

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 9846 : 2013**

Xuất bản lần 1

**QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM XUYÊN TÍNH  
CÓ ĐO ÁP LỰC NƯỚC LỖ RỖNG (CPT<sub>u</sub>)**

**Standard Test Method for Piezocone Penetration Testing of Soils (CPT<sub>u</sub>)**

**HÀ NỘI - 2013**

**Mục lục**

1	Phạm vi áp dụng.....	9
2	Tiêu chuẩn viện dẫn .....	9
3	Thuật ngữ và định nghĩa.....	9
3.1	Thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng .....	9
3.2	Thiết bị xuyên tĩnh.....	9
3.3	Đầu xuyên.....	10
3.4	Mũi côn .....	10
3.5	Măng xông đo ma sát.....	10
3.6	Hệ thống đo và ghi kết quả.....	10
3.7	Hệ thống cần xuyên .....	10
3.8	Bộ phận tạo lực nén.....	10
3.9	Bộ phận giảm ma sát cần xuyên .....	10
3.10	Thí nghiệm xuyên liên tục và không liên tục.....	10
3.11	Sức kháng xuyên đầu mũi ( $q_c$ ) .....	11
3.12	Ma sát thành đơn vị ( $f_s$ ).....	11
3.13	Tổng sức kháng xuyên ( $Q_t$ ).....	11
3.14	Tổng ma sát thành ( $Q_{st}$ ) .....	11
3.15	Tỷ sức kháng xuyên ( $R_f$ ) .....	11
3.16	Áp lực nước lỗ rỗng ( $u$ ).....	11
3.17	Áp lực thủy tĩnh ( $u_o$ ) .....	11
3.18	Áp lực nước lỗ rỗng dư ( $\Delta u$ ).....	11
3.19	Hệ số áp lực nước lỗ rỗng ( $B_o$ ).....	11
4	Yêu cầu kỹ thuật của thiết bị thí nghiệm .....	11
4.1	Bộ phận tạo lực nén.....	11
4.2	Hệ thống cần xuyên .....	11
4.3	Đầu xuyên.....	12
4.3.1	Dạng hình học của đầu xuyên .....	12

## TCVN 9846 : 2013

4.3.2	Mũi côn.....	12
4.3.3	Khe hở và gioăng phía trên mũi côn.....	13
4.3.4	Măng xông đo ma sát.....	13
4.4	Bộ phận đo và ghi kết quả.....	13
5	Các bước chuẩn bị và tiến hành thí nghiệm.....	13
5.1	Chuẩn bị thí nghiệm.....	13
5.1.1	Tạo lỗ thí nghiệm.....	13
5.1.2	Cân chỉnh thiết bị.....	14
5.1.3	Kiểm tra trạng thái mũi xuyên ở điều kiện không tải.....	14
5.1.4	Bão hòa đầu xuyên - đối với trường hợp xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng.....	14
5.2	Trình tự thí nghiệm.....	15
5.2.1	Yêu cầu chung.....	15
5.2.1.1	Tốc độ xuyên.....	15
5.2.1.2	Đo độ sâu.....	15
5.2.1.3	Khoảng độ sâu giữa hai lần thu thập số liệu liên tiếp.....	15
5.2.1.4	Khoảng cách từ lỗ xuyên tới các công trình thăm dò khác.....	15
5.2.2	Trình tự thí nghiệm khi xuyên cơ học.....	16
5.2.3	Trình tự thí nghiệm khi xuyên tự động.....	16
5.3	Thí nghiệm tiêu tán - đối với trường hợp xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng.....	16
6	Tính toán, báo cáo và sử dụng kết quả thí nghiệm.....	16
6.1	Tính toán kết quả thí nghiệm.....	16
6.1.1	Tổng ma sát thành, $Q_{st}$ .....	16
6.1.2	Sức kháng xuyên đầu mũi, $q_c$ .....	16
6.1.3	Ma sát thành đơn vị, $f_s$ .....	16
6.1.4	Tỷ sức kháng, $F_r$ .....	16
6.1.5	Áp lực nước lỗ rỗng dư.....	17
6.1.6	Hệ số áp lực nước lỗ rỗng.....	17
6.2	Báo cáo kết quả thí nghiệm.....	17
6.3	Sử dụng kết quả thí nghiệm.....	18

7	Hiệu chỉnh và bảo dưỡng thiết bị.....	18
7.1	Hiệu chỉnh thiết bị.....	18
7.1.1	Hiệu chỉnh bộ phận cảm ứng đo áp lực nước lỗ rỗng.....	18
7.1.2	Hiệu chỉnh đồng hồ đo áp lực.....	18
7.2	Bảo dưỡng thiết bị .....	18
	Phụ lục A (Tham khảo) Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm .....	19
	Phụ lục B (Tham khảo) Đặc tính kỹ thuật của một số thiết bị xuyên tĩnh.....	21
	Phụ lục C (Tham khảo) Nhật ký thí nghiệm xuyên tĩnh .....	25
	Phụ lục D (Tham khảo) Mẫu biểu đồ kết quả thí nghiệm xuyên .....	26
	Phụ lục E (Tham khảo) Sử dụng kết quả xuyên tĩnh.....	28

**Lời nói đầu**

**TCVN 9846 : 2013** do Tổng cục Đường bộ biên soạn, Bộ Giao thông Vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

**Quy trình thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng (CPTu)**

*Standard Test Method for Piezocone Penetration Testing of Soils (CPTu)*

**1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này quy định những yêu cầu kỹ thuật về thiết bị phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng (CPTu) trong khảo sát địa chất công trình phục vụ công tác thiết kế nền móng công trình.

Thí nghiệm xuyên tĩnh chỉ sử dụng trong đất dính và đất rời có kích thước hạt lớn nhất nhỏ hơn đường kính của đầu xuyên.

**2 Tiêu chuẩn viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 5747:1995, *Đất xây dựng - Phân loại đất*;

TCVN 9352:2012, *Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh*;

TCVN 6398 (ISO 31) (tất cả các phần còn hiệu lực), *Đại lượng và đơn vị*;

TCVN 7870 (ISO 80000) (tất cả các phần), *Đại lượng và đơn vị*;

TCVN 7783 (ISO 1000), *Hệ đơn vị SI và các khuyến nghị sử dụng các bội số của chúng và một số đơn vị khác*.

**3 Thuật ngữ và định nghĩa****3.1 Thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng**

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.

**3.2 Thiết bị xuyên tĩnh**

Thiết bị xuyên tĩnh bao gồm: bộ phận tạo lực nén, hệ thống cần xuyên, đầu xuyên và 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 áp lực nước lỗ rỗng). Các bộ phận thiết bị trên đã được định nghĩa trong TCVN 9352:2012, *Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh*. Trong tiêu

## TCVN 9846 : 2013

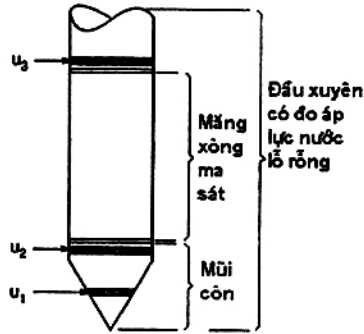
chuẩn chỉ định nghĩa những thiết bị, bộ phận đặc biệt theo tiêu chuẩn này.

