

Đánh giá kết quả phương pháp gia tải trước và bơm hút chân không trong việc xử lý nền đất yếu ở tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu

Assessment of preloading method combination with vacuum consolidation method in soil improvement at Ba Ria - Vung Tau province

TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN¹; LÊ QUANG THÀNH²

¹ Trưởng bộ môn KHTH, Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: huan.vnp@ou.edu.vn;

² HVCH Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: thanh.lq.188c@ou.edu.vn

TÓM TẮT:

Ở Việt Nam hiện nay, phương pháp xử lý nền bằng cố kết chân không được áp dụng khá phổ biến tại những khu vực có lớp đất yếu dày. Đặc biệt là khu vực hậu cần kho bãi trong những cụm cảng lớn ở bên cạnh bờ sông. Áp dụng phương pháp cố kết chân không kết hợp với gia tải trước và bốc thấm giúp giảm được chiều cao gia tải điều này góp phần giữ ổn định cho công trình tránh bị sụt lún trong suốt quá trình thi công. Nội dung của bài báo sẽ đánh giá kết quả của việc kết hợp này. Kết quả quan trắc thực tế sẽ được phân tích ngược để từ đó có những kết luận, kiến nghị liên quan nhằm mục đích hướng dẫn, kinh nghiệm cho những công trình tương tự khác.

Từ khóa: Gia tải trước; xử lý nền; bơm hút chân không; phân tích ngược.

ABSTRACT:

Nowadays in Vietnam, vacuum consolidation method has been applied as normal method for these area with deep soft soil. Especial with logistic area belong to huge terminal group, nearby river. The vacuum consolidation method combined with preloading method and prefabricated vertical wick drain that made to reduce high of sand loading. The paper is focused about the assessment of vacuum consolidation method combined with preloading that using for SITV port. Monitoring data were back analyzed to draw conclusions which will be used as past experiences and guide lines for next similar projects.

Keyword: Preloading; soil improvement; vacuum consolidation method; back analysis.

1. MÔ TẢ CÔNG TRÌNH

Cảng SITV có diện tích 33,7ha, là cảng bốc xếp container và hàng hóa tổng hợp nằm bên cạnh sông Thị Vải thuộc tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Hình 1 bên dưới mô tả vị trí của công trình:



Hình 1. Vị trí xây dựng công trình

2. ĐỊA CHẤT KHU VỰC

Căn cứ vào kết quả điều tra đất và thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, cấu trúc đất của khu vực dự án được chia thành 4 lớp chính từ trên xuống như sau:

❖ **Lớp 1** - Đất yếu bao gồm 4 lớp phụ dựa trên các đặc trưng về cường độ và khả năng chịu nén:

Lớp 1a: (CH) Sét rất mềm với chất hữu cơ và mảnh vỏ màu xám xanh, xám đen.

Lớp 1b: (CH) Sét mềm, xám xanh, xám đen.

Lớp 1c: (CL) Sét vừa pha cát, màu xám xanh. Lớp này có độ dày nhỏ và được coi là lớp 1b cho thiết kế bảo tồn.

❖ **Lớp 2** - Đất cát

Lớp 2a: (SP-SM) Cát mịn đến trung bình lẫn bùn, màu xám trắng, xám xanh, trạng thái rời.

Lớp 2b: (SW-SM) Cát mịn đến trung bình, có lẫn bùn và một số sỏi, màu vàng, xám trắng, xám xanh, trạng thái đặc vừa.

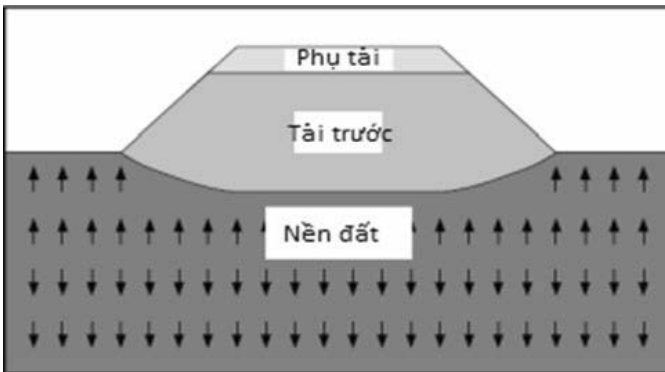
❖ **Lớp 3:** (CH / CL) Sét cứng, màu xám xanh, vàng xanh, nâu đỏ.

