

Phương pháp dự báo độ lún cố kết nền đất được xử lý bằng thoát nước đứng kết hợp bơm hút chân không trên cơ sở bài toán hai chiều

Method to predict consolidation settlement of ground treated by vertical drainage combining vacuum pump based on two-dimension problem

> BÙI TRƯỜNG SƠN¹, LÂM NGỌC QUI²

¹Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG TP. HCM; Email: buitruongson@hcmut.edu.vn

²Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; Email: lamngocqui@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Trên cơ sở chấp nhận độ lún bao gồm hai thành phần do biến dạng thể tích và hình dạng, áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư phụ thuộc ứng suất đẳng hướng, phương pháp dự báo độ lún cố kết do bơm hút được đề nghị. Ở đây, ứng suất nén đẳng hướng do bơm hút chân không được đánh giá bằng ứng suất hữu hiệu tương đương. Cơ sở, trình tự tính toán, kết quả tính toán áp dụng và phân tích so sánh với dữ liệu quan trắc cho thấy phương pháp này có thể sử dụng trong thực tế và có độ tin cậy cần thiết. Phương pháp tính đề nghị có tính ứng dụng và góp phần bổ sung phương pháp tính toán trong thiết kế xử lý nền đất yếu.

Từ khóa: Độ lún cố kết; thoát nước đứng; bơm hút chân không.

ABSTRACT:

Based on accepting that the ground settlement consists of two components due to volume and shape deformation, excess pore water pressure depends on isotropic stress, a method to predict consolidation settlement due to suction pump is proposed. Here, the isotropic compressive stress due to the vacuum pump is evaluated by the equivalent effective stress. The basis, calculation sequence, applied calculation results and comparative analysis with monitoring data show that this method can be used in practice and has the necessary reliability. The proposed calculation method is applicable and contributes to supplementing the calculation method in design of soft ground treatment.

Keywords: Consolidation settlement; vertical drainage; vacuum pump.

1. VẤN ĐỀ DỰ TÍNH ĐỘ LÚN VÀ XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP DỰ TÍNH ĐỘ LÚN CỐ KẾT NỀN ĐẤT XỬ LÝ THOÁT NƯỚC ĐỨNG KẾT HỢP BƠM HÚT CHÂN KHÔNG THEO SƠ ĐỒ BÀI TOÁN PHẪNG

Hầu hết các chỉ dẫn tính toán độ lún nền đất đều căn cứ mô hình cột đất chịu tác dụng tải trọng nén thẳng đứng σ_z hay cơ sở bài toán một chiều [1], [2], [3]. Trường hợp gia tải bằng bơm hút chân không, nền đất chịu tác dụng của lực nén đẳng hướng do cột áp khí quyển. Trong quá trình gia tải trước, việc dự tính độ cố kết của nền đất xử lý bằng thoát nước đứng cần sự tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư từ giá trị ban đầu xấp xỉ ứng suất gia tăng đến giá trị không. Các giả thiết này chưa phù hợp và không tương ứng với trạng thái ứng suất khi việc gia tải bằng bơm hút chân không nên việc tính toán dự tính độ lún và độ lún cố kết khó có thể thực hiện. Ngoài ra, khi bơm hút chân không, nền đất chịu áp lực nén đẳng hướng. Dưới tác dụng của lực nén đẳng hướng, đất bị biến dạng thể tích. Phương pháp dự báo độ lún khi xem độ lún gồm hai thành phần do nén thể tích và do biến dạng hình dạng cho phép xét đến thành phần ứng suất nén đẳng hướng để đánh giá biến dạng nền đất nên có thể áp dụng đánh giá tác dụng của thành phần ứng suất do bơm hút chân không [4], [5].

