

MÔ HÌNH HÓA CÔNG NGHỆ CỐ KẾT CHÂN KHÔNG BẰNG PHẦN MỀM PLAXIS

FINITE ELEMENT MODELING OF VACUUM CONSOLIDATION USING PLAXIS

Nguyễn Thành Đạt¹, Đỗ Thanh Tùng², Trịnh Văn Thĩ³

¹Đại học GTVT TP HCM, TP HCM, Việt Nam, nguyenthanhhoaitu@yahoo.com

²Đại học GTVT TP HCM, TP HCM, Việt Nam, dothanhtung1312@gmail.com

³Công ty CP và Phát triển hạ tầng Á Châu, Đồng Nai, Việt Nam, thicauduong@gmail.com

Tóm tắt: Bài viết trình bày việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis để mô hình hóa công tác xử lý nền đất yếu bằng công nghệ cố kết chân không. Phương án mô phỏng có xét đến các yếu tố: Quy đổi bài toán đối xứng trục thành bài toán phẳng, vùng ảnh hưởng và vùng xáo trộn xung quanh bắc thấm, cách thức áp tải chân không. Công trình áp dụng trong phân tích là tuyến đường N1 thuộc khu đô thị mới Thủ Thiêm, quận 2, Thành phố Hồ Chí Minh (TP HCM).

Từ khóa: Cố kết chân không, áp lực chân không, Plaxis, bắc thấm, Thủ Thiêm.

Chỉ số phân loại: 2.4

Abstract: This paper presents a study on a method for modeling of vacuum consolidation using Plaxis software. In this method, we take into account some problems such as conversion of axisymmetric model into plane strain, transition zone and smear zone around prefabricated vertical drains, application of vacuum pressure. The construction is used to model and evaluate is N1 road in Thu Thiem new urban area, district 2, Ho Chi Minh city.

Key words: Vacuum consolidation, vacuum pressure, Plaxis, prefabricated vertical drains, Thu Thiem

Classification number: 2.4

1. Giới thiệu

Công nghệ cố kết chân không (Vacuum consolidation method – VCM) được áp dụng lần đầu tiên ở Việt Nam tại cụm công trình khí - điện - đạm Cà Mau vào năm 2006 bởi nhà thầu VINCI CSB (Pháp) và năm 2008, công ty Cổ phần Kỹ thuật Nền móng và công trình ngầm FECON là đơn vị đầu tiên của Việt Nam áp dụng thành công công nghệ này tại dự án Nhà máy Nhiệt điện Nhơn Trạch 2. Việc tự chủ được công nghệ này đã giúp giải quyết đáng kể bài toán giá thành. Sau đó thì công nghệ VCM tiếp tục được ứng dụng có hiệu quả với nhiều dự án trọng điểm khác.

Công tác mô hình hóa công nghệ cố kết chân không bằng phần mềm Plaxis (Plaxis B.V – Hà Lan) đã được thực hiện trong nhiều nghiên cứu khác nhau trước đó vì đây là phần mềm địa kỹ thuật phổ biến nhất tại Việt Nam, có nhiều ưu điểm, đặc biệt là cung cấp phần tử “drain” chuyên dụng cho mô phỏng bắc thấm (prefabricated vertical drains – PVDs). Tuy nhiên phần mềm này cũng có nhược điểm là hiện chưa thể mô

hình hoá áp lực chân không một cách chính xác, các kỹ sư hiện nay vẫn phải “tùy cơ ứng biến” trong công tác này. Các biện pháp thường được áp dụng bao gồm:

- Quy đổi áp lực chân không thành tải đắp tương đương. Phương pháp này đơn giản nhưng không phản ánh đúng chuyển vị ngang và trạng thái ứng suất trong khối nền gia cố;

- Hạ mực nước ngầm trong phạm vi bơm hút chân không. Phương pháp này phản ánh đúng được chuyển vị ngang của nền nhưng mô tả không chính xác trạng thái ứng suất, đặc biệt là sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng dư.

Ngoài ra do tính phức tạp trong thi công của công nghệ, tính tương đối trong chính xác của việc mô hình hóa nên có nhiều yếu tố khác nữa cũng cần xét đến như: Áp dụng mô hình phẳng 2D cho thực thể không gian 3 chiều, phạm vi ảnh hưởng của bắc thấm trong việc thu gom nước, sự xáo trộn đất do thiết bị cắm bắc thấm ấn xuyên vào nền...

Vì vậy trong nội dung nghiên cứu, tác giả xây dựng một phương pháp mô hình hoá

công nghệ VCM bằng phần mềm Plaxis sao cho có thể phản ánh được chuyển vị và sự phân bố ứng suất trong nền có xét đến các yếu tố ảnh hưởng nêu trên.

