

Vận tốc biến dạng lún của sét bão hòa do cố kết và từ biến từ kết quả thí nghiệm nén cố kết

Settlement strain rate of saturated clay due to consolidation and creep according to consolidation tests

> **THS.NCS LÂM NGỌC QUÍ¹; PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN²**

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM

¹Email: lamngocqui@mtu.edu.vn

²Email: buitruongson@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT:

Từ kết quả thí nghiệm cố kết thoát nước một phương và hai phương, vận tốc biến dạng lún thực tế và dự tính theo giá trị hệ số cố kết thứ cấp của đất loại sét được tính toán và phân tích. Vận tốc biến dạng lún cố kết của sét mềm phụ thuộc vào chiều dài đường thấm trong khi biến dạng từ biến chỉ phụ thuộc bề dày lớp đất. Ngoài ra, vận tốc biến dạng lún ở các cấp áp lực nén < 100 kN/m² có xu hướng nhỏ hơn so với các cấp áp lực nén lớn hơn. Ở các cấp áp lực nén < 400 kN/m², qui luật lún theo thời gian của sét dẻo cứng - cứng tuân theo định luật cố kết thứ cấp (từ biến) và vận tốc biến dạng lún có xu hướng lớn hơn so với các cấp áp lực nén lớn hơn.

Từ khóa: Thí nghiệm nén cố kết; vận tốc biến dạng lún; hệ số cố kết thứ cấp; lún theo thời gian.

ABSTRACT:

Based on one and two direction drained consolidation testing results, settlement strain rate of actual measurement and predicted from secondary consolidation coefficient is calculated and analyzed. Settlement strain rate of soft clay depends on seepage length while creep strain rate depends on thickness of soil layer. Besides, settlement strain rate in range of compression pressures < 100 kN/m² tends smaller in comparison with bigger compression pressures. In range of compression pressures < 400 kN/m², the law of settlement by time of stiff - hard clay obeys the law of secondary consolidation (creep) and settlement strain rate tends bigger in comparison with bigger compression pressures.

Key words: Consolidation testing; settlement strain rate; secondary consolidation coefficient; settlement by time.

1. ĐỘ LÚN THEO THỜI GIAN DO CỐ KẾT VÀ CỐ KẾT THỨ CẤP

Giả thiết ban đầu trong lý thuyết cố kết của K. Terzaghi được chấp nhận là nước lỗ rỗng không chịu nén nên sau khi đặt tải lên đất bão hòa, toàn bộ ứng suất gia tăng đều truyền vào trong nước lỗ rỗng và hiện tượng lún bắt đầu xảy ra khi nước thoát ra từ đất do thẩm [1]. Sau khi áp lực nước lỗ rỗng thặng dư tiêu tán hoàn toàn, mẫu đất tiếp tục lún thêm và giai đoạn này được xem là cố kết thứ cấp. Theo Mesri quan hệ giữa độ lún và thời gian ở giai đoạn này tuân theo định luật phi tuyến dưới dạng hàm logarit và được thể hiện thông qua hệ số cố kết thứ cấp C_α [2]. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm nén trên đất loại sét không bão hòa hay mẫu sét cứng không chứa nước tự do, loại nước có thể gây hiện tượng thẩm trong đất, cho thấy độ lún của mẫu đất cũng kéo dài theo thời gian. Trong các trường hợp này, quan hệ độ lún theo thời gian theo biểu đồ bán logarit có dạng đường thẳng tương tự như giai đoạn cố kết thứ cấp. Do đó, một số nhà nghiên cứu như N.A. Txutovich và Z.G. Ter-Martirosyan cho rằng quá trình từ biến xảy ra đồng thời với quá trình cố kết thẩm [3], [4].

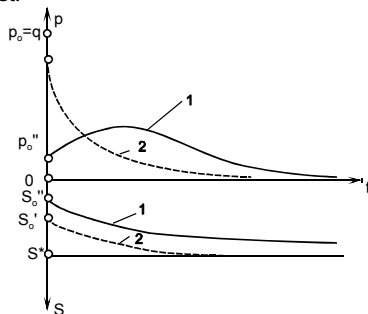
Do tính nhớt và các mối liên kết đặc thù, tính lưu biến là tính chất của đất phụ thuộc yếu tố thời gian luôn thể hiện trong ứng xử cơ học của đất loại sét. Từ biến là một trong các tính chất lưu biến thể hiện cả trong đất không bão hòa và bão hòa. Trên cơ sở phân tích biến dạng do cố kết, từ biến cốt đất và xét ảnh hưởng của chúng trong phương trình cố kết, một số lời giải bài toán cố kết có xét ảnh hưởng từ biến của cốt đất cũng được đề cập trong các tài liệu của P.L. Ivanov và Z.G. Ter-Martirosyan [4], [5]. Đặc điểm của lời giải bài toán cố kết có xét đến ảnh hưởng của từ biến cốt đất cho thấy qui luật thay đổi áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong quá trình cố kết khác biệt với giả thiết ban đầu của K. Terzaghi (Hình 1). Ở đây, do xét tính nén ép của khí hút bám trong nước lỗ rỗng và biến dạng của cốt đất nên áp lực nước lỗ rỗng thặng dư ban đầu không đạt giá trị lớn nhất mà tăng dần theo mức độ nén chặt của cốt đất sau đó mới giảm do thẩm. Ngoài ra, kết quả thí nghiệm bằng hộp nén chế tạo trên các mẫu sét mềm bão hòa nước cũng cho thấy qui luật thay đổi áp lực nước lỗ rỗng cũng tương tự [6].

