

TCVN TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9351:2022

Xuất bản lần 2

**ĐẤT XÂY DỰNG - PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM HIỆN
TRƯỜNG - THÍ NGHIỆM XUYÊN TIÊU CHUẨN (SPT)**

Soils - Field testing method - Standard penetration test

HÀ NỘI - 2022

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	2
1 Phạm vi áp dụng	3
2 Tài liệu viện dẫn	3
3 Thuật ngữ và định nghĩa	3
.....	
4 Quy định chung.....	4
5 Thiết bị thí nghiệm.....	4
6 Phương pháp thí nghiệm.....	7
7 Chính lý tài liệu thí nghiệm.....	9
.	
8 Xử lý một số trường hợp trong quá trình thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.....	15
.....	
9 An toàn lao động, phòng chống cháy nổ và vệ sinh môi trường	15
Phụ lục A (Tham khảo): Biểu mẫu ghi chép kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn	16
Phụ lục B (Tham khảo): Đánh giá giá trị chỉ tiêu cơ lý của đất theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.	17
Phụ lục C (Tham khảo): An toàn lao động, phòng chống cháy nổ và vệ sinh môi trường	27
Thư mục tài liệu tham khảo.	28

TCVN 9351:2022

Lời nói đầu

TCVN 9351:2022 thay thế TCVN 9351:2012.

TCVN 9351:2022 do Tổng Công ty Tư vấn Xây dựng Thủy lợi Việt Nam biên soạn, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Đất xây dựng - Phương pháp thí nghiệm hiện trường - Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.

Soils - Field testing method - Standard penetration test (SPT).

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu kỹ thuật trong thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) nhằm xác định sức kháng xuyên của các loại đất và đới đá phong hóa hoàn toàn.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất 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 sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 2683 *Đất xây dựng - Lấy mẫu, bao gói, vận chuyển và bảo quản mẫu;*

TCVN 4201:2012 *Đất xây dựng - phương pháp xác định độ chặt tiêu chuẩn trong phòng thí nghiệm;*

TCVN 4253 *Công trình thủy lợi - Nền các công trình thủy công - Yêu cầu thiết kế;*

TCVN 8217 *Đất xây dựng công trình thủy lợi -Phân loại;*

TCVN 8477 *Công trình thủy lợi - Thành phần, khối lượng khảo sát địa chất trong các giai đoạn lập dự án và thiết kế;*

TCVN 9155:2021 *Công trình thủy lợi - Yêu cầu kỹ thuật trong khảo sát địa chất.*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1

Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (Standard Penetration Test - SPT)

Một trong các phương pháp thí nghiệm hiện trường sử dụng trong công tác khảo sát địa chất công trình. Thí nghiệm được tiến hành bằng cách đóng một mũi xuyên sâu vào trong đất 45 cm từ đáy một lỗ khoan. Quy cách mũi xuyên, thiết bị và năng lượng đóng đã được chuẩn hóa.

3.2

Sức kháng xuyên tiêu chuẩn (Standard Penetration resistance), N_{SPT}

Số búa cần thiết để đóng mũi xuyên vào trong đất 30 cm theo phương pháp và thiết bị quy định tại các Điều 6 và Điều 5, tính bằng số búa trên 30 cm cuối (số búa).

CHÚ THÍCH:

TCVN 9351:2022

Trong tiêu chuẩn này dùng chữ “đất” để gọi chung cho đất dính, đất rời theo TCVN 8217 và đới đá phong hóa hoàn toàn, đới đá phong hóa mạnh theo TCVN 8477 ở nền và thân công trình. Tại những chỗ cần nêu riêng mới tách biệt từng loại cụ thể.

3.3

Năng lượng hiệu quả (Effective energy), N_{60}

Sức kháng xuyên tiêu chuẩn được chuẩn hóa thành năng lượng hiệu quả (năng lượng hiệu dụng, năng lượng hữu ích) có thực truyền qua cần khoan tới mũi xuyên ở khoảng 60% năng lượng rơi tự do theo lý thuyết, tính theo số búa trên 30 cm cuối (số búa).

4 Quy định chung

4.1 Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn thực hiện trong lỗ khoan, trong đất ở các môi trường khác nhau (bão hòa hay không bão hòa nước) và tại các độ sâu khác nhau dưới mặt đất (hoặc bên dưới bề mặt công trình). Số lượng thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn tùy thuộc vào giai đoạn lập dự án thiết kế theo quy định tương ứng trong TCVN 8477, các tiêu chuẩn liên quan khác hoặc theo nhiệm vụ, phương án kỹ thuật khảo sát được phê duyệt.

4.2 Tùy theo mục đích khảo sát và mức độ phức tạp của địa tầng mà trong 1 lớp đất, cứ từ 1,0 m đến 3,0 m độ sâu tiến hành 1 thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.

4.3 Trong một hố khoan, thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn nên được thực hiện liên tục tới độ sâu cần nghiên cứu. Độ sâu thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn bắt đầu từ 1,0 m so với miệng hố khoan và nên bố trí so le nhau ở các hố khoan gần nhau, để có được giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn ở các lớp đất tương ứng với các độ sâu trong phạm vi nghiên cứu.

4.4 Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn phải được kết hợp với việc lấy và thí nghiệm mẫu đất để xác định quan hệ giữa sức kháng xuyên tiêu chuẩn với các chỉ tiêu cơ lý của đất và để hiệu chỉnh giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn thành năng lượng hiệu quả (khi cần thiết).

4.5 Ngay sau khi thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn không được lấy mẫu thí nghiệm hoặc thực hiện các thí nghiệm hiện trường như đổ nước, múc (hút) nước, đo địa vật lý tại đáy hố khoan do đất ở đáy hố khoan đã bị nén. Công việc lấy mẫu và thực hiện các thí nghiệm này chỉ được tiến hành ở độ sâu ít nhất là 1,0 m phía dưới độ sâu vừa kết thúc thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.

5 Thiết bị thí nghiệm

5.1 Một bộ thiết bị thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn bao gồm:

- Thiết bị khoan tạo lỗ;
- Đầu xuyên tiêu chuẩn;
- Bộ búa đóng tiêu chuẩn;
- Các dụng cụ phụ trợ.

5.2 Thiết bị khoan tạo lỗ

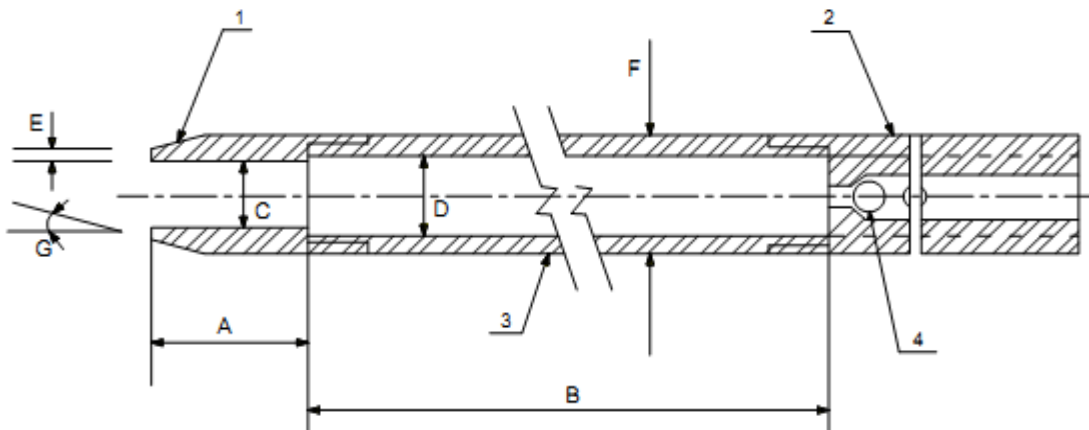
Thiết bị khoan tạo lỗ phục vụ cho công tác thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Thành hố khoan phải ổn định, đảm bảo tối đa tính nguyên trạng của đất dưới đáy hố khoan và phải khoan đạt được tới độ sâu cần thiết để thí nghiệm;
- Đường kính trong hố khoan phải trong khoảng 65 mm đến 150 mm;
- Cần khoan nên là cần tiêu chuẩn có đường kính ngoài 42 mm, trọng lượng 5,7 kilogram trên 1 mét dài cho phép lắp đặt trực tiếp ngay với đầu xuyên và búa đóng.

5.3 Đầu xuyên tiêu chuẩn

Đầu xuyên tiêu chuẩn (đầu xuyên) là một ống thép có tổng chiều dài đến 810 mm, gồm ba phần: phần mũi, phần thân và phần đầu nối. Giữa các phần được nối với nhau bằng ren. Quy cách cụ thể như Hình 1[1]:

- Đường kính ngoài: $(50,8 \pm 1,3)$ mm;
- Đường kính trong: $(38,1 \pm 1,3)$ mm.



A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G(°)
(25 ÷ 75)	(457 ÷ 762)	(34,93)	(38,1)	(2,54)	(50,8)	(16 ÷ 23)

CHÚ DẪN

1. Mũi xuyên 2. Phần đầu nối 3. Phần thân xuyên 4. Viên bi

Hình 1 - Cấu tạo của đầu xuyên tiêu chuẩn

5.3.1 Phần mũi là phần dưới cùng của đầu xuyên dùng để cắt khi xuyên vào đất, gồm 2 loại mũi xuyên rỗng và đặc.

- Thông số cơ bản của mũi xuyên rỗng như sau:
 - + Chiều dài từ 25,0 mm đến 75,0 mm (đoạn A Hình 1);
 - + Đường kính trong bằng 34,93 mm (đoạn C Hình 1);
 - + Bề dày lưới cắt bằng 2,54 mm (đoạn E Hình 1);
 - + Góc vát lưới cắt từ 16,0° đến 23,0° (góc G Hình 1).
- Thông số cơ bản của mũi xuyên đặc giống như mũi xuyên rỗng, nhưng có dạng là hình nón với góc ở đỉnh mũi xuyên là 60° và bên trong đặc.

