

TÍNH TOÁN MÓNG CỌC XIÊN CHÉO LỚN CHO ĐẬP TRỤ ĐỒ

Trần Văn Thái, Nguyễn Đình Trường

Viện thủy công

Tóm tắt: Công nghệ Đập trụ đồ (pillardam) đã được áp dụng để xây dựng các công trình ngăn sông lớn ở Việt Nam (Thảo Long 15x31.5m, gồm 15 khoang mỗi khoang 31,5m; Phú Xuân: 2x40m..... Cái Lớn 6x40+2x63,5+2 âu 14m...)

Đặc điểm của Đập trụ đồ là ngoài chịu tải trọng đứng còn phải chịu tải trọng ngang, thành phần tải trọng ngang trong công trình thủy lợi thường rất lớn, phụ thuộc nhiều vào chênh lệch cột nước trước và sau công trình. Trong khi đó khả năng chịu tải trọng đứng của móng cọc lớn hơn rất nhiều lần so với khả năng chịu tải trọng ngang. Bài báo này so sánh khả năng chịu lực của móng cọc khi bố trí theo các cách khác nhau (móng toàn cọc đứng, móng toàn cọc xiên và móng cọc xiên chéo lớn) cùng chịu tải đứng N , ngang H , Mô men. Kết quả là móng cọc xiên chéo lớn là tối ưu nhất cho đập trụ đồ. Bài báo cũng đề xuất hệ phương trình để bố trí sơ bộ móng cọc trong trụ đồ. Bài báo tổng hợp một số kết quả bố trí móng cọc xiên chéo lớn cho một số công trình đã và đang được xây dựng tại Việt Nam.

Từ khóa: Móng cọc xiên chéo lớn, đập trụ đồ, móng cọc

Abstract: Pillar supported dams have shown both technical and economic efficiency. The characteristics of the pillar dams are both vertical and horizontal force bearing; the horizontal forces acting on hydraulic structures are quite large, depending on the difference of the water head of before and after the structures. Meanwhile, the vertical bearing capacity of the foundation is much greater than the horizontal bearing capacity of the structures. This paper compares the bearing capacity of the foundation of different pile arrangements (entire vertical piles, entire inclining pipes, and large two-way inclining pipes) with the same vertical load (N), horizontal load (H). The result shows the large two-way inclining piles foundation is optimal for pillar supported dams. The paper also proposes a set of equations for pile arrangement in the pillar supported dam. Finally, the paper synthesizes results of large two-way inclining piles foundation for some projects that have been constructed or being built in Vietnam.

Keyword: the large two-way inclining pile; pillar supported dam; pile foundation

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đặc điểm của công trình thủy lợi nói chung khác với các công trình giao thông, xây dựng là ngoài chịu tải trọng đứng còn phải chịu tải trọng ngang thường rất lớn, phụ thuộc nhiều vào cột nước trước và sau công trình. Trong khi đó, thông thường các kết cấu nền móng cọc có khả năng chịu tải trọng đứng lớn hơn rất nhiều lần so với khả năng chịu tải trọng

ngang. Ví dụ: công trình Thảo Long với độ sâu -4,25 m, mực nước thượng lưu 0,7 m, mực nước hạ lưu 0,0 m, khẩu diện 31,5 m, mỗi khoang phải chịu 180 T lực ngang, bố trí 8 cọc khoan nhồi đường kính 1,2 m. Nếu công trình với độ sâu -15 m, mực nước thượng lưu +1,0 m, hạ lưu -2,0 m, khoang rộng 40 m thì mỗi khoang phải chịu áp lực 3240 T gấp 18 lần, nếu khoang rộng 60 m thì áp lực là 4860 T gấp 27 lần. Do vậy, việc bố trí kết cấu, thiết kế ổn định nền móng công trình phải được tính toán theo những điều kiện đặc biệt. Đây thật sự là một thách thức lớn đối với các nhà thiết kế,

Ngày nhận bài: 26/4/2018

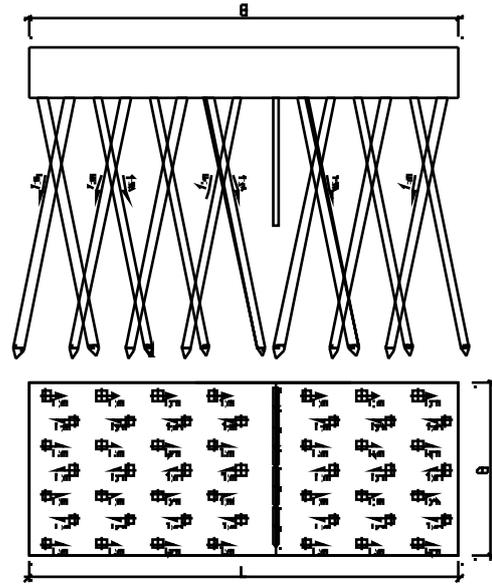
Ngày thông qua phản biện: 30/5/2018

Ngày duyệt đăng: 26/6/2018

nhất là khi ứng dụng công nghệ đập trụ đỡ.

