

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

VŨ NGỌC BÌNH

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG ĐẶC TÍNH XÂY DỰNG
CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG
CỬU LONG ĐẾN CHẤT LƯỢNG GIA CỐ NỀN BẰNG XI
MĂNG KẾT HỢP VỚI PHỤ GIA TRONG XÂY DỰNG
CÔNG TRÌNH**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

Hà Nội, 2018

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

VŨ NGỌC BÌNH

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG ĐẶC TÍNH XÂY DỰNG
CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG
CỬU LONG ĐẾN CHẤT LƯỢNG GIA CỐ NỀN BẰNG XI
MĂNG KẾT HỢP VỚI PHỤ GIA TRONG XÂY DỰNG
CÔNG TRÌNH**

CHUYÊN NGÀNH: ĐỊA KỸ THUẬT XÂY DỰNG

MÃ SỐ: 62 58 02 11

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

- 1. PGS. TS. Đỗ Minh Toàn**
- 2. GS.TS. Nguyễn Quốc Dũng**

Hà Nội, 2018

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN

LỜI CẢM ƠN

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ CÁI VIẾT TẮT i

DANH MỤC CÁC BẢNG..... vi

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, BIỂU ĐỒ x

MỞ ĐẦU 1

1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu 1

2. Mục đích của luận án 2

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu..... 2

4. Nhiệm vụ của luận án..... 2

5. Nội dung nghiên cứu 2

6. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu 3

7. Luận điểm bảo vệ..... 3

8. Những điểm mới của luận án 4

9. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn..... 4

10. Cơ sở tài liệu của luận án 4

11. Cấu trúc của luận án 5

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ CẢI TẠO ĐẤT YẾU
BẰNG XI MĂNG, ẢNH HƯỞNG ĐẶC TÍNH XÂY DỰNG ĐẾN
CHẤT LƯỢNG GIA CỐ 6

1.1. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ CẢI TẠO ĐẤT YẾU BẰNG XI
MĂNG 6

1.1.1. Đất yếu 6

1.1.2. Nền đất yếu 8

1.1.3. Chất kết dính vô cơ và vai trò của chúng trong cải tạo đất.....	8
1.1.4. Các nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng và xi măng vôi phụ gia	9
1.1.4.1. Sơ lược tình hình nghiên cứu và ứng dụng trên thế giới	9
1.1.4.2. Tình hình nghiên cứu và áp dụng ở Việt Nam	13
1.1.4.3. Các nghiên cứu sử dụng chất kết dính vô cơ kết hợp với phụ gia.....	15
1.1.4.3.1. Khái niệm về phụ gia trong xây dựng.....	15
1.1.4.3.2. Các nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng với phụ gia ở nước ngoài...	16
1.1.4.3.3. Các nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng với phụ gia ở trong nước ...	19
1.2. CÁC NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG ĐẶC TÍNH XÂY DỰNG CỦA ĐẤT ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỐ	20
1.2.1. Các nghiên cứu về ảnh hưởng của đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố trên thế giới.....	20
1.2.2. Các nghiên cứu ảnh hưởng đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố ở Việt Nam	25
1.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1	26
CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG	28
2.1. QUÁ TRÌNH THÀNH TẠO TRẦM TÍCH ĐẤT LOẠI SÉT VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG	28
2.1.1. Sơ lược lịch sử phát triển địa chất Đệ Tứ tại khu vực ĐBSCL.....	28
2.1.2. Địa tầng trầm tích Đệ Tứ khu vực ĐBSCL.....	31
2.2. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG.....	33
2.2.1. Vị trí địa lý	33
2.2.2. Đặc điểm địa hình địa mạo.....	34
2.2.3. Đặc điểm địa tầng khu vực phân bố đất loại sét yếu vùng ĐBSCL.....	35
2.3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT	42

2.3.1. Vị trí lấy mẫu nghiên cứu.....	42
2.3.2. Kết quả nghiên cứu các đặc điểm thành phần và đặc tính xây dựng của đất	44
2.3.2.1. <i>Kết quả nghiên cứu thành phần hạt</i>	44
2.3.2.2. <i>Kết quả nghiên cứu phần khoáng vật của đất</i>	45
2.3.2.3. <i>Kết quả nghiên cứu thành phần hóa học của đất</i>	47
2.3.2.4. <i>Kết quả thí nghiệm khả năng trao đổi cation của đất</i>	49
2.3.2.5. <i>Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý</i>	52
2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.....	54
CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỔ.....	
3.1. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN	56
3.2. CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA PHƯƠNG PHÁP CẢI TẠO ĐẤT BẰNG XI MĂNG	57
3.3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CẢI TẠO ĐẤT LOẠI SÉT YẾU BẰNG XI MĂNG VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG	60
3.3.1. Quy trình thí nghiệm mẫu đất gia cố.....	60
3.3.2. Thành phần hóa học của các loại xi măng nghiên cứu	64
3.3.3. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng	65
3.3.4. Quan hệ của cường độ kháng nén ở các ngày tuổi bảo dưỡng.....	81
3.3.5. Quan hệ giữa cường độ kháng nén và mô đun biến dạng	84
3.4. PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐBSCL ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỔ	86
3.4.1. Ảnh hưởng của thành phần hạt và loại đất.....	86
3.4.2. Ảnh hưởng của hàm lượng hữu cơ.....	90
3.4.3. Ảnh hưởng của hàm lượng muối.....	95
3.4.4. Ảnh hưởng của thành phần hóa học của đất	96

3.4.5. Ảnh hưởng của thành phần khoáng vật.....	97
3.4.6. Kết quả phân tích ảnh hưởng của đặc điểm thành phần theo phương pháp trọng số, đa biến	99
3.4.6.1. <i>Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất sét pha dẻo chảy (aQ_2^3) tại An Giang</i>	100
3.4.6.2. <i>Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất sét (aQ_2^3) tại An Giang ..</i>	101
3.4.6.3. <i>Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) tại Tiền Giang</i>	101
3.4.6.4. <i>Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) tại Hậu Giang</i>	102
3.4.6.5. <i>Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất bùn sét (mbQ_2^3) tại Bạc Liêu.....</i>	102
3.4.6.6. <i>Kết quả phân tích trọng số, đa biến đất bùn sét (mbQ_2^3) tại Cà Mau</i>	103
3.4.6.7. <i>Kết quả phân tích trọng số, đa biến đất TBH (abQ_2^3) tại Kiên Giang</i>	103
3.4.6.8. <i>Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần hóa học bằng phương pháp trọng số, đa biến.....</i>	104
3.4.6.9. <i>Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần khoáng vật bằng phương pháp trọng số, đa biến.....</i>	104
3.4.6.10. <i>Kết quả phân tích ảnh hưởng của muối và khả năng trao đổi cation bằng phương pháp trọng số, đa biến</i>	105
3.4.6.11. <i>Nhận xét</i>	106
3.5. MỘT SỐ YẾU TỐ KHÁC ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỐ BẰNG XI MĂNG VÙNG ĐBSCL.....	108
3.5.1. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng.....	108
3.5.2. Ảnh hưởng của loại xi măng	108
3.5.3. Ảnh hưởng của điều kiện trộn (tỷ lệ N/X)	110
3.5.4. Quan hệ về cường độ giữa mẫu trong phòng- hiện trường	112
3.6. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3	116

CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU BIỆN PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ PHƯƠNG PHÁP GIA CỐ ĐẤT BẰNG XI MĂNG KẾT HỢP VỚI PHỤ GIA	118
4.1. ĐẶT VẤN ĐỀ	118
4.1.1. Cơ sở khoa học của phương pháp cải tạo đất bằng xi măng với phụ gia Rovo	119
4.1.2. Cơ sở khoa học cải tạo đất bằng vôi	121
4.1.3. Cơ sở cải tạo đất bằng xi măng với thủy tinh lỏng	123
4.2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CẢI TẠO ĐẤT SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG BẰNG XI MĂNG KẾT HỢP VỚI PHỤ GIA	124
4.2.1. Nghiên cứu cải tạo đất Phụ nhóm 2b (bùn sét, Cà Mau) bằng xi măng với các phụ gia.....	125
4.2.2. Nghiên cứu cải tạo đất nhóm 3 (than bùn hóa, $abQ_2^3_1$) ở Kiên Giang bằng xi măng với phụ gia.....	130
4.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 4.....	134
4.3.1. Với đất Phụ nhóm 2b.....	134
4.3.2. Với đất Nhóm 3	135
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	136
1. Kết luận	136
2. Hạn chế của luận án	138
3. Kiến nghị	138
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ	139
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	141

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ CÁI VIẾT TẮT

Ký hiệu	Đơn vị	Diễn giải
ASTM		Tiêu chuẩn quốc tế
AG		An Giang
a_{1-2}	kPa^{-1}	Hệ số nén lún
a, am, mQ_1		Trầm tích thống Pleistocen; nguồn gốc sông, sông – biển, biển
a, am, mQ_1^1		Trầm tích thống Pleistocen, phụ thống hạ; nguồn gốc sông, sông – biển, biển
a, am, mQ_1^2		Trầm tích thống Pleistocen, phụ thống trung; nguồn gốc sông, sông – biển, biển
a, am, mb, mQ_2^{1-2}		Trầm tích thống Holocen, phụ thống hạ - trung; nguồn gốc sông, sông- biển, biển-đầm lầy, biển
$a, am, amb, mb, ab, mv, mQ_2^{2-3}$		Trầm tích thống Holocen, phụ thống trung –thượng; nguồn gốc sông, sông- biển-đầm lầy, biển-đầm lầy, sông – đầm lầy, biển – gió và biển
ab, mb, bQ_2^3		Trầm tích thống Holocen, phụ thống thượng, phần trên; nguồn gốc, sông – đầm lầy, biển – đầm lầy, đầm lầy
$a, ab, b, mb, mQ_2^3_2$		Trầm tích thống Holocen, phụ thống thượng, phần trên; nguồn gốc sông, sông - đầm lầy, đầm lầy, biển - đầm lầy, biển
$ab, am, mQ_2^3_1$		Trầm tích thống Holocen, phụ thống thượng, phần dưới; nguồn gốc sông - đầm lầy, sông - biển, biển

ab, am, m		Trầm tích thống Holocen, phụ thống trung-thượng, phần trên; nguồn gốc sông – đầm lầy, sông -biển, biển
Q_2^{2-3}		
$am,$		Trầm tích thống Holocen, phụ thống trung-thượng, phần dưới; nguồn gốc sông -biển, biển
$m Q_2^{2-3}$		
amQ_1^3mh		Trầm tích thống Pleistocen, Phụ thống thượng; nguồn gốc sông – biển, hệ tầng Mộc Hóa
B	-	Độ sệt
BS		Bùn sét
BL		Bạc Liêu
C		Cát
c	kPa	Lực dính đơn vị
CDM		Công nghệ trộn sâu
CĐKN		Cường độ kháng nén
CĐKK		Cường độ kháng kéo
CS		CaSO ₄
CEC		Dung lượng trao đổi
CM		Cà Mau
DJM		Công nghệ phun trộn khô
DM		Trộn sâu
DLM		Công nghệ trộn vôi
dc		Đẻo chảy
ĐBSCL		Đồng bằng Sông Cửu Long
Đ-XM		Đất – Xi măng

Đ		Đất
E_{50}	kPa	Mô đun biến dạng của đất gia cố
E_{1-2}	kPa	Mô đun tổng biến dạng
G	%	Độ bão hòa
HLHC		Hàm lượng hữu cơ
HLXM		Hàm lượng xi măng
HT40		Xi măng Hà Tiên PCB40
HG		Hậu Giang
I_p	%	Chỉ số dẻo
k	cm/s	Hệ số thấm
K40		Xi măng Kiên Lương PCB40
KG		Kiên Giang
MKN		Mất khi nung
MĐBD		Mô đun biến dạng
$mQ_2^{2-3} hg$		Trầm tích thống Holocen, phụ thống trung – thượng; nguồn gốc biển, hệ tầng Hậu Giang
mQ_1^{3lm}		Trầm tích thống Pleistocen, phụ thống thượng; nguồn gốc biển, hệ tầng Long Mỹ
mQ_1^{3lt}		Trầm tích thống Pleistocen, Phụ thống thượng; nguồn gốc biển, hệ tầng Long Toàn
n	%	Độ rỗng
nnk		Nhiều người khác
NCS		Nghiên cứu sinh
N40		Xi măng Nghi Sơn PCP40

NS		Na_2SiO_3
N		Nước
PCB		Xi măng Portland hỗn hợp
Q_1		Trầm tích thống Pleistocen
Q_1^{1-2}		Trầm tích thống Pleistocen, phụ thống hạ - trung
Q_1^2		Trầm tích thống Pleistocen, phụ thống trung
Q_2^{1-2}		Thống Holocen, phụ thống hạ - trung
Q_2^{2-3}		Thống Holocen, phụ thống trung – thượng
QCVN		Quy chuẩn Việt Nam
q_u	kPa	Cường độ kháng nén một trục không hạn chế nở hông
R_k	kPa	Cường độ kháng kéo (ép chẻ)
R		Rovo
S_u	kPa	Sức kháng cắt không thoát nước (điều kiện tự nhiên)
S_u'	kPa	Sức kháng cắt không thoát nước (điều kiện phá hủy)
SPT	búa	Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn
S, sp		Sét, sét pha
TG		Tiền Giang
TCVN		Tiêu chuẩn Việt Nam
TCN		Tiêu chuẩn ngành
TCXD		Tiêu chuẩn xây dựng
T30		Xi măng Tây Đô PCB30
T40		Xi măng Tây Đô PCB40
TBH		Than bùn hóa