### 3.3 Đầu xuyên

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 3.4 Mũi côn

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.



Hình 1 - 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 1. Trong tiêu chuẩn này chỉ qui định cho loại đầu xuyên có vị trí màng thấm ở ngay sau mũi côn (vị trí  $u_2$ ).

### 3.5 Màng xông đo ma sát

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 3.6 Hệ thống đo và ghi kết quả

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 3.7 Hệ thống cần xuyên

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 3.8 Bộ phận tạo lực nén

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 3.9 Bộ phận giảm ma sát cần xuyên

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 3.10 Thí nghiệm xuyên liên tục và không liên tục

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

**3.11 Sức kháng xuyên đầu mũi ( $q_c$ )**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

**3.12 Ma sát thành đơn vị ( $f_s$ )**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

**3.13 Tổng sức kháng xuyên ( $Q_t$ )**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

**3.14 Tổng ma sát thành ( $Q_{st}$ )**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

**3.15 Tỷ sức kháng xuyên ( $R_f$ )**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

**3.16 Áp lực nước lỗ rỗng ( $u$ )**

Áp lực nước lỗ rỗng là áp lực nước đo được trong quá trình xuyên và được đo bằng bộ phận cảm biến. Đơn vị đo là MPa hoặc kPa. Gọi là  $u_1$  khi vị trí màng thấm ngay trên bề mặt mũi côn,  $u_2$  khi vị trí màng thấm ngay sau mũi côn và  $u_3$  khi vị trí màng thấm ngay sau măng xông đo ma sát (Xem hình 1).

**3.17 Áp lực thủy tĩnh ( $u_o$ )**

Áp lực thủy tĩnh là áp lực nước lỗ rỗng ở trạng thái tĩnh  $u_o$  - bằng trọng lượng cột nước đơn vị kể từ điểm tác động đến mặt nước, ký hiệu là  $u_o$ , đơn vị đo là kPa.

**3.18 Áp lực nước lỗ rỗng dư ( $\Delta u$ )**

Là hiệu số giữa áp lực nước lỗ rỗng đo được với áp lực thủy tĩnh, ký hiệu là  $\Delta u$ , đơn vị đo kPa. Giá trị của áp lực nước lỗ rỗng dư có thể là dương hoặc âm tùy thuộc vào đặc tính của đất.

**3.19 Hệ số áp lực nước lỗ rỗng ( $B_q$ )**

Hệ số áp lực nước lỗ rỗng là tỷ số giữa áp lực nước lỗ rỗng dư ra và sức kháng xuyên đầu mũi thực ở cùng độ sâu, ký hiệu là  $B_q$ .

**4 Yêu cầu kỹ thuật của thiết bị thí nghiệm****4.1 Bộ phận tạo lực nén**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

**4.2 Hệ thống cản xuyên**

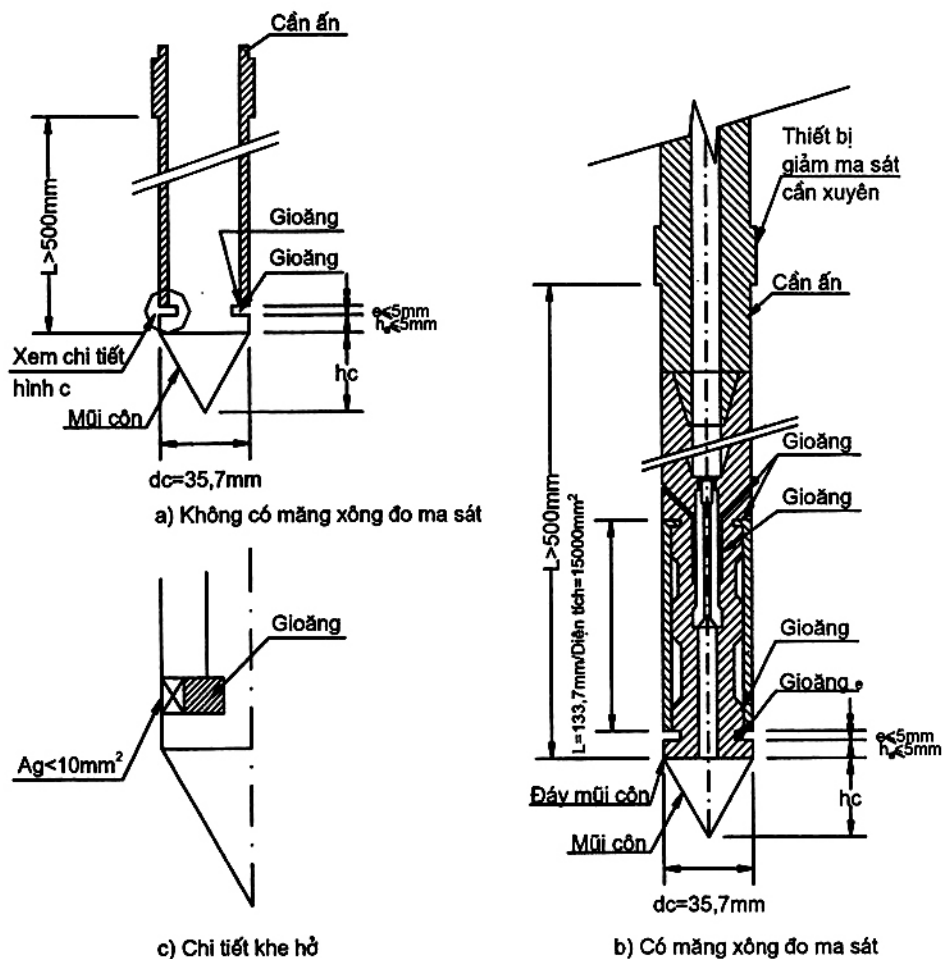
Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.



### 4.3 Đầu xuyên

#### 4.3.1 Dạng hình học của đầu xuyên

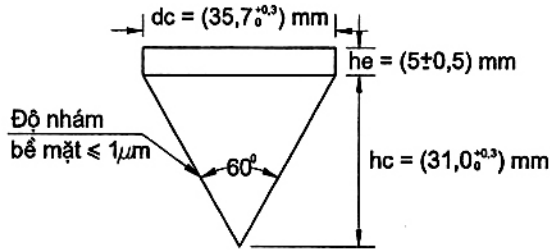
Trong thí nghiệm xuyên tĩnh, các đầu xuyên có hoặc không có măng xông đo ma sát đều được phép sử dụng. Đầu xuyên thông thường bao gồm mũi côn, măng xông đo ma sát và phần cần tiếp theo để nối với cần xuyên ngoài. Trục của mũi côn, măng xông đo ma sát và cả đầu xuyên phải trùng nhau. Mặt cắt của một đầu xuyên chuẩn được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2: Đầu xuyên chuẩn

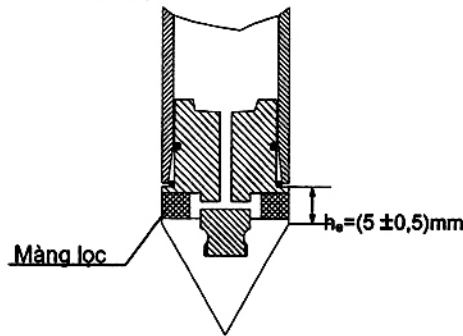
#### 4.3.2 Mũi côn

Mũi côn gồm hai phần là chóp nón và phần hình trụ tiếp theo (phía trên chóp nón). Góc nhọn ở đỉnh của mũi côn là  $60^\circ$ .



