

PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH, BIẾN DẠNG TRỤ T5 CẦU RẠCH LÁ – CẦN GIỜ

STABILITY AND DEFORMATION ANALYSIS FOR PIER T5 OF RACH LA BRIDGE, CAN GIO

ThS. Đinh Hoài Luân
Khoa Kỹ thuật Hạ tầng – Đô thị, Trường ĐHXD Miền Tây
Email: dinhhoailuan@mtu.edu.vn
Điện thoại: 0903 344 219

Ngày nhận bài: 21/02/2023
Ngày gửi phản biện: 13/03/2023
Ngày chấp nhận đăng: 24/03/2023

Tóm tắt:

Khi xây dựng công trình trên đất yếu thường hay xảy ra các sự cố không mong muốn liên quan đến vấn đề ổn định và biến dạng của công trình. Sự cố xảy ra tại cầu Rạch Lá, huyện Cần Giờ, Thành Phố Hồ Chí Minh là một trong những sự cố thường gặp khi xây dựng cầu trong đất yếu (nền bị mất ổn định và các cấu kiện công trình bị chuyển vị vượt quá giới hạn). Bài báo trình bày một số kết quả phân tích ổn định, biến dạng của trụ T5 cầu Rạch Lá – Cần Giờ.

Từ khóa: ổn định, biến dạng, cầu Rạch Lá.

Abstract:

Construction of structures on soft soils often faces with unexpected stability and deformation problems. Failure of Rach La bridge, Can Gio district, Ho Chi Minh city is one typical incident happened in construction of bridge (instability of foundation and large deformation of bridge's structural elements). This paper presents some results of stability and deformation analysis for pier T5 of Rach La bridge.

Keywords: stability, deformation, Rach La bridge.

1. Đặt vấn đề

Khi xây dựng trên đất yếu móng cầu với nền đất đắp khá cao hay xảy ra các hiện tượng như mất sức chịu tải do lún sập, nền đất bị phá hoại kết cấu, bị đùn, đẩy sang hai bên hoặc trôi lên. Tương tự, trụ cầu trong đất yếu ngay khi thi công phần móng trụ thường hệ cọc bị đẩy nghiêng hoặc bị uốn gãy.

Do những điều kiện nêu trên, để đảm bảo móng trụ cầu ổn định trên đất yếu và an toàn trong quá trình khai thác cần có những giải pháp hợp lý như: đặt công trình cao hơn vị trí thiết kế một đoạn bằng với độ lún dự kiến, làm các khe lún để tách công trình ra từng phần, tăng độ bền cho các kết cấu công trình, dùng các loại kết cấu đặc biệt, thay đổi kích thước và độ sâu đặt móng... Công trình đưa vào sử dụng phải thỏa mãn các tiêu chuẩn về ổn định chống lật, ổn định chống trượt, khả năng chịu tải...

Trong phạm vi bài báo này tác giả trình bày một số kết quả phân tích ổn định biến dạng của trụ T5 cầu Rạch Lá trên đường Rừng Sác, huyện Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh.

2. Sự cố cầu Rạch Lá – Cần Giờ

Cầu Rạch Lá nằm trên tuyến đường Rừng Sác (tuyến đường huyết mạch để phát triển kinh tế vùng duyên hải huyện Cần Giờ, TP Hồ Chí Minh) đoạn từ phà Bình Khánh đến cầu Dân Xây khi thi công móng trụ T5 đã gặp sự cố như sau:

- Khi thi công phần cọc đóng các đầu cọc bị chuyển vị 0.4m so với vị trí thiết kế ban đầu ngay sau khi đóng (hình 1)

- Sau đó khi mực nước sông hạ xuống theo thủy triều tất cả các đầu cọc đều bị chuyển vị rất lớn từ 2.3m đến 4.2m (hình 2).

3. Nguyên nhân

Những nguyên nhân chung của các sự cố công trình nói trên có thể khái quát như sau:

- Khi xem xét và phân tích ổn định nền móng của móng và trụ cầu khi xây dựng trên nền đất yếu, nhiều trường hợp chỉ xem xét mặt cường độ mà bỏ qua mặt ổn định trượt sâu, một số trường hợp có xem xét ổn định trượt sâu nhưng lại bỏ qua mặt ổn định trượt phẳng.

- Nguyên nhân về thi công chủ yếu do thiết lập các công trình phụ trợ không hợp lý gây tải trọng phụ tác dụng lên công trình, chọn trình tự thi công không đúng và thiếu những phân tích tính toán cần thiết khi thi công trong trường hợp phức tạp.

