

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

Văn Ngọc Thành<sup>1</sup>, Huỳnh Đức Luân<sup>1</sup>, Lê Minh Sơn<sup>2</sup>, Kiều Lê Thủy Chung<sup>3,4</sup>, Ngô Tấn Phong<sup>3,4,\*</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## 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 khóa:** Độ ẩm, Độ lún chùy xuyên, Giới hạn Atterberg, Giới hạn chảy, Giới hạn dẻo

<sup>1</sup>Sinh 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

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

<sup>3</sup>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

<sup>4</sup>Đại 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

## 1 GIỚI THIỆU

2 Giới hạn Atterberg là các giá trị định nghĩa các trạng  
3 thái của đất trong quá trình thay đổi độ ẩm. Giới hạn  
4 chảy của đất (Liquid limit - LL) là độ ẩm mà đất có  
5 kết cấu bị phá hoại, mẫu đất chuyển từ trạng thái dẻo  
6 sang trạng chảy. Giới hạn dẻo của đất (Plastic limit -  
7 PL) là độ ẩm mà đất có kết cấu bị phá hoại, mẫu đất  
8 chuyển từ trạng thái cứng sang trạng thái dẻo.  
9 Giới hạn dẻo của đất là một chủ đề cấp thiết trong lĩnh  
10 vực địa kỹ thuật. Xác định giới hạn dẻo là một phương  
11 pháp để đánh giá tính chất cơ học của đất. Hiện nay,  
12 phương pháp phổ biến được sử dụng để xác định giới  
13 hạn dẻo của đất là phương pháp lăn mẫu đất thành sợi  
14 có đường kính 3 mm. Người thí nghiệm lăn đất thành  
15 sợi đất có đường kính 3 mm, sợi đất bắt đầu rạn nứt,  
16 đứt hoặc vỡ vụn thì độ ẩm của sợi đất lúc đó là giới hạn  
17 dẻo của đất. Nếu sợi đất lăn đến đường kính 3 mm mà  
18 vẫn chưa đứt hoặc chưa vỡ vụn thì phải vo tròn lại và  
19 tiếp tục lăn cho đến khi sợi đất bị đứt hoặc vỡ vụn ở  
20 đường kính 3 mm. Tuy nhiên, phương pháp này đòi  
21 hỏi người làm phải có kinh nghiệm, sự kiên nhẫn, kỹ  
22 năng và sự khéo tay để đảm bảo rằng sợi đất được lăn  
23 đều và có đường kính đồng nhất. Nếu không thực  
24 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  
Northey<sup>1</sup> cho rằng cường độ kháng cắt ở giới hạn dẻo  
gấp 100 lần cường độ kháng cắt ở giới hạn chảy.

Hansbo<sup>2</sup> 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.

Campbell<sup>3</sup> đã sử dụng phương pháp chùy xuyên có  
góc ở đỉnh  $30^\circ$  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.

**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; (1):1-12.

Lịch sử

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

DOI:



Bản quyền

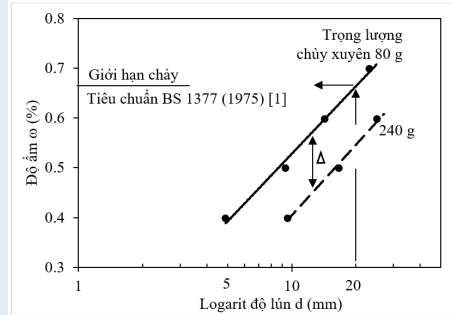
© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



48 Wood và Wroth<sup>4</sup> dùng phương pháp hai chùy xuyên  
 49 có khối lượng lần lượt là 80g và 240g để đo độ lún của  
 50 hai chùy tương ứng với độ ẩm, xem Hình 1. Chỉ số  
 51 dẻo PI được xác định từ biểu đồ quan hệ giữa logarit  
 52 của độ lún với độ ẩm. Phương pháp này có thể xác  
 53 định đồng thời cả giới hạn dẻo và giới hạn chảy của  
 54 đất với một lần thí nghiệm. Giới hạn dẻo xác định  
 55 theo phương pháp này có tính lặp lại cao. Chỉ số dẻo  
 56 được xác định theo công thức:

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

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

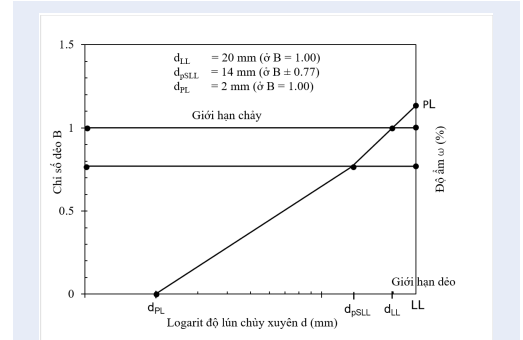


Hình 1: Độ lún của chùy xuyên và độ ẩm tương ứng trong đất sét, theo Wood và Wroth<sup>5,4</sup>

