

# XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ CHỐNG CẮT CỦA ĐẤT KHÔNG BÃO HÒA BẰNG THÍ NGHIỆM CẮT TRỰC TIẾP

Nguyễn Thị Ngọc Hương<sup>1</sup>, Trịnh Minh Thụ<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Cường độ chống cắt của đất không bão hòa có ảnh hưởng rất lớn đến trạng thái ổn định của công trình đất. Khi đất càng không bão hòa với lực hút dính càng tăng thì cường độ chống cắt của đất tăng lên dẫn đến tăng hệ số an toàn ổn định của khối đất. Việc nghiên cứu xác định thông số cường độ chống cắt đất không bão hòa có ý nghĩa quan trọng và cần thiết. Bài báo này trình bày phương pháp xác định cường độ chống cắt của một số đất không bão hòa tại Việt Nam bằng thí nghiệm cắt trực tiếp. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi mẫu đất chuyển từ trạng thái bão hòa sang trạng thái không bão hòa, lực hút dính trong mẫu tăng, góc ma sát trong  $\phi'$  gần như không thay đổi nhưng lực dính của mẫu tăng lên. Góc  $\phi^b = \phi'$  khi lực hút dính bằng không, sau đó  $\phi^b$  giảm dần. Cường độ chống cắt trong mẫu tăng khi lực hút dính tăng làm tăng hệ số an toàn ổn định của đập đất.

**Từ khóa:** Cường độ chống cắt, đất không bão hòa, thí nghiệm cắt trực tiếp, lực hút dính, SWCC.

## 1. Giới thiệu chung

Đất ở trạng thái không bão hòa chiếm diện tích khá lớn trên bề mặt trái đất. Đất không bão hòa thường có các đặc tính về ứng suất - biến dạng, biến thiên áp lực nước lỗ rỗng, cường độ chống cắt, tính thấm... không tuân theo các lý thuyết của cơ học đất bão hòa.

Theo Fredlund và nnk. (1978), phương trình cường độ chống cắt của đất không bão hòa có thể được lập theo hai biến trạng thái ứng suất ( $\sigma - u_a$ ) và ( $u_a - u_w$ ) như sau:

$$\tau_{ff} = c' + (\sigma_f - u_a)_f \tan \phi' + (u_a - u_w)_f \tan \phi^b \quad (1)$$

trong đó:

$\tau_{ff}$  - ứng suất cắt trên mặt trượt ở trạng thái phá hoại,

$c'$  - lực dính hiệu quả từ đường bao phá hoại Mohr-Coulomb “kéo dài” trên trục ứng suất cắt khi ứng suất pháp thực và lực hút dính bằng không,

$u_{af}$  - áp lực khí lỗ rỗng ở trạng thái phá hoại,

$u_{wf}$  - áp lực nước lỗ rỗng ở trạng thái phá hoại,

$(\sigma_f - u_a)_f$  - ứng suất pháp thực trên mặt trượt ở trạng thái phá hoại,

$(u_a - u_w)_f$  - lực hút dính ở trạng thái phá hoại,

$\phi'$  - góc ma sát trong ứng với ứng suất pháp thực

$(\sigma_f - u_a)_f$ ,

$\phi^b$  - góc ma sát biểu kiến biểu thị độ dốc của đường quan hệ lượng tăng ứng suất cắt và lực hút dính  $(u_a - u_w)_f$  giả thiết là tuyến tính, ở trạng thái phá

hoại.

Cường độ chống cắt của đất không bão hòa có thể được xác định trực tiếp bằng phương pháp thực nghiệm trong phòng thí nghiệm. Bài báo trình bày phương pháp xác định cường độ chống cắt của đất không bão hòa bằng thí nghiệm cắt trực tiếp. Các thiết bị thí nghiệm cần thiết được sử dụng trong nghiên cứu này là thiết bị buồng áp lực để tạo lực hút dính trong mẫu và thiết bị cắt trực tiếp để xác định cường độ chống cắt của các mẫu đất ứng với các lực hút dính khác nhau. Nghiên cứu được thực hiện trong phòng thí nghiệm Địa Kỹ Thuật trường Đại học Thủy lợi.

