

TCVN EN 16907-5

Công tác đất

Phần 5: Kiểm soát chất lượng

Earthworks

Part 5: Quality control

(14/11/2022)

BẢN THẢO

Mục lục	Trang
Lời nói đầu	3
1 Phạm vi áp dụng	4
2 Tài liệu viện dẫn	4
3 Thuật ngữ và định nghĩa	4
4 Chương trình bảo đảm chất lượng	5
5 Kế hoạch kiểm soát chất lượng	5
6 Kiểm tra vật liệu	6
7 Các phương pháp kiểm soát đầm chặt	7
7.1 Quy định chung	7
7.2 Yêu cầu kỹ thuật về phương pháp	7
7.3 Yêu cầu kỹ thuật sản phẩm cuối	7
8 Kiểm tra sự tuân thủ	8
8.1 Quy định chung	8
8.2 Thí nghiệm độ chặt (khối lượng thể tích) tại hiện trường	9
8.3 Kiểm tra độ cứng và khả năng chịu lực	10
8.3.1 Quy định chung	10
8.3.2 Thí nghiệm gia tải tấm nén phẳng	10
8.3.3 Thí nghiệm đo độ võng	10
8.3.4 Thí nghiệm xuyên	10
8.3.5 Phương pháp kiểm tra chất lượng đầm chặt vật liệu hạt thô	11
8.4 Kiểm tra đầm chặt liên tục (CCC) sử dụng lu rung	11
8.5 Hình học/Dung sai	11
9 Tàn suất thí nghiệm	12
10 Đánh giá kết quả kiểm tra	12
11 Hồ sơ trong quá trình xây dựng	12
11.1 Ghi chép hàng ngày (nhật ký)	12
11.2 Trình bày kết quả kiểm tra	13
11.3 Hồ sơ hoàn công	13
12 Giám sát thi công đắp	13
Phụ lục A (tham khảo) Phương pháp đánh giá kết quả kiểm tra	15
A.1 Đánh giá theo phương pháp kết quả đơn lẻ	15
A.2 Đánh giá theo phương pháp định tính	15
A.3 Đánh giá theo phương pháp định lượng	15
Phụ lục B (tham khảo) Các yêu cầu kỹ thuật đầm chặt sử dụng phương pháp Q/S	17

B.1	Định nghĩa	17
B.2	Yêu cầu kỹ thuật đảm chặt.....	17
B.3	Kiểm soát đảm chặt	18

BẢN THẢO

Lời nói đầu

Tài liệu này là một trong những tiêu chuẩn trong loạt khuôn khổ của TCVN EN 16907 về công tác đất. Bộ tiêu chuẩn được chia thành nhiều phần, tương ứng với các bước khác nhau của việc lập kế hoạch, thực hiện và kiểm tra công tác đất và nên được coi chung là một nhóm các tiêu chuẩn để thi công công tác đất. Bộ các tiêu chuẩn thành phần bao gồm:

- TCVN EN 16907-1 Công tác đất – Phần 1: Nguyên tắc và quy định chung;
- TCVN EN 16907-2 Công tác đất – Phần 2: Phân loại vật liệu;
- TCVN EN 16907-3 Công tác đất – Phần 3: Quy trình thi công;
- TCVN EN 16907-4 Công tác đất – Phần 4: Xử lý đất bằng vôi và/hoặc chất kết dính xi măng;
- TCVN EN 16907-5 Công tác đất – Phần 5: Kiểm tra chất lượng;
- TCVN EN 16907-6 Công tác đất – Phần 6: Công tác đất lấn bờ bằng bồi đắp với nạo vét thủy lực.

Trong tiêu chuẩn này, các tham chiếu đến các phần cụ thể của tiêu chuẩn được viết bằng tài liệu tham khảo đầy đủ (ví dụ: “TCVN EN 16907-2”).

Các tiêu chuẩn về công tác đất này không áp dụng cho quy hoạch môi trường và thiết kế địa kỹ thuật nhằm xác định hình dáng và tính chất cần thiết của công trình đất sẽ được xây dựng. Chúng áp dụng cho việc thiết kế vật liệu công tác đất, thi công, giám sát và kiểm tra quá trình thực hiện công tác đất để đảm bảo rằng công trình đất hoàn thành đáp ứng thiết kế địa kỹ thuật.

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này đưa ra các khuyến nghị và hướng dẫn về bảo đảm chất lượng và kiểm soát chất lượng của việc thi công công tác đất tạo thành một phần của công việc xây dựng công trình và tòa nhà nói chung. Nó cung cấp hướng dẫn về các kỹ thuật được sử dụng, để bảo đảm cho khách hàng, nhà thầu và tư vấn thiết kế sự tin tưởng rằng các công tác đất đã được thi công phù hợp với các yêu cầu của họ.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu sau đây được đề cập đến trong tiêu chuẩn theo cách mà một số hoặc tất cả nội dung của chúng tạo thành các yêu cầu của tài liệu này. Đối với tài liệu ghi năm, chỉ áp dụng cho bản được nêu. Đối với các tài liệu tham khảo không ghi ngày tháng, áp dụng cho phiên bản mới nhất của tài liệu được tham chiếu (bao gồm mọi sửa đổi).

EN 1997-1: 2004, *Eurocode 7: Thiết kế địa kỹ thuật - Phần 1: Quy định chung*

TCVN EN 16907-1 *Công tác đất – Phần 1: Nguyên tắc và quy định chung*

TCVN EN 16907-2 *Công tác đất – Phần 2: Phân loại vật liệu*

TCVN EN 16907-1 *Công tác đất – Phần 3: Quy trình thi công*

TCVN EN 16907-4 *Công tác đất – Phần 4: Xử lý đất bằng vôi và/hoặc chất kết dính xi măng*

TCVN EN 16907-5 *Công tác đất – Phần 5: Kiểm tra chất lượng*

TCVN EN 16907-6 *Công tác đất – Phần 6: Công tác đất lán bờ đất bằng cách bồi đắp vôi nạo vét thủy lực.*

CEN/TS 17006, *Earthworks – Continuous Compaction Control (CCC) (Công tác đất - Kiểm tra đảm chặt liên tục (CCC))*

EN ISO 18674 (all parts), *Geotechnical investigation and testing – Geotechnical monitoring by field instrumentation (tất cả các phần, Khảo sát và thí nghiệm địa kỹ thuật - Quan trắc địa kỹ thuật bằng thiết bị hiện trường)*

EN ISO 22476-1, *Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test (ISO 22476-1) (Khảo sát và thí nghiệm địa kỹ thuật - Thí nghiệm tại hiện trường - Phần 1: Thí nghiệm xuyên tĩnh điện và piezocone (ISO 22476-1))*

EN ISO 22476-2, *Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing (ISO 22476-2) (Khảo sát và thí nghiệm địa kỹ thuật - Thí nghiệm tại hiện trường - Phần 2: Thí nghiệm xuyên động (ISO 22476-2))*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

CHÚ THÍCH: Xem thêm Điều 3 trong TCVN EN 16907-1 để biết các thuật ngữ và định nghĩa chung để sử dụng trong công tác đất.