60 Harison<sup>6</sup> xác nhận kết quả thí nghiệm thu được bởi  
 61 Skempton and Northey<sup>1</sup> về mối quan hệ giữa độ ẩm  
 62 hoặc độ sệt và logarit của cường độ kháng cắt không  
 63 phải là một đường thẳng. Kết quả này phù hợp với  
 64 giả định rằng cường độ kháng cắt của đất ở giới hạn  
 65 dẻo gấp 100 lần ở giới hạn chảy. Trong nghiên cứu,  
 66 Harison<sup>6</sup> thực hiện các thử nghiệm thả chùy xuyên  
 67 với phạm vi giá trị độ lún trong khoảng 5 - 25 mm để  
 68 xây dựng biểu đồ giữa độ lún với độ ẩm. Mối quan  
 69 hệ logarit của độ lún với độ ẩm được xấp xỉ bằng hai  
 70 đường thẳng giao nhau tại điểm ứng với độ sệt bằng  
 71 0.77 hoặc sức kháng cắt bằng hai lần sức kháng cắt  
 72 ứng với giới hạn chảy.

73 Theo Harison<sup>6</sup>, trên biểu đồ Hình 2 có một số điểm  
 74 cần lưu ý: độ lún tại điểm gãy là khoảng 14 mm, độ  
 75 lún ở giới hạn chảy là 20 mm, độ lún ở giới hạn dẻo là  
 76 2 mm.

77 Feng<sup>7</sup> thử nghiệm phương pháp chùy xuyên đã được  
 78 sử dụng để xác định mối quan hệ tuyến tính log-log  
 79 giữa độ ẩm và độ lún. Mối quan hệ này có thể được  
 80 sử dụng để xác định cả giới hạn chảy và giới hạn dẻo  
 81 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 Harison<sup>6</sup>

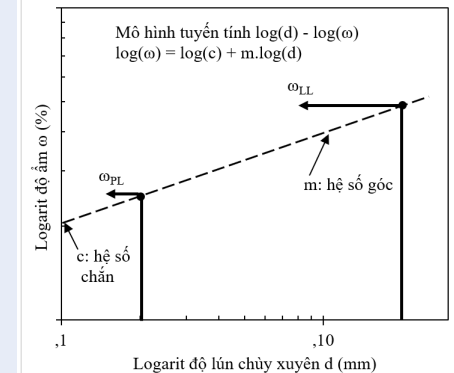
tuyến tính được Feng<sup>8</sup> đề xuất cho mối quan hệ log-  
 log (Hình 3) và biểu thị bằng phương trình:

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

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 Feng<sup>8</sup>

## 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.

96 Bài báo nghiên cứu này khảo sát mối quan hệ giữa  
 97 độ ẩm và độ lún cho 129 mẫu đất thuộc các nhóm  
 98 đất khác nhau. Các mẫu đất được phân loại theo tiêu  
 99 chuẩn ASTM D2487, gồm những nhóm: OH, CH,  
 100 CL, (CL)s, s(CL), ML, (ML)s, s(ML) và SC. Tên những  
 101 nhóm đất được gọi theo hệ thống phân loại đất thống  
 102 nhất USCS (Unified Soil Classification System) của  
 103 tiêu chuẩn ASTM D2487 (xem Bảng 1).  
 104 Mỗi mẫu đất được thí nghiệm ở nhiều độ lún khác  
 105 nhau trong khoảng từ 5 - 25 mm để khảo sát mối quan  
 106 hệ giữa độ lún và độ ẩm theo 4 mô hình:

- 107 • Mô hình 1 (MH1): mối quan hệ giữa độ ẩm và  
 108 độ lún.
- 109 • Mô hình 2 (MH2): mối quan hệ giữa logarit của  
 110 độ lún và độ ẩm.
- 111 • Mô hình 3 (MH3): mối quan hệ giữa logarit của  
 112 độ ẩm và logarit của độ lún.
- 113 • Mô hình 4 (MH4): mối quan hệ giữa logarit độ  
 114 lún và độ ẩm để xác định chỉ số dẻo khi sử dụng  
 115 2 chùy xuyên, có khối lượng là 80 g và 240 g, xem  
 116 Hình 4 và Hình 5.