Trong lời giải bài toán cố kết phẳng, do áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư tại điểm trung bình của lớp đất không thể hiện đúng dẫn độ cố kết của cả lớp đất cứng như khó khăn trong việc tích phân diện tích theo hai phương. Để việc tính toán ước lượng độ lún theo thời gian đạt độ chính xác cần thiết, việc tính toán áp dụng được đề nghị sử dụng phương pháp tổng độ lún lớp phân tố. Khi đó, việc tính toán được bắt đầu với việc đánh giá giá trị áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư tại điểm trung bình của lớp phân tố ở thời điểm bất kỳ. Từ đó, các thành phần ứng suất hữu hiệu sẽ được xác định và độ lún được ước lượng theo các thành phần ứng suất hữu hiệu tại thời điểm đó. Độ lún của lớp đất là tổng độ lún các lớp phân tố ở các thời điểm lựa chọn. Như vậy, căn cứ cơ sở lời giải bài toán cố kết hai chiều kết hợp tính toán theo lớp phân tố, mô hình đánh giá độ lún theo thời gian của nền được xử lý bằng thoát nước đứng kết hợp gia tải trước có dạng phần tử đơn vị cho phép ước lượng được độ lún của nền ở thời điểm bất kỳ.

Trường hợp nền được gia tải bằng bơm hút chân không, nền đất luôn chịu áp lực đẳng hướng. Trong phương pháp tính toán để nghị trong nghiên cứu này, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư phụ thuộc ứng suất trung bình. Phương pháp dự tính độ lún phân chia làm hai thành phần có xét đến biến dạng thể tích do ứng suất nén trung bình nên phù hợp áp dụng. Từ việc phân tích tổng hợp cơ sở lý thuyết chọn lựa, đối với một cấp áp lực gia tải hay ở một thời điểm chọn lựa, trình tự tính toán dự báo độ lún theo thời gian nền đất xử lý thoát nước đứng kết hợp gia tải trước được thiết lập như sau:

- Bước 1: chia lớp đất xử lý thành các lớp phân tố có bề dày hợp lý nhằm đảm bảo độ chính xác của độ lún dự tính.

- Bước 2: xác định các thành phần ứng suất theo phương đứng và phương ngang σ_{zi} , σ_{xi} tại điểm trung bình của từng lớp phân tố dưới tác dụng của tải trọng gia tải thực tế ở thời điểm dự tính độ lún t_j .

- Bước 3: xác định ứng suất trung bình ở thời điểm t_j :

$$\sigma_i(x, z) = \frac{\sigma_{zi}(x, z) + 2\sigma_{xi}(x, z)}{3(1 + \nu)} \quad (1)$$

- Bước 4: áp lực nước lỗ rỗng thặng dư ban đầu ở chu kỳ gia tải bất kỳ (t_j) được xác định:

$$u_{0j}(x, z, t_j) = u_{j-1}(x, z, t_j) + \Delta u_j(x, z, 0) \quad (2)$$

ở đây: $u_{j-1}(x, z, t_j)$ - là áp lực nước lỗ rỗng thặng dư ở thời điểm t_{j-1} (kết thúc chu kỳ trước và bắt đầu chu kỳ sau).

$\Delta u_j(x, z, 0) = B \cdot \sigma_i(x, z)$ - là áp lực nước lỗ rỗng thặng dư hình thành và bổ sung do tải trọng gia tăng phụ thuộc ứng suất nén đẳng hướng gia tăng và hệ số áp lực nước lỗ rỗng.

- Bước 5: xác định áp lực nước lỗ rỗng thặng dư sau thời gian cố kết t_m theo công thức:

$$u(x, z, t) = \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \left\{ A_{ij} \cdot \exp \left[-C_z \cdot \pi^2 \left(\zeta \frac{i^2}{4l^2} + \frac{j^2}{h^2} \right) t \right] \times \right. \\ \left. \times \sin \left[\frac{i\pi}{2l} (x+l) \right] \times \sin \left[\frac{j\pi}{h} z \right] \right\}$$

$$\text{Với: } A_{ij} = \frac{2}{lh} \int_0^l \int_0^h u(x, z, t_j) \cdot \sin \left[\frac{i\pi}{2l} (x+l) \right] \cdot \sin \left[\frac{j\pi}{h} z \right] dx \cdot dz$$

ζ - hệ số bất đẳng hướng về tính thấm, $\zeta = k_x/k_z$.

