

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

TRINH NGOC ANH

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CỌC ĐẤT XI MĂNG GIA
CỐ NỀN CHO BỂ CHỨA XĂNG DẦU XÂY DỰNG
TRÊN NỀN ĐẤT YẾU**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Xây dựng Công trình Dân dụng & Công nghiệp

Mã số: 60.58.02.08

**LUẬN VĂN THẠC SỸ KỸ THUẬT
NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

GS.TS. NGUYỄN ĐỨC NGUÔN

Hải Phòng, 2015

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình khoa học do chính tôi thực hiện. Các kết quả, số liệu trong luận văn là trung thực và chưa được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận văn

Trịnh Ngọc Anh

LỜI CẢM ƠN

Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật chuyên ngành Kỹ thuật công trình xây dựng với đề tài **“Nghiên cứu ứng dụng cọc đất xi măng gia cố nền cho bể chứa xăng dầu xây dựng trên nền đất yếu”** là sự thể hiện những kiến thức đã thu nhận được của học viên trong những năm học tại Trường đại học Dân lập Hải Phòng. Học viên xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến:

PGS.TS Nguyễn Đức Nguôn, bộ môn Công trình ngầm - trường đại học Kiến trúc Hà Nội, người đã trực tiếp hướng dẫn, chỉ bảo tận tình trong suốt thời gian nghiên cứu và hoàn thành luận văn.

Ban giám hiệu nhà trường và toàn thể các thầy cô thuộc khoa Xây dựng - Trường đại học Dân lập Hải Phòng, những người đã giúp đỡ cổ vũ và tạo mọi điều kiện cho học viên trong suốt quá trình học tập, định hướng nghiên cứu cũng như thực hiện luận văn.

Cuối cùng tôi gửi lời biết ơn tới gia đình, bạn bè, đồng nghiệp, sự khích lệ, động viên về cả vật chất và tinh thần là một nguồn lực to lớn giúp tôi vượt qua những khó khăn trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu.

Hải Phòng, 15 tháng 12 năm 2015

Tác giả luận văn

Trịnh Ngọc Anh

MỤC LỤC

THUẬT NGỮ VÀ CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT	1
DANH MỤC BẢNG.....	4
DANH MỤC HÌNH.....	5
MỞ ĐẦU	7
0.1. Đặt vấn đề.....	7
0.2. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	7
0.2.1. Mục đích nghiên cứu.....	7
0.2.2. Đối tượng nghiên cứu.....	8
0.2.3. Phạm vi nghiên cứu.....	8
0.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	8
0.4. Phương pháp nghiên cứu.....	8
0.5. Kết quả đạt được của đề tài	8
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CỌC XMD	10
1.1. Khái quát về nền đất yếu trong xây dựng công trình	10
1.1.1. Khái niệm về đất yếu.....	10
1.1.2. Mục tiêu xử lý nền đất yếu.....	11
1.2. Tổng quan về công trình bể chứa xăng dầu.....	12
1.2.1. Giới thiệu chung.....	12
1.2.2. Phân loại bể chứa dầu khí	13
1.2.3. Bể chứa trụ đứng áp thường.....	16
1.3. Tổng quan về cọc đất xi măng.....	19
1.3.1. Lịch sử phát triển của cọc đất xi măng.....	19
1.3.2. Khả năng ứng dụng của cọc đất xi măng trong gia cố	19
1.3.3. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng cọc đất xi măng gia cố nền bể chứa xăng dầu ở nước ta	23
1.4. Kết luận chương 1	26
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN CỌC ĐẤT XI MĂNG GIA CỐ NỀN BỂ CHỨA XĂNG DẦU	27
2.1. Đặc điểm, tính chất của cọc đất xi măng.....	27
2.1.1. Vật liệu cọc đất xi măng.....	27
2.1.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành cường độ của cọc ĐXM.....	31
2.1.3. Sự thay đổi cường độ cọc ĐXM theo thời gian	34

2.1.4. Kinh nghiệm gia cố đối với một số loại đất yếu	36
2.2. Các quan điểm tính toán đối với cọc ĐXM gia cố nền đất yếu.....	39
2.2.1. Quan điểm cọc đất xi măng làm việc như cọc	39
2.2.2. Quan điểm tính toán nền đất hỗn hợp	39
2.2.3. Quan điểm tính toán kết hợp	41
2.3. Thiết kế cọc đất xi măng.....	42
2.3.1. Nguyên lý thiết kế	42
2.3.2. Tính toán thiết kế.....	44
2.4. Công nghệ thi công cọc đất xi măng	50
2.4.1. Công nghệ trộn khô	52
2.4.2. Công nghệ trộn ướt.....	54
2.5. Công tác bảo đảm chất lượng	56
2.5.1. Yêu cầu về thiết bị.....	56
2.5.2. Kiểm soát trước khi thi công.....	58
2.5.3. Kiểm soát trong quá trình thi công.....	58
2.5.4. Thí nghiệm kiểm tra chất lượng sau khi thi công.....	59
2.6. Kết luận chương 2	62
CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG XỬ LÝ NỀN BỂ CHỨA XĂNG DẦU CHO	
CÔNG TRÌNH CỤ THỂ	63
3.1. Giới thiệu công trình.....	63
3.1.1. Kết cấu công trình	63
3.1.2. Điều kiện tải trọng.....	63
3.1.3. Điều kiện địa chất công trình	63
3.2. Tính toán thiết kế	65
3.2.1. Thông số cọc đất xi măng	65
3.2.2. Kiểm toán sức chịu tải của nền đất	67
3.2.3. Kiểm toán lún	68
3.3. Thi công cọc đất xi măng	68
3.3.1. Yêu cầu vật liệu và thiết bị thi công.....	68
3.3.2. Trộn mẫu thử trong phòng thí nghiệm	70
3.3.3. Thi công thử cọc đất xi măng.....	70
3.3.4. Thi công đại trà cọc đất xi măng	71
3.3.5. Xử lý kỹ thuật thi công.....	73
3.4. Kiểm tra chất lượng và nghiệm thu cọc đất xi măng.....	74

3.4.1. Kiểm tra chất lượng cọc đất xi măng	74
3.4.2. Nghiệm thu cọc đất xi măng	75
3.5. Kết luận chương 3	76
KẾT LUẬN CHUNG	77
1. Các kết quả đạt được của luận văn	77
2. Hướng phát triển của luận văn.....	77
TÀI LIỆU THAM KHẢO	78
PHỤ LỤC I. TÍNH TOÁN XỬ LÝ NỀN BỀ CHỨA XĂNG DẦU BẰNG CỌC ĐẤT XI MĂNG	1
1. SỐ LIỆU THIẾT KẾ ĐẦU VÀO.....	1
2. TÍNH TOÁN CỌC ĐẤT XI MĂNG.....	2
PHỤ LỤC II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM NÉN NỔ HÔNG MỘT SỐ DỰ ÁN SỬ DỤNG CỌC XI MĂNG ĐẤT GIA CỐ NỀN ĐẤT YẾU	12
1. KẾT QUẢ THI CÔNG THỬ NGHIỆM SÂN BAY CẦN THƠ	12
2. KẾT QUẢ THI CÔNG THỬ NGHIỆM SÂN BAY CÁT BI – HẢI PHÒNG.....	15
3. KẾT QUẢ THI CÔNG THỬ NGHIỆM CẢNG SAO MAI BẾN ĐÌNH – THÀNH PHỐ VŨNG TÀU	18

THUẬT NGỮ VÀ CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT

ĐXM	Đất xi măng
F_{cf}	Cường độ yêu cầu phần thân cọc (N/mm^2)
F_{cp}	Cường độ yêu cầu phần mũi cọc (N/mm^2)
φ_{td}	Góc ma sát của hệ tương đương (độ)
C_{td}	Lực dính của hệ tương đương (kN/m^2 , t/m^2)
E_{td}	Mô đun đàn hồi của hệ tương đương (T/m^2 , kg/cm^2)
Φ_{xmd}	Góc ma sát của cọc đất xi măng (độ)
C_{xmd}	Lực dính của cọc đất xi măng (kN/m^2 , t/m^2)
E_{xmd}	Mô đun đàn hồi của cọc đất xi măng (t/m^2 , kg/cm^2)
Φ_{tn}	Góc ma sát của đất nền xung quanh cọc (độ)
C_{tn}	Lực dính của đất nền xung quanh cọc (kN/m^2 , t/m^2)
E_{tn}	Mô đun đàn hồi của đất nền xung quanh cọc (t/m^2 , kg/cm^2)
a	Tỷ diện tích cọc đất xi măng
σ_{soil}	Áp lực phân bố tác dụng lên đất nền xung quanh (t/m^2 , kg/cm^2)
σ_{col}	Áp lực phân bố tác dụng lên đầu cọc (t/m^2 , kg/cm^2)
P	Tổng tải trọng phân bố tính đến cao độ đỉnh cọc (kN)
q_a	Cường độ chịu tải của nền đất xung quanh cọc (kN)
γ	Dung trọng tự nhiên của đất
B	Chiều rộng móng quy ước (m)
D	Chiều sâu móng quy ước (m)
FS	Hệ số an toàn
C	Lực dính kết của đất (kN/m^2 , t/m^2)
S_1	Độ lún của khối gia cố cọc đất xi măng (m)
S_2	Độ lún của nền đất phía dưới (m)
U	Độ cố kết theo thời gian
C_h	Hệ số cố kết theo phương ngang của đất nền

T	Thời gian lún cố kết (s)
R	Bán kính ảnh hưởng của cọc (m)
S	Khoảng cách tâm các cọc đất xi măng (m)
L_D	Chiều dài thoát nước (m)
k_s	Hệ số thấm của đất nền
k_c	Hệ số thấm của cọc đất xi măng
S_i	Độ lún tức thời của nền đất (mm)
S_c	Độ lún cố kết sơ cấp của nền đất (mm)
S_s	Độ lún cố kết thứ cấp của nền đất (mm)
h_i	Chiều dày lớp đất tính lún thứ i (m)
e_0^i	Hệ số rỗng của lớp đất thứ i ở trạng thái tự nhiên ban đầu
C_c^i	Chỉ số nén lún của lớp đất thứ i
C_r^i	Chỉ số nén phục hồi của lớp đất thứ i
σ_{pz}^i	Áp lực tiên cố kết lớp đất thứ i (T/m^2)
σ_{vz}^i	Áp lực do trọng lượng bản thân của các lớp đất nằm trên tại giữa lớp đất thứ i (T/m^2)
σ_z^i	Áp lực do tải trọng đắp gây nên tại giữa lớp đất i (T/m^2)
C_α	Hệ số cố kết thứ cấp
e_p	Hệ số rỗng của đất khi kết thúc lún cố kết sơ cấp
t_p	Thời gian kết thúc lún cố kết sơ cấp (s)
t	Thời gian tính lún cố kết thứ cấp (s)
U_v	Độ cố kết theo phương đứng
T_v	Nhân tố thời gian
C_v^{tb}	Hệ số cố kết trung bình theo phương thẳng đứng của các lớp đất yếu trong phạm vi chiều sâu chịu nén cực hạn H_a
C_{vi}	Hệ số cố kết theo phương thẳng đứng của lớp đất yếu thứ i

h_i	Chiều dày lớp đất i trong phạm vi vùng chịu nén H_a (m)
T	Số lần trộn trên một mét dài (n/m)
ΣM	Số lượng tổng cộng các cánh trộn
N_d	Tốc độ quay của các cánh trộn khi hạ xuống (vòng/phút)
V_d	Tốc độ hạ xuống của cánh trộn (m/phút)
N_u	Tốc độ quay của các cánh trộn khi rút lên (vòng/phút)
V_u	Tốc độ rút lên của cánh trộn (m/phút)
W_i	Lượng xi măng được phun ra trong quá trình khoan xuống (l)
W	Lượng xi măng phun ra trong toàn bộ quá trình (l)

DANH MỤC BẢNG

<i>Bảng 2.1: Cường độ yêu cầu phân mủi cọc</i>	<i>28</i>
<i>Bảng 2.2: Điều kiện cấp phối tiêu chuẩn phân thân cọc</i>	<i>29</i>
<i>Bảng 2.3: Điều kiện cấp phối tiêu chuẩn phân mủi cọc</i>	<i>30</i>
<i>Bảng 2.4: Tỷ lệ trộn cơ bản của vữa xi măng</i>	<i>30</i>
<i>Bảng 2.5: Bảng hiệu quả gia cố đối với các loại đất của các chất gia cố [10]</i>	<i>36</i>
<i>Bảng 2.6: Bảng thống kê một số loại đất được gia cố sau đây</i>	<i>38</i>
<i>Bảng 2.7: Công nghệ thi công cọc ĐXM Bắc Âu – Nhật Bản [3, Tr20]</i>	<i>52</i>
<i>Bảng 2.8: Công nghệ đạt được đối với công tác thi công cọc ĐXM [3, Tr21]</i>	<i>52</i>
<i>Bảng 2.9: Thông số thi công cọc đất xi măng</i>	<i>59</i>
<i>Bảng 3.1: Các thông số cơ bản của thiết bị thi công thử cọc ĐXM</i>	<i>70</i>
<i>Bảng 3.2: Thông số nghiệm thu cọc đất xi măng</i>	<i>76</i>

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1: Kho xăng dầu Trà Nóc – Cần Thơ.....	13
Hình 1.2: Bể chứa trụ đứng kho xăng dầu Nhà Bè.....	15
Hình 1.3: Bể chứa trụ nằm.....	15
Hình 1.4: Bể chứa hình cầu Kho chứa LPG Dung Quất	16
Hình 1.5: Bể chứa trụ đứng mái tĩnh.	16
Hình 1.6: Cấu tạo đáy bể.....	17
Hình 1.7: Nối các tấm thân bể.....	17
Hình 1.8: Các dạng mái bể chứa	18
Hình 1.9: Cấu tạo nền đáy bể.	18
Hình 1.10: Tác dụng của tải trọng lên nền đất của công trình bể chứa và móng công trình thông thường.	19
Hình 1.11: Sơ đồ ứng dụng cọc ĐXM trong xây dựng công trình.....	20
Hình 1.12: Mặt bằng một số phương pháp gia cố cọc ĐXM.....	22
Hình 1.13: Một số công trình ứng dụng cọc ĐXM gia cố nền thường gặp	23
Hình 1.14: Giàn thiết bị thi công tại Cảng hàng không Cát Bi-Hải Phòng	25
Hình 2.1: Mối quan hệ giữa cường độ yêu cầu F_{cf} đối với phần thân cọc và kết quả thí nghiệm nén 1 trục của cọc ĐXM	29
Hình 2.2: Quan hệ giữa cường độ yêu cầu F_{cp} đối với phần mũi cọc và kết quả thí ng nghiệm nén 1 trục của cọc ĐXM	31
Hình 2.3: Cường độ cọc ĐXM tại “Yokohama, Fukuyama, Imary” tăng theo hàm logarit (Terashi, 1977).....	34
Hình 2.4: Cường độ kháng nén không thoát nước theo thời gian (Saitoh, 1988)	35
Hình 2.5: Tỷ lệ q_u/q_{u28} đối với một số mẫu đất theo thời gian (Saitoh, 1988).....	35
Hình 2.6: Biểu đồ quan hệ sức kháng nén q_u và hàm lượng xi măng gia cố.....	35
Hình 2.7: Quan hệ giữa cường độ cắt không thoát nước (q_u , μ , loại đất).....	38
Hình 2.8: Ứng dụng vòng tròn mohr với khối hỗn hợp (Đất +ĐXM)	39
Hình 2.9: Cách thức truyền tải qua nền hỗn hợp	41
Hình 2.10: Sơ đồ thiết kế lập các dự án cọc đất xi măng	43
Hình 2.11: Phương án bố trí mặt bằng cọc theo dạng lưới ô vuông.....	44
Hình 2.12: Phương án bố trí mặt bằng cọc theo dạng hình tròn	44
Hình 2.13: Nguyên tắc thực hiện dự án thi công trộn sâu.....	51
Hình 2.14: Dây chuyền thiết bị thi công theo công nghệ trộn khô	52
Hình 2.15: Nguyên lý hoạt động công nghệ trộn khô	53
Hình 2.16: Các bước thi công chính theo công nghệ trộn khô.....	53
Hình 2.17: Dây chuyền thiết bị thi công công nghệ trộn ướt	54
Hình 2.18: Nguyên lý hoạt động công nghệ trộn ướt	55

Hình 2.19: Các bước chính thi công theo công nghệ trộn ướt	55
Hình 2.20: Hệ thống điều khiển tự động trên máy cơ sở	56
Hình 2.21: Hệ thống điều khiển tự động trên trạm trộn	57
Hình 2.22: Nén mẫu gia cố bằng máy nén một trục Phoenix	60
Hình 2.23: Hình ảnh thí nghiệm đào lộ đầu cọc	61
Hình 2.24: Hình ảnh thí nghiệm nhổ cọc (pull out test)	61
Hình 3.1: Mặt bằng bố trí cọc ĐXM	66
Hình 3.2: Mặt cắt A-A	67

MỞ ĐẦU

0.1. Đặt vấn đề

Cùng với tốc độ phát triển nhanh của sự nghiệp công nghiệp hóa – hiện đại hóa đất nước, nhu cầu sử dụng xăng dầu cũng tăng vọt, dẫn tới nhu cầu sử dụng bể chứa đã và đang trở nên cấp thiết.

Tính đặc thù của công trình bể chứa xăng dầu là thường xây dựng ở các vùng ven sông, ven biển, nơi tiếp giáp giữa vùng nước và vùng đất thuận tiện cho việc nhập xuất. Nền thường là đất yếu với chiều dày khá lớn, do vậy giải pháp gia cố nền là vấn đề rất được quan tâm trong việc thiết kế xây dựng công trình.

Giải pháp gia cố sử dụng cọc đất xi măng (ĐXM) là một trong những giải pháp hiện nay được ứng dụng phổ biến trên thế giới và đang được ứng dụng vào điều kiện xây dựng công trình ở Việt Nam, đáp ứng được các yêu cầu về kinh tế - kỹ thuật. Với lý do này, việc nghiên cứu ứng dụng cọc ĐXM cần được quan tâm hơn nữa.

Đề tài luận văn: “**Nghiên cứu ứng dụng cọc đất xi măng gia cố nền bể chứa xăng dầu xây dựng trên đất yếu**” sẽ phân tích cơ sở lý thuyết, tính toán nền bể chứa xăng dầu trên các quan điểm khác nhau, để làm rõ hơn nội dung tính toán. Từ đó có các đề xuất, kiến nghị ứng dụng vào công tác thiết kế và xây dựng công trình.

0.2. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

0.2.1. Mục đích nghiên cứu

- Giới thiệu tổng quan phương pháp gia cố nền nhằm tăng cường ổn định lún trong xây dựng công trình bể chứa xăng dầu.
- Phân tích cơ sở lý thuyết tính toán nền bể chứa xăng dầu gia cố bằng cọc ĐXM, nghiên cứu vai trò và ảnh hưởng của cọc ĐXM trên cơ sở đó đề xuất

giả thiết và mô hình tính toán thích hợp khi ứng dụng cọc ĐXM gia cố nền bê chứa xăng dầu xây dựng trên đất yếu.

0.2.2. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là phân tích ổn định bể chứa xăng dầu được gia cố bằng cọc ĐXM.

0.2.3. Phạm vi nghiên cứu

Để áp dụng loại hình cọc ĐXM một cách phổ biến trong xây dựng bể chứa xăng dầu ở Việt Nam nội dung nghiên cứu đề tài tập trung nghiên cứu làm rõ những vấn đề sau đây: cơ sở lý thuyết tính toán kết cấu cọc, sức chịu tải của cọc, quy trình công nghệ thi công cọc trong điều kiện Việt Nam.

0.3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Làm rõ một lựa chọn có tính kinh tế kỹ thuật cao để giải quyết công tác xử lý nền đất yếu khi xây dựng công trình nói chung và công trình bể chứa xăng dầu nói riêng. Từ đó có thể áp dụng kết quả nghiên cứu để lựa chọn giải pháp thiết kế, thi công gia cố nền bê chứa xăng dầu theo công nghệ cọc ĐXM tại Việt Nam.

0.4. Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập các tài liệu và nghiên cứu lý thuyết: Tiêu chuẩn thiết kế trong và ngoài nước, tài liệu, báo cáo khoa học, giáo trình hướng dẫn tính toán thiết kế xử lý nền đất bằng cọc ĐXM.
- Thu thập và phân tích số liệu các kết quả thí nghiệm và thi công các dự án đầu tư xây dựng có sử dụng giải pháp cọc ĐXM gia cố nền bê chứa xăng dầu đã và đang được triển khai.

0.5. Kết quả đạt được của đề tài

- Qua kết quả nghiên cứu cho thấy cọc ĐXM là một giải pháp nền móng kinh tế, đảm bảo các yêu cầu khắt khe về kỹ thuật, bảo vệ môi trường phù hợp xây dựng bể chứa xăng dầu trên đất yếu.

- Giúp cho các nhà thiết kế và thi công bể chứa xăng dầu ở Việt Nam làm chủ một giải pháp xử lý nền khi xây dựng trên đất yếu.

TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CỌC XMB

0.6. Khái quát về nền đất yếu trong xây dựng công trình

0.6.1. Khái niệm về đất yếu

- Đất yếu trong kỹ thuật xây dựng là loại đất có các chỉ tiêu chính sau đây [7]:
 - Khả năng chịu lực yếu: thông thường có $R^{TC} < 1 \text{ kG/cm}^2$ (trong đó R^{TC} – giới hạn biến dạng tuyến tính của nền đất);
 - Mô đun biến dạng E_0 nhỏ: thông thường $E_0 < 50 \text{ kG/cm}^2$, loại đất này dễ biến dạng, có độ lún lớn khi chịu tải trọng;
 - Hệ số rỗng ε lớn: thông thường giá trị $\varepsilon > 1.0$;
 - Đất có hàm lượng hữu cơ lớn.
- Ngoài ra có thể đánh giá theo trạng thái của đất như:
 - Độ sệt I_L – đối với đất dính;
 - Độ chặt – đối với đất cát (trên cơ sở giá trị hệ số rỗng ε)

Các giá trị chỉ tiêu I_L và ε được xác định từ kết quả khảo sát, thí nghiệm và tính toán so sánh với giá trị giới hạn quy định. Ví dụ: đất dính yếu có trạng thái dẻo chảy với độ sệt $I_L > 1$ đối với á cát; dẻo mềm với độ sệt $I_L > 0.5$ đối với á sét và sét; đất cát yếu khi đất ở trạng thái xốp, hệ số rỗng lớn hơn 0.7 đối với cát hạt trung và hạt to và tương ứng 0.75 -0.8 đối với cát hạt nhỏ - cát bụi.

- Đất yếu ở nước ta khá phổ biến, đặc biệt là tại các khu vực đồng bằng châu thổ sông Hồng và đồng bằng sông Cửu Long. Chiều dày các lớp đất này nhiều khi có giá trị khá lớn, có nơi lên tới 45-60m.
- Để xây dựng công trình trên các vùng đất như vậy, sử dụng các biện pháp xử lý móng sẽ gặp rất nhiều khó khăn và tốn kém. Hợp lý hơn cả trong những

trường hợp nền đất yếu là tìm giải pháp xử lý nền hoặc kết hợp xử lý nền với móng, trong đó giải pháp xử lý nền thường đóng vai trò chủ đạo.

0.6.2. Mục tiêu xử lý nền đất yếu

- Việc xử lý nền đất yếu nhằm hướng đến 3 mục tiêu chủ yếu sau [7]:
 - Tăng khả năng chịu lực của nền đất.
 - Tăng khả năng chống biến dạng của nền đất.
 - Giảm tính thấm nước cho đất.
- Để đạt được các mục tiêu trên việc xử lý nền đất yếu có thể thực hiện theo các hướng chính sau:
 - **Tăng độ chặt đất nền.** Theo hướng này có thể sử dụng:
 - + Các phương pháp cơ học: lu lèn, đầm, nén. Sử dụng các phương pháp này rất hiệu quả cho các loại đất có độ rỗng lớn, cát xốp. Tuy nhiên chúng chỉ có thể tăng độ chặt cho các lớp đất trên bề mặt tới độ sâu không lớn.
 - + Đóng các loại cọc vật liệu rời như cát, sỏi, đá dăm. Các loại cọc đóng này ngoài việc nén chặt đất (giảm độ rỗng của đất) chúng còn tăng cường khả năng thoát nước cho nền đất giúp tăng khả năng cố kết của nền đất. Sử dụng hiệu quả cho các loại đất có lỗ rỗng lớn, các loại đất yếu như bùn cát, á sét, á cát. Sử dụng cọc vật liệu rời có thể nén chặt đất cho cả các lớp đất yếu dưới sâu.
 - + Hạ mực nước ngầm: hạ mực nước ngầm giúp cho quá trình cố kết nhanh tạo khả năng giảm độ rỗng của các lớp đất nhờ tăng trọng lượng của khối đất bên trên.
 - **Biến đổi cấu trúc đất nền bằng các phương pháp hóa – lý – sinh:** Gia cường đất bằng xi măng, bằng hóa chất, điện thấm, điện hóa, sử dụng cho các loại đất

như cát xộp, các loại đất có độ rỗng lớn, các loại đá nứt nẻ, các loại sét yếu, các loại cát, á cát, á sét bão hòa nước.

- **Thay thế lớp đất ngay dưới đế móng bằng loại đất khác tốt hơn:** đây là một phương pháp ít được sử dụng. Để khắc phục vướng mắc do gặp lớp đất yếu phân bố ngay dưới đáy móng, người ta thay một phần hoặc toàn bộ nền đất yếu bằng lớp đất mới có tính bền cơ học cao, như làm gỏi cát, đệm cát. Phương pháp này đòi hỏi kinh phí đầu tư lớn và thời gian thi công lâu dài.
- **Điều chỉnh tiến độ thi công:** tăng tải dần hoặc xây dựng từng bộ phận công trình theo từng giai đoạn nhằm cải thiện khả năng chịu lực của nền đất, cân bằng độ lún giữa các bộ phận của kết cấu công trình.
- Việc lựa chọn phương pháp xử lý nền hợp lý phụ thuộc vào tính chất của đất nền, loại và tải trọng công trình, loại móng, thiết bị và điều kiện thi công, yêu cầu tiến độ. Các phương pháp trên có thể sử dụng riêng biệt hoặc kết hợp với nhau để đạt hiệu quả cao nhất.

0.7. Tổng quan về công trình bể chứa xăng dầu

0.7.1. Giới thiệu chung

Trong công nghiệp hóa dầu, tất cả các hoạt động sản xuất, buôn bán, tồn trữ đều liên quan đến khâu bể chứa. Bể chứa tiếp nhận nguyên liệu trước khi đưa vào sản xuất và tồn trữ sau sản xuất.

Bể chứa có vai trò rất quan trọng, nó có nhiệm vụ: tồn trữ nguyên liệu và sản phẩm, giúp ta nhận biết được số lượng tồn trữ. Tại đây các hoạt động kiểm tra chất lượng, số lượng, phân tích các chỉ tiêu trước khi xuất hàng đều được thực hiện.

Ngoài ra nó còn được hỗ trợ bởi các hệ thống thiết bị phụ trợ: van thở, nền móng, thiết bị chống tĩnh điện, mái che...

Hiện các nhà thầu trong nước như Công ty cổ phần xây lắp 1 – Petrolimex đã thi công được những bể có dung tích lên tới 40.000 m³/bể.



