

Nghiên cứu ứng xử của hệ tường vây - móng bè - cọc cùng chịu tải trọng công trình

Phạm Quốc Việt^{1*}

¹ Bộ môn Địa cơ – Nền móng, Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM

TỪ KHOÁ

Móng bè cọc
Tường vây

TÓM TẮT

Trong tính toán và thiết kế móng bè cọc cho các tòa nhà cao tầng, nhiều tính toán không xét đến sự tham gia làm việc của cọc barrette. Khả năng chịu tải của tường vây cọc barrette đáng kể khi tường vây cắm sâu vào nền đất cứng. Trong bài báo này, sự tham gia của hệ tường vây cọc barrette được phân tích và đánh giá bằng phần mềm Plaxis 3D V20 cho một công trình thực tế. Với móng bè cọc sự phân bố tải lên bè là 13,48 % còn hệ cọc là 86,52 %. Khi móng bè cọc liên kết với tường vây cọc barrette, phần trăm tải lên móng bè là 13,48 %, phần trăm tải lên hệ cọc là 70,62 % và tường vây cọc barrette là 15,9 %. Như kết quả trên thì phần trăm tải tác dụng lên hệ cọc giảm đi 15,9 % khi móng bè cọc kết hợp với tường vây cọc barrette.

KEYWORDS

Piled raft foundations
Diaphragm walls

ABSTRACT

In designing and calculating the piled raft foundations for tall buildings, many calculations do not take into account the participation of the diaphragm walls. The load-bearing capacity of the diaphragm wall is significant when the diaphragm wall is inserted into the hard ground. In this paper, the involvement of the diaphragm wall system together with the piled raft foundation was analyzed and evaluated by the PLAXIS 3D V20 software for an project. With the piled raft foundation, the distribution of load on the raft is 13.48%, and the pile group is 86.52%. When the piled raft foundation is combined with the diaphragm wall, the percentage of load on the raft is 13.48%, the percentage of the load on the pile group is 70.62%, and the diaphragm wall is 15.9%. As a result, the percentage of load on the pile group decreases by 15.9% when the piled raft foundation is combined with the diaphragm.

1. Đặt vấn đề

Móng bè cọc ngày nay được áp dụng rất phổ biến trong các công trình nhà cao tầng trên thế giới [1],[2],[3], và tường vây cọc barrette được thi công cắm sâu vào trong nền đất dưới đáy móng để chắn giữa áp lực đất theo phương ngang xung quanh hố đào sâu trong quá trình thi công móng bè cọc và các tầng hầm. Trong quan niệm thiết kế móng trong các công trình nhà cao tầng có tầng hầm [4],[5] hiện nay chỉ thiết kế tường vây với yêu cầu chịu tải theo phương ngang trong quá trình thi công móng tầng hầm mà chưa xét đến khả năng mang tải đứng của tường vây. Điều này có thể dẫn đến việc chưa tận dụng hết khả năng mang tải đứng của tường vây.

Trong nghiên cứu này, các phân tích mô phỏng 3D bằng phương pháp phần tử hữu hạn được thực hiện trên công trình cụ thể. Mục đích để khảo sát các ứng xử của móng bè – cọc khi có xét đến ảnh hưởng của tường vây tầng hầm.

Trong bài báo này các phân tích, tính toán được thực hiện theo 2 trường hợp:

*Trường hợp 1: Hệ móng bè - cọc và tường vây cọc barrette được tính toán làm việc độc lập với nhau.

*Trường hợp 2: Tường vây cọc barrette có hai chức năng là chịu tải ngang do áp lực đất xung quanh hố đào sâu và tham gia chịu tải đứng của công trình bên trên cùng với hệ móng bè-cọc. Khi đó hệ kết cấu móng là móng bè-cọc kết hợp tường vây.