Trong thiết kế xây dựng công trình ngăn sông lớn, vấn đề khó nhất, ảnh hưởng lớn đến kết cấu, biện pháp thi công chính là độ sâu (cột nước) chứ không phải bề rộng của sông. Nếu sông rộng nhưng nông thì việc thiết kế, xây dựng sẽ đơn giản hơn rất nhiều so với những sông hẹp nhưng sâu. Bởi vậy, khi nói đến độ khó, độ phức tạp trong thiết kế, xây dựng công trình ngăn sông lớn là đã bao hàm cả yếu tố độ sâu của dòng sông đó. Đối với các công trình ngăn sông lớn ở nước ta (chủ yếu nằm ở Đồng bằng sông Cửu Long), thường có độ sâu lớn (8 - 20 m), địa chất nền lòng sông thường là bùn đất yếu, do vậy, nếu móng thiết kế theo giải pháp cọc nhồi, giá thành công trình sẽ cao. Nếu thiết kế móng cọc xiên thông thường, khi chênh lệch mực nước theo hai phương thì lực nén lên phần cọc chịu nén thường rất lớn nhưng phía ngược lại sẽ bị nhỏ.

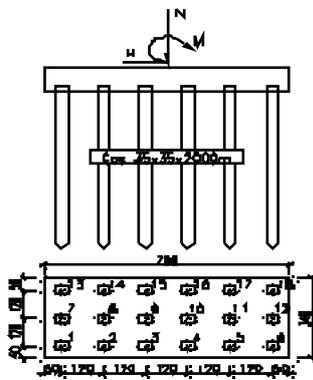
Để giải quyết vấn đề trên TS Trần Văn Thái đã đề xuất áp dụng móng cọc xiên chéo lớn cho Đập trụ đỡ. Móng cọc xiên chéo lớn là móng cọc được bố trí các cọc xiên lớn (1:m lớn hơn 1:4, tức xiên ra 1 m khi đóng xuống 4 m) chéo về hai phương chịu lực, chiều này đan chéo vào chiều kia tạo thành hệ móng vững chắc có khả năng kháng lực ngang, đứng tốt nhất trong các loại móng (hình 1)



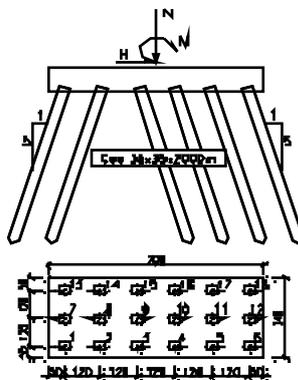
Hình 1: Móng cọc xiên chéo lớn

2. SO SÁNH NỘI LỰC CỦA MÓNG CỌC XIÊN CHÉO LỚN VỚI CÁC LOẠI MÓNG CỌC KHÁC

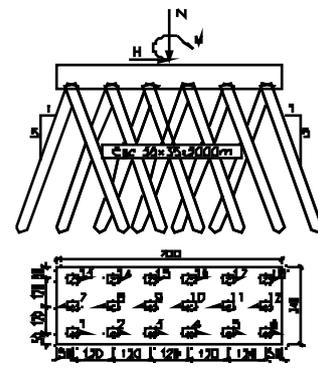
Bài toán 1: Tác giả xây dựng mô hình tính toán cho ba phương án móng cọc (hình 2) gồm 18 cọc bê tông cốt thép có kích thước 35×35 cm dài 20 m, khoảng cách giữa các cọc là lần đường kính, cả 3 móng đều chịu tác dụng đồng thời tải trọng ngang 800 kN, lực dọc 3200 kN, mômen 1000 kN.m. Móng a) toàn cọc thẳng đứng; móng b) móng cọc xiên thường có 12 cọc xiên 1 :5 về bên phải và 6 cọc xiên 1 :5 về bên trái; móng c) móng cọc xiên chéo lớn có 12 cọc xiên 1 :5 về bên phải và 6 cọc xiên 1 :5 bên trái. Địa chất nền giống nhau.



a) Móng cọc thẳng đứng



b) Móng cọc xiên (1:5)



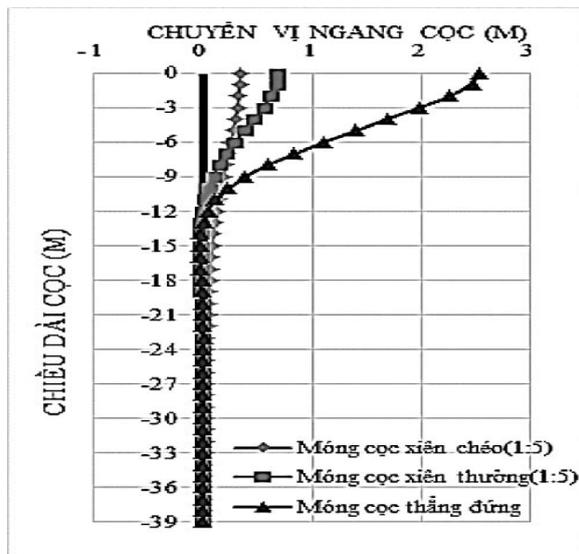
c) Móng cọc xiên chéo lớn (1:5)

Hình 2. Sơ đồ tính toán

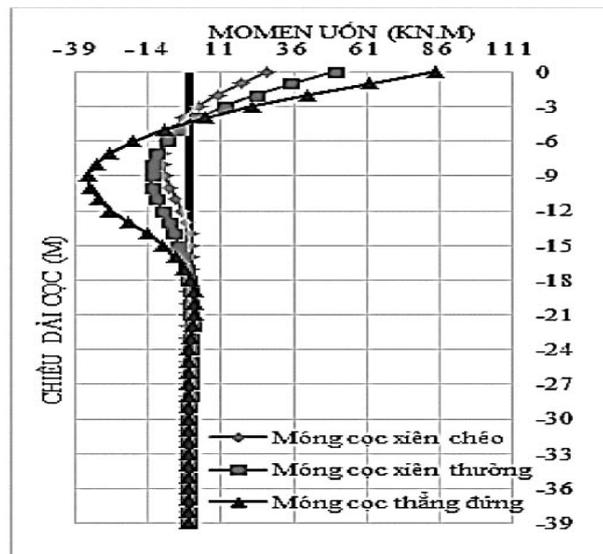
Kết quả bài toán 1 bao gồm giá trị chuyển vị ngang, nội lực của cọc trong ba phương án trên trong bảng 1 và biểu đồ hình 3

