

Khảo sát phương pháp xác định giới hạn dẻo của đất dựa trên độ lún của chùy xuyên và độ ẩm

Văn Ngọc Thành¹, Huỳnh Đức Luân¹, Lê Minh Sơn², Kiều Lê Thủy Chung^{3,4}, Ngô Tấn Phong^{3,4,*}

TÓM TẮT

Xác định giới hạn dẻo của đất là một việc khó khăn trong lĩnh vực địa kỹ thuật, các phương pháp xác định giới hạn dẻo vẫn còn mang rất nhiều yếu tố chủ quan và kết quả thí nghiệm có độ lặp lại thấp. Vì thế, việc nghiên cứu xác định giới hạn dẻo của đất với các phương pháp khách quan để có kết quả chính xác và có độ lặp lại cao là điều cần thiết. Bài báo này tổng hợp các phương pháp nghiên cứu đã được đề xuất trước đó và thực hiện việc kiểm chứng chúng. Trong số những phương pháp được đề xuất, phương pháp thả chùy xuyên được lựa chọn để nghiên cứu trong bài báo này. Cách thực hiện của phương pháp thả chùy xuyên tương tự như thí nghiệm xác định giới hạn chảy bằng phương pháp xuyên côn. Trong các đề xuất trước, một giả thiết về sức kháng cắt tại giới hạn dẻo là gấp 100 lần sức kháng cắt tại giới hạn chảy, từ đó suy ra độ lún ở giới hạn dẻo theo phương pháp chùy xuyên là 2 mm. Tuy nhiên, trong bài báo này, việc sử dụng phương pháp thả chùy xuyên được thực hiện ở nhiều mức độ lún khác nhau khi thay đổi độ ẩm của mẫu đất. Mục đích của việc này là xác định mối quan hệ giữa độ lún chùy xuyên và độ ẩm của từng mẫu đất, và nhằm xác định độ lún của chùy xuyên tại giới hạn dẻo, bằng cách sử dụng giá trị giới hạn dẻo đã được xác định từ phương pháp cổ điển. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị độ lún tại giới hạn dẻo của đất theo mối quan hệ giữa độ ẩm và logarit độ lún là nằm trong khoảng từ 3.92 mm đến 4.31 mm. Nói cách khác, kết quả này xác minh rằng giá trị độ lún giới hạn dẻo không nhất thiết là ở 2 mm, và tỷ lệ cường độ kháng cắt không bằng 100.

Từ khoá: Độ ẩm, Độ lún chùy xuyên, Giới hạn Atterberg, Giới hạn chảy, Giới hạn dẻo

GIỚI THIỆU

Giới hạn Atterberg là các giá trị định nghĩa các trạng thái của đất trong quá trình thay đổi độ ẩm. Giới hạn chảy của đất (Liquid limit - LL) là độ ẩm mà đất có kết cấu bị phá hoại, mẫu đất chuyển từ trạng thái dẻo sang trạng chảy. Giới hạn dẻo của đất (Plastic limit - PL) là độ ẩm mà đất có kết cấu bị phá hoại, mẫu đất chuyển từ trạng thái cứng sang trạng thái dẻo.

Giới hạn dẻo của đất là một chủ đề cấp thiết trong lĩnh vực địa kỹ thuật. Xác định giới hạn dẻo là một phương pháp để đánh giá tính chất cơ học của đất. Hiện nay, phương pháp phổ biến được sử dụng để xác định giới hạn dẻo của đất là phương pháp lăn mẫu đất thành sợi có đường kính 3 mm. Người thí nghiệm lăn đất thành sợi đất có đường kính 3 mm, sợi đất bắt đầu rạn nứt, đứt hoặc vỡ vụn thì độ ẩm của sợi đất lúc đó là giới hạn dẻo của đất. Nếu sợi đất lăn đến đường kính 3 mm mà vẫn chưa đứt hoặc chưa vỡ vụn thì phải vo tròn lại và tiếp tục lăn cho đến khi sợi đất bị đứt hoặc vỡ vụn ở đường kính 3 mm. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi người làm phải có kinh nghiệm, sự kiên nhẫn, kỹ năng và sự khéo tay để đảm bảo rằng sợi đất được lăn đều và có đường kính đồng nhất. Nếu không thực hiện đúng cách thì những sợi đất có đoạn to, đoạn

nhỏ, đoạn bị rỗng ruột, ngoài khô trong ướt. Như vậy, giới hạn dẻo xác định theo phương pháp lăn thành sợi phụ thuộc chủ yếu vào người thực hiện thí nghiệm và mang tính chủ quan. Do đó, cần có một phương pháp xác định giới hạn dẻo giảm bớt tính chủ quan, có tính định lượng và độ lặp lại cao hơn so với phương pháp lăn thành sợi đất.

Những nghiên cứu gần đây đã cho thấy mối tương quan giữa sức kháng cắt không thoát nước và các giới hạn trong giới hạn Atterberg. Skempton and Northey¹ cho rằng cường độ kháng cắt ở giới hạn dẻo gấp 100 lần cường độ kháng cắt ở giới hạn chảy.

Hansbo² đã thiết lập mối quan hệ giữa độ lún chùy xuyên (d) và cường độ kháng cắt không thoát nước (C_u): $C_u = kW_{cone}/d^2$, trong đó, W_{cone} là trọng lượng chùy xuyên và k là hằng số có độ lớn phụ thuộc vào góc ở đỉnh của chùy xuyên.

Campbell³ đã sử dụng phương pháp chùy xuyên có góc ở đỉnh 30° và khối lượng 80 g để khảo sát mối quan hệ giữa độ lún và độ ẩm của đất. Dữ liệu thí nghiệm cho thấy, giới hạn dẻo ở mỗi mẫu đất là tương ứng với độ ẩm khi độ lún của chùy xuyên bằng 5.6 mm.

¹Sinh viên Bộ môn Địa Kỹ thuật, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Công ty TNHH Tư vấn Địa Chất Phẳng, 85 Sương Nguyệt Anh, Quận 1, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

⁴Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, Phường Linh Trung, Tp. Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Ngô Tấn Phong, Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, Phường Linh Trung, Tp. Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: ngotanphong@hcmut.edu.vn

Trích dẫn bài báo này: Thành V N, Luân H D, Sơn L M, Chung K L T, Phong N T. Khảo sát phương pháp xác định giới hạn dẻo của đất dựa trên độ lún của chùy xuyên và độ ẩm. Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech. 2024; 6(S17):167-179.