❖ **Lớp 4:** Đá granit, đá phong hóa cao, trạng thái cứng.

3. GIỚI THIỆU PHƯƠNG PHÁP GIA TẢI TRƯỚC KẾT HỢP BẮC THẨM VÀ BƠM HÚT CHÂN KHÔNG:

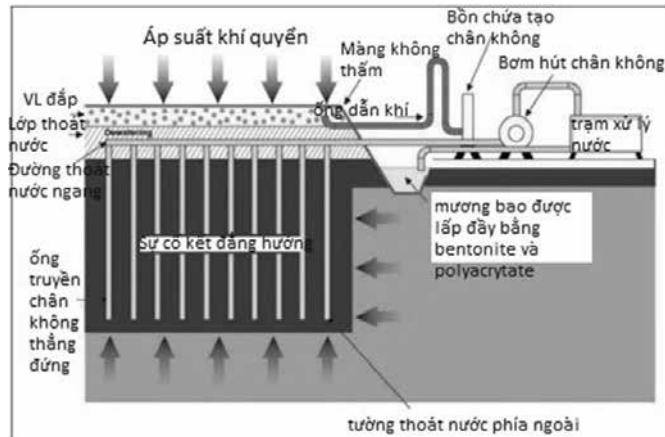
Kỹ thuật gia tải trước: Một cách tổng quan, gia tải trước là quá trình nén đất bằng ứng suất thẳng đứng do con người tạo ra trước khi xây dựng công trình (truyền tải trọng ổn định lâu dài vào đất nền). Có hai kỹ thuật gia tải trước thông dụng là gia tải truyền thống và gia tải chân không.

Gia tải truyền thống: Dùng vật liệu phụ (đất, cát, đá,...) đắp lên bề mặt đất cần gia cố để tạo ra áp lực tác dụng lên nền. Nếu nền đất bão hòa nước thì ban đầu nước lỗ rỗng sẽ gánh chịu toàn bộ tải này và làm tăng áp lực nước lỗ rỗng. Theo thời gian nước lỗ rỗng thoát ra, đất cố kết (lún xuống). Trong một số trường hợp phải chia thành nhiều giai đoạn gia tải để tránh các sự cố trượt, mất ổn định có thể xảy ra. Nếu tải tạm thời cao hơn tải trọng công trình thì phần dư gọi là tải phụ thêm.



Hình 2. Nền đất được gia tải trước

Gia tải bằng bơm hút chân không: Trong một số trường hợp biện pháp đắp gia tải không khả thi do nền đất quá yếu, khó thi công hoặc dễ xảy ra trượt mất ổn định thì phương pháp gia tải chân không sẽ hợp lý hơn. Trong phương pháp này, tải phụ thêm được thay thế bằng áp suất khí quyển và sẽ làm tăng nhanh quá trình cố kết hơn.



Hình 3. Minh họa nguyên lý làm việc của phương pháp gia tải trước kết hợp với bắc thẩm và bơm hút chân không

Phương pháp gia tải bằng chân không, một cách đơn giản nhất, gồm có một hệ thống dẫn thoát nước thẳng đứng và một lớp thoát nước nằm phía trên, ngăn cách với khí quyển bằng lớp màng không thấm. Các kênh thoát nước ngang được lắp đặt trong lớp thoát nước và nối với bơm hút chân không. Để duy trì sự kín khí, lớp màng ngăn được dẫn đến các đường mương bao và lấp đầy bentonite vào đó. Áp lực ngược (âm) được tạo ra trong lớp thoát nước bằng máy bơm hút chân không. Áp lực âm này kéo theo áp

suất nước lỗ rỗng âm, kết quả là làm tăng ứng suất hữu hiệu trong đất nghĩa là làm đất cố kết nhanh.

4. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN

a. Độ tăng ứng suất gia tăng

Độ gia tăng ứng suất gia tăng do các trường hợp tải trọng sau, $\Delta\sigma_{1V}$, kPa

- ✓ Khi nền chịu áp lực do tải trọng của nền đắp từ cao trình mặt bốc hữu cơ lên cao trình thiết kế và tải trọng sử dụng.
- ✓ Áp lực do độ lún cố kết sơ cấp.

$$\Delta\sigma_{1V} = (MHT_{Level} - BHC_{Level}) \cdot \gamma + q + S_c \cdot (\gamma - 9.81)$$

Trong đó:

- BHC_{Level} : Cao trình bốc hữu cơ
- MHT_{Level} : Cao trình mặt hoàn thiện.
- q : Tải trọng sử dụng
- S_c : Độ lún cố kết sơ cấp.
- γ : Dung trọng tự nhiên cát đắp

Độ gia tăng ứng suất gia tăng do áp lực bơm hút chân không là P_{vacuum}, tổng áp lực $\Delta\sigma_{2V}$, kPa

$$\Delta\sigma_{2V} = (MHT_{Level} - BHC_{Level}) \cdot \gamma + S_c \cdot (\gamma - 9.81) + P_{vacuum}$$

Độ gia tăng ứng suất gia tăng do áp lực do gia tải với chiều cao là H_{surcharger}, tổng áp lực $\Delta\sigma_{3V}$, kPa

$$\Delta\sigma_{3V} = (MHT_{Level} - BHC_{Level}) \cdot \gamma + S_c \cdot (\gamma - 9.81) + P_{vacuum} + H_{Surcharger} \cdot (\gamma - 9.81) + q$$

b. Độ lún tổng cộng

Tổng độ lún của nền bao gồm: độ lún ngay tức thời và độ lún cố kết xảy ra theo thời gian. Độ lún cố kết bao gồm lún sơ cấp và lún thứ cấp với giả thiết lún thứ cấp xảy ra sau khi lún sơ cấp kết thúc.

$$S = S_i + S_c + S_s$$

Trong đó:

- S_s : Độ lún cố kết thứ cấp
- S_c : Độ lún cố kết sơ cấp
- S_i : Độ lún tức thời
- S : Độ lún tổng cộng.

c. Tính toán ổn định

Ổn định của đất đắp trên nền đất yếu được tính toán theo phương pháp GLE bằng phần mềm GEOSLOPE. Mô hình phá hoại của nền trong lúc đắp và gia tải sẽ được xem như là không có thoát nước, vì vậy sức kháng cắt không thoát nước sẽ được áp dụng để tính toán hệ số an toàn nhỏ nhất.

Sự gia tăng sức kháng cắt không thoát nước (ΔS_u) trong suốt quá trình gia tải được tính toán ước lượng từ phương trình Shansep (1991):

$$\frac{S_u}{S_{uo}} = \frac{0.22 \cdot (\Delta\sigma_v - \sigma'_{vc})}{S_{uo}} + \left[\frac{\Delta\sigma'_{vc}}{\sigma'_{vo}} \right]^{0.2}$$

Trong đó:

- S_{uo} : Sức chống cắt ban đầu.
- σ'_{vo} : Áp lực ban đầu.
- σ'_{vc} : Áp lực tiền cố kết = OCR.σ'_{vo}
- Δσ_v : Độ gia tăng ứng suất theo phương đứng.

d. Dự báo tốc độ lún và áp lực nước lỗ rỗng khi dỡ tải

Mô hình hóa quá trình cố kết chân không có kết hợp gia tải đắp:

- Mô hình hóa các lớp nền: Đất yếu dùng mô hình Cam-Clay cải tiến, lớp cát dùng mô hình đàn hồi tuyến tính. Quá trình gia tải nền cát đắp tiến hành chống từng lớp phần tử của tầng phụ tải này theo thời gian.

- Mô phỏng quá trình bơm hút chân không, đồng thời áp lực lỗ rỗng thặng dư âm đã được tăng theo thời gian với áp lực bơm 70kPa trong lớp đất yếu.