Hơn nữa, hàng loạt kết quả quan trắc độ lún nền đất sét mềm theo thời gian của viện Địa kỹ thuật Thụy Điển cho thấy thời gian đạt độ lún cố kết xảy ra sớm hơn so với kết quả dự tính và kết quả dự tính độ lún có xét từ biến phù hợp hơn với kết quả quan trắc [7].

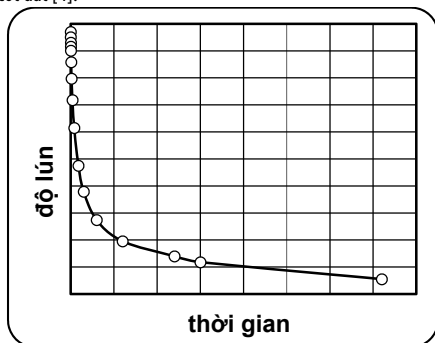
Trên cơ sở đồ bài toán một chiều có xét đến tính lưu biến của của cốt đất, L. Barden đề nghị phương trình cổ kết có xét sức cản nhớt [8]. Tuy nhiên, trong nghiên cứu sau này của Yin và Graham (1996) [9] chỉ ra rằng về độ lún thì kết quả từ lý thuyết L. Barden tiệm cận với kết quả thí nghiệm nhưng về áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư thì kết quả từ lý thuyết của L. Barden chỉ phù hợp với kết quả thí nghiệm ở đoạn cổ kết thứ cấp. Như vậy, đặc điểm tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng theo lý thuyết của L. Barden cũng tương tự như ghi nhận từ lý thuyết và thí nghiệm cổ kết có xét đến từ biến cốt đất đồng thời.

Về tổng thể, tính lưu biến của đất loại sét được tổng hợp nghiên cứu từ khá lâu. Trong trường hợp này, ngoài việc nghiên cứu phân tích các dữ liệu từ thí nghiệm nén không nở hông còn có các nghiên cứu vận tốc biến dạng do ứng suất lệch hay sự suy giảm độ bền theo thời gian. Các vấn đề cơ bản về tính lưu biến cũng như kết quả phân tích thí nghiệm minh chứng được tổng hợp trình bày [10].

Trong tính toán áp dụng các bài toán Địa kỹ thuật, độ lún của đất loại sét theo thời gian do hiện tượng cổ kết hay từ biến thường được quan tâm để cập. Biểu đồ độ lún theo thời gian theo kết quả quan trắc đo đạc có dạng như Hình 2 cho thấy vận tốc lún có khuynh hướng giảm dần theo thời gian thông qua độ dốc của đường cong này. Hơn nữa, từ kết quả đo đạc từ thí nghiệm có thể phân tích đánh giá vận tốc lún và sự thay đổi của nó theo thời gian. Cũng từ kết quả thí nghiệm, hệ số cổ kết thứ cấp xác định được và cho phép tính toán và phân tích vận tốc lún theo thời gian. Việc phân tích chi tiết vận tốc lún và sự thay đổi của nó cho phép làm rõ hơn hiện tượng cổ kết và từ biến (cổ kết thứ cấp) trong đất loại sét.



Hình 1. Sự thay đổi áp lực nước lỗ rỗng và độ lún lớp đất ba pha khi xét (1) và không xét (2) từ biến cốt đất [4].