Lịch sử

- Ngày nhận: 02-10-2023
- Ngày chấp nhận: 25-4-2024
- Ngày đăng: 31-12-2024

DOI:



Bản quyền

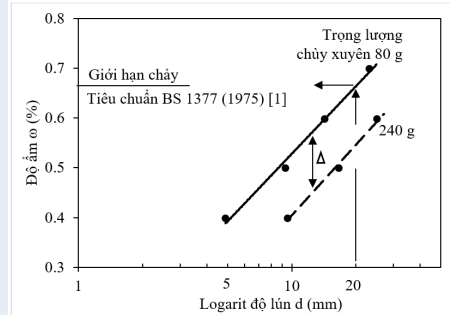
© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Wood và Wroth⁴ dùng phương pháp hai chùy xuyên có khối lượng lần lượt là 80g và 240g để đo độ lún của hai chùy tương ứng với độ ẩm, xem Hình 1. Chỉ số dẻo PI được xác định từ biểu đồ quan hệ giữa logarit của độ lún với độ ẩm. Phương pháp này có thể xác định đồng thời cả giới hạn dẻo và giới hạn chảy của đất với một lần thí nghiệm. Giới hạn dẻo xác định theo phương pháp này có tính lặp lại cao. Chỉ số dẻo được xác định theo công thức:

$$PI = \frac{2\Delta}{\log_{10}(W_1/W_2)} \quad (1)$$

Trong đó, Δ là khoảng chênh lệch độ ẩm ứng với cùng độ lún, W_1 và W_2 là giá trị khối lượng của hai chùy xuyên ($W_1 > W_2$).

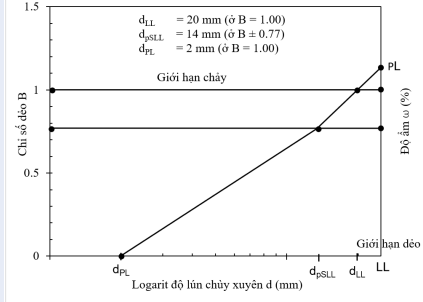


Hình 1: Độ lún của chùy xuyên và độ ẩm tương ứng trong đất sét, theo Wood và Wroth^{5 4}

Harison⁶ xác nhận kết quả thí nghiệm thu được bởi Skempton and Northey¹ về mối quan hệ giữa độ ẩm hoặc độ sệt và logarit của cường độ kháng cắt không phải là một đường thẳng. Kết quả này phù hợp với giả định rằng cường độ kháng cắt của đất ở giới hạn dẻo gấp 100 lần ở giới hạn chảy. Trong nghiên cứu, Harison⁶ thực hiện các thử nghiệm thả chùy xuyên với phạm vi giá trị độ lún trong khoảng 5 - 25 mm để xây dựng biểu đồ giữa độ lún với độ ẩm. Mối quan hệ logarit của độ lún với độ ẩm được xấp xỉ bằng hai đường thẳng giao nhau tại điểm ứng với độ sệt bằng 0.77 hoặc sức kháng cắt bằng hai lần sức kháng cắt ứng với giới hạn chảy.

Theo Harison⁶, trên biểu đồ Hình 2 có một số điểm cần lưu ý: độ lún tại điểm gãy là khoảng 14 mm, độ lún ở giới hạn chảy là 20 mm, độ lún ở giới hạn dẻo là 2 mm.

Feng⁷ thử nghiệm phương pháp chùy xuyên đã được sử dụng để xác định mối quan hệ tuyến tính log-log giữa độ ẩm và độ lún. Mối quan hệ này có thể được sử dụng để xác định cả giới hạn chảy và giới hạn dẻo từ một chùy xuyên chỉ với một trọng lượng. Mô hình



Hình 2: Mối quan hệ giữa độ sệt, độ ẩm và độ lún, theo Harison⁶

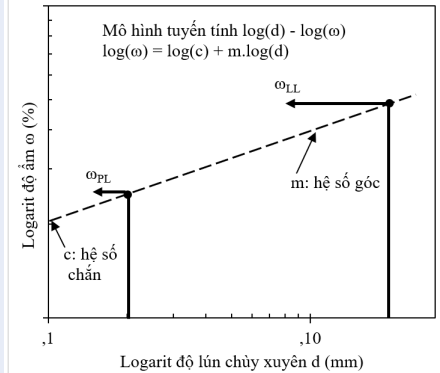
tuyến tính được Feng⁸ đề xuất cho mối quan hệ log-log (Hình 3) và biểu thị bằng phương trình:

$$\log w = \log c + m \log d \quad (2)$$

Trong đó, w là độ ẩm, c là độ ẩm ở $d = 1$ mm, m là hệ số góc của mối quan hệ tuyến tính và d là độ lún của chùy xuyên.

Giới hạn dẻo PL được xác định theo công thức:

$$PL = c(2)^m \quad (3)$$



Hình 3: Mối quan hệ giữa độ ẩm và độ lún, theo Feng⁸

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để xác định giới hạn dẻo theo phương pháp chùy xuyên, cần chấp nhận các giả định sau (1) cường độ kháng cắt ở giới hạn dẻo là gấp 100 lần cường độ kháng cắt ở giới hạn chảy, (2) $C_u = kW_{cone}/d^2$, (3) dùng chùy xuyên có góc ở đỉnh là 30° và khối lượng là 80 g, độ lún ở giới hạn chảy là 20 mm, độ lún ở giới hạn dẻo là 2 mm.

Bài báo nghiên cứu này khảo sát mối quan hệ giữa độ ẩm và độ lún cho 129 mẫu đất thuộc các nhóm đất khác nhau. Các mẫu đất được phân loại theo tiêu chuẩn ASTM D2487, gồm những nhóm: OH, CH, CL, (CL)s, s(CL), ML, (ML)s, s(ML) và SC. Tên những nhóm đất được gọi theo hệ thống phân loại đất thống nhất USCS (Unified Soil Classification System) của tiêu chuẩn ASTM D2487 (xem Bảng 1).

Mỗi mẫu đất được thí nghiệm ở nhiều độ lún khác nhau trong khoảng từ 5 - 25 mm để khảo sát mối quan hệ giữa độ lún và độ ẩm theo 4 mô hình:

- Mô hình 1 (MH1): mối quan hệ giữa độ ẩm và độ lún.
- Mô hình 2 (MH2): mối quan hệ giữa logarit của độ lún và độ ẩm.
- Mô hình 3 (MH3): mối quan hệ giữa logarit của độ ẩm và logarit của độ lún.
- Mô hình 4 (MH4): mối quan hệ giữa logarit độ lún và độ ẩm để xác định chỉ số dẻo khi sử dụng 2 chùy xuyên, có khối lượng là 80 g và 240 g, xem Hình 4 và Hình 5.

Để đánh giá sự phù hợp của mô hình, bài báo sử dụng 3 phương pháp:

1. Sai số chuẩn hồi quy (the regression standard error - $\hat{\sigma}$) có công thức:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2}} \quad (4)$$

Trong đó, SSR là tổng bình phương phần dư, n là số lượng mẫu, $(y_i - \hat{y}_i)$ là khoảng cách thẳng đứng giữa giá trị thực y_i và giá trị hồi quy $\hat{y}_i$ đối với mỗi giá trị x trong mẫu. Mô hình có giá trị sai số chuẩn hồi quy thấp nhất được coi là mô hình tốt nhất.