## 2. Đặc trưng của đất dùng trong thí nghiệm

Loại đất thứ nhất dùng trong nghiên cứu thuộc mô vật liệu đất đắp đập dâng nước nằm trong hệ thống công trình đầu mối hồ chứa nước Sông Sắt nằm trên địa phận xã Phước Thắng, huyện Bác Ái, tỉnh Ninh Thuận. Đất này thuộc loại sét pha nhẹ, màu xám vàng nhạt, xám xanh, dẻo mềm, chứa nhiều sỏi sạn, cát hạt vừa, lẫn hòn mảnh vụn phong hóa nhỏ. Loại đất thứ hai dùng trong nghiên cứu là mô vật liệu đất đắp thuộc khu vực hồ chứa nước Khe Cát nằm trên thượng nguồn suối Khe Cát, thuộc xã Hải Lạng, huyện Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh. Đất thuộc loại sét pha màu nâu xám, nâu vàng.

Tính chất cơ bản của đất được xác định theo qui trình thí nghiệm TCVN (1995) được nêu trong bảng 1.

<sup>1</sup>Đại học Thủy lợi

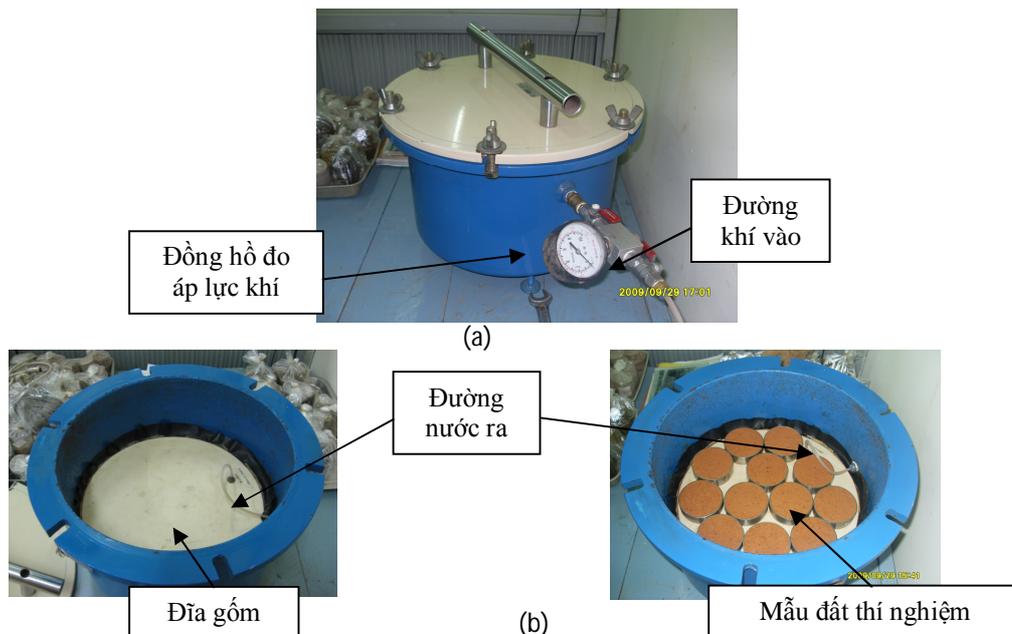
Bảng 1. Tính chất cơ lý của mẫu đất dùng trong nghiên cứu

Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Vật liệu Sông sắt	Vật liệu Khe cát
Tỷ trọng	$G_s$		2,725	2,71
Giới hạn chảy	$W_L$	%	23,83	52,6
Giới hạn dẻo	$W_p$	%	13,20	34,47
Chỉ số dẻo	$I_p$	%	10,62	18,13
Khối lượng đơn vị khô lớn nhất	$\rho_{dmax}$	$t/m^3$	2,024	1,55
Độ ẩm tốt nhất	$W_{opt}$	%	11,06	24,5

### 3. Quy trình và thao tác thí nghiệm

#### 3.1. Quy trình chuyển các mẫu đất đến các lực hút dính khác nhau

Thiết bị thí nghiệm xác định đường cong đặc trưng đất - nước (SWCC) là bình chiết tẩm gồm 5 bar như mô tả trong hình 1. Phương pháp thí nghiệm được lựa chọn theo phương pháp B và C trong tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM (2002) và được tiến hành tại phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật – Trường Đại học Thủy lợi.