TSMT		Tổng số muối tan
TPKV		Thành phần khoáng vật
TPHH		Thành phần hóa học
V		Vôi
X		Xi măng
γ_w	g/cm^3	Khối lượng thể tích tự nhiên
γ_c	g/cm^3	Khối lượng thể tích khô
ρ	g/cm^3	Khối lượng riêng
ε_0	-	Hệ số rỗng
JG		Công nghệ khoan phụt cao áp Jet-grouting
W_L	%	Giới hạn chảy
W_P	%	Giới hạn dẻo
φ	độ	Góc ma sát trong

DANH MỤC CÁC BẢNG

STT	Tên bảng	Nội dung
1	2.1	Khối lượng các báo cáo khảo sát địa chất thu thập
2	2.2	Đặc điểm phân bố của đất yếu tại các vị trí nghiên cứu
3	2.3	Thành phần hạt của đất loại sét tại các điểm nghiên cứu
4	2.4	Thành phần khoáng vật của đất tại các khu vực nghiên cứu
5	2.5	Thành phần hóa học của đất tại các khu vực nghiên cứu
6	2.6	Kết quả thí nghiệm khả năng trao đổi cation của đất
7	2.7	Phân loại đất chứa muối dựa vào dạng nhiễm muối
8	2.8	Phân loại đất chứa muối dựa vào mức độ nhiễm muối
9	2.9	Kết quả xác định dạng nhiễm muối, mức độ nhiễm muối và mức độ mặn của đất nghiên cứu
10	2.10	Đặc tính cơ lý của đất loại sét yếu tại các vị trí nghiên cứu
11	3.1	Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố
12	3.2	Kết quả thí nghiệm xác định thành phần hóa học của xi măng
13	3.3	Khối lượng thí nghiệm mẫu đất cải tạo bằng xi măng
14	3.4	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất sét pha, dẻo chảy aQ_2^3 ở An Giang cải tạo bằng xi măng
15	3.5	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất sét, dẻo chảy aQ_2^3 ở An Giang cải tạo bằng xi măng
16	3.6	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định q_u của đất bùn sét amQ_2^{2-3} ở Tiền Giang cải tạo bằng xi măng
17	3.7	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét amQ_2^{2-3} ở Hậu Giang cải tạo bằng xi măng
18	3.8	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét mbQ_2^3 ở Bạc Liêu cải tạo bằng xi măng
19	3.9	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng

20	3.10	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét lẫn hữu cơ mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng
21	3.11	Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất than bùn hóa abQ_2^3 ở Kiên Giang cải tạo bằng xi măng
22	3.12	Tổng hợp kết quả thí nghiệm mẫu ở 91 ngày (xi măng T40, K40)
23	3.13	Quan hệ giữa (q_u) ở các ngày tuổi khác nhau
24	3.14	Quan hệ giữa MĐBD (E_{50}) và CĐKN (q_u)
25	3.15	Kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét và bùn sét pha ở TP Cần Thơ cải tạo với xi măng N40
26	3.16	Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của đất trộn
27	3.17	Kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét ở Cà Mau trộn cát
28	3.18	Kết quả thí nghiệm (q_u) của đất bùn sét và bùn sét pha có HLHC khác nhau ở TP Cần Thơ cải tạo với xi măng N40
29	3.19	Kết quả thí nghiệm (q_u) của đất bùn sét và bùn sét lẫn hữu cơ ở Cà Mau cải tạo với xi măng K40
30	3.20	Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của HLHC và độ pH đến chất lượng đất cải tạo
31	3.21	Phân tích kết quả thí nghiệm mẫu đất cải tạo dựa trên thành phần khoáng vật của đất
32	3.22	Kết quả thí nghiệm và so sánh quan hệ giữa (q_u) của mẫu trong phòng – hiện trường (đất bùn sét ở Hậu Giang cải tạo bằng xi măng T30)
33	3.23	Kết quả thí nghiệm và so sánh quan hệ giữa (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (đất TBH ở Kiên Giang cải tạo bằng xi măng T30)
34	3.24	Kết quả thí nghiệm và so sánh quan hệ giữa (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (bùn sét ở Hậu Giang, cải tạo bằng xi măng N40)

35	4.1	Thành phần hóa học của phụ gia rovo
36	4.2	Khối lượng thí nghiệm mẫu đất cải tạo bằng xi măng với phụ gia
37	4.3	Kết quả thí nghiệm (q_u) của đất bùn sét amQ_2^3 cải tạo với HLXM 200 kg/m ³ , lượng cát và phụ gia khác nhau
38	4.4	Kết quả thí nghiệm (R_k) của đất bùn sét amQ_2^3 cải tạo với HLXM 200 kg/m ³ , lượng cát và phụ gia khác nhau
39	4.5	Kết quả thí nghiệm (q_u) của đất TBH (abQ_2^3) cải tạo với HLXM 350 kg/m ³ và phụ gia khác nhau
40	4.6	Kết quả thí nghiệm (R_k) của đất TBH (abQ_2^3) cải tạo với HLXM 350 kg/m ³ và phụ gia khác nhau
		Phụ lục
41	2.1	Đặc điểm phân bố một số loại đất yếu khu vực ĐBSCL
42	2.4	Tổng hợp thành phần vật chất, hệ số trầm tích của các thành tạo trầm tích Độ Tứ khu vực ĐBSCL
43	3.1	Kết quả thí nghiệm q_u , E_{50} của đất sét pha (aQ_2^3) ở An Giang cải tạo với xi măng
44	3.2	Kết quả thí nghiệm q_u , E_{50} của đất sét (aQ_2^3) ở An Giang cải tạo với xi măng
45	3.3	Kết quả thí nghiệm q_u , E_{50} của đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) ở Tiền Giang cải tạo với xi măng
46	3.4	Kết quả thí nghiệm q_u , E_{50} của đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) ở Hậu Giang cải tạo với xi măng
47	3.5	Kết quả thí nghiệm q_u , E_{50} của đất sét nguồn gốc biển - đầm lầy ở Bạc Liêu (mbQ_2^3) cải tạo với xi măng
48	3.6a	Kết quả thí nghiệm (q_u , E_{50}) của đất bùn sét (mbQ_2^3) ở Cà Mau cải tạo với xi măng
49	3.6b	Kết quả thí nghiệm (q_u , E_{50}) của đất bùn sét lẫn hữu cơ (mbQ_2^3) ở Cà Mau cải tạo với xi măng
50	3.7	Kết quả thí nghiệm q_u , E_{50} của đất TBH (abQ_2^3) lầy ở Kiên Giang cải tạo với xi măng
51	3.8	Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc

- 52 3.8.a Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc, xi măng T30 ở 28 ngày tuổi (đất bùn sét)
- 53 3.8.b Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc, xi măng T30 ở 91 ngày tuổi (bùn sét)
- 54 3.8.c Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc, xi măng T30 ở 28 ngày (đất than bùn hóa)
- 55 3.8.d Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc, xi măng T30 ở 91 ngày (đất than bùn hóa)
- 56 3.8.e Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc, xi măng N40 ở 14 ngày tuổi (bùn sét)
- 57 3.8.f Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc, xi măng N40 ở 91 ngày tuổi (bùn sét)
- 58 3.8.g Kết quả thí nghiệm mẫu lõi cọc, xi măng N40 ở 180 ngày tuổi (bùn sét)
- 59 3.9.a Bảng kiến nghị sử dụng hàm lượng xi măng để đạt cường độ tương ứng với từng nhóm đất loại sét yếu ở ĐBSCL cải tạo với xi măng và hàm lượng khác nhau ở 28 ngày
- 60 3.9.a Bảng kiến nghị sử dụng hàm lượng xi măng để đạt cường độ tương ứng với từng nhóm đất loại sét yếu ở ĐBSCL cải tạo với xi măng và hàm lượng khác nhau ở 91 ngày
- 61 4.1 Kết quả thí nghiệm (q_u , E_{50}) của đất bùn sét (amQ_2^3) ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng HT40 với phụ gia khác nhau
- 62 4.2 Kết quả CĐKK (R_k) của đất bùn sét (amQ_2^3) ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng HT40 với phụ gia khác nhau
- 63 4.3 Kết quả thí nghiệm (q_u , E_{50}) của đất than bùn hóa (abQ_2^3) ở Kiên Giang cải tạo bằng xi măng HT40 với phụ gia khác nhau
- 64 4.4 Kết quả CĐKK (R_k) của đất than bùn hóa (abQ_2^3) ở Kiên Giang cải tạo bằng xi măng HT40 với phụ gia khác nhau

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, BIỂU ĐỒ

STT	Hình vẽ	Nội dung
1	1.1	Ảnh hưởng của thành phần hạt đến cường độ đất gia cố
2	1.2	Hiệu quả của muối NaCl với cải tạo đất bằng vôi
3	1.3	Ảnh hưởng của hàm lượng hữu cơ (axit humic) có trong đất đến cường độ kháng cắt của đất gia cố
4	1.4	Ảnh hưởng của pH đến cường độ kháng nén của đất -xi măng
5	2.1	Bản đồ vị trí vùng ĐBSCL
6	2.2	Bản đồ địa hình vùng ĐBSCL
7	2.3	Khái quát địa tầng phân bố đất yếu vùng ĐBSCL
8	2.4	Địa tầng phân bố đất yếu tại An Giang
9	2.5	Địa tầng phân bố đất yếu tại Long An
10	2.6	Địa tầng phân bố đất yếu tại Tiền Giang
11	2.7	Địa tầng phân bố đất yếu tại Bến Tre
12	2.8	Địa tầng phân bố đất yếu tại thành phố Vĩnh Long
13	2.9	Địa tầng phân bố đất yếu tại Trà Vinh
14	2.10	Địa tầng phân bố đất yếu tại Kiên Giang
15	2.11	Địa tầng phân bố đất yếu tại thành phố Cần Thơ
16	2.12	Địa tầng phân bố đất yếu khu vực Hậu Giang
17	2.13	Địa tầng phân bố đất yếu tại Sóc Trăng
18	2.14	Địa tầng phân bố đất yếu tại Bạc Liêu
19	2.15	Địa tầng phân bố đất yếu tại tỉnh Cà Mau
20	2.16	Sơ đồ thí nghiệm các đặc điểm thành phần của đất
20	3.1	Số lượng mẫu sau khi chế bị ở mỗi hàm lượng
21	3.2	Trộn mẫu và chia khối lượng cho từng mẫu
22	3.3	Mẫu thành phẩm và bảo dưỡng
23	3.4	Quá trình thí nghiệm nén mẫu
24	3.5	Biểu đồ biến dạng và dạng phá hủy của mẫu đất gia cố xi măng

25	3.6	Sơ đồ công tác thí nghiệm cải tạo đất bằng xi măng
26	3.7	Quan hệ giữa q_u và thời gian bảo dưỡng của đất sét pha aQ_2^3 ở An Giang cải tạo bằng xi măng
27	3.8	Quan hệ giữa q_u và thời gian bảo dưỡng của đất sét, dẻo chảy aQ_2^3 ở An Giang cải tạo bằng xi măng
28	3.9	Quan hệ giữa (q_u) và thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét amQ_2^{2-3} ở Tiền Giang cải tạo bằng xi măng
29	3.10	Quan hệ giữa (q_u) và thời gian bảo dưỡng của bùn sét amQ_2^{2-3} ở Hậu Giang cải tạo bằng xi măng
30	3.11	Quan hệ giữa (q_u) theo thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét mbQ_2^3 ở Bạc Liêu cải tạo bằng xi măng
31	3.12	Quan hệ giữa (q_u) và thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng
32	3.13	Quan hệ giữa (q_u) và thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét lẫn hữu cơ mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng
33	3.14	Quan hệ giữa (q_u) với thời gian bảo dưỡng của đất than bùn hóa abQ_2^3 ở Kiên Giang cải tạo bằng xi măng
34	3.15	Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm cường độ kháng nén của đất loại sét yếu ĐBSCL cải tạo bằng xi măng T40 và K40 ở 91 ngày tuổi
35	3.16	Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất sét pha và sét ở An Giang ở 91 ngày tuổi cải tạo với xi măng khác nhau
36	3.17	Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét pha và bùn sét ở Cần Thơ cải tạo bằng xi măng N40 theo thời gian
37	3.18	Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét trộn với lượng cát khác nhau, xi măng HT40 theo thời gian
38	3.19	Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét và bùn sét pha ở Cần Thơ cải tạo với xi măng HT40 theo thời gian
39	3.20	Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét ở Cà Mau có HLHC khác nhau cải tạo với xi măng K40 theo thời gian