2. Tiêu chuẩn thông tin Akaike (AIC) là đo lường sự phù hợp của một mô hình với dữ liệu bằng cách tìm kiếm sự cân bằng giữa độ phức tạp của mô hình và độ chính xác của mô hình đối với dữ liệu. Vì vậy, AIC thấp nhất được coi là mô hình tốt nhất.

Công thức của AIC là: $AIC = 2k - 2 \ln(\hat{L})$, trong đó, k là số lượng tham số của mô hình với số lượng quan sát, là hàm xác suất tối đa của mô hình.

3. Tiêu chuẩn thông tin Bayesian (BIC) cũng giống như AIC là cho phép lựa chọn mô hình tốt nhất, nhưng khác với AIC ở chỗ BIC đặc biệt tập trung vào việc giảm thiểu sự phức tạp của mô hình. Mô hình có BIC thấp nhất được coi là mô hình tốt nhất.

Công thức của BIC là: $BIC = k \ln(n) - 2 \ln(\hat{L})$, trong đó, k là số lượng tham số của mô hình, n là số lượng quan sát của dữ liệu và $\hat{L}$ là hàm xác suất tối đa của mô hình.



Hình 4: Chùy xuyên có khối lượng 80 g và thí nghiệm thả chùy xuyên



Hình 5: Chùy xuyên có khối lượng 240 g và thí nghiệm thả chùy xuyên

Bảng 1: Ký hiệu các nhóm đất và tên gọi theo tiêu chuẩn ASTM D2487

Tên nhóm đất	Tên gọi theo ASTM D2487	Tạm dịch ra tiếng Việt
OH	Organic CLAY / SILT	SÉT / BỤI hữu cơ
CH	Fat CLAY	SÉT béo
CL	Lean CLAY	SÉT gầy
(CL)s	Lean CLAY with sand	SÉT gầy lẫn cát
s(CL)	Sandy lean CLAY	SÉT gầy pha cát
ML	SILT	BỤI
(ML)s	SILT with sand	BỤI lẫn cát
s(ML)	Sandy SILT	BỤI pha cát
SC	Clayey SAND	CÁT pha sét

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Khảo sát 4 mô hình quan hệ giữa độ lún (d) và độ ẩm (ω)

- Thống kê giá trị độ lún giới hạn dẻo ở mô hình MH1 được xác định bởi phương trình đường quan hệ giữa độ ẩm và độ lún của chùy xuyên được trình bày trong Bảng 2.

Chú thích: n = số lượng mẫu; Min = giá trị nhỏ nhất; q_1 = điểm tứ phân vị thứ nhất; Median = số trung vị; Mean = số trung bình; q_3 = điểm tứ phân vị thứ ba; Max = giá trị lớn nhất; Mode = giá trị xuất hiện nhiều nhất; sd = độ lệch chuẩn.

Phạm vi mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo mỗi quan hệ giữa độ ẩm và độ lún tập trung trong khoảng từ -5.47 mm đến -0.42 mm. Với mức tin cậy là 95%, khoảng tin cậy trung bình tìm được là từ -3.89 mm đến -2.36 mm, Hình 6.

Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo, Hình 7.

- Thống kê giá trị độ lún giới hạn dẻo ở mô hình MH2 được xác định bởi phương trình đường quan hệ giữa độ ẩm và logarit độ lún của chùy xuyên được trình bày trong Bảng 3.

Phạm vi mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo mỗi quan hệ giữa độ ẩm và logarit độ lún tập trung trong khoảng từ 3.40 mm đến 4.72 mm. Với mức tin cậy là 95%, khoảng tin cậy trung bình tìm được là từ 3.92 mm đến 4.31 mm, Hình 8.

Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo, Hình 9.

- Thống kê giá trị độ lún giới hạn dẻo ở mô hình MH3 được xác định bởi phương trình đường quan hệ giữa logarit độ ẩm và logarit độ lún của chùy xuyên được trình bày trong Bảng 4:

Phạm vi mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo mỗi quan hệ giữa logarit độ ẩm và logarit độ lún tập trung trong khoảng từ 2.33 mm đến 3.52 mm. Với

mức tin cậy là 95%, khoảng tin cậy trung bình tìm được là từ 2.79 mm đến 3.19 mm, Hình 10.

Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo, Hình 11:
- Khảo sát dữ liệu ở mô hình MH4 theo mỗi quan hệ giữa độ ẩm và logarit của độ lún của hai chùy xuyên có khối lượng lần lượt là 80 g và 240 g. Tuy nhiên, trong quá trình xử lý dữ liệu, nhận thấy rằng đường thẳng hồi quy cho trường hợp chùy xuyên 80 g có hệ số góc là 14.914, trong khi đường thẳng cho chùy xuyên 240 g có hệ số góc là 12.688 (xem Hình 12). Điều này cho thấy sự khác biệt về độ dốc giữa hai đường thẳng và tỉ lệ của hệ số góc là 14.93% so với đường thẳng chùy xuyên 80 g. Kết quả này minh chứng rằng hai đường thẳng không song song và giao nhau tại một điểm nằm ngoài phạm vi khảo sát. Do đó, không thể xác định được khoảng chênh lệch độ ẩm ứng với cùng độ lún để tính toán chỉ số dẻo. Như vậy, mô hình MH4 không phù hợp với bộ dữ liệu thực nghiệm.

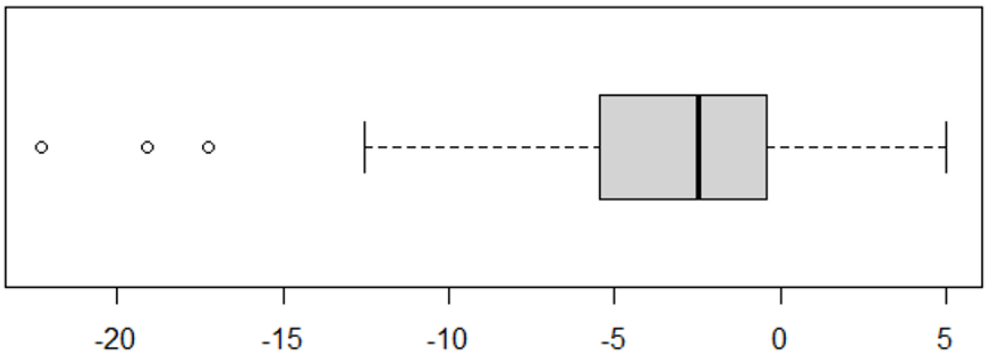
Sự khác biệt về hệ số góc giữa hai đường thẳng cho thấy rằng mối quan hệ giữa độ ẩm và logarit của độ lún có sự biến đổi dựa trên nhiều yếu tố, như khối lượng của chùy xuyên, sai số đo lường và các yếu tố ngẫu nhiên khác, tất cả đều có thể ảnh hưởng đến kết quả khảo sát. Điều này cho thấy mối quan hệ giữa các biến là phi tuyến tính. Khi mối quan hệ giữa hai biến không tuân theo quy luật tuyến tính, việc sử dụng phương pháp hai chùy xuyên để xác định mối quan hệ có thể không mang lại kết quả chính xác. Vì vậy, để mô phỏng mối quan hệ giữa độ ẩm và logarit của độ lún, chúng ta cần tìm một mô hình phi tuyến phù hợp. Mô hình này sẽ giúp chúng ta hiểu rõ hơn về mối quan hệ phức tạp này và đảm bảo tính chính xác trong việc dự đoán và đánh giá.