117 Để đánh giá sự phù hợp của mô hình, bài báo sử dụng  
 118 3 phương pháp:

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

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

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

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

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

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

139 Công thức của BIC là:  $BIC = k \ln(n) - 2 \ln(\hat{L})$ , trong  
 140 đó, k là số lượng tham số của mô hình, n là số lượng  
 141 quan sát của dữ liệu và  $\hat{L}$  là hàm xác suất tối đa của  
 142 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

**143 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM**

**144 Khảo sát 4 mô hình quan hệ giữa độ lún (d)**  
**145 và độ ẩm ( $\omega$ )**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

mức tin cậy là 95%, khoảng tin cậy trung bình tìm 178  
được là từ 2.79 mm đến 3.19 mm, Hình 10. 179

Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo, Hình 11: 180

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

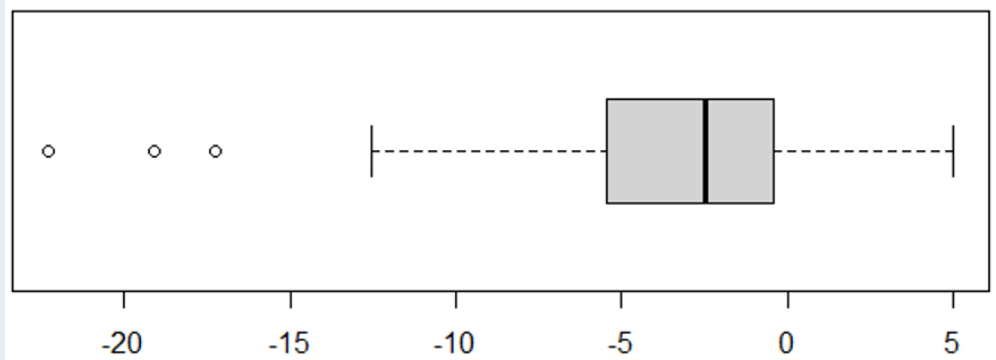
196 Sự khác biệt về hệ số góc giữa hai đường thẳng cho  
197 thấy rằng mỗi quan hệ giữa độ ẩm và logarit của độ  
198 lún có sự biến đổi dựa trên nhiều yếu tố, như khối  
199 lượng của chùy xuyên, sai số đo lường và các yếu tố  
200 ngẫu nhiên khác, tất cả đều có thể ảnh hưởng đến kết  
201 quả khảo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

**Đánh giá mô hình phù hợp** 211

Bài báo khảo sát 4 mô hình quan hệ tuyến tính giữa 212  
độ ẩm và độ lún với bộ dữ liệu đã thực thực nghiệm, 213

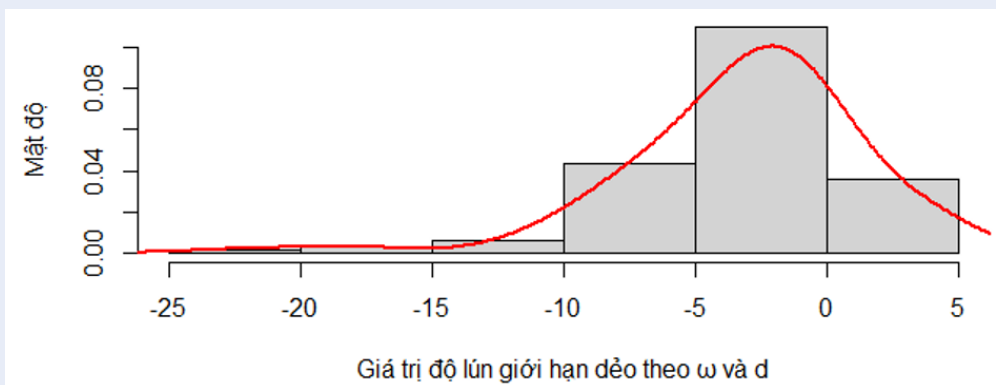
**Bảng 2: Đặc trưng thống kê độ lún giới hạn dẻo theo mối quan hệ giữa  $\omega$  và  $d$**

Bộ dữ liệu		Min	q <sub>1</sub>	Median	Mean	q <sub>3</sub>	Max	Mode	sd
129		-22.27	-5.47	-2.45	-3.13	-0.42	5.00	-2.45	4.41
Phân nhóm		Min	q <sub>1</sub>	Median	Mean	q <sub>3</sub>	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