Hình 1. Thiết bị bình chiết tẩm áp suất

#### 3.1.1. Chuẩn bị mẫu

Nhằm kết hợp thí nghiệm xác định SWCC với thí nghiệm cắt trực tiếp các mẫu không bão hòa ứng với các lực hút dính khác nhau, ta tiến hành chế bị 12 mẫu đất theo phương pháp đầm nén. Khối lượng đất và nước được tính toán để chế bị ra các mẫu có khối lượng đơn vị khô bằng 95 % khối lượng đơn vị khô lớn nhất và độ ẩm là độ ẩm tốt nhất. Mẫu đất chế bị có chiều dày 20 mm, đường kính 62 mm, thể tích 60 cm<sup>3</sup>. Mỗi mẫu được đầm nén tĩnh với 2 lớp, chiều dày mỗi lớp là 10 mm. Tính chất cơ lý của mẫu đất chế bị được thống kê trong bảng 2.

Bảng 2. Tính chất cơ lý của mẫu đất chế bị

Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Vật liệu Sông sắt	Vật liệu Khe cát
Độ ẩm chế bị	$W_{cb}$	%	11,06	24,5
Khối lượng đơn vị ướt chế bị	$\rho_{cb}$	$g/cm^3$	2,136	1,83
Khối lượng đơn vị khô chế bị	$\rho_{dcb}$	$g/cm^3$	1,923	1,47
Hệ số thấm khí bão hòa	$k_s$	$m/s$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$

#### 3.1.2. Bão hòa mẫu và đĩa gốm

Các mẫu đất được bão hòa nhằm đưa chúng đồng nhất về độ ẩm hay độ bão hòa. Các mẫu đất cùng dao vòng chứa nó được lắp vào các máy nén một trục, trên và dưới mẫu đất lần lượt đặt giấy lọc và đá thấm. Đồ nước dần vào hộp nén đến khi ngập mẫu để mẫu đất bão hòa từ từ. Để mẫu đất không bị trương nở, nén lên mẫu một tải trọng tạo áp lực 0,1 kG/cm<sup>2</sup>. Quá trình bão hòa mẫu kéo dài khoảng 48 giờ.

Bão hòa đĩa gốm nhằm mục đích tạo mặt căng để ngăn cách pha khí và pha nước. Cho nước vào đầy buồng bên dưới đĩa qua ống dẫn và đẩy hết bọt khí trong buồng ra ngoài. Đặt đĩa vào một khay inox to, đổ nước vào khay sao cho ngập trên mặt đĩa, ngâm đĩa trong nước 2 - 3 ngày đến khi đĩa gốm bão hòa. Đĩa được làm bão hòa nước và luôn tiếp xúc với nước trong buồng bên dưới đĩa. Buồng được duy trì áp lực nước bằng không ( $u_w = 0$ ) bằng cách mở đường nước thoát ra ngoài không khí.

#### 3.1.3. Giai đoạn cân bằng độ hút dính và các cấp áp lực

Trong thí nghiệm này, các mẫu đất chịu các áp

lực khí bên ngoài khác nhau. Áp lực khí lỗ rỗng  $u_a$  sẽ bằng áp lực khí tác dụng ngoài. Áp lực nước lỗ rỗng  $u_w$  được giữ không đổi bằng 0 kPa. Kết quả là lực hút dính của đất sẽ thay đổi theo sự thay đổi của áp lực khí tác dụng ngoài. Các cấp lực hút dính được tác dụng lên các mẫu thí nghiệm đầm nén trong nghiên cứu này lần lượt là 10 kPa, 20 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa và 400 kPa.

Đặt mẫu đất đã được làm bão hoà hoàn toàn ( $u_a = 0$  kPa) vào trong buồng áp lực khí cao. Mở đường nước thoát ra ngoài không khí ( $u_w = 0$  kPa). Lực hút dính ban đầu trong mẫu bằng 0 ( $u_a - u_w = 0$  kPa). Tăng áp lực khí trong buồng lên 10 kPa ( $u_a = 10$  kPa). Khi đó giá trị lực hút dính chính là giá trị áp lực khí trong buồng: Lực hút dính =  $u_a - u_w = u_a = 10$  kPa

Do lực hút dính trong mẫu tăng lên nên nước trong lỗ rỗng sẽ thoát ra ngoài qua đĩa gốm tiếp nhận khí áp cao. Trọng lượng mẫu được ghi lại sau mỗi bước thời gian khoảng 24 giờ cho đến khi trọng lượng mẫu đạt tới giá trị ổn định. Lặp lại các thao tác trên cho mỗi bước tăng giá trị lực hút dính lên 20 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa và 400 kPa.