Đánh giá mô hình phù hợp

Bài báo khảo sát 4 mô hình quan hệ tuyến tính giữa độ ẩm và độ lún với bộ dữ liệu đã thực thực nghiệm,

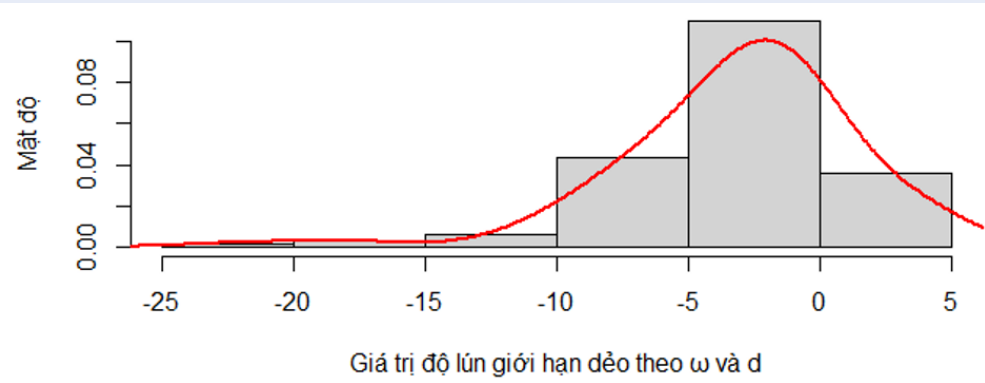
Bảng 2: Đặc trưng thống kê độ lún giới hạn dẻo theo mối quan hệ giữa ω và d

Bộ dữ liệu		Min	q1	Median	Mean	q3	Max	Mode	sd
	129	-22.27	-5.47	-2.45	-3.13	-0.42	5.00	-2.45	4.41
Phân nhóm									
Nhóm		Min	q1	Median	Mean	q3	Max	Mode	sd
(CL)s	11	-9.32	-3.66	-0.7	-2.23	-0.12	1.66	1.66	3.56
(ML)s	4	-4.22	-3.99	-3.37	-3.2	-2.59	-1.86	-4.22	1.08
CH	65	-22.3	-5.91	-2.71	-3.67	-0.89	4.07	-3.67	4.83
CL	23	-8.45	-4.69	-2.32	-2.83	-0.47	4.53	0.4	3.26
ML	5	-9.5	-5.68	-5.47	-4.84	-2.09	-1.44	-1.44	3.24
OH	1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	–
SC	7	-3.7	-0.845	2.69	1.5	4.09	5	-3.7	3.32
s(CL)	11	-12.5	-7.32	-4.56	-4.01	-0.73	4.24	-0.37	5.5
s(ML)	2	-4.17	-2.94	-1.72	-1.72	-0.495	0.73	-4.17	3.46



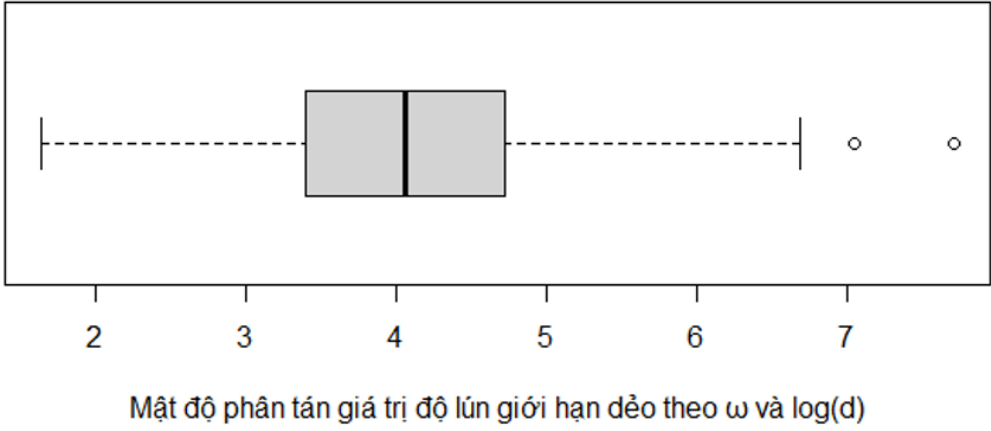
Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo ω và d

Hình 6: Mô hình phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo ω và d

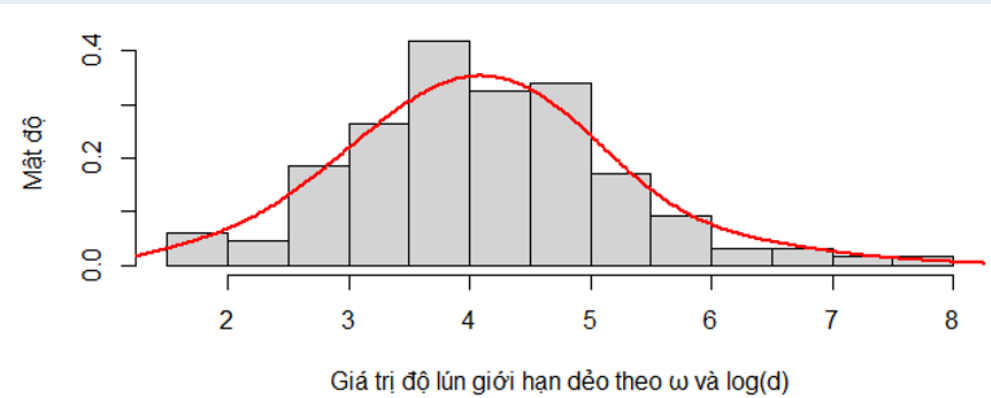


Giá trị độ lún giới hạn dẻo theo ω và d

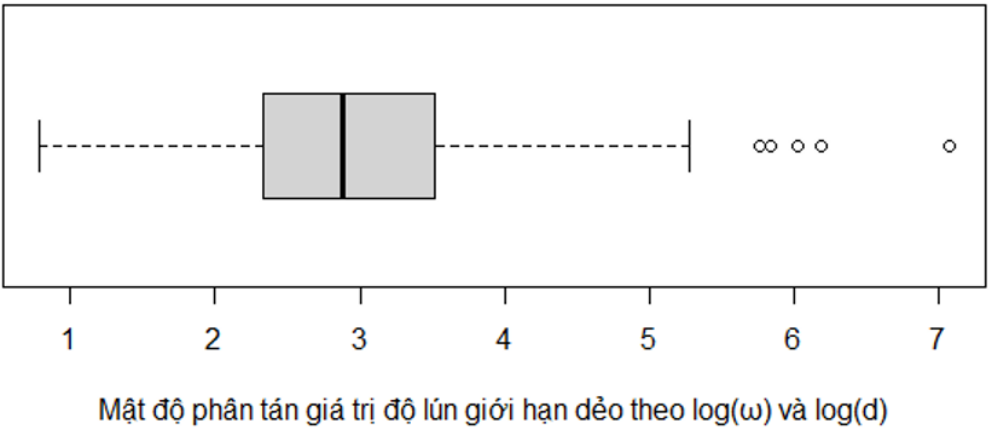
Hình 7: Biểu đồ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo ω và d