- Mô phỏng bắc thấm được gán cùng với mô hình đất với những thông số cùng giá trị với mỗi lớp đất tương ứng, nhưng riêng hệ số thấm sẽ được tính lại theo hệ số thấm quy đổi, phương pháp Miura và Chai đã được sử dụng.

$$k_{xe} = k_x \cdot \left[\frac{2.26 \cdot L_d^2 \cdot k_x}{D_e^2 \cdot F \cdot k_y} + 1 \right]$$

Trong đó:

k_x : Hệ số thấm ngang của đất tự nhiên.

k_y : Hệ số thấm đứng của đất tự nhiên.

L_d : Chiều dài bắc thấm.

D_e : Đường kính có hiệu của bắc thấm.

$F = F_n + F_s + F_r$: Ảnh hưởng bắc thấm.

e. Áp lực nước lỗ rỗng dư:

Đường cong áp lực nước lỗ rỗng tăng theo quá trình tăng gia tải, giảm theo quá trình cố kết. Giá trị áp lực nước lỗ rỗng ở cuối thời kỳ gia tải là u_t và áp lực nước lỗ rỗng ban đầu là u_0 dự báo mức độ cố kết khi tiến hành dỡ tải là:

$$U\% = \left(1 - \frac{u_t}{u_0} \right) \cdot 100$$

f. Phương pháp Asaoka.

Năm 1978, Asaoka đề xuất “phương pháp quan trắc” dựa trên số liệu đo lún để dự đoán độ lún cuối cùng và hệ số cố kết hiện trường. Phương pháp Asaoka dựa trên độ lún cố kết $\delta_0, \delta_1, \delta_2, \dots$ tại thời điểm 0, $\Delta t, 2\Delta t, \dots$ có thể được biểu thị theo phương trình xấp xỉ sau

$$\delta_n = \beta_0 + \beta_1 \delta_{n-1}$$

Phương trình đường thẳng trên thể hiện trực hoành là độ lún δ_{n-1} và trục tung là độ lún δ_n gọi là biểu đồ Asaoka, trong đó β_0 là phần chắn trục tung và β_1 là độ dốc đường thẳng trên.

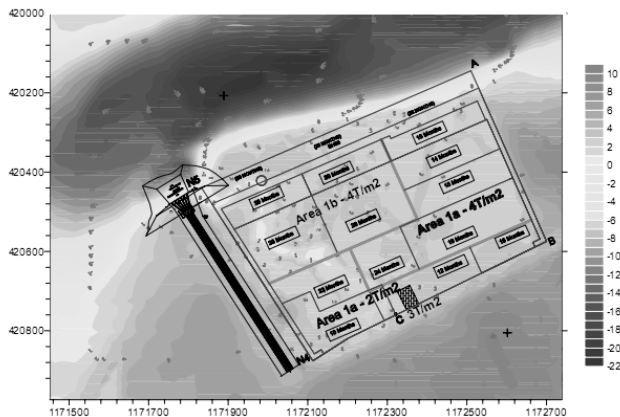
Khi đạt đến độ lún cuối cùng thì $\delta_n = \delta_{n-1} = \delta_{ult}$. Vì thế độ lún kết thúc cố kết cấp (độ lún cuối cùng) δ_{ult} được cho bởi công

$$\text{thức } \delta_{ult} = \frac{\beta_0}{1 - \beta_1}$$

5. ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NỀN CÔNG TRÌNH CẢNG SITV

a. Tổng quan

Mặt bằng xử lý nền bao gồm toàn bộ khu vực kho bãi với 2 khu có tải trọng sau khai thác là 4T/m² và 2T/m² được mô tả như hình bên dưới:



Hình 4. Mặt bằng tổng thể các khu vực xử lý nền của cảng SITV

b. Điều kiện thiết kế

- Tuổi thọ công trình

Tuổi thọ công trình là: 50 năm.

- Độ lún yêu cầu và độ lún cho phép

Đối với khu vực xử lý nền: Các lớp đất yếu sẽ được xử lý với mức độ cố kết đạt được tối thiểu là 80% và độ lún dư cho phép của đường, bãi là $S_a \leq 50\text{cm}$ trong 2 năm đầu và $S_a \leq 100\text{cm}$ trong 48 năm tiếp theo.

Đối với khu vực không xử lý nền: để đảm bảo khai thác thuận tiện, độ lún dư hàng năm cho phép của đường bãi là 30cm.

