

TCVN

TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

TCVN : 202X

DỰ THẢO LẦN 1

**CÔNG TÁC ĐỊA KỸ THUẬT - PHƯƠNG PHÁP
TRỘN SÂU**

Execution of geotechnical works — Deep mixing

HÀ NỘI - 202X

MỤC LỤC

Lời nói đầu	4
1. Phạm vi ứng dụng.....	5
2. Tài liệu viện dẫn.....	5
3. Thuật ngữ và định nghĩa.....	6
4. Các thông tin cần thiết cho công tác thi công trộn sâu	8
5. Khảo sát địa kỹ thuật	9
6. Vật liệu và sản phẩm	11
7. Giải pháp thiết kế	11
8. Thi công	14
9. Giám sát, thí nghiệm và quan trắc.....	18
10. Hồ sơ thi công.....	20
11. Các yêu cầu khác	21
Phụ lục A (Tham khảo) Áp dụng thực tế của phương pháp trộn sâu.....	23
Phụ lục B (Tham khảo) Các vấn đề về thiết kế (aspects of design).....	34
Phụ lục C (Tham khảo) Tính toán nền gia cố và trụ đất xi măng	47
Phụ lục D (Tham khảo) Phương pháp thí nghiệm trong phòng xác định sức kháng nén của mẫu đất - xi măng (phương pháp trộn khô).....	55
Phụ lục E (Tham khảo) Phương pháp thí nghiệm trong phòng xác định sức kháng nén của mẫu đất-xi măng (phương pháp trộn ướt).....	59
Phụ lục G (Tham khảo) Cường độ chịu nén của một số hỗn hợp gia cố xi măng đất.....	62

Lời nói đầu

TCVN ... :202X được xây dựng trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn EN 14679:2005 - *Execution of geotechnical works — Deep mixing* với những bổ sung và điều chỉnh phù hợp với điều kiện Việt Nam.

TCVN ... :202X do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

CÔNG TÁC ĐỊA KỸ THUẬT - PHƯƠNG PHÁP TRỘN SÂU

Execution of geotechnical works — Deep mixing

1. Phạm vi ứng dụng

1.1. Tiêu chuẩn này quy định những yêu cầu kỹ thuật về thiết kế, thi công, thí nghiệm, kiểm soát và nghiệm thu công tác thi công trộn sâu tạo trụ đất xi măng được tiến hành bằng hai phương pháp trộn ướt hoặc trộn khô.

1.2. Công nghệ thi công trộn sâu xét đến trong tiêu chuẩn bao gồm các giới hạn như sau:

- a) Trộn bởi cần trộn quay cơ học, không lấy đất lên (xem Phụ lục A);
- b) Độ sâu xử lý nền đất tối thiểu 3 m;
- c) Hình dáng và bố trí đa dạng gồm trụ đơn, mảng, khối, tường, và tổ hợp có nhiều cọc liên kết hoặc không liên kết với nhau (Xem Phụ lục A);
- d) Xử lý cho nền đất tự nhiên, đất lấp, bãi thải...;
- e) Các phương pháp gia cố nền dùng công nghệ tương tự đang có (phương pháp phun áp cao, phương pháp phối hợp, gia cố toàn khối) chỉ cập nhật một phần trong tiêu chuẩn này (xem Phụ lục A)

Các chỉ dẫn về công nghệ trộn sâu như quá trình thi công và thiết bị được thể hiện ở Phụ lục A, các ứng dụng chính của công nghệ được giới thiệu trong Phụ lục A, các phương pháp thí nghiệm, đánh giá về các thông số thiết kế được áp dụng trong thi công trộn sâu được thể hiện trong các phụ lục B, C, D, E và G.

2. Tài liệu viện dẫn

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

TCVN 9362:2012, *Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình.*

TCVN 9354:2012, *Đất xây dựng - Phương pháp xác định mô đun biến dạng tại hiện trường bằng tấm nén phẳng.*

TCVN 9393:2012, *Cọc - Phương pháp thí nghiệm bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.*

TCVN 141 : 2008, *Xi măng – Phương pháp phân tích hóa học.*

TCVN 4030 : 2003, *Xi măng – Phương pháp xác định độ mịn.*

TCVN 4784 : 2001 (EN 196-7 : 1989), *Xi măng – Phương pháp lấy mẫu và chuẩn bị mẫu.*

TCVN 6016 : 1995 (ISO 679 : 1989), *Xi măng – Phương pháp thử – Xác định độ bền.*

TCVN ... : 2022

TCVN 6017 : 1995 (ISO 9597 : 1989), *Xi măng – Phương pháp thử – Xác định thời gian đông kết và độ ổn định.*

TCVN 7572-14 : 2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa – Phương pháp thử – Phần 14: Xác định khả năng phản ứng kiềm-silic.*

TCVN xxxx7-1: 20xx, *Thiết kế Địa kỹ thuật - Các quy định chung*

EN 1997-2, *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing*

EN 12716, *Execution of special geotechnical works - Jet grouting*

ENV 1991, *Eurocode 1: Actions on structures*

ENV 10080, *Steel for reinforcement of concrete, weldable ribbed reinforcing steel B 500 — Technical delivery conditions for bars, coils and welded fabric*

TCVN X14688-1:202X, *Khảo sát và thí nghiệm Địa kỹ thuật - Nhận dạng và phân loại đất Phần 1: Nhận dạng và mô tả*

TCVN X14688-2:202X, *Khảo sát và thí nghiệm Địa kỹ thuật - Nhận dạng và phân loại đất Phần 2: Nguyên tắc phân loại*

TCVN X14689:202X, *Khảo sát và thí nghiệm Địa kỹ thuật về đá - Nhận dạng, mô tả và phân loại.*

3. Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ sau:

3.1

Phụ gia (admixture):

Các chất có tác dụng làm phân tán, hóa dẻo hay kìm hãm làm giảm thời gian hoạt động.

3.2

Chất kết dính (binder):

Là các vật liệu có tính hoạt hóa (VD: vôi, thạch cao, tro xỉ, tro bay...).

3.3

Khối lượng chất kết dính (binder content):

Khối lượng khô của chất kết dính trên một đơn vị thể tích đất được xử lý.

3.4

Hàm lượng chất kết dính (binder factor)

Hệ số giữa khối lượng khô của chất kết dính trên khối lượng khô của đất được xử lý.

3.5

Số vòng quay cánh trộn (blade rotation number)

Tổng số vòng quay của cánh trộn trên một mét khoan thân cọc.

3.6**Trụ đất xi măng** (soil-cement column)

Trụ tròn bằng hỗn hợp đất - xi măng, hay đất - vữa xi măng được chế tạo bằng cách trộn cơ học xi măng hoặc vữa xi măng với đất tại chỗ (in - situ).

3.7**Trộn khô** (dry mixing)

Quá trình gồm xáo tơi đất bằng cơ học tại hiện trường và trộn bột xi măng khô với đất có hoặc không có phụ gia.

3.8**Chất độn** (filler)

Các vật liệu có tính trơ không có hoạt hóa (VD:cát, bột đá nghiền...)

3.9**Năng lượng trộn** (mixing energy)

Các nguồn lực được sử dụng cho máy, thiết bị trộn vận hành

3.10**Quá trình trộn** (mixing process)

Là quá trình bao gồm sự phân rã cơ học của cấu trúc đất và sự phân tán chất kết dính, chất độn vào trong đất.

3.11**Công cụ trộn** (mixing tool)

Dụng cụ được sử dụng để phân tách đất, phân phối và trộn chất kết dính với đất, bao gồm một hoặc một số bộ phận quay được trang bị một số lưỡi, cánh tay, cánh khuấy có/không có gầu khoan liên tục hoặc không liên tục (xem Phụ lục A)

3.12**Quá trình xuyên xuống** (penetration hoặc downstroke)

Giai đoạn/pha của chu kỳ quá trình trộn, trong đó dụng cụ trộn được đưa đến độ sâu thích hợp và diễn ra quá trình trộn và hóa lỏng ban đầu đối với đất.

3.13**Tốc độ xuyên hay rút cần** (penetration or retrieval speed)

Chuyển động thẳng đứng trên một đơn vị thời gian của công cụ trộn trong quá trình xuyên xuống hoặc rút lên của cần khoan.

3.14**Tỷ lệ xuyên xuống hay rút cần** (penetration or retrieval rate)

Chuyển động thẳng đứng của dụng cụ trộn trên mỗi vòng quay của (các) bộ phận quay trong quá trình xuyên xuống hoặc rút lên của cần khoan.

3.15

Rút cần (upstroke)

Giai đoạn/pha của chu kỳ quy trình trộn, trong đó diễn ra quá trình trộn cuối cùng và thu hồi dụng cụ trộn.

3.16

Khuấy lại (restroke)

Là một chu kỳ xuyên xuống và rút lên bổ sung của công cụ trộn để tăng hàm lượng chất kết dính và/hoặc tính đồng nhất của trụ đất xi măng.

3.17

Tốc độ quay (rotation speed)

Số vòng quay của (các) bộ phận quay của thiết bị trộn trong một đơn vị thời gian.

3.18

Hành trình trộn (stroke)

Một chu kỳ hoàn chỉnh của quá trình trộn.

3.19

Tỷ lệ thể tích (volume ratio)

Tỷ lệ giữa thể tích vữa bơm vào (trong công nghệ trộn ướt) với thể tích đất cần xử lý.

3.20

Tỷ lệ nước/chất kết dính (water/binder ratio)

Trọng lượng của nước được thêm vào chất kết dính khô chia cho trọng lượng của chất kết dính khô.

3.21

Trộn ướt (Wet mixing)

Quá trình gồm xáo tơi đất bằng cơ học tại hiện trường và trộn vữa xi măng gồm nước, xi măng, có hoặc không có phụ gia với đất.

3.22

Xuyên cánh (Wing penetration)

Thiết bị xuyên tĩnh có cánh gắn bằng đường kính trụ để kiểm tra chất lượng thi công trụ.

4. Các thông tin cần thiết cho công tác thi công trộn sâu

4.1. Các thông tin chung

4.1.1 Trước khi thi công, các thông tin cần thiết phải được cung cấp.

4.1.2 Các thông tin cần thiết này bao gồm:

- a) Bất kỳ hạn chế nào về mặt pháp lý hoặc theo luật định
- b) Vị trí của các đường lưới trục chính;

- c) Điều kiện của các công trình, đường sá, dịch vụ, v.v... liên kết với công trình;
- d) Hệ thống quản lý chất lượng phù hợp, bao gồm giám sát, theo dõi và thử nghiệm.

4.1.3 Thông tin liên quan đến các điều kiện của công trường bao gồm:

- a) Hình dạng của công trường (điều kiện biên, địa hình, lối vào, độ dốc, giới hạn khoảng không, v.v.);
- b) Các kết cấu, tiện ích ngầm dưới đất hiện hữu, tình trạng ô nhiễm đã biết và các hạn chế về khảo cổ học;
- c) Các hạn chế về môi trường, bao gồm tiếng ồn, độ rung, ô nhiễm;
- d) Các hoạt động xây dựng trong tương lai hoặc đang diễn ra, chẳng hạn như thoát nước, đào hầm, đào hố móng sâu.

4.2 Yêu cầu cụ thể

4.2.1 Các thông tin sau đây cần được cung cấp:

- a) Kinh nghiệm trước đây về trộn sâu hoặc các công trình địa kỹ thuật đặc biệt liên kết với địa điểm, bao gồm các kết quả kiểm tra hiện trường để xác nhận thiết kế;
- b) Vấn đề ô nhiễm ngầm hoặc các mối nguy hiểm có thể ảnh hưởng đến phương pháp thi công, an toàn lao động hoặc việc đưa các vật liệu thải của công tác đào đất ra khỏi công trường.

4.2.2 Các hướng dẫn sau phải được đưa ra:

- a) Quy trình báo cáo về các trường hợp không lường trước được, hoặc các điều kiện được phát hiện có vẻ khác với những điều kiện giả định trong thiết kế;
- b) Quy trình báo cáo, nếu áp dụng phương pháp quan trắc trong thiết kế;
- c) Thông báo về bất kỳ hạn chế nào chẳng hạn như giai đoạn thi công được yêu cầu trong thiết kế;
- d) Kế hoạch thí nghiệm và nghiệm thu đối với các vật liệu được đưa vào công trình.

4.2.3 Bất kỳ yêu cầu bổ sung hoặc điều chỉnh các điều khoản cho phép trong tài liệu này cần được thiết lập và thống nhất trước khi bắt đầu công việc.

5. Khảo sát địa kỹ thuật

5.1. Phần chung

5.1.1. Công tác khảo sát địa kỹ thuật được thực hiện theo đề cương được duyệt. Đề cương khảo sát do thiết kế lập dựa theo đặc điểm và quy mô của công trình sẽ xây dựng, tham khảo các quy định trong các tiêu chuẩn khảo sát địa kỹ thuật chuyên ngành (xây dựng, giao thông).

Chiều sâu khảo sát phải đủ để có thể dự tính độ lún của công trình; khi không có lớp đất cứng thì chiều sâu khoan đến độ sâu không còn ảnh hưởng lún (ứng suất trong đất không vượt quá 10% áp lực bản thân của đất tự nhiên).

5.1.2. Các thông tin cần cung cấp gồm thông tin phục vụ cho thiết kế, và thông tin phục vụ thi công (xem 5.2). Để có số liệu đầu vào cho thiết kế, công tác khảo sát địa kỹ thuật cần tiến hành càng sớm càng tốt, vì sự phát triển cường độ nền đất - xi măng phụ thuộc vào thời gian; để có thể chọn lựa phương án xử lý, ít nhất phải có kết quả thí nghiệm mẫu trong phòng sau 28 ngày bảo dưỡng cho phương pháp trộn ướt và 90 ngày cho phương pháp trộn khô.

Thí nghiệm trong phòng và hiện trường tuân theo các yêu cầu của thiết kế.

5.1.3. Kinh nghiệm thi công trộn sâu ở các công trình có điều kiện địa chất tương tự được tham khảo để quyết định quy mô khảo sát.

5.1.4. Số liệu khảo sát tại các công trình lân cận chỉ chấp nhận sau khi được kiểm chứng cẩn trọng (kết quả xuyên tĩnh, cắt cánh, đo áp lực ngang và các thí nghiệm khác).

5.1.5. Hố khoan hoặc hố đào khảo sát được bịt kín tránh ảnh hưởng của nước ngầm hoặc thi công trụ sau này.

5.2. Thông tin chi tiết

5.2.1. Báo cáo khảo sát cần cấp thêm thông tin về điều kiện đất nền để thi công trộn sâu:

- a) Thành phần, phân bố, chiều dày và trạng thái của lớp đất mặt, rễ cây, đất lấp.;
- b) Hiện diện của cuội, tảng lẩn, đá gây khó khăn cho thi công;
- c) Hiện diện của đất có khả năng trương nở;
- d) Hang, hố, khe nứt;
- e) Cao độ nước có áp, sự thay đổi của nó và khả năng phun trào;
- f) Chất lượng nước ngầm (độ ô nhiễm, độ ăn mòn, pH, chủng loại và hàm lượng ion...).

5.2.2. Đặc trưng vật lý

- a) Giới hạn chảy, dẻo;
- b) Phân loại;
- c) Dung trọng;
- d) Thành phần hạt;
- e) Thành phần khoáng;
- f) Độ ẩm tự nhiên;

g) Hàm lượng hữu cơ.

5.2.3. Đặc trưng cơ học

- a) Biến dạng và cố kết;
- b) Cường độ (kháng cắt, nén và kéo);
- c) Tính thấm.

5.2.4. Đặc trưng môi trường, hóa học và sinh học (nếu cần thiết)

- a) Số liệu thí nghiệm nhiễm bẩn;
- b) Thí nghiệm lọc nước (thí nghiệm nước dùng được).

6. Vật liệu và sản phẩm

6.1. Phần chung

6.1.1. Thi công trộn sâu gồm thêm vào đất một số hoặc toàn bộ các thành phần sau:

- a) Chất kết dính (xi măng, vữa xi măng);
- b) Phụ gia;
- c) Nước;
- d) Chất độn (cát.);
- e) Cốt thép.

6.1.2. Tất cả các vật liệu và sản phẩm dùng thi công trụ phải tuân theo các tiêu chuẩn liên quan hiện hành, và các quy định môi trường.

6.1.3. Vật liệu và sản phẩm phải đúng yêu cầu thiết kế.

6.1.4. Nguồn cung cấp vật liệu phải rõ xuất xứ, khi thay đổi phải được thông báo chấp thuận.

6.2. Lưu ý đặc biệt

6.2.1. Nước từ nguồn khác với nước sinh hoạt đã chấp thuận phải được thí nghiệm kiểm tra

6.2.2. Nếu có dấu vết của các chất hóa học trong vật liệu được coi là gây ô nhiễm môi trường cần đánh giá lại tác động môi trường.

7. Giải pháp thiết kế

7.1. Phần chung

7.1.1. Cường độ trụ tại hiện trường bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố, như tính chất của đất, điều kiện trộn, thiết bị và quy trình trộn, điều kiện dưỡng hộ ... Vì thế cường độ hiện trường rất khó xác định chính xác trong giai đoạn thiết kế sơ bộ. Điều quan trọng là cần xác lập và kiểm chứng cường độ

hiện trường qua các bước bằng thí nghiệm mẫu trộn trong phòng, kinh nghiệm đã tích lũy, chế tạo trụ thử và thí nghiệm kiểm chứng. Thiết kế được sửa đổi nếu các yêu cầu không được đáp ứng đầy đủ.

7.1.2. Triển khai thiết kế dự án trộn sâu bao gồm thiết kế địa kỹ thuật và thiết kế công nghệ, là quá trình thiết kế lập. Mục đích của thiết kế nhằm đưa ra các hồ sơ kỹ thuật có tính khả thi, đáp ứng tính an toàn, tính sử dụng, kinh tế và lâu dài, có chú ý đến tuổi thọ dự kiến của công trình. Thiết kế phải chịu trách nhiệm trong cả quá trình thi công và bảo trì.

7.1.3. Thiết kế địa kỹ thuật cho các dự án trộn sâu dựa trên các tiêu chuẩn liên quan, như thiết kế nền nhà và công trình, thiết kế tường chắn, ổn định mái dốc...., (Phụ lục B tổng kết các thông số chính tác động đến ổn định và độ lún).

7.1.4. Thiết kế sơ bộ dựa vào kết quả thí nghiệm mẫu trộn trong phòng và kinh nghiệm đã tích lũy, có xét đến khác biệt giữa kết quả thí nghiệm trong phòng và thực tế hiện trường (tham khảo Phụ lục B).

7.1.5. Thí nghiệm có thể chưa đủ để kiểm chứng sự thỏa đáng của biện pháp xử lý. Việc giám sát, quan trắc và ghi chép cần được tiến hành trong khi thi công trộn sâu và khi thi công công trình bên trên.

7.2. Các vấn đề thiết kế cần quan tâm

7.2.1. Điều kiện chịu tải, khí hậu, thủy lực, giới hạn độ lún, độ đẩy trôi, độ nghiêng, độ lún lệch của nhà và công trình, biến dạng lún/trôi của các công trình lân cận có thể chịu ảnh hưởng của công tác trộn sâu phải được tính đến.

7.2.2. Giới hạn về môi trường trong thi công như tiếng ồn, xung động, ô nhiễm không khí và nước, tác động đến công trình xung quanh.

7.2.3. Khi trụ được yêu cầu dùng khả năng chịu lực tại mũi trụ, việc sử dụng dụng cụ trộn thích hợp và quy trình trộn phải được quy định để tránh tạo thành vùng xáo động lại ở mũi trụ.

7.2.4. Việc bố trí mặt bằng các trụ và sai số cần kể đến hạn chế của thiết bị trộn, sai số về góc nghiêng, vị trí.

7.2.5. Đối với các trụ bố trí loại lưới, loại khối hoặc các trụ liên kết với nhau, khoảng cách được chỉ định giữa các trụ phải tính đến độ lệch góc và dung sai vị trí.

7.2.6. Sửa đổi do tình trạng chưa lường trước như thay đổi thực chất điều kiện đất nền và thủy lực, phải được báo cáo kịp thời.

7.2.7. Hậu quả của việc để lộ các trụ chịu tác dụng hóa, lý được lưu ý trong thiết kế, đặc biệt trong môi trường biển hoặc điều kiện đất bị ô nhiễm.

7.3. Lựa chọn chất kết dính và phụ gia

7.3.1 Điều kiện địa điểm và mặt bằng cũng như tính chất và tính chất của đất được xử lý phải được xem xét khi lựa chọn chất kết dính.