Hình 8: Mô hình phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo ω và $\log(d)$



Hình 9: Biểu đồ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo ω và $\log(d)$



Hình 10: Mô hình phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo $\log(\omega)$ và $\log(d)$

Bảng 3: Đặc trưng thống kê độ lún giới hạn dẻo theo mối quan hệ giữa ω và $\log(d)$

Bộ dữ liệu		Min	q ₁	Median	Mean	q ₃	Max	Mode	sd
129		1.64	3.40	4.06	4.11	4.72	7.71	3.86	1.102
Phân nhóm									
Nhóm		Min	q ₁	Median	Mean	q ₃	Max	Mode	sd
(CL)s	11	2.78	3.26	4.53	4.21	4.84	5.74	5.33	1.02
(ML)s	4	2.62	2.92	3.36	3.33	3.76	3.99	2.62	0.623
CH	65	1.64	3.47	3.97	3.98	4.64	6.57	1.64	1.02
CL	23	2.6	3.68	4.12	4.15	4.57	6.68	3.86	0.915
ML	5	2.83	3.4	3.51	3.83	4.51	4.89	4.89	0.848
OH	1	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71	–
SC	7	3.86	4.89	5.63	5.6	6.1	7.71	3.86	1.24
s(CL)	11	2.07	2.84	3.58	4.01	4.6	7.05	4.56	1.56
s(ML)	2	4.08	4.41	4.74	4.74	5.07	5.4	4.08	0.933

Bảng 4: Đặc trưng thống kê độ lún giới hạn dẻo theo mối quan hệ giữa $\log(\omega)$ và $\log(d)$

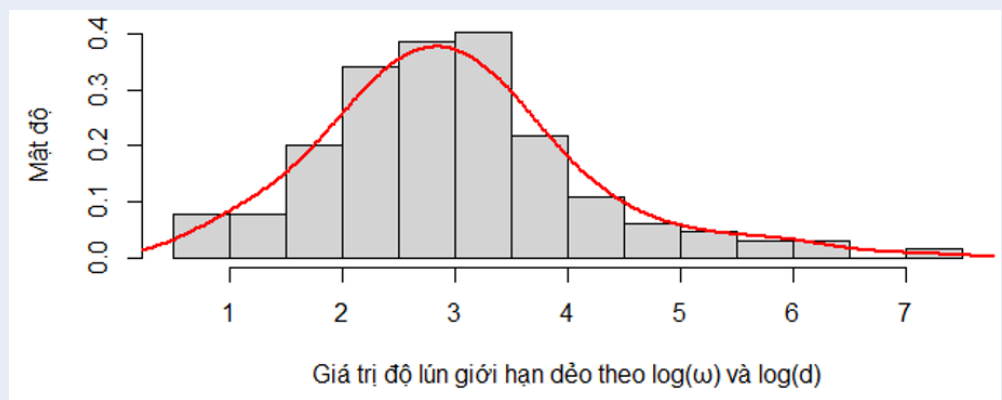
Bộ dữ liệu		Min	q ₁	Median	Mean	q ₃	Max	Mode	sd
129		0.79	2.33	2.88	2.987	3.52	7.07	3.32	1.1477
Phân nhóm									
Nhóm		Min	q ₁	Median	Mean	q ₃	Max	Mode	sd
(CL)s	11	1.71	2.2	3.32	3.11	3.72	4.37	3.32	0.959
(ML)s	4	1.86	2.18	2.5	2.54	2.86	3.32	1.86	0.622
CH	65	0.79	2.3	2.68	2.74	3.29	5.27	1.00	0.964
CL	23	1.33	2.37	2.95	3.02	3.58	5.76	3.04	0.965
ML	5	1.86	2.45	2.88	2.95	3.59	3.95	3.95	0.844
OH	1	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	–
SC	7	3.19	4.11	5.25	4.98	5.56	7.07	3.19	1.3
s(CL)	11	1.11	1.94	2.47	2.98	3.43	6.19	3.37	1.72
s(ML)	2	3.17	3.56	3.94	3.94	4.32	4.71	3.17	1.09

hiện có 3 mô hình phù hợp với bộ dữ liệu: Mô hình MH1 xác định độ lún giới hạn dẻo trên quan hệ giữa độ ẩm và độ lún; Mô hình MH2 xác định độ lún giới hạn dẻo trên quan hệ giữa độ ẩm và logarit độ lún; Mô hình MH3 xác định độ lún giới hạn dẻo trên quan hệ giữa logarit độ ẩm và logarit độ lún.

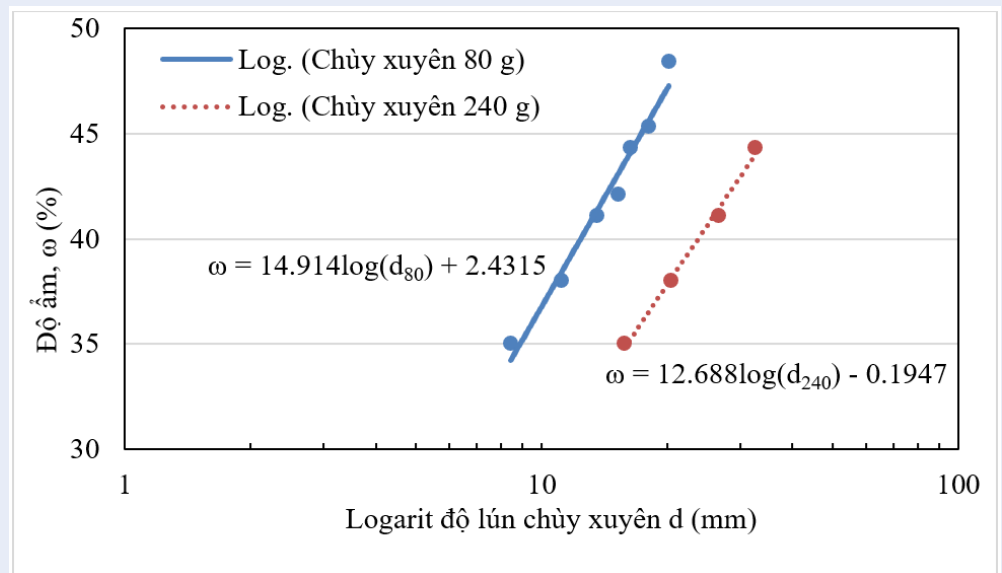
- Đánh giá mô hình theo sai số chuẩn hồi quy, kết quả được thể hiện ở Hình 13. Cho thấy mô hình MH1 có tần số xuất hiện cao nhất ở mỗi nhóm đất khác nhau, nên mô hình này phù hợp nhất. Xét ở mỗi nhóm đất khác nhau, mô hình MH2 có sự xuất hiện đều trong

mỗi nhóm. Tần số xuất hiện của mô hình MH2 cao dẫn đến chiếm ưu thế hơn mô hình MH3.