2. Phân tích ứng xử của móng bè - cọc có xét ảnh hưởng của tường vây tầng hầm bằng phần mềm plaxis 3d.

2.1. Tổng quan về công trình

Công trình được phân tích là nhà cao tầng, có 110 tầng và 5 tầng hầm, móng bè dày 7 m đặt trên 505 cọc khoan nhồi có đường kính 1,5 m dài 10 0m, tường vây dày 1.5m dài 51m, đáy móng bè ở cao độ -31 m so với mặt đất, với tổng tĩnh tải và hoạt tải tác dụng lên móng theo phương đứng ở Hình 7 là $F_z^{tt} = 9697529,42 \text{ kN}$. Kích thước mặt bằng móng như Hình 1.

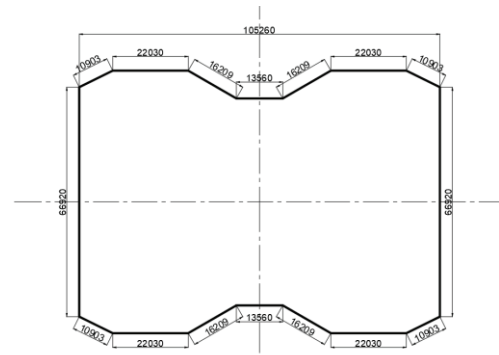
Nền đất gồm các lớp: Lớp 1: Đất san lấp; Lớp 2: Bùn sét, pha cát mịn, xám nâu, chặt vừa (CH); Lớp 3: Sét, pha cát mịn đến trung bình, màu xám đen, chảy đến chặt vừa (CH); Lớp 4: Sét pha cát mịn, xám xanh nhạt, cứng đến rất cứng (CH); Lớp 5: Sét pha ít cát mịn, nâu vàng, cứng đến rất cứng (CL); Lớp 6: Sét pha cát mịn, nâu xám nhạt, cứng (CH); Lớp 7: Sét pha cát mịn, nâu xám nhạt, cứng đến rất cứng

*Liên hệ tác giả: pqviet.sdh20@hcmut.edu.vn

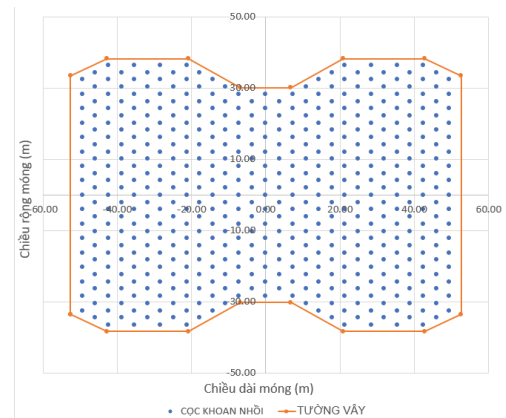
Nhận ngày 15/01/2023, sửa xong ngày 20/02/2023, chấp nhận đăng 31/03/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2023.485>

