

# Đặc điểm độ lún nền đất theo các phương pháp khác nhau

Feature of ground settlement according to different methods

> **THS. NCS LÂM NGỌC QUÍ<sup>1</sup>, PGS. TS BÙI TRƯỜNG SƠN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: lamngocqui@mtu.edu.vn

<sup>2</sup> Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường ĐH Bách khoa-ĐHQG TPHCM

Email: buitruongson@hcmut.edu.vn

## TÓM TẮT

Độ lún của nền đất là một trong các vấn đề quan trọng trong tính toán thiết kế công trình. Nội dung của bài viết trình bày kết quả độ lún dự tính trên cơ sở các phương pháp tính khác nhau ứng với các đặc trưng biến dạng khác nhau. Căn cứ cơ sở đặc trưng biến dạng từ thí nghiệm nén lún của cùng một loại đất nền, giá trị độ lún tính toán theo mô hình nền một chiều và hai chiều được sử dụng để phân tích và so sánh với kết quả mô phỏng. Kết quả nghiên cứu giúp chọn lựa phương pháp hợp lý để dự tính độ lún trong sơ đồ bài toán phẳng. **Từ khóa:** độ lún của nền đất, đặc trưng biến dạng, giá trị độ lún theo mô hình nền hai chiều, sơ đồ bài toán phẳng.

## ABSTRACT

Ground settlement is one of the most important problems in construction calculation and design. The content of the paper presents results of predicting settlements based on different calculating methods according to different deformation characteristics. Based on different deformation characteristics from compression test of executive ground, the settlement value according to one and two dimension models are used for analyzing and comparison with the simulation result. The result of the research helps select the reasonable method for predicting settlement in two-dimensional diagram.

**Key words:** Ground settlement, deformation characteristics, the settlement value according to one and two dimension models, two-dimensional diagram.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tính toán thiết kế móng nông hay công trình đất, độ lún của nền đất dự tính là chuyển vị đứng tại tâm diện gia tải. Theo các chỉ dẫn trong các tài liệu phổ biến, các dữ liệu thí nghiệm nén lún như module tổng biến dạng  $E_0$ , hệ số Poisson  $\nu$  hay hệ số nén thể tích  $a_0$  [1], [2], [3], [4], chỉ số nén  $C_c$ , chỉ số nén lại  $C_s$  và áp lực tiền cố kết  $p_c$  [5], [6], [7] kết hợp với ứng suất gây lún theo phương đứng được sử dụng. Ở đây, việc sử dụng  $C_c$ ,  $C_s$ ,  $p_c$  hoặc trực tiếp theo hệ số rỗng để ước lượng độ lún căn cứ trên cơ sở bài toán một chiều. Ngoài ra, việc sử dụng đại lượng  $E_0$  hay  $a_0$  để ước lượng độ lún cũng căn cứ trên cơ sở bài toán một chiều do xem xét nền dưới móng không có chuyển vị ngang. Tuy nhiên, đối với móng nông, độ lún dự tính thường lớn hơn thực tế do độ lún ở biên móng nhỏ hơn và độ cứng của móng phân phối lại độ lún.

Trong thực tế, mặc dù chịu áp lực đất xung quanh, nhưng đất nền có thể bị dịch chuyển theo phương ngang dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng, nhiều kết quả quan trắc chuyển vị ngang trong nền đất yếu cho thấy rõ điều đó [9]. Hơn nữa, việc phân tích đánh giá đặc điểm chuyển vị của đất nền có thể thực hiện dễ dàng bằng cách mô phỏng bằng phần mềm trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn.

Trong thiết kế, mực nước ngầm được lấy ở thời điểm khảo sát được sử dụng. Việc phân tích ảnh hưởng của mực nước ngầm lên độ lún cũng cần được phân tích bổ sung nhằm định hướng chọn lựa phương án an toàn.

## 2. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ƯỚC LƯỢNG ĐỘ LÚN CỦA NỀN CÔNG TRÌNH

Biến dạng của đất nền trong các bài toán Địa kỹ thuật thường được đánh giá thông qua độ lún. Tồn tại một số phương pháp khác nhau để xác định trị số lún như lý thuyết nền biến dạng đàn hồi cục bộ, lý thuyết nền hỗn hợp, lý thuyết nền biến dạng tổng quát, lý thuyết nền biến dạng tuyến tính. Các lý thuyết này đều căn cứ trên cơ sở lý thuyết đàn hồi [1], [2].

