



# TƯƠNG QUAN GIỮA CƯỜNG ĐỘ KHÁNG CẮT VÀ ĐỘ BÃO HOÀ NƯỚC CỦA ĐẤT TÀN SƯỜN TÍCH TẠI MỘT SỐ KHU VỰC XÂY RA HIỆN TƯỢNG TRƯỢT ĐẤT MÁI ĐỐC TRÊN QUỐC LỘ 49, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

Nguyễn Thị Thanh Nhân<sup>1</sup>, Đỗ Quang Thiên<sup>1</sup>, Menglim Hoy<sup>2</sup>, Dương Vĩnh Nhiêu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Đại học Khoa học, Đại học Huế, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghệ Suranaree, Thái Lan

**Tóm tắt.** Trượt đất mái dốc là tai biến địa chất thường xuyên xảy ra vào mùa mưa dọc theo các tuyến đường giao thông vùng đồi núi của tỉnh Thừa Thiên Huế, đặc biệt là tuyến Quốc lộ 49. Cường độ kháng cắt của đất là một trong những thông số quan trọng để đánh giá ổn định mái dốc. Mục đích của bài báo này là xác định mối liên hệ tương quan giữa độ bão hoà nước và cường độ kháng cắt từ thí nghiệm nén một trục nở hông (Unconfined compression test – UC) của một số loại đất tàn sườn tích phong hoá từ các đá thuộc hệ tầng Long Đại, phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn và phức hệ Đại Lộc, cấu tạo mái dốc dọc Quốc lộ 49. Kết quả thí nghiệm cường độ kháng cắt của đất tại năm khu vực thường xuyên xảy ra trượt đất mái dốc thay đổi chủ yếu trong khoảng từ 0,56 đến 0,17 kG/cm<sup>2</sup> khi độ bão hoà nước trong đất tăng từ 58,5 đến 97,4%. Đồng thời, kết quả cũng cho thấy cường độ kháng cắt và độ bão hoà nước của đất có mối liên hệ tương quan từ chặt đến rất chặt ( $R > 0,7$ ). Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo hữu ích, giúp làm sáng tỏ thêm đặc trưng cường độ kháng cắt của đất theo độ bão hoà nước trong đất, hỗ trợ đánh giá ổn định mái dốc dọc tuyến đường nghiên cứu được tốt hơn trong tương lai.

**Từ khoá:** cường độ kháng cắt, độ bão hoà nước, đất tàn sườn tích, liên hệ tương quan, trượt đất mái dốc

## Correlation between degree of saturation and soil shear strength of eluvial deluvial soil slopes along National road 49, Thua Thien Hue province, Vietnam

Nguyen Thi Thanh Nhan<sup>1</sup>, Do Quang Thien<sup>1</sup>, Menglim Hoy<sup>2</sup>, Duong Vinh Nhie<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Sciences, Hue University

<sup>2</sup>Suranaree University of Technology, Thailand

\* Tác giả liên hệ: nttghan@hueuni.edu.vn

**Abstract.** Landslides are common in the mountainous regions of Thua Thien Hue province (Vietnam) during rainy seasons, especially along National Road 49. The shear strength of soil is an essential parameter for landslide susceptibility assessment. This study aims to investigate the relationship between the degree of saturation and the shear strength by using the unconfined compression test for the eluvial deluvial soil slopes in the weathering crusts of Long Dai formation, Ben Giang – Que Son complex and Dai Loc complex, along National Road 49. The soil shear strength in [five] areas where slope landslides occur varies from 0.56 to 0.17 kG/cm<sup>2</sup> when the degree of saturation increases from 58.5 to 97.4%. At the same time, the results also show that the shear strength and the degree of saturation are correlated from strong to very strong degrees ( $R > 0.7$ ). The results are a useful reference, helping to clarify the characteristics of the shear strength according to the degree of saturation and making the assessment of slope stability along the studied road better in future.

**Keywords:** shear strength, degree of saturation, eluvial deluvial soil, correlation, slope landslide

## 1 Đặt vấn đề

Quốc lộ 49, nối liền thành phố Huế với huyện A Lưới, là tuyến đường huyết mạch trong vận chuyển hàng hoá, góp phần phát triển kinh tế của địa phương. Hàng năm, hiện tượng trượt đất xảy ra mạnh mẽ dọc theo các mái dốc của tuyến đường này (Hình 1) [1]. Nhiều công trình nghiên cứu trong khu vực đã chỉ ra rằng các hoạt động kinh tế – xây dựng là một trong những nguyên nhân chính gây ra hiện tượng trượt đất mái dốc [2], [3]. Ngoài ra, lượng mưa (cường độ mưa) và thời gian mưa cũng là yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng trượt đất mái dốc [4].



**Hình 1.** Điểm trượt đất mái dốc đoạn qua xã Hồng Hạ đến Bốt Đò (km 75 + 250 – km 75 + 350) trên Quốc lộ 49

Theo Tân và Tạo [5], lượng mưa đóng vai trò quan trọng đối với quá trình trượt đất trên sườn dốc, mái dốc. Quan hệ giữa các điểm trượt đất với lượng mưa cho thấy số lượng điểm

trượt tăng lên tỉ lệ với lượng mưa. Thống kê các điểm trượt đất trong khu vực dọc tuyến Quốc lộ 49, chúng tôi nhận thấy có đến 31 điểm trượt đất khi lưu lượng mưa trên 3000 mm và chỉ có 7 điểm trượt đất xảy ra khi lưu lượng mưa dưới 3000 mm. Trong khu vực nghiên cứu, hiện tượng trượt đất trên sườn dốc, mái dốc xảy ra nhiều nhất ở lớp vỏ phong hoá thuộc phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn và phức hệ Đại Lộc, sau đó là hệ tầng Long Đại.