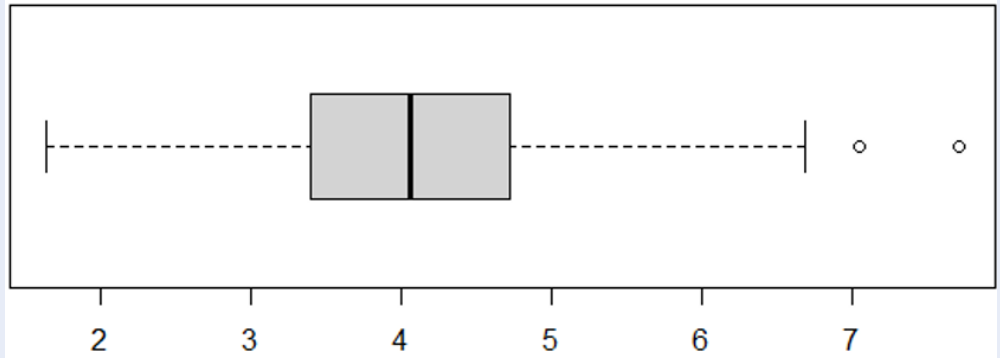
Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo  $\omega$  và  $d$

**Hình 6:** Mô hình phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo  $\omega$  và  $d$



**Hình 7:** Biểu đồ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo  $\omega$  và  $d$



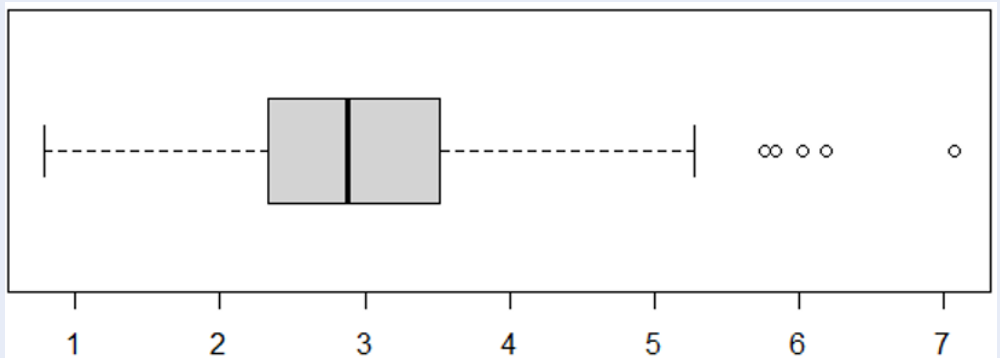


Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo  $\omega$  và  $\log(d)$

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



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



Mật độ phân tán giá trị độ lún giới hạn dẻo theo  $\log(\omega)$  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  $\omega$  và  $\log(d)$**

Bộ dữ liệu	Min	q <sub>1</sub>	Median	Mean	q <sub>3</sub>	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 <sub>1</sub>	Median	Mean	q <sub>3</sub>	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  $\log(d)$**

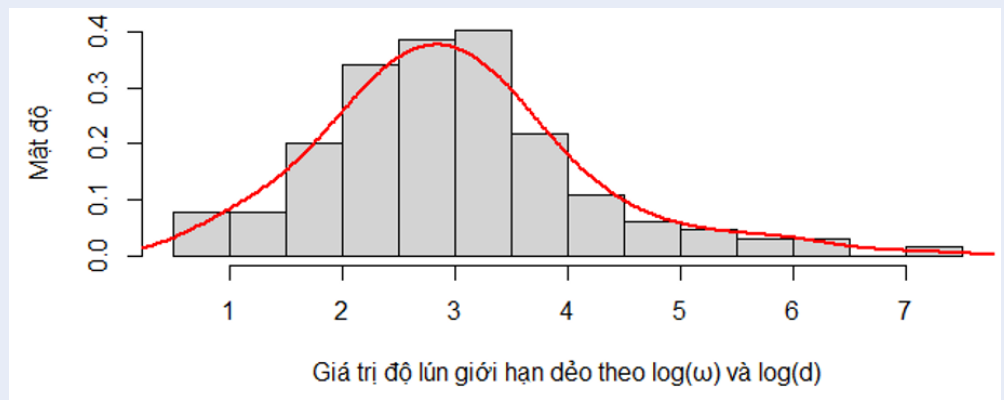
Bộ dữ liệu	Min	q <sub>1</sub>	Median	Mean	q <sub>3</sub>	Max	Mode	sd	
129	0.79	2.33	2.88	2.987	3.52	7.07	3.32	1.1477	
Phân nhóm									
Nhóm	Min	q <sub>1</sub>	Median	Mean	q <sub>3</sub>	Max	Mode	sd	
(CL)s	11	1.71	2.2	3.32	3.11	3.72	4.37	3.32	0.959
(ML)s	4	1.86	2.18	2.5	2.54	2.86	3.32	1.86	0.622
CH	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