Trong đánh giá độ lún của nền đất dưới tác dụng của tải trọng ngoài, phạm vi vùng chịu lún ảnh hưởng đáng kể lên giá trị độ lún dự tính cũng như cách xác định độ lún. Trong các bài toán độ lún, phạm vi vùng chịu nén lún thường được đánh giá dưới dạng bề dày lớp đất chịu nén kể từ biên tác dụng tải trọng. Ngoài phương pháp xác định theo giá trị độ bền cấu trúc  $p_{st}$  (N.A. Tsutôvich) và theo gradient ban đầu  $i_0$  cho nền loại sét (N.N. Maslov), phổ biến rộng rãi đối với các công trình dân dụng và công nghiệp xem phạm vi vùng nén lún ở độ sâu mà ứng suất do tải trọng ngoài bằng 0,2 ứng suất do trọng lượng bản thân và bằng 0,1 khi tính cho nền đất yếu.

Sau khi xác định chiều dày vùng ảnh hưởng của lún, để hạn chế sai số, độ lún của toàn bộ lớp đất sẽ xác định như tổng độ lún của các lớp phân tố:  $S = \sum_{i=1}^n S_i$ .

Trường hợp sử dụng đường cong nén lún  $e-p$ , độ lún của mỗi lớp phân tố có thể xác định bằng công thức sau [1], [2]:

$$S_i = \frac{e_{ii} - e_{2i}}{1 + e_{ii}} h_i = a_{oi} \sigma_{zi} h_i = m_{vi} \sigma_{zi} h_i = \frac{\beta}{E_o} \sigma_{zi} h_i \quad (1)$$

trong đó:  $S_i$  – độ lún của lớp đất phân tố;  $e_{ii}$  – hệ số rỗng của đất tại điểm giữa lớp phân tố ứng với ứng suất do trọng lượng bản thân đất  $p_1 = \sigma_{zg}$ ;  $e_{2i}$  – hệ số rỗng của đất cũng tại điểm trên ứng với ứng suất do trọng lượng bản thân đất và tải trọng ngoài  $p_2 = \sigma_{zg} + \sigma_{zp}$ ;  $a_{oi}$  – hệ số nén tương đối của đất tại điểm giữa lớp đang xét hay  $m_{vi}$  – hệ số nén thể tích;  $\sigma_{zi}$  – ứng suất do tải trọng ngoài gây ra tại điểm giữa lớp;

$\beta$  – hệ số có xét đến tính nở hông,  $\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$ . Giá trị của  $\beta$  phụ

thuộc giá trị hệ số Poisson  $\nu$  của từng loại đất và cũng có khi chọn  $\beta = 0,8$  chung cho tất cả các loại đất;  $E_o$  – module tổng biến dạng của đất nền;  $h_i$  – chiều dày lớp phân tố.

*Trường hợp sử dụng đường cong nén  $e - \log(p)$  [2], độ lún do cố kết của lớp đất nền được tính như sau:*

- Đối với đất cố kết trước:  $p_1 < p_c < p_2$

$$S_i = \frac{C_s}{1 + e_o} h_i \log \frac{p_2}{p_1} + \frac{C_c}{1 + e_o} h_i \log \frac{p_2}{p_c} \quad (2)$$

trong đó:  $e_o$  – hệ số rỗng ban đầu của lớp đất đang xét (ứng với thời điểm trước khi xây dựng công trình);  $p_c$  – ứng suất tiền cố kết;  $C_c$  – chỉ số nén;  $C_s$  – chỉ số nén lại.

*Cần chú ý lý thuyết nền biến dạng đàn hồi toàn bộ [1], [2], trường hợp nền đất có chiều dày vô hạn:* bằng cách phân tích biểu thức xác định chuyển vị thẳng đứng của một điểm bất kỳ trong lý thuyết tổng biến dạng đàn hồi (J. Boussinesq), công thức xác định độ lún của nền đất được đưa về dạng chung như sau:

$$S = \frac{p\sqrt{F}}{C} \omega \quad (3)$$

trong đó:  $S$  – độ lún của nền đất;  $p$  – áp lực do tải trọng công trình;  $F$  – diện tích đáy móng;

$$\text{với: } C = \frac{E_o}{1 - \nu^2}$$

$\omega$  – hệ số tỷ lệ có xét đến ảnh hưởng của yếu tố hình dạng và độ cứng của móng, được xác định bằng cách tra bảng.

Riêng đối với móng hình chữ nhật, độ lún của móng được xác định theo công thức:

$$S = \frac{pb}{C} \omega \quad (4)$$

ở đây:  $b$  – cạnh ngắn của móng.

*Trường hợp nền đất có chiều dày giới hạn:* công thức (3), (4) chỉ đúng cho trường hợp nền đất là một nửa không gian biến dạng tuyến tính đồng nhất và đẳng hướng. Trong trường hợp nền đất chiều dày giới hạn, Gorbunov - Posadov kiến nghị thay hệ số tỷ lệ  $\omega$  bằng hệ số  $\omega_n$  được xác định trên cơ sở phân tích gần đúng phương trình chuyển vị. Đối với móng tròn tuyệt đối cứng, K.E. Egorov đề nghị thay đổi hệ số  $\omega$  trong công thức (3), (4) bằng hệ số  $k$ , được xác định trên cơ sở biến đổi phương trình tích phân của chuyển vị sang dạng phương trình tích phân Frenholm bậc hai và giải gần đúng.

