

Tiêu chuẩn kỹ thuật

Tiến hành khảo sát địa kỹ thuật dưới đất

AASHTO : R 13-03

ASTM : D 420-98

LỜI NÓI ĐẦU

- Việc dịch ấn phẩm này sang tiếng Việt đã được Hiệp hội Quốc gia về đường bộ và vận tải Hoa kỳ (AASHTO) cấp phép cho Bộ GTVT Việt Nam. Bản dịch này chưa được AASHTO kiểm tra về mức độ chính xác, phù hợp hoặc chấp thuận thông qua. Người sử dụng bản dịch này hiểu và đồng ý rằng AASHTO sẽ không chịu trách nhiệm về bất kỳ chuẩn mức hoặc thiệt hại trực tiếp, gián tiếp, ngẫu nhiên, đặc thù phát sinh và pháp lý kèm theo, kể cả trong hợp đồng, trách nhiệm pháp lý, hoặc sai sót dân sự (kể cả sự bất cẩn hoặc các lỗi khác) liên quan tới việc sử dụng bản dịch này theo bất cứ cách nào, dù đã được khuyến cáo về khả năng phát sinh thiệt hại hay không.
- Khi sử dụng ấn phẩm dịch này nếu có bất kỳ nghi vấn hoặc chưa rõ ràng nào thì cần đối chiếu kiểm tra lại so với bản tiêu chuẩn AASHTO gốc tương ứng bằng tiếng Anh.

Tiêu chuẩn kỹ thuật**Tiến hành khảo sát địa kỹ thuật dưới đất****AASHTO Designation: R 13-03****ASTM Designation: D 420-98****TỔNG QUÁT**

Công tác khảo sát và nhận dạng vật liệu nền đường và các chỉ dẫn khảo sát nền đường có liên quan đến các kỹ thuật phức tạp được thực hiện bằng nhiều trình tự thí nghiệm khác nhau và có thể được diễn dịch khác nhau. Các nghiên cứu này thường mang tính đặc trưng về vị trí và bị ảnh hưởng do cấu tạo địa chất và địa hình; do mục đích khảo sát; do các yêu cầu thiết kế đối với dự án kiến nghị; và do hiểu biết, trình độ và kinh nghiệm của người khảo sát.

1 PHẠM VI ÁP DỤNG

- 1.1 Tiêu chuẩn thực hành được kiến nghị này chỉ ra các phương pháp đã được dùng để xác định tình trạng của đất, đá và nước ngầm. Mục tiêu của công tác khảo sát phải được xác định và nêu rõ vị trí, trên cả mặt đứng và mặt bằng, loại đất và loại đá phổ biến và tình trạng nước ngầm hiện tại trong một diện tích nhất định và thiết lập được các đặc trưng của vật liệu nền đường thông qua việc lấy mẫu và thí nghiệm hiện trường. Việc thí nghiệm trong phòng trên các mẫu đất sẽ phải tuân theo các tiêu chuẩn AASHTO và ASTM khác.
- 1.2 *Tiêu chuẩn này có thể xét đến các vật liệu, vận hành và thiết bị nguy hiểm. Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề an toàn liên quan đến sử dụng. Nhiệm vụ và trách nhiệm của người sử dụng tiêu chuẩn này là phải đảm bảo độ tin cậy và các vấn đề sức khỏe phù hợp và xác định khả năng áp dụng các giới hạn quy định trước khi sử dụng.*

Chú thích 1 - Các giá trị trong tiêu chuẩn này theo hệ đơn vị SI.

2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN**2.1 Tiêu chuẩn AASHTO:**

M 145, Phân loại đất và hỗn hợp cốt liệu đất dùng cho ngành xây dựng đường bộ.

M 146, Thuật ngữ dùng cho nền đường, cốt liệu đất, và vật liệu đắp.

M 147, Vật liệu dùng làm cốt liệu và cốt liệu đất cho lớp móng trên, móng dưới và các lớp mặt đường.

T 2, Cách lấy mẫu cốt liệu.

T 194, Xác định các thành phần hữu cơ trong đất bằng đốt cháy ướt.

T 206, Thí nghiệm xuyên và lấy mẫu đất bằng tách-tang.

T 207, Phương pháp lấy mẫu đất bằng ống thành mỏng.

T 221, Thí nghiệm đất và các thành phần của kết cấu áo đường mềm bằng phương pháp chất tải bàn nén tĩnh liên tục dùng để đánh giá và thiết kế kết cấu áo đường ô tô và sân bay.

T 223, Thí nghiệm cắt cánh hiện trường đối với đất dính.

T 225, Phương pháp khoan lõi kim cương để khảo sát đất.

T 235, Sức chịu tải của đất đối với tải trọng tĩnh trên móng nông.

T 252, Phương pháp đo áp lực lỗ rỗng trong đất.

T 267, Xác định hàm lượng hữu cơ trong đất bằng tổn hao trong khi đốt cháy.

T 306, Phương pháp khoan bằng mũi khoan liên tục dùng cho thăm dò địa kỹ thuật.

2.2 Tiêu chuẩn ASTM:

C 119, Thuật ngữ liên quan đến kích thước đá.

C 294, Thuật ngữ mô tả các thành phần của cốt liệu bê tông.

D 653, Thuật ngữ dùng cho đất, đá và chất lỏng chịu nén.

D 1196, Phương pháp thí nghiệm dùng để thí nghiệm đất và các thành phần của kết cấu áo đường mềm bằng phương pháp chất tải bàn nén tĩnh không liên tục dùng để đánh giá và thiết kế kết cấu áo đường ô tô và sân bay.

D 1586, Phương pháp thí nghiệm dùng để thí nghiệm xuyên và lấy mẫu đất bằng ống mẫu chẻ.

D 2487, Tiêu chuẩn thực hành phân loại đất dùng cho ngành xây dựng (Hệ thống phân loại đất thống nhất).

D 2488, Tiêu chuẩn thực hành mô tả và nhận biết đất (Theo trình tự quan sát - kiểm tra bằng tay).

D 3213, Tiêu chuẩn thực hành về sử dụng, bảo quản và chuẩn bị đất mềm dưới biển không bị xáo trộn).

D 3385, Phương pháp thí nghiệm về tốc độ thấm của đất bằng thấm kế hai vòng tại hiện trường.

D 3404, Chỉ dẫn đo điện thế ma trận trong vùng Vadose bằng máy đo sức căng.

