

TÍNH TOÁN BIỆP PHÁP GIA CỐ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG BIỆP PHÁP HÚT CHÂN KHÔNG KẾT HỢP BẮC THẨM CALCULATION FOR SOFT SOIL IMPROVEMENT BY VACUUM CONSOLIDATION METHOD COMBINED WITH PVDs

Nguyễn Văn Diện¹, Tạ Minh Nghi², Trần Toàn Thắng³

^{1,2,3} Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: ¹ vandiennguyen88@gmail.com, ² taminhnghi@ibst.vn, ³ thangibst@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-20>

TÓM TẮT: Bài báo này trình bày phương pháp xử lý nền đất yếu bằng hút chân không kết hợp với bắc thẩm. Một trong những biện pháp xử lý nền đất yếu hiệu quả so với phương pháp truyền thống là gia tải trước làm tiêu tốn nhiều vật liệu đắp, thời gian thi công kéo dài, và còn gây ra nguy cơ mất ổn định mái dốc do chiều cao đắp lớn. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng hút chân không là phương pháp tạo ra áp lực âm trong nước ngầm bằng bơm hút chân không và áp lực âm đó được duy trì bởi hệ thống màng kín khí, do đó sẽ làm tăng áp lực hữu hiệu của đất bằng cách giảm áp lực nước lỗ rỗng dư trong khi áp lực tổng vẫn không thay đổi. Khi sử dụng biện pháp hút chân không kết hợp bắc thẩm làm cho vùng đất xung quanh có xu hướng chuyển dịch vào bên trong khu vực hút chân không làm giảm thiểu nguy cơ mất ổn định mái dốc. Và thời gian để tạo áp lực hút chân không là nhanh rất nhiều so với gia tải trước để tạo áp lực tương đương. Ứng dụng cụ thể cho việc xử lý nền một nhà máy ở khu công nghiệp Cái Mép sẽ cho thấy được sự hiệu quả của phương pháp này.

TỪ KHÓA: Nền đất yếu, hút chân không, bắc thẩm, xử lý nền.

ABSTRACTS: This paper presents a method of soft soil improvement by vacuum consolidation method combined with PVDs. One of the effective methods of soft soil improvement compared to the traditional preloading method, which consumes a lot of embankment materials, Extending construction time, and also causes the risk of slope instability due to the height of the embankment. The method of soft soil improvement by vacuum is a method of creating negative pressure in groundwater by vacuum pump and that negative pressure is maintained by an airtight geo-membrane system, thus increasing the effective pressure of soil by reducing excess pore water pressure while the total pressure remains unchanged. When using the vacuum compression method combined with PVDs, the surrounding soil tends to move into the vacuum area, thus minimizing the risk of slope instability. And the time to apply vacuum pressure is much faster than preloading method to create equivalent pressure. Specific application for the soil improvement of a factory in Cai Mep industrial zone will show the effectiveness of this method.

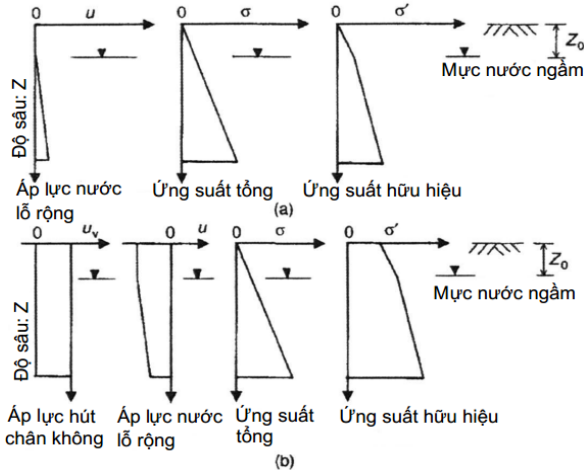
KEYWORDS: Soft soil, vacuum, prefabricated vertical drains, soft soil improvement.

1. GIỚI THIỆU

Năm 1952 Dr. W. Kjellman đã giới thiệu khái niệm “gia tải trước bằng hút chân không” tại Đại học Địa chất Hoàng gia ở Thụy Điển như là một phương pháp hiệu quả để gia cố nền đất yếu. Năm 1957, kỹ thuật này được sử dụng trong việc xây dựng mở rộng đường băng ở sân bay Philadelphia với áp lực hút chân không dưới 0.5 bar. Trong những năm thập niên 60 thế kỷ XX, các kỹ sư của

các công ty Mỹ được khảo sát tính khả thi của việc áp dụng gia cố nền bằng hút chân không. Một số nghiên cứu khác nhau về gia cố nền bằng hút chân không vẫn tiếp tục trong 2 thập kỷ. Gần đây với nhiều kỹ thuật mới bịt kín bằng vải địa kỹ thuật không thấm nước và tính cơ động của máy bơm, gia cố nền bằng hút chân không đã được chấp nhận như là phương pháp thay thế hoặc tải trọng phụ thêm cho tải đắp trên bề mặt.