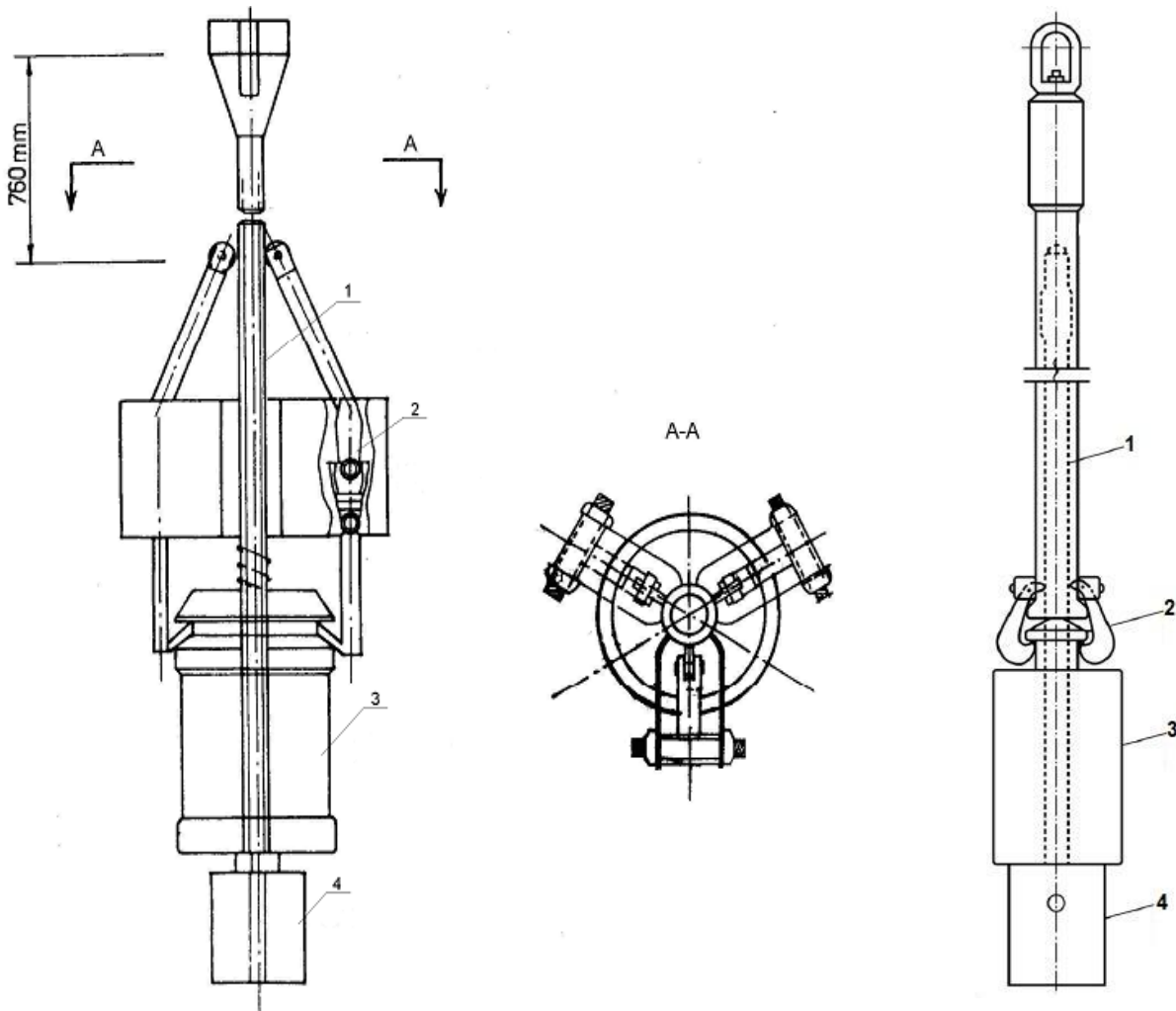
TCVN 9351:2022

5.3.2 Phần thân dài từ 450 mm đến 750 mm (đoạn B Hình 1) dùng để chứa đất khi mũi xuyên xuyên vào đất. Phần thân gồm hai nửa bán nguyệt ốp lại với nhau để thuận tiện cho thao tác tháo lắp khi lấy đất chứa trong phần thân ra ngoài. Trên hai đầu của phần thân đều xuyên phải có ren ngoài để lắp ráp với phần mũi xuyên và phần đầu nối.

5.3.3 Phần đầu nối dùng để nối đầu xuyên với cần khoan dài đến 175 mm. Tại đây có cơ cấu bi, lỗ thoát hơi để giữ chân không bên trong đầu xuyên, hạn chế tụt mẫu trong quá trình nâng hạ đầu xuyên và để thoát hơi, nước trong quá trình xuyên.

5.4 Bộ búa đóng tiêu chuẩn

Bộ búa đóng tiêu chuẩn dùng để tạo năng lượng đóng mũi xuyên vào đất, bao gồm quả búa, bộ gấp búa và thanh dẫn hướng có quy cách như Hình 2.



CHÚ DẪN:

1. Thanh dẫn hướng

2. Bộ gấp búa

3. Quả búa: $(63,5 \pm 1,0)$ kg

4. Đe.

Hình 2 - Cấu tạo bộ búa đóng tiêu chuẩn kiểu vòng (nhẫn) - Donut hammer

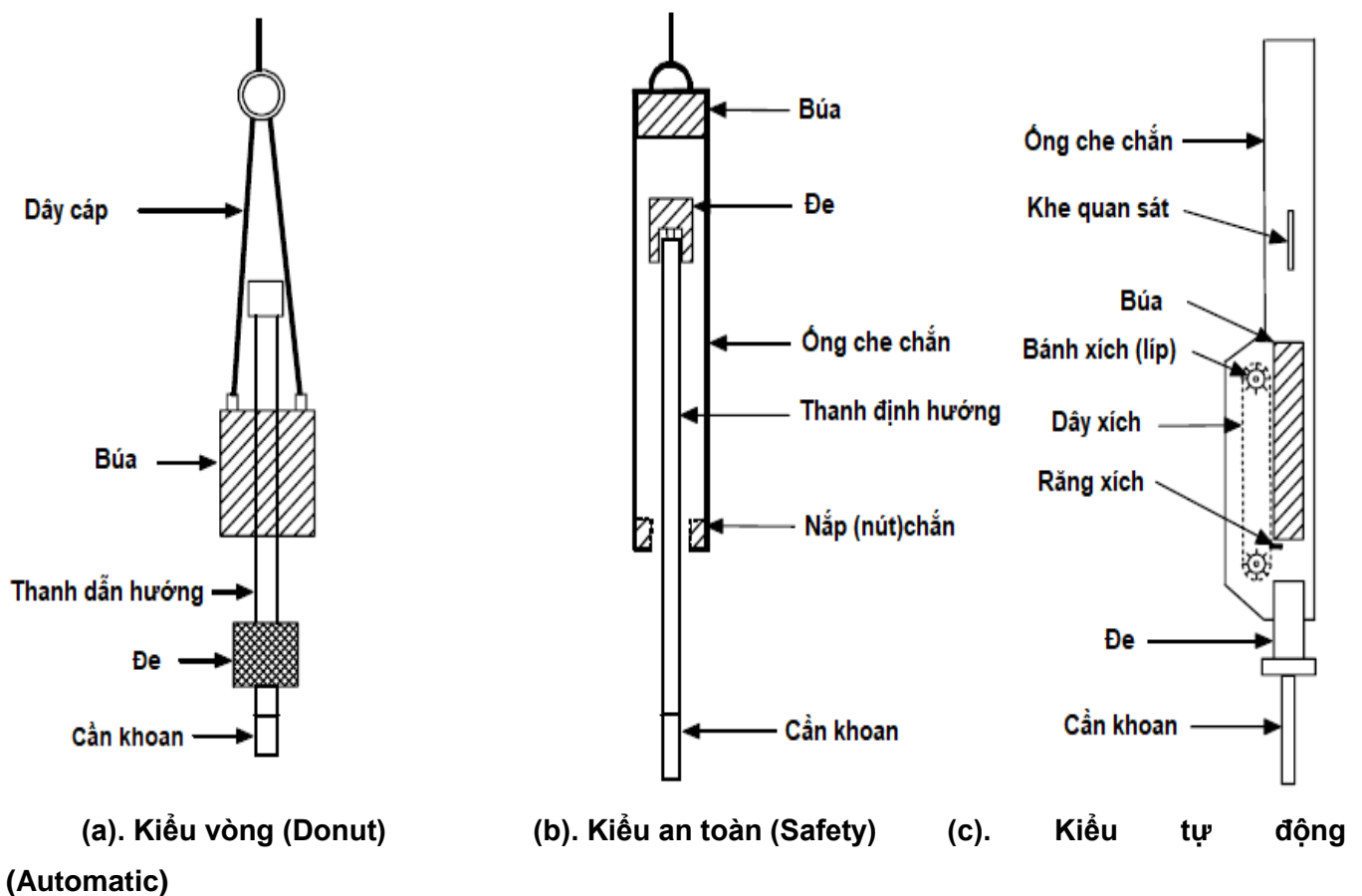
5.4.1 Quả búa hình trụ tròn xoay, bằng thép có lỗ giữa chính tâm để có thể rơi trượt tự do theo thanh dẫn hướng. Búa phải có cấu tạo phù hợp với bộ gấp nhỏ, sao cho có thể dễ dàng được gấp, nhả rơi tự do từ độ cao cần thiết và có các thông số kỹ thuật:

- Khối lượng búa: $(63,5 \pm 1,0)$ kg;
- Độ cao rơi tự do: $(76,0 \pm 2,5)$ cm.

5.4.2 Bộ gập là bộ phận dùng để nâng, hạ búa một cách tự động, đúng quy định, đảm bảo búa rơi tự do, hạn chế tiêu hao năng lượng trong quá trình rơi.

5.4.3 Thanh dẫn hướng để định hướng rơi của búa, gồm có đe và thanh dẫn hướng. Đe là một đế thép tiếp nhận năng lượng rơi búa, truyền xuống mũi xuyên thông qua hệ cần khoan. Thanh dẫn hướng có đường kính phù hợp với đường kính lỗ giữa của búa và có cấu tạo đặc biệt giúp cho bộ nhà gập nhà búa đúng lúc, đạt độ cao rơi đúng quy định.