Bảng 1. Giá trị chuyển vị của ba phương án móng cọc

Loại móng	Móng cọc thẳng	Móng cọc xiên (1:5)	Móng cọc xiên Chéo lớn (1:5)
Chuyển vị móng (cm)	2,530	0,618	0,346
Tỷ lệ (so cọc thẳng)	100%	24,4%	13,7%
Momen KN.m	85,34	50,19	25,18
Tỷ lệ (so cọc thẳng)	100%	58,8%	29,5%



(a)



(b)

Hình 3. Biểu đồ chuyển vị (a), biểu đồ mômen (b) của ba phương án móng cọc chịu đồng thời tải trọng ngang, thẳng đứng và mômen

Nhận xét: Chuyển vị ngang của móng cọc xiên chéo bé hơn rất nhiều so với móng cọc thẳng đứng, cụ thể chuyển vị ngang của móng cọc xiên chéo lớn 0,346 cm bằng 13,7% so với chuyển vị của cọc trong móng cọc thẳng đứng và chỉ bằng 55% so với chuyển vị của cọc trong móng cọc xiên thường. Chuyển vị trong móng cọc xiên thường chỉ bằng 24,4% so với móng cọc đứng. Momen móng cọc xiên chéo lớn bằng 29,5% so với móng cọc đứng; momen móng cọc xiên thường bằng 58,8% so với móng cọc đứng.

Với phương án móng cọc thẳng đứng lực dọc phân bố lên cọc nhỏ chưa phát huy hết khả năng chịu lực của cọc, bên cạnh đó mômen trong cọc lớn hơn nhiều lần đòi hỏi

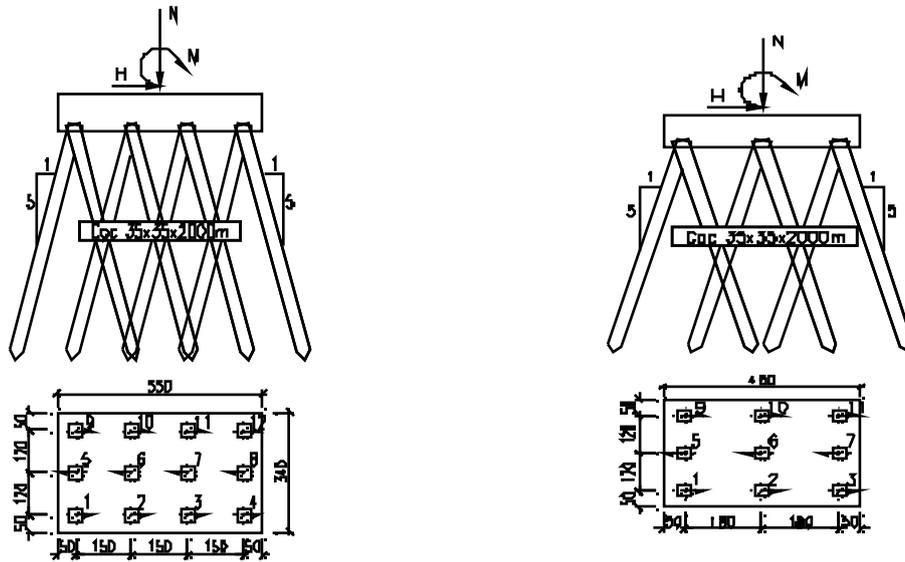
phải bố trí khối lượng thép lớn. Móng cọc xiên thì cũng đã tốt hơn nhiều so móng cọc đứng. Móng cọc xiên chéo đã khắc phục các nhược điểm của móng cọc đứng, phát huy tối đa khả năng chịu tải dọc trực do chuyển một phần sức kháng lực dọc trục ($P_i \cdot \sin \alpha$) để kháng lại lực ngang, vì thế mômen trong cọc sẽ bé đi. Khả năng phân bố nội lực lên đầu cọc của móng cọc xiên chéo có xu hướng phân bố đều hơn.

Với các phương án móng cọc thông thường điều kiện Mômen trong thân cọc và chuyển vị đầu cọc là điều kiện quyết định để lựa chọn số lượng cọc.

3. SỐ LƯỢNG CỌC BỐ TRÍ TRONG MÓNG CỌC XIÊN CHÉO LÀ ÍT NHẤT

Ở bài toán 2 (Hình 4) tác giả xem xét móng cọc xiên chéo có số cọc trong bộ lần lượt là 9 cọc và 12 cọc chịu lực tác dụng $H=800\text{kN}$; Lực dọc 3200kN , Momen 1490kN.m . Mục tiêu là tìm xem bố trí móng cọc xiên chéo lớn