Nghiên cứu tai biến trượt đất trên sườn dốc, mái dốc ở vùng đồi núi Trung Trung Bộ [6] cho thấy thời điểm thường xảy ra hiện tượng trượt đất là ngay sau các trận mưa lớn vào cuối mùa mưa. Lúc này, lượng nước mưa tích lũy trong đất cao làm cho đất ở trên mái dốc đạt đến trạng thái bão hoà, dẫn đến cường độ kháng cắt của đất giảm đến trạng thái tới hạn và gây mất ổn định mái dốc [2].

Theo Rahardjo và cs. [7], mức độ bão hoà nước trong đất tàn tích ảnh hưởng đến việc hình thành áp lực nước lỗ rỗng trong đất và thúc đẩy quá trình trượt đất của mái dốc. Thông thường, các mô hình dự báo trượt đất mái dốc được xây dựng dựa trên giả thuyết đất bị bão hoà nước hoàn toàn và cường độ kháng cắt của đất lúc này là cường độ kháng cắt bão hoà (saturated shear strength).

Một vài nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng mức độ bão hoà nước của đất có liên quan chặt chẽ đến độ ổn định mái dốc cũng như thúc đẩy quá trình trượt đất mái dốc [8-10]. Tsai và Chen [11] nghiên cứu ảnh hưởng của mức độ bão hoà nước trong đất với hiện tượng trượt đất đã rút ra kết luận rằng mức độ bão hoà nước có ảnh hưởng đến cường độ kháng cắt không bão hoà của đất (unsaturated shear strength); cường độ kháng cắt của đất và mức độ bão hoà nước có mối liên hệ hàm số. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy trong quá trình nước mưa xâm nhập mái dốc, độ bão hoà nước của đất trên mái dốc thay đổi theo thời gian và phụ thuộc vào độ sâu thấm của nước. Do vậy, dự báo sự xuất hiện trượt đất có thể gặp sai sót nếu ảnh hưởng của mức độ bão hoà và cường độ kháng cắt không bão hoà của đất không được đánh giá. Ngoài ra, Zhuo và cs. [12], Liu và cs. [13] và Ku và cs. [14] đã ứng dụng mô hình số để nghiên cứu, dự báo trượt đất mái dốc trong điều kiện đất chưa bão hoà nước hoàn toàn do mưa gây ra. Kết quả phân tích cho thấy sự thay đổi độ bão hoà nước trong đất liên quan đến hiện tượng trượt đất; kết quả mô phỏng phù hợp với các dữ liệu quan sát thực tế. Các kết quả nghiên cứu liệt kê trên đây đã chứng minh sự biến đổi giá trị cường độ kháng cắt trong đất theo độ bão hoà nước cũng là một yếu tố cần được chú ý trong nghiên cứu và dự báo hiện tượng trượt đất trên mái dốc.

Bên cạnh đó, theo tiêu chuẩn về chỉnh lý kết quả thí nghiệm đất [15], cần kiểm tra thống kê để loại trừ sai số thô có thể có của tập hợp kết quả thí nghiệm mẫu và xác định giá trị đặc trưng của đất bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Theo Nhon [16], việc phân tích số liệu và các tương quan giá trị cường độ kháng cắt trong đất theo độ bão hoà nước giúp chọn lựa thông số hợp lý phục vụ tính toán thiết kế vào bài toán cụ thể.

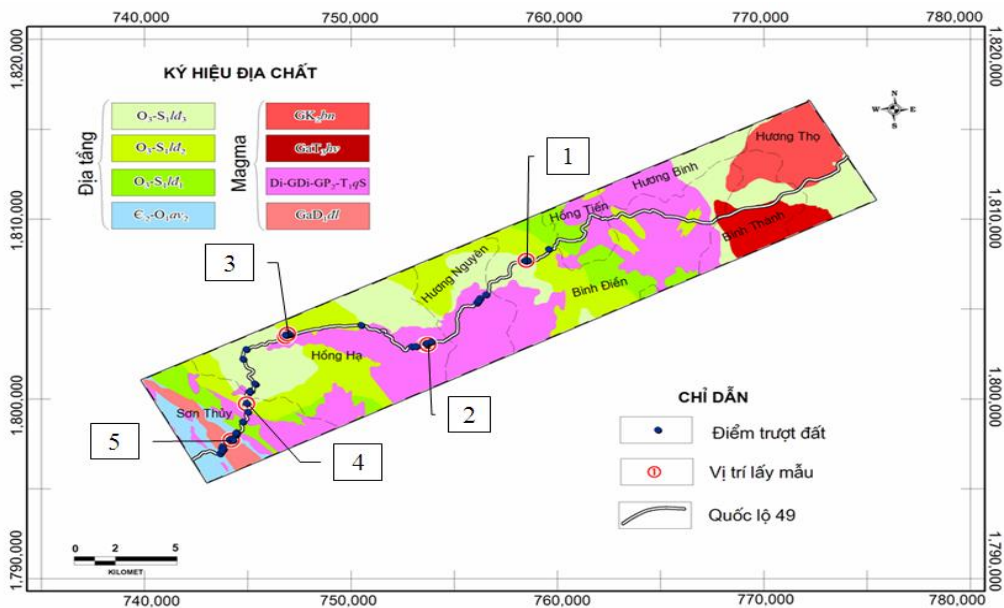
Do vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là làm sáng tỏ sự thay đổi cường độ kháng cắt của đất với các giá trị độ bão hoà nước khác nhau. Đồng thời sử dụng phương pháp chỉnh lý thống

kê và phân tích tương quan để xác định mối liên hệ tương quan giữa chỉ tiêu cường độ kháng cắt và độ bão hoà nước của từng loại nguồn gốc đất trên tuyến đường nghiên cứu. Bên cạnh ý nghĩa về mặt khoa học thì kết quả của bài báo còn có ý nghĩa thực tế, giúp các nhà nghiên cứu cũng như các đơn vị tư vấn thiết kế – thi công có cơ sở khoa học để dự báo chính xác hơn nguy cơ trượt đất trên mái dốc theo lượng mưa và thời gian mưa, nhằm nâng cao hiệu quả của các biện pháp phòng chống trượt đất mái dốc trên tuyến Quốc lộ 49, tỉnh Thừa Thiên Huế.