- Về quản lý thường chủ trương kỹ thuật là do cấp quản lý quyết định, những quy định về thời hạn hoàn thành công trình xuất phát từ yêu cầu quản lý đôi khi không đủ cho việc thực hiện các quá trình công nghệ xây dựng một cách có chất lượng.



Hình 1. Đầu cọc chuyển vị 0.4m ngay sau khi đóng.



Hình 2. Đầu cọc chuyển vị khi mực nước hạ xuống theo thủy triều.

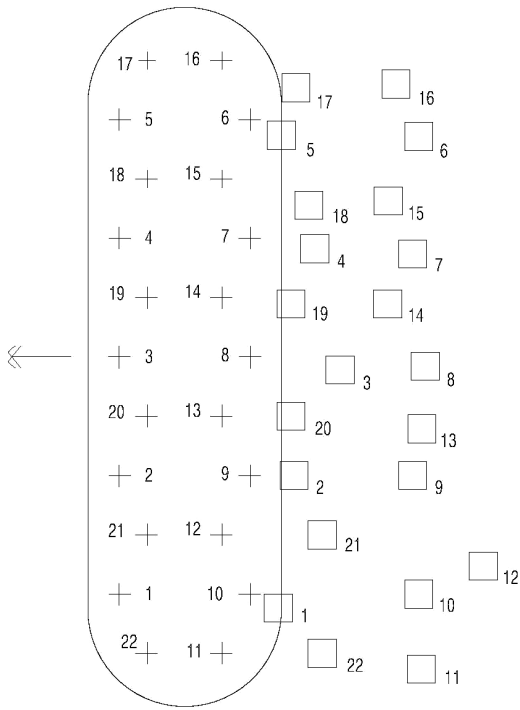
4. Phân tích ổn định, biến dạng trụ T5, cầu Rạch Lá

4.1. Mô tả công trình

Cầu Rạch Lá nằm trên đường Rừng Sác, huyện Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh đoạn từ cầu Dấn Xây đến phà Bình Khánh. Cầu Rạch Lá được thiết kế là loại cầu dầm đơn giản dài 279.8m bao gồm 11 nhịp với nhịp chính dài 33m và các nhịp còn lại dài 24.54m. Khoảng thông thuyền 3.5m.

Tất cả các trụ cầu trong đó có trụ T5 đều được thiết kế là móng cọc đóng, chiều dài cọc của trụ T5 là 47m, móng trụ cầu T5 có 22 cọc được bố trí thành 2 hàng theo phương dọc và 11 hàng theo phương ngang bố trí xen kẽ hai cọc xiên ra ngoài 6:1 rồi đến 2 cọc thẳng và cứ thế tiếp tục.

4.2 Sự cố tại trụ T5



Hình 3. Vị trí cọc trước và sau khi chuyển vị tại trụ T5.

Bảng 4.1. Kết quả quan trắc chuyển vị đầu cọc

STT cọc	Chuyển vị (m)	STT cọc	Chuyển vị (m)
1	2.56	12	4.21
2	2.80	13	3.21
3	3.55	14	2.65
4	3.13	15	2.68
5	2.61	16	2.81
6	2.71	17	2.42
7	2.61	18	2.62

STT cọc	Chuyển vị (m)	STT cọc	Chuyển vị (m)
8	2.80	19	2.30
9	2.60	20	2.30
10	2.70	21	2.80
11	3.20	22	2.80

4.3. Địa chất công trình tại trụ T5:

Từ mặt đất hiện hữu đến độ sâu đã khảo sát là 65.0m, nền đất tại vị trí khảo sát được cấu tạo bởi 7 lớp đất như sau:

Lớp đất số 1:

Bùn sét lẫn hữu cơ, ít cát mịn màu xám đen, trạng thái chảy. Lớp đất số 1 có bề dày 21.8m, số chùy tiêu chuẩn $N = 0$ với tính chất cơ lý đặc trưng của lớp đất như sau:

- Độ ẩm tự nhiên: $W = 79.5$ %
- Dung trọng ướt: $\gamma = 15.15$ kN/m^3
- Dung trọng đẩy nổi: $\gamma' = 5.19$ kN/m^3
- Lực dính đơn vị: $c = 8.5$ kN/m^2
- Góc ma sát trong: $\phi = 4^\circ 18'$