5.4.4 Ngoài bộ búa đóng tiêu chuẩn kiểu vòng (nhấn) - Donut, trên thực tế còn sử dụng các loại búa đóng tiêu chuẩn khác có cùng trọng lượng và chiều cao rơi tự do nhưng khác về cấu tạo và kiểu đóng búa như: kiểu búa an toàn - Safety hammer, kiểu búa tự động - Automatic hammer (Hình 3).



Hình 3 - Các kiểu búa xuyên tiêu chuẩn

5.5 Các dụng cụ phụ trợ

Dụng cụ phụ trợ sử dụng trong quá trình thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn là: hộp mẫu, thước, phấn, túi nylon, biểu ghi, dụng cụ đo mực nước.

6 Phương pháp thí nghiệm

6.1 Các bước thí nghiệm

Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn tại một vị trí bao gồm lần lượt các bước sau:

TCVN 9351:2022

- Khoan tạo lỗ đến độ sâu cần thí nghiệm và vét sạch đáy hố khoan;
- Tiến hành thí nghiệm;
- Quan sát và mô tả.

Các bước trên lại được lặp lại và tiếp tục thực hiện ở các độ sâu thí nghiệm tiếp theo cho đến hết độ sâu cần thực hiện theo quy định trong phương án kỹ thuật khảo sát tại một vị trí hố khoan.

6.2 Khoan tạo lỗ

6.2.1 Khi khoan tạo lỗ để phục vụ thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, các phương pháp khoan sau có thể được áp dụng:

- Khoan xoay bằng ống mẫu không bơm rửa lấy mẫu (khoan khô) theo điều 6.3.2 TCVN9155 đối với đất dính, đá phong hóa hoàn toàn, phong hóa mạnh. Trường hợp tầng đất dính có chiều dày lớn hơn 10 m chứa dăm sạn nhỏ hơn 30 % có thể sử dụng phương pháp khoan guồng xoắn theo phụ lục F của TCVN9155;
- Khoan động theo điều 6.3.3 TCVN9155 trong đất rời (tầng cát, cuội, sỏi, đá tảng, đá lán);
- Khoan tay có giá khoan và thanh dẫn hướng theo điều 7.4.1 TCVN9155 tại các vị trí phù hợp với quy định tại điều 7.1 TCVN9155;

6.2.2 Quá trình khoan tạo lỗ ngoài việc đáp ứng các yêu cầu nêu tại điều 5.2 còn phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Lỗ khoan phải thẳng đứng và đúng vị trí. Trong quá trình khoan phải thường xuyên theo dõi tốc độ khoan, để nhận biết kịp thời sự thay đổi địa tầng và quyết định độ sâu thí nghiệm hợp lý;
- Khi khoan chỉ được phép sử dụng nước làm mát là nước lã trong, sạch trước khi đến độ sâu thí nghiệm từ 1 m đến 2 m, để nước không chảy xuống vị trí thí nghiệm sẽ làm giảm giá trị xuyên tiêu chuẩn. Để tránh sập thành hố khoan sử dụng ống chống vách theo mục 1 điều 6.3.4 của TCVN9155;
- Hạn chế tối đa việc sử dụng dung dịch trong quá trình khoan tạo lỗ. Trường hợp bắt buộc phải tiến hành khoan tạo lỗ bằng dung dịch thì yêu cầu hố khoan phục vụ thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn phải theo điều 8.5;
- Khi khoan gần tới độ sâu thí nghiệm, nên giảm tốc độ khoan, thao tác nâng, hạ nhẹ nhàng nhằm hạn chế tối đa sự phá hoại tính nguyên trạng của đất dưới đáy hố khoan, làm sai lệch kết quả thí nghiệm;
- Khi đã khoan đến độ sâu thí nghiệm, tiến hành vét sạch mùn ở đáy hố khoan, kiểm tra độ sâu, độ ổn định của thành hố khoan;
- Khi hố khoan đã đủ độ sâu, đáy đã sạch, thành vách ổn định, tiến hành rút lưỡi khoan lên và thay thế lưỡi khoan bằng đầu xuyên tiêu chuẩn;
- Tiến hành xác định và ghi lại mực nước ngầm ổn định (nếu có) theo điều 5.5 TCVN 9155.

6.3 Tiến hành thí nghiệm

Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn bắt đầu khi mũi xuyên đã hạ tới đáy hố khoan, tại độ sâu yêu cầu mà không gặp bất kỳ cản trở nào. Thí nghiệm tiến hành như sau:

6.3.1 Dựa vào địa tầng để chọn loại mũi xuyên. Lắp bộ búa đóng và kiểm tra khả năng gấp nhà, độ cao rơi tự do của búa. Thanh định hướng phải thẳng đứng, ổn định và đồng trục với hệ cần khoan.

6.3.2 Chọn điểm chuẩn và đo trên cần khoan ba đoạn liên tiếp, mỗi đoạn dài 15 cm, tổng cộng là 45 cm phía trên điểm chuẩn để căn cứ vào đó xác định sức kháng xuyên.

6.3.3 Đóng búa. Chú ý độ cao rơi của búa, độ thẳng đứng của thanh dẫn hướng.

6.3.4 Đếm và ghi số búa cần thiết để mũi xuyên xuyên vào đất mỗi đoạn 15 cm đã vạch trước trên cần khoan.

6.3.5 Sau khi đã đo và ghi đủ số búa tương ứng với độ xuyên sâu 45 cm của mũi xuyên, thí nghiệm được coi là kết thúc. Trường hợp gặp đất cứng, mũi xuyên không xuyên vào đất được đủ 45 cm, thì chỉ dừng thí nghiệm ghi lại độ sâu xuyên và tổng số búa đóng, khi thỏa mãn một trong các yêu cầu sau [1]:

- Số búa đóng cần thiết cho 15 cm bất kỳ trong số 3 đoạn nêu tại điều 6.3.2 đã được năm mươi (50) búa;
- Tổng số búa đóng đã được một trăm (100) búa;
- Khi xuyên mà không quan sát thấy mũi xuyên dịch chuyển dưới tác dụng của mười (10) nhát búa đóng liên tiếp.

6.3.6 Kết thúc thí nghiệm, tiến hành cắt đất bằng cách xoay cần khoan, rút mũi xuyên lên mặt đất, thay thế mũi xuyên bằng mũi khoan. Công tác khoan lại tiếp tục cho tới độ sâu mới.

6.4 Quan sát và mô tả

6.4.1 Đầu xuyên được tháo ra khỏi cần khoan, rửa sạch và tháo rời thành ba phần. Tách đôi phần thân của đầu xuyên **rỗng**, quan sát, mô tả đất thu được bên trong. Các thông số cần mô tả gồm: tên đất, màu sắc, trạng thái, độ ẩm, độ chặt, thành phần hạt; kiến trúc, cấu tạo, mức độ phong hóa, các khuyết tật (nếu có).

6.4.2 Chọn mẫu đại diện, bảo quản trong túi nylon không thấm. Mẫu phải có nhãn ghi rõ tên công trình, số hiệu hố khoan, độ sâu lấy mẫu, số búa đóng, thời gian thí nghiệm.

6.4.3 Các túi đựng mẫu được xếp theo thứ tự độ sâu cho dễ quan sát, kiểm tra, để ở nơi thoáng mát và vận chuyển ngay về phòng thí nghiệm theo quy định trong TCVN 2683. Trường hợp không thí nghiệm thì túi đựng mẫu được đặt đúng thứ tự độ sâu trong hòm đựng mẫu nôn khoan theo TCVN 9155.

6.4.4 Đất lấy được trong đầu xuyên **rỗng** có thể được dùng để thí nghiệm trong phòng xác định một số các chỉ tiêu cơ lý phù hợp theo quy định tại phụ lục H TCVN 8477.

6.4.5 Lắp ráp lại mũi xuyên sẵn sàng cho thí nghiệm khác.

7 Chính lý tài liệu thí nghiệm

7.1 Ghi chép kết quả thí nghiệm

TCVN 9351:2022

7.1.1 Ghi chép kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn là tài liệu gốc làm cơ sở để chỉnh lý và tính toán kết quả thí nghiệm;

7.1.2 Kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn từ hiện trường được ghi chép theo từng hố khoan, tập hợp theo từng lớp đất với các giá trị sức kháng xuyên lớn nhất, nhỏ nhất và trung bình;

7.1.3 Biểu mẫu ghi chép và tính toán kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn tham khảo tại Phụ lục A.

7.2 Tính toán kết quả thí nghiệm

7.2.1 Yêu cầu chung

1) Tại mỗi độ sâu thí nghiệm, tính toán sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}), cụ thể:

a) Khi xuyên hết độ sâu xuyên 45 cm thì sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}) bằng số búa đóng mũi xuyên vào trong đất 30 cm cuối (ứng với 2 đoạn cuối theo điều 6.3.2) của độ sâu xuyên.

b) Khi xuyên không hết độ sâu xuyên 45 cm theo điều 6.3.5 thì sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}) bằng số búa nội suy tương ứng giữa độ sâu xuyên 30 cm cuối với độ sâu xuyên thực tế và phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Khi xuyên vào đất dính, nếu số búa nội suy làm giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}) lớn hơn 50, thì chọn $N_{SPT} = 50$ để đánh giá giá trị các chỉ tiêu cơ lý theo phụ lục B;

- Khi xuyên vào đất rời, các đới đá phong hóa nếu số búa nội suy làm giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}) lớn hơn 100, thì chọn $N_{SPT} = 100$ để đánh giá giá trị các chỉ tiêu cơ lý theo phụ lục B;

- Khi xuyên mà không quan sát thấy mũi xuyên dịch chuyển dưới tác dụng của mìn (10) nhát búa đóng liên tiếp thì không nội suy và không sử dụng giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} để đánh giá giá trị các chỉ tiêu cơ lý theo phụ lục B.