*Phương pháp lớp tương đương của N.A. Txutovich* là sự kết hợp kết quả bài toán nền đất một chiều và phương pháp trực tiếp sử dụng lý thuyết đàn hồi. Đặc điểm của phương pháp này là thay việc tính lún của nền đất dưới tác dụng của tải trọng cục bộ trong điều kiện có biến dạng nở hông bằng việc tính lún nền đất dưới tác dụng của tải trọng cùng cường độ nhưng phân bố đều khắp trên bề mặt làm cho nền đất lún theo điều kiện của bài toán một chiều.

Để kết quả bài toán phù hợp với cả hai sơ đồ thì chiều dày lớp đất chịu tải phân bố đều khắp trên bề mặt phải có chiều dày nhất định. Lớp đất có chiều dày  $h_s$  như vậy được gọi là lớp tương đương.

Theo lý thuyết đàn hồi (4) và theo bài toán nền đất một chiều (1):

$$\frac{pb\omega(1-\nu^2)}{E} = \frac{\beta}{E} \sigma_{zi} h_s \quad (5)$$

$$\text{Từ đó: } h_s = \frac{b\omega(1-\nu^2)}{\beta} = A\omega b \quad (6)$$

ở đây, trị số của  $A\omega$  được lập thành bảng tra theo loại đất và kích thước móng. Độ lún theo phương pháp lớp tương đương có dạng:

$$S = \frac{\beta}{E_o} p h_s = a_o p h_s \quad (7)$$

Trường hợp có nhiều lớp đất cần thiết xác định hệ số nén tương đối trung bình  $a_{om}$  trong phạm vi vùng chịu nén  $2h_s$  dưới đáy móng.

Ưu điểm của phương pháp lớp tương đương là cho phép đánh giá độ lún theo thời gian trên cơ sở lý thuyết cổ kết thẩm một chiều do sơ đồ bài toán tính lún được chuyển từ hai chiều thành bài toán một chiều.

Nếu xem nền đất dưới tác dụng tải trọng ngoài có dạng mô hình cột đất đàn hồi và độ lún tổng cộng bao gồm hai thành phần do biến dạng hình dạng và biến dạng thể tích [7]:

$$S = S_s + S_v = \int_0^h \frac{\sigma_z - \sigma}{2G} dz + \int_0^h \frac{\sigma}{K} dz = \frac{\sigma_z - \sigma}{2G} \cdot h + \frac{\sigma}{K} \cdot h \quad (8)$$

ở đây:  $G$  – module biến dạng cắt,  $G = \frac{E_o}{2(1+\nu)}$ ;  $K$  – module biến

dạng thể tích,  $K = \frac{E_o}{(1-2\nu)}$ ;  $\sigma$  – ứng suất nén đẳng hướng;  $h$  – bề dày

lớp đất chịu nén.

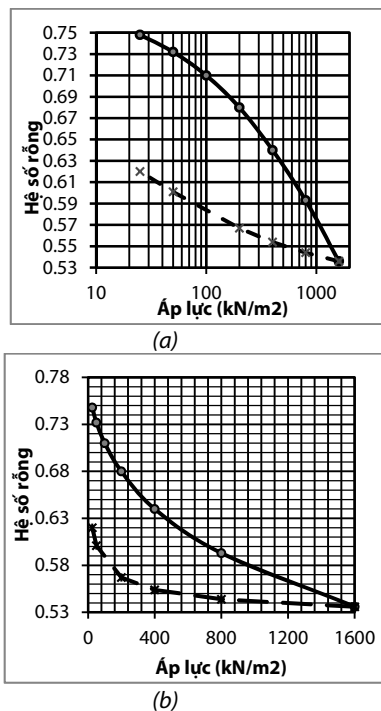
### 3. ĐẶC ĐIỂM ĐỘ LÚN NỀN ĐẤT DƯỚI MÓNG NÔNG THEO CÁC PHƯƠNG PHÁP KHÁC NHAU

Để phân tích sâu hơn về ảnh hưởng của các đặc trưng biến dạng, cũng như sự khác biệt của các phương pháp ước lượng độ lún lên giá trị độ lún của đất nền, chúng tôi tiến hành phân tích bài toán độ lún dưới móng nông với các kích thước khác nhau được xét trong cùng một điều kiện đặc điểm địa chất.