Nguyên lý cốt kết chân không giống như phương pháp cốt điện của Terzaghi về ứng suất có hiệu cho đất bão hòa hoàn toàn là sự thay đổi ứng suất có hiệu $\Delta\sigma'$ bằng với sự thay đổi áp lực nước lỗ rỗng ($-\Delta u'$) trong khi ứng suất tổng σ_t vẫn giữ nguyên. Khi áp lực nước lỗ rỗng giảm đi, ứng suất có hiệu tăng. Kết quả là làm tăng sức chống cắt của đất và giảm thể tích của đất.



Hình 1. Nguyên lý cốt kết chân không

2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN

2.1. Tính độ lún cốt kết

Độ lún cốt kết được tính theo công thức sau:

+ Nếu $\Delta p + \sigma_z < p_c$:

$$S_c = \sum_{i=1}^n C_{si} \frac{h_i}{1+e_{0i}} \log\left(\frac{\Delta p + \sigma_z}{\sigma_z}\right) \quad (1)$$

+ Nếu $\sigma_z > p_c$:

$$S_c = \sum_{i=1}^n C_{ci} \frac{h_i}{1+e_{0i}} \log\left(\frac{\Delta p + \sigma_z}{\sigma_z}\right) \quad (2)$$

+ Nếu $\sigma_z < p_c$ và $\Delta p + \sigma_z > p_c$:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1+e_{0i}} \left[C_{si} \log\left(\frac{p_c}{\sigma_z}\right) + C_{ci} \log\left(\frac{\Delta p + \sigma_z}{p_c}\right) \right] \quad (3)$$

Trong đó:

Δp : Áp lực thẳng đứng do tải trọng ngoài gây ra ở lớp đất thứ i ứng với độ sâu z ở chính giữa lớp đất thứ i .

σ_z : Áp lực thẳng đứng do trọng lượng bản thân các lớp đất tự nhiên nằm trên lớp đất thứ i ứng với độ sâu z ở chính giữa lớp đất yếu thứ i .

p_c : Áp lực tiền cốt kết của lớp đất thứ i .

h_i : Chiều dày lớp đất tính lún thứ i .

e_{0i} : Hệ số rỗng của lớp đất thứ i ở trạng thái tự nhiên ban đầu (chưa đắp nền bên trên).

C_{si} : Chỉ số nở của lớp đất thứ i .

C_{ci} : Chỉ số nén lún của lớp đất thứ i .

Độ lún cốt kết của nền tại thời gian t được tính theo công thức: $S_t = S_c \cdot U(t)$

Trong đó:

S_t : Độ lún cốt kết của nền tại thời gian t .

S_c : Độ lún cốt kết cuối cùng của nền.

$U(t)$: Độ cốt kết chung của nền tại thời gian t .

2.2. Tính toán độ cốt kết chung

Độ cốt kết chung là kết quả kết hợp của hiệu quả thoát nước ngang và thoát nước thẳng đứng. Độ cốt kết chung được tính theo công thức:

$$U(t) = 1 - (1 - U_h)(1 - U_v) \quad (4)$$

Trong đó:

U_h : Độ cốt kết theo phương ngang;

U_v : Độ cốt kết theo phương thẳng đứng.

2.2.1. Tính độ cốt kết theo phương thẳng đứng

Độ cốt kết theo phương thẳng đứng được tính theo công thức:

+ Khi độ cốt kết U_v từ 0% đến 60%:

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U_v}{100} \right)^2 \quad (5a)$$

+ Khi độ cốt kết U_v lớn hơn 60%:

$$T_v = 1.781 - 0.933 \log(100 - U_v) \quad (5b)$$

Với: $T_v = \frac{C_v^{tb}}{H^2} t$ là nhân tố thời gian theo phương

đứng

C_v^{tb} là hệ số cốt kết trung bình theo phương thẳng đứng của lớp đất yếu trong phạm vi chiều sâu chịu lún.

t là thời gian cốt kết.

H là chiều sâu thoát nước cốt kết theo phương thẳng đứng.

2.2.2. Tính độ cốt kết theo phương ngang

Độ cốt kết theo phương ngang tính theo công thức:

$$U_h = 1 - \exp\left\{ \frac{-8T_h}{F(n) + F_s + F_r} \right\} \quad (6)$$

Trong đó:

$T_h = \frac{C_h}{d_s^2} t$ là nhân tố thời gian theo phương ngang

C_h là hệ số cốt kết theo phương ngang trung bình của đất yếu.

t là thời gian cốt kết.

$F(n)$ là nhân tố xét đến ảnh hưởng của khoảng cách bố trí bậc thấm.

F_s là nhân tố xét đến ảnh hưởng xáo động.

F_r là nhân tố xét đến sức cản của bậc thấm.