- Đánh giá mô hình theo tiêu chuẩn thông tin Akaike (AIC), kết quả được trình bày ở Hình 14. Nhận thấy tần số mô hình MH1 xuất hiện cao nhất và chiếm ưu thế trong mỗi nhóm đất nên mô hình này là tuyến tính nhất. Xét ở mỗi nhóm đất khác nhau, mô hình MH2 có sự xuất hiện đều trong mỗi nhóm. Tần số xuất hiện của mô hình cao dẫn đến chiếm ưu thế hơn mô hình MH3.



Hình 11: Biểu đồ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo $\log(\omega)$ và $\log(d)$



Hình 12: Quan hệ giữa hai chùy xuyên với cùng độ ẩm tương ứng

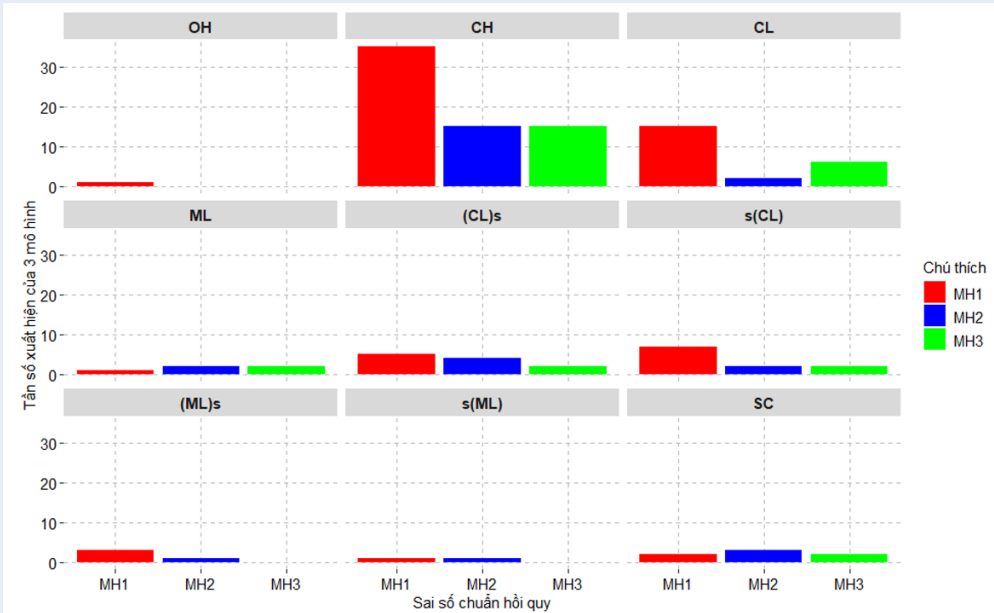
- Đánh giá mô hình theo tiêu chuẩn thông tin Bayesian (BIC), kết quả được trình bày ở Hình 15. Cho thấy mô hình MH1 có tần số xuất hiện cao nhất và chiếm ưu thế trong mỗi nhóm đất, nên mô hình này là tuyến tính nhất. Xét ở mỗi nhóm đất khác nhau, mô hình MH2 có sự xuất hiện đều trong mỗi nhóm, tần số xuất hiện của mô hình cao dẫn đến chiếm ưu thế hơn mô hình MH3.

Khảo sát mối quan hệ tuyến tính của 3 mô hình theo 3 phương pháp đánh giá được tổng hợp và thể hiện ở Hình 16. Từ những nhận định ở từng phương pháp đánh giá trên, kết quả mô hình tuyến tính đáng tin cậy của 3 mô hình lần lượt là: mô hình MH1: ω - d > mô hình MH2: ω - $\log(d)$ > mô hình MH3: $\log(\omega)$ - $\log(d)$.

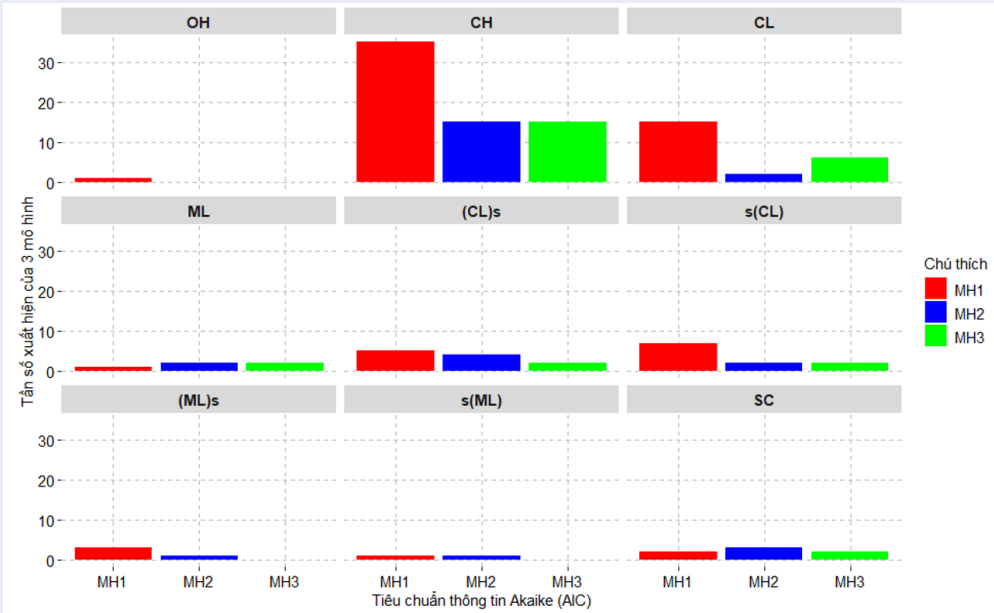
THẢO LUẬN

Tuy nhiên, thông qua khảo sát mật độ phân tán của dữ liệu mô hình MH1, mối quan hệ giữa độ ẩm và độ lún là không phù hợp để xác định giới hạn dẻo. Với khoảng tin cậy ở mức tin cậy 95% của mô hình MH1, độ lún ứng với giới hạn dẻo là từ -3.89 mm đến -2.36 mm nhỏ hơn 0, giá trị có số lần xuất hiện cao nhất là -2.45 mm. Do đó, mô hình MH1 theo quan hệ độ ẩm và độ lún là không phù hợp với bộ dữ liệu đã thực nghiệm.

