

ĐỰ TÍNH SỨC KHÁNG CẮT KHÔNG THOÁT NƯỚC CỦA ĐẤT ĐÍNH ĐƯỢC GIA TẢI TRƯỚC KẾT HỢP THOÁT NƯỚC THĂNG ĐÚNG

Nguyễn Hồng Trường,

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Nguyễn Hữu Thái,

Trường Đại học Thủy lợi

Đặng Thị Hải Vân

Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Vĩnh Phúc

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu các hàm dự báo sức kháng cắt không thoát nước của đất được gia tải trước đang được dùng phổ biến trên thế giới. Trên cơ sở phân tích sức kháng cắt theo lý thuyết biến đổi của độ bền không thoát nước, nghiên cứu đã đề xuất công thức dự báo sức kháng cắt không thoát nước áp dụng phù hợp tại mọi thời điểm cố kết: $S_u = 0,22U\sigma_z + S_s(\sigma'_{pz} / \sigma'_{vz})^{0,2}$.

Công thức đề xuất đã được khẳng định tính đúng đắn thông qua kiểm nghiệm với kết quả nghiên cứu mô hình vật lý và kết quả thí nghiệm cắt cánh hiện trường của một số công trình thực tế.

Từ khóa: sức kháng cắt không thoát nước, gia tải trước.

Summary: This paper shows some functions to evaluate for undrain shear strength of cohesion soil when using prefabricated vertical drain combined with pre-surcharge in the world. Base on the analytic theory for the variable values of undrain shear strength, the equation was proposed $S_u = 0,22U\sigma_z + S_s(\sigma'_{pz} / \sigma'_{vz})^{0,2}$. This is proposed equation by authors of the paper. In order to check for this modified equation, many physical models and vane shear testing was carried out.

Keywords: undrain shear strength, pre-surcharge.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghiên cứu xử lý các vấn đề về địa kỹ thuật đòi hỏi sự hiểu biết các đặc tính cơ học, trạng thái ứng suất, biến dạng cũng như các ứng xử khác của đất. Đất có tính chất khác rõ rệt với các loại vật liệu khác do tính phân tán và tính rỗng của chúng. Do sự thay đổi tải trọng bên ngoài và sự thoát nước, nền đất có sự thay đổi về độ ẩm và thể tích. Độ chặt, cường độ và các đặc trưng biến dạng tất cả đều bị thay đổi.

Qua tổng kết, phần lớn công trình hư hỏng là do nền móng công trình, lún không đều, lún cục bộ, nền bị đẩy trôi, trượt, ... nguyên nhân là do trong

tính toán thiết kế đã không dự kiến chính xác các trạng thái của đất, thiếu hiểu biết về các đặc trưng của đất, đặc biệt là các đặc trưng về cường độ, sức chống cắt không thoát nước của đất.

Trong xử lý nền đất yếu bằng phương pháp gia tải trước, biết được chính xác sự gia tăng sức kháng cắt không thoát nước S_u tại các thời điểm cố kết là yếu tố quan trọng để đưa ra những ứng xử phù hợp với thực tế về gia tải tải trước, như tăng tải, dỡ tải hay quá trình chất tải công trình xây dựng trên nó.

Để biết chính xác sức kháng cắt không thoát nước S_u , tốt nhất là thí nghiệm hiện trường kiểm tra. Tuy nhiên việc này không phải lúc nào cũng thực hiện được, vì vậy trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã xây dựng nhiều các công thức kinh nghiệm dự tính S_u . Dựa vào

Ngày nhận bài: 05/7/2017

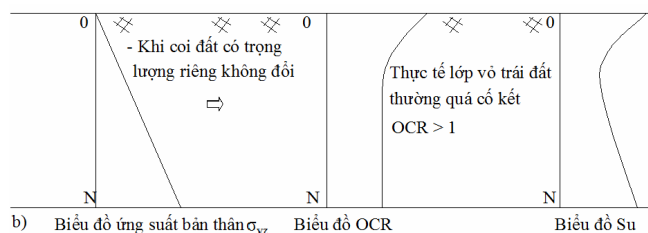
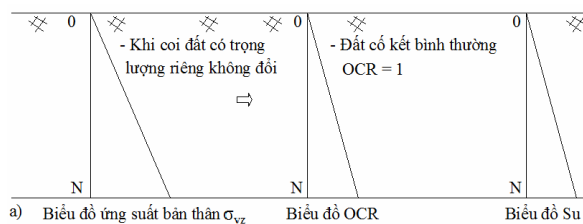
Ngày thông qua phản biện: 22/9/2017

Ngày duyệt đăng: 26/9/2017

các số liệu thí nghiệm ban đầu (khi đất chưa được gia tải) như sức chống cắt nguyên trạng không thoát nước (S_s), áp lực tiền cố kết (σ_p),... và sau đó sức kháng cắt không thoát nước S_u tại thời điểm bất kỳ sẽ được dự tính theo giá trị của tải trọng gia tải và độ cố kết ở thời điểm đó.

Bài báo sẽ giới thiệu tổng quan các công thức được dùng phổ biến trên thế giới để dự báo sức kháng cắt không thoát nước của đất được gia tải nén trước, đồng thời cũng làm rõ phạm vi áp dụng công thức (V.6) trong 22TCN 262-2000 và đề xuất công thức dự tính sức chống cắt không thoát nước của đất được gia tải trước kết hợp thoát nước thẳng đứng theo hai thành phần: thành phần do ứng suất tăng thêm và thành phần quy định bởi trạng thái cố kết trước của đất tại thời điểm cố kết bất kỳ.