Kho xăng dầu Trà Nóc – Cần Thơ

0.7.2. Phân loại bể chứa dầu khí

a. Theo chiều cao xây dựng

- Bể ngầm: được đặt dưới mặt đất, thường được sử dụng trong các cửa hàng bán lẻ.
- Bể nổi: được xây dựng trên mặt đất, được sử dụng trong các kho lớn.
- Bể nửa ngầm: loại bể có một nửa chiều cao nhô lên mặt đất, nhưng hiện nay còn rất ít.
- Bể ngoài khơi: được thiết kế nổi trên mặt nước, có thể di chuyển từ nơi này sang nơi khác dễ dàng.

b. Theo áp suất

- Bể cao áp: áp suất chịu đựng trong bể $> 2000\text{mmHg}$.
- Bể áp lực trung bình: áp suất thường từ $20\text{-}200\text{mmHg}$, thường dùng bể KO, DO.
- Bể áp thường: áp suất bằng 20mmHg áp dụng bể dầu nhờn, FO, bể mái phao.

c. Theo vật liệu xây dựng

- Bể kim loại: làm bằng thép, áp dụng cho hầu hết các loại bể lớn hiện nay.

Ưu điểm:

- Khó bị nứt, rò rỉ.
- Chịu áp suất tương đối cao.
- Kích thước bể không hạn chế.
- Chế tạo nhanh, lắp ráp và sửa chữa dễ dàng.

Nhược điểm:

- Dễ bị gỉ và ăn mòn. Do vậy tuổi thọ thấp.
- Dẫn nhiệt tốt làm tổn hao bay hơi dầu nhẹ nhiều.
- Chứa dầu nặng thì hiệu suất giữ nhiệt thấp do mất mát nhiệt.

- Bể phi kim: làm bằng vật liệu như gỗ, composite, nhựa, bê tông...nhưng chỉ áp dụng cho các bể nhỏ.

Ưu điểm:

- Khả năng chịu nhiệt tốt không bị gỉ nên tuổi thọ khá cao.
- Chi phí thấp.

Nhược điểm:

- Xăng dầu ngấm qua bê tông tốt nên cần giải quyết tốt vấn đề chống ngấm khi làm bằng bê tông.
- Áp suất chịu không cao.

d. Theo mục đích

- Bể trung chuyển.
- Bể cấp phát.

e. Theo hình dạng

- Bể trụ đứng: thường được sử dụng cho các kho lớn.



Bể chứa trụ đứng kho xăng dầu Nhà Bè.

- Bể trụ nằm: thường chôn xuống dưới đất trong cửa hàng bán lẻ hoặc để nổi trong một số kho lớn.



Bể chứa trụ nằm

- Bể trụ hình cầu, hình giọt nước: còn rất ít ở một số kho lớn.



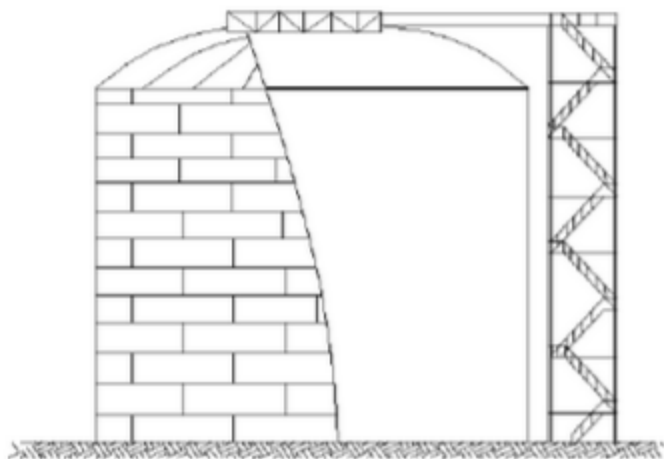
Bể chứa hình cầu Kho chứa LPG Dung Quất

Trong khuôn khổ luận văn của mình, tác giả chỉ tập trung nghiên cứu một loại bể chứa được sử dụng khá phổ biến hiện nay, đó là bể chứa trụ đứng áp thường.

0.7.3. Bể chứa trụ đứng áp thường

Bể chứa trụ đứng mái tĩnh thường dùng để chứa các sản phẩm dầu mỏ có hơi đàn hồi áp lực thấp.

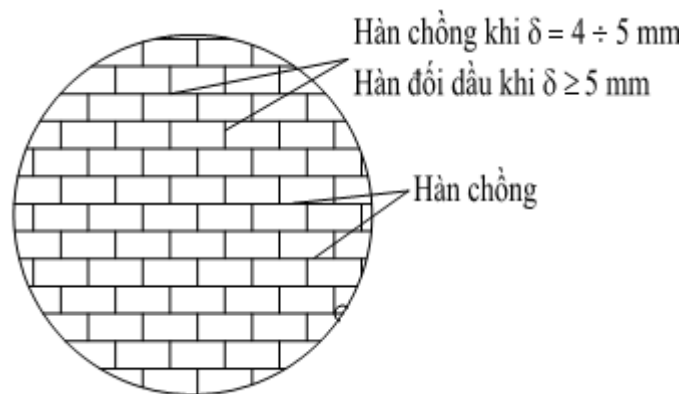
Thể tích có thể thay đổi từ 100-20000m³ (chứa xăng), thậm chí có thể lên tới 50000m³ (chứa dầu, mazut ...).



Bể chứa trụ đứng mái tĩnh.

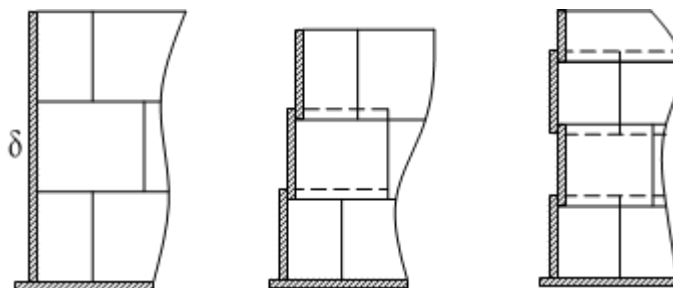
Các bộ phận chính của bể gồm: thân, đáy và mái bể. Đáy bể được đặt trên nền cát đầm chặt có phủ lớp cách nước. Ngoài ra còn có các bộ phận phụ trợ khác như: ống để nạp và xả chất lỏng, cầu thang, trên mái đặt thiết bị đo mức chất lỏng, lỗ nhìn, van an toàn, lan can...

- Cấu tạo đáy bể: đáy bể tựa trên nền cát và chịu áp lực chất lỏng. Phần chính của đáy gồm các tấm thép có kích thước lấy theo định hình sản xuất và được liên kết với nhau bằng các đường hàn đối đầu hoặc hàn chồng.



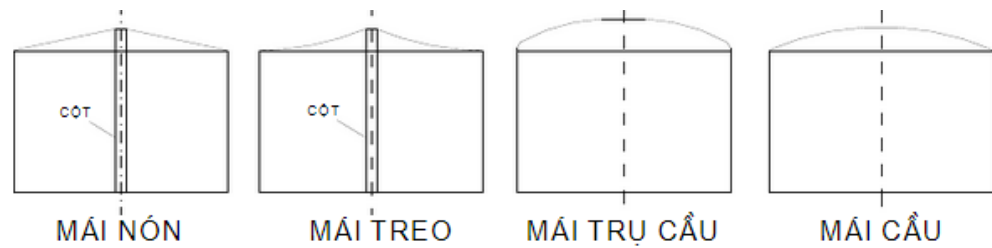
Cấu tạo đáy bể

- Cấu tạo thân bể: thân bể là bộ phận chính chịu lực gồm nhiều đoạn khoang thép hàn lại. Liên kết giữa các tấm thép của các thép tấm trong cùng một đoạn thân là đường hàn đối đầu, liên kết giữa các đoạn thân thường dùng đường hàn vòng. Nối thân bể với đáy bể dùng đường hàn góc.



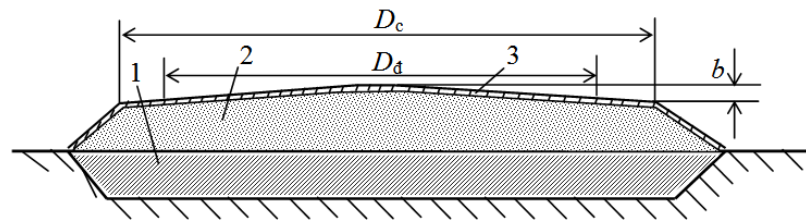
Nối các tấm thân bể

- Cấu tạo mái bể: cũng được tổ hợp từ các tấm thép hàn lại với các dạng chính là mái nón, mái treo, mái cọc cầu, mái cầu.



Các dạng mái bể chứa

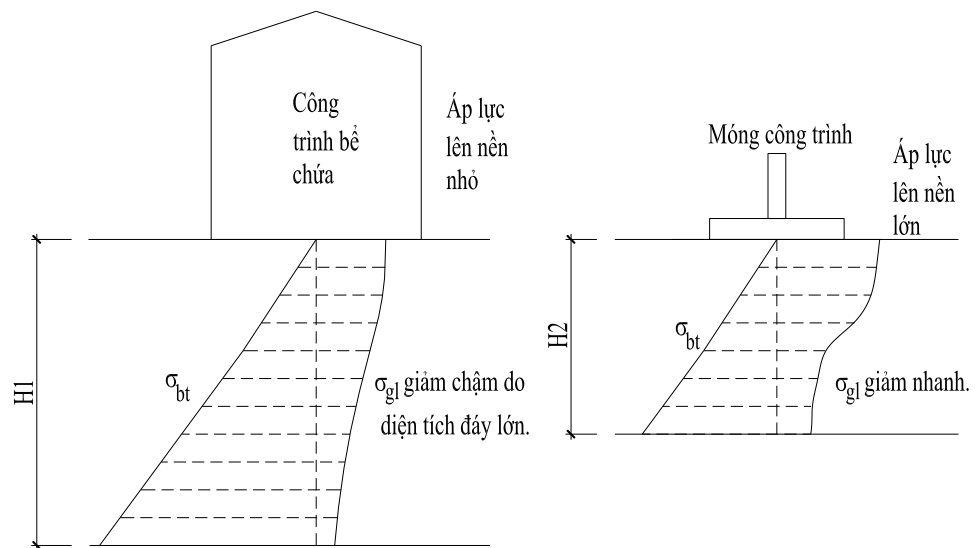
- Cấu tạo nền và vai đỡ bể: Thường là nền cát hoặc đá nghiền đầm chặt có lớp phủ cách nước. Nền bể chứa được thiết kế như một chân đỡ dẹt dài, có độ bền thích hợp để loại trừ sự lún quá lớn và lún không đồng đều.



1. Đất đắp; 2. Đệm cát; 3. Lớp cách nước
 D_C : đường kính đệm cát; $D_{đ}$: đường kính đáy bể

Cấu tạo nền đáy bể.

Phần lớn các kho xăng dầu thường được xây dựng trên các khu vực nền đất yếu ven sông, ven biển thuận tiện cho việc nhập xuất. Bể chứa xăng dầu thường có đường kính lớn ($d=20;30;40;50m$). Do chiều cao bể không lớn và xăng dầu chứa trong đó có trọng lượng thể tích nhỏ (thường nhỏ hơn $0.95 T/m^3$) nên áp lực lên nền không lớn, nhưng do đường kính bể lớn nên ứng suất gây lún phát triển khá sâu, nghĩa là vùng chịu nén lún lớn. Những đặc điểm này cho thấy việc sử dụng cọc ĐXM gia cố nền cho các công trình này là khá phù hợp.



Tác dụng của tải trọng lên nền đất của công trình bể chứa và móng công trình thông thường.

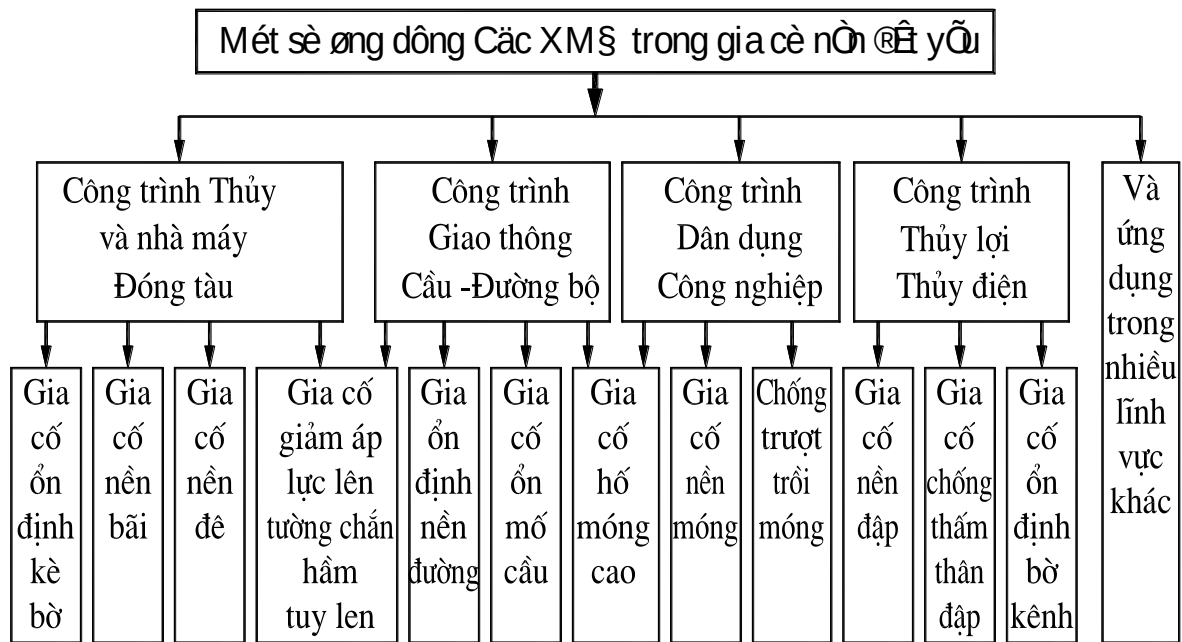
0.8. Tổng quan về cọc đất xi măng

Công nghệ cọc ĐXM là một phương pháp gia cố nền đất yếu. Phương pháp này dùng xi măng làm chất đông kết phun trộn cưỡng bức tại chỗ làm cho nền đất yếu đông cứng thành dạng khối, ổn định với nước và hỗn hợp đất xi măng có cường độ nhất định, từ đó nâng cao được cường độ đất nền và làm tăng mô đun biến dạng của nền đất.

0.8.1. Lịch sử phát triển của cọc đất xi măng

Cọc ĐXM do nước Mỹ nghiên cứu thành công đầu tiên sau Chiến tranh thế giới thứ 2 gọi là “Mixed – In – Place Pile” (gọi tắt là phương pháp MIP), khi đó dùng cọc có đường kính từ 0.3÷0.5m, cọc dài 10÷12m. Đến đầu những năm 1960, công nghệ thi công cọc vôi, cọc vôi xi măng dạng trộn khô phát triển mạnh ở Thụy Điển và các nước Bắc Âu. Công nghệ trộn ướt được phát triển mạnh ở Nhật Bản (đặc biệt cho công trình sân bay Quốc tế Kansai trên một hòn đảo nhân tạo, phía dưới hòn đảo nhân tạo là nền đáy biển là đất yếu). Riêng ở Nhật Bản từ năm 2001 khối lượng thi công đã đạt 150 triệu md/năm.

0.8.2. Khả năng ứng dụng của cọc đất xi măng trong gia cố



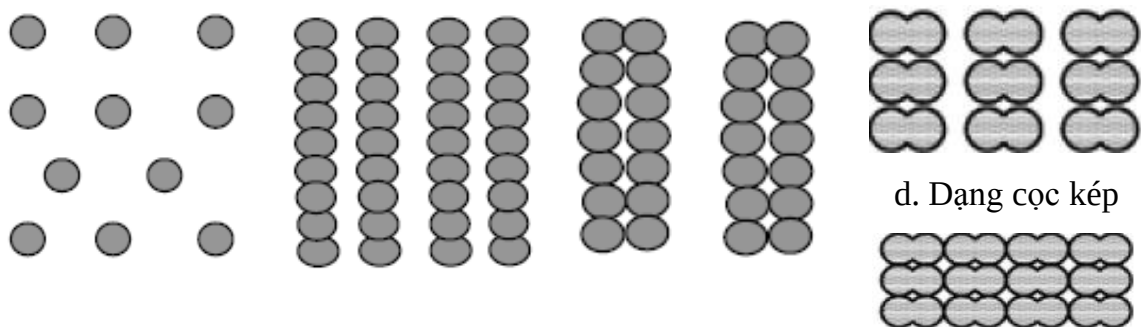
Sơ đồ ứng dụng cọc ĐXM trong xây dựng công trình

Khi đưa xi măng vào nền dưới dạng bột xi măng hoặc nước vữa xi măng, đầu tiên nó chiếm thể tích lỗ rỗng của đất làm giảm áp lực lỗ rỗng trong đất. Sau xảy ra quá trình ninh kết hình thành các cọc ĐXM trong nền. Chỉ tiêu kháng cắt ($\tau = \sigma \cdot \tan \phi + C$) của cọc ĐXM lớn hơn đất nền tự nhiên, sẽ làm thay đổi các thông số chung của nền đất hỗn hợp giữa cọc ĐXM và nền tự nhiên quanh cọc thành một nền đất mới có các chỉ tiêu cơ lý tăng lên. Các cọc ĐXM này thường được bố trí trong thân hoặc vai hoặc ở chân các bờ đắp, dưới nền móng công trình, trên mái dốc, nó có tác dụng gia cố một phần hoặc toàn bộ nền. Mục tiêu gia cố là ngăn chặn trượt mái, đẩy trôi và lún không đều, nó còn như một kết cấu ngăn dòng thấm và chống lại hiện tượng hóa lỏng đất...

Trước nay việc gia cố nền đất có sử dụng đến cát thường là phương pháp an toàn và hay được sử dụng. Người ta có thể sử dụng phương pháp gia cố bằng cọc cát, giếng cát, phương pháp bắc thấm hút nước... Tuy nhiên khi tại vị trí xây dựng công trình gặp những nơi địa chất yếu cần phải xử lý, nguồn cung cấp cát dùng để gia cố nền, cát dùng làm chất gia tải khó khăn. Nếu bắt buộc phải dùng để cải tạo nền sẽ mất công vận chuyển rất xa tốn kém về thời gian và chi phí cho vận chuyển, như vậy sẽ chậm tiến độ của dự án và không còn là

phương pháp lựa chọn hợp lý nữa. Trong những trường hợp đó đòi hỏi người tư vấn thiết kế sẽ chọn các giải pháp xử lý khác không cần dùng tới cát mà vẫn đảm bảo yêu cầu gia cố được sự làm việc ổn định của nền theo yêu cầu. Nghiên cứu và ứng dụng cọc ĐXM vào gia cố nền đất là điều mà người thiết kế phải quan tâm nhiều tới. Phương pháp này tỏ ra khá thân thiện với môi trường, thời gian thi công nhanh, tận dụng nhiều đến điều kiện tại chỗ để xử lý làm cho đất tốt hơn.

Việc nghiên cứu ứng dụng cọc ĐXM cho gia cố nền đất yếu đã được ứng dụng nhiều tại nhiều công trình trong các vùng đất yếu ở nước ta như Hải Phòng ở phía Bắc, Khu vực đồng bằng Nam Bộ phía Nam. Tại những nơi đây chiều sâu lớp đất yếu lớn, nhất là đối với đồng bằng Nam Bộ nơi mà trữ lượng cát phục vụ cho xây dựng không nhiều và chi phí cho việc sử dụng cát không đạt được hiệu quả kinh tế như mong muốn. Tùy vào điều kiện về mục đích gia cố người ta có thể bố trí nền cọc đất xi măng theo một số hình thức sau:

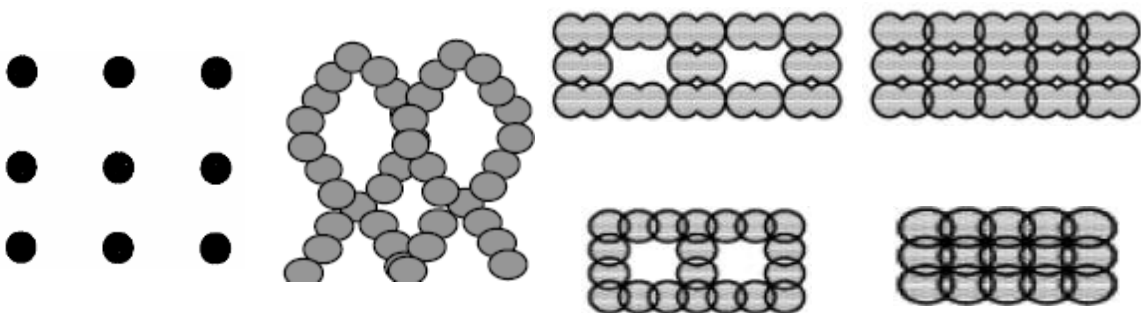


a. Cọc đơn
lưới tam giác

b. Hàng đơn

c. Hàng kép

d. Dạng tường



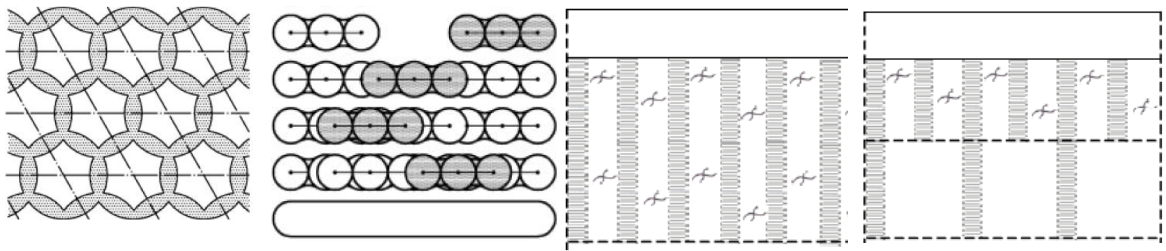
i. Cọc đơn lưới ô

h. Vây ô

g. Vây ô

f. Dạng tường

vuông



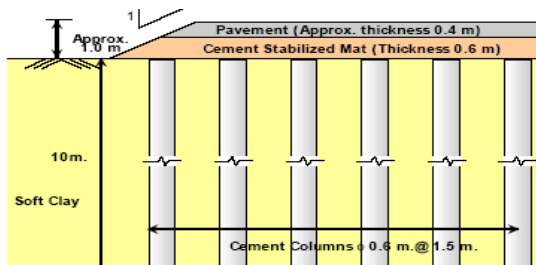
j. Dạng khối

k. Khối trùng nhau

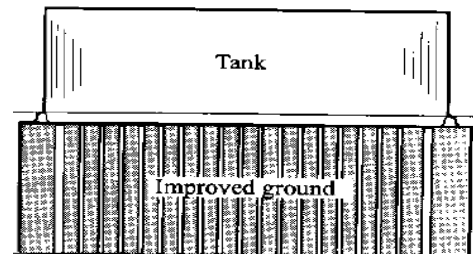
l. Cùng mật độ

m. Giảm mật độ theo chiều sâu

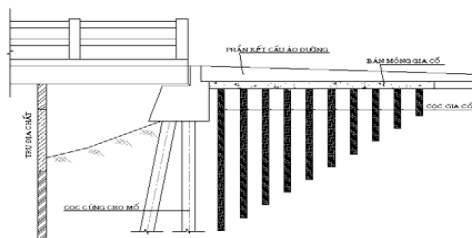
Mặt bằng một số phương pháp gia cố cọc ĐXM



a. Gia cố ổn định nền đường (bãi)



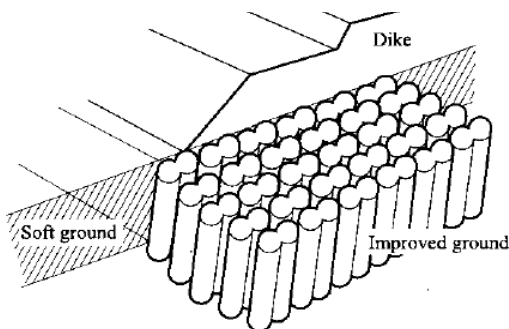
b. Gia cố móng bồn chứa



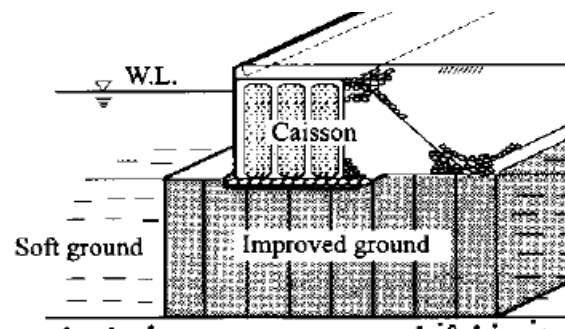
c. Gia cố ổn định móng cầu



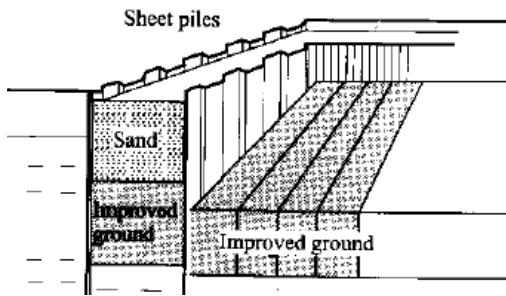
d. Gia cố ổn định thành hố đào



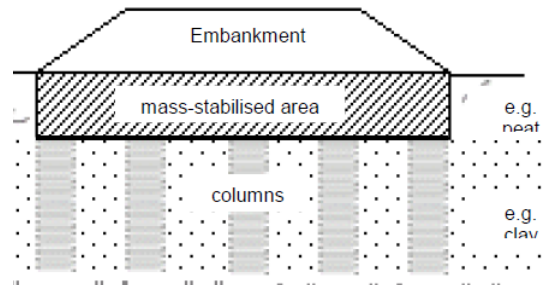
e. Gia cố ổn định ngăn thấm đê, đập



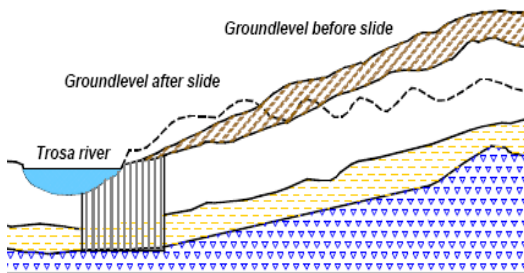
h. Gia cố ổn định bến trọng lực



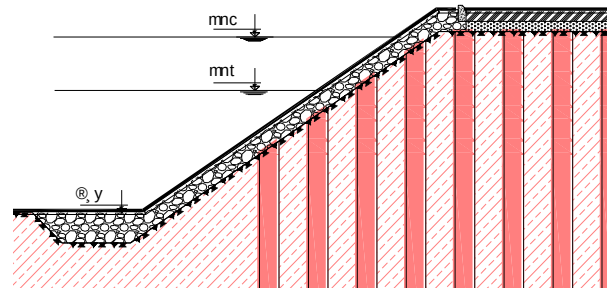
i. Gia cố giảm áp lực lên tường chắn



g. Gia cố ổn định đê chắn sóng



b. Gia cố ổn định đê cao



h. Gia cố ổn định kè bờ

Một số công trình ứng dụng cọc ĐXM gia cố nền thường gặp

0.8.3. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng cọc đất xi măng gia cố nền bể chứa xăng dầu ở nước ta

- Năm 1969 Thụy Điển đã viện trợ máy thi công theo công nghệ này cho chính quyền Sài Gòn và được ứng dụng ở một số công trình đường. Tại Miền Bắc đầu những năm 1970 Thụy Điển cũng viện trợ cho Viện Khoa học Công nghệ xây dựng một máy tương tự và đã thi công thí nghiệm cho một số công trình nhà ở Hà Nội. Do trong hoàn cảnh khi đó giá thành xi măng cao, công nghệ xử lý tốn kém so với công nghệ gia cố thông thường, nhu cầu xử lý nền đất yếu còn thấp, nên công nghệ này không được ứng dụng.
- Vào năm 2000, do yêu cầu thực tế, phương pháp này được áp dụng trở lại trong lĩnh vực xăng dầu, khi công trình chấp nhận một giá trị độ lún cao hơn bình thường tuy nhiên có hiệu quả kinh tế cao. Đơn vị đưa trở lại phương pháp này ban đầu là COFEC và nay là E&C Consultants. Đến nay đã có rất nhiều

dự án ứng dụng cọc ĐXM vào xây dựng các công trình bể chứa xăng dầu, cụ thể như:

- Dự án kho xăng dầu Trà Nóc, Cần Thơ của Petrolimex: sử dụng khoảng 50.000 md cọc gia cố cho 8 bồn, cao 12 m, đường kính 18,5 m, áp lực lên đất nền 110 kPa, độ lún lâu dài cho phép 25 cm “điều kiện địa chất tương tự như khu vực sân bay Trà Nóc” được Công ty Hercules và Công ty E&C Việt Nam thi công từ năm 2001 và đã báo cáo tại Hội nghị quốc tế Nhật Bản năm 2002;
- Dự án Kho A Tổng kho xăng dầu Nhà Bè: gia cố cho 02 bể xăng dầu (dung tích 10.000 m³/bể);
- Nhà máy điện Phú Mỹ 3, Bà Rịa – Vũng Tàu: gia cố nền bể xăng dầu (dung tích 5000 m³/bể);
- Dự án kho xăng dầu Đình Vũ – Hải Phòng: gia cố nền 06 bể xăng dầu (dung tích 5000m³/bể);
- Dự án kho C Tổng kho xăng dầu Nhà Bè: gia cố nền 04 bể xăng dầu (dung tích 10.000m³/bể);
- Nhà máy nước Vụ Bản – Nam Định: gia cố nền bể chứa nước sạch (dung tích 5000m³) và các công trình phụ trợ;
- Dự án Tổng kho xăng dầu miền Tây, khu CN Trà Nóc – Cần Thơ: gia cố nền cho 06 bể xăng dầu (dung tích 12.500m³/bể).
- Bộ Xây dựng đã ban hành tiêu chuẩn: “TCXDVN 385: 2006, Gia cố nền đất yếu bằng cọc đất xi măng”; đến nay tiêu chuẩn này đã được chuyển đổi thành “TCVN 9403: 2012, Gia cố nền đất yếu-Phương pháp cọc đất xi măng”. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT năm 2004 cũng đã ban hành Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu cho Bộ Giao thông Vận tải: “Cọc vôi-xi măng-đất: Quy trình thi công và nghiệm thu”.
- Theo thống kê chưa đầy đủ cả nước có trên 250 dàn máy thi công cọc ĐXM các loại. Các thiết bị này có thể thi công cọc ĐXM có đường kính từ 0.5 đến

1.5m, chiều sâu gia cố có thể đạt đến trên 30m (thiết bị của các hãng Nhật Bản có đại diện tại Việt Nam lên đến trên 50m). Năng suất 6.000÷15.000 m³/tháng/máy (phụ thuộc vào điều kiện nền đất, chiều dài cọc, trình độ tay nghề công nhân...; 2 ca làm việc/ngày).