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

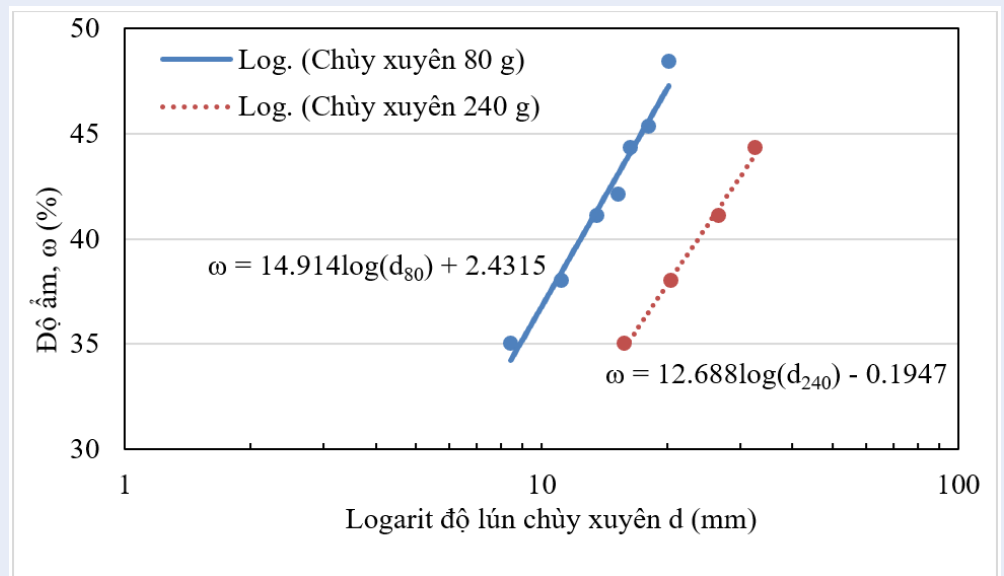
220 - Đánh giá mô hình theo sai số chuẩn hồi quy, kết quả  
 221 được thể hiện ở Hình 13. Cho thấy mô hình MH1 có  
 222 tần số xuất hiện cao nhất ở mỗi nhóm đất khác nhau,  
 223 nên mô hình này phù hợp nhất. Xét ở mỗi nhóm đất  
 224 khác nhau, mô hình MH2 có sự xuất hiện đều trong

mỗi nhóm. Tần số xuất hiện của mô hình MH2 cao  
 225 dẫn đến chiếm ưu thế hơn mô hình MH3. 226

- Đánh giá mô hình theo tiêu chuẩn thông tin Akaike  
 227 (AIC), kết quả được trình bày ở Hình 14. Nhận thấy  
 228 tần số mô hình MH1 xuất hiện cao nhất và chiếm ưu  
 229 thế trong mỗi nhóm đất nên mô hình này là tuyến tính  
 230 nhất. Xét ở mỗi nhóm đất khác nhau, mô hình MH2  
 231 có sự xuất hiện đều trong mỗi nhóm. Tần số xuất hiện  
 232 của mô hình cao dẫn đến chiếm ưu thế hơn mô hình  
 233 MH3. 234



Hình 11: Biểu đồ phân tán giá trị độ lún giới hạn theo log(ω) và log(d)