Lớp đất số 2:

Đất sét màu xám xanh, trạng thái dẻo cứng. Lớp đất số 2 có bề dày 5.2m, số chùy tiêu chuẩn $N = 11 - 15$ với tính chất cơ lý đặc trưng của lớp đất như sau:

- Độ ẩm tự nhiên: $W = 25.0$ %
- Dung trọng ướt: $\gamma = 19.38$ kN/m^3
- Dung trọng đẩy nổi: $\gamma' = 9.72$ kN/m^3
- Lực dính đơn vị: $c = 25.5$ kN/m^2
- Góc ma sát trong: $\phi = 12^\circ 30'$

Lớp đất số 3:

Á sét màu nâu vàng xám trắng, trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng. Lớp đất số

3 có bề dày 3.4m, số chùy tiêu chuẩn $N = 12 - 18$ với tính chất cơ lý đặc trưng của lớp đất như sau:

- Độ ẩm tự nhiên: $W = 23.7$ %
- Dung trọng ướt: $\gamma = 19.38$ kN/m^3
- Dung trọng đẩy nổi: $\gamma' = 9.81$ kN/m^3
- Lực dính đơn vị: $c = 20.7$ kN/m^2
- Góc ma sát trong: $\phi = 12^\circ 15'$

Lớp đất số 4:

Cát mịn lẫn ít sét, màu xám trắng nâu vàng, kết cấu chặt vừa. Lớp đất số 4 có bề dày 4.4m, số chùy tiêu chuẩn $N = 19 - 24$ với tính chất cơ lý đặc trưng của lớp đất như sau:

- Độ ẩm tự nhiên: $W = 21.4$ %
- Dung trọng ướt: $\gamma = 19.79$ kN/m^3
- Dung trọng đẩy nổi: $\gamma' = 10.19$ kN/m^3
- Lực dính đơn vị: $c = 4.0$ kN/m^2
- Góc ma sát trong: $\phi = 29^\circ 30'$

Lớp đất số 5:

Cát trung đến mịn, màu nâu vàng nâu đỏ xám trắng, kết cấu chặt. Lớp đất số 5 có bề dày 21.2m, số chùy tiêu chuẩn $N = 28 - 36$ với tính chất cơ lý đặc trưng của lớp đất như sau:

- Độ ẩm tự nhiên: $W = 17.8$ %
- Dung trọng ướt: $\gamma = 20.23$ kN/m^3
- Dung trọng đẩy nổi: $\gamma' = 10.66$ kN/m^3
- Lực dính đơn vị: $c = 3.7$ kN/m^2
- Góc ma sát trong: $\phi = 32^\circ 24'$

Lớp đất số 6:

Đất sét màu xám nhạt, trạng thái nửa cứng đến cứng. Lớp đất số 6 có bề dày 7.4m, số chùy tiêu chuẩn $N = 31 - 35$ với tính chất cơ lý đặc trưng của lớp đất như sau:

- Độ ẩm tự nhiên: $W = 19.1$ %

- Dung trọng ướt: $\gamma = 20.31 \text{ kN/m}^3$
- Dung trọng đẩy nổi: $\gamma' = 10.70 \text{ kN/m}^3$
- Lực dính đơn vị: $c = 5.2 \text{ kN/m}^2$
- Góc ma sát trong: $\phi = 15^\circ 15'$

Lớp đất số 7:

Cát mịn lẫn ít sét màu xám nhạt, kết cấu chặt. Lớp đất số 7 có bề dày phát hiện 1.6m, số chùy tiêu chuẩn $N = 40$ với tính chất cơ lý đặc trưng của lớp đất như sau:

- Độ ẩm tự nhiên: $W = 17.2 \%$
- Dung trọng ướt: $\gamma = 20.47 \text{ kN/m}^3$
- Dung trọng đẩy nổi: $\gamma' = 10.93 \text{ kN/m}^3$
- Lực dính đơn vị: $c = 4.8 \text{ kN/m}^2$
- Góc ma sát trong: $\phi = 33^\circ 35'$

4.4. Mô phỏng bài toán bằng phần mềm Plaxis 3D Tunnel version 1.2:

Bảng 2. Các chỉ tiêu cơ học làm thông số đầu vào của các lớp đất.