7.3.2 Hiệu quả của chất kết dính và phụ gia phải được nghiên cứu bằng các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và/hoặc tại chỗ đối với đất được xử lý, có tính đến các quy định nêu trong 7.4.

7.4. Thí nghiệm trong phòng và hiện trường

7.4.1. Do tính chất của đất nền xử lý chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, kể cả quy trình thi công, cho nên việc thi công các trụ thử và các thí nghiệm hiện trường được tiến hành để xác nhận các yêu cầu trong thiết kế đã đạt hay chưa.

7.4.2. Kết quả thí nghiệm các đặc tính của mẫu chế tạo trong phòng thường lớn hơn mẫu tại hiện trường do quy trình trộn và bảo dưỡng không giống nhau, thí nghiệm hiện trường cho phép xác định các tương quan cần thiết. Tùy theo chức năng của trụ mà quy định các thí nghiệm hiện trường thích ứng, có thể tham khảo Phụ lục B.

7.4.3 Khi nghiên cứu quá trình và ứng xử của đất được xử lý, cần xem xét sự cải thiện của đất theo thời gian. Tốc độ cải thiện phụ thuộc vào loại và số lượng chất kết dính được sử dụng và điều kiện đóng rắn. Khi nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đối với các mẫu thử trộn thử, cần xem xét ảnh hưởng của các điều kiện bảo dưỡng (nhiệt độ, bảo dưỡng dưới nước, chất tải trước, v.v.).

7.4.4 Trình tự và tốc độ thực hiện, thời gian ninh kết và đông cứng, và đường kính của cột phải được xem xét để tránh hiện tượng đất bị phá hoại cục bộ hoặc bị lún hoặc trôi đất quá mức cho phép.

7.4.5. Khi trộn sâu được dùng để phòng chống ô nhiễm hoặc ngăn ngừa ảnh hưởng của chất phế thải hoặc các mục đích tương tự mà tương tác giữa xi măng và vật liệu hiện trường (in-situ) chưa dự tính được thì phải tiến hành thêm các thí nghiệm đặc biệt.

7.5. Nội dung hồ sơ thiết kế

7.5.1 Hồ sơ thiết kế cần trình bày công dụng và hình học của khối gia cố, đặc tính kỹ thuật của vật liệu hoặc sản phẩm đã xét trong thiết kế, các giai đoạn thi công, có thể gồm các thông tin sau:

- a) Các yêu cầu cho trụ (cường độ, đặc tính biến dạng và tính thấm);
- b) Chiều rộng của phần trùng nhau giữa các trụ cạnh nhau;
- c) Sai số cho phép về chiều dài, đường kính, độ nghiêng và vị trí trên mặt bằng;
- d) Bản vẽ biện pháp tổ chức thi công;
- e) Tiến độ chất tải và chất tải trước;
- f) Các thí nghiệm và quan trắc cần thiết;
- g) Tiến độ lắp dựng cốt thép (nếu có);

h) Sức xuyên đầu mũi của máy trộn vào tầng chịu lực hoặc tầng không thấm (nếu có).

7.5.2. Khi nghiệm thu cần dựa vào kết quả thí nghiệm mẫu thân trụ, thiết kế nên chỉ định tuổi lấy mẫu, thiết bị và quy trình lấy mẫu.

7.5.3. Đối với thí nghiệm cơ học trên đất gia cố, thiết kế cần chỉ định điều kiện cho thí nghiệm và tiêu chí nghiệm thu. Dung sai đối với các thông số kỹ thuật nên được xem xét thích hợp với phương pháp thí nghiệm đã đề xuất, đặc biệt khi dùng phương pháp thí nghiệm gián tiếp, như mô tả trong Phụ lục B.

7.5.4. Thiết kế cần thuyết minh các trị số giới hạn của các thông số thiết kế địa kỹ thuật, cũng như các bước cần tiến hành khi các trị số này bị vượt quá.

7.5.5 Bất kỳ yêu cầu bổ sung hoặc sai lệch nào, nằm trong các điều khoản cho phép trong tiêu chuẩn, phải được thiết lập và thống nhất trước khi bắt đầu công việc.

8. Thi công

8.1. Biện pháp thi công

Trước khi thi công trộn sâu, cần làm sáng tỏ các vấn đề sau:

- Mục tiêu và phạm vi của công tác trộn sâu;
- Mô tả đất nền theo tiêu chuẩn khảo sát;
- Hình dáng của trụ;
- Phương pháp trộn sâu;
- Thiết bị trộn: hình dáng/ kích thước/cấu trúc của cần xoay, vị trí đầu phun xi măng, hình dáng và chiều dài của đầu trộn;
- Hành trình làm việc (khoan xuống và rút lên, trộn và trình tự thi công);
- Các thông số: chủng loại và thành phần xi măng, hàm lượng xi măng, tỷ lệ nước/xi măng, phụ gia.;
- Phòng ngừa lún và đẩy trôi;
- Tổ chức hiện trường;
- Máy móc và thiết bị;
- Quản lý đất thải;
- Quy trình quản lý chất lượng;
- Quy trình xử lý khi có sự cố dừng thi công;
- Khả năng sửa đổi các thông số trộn trong khi thi công;
- Các phương pháp thí nghiệm kiểm chứng;

- Hồ sơ thi công (nhật ký, bản vẽ, biểu ghi chép);
- Đánh giá nguy cơ tác động đến môi trường và an toàn.

8.2. Chuẩn bị hiện trường

8.2.1. Việc chuẩn bị mặt bằng thi công theo quy định trong thiết kế và yêu cầu môi trường, gồm lối vào cho máy móc thiết bị, san lấp, thu dọn mặt bằng, tạo lớp chịu lực cho thiết bị, tiếp nhận, kiểm tra và lưu giữ vật liệu.

8.2.2. Tất cả vật liệu nhập vào công trường phải có chứng chỉ xuất xưởng và kết quả kiểm định theo đặc tính kỹ thuật đã được quy định trong thiết kế hoặc chỉ dẫn kỹ thuật.

8.2.3. Kho chứa xi măng được bảo đảm chống ẩm, tránh tác động bất lợi trong sử dụng.

8.3. Thi công thử tại hiện trường

8.3.1. Trong trường hợp chưa có kinh nghiệm so sánh, cần thực hiện thi công thử tại hiện trường đại diện nhằm xác nhận các yêu cầu thiết kế và tạo lập các trị số kiểm soát tới hạn cho thiết bị, vật liệu, quy trình kỹ thuật cùng chủng loại khi thi công đại trà.

8.3.2. Các trị số kiểm soát thi công gồm:

- Tốc độ khoan xuống và rút lên;
- Tốc độ quay của đầu khoan;
- Áp lực khí nén (trộn khô);
- Tốc độ phun vữa(trộn ướt);
- Lượng vật liệu sử dụng.

CHÚ THÍCH: Trong một số trường hợp nhất định, các thông số khác cần được giám sát, khi chúng có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và hiệu suất của công tác thi công, ví dụ như chiều rộng chồng lên nhau của trụ làm tường chắn, hoặc mô-men xoắn khi các trụ được thi công trong các tầng đất cứng.

8.4. Tổ chức thi công

8.4.1 Phần chung

8.4.1.1 Trước khi thi công vị trí của trụ trên mặt bằng phải được định vị.

8.4.1.2 Các sai số của trụ theo quy định trong thiết kế.

8.4.1.3 Các phép đo độ thẳng đứng và độ nghiêng có thể được thực hiện bằng máy đo độ nghiêng.

8.5. Kiểm soát chất lượng và đảm bảo chất lượng

8.5.1. Phải cung cấp kế hoạch kiểm soát chất lượng trong đó nêu chi tiết các phương pháp và tần suất kiểm tra được thực hiện trong quá trình thi công và được các bên có thẩm quyền phê duyệt,

đồng thời xác định quy trình xử lý các trường hợp có sự không phù hợp. Kế hoạch kiểm tra chất lượng cũng phải đồng nhất với tất cả các tài liệu (bản vẽ, báo cáo phương pháp, kế hoạch, v.v.).

8.5.2 Phải thực hiện các thí nghiệm kiểm tra trên đất đã xử lý như đã nêu trong mục 9.3 và các phương pháp thí nghiệm trình bày trong Phụ lục B phải được sử dụng phù hợp với các thông số kỹ thuật của thiết kế (xem 7.4 và 9.3).

8.5.3 Nếu các điều kiện gặp phải trong quá trình thi công không tương ứng với những điều kiện dự kiến trong thiết kế, thì phải được báo cáo ngay lập tức cho các bên có thẩm quyền.

8.6 Trộn sâu

8.6.1 Phần chung

8.6.1.1 Việc trộn sâu có thể được tiến hành bằng cách trộn khô hoặc trộn ướt. Hai phương pháp này được mô tả chi tiết trong Phụ lục A.

CHÚ THÍCH 1 Việc trộn sâu được thực hiện bằng cách phân tách cơ học đất bằng cách sử dụng chuyển động chủ yếu theo phương thẳng đứng của (các) bộ phận trộn quay và đưa vào chất kết dính, chất kết dính này được đồng nhất với đất trong quá trình xuyên và/hoặc thu hồi. Việc thực hiện trộn sâu có thể được thực hiện bằng cách trộn khô hoặc ướt. Hai phương pháp này được mô tả chi tiết trong Phụ lục A.

CHÚ THÍCH 2: Trong phương pháp trộn khô, phương tiện vận chuyển chất kết dính thường là không khí nén.

CHÚ THÍCH 3: Trong phương pháp trộn ướt, phương tiện vận chuyển chất kết dính thường là nước.

8.6.1.2 Thiết bị và dụng cụ trộn phải được định vị chính xác tại mỗi vị trí trụ phù hợp với dung sai thi công được chỉ định trong thiết kế.

8.6.1.3 Lượng xi măng dọc theo trụ phải được đo trong quá trình thi công từng trụ.

8.6.1.4 Thiết bị ghi khối lượng xi măng và vữa phải được kiểm định

8.6.1.5 Bất kỳ hư hỏng nào được tạo ra sẽ được thu gom và xử lý theo các yêu cầu của pháp luật hoặc theo luật định.

8.6.2 Trộn khô

8.6.2.1 Quy trình thực hiện trộn khô phải tuân theo các thông số kỹ thuật được đưa ra trong thiết kế,

CHÚ THÍCH 1: Việc lắp đặt thường được thực hiện theo quy trình sau: Hành trình gồm xuyên xuống, đầu trộn được đưa xuống chiều sâu thiết kế, đất bị trộn và phá kết cấu, và rút lên, phun chất kết dính, kết thúc trộn và rời khỏi vị trí

- Dụng cụ trộn được đặt đúng vị trí;

- Đầu trộn được xuyên đến độ sâu xử lý trong lòng đất và phá cấu trúc đất bằng dụng cụ trộn;

- Khi đạt đến độ sâu cần xử lý, đầu trộn được rút lên, đồng thời chất kết dính ở dạng hạt hoặc dạng bột được bơm vào đất và dụng cụ trộn quay trong mặt phẳng nằm ngang để trộn đất và chất kết dính .

CHÚ THÍCH 2 Chất kết dính cũng có thể được phun và trộn với đất trong giai đoạn thăm thẫu.

8.6.2.2 Thiết bị, dụng cụ trộn phải phù hợp với quy trình thi công, độ sâu của lớp đất cần xử lý và dung sai thi công được quy định trong thiết kế.

CHÚ THÍCH Khi chất kết dính được bơm và trộn với đất trong giai đoạn thăm thẫu, đầu ra của chất kết dính phải được đặt ở hoặc bên dưới dụng cụ trộn.

8.6.2.3 Tốc độ quay của đầu trộn và tốc độ xuyên xuống, rút lên của cần trộn được hiệu chỉnh để tạo ra sự đồng nhất tương đối trong đất được xử lý.

CHÚ THÍCH 1 Tốc độ xuyên xuống hoặc rút lên hiện tại của cần trộn thường là 10 mm/vòng đến 50 mm/vòng và số vòng quay của cánh trộn thường là 200 đến 500.

CHÚ THÍCH 2 Khối lượng công việc trộn liên quan đến việc tạo ra trụ trộn khô phụ thuộc vào loại, số lượng chất kết dính và loại đất. Xi măng làm chất kết dính đòi hỏi năng lượng trộn cao hơn so với vôi đơn thuần.

8.6.2.4 Khi trộn khô, áp suất khí nén nên giữ thấp nhất có thể trong lúc trộn nhằm tránh dòng động khí (air entrainment) và chuyển dịch đất.

CHÚ THÍCH: Nếu áp suất không khí quá thấp, chất kết dính có thể không lan ra toàn bộ diện tích mặt cắt ngang của cột.

8.6.2.5 Lượng chất kết dính và áp suất không khí phải được theo dõi trong quá trình thi công trụ.

8.6.2.6 Cần theo dõi năng lượng trộn để tạo ra đất xử lý tương đối đồng nhất.

8.6.3 Trộn ướt

8.6.3.1 Quy trình thực hiện trộn ướt phải tính đến các thông số kỹ thuật nêu trong thiết kế.

CHÚ THÍCH Việc lắp đặt thường được thực hiện theo quy trình sau: Hành trình gồm xuyên xuống, đầu trộn được đưa xuống chiều sâu thiết kế, đất bị trộn và phá kết cấu, và rút lên, phun chất kết dính, kết thúc trộn và rời khỏi vị trí

- Dụng cụ trộn được đặt đúng vị trí;

- Đầu trộn được xuyên đến độ sâu xử lý trong lòng đất và phá cấu trúc đất bằng dụng cụ trộn và/hoặc phun vữa, thường là vữa xi măng và có thể có chất độn và phụ gia;

- Khi đạt đến độ sâu cần xử lý, đầu trộn được rút lên và trong một số trường hợp, vữa xi măng được bơm vào đất và trộn cùng một lúc

8.6.3.2 Thiết bị và dụng cụ trộn phải phù hợp với quy trình thi công, độ sâu của lớp đất cần xử lý và dung sai thi công được quy định trong thiết kế.

LƯU Ý 1 Đối với các máy có đầu phun xi măng bên dưới cánh trộn, không được thêm vữa trong giai đoạn thu cần.

CHÚ THÍCH 2: Trong khi gàu khoan liên tục có thể là đủ đối với đất rời, thì đất dính yêu cầu các công cụ trộn phức tạp hơn. Các bộ truyền động quay, xoay cần cần có đủ công suất để phá nát cấu trúc của đất tạo thành hỗn hợp trộn nhuyễn với vữa.

8.6.3.3 Tốc độ quay của đầu trộn và tốc độ xuyên xuống, rút lên của cần trộn được hiệu chỉnh để tạo ra đồng nhất tương đối trong đất được xử lý.

CHÚ THÍCH Tốc độ quay hiện tại của các cánh trộn thường là 25 vòng/phút đến 50 vòng/phút và số vòng quay của cánh trộn thường lớn hơn 350.

8.6.3.4 Trong quá trình trộn, vữa xi măng phải được cung cấp để bơm liên tục vào đất cần xử lý.

8.6.3.5 Quá trình trộn ướt có thể bị gián đoạn với điều kiện là vữa chưa bắt đầu đông cứng và dụng cụ trộn bắt đầu lại ít nhất 0,5 m với loại đã được xử lý.

8.6.3.6 Trong trộn ướt, việc khuấy lại được sử dụng để tái phân bố vữa đến tỷ lệ quy định, trong lúc chờ đầu trộn vẫn được quay đều. Hành trình khuấy lại có thể phun thêm hoặc không phun vữa.

8.6.3.7 Tỷ trọng của vữa xi măng phải được kiểm tra bằng thiết bị thích hợp ít nhất hai lần trong mỗi ca làm việc tại mỗi trạm trộn/trộn. Trong trường hợp trộn thủ công, tần suất thử nghiệm phải được tăng lên.

8.7 Lắp đặt cốt thép kết cấu

8.7.1 Cốt thép kết cấu (thanh thép, lồng thép hoặc dầm thép) có thể được lắp đặt vào các cột hoặc cấu kiện đổ tại chỗ mới.

CHÚ THÍCH Có thể cần có sự hỗ trợ của bộ rung cho quá trình cài đặt.

8.7.2 Mọi cốt thép kết cấu phải được lắp đặt phù hợp với các thông số kỹ thuật của thiết kế

9. Giám sát, thí nghiệm và quan trắc

9.1. Phần chung

9.1.1. Quy mô thí nghiệm và quan trắc được quy định trong thiết kế.

9.1.2. Quy trình kiểm định, kiểm soát và nghiệm thu được xác lập trước khi triển khai thi công.

9.2. Giám sát

9.2.1. Để kiểm tra quá trình thi công tuân theo yêu cầu thiết kế và điều kiện hợp đồng, tổ chức giám sát phải là đơn vị có đủ năng lực, kinh nghiệm, nhà thầu thi công phải có đội ngũ cán bộ kỹ thuật, công nhân có chứng chỉ tay nghề theo qui định hiện hành. Tất cả các quy định trong thiết kế đều được giám sát theo quy định hiện hành.

9.2.2. Khi phát sinh các tình huống chưa lường trước hoặc các thông tin khác với thiết kế cần báo cáo kịp thời cho chủ đầu tư và tư vấn thiết kế.

9.3. Thí nghiệm

9.3.1. Theo quy định trong thiết kế cần kiểm chứng đặc trưng cường độ, biến dạng, độ đồng nhất của trụ, và tính thấm của trụ khi cần thiết.

9.3.2. Quy mô và phương pháp tiến hành thí nghiệm được quy định trước khi thi công cho từng trường hợp cụ thể (cách thức áp dụng và các thí nghiệm đặc trưng).

CHÚ THÍCH: Quy mô và phương pháp thí nghiệm phụ thuộc vào cách thức áp dụng và chức năng của trụ. Hướng dẫn các phương pháp thí nghiệm (nén không hạn chế nở hông, thí nghiệm 3 trục, nén một trục (oedometer), xuyên tĩnh trụ, CPTU, nén ngang trong hố khoan.) có thể tham khảo Phụ lục B.

9.3.3. Thí nghiệm kiểm tra chất lượng được phân bố đều theo thời gian thi công và thiết bị thi công. Số lượng kiểm tra phải đủ để xác lập trị số trung bình đáng tin cậy các tính chất của trụ trong mỗi tầng đất đại diện theo chiều dài trụ, phụ thuộc vào quy mô xử lý và mục đích dùng trụ.

9.3.4. Số lượng cột được thí nghiệm có thể được quyết định trong từng trường hợp riêng biệt, có tính đến mục đích và mức độ xử lý cũng như ứng dụng.

9.3.5. Khi thích hợp (ví dụ: liên quan đến các mối nối cố định bể chứa và tường chắn), nên thực hiện các phép thử hóa học liên quan (ví dụ: xác định hàm lượng các chất hoạt tính hóa học, giá trị pH, hàm lượng cacbonat, hàm lượng clorua, hàm lượng sunfat và sunfua).

9.3.7 Trụ dùng làm tường chắn phải thí nghiệm kiểm tra độ giao thoa và độ đồng nhất.

CHÚ THÍCH: Có thể xác minh chiều rộng của phần giao thoa bằng cách sử dụng thiết bị đo độ nghiêng trong quá trình xuyên và thu hồi và bằng cách khoan qua các cột hoặc kiểm tra bằng mắt.

9.3.8 Các trụ lộ ra dưới dạng các bộ phận tồn tại phải được kiểm tra bằng mắt để phát hiện sự không đồng nhất trong quá trình đào.

9.4. Quan trắc

9.4.1. Khi thi công

9.4.1.1. Các thông số và thông tin thi công sau đây phải được theo dõi liên tục trong quá trình thi công, hoặc ít nhất ở khoảng cách độ sâu 0,5m (xem Bảng 1).

Bảng 1-Thông số thi công

Trộn khô	Trộn ướt
Áp lực khí nén	Áp lực bơm vữa, (bơm khí nén nếu có)
vận tốc xuyên xuống và rút cần lên	vận tốc xuyên xuống và rút cần lên
Tốc độ quay (vòng/phút), khi xuyên xuống và rút lên	Tốc độ quay (vòng/phút), khi xuyên xuống và rút lên
Khối lượng xi măng theo mét chiều sâu (khí)	Khối lượng vữa xi măng theo mét chiều sâu

xuyên xuống và rút lên)	(khi xuyên xuống và rút lên)
-------------------------	------------------------------

CHÚ THÍCH Trong một số ứng dụng nhất định, đặc biệt khi tính liên tục của tường là quan trọng, cần theo dõi vị trí và độ thẳng đứng của dụng cụ trộn.

