

# Ảnh hưởng của bão hoà đến sức kháng cắt không thoát nước của đất bùn sét lòng sông gia cường vải địa kỹ thuật trong điều kiện nén 3 trục

Effects of saturation on the undrained shear strength of geotextile reinforced clay under triaxial compression

> THS NGUYỄN THANH TÚ<sup>1</sup>, TS NGUYỄN MINH ĐỨC<sup>1</sup>,  
THS MAI TRẦN NAM<sup>2</sup>, TS TRẦN VĂN TIẾNG<sup>1</sup>, THS LÊ PHƯƠNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

<sup>2</sup>HVCH, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

## TÓM TẮT

Đất bùn khai thác từ lòng sông có hệ số rỗng lớn, khả năng chịu lực kém, đòi hỏi biện pháp gia tăng cường độ trước khi ứng dụng làm đất đắp trong xây dựng cơ bản. Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng độ bão hoà khi chịu cắt không thoát nước  $S_u$  của đất gia cường vải địa kỹ thuật dưới điều kiện nén ba trục trong điều kiện không thoát nước không cố kết (UU). Kết quả nghiên cứu cho thấy các lớp vải địa kỹ thuật làm tăng cường độ kháng cắt của đất trong cả hai trường hợp mẫu không bão hoà và mẫu bão hoà. Quá trình bão hoà làm giảm khoảng 70-80% sức kháng cắt không thoát nước của đất không gia cường. Khi gia cường bằng vải 2 lớp địa kỹ thuật sau khi bão hoà, độ giảm tối thiểu của  $S_u$  là từ 45-65%. Nghiên cứu cho thấy quá trình bão hoà giảm đáng kể sức kháng cắt không thoát nước của đất sét gia cường vải địa kỹ thuật.

**Từ khoá:** Vải địa kỹ thuật; đất sét; thí nghiệm cố kết 1 trục; ma sát; thí nghiệm cắt 3 trục.

## ABSTRACT

The clay excavated from the riverbed had a high void ratio and a low capacity, requiring a reinforced method to improve its capacity before using it as backfill in construction. This paper researches the effect of the saturation on the un-drained shear capacity of clay by using a triaxial shear test under the unconsolidation-undrained condition. The results illustrate that geotextile layers increase the intensity of clay in both unsaturated and saturated conditions. The saturated process decreased the undrained shear capacity of unreinforced specimens by about 70-80%. With two geotextile layers, the minimum decrease of  $S_u$  was from 45-65%. The research showed that the undrained shear capacity of the clay falls dramatically during saturated process.

**Key word:** Geotextiles; clay; one dimensional consolidation test; friction; trial compression shear test.

## 1. GIỚI THIỆU:

Khi cát san lấp khan hiếm, đất nạo vét từ lòng sông được sử dụng thay thế là phương pháp được đánh giá bảo vệ tài nguyên. Đất sét này chịu tải tốt khi ở trạng thái khô. Khi độ ẩm tăng lên, đất mất khả năng chịu lực (Huerta và Rodriguez, 1992). Sử dụng vải địa kỹ thuật và đệm cát là phương pháp gia cường phổ biến để cải thiện cường độ đất. Stoltz, Delmas và Barral, (2019) thực hiện với nhiều loại vải địa khác nhau để đánh giá sự phù hợp khi dùng với các loại bùn sét khác nhau. Kết quả cho thấy vải không dệt với kích thước nhỏ hơn 60  $\mu\text{m}$  phù hợp cho các loại đất bùn sét.

Choudhary và cộng sự, (2012) cho thấy rằng việc chèn một lớp gia cường ngang được đặt bên trong mẫu thử ở độ sâu xác định từ

đỉnh của mẫu đã nén chặt không chỉ kiểm soát đáng kể khả năng trương nở mà còn cải thiện đáng kể giá trị CBR.