(CH); Lớp 8: Cát mịn đến trung, nâu vàng, chặt đến rất chặt (SM); Lớp 9: Sét pha cát mịn, nâu xám và nâu nhạt, xám xanh nhạt, rất chặt (CH); Lớp 10: Sét pha cát mịn, nâu xám nhạt, cứng (CH); Lớp 11: Sét pha, lẫn ít cát, nâu xám nhạt, rất cứng (CL); Lớp 12: Cát pha, xám nhạt nâu nhạt, chặt đến rất chặt (SM); Lớp 13: Sét, pha cát mịn, nâu xám nhạt, cứng (CH); Lớp 14: Cát pha mịn đến trung bình, vàng nâu và nâu xám nhạt, rất chặt (SM); Lớp 15: Sét pha cát, nâu xám nhạt, cứng (CL); Lớp 16: Cát mịn đến trung bình, pha một số cát thô, nâu xám nhạt, chặt đến rất chặt (SM, SM-SP); Lớp 17: Sét pha cát mịn, nâu xám nhạt, cứng (CL); Lớp 18: Sét pha cát, xám nhạt đến xám, cứng (CL); Lớp 19 : Sét pha cát mịn đến trung, nâu xám nhạt, cứng (CH, CL); Lớp 20: Cát pha mịn đến trung, vàng nâu và nâu xám nhạt, rất chặt (SM); Lớp 21: Sét pha ít cát, nâu xám nhạt cứng (CL); Lớp 22: Sét pha cát mịn, nâu xám, cứng (CL); Lớp 23: Sét pha cát mịn đến trung, nâu nhạt, xám nhạt, cứng (CL); Lớp 24 : Cát pha mịn đến trung bình, vàng nâu, nâu xám và nâu nhạt , rất cứng (SM); Lớp 25 : Sét pha cát mịn, vàng nâu, cứng (CL); Lớp 26 :Sét pha cát, nâu xám nhạt, cứng (CL); Lớp 27 :Cát mịn đến trung, pha ít phù sa, nâu xám nhạt, rất chặt (SM, SM-SP); Lớp 28: Sét pha cát mịn, vàng nâu, cứng (CL); Lớp 29: Sét pha một ít cát, nâu xám nhạt, cứng (CL); Lớp 30: Cát pha mịn đến trung, nâu xám và nâu xám nhẹ, rất chặt (SM); Lớp 31: Sét pha ít cát, nâu nhẹ xám nhẹ, cứng (CL). Các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất như thể hiện ở bảng 1 được sử dụng làm thông số đầu vào khi khai báo mô hình trong phần mềm Plaxis 3D [6]. Mô hình các lớp đất được thể hiện như Hình 5. Mô hình các phần tử cọc, bè, tường vây trong phần mềm Plaxis 3D được thể hiện như hình 6.



Hình 1. Mặt bằng bè móng



Hình 2. Mặt bằng cọc và tường vây

Bảng 1. Thông số các lớp đất khai báo trong mô hình Plaxis.

Parameter	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 5	Lớp 6	Lớp 7
Depth (m)	1,5	3	16	19,5	22	25	26,5
Material model	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
Drainage type	Drained	Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)
γ_{unsat} (kN/m ³)	19	18	15,29	18,5	19	20,2	19,4
γ_{sat} (kN/m ³)	20	18	15,29	18,5	19	20,2	19,4
e_{int}	0,5	0,9	0,9	0,9	0,828	0,728	0,823
E_{50}^{ref} (kN/m ²)	10000	16250	5292	22951	31174	22551	24285
E_{oed}^{ref} (kN/m ²)	10000	16250	5292	22951	31174	22551	24285
E_{ur}^{ref} (kN/m ²)	30000	48750	15876	68852	93522	67652	72856
Power (m)	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ν_{ur} (nu)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
p_{ref} (kN/m ²)	-	-	60	125	282	300	300
c_{ref} (kN/m ²)	5	17	10,9	7,6	7,6	8	9,2
ϕ (°)	26	11	18,8	20,2	20,2	20	19,8
Kx (m/day)	8,64E-03	1,58E-04	6,73E-04	1,58E-04	1,58E-04	1,16E-04	1,16E-04
Ky (m/day)	8,64E-03	5,26E-05	2,24E-04	5,26E-05	5,26E-05	3,85E-05	3,85E-05
Strength	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{inter}	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Bảng 1. Thông số các lớp đất khai báo trong mô hình Plaxis (tiếp theo).