Hình 3: Dung sai về kích thước mũi côn

Đối với mũi côn, chiều dài  $h_e$  của phần hình trụ phía trên chóp nón không vượt quá 5,5mm ( $h_e=5\text{mm}\pm 0,5\text{mm}$ ). Quy định này cũng áp dụng cho cả mũi côn có bộ phận đo áp lực nước lỗ rỗng với vị trí màng thấm nằm ngay sau mũi côn (xem hình 4).



Hình 4: Mũi côn đo áp lực nước lỗ rỗng với vị trí màng thấm nằm ngay sau mũi côn

Diện tích tiết diện đáy mũi côn  $A_c$ ; chiều cao của phần chóp nón  $h_c$ ; chiều cao của phần hình trụ phía trên chóp nón  $h_e$  tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

#### 4.3.3 Khe hở và gioăng phía trên mũi côn

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

#### 4.3.4 Măng xông đo ma sát

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 4.4 Bộ phận đo và ghi kết quả

Bộ phận đo và ghi kết quả phải ghi nhận được các thông số: sức kháng xuyên đầu mũi  $q_c$ , ma sát thành đơn vị  $f_s$ , tổng lực xuyên  $Q_t$ , áp lực nước lỗ rỗng  $u$  được xác định qua bộ phận truyền tín từ đầu xuyên lên mặt đất và được ghi lại bằng bộ phận ghi nhận tín hiệu thích hợp.

## 5 Các bước chuẩn bị và tiến hành thí nghiệm

### 5.1 Chuẩn bị thí nghiệm

#### 5.1.1 Tạo lỗ thí nghiệm

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

## **TCVN 9846 : 2013**

### **5.1.2 Cân chỉnh thiết bị**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

Đối với thiết bị xuyên có bộ phận đo áp lực nước lỗ rỗng (CPTu) sử dụng các mũi xuyên có lắp đặt các biến trở đo nghiêng trong quá trình thí nghiệm sẽ tránh được các hư hỏng bất thường và hiệu chỉnh được sai số về độ sâu. Các thiết bị xuyên cơ học không giải quyết được vấn đề này nên khi thí nghiệm, sai số về độ sâu được coi là không đáng kể.

### **5.1.3 Kiểm tra trạng thái mũi xuyên ở điều kiện không tải**

Việc kiểm tra trạng thái mũi xuyên ở điều kiện không tải nên được tiến hành trước và sau khi thí nghiệm. Việc kiểm tra thích hợp nhất là ở nhiệt độ xấp xỉ nhiệt độ của đất nền nơi thí nghiệm. Ghi lại các giá trị này là đặc biệt quan trọng khi thí nghiệm xuyên trong đất yếu. Để đảm bảo mũi xuyên ở nhiệt độ xấp xỉ nhiệt độ của đất nền, có thể đặt đầu xuyên trong đất hoặc bình nước được làm ổn định với nhiệt độ môi trường xung quanh. Khi thu thập các số liệu này mũi côn phải được treo tự do và các cảm biến ở trạng thái không tải. Trong trường hợp mũi xuyên ngập hoàn toàn trong nước thì cần ghi lại độ sâu này. Các số đọc về trạng thái không tải của mũi xuyên nên được kiểm tra và ghi lại sau mỗi thí nghiệm khi mà mũi xuyên đã rút ra khỏi đất và ở trong điều kiện nhiệt độ gần với nhiệt độ của đất nền. Đây là các thủ tục cần thiết để đánh giá và loại trừ các sai số do nhiệt độ gây ra.

### **5.1.4 Bảo hòa đầu xuyên - đối với trường hợp xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng**

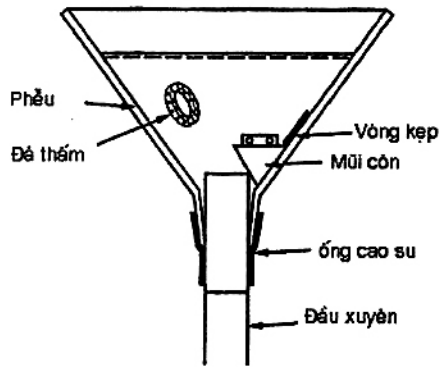
Để có số liệu đo áp lực nước lỗ rỗng tin cậy đòi hỏi đầu xuyên phải hoàn toàn bão hoà. Các bộ phận, cần được bão hoà bao gồm:

- Đá thấm.
- Các rãnh hoặc ống nối giữa đầu đo và đá thấm.
- Các khoang trống giữa mũi côn và măng xông đo ma sát.

Chất lỏng sử dụng để bão hoà là dung dịch Glycerin hoặc nước. Thông thường đá thấm được bão hoà ở phòng thí nghiệm và được giữ trong bình chân không cho đến khi đem ra thí nghiệm tại hiện trường.

Qui trình bão hoà đá thấm trong phòng thí nghiệm: đầu tiên sấy khô đá thấm, sau đó ngâm vào chất lỏng dùng làm bão hoà. Cho đá thấm và chất lỏng dùng làm bão hoà vào bình chân không và tiến hành hút chân không trong thời gian 2 giờ. Đá thấm đã bão hoà và chất lỏng dùng làm bão hoà sau đó được cho vào bình kín và đưa đi sử dụng.

**CHÚ THÍCH:** Khi sử dụng nước làm chất lỏng bão hoà có thể sử dụng phương pháp sau: đầu tiên phải đun sôi nước và đá thấm trong thời gian ít nhất là 15 phút, sau đó để nguội và bảo quản trong bình kín.



Hình 5: Lắp đặt đá thấm khi sử dụng Glycerin làm dung dịch bão hoà ngoài hiện trường

Qui trình lắp ráp và bão hoà đầu xuyên ngoài hiện trường bằng dung dịch Glycerin hoặc nước được tiến hành như sau:

- a) Tháo mũi côn ra ngoài. Mũi xuyên được đưa vào đáy của một phễu bằng nhựa có đường kính đáy bằng đường kính mũi xuyên. Tại đáy của phễu có màng cao su mỏng để giữ dung dịch bão hoà.
- b) Đổ từ từ dung dịch vào phễu. Dùng kim tiêm bơm dung dịch vào các khoang rỗng ở trong mũi xuyên. Chuyển đá thấm từ bình vào trong phễu và tất cả đều được ngâm hoàn toàn trong dung dịch. Sau đó đưa ngay đầu xuyên vào vị trí thí nghiệm.