Hufenus và cộng sự, (2006) khẳng định đất sét yếu được gia cường khi có lớp cốt liệu thô ở giữa. Vải địa kỹ thuật đóng vai trò biên thoát nước làm cải thiện sức chịu tải và ổn định nền móng công trình (Zornberg, J.G., & Mitchell, 1994). Yu, Zhang và Zhang, 2005 cho thấy lớp vải địa ngăn cản sự biến dạng ngang của đất. Yang và cộng sự, (2016) cho thấy khả năng gia tăng cường độ chống cắt của đất sét khi được gia cường vải địa kỹ thuật. Đất bùn sét cần thời gian vài năm để có thể ổn định và cần có những xử lý, gia cường nhằm đẩy nhanh quá trình cố kết trong đất bùn sét loại này. Phương pháp gia cường sử dụng vải địa kỹ thuật

đem đến nhiều hiệu quả về mặt cải thiện cường độ cho đất bùn yếu.

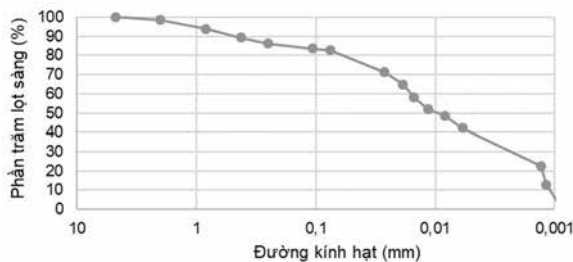
Jotisankasa và Rurgchaisri, (2018) thực hiện cắt đất gia cường vải địa kỹ thuật tổng hợp với nhiều loại đất khác nhau và phương pháp tiếp xúc giữa vải và đất. Kết quả cho thấy mức độ hư hỏng đối với mặt phân cách đất sét-vải địa kỹ thuật cao hơn so với chỉ loại đất sét. Việc cắt đất không bão hòa có cường độ đỉnh cao hơn và có xu hướng giảm ra nhiều hơn so với đất bão hòa, trong khi lớp đất không bão hòa dường như chặt hơn so với cắt lớp đất bão hòa.

Như vậy, đất bùn sét gia cường sau khi đầm chặt bị giảm cường độ đáng kể khi bị bão hòa. Có nhiều nghiên cứu về sức kháng cắt trong điều kiện nén 3 trục của đất sét gia cường, tuy nhiên, chưa có nhiều nghiên cứu về cường độ của đất sét gia cường bị ảnh hưởng do quá trình bão hòa. Do đó, nghiên cứu về độ giảm cường độ do quá trình bão hòa và biện pháp cải thiện cường độ là cần thiết khi sử dụng đất bùn gia cường trong công trình xây dựng.

## 1. VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM

### 1.1 Đất sét lòng sông

Đất khai thác từ lòng rạch Cái Lớn, tỉnh Kiên Giang, được phân loại là đất phù sa dẻo theo (MH) theo Unified Soil Classification System (USCS). Hình 1 biểu diễn thành phần hạt của đất và Bảng 1 trình bày các tính chất của đất sét.



Hình 1- Thành phần hạt của đất sét.

Bảng 1: Tính chất của đất sét

Tính chất	Giá trị
Dung trọng tự nhiên, $\gamma$ , kN/m <sup>3</sup>	16,13
Độ ẩm tự nhiên, $\omega$ %	55,4
Dung trọng khô, $\gamma_k$ , kN/m <sup>3</sup>	10,4
Hệ số rỗng ban đầu, $e_0$	1,60
Dung trọng khô lớn nhất, $\gamma_{k-max}$ (kN/m <sup>3</sup> )	15,03
Độ ẩm tối ưu, OMC, %	24,5
Giới hạn dẻo, PL	44,9
Giới hạn chảy, LL	91,5
Chỉ số dẻo, PI	46,6
Tỷ trọng, G <sub>s</sub>	2,75

### 1.1. Vải địa kỹ thuật

Vải địa không dệt được sử dụng trong thí nghiệm có khối lượng riêng 200 g/m<sup>2</sup> và bề dày 1,3mm. Khả năng chịu kéo theo phương dọc và ngang vải lần lượt là 9,28 kN/m và 7,08 kN/m với biến dạng dài khi phá hoại theo phương dọc và ngang vải là 84,1% và 117,8%. Với lưu lượng thấm ở 100 mm cột nước là 196 lít/m<sup>2</sup>/giờ và hệ số thấm k là 3,6x10<sup>-3</sup> m/giây, vải được xem là có tính thấm cao.