## 2 Đối tượng và phương pháp

### 2.1 Đối tượng

Đối tượng nghiên cứu là mẫu đất nguyên dạng và không nguyên dạng nằm trong phụ đới tàn sườn tích phong hoá hoàn toàn (edQ+IA<sub>1</sub>) thuộc vỏ phong hoá đá trầm tích, đá xâm nhập và đá biến chất hệ tầng Long Đại, phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn và phức hệ Đại Lộc [1-3, 5, 17] (Hình 2). Mẫu được lấy phân bố xung quanh khối trượt hoặc những vị trí, nơi mà đất vẫn còn giữ được tính nguyên dạng cũng như có tính chất cơ lý tương đồng với đất phân bố trong khu vực xảy ra trượt đất mái dốc và đại diện cho thành tạo địa chất cần nghiên cứu. Cụ thể, trong vỏ phong hoá hệ tầng Long Đại, chúng tôi đã tiến hành lấy hai mẫu (mẫu 1 và mẫu 4), phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn lấy bốn mẫu (2a, 2b, 3a, 3b) và phức hệ Đại Lộc lấy một mẫu (mẫu 5). Độ sâu lấy mẫu cách bề mặt địa hình từ 0,5 đến 0,7 m (Bảng 1). Mẫu được lấy sau mùa mưa khoảng một tháng trong quá trình thu thập dữ liệu thực địa về số điểm trượt đất mái dốc trên tuyến đường nghiên cứu.



Hình 2. Phân bố các thành tạo địa chất và vị trí lấy mẫu trên tuyến đường nghiên cứu

**Bảng 1.** Vị trí lấy mẫu trên các vỏ phong hoá khác nhau

Ký hiệu mẫu	Tọa độ (X, Y)	Độ sâu lấy mẫu (m)	Mô tả	Vỏ phong hoá	Ghi chú
1	758448, 1807668	0,5	Sét pha dăm sạn, màu nâu vàng	Hệ tầng Long Đại	Đất chứa nhiều dăm sạn
2a	753647, 1803046	0,6	Sét pha màu xám trắng, xám vàng	Phức hệ BG – QS	Đất chứa nhiều hạt cát thạch anh
2b	753734, 1803043	0,5	Sét màu nâu vàng	Phức hệ BG – QS	
3a	746999, 1803562	0,7	Sét màu nâu vàng	Phức hệ BG – QS	
3b	746942, 1803549	0,5	Sét pha màu xám trắng, xám vàng	Phức hệ BG – QS	Đất chứa nhiều hạt cát thạch anh
4	745116, 1800394	0,5	Sét màu nâu vàng	Hệ tầng Long Đại	
5	744238, 1797722	0,6	Sét màu nâu đỏ loang xám vàng, xám trắng	Phức hệ Đại Lộc	Độ ẩm cao

## 2.2 Phương pháp

### Đối với mẫu nguyên dạng

Mẫu nguyên dạng được lấy theo phương pháp ống mẫu hình trụ theo TCVN 2683:2012 [18]. Mẫu được bảo quản trong ống nhựa PVC để tránh thất thoát ẩm và được mô tả chi tiết về vị trí lấy mẫu và tính chất địa chất công trình tại hiện trường vào phiếu mẫu. Hình 3 trình bày phương pháp lấy mẫu nguyên dạng và không nguyên dạng tại hiện trường. Mẫu nghiên cứu được mang về phòng thí nghiệm và tiến hành xác định các chỉ tiêu vật lý như thành phần hạt [19], độ ẩm tự nhiên ( $W$ ) [20], dung trọng ( $\gamma_w$ ) [21], khối lượng riêng ( $\Delta_s$ ) [22] và các chỉ tiêu độ ẩm giới hạn ( $W_L$ ,  $W_P$ ) [23] để làm căn cứ để chế bị mẫu thí nghiệm.



**Hình 3.** Lấy mẫu tại hiện trường



**Đối với mẫu không nguyên dạng**

Mẫu không nguyên dạng được lấy tại cùng vị trí lấy mẫu nguyên dạng. Các mẫu không nguyên dạng được mang về phòng thí nghiệm và phơi khô gió (Hình 4). Sau đó mẫu khô gió được dùng để chế bị mẫu thí nghiệm nén một trục nỏ hông (UC) theo công thức (1) và (2) [24] rồi tiến hành thí nghiệm xác định cường độ kháng cắt từ thí nghiệm nén một trục nỏ hông với các giá trị độ bão hoà nước khác nhau.