Căn cứ một số hồ sơ khảo sát địa chất công trình ở thành phố Hồ Chí Minh như Thủ Đức, Quận 10, Quận 11, Phú Nhuận và một số nơi khác, cấu tạo địa chất phù hợp với giải pháp móng nông cho các công trình vừa và nhỏ. Ở đây, cấu tạo địa chất bao gồm hai lớp đất chính: Lớp 1: Sét pha cát màu nâu vàng, nâu đỏ, trạng thái dẻo cứng – nửa cứng, có bề dày từ 8,0 m - 9,0 m, đôi chỗ xen kẹp các thấu kính sỏi sạn laterite; Lớp 2: Cát vừa đến mịn lẫn bột màu nâu vàng trạng thái chặt vừa, phạm vi phân bố của Lớp 2 kể từ đáy Lớp 1 đến độ sâu hơn 30 m. Mực nước ngầm nằm ở độ sâu xấp xỉ 2 m.

Phạm vi ảnh hưởng của nền đất dưới móng nông chủ yếu nằm trong lớp 1, có đặc trưng cơ lý được tóm tắt như sau: dung trọng tự nhiên  $\gamma = 19,10 \text{ KN/m}^3$ ; dung trọng bão hòa  $\gamma_{sat} = 19,43 \text{ KN/m}^3$ ; hệ số rỗng  $e = 0,775$ ; lực dính  $c = 30 \text{ kN/m}^2$ ; góc ma sát trong  $\varphi = 18^\circ$ ; hệ số Poisson  $\nu = 0,35$ ; chỉ số nén  $C_c = 0,189$ ; chỉ số nở  $C_s = 0,063$ ; ứng suất cố kết trước  $p_c = 182 \text{ kN/m}^2$ .

Để tiến hành phân tích so sánh, 03 loại móng nông với kích cỡ khác nhau được chọn lựa tính toán (Bảng 1) với cùng ứng suất gây lún  $p = 90 \text{ kN/m}^2$ . Do kích cỡ khác nhau nên phân bố ứng suất khác nhau theo độ sâu và tương ứng là bề dày lớp đất chịu nén cũng như giá trị module tổng biến dạng chọn lựa tính toán theo ứng suất cũng có sự khác biệt. Ở đây, bề dày lớp đất chịu nén chọn lựa theo điều kiện ứng suất do tải trọng ngoài bằng 0,2 ứng suất do trọng lượng bản thân và module tổng biến dạng là giá trị trung bình ở giữa lớp đất chịu nén với ứng suất ban đầu và sau khi chịu tải (Bảng 1). Áp lực tiêu chuẩn dưới đáy móng tính được  $R_{II} = 299 \text{ kN/m}^2$  nên thỏa điều kiện nền làm việc trong phạm vi đàn hồi.



**Hình 1.** Biểu đồ kết quả thí nghiệm nén cố kết mẫu sét pha dưới dạng e - p và e - log(p).

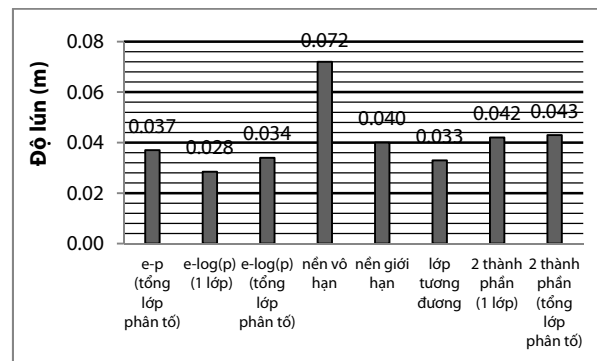
**Bảng 1.** Kích thước móng, bề dày lớp chịu nén và module tổng biến dạng tương ứng (tính toán)

| STT | Loại móng     | Kích thước |       | Độ sâu đặt móng (m) | Bề dày lớp chịu nén h (m) | Module tổng biến dạng $E_0$ ( $\text{kN/m}^2$ ) |
|-----|---------------|------------|-------|---------------------|---------------------------|-------------------------------------------------|
|     |               | L (m)      | B (m) |                     |                           |                                                 |
| 1   | Móng vuông    | 2,0        | 2,0   | -2,0                | 3,3                       | 2465                                            |
| 2   | Móng chữ nhật | 4,0        | 2,0   | -2,0                | 4,25                      | 2444                                            |
| 3   | Móng băng     | 22,0       | 2,0   | -2,0                | 6,0                       | 2394                                            |