Hình 2. Quan hệ độ lún theo thời gian từ kết quả quan trắc đo đạc

2. ĐẶC ĐIỂM VẬN TỐC LÚN CỦA ĐẤT LOẠI SÉT TỪ THÍ NGHIỆM

Độ lún theo thời gian theo lý thuyết cổ kết một chiều \$S_e(t)\$ thoát nước một phương có thể được ước lượng bằng biểu thức [1]:

$$S_e(t) = h m_v p \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{i^2} e^{\left(-\frac{C_v i^2 \pi^2 t}{4h^2} \right)} \right] \quad (1)$$

Đạo hàm độ lún theo thời gian cho phép nhận được vận tốc lún dưới dạng:

$$v_e(t) = \frac{d[S_e(t)]}{dt} = \frac{8}{\pi^2} h m_v p \left(-\frac{C_v \pi^2}{4h^2} \right) \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} e^{\left(-\frac{C_v i^2 \pi^2 t}{4h^2} \right)} \quad (2)$$

với: \$h\$ - bề dày lớp đất chịu nén; \$C_v\$ - hệ số cổ kết; \$m_v\$ - hệ số nén tương đối; \$p\$ - tải trọng tác dụng.

Trường hợp thoát nước hai phương, giá trị \$(4h^2)\$ trong biểu thức (1) và (2) được thay thế bằng giá trị \$(h^2)\$.

Kết quả thí nghiệm nén cổ kết hay quan trắc cho phép xác định độ lún theo thời gian \$S_e(t)\$ và vận tốc lún có thể xác định từ số liệu đo đạc thực tế:

$$v_e(t) = \frac{dS_e(t)}{dt} \quad (3)$$

với: \$S_e(t)\$ độ lún thực tế; \$t\$ - thời gian.

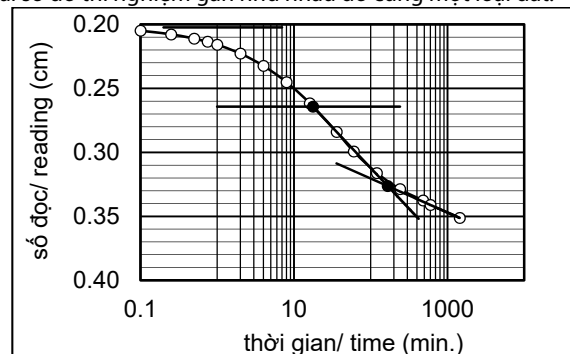
Để phân tích vận tốc lún và vận tốc biến dạng lún theo thời gian, một số thí nghiệm nén với hộp nén chế tạo sao cho nước chỉ thấm một phương về phía trên (không thoát nước từ đáy mẫu) được thực hiện trên các mẫu sét khác nhau. Ở đây, các mẫu đất sét được thu thập trong các hố khoan ở khu vực quận 7, TP. HCM. Đặc trưng vật lý các mẫu đất được tóm tắt như sau: mẫu S-01: Sét xám đen, xám xanh, rất mềm, khối lượng riêng tự nhiên \$\rho = 1,493 \text{ g/cm}^3\$, độ ẩm \$W = 84,5\%\$, hệ số rỗng \$e = 2,312\$, độ bão hòa \$S_r = 98,0\%\$; mẫu S-02: Sét nâu đen, mềm, \$\rho = 1,625 \text{ g/cm}^3\$, \$W = 60,4\%\$, \$e = 1,648\$, \$S_r = 98,4\%\$; mẫu H-03: Sét xám vàng, cứng, \$\rho = 2,128 \text{ g/cm}^3\$, \$W = 17,3\%\$, \$e = 0,519\$, \$S_r = 91,8\%\$; mẫu H-04: Sét vàng sậm, xám xanh, dẻo cứng, \$\rho = 1,918 \text{ g/cm}^3\$, \$W = 31,3\%\$, \$e = 0,875\$, \$S_r = 97,9\%\$.

Hình 3 và 4 thể hiện đường cong nén lún theo thời gian mẫu S-01 chiều cao 20 mm, cấp áp lực 50 - 100 kN/m² thoát nước hai phương (thoát nước trên và dưới) và một phương (chỉ thoát nước về phía trên). Kết quả thí nghiệm mẫu đất S-01 cho thấy thời gian cổ kết thể hiện thông qua giá trị \$t_{50}\$ và \$t_{100}\$ của mẫu thoát nước một phương nhiều hơn so với thoát nước hai phương do chiều dài đường thấm xấp xỉ 2 lần. Thực vậy, xem hệ số cổ kết \$C_v\$ không đổi và căn cứ lý thuyết cổ kết K. Terzaghi, có thể thấy rằng:

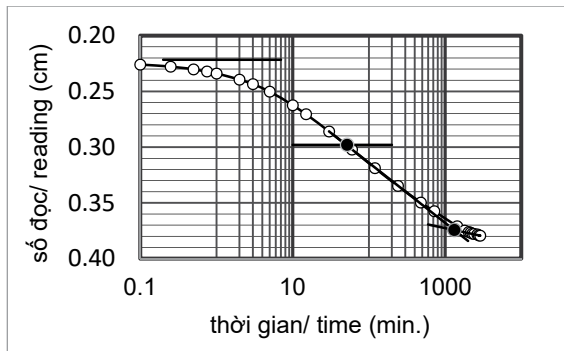
$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^2 \text{ và } t_1 = t_2 \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^2 \quad (4)$$

với: \$t_i\$ và \$h_i\$ - thời gian ứng với độ cổ kết nào đó và chiều dài đường thấm tương ứng.