$$m_{d.kg} = \frac{\gamma_{c.yc} \times V_0}{1 + 0.01 \times W_{d.kg}} \tag{1}$$

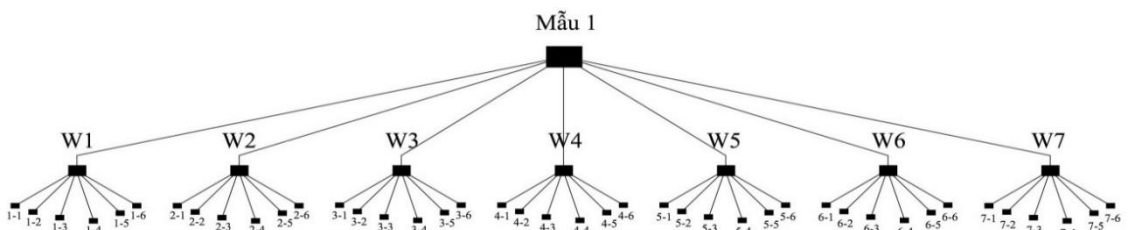
$$V_n = \gamma_{c.yc} \times V_0 \times (W_{yc} - W_{d.kg}) \tag{2}$$

trong đó  $m_{d.kg}$  là khối lượng đất khô gió cần lấy để chế bị mẫu (g);  $V_n$  là lượng nước cần thêm vào mẫu đất;  $\gamma_{c.yc}$  là khối lượng thể tích khô yêu cầu của mẫu chế bị ( $g/cm^3$ );  $V_0$  là thể tích khuôn tạo mẫu ( $cm^3$ );  $W_{d.kg}$  là độ ẩm khô gió của mẫu đất thí nghiệm (%);  $W_{yc}$  là độ ẩm chế bị yêu cầu (%).

Đối với mỗi vị trí lấy mẫu nghiên cứu, mẫu đất được chế bị với bảy giá trị độ bão hoà nước khác nhau. Mỗi tổ mẫu gồm sáu mẫu và kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của tổ mẫu sau khi đã loại bỏ sai số thô (Hình 5).



**Hình 4.** Tập hợp mẫu nghiên cứu và phơi khô gió mẫu trong phòng thí nghiệm

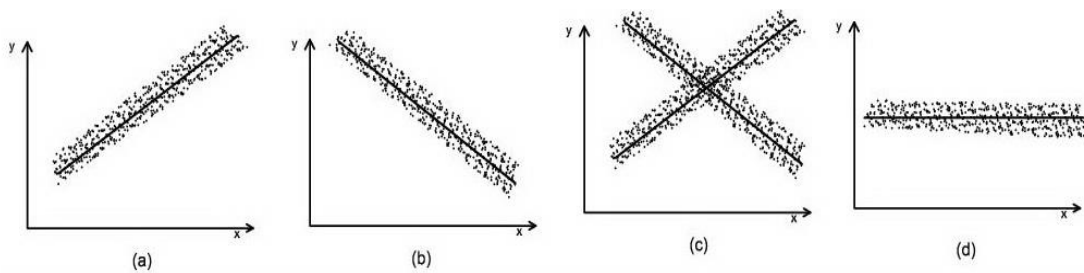


**Hình 5.** Sơ đồ chế bị mẫu nghiên cứu với các giá trị bão hoà nước khác nhau

## Xây dựng mối liên hệ tương quan

### a. Phương trình tương quan

Có hai loại phương trình tương quan cơ bản là phương trình tương quan tuyến tính và phương trình tương quan phi tuyến tính (hàm lũy thừa  $y = b \times x^a$ , hàm mũ  $y = b \times e^{ax}$ , hàm logarit  $y = a \times \ln(x) + b$  và hàm bậc hai  $y = a \times x^2 + b \times x + c$ ). Muốn xác lập được các phương trình này, cần phải xác định được các tham số  $a$ ,  $b$  và  $c$ . Có thể xác định được các giá trị này bằng nhiều cách khác nhau [25]. Dựa trên đặc điểm kết quả phân tích thực nghiệm, chúng tôi xác định đường hồi quy lý thuyết mô tả liên hệ phụ thuộc tương quan giữa  $x$  và  $y$  (Hình 6).



**Hình 6.** Liên hệ phụ thuộc tương quan giữa hai đại lượng  $x$  và  $y$  [25]  
(Thuận; b. Nghịch; c. Hàm số bậc nhất; d. Không tương quan)

### b. Đánh giá mối liên hệ tương quan

Hệ số tương quan  $R$  được dùng để diễn tả mức độ liên hệ tương quan giữa các đại lượng ngẫu nhiên  $x$  và  $y$ . Mức độ phụ thuộc tương quan giữa các đại lượng ngẫu nhiên được đánh giá qua giá trị tuyệt đối của hệ số tương quan ( $R$ ) (Bảng 2).

**Bảng 2.** Mối liên hệ tương quan giữa các đại lượng ngẫu nhiên [26]

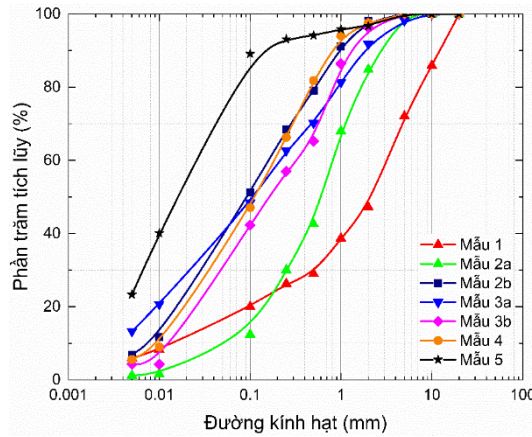
Hệ số tương quan	Đặc điểm tương quan
$0,0 <  R  \leq 0,5$	Mức độ phụ thuộc tương quan rất yếu
$0,5 <  R  \leq 0,7$	Mức độ phụ thuộc tương quan yếu
$0,7 <  R  \leq 0,9$	Mức độ phụ thuộc tương quan chặt
$0,9 <  R  \leq 1,0$	Mức độ phụ thuộc tương quan rất chặt

## 3 Kết quả và thảo luận

### 3.1 Tính chất cơ lý của đất

Kết quả nghiên cứu thành phần hạt (Hình 7) cho thấy hàm lượng dăm sạn trong mẫu 1 chiếm tỷ lệ 52,8% và hàm lượng hạt bụi trong mẫu 5 là 65,6%. Các mẫu còn lại có thành phần

hạt cát chiếm đa số. Hàm lượng hạt sét cao nhất là ở mẫu 5 (23,3%) và mẫu 3a (13,3%), các mẫu đất khác đều có hàm lượng sét nhỏ hơn 7%. Theo Terzaghi và cs. [27], thành phần hạt và hình dạng hạt ảnh hưởng đến khả năng ngậm giữ nước, tính chất trương nở của đất; đất chứa nhiều bụi sét có sức kháng cắt thường nhỏ hơn đất chứa nhiều dăm sạn.



