $\varphi = 0$)

I.1.1.1 Nền có 1 lớp sét:



Hình I1 - Sơ đồ tính đẩy trôi đáy khung vây với nền 1 lớp sét

Cường độ tải trọng phía ngoài khung vây:

$$p = [(\gamma_{bh} - \gamma_n) \cdot H + \gamma_n(H + H_1)] \cdot B_1 \quad (I1)$$

Trong đó:

 γ_{bh} : Dung trọng bão hòa của đất, T/m^3 ; γ_n : Dung trọng của nước, T/m^3 ; C_u : Lực kháng dính của đất, T/m^2 ; B : Bề rộng hố móng, m; H : Chiều cao từ mặt đất ngoài hố móng đến đáy hố móng, m; H_1 : Chiều cao từ mực nước đến mặt đất ngoài hố móng, m; T : Bề dày lớp đất sét dưới đáy hố móng, m; B_1 : Chọn giá trị nhỏ trong $(B/2)^{0.5}$ và T , m.

Khả năng chịu tải của nền đất:

$$q_d = 5,7.C_u.B_1 \quad (12)$$

Lực giữ do ma sát với đất phía trong khung vây với cừ:

$$q_c = (1+\alpha).C_u.D \quad (13)$$

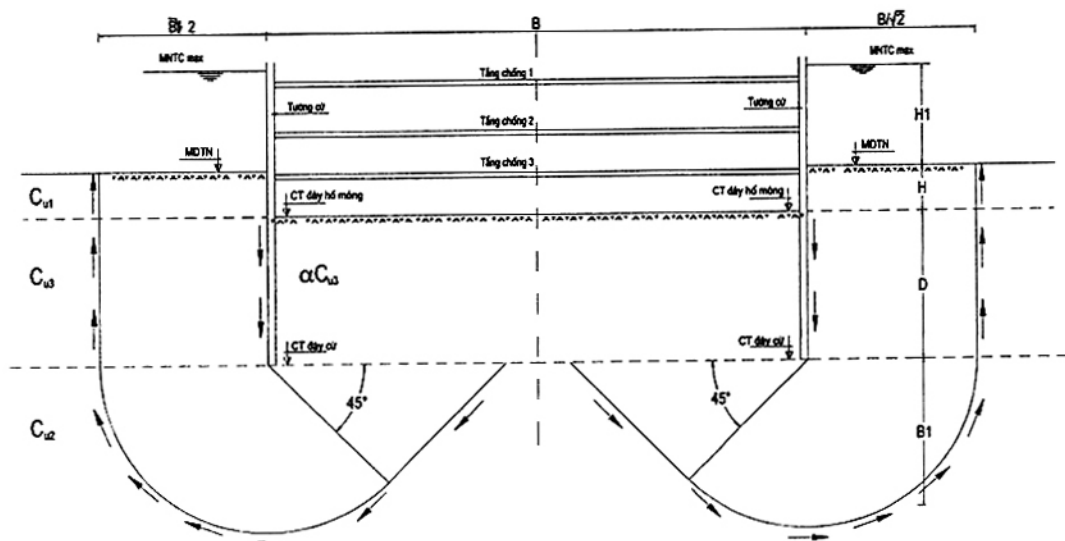
Trong đó: D : Chiều sâu của tường;

α : Hệ số chiết giảm lực dính giữa cọc và đất, chọn $\alpha = 0,5$ đến $1,0$

Hệ số an toàn chống đẩy trôi của nền $K \geq 1,5$ (theo Terzaghi):

$$K = \frac{5,7.C_u.B_1 + C_u.H + (1+\alpha).C_u.D}{(\gamma_{bh} - \gamma_n).H.B_1 + \gamma_n.B_1} \quad (14)$$

1.1.1.2 Nền có nhiều lớp sét



Hình 12 - Sơ đồ tính đẩy trôi đáy khung vây với nền nhiều lớp sét

$$K = \frac{5,7.C_{u2}.B_1 + C_{u1}.H + (1+\alpha).C_{u3}.D}{(\gamma_{bh} - \gamma_n).H.B_1 + \gamma_n.H_1.B_1} \quad (15)$$