3.1

Bảo đảm chất lượng (quality assurance)

Tất cả các hoạt động được lên kế hoạch và có hệ thống cần thiết để cung cấp sự tin tưởng rằng công trình đất sẽ hoạt động tốt trong quá trình vận hành, tức là nó đã được xây dựng theo các yêu cầu chỉ định.

3.2

Kiểm soát chất lượng (quality control)

Hệ thống được sử dụng để giám sát, đánh giá và điều chỉnh các quá trình xây dựng/thực hiện để bảo đảm rằng sản phẩm cuối sẽ đáp ứng mức chất lượng quy định.

4 Chương trình bảo đảm chất lượng

Bảo đảm chất lượng [QA] đề cập đến hệ thống tổng thể để bảo đảm chất lượng dự án với Kiểm soát chất lượng [QC] là một yếu tố của chương trình bảo đảm chất lượng toàn diện.

Một chương trình QA được xây dựng toàn diện bao gồm các yếu tố cốt lõi sau:

- i) Kiểm soát chất lượng: Xem Định nghĩa trong 3.2;
- ii) Nghiệm thu: Tất cả các yếu tố [tức là lấy mẫu, thí nghiệm và kiểm tra] để đánh giá mức độ tuân thủ các yêu cầu của hợp đồng;
- iii) Giải quyết bất đồng: Quy trình giải quyết bất đồng phải khách quan và kịp thời. Để giải quyết các tranh chấp liên quan đến thí nghiệm, nên sử dụng các mẫu lưu (được sử dụng trong quyết định nghiệm thu), các phòng thí nghiệm dự phòng hoặc thứ ba và khuyến khích một quy trình quyết định một cách minh bạch để xác định kết quả của tranh chấp.

CHÚ THÍCH: Có thể yêu cầu bảo đảm chất lượng độc lập - nghĩa là đánh giá khách quan và độc lập đối với tất cả các quy trình lấy mẫu và thí nghiệm được sử dụng trong chương trình nghiệm thu.

5 Kế hoạch kiểm soát chất lượng

Kế hoạch kiểm soát chất lượng cho công tác đất tối thiểu phải bao gồm:

- a) Quy trình lấy mẫu và thí nghiệm, bao gồm:
 - địa điểm thí nghiệm;
 - tần suất thí nghiệm;
 - các phương pháp và tiêu chuẩn thí nghiệm sẽ được chấp nhận;
 - quy mô số liệu được thu thập và các yêu cầu lưu trữ sau đó;
 - phương pháp và tiêu chí nghiệm thu.
- b) Một sơ đồ tổ chức xác định tất cả các nhân sự có liên quan và các nhiệm vụ chính; đặc biệt là người chịu trách nhiệm về chất lượng tổng thể và các phần riêng lẻ như thí nghiệm.
- c) Quy trình xem xét các mẫu, chứng chỉ ...

d) Quan sát và kiểm tra trực quan.

e) Quy trình kiểm soát tài liệu.

f) Các quy trình ghi lại sự không phù hợp và các hành động khắc phục sẽ được thực hiện.

Kế hoạch phải nhận thức được rủi ro của việc không tuân thủ và các tác động tiềm ẩn của bất kỳ hư hỏng kết cấu nào nếu các vi phạm không được xác định hoặc đã được xác định nhưng chưa được sửa chữa.

Thông tin cần được thu thập đối với mỗi trường hợp không tuân thủ và nhanh chóng thực hiện hành động để xác định các lý do đằng sau sự kiện đó và xác định (các) hành động khắc phục phù hợp để ngăn chặn sự tái diễn.

Tất cả các công việc được chỉ dẫn (chỉ định) cho dự án phải được kiểm tra, thí nghiệm và giám sát phù hợp với hồ sơ, được ghi chép đầy đủ và duy trì trong suốt thời gian xây dựng và sau khi hoàn thành nếu được yêu cầu.

6 Kiểm tra vật liệu

Trước khi thực hiện bất kỳ công tác đất nào, việc xác định đặc tính của vật liệu phải được thực hiện tuân theo TCVN EN 16907-2 để bảo đảm rằng các giả định thiết kế vẫn còn hiệu lực và các yêu cầu về đào, vận chuyển và đầm chặt trong tài liệu/yêu cầu kỹ thuật của hợp đồng là phù hợp.

Việc lấy mẫu và kiểm tra sự tuân thủ phải được thực hiện tại vị trí đào đối với vật liệu tại hiện trường trừ khi đặc tính của vật liệu có khả năng thay đổi trong khi đào và khi đắp, trong trường hợp đó, việc lấy mẫu và kiểm tra tiếp theo phải được thực hiện khi đắp.

Nguyên liệu đầu vào phải được lấy mẫu và kiểm tra sự tuân thủ tại vị trí đắp thực tế và cũng có thể được kiểm tra tại nguồn, đặc biệt là để phê duyệt ban đầu.

Tất cả các thí nghiệm vật liệu phải được thực hiện theo các quy trình thí nghiệm đã thống nhất trong kế hoạch kiểm soát chất lượng.

Nếu được quy định trong hợp đồng, kết quả của thí nghiệm phân loại phải được đệ trình để xem xét/phê duyệt trước khi bắt đầu đắp.

Việc thí nghiệm và ghi lại vật liệu cần được xem xét liên tục khi thực hiện quá trình đào và đắp. Kết quả thí nghiệm phải sẵn có trước khi đắp và đầm chặt lâu dài, càng nhiều càng tốt.

Thí nghiệm hóa học bổ sung có thể được yêu cầu khi vật liệu sản xuất hoặc tái chế được sử dụng kết hợp trong công tác đất.

Hướng dẫn về thí nghiệm thích hợp đối với đất được xử lý được trình bày trong TCVN EN 16907-4.

Thông tin thêm về một số thí nghiệm phổ biến được trình bày trong TCVN EN 1997-2:2007, Điều 5 và các Phụ lục kèm theo và trong TCVN EN 16907-2.