Hình 7. Biểu đồ thành phần hạt của các mẫu đất nghiên cứu

Kết quả thí nghiệm tính chất vật lý (Hình 8, Bảng 3) cho thấy mối quan hệ giữa khối lượng riêng của đất và thành phần khoáng vật có trong đất. Khối lượng riêng dao động từ 2,61 (mẫu đất sét thuộc hệ tầng Long Đại) đến 2,67 g/cm<sup>3</sup> (các mẫu đất sét pha dăm sạn thuộc phức hệ BG – QS). Do mẫu được lấy ngay sau khi mùa mưa kết thúc nên độ ẩm trong mẫu khá cao. Độ ẩm tự nhiên của các mẫu tập trung trong khoảng từ 11 đến 23,6%; riêng mẫu 5 có độ ẩm là 44,3%. Các mẫu đất nghiên cứu có độ bão hòa dao động trong khoảng 50–70%; riêng mẫu 5 gần đạt đến trạng thái bão hòa nước hoàn toàn (94,8%). Dựa theo chỉ số dẻo (*I<sub>p</sub>*), các mẫu đất nghiên cứu được xếp vào hai nhóm: sét và sét pha chứa dăm sạn. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý đất trong khu vực nghiên cứu tương đồng với kết quả nghiên cứu trước đây của Nhân [2], Thiên và Lý [28].

Bảng 3. Tổng hợp tính chất vật lý mẫu đất thí nghiệm

Mẫu	Tên đất	$\Delta S$ (g/cm <sup>3</sup> )	<i>W</i> (%)	$\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_c$ (g/cm <sup>3</sup> )	<i>e</i>	<i>n</i> (%)	<i>G</i> (%)	<i>WP</i> (%)	<i>WL</i> (%)	<i>IP</i>
1	Sét	2,65	20,4	1,72	1,43	0,86	46,1	63,2	17,7	42,9	25,2
2a	Sét pha	2,67	11	1,87	1,68	0,59	36,9	50,2	10,1	25,5	15,4
2b	Sét	2,66	21,6	1,76	1,45	0,84	45,6	68,6	18,1	37	18,9
3a	Sét	2,69	23,6	1,74	1,41	0,91	47,7	69,7	19,6	45,3	25,7
3b	Sét pha	2,66	14,5	1,86	1,62	0,64	38,9	60,5	12,4	28,5	16,1
4	Sét	2,61	22	1,69	1,39	0,89	46,9	64,9	18,7	38,8	20,1
5	Sét	2,62	44,3	1,7	1,18	1,22	55,0	94,8	23	49,7	26,7





Hình 8. Một số hình ảnh thí nghiệm tính chất vật lý mẫu đất

### 3.2 Xác định cường độ kháng cắt không thoát nước của đất từ thí nghiệm nén một trục nở hông

Thí nghiệm nén một trục nở hông được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D2166 nhằm xác định cường độ kháng nén một trục; từ đó có thể tính được cường độ kháng cắt không thoát nước của đất ( $S_u$ ) theo công thức (3). Mẫu được chế bị có chiều cao gấp hai lần đường kính ( $h = 8 \text{ cm}$ ;  $d = 3,9 \text{ cm}$ ), tải trọng nén một trục tác động lên mẫu với tốc độ biến dạng 1%/phút bằng tay quay hoặc motor điện tự động cho đến khi mẫu bị phá hoại (Hình 9).

$$S_u = \frac{q_u}{2} \quad (3)$$

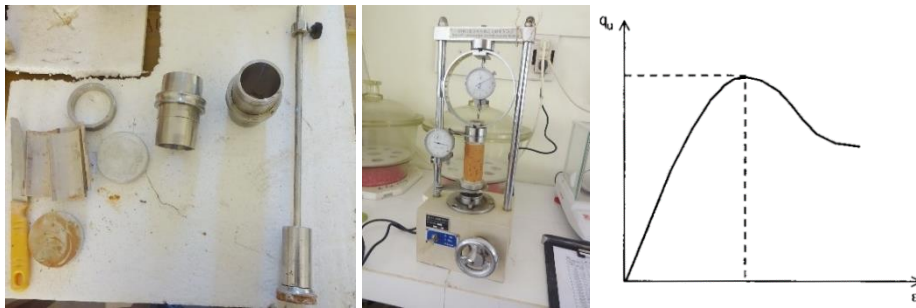
trong đó  $q_u$  là cường độ kháng nén một trục của đất.