2. SỨC CHỐNG CẮT CỦA ĐẤT VÀ DẠNG BIỂU ĐỒ PHÂN BỐ THEO CHIỀU SÂU



Hình 1. Dạng biểu đồ OCR và S_u theo chiều sâu [8]

3. MỘT SỐ HÀM DỰ TÍNH SỨC CHỐNG CẮT KHÔNG THOÁT NƯỚC CỦA ĐẤT ĐƯỢC GIA TẢI TRƯỚC

3.1 Sức kháng cắt không thoát nước theo C.C.Ladd

Sức kháng cắt không thoát nước, xuất phát từ công thức của C.C.Ladd được áp dụng phổ biến trên thế giới [3]:

$$S_u = \alpha \cdot \sigma_v' (OCR)^m \text{ hay } S_u = \alpha \cdot \sigma_v' (\sigma_{pz}' / \sigma_{vz}')^m \quad (1)$$

Trong đó:

α và m là các hệ số tùy thuộc vào tính chất của đất, thường được lấy $\alpha = 0,22$ và $m = 0,8$ nếu

2.1. Sức chống cắt không thoát nước của đất

Sức chống cắt của đất được định nghĩa là giá trị ứng suất chống cắt tối đa hay giới hạn mà đất có thể tạo ra bên trong khối đất trước khi nó bị chảy.

Khi gia tải nhanh và đất hoàn toàn không thoát nước (UU), thì đất sét bão hòa không có ma sát trong ($\phi_u = 0$), sức kháng cắt hoàn toàn do lực dính sinh ra, và gọi đó là sức kháng cắt không thoát nước S_u

2.2. Dạng biểu đồ S_u của đất tự nhiên theo chiều sâu

Với giả thiết đất có trọng lượng riêng không đổi, đất cố kết bình thường ($OCR = 1$), khi đó biểu đồ S_u theo chiều sâu có dạng như Hình 1a

Tuy nhiên, các lớp đất vỏ trái đất thường là quá cố kết, vì vậy biểu đồ OCR thường có dạng như Hình 1b và có được dạng của S_u dựa theo phương trình (1) của C.C.Ladd

không có số liệu thí nghiệm

σ_v' - ứng suất hữu hiệu theo phương đứng

OCR: tỉ số quá cố kết của đất

σ_{pz}' - áp lực tiền cố kết ở độ sâu z trong đất

σ_{vz}' - ứng suất hữu hiệu thẳng đứng do bản thân các lớp đất gây ra ở độ sâu z

Trong công thức (1) sức kháng cắt phụ thuộc vào bản thân đất, thể hiện ở tỉ số quá cố kết OCR thay đổi theo độ sâu ($\sigma_{pz}' / \sigma_{vz}'$) và ứng suất có hiệu theo phương đứng do tải trọng bản thân và tải trọng tăng thêm σ_v'

3.2. Sức kháng cắt không thoát nước theo kinh nghiệm của Nhật Bản và các nước phương Tây

Dự báo được quan hệ giữa cường độ chống cắt với tốc độ cố kết một cách đúng đắn và phù hợp với thực tế là một việc khó khăn thường dựa vào thực nghiệm, công thức kinh nghiệm Nhật Bản và các nước phương Tây:

$$C = C_0 + \Delta C = C_0 + U \cdot \sigma_z \cdot m \quad (2)$$

Trong đó:

C: Là cường độ chống cắt sau khi đất yếu đạt mức cố kết U

C_0 : Là cường độ chống cắt của đất ở trạng thái tự nhiên ban đầu

σ_z - là ứng suất thẳng đứng do tải trọng gia tải

m: Là hệ số tăng cường độ chống cắt được dự báo theo A. W. Skempton tùy thuộc vào chỉ số dẻo PI

$$m = 0.11 + 0.0037 \times PI$$

hoặc $m = \tan \varphi_{cu}$, với φ_{cu} xác định từ thí nghiệm nén ba trục theo sơ đồ CU

($m = 0.2 \sim 0.5$ tùy loại đất yếu)

3.3 Sức kháng cắt không thoát nước theo hệ số áp lực lỗ rỗng

Bằng cách phân tích ứng suất hữu hiệu với sử dụng hệ số áp lực lỗ rỗng Skempton A_i (lúc ban đầu) và A_f (khi phá hoại), công thức tính toán S_u theo các thông số hữu hiệu được đề xuất [2]:

$$S_u = \frac{c' \cos \varphi' + \sigma'_{vo} \sin \varphi' [K_o + A_f(1 - K_o)]}{1 + (2A_f - 1) \sin \varphi'} \quad (3)$$

Đối với sét cổ kết thường, $c' = 0$, công thức trở thành:

$$S_u = \frac{\sigma'_{vo} \sin \varphi' [K_o + A_f(1 - K_o)]}{1 + (2A_f - 1) \sin \varphi'} \quad (4)$$

Trong đó:

c' , φ' : lực dính, góc ma sát hữu hiệu, xác định thí nghiệm nén ba trục (CU)

σ'_v : ứng suất hữu hiệu theo phương đứng

K_o : hệ số áp lực tĩnh ngang

A_f : hệ số, được xác định dựa vào mối quan hệ ($A_f \sim OCR$) như Mayne (1988)