Như vậy, khi chiều dài đường thấm (\$h_1\$) gấp đôi (\$h_2\$) thì thời gian đạt cổ kết \$t_1\$ (tương ứng là vận tốc cổ kết) lớn xấp xỉ gấp 4 lần so với \$t_2\$. Kết quả thí nghiệm cho thấy thời gian đạt cổ kết 50% của mẫu S-01 thoát nước hai phương là 17 phút, nhỏ hơn so với trường hợp thoát nước một phương là 52 phút. Tuy nhiên, giá trị hệ số cổ kết \$C_v\$ từ hai sơ đồ thí nghiệm gần như nhau do cùng một loại đất.



Hình 3. Biểu đồ độ lún theo thời gian mẫu S-01 thoát nước hai phương, cấp áp lực 50 - 100 kN/m²



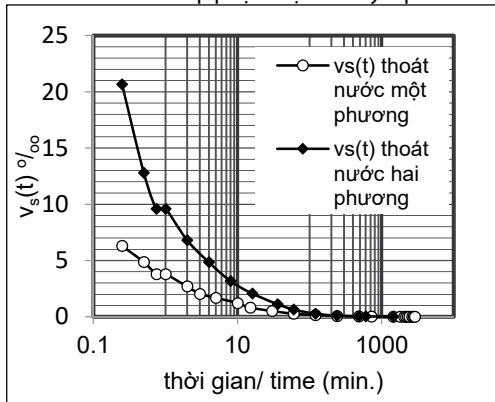
Hình 4. Biểu đồ độ lún theo thời gian mẫu S-01 thoát nước một phương, cấp áp lực 50 - 100 kN/m²

Ngoài yếu tố thời gian, biểu thức (2) cho thấy vận tốc lún không những phụ thuộc vào hệ số cố kết mà còn phụ thuộc vào chiều dài đường thấm, tức là phụ thuộc điều kiện thoát nước. Do đó, để tổng quát hơn, việc phân tích cần căn cứ vận tốc biến dạng lún $v_s(t)$ có xét chiều dài đường thấm thay vì bề dày lớp đất (∞):

$$v_s(t) = \frac{dS(t)}{h_{\text{filt}} dt} \quad (5)$$

với: h_{filt} - chiều dài đường thấm

Kết quả ở Hình 5 cho thấy vận tốc biến dạng lún theo biểu thức (5) trường hợp thoát nước hai phương lớn hơn đáng kể so với trường hợp thoát nước một phương. Thực vậy, biểu thức (2) cho thấy khi chiều dài đường thấm khác nhau, vận tốc biến dạng lún chẳng những phụ thuộc đại lượng có xét mức độ cố kết nằm trong chuỗi mà còn phụ thuộc đại lượng có xét chiều dài đường thấm nằm bên ngoài chuỗi. Hơn nữa, vận tốc biến dạng lún xét theo bề dày lớp đất chịu nén do cố kết (nếu thoát nước hai phương) sẽ nhỏ hơn và không hợp lý so với mức độ thay đổi vận tốc biến dạng lún $v_s(t)$ theo chiều dài đường thấm. Trong hầu hết thời gian cố kết của mẫu thí nghiệm này (mẫu S-01), đặc biệt ở các thời điểm ban đầu, vận tốc biến dạng lún trường hợp thoát nước hai phương lớn hơn xấp xỉ 3 - 4 lần so với trường hợp thoát nước một phương. Điều này hoàn toàn hợp lý căn cứ lý thuyết cố kết thông qua biểu thức (4). Ở các thời điểm sau đó, đặc biệt sau khi gần đạt cố kết hoàn toàn, vận tốc biến dạng lún khác biệt ít lại và không phụ thuộc chiều dài đường thấm mà chủ yếu phụ thuộc bề dày lớp đất chịu nén. Như vậy, vận tốc biến dạng lún cố kết cần được thể hiện theo chiều dài đường thấm nên phụ thuộc điều kiện thoát nước. Trong khi đó, biến dạng từ biến do cố kết thứ cấp phụ thuộc bề dày lớp đất.