2.3. Tính độ lún do từ biến

Độ lún do từ biến được tính theo công thức sau:

$$S_s = \frac{H_0}{1 + e_0} C_{ae} \log\left(\frac{t_\infty}{t}\right) \quad (7)$$

Trong đó:

$C_{ae} = (1 + e_0) C_a$ là chỉ số từ biến.

e_0 là hệ số rỗng ban đầu.

C_a là hệ số từ biến.

2.4. Độ lún còn lại của đất nền sau khi gia cố nền

Độ lún còn lại của đất nền sau khi gia cố nền đất yếu được tính theo công thức:

$$S_r = \Delta S_{c1} + \Delta S_{c2} + S_s \quad (8)$$

Trong đó:

ΔS_{c1} là độ lún cố kết còn lại của lớp đất được gia cố nền do hoạt tải gây ra trong giai đoạn sử dụng.

ΔS_{c2} là độ lún cố kết còn lại của lớp đất bên dưới lớp đất được gia cố do hoạt tải gây ra trong giai đoạn sử dụng.

S_s là độ lún do từ biến.

3. TÍNH TOÁN CHO CÔNG TRÌNH THỰC TẾ

3.1. Giới thiệu

Công trình là dự án nhà máy sản xuất được xây dựng tại khu công nghiệp Cái Mép, thị xã Phú Mỹ, tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu với tổng diện tích khoảng 16 ha.

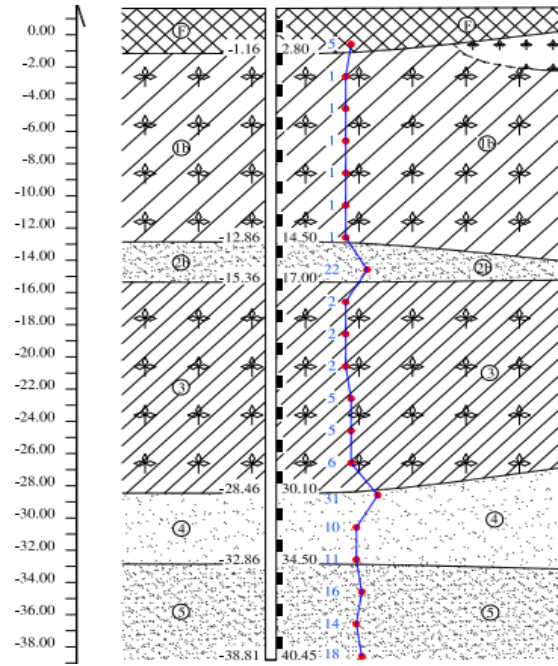
Địa hình hiện trạng tự nhiên của Nhà máy tương đối bằng phẳng. Cao độ hiện trạng của nền đất thay đổi từ +1.4m đến +1.7 m (trung bình +1.5m). Cao độ mực nước ngầm quan trắc trong các hố khoan thay đổi từ -0.67 m đến +1.21 m.

Sơ lược địa tầng tại dự án bao gồm các lớp đất điển hình như sau:

+ Lớp F: Cát sét/sét pha cát, màu nâu vàng, xám xanh, rời rạc. Lớp này được thấy trên bề mặt ở tất cả các lỗ khoan có chiều dày từ 1.0m đến 4.9m, trung bình là 2.25m. Giá trị thí nghiệm SPT N30 là 3÷9.

+ Lớp 1b: Sét hữu cơ, màu xám xanh, rất mềm. Lớp này được tìm thấy trên bề mặt ở tất cả các lỗ khoan với bề dày thay đổi trong khoảng từ 8.50m đến 16.50m, trung bình là 11.8m. Giá trị thí nghiệm SPT N30 là 0÷2.

+ Lớp 2b: Cát, màu xám xanh, xám vàng, rời rạc đến trung bình. Lớp này gặp bên dưới lớp 1 trong 07 lỗ khoan có bề dày dao động từ 0.7 – 3.6m, trung bình là 2.15m. Giá trị thí nghiệm SPT N30 là 1÷2.



Hình 2. Hình trụ hố khoan địa chất điển hình

+ Lớp 3: Sét hữu cơ, màu xám xanh, mềm đến chặt, có chỗ rất mềm. Lớp này gặp ở tất cả các lỗ khoan có chiều dày từ 1.5m đến 13.1m. Giá trị thí nghiệm SPT N30 là 1÷7.

+ Lớp 4: Cát pha sét/cát bột, màu nâu vàng, xám trắng, độ chặt rời đến trung bình. Lớp này gặp ở tất cả các lỗ khoan. Lớp có chiều dày từ 4.0 đến 9.5m. Giá trị thí nghiệm SPT N30 là 5÷24.

+ Lớp 5: Cát hạt nhỏ màu nâu vàng, xám trắng, độ chặt trung bình đến chặt. Lớp này phân bố ở tất cả các lỗ khoan, tuy nhiên do hạn chế về chiều sâu lỗ khoan nên không thể xác định chính xác bề dày. Giá trị thí nghiệm SPT N30 là 10÷38.