Kiểm tra hóa học thường xuyên trong công tác đất thường giới hạn ở hàm lượng hữu cơ, hàm lượng cacbonat, hàm lượng lưu huỳnh và sulfat, giá trị pH và hàm lượng clorua và thông tin thêm được trình bày trong các khoản của Điều 5.6 của TCVN EN 1997-2: 2007.

7 Các phương pháp kiểm soát đầm chặt

7.1 Quy định chung

Hai phương pháp để xác định độ đầm chặt, đó là yêu cầu kỹ thuật về phương pháp và yêu cầu kỹ thuật sản phẩm cuối, như được mô tả bên dưới và trong TCVN EN 16907-3 và như tóm tắt trong TCVN EN 16907-1.

Việc lấn bờ bằng phương pháp bồi đắp với nạo vét thủy lực phải được quy định cụ thể bởi yêu cầu kỹ thuật sản phẩm cuối.

CHÚ THÍCH: Điều này đưa ra một bản tóm tắt ngắn gọn về từng yêu cầu kỹ thuật và đưa ra các khuyến nghị về các khía cạnh liên quan cụ thể đến kiểm soát chất lượng.

7.2 Yêu cầu kỹ thuật về phương pháp

Yêu cầu kỹ thuật về phương pháp đòi hỏi thi công các công tác đất bằng vật liệu cụ thể, các loại thiết bị và phương pháp cụ thể được nêu trong hợp đồng.

Nếu sử dụng yêu cầu kỹ thuật về phương pháp, thì việc nghiệm thu phải được kiểm tra bởi một hoặc sự kết hợp của những điều sau:

- kiểm tra trực quan và ghi lại bằng tay sự phù hợp của quá trình thực hiện với các yêu cầu kỹ thuật về phương pháp (tức là số lượt lu lèn, độ dày lớp, khả năng chấp nhận của vật liệu đắp, loại và trọng lượng của máy đầm, tốc độ của máy đầm và tần số rung (nếu yêu cầu));
- kiểm tra và ghi lại khối lượng đầm chặt (Q) và tổng diện tích đầm chặt được thi công bởi máy đầm để đầm khối lượng đó (S , được điều khiển bằng máy đo tốc độ) - xem phương pháp Q/S trong Phụ lục B;
- kiểm tra và ghi lại số lượt lu lèn, độ dày lớp và tốc độ đầm bằng máy đầm, nếu có thể có trang bị đầy đủ hệ thống ghi bằng vệ tinh dẫn đường toàn cầu và hệ thống tài liệu (xem CEN/TS 17006).

Sẽ có lợi nếu xây dựng nền đắp thử nghiệm ở giai đoạn đầu của công tác đất để chứng minh rằng với các vật liệu, phương pháp và thiết bị được đề xuất có thể đạt được các tiêu chí quy định (nếu có). Việc đắp thử nền cũng nên được sử dụng để xác nhận tính hiệu quả của chế độ ghi chép được đề xuất cụ thể và các quy trình kiểm soát chất lượng nói chung và sự chính xác được thực hiện khi cần thiết.

CHÚ THÍCH: Yêu cầu kỹ thuật về phương pháp đã được sử dụng trong nhiều năm và thông lệ này đã được phát triển và hiểu rõ. Chúng dựa trên nghiên cứu sâu rộng và thực hiện trong các phương pháp đầm chặt và đất.

7.3 Yêu cầu kỹ thuật sản phẩm cuối

Yêu cầu kỹ thuật sản phẩm cuối đòi hỏi công tác đất phải được thi công sao cho thỏa mãn các tiêu chí kỹ thuật quy định. Trong dạng chỉ dẫn kỹ thuật này, nhà thầu thi công công tác đất chịu trách nhiệm

trong việc xác định vật liệu, quy trình và thiết bị được sử dụng để thi công.

CHÚ THÍCH: Các yêu cầu về lấy mẫu và kiểm tra của kiểm soát chất lượng thường phụ thuộc vào hình thức hợp đồng. Thông thường, mức kiểm tra tối thiểu sẽ được thiết lập. Trong một số trường hợp, chế độ kiểm tra của kế hoạch kiểm soát chất lượng do nhà thầu thi công công tác đất chịu trách nhiệm thi công và nghiệm thu dựa trên việc lấy mẫu và kiểm tra sản phẩm cuối tại chỗ. Thông thường, trong yêu cầu kỹ thuật sản phẩm cuối, việc kiểm tra sự tuân thủ được thực hiện khi thi công nền đắp (ví dụ: trên mỗi lớp của khối đắp).

Sẽ có lợi nếu xây dựng nền đắp thử nghiệm ở giai đoạn đầu trong công tác đất để chứng minh rằng các vật liệu, phương pháp và thiết bị được đề xuất có khả năng đạt được các tiêu chí quy định, trước khi thực hiện tỷ lệ kiểm tra thông thường trong hệ thống bảo đảm chất lượng.

Sự tuân thủ có thể được chứng minh bằng nhiều phương pháp khác nhau, bao gồm kiểm tra độ chặt tại hiện trường, thí nghiệm gia tải tấm nén phẳng hoặc kiểm tra đầm chặt liên tục, tất cả đều phải được hỗ trợ bởi các hồ sơ hợp lệ do nhà thầu thi công công tác đất chịu trách nhiệm xây dựng, lưu giữ để cung cấp bằng chứng rằng (các) yêu cầu quy định đã đạt được trong mỗi lớp của nền đắp. Loại và quy mô của các hồ sơ hợp lệ và trách nhiệm đối với việc sản xuất chúng phải là một phần không thể thiếu của kế hoạch kiểm soát chất lượng.

Xem thêm 12.2 trong TCVN EN 16907-1:2018.

8 Kiểm tra sự tuân thủ

8.1 Quy định chung

Việc đắp đất phải được kiểm tra và/hoặc thí nghiệm để bảo đảm rằng vật liệu, quy trình đầm chặt và quy trình xây dựng tuân thủ các yêu cầu kỹ thuật (xem TCVN EN 1997-1:2004, 5.3.4).

Việc lựa chọn các tính chất vật liệu cần xem xét tính khả thi của việc thực hiện kiểm tra tuân thủ so với các tiêu chí nghiệm thu được đã chọn và các ràng buộc của hợp đồng và hoạt động xây dựng.

