

Đánh giá khả năng mất ổn định của móng nông trên nền đất có tính lún ướt

Analysing and evaluating unstability of shallow foundation on collapsible ground

PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN¹; THS LÊ TIẾN NGHĨA²

¹ Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM

Email: buitruongson@hcmut.edu.vn

² Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: letiennghia@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Nội dung bài viết trình bày tính toán, mô phỏng và phân tích trong đánh giá khả năng ổn định và độ lún của nền đất dưới móng nông có xét đến sự thay đổi đặc trưng cơ lý sau khi ẩm ướt. Kết quả phân tích cho thấy khả năng chịu tải của nền đất có thể giảm đáng kể và gây phá hoại khi bị ngấm nước. So sánh với độ lún dự tính theo kết quả nén mẫu bão hòa, độ lún có xét tính lún ướt lớn hơn đáng kể và vượt quá giới hạn cho phép có thể gây mất ổn định công trình. Kết quả phân tích chỉ ra các nguyên nhân hư hỏng các cấu kiện của công trình và những lưu ý trong việc tính toán, thiết kế móng nông trên nền đất ở khu vực miền Đông Nam bộ.

Từ khóa: Mất ổn định của móng nông; nền đất lún ướt.

ABSTRACT

The content of the article presents the calculation, simulation and analysis in evaluation of stability and settlement of ground under shallow foundation accounting on change of physico-mechanical characteristics of soil after wetting. The analysis results show that bearing capacity can be significantly reduced and cause damage when soaked in water. In comparison with predicted settlement based on result of compression of saturated sample, the settlement considering collapse characteristic is significantly larger and exceeds the allowable limit, which can cause instability of structure. The analysis results show the causes of damage to building's components and attentions in calculation, design of shallow foundations on ground in the Southeast region.

Keywords: Unstability of shallow foundation; collapsible ground.

1. ĐẶC ĐIỂM TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ ĐẶC TRƯNG CƠ LÝ CỦA ĐẤT CÓ TÍNH LÚN ƯỚT

Việc thí nghiệm đất và tính toán thiết kế móng nông trên nền đất có tính lún ướt được trình bày trong các tài liệu chỉ dẫn [1], [2]. Ở đây, đất loại sét có độ bão hòa thấp có xu hướng tính lún ướt. Kết quả khảo sát và tổng hợp của nhiều công trình ở khu vực Tây Nguyên và miền Đông Nam bộ cũng chỉ ra rằng lớp sét pha gần bề mặt có độ bão hòa thấp thường có tính lún ướt [3]. Việc đánh giá tính lún ướt của đất trong phòng thí nghiệm chủ yếu tập trung thể hiện tính biến dạng của đất thông qua hệ số lún ướt tương đối. Tuy nhiên, sau khi ẩm ướt, ngoài các đặc trưng biến dạng thì độ bền của đất nền cũng bị giảm đáng kể [4]. Trong đa số thiết kế của các dự án công trình nhà vừa và nhỏ ở khu vực này, hiện tượng lún ướt và tính toán đánh giá lún ướt chưa được xét đến. Do đó, sau một khoảng thời gian sử dụng, các cấu kiện công trình bị hư hỏng cục bộ do độ lún bổ sung, thậm chí đất nền mất khả năng chịu tải do đất bị ẩm ướt. Thông qua các đặc trưng cơ lý của đất từ thí nghiệm trong phòng, nội dung bài viết chủ yếu đề cập đến việc áp dụng tính toán định lượng nhằm giải thích và phân tích khả năng mất ổn định của móng nông trên nền đất có tính lún ướt.

Tính toán nền trên đất lún ướt theo biến dạng xuất phát từ điều kiện:

$$S + S_s \leq S_{gh} \quad (1)$$

Ở đây: S - độ lún của nền đất dưới tác dụng của tải trọng ngoài; S_{gh} - độ lún giới hạn cho phép.