40	3.21	Ảnh hưởng của axit humic đến cường độ kháng cắt của đất cải tạo bằng xi măng
41	3.22	pH môi trường của đất hữu cơ bị suy giảm theo thời gian
42	3.23	Ảnh hưởng của HLHC đến khả năng suy giảm cường độ của đất
43	3.24	Ảnh hưởng của hàm lượng muối đến cường độ đất gia cố
44	3.25	Ảnh hưởng của thành phần hóa học đến cường độ đất cải tạo
45	3.26	Ảnh hưởng của thành phần khoáng vật đến chất lượng đất cải tạo
46	3.27	Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất sét pha ($aQ_2^3{}_2$) tại An Giang
47	3.28	Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất sét ($aQ_2^3{}_2$) tại An Giang
48	3.29	Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất bùn sét ($amQ_2^{2-3}{}_1$) tại Tiền Giang
49	3.30	Kết quả phân tích trọng số đa, biến của đất bùn sét ($amQ_2^{2-3}{}_2$) tại Hậu Giang
50	3.31	Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất bùn sét ($mbQ_2^3{}_2$) tại Bạc Liêu
51	3.32	Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất bùn sét ($mbQ_2^3{}_2$) tại Cà Mau
52	3.33	Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất TBH ($abQ_2^3{}_1$) tại Kiên Giang
53	3.34	Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần hóa học bằng phương pháp trọng số, đa biến
54	3.35	Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần khoáng vật bằng phương pháp trọng số, đa biến
55	3.36.a	Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần muối và các cation bằng phương pháp trọng số, đa biến

- 56 3.36.b Kết quả phân tích ảnh hưởng của cation và HLHC bằng phương pháp trọng số, đa biến
- 57 3.37 Cường độ kháng nén (q_u) của đất loại sét yếu vùng ĐBSCL với xi măng và hàm lượng khác nhau ở 91 ngày tuổi
- 58 3.38 Ảnh hưởng của loại xi măng ở 91 ngày tuổi
- 59 3.39 Ảnh hưởng của lượng nước trộn (đất bùn sét ở Hậu Giang, xi măng N40, hàm lượng 350 kg/m^3)
- 60 3.40 Ảnh hưởng của lượng nước trộn (TBH ở Kiên Giang với xi măng N40, hàm lượng 350 kg/m^3)
- 61 3.41 Ảnh hưởng của lượng nước trộn (bùn sét ở Cà Mau với xi măng HT40, hàm lượng 250 kg/m^3)
- 62 3.42 Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm mẫu trong phòng và hiện trường của bùn sét ở Hậu Giang, xi măng T30
- 63 3.43 Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (TBH ở Kiên Giang, xi măng T30)
- 64 3.44 Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (bùn sét ở Hậu Giang, xi măng N40)
- 65 4.1 Mô phỏng phản ứng của xi măng truyền thống và xi măng khi có Rovo
- 66 4.2 Quá trình tương tác giữa các hạt xi măng và hạt Rovo tạo ra cấu trúc liên kết dạng sợi
- 67 4.3 Liên kết của đất gia cố khi dùng phụ gia Rovo kết hợp với xi măng
- 68 4.4 Sơ đồ công tác thí nghiệm mẫu đất cải tạo bằng xi măng với các phụ gia
- 69 4.5 Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm CĐKN (q_u) của đất bùn sét (amQ_2^3) ở Cà Mau cải tạo với HLXM 200 và phụ gia

- 70 4.6 Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm CDKK (R_k) của đất bùn sét (amQ_2^3) ở Cà Mau cải tạo với HLXM 200 kg/m³ và phụ gia khác nhau
- 71 4.7 Biểu đồ thể hiện kết quả xác định (q_u) của đất TBH (abQ_2^3) cải tạo với HLXM 350 kg/m³ và phụ gia khác nhau
- 72 4.8 Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm xác định (R_k) của đất TBH (abQ_2^3) cải tạo với HLXM 350 kg/m³ và phụ gia khác nhau
- 73 4.9 Vai trò của muối $CaCl_2$ và $NaCl$ khi cải tạo đất hữu cơ với vôi

Phụ lục

- 75 2.2 Mặt cắt trầm tích đệ tứ tuyến Long Mỹ - Đồng Tháp Mười - Hóc Môn, Tỷ lệ đứng: 1/4.000; ngang 1/1000.000
- 76 2.3 Mặt cắt trầm tích đệ tứ tuyến Châu Đốc - Cao Lãnh - Vĩnh Long - Mỹ Xuyên - Ba Tri, tỷ lệ đứng: 1/4.000; ngang 1/1000.000

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có đặc điểm địa hình trũng thấp, hầu như toàn bộ diện tích bề mặt ĐBSCL được bao phủ bởi các tràm tích trữ có tuổi Holocen, có chiều dày lớn (trên dưới 20m), có thành phần và nguồn gốc khác nhau, đa phần là đất yếu [8], [15]. Đây cũng là nơi thường xuyên chịu ảnh hưởng của triều cường, nước biển dâng, xâm nhập mặn, sạt lở bờ sông, bờ biển đặc biệt tại các vùng cửa sông, cửa biển. Vấn đề xây dựng các công trình trong vùng nhằm phát triển hạ tầng kinh tế, chống ngập lụt, sạt lở... đã được Đảng, Nhà nước và các địa phương vùng chịu ảnh hưởng hết sức quan tâm. Tuy nhiên, việc xây dựng các công trình này đang gặp rất nhiều khó khăn do cấu trúc địa chất phức tạp, phân bố nhiều loại đất yếu nằm ngay trên mặt, có bề dày lớn. Hơn nữa, tại ĐBSCL, việc tìm kiếm các mỏ vật liệu đất đắp, vật liệu để thay thế khi xây dựng là rất khó khăn, đa phần phải sử dụng vật liệu tại chỗ ở địa phương, do vậy khi xây dựng công trình cần có biện pháp gia cố, cải tạo đất yếu.