2) Tùy thuộc yêu cầu đánh giá giá trị các chỉ tiêu cơ lý trong phương án kỹ thuật khảo sát, mà tiến hành hiệu chỉnh hoặc không hiệu chỉnh sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}) thành giá trị N_{60} (năng lượng hiệu quả, năng lượng hiệu dụng hay năng lượng hữu ích). Việc hiệu chỉnh thực hiện theo điều 7.2.2 với các lý do sau:

a) Sức kháng xuyên (N_{SPT}) phụ thuộc vào năng lượng hiệu quả của búa, tuy nhiên năng lượng này không truyền hết toàn bộ tới mũi xuyên, mà còn tổn thất năng lượng ở các phần sau:

- Tổn thất năng lượng do ma sát giữa búa rơi và thanh dẫn hướng, ma sát giữa dây kéo với ròng rọc;

- Tổn thất năng lượng do người thí nghiệm (loại búa kéo dây qua ròng rọc): Khi thả dây để búa rơi, người thí nghiệm không thả tự do mà vẫn phải hơi nín dây lại để đảm bảo an toàn, tránh văng dây gây nguy hiểm;

- Tổn thất năng lượng do ma sát giữa đất ở thành lỗ khoan với cần khoan, thân và đầu nối của đầu xuyên.

b) Sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}) phụ thuộc vào chiều sâu thí nghiệm, cùng một loại đất ở các độ sâu khác nhau lại có giá trị N_{SPT} khác nhau là do:

- Ở các độ sâu khác nhau, ứng suất thẳng đứng và áp lực ngang khác nhau, dẫn đến số búa đóng (giá trị N_{SPT}) cũng khác nhau;
- Ở độ sâu khác nhau, sự phân bố lại các hạt đất dưới tác dụng đóng của búa khác nhau, tác động của nước ngầm với phần đất ở trên và dưới mực nước ngầm cũng khác nhau, dẫn đến số búa đóng (giá trị N_{SPT}) cũng khác nhau.

7.2.2 Hiệu chỉnh sức kháng xuyên tiêu chuẩn

1) Sức kháng xuyên tiêu chuẩn (N_{SPT}) của đất được hiệu chỉnh thành năng lượng hiệu quả (năng lượng hiệu dụng, năng lượng hữu ích) N_{60} theo công thức(1): [2],[3]& [4]

$$N_{60} = C_{ER} \times C_N \times N_{SPT} \times \lambda \quad (1)$$

Trong đó:

- N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính theo số búa / 30 cm cuối (số búa);
- C_{ER} là hệ số hiệu chỉnh năng lượng của thiết bị, không có thứ nguyên;
- C_N là hệ số hiệu chỉnh độ sâu, không có thứ nguyên;
- N_{SPT} là sức kháng xuyên tiêu chuẩn theo mục 1 điều 7.2.1, tính bằng số búa / 30 cm cuối (số búa);
- λ là hệ số hiệu chỉnh theo độ sâu thí nghiệm:

CHÚ THÍCH:

- Đối với đất (không bao gồm đất rời là cát):
 - C_{ER} xem trong bảng 1, C_N xem trong bảng 2;
 - $\lambda = 0,75$ khi độ sâu thí nghiệm nhỏ hơn 3 m, $\lambda = 0,85$ khi độ sâu thí nghiệm từ 3 m đến 6 m, $\lambda = 1,00$ khi độ sâu thí nghiệm lớn hơn 6 m. Các giá trị trung gian trong được xác định bằng nội suy.
- Đối với đất rời là cát:
 - C_{ER} xem trong bảng 3, C_N xem trong bảng 4;
 - λ xem trong bảng 5.
 - Khi cát hạt mịn (theo TCVN 8217) nằm dưới mực nước ngầm thì năng lượng hiệu quả (N') được hiệu chỉnh theo công thức (2):

$$N' = 7,5 + 0,5 \times N_{60} \quad (2)$$

Bảng 1 -Hệ số hiệu chỉnh năng lượng của thiết bị C_{ER} [3]

Nước sản xuất ^(*)	Kiểu búa	Phương pháp đóng búa	Hệ số C_{ER}
Nhật Bản	Donut (vòng)	Rơi tự do (tự động)	1,30
	Donut (vòng)	Dây và ròng rọc cấu tạo đặc biệt	1,12
Mỹ	Safety (an toàn)	Dây và ròng rọc	1,00
	Donut (vòng)	Dây và ròng rọc	0,75
Châu âu	Donut (vòng)	Rơi tự do (tự động)	1,00

Trung Quốc	Donut (vòng)	Rơi tự do (tự động)	1,00
	Donut (vòng)	Dây và ròng rọc	0,83 ^(**)

CHÚ DẪN:

- (*) Theo tiêu chuẩn đăng ký lưu hành thiết bị.
- (**) Phương pháp sử dụng phổ biến tại Việt Nam.

Bảng 2 - Hệ số hiệu chỉnh độ sâu C_N [3]

Hệ số, C_N	Ứng suất hiệu quả theo phương thẳng đứng σ'_v , kG/cm ²
1,60	0,29
1,30	0,49
1,00	0,98
0,70	1,95
0,55	2,90
0,50	3,90

CHÚ DẪN:

- σ'_v là ứng suất hiệu quả theo phương thẳng đứng đã chuyển đổi đơn vị từ kilopound / foot vuông (ksf) sang kilogam / centimet vuông (kG/cm²) với 1ksf \approx 0,488 kG/cm² và xác định theo công thức (3);
- Các giá trị C_N trung gian xác định theo công thức (4).

Bảng 3 - Hệ số hiệu chỉnh năng lượng của thiết bị xuyên trong cát (C_{ER})[4]

Nước sản xuất ^(*)	Kiểu búa	Phương pháp đóng búa	Hệ số C_{ER}
Mỹ	Donut (vòng)	Thân mũi xuyên có ống lót để lấy mẫu	1,00
	Safety (an toàn)	Thân mũi xuyên có ống lót để lấy mẫu	0,75
	Automatic (tự động)	Tự động	Từ 0,92 đến 1,38
Nhật Bản	Donut (vòng)	Thân mũi xuyên có ống lót để lấy mẫu	1,08
	Donut (vòng)	Tự động	1,30
Trung Quốc	Donut (vòng)	Thân mũi xuyên có ống lót để lấy mẫu	0,83 ^(**)
	Automatic (tự động)	Tự động	1,00
Vương quốc	Safety (an toàn)	Thân mũi xuyên có ống lót để lấy mẫu	0,83

Anh	Automatic (tự động)	Tự động	1,00
Ý	Donut (vòng)	Tự động	1,08

CHÚ DẪN:

- 1) (*) Theo tiêu chuẩn đăng ký lưu hành thiết bị;
- 2) (**) Phương pháp sử dụng phổ biến tại Việt Nam.

Bảng 4 - Hệ số hiệu chỉnh độ sâu trong cát (C_N) [4]

Loại cát	Độ chặt tương đối $D_r, \%$	Hệ số C_N
Cổ kết bình thường	Từ 40 đến 60	$\frac{2}{1 + \sigma'_v}$
	Từ trên 60 đến 80	$\frac{3}{2 + \sigma'_v}$
Quá cổ kết	Trên 80	$\frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v}$

CHÚ DẪN:

- 1) σ'_v ứng suất thẳng đứng hiệu quả xác định theo công thức (3), tính bằng kg/cm^2 ;
- 2) Khi C_N lớn hơn 1,5 thì chọn $C_N = 1,5$ để tính toán trong công thức (1).

Bảng 5 - Hệ số hiệu chỉnh chiều dài của cần khoan trong cát (λ) [4]

Chiều dài cần khoan từ phía dưới đe đến độ sâu thí nghiệm, m	Hệ số λ
Trên 10	1,00
Từ trên 6 đến 10	0,95
Từ trên 4 đến 6	0,85
Từ 3 đến 4	0,75

CHÚ DẪN: Các giá trị hệ số λ trung gian xác định bằng nội suy.

2) Ứng suất hiệu quả theo phương thẳng đứng (σ'_v) xác định theo công thức gần đúng (3):[2]

$$\sigma'_v = \left[\sum_{i=1}^n h_{oi} \times \gamma_{wi} + \sum_{i=1}^n h_{1i} \times (\gamma_{si} - \gamma_N) \right] \times 0,001 \quad (3)$$

Trong đó:

σ'_v là ứng suất hiệu quả theo phương thẳng đứng tại độ sâu thí nghiệm, tính bằng kilogam/centimet vuông (kg/cm^2);

n là số lượng các lớp đất tính từ miệng hố khoan đến độ sâu thí nghiệm;

TCVN 9351:2022

- h_{oi} là độ dày của lớp đất thứ i trên mực nước ngầm, tính bằng centimet (cm);
- γ_{wi} là khối lượng thể tích ướt (dung trọng ướt, dung trọng tự nhiên) của lớp đất thứ i trên mực nước ngầm, tính bằng gam/centimet khối (g/cm^3);
- h_{1i} là độ dày của lớp đất thứ i dưới mực nước ngầm, tính bằng centimet (cm);
- γ_{si} là khối lượng thể tích bão hòa (dung trọng bão hòa) của lớp đất thứ i dưới mực nước ngầm, tính bằng gam/centimet khối (g/cm^3);
- γ_N là khối lượng thể tích của nước, tính bằng 1 gam/centimet khối (g/cm^3);
- 0,001 là hệ số chuyển đổi đơn vị từ g/cm^2 sang kG/cm^2 .

3) Hệ số hiệu chỉnh độ sâu C_N xác định bằng công thức gần đúng (4):[2]

$$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}} \quad (4)$$

Trong đó:

- C_N là hệ số hiệu chỉnh độ sâu, không có thứ nguyên;
- σ'_v là ứng suất hiệu quả theo phương thẳng đứng, tính bằng kilogam/centimet vuông (kG/cm^2).