Hệ thống dùng bão hoà dầu đo phải thường xuyên được kiểm tra tại phòng thí nghiệm. Đá thấm sau khi bão hoà được đặt vào vị trí của mũi xuyên, đặt mũi côn lên trên và vận lại sao cho vừa khít. Quá trình lắp ráp sau khi kết thúc cũng phải đảm bảo sao cho không có lực tác dụng phụ lên mũi côn.

CHÚ THÍCH: Đá thấm chỉ được phép sử dụng một lần.

## 5.2 Trình tự thí nghiệm

### 5.2.1 Yêu cầu chung

#### 5.2.1.1 Tốc độ xuyên

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

#### 5.2.1.2 Đo độ sâu

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

#### 5.2.1.3 Khoảng độ sâu giữa hai lần thu thập số liệu liên tiếp

Thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng sử dụng đầu xuyên điện cảm biến điện tử liên tục truyền và phát tín hiệu có thể đo ở những độ sâu định trước với các khoảng nhỏ (10mm) hoặc đo liên tục theo yêu cầu.

#### 5.2.1.4 Khoảng cách từ lỗ xuyên tới các công trình thăm dò khác

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

## **TCVN 9846 : 2013**

### **5.2.2 Trình tự thí nghiệm khi xuyên cơ học**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### **5.2.3 Trình tự thí nghiệm khi xuyên tự động**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

Tiến hành thí nghiệm xuyên liên tục với tốc độ xuyên không đổi theo yêu cầu (20mm/s) và hệ thống bộ phận đo tự động ghi lại các kết quả về sức kháng xuyên đầu mũi  $q_c$ , ma sát thành đơn vị  $f_s$ , áp lực nước lỗ rỗng  $u$ ...

### **5.3 Thí nghiệm tiêu tán - đối với trường hợp xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng**

Khi dừng 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.

Độ tiêu tán  $U$  tính bằng % và được xác định theo công thức:

$$U = \frac{u_t - u_0}{u_i - u_0} 100\% \quad (10)$$

Trong đó: -  $U$  là độ tiêu tán, %;

-  $u_t$  là áp lực nước lỗ rỗng ở thời điểm  $t$ , kPa;

-  $u_0$  là áp lực thủy tĩnh, kPa;

-  $u_i$  là áp lực nước lỗ rỗng lúc bắt đầu thí nghiệm tiêu tán, kPa.

Thí nghiệm tiêu tán được coi là kết thúc khi độ tiêu tán  $U = 50\%$ . Khi có yêu cầu xác định áp lực thủy tĩnh thì thí nghiệm tiêu tán được tiến hành cho đến khi áp lực nước lỗ rỗng ổn định, khi đó coi rằng  $u_t = u_0$ .

## **6 Tính toán, báo cáo và sử dụng kết quả thí nghiệm**

### **6.1 Tính toán kết quả thí nghiệm**

#### **6.1.1 Tổng ma sát thành, $Q_{st}$**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

#### **6.1.2 Sức kháng xuyên đầu mũi, $q_c$**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

#### **6.1.3 Ma sát thành đơn vị, $f_s$**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

#### **6.1.4 Tỷ sức kháng, $F_r$**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### 6.1.5 Áp lực nước lỗ rỗng dư

Áp lực nước lỗ rỗng dư được tính toán theo công thức:

$$\Delta u = u_2 - u_0 \quad (6)$$

Trong đó:

- $\Delta u$  là áp lực nước lỗ rỗng dư, kPa;
- $u_0$  là áp lực thủy tĩnh, kPa;
- $u_2$  là áp lực nước lỗ rỗng đo được, kPa.

Giá trị của áp lực nước lỗ rỗng dư có thể là dương hoặc âm tùy thuộc vào đặc tính của đất.

### 6.1.6 Hệ số áp lực nước lỗ rỗng

Hệ số áp lực nước lỗ rỗng được xác định theo công thức:

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_t - \sigma_{vo}} \quad (7)$$

Trong đó:

- $B_q$  là hệ số áp lực nước lỗ rỗng;
- $\Delta u$  là áp lực nước lỗ rỗng dư, kPa;
- $q_t$  là sức kháng xuyên đầu mũi đã hiệu chỉnh, kPa;
- $\sigma_{vo}$  là áp lực bản thân của đất nền, kPa.

## 6.2 Báo cáo kết quả thí nghiệm

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

Kết quả thí nghiệm cần nêu đầy đủ các thông tin như sau:

- + Tên công trình/ địa điểm;
- + Hạng mục;
- + Tên lỗ xuyên ;
- + Cao độ, tọa độ vị trí thí nghiệm;
- + Độ sâu thí nghiệm;
- + Độ sâu mực nước ngầm (nếu có) ;
- + Người thí nghiệm;
- + Ngày bắt đầu/ kết thúc thí nghiệm;
- + Tên thiết bị thí nghiệm;
- + Loại mũi côn sử dụng;
- + Kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh được trình bày dưới dạng biểu đồ xuyên gồm các thông số  $q_c$ .

## **TCVN 9846 : 2013**

$f_s$ ,  $R_f$ . Đối với trường hợp xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng báo cáo gồm các thông số  $q_c$ ,  $f_s$ ,  $u$ ,  $R_f$ . Mẫu biểu đồ xuyên tĩnh được trình bày ở phụ lục D;

+ Các ghi chú trong quá trình xuyên (nếu có).

### **6.3 Sử dụng kết quả thí nghiệm**

Địa tầng của khu vực khảo sát có thể được phân chia dựa trên kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh: Hình dạng biểu đồ xuyên, giá trị tuyệt đối sức kháng xuyên đầu mũi, ma sát thành đơn vị, áp lực nước lỗ rỗng cũng như tương quan tương đối giữa các giá trị đó. Phân loại đất có thể được thực hiện qua giá trị tỷ sức kháng xuyên hoặc hệ số áp lực nước lỗ rỗng tùy theo loại thí nghiệm được thực hiện. Trong nhiều trường hợp cần phải đối sánh với số liệu khoan và thí nghiệm trong phòng để chính xác hoá việc phân chia địa tầng.

Một số đặc trưng của đất nền như: Độ chặt của đất loại cát, sức kháng cắt không thoát nước  $S_u$  của đất loại sét, hệ số cố kết ngang ( $C_h$ ), hệ số thấm ngang ( $K_h$ ) ... có thể tính toán được từ kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh, trên cơ sở các tương quan thực nghiệm, nêu trong phụ lục E.

Sức chịu tải của móng cọc được xác định qua kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh, kết hợp với các kết quả khoan địa chất công trình, theo các qui định nêu ra trong phụ lục E.