9.4.1.2 Có thể thu được một số thông tin hạn chế về loại đất và điều kiện nước ngầm từ việc giám sát các thông số vận hành của máy (chẳng hạn như mức tiêu thụ điện năng và khả năng chống thấm của dụng cụ trộn) và chất thải.

9.4.1.3 Quá trình thi công phải được kiểm soát và các thông số thi công liên quan cũng như thông tin liên quan đến điều kiện nền đất và dung sai thi công phải được quan trắc trong quá trình thi công.

9.4.1.4 Việc thi công nên được quan trắc một cách tự động, tốt nhất là với sự trợ giúp của hệ thống máy tính.

LƯU Ý Trong hệ thống vi tính hóa, áp suất nạp, tốc độ nạp, loại công cụ trộn, hệ số chất kết dính, hàm lượng chất kết dính, tỷ lệ nước/chất kết dính được ghi lại. Đối với mỗi trụ đã được thi công, các thông số này được ghi thành một bản in. Điều này giúp có thể đánh giá ngay từ đầu liệu có cần điều chỉnh lại kỹ thuật thi công hay không và có cần thi công bổ sung thêm trụ hay không.

9.5. Khi sử dụng nền đã xử lý

9.5.1 Các chuyển dịch thẳng đứng và ngang của mặt đất phải được theo dõi bằng các phương pháp thích hợp. Đối với một số ứng dụng nhất định, cần theo dõi các thông số khác, chẳng hạn như áp lực nước lỗ rỗng.

9.5.2 Sai lệch so với giới hạn thiết kế quy định phải được báo cáo.

9.6. Các khía cạnh khác

9.6.1 Các thiết bị giám sát phải được lắp đặt đủ sớm để có các giá trị tham chiếu ổn định trước khi bắt đầu công việc.

10. Hồ sơ thi công

10.1. Hồ sơ trong quá trình thi công

10.1.1 Phải lập hồ sơ về các khía cạnh liên quan của việc xây dựng: thi công cột, kiểm tra và quan sát như mô tả trong Điều 9 và những hồ sơ này phải có sẵn tại công trường.

10.1.2 Các thông số sau đây cần được ghi chép trong nhật ký thi công và biên bản nghiệm thu từng trụ (xem Bảng 2)

Bảng 2 - Thông số thi công

Trộn khô	Trộn ướt
----------	----------

Số hiệu trụ, thời gian thi công	Số hiệu trụ, thời gian thi công
Áp lực khí nén	Áp lực bơm (khí nén nếu có)
Hình dạng đầu trộn	Hình dạng đầu trộn
Biểu đồ thời gian/độ sâu (vận tốc xuyên xuống, rút lên)	Biểu đồ thời gian/độ sâu (vận tốc xuyên xuống, rút lên)
Tốc độ quay (vòng/phút), khi xuyên xuống và rút lên	Tốc độ quay (vòng/phút), khi xuyên xuống và rút lên
Chủng loại xi măng và thành phần	Chủng loại vữa xi măng và thành phần
	Tỷ lệ nước/xi măng
Khối lượng xi măng theo mét chiều sâu (khi xuyên xuống và rút lên)	Khối lượng vữa xi măng theo mét chiều sâu (khi xuyên xuống và rút lên)
Sai số thi công (phương đứng, đường kính, vị trí)	Sai số thi công (phương đứng, đường kính, vị trí)
Cao độ đáy và đỉnh	Cao độ đáy và đỉnh

10.2. Hồ sơ nghiệm thu

10.2.1. Hồ sơ nghiệm thu hoàn thành sau khi thực hiện thi công bao gồm:

- a) Biên bản nghiệm thu trụ, theo 10.1.;
- b) Hoàn công trụ, gồm cả những sửa đổi đã được duyệt;
- c) Kết quả thí nghiệm hiện trường;
- d) Chứng chỉ chi tiết các loại vật liệu và kết quả kiểm tra;
- e) Mô tả chi tiết điều kiện đất nền.

11. Các yêu cầu khác

11.1 Phần chung

11.1.1 Chương này chỉ xem xét những khía cạnh về an toàn tại công trường và bảo vệ môi trường dành riêng cho công tác thi công trộn sâu.

11.1.2 Tất cả các tiêu chuẩn, thông số kỹ thuật và yêu cầu theo luật định của Việt Nam và quốc gia có liên quan về an toàn và môi trường trong quá trình thực hiện công việc phải được chấp hành.

11.2. An toàn

11.2.1 Phải đặc biệt chú ý đến tất cả các quy trình yêu cầu nhân viên vận hành bên cạnh thiết bị nặng và dụng cụ nặng. Đặc biệt, hoạt động của thiết bị trộn có thể gây nguy hiểm và phải xem xét cụ thể đến sự an toàn của nhân viên làm việc trong vùng lân cận của thiết bị quay. Việc xử lý vật liệu và sản phẩm phải được thực hiện theo hướng dẫn an toàn của nhà sản xuất.

11.2.1. Tất cả các loại máy móc, thiết bị vận hành phải tuyệt đối tuân theo quy trình thao tác và quy trình an toàn, đặc biệt là quy trình an toàn cho máy trộn và máy bơm.

11.2.2. Lắp dựng hệ thống biển báo khu vực nguy hiểm, khu vực trụ vừa mới thi công, cấm di chuyển qua các khu vực này.

11.2.3. Khi gặp sự cố, Nhà thầu phải có phương án xử lý được thiết kế chấp thuận.

11.3 Bảo vệ môi trường

11.3.1. Công tác thi công phải nhận diện và tính đến các hạn chế về môi trường như tiếng ồn, độ rung, ô nhiễm không khí và nước và tác động đến các công trình lân cận.

11.3.2. Việc xử lý vật liệu và sản phẩm phải được thực hiện theo hướng dẫn an toàn của nhà sản xuất.

11.4 Tác động đến các công trình lân cận

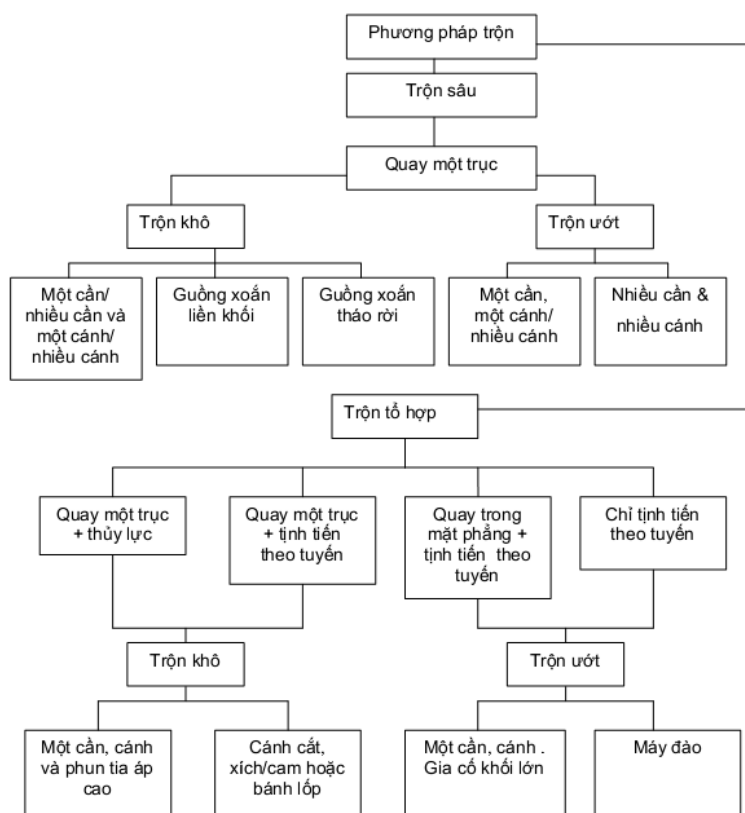
11.4.1 Cần phải quan sát và ghi lại tình trạng trước và trong khi thi công của các công trình nhạy cảm hoặc mái dốc không ổn định ở vùng lân cận của công trường hoặc trong phạm vi ảnh hưởng của công việc thi công.

Phụ lục A
(Tham khảo)
Áp dụng thực tế của phương pháp trộn sâu

A.1 Giới thiệu

Mục đích của trộn sâu là cải thiện các đặc trưng của đất, như tăng cường độ kháng cắt, giảm tính nén lún, bằng cách trộn đất nền với xi măng (vữa xi măng) để chúng tương tác với đất. Sự đổi mới tốt hơn nhờ trao đổi ion tại bề mặt các hạt sét, gắn kết các hạt đất và lấp các lỗ rỗng bởi các sản phẩm của phản ứng hóa học. Trộn sâu phân loại theo chất kết dính (xi măng, vôi, thạch cao, tro bay.) và phương pháp trộn (khô/ướt, quay/phun tia, guồng xoắn hoặc lưới cắt)

Phát triển trộn sâu bắt đầu tại Thụy Điển và Nhật Bản từ những năm 60. Phun khô dùng vôi bột chưa tôi được dùng ở Nhật Bản từ những năm 70. Khoảng thời gian đó trụ đất vôi cũng dùng ở Thụy Điển. Trộn ướt dùng vữa xi măng cũng được Nhật Bản áp dụng trong những năm 70. Phương pháp được phổ biến ra thế giới, gần đây hỗn hợp xi măng, vôi với thạch cao, tro bay, xỉ cũng đã được giới thiệu. Thiết bị trộn đã được cải tiến. Phương pháp đã được áp dụng tại nhiều nước còn để giải quyết các vấn đề môi trường như để ngăn chặn và xử lý các vùng bị ô nhiễm. Gần đây, công nghệ tổ hợp được phát triển kết hợp trộn với phun tia, máy trộn bề mặt. Sơ đồ phân loại thiết bị xem Hình A.1.



Hình A.1 - Phân loại chung các thiết bị trộn sâu

A.2 Lĩnh vực áp dụng

Các ứng dụng khác nhau của trộn sâu cho công việc tạm thời hoặc lâu dài; hoặc trên cạn hoặc dưới biển được giới thiệu trong Hình A.2. Các ứng dụng chủ yếu là giảm độ lún, tăng ổn định và chống đỡ.



Hình A.2 - ứng dụng trộn sâu

A.3 Thi công

A.3.1 Phần chung

Thi công gồm định vị, xuyên xuống và rút lên. Khi xuyên xuống, đầu trộn sẽ cắt và phá kết cấu đất đến độ sâu yêu cầu. Khi rút lên, chất kết dính được truyền vào đất với tốc độ không đổi, nhờ tốc độ rút không chế cố định. Cánh trộn quay theo phương ngang, trộn đều đất với chất kết dính. Có các thiết bị phun trộn chất kết dính cả trong khi xuyên xuống và rút lên.

Trong phương pháp trộn khô, không khí dùng để dẫn bột xi măng vào đất (độ ẩm của đất cần phải không nhỏ hơn 20%). Trong phương pháp ướt, vữa xi măng là chất kết dính. Trộn khô chủ yếu dùng cải thiện tính chất của đất dính, trong khi phun ướt thường dùng trong đất rời. Trong một ít trường hợp như ngăn ngừa hiện tượng hóa lỏng, trộn khô dùng cho đất rời xốp. Quá trình thực hiện dự án trộn sâu được mô tả trên Hình A.3.

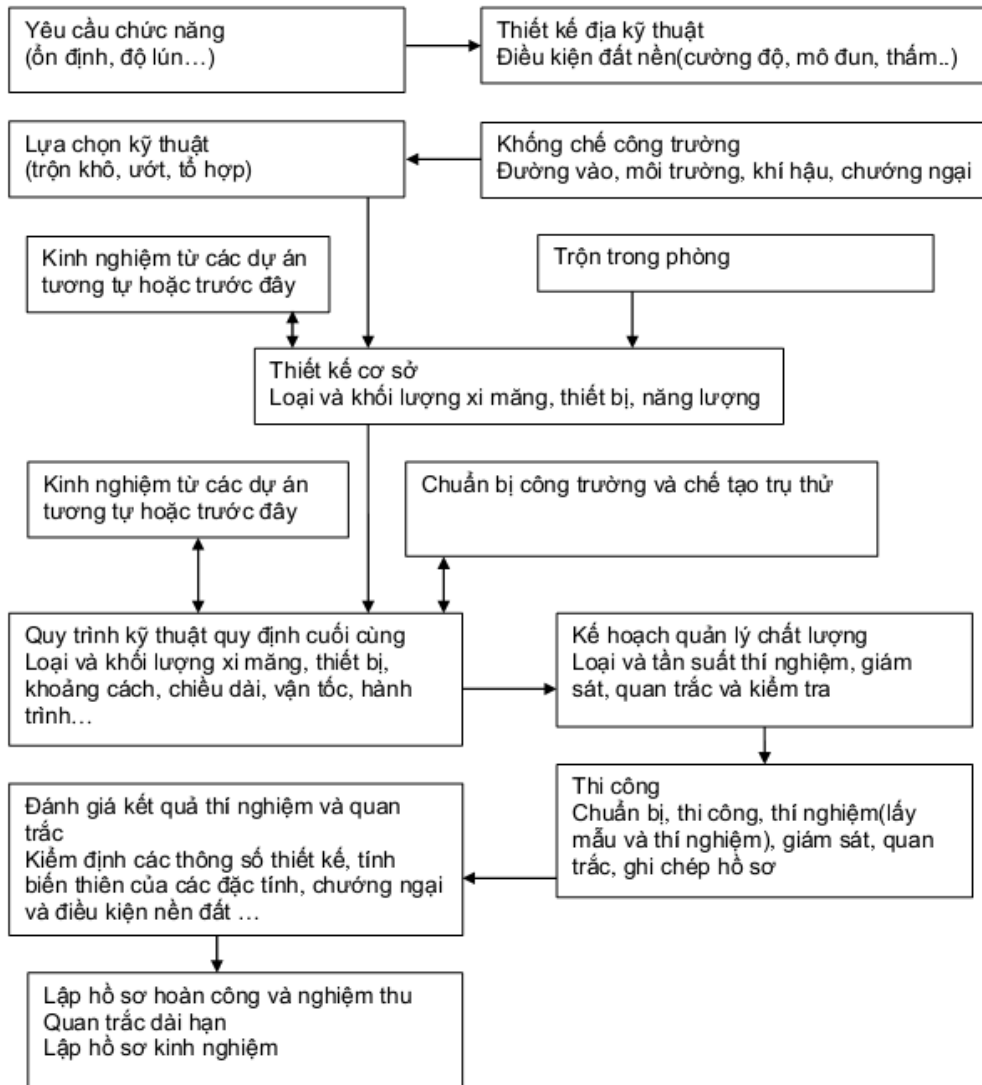
A.3.2 Trộn khô

Nguyên tắc chung của phương pháp trộn khô được thể hiện trên Hình A.4. Chất kết dính được đưa vào đất ở dạng khô với sự trợ giúp của khí nén. Hiện nay có hai kỹ thuật chính để trộn khô: kỹ thuật Bắc Âu và kỹ thuật Nhật Bản.

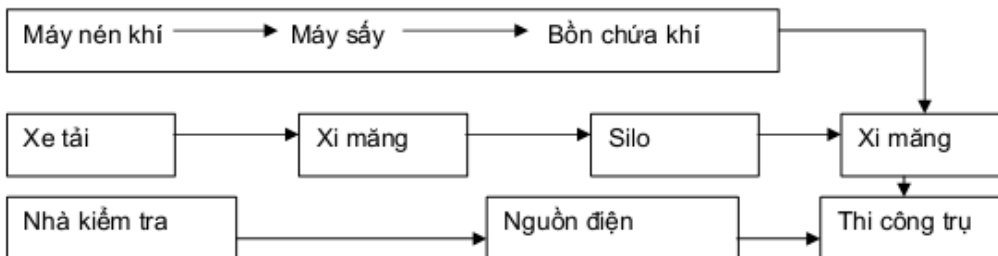
Quy trình thi công gồm các bước sau (Hình A.5):

- 1) Định vị thiết bị trộn;
- 2) Xuyên đầu trộn xuống độ sâu thiết kế đồng thời phá tơi đất;
- 3) Rút đầu trộn lên, đồng thời phun xi măng vào đất;
- 4) Đầu trộn quay và trộn đều xi măng với đất;

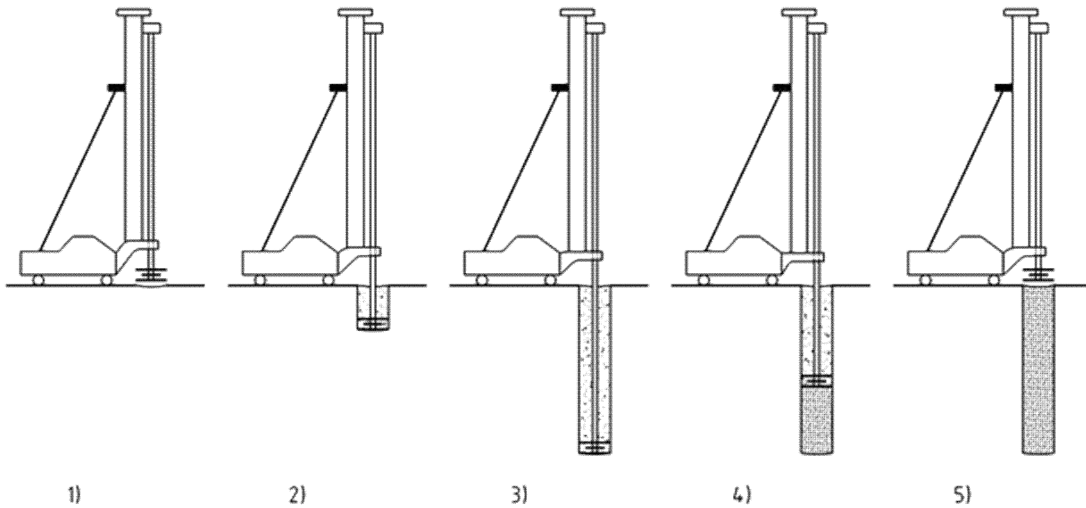
5) Kết thúc thi công.



Hình A.3 - Nguyên tắc thực hiện dự án thi công trộn sâu



Hình A.4 - Sơ đồ thi công trộn khô



Hình A.5- Quá trình thi công trộn sâu

A.3.2.1 Công nghệ Bắc Âu

Thiết bị có khả năng tạo trụ đến chiều sâu 25m, đường kính từ 0,6m đến 1,0m. Độ nghiêng tới 70° so với phương đứng. Máy có một cần, lỗ phun xi măng ở đầu trộn. Năng lượng trộn và khối lượng xi măng được quan trắc và trong nhiều trường hợp được kiểm soát tự động để cho đất được trộn đều.

Đầu trộn được xuyên xuống đến độ sâu thiết kế, khi rút lên xi măng được phun qua lỗ ở đầu trộn qua ống dẫn trong cần trộn. Đất và xi măng được trộn đều nhờ đầu trộn được quay trong mặt phẳng ngang, thậm chí đổi hướng quay vài lần. Cả hai pha đều có thể được lặp lại tại một vị trí nếu cần.

Tốc độ quay của đầu trộn và tốc độ rút lên đều hiệu chỉnh được để đạt tới độ đồng nhất mong muốn. Thiết bị đời mới được phát triển chứa được cả khí lẫn xi măng.

A.3.2.2 Công nghệ Nhật Bản

Nhật Bản chế tạo ra nhiều loại máy, có một cần hay nhiều cần. Mỗi cần có đầu trộn nhiều lưới cát đường kính từ 0,8 m đến 1,3 m, có khả năng tạo trụ đến độ sâu 33,0 m. Xi măng đi vào máy trộn nhờ khí nén. Thiết bị đời mới có đầu chụp ngăn bụi xi măng khỏi phụt lên trên mặt đất. Lỗ phun xi măng nằm cả ở phía trên và phía dưới hệ lưới cát. Khối lượng xi măng và áp lực khí được kiểm soát tự động.

Xi măng được phun cả trong pha xuống hoặc trong hai pha của hành trình.

So sánh công nghệ trộn Bắc Âu và Nhật Bản thể hiện trong Bảng A.1 và Bảng A.3.

Đặc tính kỹ thuật công nghệ trộn Bắc Âu và Nhật Bản được giới thiệu trong Bảng A.2 và Bảng A.4.