Hình 5. Vận tốc biến dạng lún từ thí nghiệm theo thời gian của mẫu S-01 dày 20 mm thoát nước một phương và hai phương, cấp áp lực 50 - 100 kN/m²

Lưu ý rằng hệ số nén thứ cấp có dạng:

$$C_\alpha = \frac{e_{1f} - e_{2f}}{\log(t_2) - \log(t_1)} \quad (6)$$

với: e_{1f} , e_{2f} - hệ số rỗng ở các thời điểm t_1 và t_2 trong giai đoạn cố kết thứ cấp.

Từ đó, độ lún cố kết thứ cấp có dạng:

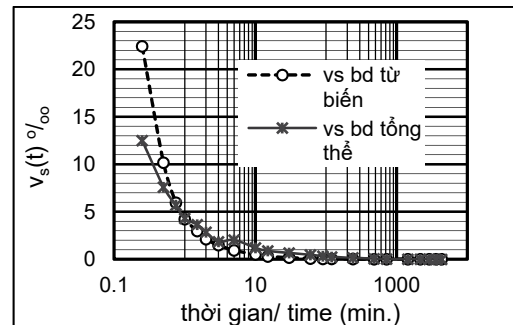
$$S_s(t) = h_f \cdot \frac{C_\alpha}{1 + e_f} \cdot \log\left(\frac{t}{t_f}\right) \quad (7)$$

Ở đây: e_f , h_f và t_f là hệ số rỗng, bề dày lớp đất và thời điểm đạt ổn định cố kết sơ cấp (có thể lấy ở t_{100} hay thời điểm đạt độ lún cố kết hơn 95%).

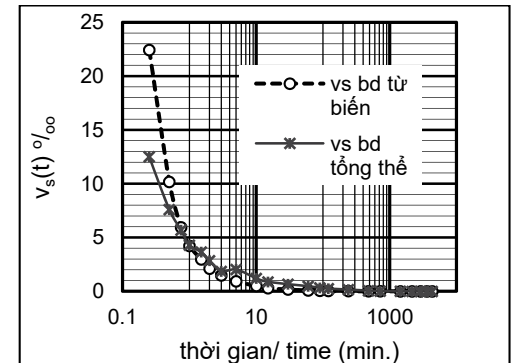
Từ giá trị hệ số cố kết thứ cấp C_α theo kết quả thí nghiệm, tính toán xác định độ lún ở các thời điểm khác nhau và vận tốc biến dạng lún. Từ đó, vận tốc biến dạng lún từ thí nghiệm và dự tính theo hệ số cố kết thứ cấp được tổng hợp so sánh.

Để đánh giá phân tích vận tốc biến dạng lún do cố kết khi bề dày lớp đất chịu nén và chiều dài đường thấm như nhau, một số thí nghiệm cố kết thoát nước một phương với chiều cao khác nhau bằng hộp nén chế tạo được thực hiện.

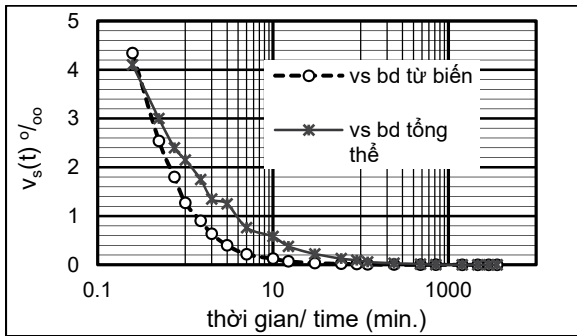
Vận tốc biến dạng lún theo kết quả thí nghiệm thực tế mẫu sét mềm S-02 chiều cao 40 mm và kết quả tính toán căn cứ giá trị hệ số cố kết thứ cấp C_α được thể hiện từ Hình 6 đến Hình 8. So với kết quả thí nghiệm mẫu S-01 (Hình 4), có thể thấy rằng vận tốc biến dạng lún tổng thể thực tế của sét mềm tương tự nhau nên không phụ thuộc giá trị bề dày lớp đất. Ở các cấp áp lực nén bé hơn 100 kN/m², vận tốc biến dạng lún tính toán do từ biến theo giá trị C_α có xu hướng lớn hơn nhưng sau đó hay ở cấp áp lực lớn hơn thì có khuynh hướng nhỏ hơn so với vận tốc biến dạng thực tế do cố kết. Thực vậy, ở các thời điểm ban đầu sau khi gia tải lên sét mềm, nếu vận tốc lún từ biến nhanh hơn thì nước lỗ rỗng chưa kịp thoát ra sẽ ngăn cản quá trình giảm thể tích lỗ rỗng nên đất cũng không thể lún nhanh được. Ở cấp áp lực nén lớn hơn 100 kN/m², sau khi đất được nén chặt một phần, độ cứng của đất lớn hơn, vận tốc biến dạng lún tính toán do từ biến luôn có xu hướng nhỏ hơn so với vận tốc biến dạng lún thực tế.