### 3.2. Quy trình thí nghiệm cắt mẫu đất không bão hòa

Thí nghiệm cắt trực tiếp được thực hiện trên thiết bị cắt trực tiếp kiểu ứng biến như trong hình dưới đây:



Hình 2. Thiết bị cắt trực tiếp trong phòng thí nghiệm Địa Kỹ Thuật, trường Đại học Thủy lợi

Sau khi kết thúc giai đoạn cân bằng lực hút dính ứng với mỗi cấp lực hút dính trong thí nghiệm xác định đường cong đặc trưng đất-nước (SWCC), lần lượt cắt trực tiếp ba mẫu đất ứng với ba cấp áp lực thẳng đứng tương ứng là 100 kPa, 200 kPa và 300 kPa. Các mẫu đất được lấy ra khỏi bình áp lực và đem cắt ngay để đảm bảo độ ẩm ban đầu trước khi cắt biến đổi ít. Lắp mẫu đất vào hộp cắt, đặt hộp cắt lên máy cắt, điều chỉnh cho hệ thống máy cắt tiếp xúc chặt chẽ với nhau, đặt hệ thống khung gia tải lên trên hộp cắt, điều chỉnh các đồng hồ đo biến dạng về vị trí ban đầu. Gia tải lực thẳng đứng lên mẫu đất.

Sau đó tác dụng lực ngang lên mẫu tăng dần đến khi mẫu bị phá hoại.

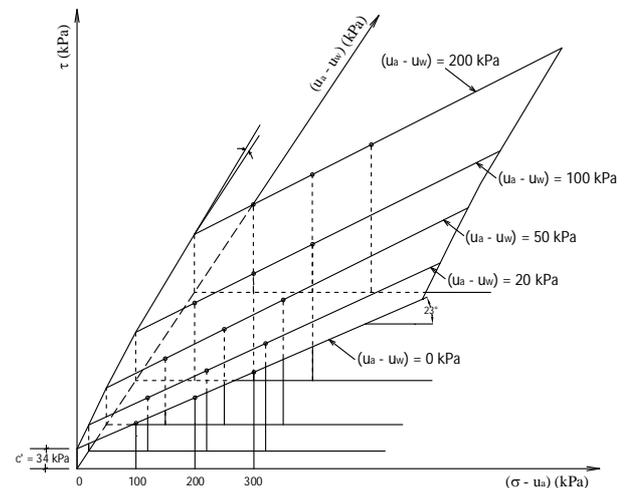
Thí nghiệm được tiến hành với tốc độ cắt chậm để đảm bảo áp lực nước lỗ rỗng trong quá trình cắt hầu như không đổi. Trong nghiên cứu này, tác giả chọn tốc độ cắt là 0,02 mm/phút. Việc cắt kết thúc khi sức kháng ứng suất cắt đạt giá trị đỉnh (mẫu bị phá hoại theo mặt phẳng là mặt tiếp giáp giữa hai thớt cắt). Tại thời điểm mẫu bị phá hoại, ứng suất cắt đạt giá trị lớn nhất  $\tau_{max}$ :  $\tau_{max} = R_{max} \cdot Cr$ , trong đó:  $R_{max}$  là số đọc lớn nhất trên đồng hồ đo biến dạng của vòng ứng biến (vạch);  $Cr$  là hệ số hiệu chỉnh vòng ứng biến,  $Cr = 0,0185 \text{ kG/cm}^2 \cdot \text{vạch}$ .