Bảng A.1 - So sánh công nghệ trộn Bắc Âu và Nhật Bản

Thiết bị	Chi tiết	Bắc Âu	Nhật Bản
Đầu trộn	Số lượng trục trộn	1	1 đến 2
	Đường kính	Từ 0,4 m đến 1,0 m	Từ 0,8 m đến 1,3 m
	Chiều sâu tối đa	25 m	33 m
	Vị trí lỗ phun	Đáy trục trộn	Đáy trục và/hoặc trên cánh cắt (một lỗ hoặc nhiều lỗ)
	Áp lực phun	Từ 400kPa đến 800kPa	Tối đa 300kPa
Truyền liệu	Công suất	Từ 50 đến 300 kg/phút	Từ 50 đến 200 kg/phút

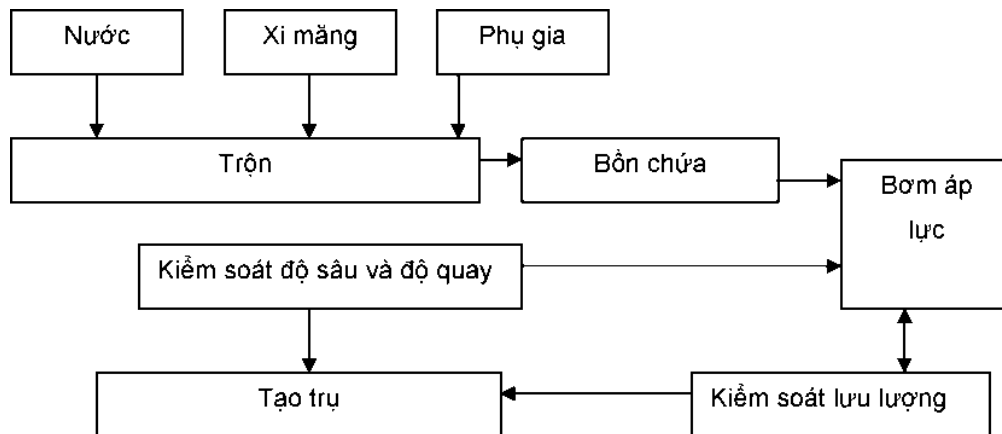
Bảng A.2 - Đặc tính kỹ thuật công nghệ trộn của Bắc Âu và Nhật Bản

Thiết bị	Bắc Âu	Nhật Bản
Vận tốc xuyên xuống	Từ 2,0 đến 6,0 m/phút	Từ 1,0 đến 2,0 m/phút
Vận tốc rút lên	Từ 1,5 đến 6,0 m/phút	Từ 0,7 đến 0,9 m/phút
Tốc độ quay của cánh trộn	Từ 100 đến 200 vòng/phút	Từ 24 đến 64 vòng/phút
Số lượng vòng quay cánh ^(a)	Từ 150 đến 500 cho mỗi m	≥ 274 cho mỗi m
Khối lượng xi măng phun	Từ 100 kg/m ³ đến 250 kg/m ³	Từ 100 kg/m ³ đến 300 kg/m ³
Tốc độ rút (xuyên)	Từ 10 đến 30 mm/vòng	Từ 10 đến 35 mm/vòng
Pha phun xi măng	Điện hình trong khi rút lên	Xuyên xuống và/hoặc rút lên

CHÚ THÍCH: ^{a)} Số lượng vòng quay cánh là tổng số nhát cắt đi qua 1 m của chuyển dịch trục trộn tính theo công thức $T = \Sigma M \times (N_d / V_d + N_u / V_u)$, trong đó T = số lượng vòng quay của cánh (n/m), ΣM = tổng số cánh trộn, N_d = vận tốc quay của cánh trong pha xuyên xuống (vòng/phút), V_d = vận tốc xuyên xuống (m/phút), N_u = vận tốc quay của cánh trong pha rút lên (vòng/phút), V_u = vận tốc rút lên (m/phút). Nếu chỉ phun khi rút lên thì lấy $N_d = 0$.

A.3.3 Trộn ướt

Nguyên lý trộn ướt được mô tả trong Hình A.6. Trộn ướt dùng vữa xi măng. Có thể thêm chất độn.



Hình A.6 - Sơ đồ thi công trộn ướt

Khối lượng vữa thay đổi được theo chiều sâu. Khi chế tạo trụ trong đất rời dùng khoan guồng xoắn liên tục có cánh trộn và cánh cắt Hình dạng khác nhau, có đủ công suất để phá kết cấu đất và trộn đều vữa. Cường độ và tính thấm phụ thuộc vào thành phần và đặc tính của đất (hàm lượng hạt mịn,

hàm lượng hữu cơ, loại sét, thành phần hạt...), khối lượng và chủng loại vữa và quy trình trộn. Có thể ngưng trộn khi vữa chưa bắt đầu đông cứng, khởi động trộn lại tại độ sâu ít nhất 0,5 m trong đất đã xử lý. Bơm để chuyển vữa đến lô phun cần phải có đủ công suất (tốc độ truyền và áp lực) để truyền lượng vữa thiết kế an toàn.

A.3.3.1 Công nghệ châu Âu

Tại châu Âu việc thi công trộn sâu theo phương pháp trộn ướt thường sử dụng khoan guồng xoắn (liên tục hoặc cục bộ, đơn/đa trục) hoặc cánh cắt phụ thuộc vào điều kiện đất nền và ứng dụng của trụ. Khi thi công tường chắn có cốt thép, cốt thép có thể đưa vào lòng trụ vừa chế tạo xong với sự hỗ trợ của thiết bị rung.

Bảng A.3 - Công nghệ trộn ướt châu Âu và Nhật Bản

Thiết bị	Chi tiết	Châu Âu, trên cạn	Nhật Bản, trên cạn	Nhật Bản, trên biển
Đầu trộn	Số lượng trục trộn	Từ 1 đến 3	Từ 1 đến 4	Từ 2 đến 8
	Đường kính (m)	Từ 0,4 đến 0,9	Từ 1,0 đến 1,3	Từ 1,0 đến 1,6
	Chiều sâu tối đa	25 m	48 m	70 m từ mặt nước
	Vị trí lô phun	Cần khoan	Cần và cánh	Cần và cánh
	Áp lực phun (kPa)	500 đến 1000	300 đến 600	300 đến 800
Trạm trộn vữa	Công suất (m ³ /phút)	Từ 0,08 đến 0,25	Từ 0,25 đến 1,00	Từ 0,5 đến 2,0
	Khối lượng vữa lưu giữ (m ³)	Từ 3,0 đến 6,0	3	Từ 3 đến 20
Bồn chứa	Thể tích tối đa (T)		30	Từ 50 đến 1600

A.3.3.2 Công nghệ Nhật Bản

Tại Nhật Bản, công nghệ thi công trộn ướt được sử dụng cả trên đất liền và trên biển. Trên đất liền dùng thiết bị có một, hai và bốn trục, có nhiều tầng cánh trộn để tạo độ đồng nhất cho trụ. Chỉ số quay cánh và khối lượng vữa được kiểm soát tự động. Đường kính cánh cắt từ 1,0m đến 1,3m, chiều sâu tối đa đến 48m. Khi thi công trên biển thường dùng tàu lớn, trên đó lắp cả thiết bị trộn sâu, bồn chứa, trạm trộn vữa và phòng điều khiển. Các thiết bị này có thể tạo các trụ có diện tích tiết diện từ 1,5m² đến 6,9m², và tới độ sâu tối đa 70m kể từ mặt nước biển.

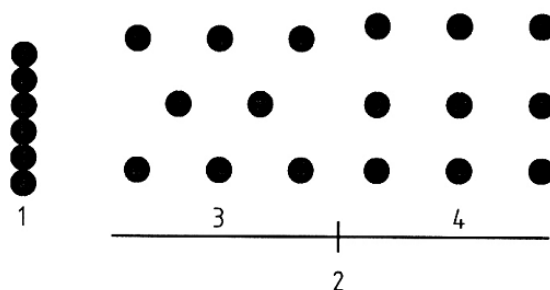
Bảng A.4 - Đặc tính kỹ thuật công nghệ trộn ướt châu Âu và Nhật Bản

Thiết bị	Châu Âu, trên cạn	Nhật Bản, trên cạn	Nhật Bản, trên biển
Vận tốc xuyên xuống (m/phút)	Từ 0,5 đến 1,5	1,0	1,0
Vận tốc rút lên (m/phút)	Từ 3,0 đến 5,0	Từ 0,7 đến 1,0	1,0
Tốc độ quay cánh trộn (r/phút)	Từ 25 đến 50	Từ 20 đến 40	Từ 20 đến 60
Số lượng vòng quay cánh	Chủ yếu là guồng xoắn	350 cho mỗi mét	350 cho mỗi mét
Khối lượng vữa phun (kg/m ³)	Từ 80 đến 450	Từ 70 đến 300	Từ 70 đến 300

Pha phun xi măng	Pha xuống và/hoặc pha lên	Pha xuống và/hoặc pha lên	Pha xuống và/hoặc pha lên
------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

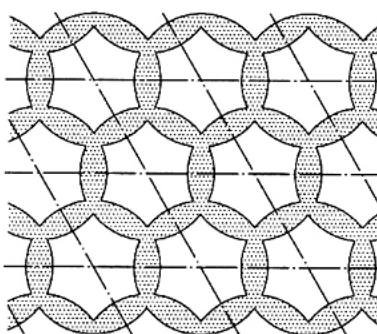
A3.4 Sơ đồ bố trí trụ

Tùy theo mục đích sử dụng một số sơ đồ thi công thể hiện trên các Hình A.7 đến A.11. Các trụ được bố trí đều theo lưới tam giác hoặc ô vuông để giảm độ lún. Để làm tường chắn, các trụ thường được bố trí thành dãy.

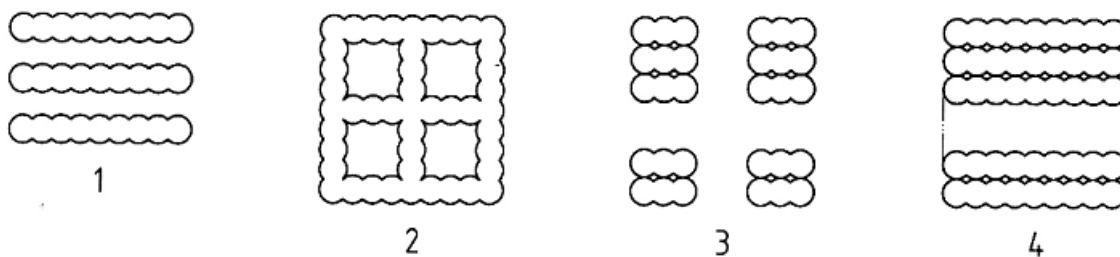


CHÚ DẪN: 1) Dãy; 2) Nhóm, 3) Lưới tam giác, 4) Lưới vuông

Hình A.7 - Thí dụ bố trí trụ trộn khô

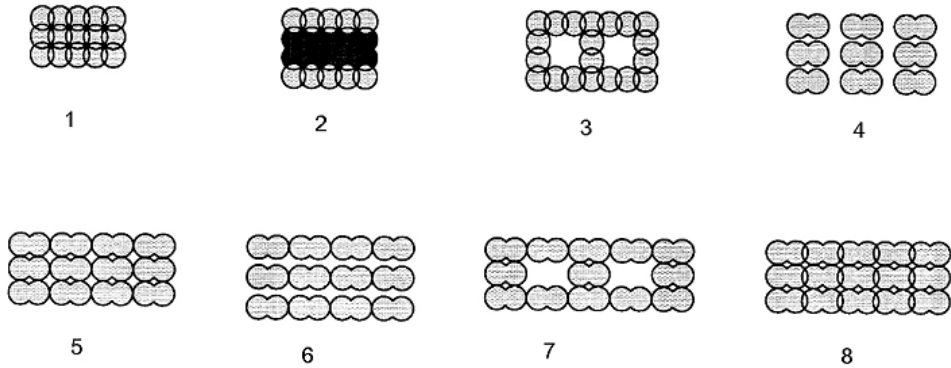


Hình A.8 - Thí dụ bố trí trụ giao nhau theo khối



CHÚ DẪN: 1)Kiểu tường, 2)Kiểu kẻ ô, 3)Kiểu khối, 4) Kiểu diện

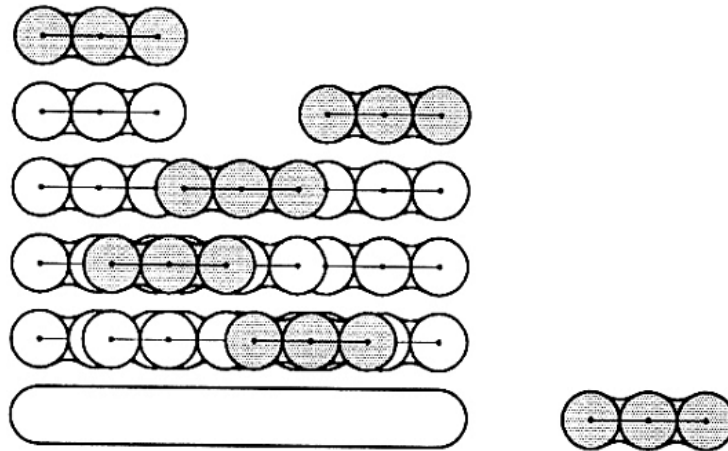
Hình A.9 - Thí dụ bố trí trụ trộn ướt trên mặt đất



CHÚ DẪN:

- 1) Kiểu khối, 2) Kiểu tường, 3) Kiểu kê ô, 4) Kiểu cột, 5) Cột tiếp xúc, 6) Tường tiếp xúc, 7) Kê ô tiếp xúc, 8) Khối tiếp xúc

Hình A.10 - Thí dụ bố trí trụ trộn ướt trên biển



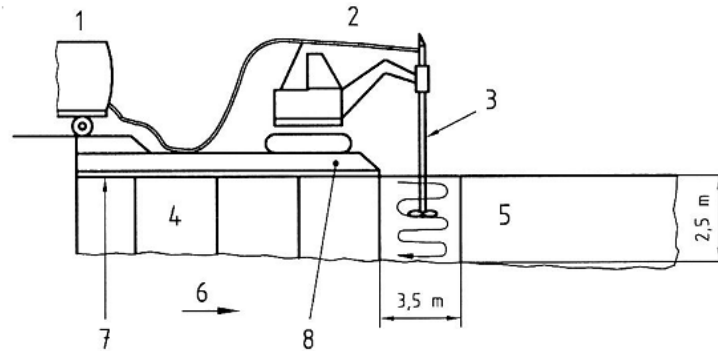
Hình A.11 - Thí dụ bố trí trụ trùng nhau trộn ướt, thứ tự thi công

A.3.5 Các phương pháp tổ hợp (Hybrid method)

Có vài phương pháp dùng kỹ thuật tương tự trộn sâu. Điển Hình là kết hợp trộn cơ học với thủy lực. Dưới đây mô tả phương pháp gia cố toàn khối, phun áp cao kết hợp trộn cơ học.

A.3.5.1 Gia cố toàn khối

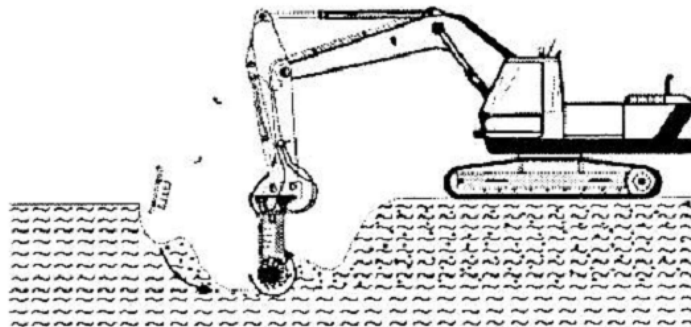
Trong trường hợp điều kiện đất nền rất xấu ví như đất than bùn, sét hữu cơ, bùn sét yếu, cần gia cố toàn khối đến độ sâu từ 2 m đến 3 m, độ sâu lớn nhất đã xử lý là 5 m. Máy thi công khác cơ bản với máy trộn sâu tạo trụ. Chất kết dính được cấp đến đầu trộn trong lúc bộ trộn vừa quay đồng thời chuyển động theo phương đứng và phương ngang. Máy chủ của đầu trộn thường là máy đào. Hai công nghệ gia cố khối thể hiện ở Hình A.12 và A.13.



CHÚ DẪN:

- 1)Bồn chứa và cân, 2)Máy đào, 3)Cần trộn, 4),5) Đất xấu cần xử lý,
6)Hướng di chuyển, 7)Vải địa kỹ thuật, 8)Đất san nền, gia tải trước.

Hình A.12 - Ổn định khối kiểu A



Hình A.13 - Ổn định khối kiểu B

A.3.5.2 Phun vữa lỏng kết hợp trộn cơ học

Phương pháp mới kết hợp lợi thế của trộn cơ học với phun vữa lỏng (jet grouting). Máy có cả đầu trộn và vòi phun, có thể tạo nên các trụ đường kính lớn hơn đường kính đầu trộn. Máy khuấy phản lực cũng để tạo ra sự chông chéo của các cột được xử lý. Đường kính của các cột có thể thay đổi bằng cách phun hoặc không phun. Công nghệ kiểu này và một vài kiểu khác nữa đang áp dụng tại Nhật Bản (Tanaka 2002).

A.3.5.3 Phương pháp CDM-LODIC

Một phương pháp mới với thi công trộn sâu có độ dịch chuyển thấp đã được phát triển ở Nhật Bản với mục đích giảm thiểu chuyển vị ngang trong quá trình thi công. Theo đó, một gàu xoắn đất được lắp đặt ở phần trên của trục trộn để đưa đất lên mặt đất. Bằng cách loại bỏ một thể tích đất bằng với thể tích vữa xi măng được bơm vào, có thể làm giảm được sự dịch chuyển của nền đất xung quanh hoặc các công trình lân cận.

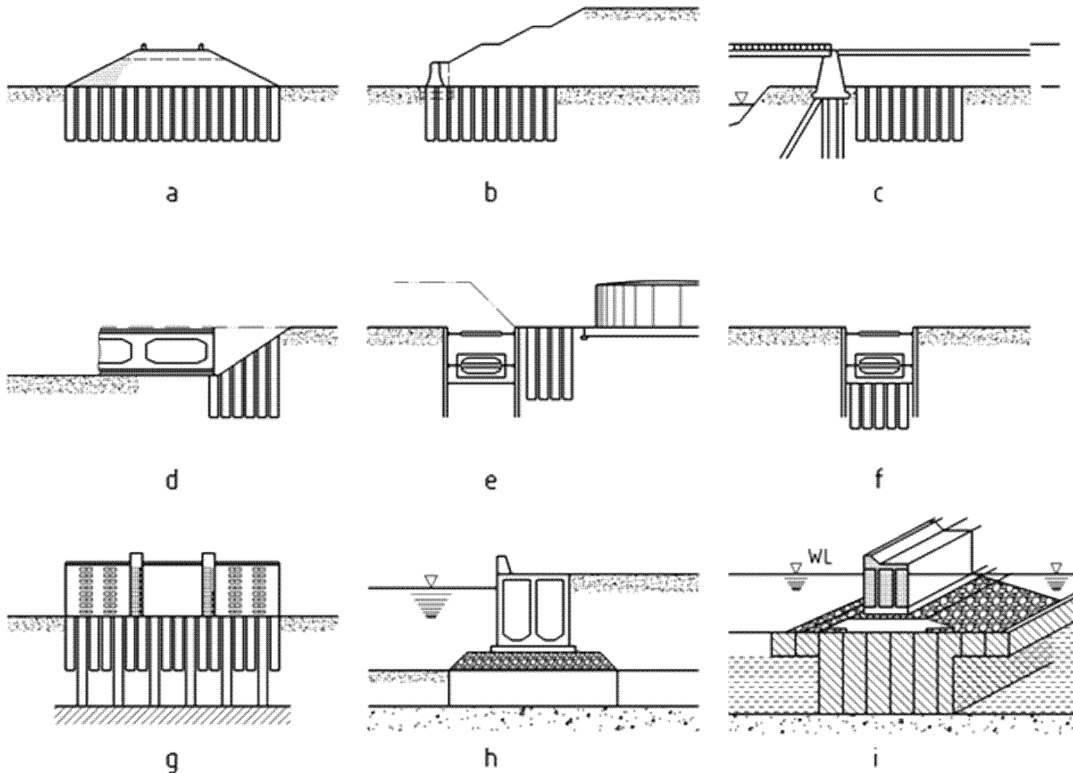
A.3.5.5 Phương pháp Cắt - Trộn - Phun

Cát-Trộn-Phun (Fräs-Misch-Injektionsverfahren) là một phương pháp của Đức, theo đó đất tại chỗ có thể được trộn với vữa xi măng và đồng nhất thành các dải sâu bằng một loại máy đặc biệt, tiếng Đức có tên là Fräsmaschine. Cơ máy FMI dẫn động bằng bánh xích, có khả năng vượt địa hình bao gồm cabin lái, hệ thống truyền động và cây cắt, trên đó gắn các lưỡi cắt được quay bằng hai hệ thống xích, được dẫn động về phía cabin lái có độ nghiêng tới 80°, được kéo phía sau máy và có thể được định vị vuông góc với hướng vận hành. Do cấu hình đặc biệt của các lưỡi cắt, đất không được đào mà được trộn tại chỗ với vữa xi măng. Tốc độ lái xe, độ sâu cắt và tốc độ phun xi măng được điều khiển bằng máy tính.