Ở đây, có thể chọn: t - thời gian cố kết. Có thể chọn t bằng thời điểm bắt đầu gia tải chu kỳ kế tiếp sao cho số chu kỳ gia tải được phân chia đủ nhiều để đường cong lún theo thời gian đạt độ chính xác cần thiết hay thời điểm chọn lựa tính toán nói chung trong một chu kỳ gia tải; l - một nửa khoảng cách của thoát nước thẳng đứng kể từ mép; $u_{0j}(x, z, t_j)$ - được xác định như ở Bước 4; h - bề dày lớp đất hay chiều dài đường thấm theo phương đứng.

- Bước 6: xác định các thành phần ứng suất hữu hiệu:

$$\sigma'_{zi}(x, z, t) = \sigma_{zi}(x, z) - u_{ij}(x, z, t) - u_v$$

$$\sigma'_{xi}(x, z, t) = \sigma_{xi}(x, z) - u_{ij}(x, z, t) - u_v$$

$$\sigma'_i(x, z, t) = \sigma_i(x, z) - u_{ij}(x, z, t) - u_v$$

Với: u_v - áp lực bơm hút nếu có (mang giá trị âm).

- Bước 7: độ lún lớp phân tố ở thời điểm t_m ($= t_j + t$)

$$S_i(x, z, t_m) = \left[\frac{\sigma'_i(x, z, t)}{3K} + \frac{\sigma'_{zi}(x, z, t) - \sigma'_{xi}(x, z, t)}{2G} \right] \cdot h_i \quad (3)$$

Với: K - module thể tích cốt đất, $K = \frac{E_o}{(1-2\nu)}$; G - module cắt,

$$G = \frac{E_o}{2(1+\nu)}; h_i - \text{bề dày lớp phân tố.}$$

- Bước 8: tổng độ lún các lớp phân tố:

$$S(x, z, t_m) = \sum_{i=1}^n S_i(x, z, t_m) \quad (4)$$

Như vậy, căn cứ lời giải bài toán cổ kết thấm hai chiều có thể xây dựng lộ trình tính toán ước lượng độ lún cổ kết theo thời gian nền đất được xử lý thoát nước đứng kết hợp gia tải trước và bơm hút chân không. Phương pháp này sử dụng thành phần ứng suất trung bình nên cho phép đánh giá tác dụng của việc bơm hút chân không lên độ lún. Hơn nữa, phương pháp đề nghị ở đây được thực hiện trên cơ sở xem áp lực nước lỗ rỗng phụ thuộc ứng suất nén trung bình và hiện tượng cổ kết gây độ lún do nén ép thể tích.

Trong sơ đồ bài toán phẳng với mô hình phần tử đơn vị xem biên hông là bắc thấm. Do tác dụng của việc bơm hút chân không, áp lực nước lỗ rỗng tại biên ngang, nơi có bắc thấm, luôn giữ giá trị âm (trường hợp chịu tải đất đắp, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong đất nền phụ thuộc tải trọng gia tăng và tiêu tán về phía biên, nơi áp lực nước lỗ rỗng thặng dư xem như bằng không). Để thực hiện tính toán cho trường hợp nền xử lý thoát nước đứng kết hợp gia tải và bơm hút chân không, hiện tượng cổ kết được bao gồm do gia tải và do bơm hút. Ở đây, độ lún cổ kết do gia tải được tính toán như trình tự các bước đã nêu trên. Độ lún cổ kết do bơm hút chân không được tính toán theo giả thiết ứng suất hữu hiệu tương đương được trình bày chi tiết như sau:

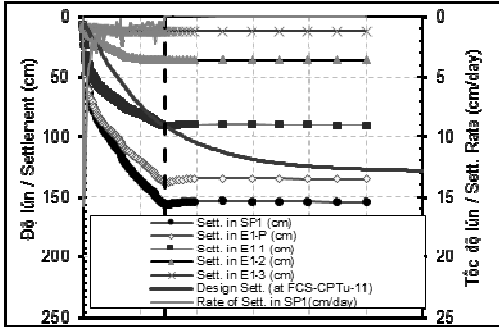
Căn cứ giả thiết ứng suất hữu hiệu: $\sigma' = \sigma - u(S)$