Parameter	Lớp 8	Lớp 9	Lớp 10	Lớp 11	Lớp 12	Lớp 13	Lớp 14
Depth (m)	31	35,5	41	43	49	52	58
Material model	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
Drainage type	Drained	Undrained (A)	Undrained (A)	Drained	Drained	Drained	Drained
γ_{unsat} (kN/m ³)	19,5	19,6	20,8	19	20	21,1	20
γ_{sat} (kN/m ³)	19,5	19,6	20,8	19	20	21,1	20
e_{int}	0,923	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538
E_{50}^{ref} (kN/m ²)	31000	37529	37529	213200	54000	234000	99000
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$ (kN/m ²)	31000	37529	37529	213200	54000	234000	99000
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ (kN/m ²)	93000	112588	112588	639600	162000	702000	297000
Power (m)	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1
ν_{ur} (nu)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
p_{ref} (kN/m ²)	-	-	-	-	-	-	-
c_{ref} (kN/m ²)	0	9,6	9,6	24,6	0	27	0
φ (°)	39,49	19,1	19,1	20	38	21	35
Kx (m/day)	8,64E-03	3,25E-04	3,25E-04	3,25E-04	8,64E-03	3,25E-04	8,64E-03
Ky (m/day)	8,64E-03	1,08E-04	1,08E-04	1,08E-04	8,64E-03	1,08E-04	8,64E-03
Strength	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{inter}	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9

Bảng 1. Thông số các lớp đất khai báo trong mô hình Plaxis (tiếp theo).

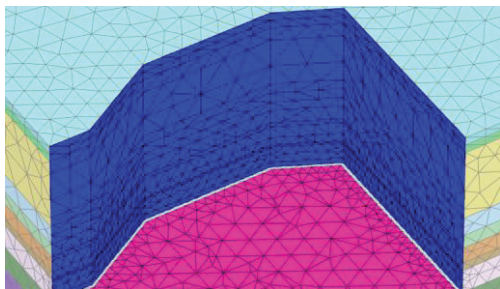
Parameter	Lớp 15	Lớp 16	Lớp 17	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 20	Lớp 21
Depth (m)	59,5	73	74,5	76	90,7	100	104,5
Material model	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
γ_{unsat} (kN/m ³)	20	20	20	20,9	21,6	21	21,7
γ_{sat} (kN/m ³)	20	20	20	20,9	21,6	21	21,7
e_{int}	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538
E_{50}^{ref} (kN/m ²)	494000	105000	280800	228800	436800	121500	421200
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$ (kN/m ²)	494000	105000	280800	228800	436800	121500	421200
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ (kN/m ²)	1482000	315000	842400	686400	1310400	364500	1263600
Power (m)	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
ν_{ur} (nu)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
p_{ref} (kN/m ²)	-	-	-	-	-	-	-
c_{ref} (kN/m ²)	57		32,4	26,4	50,4	0	48,6
φ (°)	30	40	22	20	29	43	29
Kx (m/day)	3,25E-04	8,64E-03	3,25E-04	3,25E-04	3,25E-04	8,64E-03	3,25E-04
Ky (m/day)	1,08E-04	8,64E-03	1,08E-04	1,08E-04	1,08E-04	8,64E-03	1,08E-04
Strength	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{inter}	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8

Bảng 1. Thông số các lớp đất khai báo trong mô hình Plaxis (tiếp theo và hết).

Parameter	Lớp 22	Lớp 23	Lớp 24	Lớp 25	Lớp 26	Lớp 27	Lớp 28	Lớp 29	Lớp 30	Lớp 31
Depth (m)	110,5	114,5	122,5	124	125,5	136	139	140,5	143,5	150
Material model	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
γ_{unsat} (kN/m ³)	21	20,3	20	21	21	21	21	21	21	21
γ_{sat} (kN/m ³)	21	20,3	20	21	21	21	21	21	21	21
e_{int}	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538	0,538
E_{50}^{ref} (kN/m ²)	400400	260000	120000	416000	457600	75000	260000	260000	75000	416000
E_{oed}^{ref} (kN/m ²)	400400	260000	120000	416000	457600	75000	260000	260000	75000	416000
E_{ur}^{ref} (kN/m ²)	1201200	780000	360000	1248000	1372800	225000	780000	780000	225000	1248000
Power (m)	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5
ν_{ur} (nu)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
p_{ref} (kN/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
c_{ref} (kN/m ²)	46,2	30	0	48	52,8	0	30	30	0	48
φ (°)	27	25	41	28	29	38	24	26	37	27
Kx (m/day)	3,25E-04	3,25E-04	8,64E-03	3,25E-04	3,25E-04	8,64E-03	3,25E-04	3,25E-04	8,64E-03	3,25E-04
Ky (m/day)	1,08E-04	1,08E-04	8,64E-03	1,08E-04	1,08E-04	8,64E-03	1,08E-04	1,08E-04	8,64E-03	1,08E-04
Strength	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{inter}	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8