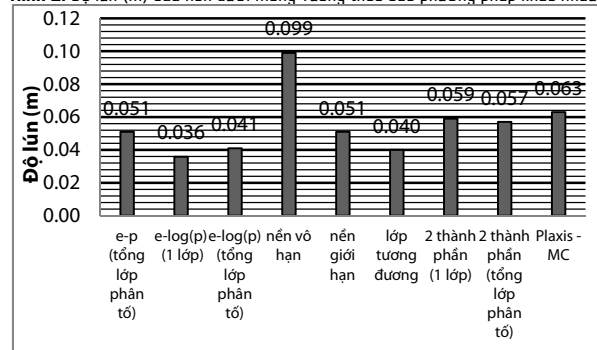
Độ lún của móng vuông theo các phương pháp tính toán và thể hiện như ở Hình 2. Kết quả tính toán cho thấy có sự khác biệt đáng kể trong giá trị độ lún ước lượng theo các phương pháp khác nhau. Ở đây, giá trị độ lún theo lý thuyết đàn hồi khi xem nền có bề dày vô hạn có giá trị lớn nhất (0,072 m) trong khi kết quả dự tính độ lún theo đường cong nén lún bán logarit khi xem nền là một lớp có giá trị nhỏ nhất (0,028 m). Bên cạnh đó, độ lún theo các phương pháp còn lại có giá trị khác biệt nhau không đáng kể. Ngoài ra, kết quả tính toán theo tổng lớp phân tố cho giá trị độ lún lớn hơn so với trường hợp chỉ tính cho một lớp.

Kết quả tính toán còn cho thấy các phương pháp tính với sơ đồ bài toán nền đất một chiều (không xét biến dạng do chuyển vị ngang) đều cho giá trị nhỏ nhất. Phương pháp phân chia độ lún thành hai thành phần (do nén ép thể tích và do đất nền dịch chuyển ngang) có xu hướng cho kết quả độ lún lớn hơn so với kết quả tính toán theo sơ đồ bài toán nền đất một chiều.

Độ lún của nền đất dưới móng hình chữ nhật (Hình 3) đều có giá trị lớn hơn so với kết quả tính toán cho móng vuông. Đặc điểm khác biệt trong giá trị độ lún dự tính tương tự như ở móng vuông. Trong trường hợp này, do ứng suất tác dụng gây phạm vi vùng chịu nén lún h lớn hơn cũng như ứng suất theo phương đứng gây lún giảm chậm hơn theo độ sâu.



**Hình 2.** Độ lún (m) của nền dưới móng vuông theo các phương pháp khác nhau



**Hình 3.** Độ lún (m) của nền dưới móng hình chữ nhật theo các phương pháp khác nhau.

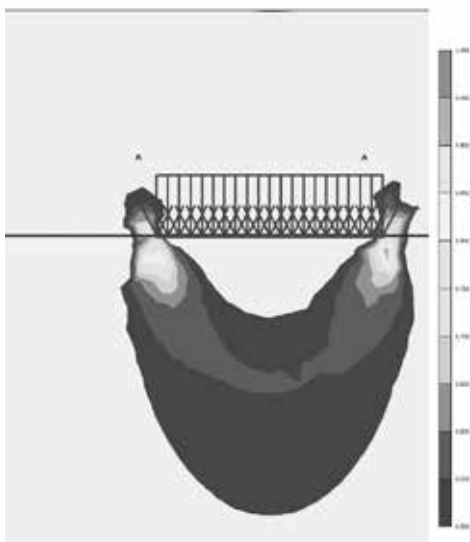
Do việc thực nghiệm quan trắc chuyển vị của đất nền dưới móng khó khăn nên để khảo sát có thể tiến hành mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Trong tính toán phân tích độ lún dưới móng băng, mô hình đàn hồi - dẻo lý tưởng (Mohr-Coulomb) được lựa chọn để so sánh với các phương pháp sử dụng module tổng biến dạng  $E_0$  và mô hình đất mềm (modified Cam clay) để so sánh với các phương pháp sử dụng chỉ số nén và chỉ số nén lại.

Dưới tác dụng của tải trọng ngoài, đất nền bị nén ép và giảm thể tích gây độ lún. Tuy nhiên, do sự chênh lệch áp lực theo phương đứng và phương ngang, một phần đất có thể bị chuyển vị ngang nếu diện tích tải giới hạn theo phương ngang. Phương pháp phần tử hữu hạn cho phép mô phỏng ứng xử theo các phần tử chia nhỏ nếu có thể mô phỏng được đặc điểm và xu hướng chuyển vị trong đất nền. Kết quả mô phỏng (Hình 4) cho thấy đất nền ứng xử chủ yếu trong phạm vi đàn hồi, vùng biến dạng dẻo không đáng kể. Kết quả ở Hình 6 cho thấy đất nền dưới móng băng bị chuyển vị ngang một phần và gây độ lún bổ sung.