- Hệ số ổn định cho phép

Hệ số an toàn nhỏ nhất khi tính toán ổn định theo phương pháp cân bằng giới hạn được quy định như sau:

Trong quá trình thi công:

- $FS \geq 1.3$ đối với trường hợp dài hạn.

- $FS \geq 1.1$ đối với trường hợp ngắn hạn.

Trong quá trình vận hành khai thác:

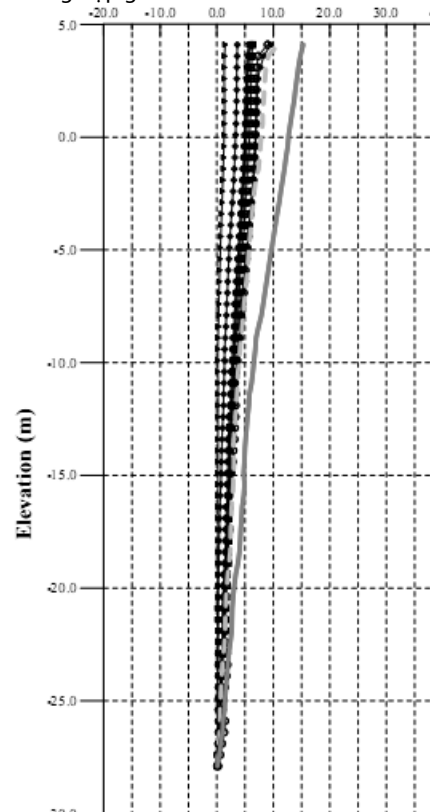
- $FS \geq 1.5$.

c. Kết quả xử lý nền

- Theo kết quả quan trắc từ hiện trường

- Chuyển vị ngang của công trình:

Từ kết quả đo ở hiện trường (hình 5), đã cho thấy chuyển vị ngang của nền hướng ra ngoài như trường hợp gia tải thường thấy. Tuy nhiên do sử dụng cố kết chân không cho nên chuyển vị ngang có giá trị không lớn như thường thấy ở các công trường xử lý nền bằng trường hợp gia tải trước.



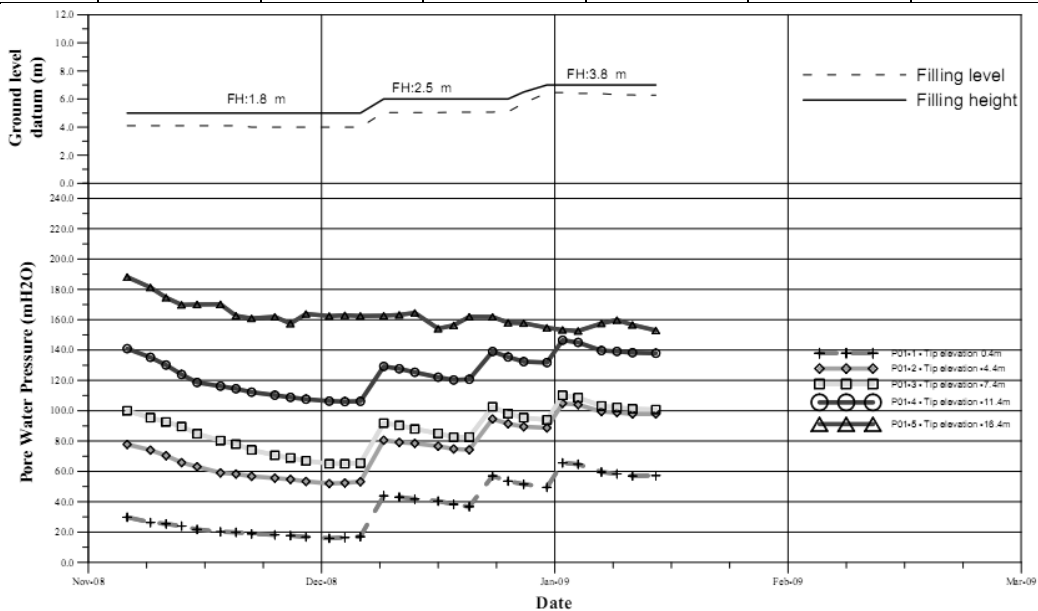
Hình 5. Chuyển vị ngang theo thời gian tại I01