Hình 6. Vận tốc biến dạng lún theo thời gian của mẫu S-02, dày 40 mm, cấp áp lực 0 - 50 kN/m²

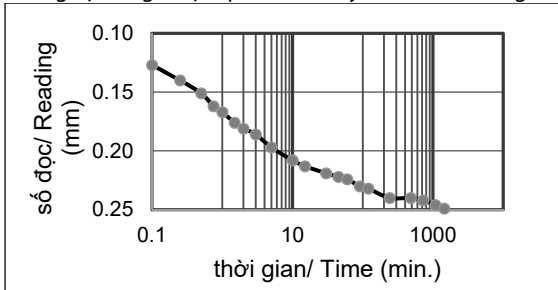


Hình 7. Vận tốc biến dạng lún theo thời gian của mẫu S-02, dày 40 mm, cấp áp lực 50 - 100 kN/m²

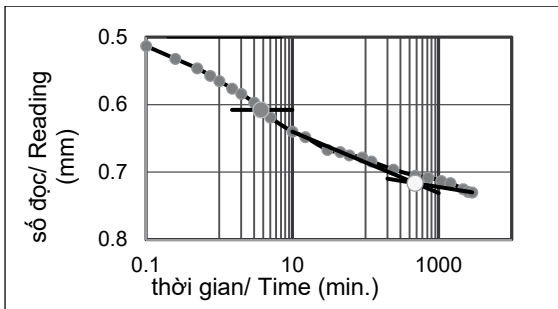


Hình 8. Vận tốc biến dạng lún theo thời gian của mẫu S-02, dày 40 mm, cấp áp lực 100 - 200 kN/m²

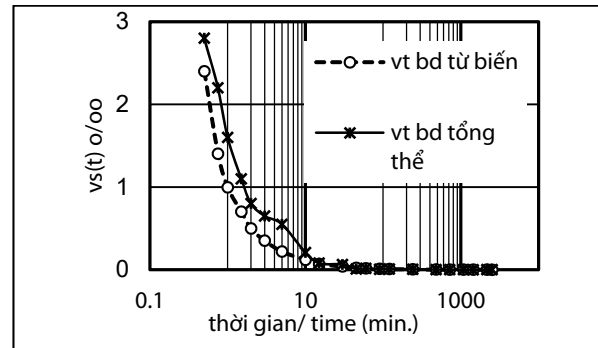
Để phân tích sâu hơn về lún theo thời gian do từ biến, các thí nghiệm cố kết trên các mẫu sét cứng dày 20 mm được thực hiện bổ sung. Thí nghiệm trên mẫu sét dẻo cứng H-04 cho thấy ở các cấp áp lực nhỏ (< 400 kN/m²), qui luật lún theo thời gian tuân theo định luật cố kết thứ cấp (từ biến) (Hình 9 và 10). Ở đây, qui luật lún theo thời gian có dạng đường thẳng theo biểu đồ bán logarit và khó có thể xác định mức độ cố kết theo phương pháp Casagrande thông thường. Về tổng thể, đối với sét dẻo cứng - cứng, vận tốc biến dạng từ biến tính toán có xu hướng nhỏ hơn vận tốc biến dạng lún thực tế. Tuy nhiên, sự khác biệt về vận tốc biến dạng lún thực tế và từ biến khác biệt nhau không đáng kể. Từ cấp áp lực nén lớn, 400 - 800 kN/m², qui luật thay đổi độ lún gần giống với qui luật cố kết thông thường theo K. Terzaghi (Hình 11). Do độ cứng của loại đất này có giá trị lớn (hệ số nén nhỏ) nên thời gian đạt cố kết ổn định không đáng kể. Ngoài ra, ở các cấp áp lực nén nhỏ hơn 400 kN/m², tốc độ biến dạng lún nhỏ, cấp áp lực lớn hơn 400 kN/m², vận tốc biến dạng lún có xu hướng lớn hơn và đường cong lún theo thời gian có qui luật như qui luật cố kết. Hơn nữa, kết quả đo đạc cho thấy mặc dù thời gian đạt độ lún ổn định ngắn nhưng áp lực nước lỗ rỗng có giá trị bé hơn đáng kể áp lực gia tăng và tiêu tán rất chậm [6]. Điều tương tự cũng được quan sát thấy ở mẫu sét cứng H-03.