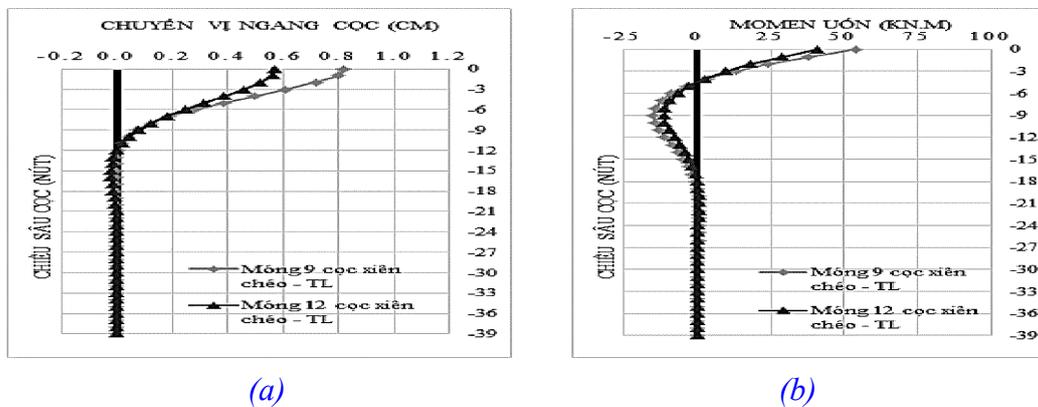
bao nhiêu cọc thì có Momen chuyển vị tương đương móng cọc 18 cọc xiên. Do việc điều chỉnh số lượng cọc trong bài toán là khá khó, nên các tác giả tăng thêm Momen trong bài toán 2 để đạt chuyển vị tương đương.



a. Sơ đồ tính toán móng 12 cọc xiên

b. Sơ đồ tính toán móng 9 cọc xiên

Hình 4. Sơ đồ tính toán



(a)

(b)

Hình 5. Biểu đồ chuyển vị (a), biểu đồ mômen (b) của hai phương án móng cọc 9 và 12

Chuyển vị móng 12 cọc xiên chéo lớn 1:5 (bài toán 2) là 0,58cm gần tương đương chuyển vị của móng 18 cọc xiên thường 1:5 (bài toán 1) là 0,618cm và chỉ bằng 23% so với móng cọc đứng 18 cọc (bài toán 1 là 2,53 cm). Khi giảm số lượng cọc còn lại 9 cọc tức bằng 50% so với bài toán 1, thì chuyển vị của móng 9 cọc xiên chéo lớn là 0,82 cm chỉ bằng 32% so với móng 18 cọc đứng.

Qua 2 ví dụ trên cho thấy có thể giảm số lượng cọc đến 50% trong móng cọc xiên chéo lớn thì khả năng chịu lực (Chuyển vị, Mô men) vẫn tốt hơn nhiều so với móng cọc đứng bố trí 100% số lượng cọc. Nhưng bố trí số lượng cọc còn phụ thuộc vào lực dọc trục nữa, nên đối với các móng thiết kế chúng tôi thường bố trí móng cọc xiên chéo lớn bằng 50%-60% số lượng cọc so với móng cọc đứng.

4. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN MÓNG CỌC XIÊN CHÉO LỚN

Trong nghiên cứu này nhóm tác giả đã kế thừa một số kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học đã được thế giới công nhận để giải quyết các bài toán kiểm chứng hiệu quả của móng cọc xiên chéo [6],[8],[9]: Phương pháp đường cong p~y được Matlock đề xuất (1970) và sau đó được phát triển, ứng dụng rộng rãi (Reese và Al, 1974; Reese và Welch, 1975; O'Neill, 1984...); Giá trị của hệ số nhóm cọc chịu tải trọng ngang lấy từ thí các mô hình nghiệm nhóm cọc trong đất sét (Prakash và Saran); Hệ số giảm do nhóm cọc đối với hệ số phản lực nền (Davisson)^[6]....

Các công thức (9); (10); (11) trong tài liệu [5] trình bày công thức tính toán sơ bộ số lượng móng cọc bao gồm cả cọc đứng và cọc xiên. Tuy nhiên do sức chịu tải ngang bé hơn nhiều so với sức chịu tải trọng đứng của cọc nên trong móng cọc chỉ cần bố trí cọc theo khả năng chịu tải trọng ngang thì sẽ đảm bảo khả

năng chịu tải trọng đứng. Để xác định sơ bộ số lượng cọc xiên chéo trong móng cần thiết thiết lập một hệ phương trình tính toán. Các tác giả đề ra 3 giả thiết để đơn giản hóa cho việc tính toán:

Giả thiết 1: Sức chịu tải dọc trục của cọc xiên bằng sức chịu tải dọc trục của cọc thẳng đứng. Nghĩa là việc áp dụng phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc xiên và cọc thẳng đứng trong nghiên cứu này là giống nhau. Mặc dù chúng có sự sai khác nhỏ về thành phần áp lực ngang của đất gây nên lực ma sát lên xung quanh các mặt bên của cọc;

Giả thiết 2: Toàn bộ cọc xiên có chiều ngược lại có khả năng chịu tải trọng ngang bằng khả năng chịu tải trọng ngang của cọc thẳng đứng;

Giả thiết 3: Toàn bộ cọc bố trí trong bệ móng được đóng xiên hoàn toàn.