Các thông số	E_{oed} (kN/m ²)	ν	c' (kN/m ²)	ϕ' (độ)	ψ (độ)
Lớp 1	869	0.35	4.4	16	0
Lớp 2	4650	0.3	7	26	0
Lớp 3	5530	0.3	8	24	0
Lớp 4	9761	0.3	1	31	1
Lớp 5	11983	0.3	1	33	3

Mô hình và các bước tính toán:

Theo trình tự thi công bài toán gồm các giai đoạn (Phase) chính như sau:

Giai đoạn 1: Đặt hệ số tải trọng Σ -Mweight = 1 và Σ -MloadB = 20.

Giai đoạn 2: Thi công phần cọc đóng (kích hoạt cọc và load B).

Giai đoạn 3: Hạ thấp mực nước sông.

Giai đoạn 4: Khắc phục sự cố (bằng cọc khoan nhồi hoặc cọc đóng).

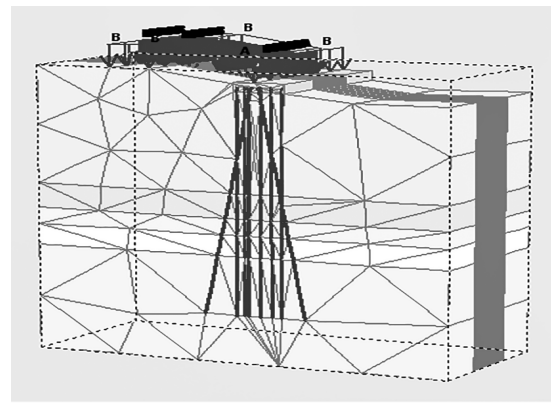
Giai đoạn 5: Thi công bệ trụ.

Giai đoạn 6: Đặt hệ số Σ -MloadA = 231 (lực tác dụng $N = 20950 \text{ kN}$ phân bố dọc chiều dài bệ, mỗi lớp (slice) chịu 231 kN/m).

Giai đoạn 7: Tải trọng tác dụng hoàn toàn lên bệ (kích hoạt load A).

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	First	Last	Water
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0	0	0
✓ <Phase 1>	1	0	3D Plastic	Total multipliers	1	9	0
✓ <Phase 2>	2	1	3D Plastic	Staged construction	10	11	0
✓ <Phase 3>	3	2	3D Plastic	Staged construction	12	23	3
✓ <Phase 4>	4	3	3D Plastic	Staged construction	24	24	3
✓ <Phase 5>	5	4	3D Plastic	Staged construction	25	26	3
✓ <Phase 6>	6	5	3D Plastic	Total multipliers	27	27	3
✓ <Phase 7>	7	6	3D Plastic	Staged construction	28	28	3

Các kết quả cần quan tâm sau khi giải bài toán là chuyển vị ngang của đầu cọc, nội lực trong cọc. Do số lượng cọc khá lớn (22 cọc) nên khi phân tích ta chỉ chọn đại diện một số cọc như các cọc nằm ở mép ngoài, các cọc nằm ở hàng giữa và các cọc có chuyển vị ngang lớn trong quan trắc thực tế.



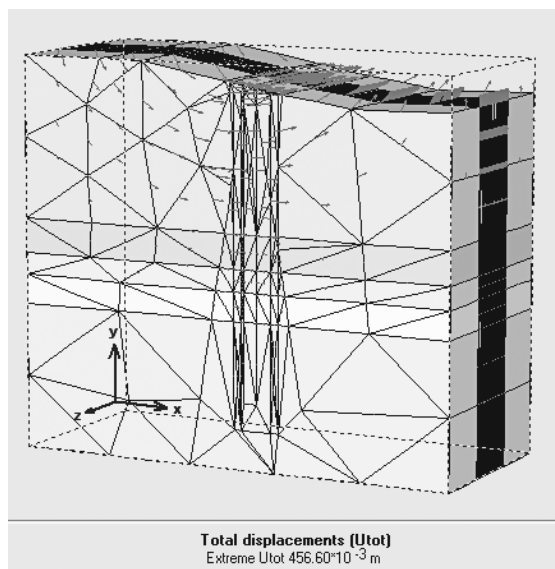
Hình 4. Mô hình bài toán trong Plaxis 3D Tunnel.

Chuyển vị cọc sau khi thi công cọc đóng, mực nước sông còn cao

Chuyển vị lớn nhất của hệ sau khi đóng cọc theo Hình 5 là 0.456m. Chuyển vị ngang của cọc sau khi đóng theo kết quả quan trắc

thực tế là $0.4m$, kết quả chuyển vị ngang giải bằng phần mềm Plaxis theo Hình 6 là chuyển vị ngang lớn nhất của cọc ($0.304m$). So sánh hai kết quả trên ta thấy chuyển vị ngang tính toán và thực tế chênh lệch khoảng $10cm$.