## 2. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

### 2.1. Chuẩn bị mẫu

Đất sét từ nạo vét từ sông được đem đi phơi khô, nghiền nhỏ và rây qua sàng 0,5 mm để loại bỏ các thành phần tạp chất trong đất.

Sau khi sấy khô tối thiểu 1 ngày ở 100°C, đất được trộn với nước để tạo ra hỗn hợp có độ ẩm tại 24,5%. Hỗn hợp này được dưỡng hộ trong tủ dưỡng ẩm 2 ngày trước khi đem đi tạo mẫu. Các mẫu đất sẽ được tạo ở độ ẩm OMC và dung trọng khô lớn nhất với kích thước đường kính D là 50 mm và chiều cao là 100 mm.

### 2.2. Thí nghiệm xác định sức kháng cắt UU

Có tổng cộng 20 mẫu được thí nghiệm xác định sức kháng cắt không cố kết- không thoát nước theo ASTM-D2850-UU bao gồm mẫu không gia cường, mẫu gia cường 1 lớp, 2 lớp, 3 lớp vải địa kỹ thuật (Hình 2) với 2 điều kiện ban đầu và áp lực buồng nền:

- Các mẫu không bão hòa: các mẫu sẽ được nén với áp lực buồng 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa.
- Các mẫu bão hòa: các mẫu sẽ được bão hòa tại áp lực buồng 500 kPa và nén thí nghiệm tại áp lực buồng 300 kPa.



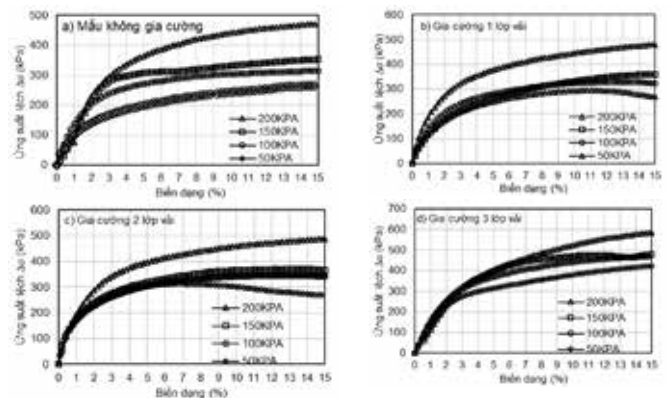
Hình 2- Các mẫu thí nghiệm xác định sức kháng cắt

## 3. KẾT QUẢ

### 2.3. Ứng xử cắt mẫu không bão hòa trong điều kiện UU

a) So sánh mẫu không gia cường và gia cường bằng vải địa kỹ thuật

Hình 3 thể hiện quan hệ giữa ứng suất lệch (hiệu số ứng suất dọc trục  $\sigma_1$  và ứng suất buồng  $\sigma_3$ ) theo sự biến dạng dọc trục.

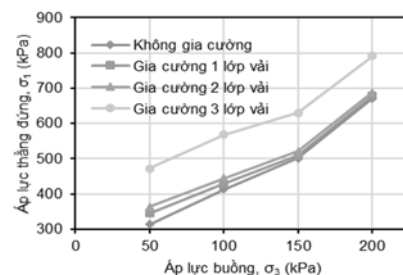


Hình 3- Quan hệ ứng suất lệch và biến dạng dọc trục trong điều kiện UU

Nhận xét: Áp lực buồng càng lớn thì ứng suất lệch càng lớn với cùng biến dạng dọc trục.

Số lớp vải gia cường càng nhiều thì cường độ càng cao.