Bảng 1. Các thông số của các lớp đất điển hình

| Thông số | Lớp F | Lớp 1b | Lớp 2b | Lớp 3 | Lớp 4 | |
|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| γ (T/m ³) | 1.94 | 1.49 | 1.95 | 1.55 | 2.05 | |
| W (%) | 24.4 | 81.0 | 24.4 | 71.1 | 18.2 | |
| SPT | 5 | 1 | 22 | 3 | 10 | |
| e_0 | 0.715 | 2.263 | 2.146 | 0.673 | 1.888 | 0.522 |
| C_c | 0.143 | 1.099 | 1.099 | 1.009 | 0.522 | |
| C_s | 0.044 | 0.160 | 0.160 | 0.114 | 0.033 | |
| C_v (10 ⁻³ cm ² /s) | 1.471 | 0.271 | 0.295 | 0.293 | 1.465 | |
| C_h (10 ⁻³ cm ² /s) | 2.942 | 1.244 | 1.244 | 1.553 | 2.93 | |
| C_a | | 0.0149 | 0.0149 | 0.0118 | | |
| OCR | ≤1 | ≤1 | <1 | <1 | <1 | |
| $k_x \times 10^{-3}$ (m/ngày) | 864 | 0.0791 | 0.113 | 0.0738 | 0.0376 | 0.0117 |
| $k_y \times 10^{-3}$ (m/ngày) | 864 | 0.0238 | 0.034 | 0.022 | 0.0376 | 0.0058 |

Nhìn chung địa chất ở công trình này có lớp đất yếu với chiều dày lớn (khoảng 27m), cần thiết phải xử lý nền đất yếu. Phương pháp gia cố nền được lựa chọn là phương pháp bơm hút chân không kết hợp bậc thấm. Chiều dài bậc thấm dự định là 28.5m.

Các thông số đất nền sau khi thi công hút chân không phải thỏa mãn các điều kiện sau:

| STT | Thông số cần đạt được | Giá trị |
|-----|----------------------------|----------------------|
| 1 | Hoạt tải sử dụng | 20 kN/m ² |
| 2 | Mức độ cố kết khi vận hành | > 90 % |

Quy trình thi công gia cố nền đất yếu được thực hiện theo các bước sau:

+ Bước 1: Công tác chuẩn bị mặt bằng bao gồm nghiệm thu tọa độ và cao độ các điểm định vị của khu vực gia cố nền và khảo sát địa chất để xác định các thông số thiết kế.

+ Bước 2: San lấp cát đến cao trình +1.8 m.

+ Bước 3: Cắm bậc thấm và thi công tường sét kín khí.

+ Bước 4: Lắp đặt hệ thống quan trắc.

+ Bước 5: Lắp đặt hệ thống ống thoát nước ngang.

+ Bước 6: Trải lớp vải địa kỹ thuật thứ nhất, 02 lớp màng kín khí và hệ thống bơm hút chân không.

+ Bước 7: Chạy thử hệ thống hút chân không và kiểm tra tình trạng kín khí.

+ Bước 8: Trải lớp vải địa kỹ thuật thứ hai. Vận hành hút chân không.

+ Bước 9: Thi công san lấp cát từ cao trình +1.8m đến cao trình +3.5m.

+ Bước 10: Thi công đắp bù lún giai đoạn 1.

+ Bước 11: Dỡ tải hút chân không, tiến hành khảo sát địa chất sau khi gia cố nền.

+ Bước 12: Đắp bù bổ sung (nếu có) đến cao trình thiết kế.

+ Bước 13: Dọn dẹp vệ sinh và bàn giao mặt bằng.

3.2. Tính toán biện pháp gia cố nền

3.2.1. Tính toán dự báo lún cố kết hoàn toàn của nền

Các tải trọng sử dụng để tính toán dự báo lún cố kết của nền:

+ Tải trọng trong trường hợp không gia cố nền:

| | Chiều dày (m) | γ (T/m ³) | Tải trọng (T/m ²) |
|--|---------------|------------------------------|-------------------------------|
| Cát san lấp từ cao trình 1.5m đến 3.5m | 2.0 | 1.7 | 3.40 |
| Hoạt tải sử dụng | | | 2.0 |
| Tổng tải trọng | | | 5.40 |

+ Tải trọng trong giai đoạn gia cố nền:

| | Chiều dày (m) | γ (T/m ³) | Tải trọng (T/m ²) |
|--|---------------|------------------------------|-------------------------------|
| Cát san lấp từ cao trình 1.5m đến 1.8m | 0.3 | 1.7 | 0.51 |
| Áp lực hút chân không | | | 7.0 |
| Cát san lấp từ cao trình 1.8m đến 3.5m | 1.7 | 1.7 | 2.89 |
| Cát bù lún đợt 1 | 1.0 | 1.7 | 1.7 |
| Tổng tải trọng | | | 12.10 |