## **7 Hiệu chỉnh và bảo dưỡng thiết bị**

### **7.1 Hiệu chỉnh thiết bị**

#### **7.1.1 Hiệu chỉnh bộ phận cảm ứng đo áp lực nước lỗ rỗng**

Hiệu chỉnh bộ phận cảm ứng đo áp lực nước lỗ rỗng là cơ sở đánh giá độ tin cậy của thiết bị. Việc hiệu chỉnh phải được thực hiện trong trong buồng áp lực cao và theo chu kỳ định sẵn của nhà sản xuất và các quy định của pháp luật hiện hành. Hiệu chỉnh các cảm biến đo  $q_c$  và  $f_s$  phải được tiến hành riêng rẽ. Tuy nhiên hai cảm biến này cũng được kiểm tra trong điều kiện làm việc đồng thời nhằm tránh "ảnh hưởng qua lại xảy ra". Kết quả hiệu chỉnh đưa ra được sai số lặp, sự không tuyến tính và mức độ trễ của tín hiệu. Nhân tố hiệu chỉnh không tuyến tính là khác nhau khi phép đo được thực hiện trong những khoảng áp lực khác nhau. Khi hiệu chỉnh với các mũi xuyên mới, quá trình này được thực hiện từ 15 - 20 chu kỳ. Kết quả hiệu chỉnh là một hàm số bao gồm các giá trị đo, sai số của các giá trị đo khi giữ tải về không và các hệ số dùng để kiểm tra trong quá trình thí nghiệm.

#### **7.1.2 Hiệu chỉnh đồng hồ đo áp lực**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

### **7.2 Bảo dưỡng thiết bị**

Tham khảo TCVN 9352:2012, Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh.

## Phụ lục A (Tham khảo)

### Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm

#### A.1 Ảnh hưởng của vị trí màng thấm đến giá trị áp lực nước lỗ rỗng

Giá trị áp lực nước lỗ rỗng đo được từ thí nghiệm xuyên có đo áp lực nước lỗ rỗng thay đổi tùy thuộc vào vị trí của màng thấm. Hiện tại vị trí của màng thấm chưa được tiêu chuẩn hoá. 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 màng thấm đặt ở đây có những ưu điểm sau:

- Màng thấm ít bị hư hỏng và hao mòn;
- Phép đo ít bị ảnh hưởng bởi sự nén ép;
- Áp lực nước lỗ rỗng đo được ( $u_2$ ) sử dụng trực tiếp để hiệu chỉnh  $q_c$ ;
- Dễ dàng tháo lắp và thay thế;
- Quá trình đo áp lực nước lỗ rỗng trong thí nghiệm tiêu tán ít bị ảnh hưởng bởi việc khoá hoặc không khoá cần.

#### A.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ

Đối với thiết bị xuyên tự động có bộ phận đo áp lực nước lỗ rỗng, sự thay đổi nhiệt độ có ảnh hưởng đến các giá trị đo. Lý do chính chỉ ra sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến các giá trị đo chính là sự thay đổi các giá trị đo của đầu đo cảm biến khi ở trạng thái không tải. Đặc biệt khi mũi xuyên hoạt động trong khoảng phạm vi áp lực nhỏ thì sự ảnh hưởng của nhiệt độ cần được quan tâm đầy đủ.

Để tránh ảnh hưởng và sai số do nhiệt độ cần thực hiện đầy đủ các quy định sau:

- Đảm bảo số đọc ở trạng thái không tải trước và sau mỗi thí nghiệm ở cùng một điều kiện nhiệt độ xấp xỉ nhau và gần với nhiệt độ của đất nền nơi thí nghiệm.
- Đặt một cảm biến đo nhiệt độ ở trong đầu xuyên và hiệu chỉnh kết quả đo dựa trên các giá trị hiệu chỉnh thu được từ trong phòng thí nghiệm.

#### A.3 Ảnh hưởng của áp lực nước lỗ rỗng đến $q_c$ và $f_s$

Đối với đầu xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng, khi làm việc phải chịu áp lực bao quanh do tác dụng của áp lực nước lỗ rỗng gây ra trên diện tích hình vành khuyên ở phần tiếp giáp giữa mũi xuyên và măng xông đo ma sát. Cũng như vậy áp lực nước lỗ rỗng tác dụng lên phần diện tích hình vành khuyên ở phần đáy và đỉnh của măng xông đo ma sát. Các lực tác dụng này có ảnh hưởng trực tiếp làm giảm cường độ sức kháng xuyên đầu mũi và tăng cường độ ma sát thành đơn vị. Do đó giá trị sức kháng xuyên đầu mũi và ma sát thành đơn vị trong trường hợp cần thiết có thể được hiệu chỉnh theo các công thức:

$$q_t = q_c + u_2(1 - a) \quad (A-1)$$

$$f_t = f_s - (u_2.A_{sb} - u_3.A_{st})/A_s \quad (A-2)$$

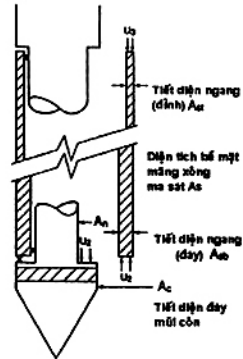


## TCVN 9846 : 2013

Trong đó: -  $q_t$  và  $f_t$  là sức kháng xuyên đầu mũi và ma sát thành đơn vị đã hiệu chỉnh, kPa;

-  $a$  là tỷ số diện tích của mũi côn và  $a = A_n/A_c$ ;

- Các thông số  $A_n$ ,  $A_c$ ,  $A_{sb}$ ,  $A_{st}$ ,  $u_2$ ,  $u_3$  được thể hiện trên hình 1 và hình A 1.



Hình A 1 - Ảnh hưởng của áp lực nước lỗ rỗng đến các giá trị  $q_c$  và  $f_s$

**Phụ lục B**  
(Tham khảo)

**Đặc tính kỹ thuật của một số thiết bị xuyên tĩnh**

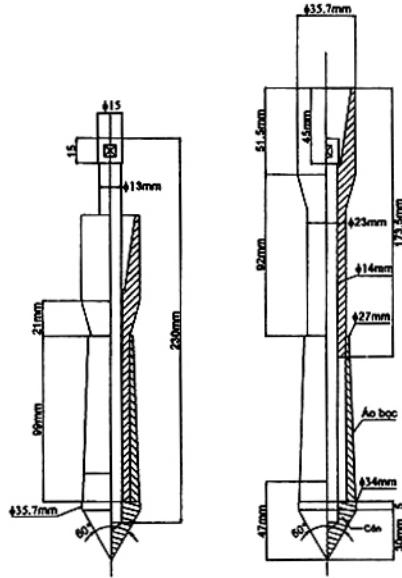
**B.1. Thiết bị xuyên tĩnh cơ học kiểu GOUDA - Hà Lan**

**B.1.1. Đặc tính kỹ thuật của thiết bị:**

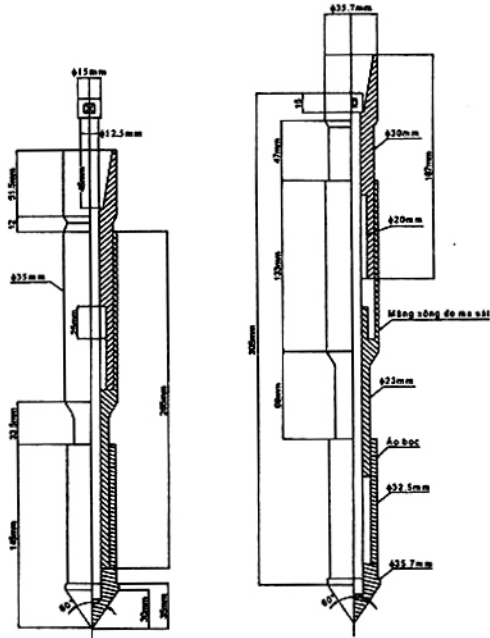
Thiết bị xuyên tĩnh kiểu GOUDA - Hà Lan là máy xuyên xuyên cơ học sử dụng phương pháp đo không liên tục, đầu xuyên với mũi côn di động có măng xông đo ma sát.