Đã có nhiều phương pháp xử lý nền đất yếu được áp dụng tại vùng ĐBSCL như đệm cát, bắc thấm, vãi địa kỹ thuật, hút chân không, cọc tiết diện nhỏ, tre, tràm,... Một trong những phương pháp đã được ứng dụng là cải tạo đất bằng xi măng. Phương pháp này đã được áp dụng tại một số dự án trong khu vực và đã mang lại hiệu quả về kinh tế, giảm giá thành so với các phương pháp khác, sử dụng được vật liệu tại chỗ, thay thế cọc bê tông cốt thép,... Như vậy, tiềm năng sử dụng phương pháp xử lý nền bằng xi măng tại ĐBSCL là rất lớn. Tuy nhiên, tại các dự án mới chỉ có những kết quả thí nghiệm mang tính sản xuất, chưa có hoặc có nhưng chưa nghiên cứu đầy đủ và hệ thống về các yếu tố ảnh hưởng đặc tính xây dựng của đất nền đến chất lượng nền sau gia cố đặc biệt là các đặc điểm về các thành phần: hạt, khoáng vật, hóa học, hữu cơ, pH môi trường, muối, phèn trong đất, khả năng hấp phụ và trao đổi của các cation,... Do vậy, hiệu quả của phương pháp xử lý nền là chưa cao. Trong khi đó, theo Atlas địa lý Việt Nam, tại đồng bằng sông Cửu Long, nhóm đất phèn và đất mặn chiếm tới trên 60% diện tích, đồng thời trong đất thường có lẫn hữu cơ. Chính vì vậy, đề tài: “*Nghiên cứu ảnh hưởng đặc tính xây dựng của đất loại sét yếu vùng Đồng bằng sông Cửu Long đến chất lượng gia cố nền bằng xi măng kết hợp với phụ gia trong xây dựng công trình*” mang tính cấp thiết, có tính thực tiễn và thời sự cao.

2. Mục đích của luận án

Mục đích của luận án:

- Làm sáng tỏ sự ảnh hưởng của đặc tính xây dựng, đặc biệt là đặc điểm về thành phần của đất đến chất lượng đất gia cố bằng xi măng.
- Nghiên cứu, đề xuất được biện pháp nhằm nâng cao hiệu quả của phương pháp gia cố bằng xi măng kết hợp với phụ gia để cải tạo đất loại sét yếu là than bùn hóa (TBH) và đất nhiễm muối ở mức mặn đến rất mặn tại vùng ĐBSCL.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: đất loại sét yếu phổ biến ở ĐBSCL, phân bố trong phạm vi chiều sâu 20m, dự kiến hết chiều dày tầng đất yếu nhằm cải tạo chúng bằng xi măng phục vụ xây dựng các công trình có quy mô vừa và nhỏ như: đê bao, bờ bao, cống nhỏ, công trình hạ tầng, nhà công nghiệp và dân dụng thấp tầng.

Phạm vi nghiên cứu: các đặc tính xây dựng như thành phần (hạt, khoáng vật, hóa học, muối, phèn, hữu cơ, pH, khả năng trao đổi cation) của đất ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố bằng xi măng và xi măng với phụ gia

4. Nhiệm vụ của luận án

Để đạt được mục đích trên, luận án có nhiệm vụ:

- Làm sáng tỏ đặc điểm phân bố, các đặc trưng cơ lý và đặc điểm thành phần của đất loại sét yếu phổ biến ở ĐBSCL;
- Đánh giá mức độ nhiễm muối, phèn, hàm lượng hữu cơ, khả năng trao đổi cation, đặc điểm thành phần và ảnh hưởng của chúng đến chất lượng đất gia cố;
- Đề xuất giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả của phương pháp gia cố.

5. Nội dung nghiên cứu

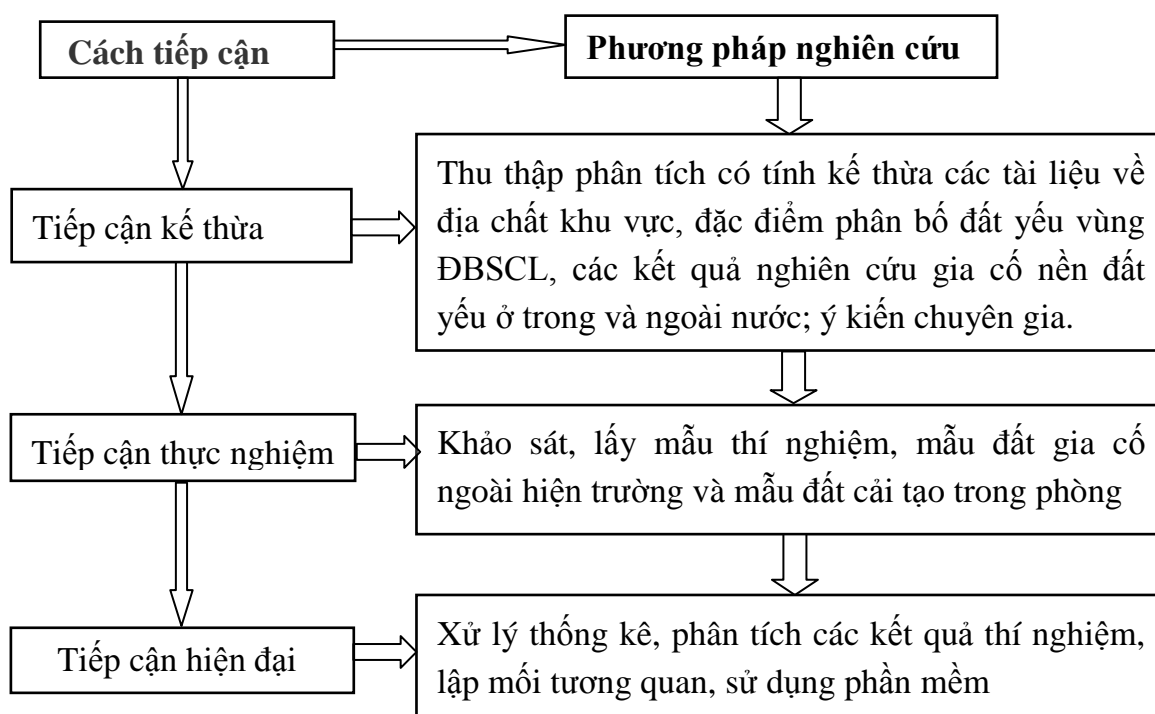
Để giải quyết các nhiệm vụ của luận án, nội dung nghiên cứu của luận án tập trung vào các nội dung:

1. Tổng quan về gia cố nền đất yếu bằng xi măng và xi măng với phụ gia từ đó làm rõ sự ảnh hưởng của các đặc tính xây dựng đến chất lượng đất gia cố;
2. Nghiên cứu đặc điểm phân bố, thành phần của đất loại sét yếu phổ biến phân bố tại vùng ĐBSCL;

3. Nghiên cứu khả năng cải tạo đất loại sét yếu vùng ĐBSCL bằng xi măng nhằm đánh giá, phân tích làm sáng tỏ ảnh hưởng của các đặc điểm thành phần của đất đến chất lượng đất cải tạo;

4. Nghiên cứu biện pháp nhằm nâng cao hiệu quả của phương pháp gia cố đất bằng xi măng kết hợp phụ gia với các đất nhiễm muối mặn đến rất mặn và than bùn hóa.

6. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu



7. Luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1:

Dựa theo sự ảnh hưởng của các đặc tính xây dựng đến chất lượng đất gia cố bằng xi măng, đất loại sét yếu vùng ĐBSCL được phân thành 3 nhóm:

- Nhóm 1: thuận lợi cho cải tạo đất;
- Nhóm 2: ít thuận lợi;
- Nhóm 3: không thuận lợi;

Luận điểm 2:

Với đất nhóm 3 và phụ nhóm 2b, phụ gia đề xuất sử dụng có tác dụng gia tăng cường độ, ổn định theo thời gian. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với lượng phụ gia

thạch cao 2%, Rovo 1,0-1,5%, vôi 4% và Thủy tinh lỏng là 0,5% cho kết quả tốt nhất. Khi hàm lượng muối trong đất cao nên dùng loại xi măng có chứa nhiều oxit calci hoặc có thể thêm một lượng vôi từ 2-4%, cường độ đất gia cố sẽ tăng.

8. Những điểm mới của luận án

- Kết quả nghiên cứu của luận án đã đánh giá phân tích có hệ thống làm sáng tỏ được sự ảnh hưởng đặc tính xây dựng của đất đến chất lượng đất gia cố và phân loại được đất loại sét yếu vùng ĐBSCL thành 3 nhóm đất theo mức độ thuận lợi dùng cho cải tạo đất bằng xi măng là thuận lợi, ít thuận lợi và không thuận lợi.

- Đã đề xuất được giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả cải tạo đất loại sét yếu là bùn sét nhiễm mặn ở mức mặn đến rất mặn (Phụ nhóm 2b) và đất than bùn hóa (nhóm 3) bằng xi măng kết hợp với các phụ gia nhằm tăng cường độ.

9. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

1. Kết quả nghiên cứu của luận án đã góp phần bổ sung vào phương pháp luận nghiên cứu Đất xây dựng khu vực; bước đầu làm sáng tỏ quy luật chung về sự biến đổi các đặc tính xây dựng của một số loại đất sét yếu phổ biến vùng ĐBSCL; bổ sung vào những thành tựu nghiên cứu trong phòng và ngoài trời trong cải tạo đất loại sét yếu bằng xi măng và xi măng với phụ gia ở ĐBSCL.

2. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học để sử dụng làm tài liệu tham khảo, định hướng cho công tác khảo sát, thiết kế, xử lý nền đất yếu bằng xi măng và biện pháp xử lý nền khi gặp đất yếu có tính đặc biệt phục vụ xây dựng các công trình quy mô vừa và nhỏ ở ĐBSCL. Luận án cũng có thể dùng để thiết kế cho các khu vực có điều kiện đất nền tương tự.

10. Cơ sở tài liệu của luận án

Luận án được hoàn thành trên cơ sở quá trình học tập, nghiên cứu nhiều năm của tác giả. Các đề tài, dự án do tác giả chủ trì và tham gia:

- Kết quả thí nghiệm các đặc tính cơ lý, các đặc điểm thành phần của đất loại sét yếu được lấy tại các tỉnh: An Giang, Hậu Giang, Kiên Giang, Tiền Giang, Bạc Liêu và Cà Mau; đã chế bị và nén một trục không hạn chế nở hông nhằm xác định

cường độ kháng nén, mô đun biến dạng, cường độ kháng kéo và mẫu lấy từ lõi cọc với tổng số (trên 3600 mẫu) trong đó có 510 mẫu được lấy từ lõi cọc tại các tỉnh Kiên Giang và Hậu Giang.

- Đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và PTNT (2014-2015): “*Nghiên cứu giải pháp công nghệ xử lý nền đất yếu bằng công nghệ trộn đất tại chỗ với chất kết dính vô cơ phục vụ xây dựng công trình thủy lợi*” do Viện Thủy công thực hiện, tác giả chủ trì nội dung 2: “*Nghiên cứu đặc tính cơ lý của một số vùng điển hình và đề xuất các loại chất kết dính phù hợp cho mục đích và điều kiện xử lý khác nhau*”.

- Đề tài cấp Viện Thủy Công (2013) [44]: “*Nghiên cứu cải tạo đất yếu (bùn sét hữu cơ) phân bố ở Kiên Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia, đánh giá khả năng sử dụng chúng trong xây dựng công trình thủy lợi*” do tác giả làm chủ nhiệm.

- Ngoài ra, luận án cũng sử dụng các kết quả nghiên cứu của nhiều cơ quan và các tác giả khác đã được công bố. Các tài liệu sử dụng đã được trích dẫn cụ thể trong luận án.

11. Cấu trúc của luận án

Luận án hoàn thành gồm các nội dung sau:

Phần mở đầu

Chương 1: Tổng quan các nghiên cứu về cải tạo đất yếu bằng xi măng, ảnh hưởng đặc tính xây dựng đến chất lượng đất gia cố

Chương 2: Nghiên cứu đặc điểm thành phần của đất loại sét yếu vùng đồng bằng sông Cửu Long

Chương 3: Nghiên cứu ảnh hưởng đặc điểm thành phần của đất loại sét yếu vùng đồng bằng sông Cửu Long đến chất lượng đất gia cố

Chương 4: Nghiên cứu biện pháp nâng cao hiệu quả phương pháp gia cố đất bằng xi măng kết hợp với phụ gia

Phần kết luận

Các công trình đã công bố

Tài liệu tham khảo

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ CẢI TẠO ĐẤT YẾU BẰNG XI MĂNG, ẢNH HƯỞNG ĐẶC TÍNH XÂY DỰNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG GIA CỐ

1.1. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ CẢI TẠO ĐẤT YẾU BẰNG XI MĂNG

1.1.1. Đất yếu

Đất yếu là những đất có khả năng chịu tải nhỏ (nhỏ hơn 50-100kPa), có tính nén lún lớn, hầu như bão hòa nước, có hệ số rỗng lớn, mô đun biến dạng thấp $E < 5000$ kPa, sức chống cắt nhỏ [9],[37]

Đất yếu là dạng vật liệu được hình thành dưới dạng trầm tích có thành phần bao gồm sét, sét pha, cát pha trạng thái dẻo chảy đến chảy, bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha có lẫn hoặc không lẫn hữu cơ, than bùn hóa và than bùn. Ở điều kiện tự nhiên, độ ẩm của đất loại sét yếu thường bằng hoặc lớn hơn độ ẩm giới hạn chảy, hệ số rỗng lớn (đất sét $e > 1,5$, sét pha $e > 1,0$), lực dính đơn vị không thoát nước $c_u \leq 15$ kPa, góc ma sát trong $\varphi_u = 0$, độ sệt $B > 0,5$ [9].