Giàn thiết bị thi công tại Cảng hàng không Cát Bi-Hải Phòng

- Giải pháp cọc ĐXM đã và đang mang lại những hiệu quả rõ rệt như: thời gian thi công ngắn, độ lún còn lại nhỏ, khả năng xử lý sâu (đến 50 m), thích hợp với nhiều loại đất yếu, thi công được trong cả điều kiện ngập sâu trong nước hoặc điều kiện hiện trường chật hẹp,... Bên cạnh đó một số công trình có kết quả chưa đáp ứng tốt về mặt kinh tế và kỹ thuật như sự cố trong quá trình thi công Cảng Thị Vải (do chuyên gia Nhật thiết kế), hay hạn chế về chiều sâu tường chắn bằng cọc ĐXM trong xây dựng tầng hầm các nhà cao tầng... Do đó cần nghiên cứu hoàn thiện hơn hệ thống quy chuẩn, quy định các quy trình thi công và nghiệm thu chặt chẽ hơn.

0.9. Kết luận chương 1

Trong chương này học viên đã nêu được tổng quan về đất yếu, các dạng và tải trọng tác dụng lên nền đất của công trình bể chứa xăng dầu. Đồng thời khái quát tình hình nghiên cứu cọc ĐXM, khả năng ứng dụng cọc ĐXM trong nước và trên thế giới, kết quả đạt được cùng những ưu nhược điểm của cọc ĐXM trong lĩnh vực gia cố nền đất yếu.

CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN CỌC ĐẤT XI MĂNG GIA CỐ NỀN BỀ CHỨA XĂNG DẦU

0.10. Đặc điểm, tính chất của cọc đất xi măng

0.10.1. Vật liệu cọc đất xi măng

a. Xi măng

Xi măng dùng thi công cọc ĐXM phải được lựa chọn để đảm bảo cường độ yêu cầu và khả năng thi công. Một số loại xi măng tiêu chuẩn có thể dùng trong thi công cọc ĐXM như sau:

- Xi măng lò cao;
- Xi măng Poóc lăng thông thường;
- Xi măng đã được xác nhận là đảm bảo điều kiện cường độ yêu cầu thông qua thí nghiệm trộn thử được tiến hành trước khi thi công.

b. Nước

Nước để trộn vữa gia cố nên dùng nước ngầm khai thác tại chỗ là phù hợp nhất. Nguồn nước yêu cầu phải sạch, không lẫn váng dầu mỡ công nghiệp, muối acid, các tạp chất hữu cơ... và phải thỏa mãn yêu cầu của TCXDVN302-2004.

c. Chất phụ gia

Bentonite hoặc đất sét có thể được sử dụng như chất phụ gia với mục đích nâng cao hiệu quả và khả năng thi công. Có thể sử dụng phụ gia hỗn hợp như phụ gia chống mất nước, phụ gia đông cứng nhanh hoặc chậm...

d. Cường độ yêu cầu của vật liệu cọc ĐXM

- *Cường độ yêu cầu phần thân cọc*

Cường độ của cọc ĐXM đối với phần thân cọc nơi tạo lực ma sát phải lớn hơn hoặc bằng giá trị cường độ yêu cầu F_{cf} được tính toán theo công thức dưới đây ứng với từng trường hợp của nền đất.

+ Trường hợp nền đất cát:

$$F_{cf} = 3(50 + 10\bar{N}_s)$$

$$\text{Với } \bar{N}_s \leq 22.5 (\text{kN/m}^2)$$

+ Trường hợp nền đất sét:

$$F_{cf} = 3(10 + 0.8\bar{q}_u)$$

$$\text{Với } \bar{q}_u \leq 200 (\text{kN/m}^2)$$

- *Cường độ yêu cầu phần mũi cọc*

Cường độ của cọc ĐXM đối với phần mũi cọc nơi tạo ra sức kháng mũi cọc phải lớn hơn hoặc bằng giá trị cường độ yêu cầu F_{cp} được tính toán theo công thức dưới đây:

$$F_{cp} = 180\bar{N}$$

Với nền đất cát và sét thì $\bar{N} \leq 22 (\text{kN/m}^2)$; với nền đất cuội sỏi thì $\bar{N} \leq 50 (\text{kN/m}^2)$.

Cường độ yêu cầu phần mũi cọc

<i>Nền đất ở mũi cọc</i>	<i>Giá trị SPT trung bình $\bar{N}$ của nền đất ở mũi cọc</i>	<i>Cường độ yêu cầu $F_{cp} = 0.18\bar{N} (\text{N/mm}^2)$</i>
Nền đất cát	0÷22	0 ÷ 4,0
Nền đất sét	0÷22	0 ÷ 4,0
Nền đất sỏi	0÷ 50	0 ÷ 9,0

e. Điều kiện cấp phối

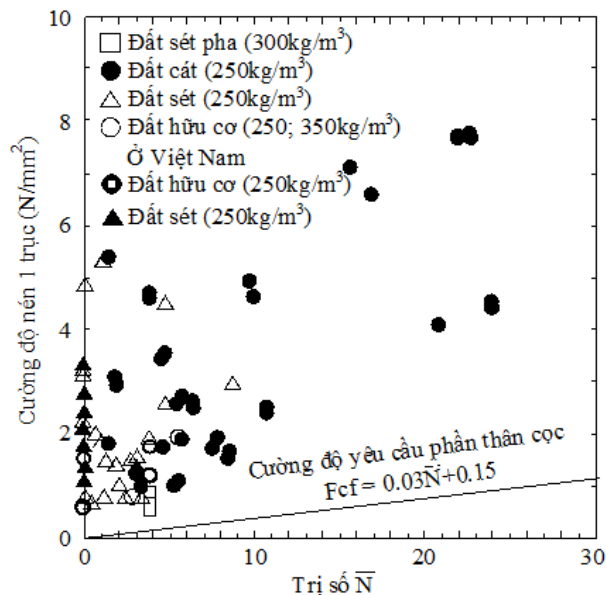
Điều kiện cấp phối bao gồm loại vật liệu gia cố xi măng, trọng lượng vật liệu gia cố xi măng và tỷ lệ nước/xi măng, phải được tính toán để đảm bảo cường độ yêu cầu của cọc ĐXM. Có hai phương pháp để thiết lập điều kiện cấp phối như sau:

+ Phương pháp thiết lập điều kiện cấp phối tiêu chuẩn dựa trên kết quả thí nghiệm trộn trong phòng với mẫu đất được lấy từ hiện trường.

+ Phương pháp thiết lập điều kiện cấp phối tiêu chuẩn dựa trên số liệu về cường độ thu được từ việc thi công thí nghiệm tại công trường.

- Điều kiện cấp phối phần thân cọc

Quan hệ giữa cường độ yêu cầu F_{cf} đối với phần thân cọc và kết quả thí nghiệm nén một trục của cọc ĐXM được thể hiện trong Hình 2.1. Có thể sử dụng cấp phối tiêu chuẩn đối với phần thân cọc trong trường hợp không tiến hành thí nghiệm trộn cấp phối trong phòng, điều kiện cấp phối tiêu chuẩn này được thể hiện trong Bảng 2.2, trong trường hợp này số liệu thiên về an toàn.



Mối quan hệ giữa cường độ yêu cầu F_{cf} đối với phần thân cọc và kết quả thí nghiệm nén 1 trục của cọc ĐXM

(Số liệu thu được từ kết quả thí nghiệm nhiều công trình tại Nhật Bản và Việt Nam)

Điều kiện cấp phối tiêu chuẩn phần thân cọc

<i>Loại đất phần thân cọc</i>	<i>Tỷ lệ giữa nước và vật liệu đông cứng (%)</i>	<i>Lượng vật liệu đông cứng (kg/m³)</i>
Nền đất sét	60 ~ 100	250
Nền đất sỏi (sỏi cuội)		250
Nền đất sét pha		300
Nền đất có chứa chất hữu cơ		300

- Điều kiện cấp phối phân mũi cọc

Cường độ yêu cầu đối với phân mũi cọc được thể hiện trong Bảng 2.3. Hình 2.2 thể hiện mối quan hệ giữa giá trị SPT trung bình của phân mũi cọc với kết quả thí nghiệm nén 1 trục của cọc ĐXM. Đường thẳng thể hiện cường độ yêu cầu F_{cp} trong Bảng 2.3 cũng được vẽ trong Hình 2.2. Từ Hình 2.2, đánh giá một cách thiên về an toàn, có thể quyết định điều kiện cấp phối tiêu chuẩn đối với phân mũi cọc, điều kiện cấp phối tiêu chuẩn này được thể hiện trong Bảng 2.3. Số liệu trong Hình 2.2 là kết quả thí nghiệm thu được trong các công trình đã thi công tại Nhật Bản.

Điều kiện cấp phối tiêu chuẩn phân mũi cọc

<i>Nền đất ở mũi cọc</i>	<i>Giá trị SPT trung bình N của nền đất ở mũi cọc</i>	<i>Tỷ lệ giữa nước và vật liệu đông cứng (%)</i>	<i>Lượng vật liệu đông cứng (kg/m^3)</i>
Nền đất cát	$N \leq 22$	60 ~ 100	250
Nền đất sét	$N \leq 8$		250
	$8 < N \leq 22$		500
Nền đất sỏi	$N \leq 22$		250
	$22 < N \leq 50$		500

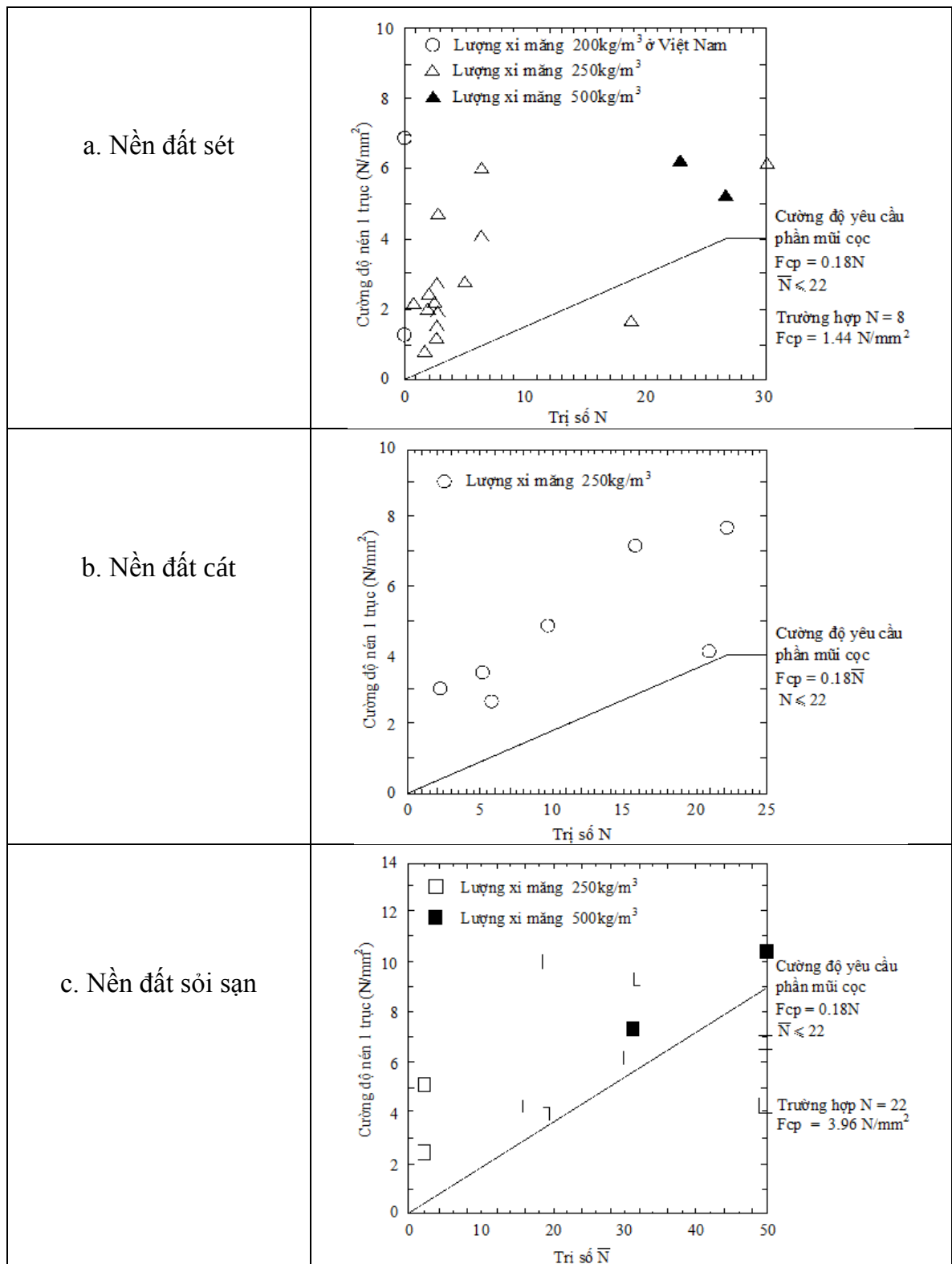
f. Tỷ lệ trộn cơ bản của vữa xi măng

Bảng 2.4 thể hiện tỷ lệ trộn cơ bản của vữa xi măng trong trường hợp khối lượng riêng vật liệu xi măng là 3,04.

Tỷ lệ trộn cơ bản của vữa xi măng

<i>Tỷ lệ giữa nước và vật liệu xi măng W/C (%)</i>	<i>Vật liệu xi măng C (kg)</i>	<i>Nước W (kg)</i>	<i>Sau khi trộn (l)</i>	<i>Tỷ trọng</i>
60	1076	646	1000	1,72
80	886	709		1,60
100	752	752		1,50

Hình 2.2 thể hiện quan hệ giữa cường độ yêu cầu F_{cp} đối với phân mũi cọc và kết quả thí nghiệm nén 1 trục của cọc ĐXM.



Quan hệ giữa cường độ yêu cầu F_{cp} đối với phân mũi cọc và kết quả thí nghiệm nén 1 trục của cọc ĐXM

0.10.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành cường độ của cọc ĐXM

- Sự biến đổi về giá trị cường độ vật liệu cọc ĐXM bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau bởi cơ chế của sự phát triển cường độ vật liệu cọc ĐXM diễn ra khá chậm phụ thuộc vào các phản ứng hoá học giữa đất và chất gia cố.
- Các thông số ảnh hưởng tới cường độ vật liệu cọc ĐXM phân thành 4 nhóm nguyên nhân chính sau:
 - I - Nhóm yếu tố liên quan tới đặc tính chất gia cố;
 - II - Nhóm yếu tố liên quan tới đặc tính và điều kiện đất được gia cố;
 - III - Nhóm yếu tố liên quan tới công nghệ thi công;
 - IV - Nhóm yếu tố liên quan tới điều kiện bảo dưỡng.

Trong đó:

- Nhóm I bao gồm:
 - + Loại chất gia cố;
 - + Hàm lượng chất độn (chủ yếu là cát, vôi);
 - + Nước trộn và phụ gia.
- Nhóm II bao gồm:
 - + Đặc tính hoá lý và thành phần khoáng vật của đất được gia cố;
 - + Hàm lượng hữu cơ;
 - + pH của nước trong đất;
 - + Độ ẩm và hàm lượng nước.
- Nhóm III bao gồm:
 - + Loại pha trộn;
 - + Năng lượng trộn và thời gian trộn.
- Nhóm IV bao gồm:
 - + Nhiệt độ.

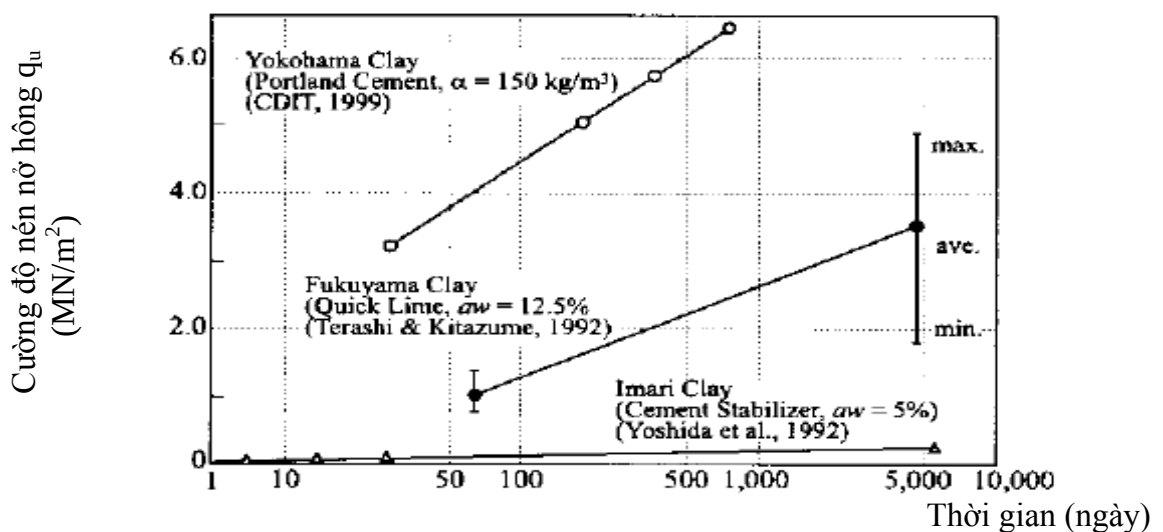
- + Thời gian bảo dưỡng;
- + Sự thấm ướt và làm khô của khu vực đất được gia cố.
- Cần lưu ý rằng đặc tính của chất gia cố có ảnh hưởng mạnh nhất tới cường độ của đất sau gia cố. Vì thế việc lựa chọn vật liệu làm chất gia cố là cực kì quan trọng. Hiện nay có rất nhiều loại xi măng có mặt trên thị trường có thể sử dụng làm chất gia cố. Tại Việt Nam đã có những nghiên cứu ban đầu về sử dụng các loại xi măng khác nhau trong công nghệ trộn sâu theo kinh nghiệm của Nhật Bản và nước ngoài, tuy nhiên chưa được tổng kết và công bố rộng rãi. Học viên đã được tham gia thí nghiệm và thi công cọc ĐXM với nhiều loại xi măng như: xi măng PCB40 Cẩm Phả (dự án Đường liên Cảng Cái Mép – Thị Vải), xi măng PCB40 Hà Tiên (dự án Đường nối từ đường Nguyễn Duy Trinh vào khu công nghiệp Phú Hữu, quận 9), xi măng PCB40 Tây Đô (dự án Cảng hàng không quốc tế Cần Thơ), xi măng PCB40 Vicem Hải Phòng (dự án Cảng hàng không quốc tế Cát Bi), Xi măng Holcim Stable Soil (dự án Đường cao tốc Tp Hồ Chí Minh – Long Thành – Dầu Giây), xi măng Larfage Soil Crete, Larfage Tower (dự án Bãi cảng chế tạo kết cấu kim loại và thiết bị dầu khí Sao Mai - Bến Đình)... nhận thấy hai loại xi măng Holcim Stable Soil và Larfage Soil Crete ảnh hưởng đến cường độ cọc ĐXM cao nhất, gần gấp đôi so với các loại xi măng PCB40 thông thường khác. Đây là hai loại xi măng Poóc lăng hỗn hợp xỉ lò cao (PCB_{BFS} 40 loại II) chuyên dùng cho cọc ĐXM, đã được thiết kế đặc biệt nhằm ổn định các loại đất có khả năng chịu lực yếu, đem lại sự ổn định cao về cường độ.
- Các yếu tố thuộc nhóm II có ý nghĩa quan trọng đối với đất được gia cố là các dạng đất khác nhau và những điều kiện này không thể thay đổi được tại mỗi công trường. Trên thế giới tính tới nay đã có khá nhiều nghiên cứu ảnh hưởng của các đặc tính của đất trong việc ứng dụng gia cố bằng xi măng như những nghiên cứu của Thompson năm 1966 với điều kiện địa chất ở Illinois và đã rút ra kết luận: yếu tố chính ảnh hưởng bao gồm độ pH của đất, hàm lượng hữu cơ

có trong đất. Hay các nghiên cứu của các tác giả Nhật Bản Okumura (1974); Kawasaki (1978, 1981, 1984...).

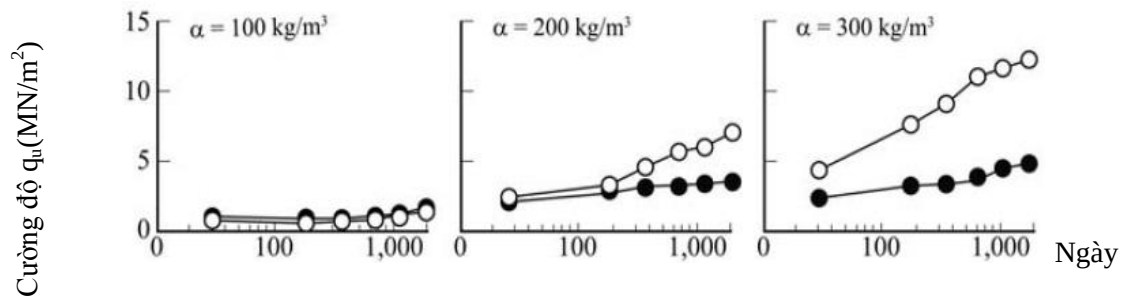
- Các yếu tố thuộc nhóm thứ III có thể dễ dàng hơn để thay đổi và điều khiển cũng như kiểm soát. Phụ thuộc chính vào năng lực của nhà thầu thi công.
- Nhóm yếu tố thứ IV cũng có thể thay đổi dễ dàng trong điều kiện phòng thí nghiệm tuy nhiên chúng ta không thể kiểm soát được trong điều kiện thi công ngoài hiện trường.

0.10.3. Sự thay đổi cường độ cọc ĐXM theo thời gian

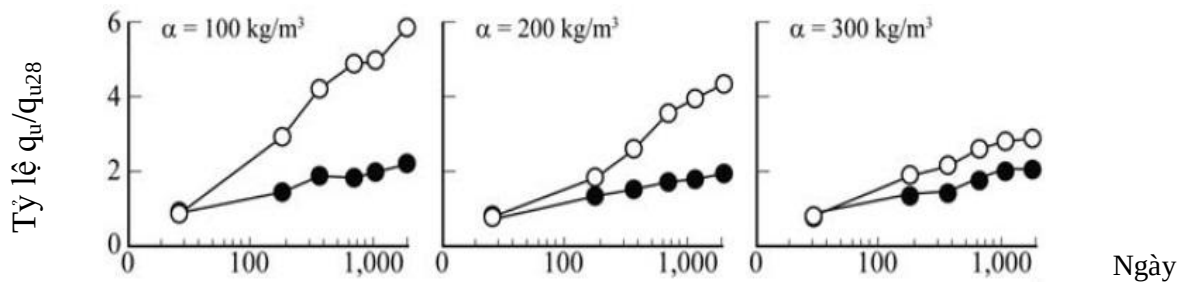
Theo nghiên cứu của các nhà khoa học Nhật Bản, cường độ cọc ĐXM tại một số cảng “Yokohama, Fuckuyama, Imary” tăng tuyến tính là hàm logarit theo thời gian và phụ thuộc vào từng loại đất khác nhau và hàm lượng xi măng được gia cố.



Cường độ cọc ĐXM tại “Yokohama, Fuckuyama, Imary” tăng theo hàm logarit (Terashi, 1977)

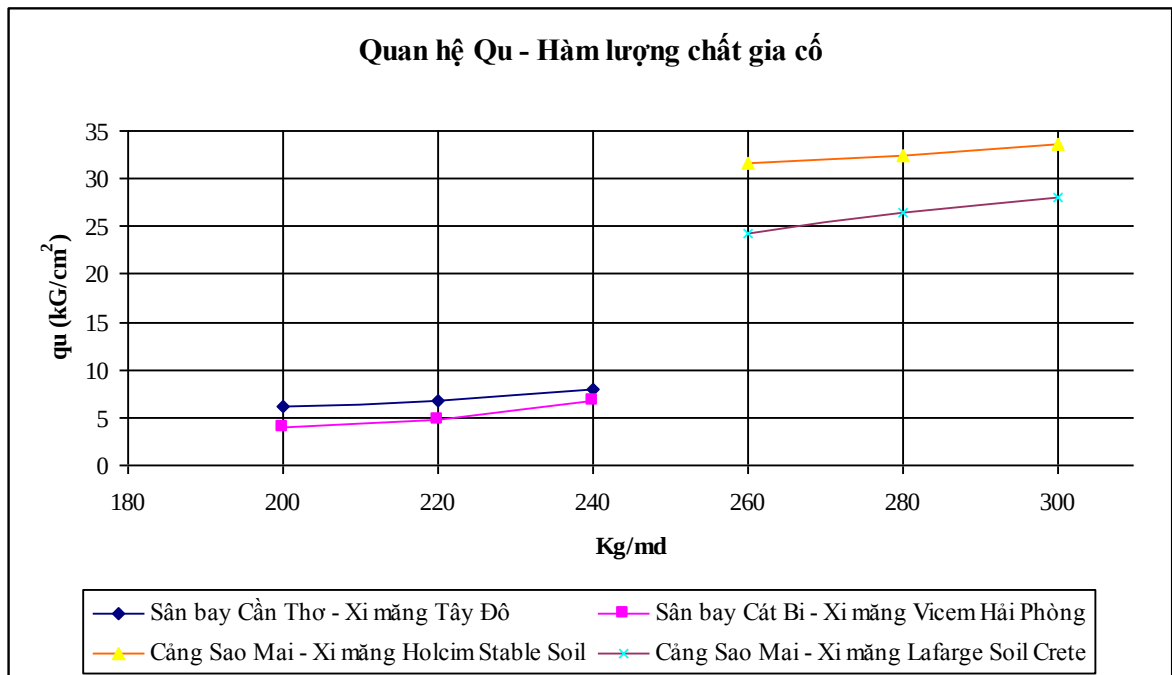


Cường độ kháng nén không thoát nước theo thời gian (Saitoh, 1988)



Tỷ lệ q_u/q_{u28} đối với một số mẫu đất theo thời gian (Saitoh, 1988)

Theo kết quả nghiên cứu của học viên trên một số công trình trong nước thì ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén được thể hiện qua Hình 2.6, chi tiết xem Phụ lục II: “Kết quả thí nghiệm nén nỏ hông một số dự án sử dụng cọc xi măng đất gia cố nền đất yếu”.