- Đầu xuyên: Mũi côn di động có măng xông đo ma sát (kiểu Begemann)
- Đường kính đáy mũi côn : 35.7 mm
- Góc nhọn mũi côn : 60 độ
- Diện tích tiết diện đáy mũi côn : 10 cm<sup>2</sup>
- Diện tích bề mặt măng xông đo ma sát : 150 cm<sup>2</sup>
- Tiết diện pitông của đầu đo : 20 cm<sup>2</sup>
- Đường kính cần ngoài : 35.7 mm
- Khối lượng cần ngoài : 6.5 kg
- Đường kính cần trong : 15 mm
- Khối lượng cần trong : 1.4 kg
- Chiều dài cần xuyên : 1000 mm
- Vận tốc xuyên : 20 mm/s
- Cách thức thí nghiệm : Không liên tục
- Bộ phận đo kết quả : Áp lực kế
- Đối trọng : Neo
- Khả năng ấn tối đa : 10.000 kN
- Vận tốc chạy không tải
  - + Lên : 8 cm/s
  - + Xuống : 10 cm/s

B.1.2. Các kiểu đầu xuyên thông dụng



Hình B 1 - Đầu xuyên cơ học với mũi côn đi động có áo bọc, không có màng xông đo ma sát (kiểu Delf-Hà Lan)



Hình B 2 - Đầu xuyên cơ học với mũi côn đi động có áo bọc, có màng xông đo ma sát (kiểu Begemann-Hà Lan)

## B.2. Thiết bị xuyên tĩnh tự động có đo áp lực nước lỗ rỗng kiểu không dây do hãng GEOTECH – Thụy Điển sản xuất

### B.2.1 Đặc tính kỹ thuật của đầu xuyên đo áp lực nước lỗ rỗng:

- Đầu xuyên: Di động có màng xông đo ma sát, vị trí màng thấm ngay sau mũi côn
- Đường kính đáy mũi côn : 35.7 mm
- Góc nhọn mũi côn : 60 độ
- Diện tích tiết diện đáy mũi côn : 10 cm<sup>2</sup>
- Diện tích bề mặt màng xông đo ma sát : 150 cm<sup>2</sup>
- Chiều dài (bao gồm cả phần thu tín hiệu) : 1000 mm
- Khối lượng : 3.5 kg
- Nguồn điện (thời gian hoạt động) : 6 pin kiểu "C" (10giờ)
- Các kênh đo:
  - + Sức kháng xuyên đầu mũi ( $q_c$ ) : 10, 50 hoặc 100MPa
  - + Ma sát thành đơn vị ( $f_s$ ) : 0.5 MPa
  - + Áp lực nước lỗ rỗng ( $u$ ) : 2.5 MPa
  - + Đo nghiêng (tùy chọn) : 0 - 40°
  - + Đo nhiệt độ (tùy chọn) : -10°C đến +50°C
  - + Điện trở suất (tùy chọn) :
- Vượt tải cho phép:
  - + Sức kháng xuyên đầu mũi ( $q_c$ ) : 25%
  - + Ma sát thành đơn vị ( $f_s$ ) : 50%
  - + Áp lực nước lỗ rỗng ( $u$ ) : 25%

### B.2.2. Đặc tính kỹ thuật của bộ thu nhận chuyển đổi tín hiệu:

- Bộ truyền tín hiệu âm thanh:
  - + Chiều dài : 800 mm (bao gồm pin và đầu đo)
  - + Đường kính cần : 35.7 mm
  - + Nguồn điện : 6 pin trung, mỗi pin 1.5V
  - + Khoảng thời gian hoạt động : 12 giờ
  - + Chiều dài đường truyền : 20 - 100m

**TCVN 9846 : 2013**

- + Tín hiệu âm : Dạng số với bộ mã loại trừ sai số
- + Số kênh đo : Tối đa 8 kênh

**- Bộ chuyển đổi tín hiệu số:**

- + Kích thước : 240 x 180 x 100 mm
- + Khối lượng : 3 kg
- + Nguồn điện : 12V, 0.4A
- + Tín hiệu vào : Tín hiệu âm từ đầu xuyên
- + Tín hiệu ra : Cổng RS 232

**Phụ lục C**  
(Tham khảo)  
**Nhật ký thí nghiệm xuyên tĩnh**

**C.1. Mẫu bìa ngoài của "Nhật ký thí nghiệm xuyên tĩnh"**

- Tên cơ quan :
- Tổ thí nghiệm :

**Nhật ký thí nghiệm xuyên tĩnh**

- Tên công trình :
- Địa điểm :
- Ngày bắt đầu thí nghiệm: (Đầy đủ, ngày, tháng, năm)
- Ngày kết thúc thí nghiệm: (Đầy đủ, ngày, tháng, năm)
- Loại thiết bị sử dụng:
- Phương pháp thí nghiệm: Không liên tục
- Người thí nghiệm.

**C.2. Mẫu các tờ bên trong để ghi chép thí nghiệm**

- Số hiệu điểm xuyên:
- Ngày thí nghiệm:
- Cao độ (toạ độ) điểm xuyên: X = .....m; Y = .....m; H = .....m;
- Độ sâu kết thúc thí nghiệm (m)
- Độ sâu mực nước ngầm (m)

Độ sâu (m)	Số đọc		Tổng lực xuyên	Sức kháng xuyên đầu mũi	Ma sát thành đơn vị	Ghi chú
	X	Y	$Q_t$ (kN)	$q_c$ (MPa)	$f_s$ (kPa)	
1	2	3	2	3	4	5