D 3441, Phương pháp thí nghiệm đối với các thí nghiệm xuyên tĩnh – ma sát, xuyên tĩnh, hay gần như tĩnh học và thí nghiệm xuyên sâu dùng cho đất.

D 3550, Tiêu chuẩn thực hành về lấy mẫu đất ống lấy mẫu có ống lót (không xáo trộn).

- D 3740, Tiêu chuẩn thực hành về các yêu cầu tối thiểu đối với các tổ chức được chọn trong công tác thí nghiệm và/hoặc điều tra đất và đá dùng để thiết kế và xây dựng công trình.
- D 4083, Tiêu chuẩn thực hành về mô tả đất bị đóng băng (Theo trình tự quan sát - kiểm tra bằng tay).
- D 4220, Tiêu chuẩn thực hành về bảo quản và vận chuyển mẫu đất.
- D 4394, Phương pháp thí nghiệm để xác định mô đun biến dạng của khối đá tại hiện trường bằng phương pháp chất tải bằng bàn nén cứng.
- D 4395, Phương pháp thí nghiệm để xác định mô đun biến dạng của khối đá tại hiện trường bằng phương pháp chất tải bằng bàn nén di động.
- D 4403, Tiêu chuẩn thực hành đối với các thiết bị đo độ giãn dùng cho đá.
- D 4427, Phân loại các mẫu than bùn bằng thí nghiệm trong phòng.
- D 4428/D 4428M, Phương pháp thí nghiệm động đất các lỗ ngang.
- D 4429, Phương pháp thí nghiệm CBR (Hệ số sức chịu tải California) của đất tại chỗ.
- D 4452, Phương pháp tiêu chuẩn chụp tia X quang các mẫu đất.
- D 4506, Phương pháp thí nghiệm xác định mô đun biến dạng của khối đá tại hiện trường bằng phương pháp nén hướng tâm.
- D 4544, Tiêu chuẩn thực hành về đánh giá chiều dày lớp trầm tích bùn.
- D 4553, Phương pháp thí nghiệm xác định các đặc trưng từ biến của đá tại hiện trường.
- D 4554, Phương pháp thí nghiệm xác định cường độ sức kháng cắt trực tiếp tại hiện trường của đá không liên tục.
- D 4555, Phương pháp thí nghiệm xác định biến dạng và cường độ của đá yếu bằng thí nghiệm nén một trục tại hiện trường (Không liên tục).
- D 4623, Phương pháp thí nghiệm xác định ứng suất của khối đá tại hiện trường bằng phương pháp khoan lõi bên trên - Dụng cụ đo biến dạng hố khoan USBM.
- D 4630, Phương pháp thí nghiệm xác định khả năng truyền và lưu giữ của đá có tính thấm thấp các giá trị đo tại hiện trường từ thí nghiệm bơm không đổi từ phía trên.
- D 4631, Phương pháp thí nghiệm xác định khả năng truyền và lưu giữ của đá có tính thấm thấp các giá trị đo tại hiện trường từ thí nghiệm rung áp lực (Không liên tục).
- D 4645, Phương pháp thí nghiệm xác định ứng suất của đá tại hiện trường bằng phương pháp tạo vết nứt thủy lực.
- D 4700, Hướng dẫn lấy mẫu đất từ khu vực Vadose.
- D 4719, Phương pháp thí nghiệm khi thí nghiệm bằng áp lực kế dùng cho đất.

D 4729, Phương pháp thí nghiệm ứng suất và mô đun biến dạng tại hiện trường bằng phương pháp kích phẳng.

D 4750, Phương pháp thí nghiệm xác định mực chất lỏng dưới mặt đất trong các hố khoan hoặc giếng thăm dò (Giếng quan sát).

D 4879, Hướng dẫn lập bản đồ địa kỹ thuật đối với các công trình ngầm lớn xuyên trong đá.

D 4971, Phương pháp thí nghiệm xác định mô đun biến dạng của đá tại hiện trường bằng kích đặt trong hố khoan 76 mm (3 in.) chịu tải trọng xuyên tâm.

D 5079, Tiêu chuẩn thực hành về bảo dưỡng và vận chuyển các mẫu lõi đá.

D 5088, Tiêu chuẩn thực hành về phòng tránh sự nhiễm bẩn thiết bị hiện trường dùng trong các vị trí bỏ hoang không kích hoạt phóng xạ.

D 5092, Tiêu chuẩn thực hành về công tác thiết kế và lắp đặt các giếng quan sát nước ngầm trong các tầng ngậm nước.

D 5093, Phương pháp thí nghiệm đo tốc độ thấm tại hiện trường bằng thấm kế hai vòng với vòng bên trong ngăn nước.

D 5126, Hướng dẫn lập so sánh các phương pháp hiện trường xác định độ thấm trong khu vực Vadose.

D 5195, Phương pháp thí nghiệm khối lượng đơn vị của đất và đá tại hiện trường ở chiều sâu bên dưới mặt đường bằng phương pháp hạt nhân.

D 6066, Tiêu chuẩn thực hành xác định sức kháng xuyên tiêu chuẩn của cát để đánh giá khả năng bị hoá lỏng.

3 Ý NGHĨA VÀ SỬ DỤNG

3.1 Công tác khảo sát thích hợp về đất, đá và nước ngầm phải cung cấp các thông tin thích đáng để quyết định một hoặc nhiều vấn đề sau:

3.1.1 Vị trí công trình kiến nghị theo cả mặt đứng và mặt bằng;

3.1.2 Vị trí và đánh giá sơ bộ về nguồn vật liệu xây dựng ở nơi khác và nguồn vật liệu xây dựng địa phương.

3.1.3 Sự cần thiết đối với các kỹ thuật đào và thoát nước đặc biệt.

3.1.4 Khảo sát sự ổn định của sườn dốc tự nhiên và nền đào, ổn định móng đất đắp nền đường.

3.1.5 Lựa chọn sơ bộ về loại nền đắp và các yêu cầu rào chắn thủy lực.

3.1.6 Lựa chọn sơ bộ về các loại móng khác và các đánh giá về tầng chịu lực phù hợp tương ứng.

- 3.1.7 Sự phát triển các công tác khảo sát ngầm chi tiết bổ sung đối với các công trình hoặc thiết bị đặc biệt.
- 3.1.8 Sự cần thiết và loại nền đường hoặc các xử lý móng nền đường hoặc thoát nước.
- 3.1.9 Lựa chọn loại đường hoặc kiểu kết cấu mặt đường.
- 3.1.10 Sự cần thiết phải xác định các khu vực cần biện pháp bảo vệ môi trường đặc biệt.
- 3.1.11 Xác định các vị trí có khả năng nguy hiểm và các loại vật liệu nguy hiểm.
- 3.2 Công tác khảo sát có thể yêu cầu phải lựa chọn các mẫu đất và đá lớn thích hợp có chất lượng để cho phép tiến hành thí nghiệm tốt nhằm phân loại đất hoặc đá hay loại khoáng vật, hoặc cả hai, cũng như các tính chất xây dựng khác phù hợp với thiết kế được kiến nghị.
- 3.3 Thực tế nêu trên không phải là một trình bày cứng nhắc về các yêu cầu khảo sát. Có thể áp dụng các kỹ thuật khác nếu phù hợp.