Khi chịu tác dụng bơm hút với áp lực âm: $“-A”$ kN/m² ở biên (bắc thấm), áp lực nước lỗ rỗng thặng dư từ 0 ở khu vực nền đất giữa các bắc thấm sẽ tiêu tán dẫn đến giá trị $“-A”$ khi nước thấm từ khu vực trung tâm ra tới biên thoát nước. Có thể thấy rằng, ứng suất hữu hiệu trong đất ở thời điểm ban đầu và chấm dứt cổ kết sẽ là: $\sigma'(t_0) = \sigma - u(t_0) = 0$ và $\sigma'(t_{100}) = \sigma - u(t_{100}) = 0 - (“-A”) = “A”$ khi chịu áp lực bơm hút. Do đó, giả thiết rằng ứng suất ban đầu và giá trị áp lực nước lỗ rỗng thặng dư ban đầu trong đất ở vùng trung tâm nhận giá trị $“A”$ còn ở biên bắc thấm là 0, ứng suất hữu hiệu trong đất ở thời điểm ban đầu và chấm dứt cổ kết cũng sẽ là: $\sigma'(t_0) = \sigma - u(t_0) = “A” - “A” = 0$ và $\sigma'(t_{100}) = \sigma - u(t_{100}) = “A” - 0 = “A”$. Như vậy, theo giả thiết này, giá trị ứng suất trung bình hữu hiệu ở thời điểm bất kỳ theo giả thiết áp lực nước lỗ rỗng thặng dư “đương ào” sẽ tương đương với giá trị thực tế. Giả thiết này chỉ sử dụng trong việc dự tính áp lực nước lỗ rỗng trong quá trình cổ kết do bơm hút chân không do không thể thực hiện việc gán giá trị áp lực nước lỗ rỗng ban đầu bằng $u_0 = 0$ trong lời giải.

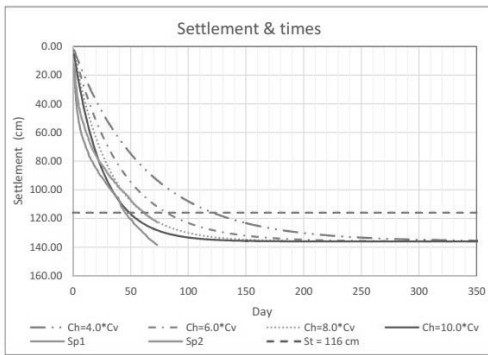
2. ĐỘ LÚN NỀN ĐẤT YẾU DƯỚI CÔNG TRÌNH ĐẮP XỬ LÝ BẰNG BẮC THẤM KẾT HỢP VỚI GIA TẢI BẰNG BƠM HÚT CHÂN KHÔNG TRÊN CƠ SỞ SƠ ĐỒ HAI CHIỀU

Để phục vụ tính toán áp dụng, chúng tôi sử dụng dữ liệu khảo sát và quan trắc thực tế từ công trình đường đắp cao N2, quận Thủ Đức, TP.HCM. Căn cứ hồ sơ khảo sát địa chất công trình, khu vực này có lớp sét mềm bão hòa nước có bề dày 15,0 m nằm ngay trên bề mặt. Đặc trưng cơ lý lớp đất này được tóm tắt như sau: độ ẩm $W = 58,7\%$; khối lượng thể tích tự nhiên $\rho = 1,550$ g/cm³; tỷ trọng hạt $G_s = 2,60$. Do đường đắp vào cầu trên lớp đất này có độ lún lớn và kéo dài theo thời gian, giải pháp bắc thấm kết hợp với gia tải trước và bơm hút chân không được đề nghị sử dụng để xử lý nền đất yếu. Bề dày lớp đất yếu xử lý $h = 15$ m, bắc thấm được bố trí theo lưới tam giác với khoảng cách 0,9 m. Chiều cao khối đắp bằng cát với dung trọng trung bình 17,0 KN/m³ được sử dụng làm vật liệu gia tải tạm thời là 4,4 m với độ dốc talus 1:1. Trong quá trình gia tải trước, áp lực bơm hút trung bình duy trì ở mức thấp hơn - 80 kPa và giá trị lớn nhất ghi nhận là - 70 kPa (do bị mất điện vào một vài thời điểm) được duy trì trong suốt thời gian gia tải gần 3 tháng.