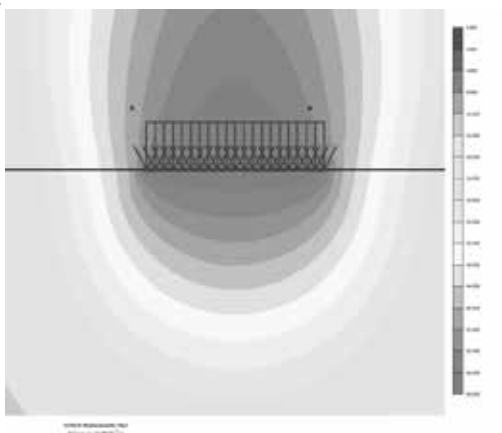
Tổng hợp kết quả độ lún dưới móng băng theo các phương pháp và mô phỏng thể hiện như ở Hình 7. Từ kết quả mô phỏng, có thể thấy rằng giá trị độ lún theo mô hình modified Cam clay khi xem nền ở trạng thái cố kết thường có giá trị lớn nhất và đạt đến giá trị 0,089 m. Kết quả tính toán theo mô hình Mohr - Coulomb với giá trị module tổng biến dạng theo trạng thái ứng suất và mô hình modified Cam clay có xét đến giá trị OCR = 2,74 (ứng với  $p_c = 182 \text{ kN/m}^2$  và ứng suất do trọng lượng bản thân tại điểm giữa nền là  $\sigma_{zg} = 66,5 \text{ kN/m}^2$ ) cho độ lún xấp xỉ nhau (0,063 m). Như vậy, khi sử dụng chỉ số nén và chỉ số nén lại trong dự tính độ lún thì cần đặc biệt lưu ý xét chi tiết giá trị ứng suất cố kết trước, trong trường hợp cần thiết thì nhất thiết thì phân chia thành các lớp có mức độ quá cố kết khác nhau thì độ lún mới đạt được độ chính xác cần thiết.

Ngoài ra, các kết quả mô phỏng khác nhau đều cho thấy đất nền dưới móng đều có xu hướng chuyển vị ngang. Ở đây, xu hướng chuyển vị ngang bắt đầu từ 0 kể từ mép móng và tăng dần theo độ

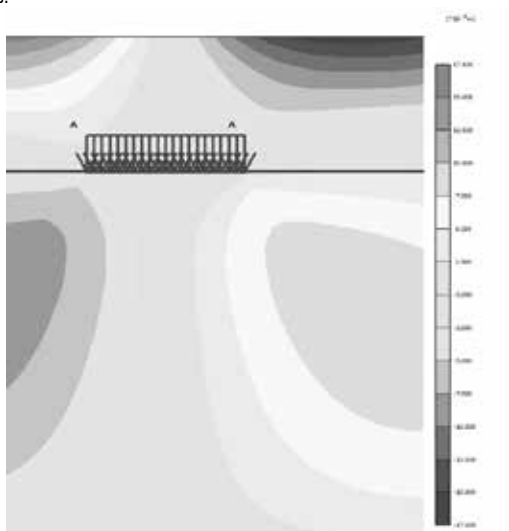
sâu, sau đó lại giảm dần lại về 0 ở biên dưới. Chuyển vị ngang lớn nhất dưới mép móng được quan sát thấy ở độ sâu xấp xỉ một nửa bề rộng móng.



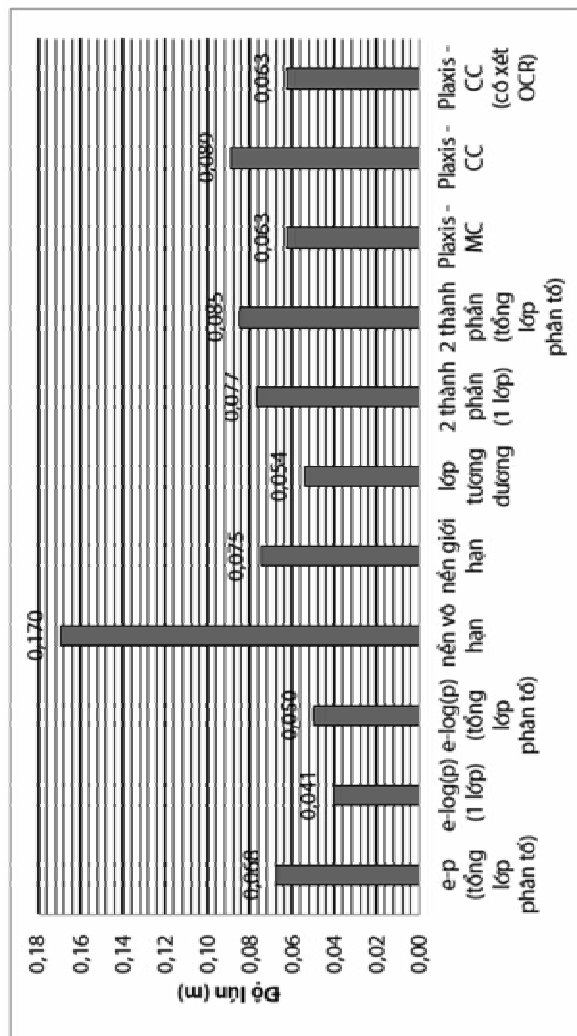
Hình 4. Đặc điểm ứng suất tiếp tương đối dưới móng băng theo mô hình Mohr – Coulomb.



Hình 5. Chuyển vị đứng trong nền đất dưới móng băng theo mô hình Mohr – Coulomb.