3.4. Sức kháng cắt không thoát nước theo chỉ số dẻo

Với đất cổ kết thường, Skempton, 1957 đề xuất quan hệ sức kháng cắt không thoát nước S_u với chỉ số dẻo PI như sau [2;8]:

$$S_u / \sigma'_v = 0.11 + 0.0073 PI \quad (5)$$

Trong đó:

σ'_v : ứng suất hữu hiệu theo phương đứng do tải trọng bản thân và tải trọng tăng thêm

PI: chỉ số dẻo của đất

3.5. Sức chống cắt không thoát nước theo công thức (V.6) 22TCN262-2000

Nền đắp trong quá trình xây dựng với giải pháp đắp làm nhiều đợt, vừa đắp vừa chờ cố kết, mức độ cố kết của đất yếu tăng dần trong những đợt đắp thứ hai, thứ ba,... Tại thời điểm nền đạt độ cố kết U thì sức chống cắt của nền đất được xác định theo 22TCN262-2000 như sau [1]:

$$S_u = U[0.22 \cdot \sigma_z + S_s (\sigma_{pz} / \sigma_{vz})^{0.2}] \quad (6)$$

Trong đó:

U là mức độ cố kết dự báo có thể đạt được kể từ lúc bắt đầu đắp nền đợt đầu tiên cho đến khi bắt đầu đắp nền đợt II tiếp theo

S_s là sức chống cắt nguyên dạng không thoát nước từ thí nghiệm cắt cánh hiện trường

σ_z là ứng suất thẳng đứng do tải trọng đắp (phần nền đắp và phần đắp gia tải trước)

σ_{pz} là áp lực tiền cố kết ở độ sâu z trong đất yếu, được xác định từ thí nghiệm cố kết

σ_{vz} là ứng suất thẳng đứng do trọng lượng bản thân các lớp đất yếu gây ra ở độ sâu z

Nhận xét:

- Công thức (1) theo đề nghị của Ladd (1991) có dạng tổng quát nên được sử dụng khá phổ biến ở một số nước trên thế giới.

- Công thức (6) trong 22TCN 262-2000 xuất phát từ công thức (1) của C.C.Ladd. Tuy nhiên, qua nghiên cứu và áp dụng thấy rằng tiêu chuẩn này còn một số vấn đề cần được làm rõ về ký hiệu, thuật ngữ và phạm vi áp dụng [5]. Rõ ràng là độ bền chống cắt liên hệ với ứng suất hiệu quả, vì vậy để viết cho chính xác lại thì công thức (6) phải được viết là $S_u = U[0,22\sigma_z + S_s(\sigma'_{pz}/\sigma'_{vz})^{0,2}]$

4. PHÂN TÍCH ĐỀ XUẤT CÔNG THỨC TÍNH S_u THEO THÀNH PHẦN ỨNG SUẤT TĂNG THÊM VÀ THÀNH PHẦN DO MỨC ĐỘ CỐ KẾT TRƯỚC CỦA ĐẤT

4.1 Phân tích cơ sở đề xuất công thức

Theo C.C. Ladd thì sức kháng cắt không thoát nước của đất sét phụ thuộc vào ứng suất hiệu quả theo phương đứng σ'_v và mức độ cố kết trước của đất (thông qua hệ số quá cố kết OCR) và được thể hiện bằng công thức (1), bao gồm tích của hai đại lượng này.

Đối với đất sét trầm tích tự nhiên, thì trước khi chịu ứng suất tăng thêm (do tải trọng gây ra), phân bố đất đã ổn định dưới áp lực của lớp đất phủ phía trên nó và do đó nó tồn tại sức chống cắt nguyên dạng không thoát nước. Giá trị sức chống cắt nguyên dạng này phụ thuộc vào mức độ cố kết trước của đất (OCR). Chính vì thế, hợp lý hơn nên tách S_u thành hai đại lượng: một đại lượng phụ thuộc vào ứng suất tăng thêm hiệu quả σ'_z , và đại lượng kia phụ thuộc vào OCR. Đến đây ta có thể viết lại (1) thành như sau:

$$S_u = \alpha\sigma'_z + S_s(\sigma'_{pz}/\sigma'_{vz})^m = \alpha\sigma'_z + S_s(\sigma'_{pz}/\sigma'_{vz})^m \quad (7)$$

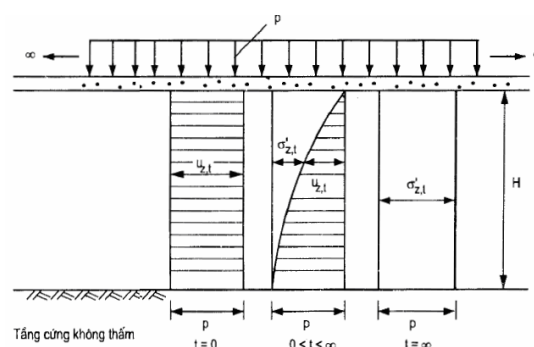
Biến đổi (7), đưa thông số độ cố kết U vào công thức dự tính cường độ chống cắt không thoát nước.