Độ lún theo thời gian trong quá trình gia tải trước từ kết quả quan trắc và tính toán theo thiết kế thể hiện như ở Hình 1. Có thể thấy rằng độ lún dự tính theo hồ sơ thiết kế có giá trị nhỏ và xảy ra chậm hơn đáng kể so với kết quả quan trắc. Căn cứ giá trị độ lún cố kết từ kết quả quan trắc, việc hiệu chỉnh độ lún theo thời gian theo tỷ số C_h/C_v được thực hiện lại và thể hiện như ở Hình 2. Tuy nhiên, các kết quả tính toán đều cho thấy tỷ số C_h/C_v nhỏ hơn 8 đều cho tốc độ lún dự tính chậm hơn so với kết quả quan trắc.



Hình 1. Độ lún sâu quan trắc ở vị trí SP1 và độ lún dự tính theo thiết kế theo thời gian



Hình 2. Độ lún quan trắc ở vị trí SP1, SP2 và kết quả độ lún dự tính theo các tỷ số C_h/C_v khác nhau theo thời gian

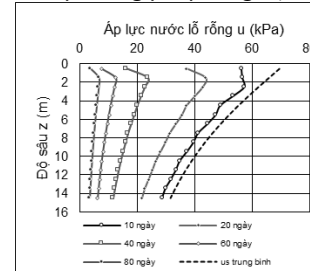
Để áp dụng phương pháp đề nghị vào việc tính toán và so sánh độ lún của nền đất yếu được xử lý thoát nước đứng kết hợp gia tải trước và bơm hút chân không theo thời gian, đặc trưng cơ lý đất nền chọn lựa cho bài toán được lấy từ hồ sơ khảo sát thực tế ở dự án. Ở đây, module tổng biến dạng của lớp đất được xác định căn cứ kết quả thí nghiệm nén lún ứng với trạng thái ứng suất ban đầu và sau khi gia tải: $E_o = 1483 \text{ kN/m}^2$ và hệ số Poisson $\nu = 0,3$. Độ lún ổn định dự báo theo biểu thức (3) và (4) dưới tâm diện gia tải 1,574 m và dưới biên là 1,450 m. Trong đó, độ lún ổn định cố kết do nén ép thể tích tương ứng tại các vị trí đó là 1,543 m và 1,426 m, chiếm tỷ lệ hầu hết trong tổng độ lún.

Từ kết quả thí nghiệm nén cố kết, chọn giá trị hệ số cố kết C_v ứng với áp lực thí nghiệm nén cấp xi trạng thái ứng suất ở độ sâu trung bình của lớp: $C_v = 3,56.10^{-3} \text{ m}^2/\text{ngày đêm}$. Từ đó, hệ số thấm theo phương đứng tương ứng: $k_z = 1,73 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{ngày đêm}$. Ở đây: $k = C_v.a_o.\gamma_w$, với: a_o - hệ số nén tương đối được lấy tương ứng với trạng thái ứng suất thực tế theo đường cong nén lún.

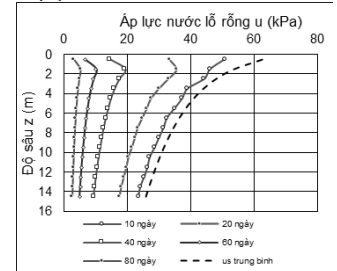
Hệ số thấm theo phương ngang được lấy bằng hai lần hệ số thấm theo phương đứng: $k_h = 2k_z$ [6]. Hệ số thấm theo phương ngang khi qui đổi thành sơ đồ bài toán phẳng bỏ qua sự xáo trộn của đất nền được xác định theo công thức đề nghị của Lin (2000) [7]. Do bậc thấm được bố trí theo lưới tam giác với khoảng cách 0,9 m nên hệ số thấm theo phương ngang khi chuyển sang đồ bài toán phẳng $k_{h2D} = 9,49 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{ngày đêm}$. Từ đó, hệ số bất đẳng hướng về tính thấm: $\zeta = k_{h2D}/k_z = 0,55$ (giá trị $\zeta < 1$ là do việc qui đổi thành sơ đồ bài toán phẳng).