2. Đặc điểm công trình nghiên cứu

Khu đô thị mới Thủ Thiêm tọa lạc bên bờ Đông sông Sài Gòn thuộc Quận 2, TP HCM, với tổng diện tích 657 ha. Tuyến đường N1 được quy hoạch là đường trục chính của phân khu VI, khu đô thị mới Thủ Thiêm.

2.1 Địa tầng khu vực xây dựng như sau

Mực nước ngầm ổn định ở cao độ +0.8m.

Bảng 1. Thông số của các lớp đất [1].

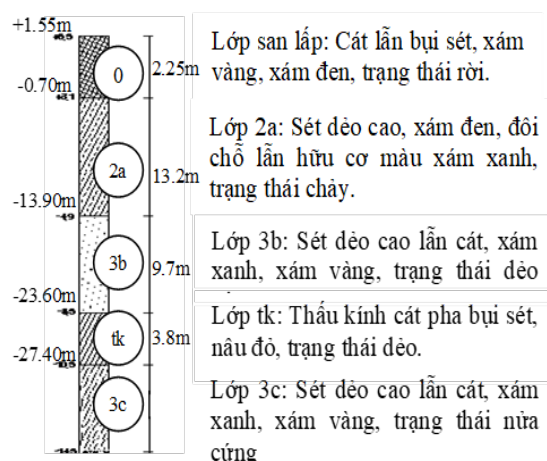
Thông số	Lớp đất			
	2a	3b	tk	3c
Dung trọng, γ (kN/m ³)	14.74	19.14	19.19	19.50
Độ ẩm, w (%)	81.12	30.21	23.04	26.66
Tỷ trọng hạt, Δ	2.598	2.691	2.671	2.696
Giới hạn chảy w_L (%)	60.83	52.57	24.40	52.48
Giới hạn dẻo w_P (%)	29.41	20.87	17.50	20.98
Lực dính, c (kPa)	6.94	35.34	4.85	45.00
Góc nội ma sát φ (°)	4°21'	15°2'	27°3'	16°1'
Mô đun TBD E_o (kPa)	293	5397	5507	6747
Hệ số thấm k (cm/s)	$7.89 \cdot 10^{-8}$	$0.80 \cdot 10^{-8}$	$5.48 \cdot 10^{-4}$	$0.70 \cdot 10^{-8}$

2.2 Quy mô, đặc điểm tuyến đường N1

Tuyến đường N1 có các thông số kỹ thuật như sau:

Bảng 2. Quy mô và đặc điểm tuyến N1 [2].

Loại đường phố	Đường đô thị
Vận tốc thiết kế	$V_{tk} = 60\text{km/h}$
Chiều dài	580.14m
Mô đun đàn hồi tiêu chuẩn	$E_{yc} \geq 173\text{MPa}$
Mặt cắt ngang điển hình	26.6
Mặt đường	Cấp cao A1



Hình 1. Hình ảnh các lớp đất khu vực dự án [1].

$$\frac{k_{h,ps}}{k_{h,ax}} = \frac{0,67.(n-1)^2 / n^2}{[\ln(n) - 0,75]} \quad (1)$$

Với:

$k_{h,ps}$: Hệ số thấm ngang trong sơ đồ bài toán phẳng trong vùng ảnh hưởng và nằm ngoài vùng xáo trộn;

$k_{h,ax}$: Hệ số thấm ngang trong sơ đồ bài toán đối xứng trục trong vùng ảnh hưởng và nằm ngoài vùng xáo trộn;

n : Tỷ số D/d_w .

3.3 Kích thước vùng xáo trộn

Theo nghiên cứu của D.T Bergado và các đồng sự (1991) thí nghiệm trên khối đất quy mô thực: Tốc độ cố kết của nền thi công xử lý bằng cần có tiết diện nhỏ hơn sẽ nhanh hơn nền thi công bằng cần có tiết diện lớn vì vùng xáo trộn nhỏ hơn. [5]

Theo hình 2, r_s và b_s lần lượt là bán kính vùng xáo trộn xung quanh bậc thấm trong sơ đồ đối xứng trục và sơ đồ bài toán phẳng. Theo Jamiolkowski (1981): [5]

$$r_s = \frac{(2,5 \div 3,0)}{2} . d_m \quad (2)$$

d_m : Đường kính tương đương của cần xuyên.