Độ lún ổn định với bài toán cố kết một hướng, tải trọng phân bố đều, gia tải tức thời:

$$S_t = \frac{a}{1+e_1} \int_0^H \sigma'_{z,t} dz \quad (8)$$

$$S = \frac{a}{1+e_1} \int_0^H \sigma_z dz \quad (9)$$

$$U = \frac{S_t}{S} = \frac{\int_0^H \sigma'_{z,t} dz}{\int_0^H \sigma_z dz} \quad (10)$$



Hình 2. Sơ đồ cố kết thấm một hướng [6]

Từ (10), rút ra được: $\sigma'_z = U\sigma_z$ (11)

Thay vào (11) vào (7) được:

$$S_u = \alpha U\sigma_z + S_s(\sigma'_{pz}/\sigma'_{vz})^m \quad (12)$$

Thay các hệ số kinh nghiệm $\alpha = 0,22$ và $m = 0,2$ vào (12) nhận được:

$$S_u = 0,22U\sigma_z + S_s(\sigma'_{pz}/\sigma'_{vz})^{0,2} \quad (13)$$

Trong đó:

U - là mức độ cố kết tại thời điểm bất kỳ sau khi nền được gia tải

S_s - là sức chống cắt nguyên dạng không thoát nước từ thí nghiệm cắt cánh hiện trường

σ_z - là ứng suất thẳng đứng do tải trọng đắp (phần nền đắp và phần đắp gia tải trước)

σ'_{pz} - áp lực tiền cố kết hữu hiệu ở độ sâu z trong đất

σ'_{vz} - ứng suất hữu hiệu thẳng đứng do bản thân các lớp đất gây ra ở độ sâu z

Như vậy, xuất phát từ công thức của C.C. Ladd và trên cơ sở phân tích sức kháng cắt

theo lý thuyết biến đổi của độ bền không thoát nước, nghiên cứu đã đề xuất công thức dự báo sức kháng cắt không thoát nước, công thức (13), với cách thức vận dụng tường minh hơn, bằng cách tách làm hai phần: thành phần thứ nhất là S_u tăng thêm, thành phần thứ hai là S_u ở trạng thái ban đầu tại vị trí độ sâu đang xét.

4.2. Kiểm nghiệm công thức đề xuất

Tính đúng đắn của công thức hiệu chỉnh sẽ được kiểm nghiệm qua các số liệu thí nghiệm thực tế:

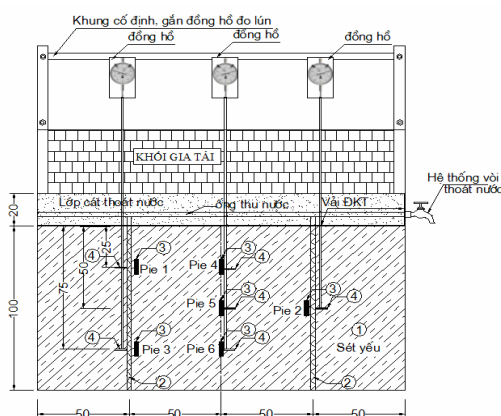
- Phù hợp với kết quả thí nghiệm cắt cánh trực tiếp nền đất các mô hình vật lý ứng với mức tải trọng và độ cố kết được nghiên cứu.
- Phù hợp với kết quả thí nghiệm hiện trường của các công trình thực tế.

4.2.1 Kiểm nghiệm sự phù hợp với kết quả nghiên cứu mô hình vật lý

4.2.1.1 Thiết kế mô hình vật lý

Mô hình vật lý (MHVL) được xây dựng tại phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi. Sơ đồ bố trí mô hình thí nghiệm như ở Hình 3

- Mô hình là khối hình chữ nhật có kích thước (2,0 x 1,0 x 1,2) m, thể tích $V = 2,4 \text{ m}^3$, được ghép bởi hệ khung bằng thép và hệ kính cường lực dày 1,0 cm ở các mặt bên.



1- nền sét, 2- bắc thăm, 3- Pierometer, 4- bàn đo lún

a) Sơ đồ bố trí thiết bị quan trắc

- Mẫu đất: MHVL mô phỏng một khối đất cho loại đất yếu nghiên cứu. Mẫu đất là đất sét pha được lấy từ khu vực Yên Nghĩa, thành phố Hà Nội, đất được chế bị tương đồng với đất sét pha bão hòa nước.

- Bố trí thiết bị thoát nước thẳng đứng: bắc thăm được bố trí với khoảng cách hiệu quả (1,0 x 1,0) m, có chiều dài xuyên suốt khối đất. Lớp cát vàng cỡ hạt lớn dày 0,2 m trên mặt khối đất làm nhiệm vụ gia tải và là mặt thoát nước.

- Thiết bị quan trắc áp lực nước lỗ rỗng (ALNLR), biến dạng lún: các Piezometer (PIE) để quan trắc ALNLR, tín hiệu được kết nối với bộ đọc dữ liệu Datalogger hiện thị bởi phần mềm Logview thông qua máy tính. Các Tenxomet (TEN) để quan trắc lún và giá trị được đọc trên đồng hồ đo. Các PIE và TEN được bố trí cạnh bắc thăm (cách bắc 15cm) và giữa hai bắc thăm (cách bắc 50cm) tại các độ sâu nghiên cứu.