CHÚ THÍCH:

- Giá trị C_N xác định từ công thức (4) lớn hơn 1,6 thì chọn $C_N = 1,6$ để tính toán trong công thức (1);
- Giá trị C_N xác định từ công thức (4) nhỏ hơn 0,5 thì chọn $C_N = 0,5$ để tính toán trong công thức (1);

7.2.3 Kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn được dùng cho các mục đích sau:

- 1) Phân chia địa tầng, phát hiện các lớp kẹp, các thấu kính đất, phân biệt các loại đất dính (theo trạng thái) và đất rời (theo độ chặt) theo diện và theo độ sâu ứng với các giá trị N_{SPT} và N_{60} theo phụ lục B;
- 2) Đánh giá giá trị của một số chỉ tiêu cơ lý theo phụ lục B
 - a) Đối với đất rời:
 - Độ chặt;
 - Góc ma sát trong;
 - Moduyn biến dạng, Thời gian cố kết;
 - Sức kháng xuyên tĩnh.
 - b) Đối với đất dính:
 - Trạng thái, độ bền nén có nở hông của đất dính;
 - Sức kháng cắt không thoát nước;
 - Moduyn đàn hồi, Moduyn biến dạng và Moduyn cắt;

- Độ chặt của đất đắp;
- Sức kháng xuyên tĩnh.
- c) Đối với đới đá phong hóa mạnh:
 - Lực dính kết và góc ma sát trong của khối đá.
- d) Dự báo sức mang tải của một số loại móng:
 - Sức mang tải của móng nông trên đất rời;
 - Sức chịu tải của cọc, chủ yếu là cọc chống, đặc biệt cọc khoan nhồi.

8 Xử lý một số trường hợp trong quá trình thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn

8.1 Khi thí nghiệm trong đất chứa nhiều cuội tảng, dăm sạn, mảnh đá hoặc trong đới đá phong hóa hoàn toàn, đới đá phong hóa mạnh, để tránh hỏng mũi xuyên có thể dùng mũi xuyên đặc hình nón quy định tại điều 5.3.1 để thay thế mũi xuyên rồng thông thường. Khi sử dụng mũi xuyên đặc để thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn thì không tiến hành quan sát mô tả theo điều 6.4, không tiến hành hiệu chỉnh mà sử dụng trực tiếp giá trị N_{SPT} .

8.2 Trong quá trình thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, nếu vì nguyên nhân hư hỏng thiết bị như đứt dây kéo, tuột cần khoan hoặc sập lở thành hố khoan phải tạm ngừng, thì phải tiến hành lại từ đầu công tác thí nghiệm sau khi đã khắc phục các nguyên nhân nêu trên đảm bảo an toàn.

8.3 Trong khi thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, nếu thấy xảy ra hiện tượng đất ở trên bề mặt hoặc phía trên độ sâu thí nghiệm bị trôi, nứt, biến dạng thì cần dừng ngay thí nghiệm, tiến hành các biện pháp gia cố thành hố khoan, chất tải xung quanh miệng hố khoan tới mức vừa đủ để không xảy ra các hiện tượng trên nữa.

8.4 Trường hợp thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, xuất hiện hiện tượng đột biến (tăng hoặc giảm) số búa đóng ứng với độ sâu xuyên thì phải tiến hành ghi lại độ sâu xảy ra hiện tượng đột biến này. Sau đó phải tiến hành lấy mẫu (trong thân của mũi xuyên) để quan sát, mô tả hoặc khoan thêm 1 hố khoan bên cạnh, cách vị trí hố khoan đang thí nghiệm từ 1 m đến 2m để lấy mẫu thí nghiệm (nếu cần thiết) tại đúng độ sâu xảy ra hiện tượng đó.

8.5 Khi thành vách hố khoan bị sạt lở, việc chống ống bảo vệ thành hố khoan không hiệu quả, buộc phải dùng dung dịch để khoan. Trong trường hợp này để tiến hành được thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn phải thực hiện các công việc sau:

- Công tác khoan dung dịch phải đảm bảo đáp ứng theo quy định tại mục 1 điều 6.3.4 TCVN 9155 với đường kính trong của hố khoan không nhỏ hơn 108 mm;
- Trước khi thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, phải rửa sạch lớp dung dịch bám ở đáy và thành hố khoan tối thiểu 1 m kể từ đáy hố khoan (độ sâu dự kiến bắt đầu thí nghiệm);
- Trường hợp việc rửa đáy và thành hố khoan không hiệu quả thì phải tiến hành hạ bộ ống chống (có đường kính trong tối thiểu là 76 mm) tới đáy hố khoan;

TCVN 9351:2022

- Tiến hành vét sạch đáy hố khoan, kiểm tra độ sâu, độ ổn định của thành hố khoan hoặc độ ổn định của bộ ống chống, sau đó mới được tiến hành thí nghiệm theo điều 6.3.

9 An toàn lao động, phòng chống cháy nổ và vệ sinh môi trường

Thực hiện theo các quy định hiện hành và tham khảo thêm một số nội dung ở Phụ lục C.

Phụ lục A
(Tham khảo)

Biểu mẫu ghi chép và tính toán kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn

TÊN VÀ LOGO CỦA NHÀ THẦU KHẢO SÁT, THIẾT KẾ, THI CÔNG.			GHI CHÉP XUYÊN TIÊU CHUẨN (SPT)				HỐ KHOAN: Tờ số: /	
CÔNG TRÌNH:			VỊ TRÍ:		KÍP/TỔ TRƯỞNG:			
SỐ HIỆU CÔNG TRÌNH:					NGƯỜI GHI CHÉP:			
HẠNG MỤC:			CAO ĐỘ (m):		NGƯỜI KIỂM TRA:			
Kiểu Búa (Vòng/An toàn/Tự động...):			NƠI SẢN XUẤT:		PP ĐÓNG BÚA (Dây và ròng rọc/ tự động...):			
TT	NGÀY, GIỜ THÍ NGHIỆM (Từ ... Đến)	MỨC NƯỚC NGÂM (m)	SỐ BÚA ĐÓNG	ĐỘ SÂU XUYÊN, (cm)	ĐOẠN XUYÊN (m)		ĐỘ DÀI NỖN XUYÊN (cm)	MÔ TẢ TÓM TẮT / GHI CHÚ
					TỪ ...	ĐẾN ...		

Phụ lục B
(Tham khảo)

Đánh giá giá trị chỉ tiêu cơ lý của đất theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn

Đánh giá giá trị chỉ tiêu cơ lý của đất và dự báo sức mang tải của một số loại móng theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn được xác định theo tra bảng hoặc tính toán bằng các công thức gần đúng.

B.1 Đối với đất rời

B.1.1 Theo tra bảng

1) Quan hệ giữa sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} với độ chặt tương đối D_r và góc ma sát trong φ của đất rời theo bảng B.1:

Bảng B.1 - Quan hệ giữa N_{SPT} với D_r và φ

Kết cấu của đất rời	Độ chặt tương đối D_r (%)	Sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} , số búa	Góc ma sát trong φ , độ (°)
Rất xốp		Từ 0 đến 4	
Xốp	Nhỏ hơn 40	Từ 4 đến nhỏ hơn 10	Từ 25,00 đến 30,00
Chặt vừa	Từ 40 đến 60	Từ 10 đến 30	Từ 30,00 đến 32,50
Chặt	Từ trên 60 đến 80	Từ trên 30 đến 50	Từ trên 32,50 đến 40,00
Rất chặt	Lớn hơn 80	Lớn hơn 50	Từ trên 40,00 đến 45,00

CHÚ DẪN:

- 1) Các giá trị nêu ở Bảng B.1 tương ứng với ứng suất hiệu quả theo phương thẳng đứng (áp lực bản thân) $\sigma'_v = 0,144$ Mpa;
- 2) Các giá trị trung gian trong bảng xác định bằng nội suy.

2) Quan hệ giữa năng lượng hiệu quả N_{60} với độ chặt tương đối D_r , sức kháng xuyên tĩnh đầu mũi q_c và góc ma sát trong φ của đất rời theo bảng B.2[3]:

Bảng B.2 - Quan hệ giữa N_{60} với D_r , q_c và φ

Kết cấu của đất rời	Độ chặt tương đối D_r , %	Năng lượng hiệu quả N_{60} , số búa	Sức kháng xuyên tĩnh đầu mũi q_c , kG/cm ²	Góc ma sát trong φ , độ (°)
Rất xốp	Nhỏ hơn 20	Nhỏ hơn 4		Nhỏ hơn 30
Xốp	Từ 20 đến 40	Từ 4 đến 10	Từ 0 đến 49	Từ 30 đến 35
Chặt vừa	Từ trên 40 đến 60	Từ trên 10 đến 30	Từ trên 49 đến 146	Từ trên 35 đến 40
Chặt	Từ trên 60 đến 80	Từ trên 30 đến 50	Từ trên 146 đến 244	Từ trên 40 đến 45
Rất chặt	Lớn hơn 80	Lớn hơn 50	Lớn hơn 244	Lớn hơn 45

CHÚ DẪN:

- 1) Giá trị q_c đã chuyển đổi đơn vị từ kilopound / foot vuông (ksf) sang kilogam / centimet vuông (kG/cm²) với $1 \text{ ksf} \approx 0,488$

kG/cm²;

2) Các giá trị trung gian trong bảng xác định bằng nội suy.

3) Quan hệ giữa năng lượng hiệu quả N_{60} với độ chặt tương đối D_r của đất rời là cát theo bảng B.3[1] &[3]:

Bảng B.3 - Quan hệ giữa N_{60} và D_r

Kết cấu của cát	Độ chặt tương đối D_r , %	Năng lượng hiệu quả N_{60} , số búa
Rất xốp	Từ 0 đến 15	Từ trên 0 đến 3
Xốp	Từ trên 15 đến 35	Từ trên 3 đến 8
Chặt vừa	Từ trên 35 đến 65	Từ trên 8 đến 25
Chặt	Từ trên 65 đến 85	Từ trên 25 đến 42
Rất chặt	Từ trên 85 đến 100	Từ trên 42 đến 58

CHÚ DẪN: Các giá trị trung gian trong bảng xác định bằng nội suy.