Hình 6. Chuyển vị ngang trong nền đất dưới mép móng băng theo mô hình Mohr – Coulomb.

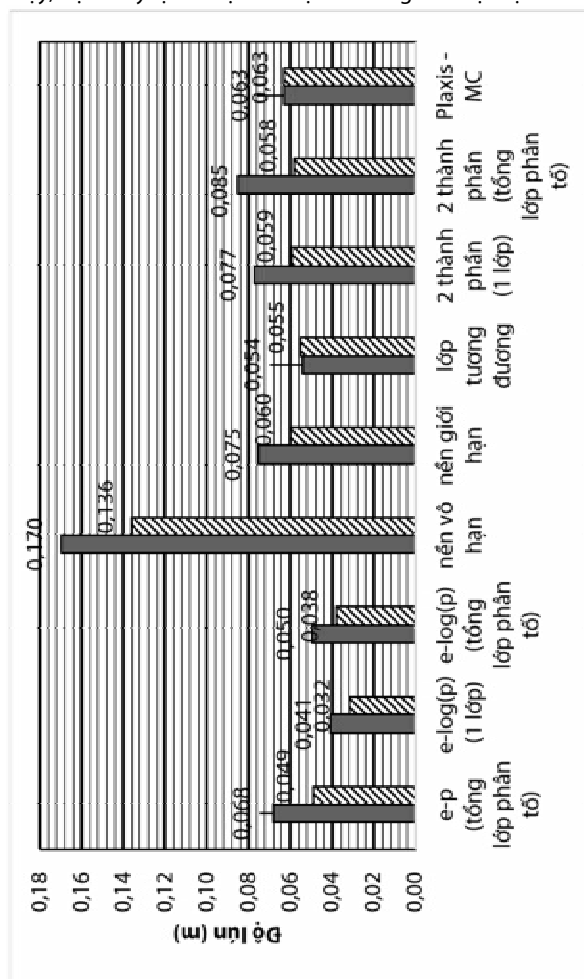


Hình 7. Độ lún (m) của móng băng theo các phương pháp khác nhau

Trong đánh giá độ lún ổn định, ứng suất tác dụng là suất hữu hiệu nên chịu ảnh hưởng đáng kể của mực nước ngầm. Theo các tài liệu cơ bản về tính chứa nước của đất, đối với đất loại sét dẻo cứng đến cứng, trong đất không tồn tại nước tự do nên việc xét áp lực nước lỗ rỗng có thể dẫn đến các sai lầm. Để phân tích sâu hơn ảnh hưởng của mực nước ngầm lên giá trị độ lún dự tính, trong trường hợp đất nền là sét pha dẻo cứng – nửa cứng xem như không có nước tự do. Kết quả tính toán và mô phỏng đánh giá độ lún của nền dưới móng băng có xét và không xét mực nước ngầm tổng hợp như ở Hình 8.

Đối với mô phỏng bằng phần mềm hay tính toán, khi tính với cùng một giá trị bề dày lớp đất chịu nén thì độ lún ổn định thu được sẽ như nhau khi có hay không có mực nước ngầm vì nền đất cố kết hoàn toàn và đặc trưng cơ lý chọn lựa không đổi. Ở đây, bài toán mô phỏng chọn bề dày như nhau trong trường hợp có và không có xét mực nước ngầm. Phương pháp lớp tương đương với bề dày lớp đất tương đương không phụ thuộc mực nước ngầm nên cho giá trị độ lún khác biệt không đáng kể (có sự khác biệt không đáng kể trong giá trị đặc trưng biến dạng theo trạng thái ứng suất hữu hiệu nên kết quả có khác nhau).

Đối với kết quả tính bằng giải tích theo các phương pháp khác nhau, bề dày lớp đất chịu nén chọn lựa theo ứng suất: khi độ sâu mực nước ngầm lớn, ứng suất do trọng lượng bản thân sẽ lớn hơn nên tương ứng bề dày lớp đất chịu nén ít lại. Hơn nữa, trạng thái ứng suất thay đổi thì giá trị  $E_0$  cũng thay đổi tương ứng. Về tổng thể, độ lún dự tính có xu hướng nhỏ hơn khi mực nước ngầm nằm sâu hơn. Như vậy, độ lún tỷ lệ với độ sâu mực nước ngầm chọn lựa tính toán.



**Hình 8.** Độ lún (m) của móng băng theo các phương pháp khác nhau có xét và không xét ảnh hưởng mực nước ngầm

Tổng hợp các trường hợp phân tích có thể thấy rằng việc tính toán theo sơ đồ bài toán nền đất một chiều đều cho giá trị độ lún bé hơn so với các trường hợp xem đất nền có chuyển vị ngang một phần và ảnh hưởng đến giá trị độ lún.