Lớp đất chịu nén dày 15 m được chia thành 15 lớp phân tố với bề dày mỗi lớp phân tố 1 m và trạng thái ứng suất được đánh giá theo các điểm trung bình các lớp phân tố.

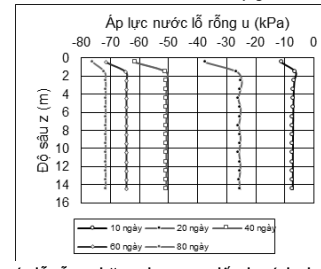
Với mô hình tính toán và đặc trưng cơ lý chọn lựa, việc tính toán được bố trí thực hiện theo các bước. Ở đây, trạng thái ứng suất tại các điểm và áp lực nước lỗ rỗng thặng dư ở các thời điểm khác nhau được tính toán bằng các chương trình thiết lập trên cơ sở phần mềm tính toán Mathcad. Các giá trị thu nhận được chuyển sang các bảng tính Excel để thuận tiện cho việc đánh giá độ lún theo phương pháp tổng độ lún các lớp phân tố.



Hình 3. Áp lực nước lỗ rỗng thặng dư dự tính dưới tâm diện gia tải theo độ sâu ở các thời điểm khác nhau do tác dụng của khối đắp gia tải



Hình 4. Áp lực nước lỗ rỗng thặng dư dự tính dưới biên diện gia tải theo độ sâu ở các thời điểm khác nhau do tác dụng của khối đắp gia tải



Hình 5. Áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong đất dự tính theo độ sâu ở các thời điểm khác nhau do tác dụng của việc bơm hút chân không

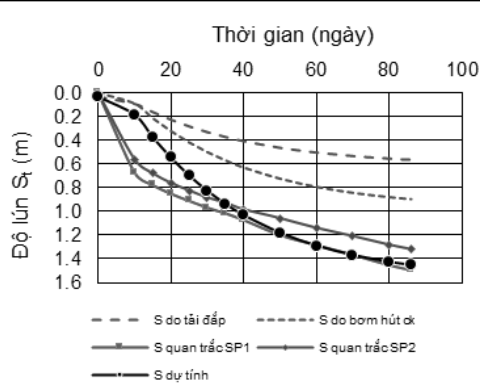
Hình 3, 4 và 5 thể hiện đặc điểm tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng do tải trọng ngoài và bơm hút theo độ sâu ở các thời điểm khác nhau trong quá trình xử lý. Có thể thấy rằng tốc độ tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong nền xử lý phụ thuộc không đáng kể vào độ sâu mà chủ yếu phụ thuộc khoảng cách bậc thấm ngoài trừ điểm ở độ sâu 0,5 m, gần biên thoát nước bề mặt. Trong trường hợp chịu tải do khối đắp gia tải, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư phân bố như ứng suất nền trung bình nên có dạng phi tuyến theo độ sâu. Áp lực nước lỗ rỗng thặng dư ở các thời điểm ban đầu lớn hơn được ghi nhận gần bề mặt và giảm dần theo độ sâu. Ở các thời điểm sau 60 ngày đêm, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư do tải đắp tiêu tán đến giá trị gần như nhau theo độ sâu. Trong khi đó, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư do bơm hút chân không gần như nhau theo độ sâu ở các thời điểm cố kết khác nhau. Ở thời điểm dừng gia tải bơm hút (86 ngày đêm), áp lực nước lỗ rỗng thặng dư chưa tiêu tán hoàn toàn nên nền đất còn có xu hướng lún thêm nếu duy trì tải tiếp tục.