Ảnh hưởng lớn nhất của sự xáo trộn là hệ số thấm k' của đất nền bị thay đổi. Theo Bergado và các đồng sự (1991): Dựa trên thí nghiệm trong phòng với các mẫu kích thước lớn: tỷ số k_h/k'_h thay đổi từ 1.5 đến 2.0; trung bình là 1.75. [6]

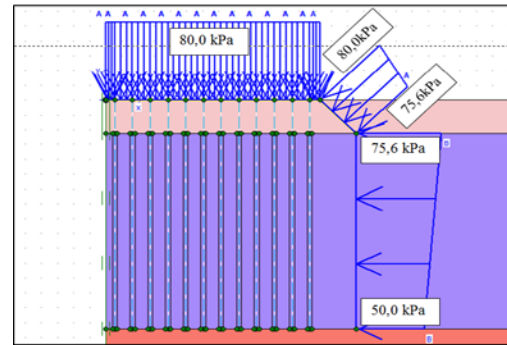
3.4 Mô hình tải chân không

Mô hình áp lực chân không bằng phần tử tải phân bố. Tải chân không có thể chia thành hai phần:

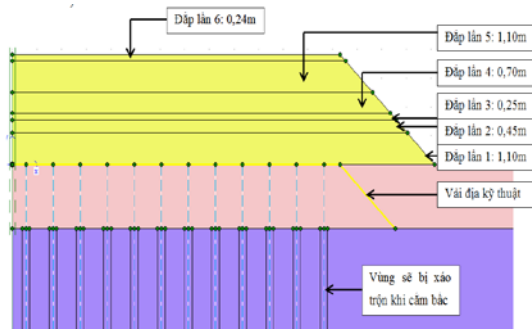
- Tải theo phương thẳng đứng: Vị trí đặt tải tại mặt phẳng bố trí màng kín khí. Giá trị tải trọng lấy theo mức trung bình là 80kPa.

- Tải trọng theo phương ngang: vị trí đặt tải là biên ngoài của vùng ảnh hưởng của bậc thấm ngoài cùng. Tải trọng phân bố dạng hình thang với giá trị lớn nhất là 80kPa tại vị trí màng kín khí. Tại vị trí $\frac{1}{2}$ chiều dài bậc thấm, tải trọng là 65kPa, tương ứng với giá trị trung bình từ thiết bị quan trắc. Nếu giả thiết sự suy giảm áp lực chân không là tuyến

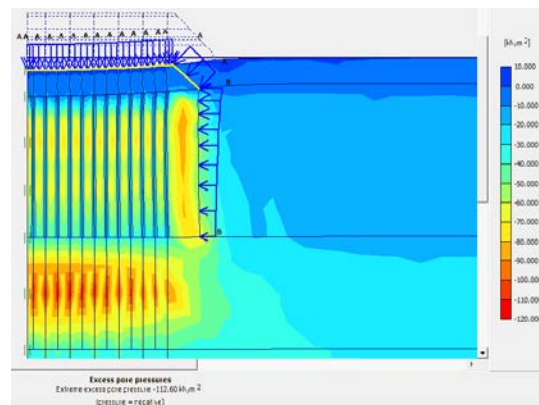
tính theo chiều sâu thì giá trị áp lực chân không tại đáy vùng xử lý nền là 50kPa.



Hình 3. Phương thức áp tải chân không.



Hình 4. Mô hình 1/2 mặt cắt ngang xử lý nền tuyến N1.



Hình 5. Hình ảnh phân bố áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư trong nền sau khi công tác bơm hút chân không đạt giá trị ổn định 80kPa.

3.5 Mô hình tải đất đắp

Công tác đắp đất gia tải và bù lún được chia thành nhiều lần (6 lần) trong quá trình xử lý nền nhằm tránh phá hoại nền. Việc mô phỏng sẽ diễn tả lại toàn bộ quá trình này bằng các khối đắp tương ứng với thực tế, xem hình 4.

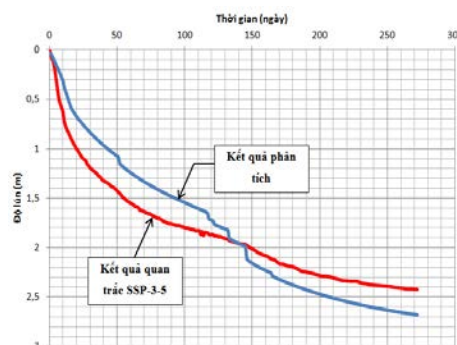
4. Kết quả tính toán

Hình 5 thể hiện sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng dư trong nền sau 35 ngày bơm hút

chân không, trước khi tiến hành đắp đất lần 1. Có thể nhận thấy áp lực nước dư phát sinh trong nền bên dưới màng kín khí và bị cô lập trong phạm vi xử lý. Điều này chứng tỏ phương pháp mô phỏng thể hiện được một ưu điểm của công nghệ cố kết chân không là ít ảnh hưởng đến công trình xung quanh.