Biểu đồ quan hệ sức kháng nén q_u và hàm lượng xi măng gia cố

0.10.4. Kinh nghiệm gia cố đối với một số loại đất yếu

Theo tổng kết của Euro Soil Stab trong “Design Guide Soft Soil Stabilisation-CT97-0351” thì hiệu quả gia cố đối với các loại đất của các chất gia cố như sau :

Bảng hiệu quả gia cố đối với các loại đất của các chất gia cố [10]

<i>Chất gia cố</i>	<i>Bùn Hàm lượng hữu cơ 0-2%</i>	<i>Sét Hàm lượng hữu cơ 0-2%</i>	<i>Đất hữu cơ Hàm lượng hữu cơ 2-30%</i>	<i>Than bùn Hàm lượng hữu cơ 50-100%</i>
Xi măng	Xx	X	X	Xx
XM+thạch cao	X	X	Xx	Xx
XM+Xi lò cao	Xx	Xx	Xx	xx
Vôi+XM	Xx	Xx	X	-

Ghi chú : xx : chất gia cố rất tốt trong nhiều trường hợp

Xx : tốt trong nhiều trường hợp

X : tốt trong một số trường hợp

- : không phù hợp.

Cũng theo tài liệu này cường độ đất sau gia cố đạt từ 2 lần đến 10 lần cường độ đất tự nhiên tùy theo các điều kiện cụ thể về loại đất, chất gia cố và công nghệ thi công. Cụ thể:

Than bùn: Trong một vài trường hợp khi thử các mẫu trộn với than bùn đã được tiến hành trong phòng thí nghiệm, phần lớn các trường hợp đã sử dụng xi măng và giá trị của Seff vào khoảng 5. “Thuật ngữ hiệu quả gia cố Seff được dùng ở đây: nó được định nghĩa như tỷ số giữa độ bền cắt của đất đã được gia cố và đất chưa được gia cố”. Than bùn thường có trong các lớp cùng với đất mềm khác như đất sét và gyttja. Trong các trường hợp thông thường hiệu quả gia cố này là không đủ và do đó than bùn này cần phải lấy đi và thay thế bằng đất ma sát. Các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm cho thấy rằng độ bền cắt có thể làm được cao hơn 10-20 lần trong than bùn và 10-40 lần trong đất sét so

với trạng thái tự nhiên. Phương pháp này có thể áp dụng có hiệu quả kinh tế kỹ thuật trong các trường hợp gia cố một khu vực có sức chịu tải thấp như một lựa chọn so với đào bỏ đi.

Gyttja: Một vài thí nghiệm được tiến hành trong phòng trộn vôi vào trong gyttja cho thấy hiệu quả gia cố thấp. Ximăng và vôi/ximăng cho hiệu quả tốt hơn rất nhiều. Tuy vậy hiệu quả gia cố thường rất thấp, và thường gyttja cũng phải đào bỏ đi giống như than bùn. Khi một lớp gyttja mà bên dưới có một lớp sét thì việc gia cố trong gyttja có thể cân nhắc tuy nhiên nó không chắc chắn đạt hiệu quả như mong muốn nên thường không đưa vào tính toán.

Đất sét có chứa Gyttja: Hiệu quả gia cố do chỉ thêm vôi có thể đạt khoảng 5 . Xi măng và vôi/xi măng tạo ra một hiệu quả cao hơn đáng kể $S_{eff} = 10 - 20$. Nếu đất sét chứa Gyttja cần phải gia cố thì kiến nghị dùng chất gia cố là vôi/xi măng, và 3 tháng sau khi thi công các cọc mới cho phép đặt đầy tải.

Đất sét chứa sul phid: Không có những kinh nghiệm nói chung về đất sét có chứa sulphide phản ứng ra sao khi được thêm vào là vôi/xi măng. Do vậy điều quan trọng là phải thực hiện các mẫu thử pha trộn trong phòng thí nghiệm đối với từng trường hợp riêng rẽ. Cũng giống như đối với trường hợp đất sét chứa gyttja, sự phát triển của độ bền là tương đối chậm. Nếu đất sét chứa Sul phid cần phải gia cố thì kiến nghị dùng chất gia cố là vôi/xi măng và 2 đến 3 tháng sau khi thi công các cọc mới cho phép đặt đầy tải. Cũng có thể trong giai đoạn sớm hơn cho phép đặt một tải trọng bằng với tải mà đất sét không gia cố có thể mang được.

Đất sét: Đất sét là thích hợp nhất để gia cố bằng vôi và vôi/xi măng. Hiệu quả gia cố phụ thuộc vào số lượng của chất gia cố được chọn và vào thời gian có thể có. Thông thường đạt được hiệu quả gia cố từ 10 – 20 lần.

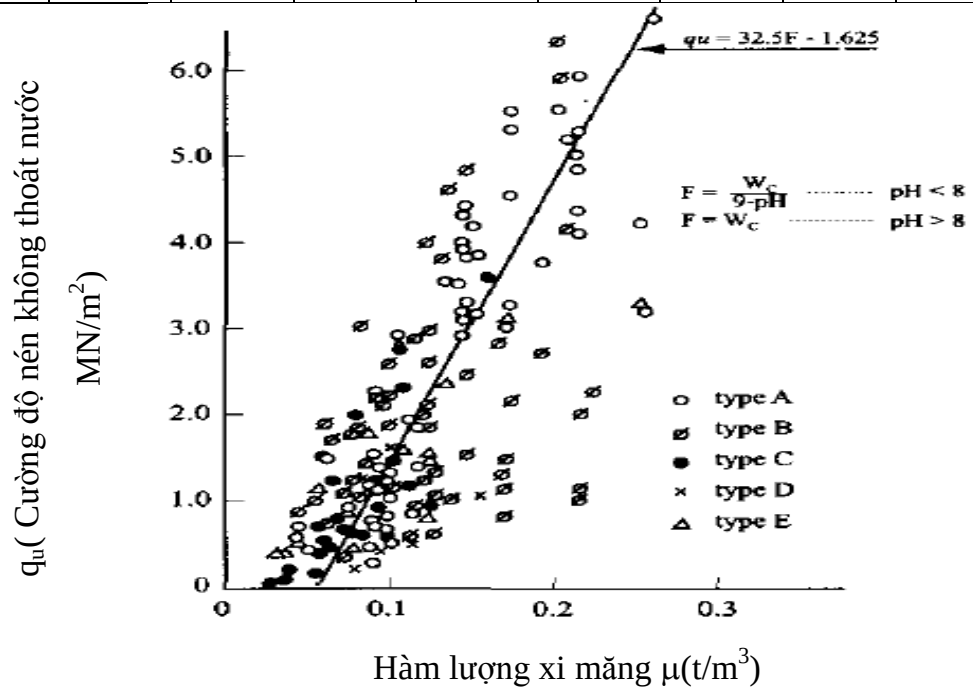
Đất sét có lớp bùn, bùn sét: Loại đất này cũng thích hợp để gia cố. Đối với hàm lượng bùn cao thì các kết quả với vôi/xi măng sẽ tốt hơn nhiều so với chỉ

dùng vôi. Khi hàm lượng bùn cao kiến nghị dùng vôi/xi măng làm chất gia cố, thường đạt được hiệu quả gia cố từ 10 - 20.

Bùn và bùn chứa sulphid: Mới chỉ có một vài thí nghiệm được tiến hành. Chưa tính được hiệu quả gia cố do độ bền cắt của đất không được gia cố không xác định được. Theo kinh nghiệm tỷ số giữa cường độ hiện trường và trong phòng trong khoảng 0,2 đến 0,5. Đất rời có tỷ số cao hơn, quyết định bởi độ mịn của hạt.

Bảng thống kê một số loại đất được gia cố sau đây

Loại đất	γ_w (t/m ³)	Wn (%)	Wi (%)	Wp (%)	Tỷ lệ cấp phối hạt(%)			PH	Tính thấm
					Cát, sỏi	Cát mịn	Sét		
A	1,38÷1,76	55÷144	51÷121	2÷18	30÷50	33÷50	29÷52	8,1÷8,7	2,0÷7,0
B	1,28÷1,70	38÷160	27÷204	3÷42	18÷76	27÷70	16÷54	7,3÷8,9	3,8÷12,9
C	1,50÷1,76	42÷86	49÷110	3÷43	22÷66	36÷54	12÷55	5,5÷7,9	4,0÷12
D	1,50÷1,76	114÷740						5,5÷6,0	19÷64
E	1,49÷1,97	25÷56		49÷86		9÷35	2÷22	5,4÷9,3	3,3÷15,2



Quan hệ giữa cường độ cắt không thoát nước (q_u , μ , loại đất)

0.11. Các quan điểm tính toán đối với cọc ĐXM gia cố nền đất yếu

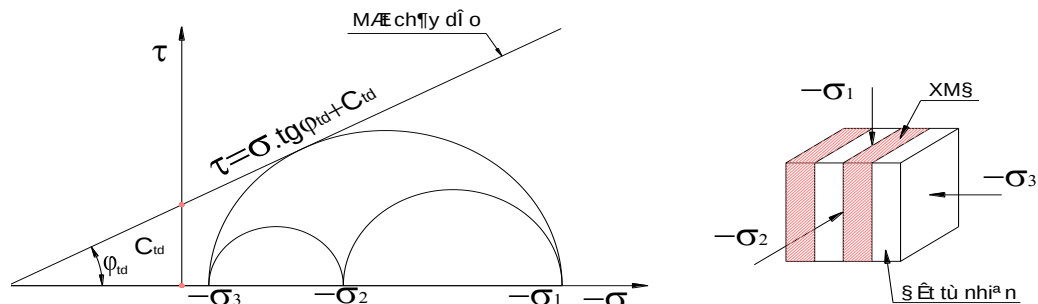
Trong nền đất được gia cố bằng cọc ĐXM, dưới tác dụng của tải trọng đứng và áp lực đẩy ngang trong nền bắt buộc cọc ĐXM trong nền có những ứng xử khác nhau đối với từng dạng tải trọng. Hiện nay theo rất nhiều nghiên cứu của các tác giả có những quan điểm tính toán khác nhau.

0.11.1. Quan điểm cọc đất xi măng làm việc như cọc

Nền đất chứa nhiều cát và với trình độ thi công đảm bảo, lượng xi măng trộn vào nền với tỷ lệ lớn, cọc ĐXM có thể đạt cường độ cao hơn nhiều so với nền đất xung quanh nên có thể xem các cọc ĐXM như cọc cứng để tính toán.

0.11.2. Quan điểm tính toán nền đất hỗn hợp

Khi thực hiện thí nghiệm cắt (trong phòng) khối hỗn hợp - đất và đất xi măng, khi các chỉ tiêu về cường độ của khối đất xi măng không quá lớn so với khối đất tự nhiên. Các đại lượng góc ma sát trong của đất tự nhiên và góc ma sát trọng của khối ĐXM độc lập với các thông số về lực dính của chúng. Khi đó đối với mặt phẳng phá hoại vòng tròn Mohr được biểu diễn dưới hình sau:



Ứng dụng vòng tròn Mohr với khối hỗn hợp (Đất + ĐXM)

Khối hỗn hợp đất + ĐXM có chỉ tiêu kháng cắt tổng hợp:

$$\tau_{td} = \sigma.tg\varphi_{td} + C_{td}$$

$$\tau_{td} = \sigma.[s.tg\varphi_{xmd} + (1-s).tg\varphi_{tn}] + s.C_{xmd} + (1-s).C_{tn}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma.tg\varphi_{td} = \sigma.[s.tg\varphi_{xmd} + (1-s).tg\varphi_{tn}] + s.C_{xmd} \\ C_{td} = s.C_{xmd} + (1-s).C_{tn} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad \operatorname{tg} \varphi_{td} = s \cdot \operatorname{tg} \varphi_{xmd} + (1-s) \cdot \operatorname{tg} \varphi_{tn}$$

$$\Rightarrow \quad \varphi_{td} = \arctg[s \cdot \operatorname{tg} \varphi_{xmd} + (1-s) \cdot \operatorname{tg} \varphi_{tn}]$$

Quan điểm tính toán theo nền hỗn hợp cho rằng khi chịu tải trọng khối cọc ĐXM và nền đất quanh cọc được xem như đồng nhất và được coi như một nền mới có các số liệu cường độ φ_{td} , C_{td} , E_{td} , được nâng cao (được tính từ φ_{tn} , C_{tn} , E_{tn} của nền đất xung quanh cọc và vật liệu cọc φ_{xmd} , C_{xmd} , E_{xmd}). Công thức quy đổi tương đương dựa trên cường độ cọc, đất và diện tích đất được thay thế bởi cọc ĐXM.

$$C_{td} = s \cdot C_{xmd} + (1-s) \cdot C_{tn}$$

$$\varphi_{td} = s \cdot \varphi_{xmd} + (1-s) \cdot \varphi_{tn}$$

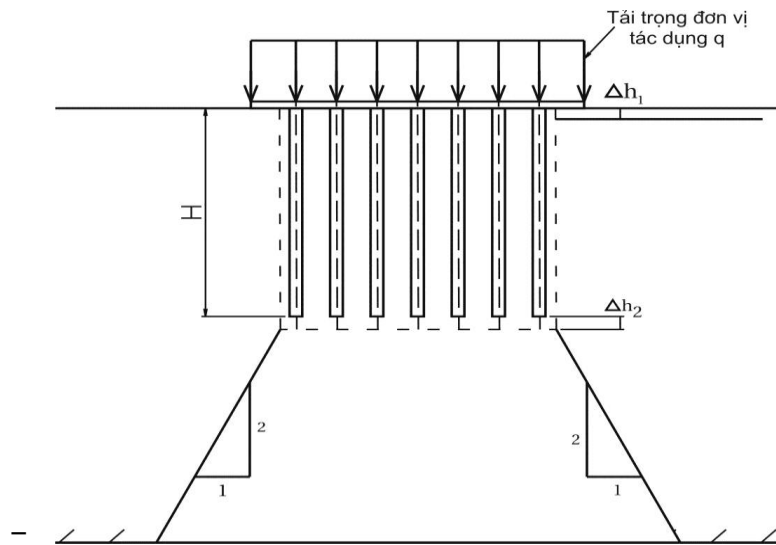
$$E_{td} = s \cdot E_{xmd} + (1-s) \cdot E_{tn}$$

$$\gamma_{td} = s \cdot \gamma_{xmd} + (1-s) \cdot \gamma_{tn}$$

$$s = S_{xmd} / S_{nen}$$

Trong đó: s là tỷ lệ giữa diện tích cọc ĐXM trên diện tích nền hỗn hợp được gia cố tương ứng

- Theo phương pháp tính này, bài toán gia cố đất có 2 tiêu chuẩn cần kiểm tra:
 - Tiêu chuẩn về cường độ: φ_{td} , C_{td} của nền được gia cố phải thỏa mãn điều kiện sức chịu tải dưới tác dụng của tải trọng công trình.
 - Tiêu chuẩn biến dạng: Môđun biến dạng của nền được gia cố E_{td} phải thỏa mãn điều kiện lún của công trình.



Cách thức truyền tải qua nền hỗn hợp

0.11.3. Quan điểm tính toán kết hợp

Theo quan điểm này thì khi tính toán sức chịu tải thì tính toán cọc ĐXM tương tự như tính toán với cọc, khi tính toán biến dạng thì tính toán theo nền hỗn hợp.

Sức chịu tải của cọc đơn: khả năng chịu tải của cọc đất xi măng được quyết định bởi sức kháng cắt của đất sét yếu bao quanh (đất bị phá hoại) hay sức kháng cắt của vật liệu cọc đất xi măng.

$$Q_{gh \text{ nhóm}} = (\pi d H_{cọc} + 2,25 P d^2) C_U$$

Khả năng chịu tải của nhóm cọc đất xi măng phụ thuộc vào độ bền cắt của đất chưa xử lý bao quanh cọc và độ bền cắt của vật liệu cọc đất xi măng.

$$Q_{gh \text{ nhóm}} = 2 C_U H (B+L) + (6 - 9) C_U B L$$

Trong đó: H chiều dài cọc đất xi măng (chiều cao của nhóm cọc);

C_U : Độ bền cắt không thoát nước của đất (bằng giá trị cắt cánh);

B, L : Chiều rộng và chiều dài nhóm cọc.

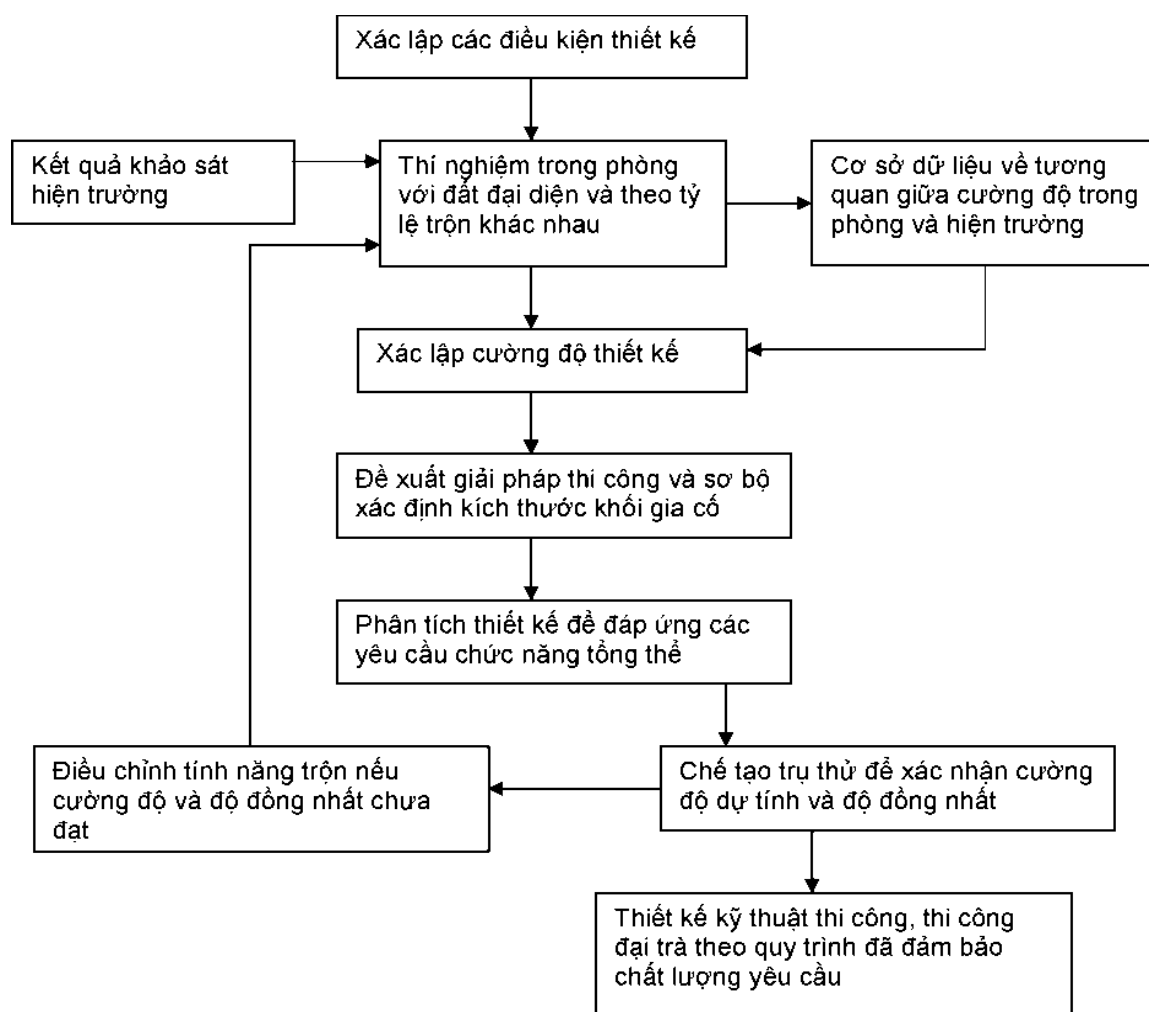
Sở dĩ các quan điểm trên chưa thống nhất vì bản thân vấn đề phức tạp, những nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm còn hạn chế. Quan điểm tính toán cọc ĐXM làm việc như cọc yêu cầu sự tương quan cường độ của vật liệu làm cọc

phải lớn hơn rất nhiều so với cường độ đất nền. Với chất lượng thi công hiện có trong nước, cường độ vật liệu cọc ĐXM trong gia cố thường nằm trong khoảng 100-200 kPa (công nghệ trộn khô), 200-1000 kPa (công nghệ trộn ướt) nên nhiều chuyên gia nền móng cho rằng quan điểm tính toán cọc ĐXM như cọc cứng là chưa được hợp lý. Quan điểm “tính toán nền đất hỗn hợp” cho kết quả tương đối sát với thực tế, đã được kiểm chứng qua nhiều công trình thi công trong nước. Mặt khác quan điểm “tính toán nền đất hỗn hợp” được đề cập đến trong tiêu chuẩn TCVN 9403-2012, nên trong khuôn khổ của luận văn học viên lựa chọn tính toán theo quan điểm này.

0.12. Thiết kế cọc đất xi măng

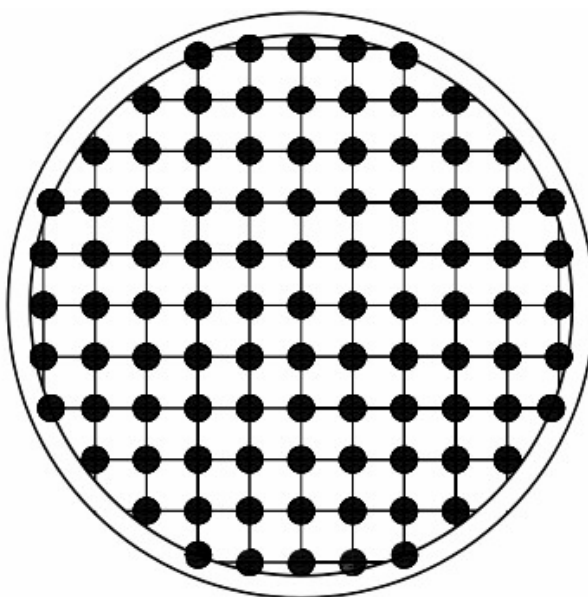
0.12.1. Nguyên lý thiết kế

Để 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 cực hạn và trạng thái giới hạn sử dụng. Thiết kế thường theo phương pháp lặp, trong đó kết quả của nhiều phương pháp thí nghiệm kiểm tra là một phần quan trọng. 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.

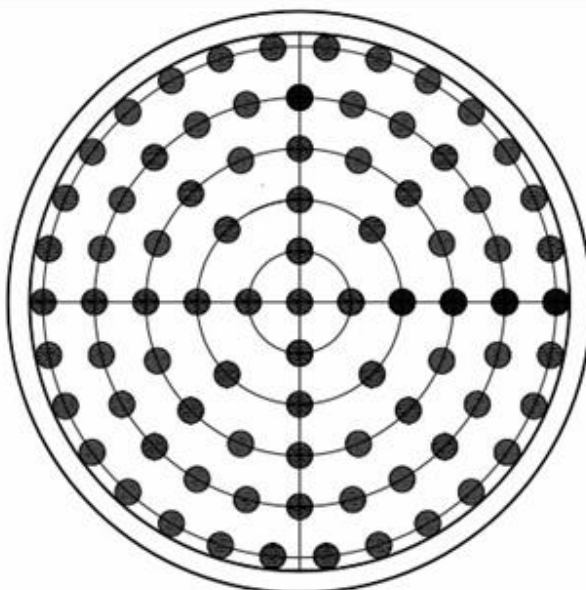


Sơ đồ thiết kế lắp các dự án cọc đất xi măng

Hiện nay các thiết bị thi công trên thế giới có đường kính cọc ĐXM ($d=0.6$; 0.8 ; 1.0 ; 1.2 ; 1.5 ; $1.6\dots$), tuy nhiên việc ứng dụng phổ biến tại Việt Nam hiện nay trong một số công trình thi công bằng cọc ĐXM ($d=0.6$; 0.8 ; 1.0 ; 1.2m). Tùy theo điều kiện và khả năng thi công trong thiết kế chọn đường kính cọc phù hợp. Về sơ đồ bố trí nền cọc ĐXM theo mặt bằng thì tùy thuộc vào đường kính cọc, chỉ tiêu cơ lý của đất, cường độ thiết kế của cọc ĐXM, yêu cầu về tải trọng trong quá trình khai thác mà ta sẽ đưa ra sơ đồ bố trí mặt bằng phù hợp. Để gia cố nền bê chứa xăng dầu bằng cọc ĐXM thường thiết kế theo 2 sơ đồ bố trí cọc trong mặt bằng bê sau:



Phương án bố trí mặt bằng cọc theo dạng lưới ô vuông



Phương án bố trí mặt bằng cọc theo dạng hình tròn

Phương án bố trí mặt bằng cọc theo dạng hình tròn có ưu điểm là tập trung ứng suất tại tâm và biên (2 vị trí chịu lực chính của bể chứa) nhưng lại có nhược điểm là không tiện thi công vì máy thi công phải di chuyển nhiều và không sử dụng được máy khoan 2 trục công tác.

0.12.2. Tính toán thiết kế

a. Kiểm toán sức chịu tải của nền đất

- Sau khi nền đất yếu được xử lý bằng trụ đất xi măng, áp lực phân bố tác dụng lên đầu cọc và nền đất xung quanh xác định theo công thức:

$$\sigma_{col} = \frac{p}{a + \frac{E_{soil}}{E_{col}}(1-a)}$$
$$\sigma_{soil} = \frac{\sigma_{col} * E_{soil}}{E_{col}}$$

Trong đó:

P : Tổng tải trọng phân bố tính đến cao độ đỉnh cọc;

a : Tỷ diện tích của cọc đất xi măng;

E_{soil} : Modul biến dạng của nền đất xung quanh cọc đất xi măng;

E_{col} : Modul biến dạng của cọc đất xi măng.

- Cường độ chịu tải của nền đất xung quanh cọc đất xi măng xác định theo công thức:

$$q_a = \frac{1}{FS} [0.5B\gamma N_\gamma + cN_c + \gamma DN_q]$$

Trong đó:

γ : Dung trọng tự nhiên của đất;

B : Chiều rộng móng quy ước;

D : Chiều sâu đáy móng quy ước;

N_γ, N_q, N_c : Hệ số phụ thuộc góc ma sát trong của đất;

c : Lực dính kết của đất;

FS : Hệ số an toàn = 2.5.

