

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ THỰC NGHIỆM HỆ SỐ CỐ KẾT NGANG C_h
BẰNG THÍ NGHIỆM TIÊU TÁN TRÊN THIẾT BỊ XUYÊN TÍNH CPTu
CÓ ĐO ÁP LỰC NƯỚC LỖ RỖNG ĐỂ XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ THẨM
TẠI HIỆN TRƯỜNG PHỤC VỤ CÔNG TÁC XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU**
**RESEARCH ON EXPERIMENTAL EVALUATION HORIZONTAL
COEFFICIENT OF CONSOLIDATION C_h ON CPTU DISSIPATION TEST
TO DETERMINE PERMEABILITY PARAMETERS IN THE FIELD
TO IMPROVEMENT OF SOIL SOFT.**

Hoàng Đức Hải

Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: hoangduchai88@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-11>

TÓM TẮT: Trong tính toán thiết kế xử lý nền đất yếu bằng phương pháp gia tải trước kết hợp với bắc thấm, hệ số cố kết theo phương ngang C_h là một thông số rất quan trọng giúp dự đoán tốc độ lún của nền đất yếu. Nhưng khi thiết kế hệ số cố kết theo phương ngang thường được giả định theo hệ số cố kết theo phương đứng với tỉ lệ khá lớn. Điều này có thể dẫn đến độ lún theo thời gian tính ra sẽ dao động trong khoảng giá trị khá lớn. Trong bài báo này đã đề cập đến việc nghiên cứu đánh giá hệ số cố kết ngang C_h bằng thí nghiệm tiêu tán trên thiết bị xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng để xác định các tham số thẩm tại hiện trường phục vụ công tác xử lý nền đất yếu tại các dự án.

TỪ KHÓA: đất yếu; hệ số cố kết ngang; hệ số thẩm ngang.

ABSTRACT: In the solution of soft soil improvement by preloading method combined with prefabricated, the horizontal consolidation coefficient C_h is a very important parameter to help predict the settlement speed of soft soil. But when designing the coefficient of horizontal consolidation, it is often assumed that the coefficient of vertical consolidation is quite large. This can lead to settlement over time that will fluctuate in a rather large range of values. In this paper, research and evaluation of the horizontal consolidation coefficient C_h by dissipation test on piezocone penetration device with pore water pressure measurement has been mentioned to determine the permeability parameters in-situ for the soft soil improvement at the projects.

KEYWORDS: soft soil; horizontal consolidation coefficient; horizontal permeability coefficient.

1. MỞ ĐẦU

Hệ số cố kết theo phương ngang C_h là một thông số rất quan trọng cho bài toán đường thoát nước thẳng đứng giúp dự đoán tốc độ lún của nền đất yếu trước và sau khi xử lý. Tuy nhiên khó xác định trực tiếp hệ số cố kết theo phương ngang từ các thí nghiệm trong phòng, do vậy khi thiết kế xử lý nền bằng biện pháp bắc thấm kết hợp gia tải trước hệ số cố kết theo phương ngang thường được giả định

theo hệ số cố kết theo phương đứng. Theo các kết quả nghiên cứu thì tỉ số $C_h/C_v = k_h/k_v = 2 \div 5$. Cần quy định cụ thể hơn tỉ lệ này đối với từng vùng, từng khu vực. Vì nếu quy định như vậy thì độ lún theo thời gian tính ra sẽ dao động trong khoảng giá trị khá lớn. Trong bài báo này đề cập đến việc xác định giá trị thực tế của hệ số cố kết theo phương ngang bằng thí nghiệm tiêu tán trên thiết bị xuyên tĩnh CPTu.

2. XÁC ĐỊNH C_h HIỆN TRƯỜNG TỪ THÍ NGHIỆM TIÊU TÁN ÁP LỰC NƯỚC LỖ RỖNG CỦA THIẾT BỊ CPT_u

2.1. Giới thiệu chung về thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng CPT_u

Thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng là thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng trong suốt quá trình xuyên và sự tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng sau khi xuyên.