Hệ phương trình được đề xuất để tính số lượng cọc chịu lực ngang khi chịu lực 2 chiều như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} [K].H_1 = \sum_{i=1}^{n_{x1}} (P_i \cdot \sin \alpha + [H_{c,i}]) + \sum_{j=1}^{n_{x2}} [H'_{c,j}] \quad (1) \\ [K].H_2 = \sum_{j=1}^{n_{x2}} (P_j \cdot \sin \alpha + [H_{c,j}]) + \sum_{i=1}^{n_{x1}} [H'_{c,i}] \quad (2) \\ n = n_{x1} + n_{x2} \quad (3) \end{array} \right.$$

Phương trình (1), (2), (3) là phương trình của Trần Văn Thái và Nguyễn Đình Trường [1]. Trên cơ sở phương trình (1), (2), (3), khi xây dựng tiêu chuẩn TCVN 10400: 2015, để an toàn các tác giả đã coi khả năng chịu lực ngang của móng do các cọc xiên chịu, bỏ qua thành phần $[H_{c,i}]$; $[H'_{c,j}]$; $[H_{c,j}]$; $[H'_{c,i}]$ thì đưa trở về công thức (10), (11) trong tiêu chuẩn TCVN 10400: 2015.

Trong đó:

H_1 ; H_2 - tổng lực ngang của tổ hợp ngăn mặn và tổ hợp giữ ngọt;

N - tải trọng đứng yêu cầu;

n_{x1} - số lượng cọc chịu lực ngang xiên phía thượng lưu;

n_{x2} - số lượng cọc chịu lực ngang xiên phía hạ lưu;

$n_{đứng}$ - số lượng cọc chịu tải trọng đứng trong móng;

P_i : Lực dọc trong cọc xiên thứ i (xiên chống lại lực H_1)

P_j : Lực dọc trong cọc xiên thứ j (xiên chống lại lực H_2)

P_e - sức chịu tải tính toán của cọc;

$[H_{c,i}]$ - sức kháng ngang của cọc xiên thứ i theo hướng ngược chiều lực ngang;

$[H'_{c,j}]$ - sức kháng ngang của cọc xiên thứ j theo hướng cùng chiều lực ngang;

α - góc xiên của cọc;

$[K]$ - hệ số an toàn theo tải trọng

Trình tự các bước tính toán cho móng cọc xiên chéo lớn như sau:

Bước 1: Chuẩn bị và thống kê các tài liệu để thiết kế móng cọc (Quy mô công trình, mực nước tính toán, địa chất công trình...)

Bước 2: Tính toán lực ngang tác dụng lên công trình.

Bước 3: Giả thiết các độ xiên của cọc.

Bước 4: Tính toán khả năng chịu tải của cọc (P_e).

Bước 5: Tính toán tải trọng đứng yêu cầu đối với từng phương án độ xiên cọc và sơ bộ xác định số lượng cọc xiên đảm bảo khả năng kháng lại lực ngang đã tính toán ở bước trên theo các phương trình (1); (2) và (3).

Bước 6: Bố trí sơ bộ mặt bằng cọc và xác định kích thước kết cấu phía trên thỏa mãn tải trọng đứng yêu cầu và điều kiện bố trí các thiết bị phía trên.

Bước 7: Sơ bộ tính toán các khối lượng cơ bản dựa trên kích thước móng và kết cấu đã xác định được ở Bước 6.

Bước 8: Lựa chọn độ xiên thiết kế cho công trình trên cơ sở phân tích kinh tế kỹ thuật

Bước 9: Tính toán tải trọng tác dụng và tối ưu lại số lượng cọc.

Bước 10: Tính toán kiểm tra kết cấu móng cọc bằng phần mềm hỗ trợ (có thể sử dụng phần mềm hỗ trợ tính toán móng cọc FB-Pier; phần mềm SAP2000 hoặc phần mềm có tính năng tương tự...).

5. MÓNG CỌC XIÊN CHÉO LỚN ĐÃ VÀ ĐANG ĐƯỢC ỨNG DỤNG Ở VIỆT NAM

Dựa trên phương trình (1); (2); (3) các tác giả đã thiết kế cho các công trình ứng dụng móng cọc xiên chéo lớn: Cống Bào Châu – Cà Mau; Cống Nhà Mát – Bạc Liêu; Cống Cái Cùm- Bạc Liêu; Cống Cầu Xe Hải Dương; Cống Bông Bót Trà Vinh; Cống Cái Lớn Kiên Giang. Sau đây là móng cọc hai cống điển hình cống Bào Châu và Cống Cầu Xe.

5.1. Cống Bào Châu - Cà Mau^[10]



Hình 6. Công trình cống Bào Châu

- Thuộc dự án Quản lý thủy lợi phục vụ phát triển nông thôn vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Địa điểm xây dựng: huyện Phú Tân và huyện Cái Nước, tỉnh Cà Mau. Vị trí xây dựng: Cống Bào Châu nằm trên kênh Bào Châu

- Quy mô công trình - hình thức kết cấu: Cống đập trụ đỡ gồm 01 khoang thông nước rộng 30,0 m, bệ trụ kích thước 17×7m, xử lý nền bằng cọc bê tông cốt thép 35×35×2500m đóng xiên 1:5. Cửa van phẳng, đóng mở cửa van bằng xylanh thủy lực, vật liệu cửa van bằng thép chậm rỉ Q345, cao trình ngưỡng cống - 4.00, cao trình đỉnh trụ pin +2.50, cao trình đỉnh cửa van +2.30. Cầu giao thông qua công trình: tải trọng cầu 0.65HL 93, bề rộng mặt cầu 4 m.