Kết quả kiểm toán sức chịu tải nền đất sau khi xử lý, áp lực phân bố tác dụng lên đầu cọc và nền đất xung quanh phải nhỏ hơn cường độ kháng nén thiết kế của cọc và cường độ chịu tải của nền đất.

b. Kiểm toán lún của nền đất

Độ lún tổng (S) của nền đất được xác định bằng tổng độ lún của khối gia cố cọc xi măng và độ lún của nền đất dưới khối gia cố:

$$S = S_1 + S_2$$

Trong đó:

S_1 : Độ lún của khối gia cố cọc đất xi măng;

S_2 : Độ lún của nền đất phía dưới.

- Độ lún của khối gia cố
- Độ lún S_1 của khối gia cố cọc đất xi măng được tính theo công thức:

$$S_1 = \frac{pH}{E_{tb}} = \frac{pH}{aE_c + (1-a)E_s}$$

Trong đó:

p : Tải trọng công trình truyền lên khối gia cố;

H : Chiều sâu khối gia cố;

E_c : Modul đàn hồi của vật liệu, $E_c = (50-100)C_c$;

E_s : Modul biến dạng của đất nền giữa các cọc, $E_s = 250C_u$.

- Độ lún theo thời gian của khối gia cố được tính theo công thức:

$$S_1(t) = S_1 \cdot U$$

$$U = 1 - \exp\left[\frac{-2Ch.t}{R^2 \cdot f(n)}\right]$$

$$f(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \left[\ln(n) - 0.75 + \frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{4n^2} \right) \right] + \left[\frac{n^2 - 1}{n^2} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{k_s}{k_c} \cdot L_D^2 \right]$$

Trong đó:

U : Độ cố kết theo thời gian;

C_h : Hệ số cố kết theo phương ngang của đất nền;

T : Thời gian lún cố kết;

R : Bán kính ảnh hưởng của cọc, $R=0.56S$;

S : Khoảng cách tâm các cọc đất xi măng;

$n = R/r$ (r là bán kính cọc đất xi măng);

L_D : Chiều dài thoát nước bằng nửa chiều dày lớp xử lý nền nếu có lớp cát thoát nước phía dưới;

k_s : Hệ số thấm của đất nền;

k_c : Hệ số thấm của cọc đất xi măng, $k_c = 200 k_s$ đối với cọc đất xi măng thi công bằng phương pháp trộn ướt.

- Độ lún của nền đất dưới khối gia cố
- Độ lún S_2 của nền đất dưới khối gia cố nếu là nền cát được tính theo công thức:

$$S_2 = \sum \frac{pH}{E}$$

Trong đó:

p : Tải trọng công trình truyền lên nền dưới khối gia cố;

H : Chiều sâu khối gia cố;

E : Modul biến dạng của nền dưới khối gia cố.

Độ lún S_2 của nền cát chỉ bao gồm độ lún tức thời, xảy ra ngay trong quá trình thi công san nền.

- Độ lún S_2 của nền đất dưới khối gia cố nếu là nền sét được tính toán theo lý thuyết cổ kết thấm Tezaghi như sau:

$$S_2 = S_i + S_c + S_s$$

Trong đó:

S_i : Độ lún tức thời của nền đất;

S_c : Độ lún cổ kết sơ cấp của nền đất;

S_s : Độ lún cố kết thứ cấp của nền đất.

Độ lún tức thời (S_i) là độ lún xảy ra do hiện tượng thoát khí trong đất và sự chuyển dịch ngang của nền đất yếu dưới tải trọng đắp:

$$S_i = (m-1)S_c$$

Trong đó:

m : Hệ số lấy bằng 1.1 – 1.4, phụ thuộc tải trọng tác dụng và biện pháp gia cố;

S_c : Độ lún cố kết sơ cấp.

Độ lún cố kết sơ cấp S_c được tính toán theo phương pháp tổng các lớp phân tố với công thức sau:

+ Trường hợp cổ kết trước nhẹ:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_r^i \log \frac{\sigma_{pz}^i}{\sigma_z^i} + C_c^i \log \frac{\sigma_z^i + \sigma_{vz}^i}{\sigma_{pz}^i} \right]$$

+ Trường hợp cổ kết trước nặng:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_r^i \log \frac{\sigma_{vz}^i + \sigma_z^i}{\sigma_{vz}^i} \right]$$

+ Trường hợp dưới cổ kết:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_c^i \log \frac{\sigma_z^i + \sigma_{vz}^i}{\sigma_{pz}^i} \right]$$

Trong đó:

h_i : Chiều dày lớp đất tính lún thứ i ($h_i \leq 2m$);

e_0^i : Hệ số rỗng của lớp đất thứ i ở trạng thái tự nhiên ban đầu;

C_c^i : Chỉ số nén lún của lớp đất thứ i ;

C_r^i : Chỉ số nén phục hồi của lớp đất thứ i ;

σ_{pz}^i : Áp lực tiền cố kết lớp đất thứ i ;

σ_{vz}^i : Áp lực do trọng lượng bản thân của các lớp đất tự nhiên nằm trên tại giữa lớp đất i;

σ_z^i : Áp lực do tải trọng đắp gây nên tại giữa lớp đất i.

- Độ lún cố kết sơ cấp S_s được tính theo công thức sau:

$$S_s = \frac{1}{1 + e_p} C_\alpha \cdot h \cdot \log(t / t_p)$$

Trong đó:

C_α : Hệ số cố kết thứ cấp;

e_p : Hệ số rỗng của đất khi kết thúc lún cố kết sơ cấp;

h : Chiều dày lớp đất tính lún;

t_p : Thời gian kết thúc lún cố kết sơ cấp;

t : Thời gian tính lún cố kết thứ cấp.

Độ lún cố kết sơ cấp S_s được thừa nhận chỉ xảy ra sau khi lún cố kết sơ cấp kết thúc và độ cố kết đạt 100%.

Độ lún cố kết theo thời gian $S_2(t)$ được tính toán theo lý thuyết cố kết thấm cho trường hợp thoát nước theo phương thẳng đứng:

$$S_2(t) = S_c U_v$$

$$U_v = f(T_v)$$

$$T_v = \frac{C_v^{tb}}{H^2} t$$

$$C_v^{tb} = \frac{H_a^2}{\left[\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}} \right]^2}$$

Trong đó:

U_v : Độ cố kết theo phương đứng;

T_v : Nhân tố thời gian;

C_v^{tb} : Hệ số cố kết trung bình theo phương thẳng đứng của các lớp đất yếu trong phạm vi chiều sâu chịu nén cực hạn H_a ;

C_{vi} : Hệ số cố kết theo phương thẳng đứng của lớp đất yếu thứ i ;

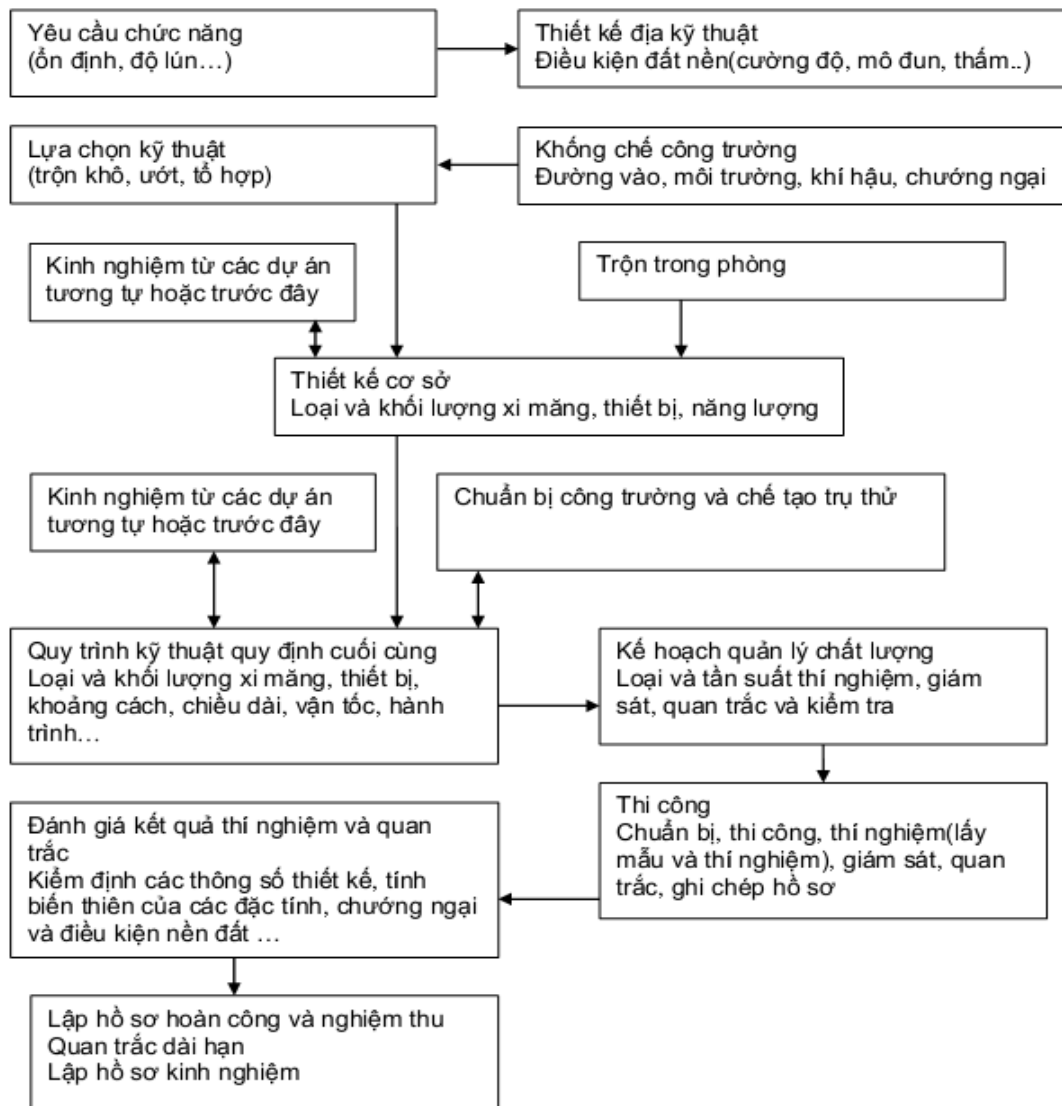
H : Chiều sâu thoát nước theo phương thẳng đứng (Khi địa tầng lớp dưới có lớp cát $H=H_a/2$);

h_i : Chiều dày lớp đất i trong phạm vi vùng chịu nén H_a .

0.13. Công nghệ thi công cọc đất xi măng

Hiện nay trên thế giới phổ biến hai công nghệ ĐXM trộn sâu là công nghệ trộn ướt và công nghệ trộn khô. Nguyên lý công nghệ là dùng thiết bị chuyên dụng dạng máy khoan ruột gà hạ mũi khoan đến độ sâu dự định đồng thời làm tơi đất, thi công trộn chất gia cố trong đất yếu theo: pha đi xuống hoặc trong pha đi lên hoặc trong cả hai pha đi xuống và đi lên. Kết quả là hình thành một cọc đất đã gia cố nhờ đất yếu đã được trộn đều với chất gia cố.

Với công nghệ hiện nay, cọc ĐXM có thể được chế tạo với nhiều kích cỡ khác nhau. Máy trộn sâu thường có 1 trục cho đến 4 trục trộn. Với máy nhiều trục, các trục này được gắn với cánh quay và quay ngược chiều nhau khi trộn đất với xi măng để tạo ra cọc đất gia cố có chất lượng tốt, đồng đều. Đường kính cọc có thể từ 0.5 cho đến 2.0 m. Gần đây ở Nhật Bản đã xuất hiện các thiết bị lớn có số lượng trục trộn lên tới 8 trục và có thể chế tạo cọc với diện tích là 1m^2 , 2.2 m^2 , 5.7m^2 .



Nguyên tắc thực hiện dự án thi công trộn sâu

Theo lịch sử phát triển, trên thế giới hiện có hai trường phái công nghệ khác nhau của Nhật Bản và Châu Âu.

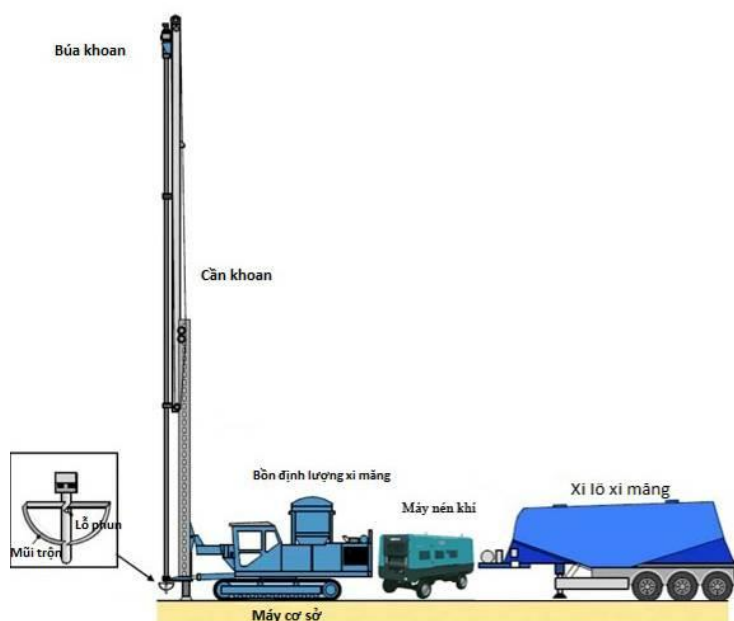
Công nghệ thi công cọc ĐXM Bắc Âu – Nhật Bản [3, Tr20]

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

Công nghệ đạt được đối với công tác thi công cọc ĐXM [3, Tr21]

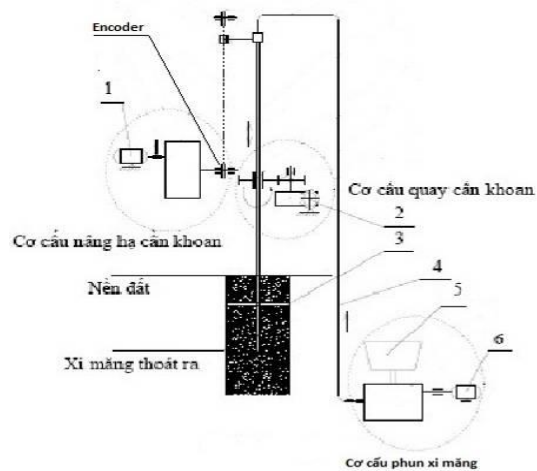
Thiết bị	Chi tiết	Châu Âu, trên cạn	Nhật Bản, trên cạn	Nhật Bản, trên biển
Đầu trộn	Số lượng trục trộn	1-3	1-4	2-8
	Đường kính (m)	0,4–0,9	1,0–1,3	1,0–1,6
	Chiều sâu tối đa	25 m	48 m	70 m
	Vị trí lỗ phun	Cần khoan	Cần, cánh	Cần, cánh
	Áp lực phun (kPa)	500÷1000	300÷600	300÷800
Trạm trộn vữa	Công suất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

0.13.1. Công nghệ trộn khô



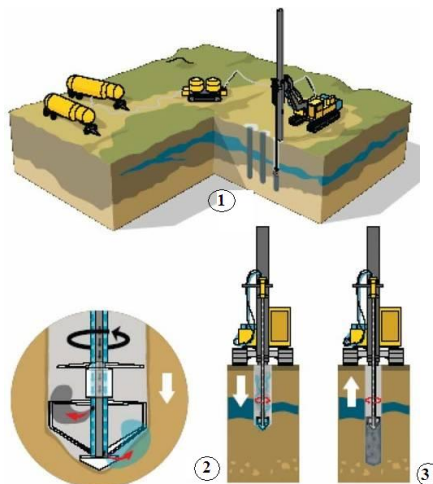
Dây chuyền thiết bị thi công theo công nghệ trộn khô

- Quá trình gồm xáo tơi đất bằng cơ học tại hiện trường và trộn chất gia cố dạng bột khô dưới áp lực khí nén với đất được gọi là công nghệ trộn khô.
- Trong quá trình thi công sử dụng hai tín hiệu hiển thị: đó là khối lượng xi măng phun bằng cách lấy tín hiệu từ cân điện tử và hiển thị chiều sâu khoan của mũi khoan nhờ cảm biến đo độ sâu (Encoder). Để điều khiển quá trình khoan phun, công nhân căn cứ vào các hiển thị này trực tiếp phối hợp sự di chuyển đi lên của mũi khoan và lượng xi măng phun theo tỷ lệ nhất định.



1. Động cơ nâng hạ cân (cảm biến Encoder); 2. Cơ cấu quay cân khoan, 3. Mũi khoan, 4. Ống dẫn xi măng, 5. Bộ định lượng phun xi, 6. Máy nén khí.

Nguyên lý hoạt động công nghệ trộn khô

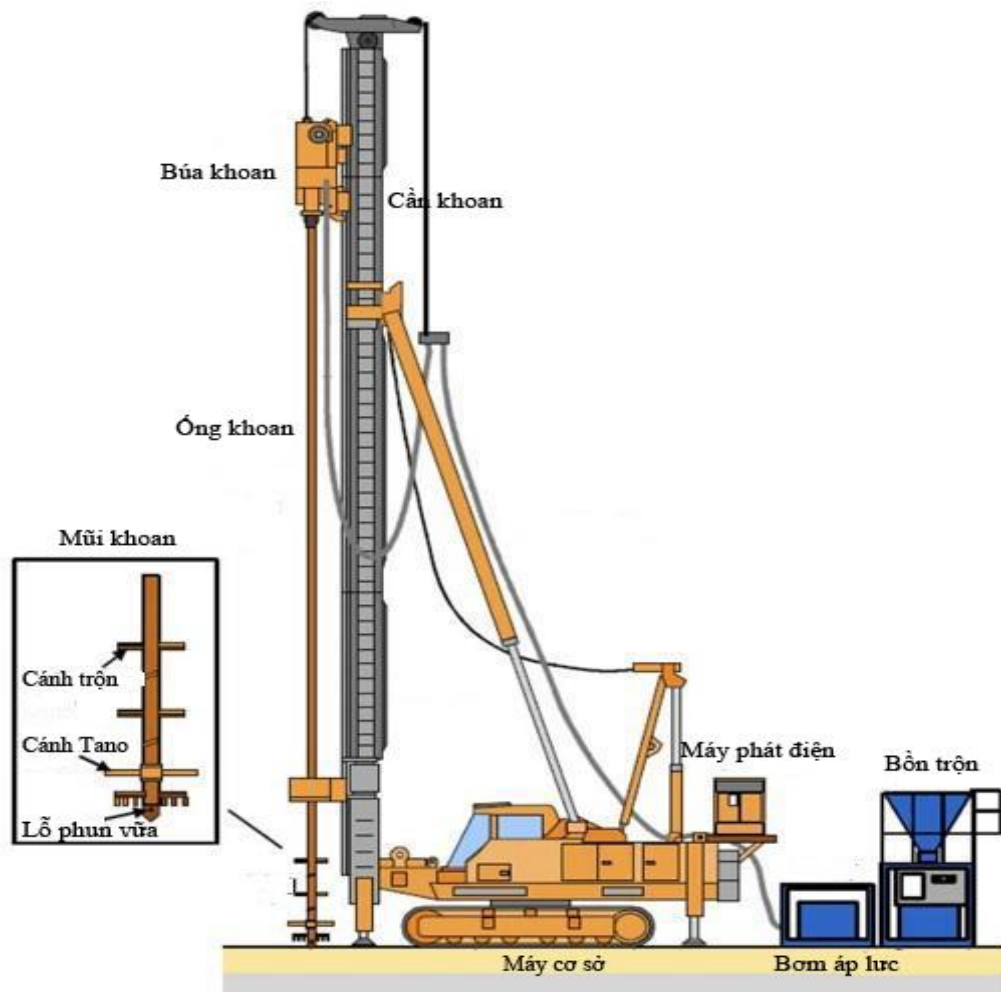


1. Định vị tìm cọc; 2. Khoan xuống đồng thời phun xi măng; 3. Rút lên trộn đều hỗn hợp đất gia cố

Các bước thi công chính theo công nghệ trộn khô

0.13.2. Công nghệ trộn ướ

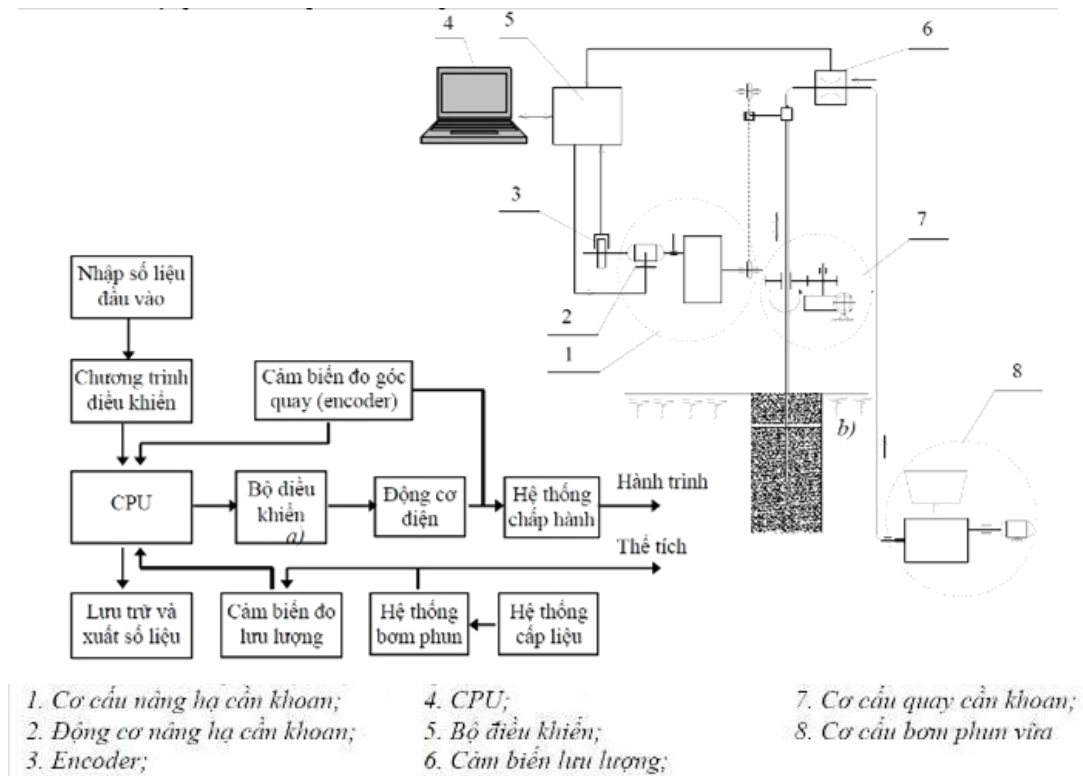
Trước đây gia cố nền bả chứa xăng dầu trong nước thường sử dụng công nghệ trộn khô. Nhưng hiện nay công nghệ này đang dần được thay thế bằng công nghệ trộn ướ (đạt cường độ và khả năng chống trượt cao hơn). Vì vậy trong luận văn của mình, học viên chủ yếu đi sâu nghiên cứu công nghệ trộn ướ.



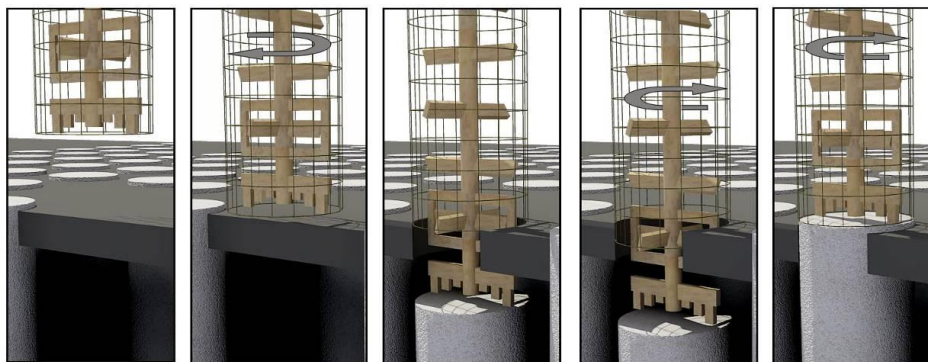
Đây chuyên thiết bị thi công công nghệ trộn ướ

- Quá trình gồm xáo tời đất bằng cơ học tại hiện trường và trộn chất gia cố dạng vữa lỏng bằng bơm thủy lực áp lực cao với đất được gọi là công nghệ trộn ướ.
- Trong hành trình khoan, các thông số không chế về chiều sâu, cũng như lượng vữa phun ra trong một phân đoạn (thường là 20cm) đều được bộ cảm biến độ sâu (Encoder) và bộ cảm biến lưu lượng (Flowmeter) truyền tín hiệu đến bộ

điều khiển logic PLC, PLC truyền tín hiệu trực tiếp lên màn hình điều khiển máy khoan, thợ vận hành máy theo dõi điều chỉnh trực tiếp lưu lượng, tốc độ xâm nhập cũng như rút lên trên từng phân đoạn. Phiếu in thông số khoan phun được in liên tục từng phân đoạn là cơ sở để đánh giá, nghiệm thu chất lượng cọc thi công.



Nguyên lý hoạt động công nghệ trộn ướt



Định vị chuẩn bị khoan

Cắt đất trộn đều
với hỗn hợp vữa

Rút lên đồng thời nén hỗn hợp
đã được gia cố

Các bước chính thi công theo công nghệ trộn ướt

0.14. Công tác bảo đảm chất lượng

0.14.1. Yêu cầu về thiết bị

- Thực tế thi công cho thấy chất lượng cọc đất xi măng phụ thuộc rất nhiều vào thiết bị thi công, thiết bị thi công phải đảm bảo được các yêu cầu cơ bản sau:
 - Máy cơ sở phải có các tính năng kỹ thuật đạt yêu cầu của công tác thi công theo công nghệ trộn ướt về tốc độ vòng quay, tốc độ khoan đi xuống và tốc độ trộn khi rút lên, chiều sâu thi công có hiệu quả theo yêu cầu thiết kế và có hệ thống điều khiển tự động và lưu giữ số liệu về các thông số vận hành của máy trong suốt quá trình thi công. Máy có trang bị mũi khoan thích hợp để làm tơi đất và trộn đều đất và vữa xi măng. Mũi trộn gồm cánh đào, cánh tự do và các cánh trộn.



Hệ thống điều khiển trên máy

Màn hình hiển thị

Phiếu in kết quả

Hệ thống điều khiển tự động trên máy cơ sở

- Hệ thống cung cấp vữa xi măng phải đủ dung lượng, công suất và tốc độ cung cấp để cấp đủ vữa xi măng cho máy cơ sở trong quá trình thi công. Hệ thống phải có bộ điều khiển định lượng tự động có lưu giữ số liệu để đảm bảo cung cấp các loại vữa trộn theo các thành phần khác nhau về số lượng xi măng và tỷ lệ nước trên xi măng khác nhau theo yêu cầu của thiết kế. Xi măng phải được

chứa trong các xi lô chuyên dụng để đảm bảo không bị ảnh hưởng của các yếu tố thời tiết.



Bồn trộn vữa tự động 30m³/h



Thợ vận hành trạm trộn đang đặt tự động chế độ cho mẻ trộn

Hệ thống điều khiển tự động trên trạm trộn

- Hiện nay trên thị trường Việt Nam đang phổ biến hai dòng thiết bị thi công theo công nghệ trộn ướt của Nhật Bản (gồm nhập máy cơ sở chính hãng rồi kết hợp với các hệ thống định lượng và các bộ phận có thể chế tạo trong nước), và của Trung Quốc (cũng nhập toàn bộ và nhập máy cơ sở rồi kết hợp với chế tạo trong nước).