2.2. Thiết bị thí nghiệm



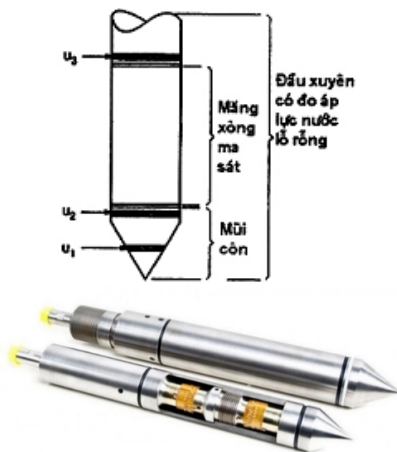
Hình 1. Thiết bị xuyên tĩnh

Thiết bị xuyên tĩnh CPT_u bao gồm:

+ Thiết bị tạo lực nén: dùng để ấn tĩnh cần và đầu xuyên xuống đất với tốc độ xuyên chuẩn quy định là 2cm/s. Đối trọng cho thiết bị tạo lực nén là neo hoặc tải trọng. Lực ép tối đa có thể là 5 tấn, 10 tấn, 20 tấn hoặc lớn hơn.

+ Hệ thống cần xuyên: là các cần nối kéo dài theo độ sâu, chiều dài cần xuyên là 1.0m.

+ Đầu xuyên:



Hình 2. Đầu xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng với các vị trí màng thấm khác nhau

Đầu xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng: Là đầu xuyên điện có lắp đặt bộ phận đo áp lực nước lỗ rỗng tại mũi côn để đo áp lực nước lỗ rỗng trong quá trình xuyên. Đó là một màng thấm bao gồm đá thấm và

bộ cảm biến đo áp lực. Trong thực tế áp lực nước lỗ rỗng được đo tại một vị trí của màng thấm, một vài kiểu mũi côn có từ 2 đến 3 vị trí màng thấm (u_1, u_2, u_3) cũng đã được phát triển với mục đích nghiên cứu. Sự thay đổi vị trí của màng thấm được đưa ra ở Hình 2. Hiện tại vị trí của màng thấm chưa được tiêu chuẩn hóa. Hiệp hội cơ học đất và nền móng quốc tế (ISSMFE) kiến nghị vị trí của màng thấm đặt ngay sau mũi côn (vị trí u_2).

Mũi côn là bộ phận tận cùng của đầu xuyên, có hình dạng nón. Mũi xuyên có góc mở là 60° . Diện tích tiết diện ngang là 10cm^2 . Trên đầu xuyên có gắn các cảm biến để ghi đo các thông số: sức kháng xuyên mũi q_c và ma sát bên của đầu xuyên và đất tại màng xông đo ma sát f_s .

+ Hệ thống các bộ phận đo ghi kết quả dùng để xác định sức kháng xuyên đầu mũi, ma sát thành đơn vị, tổng sức kháng xuyên và áp lực nước lỗ rỗng (khi xuyên đo lực nước lỗ rỗng).

2.3. Thí nghiệm tiêu tán xác định hệ số cố kết theo phương ngang

Đây là một thí nghiệm dựa trên thiết bị CPT_u. Khi dùng xuyên áp lực nước lỗ rỗng dư xung quanh mũi côn bắt đầu tiêu giảm. Thí nghiệm tiêu tán là thí nghiệm ghi lại sự tiêu giảm áp lực nước lỗ rỗng dư theo thời gian ở độ sâu bất kỳ. Đá thấm trong thiết bị được tiếp xúc với đất xung quanh theo mặt bên, mặt khác chiều dày của đá thấm nhỏ nên người ta coi đây là hiện tượng thấm ngang.

Thí nghiệm được tiến hành theo trình tự sau:

Dùng mũi xuyên ở độ sâu cần xác định hệ số cố kết ngang. Lưu trữ giá trị áp lực nước u_w tại thời điểm này. Giá trị u_w là giá trị áp lực nước thực tế trong đất, bao gồm cả giá trị áp lực nước thủy tĩnh u_0 là giá trị luôn tồn tại trong nền đất và giá trị áp lực nước dư Δu do biến dạng thể tích xung quanh mũi xuyên do mũi xuyên gây ra.

$$u_w = u_0 + \Delta u \quad (1)$$

Tại vị trí xung quanh mũi xuyên, do có sự chênh lệch áp lực giữa vùng lân cận mũi xuyên và đất xung quanh, hình thành gradient thủy lực tạo dòng thấm từ khu vực mũi xuyên ra bên ngoài làm giảm giá trị Δu . Thí nghiệm được kết thúc khi giá trị áp lực nước dư giảm xuống một giá trị cho trước sau một khoảng thời gian xác định. Thí nghiệm xác định thời gian giảm áp lực nước dư này được gọi là thí nghiệm tiêu tán. Thời gian tiêu tán phụ thuộc vào giá trị hệ số thấm ngang K_h hay cố kết C_h của đất nền. Khi $\Delta u = 0$ thí nghiệm được gọi là tiêu tán (cố kết) hoàn toàn.