Độ lún ướt của nền đất S_s do tải trọng của móng gây ra được xác định theo công thức:

$$S_s = \sum_{i=1}^n \delta_{si} h_i m \quad (2)$$

Trong đó: δ_{si} - độ lún ướt tương đối của đất, xác định khi bão hòa nước ở áp lực nén bằng tổng áp lực thiên nhiên và áp lực do móng công trình gây ra; h_i - chiều dày lớp đất thứ i ; n - số lớp đất được chia trong vùng biến dạng h_{bd} ; m - hệ số điều kiện làm việc của nền.

Kết quả khảo sát địa chất công trình ở khu vực Xưởng may mở rộng - Tổng công ty dệt Việt Thắng ở phường Linh Trung, Thủ Đức, TP.HCM cho thấy tới độ sâu thăm dò 35 m cấu tạo địa chất bao gồm các lớp đất sau:

• **Lớp 1:** Sét pha cát xám trắng, dẻo mềm, bề dày trung bình 5,5 m, phân bố đều khắp trong khu vực công trình.

• **Lớp 2:** Đất sét nâu vàng, nâu đỏ, xám trắng, nửa cứng đến cứng, bề dày trung bình 17,0 m.

• **Lớp 3:** Đất sét nâu vàng loang xám xanh, nửa cứng đến cứng, bề dày trung bình 5,9 m.

• **Lớp 4:** Cát pha nâu vàng, xám trắng, xám xanh, kết cấu chặt vừa, bề dày trung bình 7,6 m.

Mức nước ngầm tại thời điểm khảo sát mùa khô phân bố ở độ sâu cách mặt đất tự nhiên 15,5 m.

Bảng 1. Tổng hợp đặc trưng cơ lý đất

Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Sét pha (Lớp 1)	Sét (Lớp 2)	Sét (Lớp 3)
Độ ẩm tự nhiên	W (%)	6,9	22,6	20,0
Dung trọng tự nhiên	γ (kN/m ³)	16,8	18,2	18,4
Dung trọng khô	γ_d (kN/m ³)	15,7	16,3	16,9
Dung trọng bão hòa	γ_{sat} (kN/m ³)	19,8	20,0	20,2
Tỷ trọng hạt	G_s	2,655	2,665	2,670
Hệ số rỗng	e	0,693	0,642	0,583
Độ bão hòa	S_r	26,6	93,8	91,6
Độ sệt	B	-0,74	0,02	0,04

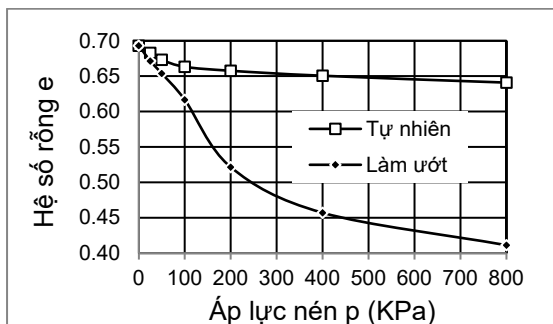
Từ kết quả khảo sát có thể thấy rằng cấu tạo địa chất ở khu vực này bao gồm các lớp đất có khả năng chịu lực tốt nên giải pháp móng nông được chọn lựa cho các công trình vừa và nhỏ. Sau khi khoan thăm dò, các mẫu đất được chuyển về phòng thí nghiệm và các thí nghiệm tiêu chuẩn được thực hiện. Kết quả thí nghiệm cho thấy các mẫu đất ở gần bề mặt có độ ẩm và độ bão hòa thấp. Mặc dù độ sệt của đất ở Lớp 1 có giá trị thấp nhưng việc căn cứ giá trị này để đánh giá trạng thái của đất có thể dẫn đến sai lầm do độ bão hòa của đất rất thấp và lượng khí đáng kể chứa trong lỗ rỗng.

Thí nghiệm nén lún được thực hiện theo các chỉ dẫn cho các mẫu có tính lún ướt của Lớp 1. Để bổ sung kết quả thí nghiệm phục vụ nghiên cứu phân tích, thí nghiệm cắt trực tiếp được thực hiện với các mẫu ở trạng thái tự nhiên và bão hòa nước.