Điều quan trọng là phải hiểu rằng kiểm tra công tác đất cần kết quả nhanh chóng để việc thi công/thực hiện không bị chậm. Trong phần lớn các dự án xây dựng công trình, tốc độ thi công công tác đất là một yếu tố quan trọng. Liên quan đến vấn đề này là nhu cầu xác định nhanh chóng các kết quả kiểm tra sự tuân thủ vì bất kỳ sự chậm trễ nào sẽ làm tăng khối lượng vật liệu được thi công và đầm chặt cho những khu vực chưa được kiểm chứng. Khi đánh giá loại kiểm tra sự tuân thủ, nhà thầu công tác đất phải nhận thức được các hạn chế của các phép kiểm tra này.

Khi thích hợp, kiểm tra mối quan hệ tương quan nên được sử dụng để xác định mối tương quan giữa kết quả kiểm tra sự tuân thủ (sẽ được sử dụng để kiểm soát công tác đất) và các tính chất cơ bản của đất (mà dựa vào đó thiết kế công tác đất). Việc kiểm tra như vậy nên được thực hiện trước chương trình chính của công tác đất. Xem thêm 6.3.5 trong TCVN EN 16907-1:2018.

Kiểm tra sự tuân thủ tại vị trí đắp thường được chia thành hai nhóm chính, tức là:

- kiểm tra độ chặt (khối lượng thể tích) tại hiện trường;

- kiểm tra độ cứng và khả năng chịu lực.

8.2 Thí nghiệm độ chặt (khối lượng thể tích) tại hiện trường

Có thể yêu cầu thí nghiệm độ chặt (khối lượng thể tích) tại hiện trường đối với khối đất đã được đầm chặt để bảo đảm rằng các yêu cầu của thông số kỹ thuật đã đạt được. Thí nghiệm độ chặt có thể được thực hiện bằng cách sử dụng một trong các phương pháp được nêu sau đây:

- thí nghiệm khối lượng thể tích bằng máy đo phóng xạ;
- dùng cát thế chỗ;
- dao vòng;
- bóng cao su;
- dùng chất lỏng thế chỗ;
- dùng thạch cao thế chỗ.

Cần tiến hành thí nghiệm xác định độ chặt tại hiện trường, cùng với đó các kết quả thu được phải được đánh giá dựa trên tỷ lệ phần trăm tham chiếu thích hợp của khối lượng thể tích khô lớn nhất thu được từ thí nghiệm đầm chặt trong phòng hoặc bằng phương pháp khác. Kết quả thí nghiệm hiện trường thu được trong quá trình đầm chặt của công tác đất phải lớn hơn giá trị tham chiếu này. Đối với khối đất có hàm lượng hạt nhỏ lớn đáng kể, cả khối lượng thể tích tại hiện trường và độ ẩm phải được xác định tại thời điểm thi công để xác nhận rằng hệ số rỗng chứa khí trong khối đất được đầm chặt là chấp nhận được - xem 6.3 của TCVN EN 16907-1.

Có một số vấn đề liên quan đến thí nghiệm xác định độ chặt tại hiện trường thông thường/truyền thống, tức là;

- mất thời gian để tiến hành đủ số lượng thí nghiệm để phân tích thống kê kết quả thí nghiệm đầm chặt;
- các hạt to ngoại cỡ cần được xét đến;
- việc xác định độ ẩm có thể làm mất thời gian, trì hoãn công việc;
- xác định chính xác khối lượng của vật liệu đào cần được thực hiện.

Thí nghiệm xác định khối lượng thể tích bằng máy đo phóng xạ được chứng minh cho phép đo khối lượng thể tích tự nhiên nhưng không cho phép đo độ ẩm; khối lượng thể tích khô cần được tính toán hoặc hiệu chỉnh từ độ ẩm thu được trong phòng thí nghiệm từ mẫu đất lấy tại vị trí kiểm tra.

Phương pháp đo phóng xạ có một ưu điểm lớn so với các phương pháp truyền thống là các thí nghiệm có thể được tiến hành nhanh chóng và có thể thu được kết quả trong vài phút. Tuy nhiên, chúng cần được hiệu chuẩn một cách chính xác và các biện pháp phòng ngừa an toàn và sức khỏe thích hợp cần được áp dụng. Ngoài ra, theo cách tương tự với các thí nghiệm độ chặt tại hiện trường khác, chúng không thích hợp cho các vật liệu có kích thước hạt quá lớn hoặc cho các vật liệu không đồng nhất. Kiểm tra độ chặt bằng máy đo phóng xạ dựa trên sự xuyên của các tia bức xạ qua các lớp được đầm chặt nằm giữa nguồn bức xạ và đầu thu. Điều này có thể cung cấp kết quả nhanh chóng về khối lượng thể tích khô mặc dù một phép đo riêng biệt về độ ẩm được khuyến nghị. Đối với việc kiểm tra độ chặt

tại hiện trường của khối đắp bằng máy kiểm tra bằng phóng xạ, nên thực hiện thí nghiệm trực tiếp.

8.3 Kiểm tra độ cứng và khả năng chịu lực

8.3.1 Quy định chung

Các bài kiểm tra độ cứng và khả năng chịu lực nói chung có thể được chia thành ba loại chính, đó là;

- thí nghiệm gia tải tấm nén phẳng;
- thí nghiệm đo độ võng bằng quả nặng thả rơi;
- thí nghiệm xuyên.

8.3.2 Thí nghiệm gia tải tấm nén phẳng

Thí nghiệm gia tải tấm nén phẳng là đặt một tấm tròn cứng để xác định mô đun biến dạng từ chuyển vị thẳng đứng đo được của tấm được gia tải.

Các thí nghiệm thông thường là:

- tấm nén tĩnh;
- tấm nén động, cho phép đo mô đun biến dạng động nhanh hơn tại hiện trường;
- thí nghiệm chất tải vùng: Đây là một biến thể của thí nghiệm tĩnh bao gồm một khu vực hình chữ nhật lớn đáng kể và có xu hướng bị hạn chế đối với các dự án lớn hơn hoặc nơi đã đắp bằng thủy lực (xem TCVN EN 16907-6).

Khi sử dụng các thí nghiệm gia tải tấm nén phẳng để kiểm tra chất lượng đầm chặt của khối đắp, tỷ số giữa mô đun biến dạng ở chu kỳ gia tải thứ nhất và mô đun biến dạng ở chu kỳ gia tải thứ hai thường được sử dụng. Tỷ lệ của các mô đun trong hầu hết các trường hợp không được vượt quá một giá trị thích hợp.

8.3.3 Thí nghiệm đo độ võng

Thí nghiệm bao gồm đo độ lún gây ra bởi một tải trọng nhất định tác dụng trên trục xe bánh đôi (thường là 11 tấn hoặc 13 tấn). Phép đo độ lún thường chia thành hai loại:

- đo với cần đo võng Benkelman (đo điểm);
- đo liên tục bằng thiết bị chuyên dụng.