2.2. Ảnh hưởng của chiều dài tường vây đến hệ móng bè - cọc

Trường hợp 1, tường vây cọc barrette và bè cọc làm việc độc lập với nhau theo phương đứng như Hình 3.



Hình 3. Mô hình phần tử tường vây trong phần mềm Plaxis 3D.

Tách riêng hoàn toàn móng bè với hệ tường vây với khoảng cách nhỏ nhất, vì hệ móng này được xử lý bằng Jet grouting ở cao độ tại mũi tường vây nên đáy móng không bị đẩy trôi.

Trường hợp 2, tường vây cọc barrette và bè-cọc cùng làm việc đồng thời với nhau như Hình 4.

Chia các phần tử vách và móng bè sao cho các điểm nút giữa tường vây và móng bè trùng với nhau.

Xem xét ảnh hưởng của chiều dài tường vây đến hệ móng bè - cọc với chiều dài tường lần lượt là 51 m, 61 m, 71 m, 81 m, 91 m.

Xem xét chênh độ lún giữa hai điểm trên móng bè S_{diff} theo

hai phương của móng bè:

$$S_{diff}^X = |S_B - S_O|$$

$$S_{diff}^Y = |S_A - S_O|$$

Trong đó:

S_A, S_B, S_O lần lượt là độ lún tại điểm A, B, O trên bè.

Tỷ số giữa độ chênh lún giữa hai trường hợp trên dựa vào R_{diff} :

$$R_{diff}^X = \frac{S_{diff-case 2}^X}{S_{diff-case 1}^X}$$

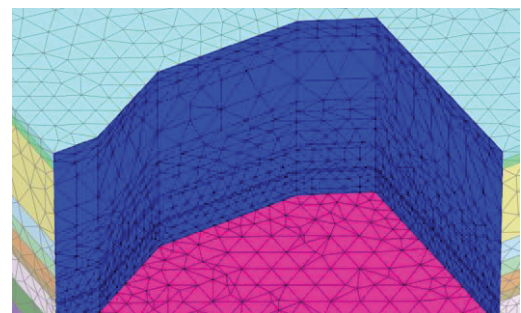
$$R_{diff}^Y = \frac{S_{diff-case 2}^Y}{S_{diff-case 1}^Y}$$

Trong đó:

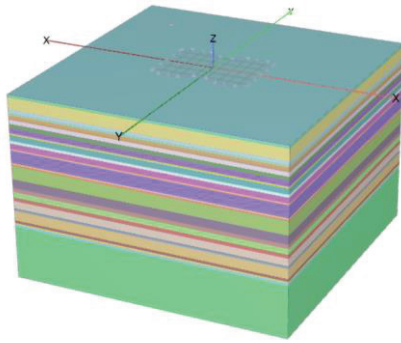
$S_{diff-case 1}^X$ và $S_{diff-case 1}^Y$ lần lượt là chênh độ lún giữa hai điểm trên móng bè theo phương X và phương Y của móng bè trong trường hợp 1.

$S_{diff-case 2}^X$ và $S_{diff-case 2}^Y$ lần lượt là chênh độ lún giữa hai điểm trên móng bè theo phương X và phương Y của móng bè trong trường hợp 2.