4 THĂM DÒ KHU VỰC DỰ ÁN

- 1.1. Các thông số kỹ thuật có sẵn từ văn bản hay từ các thông tin cá nhân phải được xem xét trước khi bắt đầu bất cứ một chương trình tại hiện trường nào. Nếu không bị hạn chế, chúng phải bao gồm bản đồ địa hình, ảnh chụp trên không, hình ảnh từ vệ tinh, bản đồ địa chất, khảo sát đất của toàn bang hoặc của hạt, và khảo sát nguồn khoáng vật, và các bản đồ đất xây dựng liên quan đến khu vực dự án kiến nghị. Cũng phải nghiên cứu các báo cáo về khảo sát dưới mặt đất của các dự án gần đó hoặc lân cận.

Chú thích 2 – Trong khi các bản đồ hoặc báo cáo cũ có thể là lỗi thời và chứa đựng các giá trị hạn chế so với những hiểu biết hiện tại, phải tiến hành so sánh giữa cái cũ và cái mới để tìm ra các thông tin bất ngờ có giá trị.

- 4.1.1 Khảo sát địa chất Hoa Kỳ và khảo sát địa chất của các bang khác nhau là nguồn bản đồ và báo cáo địa chất chủ yếu về nguồn khoáng sản và nước ngầm.
- 4.1.2 Các báo cáo khảo sát đất của Bộ Bảo tồn tài nguyên nông nghiệp tự nhiên Hoa Kỳ, nếu sẵn có và trong thời gian gần đây, phải tạo điều kiện cho kỹ sư đánh giá được phạm vi về các đặc trưng của đất theo chiều sâu là 1.5 m hoặc 2.0 m (5 hoặc 6 ft) đối với mỗi loại đất trên bản đồ.

Chú thích 3 - Mỗi loại đất có mặt cắt đất riêng biệt do tuổi, vật liệu gốc, vật liệu thay thế, điều kiện khí hậu, và các hoạt động của sinh vật. Việc xem xét các yếu tố này có thể giúp nhận biết các loại đất khác nhau, mỗi loại yêu cầu các đánh giá và xử lý kỹ thuật đặc biệt. Có thể tìm thấy các tính chất đất xây dựng tương tự khi các đặc trưng về mặt cắt dọc đất cũng tương tự nhau. Sự thay đổi về tính chất đất ở các khu vực lân cận thường chỉ ra những thay đổi về vật liệu gốc hoặc vật liệu thay thế.

- 4.2 Trong các khu vực mà các thông số miêu tả bị hạn chế do bản đồ đất hoặc địa chất không đầy đủ, phải tiến hành nghiên cứu đất và đá trong các nền đào ở khu vực lân cận với dự án kiến nghị và ghi chú các mặt cắt dọc của các loại đất và đá khác nhau. Các chú thích hiện trường của các nghiên cứu này phải bao gồm các dữ liệu được chỉ ra trong Mục 10.6.

4.3 Khi cần một bản đồ sơ bộ về khu vực dự án, có thể chuẩn bị các bản đồ được biên soạn từ các ảnh chụp trên không thể hiện tình trạng của đất. Sự phân bố các loại trầm tích đất và đá chủ yếu có thể gặp trong quá trình khảo sát phải được trình bày bằng các số liệu thu thập được từ các bản đồ địa chất, phân tích thành tạo đất, và thăm dò đất có giới hạn. Những người diễn dịch ảnh chụp trên không có kinh nghiệm có thể suy luận ra các số liệu dưới đất từ việc nghiên cứu ảnh đen trắng, ảnh màu và ảnh hồng ngoại bởi vì các điều kiện đất hoặc đá tương tự nhau, hoặc cả hai, thường có kiểu xuất hiện tương tự nhau trong các khu vực khí hậu hoặc thực vật tương tự.

Chú thích 4 – Có thể phát triển bản đồ sơ bộ này thành bản đồ kỹ thuật chi tiết bằng cách xác định vị trí các hố khoan thí nghiệm, hố, và các trạm lấy mẫu và bằng các ranh giới đã chỉnh sửa được xác định từ khảo sát chi tiết dưới đất.

4.4 Trong các khu vực không có đủ các thông tin trên văn bản, có thể xác định các thông tin về điều kiện dưới đất từ chủ đất, người khoan giếng, và các đặc trưng của ngành công nghiệp xây dựng ở địa phương.

4.5 Việc xem xét về sử dụng đất trước đây (bản đồ thuế, báo cáo bảo hiểm hỏa hoạn, ...) và/hoặc những thay đổi đường đồng mức khu vực có thể chỉ ra khả năng tồn tại của vật liệu chôn dưới đất mà có thể dẫn đến các nỗ lực có thể sửa chữa được.

5 BÌNH ĐỒ THĂM DÒ

5.1 Phải xem xét các yêu cầu về thiết kế và hoạt động của dự án trước khi đưa ra bình đồ thăm dò cuối cùng. Phải lên kế hoạch thăm dò sơ bộ để chỉ ra các điều kiện của khu vực cần các khảo sát sâu hơn. Một khảo sát về đất, đá và nước ngầm dưới đất hoàn thiện phải bao gồm các hoạt động sau đây:

5.1.1 Xem xét các thông tin có sẵn về lịch sử địa chất, điều kiện đá, đất và nước ngầm xảy ra tại vị trí kiến nghị và trong khu vực lân cận với vị trí.

5.1.2 Diễn dịch ảnh chụp trên không và các thông số đo khác.

5.1.3 Sự thăm dò hiện trường để xác định các điều kiện địa chất trên mặt đất, lập bản đồ địa tầng lộ thiên, và kiểm tra hoạt động của các công trình hiện có.