- Tải trọng gia tải trước: Tổng giá trị tải trọng gia tải $p = 25 \text{ kN/m}^2$. Giá trị tải trọng này được xác định dựa trên nguyên tắc: i) Tải trọng gia tải nhỏ hơn tải trọng phá hoại đất nền và ii) Tổng tải trọng gia tải nén trước lớn hơn hoặc bằng 1,2 lần tổng tải trọng khai thác của công trình; và iii) Theo điều kiện cố kết trước của nền, tải trọng gia tải yêu cầu phải đủ lớn để nền có thể phát huy được hiệu quả thoát nước [1]



b) Tổng tải trọng gia tải ($p=25 \text{ kN/m}^2$)

Hình 3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm mô hình vật lý

Quan trắc độ lún, biến thiên ALNLR trong nền và đánh giá độ cố kết đất nền đạt được.

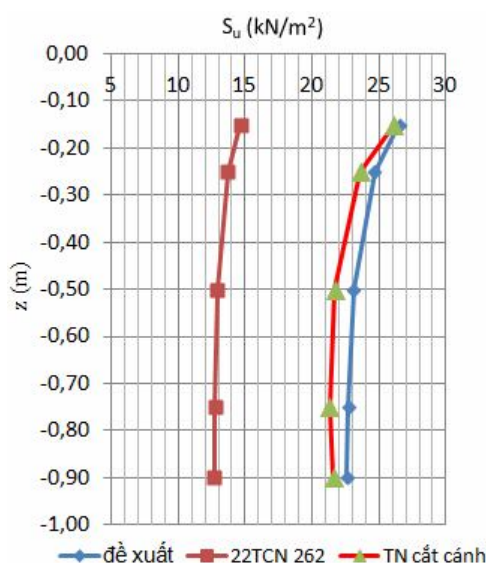
- MHVL1: đất nền cố kết 50%: dỡ tải, thí nghiệm cắt cánh tại các độ sâu nghiên cứu.

- MHVL2: đất nền cố kết 90%: dỡ tải, thí nghiệm cắt cánh tại các độ sâu nghiên cứu.

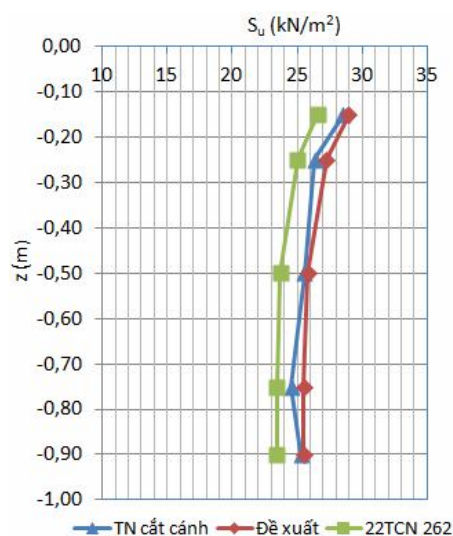
4.2.1.2 So sánh các kết quả nghiên cứu

Bảng 1. So sánh kết quả dự tính S_u từ các công thức và TN cắt cánh MHVL

Trường hợp mô hình nghiên cứu	Độ sâu (m)	Dự tính sức kháng cắt không thoát nước S_u (kN/m ²)		
		Theo công thức (V.6) 22TCN 262-2000	Theo công thức đề xuất	Kết quả TN cắt cánh
MHVL1 U=50%	-0,15	14,63	26,52	26,10
	-0,25	13,71	24,67	23,59
	-0,50	12,93	23,11	21,69
	-0,75	12,72	22,70	21,28
	-0,90	12,68	22,61	21,61
MHVL2 U=90%	-0,15	26,54	28,94	28,51
	-0,25	25,03	27,27	26,32
	-0,50	23,71	25,80	25,53
	-0,75	23,42	25,47	24,54
	-0,90	23,43	25,49	25,30



a) Đất nền ở trạng thái cố kết 50%



b) Đất nền ở trạng thái cố kết 90%

Hình 4. Kết quả tính S_u theo các hàm dự báo và kết quả thí nghiệm cắt cánh

- Bảng 1 và Hình 4 cho thấy, kết quả tính theo công thức đề xuất gần với kết quả thí nghiệm hơn. Sai khác giữa kết quả theo công thức đề xuất với kết quả thí nghiệm là 1,6%÷6,67% nhỏ hơn nhiều so với sai khác giữa công thức trong tiêu chuẩn và thí nghiệm 40,21%÷43,93%

- Khi cố kết ở giai đoạn cuối (trường hợp U=90%) đường S_u theo công thức (V.6) trong 22TCN 262-2000 sẽ tiệm cận đến đường S_u tính theo công thức đề xuất và đường S_u thí nghiệm.

Như vậy, rõ ràng là phạm vi áp dụng của công thức (V.6) trong 22TCN 262-2000 chỉ phù hợp

khi độ cố kết đã đạt mức độ nào đó đủ lớn (trên 80÷90%). Vì vậy tiêu chuẩn cần có hướng dẫn cụ thể hơn khi áp dụng công thức này.

4.2.2 Kiểm nghiệm sự phù hợp với kết quả thí nghiệm của các công trình thực tế

Với các công trình thực tế, kiểm tra S_u bằng thí nghiệm cắt cánh hiện trường sau khi xử lý nền thường được thực hiện ở giai đoạn dỡ tải, khi đó độ cố kết của nền đã đạt trên 90%. Vì vậy, để kiểm nghiệm các hàm dự báo S_u với các công trình thực tế khi độ cố kết nhỏ (50%) sẽ vận dụng thêm công thức dự báo theo kinh nghiệm của Nhật Bản và các nước phương Tây, công thức (2), công thức này được các chủ dự án cho áp dụng trong tính toán cố kết xử lý nền đất yếu gia tải trước bằng khối đắp

kết hợp thoát nước thẳng đứng (PVD) trong một số dự án gần đây như: dự án đường cao tốc Nội Bài - Lào Cai, dự án đường ô tô Tân Vũ - Lạch Huyện, dự án nhà máy nhiệt điện Long Phú 1,...