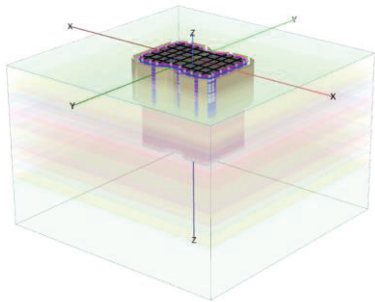
Mặt bằng phân bố tải trọng (DL + LL) xem Hình 7.



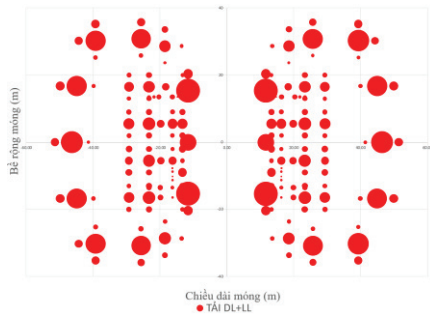
Hình 4. Mô hình móng bè cọc liên kết với tường barrette bằng Plaxis 3D.



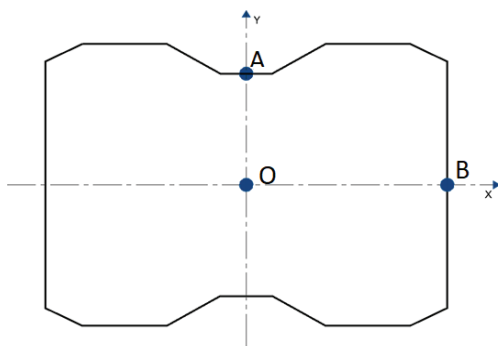
Hình 5. Mô hình phần tử các lớp đất trong phần mềm Plaxis 3D.



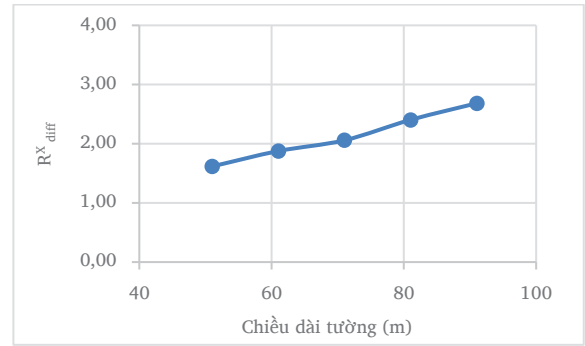
Hình 6. Mô hình các phần tử cọc, bè, tường vây trong phần mềm Plaxis 3D.



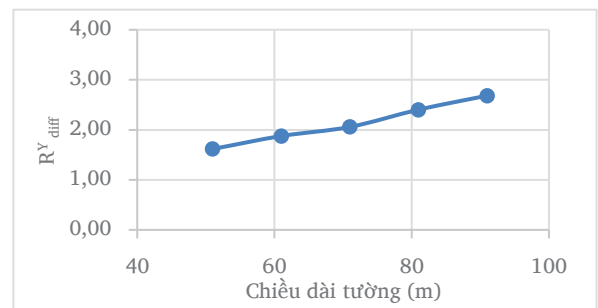
Hình 7. Mặt bằng phân bố tĩnh tải và hoạt tải (DL+LL) truyền xuống móng.



Hình 8. Vị trí các điểm khảo sát lún trên móng bè.



Hình 9. Sự thay đổi của độ lún lệch theo phương X theo chiều dài tường vây.

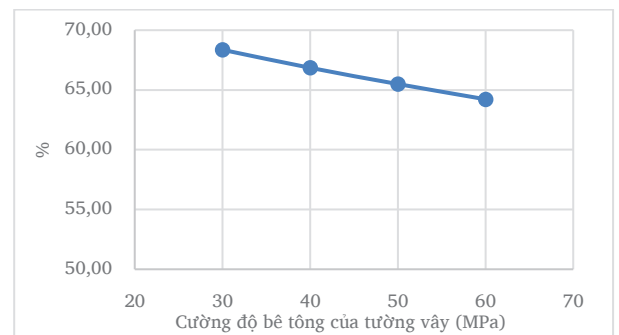


Hình 10. Sự thay đổi của độ lún lệch theo phương Y theo chiều dài tường vây.