Các máy cơ sở của Nhật Bản thường cho phép thay đổi tốc độ đi lên và đi xuống trong khi tốc độ vòng quay không đổi, trong khi các máy cơ sở của Trung Quốc thường chế tạo theo các số cố định, mỗi số tương ứng với một cặp tốc độ vòng quay và tốc độ đi lên và đi xuống.

Theo các tiêu chuẩn trong và ngoài nước số lần trộn trên một mét dài cọc hay còn gọi là năng lượng trộn được tính như sau:

Số lần trộn trên một mét là số lượng tổng cộng các cánh trộn đi qua 1 m chuyển dịch dọc thân cọc và được định nghĩa bằng biểu thức:

$$T = \sum M \times (N_d/V_d * W_i/W + N_u/V_u)$$

(Trích dẫn từ “ *State of practice Report – Execution, monitoring and quality control*” – Larsson.S, *Deep Mixing 2005*)

Trong đó:

T: Số lần trộn trên một mét dài (n/m);

ΣM : Số lượng tổng cộng các cánh trộn;

N_d : Tốc độ quay của các cánh trộn khi hạ xuống (vòng/phút);

V_d : Tốc độ hạ xuống của cánh trộn (m/phút);

N_u : Tốc độ quay của các cánh trộn khi rút lên;

V_u : Tốc độ quay của các cánh trộn khi hạ xuống;

W_i : Lượng xi măng được phun ra trong quá trình khoan xuống;

W: Lượng xi măng phun ra trong toàn bộ quá trình.

Nếu phun chất gia cố được thực hiện khi rút lên thì N_d lấy bằng không.

Năng lượng trộn phải đảm bảo yêu cầu: đánh toi được đất (phân rã được cốt liệu đất) và trộn đều xi măng với đất gia cố.

0.14.2. Kiểm soát trước khi thi công

Trước khi thi công máy sẽ vận hành dưới sự giám sát của tư vấn giám sát và các thông số sẽ được đo đạc và kiểm tra.

Những nội dung cần tuân thủ:

Mục	Nội dung
Kiểm tra hoạt động của dụng cụ đo	1. Kiểm tra đồng hồ đo sâu
	2. Kiểm tra lưu lượng kế
	3. Kiểm tra trạm trộn
	4. Kiểm tra tốc độ khoan lên xuống
	5. Kiểm tra trọng lượng riêng dung dịch
Kiểm tra kích thước	1. Kiểm tra chiều dài mũi khoan
	2. Kiểm tra đường kính mũi khoan

0.14.3. Kiểm soát trong quá trình thi công

Các thông số kiểm tra và nghiệm thu khi thi công phần cọc đất xi măng được trình bày trong bảng sau:

Thông số thi công cọc đất xi măng

Quy trình	Nội dung	Phương pháp kiểm tra giám sát
Vật liệu xi măng, vữa xi măng	Chủng loại, số lượng vật liệu xi măng	Kiểm tra phiếu nhập hàng
	Nước, vật liệu xi măng	Dùng cân để đo lượng nước và vật liệu xi măng
	Tỷ trọng vữa xi măng	Đo tỷ trọng
Thi công trụ đất xi măng	Đường kính trụ đất xi măng	Đo đường kính của thiết bị cắt, đào, trộn thi công.
	Tâm trụ đất xi măng	Định vị tim trục của thiết bị trộn khuấy vào tim cọc.
	Độ sâu, tốc độ	Tính toán, ghi chép độ sâu, tốc độ bằng thiết bị trên máy thi công
	Lượng phun	Tính toán, ghi chép bằng thiết bị trên máy thi công
	Cao độ mũi cọc, đỉnh cọc	Đo đạc và ghi chép bằng thiết bị trên máy thi công
	Sai số độ nghiêng cọc	Theo dõi trực khoan

0.14.4. Thí nghiệm kiểm tra chất lượng sau khi thi công

a. Giai đoạn thi công thử nghiệm

Trong giai đoạn này thường tiến hành các thí nghiệm sau:

- Khoan lấy mẫu suốt chiều dài trụ và thí nghiệm nén nở hông xác định Mô đun biến dạng E_{50} và cường độ kháng nén có nở hông q_u (theo ASTM D2166-01 và AASHTO T208).



Nén mẫu gia cố bằng máy nén một trục Phoenix

- Thí nghiệm các chỉ tiêu mẫu khoan: Dung trọng tự nhiên, độ ẩm theo TCVN 4198-4202/1995 của mẫu đất gia cố.
- Thí nghiệm xác định hệ số thấm của mẫu khoan gia cố theo ASTM D2435.
- Thí nghiệm cắt phẳng mẫu khoan gia cố theo TCVN 4199-1995
- Thí nghiệm nén tĩnh xác định sức chịu tải cọc đơn ở 28 ngày tuổi theo tiêu chuẩn TCXDVN 269-2002.
- Thí nghiệm xác định mô đun biến dạng nền hỗn hợp tại hiện trường bằng tấm nén phẳng (theo TCXDVN 80-2002) và có vận dụng cho nền hỗn hợp theo phụ lục B của TCXDVN 385-2006).
- Thí nghiệm đào lộ đầu cọc: thực hiện đến chiều sâu lớn nhất có thể đạt được trong điều kiện hiện trường để thị sát và kiểm tra bề mặt cọc, đường kính và lưu giữ hình ảnh thực của cọc hình thành trong lớp đất yếu.



Hình ảnh thí nghiệm đào lộ đầu cọc

- Thí nghiệm nhổ cọc.



Hình ảnh thí nghiệm nhổ cọc (pull out test)

b. Giai đoạn thi công đại trà

Trong giai đoạn này thường tiến hành các thí nghiệm sau:

- Khoan lấy mẫu suốt chiều dài trụ và thí nghiệm nén nở hông xác định Mô đun biến dạng E_{50} và cường độ kháng nén có nở hông q_u (theo ASTM D2166-01 và AASHTO T208).

- Thí nghiệm các chỉ tiêu mẫu khoan: Dung trọng tự nhiên, độ ẩm theo TCVN 4198-4202/1995 của mẫu đất gia cố.
- Thí nghiệm đào lộ đầu cọc kiểm tra đầu và thân cọc khi thấy cần thiết.

0.15. Kết luận chương 2

Trong chương này học viên đã phân tích, trình bày phạm vi áp dụng cọc ĐXM, quá trình hình thành và tăng cường độ theo thời gian của cọc ĐXM. Trình bày và đánh giá các quan điểm về lý thuyết tính toán đối với cọc ĐXM từ đó lựa chọn phương pháp phù hợp để áp dụng trong tính toán thiết kế cọc ĐXM. Đồng thời đã mô tả chi tiết công nghệ và trình tự thi công cọc ĐXM.

ỨNG DỤNG XỬ LÝ NỀN BỂ CHỨA XĂNG DẦU CHO CÔNG TRÌNH CỤ THỂ

0.16. Giới thiệu công trình

0.16.1. Kết cấu công trình

Bể chứa xăng dầu 3000 m³, có kết cấu bằng bản thép. Nắp bể có hệ dầm đỡ mái thép. Đáy bể cũng là bằng thép.

0.16.2. Điều kiện tải trọng

Đường kính bể: 21m

Chiều cao: 9m

Tổng tải trọng kết cấu bể: 92.87 tấn

Tổng tải trọng chất lỏng: 3000 tấn

Lớp bê tông nhựa asfal dày 10 cm, tổng tải trọng lớp bê tông nhựa: 69 tấn

Lớp đệm cát đá 0.5 - 1.0 dày 80 cm. Tải trọng phân bố của lớp đệm cát đá: 3.46 t/m².

0.16.3. Điều kiện địa chất công trình

Công trình được xây dựng nằm trong khu công nghiệp thuộc huyện Thủy Nguyên, thành phố Hải Phòng. Nền đất khu vực xây dựng bao gồm các lớp đất với đặc điểm cơ lý như sau:

Lớp san lấp: Cát hạt mịn màu xám nâu, xám vàng, dày 1. Dung trọng tự nhiên $\gamma_w = 26.6 \text{ kN/m}^3$.

Lớp số 1: Bùn sét màu xám xanh, xen kẹp cát hạt mịn, trạng thái chảy. Lớp này phân bố cục bộ tại một số hố khoan, chiều dày lớp thay đổi từ 2.7 – 8.2m. Lớp có khả năng chịu tải rất kém, tính nén lún cao. Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau:

+ Dung trọng tự nhiên:	1.67 g/cm ³ ;
+ Hệ số rỗng:	1.39;
+ Góc ma sát trong:	6.2°;
+ Lực dính kết:	0.07 kg/cm ² ;
+ Chỉ số nén lún:	0.711;
+ Chỉ số nén nở:	0.21;
+ Áp lực tiền cố kết:	6.6 T/m ² ;
+ Hệ số cố kết đứng:	1.813 m ² /năm

Lớp số 2: Lớp cát hạt mịn lẫn bụi, màu xám trắng, xám ghi, trạng thái chặt vừa. Lớp này phân bố cục bộ tại một số hố khoan, chiều dày lớp thay đổi từ 1.4 – 4.3m. Đây là lớp có khả năng chịu tải và tính nén lún trung bình. Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau:

+ Dung trọng tự nhiên:	2.122 g/cm ³ ;
+ Hệ số rỗng:	0.46
+ Góc ma sát trong:	30° 02’;
+ Lực dính kết:	0.05 kg/cm ² ;
+ Giá trị SPT:	12 -20

Lớp số 3: Sét pha màu nâu vàng, xám xanh, trạng thái dẻo cứng. Lớp này phân bố tại hầu hết các hố khoan, chiều dày lớp thay đổi từ 2.5 – 12.9m. Lớp có khả năng chịu tải và tính nén lún trung bình. Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau:

+ Dung trọng tự nhiên:	1.876 g/cm ³ ;
+ Hệ số rỗng:	0.87;
+ Góc ma sát trong:	16° 48’;
+ Lực dính kết:	0.17 kg/cm ² ;
+ Hệ số nén lún:	0.025cm ² /kg;

- + Modul tổng biến dạng: 25.73 kg/cm^2 ;
- + Áp lực tiền cố kết: 25 T/m^2 ;
- + Hệ số cố kết đứng: $8.672 \text{ m}^2/\text{năm}$.

Lớp số 4: Sét pha màu xám nâu, xám xanh, trạng thái dẻo cứng, đôi chỗ xen kẹp bụi. Lớp này phân bố tại tất cả các hố khoan, chiều dày lớp thay đổi từ 11.0 – 23.9m. Lớp có khả năng chịu tải tương đối cao và tính nén lún nhỏ. Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau:

- + Dung trọng tự nhiên: 1.75 g/cm^3 ;
- + Hệ số rỗng: 1.21;
- + Góc ma sát trong: $18^\circ 58'$;
- + Lực dính kết: 0.24 kg/cm^2 ;
- + Chỉ số nén lún: 0.180;
- + Chỉ số nén nở: 0.075;
- + Áp lực tiền cố kết: 0.69 kg/cm^2 ;
- + Hệ số cố kết đứng: $11.826 \text{ m}^2/\text{năm}$.

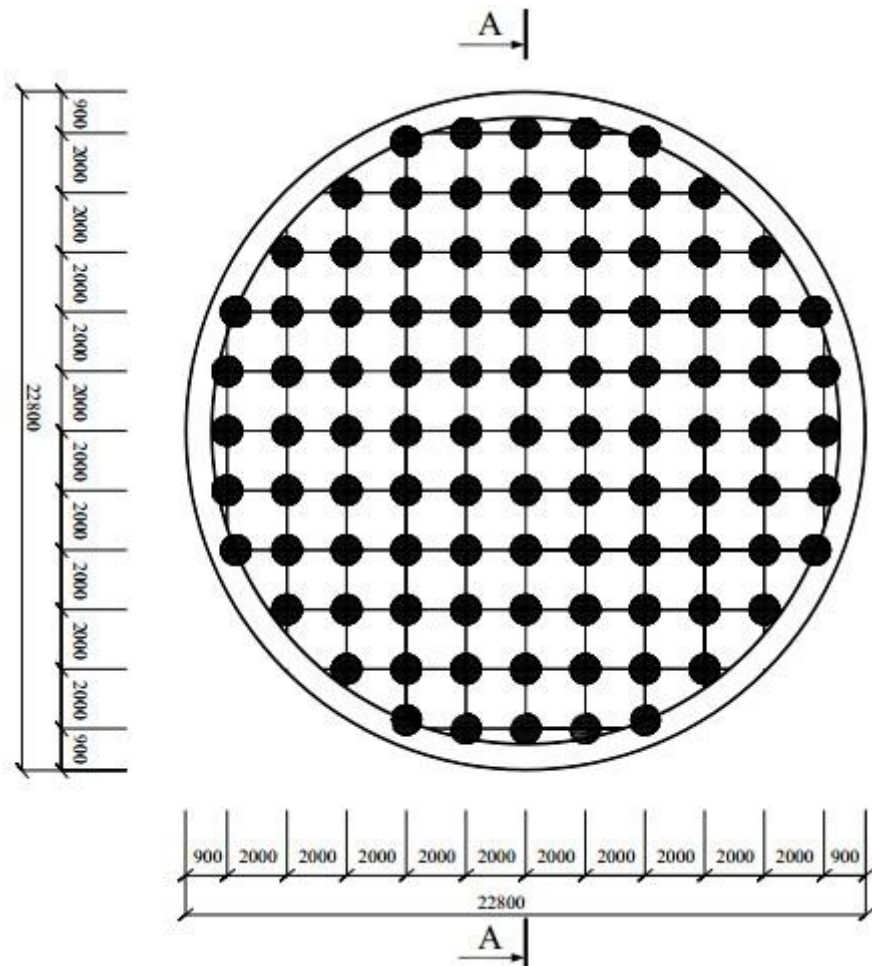
0.17. Tính toán thiết kế

0.17.1. Thông số cọc đất xi măng

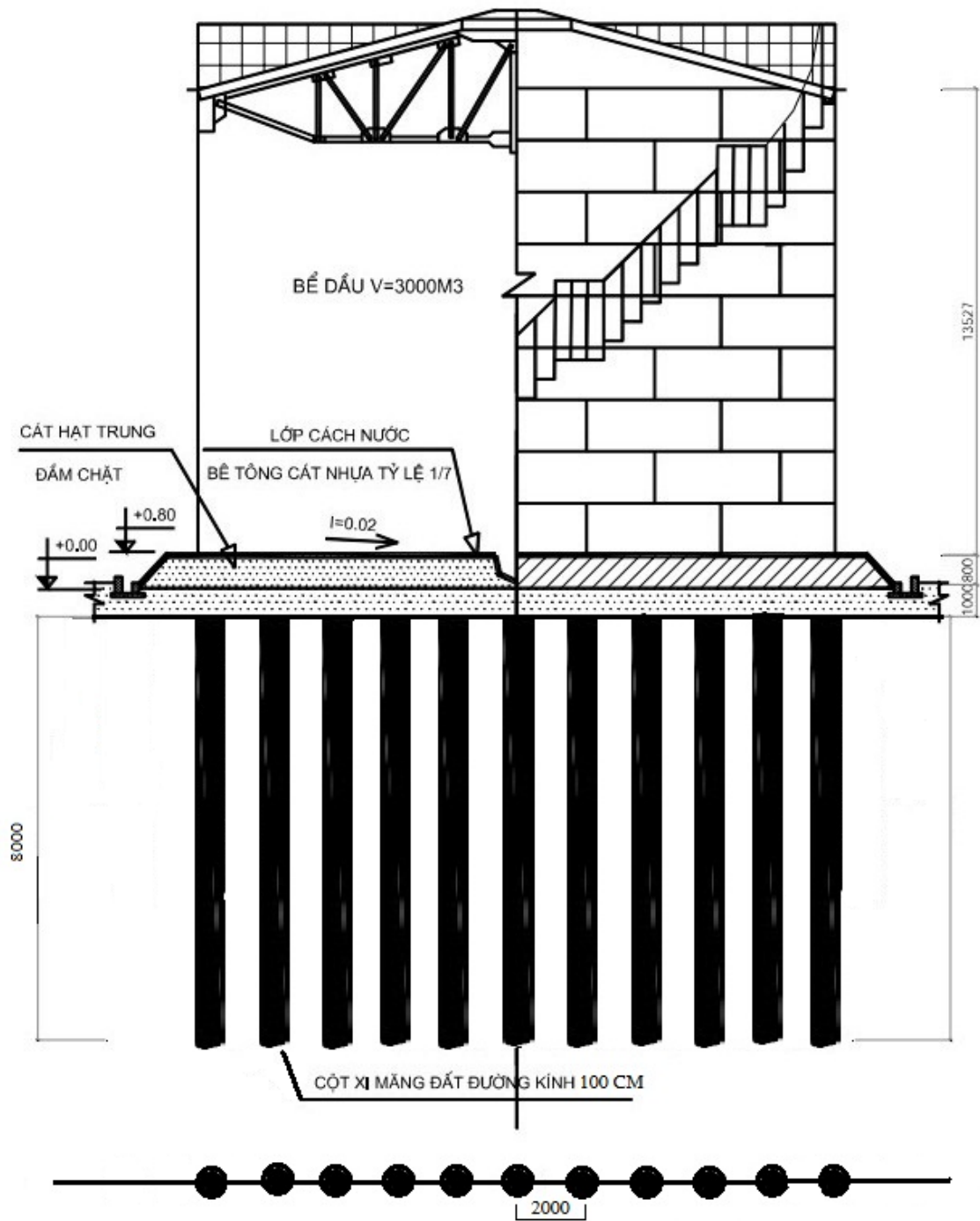
Căn cứ vào tải trọng khai thác, điều kiện địa chất công trình, kết quả thi công cọc thử và thực tế thi công cọc đất xi măng tại các các dự án trong khu vực lân cận, chọn các thông số thiết kế cọc đất xi măng như sau:

- + Đường kính trụ: 1.0 m;
- + Chiều dài trụ: 8.0m;
- + Khoảng cách giữa các trụ: 2.0m;
- + Cường độ kháng nén trụ: 15 kG/cm^2 ;
- + Cường độ kháng cắt: 7.5 kG/cm^2 ;

Cọc được bố trí dựa theo điều kiện cân bằng về chuyển vị sao cho tải trọng phân bố vào cọc và vào đất nền không vượt quá sức chịu tải của vật liệu cọc và phần đất nền chưa được gia cố. Lưới bố trí được trình bày như Hình 3.1.



Mặt bằng bố trí cọc ĐXM



Mặt cắt A-A

0.17.2. Kiểm toán sức chịu tải của nền đất

Áp lực phân bố tác dụng lên đầu cọc và nền đất xung quanh:

$$\sigma_{col} = 138.3 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{soil} = 6.0 \text{ T/m}^2$$

Cường độ chịu tải của nền đất yếu xung quanh cọc đất xi măng:

$$q_a = 6.8 \text{ T/m}^2$$

Kết quả kiểm toán sức chịu tải nền đất:

$$\sigma_{soil} < q_a \quad \rightarrow \text{thỏa mãn.}$$

$$\sigma_{col} < \delta_c \quad \rightarrow \text{thỏa mãn.}$$

0.17.3. Kiểm toán lún

Với các thông số thiết kế trụ đất xi măng như trên, nền sau xử lý có độ lún và tốc độ lún như sau:

- + Độ lún S_1 của khối xử lý nền là 58.1 mm;
- + Độ lún S_1 của khối xử lý nền sẽ kéo dài theo thời gian và đạt 98% tổng độ lún sau 1 năm;
- + Độ lún S_2 của các lớp đất phía dưới khối xử lý nền là 269.9 mm;
- + Độ lún S_t^{30} của các lớp đất phía dưới xảy ra trong thời gian khai thác dự án (30 năm) là 228.8mm.

Chi tiết tính toán xem Phụ lục I “Tính toán xử lý nền bề chứa xăng dầu bằng cọc đất gia cố xi măng”.

0.18. Thi công cọc đất xi măng

0.18.1. Yêu cầu vật liệu và thiết bị thi công

a. Xi măng

Xi măng dùng thi công thử cọc đất xi măng phải đạt mác PCB40 theo tiêu chuẩn TCVN 6260-1997. Chất lượng xi măng phải được thí nghiệm kiểm tra theo các tiêu chuẩn TCVN 6016-1995, TCVN 679-1989. Kết quả thí nghiệm phải đạt yêu cầu kỹ thuật và được đánh giá theo các chỉ tiêu sau:

- Cường độ chịu nén (TCVN 6016-1995) không nhỏ hơn 400kg/cm^2 (R28 ngày)
- Thời gian đông kết: TCVN 6017-1995 (ISO 9597-1989)
 - + Bắt đầu đông kết: không dưới 45 phút
 - + Kết thúc đông kết: không dưới 170 phút
- Độ ổn định thể tích đo theo phương pháp LeChatelier $< 10\text{mm}$
- Hàm lượng SO_3 (TCVN 141-86) : không lớn hơn 3.5%
- Hàm lượng mất khi nung (TCVN 141-86): không lớn hơn 5%
- Độ nghiền mịn (TCVN 4030-03): phần còn lại trên sàng 0.09 không lớn hơn 10%

Không được sử dụng xi măng vón cục, xi măng đã lưu kho trên 3 tháng. Các lô xi măng đến công trường phải được thí nghiệm đầy đủ trước khi sử dụng.

b. Nước

Nước sử dụng trộn vữa xi măng phải đạt yêu cầu kỹ thuật tiêu chuẩn TCXDVN 302-2004 theo các chỉ tiêu sau đây:

- Nước không có váng dầu mỡ;
- Lượng tạp chất hữu cơ không vượt quá 15mg/l ;
- Độ pH không nhỏ hơn 6.5 và không lớn hơn 12.5;
- Lượng muối hòa tan $\leq 10\text{g/l}$;
- Lượng $\text{SO}_4 \leq 2.7\text{g/l}$;
- Lượng $\text{Cl}^- \leq 3.5\text{g/l}$;
- Hàm lượng cặn không tan $\leq 0.3\text{g/l}$.

c. Thiết bị thi công

Thiết bị phải có năng lực thi công phù hợp với yêu cầu về chất lượng, kích thước cọc thiết kế và tiến độ dự án. Không sử dụng các máy thi công cọc đất xi măng tự chế.

Các thông số cơ bản của máy như chiều sâu khoan phun, đường kính cọc, hàm lượng phun xi măng trên mét dài cọc, áp lực phun, tốc độ quay đầu trộn, tốc độ đi xuống và đi lên của cần khoan phải được kiểm soát tự động bằng thiết bị điện tử và in ra cho mỗi cọc thi công thử.

Các thông số cơ bản của thiết bị thi công thử cọc ĐXM

Thông số	Trị số
Số lượng trục trộn	≥ 1
Đường kính mũi trộn	$\geq 1.0 \text{ m}$
Chiều sâu thi công tối thiểu	10m
Áp lực phun vữa xi măng	$\geq 300\text{kPa}$
Số vòng cánh quay trộn cho 1 md cọc ĐXM	$\geq 350 \text{ vòng}$
Hệ thống kiểm soát điện tử các thông số tốc độ quay cánh trộn, tốc độ xuyên xuống và rút lên, hàm lượng vữa xi măng trên mét dài cọc.	√

0.18.2. Trộn mẫu thử trong phòng thí nghiệm

Theo quy trình thiết kế, để xác định hàm lượng xi măng cần thiết để khi thi công trụ đất xi măng đảm bảo đạt cường độ thiết kế, trước tiên phải lấy mẫu đất hiện trường trộn thử với xi măng với các hàm lượng khác nhau để xác định hàm lượng xi măng trộn tối ưu. Các mẫu thử sẽ được thí nghiệm nén nở hông để xác định cường độ kháng nén sau khi trộn 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày.

0.18.3. Thi công thử cọc đất xi măng

Công tác thi công cọc đất xi măng phải được tiến hành trước khi triển khai thi công đại trà nhằm mục đích:

- Kiểm tra hoạt động và sự thích ứng của các thiết bị thi công như: máy khoan, đầu trộn, thiết bị cấp và phun vữa xi măng, các thiết bị định lượng tự động...; xác lập quy trình thi công hợp lý như: tốc độ quay đầu trộn, tốc độ xuyên xuống, tốc độ rút lên, tốc độ phun vữa xi măng, áp lực phun, lượng xi măng sử dụng...; xác lập các thông số thí nghiệm kiểm tra và nghiệm thu chất lượng cọc đất xi măng.
- Thực hiện các thí nghiệm trong phòng và hiện trường để kiểm tra sự phù hợp với thiết kế của các thông số về cường độ kháng nén một trục nở hông (q_u), mô đun biến dạng (E) của cọc đất xi măng ở 14 và 28 ngày tuổi. Từ đó điều chỉnh thiết kế phù hợp trước khi thi công đại trà.
- Đánh giá thực tế các tác động tới môi trường xung quanh (tiếng ồn, độ rung, biến dạng...)

Thi công thử cọc đất xi măng sẽ được tiến hành với các hàm lượng xi măng 220, 240, 260 kg/m³. Phương pháp trộn là trộn ướt, khuyến khích sử dụng thiết bị cắt đất bằng thủy lực hoặc các công nghệ hiện đại khác để cọc đất xi măng đạt cường độ thiết kế.

0.18.4. Thi công đại trà cọc đất xi măng

Sau khi kết thúc giai đoạn thi công thử và xác lập được các thông số về hàm lượng xi măng, tỷ lệ nước/xi măng, tốc độ quay đầu trộn, tốc độ khoan, tốc độ phun vữa xi măng, áp lực phun, lượng xi măng sử dụng,... tiến hành thi công đại trà cọc đất xi măng.

Các bước thi công chính như sau:

- Bước 1: Định vị tim cọc bằng máy kinh vĩ hay toàn đạc. Tim cọc được đánh dấu bằng cọc gỗ hoặc cọc tre.
- Bước 2: Di chuyển máy khoan phun đến vị trí, đặt tim mũi khoan trùng với vị trí tim cọc, điều chỉnh cân bằng máy, kiểm tra và điều chỉnh độ thẳng đứng của cần khoan (độ nghiêng cọc).

- Bước 3: Kiểm tra và bổ sung chất gia cố vào bình chứa của máy khoan.
- Bước 4: Khoan phun tạo trụ. Vận hành máy cho mũi khoan xoay đi xuống đất, khi mũi khoan đạt độ sâu thiết kế thì cho mũi khoan quay ngược lại và rút mũi khoan lên đồng thời phun chất gia cố vào trong đất bằng khí nén thông qua lỗ ở đầu mũi trộn. Các cánh của mũi trộn sẽ trộn chất gia cố với đất tại chỗ đã được làm tơi trước đó. Các thông số hoạt động của thiết bị khi phun xi măng như vận tốc quay mũi trộn, tốc độ rút cần, áp lực và liều lượng phun phải được duy trì ổn định và được kiểm soát bằng thiết bị điện tử.
- Bước 5: Di chuyển máy sang vị trí thi công trụ mới

Cho phép thi công các cọc mới bên cạnh cọc vừa mới thi công xong, không yêu cầu thời gian chờ. Sau khi cọc được thi công xong trong vòng 3 ngày đầu các thiết bị thi công khác (ô tô, máy ủi) không được đi lại và hoạt động trên đỉnh cọc. Sau đó cho phép các thiết bị đi lại với điều kiện các thiết bị không được tạo lực rung động hay xung kích ảnh hưởng đến phát triển cường độ cọc. Sau khi cọc đạt tối thiểu 7 ngày tuổi, cho phép bắt đầu đào lộ đầu cọc để kiểm tra chất lượng các cọc đã thi công (nếu cần).