Cây cắt được cung cấp ống phun và cửa phun. Vữa xi măng được trộn ở một vị trí riêng biệt và được phân phối đến cây cắt thông qua ống phun. Lượng vữa cung cấp trung bình là 100 m³/h. Phương pháp này cho phép xử lý đất ở độ sâu tối đa 9 m. Chiều rộng cắt lên tới 1,0m xuống độ sâu 6,0m và 0,5m xuống độ sâu 9 m

A.4 Các ứng dụng chính

Thí dụ áp dụng trộn sâu cho các mục đích khác nhau xem Hình A.14.



CHÚ DẪN:

- a) Đường bộ, ổn định/lún
- b) Ổn định đê cao
- c) Mố cầu

- d) Thành hố đào
- e) Giảm ảnh hưởng từ các công trình lân cận
- f) Chống nâng đáy hố đào
- g) Chống chuyển dịch ngang của móng cọc
- h) Đê biển
- i) Ngăn nước

Hình A.14 - Các ứng dụng của trộn sâu (theo hiệp hội CDM)

Cần chú ý xem xét các vấn đề sau đối với các ứng dụng trộn sâu:

- Khả năng việc thi công trộn sâu sẽ gây ra chuyển dịch nền, ảnh hưởng đến điều kiện ổn định của mái dốc hoặc gây ra sự cố đối với các kết cấu nhạy cảm.
- Các phản ứng hóa học giữa đất và chất kết dính tạo ra sự gia tăng nhiệt độ mặt đất, các phản ứng này sẽ tiếp tục cho đến khi các phản ứng hóa học kết thúc.
- Cần xem xét về các quy định an toàn cho hoạt động của các thiết bị trộn. Sự tỏa nhiệt và giãn nở thể tích nhanh chóng khi xảy ra phản ứng giữa vôi không nung và độ ẩm không khí hoặc nước có thể dẫn đến cháy hoặc nổ. Ngoài ra đây là chất ăn da và độc hại, nên cần đề phòng, sử dụng kính chắn mắt chặt cũng như găng tay và mặt nạ bảo hộ.

Phụ lục B

(Tham khảo)

Các vấn đề về thiết kế (aspects of design)

B.1 Phần chung

B.1.1 Phạm vi

Các vấn đề thiết kế nêu trong phụ lục liên quan đến quy trình triển khai dự án, lựa chọn chất kết dính, thí nghiệm trong phòng và hiện trường, bố trí trụ trên mặt bằng. Phụ lục này không gồm thiết kế địa kỹ thuật chi tiết. Các giải pháp chi tiết cần tham khảo các tiêu chuẩn thiết kế nền móng và công trình ngầm liên quan.

Trộn sâu là quá trình cải thiện đất nền nên thiết kế gồm hai khía cạnh riêng biệt:

- a) Thiết kế chức năng mô tả cách thức tương tác lẫn nhau giữa đất được xử lý và đất chưa được xử lý để tạo nên ứng xử chung cần thiết;
- b) Thiết kế quy trình công nghệ mô tả cách thức đạt được các đặc tính kỹ thuật yêu cầu của đất xử lý bằng cách chỉnh lý các thông số kiểm soát công nghệ.

B.1.2 Áp dụng

Phạm vi áp dụng trộn sâu để giải quyết các vấn đề sau:

- a) Giảm độ lún;
- b) Tăng ổn định;
- c) Chống giữ mái dốc, hố đào;
- d) Ngăn chặn vùng đất ô nhiễm;
- e) Xây dựng công trình phòng hộ;
- f) Giảm ảnh hưởng của chấn động lên công trình.

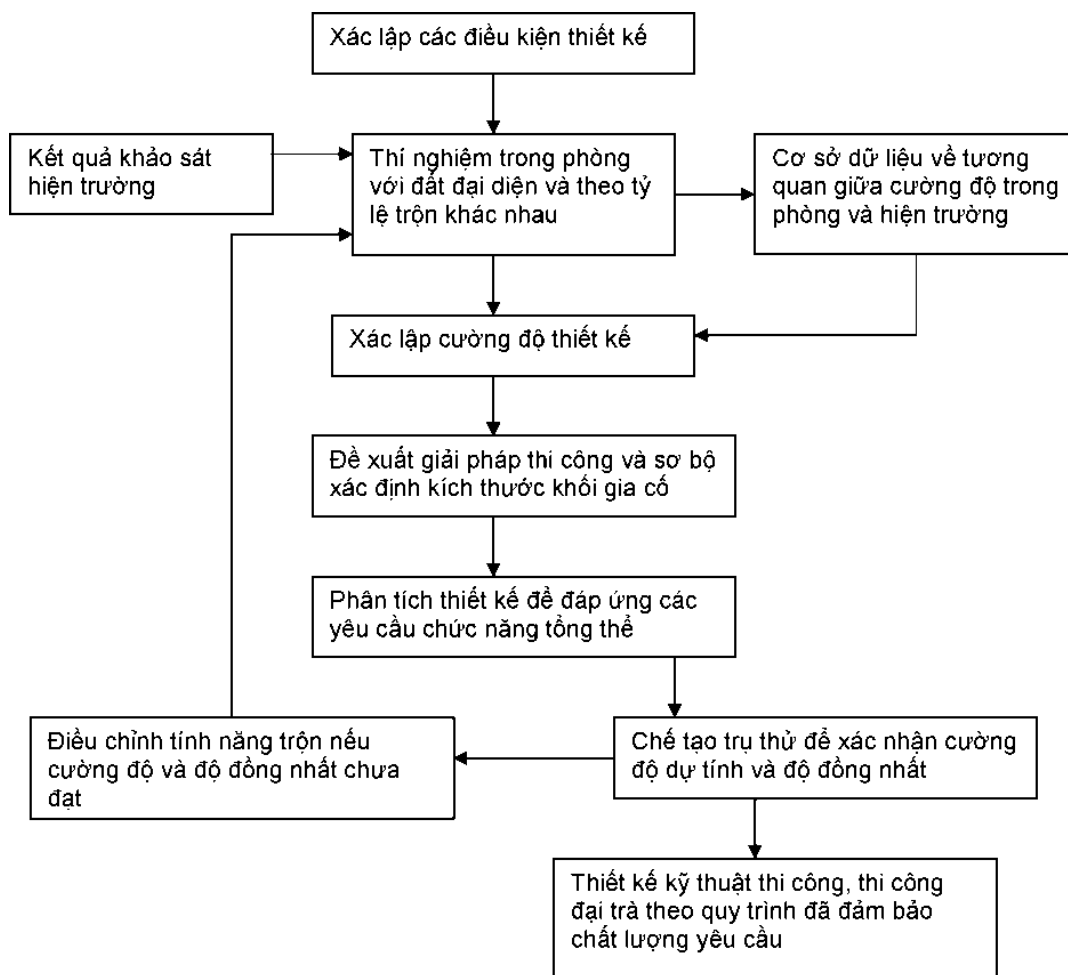
B.2 Nguyên lý thiết kế

Đất xử lý trộn sâu được thiết kế sao cho công trình xây dựng đạt các yêu cầu về tính khả thi, kinh tế và lâu dài, chịu được các tác động và ảnh hưởng trong quá trình thi công và sử dụng, tức là thỏa mãn các điều kiện về trạng thái giới hạn cực hạn, và trạng thái giới hạn sử dụng. Các yêu cầu về khả năng làm việc và các trạng thái giới hạn cuối cùng sẽ được chỉ định bởi khách hàng. Thiết kế phải phù hợp với các yêu cầu đưa ra trong các tiêu chuẩn thiết kế nền móng và công trình ngầm hiện hành.

Thiết kế thường theo phương pháp lặp, trong đó kết quả của nhiều phương pháp thí nghiệm kiểm tra là một phần quan trọng. Ở đây, trọng tâm chính được thiết lập dựa vào những yếu tố quan trọng đối với việc thi công và mục đích công tác trộn sâu.

Thiết kế được thực hiện cho các tổ hợp tải trọng bất lợi nhất có thể xảy ra trong quá trình thi công và sử dụng.

Quá trình trộn sâu có thể liên quan đến việc giảm sức kháng trong thời gian ngắn do hậu quả của việc gây ra áp lực nước lỗ rỗng dư và do sự dịch chuyển của đất nền. Các trụ thi công tại chỗ phải được sắp xếp theo cách để tránh các mặt phẳng giảm yếu có thể có trong một số trụ được thi công có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến sự ổn định. Trong phân tích độ ổn định, điều quan trọng là phải tính đến sự khác biệt về ứng suất so với mối quan hệ biến dạng giữa đất được xử lý và đất chưa được xử lý. Đối với việc chống đỡ hố đào, các thông số quan trọng nhất là cường độ nén của đất được xử lý và hiệu ứng vòm. Hình B.1 đưa ra quy trình lập kết hợp các thiết kế chức năng và thiết kế quy trình.



Hình B.1 - Quy trình thiết kế lặp, gồm thí nghiệm trong phòng, thiết kế chức năng, thí nghiệm hiện trường và thiết kế công nghệ

Thiết kế sơ bộ dựa trên kết quả thí nghiệm mẫu trộn trong phòng. Tương quan cường độ nén không hạn chế nở hông giữa mẫu thân trụ hiện trường và mẫu trộn trong phòng có thể chọn theo kinh nghiệm từ 0,2 đến 0,5 tùy theo loại đất và tỷ lệ trộn. Nếu kết quả thí nghiệm hiện trường không đáp ứng yêu cầu thì phải điều chỉnh thiết kế công nghệ và khi cần thiết điều chỉnh cả thiết kế chức năng.

B.3 Thử nghiệm

Mục đích của các thí nghiệm chuẩn hóa trong phòng thí nghiệm (thử nghiệm trộn trong phòng thí nghiệm) là cung cấp thông tin về loại chất kết dính và cấp phối thích hợp cho công trình thực tế. Các thí nghiệm phải thực hiện cho từng lớp đất đại diện. Trong hầu hết các trường hợp, có sự khác biệt giữa cường độ thử trong phòng thí nghiệm và cường độ hiện trường.

Thiết kế quy trình sơ bộ dựa trên kết quả thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, cơ sở dữ liệu và thông tin về thực nghiệm tương tự như đã cho trong hình B.1. Trước khi thi công thực tế, các trụ thử nghiệm trộn sâu được thi công và thực hiện các thí nghiệm hiện trường trên đó để xác nhận rằng cấp phối, loại chất kết dính và năng lượng trộn mang lại cường độ và độ đồng nhất cần thiết. Trong trường hợp các thử nghiệm thực địa không đáp ứng các yêu cầu đưa ra trong thiết kế, thiết kế chức năng và quy trình phải được xem xét lại.

B.4 Lựa chọn chất kết dính

Chất kết dính dùng trong trộn khô thường gồm xi măng hoặc hỗn hợp vôi và xi măng, trong trộn ướt là xi măng. Việc lựa chọn chất kết dính là một khía cạnh quan trọng của quá trình trộn sâu, phần lớn phụ thuộc vào điều kiện đất và mục đích trộn sâu. Thử nghiệm chất kết dính với đất được xử lý thường là một yêu cầu thiết yếu đối với bất kỳ dự án trộn sâu nào. Tóm tắt các chất kết dính thường sử dụng được tóm tắt trong bảng B.1.

Bảng B1 - Các chất kết dính thường được sử dụng

Loại đất	Chất kết dính phù hợp
Sét	Vôi hoặc vôi/xi măng
Sét chảy	Vôi hoặc vôi/xi măng
Sét hữu cơ	Vôi/xi măng hoặc xi măng/xỉ hạt lò cao hoặc vôi/thạch cao
Than bùn	Xi măng hoặc xi măng/hạt xỉ lò cao hoặc vôi/thạch cao/xi măng
Đất phèn	Xi măng hoặc xi măng/xỉ hạt lò cao
Phù sa	Vôi/xi măng hoặc xi măng

Chất kết dính được sử dụng trong trộn ướt trong hầu hết các trường hợp là xi măng. Chất kết dính được chuẩn bị đặc biệt có thể được sử dụng cho đất có hàm lượng hữu cơ cao hoặc cho đất rất yếu có chứa lượng nước lớn. Hỗn hợp tro bay, thạch cao và xi măng có thể được sử dụng trong trường hợp đất xử lý cần có cường độ thấp. Bentonite thường được sử dụng để cải thiện tính lưu biến và ổn định của hỗn hợp vữa.

B.5 Thí nghiệm

B.5.1 Phần chung

Phương pháp thí nghiệm phải thích hợp với mục đích ứng dụng. Nếu để giảm độ lún, mô đun biến dạng là thông số cần quan tâm chính, còn trong ổn định và chống trượt thì thông số cường độ lại là chủ yếu. Để ngăn ngừa vùng ô nhiễm và lưu giữ chất thải lắng đọng thì mức độ giao thoa và độ thấm thấp của các cột là các yếu tố quyết định.

B.5.2 Thí nghiệm trong phòng

B.5.2.1 Vấn đề chung

Thí nghiệm trong phòng thí nghiệm là một trong những công cụ được sử dụng để phân tích khả năng xử lý đất thực tế và kiểm tra kết quả trộn sâu bao gồm thí nghiệm các mẫu trộn trong phòng và các mẫu lấy ở các độ sâu khác nhau trong thân trụ hiện trường.

B.5.2.2 Mẫu chế tạo trong phòng

Các mẫu chế bị trong phòng thí nghiệm cung cấp khả năng nghiên cứu cho lượng chất kết dính, loại chất kết dính hoặc hỗn hợp chất kết dính/chất độn/phụ gia, thành phần chất kết dính và tỷ lệ nước/chất kết dính cần thiết để gia cố đất nền cho mục đích đã đề ra.

Phương pháp chế bị và thí nghiệm tham khảo Phụ lục C, D. Hệ số hiệu chỉnh giữa cường độ mẫu trong phòng và hiện trường xác định qua kết quả thí nghiệm và kinh nghiệm thực tế. Thí nghiệm mẫu trộn khô thường sau khi trộn 3, 7, 14, 28 và 90 ngày. Mẫu trộn ướt thí nghiệm sau 3, 7, 14 và 28 ngày.

Mối tương quan giữa các đặc tính cường độ của các mẫu chế bị trong phòng thí nghiệm và các đặc tính tương ứng trong điều kiện hiện trường là rất không chắc chắn. Nếu có nhiều kinh nghiệm về mối tương quan giữa các đặc tính cường độ của các mẫu chế bị trong phòng thí nghiệm và các đặc tính tương ứng của các trụ được thi công trong đất có cùng nguồn gốc địa chất như các mẫu chế bị trong phòng thí nghiệm, thì có thể áp dụng hệ số tương quan vừa phải. Nên sử dụng cùng loại công cụ trộn, chất kết dính và khối lượng chất kết dính như trong đối tượng tham chiếu.

B.5.2.3 Khoan mẫu lấy lõi ở hiện trường

Mẫu được lấy nhờ thiết bị khoan xoay. Các mẫu khoan lõi có thể được sử dụng để nghiên cứu các đặc tính biến dạng, độ bền và tính đồng nhất của trụ. Lựa chọn kỹ thuật lấy mẫu, đường kính mẫu phụ thuộc vào loại và cường độ của đất xử lý. Thiết bị khoan 3 nòng được kiến nghị sử dụng cho các trụ thi công trong đất yếu. Số lượng mẫu phụ thuộc quy mô hoặc độ phức tạp của dự án, ít nhất

cần khoan lấy mẫu 3 hố cho một loại máy trộn. Chiều sâu khoan đến mũi trụ xử lý. Về cơ bản, tốc độ phát triển cường độ khi trộn khô và trộn ướt là khác nhau do ảnh hưởng bởi độ ẩm và đặc tính hydrat hóa của chất kết dính. Nhiệt độ có ảnh hưởng đáng kể đến việc phát triển cường độ. Sự gia tăng nhiệt độ trong lòng đất do hiệu ứng hydrat hóa của chất kết dính bị ảnh hưởng bởi các thông số khác nhau như loại chất kết dính, hệ số/hàm lượng chất kết dính và thể tích đất được xử lý. Sự xáo trộn mẫu có thể là mối quan tâm đáng kể và ảnh hưởng đến các đặc tính của mẫu. Công tác khoan lõi lấy mẫu nên được bổ sung bằng các phương pháp thử nghiệm khác được liệt kê dưới đây.

Đặc trưng cường độ và mô đun đàn hồi, E_{col} của mẫu thường được xác định từ kết quả thí nghiệm nén không hạn chế nở hông. Tuy nhiên kết quả thí nghiệm chịu ảnh hưởng của các khe nứt trong mẫu. Nếu thấy mẫu bị rạn nứt thì nên thí nghiệm nén 3 trục.

Mô đun nén, M_{col} được xác định từ thí nghiệm nén một trục không nở hông (oedometer). Để đánh giá ứng xử lún của nền xử lý dùng mô đun đàn hồi tiêu biểu hơn mô đun nén. Việc sử dụng mô đun nén một trục không nở hông trong tính toán độ lún thay vì sử dụng mô đun đàn hồi của trụ có thể dẫn đến việc đánh giá thấp độ lún dài hạn.

Thí nghiệm độ dẫn thủy lực yêu cầu các thiết bị đặc biệt được chế tạo cho mục đích này, vì không có thiết bị tiêu chuẩn nào tồn tại. Tuy nhiên, độ thấm có thể được ước tính bằng phép tính ngược từ giá trị của hệ số cố kết được xác định bằng các thí nghiệm nén một trục không nở hông (oedometer).

B.5.2.3 Lấy mẫu ướt

Việc lấy mẫu ướt thường được dùng trong công nghệ trộn ướt Châu Âu. Mẫu được lấy từ các độ sâu cực hạn của trụ trộn ướt khi vừa thi công xong bằng các dụng cụ lấy mẫu phù hợp, thường 500 m³ đất xử lý lấy 1 mẫu hoặc một ngày thi công của 1 máy lấy 1 mẫu. Mẫu được lấy bằng cách đưa thiết bị xuống độ sâu cần lấy mẫu, thiết bị tự động ngoạm lấy mẫu, đưa lên mặt đất và cho vào khuôn hình trụ hoặc lập phương. Thí nghiệm mẫu sau khi bảo dưỡng trong nhiệt độ quy định, thường được thực hiện sau 7 ngày và 28 ngày bảo dưỡng. So sánh mẫu bảo dưỡng tại hiện trường và mẫu lấy ướt cho biết sự khác nhau của cường độ và phát triển cường độ.

B.5.3 Thí nghiệm hiện trường

B.5.3.1 Thí nghiệm trụ thử

Do tính không chắc chắn của các đặc tính vật liệu chế tạo trụ được xác định trong phòng thí nghiệm, nên cần có các thử nghiệm hiện trường. Một trong những vấn đề quan trọng nhất, cụ thể là khảo sát độ đồng nhất của trụ, có thể được thực hiện bằng một số thí nghiệm loại âm thanh, hoặc bằng cách khoan lõi như đã đề cập ở trên, và/hoặc bằng cách nâng toàn bộ trụ lên. Việc xác định các đặc tính cơ học và thủy lực của trụ đòi hỏi các thiết bị đặc biệt. Để thực hiện thí nghiệm hiện trường, đối với một thiết bị trộn, nên thi công không ít hơn hai trụ thử với hàm lượng chất kết dính khác nhau.

Một khía cạnh quan trọng khác của thí nghiệm hiện trường đó là xác định các thông số kiểm soát cho thi công gồm vận tốc pha xuyên xuống, rút lên, tốc độ quay và mô men xoắn, chiều rộng giao thoa và tốc độ phối liệu... Khi một trụ phải được đặt trong một lớp đất có khả năng chịu lực lớn, mô-men xoắn và/hoặc sự thay đổi của lực cản xuyên thủng được đo để thiết lập các giá trị kiểm soát thi công tới hạn.

B.5.3.2 Xác định trực tiếp đặc trưng cơ học

Thí nghiệm nén ngang thành hố khoan (pressuremeter test) cho phép xác định cường độ kháng cắt và hệ số nén của trụ. Thí nghiệm cần phải khoan trước hố trong thân trụ và lắp đặt thiết bị nén ngang thành hố khoan. Phương pháp thí nghiệm xem các chỉ dẫn hiện hành.