Hình 9. Biểu đồ độ lún theo thời gian mẫu H-04, cấp áp lực 0 - 50 kN/m²

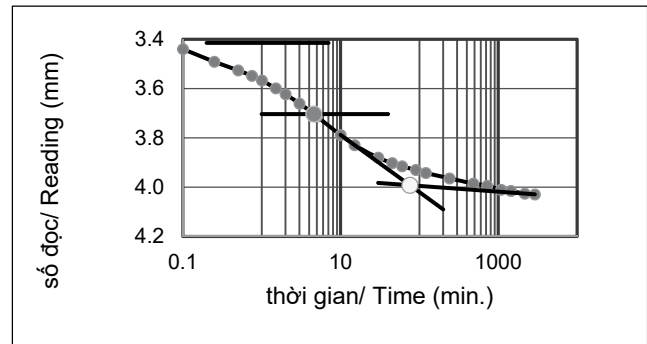


(a)

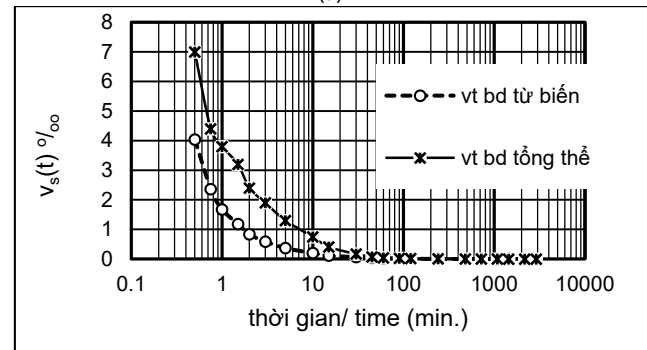


(b)

Hình 10. Độ lún (a) và vận tốc biến dạng lún (b) theo thời gian mẫu H-04, cấp áp lực 100 - 200 kN/m²

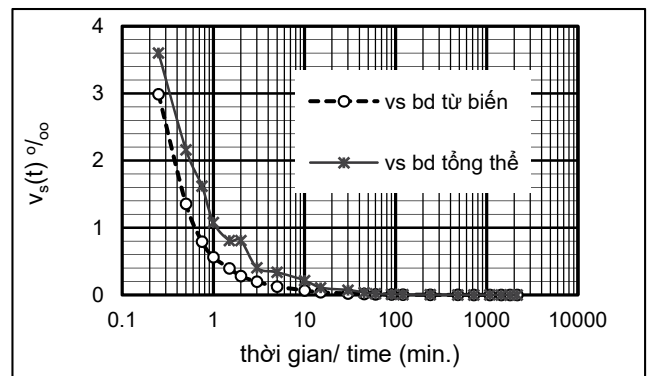


(a)

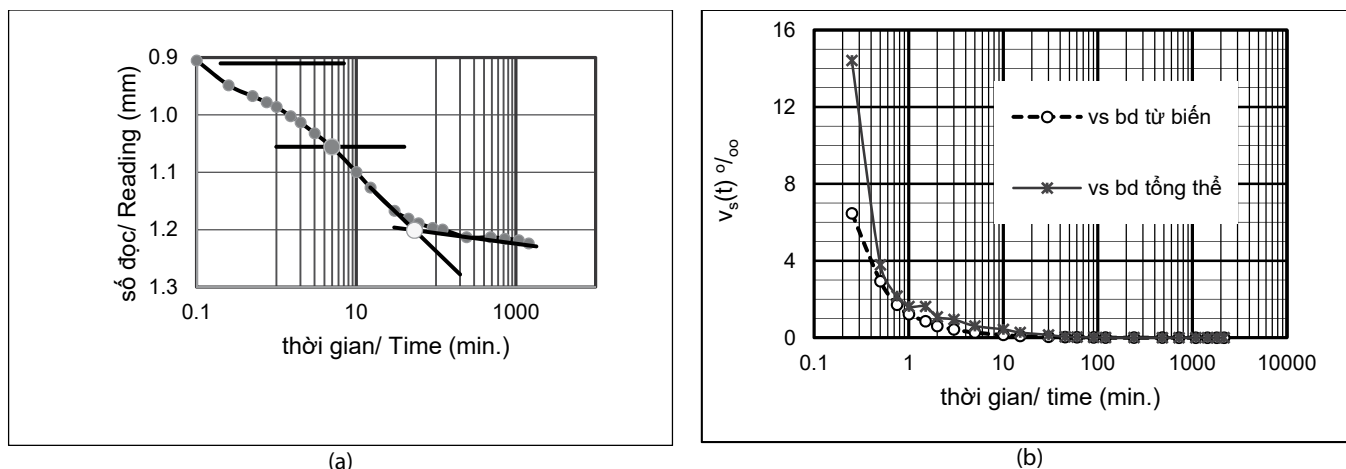


(b)

Hình 11. Độ lún (a) và vận tốc biến dạng lún (b) mẫu H-04, cấp áp lực 400 - 800 kN/m²



Hình 12. Vận tốc biến dạng lún theo thời gian mẫu H-03, cấp áp lực 100 - 200 kN/m²