8.3.4 Thí nghiệm xuyên

Một loạt các thí nghiệm xuyên đã được phát triển trên khắp Châu Âu và chúng thường chia thành hai loại:

- thí nghiệm xuyên động (DCP) – xem EN ISO 22476-2;
- thí nghiệm xuyên tĩnh (CPT) – xem EN ISO 22476-1.

CHÚ THÍCH: Thí nghiệm DCP có các tương quan tốt với một số thông số thiết kế địa kỹ thuật và việc thí nghiệm diễn ra nhanh chóng mặc dù độ sâu xuyên giới hạn.

Thí nghiệm CPT có thể được sử dụng để đánh giá định tính mức độ đầm chặt (hoặc độ chặt tương đối)

của khối đắp có diện tích lớn như mỏ đá đã được san lấp và đất lán nơi các phương pháp thí nghiệm khác không khả thi và việc thí nghiệm cũng hữu ích do tốc độ thực hiện, đặc biệt là khi phải xuyên qua tới độ sâu đáng kể. Cần lưu ý rằng các phép đo như vậy không phải lúc nào cũng xác định được liệu đã đạt được mức độ đầm chặt đã đạt yêu cầu trong đất dính hay chưa và cần được sử dụng một cách thận trọng. Tiến độ thí nghiệm CPT cần được xem xét cẩn thận do khó có thể xuyên sâu trong khối đắp đã thi công.

Tham khảo hướng dẫn trong TCVN EN 1997-2.

8.3.5 Phương pháp kiểm tra chất lượng đầm chặt vật liệu hạt thô

Khi các phương pháp thí nghiệm nêu trên không thể được sử dụng một cách thỏa đáng do tính chất thô của vật liệu đắp, có thể sử dụng phương pháp gián tiếp để kiểm tra chất lượng đầm chặt dựa trên phép đo biến dạng của bề mặt đắp bằng cách sử dụng các điểm khảo sát đã thiết lập. Phần đắp được coi là đủ chặt nếu biến dạng trong lần đầm cuối cùng của mỗi lớp không vượt quá một giá trị xác định. Ví dụ, đầm đủ chặt đạt được khi chênh lệch độ lún sau hai lần đầm cuối cùng của mỗi lớp nhỏ hơn 0,5% chiều dày lớp.

8.4 Kiểm tra đầm chặt liên tục (CCC) sử dụng lu rung

Phương pháp CCC (kiểm tra đầm chặt liên tục) sử dụng lu rung cho phép tích hợp kiểm tra liên tục quá trình đầm chặt và kiểm tra nghiệm thu toàn bộ diện tích đầm chặt. Tùy thuộc vào kiểu và quy mô công trường, loại đất và độ đồng đều của đất cần đầm chặt, có bốn cách khác nhau để sử dụng CCC cho QC và QA (xem CEN/TS 17006 “Công tác đất - Kiểm tra đầm chặt liên tục (CCC)”):

- CCC có hiệu chuẩn để kiểm tra gián tiếp liên tục độ chặt và độ cứng;
- CCC tài liệu hóa và phân tích khu vực yếu;
- CCC tài liệu hóa về mức độ đầm chặt lớn nhất đạt được;
- tài liệu hóa về phương pháp đầm chặt.

CHÚ THÍCH: CCC là một phương pháp đo tích hợp con lăn có sử dụng thiết bị đo gia tốc để cung cấp các phép đo động liên tục. Nó dựa trên sự tương tác giữa đặc trưng gia tốc của trống máy lu rung và độ cứng của đất thay đổi theo quá trình đầm chặt.

Loại đất và đặc biệt là tỷ lệ hạt mịn của vật liệu và độ ẩm ảnh hưởng đến độ lớn của giá trị đo CCC. Đối với đất hỗn hợp có trên 15% $d < 0,063$ mm và đất mịn, cần đặc biệt chú ý đến độ ẩm. Mối tương quan giữa giá trị đo CCC và mức độ đầm chặt chỉ có thể thực hiện được trong điều kiện đất đồng nhất và nước.

8.5 Hình học/Dung sai

Kích thước, cao độ và độ dốc của bề mặt lớp đất, bao gồm cả các mái dốc trượt, phải được kiểm tra để xác nhận rằng công việc phù hợp với các yêu cầu quy định.

9 Tàn suất thí nghiệm

Tàn suất kiểm tra phải được lập kế hoạch có xét đến một số yếu tố, như là:

- khối lượng vật liệu cần san lấp;
- mục đích của việc xây dựng;
- loại vật liệu;
- kết quả của bất kỳ thí nghiệm nào;
- vị trí của lớp trong công trình đất;
- tốc độ thi công khối đắp;
- đánh giá rủi ro không tuân thủ;
- mức độ nghiêm trọng của bất kỳ sự phá hoại hoặc độ lún nào;
- phương pháp thí nghiệm;
- chiều cao của khối đắp.

Chức năng cuối cùng của công trình đất phải được xét đến khi xây dựng chương trình kiểm tra, ví dụ: chế độ kiểm tra nền đắp đường sắt cao tốc cần nghiêm ngặt hơn là đối với đề an toàn môi trường.

10 Đánh giá kết quả kiểm tra

Phương pháp được sử dụng để đánh giá kết quả kiểm tra phải được quy định trong yêu cầu kỹ thuật công tác đất. Việc đánh giá kết quả kiểm tra có thể được thực hiện bằng phương pháp kết quả đơn lẻ và bằng các phương pháp thống kê như phương pháp định tính và phương pháp định lượng.

Đánh giá bằng phương pháp kết quả đơn lẻ ngụ ý rằng tất cả các kết quả kiểm tra phải phù hợp với giới hạn quy định đối với đặc tính chất lượng. Khả năng phân biệt của phương pháp này tăng lên khi tăng số lượng kết quả kiểm tra.

Đánh giá bằng phương pháp thống kê dựa trên giả định rằng các kết quả kiểm tra thu được từ các thí nghiệm, được lấy ngẫu nhiên theo kế hoạch kiểm soát chất lượng từ khu vực cần được đánh giá, hoặc theo thuật ngữ thống kê, kết quả kiểm tra được giả định là một mẫu ngẫu nhiên từ tổng số mẫu được lấy.

Ba phương pháp đánh giá được mô tả trong Phụ lục A của tài liệu này.

Các kết quả kiểm tra phải luôn được xem xét dưới sự giám sát trực quan và kiểm tra vật liệu đắp được đảm bảo, theo kế hoạch kiểm soát chất lượng.