Các thí nghiệm địa vật lý là cơ sở để xác định các tính chất của đất được xử lý dưới tải trọng động và có thể được sử dụng để điều tra tính toàn vẹn của các cột và cũng để xác định gián tiếp mô đun biến dạng và cường độ. Yêu cầu thí nghiệm do thiết kế qui định và phương pháp thí nghiệm xem các chỉ dẫn hiện hành.

Thí nghiệm nén tĩnh trụ đơn để xác định sức chịu tải của trụ thực hiện theo TCVN 9393:2012. Kết quả thí nghiệm cho biết sức chịu tải cực hạn của trụ đơn ứng với độ lún bằng 10 % đường kính trụ.

Thí nghiệm bàn nén hiện trường theo TCVN 9354:2012. Kích thước bàn nén có thể mở rộng đến 2 lần đường kính trụ.

Thí nghiệm chất tải diện rộng tiến hành cùng quan trắc độ lún sâu, độ lún bề mặt, áp lực nước lỗ rỗng phản ánh khá chính xác ứng xử của nền đất xử lý nên được dùng cho các công trình có quy mô lớn. Quy trình thí nghiệm do thiết kế quy định.

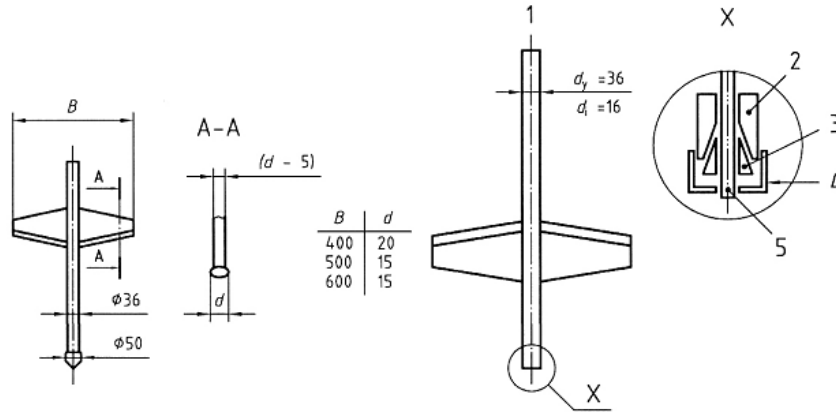
B.5.3.3 Khảo sát độ đồng nhất và xác định gián tiếp các đặc trưng cơ học

Thí nghiệm CPT, đại diện là xuyên côn thông dụng, dùng để xác định các thông số cường độ và độ liên tục của trụ. Khó khăn khi thực hiện thí nghiệm CPT là giữ độ thẳng đứng vì thể khối lượng thí nghiệm bị giới hạn.

Thí nghiệm xuyên tĩnh/động, là sự kết hợp giữa thí nghiệm xuyên và thí nghiệm búa, rất hữu ích đối với đất được xử lý có cường độ nén không nở hông ≤ 4 MPa.

Thí nghiệm xuyên trụ (xem Hình B.2) dùng đầu xuyên cánh cải tiến có cánh xuyên với vận tốc khoảng 20 mm/giây, ghi liên tục sức kháng xuyên. Phương pháp dùng cho các trụ sâu không quá 8m, cường độ không quá 300kPa. Nếu dùng khoan dẫn hướng có thể thí nghiệm xuyên đến độ sâu 20-25m, cường độ 600-700kPa. Trong bộ thiết bị của Thụy Điển còn có xuyên cánh ngược, có thể xác định độ đồng đều dọc theo toàn bộ chiều dài của trụ. Thiết bị xuyên gồm một đầu xuyên có các cánh tương đương với các cánh được sử dụng trong thí nghiệm xuyên trụ, được gắn vào một sợi dây thép đặt bên dưới đáy trụ khi trụ đang được thi công. Dây cáp, phải có độ bền ít nhất 150 kN,

chạy xuyên qua toàn bộ trụ cho đến mặt đất. Cường độ của trụ thu được bằng cách đo sức kháng sinh ra khi kéo đầu xuyên lên mặt đất. Việc rút đầu xuyên nên diễn ra với tốc độ khoảng 20 mm/s. Phương pháp này có thể được sử dụng như một phép đo độ biến thiên của cường độ cốt theo độ sâu hơn là một phép đo trực tiếp cường độ kháng cắt.



Hình B.2 - Đầu xuyên cánh dùng thí nghiệm xuyên toàn trụ

Khối lượng thí nghiệm theo quy mô xây dựng tham khảo Bảng B.2.

Bảng B.2 - Khối lượng thí nghiệm dự kiến (Terashi, 2003)

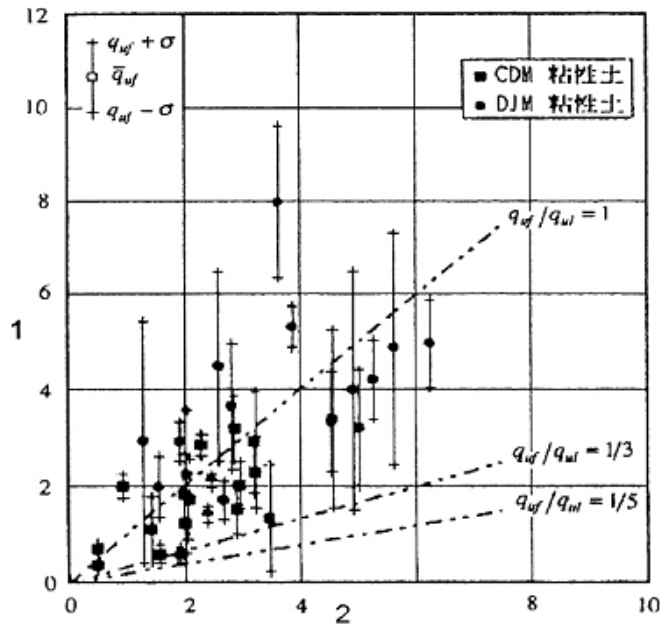
Thí nghiệm\ Quy mô	≤ 100 trụ	≤ 500 trụ	≤ 1 000 trụ	≤ 2 000 trụ
Khoan lấy mẫu	2	5	10	15
Nén ngang trong trụ	2	5	10	15
Xuyên cánh	10	30	50	100
Nén tĩnh trụ đơn	2	5	10	15
Thí nghiệm bàn nén		2	3	5
Thí nghiệm chất tải			1	2

B.6 Tương quan giữa các đặc tính của đất xử lý

Các điều kiện trộn và bảo dưỡng khác nhau gây ra sự khác biệt về cường độ giữa đất xử lý ngoài hiện trường và trong phòng thí nghiệm. Các quy trình thử nghiệm trong phòng thí nghiệm là khác nhau ở Châu Âu và Nhật Bản. Ở mỗi khu vực, các công cụ trộn khác nhau được sử dụng và điều này gây khó khăn cho việc so sánh cường độ đất xử lý của thí nghiệm hiện trường và cường độ thí nghiệm trong phòng. Tuy nhiên, nếu các công cụ trộn giống nhau được sử dụng theo hệ thống kiểm soát chất lượng được tiêu chuẩn hóa, thì có thể so sánh cường độ đất được xử lý tại hiện trường và trong phòng thí nghiệm, dựa trên kinh nghiệm tích lũy được.

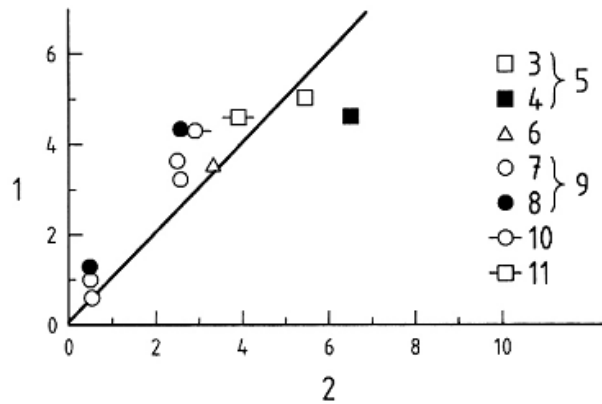
Theo kinh nghiệm trộn khô của Thụy Điển trong đất sét dẻo mềm, tỷ lệ giữa cường độ hiện trường và cường độ mẫu trộn trong phòng thí nghiệm nằm trong khoảng 0,2 đến 0,5. Trong đất dạng hạt, tỷ lệ cường độ mẫu hỗn hợp ngoài hiện trường và trong phòng thí nghiệm có thể cao hơn đáng kể quyết định phần lớn bởi hàm lượng hạt mịn.

Đối với phương pháp CDM (Phương pháp trộn sâu xi măng) – phương pháp trộn ướt phổ biến nhất ở Nhật Bản – hiệp hội CDM đã thiết lập quy trình kiểm soát chất lượng và số vòng quay tối thiểu của lưỡi trộn. Phương pháp trộn khô điển hình – phương pháp DJM (Phương pháp trộn khô bằng tia nước) – sử dụng công cụ trộn do cùng một nhà sản xuất sản xuất. Kinh nghiệm của Nhật Bản từ dữ liệu tích lũy về CDM và DJM trên đất liền được tóm tắt trong Hình B.3 và đối với các công trình CDM trong Hình B.4.



CHÚ DẪN: 1) Cường độ hiện trường q_{uf} , Mpa, 2) Cường độ trong phòng q_{ui} , Mpa

Hình B.3 - Quan hệ cường độ hiện trường và trong phòng đất liền (Sakai, 1996)



CHÚ DẪN:

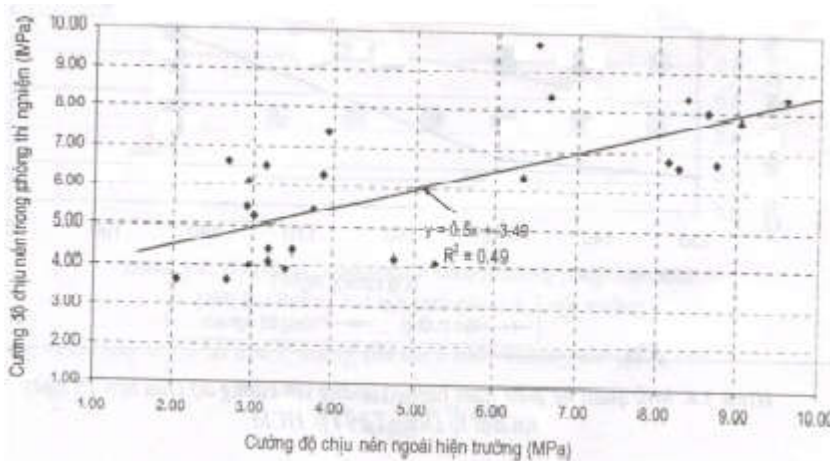
- 1) Cường độ kháng nén không hạn chế nở hông mẫu hiện trường, q_{uf} , MPa
- 2) Cường độ kháng nén không hạn chế nở hông mẫu trong phòng, q_{ui} , MPa
- 3) Sét
- 4) Cát
- 5) Bùn tàu Daikoku

- 6) Sét cảng Hatskaichi
 - 7) Sét bụi
 - 8) Cát bụi
 - 10) Cảng Chiba
 - 11) Cảng Kitakyushu
- 9) Cảng Kanda

Hình B.4 - Quan hệ cường độ đất xử lý công trình biển (CDIT, 2002)

Ký hiệu CDM (Cement Deep Mixing Method) - phương pháp trộn sâu phổ biến tại Nhật Bản, DJM (Dry Jet Mixing Method) là kinh nghiệm trộn phun khô. Hình B.4 cho thấy khả năng đạt được hiệu quả khá cao của thiết bị Nhật Bản trong thi công các công trình biển (tỷ số cường độ mẫu hiện trường và cường độ mẫu trong phòng gần bằng 1).

Theo kinh nghiệm thi công tại Việt Nam, tỷ lệ giữa cường độ hiện trường và cường độ mẫu trộn trong phòng thí nghiệm nằm trong khoảng 1/2 đến 1/3 với hàm lượng xi măng nằm trong khoảng 50 đến 300kg/m³ đất. Kinh nghiệm thi công tại Việt Nam dựa trên các kết quả thí nghiệm của nhiều tác giả được thể hiện ở hình B.5.



Hình B.5 - Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường (theo Nguyễn Viết Trung và các cộng sự)

B.7 Các vấn đề về thiết kế

B.7.1 Ổn định

B.7.1.1 Cường độ kháng cắt của nền gia cố

Thông thường, mục đích của các cột được xử lý là để ổn định mái dốc, kè hoặc tường hào. Trong trường hợp này, các cột tốt nhất nên được lắp đặt trong một số bức tường ở cả hai bên, vuông góc với mái dốc, nền đắp hoặc hào (xem Phụ lục A). Độ ổn định được phân tích trên cơ sở các đặc tính cường độ trung bình có trọng số của đất không được xử lý và của các cột. Phá hoại thường được

cho là xảy ra dọc theo một mặt phẳng, hoặc cong, bề mặt phá hoại trong đó cả cường độ chống cắt của cốt và cường độ chống cắt của đất xung quanh đều bị huy động.

Thường trụ xử lý được dùng để ổn định mái dốc, khối đắp hoặc tường hào. các cột tốt nhất nên được lắp đặt trong một số bức tường ở cả hai bên, vuông góc với mái dốc, nền đắp hoặc hào (xem Phụ lục A). Mặt phá hoại theo mặt phẳng hoặc cung tròn, huy động sức kháng cắt của trụ và đất xung quanh trụ. Phân tích ổn định dựa theo các phương pháp hiện hành. Nền xử lý có cường độ kháng cắt tính theo công thức:

$$C_{tb} = C_u (1-a) + a C_c \quad (B.1)$$

trong đó:

C_u là sức kháng cắt của đất, tính theo phương pháp trọng số cho nền nhiều lớp;

C_c là sức kháng cắt của trụ;

a là tỷ số diện tích, $a = nA_c / B_s$;

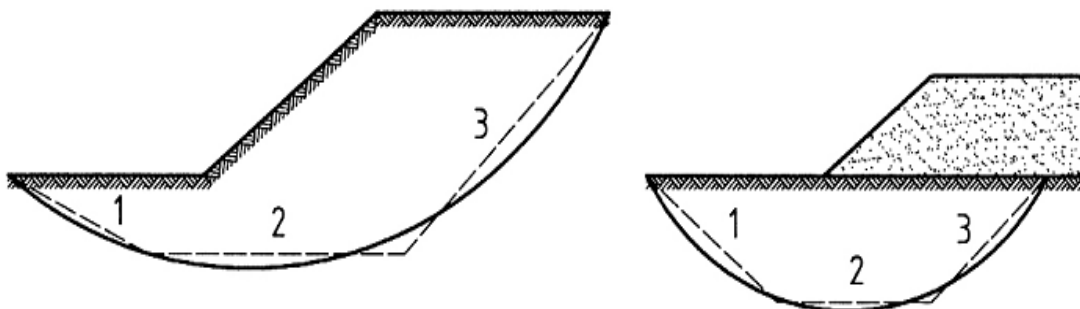
n là số trụ trong 1 m chiều dài khối đắp; B_s là chiều rộng khối đắp;

A_c là diện tích tiết diện trụ.

CHÚ THÍCH: Sức kháng cắt của trụ, C_c xác định bằng các thí nghiệm hiện trường, hoặc mẫu lấy từ thân trụ cho kết quả phù hợp thực tế hơn.

B.7.1.2 Ảnh hưởng của vị trí trụ dọc theo mặt trượt khả dĩ

Trong trường hợp dùng các trụ đơn lẻ để chống mất ổn định cần lưu tâm đến nguy cơ phá hoại uốn của trụ, ứng xử của trụ khác nhau trong vùng chủ động, vùng chịu cắt và vùng bị động (xem Hình B.6). Trong vùng chủ động lực dọc trục của trụ sẽ góp phần làm tăng sức kháng cắt và kháng uốn trong khi đó tại vùng bị động các trụ thậm chí bị nứt do chịu kéo. Do đó các trụ trong vùng chủ động có lợi tăng điều kiện ổn định. Trong vùng cắt và bị động bố trí trụ thành tường hoặc thành khối sẽ hiệu quả hơn bố trí các trụ đơn lẻ để ngăn phá hoại trượt.



CHÚ DẪN: 1)Vùng bị động, 2)Vùng cắt, 3)Vùng chủ động

Hình B.6 - Lực dọc trục của trụ trong vùng chủ động tăng sức kháng cắt và kháng uốn, trong vùng bị động trụ có thể bị nứt khi chịu kéo.

B.7.1.3 Vùng giao thoa giữa các trụ

Các trụ tăng ổn định thường được bố trí hàng đơn hoặc hàng đôi. Việc liên kết giao nhau giữa các trụ trong hàng sẽ làm tăng sức kháng mô men và khả năng chống lật. Cường độ đất và vùng giao nhau phải đủ để tạo thành tường liên tục. Điều quan trọng là khống chế và giám sát độ thẳng đứng suốt chiều dài giao nhau của các trụ. Khả năng chịu tải trọng ngang của tường quyết định bởi sức kháng cắt của đất xử lý ở chỗ giao nhau.

B.7.1.4 Phân cách các trụ

Phá hoại xảy ra ở vùng chịu cắt do phân cách các trụ trong hàng khi mặt trượt nằm gần đỉnh trụ và sức kháng kéo thấp trong vùng gối nhau. Dự tính sức kháng kéo của đất xử lý ở vùng gối nhau khoảng 5 % đến 15 % cường độ kháng nén không hạn chế nở hông (có thể thấp hơn hoặc cao hơn tùy theo chất lượng và hiệu quả trộn sâu).

B.7.1.5 Tác động khóa chốt của hàng trụ

Lực khóa chốt của các trụ sẽ hình thành khi bề mặt phá hủy nằm gần đáy của hàng trụ. Khi các trụ phân cách với nhau, sức kháng cắt của trụ trong hàng bằng sức kháng cắt của trụ đơn.

B.7.1.6 Phá hoại lật của hàng trụ có mũi chịu lực

Tải trọng dọc trục tại chân các trụ được thiết kế có mũi chịu lực có thể rất cao khi hàng trụ chịu chuyển động xoay. Do đó, tải trọng dọc trục tối đa tác dụng phải nhỏ hơn tải trọng tương ứng với cường độ nén không nở hông của trụ.

B.7.1.7 Sử dụng kết cấu dạng tường

Các hàng trụ có kết cấu dạng tường với dầm gia cố thường được thiết kế theo hiệu ứng vòm.

B.7.1.8 Xử lý toàn khối

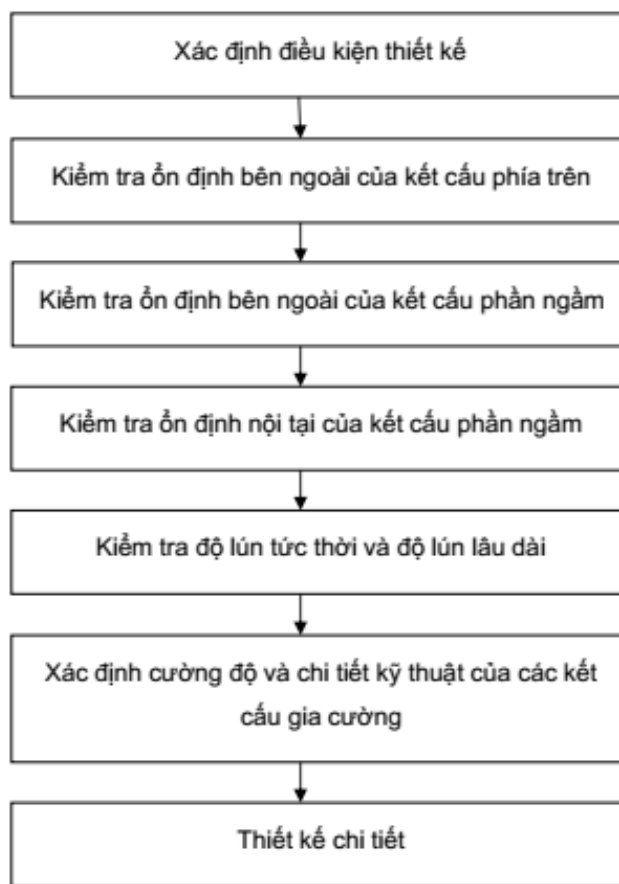
Do tính chất của đất nền xử lý khác xa nền chưa xử lý, có thể xem khối xử lý được chôn trong đất để truyền tải trọng tác dụng đến lớp thích hợp (Kitazume, 1996), xem hình B.7. Để đơn giản, khái niệm thiết kế tương tự như quy trình thiết kế cho các kết cấu kiểu trọng lực, chẳng hạn như các kết cấu chân bê tông.