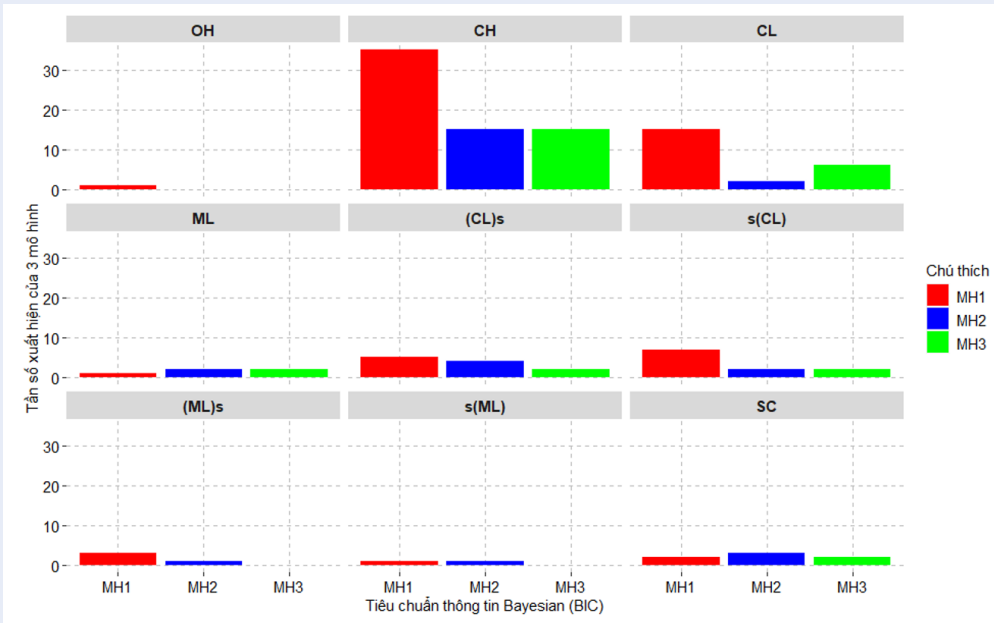
Kết quả dữ liệu thực nghiệm độ lún giới hạn dẻo ở mô hình MH2 theo mối quan hệ độ ẩm và logarit độ lún là phù hợp khi xác định giới hạn dẻo. Kết quả của bộ dữ liệu thực nghiệm cho ra giá trị độ lún giới hạn



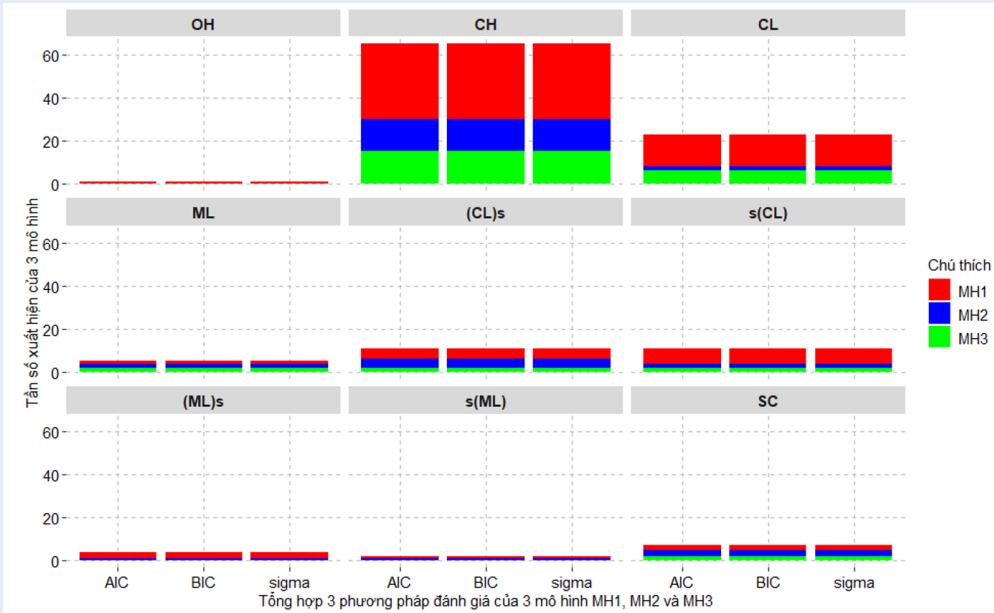
Hình 13: Đánh giá 3 mô hình theo sai số chuẩn hồi quy



Hình 14: Đánh giá 3 mô hình theo tiêu chuẩn AIC



Hình 15: Đánh giá 3 mô hình theo tiêu chuẩn BIC



Hình 16: Tổng hợp 3 phương pháp đánh giá của 3 mô hình MH1, MH2 và MH3

đeo trong khoảng tin cậy 95% là từ 3.92 mm đến 4.31 mm. Do đó, bộ dữ liệu thực nghiệm này đã xác minh rằng giá trị độ lún ứng với giới hạn dẻo không phải là 2 mm, và tỷ lệ cường độ kháng cắt giữa giới hạn dẻo và giới hạn chảy không bằng 100.

Với giá trị trong khoảng tin cậy 95% là từ 3.92 mm đến 4.31 mm theo mô hình MH2 quan hệ độ ẩm và logarit độ lún, chọn giá trị độ lún giới hạn dẻo là 4.11 mm. Khảo sát mật độ dao động giữa giới hạn dẻo thực nghiệm và giới hạn dẻo ở độ lún là 4.11 mm.

Giá trị giới hạn dẻo (xem Hình 17), ở hai phương pháp cổ điển và chùy xuyên theo ω -log(d) đều có mật độ dao động tương tự, ngoại trừ có sự khác biệt rõ rệt ở một vài mẫu.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Mối quan hệ giữa độ lún và độ ẩm theo 3 mô hình đều tuyến tính dựa trên các phương pháp đánh giá mô hình. Thứ tự tuyến tính của từng mô hình đáng tin cậy nhất lần lượt là: mô hình MH1: ω -d > mô hình MH2: ω -log(d) > mô hình MH3: log(ω)-log(d). Giá trị độ lún ở mô hình MH1 quan hệ giữa độ ẩm và độ lún là không phù hợp để xác định giới hạn dẻo do giá trị trong khoảng tin cậy 95% là số âm.

Mô hình MH2 quan hệ tuyến tính giữa độ ẩm và logarit độ lún là mô hình phù hợp với bộ dữ liệu thực nghiệm. Kết quả độ lún giới hạn dẻo theo phương pháp đã chọn là khoảng từ 3.92 mm đến 4.31 mm. Khảo sát này xác minh rằng giá trị độ lún giới hạn dẻo không nhất thiết là ở 2 mm, và tỷ lệ cường độ kháng cắt không bằng 100.