Mẫu thí nghiệm được chế bị có độ bão hoà nước tăng dần dựa theo độ ẩm trong đất (Hình 10). Có thể thấy rằng các mẫu đất chứa nhiều dăm sạn (mẫu 2a, 3b) thuộc phức hệ Bền Giàng – Quế Sơn bão hoà nước ở giá trị độ ẩm thấp ( $W = 18-20\%$ ). Nhìn chung, đất tàn sườn tích hệ tầng Long Đại (mẫu 1, 4) và các mẫu đất sét (mẫu 2b, 3a) phức hệ Bền Giàng – Quế Sơn đạt trạng thái bão hoà nước ( $G \geq 90\%$ ) ở độ ẩm từ 25 đến 30%, chiếm 57% tổng số mẫu. Đặc biệt, mẫu đất sét thuộc phức hệ Đại Lộc (mẫu 5) bão hoà nước ở độ ẩm cao (42%). Điều này cho thấy đặc điểm thành phần hạt là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ bão hoà nước của đất, do mẫu này có tỉ lệ nhóm hạt bụi, sét cao hơn các mẫu còn lại. Mối liên hệ tuyến tính giữa độ ẩm và độ bão hoà nước của các thành tạo địa chất trên tuyến đường nghiên cứu được trình bày trong công thức sau đây:

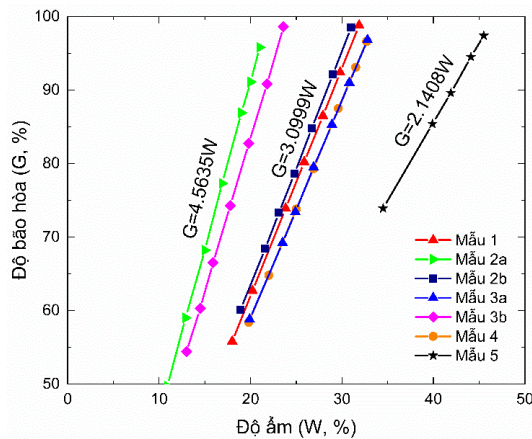
$$\text{Hệ tầng Long Đại: } G = 3,0999 \times W \quad (4)$$

$$\text{Phức hệ Bền Giàng – Quế Sơn: } G = 4,5635 \times W \quad (5)$$

$$\text{Phức hệ Đại Lộc: } G = 2,1408 \times W \quad (6)$$



Hình 9. Bộ dụng cụ chế bị mẫu, thiết bị thí nghiệm và biểu đồ kết quả thí nghiệm UC



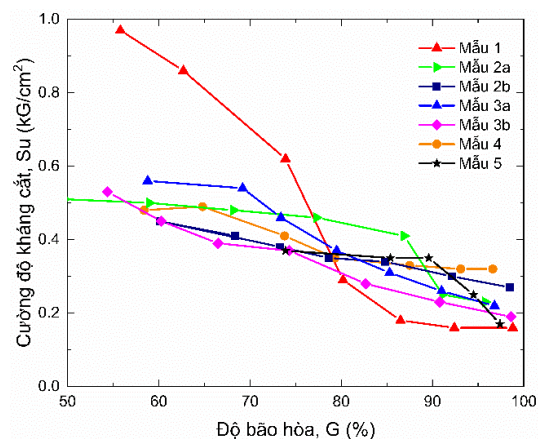
Hình 10. Mối quan hệ giữa độ ẩm và độ bão hoà nước của đất

Sau khi chế bị mẫu, tiến hành thí nghiệm nén các mẫu trên máy nén một trục nỏ hông (Hình 11). Quan hệ giữa cường độ kháng cắt và độ bão hoà nước từ thí nghiệm UC (kết quả thí nghiệm đã được xử lý thống kê, loại bỏ sai số thô) của các mẫu đất tàn sườn tích hệ tầng Long Đại, phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn và phức hệ Đại Lộc, được trình bày trên Hình 12. Mẫu 1 thuộc hệ tầng Long Đại có hàm lượng dăm sạn cao nên đất có cường độ kháng cắt lớn hơn các mẫu đất còn lại khi độ bão hoà nước trong đất nhỏ hơn 75%. Tuy nhiên, cường độ kháng cắt của mẫu 1 suy giảm nhanh chóng từ 0,6 xuống còn 0,2 kG/cm<sup>2</sup> khi độ bão hoà trong đất tăng từ 75 lên 85%. Tương tự, cường độ kháng cắt của mẫu 5 (thuộc vỏ phong hoá phức hệ Đại Lộc) cũng suy giảm nhanh chóng khi độ bão hoà vượt quá 90%. Theo Nhàn và Thanh [29], sự suy giảm thông số kháng cắt của đất liên quan đến khả năng phát sinh trượt đất mái dốc.

Nhìn chung, các mẫu đất trong khu vực nghiên cứu có giá trị cường độ kháng cắt suy giảm trong khoảng 0,56 đến 0,17 kG/cm<sup>2</sup> khi độ bão hoà nước trong đất tăng dần từ 58,5 đến 97,4%. Kết quả thí nghiệm tương đồng với các kết quả đã công bố về tính chất kháng cắt của đất tàn sườn tích trong khu vực nghiên cứu với cường độ kháng cắt ở trạng thái bão hoà từ 0,25 đến 0,3 kG/cm<sup>2</sup> [2], [28], [29]



Hình 11. Một số hình ảnh chế bị mẫu và thí nghiệm UC



Hình 12. Cường độ kháng cắt theo độ bão hoà nước của đất

### 3.3 Liên hệ tương quan giữa độ bão hoà nước, sức kháng cắt và nguồn gốc đất

Mối liên hệ tương quan giữa độ bão hoà nước và cường độ kháng cắt theo nguồn gốc của đất tàn sườn tích thuộc hệ tầng Long Đại, phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn và phức hệ Đại Lộc phân bố trên mái dốc tuyến đường Quốc lộ 49, được trình bày trên Hình 13.