Thời gian thực hiện một thí nghiệm phụ thuộc vào độ cố kết yêu cầu phải đạt.

Để xác định hệ số cố kết ngang cho thiết kế, người ta thường yêu cầu giá trị độ cố kết ngang C_{h50} , có nghĩa là $\Delta u(t)$ bằng 50% của giá trị Δu ban đầu.

Độ cố kết U(%) theo áp lực nước lỗ rỗng:

$$U = \frac{u_{\max} - u_t}{u_{\max}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Trong đó:

- u_{\max} là áp lực nước lỗ rỗng lớn nhất, kPa;
- u_t là áp lực nước lỗ rỗng ở thời điểm t, kPa;

Từ giá trị t có thể xác định hệ số cố kết ngang C_h ở độ sâu thí nghiệm.

Hệ số cố kết ngang từ thí nghiệm tiêu tán:

Theo Teh & Houlsby (1991):

$$C_{h50} = \frac{T_{50} \cdot r^2 \cdot \sqrt{I_r}}{t_{50}}, \text{ (cm}^2/\text{s)} \quad (3)$$

Trong đó:

T_{50} - là hệ số thời gian, phụ thuộc vào độ cố kết U và loại mũi xuyên. Ứng với U=50% và vị trí màng thấm ngay sau mũi xuyên thì $T_{50}=0.245$;

r - là bán kính mũi xuyên, r = 1.785 cm;

t_{50} - là thời gian khi áp lực nước dư bị giảm còn 50%;

I_r - là chỉ số độ cứng của đất nền.

Chỉ số độ cứng của đất nền được xác định theo Keaveny J.(1985)

Đối với trường hợp đặc biệt như đất yếu thì $I_r = E_u/3S_u$.

Trong đó: E_u là mô đun biến dạng của đất;

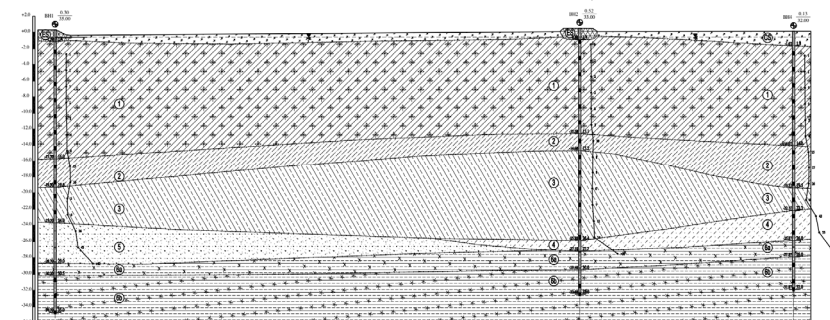
S_u là sức kháng cắt không thoát nước của đất.

Giá trị mô đun biến dạng E_u được lấy dựa trên kết quả nén cố kết của đất nền hay giá trị dẫn xuất từ thí nghiệm CPTu. Giá trị S_u được ước lượng dựa trên kết quả của CPTu.

3. XÁC ĐỊNH HỆ SỐ CỐ KẾT NGANG C_h TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM TIÊU TÁN TRÊN THIẾT BỊ CPTu Ở DỰ ÁN THUỘC TỈNH QUẢNG NINH

3.1. Đặc điểm địa tầng và tính chất cơ lý của đất nền

Khu vực xây dựng dự án nằm ở vùng ven biển thuộc tỉnh Quảng Ninh có đặc điểm địa tầng được thể hiện ở hình 3, chú ý ở đây là tầng đất yếu (lớp 1 - sét, sét pha trạng thái chảy-dẻo chảy) phân bố gần mặt đất với chiều dày lớn (khoảng 12÷16m) và mực nước ngầm nằm nông (cách mặt tự nhiên từ 0.2-1.0m).