4) Quan hệ giữa độ chặt tương đối D_r của đất rời là cát với cấp phối hạt và góc ma sát trong φ theo bảng B.4 [3]:

Bảng B.4 - Quan hệ giữa N_{60} với cấp phối hạt cát và φ

Độ chặt tương đối D_r , %	Góc ma sát trong φ , độ (°)					
	Cấp phối cát hạt mịn		Cấp phối cát hạt trung		Cấp phối cát hạt thô	
	Xấu	Tốt	Xấu	Tốt	Xấu	Tốt
40	34	36	36	38	38	41
60	36	38	38	41	41	43
80	39	41	41	43	43	44
100	42	43	43	44	44	46

CHÚ DẪN:

1) [Cấp phối cát theo TCVN 8217](#);

2) Các giá trị trung gian trong bảng xác định bằng nội suy.

5) Quan hệ giữa tỷ số độ chặt tương đối D_r chia cho năng lượng hiệu quả N_{60} với thời gian cố kết của đất rời là cát được thể hiện trong bảng B.5:

Bảng B.5 - Quan hệ giữa tỷ số $D_r / (N_1)_{60}$ và thời gian cố kết

Nguồn gốc cố kết	Thời gian cố kết (năm)	Tỷ số $D_r / (N_1)_{60}$
Trong phòng thí nghiệm	10^{-2}	35
Mới tích tụ (bãi bồi)	10	40
Bồi tích tụ nhiên	Lớn hơn 10^2	55

CHÚ DẪN:

1) $(N_1)_{60} = N_{60}$ khi hệ số C_{ER} trong công thức (1) bằng 1;

2) Các giá trị trung gian trong bảng xác định bằng nội suy.

B.1.2 Theo công thức gần đúng

1) Tính toán giá trị góc ma sát trong của đất rời

a) Quan hệ giữa góc ma sát trong và sức kháng xuyên tiêu chuẩn có thể xác định theo công thức (B.1)(Theo Terzaghi, Peck, Meyerthof):

$$\varphi = \sqrt{12N_{SPT}} + a \quad (B.1)$$

Trong đó:

φ là góc ma sát trong của đất rời, tính bằng độ (°);

N_{SPT} là sức kháng xuyên tiêu chuẩn, tính bằng số búa / 30 cm **cuối** (số búa);

a là hệ số, lấy giá trị trong khoảng từ 15 đến 25, không có thứ nguyên.

b) Quan hệ giữa góc ma sát trong và năng lượng hiệu quả N_{60} có thể xác định theo công thức (B.2) (Theo Peck, Hanson và Thornburn, 1974)[5]:

$$\varphi = 53,881 - 27,6034e^{-0,0147N_{60}} \quad (B.2)$$

Trong đó:

φ là góc ma sát trong của đất rời, tính bằng độ (°);

N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính **theo** số búa / 30 cm **cuối** (số búa);

e là hằng số Euler, tính gần bằng 2,7183.

2) Tính toán giá trị moduyn biến dạng của đất rời

a) Moduyn biến dạng của đất rời quan hệ với sức kháng xuyên tiêu chuẩn đượcxác định theo công thức (B.3) (Theo Tassios, Anagnostopoulos):

$$E = 10,2 \times \left(\frac{a+c(N_{SPT}+6)}{10} \right) \quad (B.3)$$

Trong đó:

E là moduyn biến dạng của đất rời, tính bằng kilogam/centimet vuông (kG/cm²);

a là hệ số, không thứ nguyên phụ thuộc vào sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} :

$a = 40$ khi N_{SPT} lớn hơn hoặc bằng 15;

$a = 0$ khi N_{SPT} nhỏ hơn 15.

c là hệ số, không có thứ nguyên phụ thuộc vào loại đất:

$c = 3,0$ với đất loại sét;

$c = 3,5$ với đất cát hạt mịn;

$c = 4,5$ với đất cát hạt trung;

$c = 7,0$ với đất cát thô;

$c = 10,0$ với đất cát lẫn sạn sỏi;

$c = 12,0$ với đất sạn sỏi lẫn cát.

N_{SPT} là sức kháng xuyên tiêu chuẩn, tính bằng số búa / 30 cm **cuối** (số búa);

10,2 là hệ số chuyển đổi đơn vị từ megapascal (Mpa) sang kilogam/centimet vuông (kG/cm^2).

b) Moduyn biến dạng của đất rời quan hệ với năng lượng hiệu quả xác định theo công thức (B.4) (Theo Ohya và cộng sự)[5]:

$$E = 10,2 \times k \times N_{60} \quad (\text{B.4})$$

Trong đó:

E là moduyn biến dạng của đất rời, tính bằng kilogam / centimet vuông (kG/cm^2);

N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính **theo** số búa / 30 cm **cuối** (số búa);

k là hệ số, không thứ nguyên phụ thuộc vào loại đất:

$k = 5$ với đất cát lẫn bụi, sét;

$k = 10$ với đất cát sạch, cố kết trung bình;

$k = 15$ với đất cát sạch, quá cố kết.

10,2 là hệ số chuyển đổi đơn vị từ megapascal (Mpa) sang kilogam / centimet vuông (kG/cm^2).

3) Tính toán độ chặt tương đối của đất rời là cát

a) Độ chặt tương đối của cát quan hệ với sức kháng xuyên tiêu chuẩn được xác định theo công thức (B.5) (theo Gibbs và Holtz, 1957)[3]:

$$D_r \approx 100 \times \left(\frac{N_{SPT}}{12 \times 0,488 \times \sigma'_v + 17} \right)^{0,5} \quad (\text{B.5})$$

Trong đó:

D_r là độ chặt tương đối của cát, tính bằng phần trăm (%)

N_{SPT} là sức kháng xuyên tiêu chuẩn, tính bằng số búa / 30 cm **cuối** (số búa);

σ'_v là ứng suất hiệu quả theo phương thẳng đứng, tính bằng kilogam / centimet vuông (kG/cm^2);

0,488 là hệ số chuyển đổi đơn vị của σ'_v từ kilopound / foot vuông (ksf) sang kilogam / centimet vuông (kG/cm^2). $1 \text{ ksf} \approx 0,488 \text{ kG/cm}^2$.

b) Độ chặt tương đối của cát quan hệ với năng lượng hiệu quả được xác định theo công thức (B.6) (theo Jamiołkowski và nnk, 1988 và Skempton 1986) [3]:

$$D_r \approx 100 \times \left(\frac{k \times N_{60}}{60} \right)^{0,5} \quad (\text{B.6})$$

Trong đó:

D_r là độ chặt tương đối của cát, tính bằng phần trăm (%)

N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính **theo** số búa / 30 cm **cuối** (số búa);

k là hệ số, không thứ nguyên phụ thuộc vào loại cát:

TCVN 9351:2022

$k = 0,92$ đối với cát hạt thô;

$k = 1,08$ đối với cát hạt mịn.

B.2 Đối với đất dính

B.2.1 Theo tra bảng

1) Quan hệ giữa sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} với trạng thái và độ bền nén có nở hông q_u của đất dính theo bảng B.6 [1].

Bảng B.6 - Quan hệ giữa N_{SPT} với trạng thái của đất và q_u

Trạng thái của đất	Sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} , số búa	Độ bền nén có nở hông q_u , kG/cm ²
Chảy	Nhỏ hơn 2	Nhỏ hơn 0,25
Đẻo chảy	Từ 2 đến 4	Từ 0,25 đến 0,50
Đẻo mềm	Từ trên 4 đến 8	Từ trên 0,50 đến 1,00
Đẻo cứng	Từ trên 8 đến 15	Từ trên 1,00 đến 1,90
Nửa cứng	Từ trên 15 đến 30	Từ trên 1,90 đến 4,00
Cứng	Lớn hơn 30	Lớn hơn 4,00

CHÚ DẪN: Các giá trị trung gian trong bảng xác định bằng nội suy hoặc theo quan hệ $q_u \approx 0,125 N_{SPT}$ (kG/cm²).

2) Quan hệ giữa sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} với độ chặt của đất đắp theo bảng B.7.

Bảng B.7 - Quan hệ giữa N_{SPT} với độ chặt của đất đắp

Sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} , số búa	Độ chặt của đất (Theo Karol, 1960)	Hệ số độ chặt của đất đắp K
Nhỏ hơn 10	Kém chặt	
Từ trên 10 đến 20	Chặt vừa	Nhỏ hơn 0,90
Từ trên 20 đến 30		Từ 0,90 đến nhỏ hơn 0,95
Từ trên 30 đến 35	Chặt	Từ 0,95 đến nhỏ hơn 0,97
Từ trên 35 đến 40		Từ 0,97 đến 0,98
Lớn hơn 40		Lớn hơn 0,98

CHÚ DẪN:

1) Hệ số độ chặt K của đất đắp bằng tỷ số giữa dung trọng khô tự nhiên (γ_c) trên dung trọng khô lớn nhất (γ_{cmax}) xác

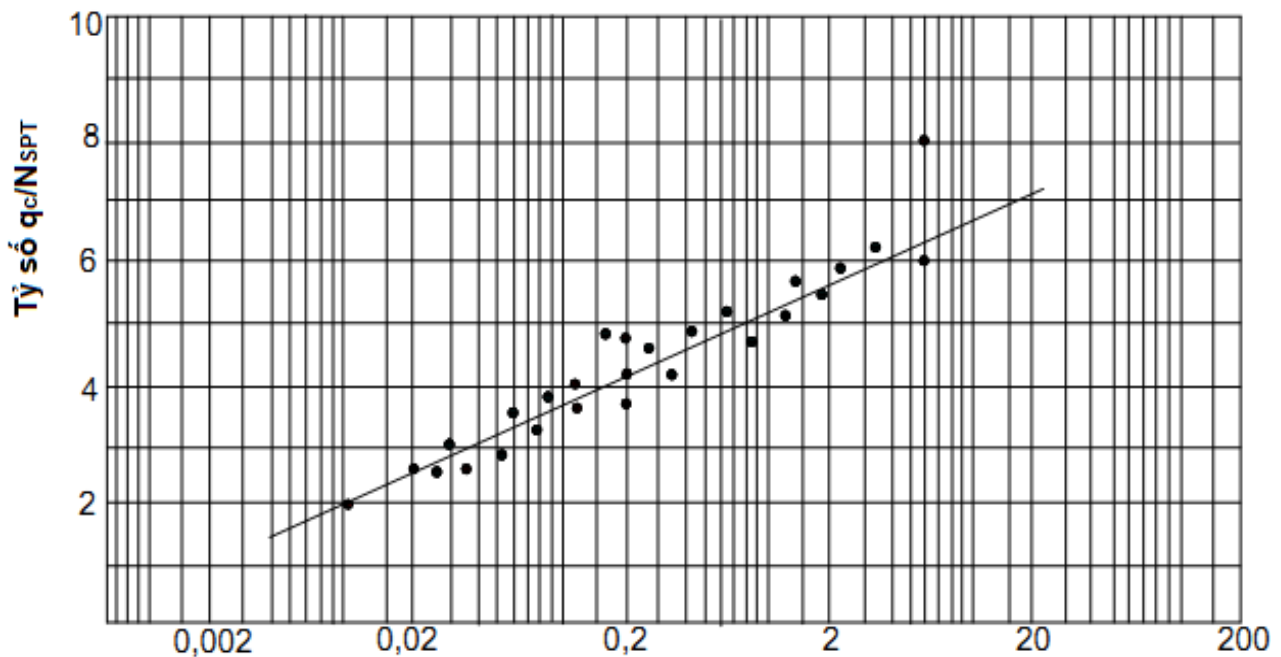
định theo phương pháp đầm chặt tiêu chuẩn của TCVN 4201:2012;