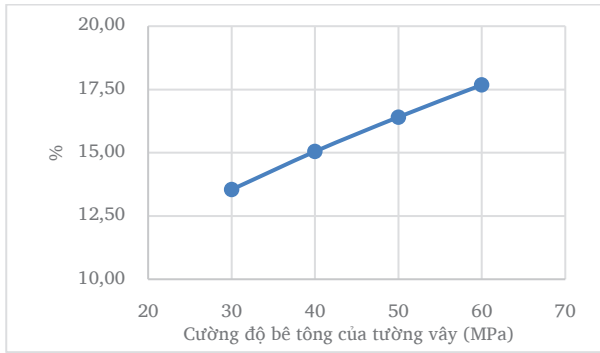
Kết quả phân tích ở Hình 9 và Hình 10 cho thấy, khi chiều dài tường vây càng lớn thì chênh lệch lún tại tâm móng bè (điểm O) so với hai điểm A và B (như vị trí trong Hình 8) càng lớn. Đồng thời, độ lún ở biên của bè càng giảm đáng kể, khoảng cách từ tường đến tâm bè lớn nên độ lún tại tâm bè không thay đổi nhiều.

2.3 Ảnh hưởng cường độ bê tông của tường vây đến hệ móng bè-cọc.

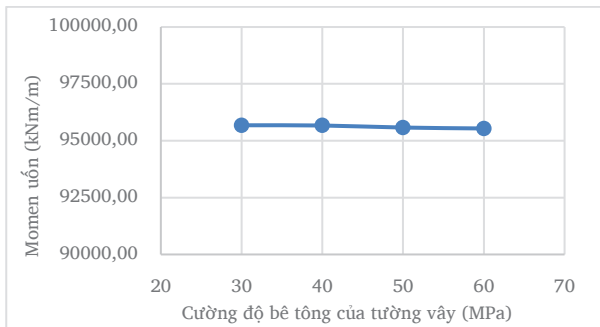
Xem xét ảnh hưởng cường độ bê tông của tường vây đến hệ móng bè-cọc sau khi giảm 88 cọc biên với cường độ bê tông tường vây lần lượt là 30 MPa, 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa.



Hình 11. Phần trăm tham gia chịu tải của các cọc khi cường độ bê tông tường thay đổi.



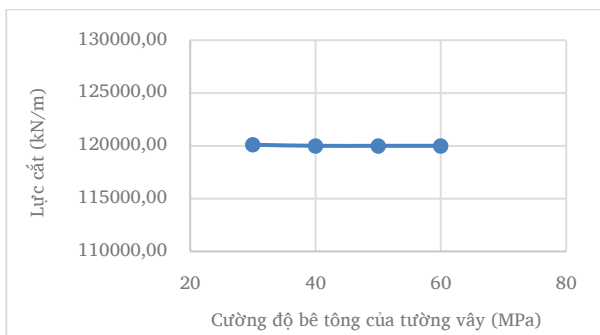
Hình 12. Phần trăm tham gia chịu tải của tường khi cường độ bê tông tường thay đổi.



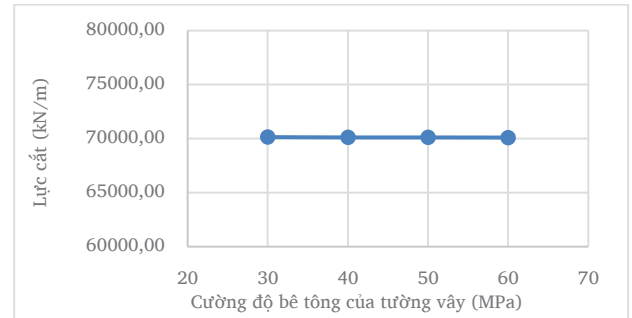
Hình 13. Momen dương lớn nhất trong bè khi cường độ bê tông tường thay đổi.