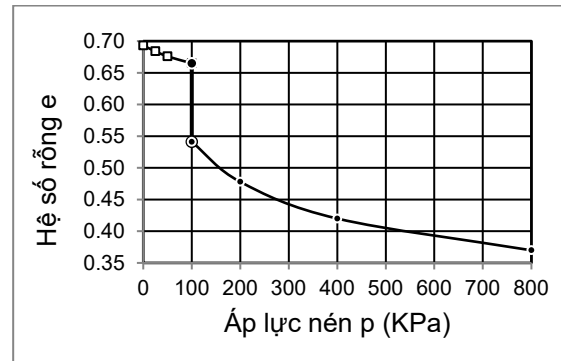
Kết quả cắt trực tiếp cho thấy sức chống cắt của mẫu bị tẩm ướt nhỏ hơn đáng kể so với kết quả thí nghiệm của mẫu đất ở độ ẩm tự nhiên (Bảng 2). Ở đây, góc ma sát trong nhỏ hơn không đáng kể nhưng lực dính của mẫu khi bị tẩm ướt chỉ còn 6,8 kN/m², nhỏ hơn đáng kể so với 106,5 kN/m² khi thí nghiệm thông thường. Thí nghiệm nén lún bằng phương pháp 2 đường cong và 1 đường cong được thực hiện (Hình 1 và Hình 2). Từ kết quả thí nghiệm lún ướt (nén lún) có thể thấy rằng mẫu đất có tính lún ướt từ trung bình đến cao theo hệ số lún ướt tương đối.

Bảng 2. Sức chống cắt mẫu tự nhiên và bão hòa của Lớp 1

MẪU TỰ NHIÊN		MẪU BÃO HÒA	
Góc ma sát trong φ	Lực dính c	Góc ma sát trong φ	Lực dính c
độ	kN/m ²	độ	kN/m ²
33°29'	106,5	27°50'	6,8



Hình 1. Đường cong nén lún mẫu đất Lớp 1 theo phương pháp 2 đường cong



Hình 2. Đường cong nén lún mẫu đất Lớp 1 theo phương pháp 1 đường cong

2. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỔN ĐỊNH CỦA NỀN ĐẤT CÓ TÍNH LÚN ƯỚT DƯỚI MÓNG NÔNG

Để phân tích đánh giá khả năng ổn định của móng nông trên nền đất có tính lún ướt, chúng tôi chọn lựa tính toán và phân tích so sánh khả năng chịu tải và độ lún của móng nông theo các đặc trưng cơ lý của đất ở trạng thái tự nhiên và trạng thái bão hòa.

2.1. Khả năng ổn định của nền đất dưới móng nông theo các đặc trưng cơ lý của đất ở trạng thái tự nhiên

Giả thiết móng đơn có kích thước 2 m x 2 m (diện tích $A = 4 \text{ m}^2$), chiều sâu chôn móng $D_f = 1,0 \text{ m}$. Căn cứ TCVN 9362-2012 và các đặc trưng cơ lý của đất ở trạng thái tự nhiên, sức chịu tải của nền đất: $R_{II} = 1130 \text{ kN/m}^2$.

Từ điều kiện: $\frac{\sum N^{tc}}{A} + \gamma_{tb} D_f \leq R_{II}$, tải trọng tiêu chuẩn $N^{tc} \leq$

4432 kN. Chọn tải trọng tiêu chuẩn thiên về an toàn: $N^{tc} = 350 \text{ kN}$, áp lực phân bố dưới diện chịu tải do tải trọng ngoài, trọng lượng bản thân móng và đất nằm bên trên đáy móng gây ra có giá trị:

$$p = \frac{\sum N^{tc}}{A} + \gamma_{tb} D_f = 109,5 \text{ kN/m}^2.$$

Căn cứ trên giả thiết cân bằng giới hạn điểm, sức chịu tải cực hạn của đất nền $q_u = 8150 \text{ kN/m}^2$. Sức chịu tải cho phép $q_a = q_u/FS$. Với hệ số an toàn $FS = 3$, sức chịu tải cho phép $q_a = 2717 \text{ kN/m}^2$.