**Phụ lục D**  
**(Tham khảo)**  
**Mẫu biểu đồ kết quả thí nghiệm xuyên**

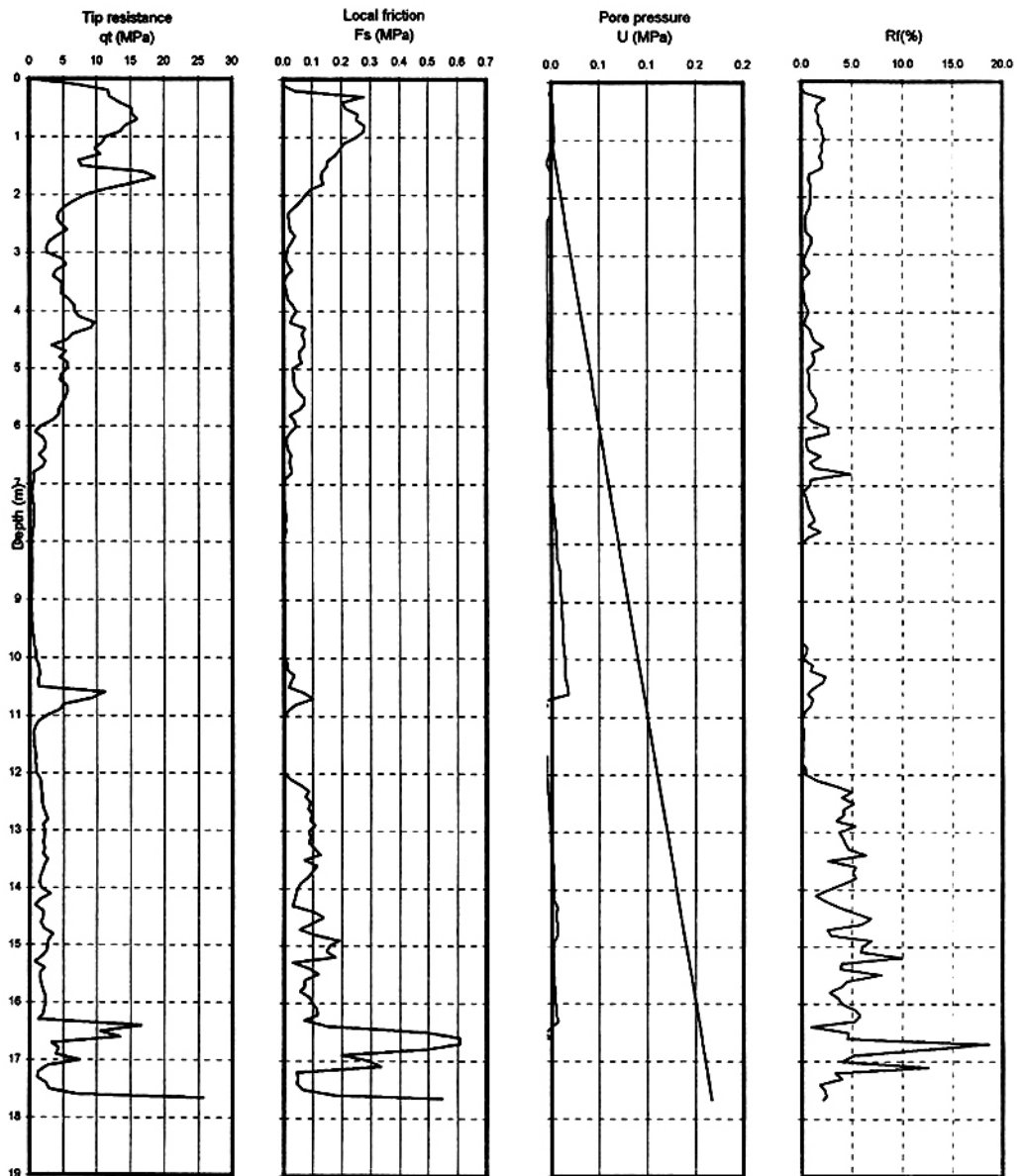
**D.1. Mẫu một biểu đồ xuyên tĩnh đo áp lực nước lỗ rỗng**

DỰ ÁN .....

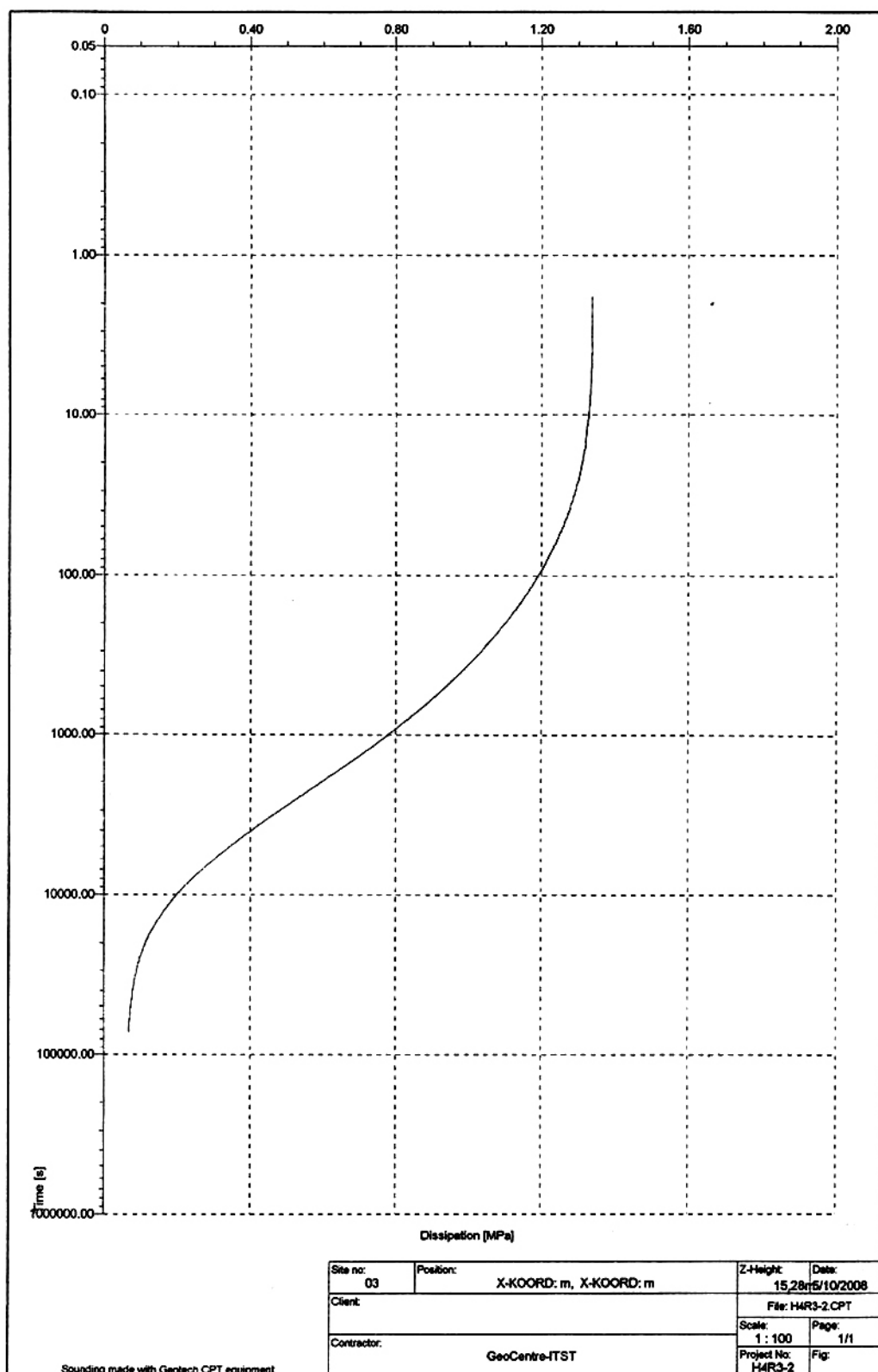
**BIỂU ĐỒ XUYÊN CPT<sub>u</sub> - PIEZOCONE PENETRATION CHART**