+ Tải trọng trong giai đoạn sau khi gia cố nền:

| | Chiều dày (m) | γ (T/m ³) | Tải trọng (T/m ²) |
|---|---------------|------------------------------|-------------------------------|
| Cát san lấp từ cao trình 1.5m đến 1.8m | 0.3 | 1.7 | 0.51 |
| Hoạt tải sử dụng | | | 2.0 |
| Cát san lấp từ cao trình 1.8m đến 3.5m | 1.7 | 1.7 | 2.89 |
| Cát bù lún đến cao trình thiết kế +3.5m | 2.87 | 1.7 | 4.88 |
| Tổng tải trọng | | | 10.28 |

Bảng 2. Tải trọng tác dụng lên nền đất theo thời gian thi công

| STT | Bước thi công | Tải trọng tăng thêm (kN/m ²) | Tổng tải trọng (kN/m ²) | Thời gian (ngày) | Tổng thời gian (ngày) |
|-----|---|--|-------------------------------------|------------------|-----------------------|
| 1 | San lấp cát đến cao trình +1.8 m | 5.1 | 5.1 | 15 | 15 |
| 2 | Cắm bậc thấm và thi công tường sét kín khí. Lắp đặt hệ thống quan trắc. Lắp đặt hệ thống ống thoát nước ngang. Trải lớp vải địa kỹ thuật thứ nhất, 02 lớp màng kín khí và hệ thống bơm hút chân không | 0.0 | 5.1 | 45 | 60 |
| 3 | Chạy thử hệ thống hút chân không và kiểm tra tình trạng kín khí | 70 | 75.1 | 7 | 67 |
| 4 | Trải lớp vải địa kỹ thuật thứ hai. Vận hành hút chân không | 0.0 | 75.1 | 15 | 82 |
| 5 | Thi công san lấp cát từ cao trình +1.8m đến cao trình +3.5m | 28.9 | 104 | 21 | 103 |
| 6 | Thi công đắp bù lún giai đoạn 1 | 17.0 | 121 | 30 | 133 |
| 7 | Tiếp tục duy trì hút chân không | 0.0 | 121 | 52 | 185 |

Tính toán dự báo lún cố kết của nền đất theo từng trường hợp tải trọng ở trên. Ta có:

- + Trường hợp không gia cố nền: $S_c = 1.627$ (m).
- + Trường hợp trong giai đoạn gia cố nền:

| Lớp đất | Z_i | Δh_i (m) | S_c (m) | |
|--------------------|-------|------------------|--------------|--|
| Cát san lấp | 0.3 | 0.3 | | |
| F | 2.8 | 2.8 | 0.065 | Độ lún cố kết của lớp đất yếu có cắm bác thâm: 2.865 (m) |
| 1b | 4 | 1.2 | 0.184 | |
| 1b | 6 | 2 | 0.316 | |
| 1b | 8 | 2 | 0.319 | |
| 1b | 10 | 2 | 0.307 | |
| 1b | 12 | 2 | 0.285 | |
| 1b | 14 | 2 | 0.266 | |
| 1b | 14.5 | 0.5 | 0.064 | |
| 2b | 17 | 2.5 | 0.015 | |
| 3 | 18 | 1 | 0.106 | |
| 3 | 20 | 2 | 0.204 | |
| 3 | 22 | 2 | 0.193 | |
| 3 | 24 | 2 | 0.183 | |
| 3 | 26 | 2 | 0.174 | |
| 3 | 27 | 1 | 0.084 | |
| 3 | 30.1 | 1.9 | 0.151 | |
| 4 | 32 | 1.9 | 0.021 | |
| 4 | 34.5 | 2.5 | 0.025 | |
| Tổng độ lún cố kết | | | 3.061 | |

+ Trường hợp sau khi gia cố nền:

| Lớp đất | Z_i | Δh_i (m) | S_c (m) | | |
|--------------------|-------|------------------|--------------|--|---|
| Cát san lấp | 0.3 | 0.3 | | | |
| F | 2.8 | 2.8 | 0.052 | Độ lún cố kết của lớp đất yếu có cắm bác thâm: 2.541 (m) | |
| 1b | 4 | 1.2 | 0.163 | | |
| 1b | 6 | 2 | 0.282 | | |
| 1b | 8 | 2 | 0.287 | | |
| 1b | 10 | 2 | 0.275 | | |
| 1b | 12 | 2 | 0.255 | | |
| 1b | 14 | 2 | 0.237 | | |
| 1b | 14.5 | 0.5 | 0.057 | | |
| 2b | 17 | 2.5 | 0.013 | | |
| 3 | 18 | 1 | 0.094 | | |
| 3 | 20 | 2 | 0.180 | | |
| 3 | 22 | 2 | 0.170 | | |
| 3 | 24 | 2 | 0.161 | | |
| 3 | 26 | 2 | 0.153 | | Độ lún cố kết của lớp đất bên dưới: 0.172 (m) |
| 3 | 27 | 1 | 0.074 | | |
| 3 | 28.2 | 1.2 | 0.087 | | |
| 3 | 30.1 | 1.9 | 0.132 | | |
| 4 | 32 | 1.9 | 0.018 | | |
| 4 | 34.5 | 2.5 | 0.022 | | |
| Tổng độ lún cố kết | | | 2.713 | | |