Độ lún của nền đất dưới đáy móng được xác định bằng phương pháp độ lún tổng các lớp phân tố. Với áp lực gây lún:

$$p = \frac{\sum N^{tc}}{A} + \gamma_{tb} D_f - \gamma D_f = 92,7 \text{ kN/m}^2, \text{ bề dày lớp đất chịu nén } h_0$$

$= 4,5 \text{ m}$ căn cứ điều kiện phạm vi ứng suất do trọng lượng bản thân gấp 5 lần ứng suất gây lún. Như vậy, toàn bộ phạm vi chịu nén nằm trong Lớp 1.

Căn cứ đường cong nén lún, trạng thái ứng suất tại điểm trung bình giữa lớp đất chịu nén khi chưa chịu tác dụng tải trọng ngoài $p_1 = 54,5 \text{ kN/m}^2$ và khi chịu tác dụng tải trọng ngoài $p_2 = 81,1 \text{ kN/m}^2$, nhận được hệ số nén $a = 7,86 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{kN}$ và module tổng biến dạng $E_0 = 14945 \text{ kN/m}^2$. Với bề dày mỗi lớp phân tố 0,5 m, độ lún ổn định nhận được $S = 11,3 \text{ mm} < [S] = 80 \text{ mm}$.

Như vậy, tải trọng tiêu chuẩn $N^{tc} = 350 \text{ kN}$ cho phép nền đất dưới móng làm việc trong phạm vi đàn hồi và độ lún dự tính của móng cũng nhỏ hơn đáng kể so với giá trị giới hạn cho phép. Rõ ràng, kết quả tính toán theo các đặc trưng cơ lý đất ở trạng thái tự nhiên cho thấy thiết kế an toàn với hệ số an toàn rất cao. Ở đây, tải trọng tiêu chuẩn được chọn chỉ đến 350 kN so với giá trị giới hạn đến 4432 kN và áp lực cho phép $q_a = 2717 \text{ kN/m}^2$ với diện tích móng lên đến 4 m². Đất nền hoàn toàn ứng xử trong phạm vi đàn hồi độ lún dự tính trong trường hợp này $S = 11,3 \text{ mm}$.

2.2. Khả năng ổn định của nền đất dưới móng nông có xét đến tính lún ướt với các đặc trưng độ bền của đất khi bão hòa

Do sự quá tải của cơ sở hạ tầng hết hợp với mực nước biển dâng cao, hiện tượng ngập úng cục bộ ở các đô thị lớn thường xuyên xảy ra, đặc biệt nhiều trong các mùa mưa. Hiện tượng ngập úng làm cho đất nền bị ngấm nước và trạng thái đất nền có thể bị thay đổi. Đối với đất không bão hòa, sự tẩm ướt có thể làm suy yếu các mối liên kết cứng trong đất và thay đổi đặc trưng cơ lý [4].

Từ đặc trưng độ bền của đất ở trạng thái bão hòa, sức chịu tải của nền đất: $R_{II} = 116,8 \text{ kN/m}^2$. Từ điều kiện: $\sum \frac{N^{tc}}{A} + \gamma_{tb} D_f \leq R_{II}$,

tải trọng tiêu chuẩn $N^{tc} \leq 379,0 \text{ kN}$. Do đó, việc chọn lựa giá trị tải trọng tiêu chuẩn $N^{tc} = 350 \text{ kN}$ cho phép nền đất dưới móng ứng xử trong phạm vi đàn hồi. Khi đó, áp lực phân bố dưới đáy móng $p = 109,5 \text{ kN/m}^2$.

Sức chịu tải cực hạn của đất nền $q_u = 599,1 \text{ kN/m}^2$. Với hệ số an toàn $FS = 3$, sức chịu tải cho phép $q_a = 199,7 \text{ kN/m}^2$.