Hình 3. Địa tầng khu vực dự án

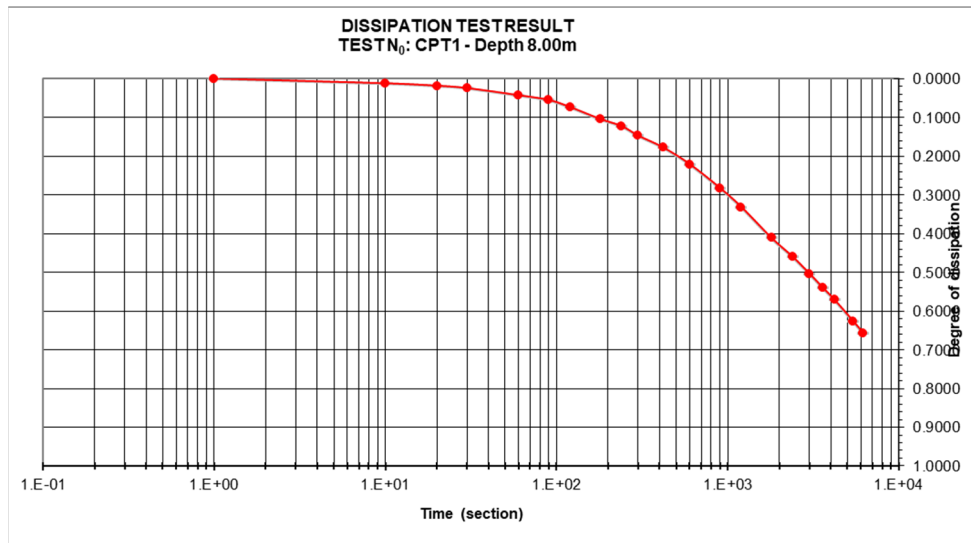
Trong lớp đất yếu này đã tiến hành thí nghiệm xuyên tĩnh CPTu và thí nghiệm tiêu tán ở các độ sâu khác nhau; đồng thời cũng đã lấy mẫu thí nghiệm và tiến hành thí nghiệm trong phòng xác định các chỉ tiêu cơ lý.

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của mẫu đất yếu

STT mẫu	Độ sâu (m)	Khối lượng thể tích γ (g/cm ³)	Độ sệt B	Hệ số rỗng e_0	Góc ma sát trong ϕ độ	Lực dính (10 ⁵ Pa)	Hệ số cố kết C_v (10 ⁻³ cm ² /s)				
							Áp lực nền (kg/cm ²)				
							0.25	0.5	1.0	2.0	4.0
1	2.0	1.66	1.09	1.543	02°31'	0.076	0.61	0.42	0.47	0.46	0.57
2	4.0	1.71	1.01	1.334	02°08'	0.070	0.47	0.44	0.51	0.60	0.71
3	4.0	1.61	1.17	1.627	01°40'	0.070	0.55	0.33	0.30	0.34	0.43
4	6.0	1.63	1.15	1.621	02°10'	0.073	0.48	0.36	0.37	0.42	0.35
5	8.0	1.53	0.95	1.820	02°11'	0.074	0.38	0.30	0.37	0.44	0.44
6	8.0	1.60	1.07	1.788	02°07'	0.071	1.07	1.06	0.58	0.46	0.38
7	8.0	1.64	1.10	1.541	02°10'	0.074	0.39	0.35	0.39	0.44	0.40
8	9.0	1.56	1.15	1.895	02°02'	0.071	0.58	0.35	0.32	0.38	0.42
9	10.0	1.56	0.95	1.875	02°08'	0.084	0.58	0.46	0.46	0.44	0.38
10	12.0	1.61	1.04	1.723	02°01'	0.069	0.91	0.66	0.63	0.52	0.44
11	12.0	1.65	0.79	1.557	03°11'	0.125	1.24	1.14	0.56	0.44	0.40
12	12.0	1.67	0.95	1.514	02°07'	0.072	0.91	0.68	0.70	0.55	0.45