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

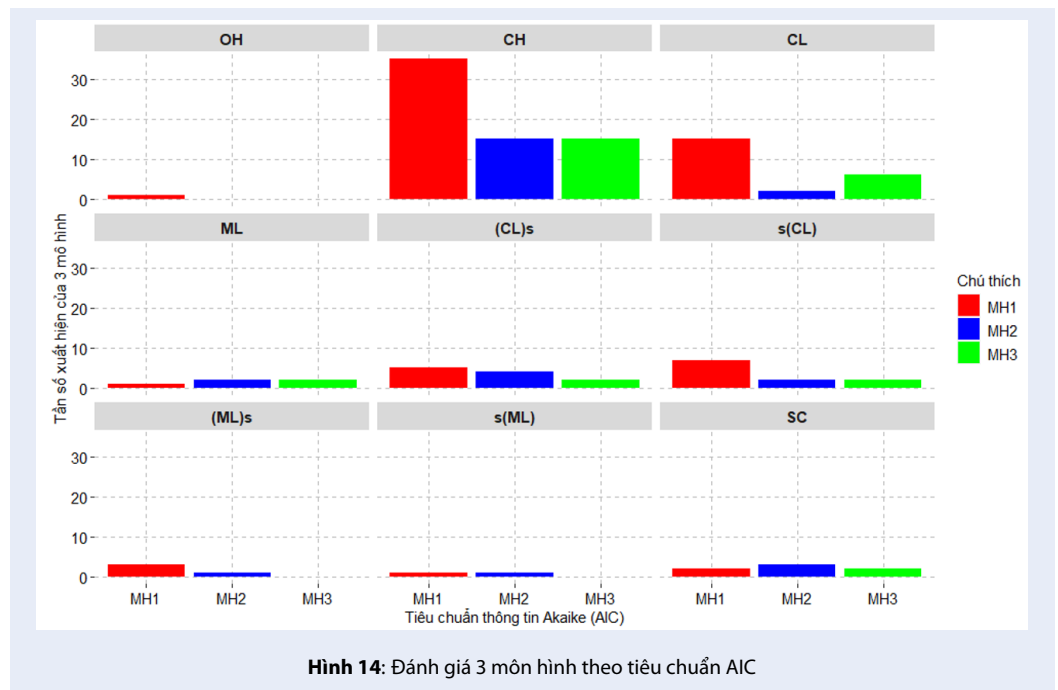
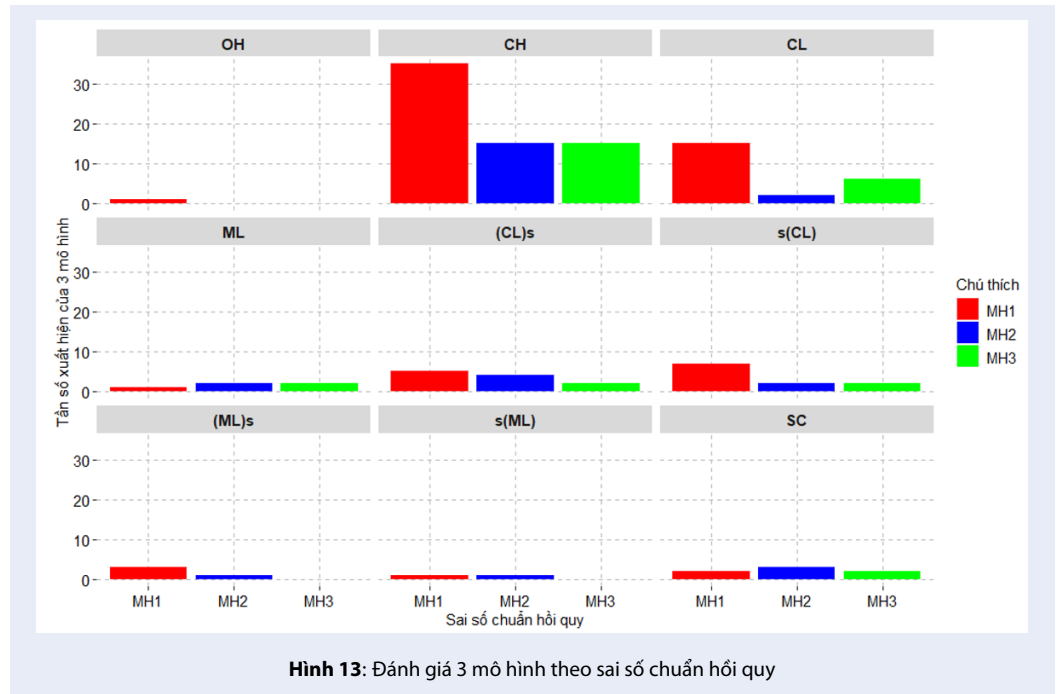
235 - Đánh giá mô hình theo tiêu chuẩn thông tin  
 236 Bayesian (BIC), kết quả được trình bày ở Hình 15.  
 237 Cho thấy mô hình MH1 có tần số xuất hiện cao nhất  
 238 và chiếm ưu thế trong mỗi nhóm đất, nên mô hình  
 239 này là tuyến tính nhất. Xét ở mỗi nhóm đất khác nhau,  
 240 mô hình MH2 có sự xuất hiện đều trong mỗi nhóm,  
 241 tần số xuất hiện của mô hình cao dẫn đến chiếm ưu  
 242 thế hơn mô hình MH3.  
 243 Khảo sát mối quan hệ tuyến tính của 3 mô hình theo  
 244 3 phương pháp đánh giá được tổng hợp và thể hiện ở  
 245 Hình 16. Từ những nhận định ở từng phương pháp  
 246 đánh giá trên, kết quả mô hình tuyến tính đáng tin  
 247 cậy của 3 mô hình lần lượt là: mô hình MH1:  $\omega-d$   
 248 > mô hình MH2:  $\omega-\log(d)$  > mô hình MH3:  $\log(\omega)-$   
 249  $\log(d)$ .