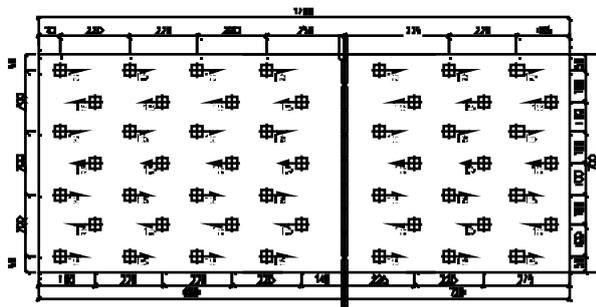
Bảng 2. Tổ hợp lực trường hợp ngăn mặn

TT	Tên tải trọng	Tổ hợp lực				
		N	Hx	My	Hy	Mx
1	THTC	1607,2	-243,1	-1372,7	117,3	347,5
2	THCĐ I	2230,4	-234,2	-1244,9	117,3	347,5
3	THCĐ II	2119,6	-274,2	-1537,5	163,7	452,2
4	THCĐ III	2205,1	-244,4	-1410,6	174,7	283,7

Bảng 3. Tổ hợp lực trường hợp giữ ngọt

TT	Tên tải trọng	Tổ hợp lực				
		N	Hx	My	Hy	Mx
1	THTC	1678,4	262,1	817,8	117,3	492,7
2	THCĐ I	2301,6	253,2	698,9	117,3	492,7
3	THCĐ II	2190,8	293,2	1555,5	163,7	347,8
4	THCĐ III	2276,3	263,4	859,9	174,7	516,3

Dựa vào tài liệu địa chất tính toán được: $Q_{ult} = 62$ T; Sức chịu tải ngang của cọc $[H] = 2,83$ T. Tính toán và bố trí móng gồm 49 cọc xiên chéo; 28 cọc xiên 1:5 phía sông và 21 cọc xiên 1:5 về phía đồng.

*Hình 7. Bố trí móng cọc công Bào Châu*

5.2. Công Cầu Xe^[11]

- Địa điểm xây dựng: Dự án nâng cấp “Công Cầu Xe” nằm trên sông Cầu Xe, một nhánh đổ ra sông Thái Bình. Vị trí xây dựng công trình cách công Cầu Xe cũ về phía hạ lưu

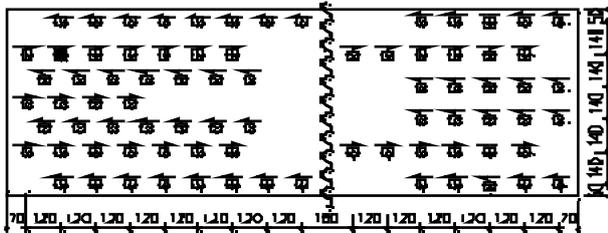
khoảng 270 m. Vị trí xây dựng: huyện Tứ Kỳ, tỉnh Hải Dương. Quy mô công trình - hình thức kết cấu: Công nghệ đập trụ đỡ gồm 3 khoang điều tiết, mỗi khoang công rộng 25 m, ngưỡng công đặt ở cao trình -4,00 m; và 1 âu thuyền có bề rộng $B = 10,0$ m. Dầm đỡ van bằng bê tông cốt thép cao 1,20 m, rộng 6,00 m, hai đầu gác trên 2 bệ trụ.

*Hình 8. Phối cảnh công trình công Cầu Xe***Bảng 4. Tổ hợp tải trọng tại mặt cắt đáy móng - ngăn triều**

Tổ hợp tính toán	N	Qx	Qy	Mx	My
	(T)	(T)	(T)	(Tm)	(Tm)
Tiêu chuẩn	1836,06	9,61	-403,94	3511,48	144,85
Tính toán	1980,18	12,49	-455,82	3592,16	188,30
Đặc biệt	1973,79	55,57	-581,35	4352,62	473,92

Bảng 5. Tổ hợp tải trọng tại mặt cắt đáy móng - giữ nước

Tổ hợp tính toán	N	Q _x	Q _y	M _x	M _y
	(T)	(T)	(T)	(Tm)	(Tm)
Tiêu chuẩn	1800,16	9,61	354,69	-1102,69	139,34
Tính toán	1944,68	12,49	407,52	-1177,11	181,14
Đặc biệt	1938,31	55,73	489,68	-1641,28	467,62



Hình 9. Mặt bằng bố trí cọc trụ giữa - cống Cầu Xe

5.3. Công Bông Bốt ^[12]

- Công Bông Bốt nằm trong tiểu dự án Nam Măng Thít bao gồm 2 huyện Vũng Liêm, Trà Ôn của tỉnh Vĩnh Long và toàn bộ tỉnh Trà Vinh. Công trình thuộc huyện Cầu Kè – tỉnh Trà Vinh. Công gồm 2 khoang mỗi khoang 20m, ngưỡng cống -5,0m.

Bảng 6. Tổ hợp tải trọng tại ngăn mặt cắt đáy khoang cống

Tổ hợp	Tải trọng				
	ΣN_{TT} (T)	ΣQ_{xTT} (T)	ΣQ_{yTT} (Tm)	ΣM_{xTT} (Tm)	ΣM_{yTT} (Tm)
Tiêu chuẩn	4827,70	235,15	-784,95	-5728,11	241,46
Sử dụng	5404,33	326,87	-790,61	-5668,45	1239,98
Đặc biệt	4721,19	431,58	-803,80	-9326,23	2027,64

Bảng 7. Tổ hợp tải trọng giữ ngọt tại mặt cắt đáy khoang cống

Tổ hợp	Tải trọng				
	ΣN_{TT} (T)	ΣQ_{xTT} (T)	ΣQ_{yTT} (Tm)	ΣM_{xTT} (Tm)	ΣM_{yTT} (Tm)
Tiêu chuẩn	4811,35	248,03	943,52	2462,49	1300,82
Sử dụng	5334,69	342,33	949,73	2491,07	2315,33
Đặc biệt	4685,67	447,04	807,10	3925,12	2123,58