- 2) Hệ số độ chặt K trong bảng áp dụng cho đất đắp là đất dính có hàm lượng ẩm sạn nhỏ hơn 30 % và không thay thế cho việc xác định độ chặt của đất đắp thân và nền công trình theo quy định.

3) Quan hệ giữa loại đất (thành phần hạt) với sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} (số búa) và sức kháng xuyên tĩnh đầu mũi q_c (kG/cm²) theo bảng B.8 và Hình B.1.

Bảng B.8 - Quan hệ giữa loại đất và tỷ số giữa sức kháng xuyên tĩnh đầu mũi q_c với sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT}

Loại đất	Tỷ số q_c/N_{SPT}
Sét	2
Sét pha	3
Cát hạt mịn	4
Cát hạt trung, thô	Từ 5 đến 6
Cát hạt trung lẫn sỏi	Lớn hơn 8



Hình B.1 - Quan hệ giữa tỷ số q_c/N_{SPT} và thành phần hạt của đất

B.2.2 Theo công thức gần đúng

- 1) Tính toán giá trị sức kháng cắt không thoát nước của đất dính
- a) Quan hệ giữa sức kháng cắt không thoát nước của đất dính và sức kháng xuyên tiêu chuẩn, có thể xác định theo công thức (B.7) (Theo Bowles, 1988)[3]:

$$C_u \approx 0,12 \times 0,488 \times N_{SPT} \quad (B.7)$$

Trong đó:

C_u là sức kháng cắt không thoát nước của đất dính tính bằng kilogam/centimet vuông (kG/cm²);

TCVN 9351:2022

0,488 là hệ số chuyển đổi đơn vị của C_u từ kilopound / foot vuông (ksf) sang kilogram / centimet vuông (kG/cm^2).

N_{SPT} là sức kháng xuyên tiêu chuẩn, tính bằng số búa / 30 cm cuối (số búa);

b) Quan hệ giữa sức kháng cắt không thoát nước của đất dính và năng lượng hiệu quả, có thể xác định theo công thức (B.8) (Theo Hara, 1974) [5]:

$$C_u \approx 0,29 \times N_{60}^{0,72} \quad (\text{B.8})$$

Trong đó:

C_u là sức kháng cắt không thoát nước của đất dính, tính bằng kilogram / centimet vuông (kG/cm^2);

N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính theo số búa / 30 cm cuối (số búa);

1,02 là hệ số chuyển đổi đơn vị của C_u từ bar sang kilogram / centimet vuông (kG/cm^2).

2) Tính toán giá trị moduyn đàn hồi tức thời trung bình của đất dính

Quan hệ giữa moduyn đàn hồi tức thời trung bình của đất dính và năng lượng hiệu quả, có thể xác định theo công thức (B.9) (Theo Ohya và cộng sự, 1982) [5]:

$$E_{\text{đh}} \approx 19,3 \times 1,02 \times N_{60}^{0,63} \quad (\text{B.9})$$

Trong đó:

$E_{\text{đh}}$ là moduyn đàn hồi tức thời trung bình, tính bằng kilogram / centimet vuông (kG/cm^2);

N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính theo số búa / 30 cm cuối (số búa);

1,02 là hệ số chuyển đổi đơn vị của $E_{\text{đh}}$ từ bar sang kilogram / centimet vuông (kG/cm^2).

3) Tính toán giá trị moduyn biến dạng không nở hông của đất dính

a) Quan hệ giữa moduyn biến dạng không nở hông của đất dính và sức kháng xuyên tiêu chuẩn được xác định theo công thức (B.3) với hệ số $c = 3$

b) Quan hệ giữa moduyn biến dạng không nở hông của đất dính và năng lượng hiệu quả, có thể xác định theo công thức (B.10) và (B.11) (Theo Stroud, 1974) [5]:

$$E_{bd} \approx 4,1 \times 1,02 \times N_{60} \quad \text{khí } W_N \geq 30 \quad (\text{B.10})$$

$$E_{bd} \approx (8,6 - 0,15W_N) \times 1,02 \times N_{60} \quad \text{khí } W_N < 30 \quad (\text{B.11})$$

Trong đó:

E_{bd} là moduyn biến dạng không nở hông, tính bằng kilogram/centimet vuông (kG/cm^2);

N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính theo số búa / 30 cm cuối (số búa);

W_N (còn có ký hiệu là I_p) là chỉ số dẻo, tính bằng phần trăm (%);

1,02 là hệ số chuyển đổi đơn vị của E_{bd} từ bar sang kilogram / centimet vuông (kG/cm^2).

4) Tính toán giá trị moduyn cắt cực đại trung bình của đất dính

Quan hệ giữa moduyn cắt cực đại trung bình của đất dính và năng lượng hiệu quả, có thể xác định theo công thức (B.12) (Theo Worth và cộng sự, 1979) [5]:

$$G_{max} \approx 120 \times 1,02 \times N_{60}^{0,77} \quad (B.12)$$

Trong đó:

G_{max} là moduyn cắt cực đại trung bình, tính bằng kilogam / centimet vuông (kG/cm^2);

N_{60} là năng lượng hiệu quả, tính bằng số búa / 30 cm cuối (số búa);

1,02 là hệ số chuyển đổi đơn vị của G_{max} từ bar sang kilogam / centimet vuông (kG/cm^2).

CHÚ THÍCH:

Moduyn cắt (dưới tải trọng tĩnh lâu dài) thông thường chỉ bằng từ 5 % đến 10% mô đun cắt cực đại trung bình G_{max} .

B.3 Đối với đới đá phong hóa mạnh

Đới đá phong hoá mạnh gồm đất và đá (theo phụ lục E của TCVN 8477) nên không thể xác định cường độ kháng cắt bằng thí nghiệm cắt trực tiếp mẫu trong phòng, nhưng có thể xác định được thông qua giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn. Công thức (B.1) thì từ N_{SPT} cho giá trị φ (đối với đất rời $C = 0$), còn phụ lục B.3 giới thiệu cách xác định cả lực dính C và góc ma sát trong φ bằng xuyên tiêu chuẩn.

Quan hệ giữa lực dính kết, góc ma sát trong (chỉ tiêu địa khối) của khối đá phong hóa mạnh (đới đá phong hóa mạnh) và sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} có thể xác định theo công thức kinh nghiệm (B.13) (Theo Bùi Khôi Hùng, 2018):

$$C \approx 2 \times (\tan \varphi' - \tan \varphi) \quad (B.13)$$

Trong đó:

C là lực dính kết của khối đá phong hóa mạnh, tính bằng kilogam / centimet vuông (kG/cm^2);

φ' là góc ma sát trong tổng thể xác định theo công thức (B.1) với $a = 15$, tính bằng độ ($^\circ$);

φ là góc ma sát trong của khối đá phong hóa mạnh xác định theo bảng B.9, tính bằng độ ($^\circ$).

CHÚ THÍCH:

- Góc ma sát trong tổng thể (φ') là giá trị φ trong công thức (B.1) đã bao gồm cả lực dính C và góc ma sát trong;
- Các giá trị φ và C xác định trong công thức (B.13) là các giá trị tiêu chuẩn của đới đá phong hóa mạnh ở trạng thái tự nhiên, khi chuyển sang giá trị tính toán với nền ở trạng thái bão hòa thì $tg\varphi_{tt} = tg\varphi_{tc}/1,15$ và $C_{tt} = C_{tc}/1,80$ theo TCVN 4253;
- Khi sử dụng các giá trị φ và C xác định trong công thức (B.13) để tính toán với mái dốc nên có sự điều chỉnh (giảm) cho phù hợp với chiều cao của mái dốc.

Bảng B.9 - Quan hệ giữa N_{SPT} với φ của khối đá phong hóa mạnh

Sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} , số búa	Góc ma sát trong của khối đá phong hóa mạnh φ , độ ($^\circ$)
Từ 50 đến 65	Từ 28 đến 30
Từ trên 65 đến 80	Từ trên 30 đến 32

Từ trên 80 đến 100

Từ trên 32 đến 34

CHÚ DẪN: Các giá trị trung gian trong bảng xác định bằng nội suy.