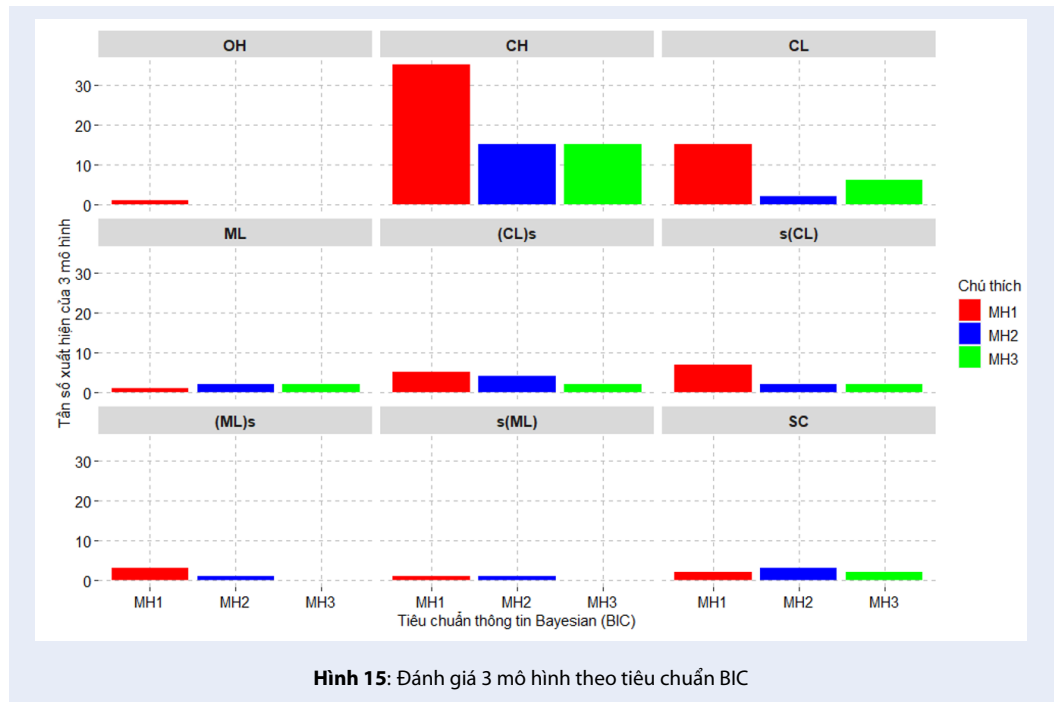
## THẢO LUẬN

250 Tuy nhiên, thông qua khảo sát mật độ phân tán của  
 251 dữ liệu mô hình MH1, mối quan hệ giữa độ ẩm và độ  
 252 lún là không phù hợp để xác định giới hạn dẻo. Với  
 253 khoảng tin cậy ở mức tin cậy 95% của mô hình MH1,  
 254 độ lún ứng với giới hạn dẻo là từ -3.89 mm đến -2.36  
 255 mm nhỏ hơn 0, giá trị có số lần xuất hiện cao nhất  
 256 là -2.45 mm. Do đó, mô hình MH1 theo quan hệ độ  
 257 ẩm và độ lún là không phù hợp với bộ dữ liệu đã thực  
 258 nghiệm.  
 259

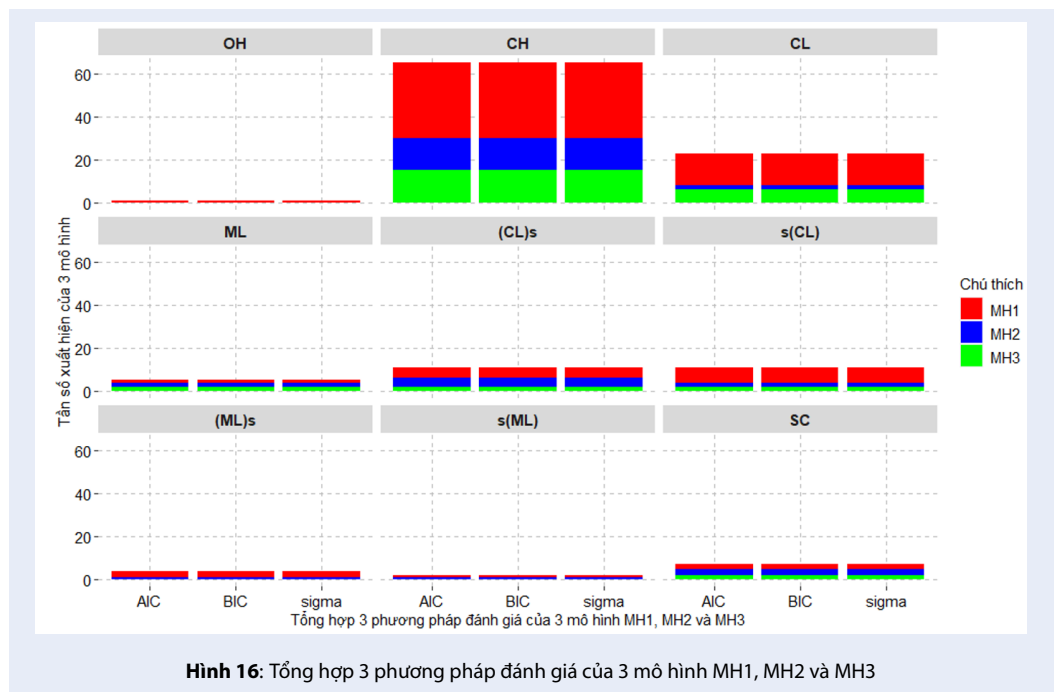
260 Kết quả dữ liệu thực nghiệm độ lún giới hạn dẻo ở  
 261 mô hình MH2 theo mối quan hệ độ ẩm và logarit độ  
 262 lún là phù hợp khi xác định giới hạn dẻo. Kết quả của  
 263 bộ dữ liệu thực nghiệm cho ra giá trị độ lún giới hạn