5.1.4 Điều tra vật liệu trên mặt và dưới đất tại hiện trường bằng các khảo sát địa vật lý, khoan lỗ, và hố khoan thí nghiệm.

5.1.5 Khôi phục các mẫu xáo trộn đặc trưng cho các thí nghiệm phân loại trong phòng thí nghiệm về đất, đá và vật liệu xây dựng địa phương. Phải bổ sung các mẫu không xáo trộn thích hợp để xác định các tính chất xây dựng phù hợp với công tác khảo sát.

5.1.6 Việc xác định vị trí của mực nước ngầm, hoặc mực nước, nếu nước ngầm ở trên cao, hoặc xác định bề mặt nước có áp nếu có nước ngầm phun. Phải xem xét đến sự khác biệt của các vị trí này trong cả khung ngắn hạn và dài hạn. Đường văn màu của địa tầng đất có thể là biểu hiện của vị trí nước ngầm dâng cao theo mùa dài hạn.

5.1.7 Việc nhận biết và đánh giá vị trí của vật liệu làm móng phù hợp, đáy tầng đá hoặc đất chịu tải;

- 5.1.8 Nhận biết tại hiện trường của trầm tích đất, và đá, với tham khảo đặc biệt về loại và mức độ phân huỷ (ví dụ, saprolite, karst, đá phiến sét phân huỷ hoặc đá phiến sét vôi tôi), chiều sâu tồn tại và loại và vị trí của những vị trí kết cấu không liên tục.
- 5.1.9 Việc đánh giá hoạt động của các lớp đất hiện tại, liên quan đến vật liệu làm móng và môi trường trong khu vực lân cận với vị trí kiến nghị; và
- 5.1.10 Xác định khả năng tồn tại của các vật liệu chôn vùi nguy hiểm mà có thể dẫn đến các nỗ lực có thể sửa chữa được.

6 THIẾT BỊ VÀ TRÌNH TỰ TRONG CÔNG TÁC THĂM DÒ

- 6.1 Loại thiết bị cần cho công tác khảo sát dưới mặt đất phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau gồm loại vật liệu dưới đất, chiều sâu thăm dò, tính chất của địa hình, và mục đích sử dụng số liệu.
- 6.2 Các máy khoan tay, máy đào hố, xẻng, và các thiết bị lấy mẫu dạng ống đẩy thích hợp với công tác thăm dò khi chiều sâu của đất trên mặt đất từ 1 đến 5 m (3 đến 15 ft). Cần của máy dò, không lấy được mẫu, có thể phát hiện được vật cản khi từ chối đối với chiều sâu thăm dò tương tự.
- 6.3 Các thiết bị đào đất như gàu ngược, máy xúc có gàu, và máy khoan dạng cột khoan (đỉnh vít hoặc pittông) có thể được sử dụng để tiến hành thăm dò hiện trường đối với các trầm tích đất và lấy mẫu các vật liệu có chứa hạt rất lớn. Kỹ sư phải chú ý đến khả năng bị xáo trộn lâu dài của các tầng chịu lực do áp lực lỗ rỗng không cân bằng trong công tác đào thí nghiệm.
- 6.4 Máy khoan điện và khoan xoay có các thiết bị khoan thích hợp được sử dụng hợp lý khi khảo sát và lấy mẫu.
- 6.5 Các thiết bị khoan giếng có thể thích hợp khi thăm dò địa chất ở sâu. Các mẫu thông thường phải là các mảnh vỡ có kích thước bằng hạt cát thu được từ dòng chảy trở lại, nhưng phải sẵn có các thiết bị lấy lõi.
- 6.6 Thiết bị đo đặc hiện trường về lún và dịch chuyển của đất.
- 6.7 Các dụng cụ hoặc phương tiện trợ giúp nhỏ như là cuốc chim, ống nhòm, thủy tinh từ tính, axit,...

7 THĂM DÒ ĐỊA VẬT LÝ

- 7.1 Các thiết bị đo xa hoặc thiết bị đo địa vật lý có thể trợ giúp cho công tác lập bản đồ về quy mô cấu tạo địa chất của vùng và đánh giá những thay đổi về tính chất đất và đá.
- 7.1.1 Các thiết bị vẽ bản đồ quang phổ bằng máy bay và vệ tinh như là LANDSAT có thể được dùng để tìm và lập bản đồ quy mô vùng về vật liệu dưới đất và cấu trúc địa chất. Việc diễn dịch các bức ảnh chụp từ máy bay hoặc hình ảnh vệ tinh có thể định vị và xác định được các tính chất địa chất chiếm ưu thế mà thể hiện được các đứt gãy và vết nứt. Thông thường cần phải có một số công cụ quản lý đất để kiểm tra các thông tin từ nguồn số liệu đo xa.

- 7.2 Có thể sử dụng các phương pháp khảo sát địa vật lý để bổ sung số liệu hố khoan và phân đất trời lên để nội suy giữa các hố khoan. Phương pháp thăm dò radar xuyên chấn động vào đất và phương pháp suất điện trở tĩnh điện có thể sẽ đặc biệt có ích khi có sự sai khác riêng biệt về tính chất của vật liệu dưới đất kề nhau.
- 7.3 Có thể sử dụng phương pháp khúc xạ/phản xạ bằng chấn động nông và thăm dò radar xuyên vào đất để vẽ biểu đồ tầng đất và mặt cắt dọc theo chiều sâu, mực nước, và chiều sâu tới tầng đá trong nhiều trường hợp, nhưng công tác xuyên và phân giải phải thay đổi theo các điều kiện của khu vực. Các kỹ thuật cảm ứng điện từ, suất điện trở tĩnh điện, sự phân cực cảm (hoặc suất điện trở phức) có thể được dùng để vẽ biểu đồ thể hiện sự thay đổi về độ ẩm, tầng đất sét, sự phân tầng, và chiều sâu đến tầng ngậm nước/tầng đá. Các kỹ thuật địa vật lý khác như phương pháp trọng lực, từ trường, và nhiệt độ đất nông có thể có ích trong các trường hợp đặc biệt nhất định. Phương pháp gây chấn động sâu và phương pháp tĩnh điện thường được sử dụng để lập bản đồ về sự phân tầng và cấu trúc của đá kết hợp với các lõi khoan. Phương pháp đo vận tốc sóng cắt qua các hố khoan ngang có thể cung cấp các thông số của đất và đá phục vụ cho việc phân tích động.
- 7.3.1 Đặc biệt, có thể sử dụng phương pháp khúc xạ chấn động để xác định chiều sâu tới tầng đá trong các khu vực mà có tầng đất chặt liên tục.
- 7.3.2 Phương pháp phản xạ chấn động có thể có ích cho việc phác họa các đơn vị địa chất dưới 3 m (10 feet). Nó không bị kim nén bởi các lớp có vận tốc chấn động thấp và đặc biệt có ích ở những khu vực có thay đổi địa tầng nhanh.
- 7.3.3 Phương pháp suất điện trở tĩnh điện có thể cũng rất có lợi để xác định chiều sâu tới đá và những dị thường trong mặt cắt dọc địa tầng, để đánh giá cấu tạo địa tầng có một tầng chặt nằm trên một tầng kém chặt hơn, và ở vị trí có khả năng trở thành sỏi cát hoặc vị trí có các nguồn vật liệu mượn khác. Có thể cần đến các thông số suất điện trở để thiết kế hệ thống đất nền và bảo vệ rộng rãi các công trình chìm trong đất.
- 7.3.4 Phương pháp thăm dò radar xuyên vào đất có thể có ích khi định dạng lớp đất và đá và các công trình nhân tạo trong phạm vi chiều sâu từ 0.3 đến 10 m (1 đến 30 ft).
- 7.3.5 Máy quét tia hồng ngoại tản nhiệt giúp cho việc xác định các khu vực rò rỉ trên đồi và các công trình đất ngăn nước.