B.4 Dự báo sức mang tải của một số loại móng**B.4.1 Sức mang tải của móng nông trên đất rời**

Sức mang tải cho phép của móng băng trên đất hạt rời có thể tính theo công thức (B.14) và Hình B.2(Theo Tassios, Anagnostopoulos):

$$\sigma = \frac{a \times N_{SPT}}{10} \quad (B.14)$$

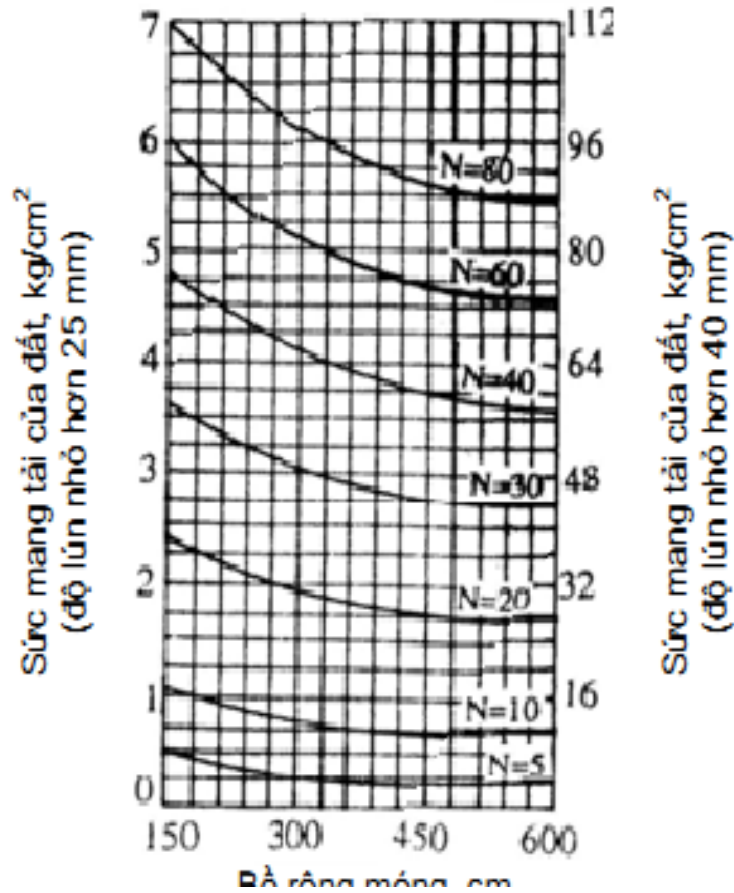
Trong đó:

- σ là sức mang tải cho phép của móng băng trên đất hạt rời, tính bằng kilogam / centimet vuông (kG/cm^2);
- a là hệ số, không thứ nguyên phụ thuộc vào môi trường:
 - $a = 1$ với đất không bão hòa;
 - $a = 2/3$ với đất bão hoà.

N_{SPT} là sức kháng xuyên tiêu chuẩn, tính bằng số búa / 30 cm cuối(số búa).

CHÚ THÍCH:

- Độ lún của móng khi ấy không quá 3 cm;
- Hình B.2 cho đồ thị dự báo sức mang tải của móng băng trên đất rời với các bề rộng móng khác nhau và giới hạn độ lún không vượt qua 25 mm và 40 mm (Peck, Hanson...).



Hình B.2 - Tính toán móng nông theo sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT}

B.4.2 Sức chịu tải của móng cọc

Công thức tổng quát tính toán sức chịu tải cho phép của móng cọc theo sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} có thể xác định theo công thức (B.15):

$$Q = \frac{1}{3} [\alpha N_a A_p + (0,2 N_s L_s + C L_c) \pi D] \quad (B.15)$$

Trong đó:

- Q là **sức chịu tải** cho phép của cọc, tính bằng tấn (T);
- α là hệ số phụ thuộc vào phương pháp thi công:
 - $\alpha = 30$ với cọc bê tông cốt thép, đóng hoặc khoan dẫn, hoặc khoan dẫn có bơm vữa xi măng thành và đáy;
 - $\alpha = 15$ với cọc khoan nhồi.
- N_a là giá trị sức kháng xuyên tiêu chuẩn N_{SPT} của đất dưới mũi cọc, tính bằng số búa / 30 cm **cuối**(số búa);
- A_p là tiết diện cọc, tính bằng mét vuông (m^2);
- N_s là giá trị N_{SPT} của đất cát bên thân cọc, tính bằng số búa / 30 cm **cuối**(số búa);
- L_s là chiều dài đoạn cọc nằm trong đất cát, tính bằng mét (m);
- C là lực dính của đất sét bên thân cọc, tính bằng tấn / mét vuông (T/m^2);
- L_c là chiều dài đoạn cọc nằm trong đất sét, tính bằng mét (m);

TCVN 9351:2022

- π là hằng số, tính bằng 3,14;
- D là đường kính cọc, tính bằng mét (m).

Phụ lục C
(Tham khảo)

An toàn lao động, phòng chống cháy nổ và vệ sinh môi trường

Khi tiến hành công tác thí nghiệmxuyên tiêu chuẩn phải chấp hành đúng các luật, các tiêu chuẩn, các quy định có liên quan đến an toàn lao động, phòng chống cháy nổ, vệ sinh môi trường và cần lưu ý thêm một số nội dung sau:

- 1) Tất cả cán bộ công nhân tham gia và phục vụ cho công tác thí nghiệmxuyên tiêu chuẩn phải được phổ biến về an toàn lao động, phòng chống cháy nổ và vệ sinh môi trường. Mọi người có mặt tại hiện trường đều phải mặc quần áo, đội mũ, đeo găng tay và đi giày bảo hộ lao động theo đúng quy định hiện hành. Khi tiến hành thí nghiệm trong hố khoan trên mặt nướcphải có phương án cụ thể để đảm bảo an toàn; phải có phao cứu sinh đúng tiêu chuẩn, đặt tại vị trí thích hợp và đủ cho toàn bộ số người làm việc trên sàn khoan;
- 2) Thiết bị, dụng cụ thí nghiệm phải được lắp đặt, vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa theo đúng hướng dẫn của nhà sản xuất. Trước khi sử dụng cần kiểm tra chạy thử nếu thấy tốt, hợp quy cách mới được vận hành;
- 3) Trong khi thí nghiệm không được thực hiện bằng cách nâng tạ trực tiếp bằng tay mà phải bằng tời để đảm bảo an toàn và chiều cao rơi là tự động;
- 4) Khitiến hành thí nghiệm vào ban đêm thì phải có đầy đủ ánh sáng để đảm bảo có thể quan sát rõ được tất cả các vị trí trong khu vực thí nghiệm;
- 5) Các thiết bị dụng cụ nâng hạ như dây kéo, ròng rọc, tời phải được sử dụng đúng sức nâng theo quy định. Nếu bánh xe của tời hoặc ròng rọcbị sứt mẻ hoặc mòn nhiều thì không được dùng mà phải thay cái khác. Không được hiệu chỉnh, bôi dầu mỡ vào dây kéo, ròng rọc và tời quay khi đang vận hành;
- 6) Dây kéo bị đứt một số sợi quá 10 % tổng số sợi phải thay, phải thường xuyên kiểm tra chỗ buộc giữa dây kéo với búa đóng;
- 7) Đường ren phần nối của đe, thanh định hướng, cần khoan và đầu xuyên phải tốt khít với nhau, nếu hỏng phải thay ngay. Quá trình thí nghiệmcần theo dõi sự ổn định của phần đầu nối giữa thanh định hướng với đe, giữa đe và cần khoan, giữa cần khoan với đầu xuyên, nếu thấy có hiện tượng hở ren, lỏng đầu nối thì phải ngừng thí nghiệm để kiểm tra và xiết chặt lại phần đầu nối;
- 8) Trong khi đóng búa mọi người phải đứng xa để tránh búa văng vào người. Việc lắp đặt hay tháo dỡ dây kéo, búa đóng và đầu xuyên phải được thực hiện ở trên mặt đất và chỉ được tiến hành khi không còn tải trọng trong hệ thống;
- 9) Mọi công việc đều phải được tiến hành theo đúng phương án kỹ thuật khảo sát. Không được để các nhiên liệu dễ cháy như dầu mỡ và các chất độc hại trong khu vực đặt các thiết bị và dụng cụ thí nghiệm;
- 10) Trong quá trình thí nghiệm phải có biện pháp bảo vệ, giữ gìn vệ sinh và cảnh quan môi trường tại lán trại, nơi sinh hoạt. Không để nước rửa hố khoan, dầu máy, nước thải sinh hoạt v.v... chảy vào nguồn nước, chảy vào đất canh tác và sinh hoạt của nhân dân;

11) Sau khi kết thúc công tác thí nghiệm, phải tiến hành thu dọn vệ sinh nơi đóng quân và hoàn trả lại mặt bằng.

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] Hiệp hội thí nghiệm và vật liệu Hoa Kỳ. ASTM-D1586/D1586M -18 - Phương pháp thử tiêu chuẩn cho thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) và lấy mẫu đất trong thân xuyên, 18 tháng 12 năm 2018. American Society for Testing and Materials. ASTM - D 6066-11 - Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils, Published December 2018.

[2] Hiệp hội thí nghiệm và vật liệu Hoa Kỳ. ASTM-D6066-11 - Tiêu chuẩn xác định sức kháng xuyên tiêu chuẩn để đánh giá khả năng hóa lỏng của cát, tháng 01 năm 2012. American Society for Testing and Materials. ASTM- D6066-11 - Standard Practice for Determining the Normalized Penetration Resistance of Sands for Evaluation of Liquefaction Potential, Published January 2012.

[3] Đoàn kỹ sư quân đội Mỹ. CECW-EG - EM1110-1-1905 - Công trình và sức chịu tải thiết kế của đất. Thủ đô Washington, ngày 30 tháng 10 năm 1992. Department of the Army U.S. - Army Corps of Engineers. CECW-EG, Engineer Manual 1110-1-1905 - ENGINEERING AND DESIGN BEARING CAPACITY OF SOILS. Washington DC 20314-1000, 30 October 1992.

[4] Tiêu chuẩn Châu Âu. BS EN ISO 22476-3:2005+A1:2011 - Khảo sát và thí nghiệm địa kỹ thuật - Thí nghiệm hiện trường - Phần 3 : Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn - Bản tiếng Anh, 31 tháng 01 năm 2012, đã soát xét năm 2019. EUROPEAN STANDARD. BS EN ISO 22476-3:2005+A1:2011 - Geotechnical investigation and testing -Field testing - Part 3: Standard penetration test - English version, 31 January 2012, Confirmed in 2019.

[5] Vũ Công Ngữ, Nguyễn Thái. Thí nghiệm hiện trường và ứng dụng trong phân tích nền móng. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2003.