Các thành phần ứng suất gây lún và bề dày lớp đất chịu nén tương tự như trường hợp nền không bão hòa. Tuy nhiên, giá trị module tổng biến dạng sử dụng trong trường hợp này căn cứ đường cong nén lún của mẫu bão hòa có giá trị $E_o = 1522 \text{ kN/m}^2$. Độ lún dự tính trong trường hợp này $S = 120 \text{ mm} > [S] = 80 \text{ mm}$.

Độ lún có xét đến tính lún ướt sử dụng biểu thức (1) với hệ số lún ướt tương đối ở cấp áp lực nén 100 kN/m^2 , là giá trị xấp xỉ với ứng suất trung bình khi chịu tải, còn có giá trị lớn hơn so với độ lún dự tính theo đường cong nén lún mẫu bão hòa. Ở đây, độ lún có xét hệ số lún ướt tương đối theo phương pháp 2 đường cong có giá trị $137,3 \text{ mm}$ (với $S_s = 126 \text{ mm}$) và độ lún có xét hệ số lún ướt tương đối theo phương pháp 1 đường cong có giá trị lên đến $340,3 \text{ mm}$ (với $S_s = 329 \text{ mm}$).

Như vậy, với tải trọng tiêu chuẩn $N^{tc} = 350 \text{ kN}$ thì nền đất dưới móng làm việc trong phạm vi đàn hồi nhưng độ lún vượt quá giá trị cho phép. Trong thực tế, độ bền của đất nền thông qua sức chống cắt, từ kết quả thí nghiệm cắt trực tiếp với các mẫu đất ở trạng thái tự nhiên có giá trị lớn hơn đáng kể so với ở trạng thái bão hòa và tương ứng là sức chịu tải cho phép cũng lớn hơn gấp hàng chục lần. Mặc dù việc chọn giá trị tải trọng tiêu chuẩn nhỏ hơn hàng chục lần so với giá trị tính toán với sức chống cắt của mẫu ở trạng thái tự nhiên nhưng độ lún của nền khi ngập nước vẫn không thỏa giới hạn cho phép.



Hình 3. Tường nhà xưởng bị nứt do hiện tượng lún ướt của đất nền gây ra



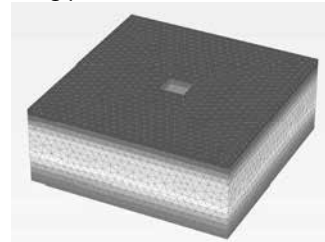
Hình 4. Tường nhà phố bị nứt do hiện tượng lún ướt của đất nền gây ra

Rõ ràng sau khi nền đất bị tẩm ướt, chẳng những khả năng chịu tải giảm đáng kể (hơn 10 lần) mà độ lún bổ sung do lún ướt làm độ lún vượt quá giới hạn cho phép. Ở đây, độ lún dự tính căn cứ kết quả thí nghiệm lún ướt ($137,3$ và $340,3 \text{ mm}$) có giá trị lớn hơn đáng kể so với giá trị độ lún dự tính theo đường cong nén lún với mẫu đất bão hòa (120 mm). Trong thực tế, nhiều công trình móng nông ở khu vực này có độ lún vượt quá giới hạn cho phép nhiều lần gây phá hoại kết cấu bên trên và không đảm bảo điều kiện sử dụng khai thác công trình, có thể gây nứt tường hay gây lún nền nhà như thể hiện ở Hình 3, Hình 4. Sự phá hoại không chỉ

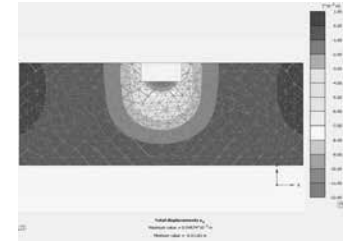
xảy ra do độ lún lớn mà còn do nền đất mất khả năng chịu tải nên có trường hợp độ lún đạt đến $0,3 - 0,5 \text{ m}$. Độ lún chỉ giảm khi đất nền được nén chặt thêm lần nữa do sự phá hoại các liên kết cứng trong đất để hình thành cấu trúc mới. Hầu hết độ lún lớn gây phá hoại xảy ra ở các móng dễ bị ngấm nước như khu vực nhà vệ sinh hay ở các vị trí móng kề cận các hố thu giữ nước.