Địa điểm: Xã Hải Thượng, Huyện Tĩnh Gia, Tỉnh Thanh Hóa  
Loại thiết bị: Paganl TG73-200  
Hồ xuyên- Sounding No.: CPTu-C52  
Tọa độ- Coordinate: X: 2136777,93 Y: 583667,73  
Loại mũi - Cone Number: 50MPa

Thực hiện-Operator: Nguyễn Văn Hưng  
Ngày - Date: 20/5/2011  
Mức nước- Water level (m): -0.95  
Cao độ - Elevation (m): 4,56  
Độ sâu kết thúc - depth (m): 17,66



D.2. Mẫu một biểu đồ đo tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng

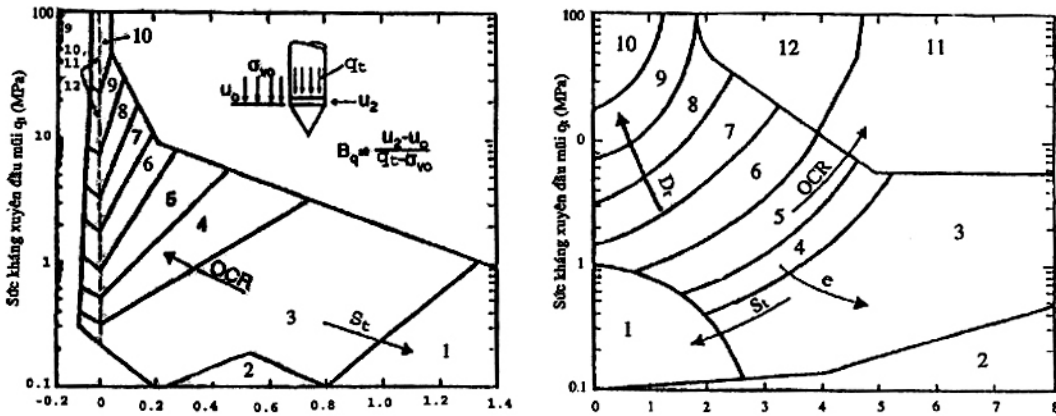




**Phụ lục E**  
(Tham khảo)  
**Sử dụng kết quả xuyên tĩnh**

**E.1 Phân loại đất:**

Việc sử dụng kết quả xuyên tĩnh để phân loại đất hiện được áp dụng rộng rãi trên thế giới. Tuy nhiên các biểu đồ phân loại đất này đều mang tính kinh nghiệm và chỉ phù hợp cho đất ở các khu vực nhất định đã được nghiên cứu. Ở Việt Nam vấn đề này chưa được nghiên cứu đầy đủ. Ở đây giới thiệu biểu đồ phân loại đất của Robertson.



Hệ số áp lực nước lỗ rỗng Bq

Vùng	Loại đất
1	Đất loại sét nhạy
2	Đất hữu cơ
3	Sét
4	Sét pha bụi đến sét

Vùng	Loại đất
5	Bụi pha sét đến sét pha bụi
6	Bụi pha cát đến sét pha sét
7	Cát pha bụi đến bụi pha cát
8	Cát đến cát pha bụi

Tỷ sức kháng Rf (%)

Vùng	Loại đất
9	Cát
10	Cát lẫn cuội sỏi đến cát
11	Sét trạng thái rất cứng
12	Cát đến cát pha sét

**Hình E 1 - Biểu đồ phân loại đất theo kết quả xuyên tĩnh (Robertson và những người khác)**

**E2 Sức kháng cắt không thoát nước của đất loại sét**

Việc xác định sức kháng cắt không thoát nước từ kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh chỉ phù hợp đối với đất loại sét có kết thông thường và quá cố kết nhẹ.

- Khi sử dụng kết quả của CPT: sức kháng cắt không thoát nước  $S_u$  được xác định theo công thức sau:

$$S_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k} \tag{E1}$$

- Trong đó:
- $S_u$  là sức kháng cắt không thoát nước, kPa;
  - $q_c$  là sức kháng xuyên đầu mũi, kPa;
  - $\sigma_{vo}$  là ứng suất bản thân của đất nền, kPa;
  - $N_k$  là hệ số mũi côn thường được lấy theo kinh nghiệm  $N_k = 11-19$ .

- Khi sử dụng kết quả của CPTu: sức kháng cắt không thoát nước  $S_u$  được xác định theo công thức

sau:

$$S_u = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{N_{kt}} \quad (E2)$$

- Trong đó:
- $S_u$  là sức kháng cắt không thoát nước, MPa, kPa;
  - $q_t$  là sức kháng xuyên đầu mũi đã hiệu chỉnh, MPa, kPa;
  - $\sigma_{vo}$  là ứng suất bản thân của đất nền, MPa, kPa;
  - $N_{kt}$  là hệ số mũi côn và thường được lấy từ 15 – 20.

### E3 Hệ số cố kết ngang và hệ số thấm ngang

- Hệ số cố kết ngang: Từ kết quả thí nghiệm tiêu tán hệ số cố kết ngang của đất được xác định theo công thức của Teh và Houlsby như sau:

$$c_h = \frac{T^* r^2 \sqrt{I_r}}{t_{50}} \quad (E3)$$

- Trong đó:
- $c_h$  là hệ số cố kết ngang của đất,  $cm^2/s$ ;
  - $r$  là bán kính mũi côn, cm;
  - $T^*$  là nhân tố thời gian phụ thuộc vào độ cố kết  $U$  và loại mũi côn. Ứng với  $U = 50\%$  và vị trí màng thấm ngay sau mũi côn thì  $T^* = 0.245$ ;
  - $t_{50}$  là thời gian ứng với  $U = 50\%$  (s);
  - $I_r$  là chỉ số độ cứng và  $I_r = \frac{G}{S_u} = \frac{E}{2(1+\mu)} \times \frac{1}{S_u}$ ,
- trong trường hợp đặc biệt như đất yếu,  $\mu=0,5$  thì  $I_r = \frac{E}{3S_u}$ ;
- $E$  là môđun Young được xác định từ thí nghiệm nén trong phòng theo quan hệ  $\Delta\delta/\Delta\epsilon$  (kPa);
  - $S_u$  là sức kháng cắt không thoát nước của đất, kPa.

- Hệ số thấm ngang được xác định theo công thức của Baligh và Levadoux như sau:

$$k_h = \frac{\gamma_w}{2.3\sigma'_{vo}} RR.c_h \quad (E4)$$

- Trong đó:
- $k_h$  là hệ số thấm ngang,  $cm/s$ ;
  - $RR$  là chỉ số nén lại, được xác định từ thí nghiệm nén cố kết;
  - $\gamma_w$  là khối lượng thể tích tự nhiên của đất,  $g/cm^3$ ;
  - $\sigma'_{vo}$  là ứng suất bản thân hiệu quả của đất, kPa;
  - $c_h$  là hệ số cố kết ngang,  $cm^2/s$ .