11 Hồ sơ trong quá trình xây dựng

11.1 Ghi chép hàng ngày (nhật ký)

Cần duy trì ghi chép hàng ngày về các mẫu và vật liệu được lấy. Ghi chép phải đủ chi tiết để ghi lại bản chất và nguồn gốc của tất cả các vật liệu. Ghi chép phải xác định rõ ràng các vị trí và tiêu chí lựa chọn và cách lấy mẫu. Khi cần thiết, một bản sao của ghi chép hàng ngày nên được cung cấp để lưu giữ.

11.2 Trình bày kết quả kiểm tra

Việc trình bày kết quả phải phù hợp với tiêu chuẩn kiểm tra có liên quan và tối thiểu phải bao gồm:

- kết quả kiểm tra;
- loại kiểm tra và phương pháp được sử dụng;
- ngày giờ kiểm tra;
- vị trí và cao độ của điểm kiểm tra;
- điều kiện về thời tiết và hiện trường;
- phân loại đất (theo mục đích sử dụng cuối cùng);
- số kiểm tra tham chiếu;
- tên của tổ chức tiến hành kiểm tra.

11.3 Hồ sơ hoàn công

Nhà thầu thi công công tác đất chịu trách nhiệm về các công trình cần phải khảo sát công việc và cung cấp các bản vẽ hoàn công và số liệu kiểm tra, khi thích hợp. Thông tin nên bao gồm:

- hồ sơ về đào đất bao gồm độ sâu và khối lượng vật liệu đã đào;
- hồ sơ về cao độ nền đất hoàn thành thực tế;
- hồ sơ về vị trí lấy mẫu;
- kết quả của tất cả các kiểm tra tuân thủ và báo cáo bất kỳ về sự không tuân thủ;
- nguồn và vị trí của tất cả các vật liệu thải được bố trí ngoài hiện trường;
- nguồn gốc và phân loại của từng nguồn nguyên liệu nhập khẩu và chi tiết các thủ tục phê duyệt nguồn;
- vị trí trong công trình của từng nguồn đắp và ngày tháng được thi công;
- hồ sơ về máy đầm được sử dụng, bao gồm cả đồng hồ tốc độ và/hoặc hồ sơ CCC khi thích hợp. Những điều này phải bảo đảm khả năng chứng minh rằng đã sử dụng đủ máy đầm trên mỗi nền đắp tại mọi thời điểm, để phù hợp với khối lượng vật liệu đắp cho nền đó trong một khoảng thời gian nhất định, tức là hồ sơ QC của Nhà thầu phải chứng minh rằng công suất của máy đầm không lớn hơn công suất của máy đào tại bất kỳ thời điểm nào;
- hồ sơ kiểm tra.

12 Giám sát thi công đắp

Việc giám sát và theo dõi công việc đắp phải tuân theo các quy định chung được nêu trong Điều 4 của TCVN EN 1997-1.

Việc thi công đắp cần được quan sát cẩn thận trên toàn bộ hiện trường, nhưng ở những nơi mà sự ổn định và/hoặc độ lún được coi là cực hạn thì cần thiết phải lắp đặt các thiết bị đo đạc phù hợp.

Trong mọi trường hợp, khi có yêu cầu về chương trình giám sát và theo dõi, tư vấn thiết kế cần quy định các thông tin chi tiết và các yêu cầu trong báo cáo thiết kế địa kỹ thuật. [TCVN EN 1997-1, 12.7.3.]

Thiết bị đo này có thể được sử dụng để cảnh báo về sự cố sắp xảy ra hoặc để chỉ ra liệu độ lún xảy ra

có như dự tính trong quá trình thiết kế hay không.

Phương pháp quan trắc có thể được áp dụng để kiểm soát và giám sát các công tác đất và phải được thực hiện theo các nguyên tắc nêu trong TCVN EN 1997-1.

Tất cả các thiết bị và trạm đọc phải được đánh dấu rõ ràng khi chúng được lắp đặt và nhà thầu cần được biết về vị trí của thiết bị đo và tầm quan trọng của nó đối với dự án, Nhà thầu phải bảo vệ thiết bị đo một cách đầy đủ.

Đối với thiết bị được sử dụng, vị trí lắp đặt chúng và tần suất quan trắc phải được lên kế hoạch bởi một chuyên gia địa kỹ thuật có trình độ và kinh nghiệm phù hợp.

Ví dụ điển hình là:

- bàn đo lún, máy đo chuyển vị thẳng đứng của từng lớp và máy đo chuyển vị thẳng đứng dạng tấm (để quan trắc độ lún);
- đầu đo áp lực nước lỗ rỗng (piezometer);
- máy đo độ nghiêng cho các dịch chuyển ngang (inclinometer);
- thiết bị đo lún sâu (extensometers). Xem EN-ISO 18674.

Các thông số khác như áp lực đất, ... đôi khi có thể được yêu cầu.

Có rất nhiều loại thiết bị đo địa kỹ thuật có sẵn, và mỗi loại đều có những ưu điểm và hạn chế riêng.

Việc diễn giải và phân tích số liệu cũng phải được thực hiện bởi chuyên gia địa kỹ thuật có kinh nghiệm. Cần bảo đảm rằng nhà thầu xây dựng hiểu đầy đủ về mục đích của từng thiết bị và cách sử dụng số liệu.

Tất cả các kết quả phải được trình bày trong báo cáo phản hồi địa kỹ thuật khi kết thúc dự án cùng với các khuyến nghị cho bất kỳ quá trình giám sát đang diễn ra sau khi xây dựng.

Phụ lục A

(tham khảo)

Phương pháp đánh giá kết quả kiểm tra

A.1 Đánh giá theo phương pháp kết quả đơn lẻ

Khu vực kiểm tra được cho là phù hợp với giới hạn dưới LL và/hoặc giới hạn trên UL của yêu cầu kỹ thuật nếu mọi kết quả kiểm tra thỏa mãn các yêu cầu sau:

$$x_i \geq LL \text{ hoặc } x_i \leq UL \text{ (một phía - một giới hạn dưới hoặc trên)}$$

hoặc

$$LL \leq x_i \leq UL \text{ (khoảng cách giữa hai phía - sự kết hợp của giới hạn trên và giới hạn dưới).}$$

A.2 Đánh giá theo phương pháp định tính

Kết quả kiểm tra thu được được chia thành kết quả kiểm tra đạt yêu cầu và không đạt yêu cầu. Kết quả kiểm tra không tuân thủ là kết quả kiểm tra nằm ngoài giới hạn yêu cầu kỹ thuật.