2.3. Phân tích ứng xử của đất nền dưới móng bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Để phân tích ứng xử của đất nền dưới móng trong trường hợp không xét tính lún ướt và xét tính lún ướt của nền đất, chúng tôi chọn lựa phần mềm Plaxis để mô phỏng. Ở đây, việc mô phỏng được thực hiện theo sơ đồ bài toán không gian theo mô hình như ở Hình 5. Để thuận tiện cho việc phân tích so sánh với kết quả tính toán bằng các phương pháp giải tích, phạm vi ảnh hưởng theo phương đứng được chọn lựa như phạm vi vùng chịu nén lún. Đặc trưng cơ lý được lấy theo kết quả thí nghiệm trong phòng ứng với trường hợp đất ở trạng thái tự nhiên và sau khi bão hòa như đã nêu. Ứng suất do tải trọng ngoài tác dụng vào nền đất được lấy bằng $p = N^{tc}/A = 87,5 \text{ kN/m}^2$.



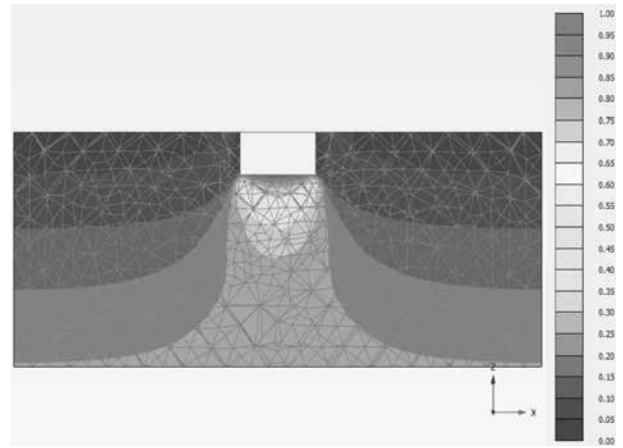
Hình 5. Mô hình mô phỏng ứng xử đất nền dưới đáy móng



Hình 6. Chuyển vị theo phương thẳng đứng đất nền dưới đáy móng khi nền chưa ngập nước

Việc mô phỏng được tiến hành tương tự như quá trình thi công: khai đào hố móng đến độ sâu chôn móng $1,0 \text{ m}$; xây dựng móng và san lấp hố móng; đặt tải trọng công trình lên mặt móng; đất nền bị ngập nước và đặc trưng cơ lý thay đổi.

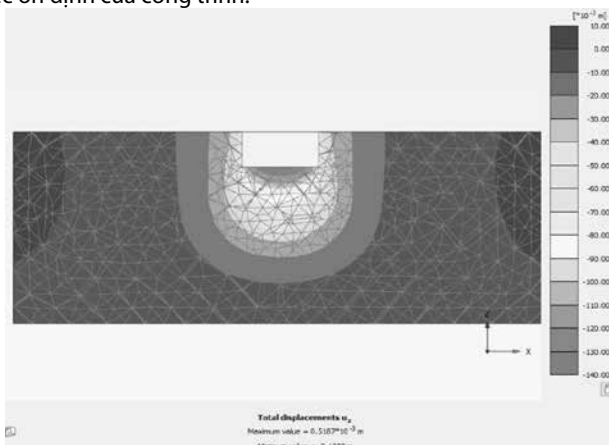
Khi xem nền chưa bị ngập nước, sử dụng các đặc trưng cơ lý của đất theo kết quả thí nghiệm của mẫu đất ở trạng thái tự nhiên, độ lún và khả năng chịu tải của nền thỏa điều kiện sử dụng với hệ số an toàn đáng kể. Ở đây, độ lún lớn nhất ở tâm móng có giá trị $11,8 \text{ mm}$ và vùng dẻo không xuất hiện ở bất kỳ vị trí nào trong nền đất.