Chú thích 5 – Thông thường khảo sát là một chỉ dẫn giúp ích cho việc xác định hố khoan hoặc các vị trí hố thí nghiệm. Nếu có thể, phải kiểm tra bằng các lỗ khoan hoặc hố đào thí nghiệm sự diễn dịch các nghiên cứu địa vật lý.

8 LẤY MẪU

- 8.1 Thu được các mẫu mà thể hiện đúng mỗi vật liệu dưới đất là rất quan trọng đối với công tác thiết kế và xây dựng dự án. Kích thước và loại mẫu yêu cầu phụ thuộc vào thí nghiệm được tiến hành, lượng hạt thô liên quan, và giới hạn của thiết bị thí nghiệm được sử dụng.

Chú thích 6 – Kích cỡ của các mẫu bị xáo trộn hoặc có số lượng lớn dùng cho các thí nghiệm định kỳ có thể thay đổi do sự thận trọng của người khảo sát, nhưng các khối lượng sau đây được đề nghị là phù hợp với hầu hết các vật liệu:

Phân loại bằng mắt – 50 g đến 500 g (2 oz đến 1 lb)

Các hằng số của đất và phân tích kích thước hạt của đất không có sỏi - 500 g đến 2.5 kg (1 lb đến 5 lb)

Thí nghiệm đầm đất và phân tích đất có sỏi bằng sàng – 20 kg đến 40 kg (40 lb đến 80 lb)

Sản xuất cốt liệu hoặc thí nghiệm các tính chất của cốt liệu – 50 kg đến 200 kg (100 lb đến 400 lb)

- 8.2 Phải xác định chính xác mỗi một mẫu bằng lỗ khoan, hố thí nghiệm, hoặc số hố thí nghiệm và chiều sâu tiến hành thí nghiệm bên dưới mặt đất tham chiếu. Đặt một mảnh nhận dạng không thấm nước vào trong hộp chứa, bảo đảm hộp chứa kín khí, bảo vệ nó để chống lại được những va chạm mạnh, và đánh dấu nó bằng một dấu hiệu thích hợp ở mặt ngoài. Giữ mẫu cần xác định độ ẩm trong hộp kín để ngăn sự hao hụt độ ẩm. Khi sấy khô mẫu có thể ảnh hưởng đến các kết quả thí nghiệm phân loại hoặc thí nghiệm đặc tính xây dựng, phải bảo vệ chúng để giảm thiểu sự hao hụt độ ẩm. ASTM D 4220 và D 5079 trình bày công tác vận chuyển các mẫu từ hiện trường đến phòng thí nghiệm.
- 8.3 Các trình tự lấy mẫu mà AASHTO và ASTM đề nghị như sau:
- 8.3.1 AASHTO T 2 mô tả việc lấy mẫu cốt liệu mịn và cốt liệu thô để tiến hành khảo sát sơ bộ một nguồn có khả năng cung cấp.
- 8.3.2 AASHTO T 306 trình bày cách sử dụng máy khoan trong khảo sát và lấy mẫu đất khi có thể sử dụng các mẫu đất bị xáo trộn. Chiều sâu khảo sát của các máy khoan bị giới hạn bởi điều kiện nước ngầm, đặc trưng của đất và thiết bị sử dụng.
- 8.3.3 AASHTO T 206 trình bày trình tự xác định mẫu đất đặc trưng dùng cho các thí nghiệm nhận dạng và phân loại trong phòng và đo sức kháng của đất để xuyên bằng một ống mẫu tiêu chuẩn.
- 8.3.4 AASHTO T 207 trình bày trình tự khôi phục các mẫu đất không bị xáo trộn tương đối phù hợp với các thí nghiệm trong phòng.
- 8.3.5 AASHTO T 225 trình bày trình tự khôi phục các mẫu đá nguyên trạng và đất quá cứng thành mẫu theo T 206 hoặc T 207.
- 8.3.6 ASTM D 3550 trình bày trình tự khôi phục các mẫu đất đặc trưng, bị xáo trộn trung bình cho công tác thí nghiệm trong phòng và trong một số trường hợp thí nghiệm cắt hoặc cố kết.

9 PHÂN LOẠI VẬT LIỆU ĐẤT

- 9.1 Nhận dạng các mẫu đất và đá sau khi đưa vào phòng thí nghiệm các thí nghiệm nhận biết và phân loại phù hợp với một trong các tiêu chuẩn AASHTO và ASTM sau đây.
- 9.1.1 ASTM C 294, “Thuật ngữ miêu tả dùng cho các thành phần của cốt liệu bê tông”.
- 9.1.2 ASTM D 2487, “Phân loại đất theo mục đích xây dựng”.
- 9.1.3 AASHTO M 145, “Phân loại đất và hỗn hợp cấp phối đất theo mục đích xây dựng đường bộ”.
- 9.1.4 ASTM D 2488, “Tiêu chuẩn thực hành mô tả đất (Trình tự quan sát - kiểm tra bằng tay)”.
- 9.1.5 ASTM D 4083, “Tiêu chuẩn thực hành mô tả đất bị đóng băng (Trình tự quan sát - kiểm tra bằng tay)”.