3.2.2. Tính toán dự báo lún cố kết của nền theo thời gian

+ Tính toán dự báo độ lún cố kết của nền theo thời gian thi công hút chân không:

| Thời gian (ngày) | Độ cố kết lớp đất cắm PVDs U_{PVD} (%) | Độ cố kết lớp đất bên dưới PVDs U_a (%) | Tổng độ lún cố kết của nền (cm) | Độ cố kết của nền dưới tải gia cố nền U (%) | Độ cố kết của nền dưới tải sử dụng U (%) |
|------------------|--|---|---------------------------------|---|--|
| 1 | 0.0% | 0.1% | 0.05 | 0.02% | 0.02% |
| 10 | 0.0% | 0.4% | 0.16 | 0.05% | 0.06% |
| 20 | 0.0% | 0.5% | 0.22 | 0.07% | 0.08% |
| 30 | 0.0% | 0.6% | 0.27 | 0.09% | 0.10% |
| 40 | 0.1% | 0.8% | 0.31 | 0.10% | 0.11% |
| 50 | 0.1% | 0.8% | 0.35 | 0.11% | 0.13% |
| 60 | 0.1% | 0.9% | 0.38 | 0.12% | 0.14% |
| 70 | 20.0% | 6.1% | 58.59 | 19.14% | 21.64% |
| 80 | 33.5% | 8.3% | 97.64 | 31.90% | 36.06% |
| 90 | 49.0% | 11.9% | 142.73 | 46.63% | 52.71% |
| 100 | 60.8% | 14.3% | 177.04 | 57.84% | 65.38% |
| 110 | 72.1% | 16.3% | 209.87 | 68.56% | 77.50% |
| 120 | 81.0% | 18.1% | 235.58 | 76.96% | 86.99% |
| 130 | 87.0% | 19.6% | 253.19 | 82.71% | 93.50% |
| 140 | 91.2% | 22.1% | 265.47 | 86.73% | 98.03% |
| 150 | 94.0% | 24.1% | 273.90 | 89.48% | 101.15% |
| 155 | 95.0% | 24.9% | 277.08 | 90.52% | 102.32% |
| 160 | 95.9% | 25.8% | 279.73 | 91.38% | 103.30% |
| 165 | 96.6% | 26.6% | 281.93 | 92.10% | 104.11% |
| 170 | 97.2% | 27.3% | 283.78 | 92.71% | 104.79% |
| 175 | 97.7% | 28.1% | 285.32 | 93.21% | 105.36% |
| 185 | 98.4% | 29.5% | 287.71 | 93.99% | 106.25% |

Sau thời gian 185 ngày thi công hút chân không dưới tải trọng gia cố nền, kết quả tính toán dự báo nền đất đạt được độ cố kết $U = 93.99\%$.

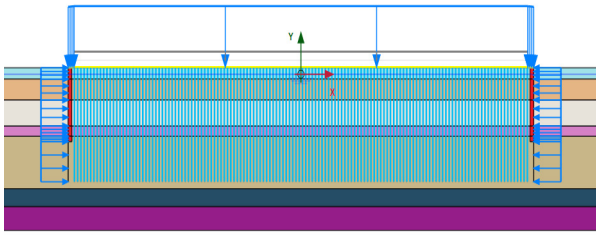
3.3. Tính toán biện pháp gia cố nền bằng phân tử hữu hạn

Ngoài phương pháp giải tích chúng ta còn có thể sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn mà cụ thể ở đây là chương trình Plaxis để tính toán dự báo độ lún cố kết của nền đất theo từng bước thi công gia cố nền.

3.3.1. Mô hình tính toán

Sử dụng chương trình phần mềm plaxis 2D để mô phỏng tính toán dự báo độ lún của nền đất theo từng bước thi công gia cố nền. Sử dụng phần tử “drain” để mô phỏng bác thâm, sử dụng phần tử “line loading” để mô phỏng tải hút chân không và các tải tăng thêm trong quá trình thi công. Sử dụng

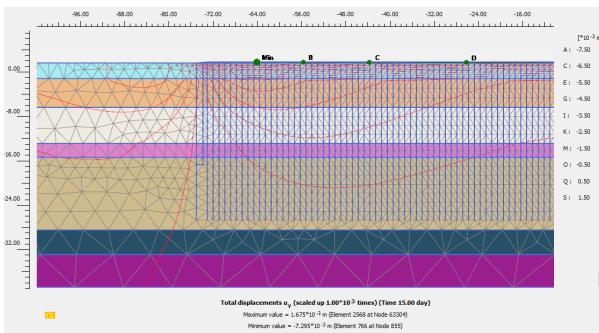
mô hình “soft soil” để mô phỏng các lớp đất yếu, các thông số của đất lấy theo Bảng 1 ở trên. Mô hình tính toán của nền đất thể hiện như hình 3.