Hơn nữa, tại vị trí xung quanh sát ngay bậc thấm, áp lực nước dư bị tiêu tán trong khi tại khu vực xa hơn (giữa hai bậc thấm), áp lực này ít bị suy giảm hơn. Đồng thời tại vùng nền bên dưới chiều sâu cắm bậc, áp lực nước dư là lớn nhất vì rất khó để tiêu tán. Điều này phù hợp với lý thuyết cố kết và thực tế đo đạc hiện trường. Đây là ưu điểm lớn nhất của phần tử mô hình hoá bậc thấm “Drain” do phần mềm Plaxis cung cấp.

Kết quả tính toán độ lún của vị trí tim nền đắp so với kết quả quan trắc được thể hiện như hình 6.



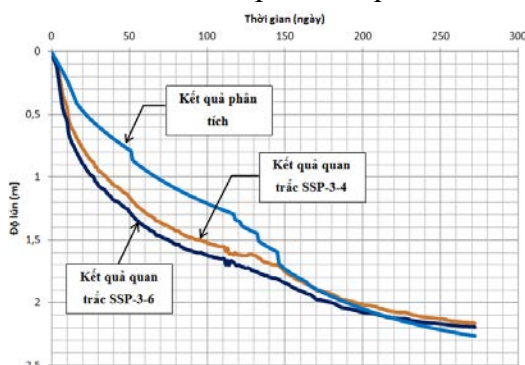
Hình 6. Biểu đồ Độ lún – Thời gian vị trí tim nền.

Theo bảng 2, kết quả tính toán có sự chênh lệch đáng kể với quan trắc trong giai đoạn đầu (khoảng 50 ngày) của công tác xử lý nền. Tuy nhiên thời gian xử lý nền càng dài thì mức chênh lệch càng thu hẹp, trung bình khoảng 6.5%. Và khi kết thúc công tác xử lý nền thì chênh lệch cũng không đáng kể: 10.61%.

Bảng 2. So sánh độ lún tại tim nền đắp.

Thời điểm (ngày)	Độ lún quan trắc [7] (m)	Độ lún phân tích (m)	Phần trăm chênh lệch (%)
0	0.000	0.000	-
16	0.869	0.586	-32.57
51	1.426	1.084	-23.98
52	1.438	1.151	-19.96
117	1.849	1.650	-10.76
118	1.851	1.708	-7.73
121	1.866	1.730	-7.29
122	1.868	1.763	-5.62
132	1.911	1.822	-4.66
133	1.917	1.906	-0.57
145	1.967	1.987	1.017
146	1.969	2.114	7.36
164	2.087	2.257	8.15
165	2.114	2.287	8.18
272	2.422	2.679	10.61

Kết quả tính toán lún của vị trí vai nền đắp so với quan trắc được thể hiện như hình 7.



Hình 7. Biểu đồ Độ lún – Thời gian tại vị trí vai nền đắp

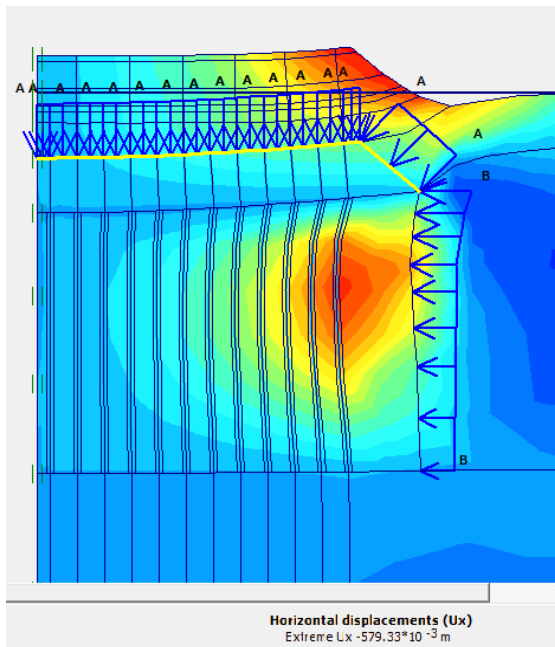
(vị trí bàn đo SSP 3-4 và SSP 3-6 tương ứng với bên trái và bên phải nền đắp).