3.2. Thí nghiệm tiêu tán tại các vị trí xuyên CPTu

Tại hiện trường đã tiến hành thí nghiệm tiêu tán tại các vị trí với các độ sâu khác nhau:

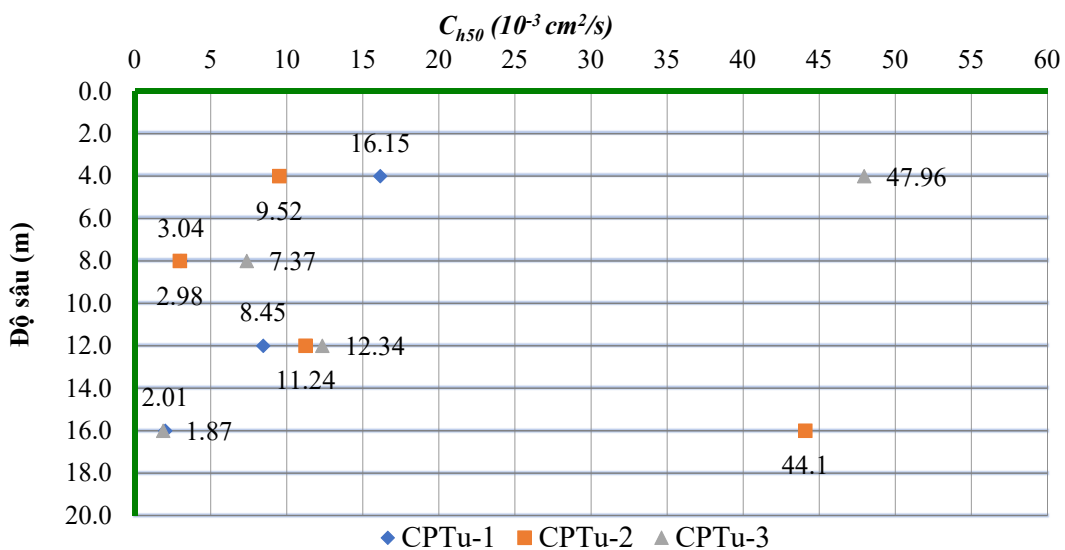


Hình 4. Biểu đồ tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng

Hệ số cố kết ngang từ kết quả thí nghiệm tiêu tán trên thiết bị CPTu

Bảng 2. Kết quả hệ số cố kết ngang theo CPTu

STT	Vị trí	Độ sâu thí nghiệm (m)	Hệ số cố kết ngang C_{h50} ($10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$)	Ghi chú
1	CPTu 1	4.0	16.15	
2		8.0	3.04	
3		12.0	8.45	
4		16.0	2.01	
5	CPTu 2	4.0	9.52	
6		8.0	2.98	
7		12.0	11.24	
8		16.0	44.10	
9	CPTu 3	4.0	47.96	
10		8.0	7.37	
11		12.0	12.34	
12		16.0	1.87	