Độ lún của nền đất xử lý theo thời gian từ kết quả dự tính trên cơ sở lý thuyết và phương pháp tính đề nghị và kết quả quan trắc tại 2 vị trí khác nhau SP1 và SP2 thể hiện ở Hình 6 và Hình 7. Có thể thấy rằng giá trị và quy luật phân bố độ lún theo thời gian từ kết quả dự tính khá phù hợp với kết quả quan trắc. Giá trị độ lún dự tính dưới tâm và biên diện gia tải ở thời điểm chấm dứt quá trình gia tải bằng bơm hút đạt 1,453 m và 1,332 m, tương ứng với kết quả tính toán theo phương pháp đề nghị đạt độ cố kết xấp xỉ 92%. Độ lún ổn định từ phương pháp tính đề nghị và kết quả quan trắc tại các vị trí ở tâm và biên khá phù hợp nhau cho thấy việc chọn lựa đặc trưng biến dạng thông qua giá trị module tổng biến dạng theo

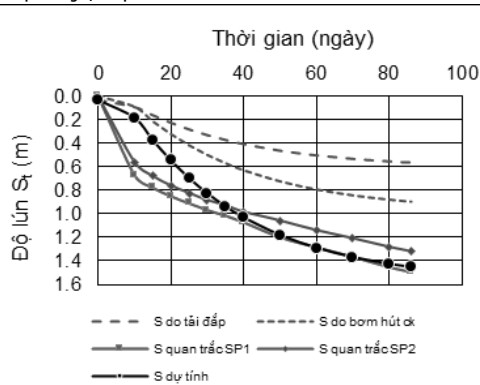
trạng thái ứng suất thực tế và đường cong nén lún cho phép thu nhận kết quả phù hợp hơn so với việc dự tính theo sơ đồ bài toán một chiều.

Biểu đồ độ lún theo thời gian cũng cho thấy sự khác biệt giữa độ lún dự tính và kết quả quan trắc đáng kể ở các thời điểm ban đầu. Mặc dù phương pháp đề nghị cho phép đánh giá độ lún ngắn hạn do biến dạng hình dạng nhưng giá trị này từ kết quả dự tính không đáng kể (dưới tâm: 0,030 m và dưới biên: 0,024 m). Trong thực tế, khối đắp gia tải đã được thực hiện một khoảng thời gian nhất định trước đó và nền đất đã lún một phần trước khi tiến hành việc bơm hút. Việc tính toán ở đây xem gia tải bằng đất đắp và bơm hút xảy ra tức thời cho kết quả độ lún ban đầu ít hơn so với kết quả quan trắc thực tế.

Do việc bơm hút tạo áp lực nén thể tích trong toàn vùng nền, độ lún do bơm hút chân không chỉ gồm thành phần biến dạng nén thể tích nên thành phần độ lún này như nhau ở dưới tâm và biên. Sự khác biệt độ lún cuối cùng giữa tâm và biên là do trạng thái ứng suất từ tải trọng của khối đắp. Biểu đồ kết quả còn cho thấy độ lún dự tính dưới tâm diện gia tải ở các chu kỳ cuối xấp xỉ kết quả quan trắc, độ lún dự tính dưới biên diện gia tải ở các chu kỳ cuối lớn hơn đáng kể so với kết quả quan trắc. Sự khác biệt này có thể được giải thích như sau: trong thực tế xử lý nền bằng bơm hút, vùng trung tâm của diện gia tải được bao phủ bởi các bậc thấm bơm hút nên hiệu quả bơm hút được đảm bảo hơn so với vùng biên nơi áp lực bơm hút có thể bị thất thoát một phần do bên ngoài khối đất nền đường không có bố trí bậc thấm và bơm hút.



Hình 6. Độ lún của nền đất dưới tâm diện gia tải theo thời gian từ kết quả dự tính bằng phương pháp đề nghị và quan trắc



Hình 7. Độ lún của nền đất dưới biên diện gia tải theo thời gian từ kết quả dự tính bằng phương pháp đề nghị và quan trắc

3. KẾT LUẬN

Trên cơ sở tổng hợp lý thuyết cổ kết, mô hình tính lún bài toán phẳng, xây dựng phương pháp tính phù hợp khi xét áp lực bơm

hút chân không, lập trình tính toán và phân tích so sánh với kết quả quan trắc, bài viết đề nghị phương pháp xác định độ lún theo thời gian của nền đất xử lý thoát nước đứng kết hợp bơm hút chân không. Ở đây, việc áp dụng cho nền được xử lý bằng bơm hút chân không được thực hiện bằng phương pháp quy đổi ứng suất trung bình hữu hiệu. Kết quả áp dụng tính toán và phân tích cho phép rút ra các kết luận sau:

- Phương pháp sử dụng ứng suất hữu hiệu tương đương bằng cách thay áp lực bơm hút có giá trị âm bằng ứng suất nén đẳng hướng tương đương trị tuyệt đối và áp lực nước lỗ rỗng ở biên bơm hút thoát nước bằng không cho phép áp dụng lời giải bài toán cổ kết hai chiều để dự báo độ lún cổ kết theo thời gian trong trường hợp nền xử lý thoát nước đứng kết hợp gia tải trước và bơm hút chân không.