5.3.1 Phương án bố trí móng cọc xiên chéo lớn

Bảng 8. Bảng kết quả tính toán số lượng cọc chịu tải trọng ngang

Tổ hợp tải trọng	Q _{vHL} (T)	Q _{vTL} (T)	[K]	n _{x1} cọc	n _{x2} cọc	$\square n_x$
Tiêu chuẩn	784,95	943,52	1,3	75	107	196,0
Sử dụng	790,61	1043,47	1,3	75	108	197,0
Đặc biệt	803,80	807,10	1,3	84	85	182,0

Bảng 9. Bảng tính toán kiểm tra số lượng cọc chịu tải trọng đứng

Tổ hợp tải trọng	N _{Giữ ngọt}	N _{Ngăn mặn}	P _{đứng}	β_1	N _{đứng}
Tiêu chuẩn	4811,35	4827,70	64,0	1,3	113
Sử dụng	5334,69	5404,33	64,0	1,3	127
Đặc biệt	4685,67	4721,19	64,0	1,3	111

Kết luận: Bố trí móng cọc xiên chéo lớn theo hình 10 với số lượng cọc là 203 cọc.

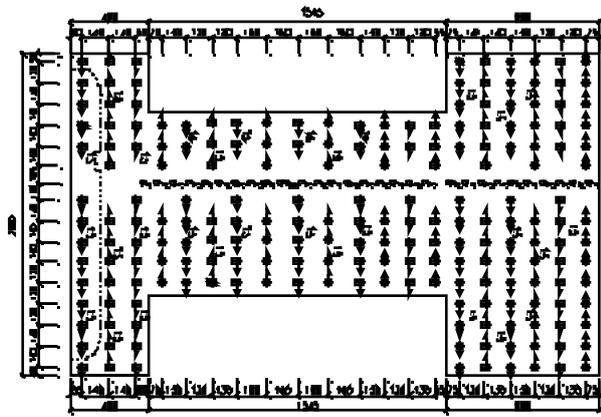
5.3.2. Phương án bố trí móng cọc thẳng

Bảng 10. Bảng tính toán kiểm tra số lượng cọc chịu tải trọng đứng

Tổ hợp tải trọng	$N_{\text{Giữ ngọt}}$	$N_{\text{Ngăn mặn}}$	$P_{\text{đứng}}$	β_1	$n_{\text{đứng}}$
THTC	4811,35	4827,70	64,00	1,3	113
THCB	5334,69	5404,33	64,00	1,3	127
THĐB – Va tau	4685,67	4721,19	64,00	1,3	111

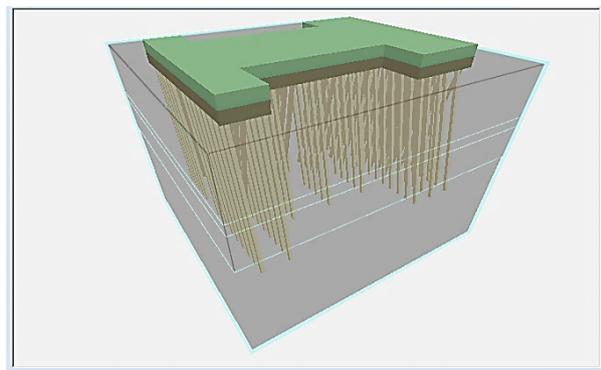
Bảng 11. Bảng kết quả tính toán với móng cọc toàn cọc đứng chịu tải ngang

Tổ hợp tải trọng	$Q_{\text{vTL}} \text{ (T)}$	$Q_{\text{vHL}} \text{ (T)}$	\square_2	$[H] \text{ (T)}$	n_x bố trí
THTC	-940,71	952,08	1,3	3,0	409
THCB	-947,55	1026,97	1,3	3,0	412
THĐB – Va tau	-825,94	832,42	1,3	3,0	348



Hình 10. Sơ đồ bố trí cọc xiên chéo

5.3.3. Kiểm toán ổn định móng cọc xiên chéo lớn và móng toàn cọc thẳng



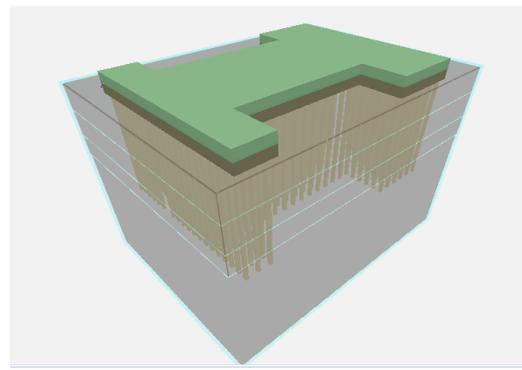
Hình 12. Mô hình tính toán PA cọc xiên chéo

a. Mô hình tính toán^{[8], [9]}

Móng cọc được mô hình bằng chương trình máy tính FB-Pier. Các cọc được mô hình bằng phần tử dầm, liên kết với nhau bởi đài cọc là phần tử tấm.

Sự làm việc đồng thời của hệ kết cấu - nền được mô tả thông qua đường cong biến dạng - tải trọng (đường cong $p \sim y$). Đường cong $p \sim y$ của từng lớp đất được xây dựng từ các đặc trưng cơ lý của lớp (sức kháng cắt không thoát nước, hệ số nền, góc ma sát trong...).

Giả thiết tính toán: Coi bệ cọc là bệ cứng và liên kết đầu cọc - bệ là liên kết ngàm.