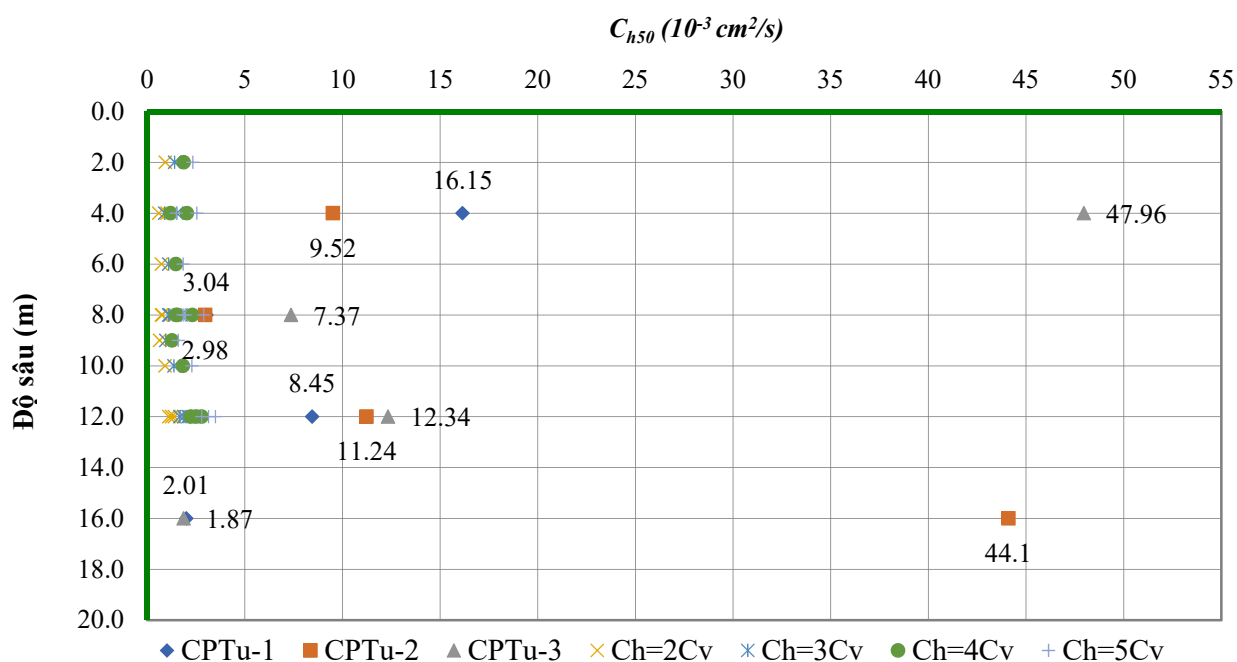


Hình 5. Biểu đồ biến đổi C_h theo độ sâu

Hệ số cố kết ngang C_h theo mối quan hệ C_h/C_v và C_h theo CPTu

Bảng 3. Hệ số cố kết ngang C_h theo mối quan hệ C_h/C_v

Độ sâu	Hệ số cố kết C_v	$C_h = 2C_v$	$C_h = 3C_v$	$C_h = 4C_v$	$C_h = 5C_v$	C_h (CPTu)
(m)	($10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$)	($10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$)	($10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$)	($10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$)	($10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$)	($10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$)
2.0	0.47	0.94	1.41	1.88	2.35	-
4.0	0.51	1.02	1.53	2.04	2.55	16.15
4.0	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	9.52
6.0	0.37	0.74	1.11	1.48	1.85	-
8.0	0.37	0.74	1.11	1.48	1.85	3.04
8.0	0.58	1.16	1.74	2.32	2.90	2.98
8.0	0.39	0.78	1.17	1.56	1.95	7.37
9.0	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	-
10.0	0.46	0.92	1.38	1.84	2.30	-
12.0	0.63	1.26	1.89	2.52	3.15	8.45
12.0	0.56	1.12	1.68	2.24	2.80	11.24
12.0	0.70	1.40	2.10	2.80	3.50	12.34



Hình 6. Biểu đồ tương quan C_h theo CPTu và nội suy từ thí nghiệm C_v trong phòng

Nhận xét: Căn cứ trên kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh có đo tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng ngoài hiện trường và thí nghiệm nén cố kết trong phòng, hệ số cố kết C_h tính toán có một số sai khác.

Kết quả thí nghiệm trong phòng chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố: độ nguyên dạng của mẫu lấy ngoài

hiện trường, thiết bị lấy mẫu, công tác bảo quản, vận chuyển mẫu, thời gian lưu giữ mẫu,... Các tác động đó làm cho các đặc trưng cơ học của đất thay đổi so với kết quả thí nghiệm ngoài hiện trường. Theo đó khuyến cáo cần bổ sung thêm các thí nghiệm để kiểm tra bổ sung đánh giá để hiệu chỉnh cho phù hợp.

4. KẾT LUẬN

Trong công tác xử lý nền đất yếu bằng bác thâm thì việc xác định hệ số cố kết ngang là quan trọng. Việc xác định hệ số cố kết ngang có thể được xác định trong phòng bằng thí nghiệm nén cố kết CRS hoặc Rowe cell. Tuy nhiên khuyến khích sử dụng các thí nghiệm hiện trường như xuyên tĩnh CPTu để xác định các thông số của nền đất với độ chính xác cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASTM D5778-07: *Standard test method for electronic friction cone and piezocone penetration testing of soils.*
- [2] TCVN 9352:2012 - *Đất xây dựng - Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.*
- [3] TCVN 9846:2013 - *Quy trình thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng (CPTu).*