Bảng 3. So sánh độ lún tại vai nền đắp với bản đồ SSP 3-4 (bên trái) và SSP 3-6 (bên phải)

Thời điểm (ngày)	SSP3-4 (m)	SSP3-6 (m)	Phân tích (m)	Chênh lệch trung bình (%)
0	0.000	0.000	0.000	-
16	0.683	0.800	0.408	-44.63
51	1.174	1.290	0.790	-35.74
52	1.191	1.307	0.861	-30.92
117	1.618	1.679	1.295	-21.42
118	1.602	1.694	1.337	-18.81
121	1.620	1.980	1.356	-23.91
122	1.624	1.990	1.384	-22.62
132	1.634	1.756	1.448	-14.46
133	1.642	1.762	1.507	-11.35
145	1.700	1.809	1.595	-9.01
146	1.705	1.817	1.684	-4.28
164	1.854	1.928	1.836	-2.87
165	-	1.940	1.858	-4.23
272	2.165	2.195	2.266	3.95

Sau 146 ngày, sai số gần như không đáng kể. Sau 272 sai số chỉ bằng 4%.

Hình 8 thể hiện chuyển vị ngang của nền đất tại thời điểm sau khi kết thúc công tác xử lý nền.

**Hình 8.** Chuyển vị ngang của nền sau khi xử lý nền.

Khu vực nền đắp và nền đất trong phạm vi ảnh hưởng của lực hút chân không có xu hướng dịch chuyển ngang vào phía trong. Khối đất nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng của lực hút sẽ có xu hướng chuyển dịch ra ngoài.

Chuyển vị theo hình 8 là tương đối phù hợp với sự dịch chuyển của nền thực tế, tuy nhiên không phản ánh hoàn toàn chính xác.

5. Kết luận

Từ nội dung nghiên cứu như trên tác giả đưa ra kết luận về phương pháp mô phỏng như sau:

- Có xét đến các yếu tố đặc trưng của công nghệ xử lý nền bằng bắc thấm: Vùng ảnh hưởng của bắc thấm, vùng xáo trộn khi cắm bắc;

- Việc sử dụng phần tử “Drain” được cung cấp bởi phần mềm Plaxis có thể phản ánh được sự phân bố ứng suất trong nền xử lý bắc thấm;

- Phương pháp áp tải chân không phản ánh được các đặc trưng của công nghệ cô kết chân không: Vùng nền xử lý gần như bị cô lập nên ít ảnh hưởng đến công trình xung quanh, áp lực chân không bị suy giảm theo chiều sâu, chuyển vị ngang của vùng xử lý dịch chuyển vào phía trung tâm;

- Độ lún tại vị trí tim nền đắp do phân tích kể từ sau 50 ngày có mức chênh lệch so với quan trắc khoảng 6.5%.

- Độ lún tại vị trí vai nền đắp do phân tích kể từ sau 145 ngày có mức chênh lệch so với quan trắc khoảng 3÷4.6% □

Tài liệu tham khảo

- [1] Công ty CP TVKS KĐXD Trường Sơn (2014), “Khu nhà ở phức hợp, thương mại dịch vụ tổng hợp đa chức năng và bệnh viện quốc tế trong khu đô thị mới Thủ Thiêm”, Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình, TP Hồ Chí Minh.
- [2] Công ty TNHH TVTK B.R (2015), “Xử lý nền đất yếu bằng phương pháp bắc thấm hút chân không”, Hồ sơ TKKT tuyển N1, TP Hồ Chí Minh.
- [3] Công ty cổ phần FECON (2016), “Biện pháp thi công xử lý nền bằng bắc thấm hút chân không (PVDV)”, TP Hồ Chí Minh.
- [4] Indraratna B., Rujikiatkamjorn C., Balasubramaniam Bala, MacIntosh G. (2012), “Soft ground improvement via vertical drains and vacuum assisted preloading”, Griffith University, Australia.
- [5] D.T. Bergado, J.C. Chai, M.C. Alfaro, A.S. Balasubramaniam (1996), “Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng”, NXB Giáo dục.
- [6] D.T. Bergado, A.S. Balasubramaniam (1991), “Smear effect of vertical drains on soft Bangkok clay”, Journal of Geotechnical Engineering.
- [7] Công ty CP TK XD Anh Em (2016), “Khu nhà ở phức hợp, thương mại dịch vụ tổng hợp đa chức năng và bệnh viện quốc tế trong khu đô thị mới Thủ Thiêm – Gói thầu xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm hút chân không”, Bảng số liệu quan trắc thiết bị đo lún mặt, TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài: 2/3/2018**Ngày chuyển phản biện: 6/3/2018****Ngày hoàn thành sửa bài: 28/3/2018****Ngày chấp nhận đăng: 6/4/2018**