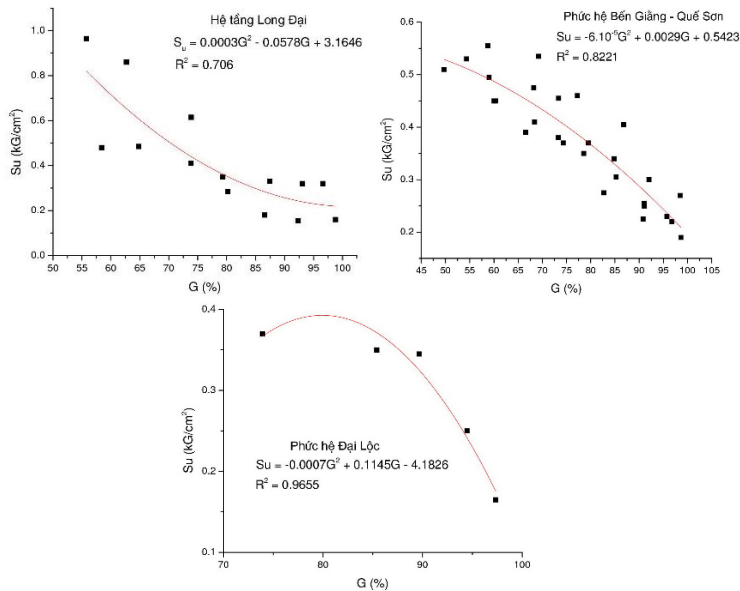
Kết quả phân tích hồi quy đa thức cho thấy mối liên hệ phụ thuộc tương quan nghịch (âm). Phương trình hàm tương quan theo nguồn gốc phong hoá được trình bày trong các công thức (7)–(9).

$$\text{Hệ tầng Long Đại: } S_u = 0,0003 \times G^2 - 0,0578 \times G + 3,1646; |R| = 0,8042 \quad (7)$$

$$\text{Phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn: } S_u = -6,10^{-5} \times G^2 + 0,0029 \times G + 0,5423; |R| = 0,9067 \quad (8)$$

$$\text{Phức hệ Đại Lộc: } S_u = -0,0007 \times G^2 + 0,1145 \times G - 4,1826; |R| = 0,9826 \quad (9)$$

Hệ số tương quan cho thấy đất tàn sườn tích phức hệ Đại Lộc có mức độ phụ thuộc tương quan rất chặt chẽ, đáng tin cậy ( $|R| = 0,9826$ ). Các mẫu đất tàn sườn tích thuộc hệ tầng Long Đại và phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn có mức độ phụ thuộc tương quan chặt ( $|R| = 0,8042 \div 0,9067$ ).



**Hình 13.** Biểu đồ tương quan giữa độ bão hoà nước và cường độ kháng cắt theo nguồn gốc đất

#### 4 Kết luận

Quốc lộ 49 là tuyến đường giao thông quan trọng nối liền thành phố Huế và huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế. Dựa trên kết quả nghiên cứu tính chất kháng cắt từ thí nghiệm nén một trục nở hông với mức độ bão hoà nước khác nhau của các thành tạo đất tàn sườn tích thuộc vỏ phong hoá hệ tầng Long Đại, phức hệ Bến Giằng – Quế Sơn và phức hệ Đại Lộc, phân bố tại một số khu vực xảy ra hiện tượng trượt đất mái dốc dọc tuyến đường Quốc lộ 49, chúng tôi rút ra một số kết luận sau đây.

- Trong khu vực nghiên cứu, 57% số lượng các mẫu đất bị bão hoà nước ở độ ẩm từ 25 đến 30%. Đất có hàm lượng hạt bụi, sét càng cao thì độ ẩm để đất đạt trạng thái bão hoà nước càng lớn. Độ ẩm và độ bão hoà nước của đất có mối liên hệ tuyến tính.

- Cường độ kháng cắt từ thí nghiệm UC cho thấy ngoại trừ mẫu 1 thuộc vỏ phong hoá hệ tầng Long Đại có biên độ dao động  $S_u$  lớn, các mẫu đất còn lại có  $S_u$  dao động trong khoảng từ 0,56 đến 0,17 kG/cm<sup>2</sup> khi độ bão hoà nước trong đất thay đổi.

- Phân tích hồi quy tương quan cho thấy cường độ kháng cắt theo nguồn gốc đất với mức độ bão hoà nước trong đất có mối liên hệ tương quan chặt chẽ.

Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn, làm sáng tỏ thêm đặc trưng kháng cắt từ thí nghiệm nén một trục nở hông của một số loại đất tàn sườn tích để đánh giá ổn định mái dốc. Hướng nghiên cứu trong tương lai là xây dựng mối liên hệ tương quan giữa cường độ kháng cắt từ thí nghiệm UC với các thí nghiệm hiện trường theo các độ bão hoà nước khác nhau trong đất.