Hình 3. Mô hình tính toán

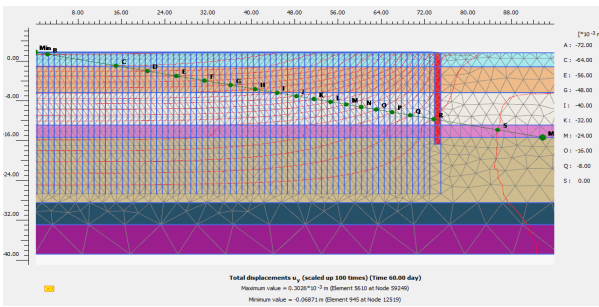
3.3.2. Kết quả tính toán theo từng bước thi công

+ Bước 1: San lấp cát từ cao trình 1.5m đến 1.8m (thời gian thi công: 15 ngày)



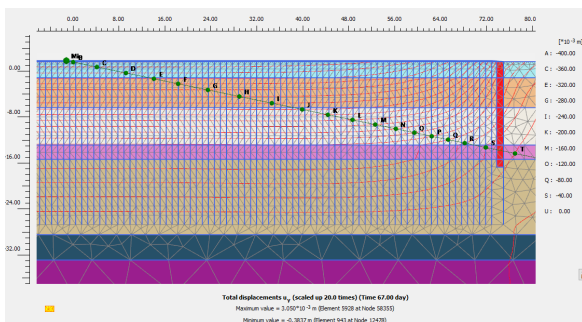
Hình 4. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 0.007$ (m)

+ Bước 2: Thi công cắm bấc thấm và tường sét (thời gian thi công: 60 ngày)



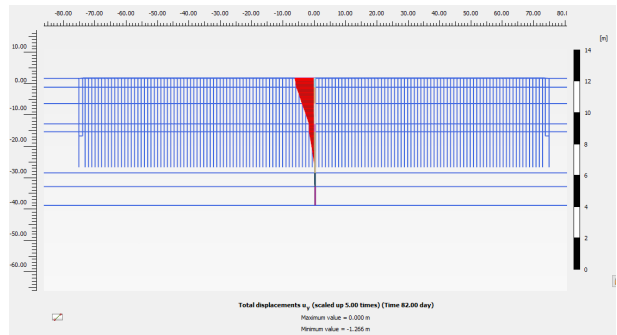
Hình 5. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 0.069$ (m)

+ Bước 3: Chạy thử hút chân không (thời gian thi công: 07 ngày)



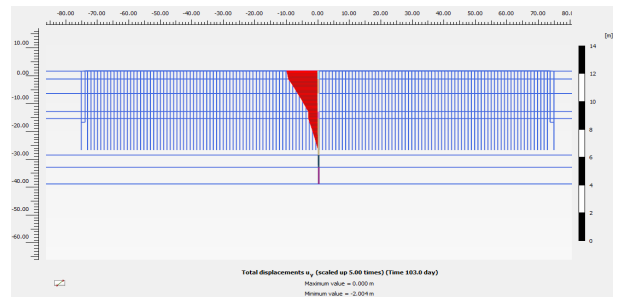
Hình 6. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 0.384$ (m)

+ Bước 4: Vận hành hút chân không (thời gian thi công: 15 ngày)



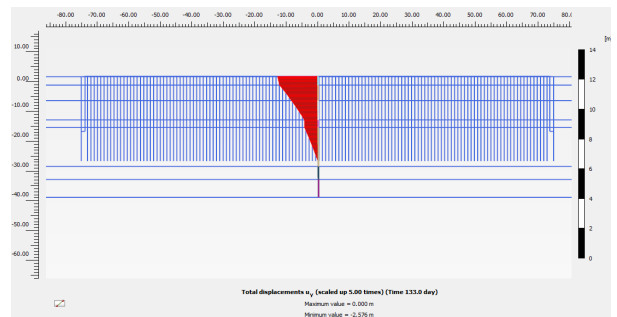
Hình 7. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 1.266$ (m)

+ Bước 5: San lấp cát từ cao trình 1.8m đến 3.5m (thời gian thi công: 21 ngày)



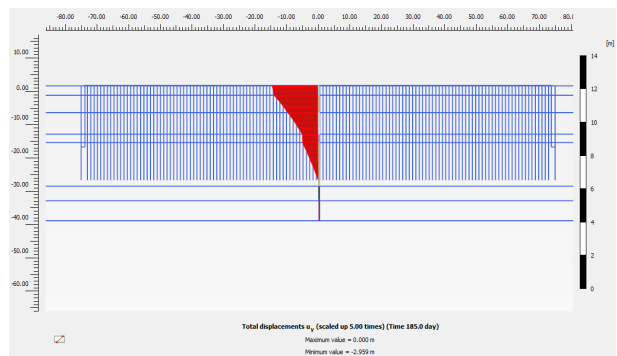
Hình 8. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 2.004$ (m)