4.2.2.1 Dự án đường ô tô Tân Vũ - Lạch Huyện

Dự án Cảng Lạch Huyện là dự án cảng Container Quốc tế quy mô lớn. Dự án bao gồm nhiều hạng mục công trình: Luồng tàu, đê chắn sóng, đê chắn cát, bến công vụ, đường bãi khu vực hành chính, hạ tầng cảng Lạch huyện, đường Tân Vũ-Lạch Huyện,... [7]

Hạng mục đường Tân Vũ-Lạch Huyện, đoạn Km1+160 ÷ Km1+ 260 nền đất yếu được xử lý bằng gia tải trước kết hợp thoát nước thẳng đứng (PVD, sâu 15m, khoảng cách bắc 1,2m).



Hình 5. Mặt bằng tổng thể dự án [7]

Bảng 2. Tải trọng gia tải trước

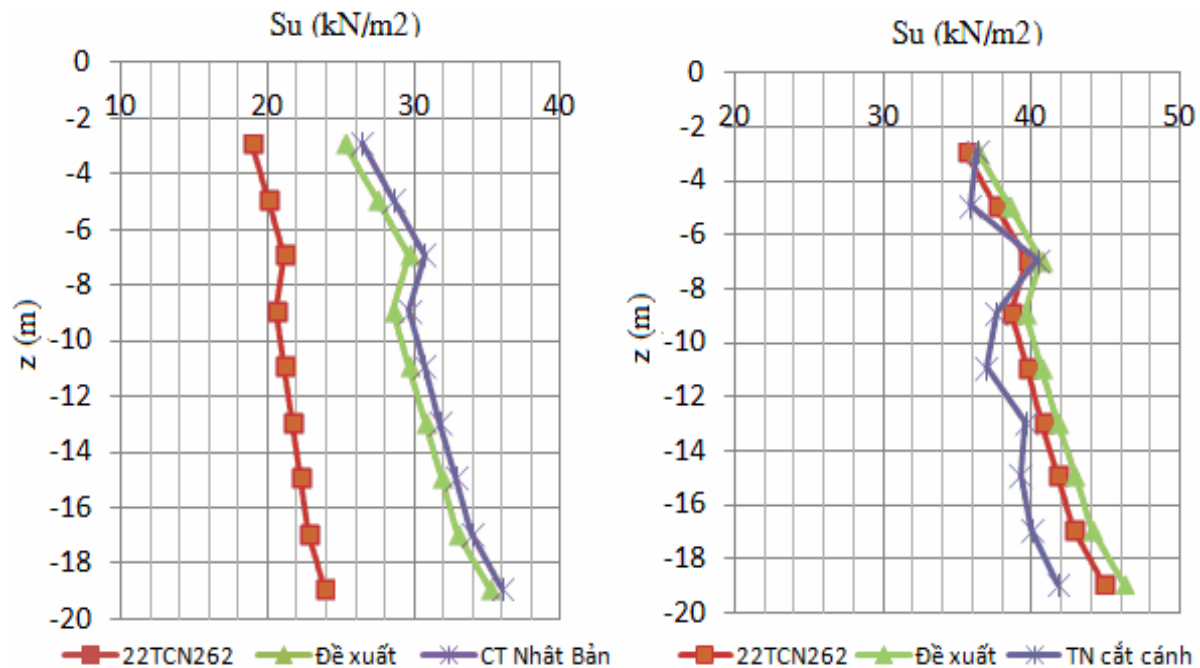
Gia tải trước	Trọng lượng riêng (kN/m ³)	Chiều dày (m)	Tải trọng (kN/m ²)
Nền đắp	17,0	6,18	105,06
Đệm cát	16,0	0,5	8,0
Tổng tải trọng			113,06

Bảng 3. So sánh kết quả dự tính S_u áp dụng các hàm dự báo khác nhau

Độ sâu (m)	S_s nguyên trạng ban đầu (kN/m ²)	Dự tính S_u trong quá trình gia tải, nền cố kết $U = 50\%$ (kN/m ²)		
		Theo công thức (V.6) 22TCN 262-2000	Theo công thức đề xuất	Theo công thức kinh nghiệm của Nhật Bản
-2,9	12,16	18,87	25,18	26,44
-4,9	14,29	19,98	27,39	28,57
-6,9	16,42	21,08	29,60	30,70
-8,9	15,36	20,53	28,49	29,64
-10,9	16,42	21,08	29,60	30,70
-12,9	17,49	21,64	30,70	31,77
-14,9	18,55	22,19	31,81	32,83
-16,9	19,62	22,74	32,91	33,90
-18,9	21,74	23,84	35,12	36,02