1.1.1.3 Ổn định chống đẩy trôi đáy hố móng bằng lớp bơm phụt

$$K = \frac{5,7.C_{u2}.B_1 + C_{u1}.H + (1+\alpha).C_{u3}.D + C_b.H_b + \gamma_b.H_b.B_1}{(\gamma_{bh} - \gamma_n).H.B_1 + \gamma_n.H_1.B_1} \quad (16)$$

Trong đó: C_b : Lực dính giữa lớp bơm phụt và tường cừ;

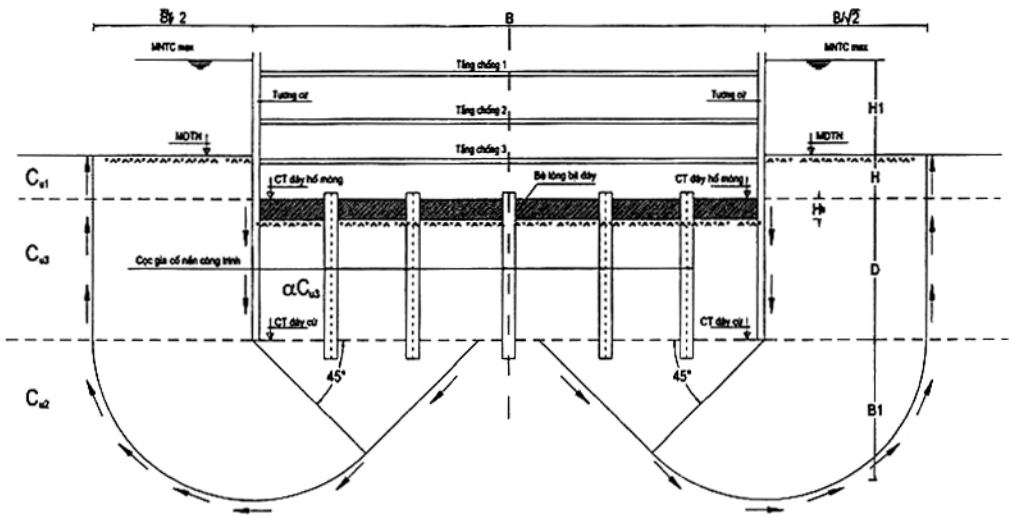
γ_b : Trọng lượng riêng của lớp bơm phụt;

H_b : Chiều cao lớp bơm phụt;

1.1.1.4 Ổn định chống đẩy trôi đáy hố móng bằng lớp bơm phụt và cọc

$$K = \frac{5,7.C_{u2}.B_1 + C_{u1}.H + (1+\alpha).C_{u3}.D + C_b.H_b + \gamma_b.H_b.B_1 + F_j}{(\gamma_{bh} - \gamma_n).H.B_1 + \gamma_n.H_1.B_1} \quad (17)$$

Trong đó: F_j : Tổng lực neo giữ của cọc ở lớp bơm phụt



Hình 13 - Sơ đồ tính đẩy trôi đáy khung vây với lớp bê tông bọt đáy và cọc

1.1.2 Đối với đất sét khi đồng thời xét cả $\varphi, c \neq 0$

Hệ số ổn định chống đẩy trôi $K \geq 1,2$:

$$K = \frac{\gamma_2.d.N_q + c.N_c}{\gamma_1.(H + D)} \quad (18)$$

Trong đó:

D : Độ sâu tường cừ cắm vào nền;

H : Chiều cao từ mặt đất tự nhiên đến đáy hố móng;

γ_1 : Trọng lượng trung bình tự nhiên của các lớp đất ở phía ngoài hố kể từ mặt đất tự nhiên đến đáy tường.

H_1 : Chiều cao cột nước từ mặt nước tính toán đến mặt đất tự nhiên;

TCVN 10400 : 2015

γ_2 : Trọng lượng trung bình tự nhiên của các lớp đất ở phía trong hồ kể từ mặt đào đến đáy tường

N_q, N_c : Hệ số tính toán khả năng chịu lực giới hạn của đất nền

$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \frac{1}{\tan \varphi} \quad (19)$$

1.2 Tính toán chiều dày bê tông bịt đáy chống đẩy nổi

1.2.1 Lực đẩy nổi khung vây

$$P_{\text{đn}} = \beta \cdot H \cdot F \cdot \gamma_n \quad (110)$$

Trong đó :

H : Chiều sâu cột nước tính từ đáy lớp bê tông bịt đáy đến mực nước thi công ;

F : Diện tích khung vây;

γ_n : Dung trọng của nước;

β : Hệ số triết giảm áp lực thấm, phụ thuộc vào loại đất nền.