Điều ghi nhận thêm ở đây là khi mực nước ngầm hạ thấp thì kết quả dự tính theo các phương pháp đều cho giá trị độ lún nhỏ hơn trừ phương pháp tương đương. Đối với diện gia tải đều khắp, khi mực nước ngầm hạ thấp, ứng suất do trọng lượng bản thân gia tăng nên có thể gây độ lún bổ sung. Trong trường hợp tính toán cho các móng có bề rộng giới hạn, xét điều kiện  $\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$ , khi mực nước ngầm hạ thấp thì phạm vi vùng ảnh hưởng nhỏ lại nên kết quả cho giá trị độ lún bé hơn tương ứng.

Tuy vậy, độ lún (chuyển vị thẳng đứng) tại tâm móng từ kết quả mô phỏng khi xuất hiện vùng biến dạng dẻo trong nền đất sẽ có giá trị lớn hơn so với kết quả tính theo các sơ đồ bài toán một chiều. Giá trị độ lún khi xem độ lún bao gồm hai thành phần luôn cho giá trị độ lún lớn hơn cả so với các phương pháp khác (trừ trường hợp xem nền là vô hạn).

#### 4. NHẬN XÉT KẾT LUẬN

Từ kết quả chọn lựa đặc trưng biến dạng, bề dày lớp đất chịu nén theo trạng thái ứng suất và tính toán theo sơ đồ bài toán nền đất một chiều và hai chiều nhằm phân tích độ lún dưới móng nông có thể rút ra các kết luận chính như sau:

- Độ lún theo kết quả đường cong nén  $e - \log(p)$  khi xem nền là một lớp cho giá trị bé nhất. Ở đây cũng nên lưu ý rằng trong các tài liệu chỉ dẫn sử dụng phương pháp này việc tính toán thường chỉ tính cho nền một lớp.

- Phương pháp phân chia độ lún thành hai thành phần cho giá trị độ lún lớn hơn nhưng khác biệt đáng kể so với các phương pháp khác.

- Độ lún khi xem nền là bán không gian vô hạn cho giá trị lớn nhất và lớn hơn đáng kể so với các kết quả dự tính theo các phương pháp khác.

- Kết quả mô phỏng bằng Plaxis cho thấy đất nền dưới mép móng chuyển vị ngang. Phần chuyển vị ngang chủ yếu hướng về phía ngoài móng nên gây ra độ lún bổ sung.

- Khi mực nước ngầm hạ thấp, độ lún có xu hướng có giá trị nhỏ hơn theo tất cả các phương pháp tính do bề dày lớp đất chịu nén nhỏ hơn (trừ phương pháp lớn tương đương).

- Độ lún từ kết quả mô phỏng theo mô hình Mohr-Coulomb và mô hình modified Cam clay có xét đến OCR có giá trị xấp xỉ nhau.

Trong tính toán độ lún theo đường cong  $e - \log(p)$  cần lưu ý giá trị  $p_c$  ảnh hưởng đáng kể lên kết quả độ lún dự tính nên có thể gây sai số lớn trong kết quả. Ngoài ra, việc ước lượng giá trị  $p_c$  phụ thuộc nhiều yếu tố như: cấp áp lực nén, vị trí chọn điểm uốn nền giá trị này có thể khác biệt và khó xác định chính xác. Phương pháp phân chia độ lún thành hai thành phần cho độ lún khác biệt không đáng kể so với các phương pháp khác nên phù hợp sử dụng khi dự tính sự phân bố độ lún ở tâm và ở biên trong nền đắp (các phương pháp không ứng dụng được).

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Quý An, Nguyễn Công Mẫn, Nguyễn Văn Quý (1995). Cơ học đất. NXB Đại học và trung học chuyên nghiệp.
- [2] N.A. Xútôvich (1987). Cơ học đất. NXB Nông nghiệp Hà Nội.
- [3] Chỉ dẫn thiết kế nền, nhà và công trình (bản dịch) (2007). Viện nghiên cứu khoa học nền và công trình ngầm mang tên N. M. Gerxevanov, NXB Xây dựng.
- [4] TCVN 9362:2012 Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình, 2012.
- [5] Braja M. Das (2016). Basic of Foundation Design. Fellenius B.H.
- [6] Braja M. Das (2008). Shallow Foundations - Bearing capacity and Settlement. Second edition. Taylor & Francis.
- [7] Bùi Trường Sơn. Biến dạng tức thời và lâu dài của nền đất sét bão hòa nước. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, Tập chí số 9 năm 2006. Trang 17-24.
- [8] Bùi Trường Sơn. Độ lún của đất nền có xét đến sự thay đổi các thông số biến dạng theo độ sâu. Tập 16, Tuyển tập kết quả khoa học công nghệ 2013, NXB Nông nghiệp. Trang 327-334.
- [9] Rolf Larrson, Hakan Mattsson (2003). Settlement and shear strength increase below embankment. Swedish Geotechnical Institute.