### Tài liệu tham khảo

1. Công ty CP Quản lý và Xây dựng đường bộ Thừa Thiên Huế (2020). Báo cáo tình hình thiệt hại trên các tuyến quốc lộ qua địa phận Thừa Thiên Huế mùa mưa bão năm 2010-2020.
2. N. T. T. Nhân (2014). Nghiên cứu hiện tượng dịch chuyển đất đá trên sườn dốc vùng đồi núi Quảng Trị - Thừa Thiên Huế, đề xuất phương pháp dự báo và phòng chống phù hợp (Luận án Tiến sỹ, chuyên ngành Kỹ thuật Địa chất). Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
3. N. T. Long and F. De Smedt (2018). Analysis and mapping of rainfall-induced landslide susceptibility in A Luoi District, Thua Thien Hue Province, Vietnam, *Water (Switzerland)*, doi: 10.3390/w11010051.
4. N. T. Thủy and N. S. Hùng (2018). Áp dụng phương pháp dùng các chỉ số lượng mưa ảnh hưởng ngắn hạn và dài hạn để cảnh báo thiên tai bùn đá ở một số khu vực của Việt Nam, *Tạp chí Khoa học Biến đổi Khí hậu*, Vol. 5, No. 1, pp. 1-10.
5. M. T. Tân and N. V. Tạo (2014). Nghiên cứu đánh giá trượt đất khu vực Thừa Thiên - Huế, *Tạp chí Các khoa học về Trái đất*, Vol. 36, No. 2, pp. 121-130.
6. Đ. Q. Thiên, Đ. T. V. Hương, N. T. L. Huyền, N. T. T. Nhân, H. V. Chương, L. D. Hải, and P. G. Tùng (2021). Tai biến địa chất trên sườn dốc vùng đồi núi Trung Bộ trong mùa mưa bão năm 2020. NXB Lao Động, Hà Nội.
7. H. Rahardjo, Y. Kim, and A. Satyanaga (2019). Role of unsaturated soil mechanics in geotechnical engineering, *International Journal of Geo-Engineering*, doi: 10.1186/s40703-019-0104-8.
8. M. Bittelli, R. Valentino, F. Salvatorelli, and P. Rossi Pisa (2012). Monitoring soil-water and displacement conditions leading to landslide occurrence in partially saturated clays, *Geomorphology*, doi: 10.1016/j.geomorph.2012.06.006.
9. M. Bordoni, R. Valentino, C. Meisina, M. Bittelli, and S. Chersich (2018). A simplified approach to assess the soil saturation degree and stability of a representative slope affected by shallow landslides in oltrepò pavese (Italy), *Geosciences (Switzerland)*, doi: 10.3390/geosciences8120472.
10. S. R. Zhu, L. Z. Wu, and J. B. Peng (2020). An improved Chebyshev semi-iterative method for simulating rainfall infiltration in unsaturated soils and its application to shallow landslides, *Journal of Hydrology*, doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.125157.
11. T. L. Tsai and H. F. Chen (2010). Effects of degree of saturation on shallow landslides triggered by rainfall, *Environmental Earth Sciences*, doi: 10.1007/s12665-009-0116-3.
12. L. Zhuo, Q. Dai, D. Han, N. Chen, and B. Zhao (2019). Assessment of Simulated Soil Moisture from WRF Noah, Noah-MP, and CLM Land Surface Schemes for Landslide Hazard Application, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, doi: 10.5194/hess-2019-95.

13. C. Y. Liu, C. Y. Ku, J. E. Xiao, C. C. Huang, and S. M. Hsu (2017). Numerical modeling of unsaturated layered soil for rainfall-induced shallow landslides, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, doi: 10.3846/16486897.2017.1326925.
14. C. Y. Ku, C. Y. Liu, Y. Su, and J. E. Xiao (2018). Modeling of Transient Flow in Unsaturated Geomaterials for Rainfall-Induced Landslides Using a Novel Spacetime Collocation Method, *Geofluids*, doi: 10.1155/2018/7892789.
15. TCVN 9153:2012 (2012). Công trình thủy lợi - Phương pháp chỉnh lý kết quả thí nghiệm mẫu đất, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
16. P. V. Nhon (2018). Tương quan giữa sức chống cắt không thoát nước với kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh của sét mềm bão hoà nước - Trường hợp đất cải tạo khu Nhà Bè, cảng Thị Vải, Việt Nam, in *Tạp chí Khoa học và Kinh tế phát triển*, Vol. 5.
17. D. Q. Thien (2014). Impacts of climate change causing exogenous geohazards in Binh Tri Thien region, *Vietnam Journal of Geology*, Vol. 340, pp. 73-78.
18. TCVN 2683:2012 (2012). Đất xây dựng - Lấy mẫu, bao gói, vận chuyển và bảo quản mẫu, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
19. TCVN 4198:2014 (2014). Đất xây dựng - Phương pháp phân tích thành phần hạt trong phòng thí nghiệm, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
20. TCVN 4196:2012 (2012). Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm và độ hút ẩm trong phòng thí nghiệm, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
21. TCVN 4202:2012 (2012). Đất xây dựng - Phương pháp xác định khối lượng thể tích trong phòng thí nghiệm, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
22. TCVN 4195:2012 (2012). Đất xây dựng - Phương pháp xác định khối lượng riêng trong phòng thí nghiệm, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
23. TCVN 4197:2012 (2012). Đất xây dựng - Phương pháp xác định giới hạn dẻo và giới hạn chảy trong phòng thí nghiệm, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
24. TCVN 8719:2012 (2012). Đất xây dựng công trình thủy lợi - Phương pháp xác định các đặc trưng trương nở của đất trong phòng thí nghiệm, in *Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam*.
25. T. X. Vu and H. K. Bàng (2004). *Giáo trình Tin học ứng dụng*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
26. H. V. Son (2004). *Lý thuyết thống kê*. NXB Thống kê.
27. K. Terzaghi, R. B. Peck, and G. Mesri (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Wiley. [Online]. Available: <https://books.google.co.th/books?id=bAwVvO71FXoC>
28. Đ. Q. Thiên and N. Đ. Lý (2013). Nhận định về tai biến trượt lở đất đá dọc tuyến đường Hồ Chí Minh đoạn từ Quảng Bình đến Thừa Thiên Huế, *Tạp chí Các khoa học về Trái đất*, Vol. 35, No. 3, pp. 230-240.
29. N. T. T. Nhàn and N. Thanh (2012). Tính chất cơ lý đất đá và ảnh hưởng của chúng đến các quá trình dịch chuyển đất đá trên sườn dốc đồi núi QT - Huế, *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, Vol. 74B, No. 5, pp. 123-132.