Theo ASTM-D2850-UU, thời điểm mẫu bị phá hoại khi biến dạng dọc trục đạt 15%. Hình 4 thể hiện giá trị áp lực thẳng đứng khi mẫu bị phá hoại cho mẫu không gia cường và gia cường bằng vải tại các áp lực buồng khác nhau.



Hình 4- Quan hệ ứng suất dọc trục và ứng suất khi mẫu bị phá hoại

Giá trị lực dính (c) và góc ma sát trong (φ) được xác định:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \times K_p + 2 \times c \times \sqrt{K_p}$$

Trong đó  $K_p$ : áp lực đất bị động được xác định bằng  $K_p = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$

Bảng 2 trình bày kết quả tính lực dính (c) và góc ma sát trong (φ) cho các trường hợp không gia cường và gia cường bằng vải địa kỹ thuật trong điều kiện UU. Do không đo được áp suất nước lỗ rỗng nên giá trị này thể hiện sức kháng cắt tổng cộng của mẫu. Kết quả cho thấy, so với mẫu không gia cường thì mẫu gia cường với vải địa kỹ thuật có góc ma sát trong tương tự như đối với mẫu không gia cường, tuy nhiên lực dính lớn hơn rất nhiều, gấp 2 lần đối với mẫu gia cố bằng 3 lớp vải.

Bảng 2: Kết quả lực dính (c) và góc ma sát trong (φ) khi không gia cường và gia cường bằng vải.

Trường Hợp	$2 \tan(45^\circ + \phi/2)$	$\tan^2(45^\circ + \phi/2)$	φ	c (kPa)
Không gia cường	185,57	2,3186	11,7	60,9
Gia cường 1 lớp vải	220,08	2,1647	10,8	74,8
Gia cường 2 lớp vải	241,62	2,1015	10,4	83,3
Gia cường 3 lớp vải	336,95	2,3236	11,7	110,5

b) Tương quan độ gia tăng cường độ  $R_{uf}$  trong điều kiện không bão hòa

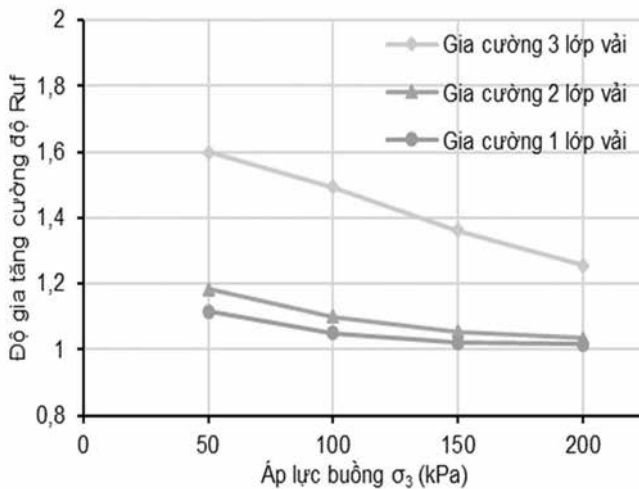
Độ gia tăng cường độ  $R_{uf}$  trong điều kiện không bão hòa được xác định

$$R_{uf} = \frac{\Delta\sigma_{gia\ cường}}{\Delta\sigma_{không\ gia\ cường}}$$

Trong đó:  $\Delta\sigma_{gia\ cường}$ ;  $\Delta\sigma_{không\ gia\ cường}$  lần lượt là ứng suất chênh mẫu gia cường và mẫu không gia cường.

Hình 5 cho thấy  $R_{uf}$  lớn hơn 1 tại tất cả các cấp áp lực buồng, điều này thể hiện vải địa kỹ thuật có tác dụng giúp gia tăng cường độ. Khi áp lực buồng tăng lên, giá trị  $R_{uf}$  giảm.

Khi số lớp vải gia tăng thì giá trị  $R_{uf}$  càng tăng. Điều này phù hợp với kết luận về độ gia tăng cường độ kháng cắt khi thêm số lớp vải địa kỹ thuật.