Nhận xét: chuyển vị ngang của cọc trong giai đoạn này có thể là do đất nền bị chuyển vị dưới tác dụng của tải trọng ngoài (tải trọng phụ) làm mất đi sự cân bằng tự nhiên vốn có của nền. Tuy nhiên do lúc này mực nước sông còn cao có tác dụng như một bộ phận áp nên mái dốc sông chưa bị mất ổn định.



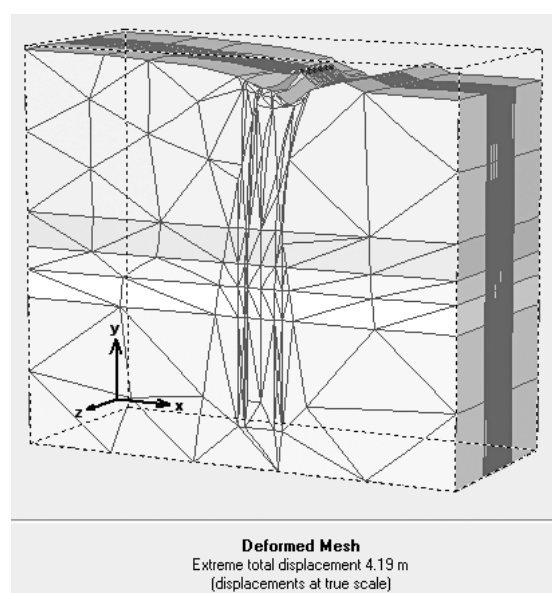
Hình 5. Chuyển vị của hệ sau khi đóng cọc.



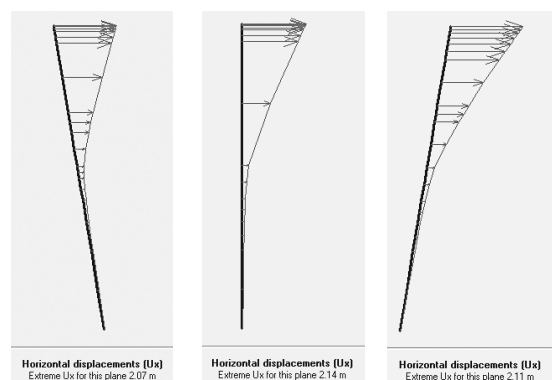
Hình 6. Chuyển vị ngang của cọc sau khi đóng.

Chuyển vị cọc sau khi mực nước sông hạ xuống theo thủy triều

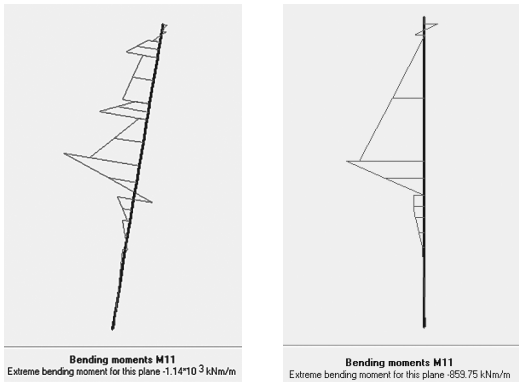
Chuyển vị của đất nền và cọc tăng đột biến rất lớn khi mực nước sông hạ xuống theo thủy triều (Hình 7) nguyên nhân có thể là do mái dốc sông đã mất ổn định và bị trượt, áp lực do khối đất bị trượt này tác dụng lên cọc và làm cho cọc bị chuyển vị theo hướng trượt của mái dốc.



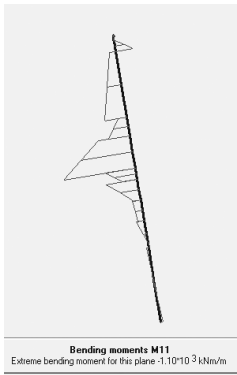
Hình 7. Chuyển vị hệ sau khi mực nước sông hạ xuống theo thủy triều.



Hình 8. Chuyển vị ngang cọc sau khi mực nước sông hạ xuống theo thủy triều.



Hình 9. Moment uốn dọc thân cọc.