Bước đầu tiên gồm phân tích ổn định công trình bên trên làm việc đồng thời với nền xử lý.

Bước thứ hai gồm phân tích ổn định của nền xử lý chịu tác động của ngoại tải: phá hoại trượt, lật, mất khả năng chịu tải.

Bước thứ ba, kiểm tra độ lún của nền.

Có thể dùng phương pháp PTHH để phân tích ứng suất và biến dạng của nền xử lý phức tạp, số liệu đầu vào chiếm vai trò quan trọng.



Hình B.7 - Sơ đồ quy trình thiết kế của Nhật Bản cho công tác xử lý toàn khối (Kitazume, 1996)

B.7.2 Độ lún

B.7.2.1 Độ lún toàn phần

Thiết kế liên quan đến biến dạng của các trụ trộn tại chỗ hoặc cấu kiện hoặc kết cấu sử dụng cho móng hoặc tường chắn phải tuân theo các tiêu chuẩn thiết kế nền móng và công trình ngầm hiện hành.

Trụ để giảm độ lún thường được bố trí theo lưới tam giác hoặc ô vuông. Phân tích lún dựa trên quan điểm đồng biến dạng, nói cách khác, cho rằng hiệu ứng vòm phân bố lại tải trọng sao cho biến dạng thẳng đứng tại độ sâu nhất định trở thành bằng nhau trong trụ và đất quanh trụ.

Đối với nhóm trụ, độ lún trung bình sẽ được giảm bởi ứng suất cát của đất, huy động tại bề mặt tiếp xúc theo chu vi khối với đất xung quanh. Chỉ chuyển dịch khá nhỏ (vài mm) đủ để huy động sức kháng cát của đất, ứng suất cát gây nên độ lún lệch các trụ trong nhóm. Độ lún lệch này sẽ giảm dần theo mức độ cố kết của đất, cho nên sẽ không kể đến trong tính lún tổng.

B.7.2.2 Tốc độ lún

Trong trộn khô, có thể tính thấm của trụ cao hơn đất xung quanh, trụ có tác dụng như băng thoát nước thẳng đứng. Tuy nhiên, tốc độ lún không chỉ quyết định bởi hiệu ứng thoát nước. Khi trụ gia cố và đất sét yếu xung quanh cùng làm việc, hiện tượng nổi trội chính là sự phân bố ứng suất trong hệ thống trụ- đất theo thời gian. Ngay khi tác động, tải trọng được chịu bởi áp lực nước lỗ rỗng dư. Trụ tăng độ cứng theo thời gian, sẽ chịu dần tải trọng, giảm bớt tải trọng lên đất. Hệ quả là áp lực nước lỗ rỗng dư trong đất yếu sẽ được giảm nhanh, thậm chí chưa có thấm hướng tâm. Phân bố lại ứng suất là nguyên nhân chính để giảm độ lún và tăng tốc độ lún. Do đó, cho dù tính thấm của trụ chỉ bằng của đất thì quá trình cố kết cũng nhanh hơn nhờ hiện diện của các trụ. Trụ đất xi măng đã làm tăng hệ số cố kết một chiều.

Trong trộn ướt, tính thấm của trụ không cao hơn nền đất xung quanh. Nhưng nhờ phân bố lại ứng suất mà quá trình cố kết một chiều xảy ra nhanh hơn.

B.7.3 Tường vây

Tường vây tạo bởi các trụ giao thoa nhau không cho nước rò rỉ qua tường. Quan trọng là độ đồng nhất và phòng rò rỉ. Độ dày của tường ở phần giao thoa nhau và độ thấm của các khe nối chồng lên nhau phải được cung cấp dung sai cho phép trong thiết kế. Thường dùng thêm vữa sét để tăng sức chống rò rỉ. Nếu thiết kế tường lưu trữ chất thải hoặc ngăn ô nhiễm thì độ bền của đất được xử lý trở thành một trong những khía cạnh thiết kế quan trọng nhất, phải kiểm tra phản ứng của chất nhiễm bẩn với đất xử lý, đặc biệt khi chúng có tính axit cao.

Phụ lục C

(Tham khảo)

Tính toán nền gia cố và trụ đất xi măng**C.1 Tổng quan**

Việc tính toán sức chịu tải và biến dạng của nền đất được xử lý bằng hệ trụ đất xi măng cần đáp ứng 3 tiêu chí sau:

- Tiêu chí cường độ: Sức chịu tải của nền đất xử lý phải đảm bảo điều kiện đủ sức chịu tải dưới tác dụng của tải trọng sử dụng.
- Tiêu chí biến dạng: Mô đun biến dạng tổng của đất nền xử lý phải đáp ứng điều kiện lún của công trình.
- Điều kiện thoát nước: Áp lực nước lỗ rỗng dư trong đất xử lý tiêu tán nhanh.

Hiện nay có 3 quan điểm trong việc tính toán nền đất được xử lý bằng hệ trụ đất xi măng:

- Quan điểm trụ đất xi măng làm việc như cọc.
- Quan điểm xem trụ đất xi măng và nền làm việc đồng thời.
- Quan điểm hỗn hợp giữa 2 quan điểm trên (tính sức chịu tải của trụ gia cố, tính biến dạng lún của nền đất).

Mỗi quan điểm có phương pháp tính khác nhau. Việc lựa chọn quan điểm và phương pháp tính do đơn vị thiết kế lựa chọn, chủ đầu tư phê duyệt.

C.1 Tính toán theo quan điểm trụ đất xi măng làm việc như cọc

Để trụ đất xi măng đảm bảo khả năng an toàn chịu lực cần thỏa mãn các điều kiện sau:

$$\text{Nội lực lớn nhất của trụ} \quad N_{\max} < [N \text{ vật liệu}]/k \quad (\text{C.1})$$

$$\text{Mô men lớn nhất trong trụ} \quad M_{\max} < [M \text{ vật liệu}]/k \quad (\text{C.2})$$

$$\text{Chuyển vị của khối móng} \quad \omega_y < [\omega_y] \quad (\text{C.3})$$

Trong đó: $[N \text{ vật liệu}]$ là sức chịu tải giới hạn của trụ đất xi măng (kN);

$[M \text{ vật liệu}]$ là khả năng chịu uốn giới hạn của trụ đất xi măng (kNm);

k là hệ số an toàn;

$[\omega_y]$ là chuyển vị cho phép của khối móng (m).

$$\text{Độ lún tổng } S \text{ của móng} \quad \Sigma S_i < [S] \quad (\text{C.4})$$

Trong đó: $[S]$ là độ lún giới hạn cho phép (m);

ΣS_i là độ lún tổng của khối móng (m).

C.2 Tính toán nền xử lý theo quan điểm trụ đất xi măng và nền làm việc đồng thời (nền tương đương)

Nền sau khi xử lý bằng trụ đất xi măng và đất dưới đáy móng được xem như nền đồng nhất và được quy đổi thành nền tương đương có các đặc trưng cơ lý phụ thuộc vào đặc trưng cơ lý của đất - trụ đất xi măng và dạng bố trí trụ đất xi măng. Các đặc trưng cơ lý của nền tương đương bao gồm:

$$\text{Góc nội ma sát tương đương} \quad \varphi_{td} = a.\varphi_c + (1-a).\varphi_s$$

$$\text{Lực dính đơn vị tương đương} \quad c_{td} = a.c_c + (1-a).c_s \quad (\text{C.5})$$

$$\text{Mô đun hồi tương đương} \quad E_{td} = a.E_c + (1-a).E_s$$

$$\text{Khối lượng thể tích tương đương} \quad \rho_{td} = a.\rho_c + (1-a).\rho_s$$

Trong đó: φ_c, φ_s là góc nội ma sát của trụ và đất nền;

c_c, c_s là sức kháng cắt của vật liệu trụ và đất nền;

E_c là mô đun đàn hồi của vật liệu trụ; Có thể lấy $E_c = (50 \text{ đến } 100) C_c$;

E_s là Mô đun biến dạng của đất nền giữa các trụ. (Có thể lấy theo công thức thực nghiệm $E_s = 250C_u$, với C_u là sức kháng cắt không thoát nước của đất nền).

CHÚ THÍCH: Các thông số E_c, c_c, E_s, C_u xác định từ kết quả thí nghiệm mẫu hiện trường cho kết quả phù hợp thực tế hơn.

a là- tỷ số diện tích, $a = (nA_c / BL)$;

với n là tổng số trụ,

A_c là diện tích tiết diện trụ,

B, L là kích thước khối gia cố.

Độ lún tổng, S của nền được xử lý được xác định bằng tổng độ lún của bản thân khối gia cố và độ lún của đất dưới khối gia cố:

$$S = S_1 + S_2 \quad (\text{C.6})$$

trong đó:

S_1 là độ lún bản thân khối gia cố.

S_2 là độ lún của đất chưa gia cố, dưới mũi trụ.

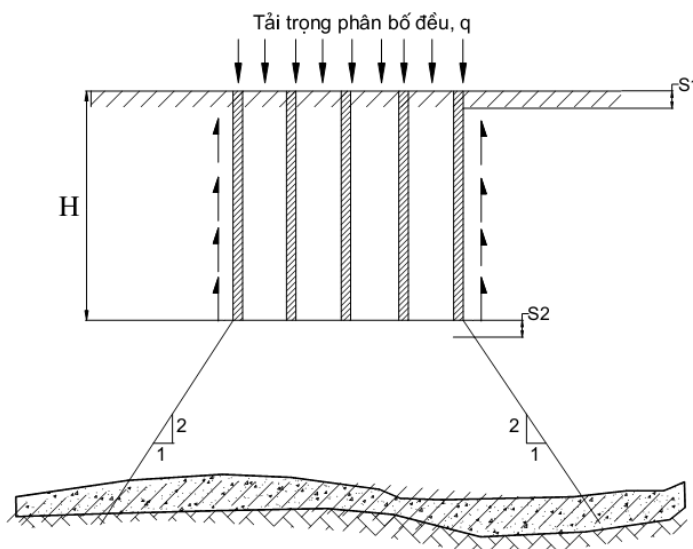
Độ lún của bản thân khối gia cố được tính theo công thức:

$$S_1 = \frac{q.H}{E_{tb}} = \frac{q.H}{a.E_c + (1-a).E_s} \quad (C.7)$$

trong đó:

q là tải trọng công trình truyền lên khối gia cố;

H là chiều sâu của khối gia cố;



Hình C.1 - Tính lún nền gia cố khi tải trọng tác dụng chưa vượt quá sức chịu tải cho phép của vật liệu trụ

Độ lún S_2 được tính theo nguyên lý cộng lún từng lớp (xem TCVN 9362:2012 (Phụ lục 3)). Áp lực đất phụ thêm trong đất có thể tính theo lời giải cho bán không gian biến dạng tuyến tính (tra bảng) hoặc phân bố giảm dần theo chiều sâu với độ dốc (2:1) như Hình C.1. Phạm vi vùng ảnh hưởng lún đến chiều sâu mà tại đó áp lực gây lún không vượt quá 10 % áp lực đất tự nhiên (theo quy định trong TCVN 9362:2012).

CHÚ THÍCH: Để thiên về an toàn, tải trọng (q) tác dụng lên đáy khối gia cố xem như không thay đổi suốt chiều cao của khối.

C.3 Tính toán nền xử lý theo quan điểm hỗn hợp

C.3.1 Phương pháp tính toán nền xử lý của Viện Công nghệ châu Á (AIT)

Khả năng chịu tải giới hạn tức thời của trụ đơn trong đất yếu được xác định bởi 2 trường hợp:

- Trường hợp nền đất quanh cọc bị phá hoại:

$$Q_{gh,dat} = (\pi.D.L + 2,25\pi D^2).c_{uu} \quad (C.8)$$

trong đó:

D là đường kính của trụ (m);

L là chiều dài trụ (m);

c_{uu} là sức kháng cắt không thoát nước trung bình của đất yếu bao quanh, được thí nghiệm tại hiện trường qua thí nghiệm cắt cánh hiện trường hoặc xuyên côn (kPa).

- Trường hợp trụ xi măng - đất bị phá hoại:

$$Q_{gh,c} = Ac.(3,5C_c + \sigma_n) \quad (C.9)$$

trong đó: σ_n là áp lực ngang tổng cộng tác động lên trụ đất xi măng tại mặt cắt giới hạn;

$\sigma_n = \sigma_p + 5C_u$ khi góc nội ma sát của đất là 30° với σ_p là áp lực tổng của các lớp phủ bên trên.

Khả năng chịu tải giới hạn của nhóm các trụ đất xi măng được tính theo công thức:

$$Q_{gh,dat} = 2c_{uu}.H(B_1 + B_2) + kc_{uu}.B_1.B_2 \quad (C.10)$$

trong đó:

B_1, B_2, H là chiều dài, chiều rộng, chiều cao của nhóm trụ đất xi măng (m);

k là hệ số an toàn phụ thuộc vào hình dạng móng; k = 6 đối với móng hình chữ nhật và k = 9 đối với các móng hình vuông, tròn. Trong tính toán thiết kế có thể lấy k = 2,5.

Khả năng chịu tải giới hạn, có chú ý đến phá hoại cục bộ ở rìa khối trụ đất xi măng, được tính theo biểu thức sau:

$$Q_{gh} = 5,5C_{tb} \left(1 + 0,2 \frac{b}{L} \right) \quad (C.11)$$

trong đó:

b, L Chiều rộng và chiều dài vùng chịu tải cục bộ;

c_{tb} Độ bền cắt trung bình dọc theo bề mặt phá hoại giả định. Độ bền cắt trung bình của vùng ổn định chịu ảnh hưởng của diện tích tương đối của cột xi măng - đất (bxL) và độ bền cắt của vật liệu cột xi măng - đất. Đề nghị dùng hệ số an toàn là 2,5 khi tính toán thiết kế.

Độ lún tổng của một công trình đặt trên nền xử lý bằng trụ đất xi măng được tính như miêu tả trong hình C1. Độ lún tổng cộng lớn nhất lấy bằng tổng độ lún cục bộ của khối gia cố S_1 và độ lún cục bộ của đất không ổn định nằm ở dưới khối gia cố S_2 . Có 2 trường hợp được xem xét khi tính độ lún tổng:

- Trường hợp 1: Tải trọng tác dụng tương đối nhỏ và cọc chưa bị rão.

$$S_1 = \frac{q_1 \cdot L}{a_s \cdot E_c + (1 - a_s) \cdot E_p} \quad (C.12)$$

trong đó:

- q_1 Áp lực tính lún truyền cho trụ (kPa);
- E_c Mô đun đàn hồi của trụ (kPa);
- E_p Mô đun đàn hồi của đất xung quanh cọc (kPa);
- L Chiều dài trụ gia cố (m);
- a_s Tỷ lệ gia cố.

Độ lún tổng cộng S_2 được tính toán giống như cách tính với nền đất yếu chưa gia cố. Tải trọng tác dụng lên lớp đất chưa gia cố dưới đáy mũi cọc là toàn bộ tải trọng tính lún q_2 (giả thiết tải trọng tác dụng không thay đổi trên suốt chiều sâu cọc).

- Trường hợp 2: Tải trọng tác dụng lớn, ứng với giới hạn rão.

Trong trường hợp này, tải trọng tác dụng quá lớn nên tải trọng dọc trục tương ứng với giới hạn rão của trụ. Tải trọng tác dụng được chia ra: phần q_1 truyền cho trụ và phần q_2 truyền cho đất xung quanh như trường hợp thứ nhất. Phần tải trọng q_1 được quyết định bởi tải trọng rão của trụ và tính theo biểu thức:

$$q_1 = \frac{n \cdot Q_{creep}^c}{B_1 \cdot B_2} \quad (C.13)$$

trong đó:

- n là số cọc;
- B_1, B_2 là chiều dài, chiều rộng vùng gia cố (m);
- Q_{creep}^c là tải trọng rão của trụ (kN).

Độ lún tổng cộng S_1 được tính toán theo biểu thức sau:

$$S_1 = \frac{q_1 \cdot L}{E_c} \quad (C.14)$$

trong đó:

- L Chiều dài trụ đất xi măng (m);
- E_c Mô đun đàn hồi của vật liệu trụ (kPa).

Độ lún tổng cộng S_2 được tính toán theo cách tính với nền đất yếu chưa gia cố. Tải trọng q_1 truyền toàn bộ xuống dưới đáy khối gia cố, tải trọng q_2 tác dụng từ trên mặt đất.

C.2.2 Phương pháp tính toán theo Tiêu chuẩn châu Âu

Cường độ chịu tải của vật liệu cọc được xác định theo công thức:

$$R_c = 2 \cdot C_{uc} + 3 \sigma_h \quad (C.15)$$

trong đó:

- C_{uc} là sức kháng cắt không thoát nước của vật liệu trụ đất xi măng, phụ thuộc vào hàm lượng xi măng sử dụng (kPa);
- σ_h Giá trị ứng suất ngang tác dụng lên thành trụ (áp lực bị động) (kPa).

Hệ số an toàn là tỷ số của cường độ cọc và ứng suất tác dụng lên cọc, thường lớn hơn 1,2.

Độ lún được xác định bằng tổng độ lún của cọc và độ lún phần đất ở bên dưới khu vực được gia cố.

- Độ lún của trụ đất xi măng:

$$S = \sum \frac{h \cdot q}{a \cdot E_c + (1-a)E_p} \quad (C.16)$$

trong đó:

S là độ lún của cọc (m);

h là chiều dày đất yếu trong phạm vi gia cố (m);

q là áp lực gây lún (kPa);

a là tỷ số quy đổi diện tích, $a = A/d^2$ với

A - Diện tích tiết diện ngang của trụ (m²);

d - Khoảng cách giữa tim các trụ (m);

E_c, E_p là mô đun đàn hồi của trụ và của nền đất tự nhiên chưa gia cố.

- Độ lún của phần đất dưới khu vực được gia cố:

Độ lún xảy ra trong vùng ảnh hưởng đến độ sâu khi thỏa mãn điều kiện sau:

$$\sigma_z \leq 0,1 \cdot \gamma H \quad (C.17)$$

trong đó:

H là chiều sâu vùng ảnh hưởng lún (m);

γ là trọng lượng thể tích của đất (kN/m³).

C.2.3 Phương pháp thiết kế theo quy phạm Trung Quốc DBJ 08-40-94

Sức chịu tải cho phép của trụ đất xi măng đơn nên xác định thông qua thí nghiệm thử tải trọng trụ đơn hoặc có thể tính theo công thức

$$P_a = n \cdot f_{cu} \cdot A_p \text{ hoặc } P_a = U_p \cdot \sum q_{si} \cdot l_i + \alpha \cdot A_p \cdot q_p \quad (C.18)$$

trong đó:

P_a là sức chịu tải cho phép của trụ đơn (kN);

f_{cu} là trị số bình quân cường độ kháng nén (kPa) của mẫu thử đất xi măng trong phòng (khối lập phương với chiều dài cạnh là 70,7mm) có phối trộn xi măng đất như của thân trụ, 90 ngày tuổi và trong điều kiện bảo dưỡng tiêu chuẩn;

A_p là diện tích mặt cắt trụ (m²);

η là hệ số triết giảm cường độ thân trụ, có thể lấy bằng 0,3-0,4;

U_p là chu vi của trụ (m);

q_{si} là lực ma sát cho phép của lớp đất thứ i xung quanh trụ. Đối với đất bùn có thể lấy bằng 5-8kPa; đối với đất lẫn bùn có thể lấy bằng 8-12kPa; đối với đất sét có thể lấy 12-15kPa;

l_i là chiều dày của lớp đất thứ i xung quanh trụ (m);

q_p Lực chịu tải của đất móng thiên nhiên mũi trụ (kPa);

α Hệ số triết giảm lực chịu tải của đất móng thiên nhiên ở mũi trụ, có thể lấy bằng 0,4-0,6.

Sức chịu tải đất móng tổ hợp trụ xi măng đất chịu lực nên thông qua thí nghiệm thử tải móng tổ hợp để xác định, cũng có thể có ước tính theo công thức:

$$f_{sp} = \frac{m.P_a}{A_p} + \beta(1-m)f_s \quad (C.19)$$

trong đó:

f_{sp} là sức chịu tải cho phép của móng tổ hợp (kPa).

f_s là sức chịu tải cho phép của đất tự nhiên giữa các trụ (kPa).

m là tỷ lệ phân bố diện tích cột và đất.