Bảng 4. So sánh kết quả dự tính S_u từ các công thức và TN cắt cánh hiện trường

Độ sâu (m)	S_s nguyên trạng (kN/m^2)	Dự tính S_u sau gia tải, nền cốt kết $U = 94,4\%$ (kN/m^2)		
		Theo (V.6) 22TCN 262-2000	Theo công thức đề xuất	Kết quả TN cắt cánh hiện trường
-2,9	12,16	35,48	36,24	36,32
-4,9	14,29	37,56	38,45	35,85
-6,9	16,42	39,64	40,66	40,36
-8,9	15,36	38,60	39,55	37,59
-10,9	16,42	39,64	40,66	36,94
-12,9	17,49	40,68	41,76	39,56
-14,9	18,55	41,71	42,87	39,24
-16,9	19,62	42,75	43,97	39,98
-18,9	21,74	44,83	46,18	41,71



a) Đất nền ở trạng thái cốt kết 50%

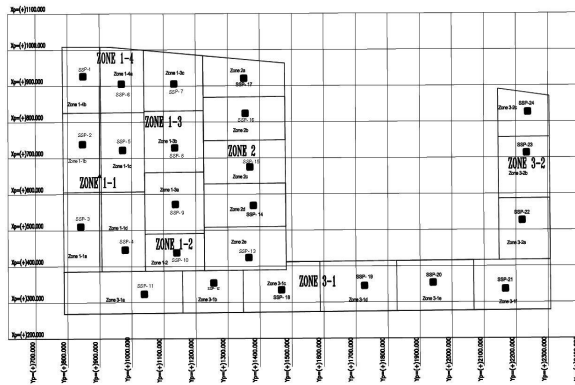
b) Đất nền ở trạng thái cốt kết 94,4%

Hình 5. So sánh kết quả sức kháng theo các hàm dự báo và kết quả thí nghiệm cắt cánh

Bảng 3, Hình 5a cho thấy, khi độ cốt kết nhỏ ($U=50\%$) kết quả dự tính S_u theo công thức (V.6) trong 22TCN262-2000 sai khác rất nhiều ($40,1\% \div 51,1\%$) so với kết quả tính theo các công thức khác; Khi độ cốt kết lớn ($94,4\%$) dự tính S_u theo các công thức cho kết quả sắp xỉ nhau và sắp xỉ kết quả thí nghiệm cắt cánh hiện trường (Bảng 4, Hình 5b).

4.2.2.2 Dự án nhà máy nhiệt điện Long Phú 1

Dự án nhà máy nhiệt điện Long Phú 1 được xây dựng trên diện tích 70 ha của xã Long Đức, huyện Long Phú, tỉnh Sóc Trăng. Nền đất yếu được xử lý bằng phương pháp cắm bấc thấm kết hợp gia tải hút chân không [4].



Hình 5. Mặt bằng xây dựng dự án [4]

Bảng 5. Tải trọng gia tải trước

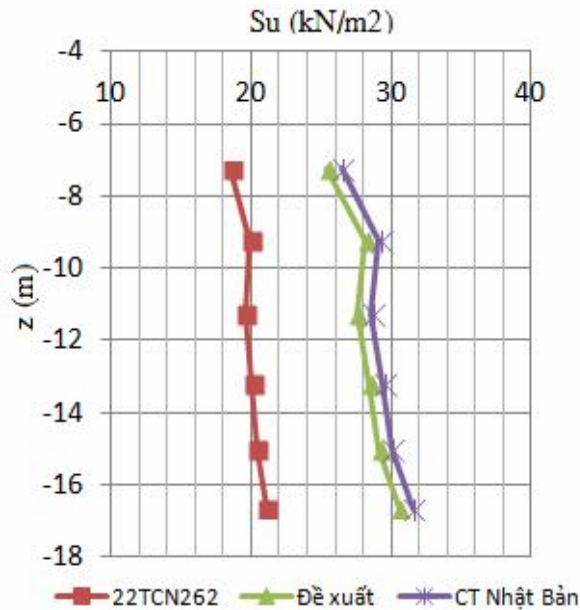
Gia tải trước	Trọng lượng riêng (kN/m ³)	Chiều dày (m)	Tải trọng (kN/m ²)
Nền đắp	17,0	2,5	42,5
Áp lực chân không			88,8
Lớp cát	15,8	0,5	7,9
Tải trọng gia tải	16,2	3,4	55,08
Tổng tải trọng			194,28

Bảng 6. So sánh kết quả dự tính S_u áp dụng các hàm dự báo khác nhau

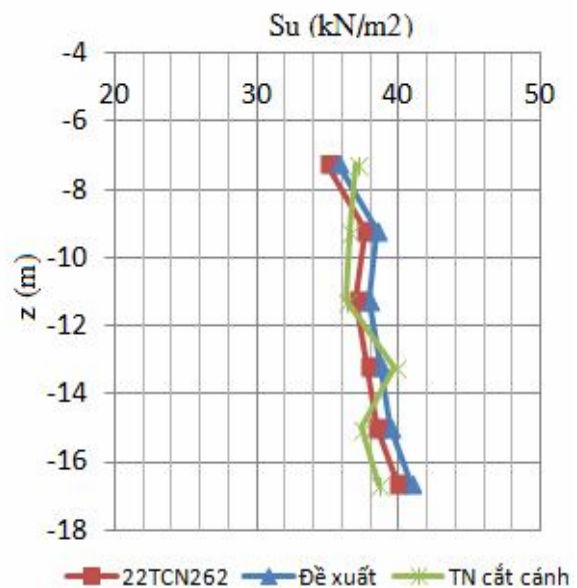
Độ sâu (m)	S_s nguyên trạng ban đầu (kN/m ²)	Dự tính S_u trong quá trình gia tải, nền cốt kết U = 50% (kN/m ²)		
		Theo (V.6) 22TCN 262-2000	Theo công thức đề xuất	Theo công thức kinh nghiệm của Nhật Bản
-7,25	13,30	18,50	25,40	26,49
-9,20	15,97	19,88	28,17	29,16
-11,25	15,40	19,59	27,57	28,59
-13,20	16,23	20,02	28,44	29,42
-15,00	16,89	20,36	29,12	30,08
-16,65	18,32	21,10	30,60	31,51