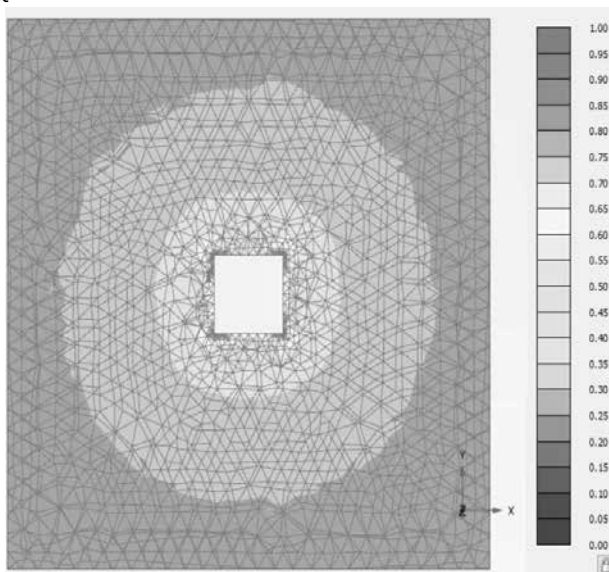
Hình 7. Ứng suất cắt tương đối của đất nền qua trọng tâm khi nền chưa ngập nước

Khi bị ngập nước, độ lún của nền dưới móng tăng lên đột ngột và đạt đến giá trị $133,3 \text{ mm}$ (Hình 8). Ngoài ra, vùng biến dạng dẻo cũng xuất hiện với diện tích lớn hơn. Vùng biến dạng dẻo mở rộng và phát triển lên cao hơn so với mặt phẳng ngang đáy móng ở các

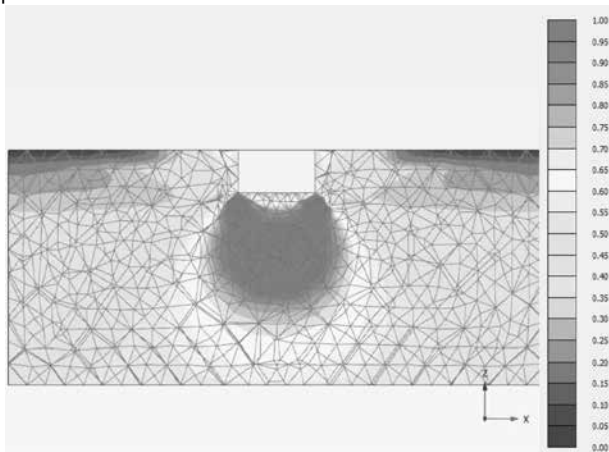
vị trí góc (Hình 9) và mở rộng đến giao nhau ở khu vực dưới tâm móng. Điều này có thể gây mất ổn định nền đất và phá hoại sự làm việc ổn định của công trình.



Hình 8. Chuyển vị theo phương thẳng đứng đất nền dưới đáy móng khi nền ngập nước



Hình 9. Ứng suất cắt tương đối của đất nền ở mặt phẳng ngang đáy móng khi nền ngập nước



Hình 10. Ứng suất cắt tương đối của đất nền qua trọng tâm khi nền ngập nước
Kết quả tính toán và mô phỏng đánh giá khả năng ổn định của nền đất dưới móng vuông dưới tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn

350 kN (với áp lực phổ biến lên nền của công trình vừa và nhỏ 87,5 kN/m²) tương tự nhau. Độ lún và khả năng chịu tải của nền đất khi chưa ngập nước được đảm bảo với hệ số an toàn đáng kể. Khi ngập nước, kết quả tính toán và mô phỏng theo đặc trưng biến dạng của mẫu bão hòa đều cho thấy giá trị độ lún vượt quá giá trị giới hạn cho phép dù không đáng kể. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng cho thấy vùng biến dạng dẻo trong nền mở rộng và phát triển mạnh có thể gây mất ổn định công trình. Trường hợp sử dụng đặc trưng biến dạng từ thí nghiệm nén lún có xét tính lún ướt, độ lún có thể gia tăng đột ngột và đạt đến giá trị rất lớn (137,3 và 340,3 mm), gây phá hoại công trình. Như vậy, khi bị ngập nước, chẳng những độ lún do lún ướt tăng đột ngột mà khả năng chịu tải của nền đất có thể giảm đáng kể gây mất ổn định công trình.