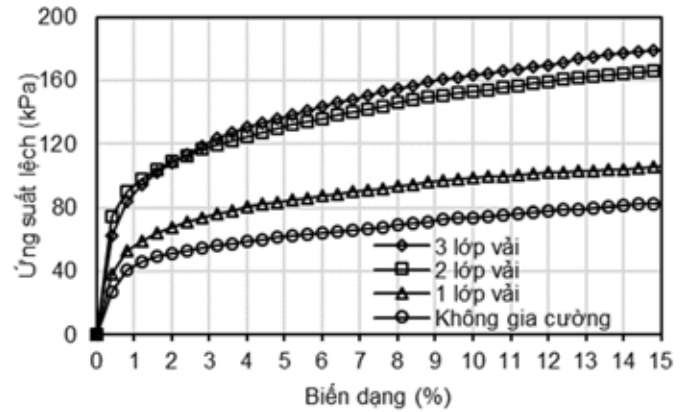


Hình 5- Tương quan độ gia tăng cường độ  $R_{uf}$  và áp lực buồng

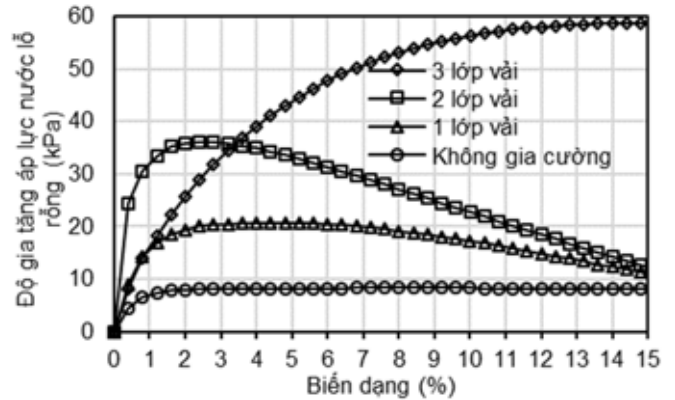
### 3.2 Ứng xử cắt mẫu bão hòa trong điều kiện UU

a) Ứng xử cắt mẫu bão hòa gia cường bằng vải địa kỹ thuật

Kết quả cho thấy ứng suất chênh gia tăng theo biến dạng dọc trục mẫu. Số lớp vải càng nhiều, áp lực chênh càng cao (Hình 6)



Hình 6- Tương quan ứng suất lệch và biến dạng mẫu bão hòa

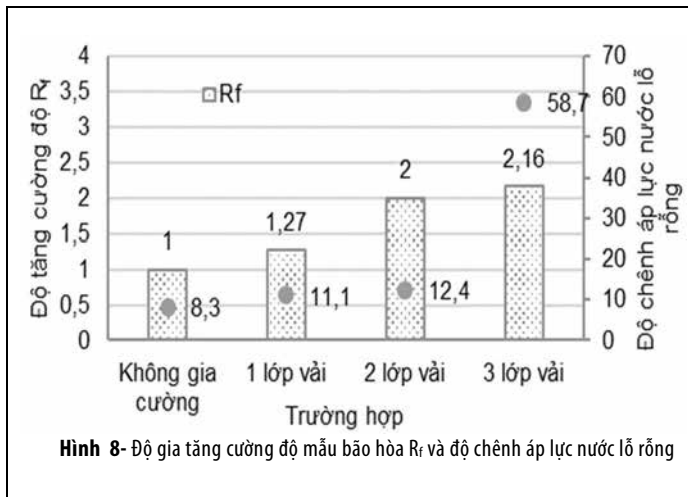


Hình 7- Độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng mẫu bão hòa gia cường vải