- Độ lún theo thời gian dự tính trên cơ sở phương pháp đề nghị cho kết quả phù hợp với kết quả quan trắc thực tế. Điều này cho thấy khả năng áp dụng và mức độ tin cậy của phương pháp đề nghị so với các phương pháp tính toán theo sơ đồ bài toán một chiều.

- Trong trường hợp tính toán áp dụng và so sánh kết quả quan trắc thực tế như đã nêu trên, độ lún dự tính dưới tâm diện gia tải lớn hơn không đáng kể so với giá trị độ lún dưới biên trong nền được xử lý bơm hút và tương đồng với giá trị quan trắc. Ngoài ra, kết quả tính toán còn cho thấy ở thời điểm 86 ngày độ cổ kết của nền đất đạt 92% và nền đất còn có xu hướng lún tiếp tục nếu tải trọng được duy trì.

Ngoài các kết luận chính, một số nhận xét khác có thể rút ra như sau: việc tính toán xem áp lực nước lỗ rỗng phụ thuộc ứng suất trung bình nên chặt chẽ hơn về cơ sở lý thuyết do áp lực trong nước lỗ rỗng luôn phụ thuộc ứng suất đẳng hướng thay vì phụ thuộc ứng suất theo một phương. Điều này giúp việc phân tích so sánh với áp lực nước lỗ rỗng quan trắc thực tế trong các nghiên cứu tương lai trong đánh giá mức độ cổ kết của nền đất. Kết quả tính toán còn có sự khác biệt so với dữ liệu quan trắc do việc tính toán chưa xét chi tiết độ lún ban đầu do tải trọng ngoài phục vụ thi công cũng như ảnh hưởng của độ lún do cổ kết thứ cấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 9355-2012. Gia cố nền đất yếu bằng bậc thấm.
- [2]. 22TCN 262-2000. Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu. NXB Giao thông vận tải.
- [3]. Hoàng Văn Tân, Trần Đình Ngô, Phan Xuân Trường, Phạm Xuân, Nguyễn Hải (1973), Những phương pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- [4]. Bùi Trường Sơn, Biến dạng tức thời và lâu dài của nền sét bão hòa nước, Tạp chí Phát triển khoa học & Công nghệ, Tập 09, Số 11-2006. Trang 17-24.
- [5]. Bùi Trường Sơn, Lâm Ngọc Quý, Phương pháp ước lượng độ lún ngắn hạn và lâu dài theo thành phần ứng suất hữu hiệu và tổng lớp phân tố, Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, tháng 11-2017. Trang 108-111.
- [6]. Bùi Trường Sơn, Lâm Ngọc Quý, Quan hệ giữa hệ số cổ kết ngang và đứng của sét mềm bão hòa nước theo kết quả thí nghiệm CPTu, Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, tháng 3-2016. Trang 22-25.
- [7]. D. G. Lin, H. K. Kim, A.S. Balasubramaniam (2000), Numerical modeling of prefabricated vertical drain, Geotechnical Engineering Journal, Vol. 31, No. 2, pp. 109-125.
- [8]. Hird, C.C., Pyrah, I.C., Russell, D. (1992), Finite element modeling of vertical drains beneath embankments on soft ground, Geotechnique, 42 (3), pp. 499-511.
- [9]. P.V Long, L.V Nguyen, A.S Balasubramaniam, Performance and analyses of thick soft clay deposit improved by PVD with surcharge preloading and vacuum consolidation - a case study at CMIT. 19th Southeast asian conference & 2nd AGSSEA conference, Malaysia, 31 May - 3 June, 2016, p. 125-134.