10 XÁC ĐỊNH CÁC ĐIỀU KIỆN DƯỚI ĐẤT

- 10.1 Các điều kiện dưới đất chỉ được xác định rõ ràng tại các hố thí nghiệm riêng lẻ, hố khoan, lỗ khoan, hoặc các chỗ hở được kiểm tra. Các điều kiện giữa các điểm quan sát có thể sai khác đáng kể với các điều kiện đã gặp phải khi thăm dò. Có thể đưa ra một mặt cắt dọc địa tầng qua các khảo sát chi tiết chỉ khi có thể suy luận ra được các cách xác định mối quan hệ liên tục về chiều sâu và vị trí các loại đất và đá khác nhau. Giai đoạn này của công tác khảo sát có thể thực hiện bằng cách lập biểu đồ hình trụ lỗ khoan của đất và đá lộ thiên lên thành của các hố và diện tích đào và bằng cách vẽ hình trụ lỗ khoan của các lỗ khoan thí nghiệm. Sau đó, ta có thể nội suy, và ngoại suy được một khoảng cách hợp lý ngoài các hố khoan đó. Khoảng cách của các khảo sát này phụ thuộc vào độ phức tạp của địa chất của khu vực dự án và vào tầm quan trọng của tính liên tục của đất và đá với công tác thiết kế công trình. Việc thăm dò phải đủ sâu để xác định được tất cả các địa tầng mà có thể gây ra ảnh hưởng đáng kể do việc sử dụng vị trí dự kiến và để phát triển số liệu kỹ thuật cần cho việc phân tích các hạng mục được thống kê trong Mục 3 đối với mỗi dự án.

Chú thích 7 - Bản đồ của một chương trình khảo sát xâm nhập dưới đất phải xét đến những yêu cầu có thể đối với những cho phép về lấp đặt và lấp lỗ khoan và giếng khoan khi kết thúc công tác khảo sát.

- 10.2 Các hố khoan thăm dò hoặc hố thí nghiệm của nền đường, mặt đường sân bay, hoặc các khu vực đỗ xe phải có chiều sâu tối thiểu là 1.5 m (5 ft) bên dưới cao độ nền đường dự kiến. Có thể phải tăng chiều sâu này trong các trường hợp đặc biệt. Các hố khoan công trình, hố đào, hoặc nền đắp phải kéo dài xuống dưới cao độ ảnh hưởng của ứng suất chủ yếu hoặc nước ngầm từ tải trọng dự kiến xác định được bằng một phân tích ứng suất dưới đất.
- 10.3 Khi các công trình hoặc hoạt động của thiết bị có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều vật liệu chống thấm nước hoặc vật liệu không thấm nước mà có thể ngăn được sự thoát nước bên trong, phải kéo dài các lỗ khoan đủ để xác định các tính chất xây dựng và địa chất thủy văn liên quan đến việc thiết kế công trình.

- 10.4 Trong tất cả các khu vực mượn, các lỗ khoan hoặc hố thí nghiệm phải đủ về số lượng và có chiều sâu thích hợp để chỉ ra được số lượng vật liệu cần thiết thoả mãn các yêu cầu về chất lượng đã quy định.
- 10.5 Nơi có sương giá hoặc khô theo mùa có thể ảnh hưởng đáng kể đến sự làm việc của đất và đá, phải kéo dài lỗ khoan xuống dưới chiều sâu từ cao độ hoàn thiện của vùng hoạt động được dự đoán trước.
- 10.6 Phải giữ các số liệu thăm dò trong một cách thức có tính hệ thống đối với mỗi dự án. Các số liệu đó bao gồm:
- 10.7 Mô tả mỗi vị trí hoặc khu vực được khảo sát. Mỗi hố khoan thí nghiệm, lỗ khoan, hố thí nghiệm, hoặc các vị trí thí nghiệm địa vật lý phải được định vị rõ ràng (trên mặt bằng và trên phương đứng) có tham chiếu với một số hệ tọa độ đã thiết lập, mốc so sánh, hoặc công trình vĩnh cửu.
- 10.7.1 Hình trụ lỗ khoan của mỗi hố khoan thí nghiệm, lỗ khoan, hố thí nghiệm, hoặc phần đào lộ thiên phải thể hiện rõ mô tả hiện trường và vị trí mỗi vật liệu hoặc nguồn nước gặp phải, bằng ký hiệu hoặc bằng từ ngữ.
- Chú thích 8** - Ảnh màu lõi đá, mẫu đất và các địa tầng lộ thiên có thể chứa các giá trị quan trọng. Mỗi bức ảnh phải chức đựng một số nhận dạng hoặc ký hiệu, ngày, và tỉ lệ quy chiếu.
- 10.7.2 Nhận dạng tất cả các loại đất dựa theo AASHTO M 145, ASTM D 2488, D 2607, hoặc D 4083 hoặc hệ thống nhận biết/ phân loại khác thoả mãn chính sách và yêu cầu. Nhận dạng vật liệu đá theo ASTM C 119 hoặc C 294. Cách phân loại vật liệu đất và đá được trình bày trong Mục 9.
- 10.7.3 Ghi chép về vị trí và mô tả hiện tượng các khu vực thấm qua và khu vực chống nước và cao độ của áp kế xác định được trong mỗi hố khoan thí nghiệm, lỗ khoan, hoặc hố thí nghiệm.
- 10.7.4 Ghi chú về vị trí chính xác của các kết quả thí nghiệm hiện trường, như là sức kháng xuyên hoặc thí nghiệm cắt cánh, thí nghiệm chất tải bằng bàn nén, hoặc các thí nghiệm về các tính chất xây dựng của đất hoặc đá tại hiện trường.
- 10.7.5 Phần trăm mẫu được khôi phục và tên chất lượng đá trong khi khoan lõi đã được chỉ ra trong Mục 8.3.5.
- 10.7.6 Trình bày dạng đồ thị số liệu hiện trường và trong phòng thí nghiệm và sự diễn dịch của nó quyết định đến những hiểu biết toàn diện về các điều kiện dưới đất.