Các thí nghiệm cắt trực tiếp được thực hiện tại các lực hút dính khác nhau và các áp lực thẳng đứng khác nhau để nghiên cứu mặt bao phá hoại cho đất không bão hòa. Các lực hút dính ban đầu được lựa chọn cho chương trình thí nghiệm là: 20 kPa, 50 kPa, 100 kPa và 200 kPa. Các áp lực thẳng đứng được lựa chọn dựa vào khả năng chịu lực của thiết bị và tính chất của đất thí nghiệm là: 100 kPa, 200 kPa và 300 kPa.

## 4. Kết quả thí nghiệm

### 4.1. Kết quả thí nghiệm cho mẫu đầm nén Khe Cát

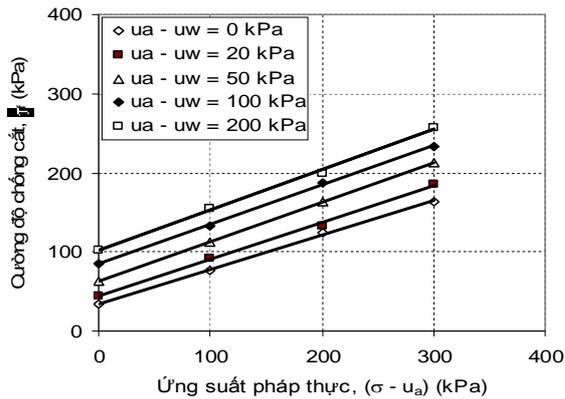
Kết quả thí nghiệm cắt trực tiếp của mẫu đầm nén Khe Cát ứng với các giá trị lực hút dính khác nhau được trình bày trong hình 3. Hình vẽ mô tả mặt bao phá hoại Mohr-Coulomb mở rộng cho mẫu đầm nén Khe Cát.



Hình 3. Mặt bao phá hoại Mohr-Coulomb mở rộng cho mẫu đầm nén Khe Cát

Trên hình 3, ta thấy: đất thí nghiệm có góc ma sát trong  $\phi' = 23^\circ$  và lực dính đơn vị  $c' = 34$  kPa. Khi lực hút dính tăng, góc ma sát gần như không thay đổi ( $\phi' \approx 23^\circ$ ) nhưng lực dính của mẫu đất tăng dẫn đến cường độ chống cắt tăng lên.

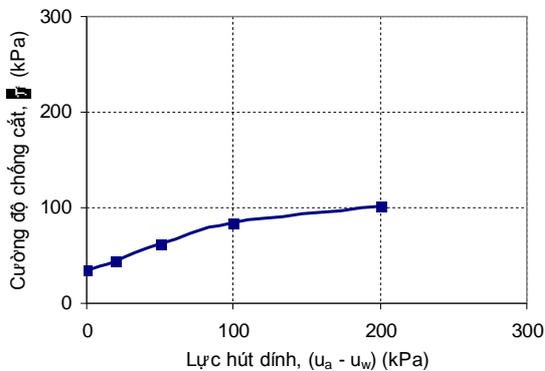
Giao tuyến của mặt bao phá hoại với mặt phẳng  $\tau \sim (\sigma - u_a)$  được trình bày trên hình 4.



Hình 4. Quan hệ giữa cường độ chống cắt và ứng suất pháp thực của mẫu đầm nén Khe Cát ứng với các lực hút dính khác nhau

Quan hệ trên hình 4 cho thấy cường độ chống cắt của mẫu tăng khi ứng suất pháp thực tăng. Tại một ứng suất pháp thực xác định, cường độ chống cắt tăng khi lực hút dính tăng. Với ứng suất pháp thực bằng 0 kPa, cường độ chống cắt nhỏ nhất là 34 kPa tại lực hút dính bằng 0 kPa, lớn nhất là 102,33 kPa tại lực hút dính bằng 200 kPa. Với ứng suất pháp thực bằng 300 kPa, cường độ chống cắt nhỏ nhất đạt 162,8 kPa tại lực hút dính bằng 0 kPa, lớn nhất đạt 257,2 kPa tại lực hút dính bằng 200 kPa. Các kết quả thí nghiệm cho thấy các đường bao phá hoại hầu như là các đường thẳng tịnh tiến hướng lên song song, thể hiện rằng lượng tăng cường độ chống cắt là do lực hút dính của đất tăng.