Sự tuân thủ với giới hạn yêu cầu kỹ thuật đạt được, nếu thỏa mãn bất đẳng thức sau:

$$n_{nc} \leq n_a$$

trong đó

n_{nc} là số lượng kết quả kiểm tra không đạt yêu cầu;

n_a là số lượng kết quả kiểm tra không đạt yêu cầu cho phép, lấy từ phân số nhị thức và một hàm khối lượng mẫu (= số lượng kết quả kiểm tra), mức chất lượng đã chọn (được biểu thị bằng phần không đạt yêu cầu) và xác suất chấp nhận.

Bộ tiêu chuẩn ISO 2859 “Quy trình lấy mẫu để kiểm tra định tính” cung cấp các giá trị n_a , dựa trên các kế hoạch lấy mẫu với xác suất chấp nhận cao (phạm vi từ 88% đến 99%).

A.3 Đánh giá theo phương pháp định lượng

Đặc tính chất lượng cần được đánh giá theo phân phối chuẩn hoặc gần đúng với phân phối chuẩn. Hai thông số phụ, X_L và X_U , được tính như sau:

$$X_L = \bar{x} - k \cdot s \text{ và } X_U = \bar{x} + k \cdot s$$

trong đó

\bar{x} là giá trị trung bình của mẫu;

s là độ lệch chuẩn mẫu;

k là hằng số chấp nhận, dựa trên phân bố t không tập trung hoặc phân bố Gauss, và một hàm kích thước mẫu, mức chất lượng đã chọn và xác suất chấp nhận.

Sự tuân thủ đạt được với giới hạn yêu cầu kỹ thuật LL hoặc UL , nếu một trong các bất đẳng thức

sau được thỏa mãn:

$$X_L \geq LL \text{ hoặc } X_U \leq UL$$

Bộ tiêu chuẩn ISO 3951 “Quy trình lấy mẫu để kiểm tra định lượng” cung cấp giá trị k cho các kích thước mẫu khác nhau dẫn đến xác suất chấp nhận mức chất lượng nhất định vào khoảng 90% đến 95%.

Các giá trị k được lập bảng cho các giá trị xác suất chấp nhận thấp hơn đáng kể (0,1% đến 50%) được nêu trong ISO 16269-6. Trong các tiêu chuẩn này, các khoảng dung sai thống kê không phân bố cũng có thể được xây dựng.

BẢN THẢO

Phụ lục B

(tham khảo)

Các yêu cầu kỹ thuật đầm chặt sử dụng phương pháp Q/S

B.1 Định nghĩa

Phương pháp Q/S là một phương pháp giám sát liên tục quá trình đầm chặt, nhằm mục đích xác định chất lượng đầm chặt tổng thể bằng cách kiểm tra độ dày của các lớp và cách thức sử dụng máy đầm.

Mối liên hệ giữa các thiết bị cần thiết để đầm chặt một vật liệu đắp nhất định và đạt được các kết quả được xác định trước, được mô tả bằng cách chỉ định:

- chiều dày lớn nhất của lớp được đầm chặt;
- giá trị lớn nhất của tỷ số giữa thể tích khối đắp được đầm Q và bề mặt S được đầm chặt, đại diện cho năng lượng đầm chặt cần thiết; và
- thiết bị đầm và bất kỳ hạn chế cụ thể nào.

Các mục tiêu về độ chặt cho một loại đất cụ thể được xác định bằng các thử nghiệm đầm chặt mô hình thực hoặc bằng cách sử dụng các phân loại dựa trên việc tổng hợp các thí nghiệm trước đây.

Một hệ thống phân loại có xét đến loại và trạng thái của vật liệu cần đầm chặt, được sử dụng để xác định các lớp đất sao cho trong mỗi lớp, năng lượng đầm chặt cần thiết để có được lớp đắp ổn định là gần như nhau. Bằng cách này, năng lượng đầm chặt được thiết lập trước cho từng công việc cụ thể, cùng với biện pháp thi công phù hợp.

B.2 Yêu cầu kỹ thuật đầm chặt

Để sử dụng phương pháp Q/S, những điều sau đây bị bắt buộc:

- xác định tính chất và tình trạng của đất (độ ẩm và điều kiện thời tiết);
- chiều dày lớp lớn nhất sau khi đầm chặt (e);
- điều kiện vận hành máy lu (có thể được xác định thông qua các cấp của máy đầm): tốc độ tiến (về phía trước) lớn nhất máy đầm, tải trọng dần, tần số dao động và mômen lệch tâm đối với máy đầm, áp suất lốp đối với máy lu bánh lốp;
- số lượt lu lên với tải trọng sử dụng N cho chiều dày lớp lớn nhất được xác định (e);
- cường độ đầm chặt được biểu thị bằng tỷ số Q/S, trong đó Q là thể tích đất được thi công (đo được sau khi đầm) và S là diện tích được máy thi công đầm Q .

Bảng dưới đây đưa ra một ví dụ về các yêu cầu kỹ thuật đầm chặt được đưa ra từ phương pháp Q/S, cho một loại đất, trạng thái đất và máy đầm cụ thể:

Phương pháp		Loại máy đầm	
Xác định tính chất và tình trạng của đất (độ ẩm và điều kiện thời tiết)	Q/S	0,060	Cùng một giá trị (tính bằng m) cho tất cả các chiều dày
	e	0,35	Chiều dày đầm chặt thực tế $e_r < e$ (tính bằng m)
	V	5,0	V là tốc độ lớn nhất của máy đầm rung, tốc độ trung bình của các loại máy khác (tính bằng km/h)
	N	6	Số lượng tải sử dụng: được làm tròn so với thực tế độ dày/(Q/S) cho e của bảng Nếu $e = 0,30$ thì $N = 5$
	Q/L	300	Tỷ lệ trên mỗi mét chiều rộng $Q/L = 1000 V (Q/S)$ Tốc độ thực tế của các hoạt động đầm chặt với hệ số hiệu quả k (từ 0,5 đến 0,75) $Q_{\text{pract}} = k (Q/L) L (N/n)$ Nếu $k = 0,6, L = 2 \text{ m}, N/n = 1$, thì $Q_{\text{pract}} = 360 \text{ m}^3/\text{hr}$

Nếu chiều dày danh nghĩa e của công việc (e_{job}) nhỏ hơn giá trị cho trong bảng, các điều kiện đầm chặt có thể được tính như sau:

- tốc độ trung bình của lu rung tính từ $V \cdot e = \text{hằng số}$ (các giá trị đang xét được lấy từ cột bên tay

phải: V_{max} và e_{max}) với $V = \frac{V \cdot e}{e_{\text{job}}}$;

- Q/L tính với $\frac{Q}{L} = 1000 \cdot V \cdot (Q/S)$;

- N được lấy bằng giá trị làm tròn phía trên của $\frac{e_{\text{job}}}{(Q/S)}$.