11 THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG

- 11.1 Thí nghiệm hiện trường có ích cho: (a) công tác đo các tham số của đất trong điều kiện không xáo trộn với tất cả các ảnh hưởng hạn chế hoặc chất tải, hoặc cả hai, của các tính chất đất mà không cần thiết phải lấy mẫu.
- 11.2 Trình tự mà AASHTO và ASTM đề nghị về công tác lấy mẫu và tiến hành thí nghiệm như sau:

- 11.2.1 AASHTO T 206 trình bày thí nghiệm xuyên có liên quan bởi nhiều tác giả với các đặc tính cường độ của đất khác nhau.
- 11.2.2 AASHTO T 235 trình bày ước tính về sức chịu tải của đất tại chỗ bằng các thí nghiệm chất tải hiện trường. Các kết quả này có thể giúp ích cho việc thiết kế móng nông dựa trên điều kiện chất tải tĩnh. Thí nghiệm chất tải phải được thực hiện kết hợp với các thí nghiệm hiện trường khác, thường phù hợp với T 206 hoặc ASTM D 3441, hoặc D 1586 để cho phép xác định khả năng áp dụng của các kết quả này.
- 11.2.3 AASHTO T 223 trình bày trình tự đo sức kháng cắt đơn vị của đất dính bằng cách quay cánh có 4 lưỡi trên mặt bằng.
- 11.2.4 ASTM D 3385 trình bày trình tự đo đặc tốc độ lọc của đất tại hiện trường. Nước trong một đầu không đổi được phép chảy vào mặt trên của một diện tích đất cố định và đo được tốc độ lưu lượng của dòng chảy vào một khối đất đã biết thể tích.
- 11.2.5 ASTM D 3441 trình bày cách xác định thành phần sức kháng mũi và sức kháng ma sát khi xuyên thiết bị xuyên hình nón vào trong một khối đất.
- 11.2.6 ASTM D 4403 trình bày cách ứng dụng các loại thiết bị đo độ giãn dòn trong lĩnh vực cơ học đá.
- 11.2.7 ASTM D 4429 trình bày cách xác định tại hiện trường sức chịu tải California đối với bề mặt đất tại hiện trường dùng trong thiết kế hệ thống mặt đường.
- 11.2.8 ASTM D 4719 trình bày thí nghiệm ứng suất - biến dạng tại hiện trường được tiến hành ở thành của hố khoan trong đất.
- 11.2.9 Thiết bị đo đặc hiện trường để đo chuyển vị như thiết bị đo độ nghiêng, bàn lún, máy đo độ nghiêng, ...
- 11.3 Phải kiểm tra khả năng xói về độ PH, suất điện trở và khả năng vi khuẩn khi có thể xảy ra những hư hỏng hoặc thay đổi không chấp nhận được.

12 DIỄN DỊCH KẾT QUẢ

- 12.1 Phải diễn dịch các kết quả khảo sát theo các giá trị thật tìm được và nỗ lực để thu thập và bao gồm tất cả các số liệu trong phòng từ các khảo sát trước đó trong cùng một khu vực. Việc ngoại suy các số liệu vào các khu vực cục bộ không được khảo sát và thí nghiệm chỉ được thực hiện trong các nghiên cứu mang tính khái niệm. Việc ngoại suy này chỉ được thực hiện khi đã biết các mối quan hệ giữa kết cấu và địa tầng đồng đều về địa chất trên cơ sở các số liệu khác. Có thể đưa ra các mặt cắt ngang như là một phần của đặc trưng về vị trí nếu yêu cầu phải chứng minh các điều kiện vị trí.
- 12.1.1 Mặt cắt ngang chứa các số liệu cơ bản từ khảo sát phải được giới hạn bởi mặt cắt dọc của đất và số liệu dưới đất thực tế thu được tại các vị trí thăm dò. Phải chỉ ra các đơn vị địa tầng giữa các vị trí thăm dò xâm nhập nếu được hỗ trợ bằng những nghiên cứu địa vật lý liên tục.

12.1.2 Mặt cắt ngang thể hiện việc diễn dịch các đơn vị địa tầng và các điều kiện khác giữa các thăm dò xâm nhập nhưng không có các hỗ trợ bằng các mặt cắt dọc địa vật lý liên tục phải được trình bày trong phụ lục báo cáo hoặc trong báo cáo được trình bày riêng. Mặt cắt ngang thể hiện phải đi kèm với chú thích trình bày các dị tật hoặc những thay đổi đáng kể khác trong các điều kiện vị trí đã được dự đoán trước với các hoạt động thiết kế hoặc xây dựng đã dự định.

Chú thích 9 - Phải xem xét công tác thăm dò bổ sung nếu không có đủ các hiểu biết để phát triển các mặt cắt ngang thể hiện, với các mô tả thực tế về những thay đổi dự tính trong các điều kiện dưới đất, để thoả mãn các yêu cầu của dự án.

12.2 Các hạn chế do giấy phép của bang, những đề nghị cho các tham số thiết kế chỉ được thực hiện bởi các kỹ sư chuyên nghiệp và các nhà địa chất chuyên về lĩnh vực địa kỹ thuật công trình, và quen thuộc với mục đích, điều kiện, và các yêu cầu nghiên cứu. Cơ học đất, cơ học đá, các khái niệm về địa mạo học phải kết hợp với những hiểu biết về địa kỹ thuật, hoặc địa chất thuỷ văn để tạo ra một ứng dụng hoàn thiện về các kết quả khảo sát đất, đá, và nước ngầm. Các đề nghị thiết kế đầy đủ có thể yêu cầu một nghiên cứu chi tiết hơn nghiên cứu hình dung từ thực tế đã đưa ra.

12.3 Chỉ vạch ra mặt cắt dọc dưới đất từ số liệu địa vật lý, hố khoan thí nghiệm, hố thí nghiệm, hoặc mặt đào thực tế. Việc nội suy giữa các vị trí phải được thực hiện dựa trên các hiểu biết địa chất có sẵn của khu vực và phải được xác định rõ ràng. Cách sử dụng các kỹ thuật địa vật lý đã trình bày trong Mục 7.2 là một hỗ trợ có ích trong công tác nội suy này. Số liệu khảo sát địa vật lý phải được xác định riêng biệt từ số liệu mẫu hoặc số liệu thí nghiệm hiện trường.