Hình 14. Momen âm lớn nhất trong móng bè khi cường độ bê tông tường thay đổi.



Hình 15. Lực cắt âm lớn nhất trong móng bè khi cường độ bê tông tường thay đổi.



Hình 16. Lực cắt dương lớn nhất trong móng bè khi cường độ bê tông tường thay đổi.

Như vậy, trong móng bè cọc kết hợp tường vây, cường độ bê tông của tường vây cũng ảnh hưởng đến phần chịu tải của cọc và tường. Hình 11 cho thấy phần trăm chịu tải của cọc giảm dần khi cường độ bê tông của tường tăng từ 30 MPa đến 60 MPa. Đối với phần chịu tải của tường thì ngược lại. Với cường độ bê tông của tường vây là 30 MPa có độ cứng của hệ tường thấp dẫn đến khi chịu tải tường bị uốn cong nhiều làm cho khả năng chịu tải trọng đứng giảm, khi tăng cường độ bê tông của tường làm cho độ cứng tăng lên dẫn đến phần tham gia chịu tải của tường cũng tăng theo. Nhưng khi cường độ bê tông của tường tăng từ 30 MPa đến 60 MPa thì phần chịu tải của tường tăng không đáng kể, chỉ tăng lên 4,14% (xem Hình 12) trong khi chi phí của tường tăng rất nhiều. Do đó tác động của hệ tường vây tầng hầm đến móng bè cọc thay đổi không đáng kể khi tăng cường độ bê tông của tường vây. Nội lực trong bè cũng ảnh hưởng không đáng kể khi cường độ bê tông của tường thay đổi như kết quả trong các Hình 13, 14, 15 và 16.

3. Kết luận và kiến nghị

Hệ tường vây tầng hầm có tham gia gánh tải đứng đáng kể của hệ móng, từ đó có thể giảm số lượng cọc hay chiều dài cọc cùng với giảm thời gian thi công và tối ưu chi phí xây dựng nhưng vẫn đảm bảo công trình vẫn ổn định.

Hệ tường vây tầng hầm cũng ảnh hưởng đến độ lún trung bình giữa điểm ngoài biên và tâm móng bè, trong trường hợp bài toán trên hệ tường vây làm giảm độ lún các điểm trên móng bè, do đó cần xem xét yếu tố này khi thiết kế.

Cường độ bê tông của tường vây quá nhỏ làm cho khả năng tiếp nhận tải trọng đứng của tường cũng bị hạn chế. Nhưng cường độ bê tông của tường vây quá cao làm tăng chi phí nhưng khả năng chịu tải trọng đứng của tường tăng lên không đáng kể.

Để xem xét ảnh hưởng qua lại giữa tường vây và móng bè-cọc nên dùng các phần mềm chuyên dụng để xét đầy đủ các yếu tố trên như Plaxis 3D.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Horikoshi K, Randolph MF. Centrifuge modelling of piled raft foundations on clay. *Geotechnique* 1996;46(4):741–52.
- [2]. Katzenbach R, Arslan U, Moormann C. Piled raft foundation projects in Germany. *Design Applications of Raft Foundations*, Hemsley. Thomas Telford, London; 2000. p. 323–91.
- [3]. Yamashita K, Hamada J, Soga Y. Settlement and load sharing of piled raft of a 162 m high residential tower. In: *Proc. international conference on deep foundations and geotechnical in situ testing*, Shanghai, China; 2010. p.2
- [4]. Kok Hun Goh, R. Mair, "Response of framed buildings to excavation-induced movements," 2014.
- [5]. Poulos HG. Piled raft foundations: design and applications. *Geotechnique* 2001;51(2):95–113.
- [6]. *Plaxis Advanced Computational Geotechnics* Singapore 2011.