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả tính toán đánh giá khả năng ổn định của móng trên nền sét pha có xét đến đặc trưng cơ lý thay đổi do bị tẩm ướt và tính lún ướt kết hợp phân tích mô phỏng bằng Plaxis 3D có thể rút ra các kết luận chính như sau:

- Khả năng chịu tải của nền đất có thể giảm đáng kể sau khi bị tẩm ướt. Kết quả tính toán cho thấy khả năng chịu tải có thể giảm đến hơn 10 lần chủ yếu do sự suy giảm lực dính và điều này gây mất ổn định các công trình sử dụng móng nông trên nền sét pha có độ bão hòa thấp như ở khu vực miền Đông Nam bộ.

- Sau khi tẩm ướt, độ lún bổ sung do lún ướt căn cứ kết quả thí nghiệm nén theo sơ đồ một và hai đường cong chiếm tỷ lệ hơn 90% (từ 91,7 đến 96,6%) trong tổng độ lún. Độ lún vượt quá giới hạn cho phép và xảy ra đột ngột có thể gây phá hoại công trình.

- Kết quả mô phỏng còn cho thấy khả năng chịu tải sau khi tẩm ướt có thể giảm đột ngột, vùng biến dạng dẻo phát triển nhanh có thể gây mất ổn định và độ lún bổ sung lớn hơn.

Kết quả tính toán đánh giá khả năng ổn định và phân tích ứng xử của đất nền dưới đáy móng có xét đến tính lún ướt cho phép rút ra các kiến nghị như sau: việc sử dụng sức chống cắt từ thí nghiệm cắt trực tiếp với các mẫu đất ở trạng thái tự nhiên có thể dẫn đến sai số lớn trong thiết kế trong trường hợp đất sét pha có độ bão hòa thấp. Khi bị tẩm ướt, sức chống cắt có thể giảm đáng kể và khả năng chịu tải giảm đến hàng chục lần. Như vậy, đối với đất sét pha trên vỏ phong hóa có độ bão hòa thấp, cần thiết thí nghiệm xác định sức chống cắt ở trạng thái bão hòa để có thể thu nhận sức chống cắt hợp lý và an toàn; đối với sét pha có độ bão hòa thấp ở khu vực miền Đông Nam bộ, cần thiết đánh giá độ lún có xét đến tính lún ướt và thí nghiệm lún ướt cần thực hiện và sử dụng trong tính toán thiết kế do độ lún bổ sung chiếm tỷ lệ đáng kể và chiếm phần lớn trong tổng độ lún.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1.TCVN 8722:2012. Đất xây dựng công trình thủy lợi - Phương pháp xác định các đặc trưng lún ướt của đất trong phòng thí nghiệm.
- 2.TCVN 9362:2012. Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình.
- 3.Nguyễn Văn Thơ, Trần Thị Thanh, 2001. *Sử dụng đất tại chỗ để đắp đập ở Tây Nguyên, Nam Trung bộ và Đông Nam bộ*. NXB Nông Nghiệp.
- 4.Bùi Trường Sơn. Đặc điểm biến dạng và độ bền của sét trong vỏ phong hóa sau khi tẩm ướt. *Tập 18, Tuyển tập kết quả khoa học công nghệ 2015*. Tháng 5 năm 2016. NXB Nông nghiệp. Trang 303-311.
- 5.Chỉ dẫn thiết kế nền nhà và công trình, 2007. Viện nghiên cứu khoa học nền và công trình ngầm mang tên N.M. Gerxevanov. NXB Xây dựng.
- 6.V.N.S. Murthy, 2007. *Advanced Foundations Engineering in Geotechnical Engineering*. CBS publisher and distribution. pp. 555-564.
- 7.Stefan-Silvian CIOBANU. Collapse settlement sensibility analysis of loessoid soils. *Journal of Young Scientist*, Vol. III, 2015. pp. 73-76.