Hình 5 trình bày giao tuyến của mặt bao phá hoại Mohr-Coulomb mở rộng với mặt phẳng  $\tau \sim (u_a - u_w)$  tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa. Nhìn trên hình 5, ta thấy quan hệ giữa ứng suất cắt và lực hút dính là quan hệ phi tuyến.

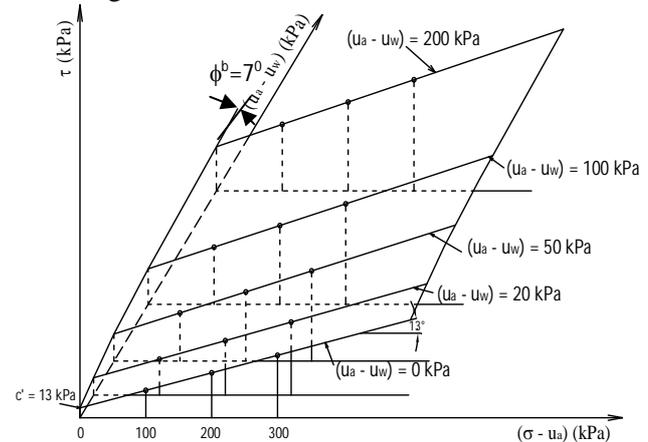


Hình 5. Quan hệ giữa cường độ chống cắt và lực hút dính của mẫu đầm nén Khe Cát tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa

Mặt khác, thông qua hình vẽ 5, ta cũng thấy cường độ chống cắt của đất tăng khi lực hút dính tăng. Ở thời điểm ban đầu khi đất còn bão hòa, các giá trị áp lực nước lỗ rỗng âm có ảnh hưởng trên toàn thể tích lỗ rỗng với sự tăng của cường độ chống cắt được biểu thị bởi giá trị  $\phi^b$  bằng với giá trị  $\phi'$ . Khi giá trị lực hút dính vượt quá giá trị khí vào (40 kPa), đất sẽ mất tính bão hòa và thể tích lỗ rỗng chứa nước giảm xuống. Khi đó, tính hiệu quả của lực hút dính trong việc làm tăng cường độ chống cắt cũng giảm đi ( $\phi^b$  giảm). Tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa, cường độ chống cắt của mẫu thí nghiệm tăng từ 34 kPa đến 102,33 kPa khi lực hút dính tăng từ 0 kPa đến 200 kPa, góc  $\phi^b$  giảm từ giá trị  $\phi^b = \phi' = 23^\circ$  ứng với lực hút dính bằng 0 kPa xuống đến giá trị  $\phi^b = 8^\circ$  ứng với lực hút dính bằng 200 kPa (hình 3).

#### 4.2. Kết quả thí nghiệm cho mẫu đầm nén Sông Sắt

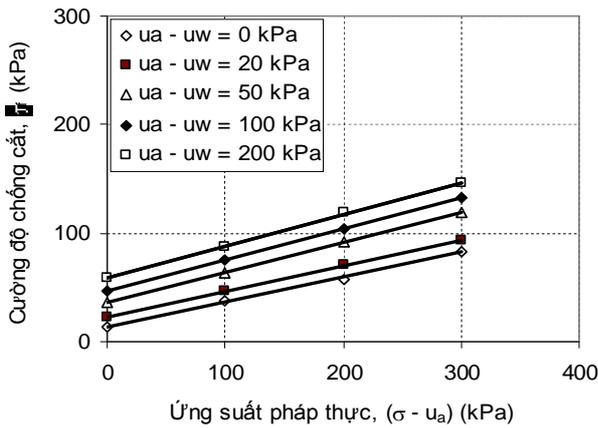
Kết quả thí nghiệm cắt trực tiếp của mẫu đầm nén Sông Sắt ứng với các giá trị lực hút dính khác nhau được mô tả trong hình 6. Hình vẽ thể hiện mặt bao phá hoại Mohr-Coulomb mở rộng cho mẫu đầm nén Sông Sắt.