β là hệ số triết giảm lực chịu tải của đất giữa các trụ. Khi đất mũi trụ là đất yếu, có thể lấy 0,5 - 1,0; khi đất mũi trụ là đất cứng, có thể lấy 0,1 - 0,4. Cũng có thể căn cứ yêu cầu công trình đạt tới lực chịu tải cho phép của móng tổ hợp, tìm tỷ lệ phân bố diện tích trụ và đất theo công thức:

$$m = \frac{f_{sp} - \beta.f_s}{P_u.l.A_p - \beta.f_s} \quad (C.20)$$

Khi trụ xi măng đất chịu lực có tỷ lệ phân bố đất và cột tương đối lớn ($m > 20\%$), đồng thời lại không bố trí theo hàng đơn, phải coi nhóm trụ đất xi măng và đất giữa các trụ là một móng nặng toàn khối quy ước. Để kiểm tra cường độ lớp đất yếu dưới đáy móng nặng toàn khối quy ước, áp dụng công thức:

$$\mu = \frac{f_{sp}.A + G - A_s.q_s - f_s(A - A_1)}{A_1} \leq f \quad (C.21)$$

trong đó:

f_{sp} là lực nén mặt đáy móng nặng toàn khối quy ước (kPa);

G là trọng lượng móng nặng toàn khối quy ước (kN);

A_s là diện tích bề mặt bên móng nặng toàn khối quy ước (m^2);

q_s là lực ma sát bình quân bề mặt bên móng nặng toàn khối quy ước (kPa);

f_s là sức chịu tải cho phép của đất ở cạnh mép móng nặng toàn khối quy ước (kPa);

A_1 là diện tích mặt đáy của móng nặng toàn khối quy ước (m^2);

f là sức chịu tải cho phép của đáy móng sau khi chỉnh sửa mặt đáy móng nặng toàn khối quy ước (kPa).

Tính toán biến dạng của đất móng hỗn hợp cột xi măng đất chịu lực phải bao gồm tổng biến dạng co nén của cụm trụ xi măng đất và co nén biến dạng của lớp đất chưa gia cố dưới mũi trụ. Trong đó trị số biến dạng co nén của cụm trụ có thể căn cứ kết cấu phần trên, chiều dài trụ, cường độ thân trụ,... có thể lấy bằng 20 - 40mm theo kinh nghiệm. Trị số biến dạng co nén của lớp đất chưa gia cố dưới đầu trụ đất xi măng được tính toán như đất nền thiên nhiên chưa gia cố.

C.2.4. Một số phương pháp tính toán khác.

- Phương pháp thiết kế theo BCJ của Nhật Bản (The Building Center of Japan). Phương pháp tính toán này kết hợp quan điểm trụ đất xi măng làm việc như cọc trong môi trường đất nền chưa xử lý và quan điểm xem trụ và nền xung quanh là nền tương đương hay như một móng khối quy ước. Sức chịu tải của nền sẽ được quyết định bởi sức kháng của nền đất phía dưới và sức kháng thành bên của khối móng quy ước hoặc sức kháng mũi và sức kháng bên của trụ đất xi măng.

- Phương pháp thiết kế theo CDIT (Coastal Development Institute of Technology) của Trung tâm nghiên cứu công trình công cộng Nhật Bản. Phương pháp này dùng để tính toán xử lý nền đất yếu bằng nhóm trụ đất xi măng dưới tải trọng đất đắp. Nhóm trụ đất xi măng được xem xét như một nền đất hỗn hợp với sức kháng trung bình của vật liệu trụ và đất xung quanh. Hai điều kiện ổn định về khả năng phá hoại trượt phẳng và khả năng phá hoại theo mặt trượt trụ tròn được phân tích trong phương pháp này.

- Phương pháp tính toán theo phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH). Phương pháp này dựa trên cơ sở rời rạc hóa các miền liên tục phức tạp thành các phần tử và giải bằng các hàm xấp xỉ trên từng phần tử sao cho thỏa mãn điều kiện biên cùng với sự cân bằng và liên tục giữa các phần tử. Hiện nay có nhiều phần mềm PTHH có thể giải bài toán Địa kỹ thuật về xử lý nền bằng trụ đất xi măng như các phần mềm Plaxis, Geoslope, Midas GTX...

Phụ lục D

(Tham khảo)

**Phương pháp thí nghiệm trong phòng xác định sức kháng nén của mẫu đất - xi măng
(phương pháp trộn khô)****D.1 Mục đích thí nghiệm**

- a) Xác định sức kháng nén một trục không hạn chế nở hông của mẫu tiêu chuẩn;
- b) Chọn tỷ lệ pha trộn các hỗn hợp gia cố.

D.2 Thiết bị và dụng cụ chủ yếu

- Máy trộn hay dụng cụ trộn mẫu đất hỗn hợp;
- Dụng cụ tạo mẫu đất hỗn hợp;
- Máy nén một trục không hạn chế nở hông.

D.3 Vật liệu thí nghiệm**D.3.1 Vật liệu đất**

Đất nguyên dạng lấy ở hiện trường về được giữ nguyên trạng thái tự nhiên, thí nghiệm xác định khối lượng thể tích, độ ẩm.

D.3.2 Xi măng

Xi măng không được quá 1 tháng kể từ ngày xuất xưởng để đảm bảo độ linh động cần thiết cho thi công trụ trên hiện trường. Cần thí nghiệm kiểm tra mác xi măng trước khi trộn với đất.

D.4 Chế tạo mẫu thí nghiệm**D.4.1 Khuôn mẫu thí nghiệm**

Khuôn trụ tròn, thường là ống nhựa cứng, đường kính trong $d = 50$ mm, chiều cao $h = 100$ mm, có nắp cao su để giữ độ ẩm. Khuôn được làm sạch và có thể bôi chất dóc khuôn để dễ tháo mẫu khi nén.

D.4.2 Xác định tỷ lệ xi măng

Khối lượng đất khô dùng để tính tỷ lệ xi măng tính theo công thức:

$$G_k = \gamma_k V \quad (D.1)$$

trong đó:

γ_k là khối lượng thể tích khô của đất tính bằng gam trên centimet khối (g/cm^3), $\gamma_k = \gamma_w / (1+w)$;

γ_w là khối lượng thể tích tự nhiên của đất tính bằng gam trên centimet khối (g/cm^3);

w là độ ẩm tự nhiên của đất;

V là thể tích mẫu thử, $V = 196,35 \text{ cm}^3$.

Khối lượng xi măng được tính theo % khối lượng đất khô theo tỷ lệ cần thiết.

D.4.3 Xác định khối lượng hỗn hợp

Thường ứng với một tỷ lệ xi măng cần 1 nhóm 3 mẫu. Các mẫu cần được chế bị sao cho khối lượng thể tích có sai số không quá $\pm 0,05 \text{ g}/\text{cm}^3$. Khối lượng hỗn hợp tính theo công thức:

$$G = \gamma_k (1+w+0,01t) V \quad (\text{D.2})$$

trong đó:

t là tỷ lệ xi măng, tính bằng phần trăm (%);

V là tổng thể tích của nhóm mẫu, kể cả hao hụt 10 %.

D.4.4 Đúc mẫu và bảo dưỡng mẫu

D.4.4.1 Đúc mẫu

Đất thiên nhiên được trộn với xi măng khoảng từ 5 phút đến 10 phút trong thùng máy trộn; nếu trộn thủ công bằng xẻng nhỏ thì cần đầm rời đất trước khi cho xi măng, sau đó trộn đều khoảng 10 phút tới 15 phút.

Cho hỗn hợp vào khuôn thành 3 lớp, dùng que gỗ đường kính 10 mm, dài 400 mm để đầm chọc, lớp dưới cùng đến tận đáy, các lớp sau vào sâu trong lớp trước 10 mm; lớp trên cùng đỡ thêm bằng dao vòng để chiều cao trước khi ép cao hơn miệng khuôn 10 mm.

Đưa mẫu vào máy ép, lực ép khoảng $(100 \pm 25) \text{ kg}$, thời gian ép từ 5 phút đến 7 phút, đối với đất bão hoà khi thấy nước bắt đầu thoát lên mặt tấm ép thì dừng.

Khi không có máy ép thì dùng que thép đường kính 10mm, dài 350 mm, một đầu hình đầu viên đạn để đầm; đầm xoạc từ ngoài vào trong theo hình xoắn ốc, lớp đầu tiên xuống tận đáy, các lớp sau sâu vào lớp trước từ 10 mm đến 15 mm.

Gạt bỏ hỗn hợp thừa trên mặt khuôn, miết phẳng bề mặt, đập nắp cao su.

Kiểm tra khối lượng mẫu bằng cách tính γ_k quy ước:

$$\gamma_k = \frac{G_1}{V(1+w+0,01t)} \quad (\text{D.3})$$

trong đó

G_1 là khối lượng hỗn hợp trong khuôn, không kể khối lượng của khuôn và nắp (g);

V là thể tích của hỗn hợp, $V = 196,35 \text{ cm}^3$.

Nếu sai số so với γ_k ban đầu không quá $\pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ là mẫu chế bị đạt yêu cầu.

D.4.4.2 Bảo dưỡng

Mẫu được bảo dưỡng trong khuôn đặt trong phòng bảo dưỡng tiêu chuẩn, thông thường được duy trì ở nhiệt độ gần tương tự nhiệt độ nền đất cần xử lý. Kết quả thí nghiệm mẫu sau 90 ngày được dùng trong tính toán thiết kế (cả phòng lún và ổn định). Các mẫu được bảo dưỡng ở 3, 7, 14, 28 ngày dùng để so sánh với kết quả thí nghiệm hiện trường.

D.5 Thí nghiệm

D.5.1 Thiết bị

Máy nén có hành trình để khi đạt tới tải trọng phá hoại dự kiến của mẫu thử không nhỏ hơn 20 % và không vượt quá 80 % tổng hành trình. Sai số tương đối của số đọc không quá 2 %. Tốt nhất nên sử dụng máy nén có chế độ gia tải và ghi đo dữ liệu tự động.

D.5.2 Trình tự thí nghiệm

a) Phải tiến hành thí nghiệm ngay sau khi lấy mẫu ra khỏi phòng bảo dưỡng để tránh thay đổi độ ẩm và nhiệt độ;

b) Đặt mẫu vào giữa tâm bàn nén dưới của máy nén. Khi bàn nén trên tiếp gần mẫu, điều chỉnh bộ hình cầu để cho tiếp xúc đều;

c) Gia tải với tốc độ từ 10 N/s đến 15 N/s hoặc từ 1 mm/phút đến 2 mm/phút, khi mẫu có biến dạng nhanh, gần tới phá hoại, ngừng điều chỉnh van đầu máy nén, khi mẫu bị phá hoại thì ghi lại lực phá hoại.

D.6 Tính toán kết quả thí nghiệm

Cường độ kháng nén của mẫu đất xi măng được tính theo công thức:

$$q_u = \frac{P}{A} \quad (D.4)$$

trong đó :

q_u là cường độ kháng nén của mẫu đất xi măng ở tuổi thí nghiệm, tính bằng kilôpascan (kPa);

P là tải trọng phá hoại, tính bằng kilôniutơn (kN);

A là diện tích chịu nén của mẫu, tính bằng mét vuông (m^2).

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$$

trong đó :

A_0 là tiết diện ban đầu của mẫu (cm^2);

$\varepsilon = \Delta h/h$, h là chiều cao ban đầu của mẫu (cm) Δh là biến thiên chiều cao mẫu tại cấp tải thứ l (cm)

Một nhóm mẫu thử gồm 3 mẫu. Khi kết quả tính toán của một mẫu thử vượt quá $\pm 15\%$ trị số bình quân của nhóm thì chỉ lấy trị số của 2 mẫu còn lại để tính, nếu không đủ 2 mẫu thì phải làm lại thí nghiệm.

Phụ lục E

(Tham khảo)

Phương pháp thí nghiệm trong phòng xác định sức kháng nén của mẫu đất-xi măng (phương pháp trộn ướt)

E.1 Mục đích thí nghiệm

Thí nghiệm cường độ kháng nén của mẫu đất xi măng trong phòng để xác định tỷ lệ cấp phối tối ưu trong thiết kế và thi công.

E.2 Lựa chọn vật liệu

E.2.1 Vật liệu đất

Đất được lấy mẫu tại hiện trường sẽ được gia cố. Mẫu đất dùng để pha trộn cần được hong khô, nghiền nhỏ lọt qua sàng 5 mm. Sử dụng đất ở độ ẩm tự nhiên

E.2.2 Xi măng

Xi măng không được quá hạn 1 tháng kể từ ngày xuất xưởng. Mẫu xi măng cần được kiểm tra lại cường độ, khi thoả mãn các xuất xưởng mới đưa vào dùng.

E.2.3 Nước

Sử dụng nước sạch cho sinh hoạt hoặc nước mặt tại khu vực thi công xử lý nền, nước phải đảm bảo trong, không có cặn lắng, dính dầu mỡ hay các chất ô nhiễm khác.

E.3.1. Đúc mẫu thử

E.3.1 Khuôn mẫu thử

Dùng khuôn lập phương kích thước 70,7 mm x 70,7 mm x 70,7 mm, có đủ độ cứng và tháo lắp dễ dàng. Bề mặt trong của khuôn phải trơn bóng, sai số độ phẳng không vượt quá 0,05 % chiều dài cạnh, sai số chiều dài cạnh không vượt quá 1/150 của chiều dài cạnh, sai số độ vuông góc của mặt đáy không vượt quá $\pm 0,5^{\circ}$

E.3.2 Phương pháp đầm rung

Mẫu thử có thể đầm chặt trên máy rung, tần số (3 000 \pm 200) lần trên phút, biên độ không tải là (0,5 \pm 0,1) mm, biên độ có tải là (0,35 \pm 0,05) mm.

Khi không có điều kiện dùng máy rung có thể đầm chặt thủ công, dùng que thép đường kính 10 mm, dài 350 mm, một đầu hình côn.

E.3.3 Tỷ lệ cấp phối mẫu thử

Lượng xi măng có thể tính theo công thức sau:

$$W_c = \frac{1 + w}{1 + w_0} a_w W_0 \quad (E.1)$$

Lượng nước trộn có thể tính theo công thức sau:

$$W_w = \left(\frac{w - w_0}{1 + w} + \mu a_w \right) \frac{1 + w}{1 + w_0} W_0 \quad (\text{E.2})$$

trong đó:

W_0 là khối lượng đất phơi khô;

W_c là khối lượng xi măng;

W_w là khối lượng nước;

w là hàm lượng nước tự nhiên của đất;

w_0 là hàm lượng nước của đất phơi khô;

a_w là tỷ lệ trộn của xi măng;

μ là tỷ lệ nước - xi măng.

E.3.4 Đúc mẫu và bảo dưỡng mẫu

a) Lắp ráp khuôn, lau chùi sạch, bôi lớp chất dúc khuôn vào mặt trong của khuôn;

b) Cân đồng trọng lượng đất phơi khô, xi măng và nước;

c) Trộn đều đất và xi măng trong thùng trộn, đổ nước và trộn tiếp thật đều, đổ hết nước và trộn tiếp 10 min, tính từ lúc đổ nước, hoặc đổ dần nước vào trộn trong 1 min (tính từ lúc đổ hết nước);

d) Khi dùng máy rung có thể đổ vào khuôn một nửa hỗn hợp đất xi măng, rung trên bề 1 min, đổ tiếp phần còn lại và phải có một chút dư thừa, rung thêm 1 min nữa, lưu ý không để khuôn mẫu tự nảy trên bàn rung; Khi chế tạo thủ công cũng chia làm hai lớp để đầm, khi xọc nên tiến hành đều đặn từ ngoài vào trong, theo vòng xoắn ốc, đồng thời lắc khuôn về 4 phía, đến khi nào trên mặt không xuất hiện bọt khí là được; que phải giữ thẳng đứng, mỗi lớp chọc 25 lần, lớp dưới xuống tận đáy, lớp trên sâu xuống lớp dưới 1 cm; dùng bay miết theo mép khuôn nhiều lần tránh cho mẫu khỏi bị rỗ mặt;

e) Sau khi đầm gạt bỏ phần thừa, miết mặt thật phẳng, đặt vải ni lông chống bay hơi nước và đưa vào phòng bảo dưỡng tiêu chuẩn.

f) Tùy theo cường độ của hỗn hợp để quyết định thời gian tháo khuôn; thông thường 3 ngày sau là có thể đánh số và tháo khuôn. Sau khi tháo khuôn cần cân trọng lượng từng mẫu, ngâm mẫu vào trong bồn nước để bảo dưỡng, nhiệt độ trong phòng bảo dưỡng tương tự nhiệt độ trong đất cần xử lý.

E.4 Thí nghiệm

Thiết bị và trình tự thí nghiệm, xử lý kết quả tương tự như đối với mẫu xi măng đất trong phương pháp trộn phun khô.

Phụ lục G

(Tham khảo)

Cường độ chịu nén của một số hỗn hợp gia cố xi măng đất**Bảng G.1- Cường độ chịu nén của một số hỗn hợp gia cố xi măng đất**

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên						Cường độ kháng nén 1 trục, kG/cm ²			
		γ	w	LL	LP	IP	C _u	7 % XM		12 % XM	
		g/cm ³	%	%	%		kg/cm ²	28 ngày	90 ngày	28 ngày	90 ngày
Sét pha	Hà Nội	1,30	45	37	24	13	0,16	3,36	3,97	4,43	4,48
Cát pha	Nam Hà	-	41	-	-	-	-	-	2,24	-	3,21
Sét pha xám đen	Hà Nội	-	62	36	23	13	0,23	-	-	7,39	9,42
Sét pha xám nâu	Hà Nội	-	35	35	27	8	0,21	-	-	4,28	4,82
Sét pha hữu cơ	Hà Nội	-	30	30	19	11	0,23	3,00	4,07	-	-
Sét pha	Hà Nội	1,60	52	37	24	13	0,10	0,61	0,66	2,13	2,50
Sét xám xanh	Hà Nội	-	51	-	-	-	0,10	-	-	2,39	2,55
Đất sét hữu cơ	Hà Nội	-	95	62	40	22	0,21	-	-	0,51	0,82
Sét pha	Hà Nội	1,43	37	30	19	11	0,32	-	-	11,0	19,0
Bùn sét hữu cơ	Hà Nội	1,51	74	54	35	19	0,39	-	-	-	1,22
Bùn sét hữu cơ	Hà Nội	1,54	119	54	36	18	0,19	-	-	0,42	0,50
Sét pha	Hải Dương	1,35	36	27	18	9	-	6,18	6,50	9,13	9,53
Cát pha	Hải Dương	1,35	26	27	19	6	-	3,55	4,21	6,75	7,92
Sét	Hải Phòng	1,16	50	46	28	18	0,28	1,63	1,85	3,01	3,95

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên		Cường độ kháng nén 1 trục, kG/cm ²							
		γ	w	275 kg/m ³		300 kg/m ³		325 kg/m ³		350 kg/m ³	
		g/cm ³	%	14 ngày	28 ngày	14 ngày	28 ngày	14 Ngày	28 ngày	14 ngày	28 ngày
Bùn sét hữu cơ	Nhà Bè, Tp. HCM	1.57	78.18	11.35	15.09	14.27	16.09	16.59	18.06	14.19	16.63

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên		Cường độ kháng nén 1 trục, kG/cm ²								
		γ	w	225 kg/m ³			250 kg/m ³			275 kg/m ³		
		g/cm ³	%	7 ngày	14 ngày	28 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày
Bùn sét hữu cơ	Tp. Thủ Đức, Tp. HCM	1.53	74.57	9.66	14.92	20.85	14.55	22.27	27.03	16.60	26.99	31.31

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên		Cường độ kháng nén 1 trục, kG/cm ²											
		γ	w	125 kg/m ³			150 kg/m ³			175 kg/m ³			200 kg/m ³		
		g/cm ³	%	7 ngày	14 ngày	28 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày
Bùn sét hữu cơ	Bình Chánh, Tp. HCM	1.48	87.04			14.36			16.54			18.35			22.01

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên		Cường độ kháng nén 1 trục, kG/cm ²					
		γ	w	220 kg/m ³		240 kg/m ³		260 kg/m ³	
		g/cm ³	%	14 ngày	28 ngày	14 ngày	28 ngày	14 ngày	28 ngày
Bùn sét hữu cơ	Tân Thành, Bà Rịa-Vũng Tàu	1.63	50.00		13.19		17.50		21.01

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên		Cường độ kháng nén 1 trục, kG/cm ²	
		γ	w	250 kg/m ³	
		g/cm ³	%	14 ngày	28 ngày
Bùn sét hữu cơ	Nhơn Trạch, Đồng Nai	1.46	97.93	10.78	17.46