13 BẢO CÁO

13.1 Báo cáo khảo sát dưới đất phải bao gồm:

13.1.1 Vị trí khu vực khảo sát thích hợp với dự án. Nó có thể bao gồm các bản đồ phác hoạ hoặc ảnh chụp máy bay trên đó ghi rõ vị trí các hố thí nghiệm, hố khoan, và khu vực lấy mẫu, cũng như số liệu địa mạo học liên quan đến việc xác định các loại đất và đá khác nhau. Các số liệu này bao gồm đường đồng mức, lòng suối, hố đầm lầy, vách đá, v.v... Nếu có thể, bản báo cáo phải gồm một bản đồ địa chất và/ hoặc bản đồ đất nông học của khu vực được khảo sát.

13.1.2 Mô tả về trình tự khảo sát, gồm tất cả các lỗ khoan, hình trụ hố khoan thí nghiệm, biểu đồ trình bày tất cả các số liệu thí nghiệm đầm, có kết, hoặc chất tải, trình bày dạng bảng các kết quả thí nghiệm trong phòng, và công tác diễn dịch dưới dạng đồ thị các kết quả đo địa vật lý.

13.1.3 Mặt cắt ngang vạch ra quy mô của các đơn vị địa tầng và ghi chú các dị vật hoặc các điều kiện chủ yếu.

13.1.4 Tóm tắt các phát hiện được xác định theo Mục 4, 10, 12, bằng các tiêu đề phụ đối với các mặt cắt tương ứng và các đề nghị và khước từ thích hợp với mục đích sử dụng báo cáo.

14 ĐỘ CHÍNH XÁC VÀ SAI SỐ

- 14.1 Tiêu chuẩn này chỉ cung cấp các số liệu mang tính định lượng; vì vậy việc đưa ra độ chính xác và độ lệch là không phù hợp.

15 CÁC TỪ KHOÁ

- 15.1 Thăm dò; nghiên cứu khả thi; khảo sát hiện trường; khảo sát móng; khảo sát địa chất; khảo sát địa vật lý; nước ngầm; khảo sát thủy văn; bản đồ; khảo sát sơ bộ; khảo sát thăm dò; lấy mẫu; khảo sát vị trí; khảo sát đất, khảo sát dưới đất.

16 THAM KHẢO

Chú thích 10 – Có một văn bản rộng lớn về các khảo sát dưới đất được phân loại từ (1) tham khảo về cách nhận biết, mô tả, và đo đạc một thuộc tính về vị trí riêng lẻ của đất hoặc đá đến (2) tham khảo thể hiện cách tạo ra sự can thiệp rộng lớn của các điều kiện trên mặt đất và dưới đất ở những khu vực có địa hình vô cùng rộng lớn bằng cách nội suy từ sự chụp ảnh ở độ cao lớn so với mực nước biển hoặc các hình ảnh vệ tinh. Các tham khảo được nêu ra sau đây là một mẫu văn bản kỹ thuật trong vấn đề diện tích của các khảo sát dưới đất.

Phải đưa ra một chú thích đặc biệt tương ứng với Tham khảo 16.1. Sổ tay này là một cách xử lý toàn diện và thấu đáo về phương pháp luận của công tác khảo sát dưới đất đối với các công trình giao thông. Sổ tay này cung cấp những giải thích chi tiết về các kỹ thuật khảo sát dưới đất khác nhau theo hàng trăm thông số, biểu đồ, bảng, ảnh và tài liệu tham khảo. Tiêu chuẩn này được uỷ quyền bởi Hiệp hội Đường bộ và Giao thông Hoa Kỳ (AASHTO) đáp lại trực tiếp với các yêu cầu của Tiểu ban về vật liệu và Tiểu ban về Cầu và các công trình.

- 1.2. AASHTO, *Manual on Subsurface Investigation*, AASHTO, Washington, DC, 1987.
- 1.3. *Agricultural Handbook*, No. 436, *Soil Taxonomy*, Soil Conservation Service, U.S Department of Agriculture, U.S. Printing Office, Washington, DC, 1975.
- 1.4. Alsud, S.A, "Engineering Geophysics", Bul. AEG, Vol. XIX, No. 2, 1982.
- 1.5. *ASCE Manual No. 56, Subsurface Investigation for Design and Construction of Foundation of Buildings*, American Society of Civil Engineers, New York, NY, 1976.
- 1.6. Colorado School of Mines, "Classification of Rock", Vol 50, No.1, 1955.
- 1.7. Dietrich, R. V., J. V. Dutro, Jr. và R. M. Foose, (Compilers), *AGI Sheets for Geology in Field Laboratory, and Office*, Second Eddition, American Geological Institute, 1982.
- 1.8. Dowding, C.H., ed., *Site Characterization and Exploration, Proc. Specialty Workshop*, ASCE, Northwestern University, Evanston, IL, 1978.
- 1.9. *Earth Manual*, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, CO.
- 1.10. *Engineering and Design – Geotechnical Investigation Engineer Manual*, EM 110-1-1804, Headquarters, Department of the Army, Washington, DC.
- 1.11. *Engineering Geology Field Manual*, U.S. Bureau of Reclamation, 1989.

- 1.12. Howell, J. V. and J. M. Weller, ed., *Glossary of Geology, American Geological Institute*, 1972.
- 1.13. Hvorslev, M. J., *Subsurface Exploration and Sampling of Soils*, Engineering Foundation, New York, NY, 1948.
- 1.14. Keys, W. S., “Borehole Geophysics Applied to Ground Water Investigation,” U. S. Geological Survey Open-File Report R87-539, Denver, CO, 1988.
- 1.15. Mori, H., ed., State of the Art on Current Practice of Soil Sampling, *Proc. International Symposium of Soil Sampling*, Int. Soc. Soil Mech. and Foundation Engineering, New York, NY, 1979.
- 1.16. Reeves, R. G., A. Anson, and D. Landen, ed., *Manual of Remote Sensing*, 2nd Ed, American Society of Photogrammetry, Falls Church, VA.
- 1.17. Shuter, E. and W. E. Teasdale, “Application of Drilling, Coring, and Sampling Techniques to Test Holes and Wells,” *Techniques of Water-Resource Investigation*, Book 2, U. S. Geological Survey, Washington, DC, 1989.
- 1.18. Trautman, C. H., and F. H. Kulhawy, “Data Source for Engineering Geologic Studies,” *Bul. AEG*, Vol. XX, No.4, 1983.
- 1.19. Wahls, H. E., ed., In Situ Measurement of Soil Properties, *Proc. Specialty Conference of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, North Carolina State University, Raleigh, NC, 1975.

¹ Tiêu chuẩn thực hành được kiến nghị này là tương đương về kỹ thuật với ASTM D 420-98.