Hình 13. Mô hình tính toán PA cọc thẳng đứng

b. Tổng hợp kết quả tính toán 2 phương án móng cọc

Bảng 12. Bảng kết quả tính toán chuyển vị cọc

TỔ HỢP	Phương Chuyển vị	Móng cọc xiên chéo lớn		Móng cọc thẳng
Số lượng cọc		203 cọc		412 cọc
		Sử dụng	Đặc biệt	Sử dụng
THNM	X	0,372	1,13	0,71
	Y	0,528	1,04	2,17
THGN	X	0,521	1,29	0,68
	Y	0,757	1,25	2,21
Chuyển vị max		0,757	1,29	2,21

Bảng 13. Tổng hợp kết quả tính toán nội lực cọc

Tổ hợp	Phương	Móng cọc xiên chéo lớn		Móng cọc thẳng	
		Moment T _m	Lực dọc T	Moment T.m	Lực dọc T
Số lượng cọc		203 cọc		412 cọc	
THNM	3	5,16	53,2	5,69	36,6
	2	7,86		13,0	
THGN	3	5,62	51,8	6,2	33,7
	2	7,8		13,2	
Nội lực Max		7,86	53,2	13,2	36,6
SCT tính toán			64		64

Căn cứ vào kết quả tính toán trong bảng 12 nhận thấy chuyển vị ngang của cọc lớn nhất của móng cọc thẳng đứng ($\Delta_{\text{ngang}} = 2,21\text{cm}$) gấp 3,5 lần chuyển vị ngang của móng cọc xiên ($\Delta_{\text{ngang}} = 0,757\text{cm}$) và moment trong móng cọc xiên chéo lớn chỉ bằng 61.5% mômen của móng cọc thẳng đứng. Mặc dù số lượng cọc trong móng cọc xiên lớn chỉ bằng khoảng 50% số lượng cọc trong móng cọc thẳng.

Như vậy móng cọc đóng xiên chéo lớn ưu điểm phát huy khả năng chịu lực của cọc làm tăng khả năng kháng ngang của cọc nhờ chuyển một phần sức kháng dọc trục để chịu lực ngang. Với công Bông Bót tỷ lệ (lực đứng / lực ngang) lớn nên sử dụng cọc xiên sẽ phát huy rất tốt hiệu quả, tránh lãng phí do dư thừa cọc chịu tải trọng đứng.

6. KẾT LUẬN

Trong bài báo này nhóm tác giả cũng trình bày

hệ phương trình (1), (2) và (3) để lựa chọn và bố trí móng cọc xiên chéo lớn đập trụ đỡ. Bài báo cũng trình bày các bước để giải bài toán móng cọc xiên chéo lớn trong đập trụ đỡ.

Kết quả so sánh một số móng cọc thấy rằng đối với móng cọc xiên chéo lớn chỉ cần bố trí khoảng 50% số lượng so với móng toàn cọc đứng, nhưng chuyển vị và momen lại nhỏ hơn nhiều, chuyển vị khoảng 23% - 34,25%, momen 29,5-59,5%. Móng cọc xiên chéo lớn vừa chịu được tải đứng, an toàn hơn trong chịu tải ngang và mô men. Đặc biệt lún của hệ cọc cũng giảm nhiều do khối móng quy ước được mở rộng theo độ xiên của cọc.

Trong trường hợp cho phép dùng móng cọc đóng để thiết kế đập trụ đỡ thì sơ đồ móng cọc xiên chéo lớn là sơ đồ chịu lực tối ưu nhất. Độ xiên của cọc xiên chéo lớn chọn 1:5 cho cọc bê tông. Đối với cọc thép có thể đóng xiên hơn nên hiệu quả cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Thái, Nguyễn Đình Trường, *Tính toán móng cọc xiên chéo lớn đập trụ đỡ*, 2017, NXB KHKT, Hà Nội.
- [2] GS. TS. Trương Đình Dụ (cb), *Đập trụ đỡ*, Năm 2014, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
- [3] Vũ Công Ngữ, Nguyễn Thái, *Móng cọc - phân tích và thiết kế*, 2006, NXB KHKT, Hà Nội.
- [4] Bộ KHCN, *TCVN 10304-2014 - Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế*, 2014, Hà Nội.
- [5] Bộ KHCN, *TCVN 10400: 2015 - Công trình thủy lợi - Đập trụ đỡ - yêu cầu về thiết kế*, 2015, Hà Nội.
- [6] Shamsheer Prakash - Hari D.Sharma, *Móng cọc trong thực tế xây dựng*, 1999, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [7] Joseph. E. Bowles, *Foundation analysis and design*, International edition, 1997.
- [8] USA, *AASHTO LRFD Bridge Design Specification*, 2012
- [9] Com624P - Laterally loaded pile analysis program for microcomputer Version 2.
- [10] Viện Thủy Công, *Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công công trình cống Bào Châu - Cà Mau, thuộc dự án Quản lý thủy lợi phục vụ phát triển nông thôn vùng Đồng bằng sông Cửu Long*, 2013, Hà Nội.
- [11] Viện Thủy Công, *Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công công trình cống Cầu Xe - Hải Dương, thuộc dự án nâng cấp cống Cầu Xe thuộc hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải*, Hà Nội.
- [12] Viện Thủy Công, *Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công công trình cống Bông Bót - Trà Vinh, thuộc dự án kiểm soát nguồn nước thích ứng với biến đổi khí hậu cho vùng Nam Măng Thít tỉnh Vĩnh Long và Trà Vinh*, 2017, Hà Nội.