B.3 Kiểm soát đầm chặt

Phương pháp Q/S giám sát đầm chặt liên tục bao gồm:

- vật liệu (xác định các loại đất và trạng thái như mô tả) và điều kiện thời tiết trong quá thi công;
- máy đầm được sử dụng (với chiều rộng của bánh lu);
- chiều dày lớp đầm (kiểm tra sự tuân thủ với chiều dày lớn nhất như quy định đã được xác định);
- thể tích đất đầm chặt (theo trình tự trong đó điều kiện đất, thời tiết và các thông số đầm được coi là đồng nhất) để tính toán Q/S thực tế cho việc so sánh với Q/S quy định;

- diện tích được thi công bởi các máy đầm để tìm diện tích được đầm S và tính toán Q/S thực tế có được;
- các thông số vận hành xe lu (tốc độ tiến, tần số rung, mômen lệch tâm ...);
- mô hình thi công (kiểm tra tính đồng nhất của đầm chặt trên mặt cắt ngang, ...).

Việc đo chiều dày của lớp rất đơn giản nhưng phải được thực hiện cẩn thận bằng cách sử dụng thiết bị phù hợp: mức độ chính xác của phép đo (trên nền đắp thử nghiệm), hoặc thông thường hơn là thước chia độ, thiết bị chiều dày hoặc thước dây.

Thể tích của vật liệu đầm Q có thể được đo bằng nhiều cách khác nhau:

- trực tiếp bằng khảo sát địa hình nền đắp, đây rõ ràng là phương pháp chính xác nhất nhưng rất khó thực hiện. Đôi khi, nó có thể được sử dụng để kiểm tra chéo và hiệu chuẩn các phương pháp gián tiếp sau đây;
- gián tiếp bằng cách khảo sát địa hình khu vực khai thác hoặc bằng cách đếm phương tiện vận chuyển và ước tính tải trọng riêng lẻ. Trong cả hai trường hợp, các số liệu phải được nhân với một hệ số để xét đến sự trương nở (thay đổi).

Ước tính thể tích vật liệu từ tải trọng của các phương tiện vận chuyển có thể xem là phương pháp thuận tiện nhất nhưng phải nhận ra rằng nó khá là không chính xác và phải theo dõi liên tục quá trình quay vòng của phương tiện, một khó khăn đòi hỏi phải cân nhắc kỹ lưỡng khi soạn thảo hợp đồng nếu dự kiến nhà thầu phải chịu trách nhiệm về công việc này.

Diện tích được thi công bởi máy đầm được đo bằng cách nhân chiều rộng đầm với khoảng cách di chuyển. Khoảng cách di chuyển có thể được xác định một cách thuận tiện và chính xác với bản ghi của máy đo tốc độ, loại được sử dụng thường xuyên trong ngành vận tải đường bộ (mặc dù chúng phải được sửa đổi và hiệu chỉnh một cách phù hợp để cho phép chúng được lắp vào xe lu, nhưng trên thực tế, tất cả các xe lu hiện đại đều có thể được trang bị như vậy).

Khách hàng phải kiểm tra thiết bị được lắp vào từng xe lu và kiểm tra cẩn thận xem nó có hoạt động tốt và được hiệu chuẩn chính xác hay không.

Một cách chính xác, tần suất của các phép đo Q và S phải phụ thuộc vào sự thay đổi của các điều kiện hiện trường. Trong các tình huống thông thường nhất, trong đó các điều kiện không thay đổi trong cả ngày làm việc, các phép đo hàng ngày có thể được coi là đạt yêu cầu. Các phép đo thường xuyên hơn, nửa ngày hoặc thậm chí mỗi giờ, có thể phải được xem xét cho các hoạt động đặc biệt (lắp cống, cầu, ...) hoặc khi điều kiện có sự thay đổi đột ngột một cách đáng kể.

Về việc giám sát các chi tiết vận hành của xe lu như tải dẫn, tốc độ tiến, tần số rung, có thể thực hiện kiểm tra tại chỗ (chủ yếu đối với tải dẫn), nhưng bảo đảm thực sự duy nhất về việc tuân thủ các thông số kỹ thuật là các bản ghi từ máy đo tốc độ, được đề cập phía trên. Những bản ghi này sẽ cho thấy bất kỳ sai sót nào trong khi thực hiện công việc: tốc độ đầm rung quá mức, gián đoạn rung, sự không phù hợp giữa vận chuyển vật liệu và thời gian đầm, ..., Bản ghi điện tử với máy tính xử lý dữ liệu đang ngày càng phát triển.

Tài liệu tham khảo

- [1] EN 1997-2:2007, *Eurocode 7 — Geotechnical design — Part 2: Ground investigation and testing* (*Eurocode 7 - Thiết kế địa kỹ thuật – Phần 2: Thí nghiệm và khảo sát*)
- [2] ISO 2859 (series), *Sampling procedures for inspection by attributes* (bộ, *Quy trình lấy mẫu để kiểm tra theo các thuộc tính*)
- [3] ISO 3951-1, *Sampling procedures for inspection by variables – Part 1: Specification for single sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection for a single quality characteristic and a single AQL* (*Quy trình lấy mẫu để kiểm tra theo các biến số – Phần 1: Đặc điểm kỹ thuật cho các kế hoạch lấy mẫu đơn lẻ được lập chỉ mục theo giới hạn chất lượng chấp nhận (AQL) để kiểm tra từng lô đối với một đặc tính chất lượng đơn lẻ và một AQL đơn lẻ*)
- [4] ISO 3951-2, *Sampling procedures for inspection by variables – Part 2: General specification for single sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection of independent quality characteristics* (*Quy trình lấy mẫu để kiểm tra theo các biến số – Phần 2: Đặc điểm kỹ thuật chung cho các kế hoạch lấy mẫu đơn lẻ được lập chỉ mục theo giới hạn chất lượng chấp nhận (AQL) để kiểm tra từng lô các đặc tính chất lượng độc lập*)
- [5] ISO 16269-6, *Statistical interpretation of data – Part 6: Determination of statistical tolerance intervals* (*Giải thích số liệu thống kê – Phần 6: Xác định khoảng dung sai thống kê*)