- Kết quả tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng

Kết quả từ biểu đồ áp lực nước lỗ rỗng cho thấy giá trị giảm trong suốt quá trình hút chân không. Khi mới bắt đầu tác dụng áp lực hút chân không áp lực nước ở trên bề mặt giảm một cách nhanh chóng và chiều sâu vùng ảnh hưởng của áp lực hút chân

Bảng 1. Bảng tổng hợp kết quả phương pháp Asaoka khu FP1

	Đơn vị	SP01	SP02	Sp03	SP04	SP05	Trung bình
Ngày bắt đầu		22-Oct	22-Oct	22-Oct	22-Oct	22-Oct	22-Oct
Ngày tính toán		23-Mar	23-Mar	23-Mar	23-Mar	23-Mar	23-Mar
Ngày hiện tại	ngày	152	152	152	152	152	152
S_{fp}	m	1.938	2.131	2.139	2.555	2.060	2.165
β		0.922	0.926	0.929	0.930	0.921	0.926
S_o	m	0.152	0.157	0.152	0.180	0.164	0.161
S_{imax}	m	1.623	1.741	1.714	2.060	1.732	1.774
U	%	83.75	81.70	80.13	80.63	84.08	82.06
C_h	m ² /yr	2.414	2.270	2.187	2.166	2.452	2.298
Rate	m/week	0.050	0.055	0.057	0.066	0.053	0.056
Thời gian dỡ tải	day	21-Mar	27-Mar	31-Mar	30-Mar	19-Mar	
Tổng số ngày xử lý nền	days	150	157	161	159	149	155
$S_{tổng}$ (85%)	m	1.676	1.843	1.850	2.210	1.782	1.872

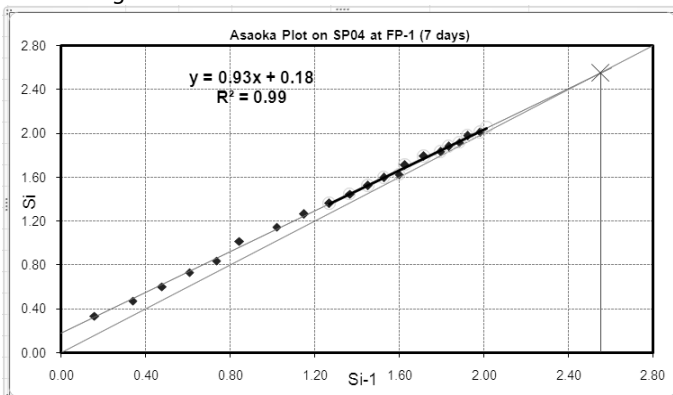


Hình 6. Kiểm tra quan trắc áp lực nước lỗ rỗng

không đến cao trình -17.4m. Khi gia tải thêm thì áp lực nước lỗ rỗng tăng. Tuy nhiên sau đó áp lực lỗ rỗng giảm xuống một cách nhanh chóng do ảnh hưởng của áp lực hút chân không.

• Kết quả đo lún mặt

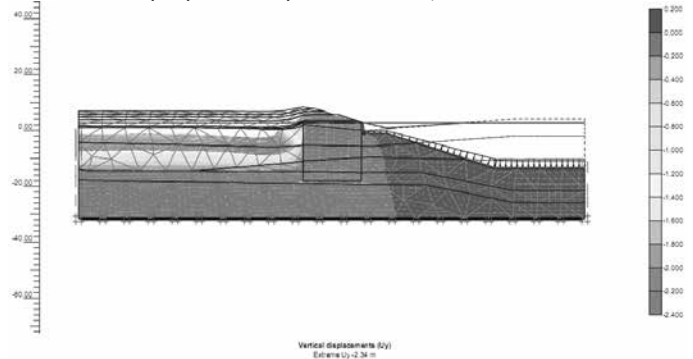
Số liệu kết quả đo lún mặt sẽ được sử dụng trong phương pháp Asaoka (hình 7) nhằm đánh giá mức độ cố kết và thời gian dỡ tải cho công trình.