Trong quá trình thi công phải ghi chép các thông tin sau:

- + Loại máy khoan cọc đất xi măng;
- + Chung loại và liều lượng xi măng đã sử dụng;
- + Thời gian khoan và phun chất gia cố tạo cọc, áp lực phun, tốc độ xoay, tốc độ rút cần;
- + Những đặc điểm bất thường khi tạo cọc: gặp dị vật khi khoan, sự cố máy móc...;
- + Độ nghiêng của cần khoan (độ nghiêng của cọc);

- + Chiều dài khoan, chiều dài phun xi măng, lượng xi măng phun cho từng mét dài cọc (được in ra từ máy tự động theo dõi lượng phun trong quá trình thi công);
- + Cao độ mũi cọc, đầu cọc, mặt đất thi công.

Các nội dung trên được lập thành biên bản cho từng cọc và có xác nhận của Giám sát chủ đầu tư và tư vấn giám sát. Sai số cho phép trong thi công cọc đất xi măng:

- + Sai số vị trí tim cọc theo mọi phương: 10cm;
- + Sai số cao độ mũi cọc: $\pm 0.10\text{m}$;
- + Độ nghiêng cho phép: 1%;
- + Sai số lượng xi măng phun vào đất: $\pm 5\%/ \text{md}$.

0.18.5. Xử lý kỹ thuật thi công

- Trong trường hợp thi công trụ đất xi măng mà gặp mưa:
 - Cần thiết phải có hệ thống thoát nước mặt của khu vực đang thi công đảm bảo không bị ngập, ngăn không cho nước mưa chảy vào hố khoan đang thi công hay vừa thi công xong, giảm thiểu tối đa các yếu tố ảnh hưởng tới chất lượng cọc thi công.
 - Nếu xảy ra mưa nhỏ và mưa không kéo dài thì vẫn có thể thi công bình thường nhưng phải có biện pháp và phương tiện che chắn bảo vệ máy thi công, hệ thống cung cấp vữa xi măng, người thao tác, đảm bảo an toàn vận hành máy cũng như chất lượng cọc.
- Phương pháp bảo dưỡng đầu cọc:

Sau khi thi công xong cọc đất xi măng, vận chuyển tất cả đất rời trên cọc từ cao độ đỉnh cọc đổ đi, bề mặt của cọc được phủ bởi vải ướt hay vật liệu khác để cọc không bị khô trước khi thi công lớp trên. Các phương tiện lớn như máy

cầu, máy khoan chỉ được di chuyển sau 24 giờ, nếu trời mưa thì phải đào rãnh thoát nước, tránh nước chảy vào đầu cọc vừa mới thi công xong.

- Khi các cọc thi công không đạt được các yêu cầu như: khối lượng phun vữa xi măng vào đất gia cố chưa đạt yêu cầu về sai số, hoặc lượng vữa xi măng phun phân bố trên từng mét dài chiều sâu cọc chưa đủ theo yêu cầu. Số vòng quay trộn trên mét dài cọc chưa đủ thì cần có biện pháp thi công trộn lại và phun bổ sung vữa xi măng cho đủ yêu cầu. Trong trường hợp không đạt yêu cầu về chất lượng cọc thì phải thi công bổ sung cọc.
- Trong quá trình đang thi công các cọc nếu có hiện tượng trục trặc thi công như tắc vữa xi măng, trục trặc máy móc ... các hiện tượng này đều được ghi lại vào phiếu nhật ký thi công cọc, xác định vị trí chiều sâu dừng thi công cọc, nếu quá trình khắc phục kịp thời trước thời gian bắt đầu ninh kết xi măng thì tiếp tục thi công cọc nhưng máy khoan phải tiếp tục khoan xuống tới vị trí dừng sự cố nói trên để phun vữa xi măng bổ sung sau đó mới thi công bình thường. Trong trường hợp không thể khắc phục kịp thời thì phải bỏ và khoan bổ sung cọc khác khi điều kiện thực tế cho phép.

0.19. Kiểm tra chất lượng và nghiệm thu cọc đất xi măng

0.19.1. Kiểm tra chất lượng cọc đất xi măng

a. Khoan lấy mẫu

Khi cọc đất xi măng ≥ 28 ngày tuổi, khoan lấy mẫu để đánh giá chất lượng và độ đồng nhất của cọc. Công tác khoan lấy mẫu được thực hiện theo Quy trình khoan thăm dò địa chất công trình 22TCN 259-2000. Sử dụng mũi khoan có đường kính thích hợp và ống mẫu lòng đôi để lấy được tối đa chiều dài mẫu và mẫu có đường kính tối thiểu 70mm.

Vị trí khoan tại tâm cọc đất xi măng, vị trí lấy mẫu thí nghiệm xuyên suốt chiều dài cọc.

Trong quá trình khoan phải mô tả chi tiết mẫu khoan, thống kê chiều dài các mẫu, xếp lần lượt theo chiều sâu và chụp ảnh toàn bộ mẫu.

Các mẫu thí nghiệm được bảo quản nguyên trạng trong các ống mẫu cho tới khi thí nghiệm theo TCVN 2683-1991.

Khối lượng khoan lấy mẫu kiểm tra là 1% số lượng cọc. Vị trí các cọc khoan kiểm tra sẽ được giám sát Chủ đầu tư và tư vấn giám sát lựa chọn ngẫu nhiên trên tổng số cọc thi công đại trà.

b. Thí nghiệm nén nở hông

Các mẫu khoan cọc đất xi măng được thí nghiệm nén nở hông để xác định cường độ kháng nén q_u và mô đun biến dạng E_{50} .

Thí nghiệm nén nở hông được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D2166.

Mỗi mét khoan lõi lấy một mẫu thí nghiệm.

0.19.2. Nghiệm thu cọc đất xi măng

Công tác gia cố đất yếu bằng cọc đất xi măng sau khi hoàn thành phải được nghiệm thu theo các quy định của Nhà nước, theo hồ sơ thiết kế và hồ sơ hoàn công do đơn vị thi công lập.

Tiêu chuẩn nghiệm thu chất lượng công tác gia cố cọc đất xi măng được thực hiện cho từng phân đoạn với các nội dung kiểm tra cho trong bảng sau đây:

Thông số nghiệm thu cọc đất xi măng

Hạng mục kiểm tra	Tiêu chuẩn chất lượng và sai số cho phép	Tần suất kiểm tra	Phương pháp kiểm tra
Tọa độ tim cọc so với tim thiết kế	10 cm theo mọi phương	Kiểm tra trên một khu vực đại diện và khi có nghi vấn	Đo bằng máy trắc đạc
Chiều dài cọc	$\pm 10\text{cm}$	100% các cọc	Đo trên cần khoan
Độ nghiêng cọc	1%	Kiểm tra ngẫu nhiên	Đo theo cần khoan
Lượng xi măng phun vào trong thân cọc	$\pm 5\%/md$	100% các cọc	Đo bằng thiết bị định lượng tự động của máy. Theo dõi lượng xi măng tiêu thụ.
Cường độ chịu nén nở hông qu 28 ngày tuổi.	Giá trị tiêu chuẩn ở tuổi 28 ngày đạt yêu cầu.	Trên các cọc khoan lấy mẫu.	Nén một trục có nở hông trong phòng.
Mật độ cọc	Đủ số lượng cọc theo thiết kế	Toàn bộ diện tích nền xử lý	Đo, đếm tại hiện trường bằng thủ công

0.20. Kết luận chương 3

Trong chương này học viên đã nghiên cứu tính toán công trình cụ thể. Sơ bộ chọn được khoảng cách gia cố và các thông số hợp lý của cọc ĐXM trong gia cố nền công trình bể chứa xăng dầu xây dựng trong khu công nghiệp huyện Thủy Nguyên – Hải Phòng. Đồng thời đề xuất các yêu cầu cần thiết cho quy trình thi công và thí nghiệm công tác xử lý nền bể chứa xăng dầu bằng cọc đất xi măng.

KẾT LUẬN CHUNG

1. Các kết quả đạt được của luận văn

Luận văn “**Nghiên cứu ứng dụng cọc đất xi măng gia cố nền bê chứa xăng dầu xây dựng trên đất yếu**” đã hoàn thành với những nội dung sau:

- Đã hệ thống được phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc ĐXM, công nghệ thi công cọc ĐXM hiện nay trên thế giới và khả năng ứng dụng của cọc ĐXM vào nền móng và xử lý nền đất yếu trong xây dựng công trình ở Việt Nam;
- Tổng hợp cơ sở lý thuyết và nguyên lý tính toán của cọc ĐXM gia cố nền bê chứa xăng dầu. Và đã trình bày ví dụ cụ thể áp dụng cho vùng địa chất cụ thể.
- Đề xuất được quy trình thiết kế, quy trình thi công, quy trình kiểm soát chất lượng, các biện pháp xử lý sự cố cụ thể... trong quá trình gia cố nền bê chứa xăng dầu xây dựng trên nền đất yếu bằng cọc ĐXM.

2. Hướng phát triển của luận văn

Dựa trên nền tảng của luận văn cũng như các vấn đề liên quan nhưng chưa được tìm hiểu và nghiên cứu thấu đáo do thời gian và phạm vi của luận văn có hạn, luận văn có thể tiếp tục phát triển theo các hướng như sau:

- Trong nội dung nghiên cứu của mình, tác giả chỉ mới tính toán thiết kế xử lý nền cho một công trình bê chứa được xây dựng độc lập. Trong thực tế, có những công trình thường gồm tổ hợp nhiều bể chứa được đặt gần nhau, do đó công tác tính toán thiết kế xử lý nền sẽ có những khác biệt nhất định. Ở những nghiên cứu tiếp theo cần tiếp tục hoàn thiện.
- Với công suất thiết kế của các nhà máy sản xuất xi măng ở nước ta hiện nay thì xi măng Việt Nam sẽ dư thừa so với nhu cầu sử dụng, việc sử dụng xi măng trong gia cố nền đất yếu sẽ được ứng dụng rộng hơn. Phương án xử lý nền đất yếu bằng cọc ĐXM là một giải pháp có nhiều ưu thế, cần nghiên cứu nhiều loại xi măng chuyên dụng xử lý nền đất yếu cho từng khu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1]. Trần Nhật Tiến (2008), *Kỹ thuật đường ống và bể chứa*, NXB Đà Nẵng, Đà Nẵng.
- [2]. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Đoàn Ngọc Tranh và Hoàng Văn Quang (1998), *Kết cấu thép công trình dân dụng và công nghiệp*, NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Bộ KH&CN (2012), *Gia cố nền đất yếu – Phương pháp cọc đất xi măng*, TCVN 9403:2012, Hà Nội.
- [4]. Bộ KH&CN (2014), *Móng cọc, Tiêu chuẩn thiết kế*, TCVN:10304-2014, Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Vi (2007), *Hướng dẫn thiết kế nền và móng xi măng – bùn của các công trình cảng*, Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Uyên (2009), *Xử lý nền đất yếu trong xây dựng*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [7]. Nguyễn Đức Nguôn (2008), *Bài giảng Nền móng trong điều kiện đất yếu*, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Hà Nội.
- [8]. Phan Hồng Quân (2006), *Cơ học đất*, NXB Xây Dựng, Hà Nội.
- [9]. UBND TP.Thượng Hải (1994), *Quy phạm kỹ thuật xử lý nền móng*, DBJ08-40-94, bản dịch. Hà Nội.

Tiếng Anh

- [10]. Euro Soil Stab, *Design Guide Soft Soil Stabilisation – CT97-0351*.
- [11]. Design Manual For Excavation Support Using Deep Mixing Technology - Texas - A&M University.
- [12]. European standard (2003), *Execution of special geotechnical works- Deep mixing*.

- [13]. An Introduction to the Deep Soil Mixing Methods as Used on Geotechnical Applications - *U.S.Department of Transportation Federal Highway Administration*.
- [14]. Masaki Kitazume, Masaki Terashi (2012), *The Deep Mixing Method - Principle, Design and Construction* Coastal Development Institute of Technology. Japan.

PHỤ LỤC I. TÍNH TOÁN XỬ LÝ NỀN BỀ CHỨA XĂNG DẦU BẰNG CỌC ĐẤT XI MĂNG

1. SỐ LIỆU THIẾT KẾ ĐẦU VÀO

1.1 Thông số cọc đất xi măng

- + Đường kính cọc $d \text{ (m)} = 1.0$
- + Tiết diện ngang cọc $A_{\text{col}} \text{ (m}^2\text{)} = 0.785$
- + Kích thước khu xử lý nền $B \text{ (m)} = 21$; $L \text{ (m)} = 21$
- + Chiều dài cọc trong lớp đất yếu $D \text{ (m)} = 8.0$
- + Khoảng cách cọc $s \text{ (m)} = 2.0$
- + Cường độ kháng cắt vật liệu cọc $\tau_c \text{ (T/m}^2\text{)} = 75.0$
- + Cường độ kháng nén vật liệu cọc $\delta_c \text{ (T/m}^2\text{)} = 150.0$
- + Cao độ đầu cọc $\text{TCL (m)} = -1.0$
- + Cao độ mũi cọc $\text{BCL (m)} = -9.0$

1.2. Thông số đất nền

Lớp	Phân lớp	h_i (m)	H_i (m)	e_o	γ (T/m ³)	φ (độ)	C (T/m ²)	C_u (T/m ²)	σ_{pz} (T/m ²)	C_c	C_r	C_v (m ² /năm)	C_h (m ² /năm)
Lớp 1 Sét trạng thái chảy	1.1	2.0	2.0	1.39	1.67	6.2	0.70	1.3	6.6	0.711	0.210	0.725	1.813
	1.2	2.0	4.0	1.39	1.67	6.2	0.70	1.3	6.6	0.711	0.210	0.725	1.813
	1.3	2.0	6.0	1.39	1.67	6.2	0.70	1.3	6.6	0.711	0.210	0.725	1.813
	1.4	2.2	8.2	0.46	1.67	6.2	0.70	1.3	6.6	0.711	0.210	0.725	1.813
Lớp 2 Cát lẫn bụi trạng thái chặt vừa	2.1	2.2	10.4	0.87	2.12	30.0	0.50						
Lớp 3 Sét pha dẻo cứng	3.1	2.0	12.4	0.87	1.88	16.8	1.70		25.0	0.250	0.090	3.469	8.672
	3.2	2.0	14.4	0.87	1.88	16.8	1.70		25.0	0.250	0.090	3.469	8.672
	3.3	2.0	16.4	0.87	1.88	16.8	1.70		25.0	0.250	0.090	3.469	8.672
	3.4	2.0	18.4	1.21	1.88	16.8	1.70		25.0	0.250	0.090	3.469	8.672
Lớp 4 Sét pha dẻo cứng đến nửa cứng	4.1	2.0	20.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.2	2.0	22.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.3	2.0	24.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.4	2.0	26.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.5	2.0	28.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.6	2.0	30.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.7	2.0	32.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.8	2.0	34.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.9	2.0	36.4	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826
	4.10	1.6	38.0	1.21	1.75	19.0	2.40		68.8	0.180	0.075	4.730	11.826

1.3. Tải trọng

- + Tổng tải trọng phân bố tác dụng lên nền 12.6 t/m^2 .

1.4. Thời gian khai thác dự án

- + Thời gian khai thác dự án: 30 năm.
- + Độ lún lâu dài cho phép 25 cm.

2. TÍNH TOÁN CỌC ĐẤT XI MĂNG

2.1. Thông số tính toán cọc đất xi măng

- Tỷ số diện tích a được tính theo công thức:

$$a = \frac{\sum A_c}{A_T} = 0.196$$

Trong đó:

$\sum A_c$: Tổng diện tích cọc đất xi măng;

A_T : Diện tích vùng xử lý.

- Sức kháng cắt tương đương (C_{eq}) của khối xử lý được tính theo công thức:

$$C_{eq} = C_{col} \cdot a + (1 - a) \cdot C_{soil} = 15.8 \text{ (T/m}^2\text{)}$$

Trong đó:

C_{col} : Cường độ kháng cắt cọc đất xi măng;

C_{soil} : Cường độ kháng cắt của đất yếu.

- Modul đàn hồi tương đương (E_{eq}) của khối xử lý được tính theo công thức:

$$E_{eq} = E_{col} \cdot a + (1 - a) \cdot E_{soil} = 1733.8 \text{ (T/m}^2\text{)}$$

Trong đó:

E_{col} : Modul đàn hồi cọc đất xi măng, $E_{col} = 100$. $C_{col} = 7500 \text{ (T/m}^2\text{)}$

E_{soil} : Modul biến dạng của đất yếu, $E_{soil} = 250$. $C_u^{soil} = 325 \text{ (T/m}^2\text{)}$

2.2 Kiểm tra điều kiện ổn định

2.2.1 Cường độ chịu tải tại bề mặt khối xử lý nền

- Cường độ chịu tải của nền đất yếu xung quanh cọc đất xi măng:

Chỉ tiêu cơ lý của nền đất yếu:

- + Dung trọng tự nhiên $\gamma_1 = 1.67(\text{T/m}^2)$;
- + Lực dính kết $c_1 = 0.70(\text{T/m}^2)$;
- + Góc ma sát trong: $\phi_1 = 6.2^\circ$.

Cường độ chịu tải của nền đất yếu (R_n) xác định theo công thức:

$$q_a = \frac{1}{FS} [0.5B\gamma N_\gamma + cN_c + \gamma DN_q] = 6.8(\text{T/m}^2)$$

Trong đó:

γ : Dung trọng tự nhiên đất, $\gamma = 1.67(\text{T/m}^2)$;

B : Chiều rộng móng tính toán $B=3.5\text{m}$;

D : Chiều sâu móng tính toán $D=2.0\text{m}$;

c : Lực dính kết, $c = 0.7(\text{T/m}^2)$;

FS : Hệ số an toàn, $FS = 2$.

N_γ, N_q, N_c : Hệ số phụ thuộc góc ma sát trong của đất;

Với $\phi = 6.2$, $N_\gamma = 0.67$; $N_q = 1.86$; $N_c = 7.85$.

- Áp lực phân bố tác dụng lên đầu cọc và nền đất xung quanh xác định theo công thức:

$$\sigma_{col} = \frac{p}{a + \frac{E_{soil}}{E_{col}}(1-a)} = 138.3 \text{ T/m}^2$$
$$\sigma_{soil} = \frac{\sigma_{col} * E_{soil}}{E_{col}} = 6.0 \text{ T/m}^2$$

Thay giá trị vào công thức trên được kết quả:

	Áp lực phân bố (T/m^2)	Cường độ (T/m^2)	Kiểm tra
Đất nền xung quanh	6.0	6.8	Đạt
Cọc đất xi măng	138.3	150.0	Đạt

2.2.2 Cường độ chịu tải của đất nền phía dưới khối xử lý

Chỉ tiêu cơ lý của nền đất phía dưới khối xử lý:

+ Dung trọng tự nhiên $\gamma_2 = 2.12 \text{ (T/m}^2\text{)}$

+ Lực dính kết $c_2 = 0.50 \text{ (T/m}^2\text{)}$

+ Góc ma sát trong: $\phi_2 = 30.0^\circ$

Cường độ chịu tải của đất nền phía dưới khối xử lý:

$$q_a = \frac{1}{FS} [0.5B\gamma_2 N_\gamma + cN_c + \gamma_1 D N_q] = 247.1 \text{ (T/m}^2\text{)}$$

Trong đó:

γ_1 : Dung trọng tự nhiên đất, $\gamma_1 = 1.67 \text{ (T/m}^2\text{)}$;

γ_2 : Dung trọng tự nhiên đất, $\gamma_2 = 2.12 \text{ (T/m}^2\text{)}$;

B : Chiều rộng móng tính toán $B=11.5\text{m}$;

D : Chiều sâu móng tính toán $D=10.0\text{m}$;

c : Lực dính kết, $c = 0.50 \text{ (T/m}^2\text{)}$;

FS : Hệ số an toàn, $FS = 2$.

N_γ, N_q, N_c : Hệ số phụ thuộc góc ma sát trong của đất;

Với $\phi = 30.0$, $N_\gamma = 19.70$; $N_q = 22.50$; $N_c = 37.20$

Áp lực phân bố < Cường độ chịu tải Đạt

2.3 Kiểm tra điều kiện biến dạng

Độ lún của nền đất (S) bao gồm độ lún của nền đã xử lý (S1) và độ lún của nền đất bên dưới khối xử lý (S2).

$$S = S_1 + S_2$$

2.3.1 Độ lún của nền xử lý cọc đất xi măng

- Độ lún của nền đất xử lý được tính theo công thức:

$$S_1 = \sum \frac{pH}{aE_{col} + (1-a)E_{soil}}$$

Trong đó: H- Chiều dày lớp xử lý

Thay số vào công thức trên được kết quả như dưới đây:

d (m)	s (m)	A_{col} (m^2)	a	C_{eq} (T/m^2)	E_{col} (T/m^2)	E_{soil} (T/m^2)	p (T/m^2)	H (m)	S_1 (mm)
1.0	2.0	0.785	0.196	15.8	7500	325.0	12.6	8	58.1

- Độ lún cố kết của nền đất xử lý:

Độ lún cố kết theo thời gian (St) của nền đất xử lý được tính theo công thức:

$$S_1(t) = S_1 \cdot U$$

$$U = 1 - \exp\left[\frac{-2Cht}{R^2 \cdot f(n)}\right]$$

$$f(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \left[\ln(n) - 0.75 + \frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{4n^2} \right) \right] + \left[\frac{n^2 - 1}{n^2} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{k_s}{k_c} \cdot L_D^2 \right]$$

Trong đó:

U : Độ cố kết theo thời gian;

C_h : Hệ số cố kết theo phương ngang của đất nền;

T : Thời gian lún cố kết;

R : Bán kính ảnh hưởng của cọc, $R=0.6s$;

s : Khoảng cách tâm các cọc đất xi măng;

$n = R/r$ (r là bán kính cọc đất xi măng);

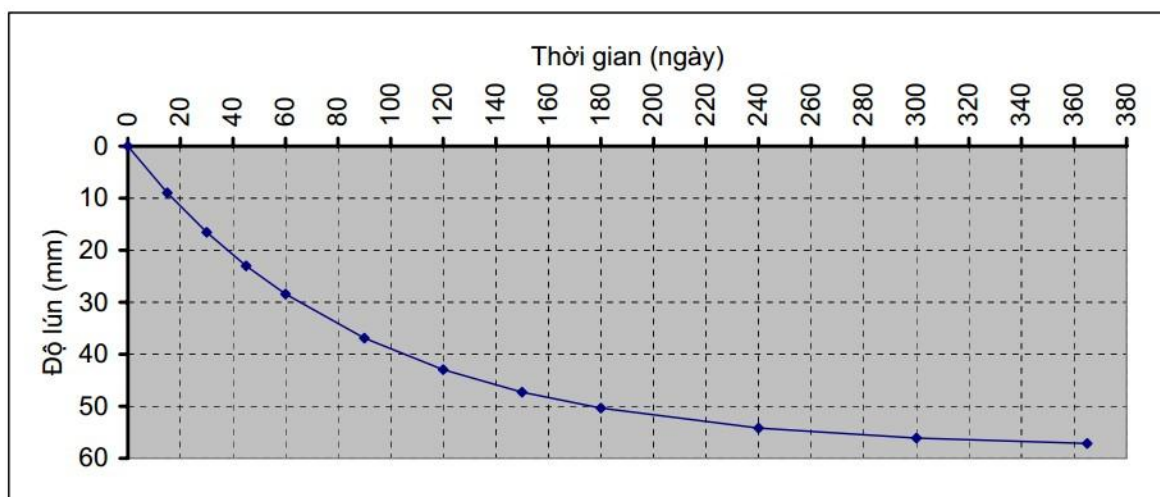
L_D : Chiều dài thoát nước bằng nửa chiều dày lớp xử lý nền nếu có lớp cát thoát nước phía dưới;

k_s : Hệ số thấm của đất nền;

k_c : Hệ số thấm của cọc đất xi măng, $k_c = 200 k_s$ đối với cọc đất xi măng thi công bằng phương pháp trộn ướt.

Kết quả tính toán độ lún theo thời gian của nền đất xử lý như sau:

STT	t (ngày)	L _D (m)	s (m)	R (m)	r (m)	n	k _s /k _c	f(n)	c _h (m ² /ngày)	U	S _i (mm)	S _{i(t)} (mm)
1	0	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.00	58.1	0.0
2	15	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.15	58.1	9.0
3	30	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.28	58.1	16.6
4	45	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.40	58.1	23.0
5	60	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.49	58.1	28.4
6	90	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.63	58.1	36.9
7	120	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.74	58.1	42.9
8	150	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.81	58.1	47.3
9	180	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.87	58.1	50.4
10	240	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.93	58.1	54.2
11	300	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.97	58.1	56.1
12	365	4	2	1.20	0.5	2.40	0.005	0.617	0.0050	0.98	58.1	57.2



2.3.1 Độ lún của nền xử lý cọc đất xi măng

Độ lún của nền đất dưới khối xử lý S_2 là tổng của độ lún S_1 , độ lún cố kết sơ cấp S_c và độ lún cố kết thứ cấp S_s .

- Độ lún tức thời

Độ lún tức thời được tính theo công thức sau: $S_i = (m - 1)S_c$

Trong đó: m - hệ số bằng 1.1–1.4 tùy thuộc điều kiện nền và phương án gia cố

- Độ lún cố kết sơ cấp

- Trường hợp cố kết trước nhẹ ($\sigma_{vz} < \sigma_{pz} < \sigma_{vz} + \sigma_z$):

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_r^i \log \frac{\sigma_{pz}^i}{\sigma_z^i} + C_c^i \log \frac{\sigma_z^i + \sigma_{vz}^i}{\sigma_{pz}^i} \right]$$

- Trường hợp cổ kết trước nặng ($\sigma_{pz} > \sigma_{vz} + \sigma_z$):

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_r^i \log \frac{\sigma_{vz}^i + \sigma_z^i}{\sigma_{vz}^i} \right]$$

- Trường hợp dưới cổ kết ($\sigma_{pz} < \sigma_{vz}$):

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_c^i \log \frac{\sigma_z^i + \sigma_{vz}^i}{\sigma_{pz}^i} \right]$$

Trong đó:

h_i : Chiều dày lớp đất tính lún thứ i ($h_i \leq 2m$);

e_0^i : Hệ số rỗng của lớp đất thứ i ở trạng thái tự nhiên ban đầu;

C_c^i : Chỉ số nén lún của lớp đất thứ i;

C_r^i : Chỉ số nén phục hồi của lớp đất thứ i;

σ_{pz}^i : Áp lực tiền cổ kết lớp đất thứ i;

σ_{vz}^i : Áp lực do trọng lượng bản thân của các lớp đất tự nhiên nằm trên tại giữa lớp đất i;

σ_z^i : Áp lực do tải trọng đắp gây nên tại giữa lớp đất i.

Biến dạng lún được coi là kết thúc tại độ sâu áp lực gây lún thỏa mãn điều kiện: $\sigma_z < 0.1\sigma_{vz}$

- Độ lún cổ kết thứ cấp

- Độ lún cổ kết thứ cấp được tính theo công thức sau:

$$S_s = \frac{1}{1 + e_p} C_\alpha . h . \log(t / t_p)$$

$$C_\alpha' = \frac{1}{1 + e_p} C_\alpha$$

Trong đó:

C_α : Hệ số cố kết thứ cấp;

e_p : Hệ số rỗng của đất khi kết thúc lún cố kết sơ cấp;

h : Chiều dày lớp đất tính lún;

t_p : Thời gian kết thúc lún cố kết sơ cấp;

t : Thời gian tính lún cố kết thứ cấp.