Hình 9. Moment uốn dọc thân cọc.

Bảng 3. So sánh kết quả quan trắc chuyển vị thực tế và kết quả tính toán bằng Plaxis

STT cọc	Thực tế (m)	Tính toán (m)	STT cọc	Thực tế (m)	Tính toán (m)
1	2.56	2.07	12	4.21	2.07
2	2.80	2.09	13	3.21	2.09
3	3.55	2.10	14	2.65	2.10
4	3.13	2.09	15	2.68	2.07
5	2.61	2.07	16	2.81	2.07
6	2.71	2.11	17	2.42	2.07

7	2.61	2.13	18	2.62	2.09
8	2.80	2.14	19	2.30	2.11
9	2.60	2.13	20	2.30	2.11
10	2.70	2.11	21	2.80	2.09
11	3.20	2.07	22	2.80	2.07

Nhận xét: theo kết quả ở bảng 3 ta thấy chuyển vị ngang của cọc khi tính toán bằng phần mềm Plaxis xấp xỉ 2.1m, những cọc đối xứng qua trục ngang của hàng cọc cho các kết quả chuyển vị bằng nhau. Tuy nhiên các kết quả cũng còn nhỏ hơn so với kết quả quan trắc thực tế. Theo biểu đồ moment ở hình 9 ta thấy tất cả các cọc đều phải chịu moment khá lớn, nếu moment này vượt quá khả năng chịu uốn của cọc, cọc sẽ bị phá hoại (gãy) do đó đầu cọc có thể sẽ bị chuyển vị thêm.

5. Kết luận

Chuyển vị ngang lớn nhất của cọc ngay sau khi đóng là 0.304m, chuyển vị thực đo được là 0.4m.

Chuyển vị ngang lớn nhất của cọc khi mực nước sông hạ xuống thấp nhất là 2.14m, chuyển vị thực đo được (2.30 – 4.21) m.

Moment lớn nhất xuất hiện trong cọc là $1.14 \times 10^3 \times 0.45 = 513 \text{ kNm}$ trong khi đó khả năng chịu moment lớn nhất của cọc chỉ vào khoảng 337kNm.

Nguyên nhân dẫn đến sự cố trụ T5 là do mái dốc lòng sông bị mất ổn định và khối trượt gây ra áp lực làm cho các cọc bị chuyển vị, những cọc có chuyển vị lớn cá

biệt có thể đã bị gây do phải chịu moment vượt quá khả năng cho phép.

Kết luận trên hoàn toàn dựa vào cơ sở tính toán của phần mềm Plaxis mà các thông số đầu vào mang nhiều tính ước lượng (do thiếu kết quả thí nghiệm), sai biệt giữa kết quả tính toán và thực tế là không quá lớn. Bài viết chỉ mô tả được 2 trường hợp là mực nước sông cao nhất và thấp nhất, trong khi đó thực tế mực nước thủy triều lại thay đổi liên tục, do đó để bài toán có thể áp dụng vào thực tế cần có nhiều nghiên cứu thực nghiệm hơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Đinh Hoài Luân, *Phân tích ổn định, biến dạng và các giải pháp xử lý Trụ T5 cầu Rạch Lá – Cần Giờ*, 2007.
- [2] B. M. Das, *Principles of Foundation Engineering.*, PWS Publishing.
- [3] C. N. Ấn, *Nền móng*, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 2002.
- [4] T. X. Thọ, *Bài giảng môn học Tính toán tự động các bài toán địa kỹ thuật*.
- [5] Hoàng Văn Tân, Trần Đình Ngô, Phan Xuân Trường, Phạm Xuân, Nguyễn Hải, *Những phương pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu*, Xây dựng, 1997.
- [6] C. N. Ấn, *Cơ học đất*, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 2004.
- [7] J. E. Bowles, *Foundation analysis and design*, The McGraw-Hill Companies.
- [8] Lareal Nguyễn Thành Long, Lê Bá Lương, Nguyễn Quang Chiêu, Vũ Đức Lợi, *Công trình Trên Đất Yếu trong điều kiện Việt Nam*, Trường Đại Học Bách Khoa TP HCM.
- [9] Lê Quý An, Nguyễn Công Mẫn, Hoàng Văn Tân, *Tính toán nền móng công trình theo trạng thái giới hạn*, Xây dựng.
- [10] "Hội nghị khoa học toàn quốc lần thứ nhất về sự cố công trình và các nguyên nhân".