Hình 6. Mặt bao phá hoại Mohr-Coulomb mở rộng cho mẫu đầm nén Sông sắt

Mặt bao phá hoại Mohr-Coulomb mở rộng cho mẫu đầm nén Sông Sắt trên hình 6 cho thấy đất thí nghiệm có góc ma sát trong  $\phi' = 13^\circ$  và lực dính đơn vị  $c' = 13$  kPa. Khi lực hút dính nhỏ hơn giá trị khí vào tới hạn thì góc  $\phi^b = \phi'$ . Lực hút dính tăng, góc ma sát gần như không thay đổi ( $\phi' \approx 13^\circ$ ) nhưng cường độ chống cắt của mẫu tăng lên, đồng thời góc  $\phi^b$  giảm.

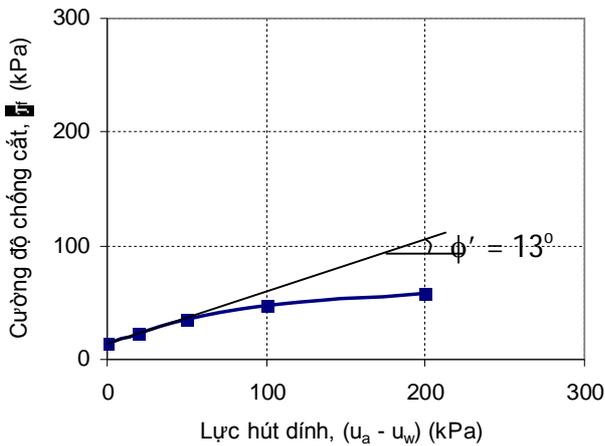
Hình chiếu của mặt bao phá hoại trên mặt phẳng  $\tau \sim (\sigma - u_a)$  được thể hiện trên hình 7. Kết quả trên hình 7 cho thấy cường độ chống cắt của mẫu tăng khi ứng suất pháp thực tăng. Tại một ứng suất pháp thực xác định, cường độ chống cắt tăng khi lực hút dính tăng.



Hình 7. Quan hệ giữa cường độ chống cắt và ứng suất pháp thực của mẫu đầm nén Sông Sắt ứng với các lực hút dính khác nhau

Như thể hiện trên hình 7, với lực hút dính bằng 0 kPa, cường độ chống cắt nhỏ nhất là 13,03 kPa tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa, lớn nhất là 83,4 kPa tại ứng suất pháp thực bằng 300 kPa. Với lực hút dính bằng 200 kPa, cường độ chống cắt nhỏ nhất đạt 58,43 kPa tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa, lớn nhất đạt 146 kPa tại ứng suất pháp thực bằng 300 kPa. Các kết quả thí nghiệm trên cũng cho thấy các đường bao phá hoại gần như nằm tịnh tiến hướng lên song song giống như kết quả thí nghiệm với mẫu đầm nén Khe Cát.

Hình 8 trình bày giao tuyến của mặt bao phá hoại Mohr-Coulomb mở rộng với mặt phẳng  $\tau \sim (u_a - u_w)$  tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa.



Hình 8. Quan hệ giữa ứng suất cắt và lực hút dính của mẫu đầm nén Sông Sắt tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa

Kết quả thí nghiệm trên hình 8 thể hiện rõ đường bao cường độ chống cắt ứng với lực hút dính có tính phi tuyến. Góc của đường bao cường độ chống cắt  $\phi^b = \phi' = 13^\circ$  khi lực hút dính thấp ( $\approx 0$  kPa). Khi giá trị lực hút dính vượt quá giá trị khí vào (20,08 kPa), góc  $\phi^b$  giảm nhanh đến giá trị  $7^\circ$  ứng với lực hút dính bằng 200 kPa. Quy luật thay đổi góc  $\phi^b$  cũng giống như đã phân tích trên hình 5. Ta cũng thấy trên hình 8 cường độ chống cắt của mẫu đất thí nghiệm tăng khi lực hút dính trong mẫu tăng. Tại ứng suất pháp thực bằng 0 kPa, cường độ chống cắt tăng từ giá trị 13,03 kPa ứng với lực hút dính bằng 0 kPa đến giá trị 58,43 kPa ứng với lực hút dính bằng 200 kPa.