Bảng 11 - Hệ số triết giảm áp lực thấm

Loại đất nền	Hệ số triết giảm áp lực thấm β
Đất sét	Từ 0,50 đến 0,80
Đất cát pha	Từ 0,80 đến 0,90
Đất cát	1,00

1.2.2 Lực cản chống đẩy nổi (P_g) bao gồm:

- Trọng lượng bản thân của các bộ phận khung vây (P_1): cọc ván thép, vành đai, khung chống, bê tông bịt đáy, Để đơn giản và thiên về an toàn chỉ xét đến trọng lượng của khối bê tông bịt đáy:

$$P_1 = F \cdot h_b \cdot \gamma_b \quad (111)$$

γ_b : Trọng lượng riêng của bê tông vữa dâng.

- Lực ma sát giữa hệ cọc của công trình với bê tông bịt đáy (P_2)

$$P_2 = n \cdot F_a \cdot f_1 \quad (112)$$

Trong đó:

n : Số cọc

F_{tx} : Diện tích tiếp xúc giữa mặt bên của một cọc với bê tông bịt đáy;

f_1 : ma sát đơn vị giữa cọc bê tông và bê tông bịt đáy.

- Lực ma sát giữa chân cọc ván thép và bê tông bịt đáy (P_3):

$$P_3 = C \cdot h_b \cdot f_2 \quad (113)$$

Trong đó:

C : Chu vi khung vây, tính theo đường tim cọc ván thép;

f_2 : Lực ma sát đơn vị của đất trong phạm vi cắm cọc ván thép.

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3 \quad (114)$$

1.2.3 Điều kiện an toàn của khung vây:

$$P_g \geq k \cdot P_{an}$$

Trong đó: K là hệ số an toàn, lấy bằng 1,05.

Chiều dày lớp bê tông bịt đáy (h_b) như sau:

$$h_b \geq \frac{K \cdot \beta \cdot F \cdot H \cdot \gamma_n - n \cdot F_{tx} \cdot f_1 - C \cdot h_b \cdot f_2}{F \cdot \gamma_b} \quad (115)$$

Phụ lục K

(Tham khảo)

Thiết bị quan trắc

Thứ tự	Nội dung quan trắc	Thiết bị đo	Ghi chú
1	Quan trắc lún mặt	1. Móc quan trắc lún mặt bằng bê tông cốt thép 2. Móc bằng thép	- Bảng bê tông hay thép đặt trực tiếp lên đỉnh trụ pin, được quan trắc bằng phương pháp trắc đạc.
2	Quan trắc chuyển vị ngang	1. Móc ngắm quan trắc chuyển vị ngang bằng phương pháp trắc đạc 2. Quan trắc chuyển vị ngang bằng quả dọi 3. Quả lắc thuận, đảo quan trắc chuyển vị ngang, nghiêng bằng quả dọi	- Bảng bê tông hay thép đặt trực tiếp lên mặt trụ pin, hay mang đặt được quan trắc bằng phương pháp trắc đạc Quả lắc thuận có chân cố định vào nền, trên đỉnh tự do di chuyển. Quả lắc đảo ngược lại: cố định trên đỉnh và tự do di chuyển dưới đáy. Căn cứ vào sự dịch chuyển so với hướng thẳng đứng ban đầu, cho biết độ chuyển vị ngang, nghiêng, lệch.
3	Quan trắc mực nước	Cột thủy chí	- Bảng bê tông, thép, nhựa, hoặc gỗ đặt bên trụ pin phía thượng và hạ lưu trước tuyến quan trắc.
4	Quan trắc khác	1. Camera 2. Thiết bị đo gió	- Các Camera được đặt tại các vị trí có tầm nhìn bao quát, không bị vướng. Dữ liệu được truyền về và được lưu tại máy chủ. - Thiết bị đo gió được đặt tại vị trí thuận lợi theo tiêu chuẩn riêng.