+ Bước 6: San lấp cát bù lún đợt 1 (thời gian thi công: 30 ngày)



Hình 9. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 2.576$ (m)

+ Bước 6: Giữ tải gia cố nền (thời gian thi công: 52 ngày)

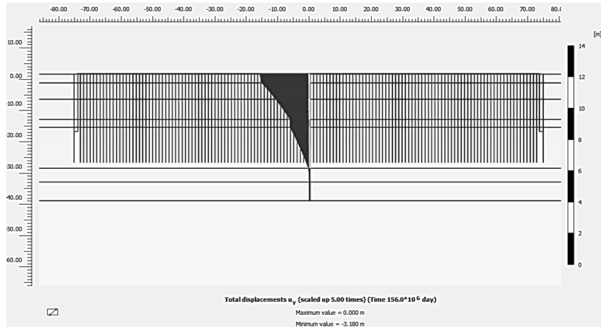


Hình 10. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 2.959$ (m)

So sánh kết quả tính toán lún cố kết bằng phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn:

$$\Delta = (2.959 - 2.877)/2.877 = 2.85\%$$

Độ lún cố kết hoàn toàn của nền dưới tải trọng gia cố nền:

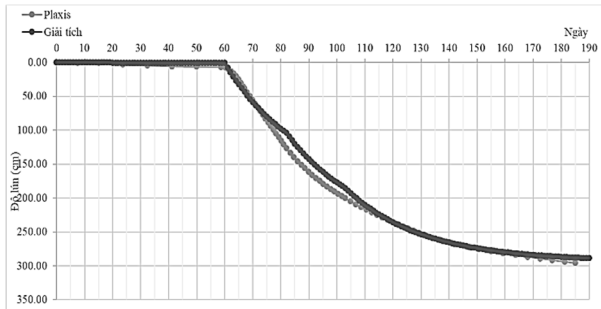


Hình 11. Độ lún cố kết của nền: $u_y = 3.180$ (m)

So sánh kết quả tính toán lún cố kết hoàn toàn dưới tải trọng gia cố nền bằng phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn:

$$\Delta = (3.180 - 3.061)/3.061 = 3.89\%$$

Kết quả cho thấy khi tính lún cố kết bằng phương pháp phần tử hữu hạn (Plaxis) không sai lệch nhiều so với phương pháp giải tích.



Hình 12. Biểu đồ so sánh độ lún cố kết nền đất theo thời gian của 2 phương pháp

Từ biểu đồ trên ta thấy kết quả tính lún cố kết nền đất yếu theo thời gian của 2 phương pháp không có sự sai lệch lớn, đường cong lún cố kết gần tương đồng nhau.

4. KẾT LUẬN

Phương pháp gia cố nền đất yếu bằng bơm hút chân không kết hợp bác thấm là một trong những phương pháp hiệu quả, đẩy nhanh quá trình cố kết của nền đất, tăng sức chống cắt của đất. Thời gian chờ lún được rút ngắn và nền ổn định hơn so với phương pháp gia tải trước truyền thống.

Để tính toán và dự báo tương đối chính xác hiệu quả gia cố nền, độ cố kết sau khi xử lý thì cần phải có các khảo sát địa kỹ thuật, thí nghiệm trong phòng phù hợp để có các thông số đất chính xác.

Có thể sử dụng phần tử hữu hạn, cụ thể ở đây là chương trình Plaxis để tính toán dự báo độ lún cố kết và phân tích ứng xử của đất nền trong suốt quá trình thi công gia cố nền.

Cần phải thực hiện công tác quan trắc khi tiến hành gia cố nền đất yếu và sau khi gia cố thì phải tiến hành khảo sát lại các thông số của đất để đánh giá hiệu quả gia cố của phương pháp.

Ngoài ra có thể sử dụng cả 2 phương pháp tính toán kết hợp với số liệu quan trắc thực tế để phân tích ngược, đánh giá mức độ cố kết của nền đất dưới tải trọng gia cố nền, tải trọng sử dụng và đồng thời tính toán được độ lún dư còn lại và tốc độ lún của nền trong giai đoạn vận hành sử dụng.

Hiện tại công trình đang tiến hành thi công bác thấm và tường sét. Chưa có kết quả đo quan trắc của nền đất nên không thể so sánh số liệu thực tế với các số liệu tính toán. Đây là một hạn chế của bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình.
- [2] The Plaxis company - Plaxis 2D Manuals.
- [3] Ir Kenny Yee and Er Tan Teng Wee - Vacuum consolidation for soft soil.
- [4] Tiêu chuẩn Quốc gia, TCVN 9355 2013: Gia cố nền đất yếu bằng bác thấm - Thiết kế, thi công và nghiệm thu.