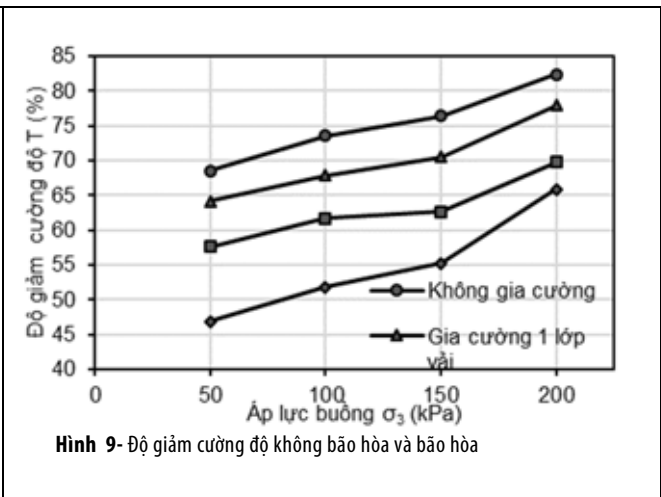
Bảng 3 trình bày ứng suất chênh lệch, độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng và sức kháng cắt không thoát ( $S_u$ ) nước mẫu bão hòa không gia cường và gia cường bằng vải địa kỹ thuật. Sức chống cắt không thoát nước mẫu bão hòa được xác định bằng phân nửa của ứng suất lệch. Đây là sức kháng cắt tổng cộng của mẫu bão hòa trong đó  $c_u = S_u$  và  $\phi_u = 0$ . Sức chống cắt tăng lên khi số lớp vải tăng lên và áp lực nước lỗ rỗng cũng gia tăng (Hình 7). Yang và cộng sự. (2016) khẳng định áp lực nước lỗ rỗng tăng lên do vải địa kỹ thuật khống chế độ nở hông của mẫu thí nghiệm từ đó làm gia tăng áp lực nước lỗ rỗng so với mẫu không gia cường. Trong khoảng biến dạng 1% đến 3%, mẫu gia cường tạo ra áp lực nước lớn hơn so với mẫu không gia cường, do vải địa kỹ thuật ngăn cản quá trình nở hông của mẫu, từ đó làm gia tăng đột biến áp lực nước lỗ rỗng. Khi biến dạng tăng lên mẫu thí nghiệm có sự phát triển biến dạng ngang (xảy ra hiện tượng trượt giữa đất và vải địa kỹ thuật) (mẫu gia cường 1 và 2 lớp vải) làm giảm áp lực nước lỗ rỗng đồng thời áp lực nước lỗ rỗng được tiêu tán thông qua khả năng thấm cao của vải địa kỹ thuật.

Bảng 3: Kết quả thí nghiệm mẫu bão hòa không gia cường và gia cường bằng vải

Trường Hợp	Ứng suất chênh (kPa)	Độ gia tăng áp lực nước lỗ rỗng (kPa)	Sức chống cắt $S_u$ (kPa)
Không gia cường	83,02	8,30	41,51
Gia cường 1 lớp vải	105,80	11,10	52,90
Gia cường 2 lớp vải	166,26	12,40	83,13
Gia cường 3 lớp vải	179,09	58,70	89,54



Hình 8- Độ gia tăng cường độ mẫu bão hòa R<sub>f</sub> và độ chênh áp lực nước lỗ rỗng



Hình 9- Độ giảm cường độ không bão hòa và bão hòa

b) Độ gia tăng cường độ R<sub>f</sub> trong điều kiện bão hòa

Độ gia tăng cường độ R<sub>f</sub> được xác định:

$$R_f = \frac{S_{u \text{ gia cường}}}{S_{u \text{ không gia cường}}}$$

Trong đó: S<sub>u</sub> gia cường; S<sub>u</sub> không gia cường là sức kháng cắt không thoát nước của mẫu gia cường và không gia cường.

Kết quả độ tăng cường độ R<sub>f</sub> và sự gia tăng áp lực nước được thể hiện trong Hình 8. Khi số lớp vải tăng lên, chỉ số R<sub>f</sub> mẫu gia cường vải tăng.

### 3.3 Độ giảm cường độ mẫu không bão hòa và bão hòa

Độ giảm cường độ mẫu không bão hòa và mẫu bão hòa T được xác định:

$$T = \frac{\Delta\sigma_{\text{không bão hòa}} - \Delta\sigma_{\text{bão hòa}}}{\Delta\sigma_{\text{không bão hòa}}}$$

Trong đó Δσ<sub>không bão hòa</sub>; Δσ<sub>bão hòa</sub> là ứng suất chênh mẫu không bão hòa và mẫu bão hòa.