### 5. Kết luận

Cường độ chống cắt của đất không bão hòa là một trong các thông số quan trọng ảnh hưởng lớn đến tính ổn định mái đập đất. Cường độ chống cắt đất không bão hòa có thể được xác định trực tiếp bằng thí nghiệm cắt trực tiếp trong phòng thí nghiệm. Với mục đích nghiên cứu xác định cường độ chống cắt của đất không bão hòa ứng với các lực hút dính khác nhau tại Việt Nam, tác giả đã tiến hành nghiên cứu lý thuyết, nghiên cứu thực nghiệm trên các thiết bị tiên tiến như thiết bị buồng áp lực xác định đường cong đặc trưng đất-nước, thiết bị cắt trực tiếp. Các mẫu đất được chuyển đến các lực hút dính khác nhau bằng thiết bị buồng áp lực trước khi tiến hành cắt trên máy cắt trực tiếp để xác định các cường độ chống cắt tương ứng với các cấp lực hút dính. Kết quả nghiên cứu cho thấy tại trạng thái bão hòa các mẫu đất thuộc mỏ vật liệu Khe Cát có góc ma sát trong  $\phi' = 23^\circ$  và lực dính đơn vị  $c' = 34$  kPa; các mẫu đất thuộc mỏ vật liệu Sông Sắt có góc ma sát trong  $\phi' = 13^\circ$  và lực dính đơn vị  $c' = 14$  kPa. Khi lực hút dính tăng, góc ma sát gần như không thay đổi nhưng lực dính của mẫu tăng lên. Góc  $\phi^b = \phi'$  khi lực hút dính bằng không. Góc  $\phi^b$  bắt đầu giảm nhiều tại các giá trị lực hút dính lớn hơn 40 kPa với mẫu Khe Cát hay 20 kPa với mẫu Sông Sắt. Cường độ chống cắt trong mẫu tăng khi lực hút dính tăng làm tăng hệ số an toàn ổn định của đập đất. Điều này khá phù hợp với kết quả thí nghiệm của các loại đất trên thế giới.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. FREDLUND, D.G., RAHARDJO, H. (1998), "*Cơ học đất cho đất không bão hòa*" (bản dịch), tập 1+2. NXB Giáo dục.
2. TCVN 4195-1995 ÷ 4202-1995 (1995), Tiêu chuẩn Việt Nam: "*Đất xây dựng*", Bộ Xây dựng. NXB Xây dựng. Hà nội.
3. ASTM D6836-02 (2002), "*Standard Test Method for Determination of the Soil Water Characteristic Curve for Desorption Using Hanging Column, Pressure Extractor, Chilled Mirror Hygrometer, and/or Centrifuge*", Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.09.
4. BS 1377:Part8 (1990), "*British Standard Methods of test for Soils for civil engineering purposes, Part 8 : Shear strength tests (effective stress)*".
5. Fredlund, D.G., and Morgenstern, N.R. (1977), "*Stress state variables for unsaturated soils*", Journal of the Geotechnical Engineering Division, Proceedings, American Society of Civil Engineering (GT5),103: 447–466.
6. Fredlund, D.G., Morgenstern, N.R., and Widger, R.A. (1978), "*The shear strength of unsaturated soils*", Canadian Geotechnical Journal, 15(3): 313–321.
7. Head, K.H. (1986), "*Manual of Soil Laboratory Testing*", John Wiley and Sons, Inc., Vol. 3, pp. 942-945.

### Summary

#### DETERMINING SHEAR STRENGTH OF AN UNSATURATED SOIL BY THE DIRECT SHEAR TESTS

*Shear strength of an unsaturated soil has a huge effect on the stability of a soil structure. When the soils became more unsaturated with more increased in matric suction, the shear strength of the soils increase which make the stability factor increasing. The research in determining the shear strength of the unsaturated soils has an important and necessary mean. This paper represents the method of determining shear strength of some unsaturated soils in VietNam by the direct shear tests. The results show that the matric suction increases when the soil changes from saturated state to unsaturated one, angle of internal friction,  $\phi'$ , of the soil is nearly constant but the cohesion of the soil increases. The angel  $\phi^b$  is equal to  $\phi'$  if matric suction is zero, then the angel  $\phi^b$  decreases. The shear strength of the soils increase which make the factor of safety of the earth dam increasing.*

**Keywords:** *Shear strength, unsaturated soil, direct shear tests, matric suction, SWCC.*

---

Người phân biện: **TS. Hoàng Việt Hùng**

BBT nhận bài: 28/8/2013

Phân biện xong: 19/9/2013