Hình 7. Kết quả minh họa tính toán phương pháp Asaoka cho SP04 tại khu FP1

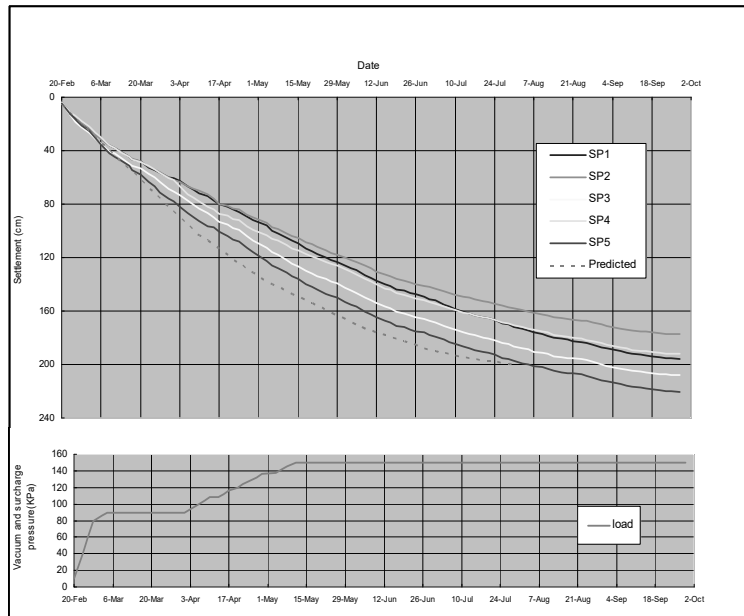
Bảng bên dưới là kết quả tổng hợp của phương pháp Asaoka tại các vị trí cho khu FP1

- Kết quả phân tích phần tử hữu hạn - Plaxis



Hình 8. Chuyển vị đứng tổng thể của công trình

Độ lún cố kết sơ cấp được quan trắc bằng bàn đo lún suốt trong thời gian hút chân không là 1.623m đến 2.260m và độ lún trung bình là 1.9m. Sau khi xả áp lực hút chân không độ nở của nền là 1,8cm. Các đường cong lún từ kết quả quan trắc và từ tính toán phần tử hữu hạn được trình bày trong hình 4.37.



Hình 9. Biểu đồ so sánh kết quả tính toán từ Plaxis và quan trắc

6. KẾT LUẬN

✚ Từ kết quả đo ở hiện trường, đã cho thấy chuyển vị ngang của nền hướng ra ngoài như trường hợp gia tải thường thấy. Tuy nhiên do sử dụng cố kết chân không cho nên chuyển vị ngang có giá trị không lớn như thường thấy ở các công trường xử lý nền bằng phương pháp gia tải trước.

✚ Vì trong quá trình thi công bắc thấm đất nền xung quanh bị xáo trộn làm giảm đi hệ số thấm ngang cho nên hệ số thấm ngang trong vùng xáo trộn thường được giả thiết và đường kính vùng đất bị xáo trộn cũng được giả thiết. Việc giả thiết như vậy đôi khi có phần chủ quan và thiếu cơ sở thực nghiệm. Tuy nhiên việc phân tích ngược từ giá trị quan trắc thực tế có thể bỏ đi tính chủ quan đó mà vẫn kể đến sự xáo trộn của đất trong lần phân tích kế tiếp. Điều này ngay cả một số phần mềm phần tử hữu hạn vẫn chưa làm được.

✚ Kết quả từ mô hình phần tử hữu hạn cho kết quả khá tương đồng với kết quả quan trắc. Do đó, có thể áp dụng bộ thông số đầu vào này cho các công trình lân cận.

✚ Vì có sự hiện diện của bắc thấm cho nên vùng ảnh hưởng của cố kết chân không lớn hơn 16m.

✚ Thời gian để đạt được độ cố kết 85% phải mất 5 tháng từ thời điểm bắt đầu xử lý. Có thể thấy phương pháp này giúp tiết kiệm thời gian xử lý mà vẫn đảm bảo được sự hiệu quả.

✚ Độ cố kết tính theo độ lún lớn hơn so với tính theo áp lực nước lỗ rỗng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Akira Asaoka (1978), "Observational procedure of settlement prediction". *Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol 18 (4), 87-101.