Kết quả được thể hiện trong Hình 10

Sau khi bão hòa cường độ của mẫu giảm so với ban đầu từ 46,04% - 82,38%.

## 4. KẾT LUẬN

- Các thí nghiệm sức kháng cắt bằng thiết bị nén 3 trục được thực hiện để đánh giá ảnh hưởng vải địa với đất sét lòng sông. Các kết luận khác bao gồm:

- Ở mẫu không bão hòa, số lớp vải càng lớn thì cường độ càng cao. Khi gia cường, lực dính tăng lên 1,5 đến 2,5 lần, góc ma sát trong φ không thay đổi khi gia cường bằng vải. Chỉ số gia tăng cường độ R<sub>uf</sub> giảm khi áp lực buồng tăng.

- Các mẫu bão hòa, trong khoảng biến dạng từ 1-3% thì mẫu gia cường vải tạo ra áp lực nước lớn hơn so với mẫu không gia cường do vải ngăn cản sự nở hông của đất. Khi biến dạng tăng lên xảy ra hiện tượng trượt giữa đất và vải địa kỹ thuật, làm giảm áp lực nước lỗ rỗng đồng thời áp lực nước lỗ rỗng được tiêu tán thông qua khả năng thấm cao của vải địa kỹ thuật.

- Sau khi ngâm bão hòa, cường độ mẫu giảm từ 46% - 82%.

- Kết quả cho thấy rằng gia cường đất sét lòng sông bằng vải địa kỹ thuật làm gia tăng cường độ đất trong điều kiện bão hòa và không bão hòa. Hệ thống thoát nước đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện khả năng chịu tải của đất sét lòng sông.

## LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM đã tài trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này, mã đề tài T2021-118TĐ.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Choudhary, A. k. *et al.* (2012) 'Improvement in CBR of the expansive soil subgrades with a single reinforcement layer', *Proceedings of Indian Geotechnical Conference*, pp. 289–292.
- Huerta, A. and Rodriguez, A. (1992) 'Numerical analysis of non-linear large-strain consolidation and filling', *Computers and Structures*, 44(1–2), pp. 357–365. doi: 10.1016/0045-7949(92)90255-X.
- Hufenus, R. *et al.* (2006) 'Full-scale field tests on geosynthetic reinforced unpaved roads on soft subgrade', *Geotextiles and Geomembranes*, 24(1), pp. 21–37. doi: 10.1016/j.geotexmem.2005.06.002.
- Jotisankasa, A. and Rurgchaisri, N. (2018) 'Shear strength of interfaces between unsaturated soils and composite geotextile with polyester yarn reinforcement', *Geotextiles and Geomembranes*, 46(3), pp. 338–353. doi: 10.1016/j.geotexmem.2017.12.003.
- Stoltz, G., Delmas, P. and Barral, C. (2019) 'Comparison of the behaviour of various geotextiles used in the filtration of clayey sludge: An experimental study', *Geotextiles and Geomembranes*, 47(2), pp. 230–242. doi: 10.1016/j.geotexmem.2018.12.008.
- Yang, K. H. *et al.* (2016) 'Behavior of geotextile-reinforced clay in consolidated-undrained tests: Reinterpretation of porewater pressure parameters', *Journal of GeoEngineering*, 11(2), pp. 45–57. doi: 10.6310/jog.2016.11(2).1.
- Yu, Y., Zhang, B. and Zhang, J. M. (2005) 'Action mechanism of geotextile-reinforced cushion under breakwater on soft ground', *Ocean Engineering*, 32(14–15), pp. 1679–1708. doi: 10.1016/j.oceaneng.2005.02.007.
- Zornberg, J.G., & Mitchell, J. K. (1994) 'Downloaded by [ York University] on [26/09/16]. Copyright © ICE Publishing, all rights reserved.'