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

264 dẻo trong khoảng tin cậy 95% là từ 3.92 mm đến 4.31  
265 mm. Do đó, bộ dữ liệu thực nghiệm này đã xác minh  
266 rằng giá trị độ lún ứng với giới hạn dẻo không phải là  
267 2 mm, và tỷ lệ cường độ kháng cắt giữa giới hạn dẻo  
268 và giới hạn chảy không bằng 100.

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

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

### 278 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

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

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

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

### 300 XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

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

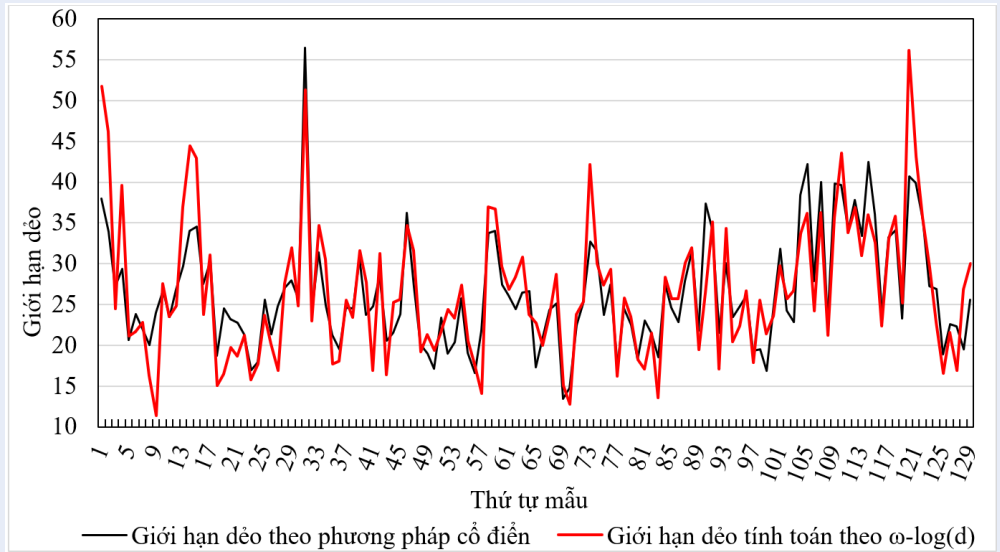
### 303 ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

304 Tác giả Văn Ngọc Thành thực hiện nhiệm vụ thí  
305 nghiệm, phân tích dữ liệu và viết bản nháp bài báo;  
306 tác giả Huỳnh Đức Luân thực hiện thí nghiệm, phân  
307 tích dữ liệu và xây dựng đồ thị, bảng biểu; tác giả Lê  
308 Minh Sơn đề xuất ý tưởng, thu thập mẫu đất, lên kế  
309 hoạch tiến hành các thí nghiệm, thảo luận và đánh  
310 giá kết quả thí nghiệm, góp ý chỉnh sửa bài báo; tác  
311 giả Kiều Lê Thùy Chung đánh giá, phân tích dữ liệu  
312 thống kê và hỗ trợ hiệu chỉnh nội dung bài báo; tác  
313 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 dẽo theo phương pháp cổ điển và giới hạn dẽo tính toán theo  $\omega$ -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 Thanh<sup>1</sup>, Huynh Duc Luan<sup>1</sup>, Le Minh Son<sup>2</sup>, Kieu Le Thuy Chung<sup>3,4</sup>, Ngo Tan Phong<sup>3,4,\*</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## 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

<sup>1</sup>Student, 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

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

<sup>3</sup>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

<sup>4</sup>Vietnam 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; ():1-1.