[2] B. Indraratna, (2008), "Recent advancements in the use of prefabricated vertical drains in soft soils". *University of Wollongong Research Online*.

[3] Bui Thi Lan Huong, (2014), "Nghiên cứu, đánh giá ứng xử của nền đất yếu được xử lý bằng hút chân không kết hợp với bắc thấm". *Luận văn Thạc sĩ*.

[4] CHU Jian (2018), "Vacuum Preloading for Soil Improvement and Land Reclamation Projects". *SEAGC 2018 Pre-conference Workshop: Soil Improvement for Mega Infrastructure*, Jakarta.

[5] Griffin, H., & O'Kelly, B. (2013), "Ground improvement by vacuum consolidation – a review". *Ground Impt*, 167(G14), 274–290.

[6] Indraratna, B., Kan, M. E., Potts, D., Rujikiatkamjorn, C., & Sloan, S. W. (2016), "Analytical solution and numerical simulation of vacuum consolidation by vertical drains beneath circular embankments". *Computers and Geotechnics*, 80, 83-96.

[7] Kumar, S. G., Sridhar, G., Radhakrishnan, R., Robinson, R. G., & Rajagopal, K. (2015), "A case study of vacuum consolidation of soft clay deposit". *Indian Geotech J*, 45(1), 51-61.

[8] Lê Bá Vinh (2015), "Phân tích ảnh hưởng của bắc thấm lý tưởng và bắc thấm không lý tưởng trong mô phỏng xử lý nền bằng phương pháp hút chân không kết hợp với bắc thấm". *Tạp chí KH&CN Thủy Lợi*, tập 27, 2015.

[9] Lê Quang Ngọc (2012), "Nghiên cứu xử lý nền đất yếu bằng phương pháp bơm hút chân không kết hợp gia tải trước có sử dụng bắc thấm". *Luận văn Thạc sĩ*.

[10] Nguyễn Thị Nụ (2016), "Ứng dụng phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm kết hợp hút chân không và gia tải trước tại nhà máy nhiệt điện Long Phú - Sóc Trăng". *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Môi - Địa chất*, Số 55 (2016) 46-54.

[11] N. H. Trường, M. Q. Khánh, N. T. Tân (2017), "Lựa chọn mô hình đất phù hợp cho phân tích cố kết thoát nước nền sét yếu". *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*.

[12] Phạm Quang Dong, Tran The Viet and Trinh Minh Thu (2020), "Relation between the plasticity index and key consolidation parameters of Soft ground Stabilized by vacuum preloading together with Vertical Drains". *International Journal of GEOMATE*, Vol.18, Issue 69, pp. 224 - 229.

[13] Phạm Đào Việt (2017), "Ứng dụng giải pháp bắc thấm kết hợp gia tải trước để xử lý nền đất yếu Nhà máy Nhiệt điện Sông Hậu 1 tỉnh Tiếng Giang". *Luận văn Thạc sĩ*.

[14] Phạm Trần Trung (2017), "Nghiên cứu xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm cho công trình bể chứa tại Quảng Ninh". *Luận văn Thạc sĩ*.

[16] Saowapakpi boon et al (2011), "PVD improvement combined with surcharge and vacuum preloading including simulations". *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 29

[17] S. Sakthiraja (2009), "Stabilization of Soft Clay Using PVD's by Combined Vacuum-Surcharge Pressures". *Postgraduate Student, Anna University Chennai*, Chennai-600025, India.

[18] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9355:2012 (2012), "Gia cố nền đất yếu bằng bắc thấm thoát nước". *Bộ Khoa học và Công nghệ Hà Nội*.

[19] Trần Quang Hộ (2008) "Công trình trên đất yếu". *Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Tp.HCM*.

[20] Vũ Duy Tân (2017), "Nghiên cứu bắc thấm thoát nước để gia cố nền đất yếu cho nền đường bộ tại TP Hải Phòng". *Luận văn Thạc sĩ*.

[21] Y. J. Wu, Y. C. Yuan and J. C. Chai (2013), "Performance of vacuum consolidation in a thick clayey deposit in Shanghai". *International Association of Lowland Technology (IALT)*, ISSN 1344-9656, Vol. 15, No. 2, 23-30.