Hình 13. Độ lún (a) và vận tốc biến dạng lún (b) theo thời gian mẫu H-03, cấp áp lực 400 - 800 kN/m²

3. NHẬN XÉT KẾT LUẬN

Có thể thấy rằng việc phân tích vận tốc lún và vận tốc biến dạng lún chủ yếu phục vụ đánh giá mức độ biến dạng từ biến của đất loại sét và các yếu tố có thể ảnh hưởng lên chúng như bề dày lớp đất, cấp áp lực nén hay trạng thái của đất. Điều này phần nào giúp phân tích quá trình lún theo thời gian do cố kết hay từ biến của đất loại sét. Từ kết quả thí nghiệm cố kết bằng hộp nén chế bị, tính toán và phân tích vận tốc biến dạng lún của đất loại sét, có thể rút ra các nhận xét, kết luận chính như sau:

Đối với sét mềm bão hòa nước, vận tốc biến dạng lún cố kết phụ thuộc vào chiều dài đường thấm nên phụ thuộc điều kiện thoát nước. Ở đây, vận tốc biến dạng lún tỷ lệ theo chiều dài đường thấm theo qui luật hàm số mũ bậc hai. Trong khi đó, biến dạng từ biến do cố kết thứ cấp phụ thuộc bề dày lớp đất. Ngoài ra, vận tốc biến dạng lún ở các cấp áp lực nén < 100 kN/m² có xu hướng nhỏ hơn so với các cấp áp lực nén lớn hơn. Như vậy, đối với nền sét mềm được xử lý gia tải trước, thời gian gia tải phụ thuộc chủ yếu khoảng cách thoát nước đứng nên ít phụ thuộc bề dày lớp đất yếu và trường hợp lớp đất yếu có bề dày nhỏ thì độ lún dư do biến dạng từ biến ít và kéo dài ngắn hơn. Ngoài ra, việc xét biến dạng từ biến đồng thời với quá trình cố kết trong sét mềm là không cần thiết vì độ lún do biến dạng từ biến nhỏ hơn biến dạng lún cố kết trong giai đoạn cố kết.

Đối với sét dẻo cứng - cứng, ở các cấp áp lực nén < 400 kN/m², qui luật lún theo thời gian tuân theo định luật cố kết thứ cấp (từ biến). Do đó, ở các cấp áp lực < 400 kN/m², có thể sử dụng qui luật biến dạng lún từ biến để dự tính độ lún theo thời gian do việc tính toán đơn giản và thuận tiện. Từ cấp áp lực 400 - 800 kN/m² hay lớn hơn, qui luật thay đổi độ lún theo thời gian gần giống với qui luật cố kết. Ngoài ra, vận tốc biến dạng lún ở các cấp áp lực nén < 400 kN/m² có xu hướng lớn hơn so với các cấp áp lực nén lớn hơn.

Do việc đo đặc áp lực nước lỗ rỗng trong đất sét dẻo cứng đến cứng khó có thể thực hiện do qui luật thay đổi không theo qui luật cố kết và đặc điểm đường cong lún theo thời gian nên việc dự tính độ lún theo thời gian có thể xem đất là môi trường một pha để phân tích tính toán.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Karl Terzaghi, Theoretical Soil mechanics, John Wiley and Sons, 1943.
2. Mesri, G, Coefficient of secondary compression, Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, vol 99., N° SM.1, Proc. Paper 9515, pp. 123-137.
3. Цытович Н. А., Тер-Мартirosyan З. Г., Основы прикладной геомеханики в строительстве, М., Высшая Школа, 1981.
4. Ter-Martirosyan Z.G, Rheological parameters of soils and design of foundations, Oxford and IBS publishing Co. Pvt. Ltd, 1992.
5. Иванов П. Л., Грунты и основания гидротехнических сооружений, М., Высшая Школа, 1991.
6. Lâm Ngọc Quý, Bùi Trường Sơn, Đặc điểm cố kết theo độ lún và tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng của đất sét bão hòa nước, Tạp chí Địa kỹ thuật, Viện Địa kỹ thuật - VGI, số 1 năm 2020, trang 18 -27.
7. Rolf Larsson, Settlements and shear strenght increase below embankment, in Statens Geotekniska Institut Swedish Geotechnical Institute, Report No.63, Linköping, 2003.
8. L. Barden, Consolidation of clay with non-linear viscosity, Geotechnique 15, N°. 41965, 1992.
9. J.-H. Yin, J. Graham, Elastic visco-plastic modelling of one-dimensional consolidation, Geotechnique 46, N°. 3, 1996.
10. S.S. Vyalov, Rheological fundamentals of soil mechanics, Elsevier Science Publishers B.V, 1986.