Bài báo này đã chỉ ra khoảng dao động của độ lún chùy xuyên tương ứng với giới hạn dẻo là 3.92 mm đến 4.31mm, tuy nhiên giá trị độ lún chùy xuyên tại giới hạn dẻo cụ thể cho từng nhóm đất vẫn chưa được giải quyết triệt để, do đó cần có các nghiên cứu bổ sung về vấn đề này trong tương lai.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

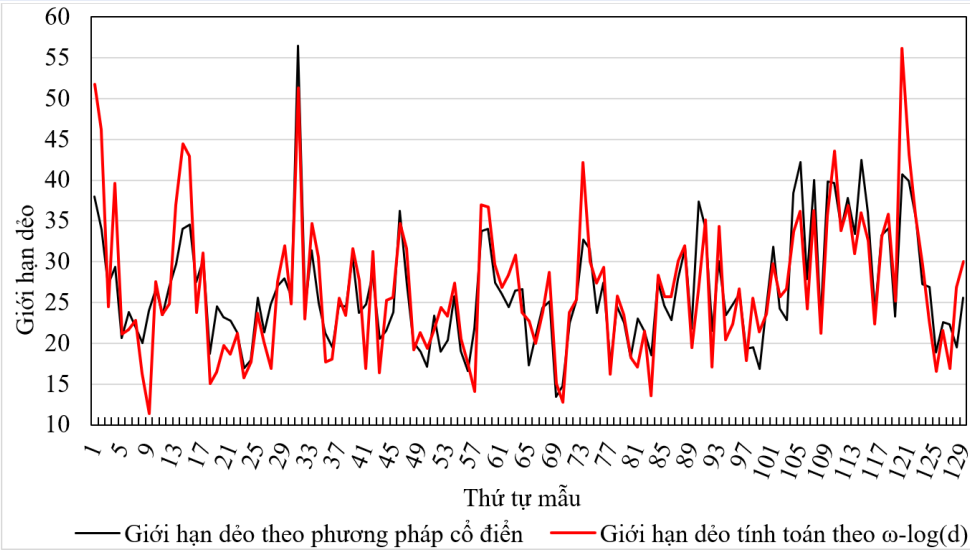
Nhóm tác giả cam kết không mâu thuẫn về quyền lợi và nghĩa vụ của các thành viên.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Tác giả Văn Ngọc Thành thực hiện nhiệm vụ thí nghiệm, phân tích dữ liệu và viết bản nháp bài báo; tác giả Huỳnh Đức Luân thực hiện thí nghiệm, phân tích dữ liệu và xây dựng đồ thị, bảng biểu; tác giả Lê Minh Sơn đề xuất ý tưởng, thu thập mẫu đất, lên kế hoạch tiến hành các thí nghiệm, thảo luận và đánh giá kết quả thí nghiệm, góp ý chỉnh sửa bài báo; tác giả Kiều Lê Thủy Chung đánh giá, phân tích dữ liệu thống kê và hỗ trợ hiệu chỉnh nội dung bài báo; tác giả Ngô Tấn Phong thực hiện chỉnh sửa toàn văn bài báo, liên hệ, nộp và trả lời câu hỏi của phản biện và ban biên tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Skempton AW, Northey RD. The Sensitivity of Clays." Géotechnique. 1953;3(1):30-53;Available from: <https://doi.org/10.1680/geot.1952.3.1.30>.
2. Hansbo S. A New Approach to the Determination of the Shear Strength of Clay by the Fall-Cone Test. Royal Swedish Geotechnical Institute Proceedings. 1957;(14):7-47;.
3. Campbell D J. Plastic Limit Determination Using a Drop-Cone Penetrometer. Journal of Soil Science. 1976;27(3):295-300;Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1976.tb01999.x>.
4. Wood DM, Wroth CP. The Use of the Cone Penetrometer to Determine the Plastic Limit of Soils. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. 1978;15(3):51;Available from: [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(78\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0148-9062(78)90033-5).
5. British Standards Institution. Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes. na; 1975;.
6. Harison J A. Using the BS Cone Penetrometer for the Determination of the Plastic Limit of Soils. Géotechnique. 1988;38(3):433-38;Available from: <https://doi.org/10.1680/geot.1988.38.3.433>.
7. Feng TW. Reappraisal of the Fall Cone Test. Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. 2005;(16):357-60;.
8. Feng TW. Fall-Cone Penetration and Water Content Relationship of Clays. Géotechnique. 2000;50(2):181-87;Available from: <https://doi.org/10.1680/geot.2000.50.2.181>.



Hình 17: Quan hệ giữa giới hạn dẻo theo phương pháp cổ điển và giới hạn dẻo tính toán theo $\omega\text{-log}(d)$

Survey of methods to determine the plastic limit of soil based on penetration depth and water content in fall cone test

Van Ngoc Thanh¹, Huynh Duc Luan¹, Le Minh Son², Kieu Le Thuy Chung^{3,4}, Ngo Tan Phong^{3,4,*}

ABSTRACT

Determining the plastic limit of soil is a difficult task in the field of geotechnical engineering. Methods for determining the plastic limit still contain many subjective factors and experimental results have low repeatability. Therefore, it is necessary to research and determine the plastic limit of soil with objective methods to get accurate and highly repeatable results. This article synthesizes previously proposed methods and verifies them. Among the proposed methods, the fall cone method is chosen for research in this article. The implementation of the fall cone method is similar to the experiment to determine the liquid limit. In the previous studies, an assumption was made that the shear resistance at the plastic limit was 100 times greater than the shear resistance at the liquid limit, from which it was deduced that the settlement at the plastic limit by the fall cone method was 2 mm. However, in this paper, the use of the fall cone method is carried out at many different settlement levels when changing the moisture content of the soil sample. The purpose of this is to determine the relationship between penetration depth and the moisture content of each soil sample. This is to determine the penetration of the fall cone at the plastic limit, using the plastic limit value determined from the classical method. As a result of this method, the penetration depth at the plastic limit of the soil according to the relationship between moisture content and the logarithm of penetration depth is in the range of 3.92 mm to 4.31 mm. In other words, this result verifies that the penetration depth at plastic limit is not necessarily at 2 mm, and the shear strength ratio is not equal to 100.

Key words: Atterberg limits, Liquid limit, Penetration depth, Plastic limit, Water content

¹Student, Department of Geotechnics, Faculty of Geology & Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

²flatGEO Consulting Company, 85 Suong Nguyet Anh Street, District 1, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Department of Geotechnics, Faculty of Geology & Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

⁴Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Ngo Tan Phong, Department of Geotechnics, Faculty of Geology & Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: ngotanphong@hcmut.edu.vn

Cite this article : Thanh VN, Luan HD, Son LM, Chung KLT, Phong NT. **Survey of methods to determine the plastic limit of soil based on penetration depth and water content in fall cone test.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2024; 6(S17):167-179.