Bảng 7. So sánh kết quả dự tính S_u từ các công thức và TN cắt cánh hiện trường

Độ sâu (m)	S_s nguyên trạng ban đầu (kN/m ²)	Dự tính S_u sau gia tải, nền cốt kết U = 94,5% (kN/m ²)		
		Theo (V.6) 22TCN 262-2000	Theo công thức đề xuất	Kết quả TN cắt cánh hiện trường
-7,25	13,30	34,96	35,72	37,00
-9,20	15,97	37,58	38,49	36,55
-11,25	15,40	37,02	37,90	36,27
-13,20	16,23	37,84	38,76	39,71
-15,00	16,89	38,48	39,45	37,34
-16,65	18,32	39,88	40,93	38,60



a) Đất nền ở trạng thái cô kết 50%



b) Đất nền ở trạng thái cô kết 94,5%

Hình 6. So sánh kết quả sức kháng theo các hàm dự báo và kết quả thí nghiệm cắt cánh

Kết quả tương tự như ví dụ trên, khi độ cô kết nhỏ ($U=50\%$), sai khác giữa S_u dự tính theo công thức (V.6) trong 22TCN 262-2000 với các công thức khác là $43\% \div 49\%$; Khi độ cô kết lớn ($94,5\%$) dự tính S_u theo các công thức kinh nghiệm và kết quả thí nghiệm cắt cánh hiện trường là tương đương nhau (sai khác $2\% \div 6\%$).

5. KẾT LUẬN

Dự tính sức kháng cắt không thoát nước của đất căn cứ vào đặc điểm cố hữu của đất (thể hiện ở tỉ số quá cô kết OCR) và tải trọng gia tải tăng thêm đang được áp dụng phổ biến trên thế giới và ở Việt Nam.

Theo công thức (V.6) trong 22TCN 262-2000, sức kháng cắt không thoát nước S_u của đất nền được gia tải trước đã tách làm hai phần: thành phần thứ nhất là S_u tăng thêm do tải trọng gia tải và thành phần thứ hai là S_u ở độ sâu đang xét. Tuy nhiên, nghiên cứu cho thấy dự tính S_u theo công thức này khi độ cô kết nhỏ ($U=50\%$) cho kết quả sai khác rất nhiều, từ $40,21\% \div 43,93\%$ so với kết quả thí nghiệm cắt cánh

trong MHVL. Kết quả dự báo cũng sai khác nhiều so với tính toán theo nhóm công thức khác: sai khác $40,1\% \div 51,1$ khi áp dụng tính toán trong dự án Tân Vũ-Lạch Huyện, sai khác $43\% \div 49\%$ trong dự án nhà máy nhiệt điện Long Phú 1. Kết quả sẽ sai khác nhiều hơn nữa khi U càng nhỏ. Vì vậy, tiêu chuẩn cần có hướng dẫn cụ thể quy định về phạm vi áp dụng của công thức (V.6).

Trên cơ sở phân tích sức kháng cắt theo lý thuyết biến đổi của độ bền không thoát nước, nghiên cứu đã đề xuất công thức dự báo sức kháng cắt không thoát nước theo hai thành phần: thành phần do ứng suất tăng thêm và thành phần quy định bởi trạng thái cô kết trước của đất, áp dụng phù hợp với tất cả các độ cô kết khác nhau: $S_u = 0,22U\sigma_z + S_s(\sigma'_{pz}/\sigma'_{vz})^{0,2}$. Công thức đề xuất đã được khẳng định tính đúng đắn thông qua kiểm nghiệm với kết quả nghiên cứu mô hình vật lý và kết quả thí nghiệm cắt cánh hiện trường của các công trình thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] 22 TCN 262-2000, *Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu*
- [2] A. W. Skempton, 1957, *A Contribution to the Settlement Analysis of Foundations on Clay*, Reprinted from *Geotechnique*, 1957, pp168-178
- [3] C.C. Ladd, 1990, *Stability Evaluation During Stage Construction*, The 22th Terzaghi Lecture, MIT, USA.
- [4] FECON, 2012, *Long Phu 1 Thermal Power Plant Project- Report on Geotechnical Investigation after Soil Improvement*
- [5] Phạm Văn Long, *Một số vấn đề tồn tại trong các tiêu chuẩn về xử lý nền đất yếu*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ.
- [6] R. Whitlow, 1997, *Cơ học đất, Tập 1*. Bản dịch của Nguyễn Uyên và Trịnh Văn Cương, Đại học Thủy lợi
- [7] Tổng công ty xây dựng Trường Sơn, 2017, *Dự án xây dựng hạ tầng cảng Lạch Huyện- Báo cáo phân tích quan trắc địa kỹ thuật nền đắp giai đoạn dỡ tải, Km 1+160÷Km 1+260*
- [8] Vũ Công Ngữ, Nguyễn Thái, 2006, *Thí nghiệm đất hiện trường và ứng dụng trong phân tích nền móng*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.