Do phần lớn độ lún cố kết thứ cấp sẽ xảy ra trong chu kỳ log thời gian đầu tiên, $(t/t_p) = 1$, nên có thể tính theo công thức rút gọn như sau:

$$S_s = C'_\alpha . h$$

- Độ lún cố kết theo thời gian

Độ lún cố kết theo thời gian S_t được tính toán dựa trên lý thuyết cố kết thấm của Terzaghi theo công thức sau:

$$S_t = S_c U$$

U là độ cố kết của đất nền theo thời gian, bao gồm độ cố kết đứng và độ cố kết ngang. Trong trường hợp không có các biện pháp thoát nước theo phương đứng như bắc thấm, cọc cát ..., độ cố kết U bằng độ cố kết đứng U_v

$$U_v = f(T_v)$$

T_v là nhân tố thời gian theo phương đứng được tính theo công thức

$$T_v = C_v^{ave} t / H_d^2$$

C_v^{ave} : Hệ số cố kết trung bình theo phương thẳng đứng của các lớp đất yếu trong phạm vi chiều sâu chịu nén cực hạn H_a ;

$$C_v^{ave} = \frac{H_a^2}{\left[\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}} \right]^2}$$

Trong đó:

C_{vi} : Hệ số cô kết theo phương thẳng đứng của lớp đất yếu thứ i ;

H : Chiều sâu thoát nước theo phương thẳng đứng (Khi địa tầng lớp dưới có lớp cát $H=H_a/2$);

h_i : Chiều dày lớp đất i trong phạm vi vùng chịu nén H_a .

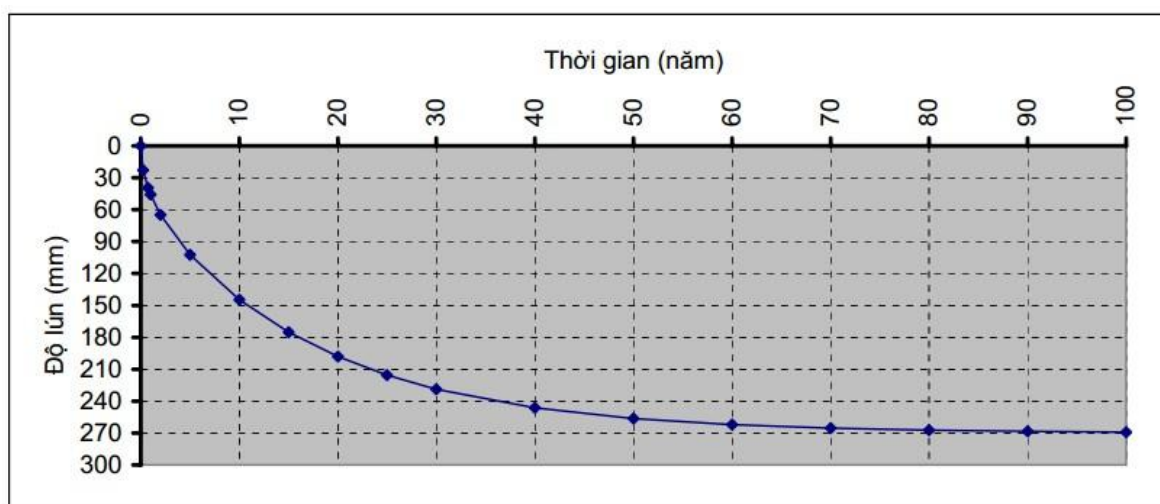
Kết quả tính toán độ lún của nền đất dưới khối xử lý cọc đất xi măng như sau:

Độ lún cô kết sơ cấp S_c :

Lớp đất	H[i] (m)	Phân tổ đất	$\gamma[i]$ (T/m ³)	h[i] (m)	Độ sâu z[i] (m)	$e_0[i]$	C_c	C_r	$\sigma_z[i]$ (T/m ²)	$\sigma_{vz}[i]$ (T/m ²)	$\sigma_{pz}[i]$ (T/m ²)	S_c^i (mm)
Lớp 3 Sét pha dẻo cứng	8.00	1	1.88	2.0	12.4	0.87	0.250	0.090	12.6	8.06	25.0	39.3
		2	1.88	2.0	14.4	0.87	0.250	0.090	12.6	9.86	25.0	34.4
		3	1.88	2.0	16.4	0.87	0.250	0.090	12.6	11.66	25.0	30.6
		4	1.88	2.0	18.4	0.87	0.250	0.090	12.6	13.46	25.0	30.7
Lớp 4 Sét pha dẻo cứng đến nửa cứng	19.60	5	1.75	2.0	20.4	1.21	0.180	0.075	12.6	15.13	68.8	17.9
		6	1.75	2.0	22.4	1.21	0.180	0.075	12.6	16.66	68.8	16.6
		7	1.75	2.0	24.4	1.21	0.180	0.075	12.6	18.20	68.8	15.5
		8	1.75	2.0	26.4	1.21	0.180	0.075	12.6	19.74	68.8	14.6
		9	1.75	2.0	28.4	1.21	0.180	0.075	12.6	21.28	68.8	13.7
		10	1.75	2.0	30.4	1.21	0.180	0.075	12.6	22.82	68.8	13.0
		11	1.75	2.0	32.4	1.21	0.180	0.075	12.6	24.35	68.8	12.3
		12	1.75	2.0	34.4	1.21	0.180	0.075	12.6	25.89	68.8	11.7
		13	1.75	2.0	36.4	1.21	0.180	0.075	12.6	27.43	68.8	11.1
		14	1.75	1.6	38.0	1.21	0.180	0.075	12.6	28.81	68.8	8.6
S _c =											269.9	

Độ lún theo thời gian:

STT	Năm	H _d (m)	C _v ^{ave}	T _v	U _v	U	S _c (mm)	S _t (mm)
1	0.00	13.80	4.302	0.000	0.00	0.00	269.9	0.0
2	0.25	13.80	4.302	0.006	0.08	0.08	269.9	22.9
3	0.75	13.80	4.302	0.017	0.15	0.15	269.9	39.6
4	1.00	13.80	4.302	0.023	0.17	0.17	269.9	45.8
5	2.00	13.80	4.302	0.045	0.24	0.24	269.9	64.7
6	5.00	13.80	4.302	0.113	0.38	0.38	269.9	102.4
7	10.0	13.80	4.302	0.226	0.54	0.54	269.9	144.8
8	15.0	13.80	4.302	0.339	0.65	0.65	269.9	175.1
9	20.0	13.80	4.302	0.452	0.73	0.73	269.9	198.2
10	25.0	13.80	4.302	0.565	0.80	0.80	269.9	215.6
11	30.0	13.80	4.302	0.678	0.85	0.85	269.9	228.8
12	40.0	13.80	4.302	0.904	0.91	0.91	269.9	246.4
13	50.0	13.80	4.302	1.129	0.95	0.95	269.9	256.5
14	60.0	13.80	4.302	1.355	0.97	0.97	269.9	262.2
15	70.0	13.80	4.302	1.581	0.98	0.98	269.9	265.5
16	80.0	13.80	4.302	1.807	0.99	0.99	269.9	267.4
17	90.0	13.80	4.302	2.033	0.99	0.99	269.9	268.5
18	100.0	13.80	4.302	2.259	1.00	1.00	269.9	269.1
								S _t ³⁰ = 228.8



- Độ lún tức thời:

$$S_i = (m-)S_c = 27.0\text{mm}$$

Độ lún tức thời đã xảy ra trong phần lớn quá trình thi công san nền

- Độ lún cố kết thứ cấp:

Độ lún cố kết thứ cấp được thừa nhận chỉ bắt đầu sau khi kết thúc lún cố kết sơ cấp và độ lún cố kết đạt giá trị $U=100\%$

Như vậy, lún cố kết thứ cấp sẽ không xảy ra trong thời gian khai thác dự án

2.4 KẾT LUẬN

- Về ổn định:

Nền đất yếu sau khi xử lý bằng cọc đất xi măng thỏa mãn yêu cầu về ổn định

- Về biến dạng lún:

- Độ lún S_1 của khối xử lý nền là 58.1 mm

Độ lún S_1 của nền đất xử lý cọc đất xi măng kéo dài theo thời gian và đạt 100% sau 1 năm.

- Độ lún S_2 của nền đất phía dưới là 269.9 mm

Độ lún S_t^{30} của nền đất phía dưới trong thời gian khai thác dự án (30 năm) là 228.8mm

**PHỤ LỤC II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM NÉN NỖ HÔNG MỘT SỐ DỰ ÁN
SỬ DỤNG CỌC XI MĂNG ĐẤT GIA CỐ NỀN ĐẤT YẾU**

1. KẾT QUẢ THI CÔNG THỬ NGHIỆM SÂN BAY CẦN THƠ

ST T	Nguy khoan lấy mẫu	Tên cọc	Lý trình	Hàm lượng xi măng (Kg/ m ³)	Ngày thi công	Số sơ mẫu (m)	Ngày thử nghiệm	Kết quả thí nghiệm	
								Qu (kG / cm ²)	E50 (kG/cm ²)
1	30/ 7/ 09	1-A- 2	H- 4+35.0; T0-77.0	220	16/ 7/ 09	2.4 -:- 3.4	13/ 8/ 09	8.70	536.87
						3.4 -:- 4.4		9.08	436.73
						6.4 -:- 7.4		3.88	228.47
						9.4 -:- 10.5		14.4 4	740.72
						8.4 -:- 9.4		14.0 8	858.31
						11.5 -:- 12.0		13.6 6	784.97
2	31/ 7/ 09	1-A- 6	H- 4+36.2; T0-78.2	240	17/ 7/ 09	3.8 -:- 4.8	14/ 8/ 09	4.84	756.34
						2.8 -:- 3.8		7.10	466.93
						5.8 -:- 6.8		4.16	284.65
						8.8 -:- 9.8		8.32	466.93
						9.8 -:- 10.9		5.64	402.50
						10.9 -:- 12.0		6.04	487.24
3	1/ 8/ 09	1-B- 2	H- 4+40.0; T0-77.0	220	18/ 7/ 09	0.8-:-1.8	15/ 8/ 09	2.69	280.12
						2.8-:-3.8		2.56	213.00
						3.8-:-4.8		2.03	533.31
						8.8-:-9.8		6.18	447.75
						9.8-:-10.9		6.60	549.70
						10.9-:-12		11.7 2	824.27
4	1/ 8/ 09	1-B- 4	H- 4+38.8; T0-78.2	200	18/ 7/ 09	1.8-:-2.8	15/ 8/ 09	2.27	1134.73
						2.8-:-3.8		5.24	436.74
						3.8-:-4.8		7.66	648.96

- PL13 -

						6.8-:-7.8		6.45	472.77
						7.8-:-8.8		10.5 9	732.21
						8.8-:-9.8		9.22	479.25
5	2/ 8/ 09	1-B- 6	H- 4+41.2; T0-78.2	240	18/ 7/ 09	1.8-:-2.8	15/ 8/ 09	9.81	891.42
						2.8-:-3.8		12.0 6	964.71
						3.8-:-4.8		10.4 7	793.36
						6.8-:-7.8		10.7 5	1155.66
						8.8-:-9.8		7.12	868.75
						9.8-:-10.9		11.2 3	799.97
6	4/ 8/ 09	1-C- 2	H- 4+45.0; T0-77.0	220	18/ 7/ 09	1.8-:-2.8	16/ 8/ 09	4.04	721.23
						3.8-:-4.8		4.72	814.41
						4.8-:-5.8		5.12	455.04
						7.8-:-8.8		4.37	460.28
						8.8-:-9.8		7.80	1026.40
						10.9-:-12		9.14	1100.65
7	4/ 8/ 09	1-C- 4	H- 4+43.8; T0-78.2	200	19/ 7/ 09	0.8-:-1.8	16/ 8/ 09	16.3 7	1690.62
						1.8-:-2.8		6.20	885.96
						3.8-:-4.8		10.3 6	1079.01
						6.8-:-7.8		3.92	356.46
						7.8-:-8.8		5.26	733.22
						8.8-:-9.8		6.20	1281.50
8	5/ 8/ 09	1-C- 6	H- 4+46.2; T0-78.2	240	19/ 7/ 09	1.8-:-2.8	16/ 8/ 09	9.79	822.41
						2.8-:-3.8		9.65	928.02
						4.8-:-5.8		8.41	467.38
						6.8-:-7.8		7.14	1020.38
						8.8-:-9.8		13.4 3	1316.86
						9.8-:-10.9		9.03	1290.46
9	6/ 8/ 09	2-C- 6	H- 4+81.2; T0-78.2	240	19/ 7/ 09	2.8-:-3.8	17/ 8/ 09	6.47	980.30
						3.8-:-4.8		7.18	1040.05
						5.8-:-6.8		9.02	1002.19
						7.8-:-8.8		8.45	431.08
						8.8-:-9.8		8.74	1900.56
						9.8-:-10.9		11.4 0	678.41
10	7/ 8/ 09	2-C- 4	H- 4+78.8; T0-78.2	200	19/ 7/ 09	2.8-:-3.8	17/ 8/ 09	4.45	570.93
						3.8-:-4.8		8.32	705.01
						4.8-:-5.8		5.25	795.88

- PL14 -

						6.8-:-7.8		11.1 4	943.72
						8.8-:-9.8		5.25	700.57
						9.8-:-10.9		8.46	845.85

11	6/ 8/ 09	2-C- 2	H- 4+80.0; T0-77.0	220	19/ 7/ 09	2.8-:-3.8	17/ 8/ 09	3.89	313.39
						4.8-:-5.8		10.4 0	658.30
						5.8-:-6.8		5.72	595.60
						7.8-:-8.8		5.30	509.65
						9.8-:-10.9		8.97	533.80
						10.9-:-12		8.28	781.00
12	08/ 8/ 09	2-B- 4	H- 4+73.8; T0-78.2	200	20/ 7/ 09	1.8-:-2.8	18/ 8/ 09	4.45	601.35
						2.8-:-3.8		5.12	482.67
						4.8-:-5.8		6.59	701.30
						7.8-:-8.8		5.39	929.89
						8.8-:-9.8		4.05	697.53
						10.9-:-12		3.91	543.17
13	7/ 8/ 09	2-B- 2	H- 4+75.0; T0-77.0	220	20/ 7/ 09	1.8-:-2.8	18/ 8/ 09	7.37	670.11
						3.8-:-4.8		7.76	718.59
						5.8-:-6.8		6.48	1079.36
						7.8-:-8.8		4.84	465.76
						8.8-:-9.8		4.31	489.91
						9.8-:-10.9		8.45	754.30
14	18/ 8/ 09	2-B- 6	H- 4+76.2; T0-78.2	240	20/ 7/ 09	1.8-:-2.8	01/ 9/ 09	8.74	780.06
						2.8-:-3.8		6.32	702.28
						3.8-:-4.8		6.26	539.97
						7.8-:-8.8		4.56	496.10
						8.8-:-9.8		6.97	968.14
						9.8-:-10.9		6.31	573.93
15	10/ 8/ 09	2-A- 6	H- 4+71.2; T0-78.2	240	24/ 7/ 09	2.8-:-3.8	01/ 9/ 09	4.63	643.67
						3.8-:-4.8		6.97	757.66
						4.8-:-5.8		7.90	464.46
						6.8-:-7.8		5.11	543.86
						7.8-:-8.8		9.65	709.48
						9.8-:-10.9		8.58	643.67
16	9/ 8/ 09	2-A- 2	H- 4+70.0; T0-77.0	220	21/ 7/ 09	2.8-:-3.8	01/ 9/ 09	3.10	364.59
						3.8-:-4.8		2.36	264.61

						4.8-:-5.8		6.05	530.31
						7.8-:-8.8		9.27	827.64
						9.8-:-10.9		4.30	429.56
						10.9-:-12		4.57	507.85

17	10/ 8/ 09	2-A-4	H- 4+68.8; T0-78.2	200	24/ 7/ 09	2.8-:-3.8	02/ 9/ 09	3.77	483.19
						3.8-:-4.8		4.43	443.06
						4.8-:-5.8		5.78	825.13
						7.8-:-8.8		5.78	760.48
						8.8-:-9.8		4.43	527.79
						10.9-:-12		6.32	687.01
18	12/ 8/ 09	2-C-1TN-8	H- 4+80.0; T0-79.4	200	28/ 7/ 09	0.8-:-1.8	02/ 9/ 09	3.46	368.56
						2.8-:-3.8		4.71	663.63
						3.8-:-4.8		8.34	786.35
						7.8-:-8.8		5.69	677.10
						8.8-:-9.8		5.25	750.13
						9.8-:-10.9		4.23	340.94

2. KẾT QUẢ THI CÔNG THỬ NGHIỆM SÂN BAY CÁT BI – HẢI PHÒNG

STT	Số hiệu cọc	Ngày thi công	Ngày thí nghiệm	Hàm lượng XM (kg/m ³)	Mẫu thí nghiệm	Chiều sâu mẫu (m)	qu (kG/cm ²)	E50 (kG/cm ²)
1	4-A-4	24/01/2014	21/02/2014	200	U1	0-1	4.14	431.79
					U2	1-2	4.26	641.3
					U3	2-3	4.89	925.64
					U4	3-4	4.95	368.96
					U5	4-5	4.54	451.69
					U6	5-6	4.4	409.34
					U7	6-7	4.13	433.81
					U8	7-8	4.17	1054.9
					U9	8-9	5.72	425.84
					U10	9-10	2.92	854.27
					U11	10-11	3.3	255.37
					U12	11-12	2.04	201.81
2	4-B-4	24/01/2014	21/02/2014	200	U1	0-1	4.28	501.31
					U2	1-2	4.9	789.67

					U3	2-3	4.96	818.15
					U4	3-4	3.7	356.5
					U5	4-5	3.89	608.47
					U6	5-6	3.08	437.93
					U7	6-7	2.58	467.78
					U8	7-8	3.3	390.82
					U9	8-9	4.68	558.2
					U10	9-10	4.95	230.94
					U11	10-11	2.2	223.17
					U12	11-12	4.65	317.38
3	4-C-4	23/01/2014	20/02/2014	200	U1	0-1	4.89	696.7
					U2	1-2	4.02	598.58
					U3	2-3	3.24	444.62
					U4	3-4	2.84	607.54
					U5	4-5	4.42	498.26
					U6	5-6	2.74	286.98
					U7	6-7	4.36	401.62
					U8	7-8	4.57	307.32
					U9	8-9	5.23	528.8
					U10	9-10	4.69	414
					U11	10-11	4.22	463.02
					U12	11-12	3.49	228
4	4-A-2	24/01/2014	21/02/2014	220	U1	0-1	5.48	466.23
					U2	1-2	5.71	488.32
					U3	2-3	5.98	734.22
					U4	3-4	5.53	662.23
					U5	4-5	4.73	470.61
					U6	5-6	5.87	652.14
					U7	6-7	6.11	644.33
					U8	7-8	5.44	361.22
					U9	8-9	4.97	419.85
					U10	9-10	4.07	443.88
					U11	10-11	3.55	721.87
					U12	11-12	4.08	721.93
5	4-B-2	24/01/2014	21/02/2014	220	U1	0-1	5.21	577.24
					U2	1-2	5.53	413.79
					U3	2-3	6.62	974.32
					U4	3-4	4.88	540.56
					U5	4-5	5.54	664.41
					U6	5-6	5.09	437.95

					U7	6-7	4.91	691.27
					U8	7-8	4.62	362.22
					U9	8-9	4.92	415.81
					U10	9-10	3.39	514.28
					U11	10-11	4.06	340.73
					U12	11-12	5.3	618.64
6	4-C-2	23/01/2014	20/02/2014	220	U1	0-1	5.03	930.93
					U2	1-2	4.73	534.68
					U3	2-3	4.27	350.73
					U4	3-4	5.28	466.57
					U5	4-5	5.1	558.76
					U6	5-6	5	508.73
					U7	6-7	4.61	729.57
					U8	7-8	4.47	860.38
					U9	8-9	3.54	378.7
					U10	9-10	4.04	350.38
					U11	10-11	3.12	341.8
					U12	11-12	4.17	504.54
7	4-A-6	24/01/2014	21/02/2014	240	U1	0-1	5.74	923.22
					U2	1-2	5.47	572.57
					U3	2-3	5.91	688.9
					U4	3-4	7.96	782.14
					U5	4-5	5.35	550.5
					U6	5-6	7.66	1039.3
					U7	6-7	8.36	1472.5
					U8	7-8	8.76	988.61
					U9	8-9	6.86	816.07
					U10	9-10	7.5	699.97
					U11	10-11	6.59	873.39
					U12	11-12	6.35	1062.6
8	4-B-6	24/01/2014	21/02/2014	240	U1	0-1	5.69	623.58
					U2	1-2	5.39	584.91
					U3	2-3	4.65	608.55
					U4	3-4	6.67	810.66
					U5	4-5	7.62	1176
					U6	5-6	7.64	722.83
					U7	6-7	6.35	1027.1
					U8	7-8	6.14	670.83
					U9	8-9	6.49	947.87

					U10	9-10	7.56	663.48
					U11	10-11	7.01	722.51
					U12	11-12	6.64	937.62

9	4-C-6	23/01/2014	20/02/2014	240	U1	0-1	6.96	1489.1
					U2	1-2	7.56	1005.4
					U3	2-3	6.98	1067
					U4	3-4	6.23	932.74
					U5	4-5	6.27	1212.1
					U6	5-6	6.82	742.63
					U7	6-7	6.61	669.56
					U8	7-8	6.7	1010.1
					U9	8-9	5.57	451.34
					U10	9-10	6.27	889.08
					U11	10-11	6.23	628.25
					U12	11-12	7.56	530.63

3. KẾT QUẢ THI CÔNG THỬ NGHIỆM CẢNG SAO MAI BẾN ĐÌNH – THÀNH PHỐ VŨNG TÀU

STT	Ngày tạo cọc	Ngày thí nghiệm	Ký hiệu cọc	Ký hiệu mẫu	Loại xi măng	Hàm lượng (kg/m ³)	Chiều sâu TN (m)	Kết quả TN	
								Qu (kg/cm ²)	E ₅₀ (kg/cm ²)
1	14/05/11	11/06/11	No6	U109	Holcim Stable Soil	300	4.5	30.23	2562.11
2	14/05/11	11/06/11	No6	U110	Holcim Stable Soil	300	4.5	30.85	2337.14
3	14/05/11	11/06/11	No6	U111	Holcim Stable Soil	300	4.5	33.80	2990.77
4	14/05/11	11/06/11	No6	U112	Holcim Stable Soil	300	7.5	36.26	2369.62
5	14/05/11	11/06/11	No6	U113	Holcim Stable Soil	300	7.5	35.37	2238.36
6	14/05/11	11/06/11	No6	U114	Holcim Stable Soil	300	7.5	30.60	2250.25
7	14/05/11	11/06/11	No6	U115	Holcim Stable Soil	300	10.5	34.28	2448.72
8	14/05/11	11/06/11	No6	U116	Holcim Stable Soil	300	10.5	27.25	2128.56
9	14/05/11	11/06/11	No6	U117	Holcim Stable Soil	300	10.5	32.81	2983.08
10	14/05/11	11/06/11	No5	U118	Holcim Stable Soil	280	4.5	34.25	3171.28
11	14/05/11	11/06/11	No5	U119	Holcim Stable Soil	280	4.5	34.25	3113.69
12	14/05/11	11/06/11	No5	U120	Holcim Stable Soil	280	4.5	33.80	2770.72

- PL19 -

13	14/05/11	11/06/11	No5	U121	Holcim Stable Soil	280	7.5	34.70	2710.62
14	14/05/11	11/06/11	No5	U122	Holcim Stable Soil	280	7.5	33.48	2498.14
15	14/05/11	11/06/11	No5	U123	Holcim Stable Soil	280	7.5	34.64	2664.92
16	14/05/11	11/06/11	No5	U124	Holcim Stable Soil	280	10.5	31.88	3320.99
17	14/05/11	11/06/11	No5	U125	Holcim Stable Soil	280	10.5	32.64	3079.54
18	14/05/11	11/06/11	No5	U126	Holcim Stable Soil	280	10.5	32.69	3026.82
19	14/05/11	11/06/11	No4	U127	Holcim Stable Soil	260	4.5	31.61	2395.06
20	14/05/11	11/06/11	No4	U128	Holcim Stable Soil	260	4.5	31.11	2254.40
21	14/05/11	11/06/11	No4	U129	Holcim Stable Soil	260	4.5	31.65	1953.75
22	14/05/11	11/06/11	No4	U130	Holcim Stable Soil	260	7.5	31.21	2400.60
23	14/05/11	11/06/11	No4	U131	Holcim Stable Soil	260	7.5	29.41	2071.31
24	14/05/11	11/06/11	No4	U132	Holcim Stable Soil	260	7.5	30.88	2339.39
25	14/05/11	11/06/11	No4	U133	Holcim Stable Soil	260	10.5	31.61	2508.45
26	14/05/11	11/06/11	No4	U134	Holcim Stable Soil	260	10.5	34.01	2616.03
27	14/05/11	11/06/11	No4	U135	Holcim Stable Soil	260	10.5	33.53	2619.65
28	14/05/11	11/06/11	No7	U136	Lafarge Soilcrete	260	4.5	29.74	2520.69
29	14/05/11	11/06/11	No7	U137	Lafarge Soilcrete	260	4.5	36.11	2865.72
30	14/05/11	11/06/11	No7	U138	Lafarge Soilcrete	260	4.5	29.77	2756.28
31	14/05/11	11/06/11	No7	U139	Lafarge Soilcrete	260	7.5	24.31	1929.44
32	14/05/11	11/06/11	No7	U140	Lafarge Soilcrete	260	7.5	31.87	3706.14
33	14/05/11	11/06/11	No7	U141	Lafarge Soilcrete	260	7.5	26.92	2243.46
34	14/05/11	11/06/11	No7	U142	Lafarge Soilcrete	260	10.5	2.92	487.39
35	14/05/11	11/06/11	No7	U143	Lafarge Soilcrete	260	10.5	19.11	1802.97
36	14/05/11	11/06/11	No7	U144	Lafarge Soilcrete	260	10.5	17.12	2087.38
37	14/05/11	11/06/11	No8	U145	Lafarge Soilcrete	300	4.5	29.69	2433.36
38	14/05/11	11/06/11	No8	U146	Lafarge Soilcrete	300	4.5	30.07	2031.97
39	14/05/11	11/06/11	No8	U147	Lafarge Soilcrete	300	4.5	26.50	1814.98
40	14/05/11	11/06/11	No8	U148	Lafarge Soilcrete	300	7.5	27.04	1891.11
41	14/05/11	11/06/11	No8	U149	Lafarge Soilcrete	300	7.5	29.87	2133.88
42	14/05/11	11/06/11	No8	U150	Lafarge Soilcrete	300	7.5	29.42	1671.59
43	14/05/11	11/06/11	No8	U151	Lafarge Soilcrete	300	10.5	28.36	2148.25
44	14/05/11	11/06/11	No8	U152	Lafarge Soilcrete	300	10.5	26.47	1975.07
45	14/05/11	11/06/11	No8	U153	Lafarge Soilcrete	300	10.5	24.32	1862.80
46	14/05/11	11/06/11	No9	U154	Lafarge Soilcrete	280	4.5	25.82	1304.15
47	14/05/11	11/06/11	No9	U155	Lafarge Soilcrete	280	4.5	29.52	2170.83

- PL20 -

48	14/05/11	11/06/11	No9	U156	Lafarge Soilcrete	280	4.5	31.10	2635.32
49	14/05/11	11/06/11	No9	U157	Lafarge Soilcrete	280	7.5	33.52	2840.83
50	14/05/11	11/06/11	No9	U158	Lafarge Soilcrete	280	7.5	28.15	1804.49
51	14/05/11	11/06/11	No9	U159	Lafarge Soilcrete	280	7.5	32.03	2390.67
52	14/05/11	11/06/11	No9	U160	Lafarge Soilcrete	280	10.5	21.23	1985.56
53	14/05/11	11/06/11	No9	U161	Lafarge Soilcrete	280	10.5	18.15	2082.12
54	14/05/11	11/06/11	No9	U162	Lafarge Soilcrete	280	10.5	19.17	1828.53