Đất yếu được hình thành bởi nhiều trầm tích có nguồn gốc khác nhau như sông (*a*), biển (*m*), hỗn hợp sông - biển (*am*), hồ (*l*), đầm lầy (*b*), hồ -đầm lầy (*lb*), biển – đầm lầy (*mb*), đầm lầy ven biển (*bm*), trầm tích vũng vịnh [3], [8].

Bùn là các trầm tích hiện đại được thành tạo do kết quả tích tụ các vật liệu phân tán mịn theo phương thức cơ học hoặc hóa học ở đáy các biển, vũng vịnh, hồ, đầm lầy hoặc các bãi rộng [26], [32]. Bùn có độ ẩm tự nhiên cao và lớn hơn độ ẩm giới hạn chảy. Dựa vào chỉ số dẻo, thành phần hạt và hệ số rỗng tự nhiên (e_0), bùn được phân ra thành:

Bùn sét $e_0 \geq 1,5$;

Bùn sét pha $e_0 > 1,0$;

Bùn cát pha $e_0 > 0,9$.

Bùn thường chứa hàm lượng hữu cơ từ 2-3%, có khi tới 10-12%. Ở những vùng ven biển, trong bùn có thể có chứa muối dễ hòa tan, ở vùng biển sâu chủ yếu là chứa vô cơ, trong các đất bùn có nguồn gốc lục địa thường chứa hàm lượng nhóm hạt bụi cao. Trong đất bùn, các khoáng vật sét như hydromica, montmorilonit và

kaolinit chiếm ưu thế.

Độ ẩm của bùn thường từ 70 đến 80% và lớn hơn. Hệ số rỗng có thể đạt tới vài đơn vị, khối lượng thể tích khô nhỏ chỉ bằng $0,8 \div 0,9 \text{ g/cm}^3$, đất có khả năng hấp phụ trao đổi lớn, tính ưa nước cao. Độ bền của bùn rất nhỏ do vậy khi tác dụng một lực rất nhỏ, đất bùn dễ chuyển sang trạng thái chảy. Hệ số nén lún có thể đạt tới $0,02 \div 0,03 \text{ kPa}^{-1}$, mô đun tổng biến dạng của bùn sét từ 100 đến 500 kPa, bùn sét pha từ 1000 đến 2500 kPa [9.], [15].

Đất than bùn và than bùn hóa được hình thành từ những vùng đầm lầy, nơi thường xuyên ngập nước hoặc có mực nước ngầm cao, các loại thực vật phát triển, thối rữa và phân hủy mạnh tạo ra các trầm tích hữu cơ, hàm lượng hữu cơ từ 20 đến 80%. Ở điều kiện tự nhiên, than bùn có độ ẩm rất cao, trung bình từ 85-90% và có thể lên tới vài trăm phần trăm phụ thuộc vào loại vật chất hữu cơ và mức độ phân hủy của chúng. Đất than bùn có khối lượng riêng từ $\gamma = 1,4 \div 1,8 \text{ g/cm}^3$, khối lượng thể tích $\gamma_w = 0,7 \div 1,4 \text{ g/m}^3$, độ rỗng cao $n = 85 \div 95\%$, hệ số rỗng (e_0) thường đạt tới vài đơn vị. Dựa vào hàm lượng hữu cơ có trong đất, đất than bùn được chia thành than bùn (HLHC >60%), đất than bùn hóa (HLHC = 10-60%) [25]; có tài liệu chia chi tiết hơn thành đất nhiễm than bùn (HLHC=20-30%), đất than bùn (HLHC=30-60%) [9], [32], [46].

Than bùn có tính chất nén lún rất lớn, không đều và lâu dài, hệ số nén lún bằng 0,01 hoặc 0,03 đến 0,08, có khi đến $0,10 \text{ kPa}^{-1}$, mô đun tổng biến dạng thay đổi từ $100 \div 300 \text{ kPa}$ đến 1000-2000 kPa, đất có tính lưu biến [9].

Tại ĐBSCL đất yếu có tuổi Holocen được hình thành với nhiều nguồn gốc khác nhau như: sông (aQ_2), sông biển (amQ_2), sông – đầm lầy (abQ_2), đầm lầy (bQ_2), biển (mQ_2), biển – đầm lầy (mbQ_2)... [7]. Các trầm tích này phân bố đan xen và phụ thuộc nhiều vào tác động của dòng chảy và điều kiện thành tạo. Tổng chiều dày các trầm tích này là khá lớn, tùy theo từng vị trí phân bố và khu vực khác nhau, phổ biến từ 10m đến trên 20m. Với các dạng công trình như đê sông, đê biển, cống, đường giao thông, nhà dân dụng và công nghiệp thì các thành tạo của các trầm tích này như bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha, sét, sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy, cát, cát pha kém chặt... được coi là đất yếu.

1.1.2. Nền đất yếu

Nền đất được dùng khi đất được sử dụng với mục đích làm nền để xây dựng các công trình; nền công trình là phạm vi đời ảnh hưởng của công trình; nền công trình có phân bố các lớp đất yếu được gọi là nền đất yếu. Như vậy, tùy từng dạng công trình, quy mô và tải trọng công trình mà đất nền thuộc dạng là đất yếu hay không yếu. Với những công trình có quy mô và sức chịu tải lớn như nhà cao tầng, cầu lớn...thì nền đất yếu là những lớp đất không thể có khả năng chịu lực để làm móng công trình. Với những công trình có quy mô vừa và nhỏ như nhà dân dụng và công nghiệp, nền đường đắp cao, đê, cống... thì nền đất yếu là những lớp đất có tính chất xây dựng yếu, trạng thái từ dẻo mềm trở xuống.

Như vậy, nền đất yếu là nền đất trong phạm vi ảnh hưởng của công trình có phân bố các lớp đất có tính chất xây dựng yếu mà cần phải có biện pháp xử lý khi xây dựng công trình. Các loại đất như sét, sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy, bùn sét pha, bùn cát pha, bùn cát, đất than bùn, than bùn hóa, ..., là những loại đất có sức chịu tải $R_0 < 100$ kPa và mô đun biến dạng $E_0 < 5000$ kPa được coi là đất yếu. Việc xây dựng các công trình mà móng công trình đặt trên nền đất yếu cần có biện pháp xử lý. Một trong những giải pháp xử lý nền đất yếu là xử lý nền bằng xi măng với đất tại chỗ nhằm tăng sức chịu tải của đất nền, giảm tính thấm và tính biến dạng..., đáp ứng yêu cầu sử dụng làm nền các công trình.

Tại vùng ĐBSCL hầu như toàn bộ bề mặt đồng bằng có phân bố đất yếu [15], do vậy việc xây dựng các công trình trong vùng đều phải có biện pháp xử lý nền đất yếu.

1.1.3. Chất kết dính vô cơ và vai trò của chúng trong cải tạo đất

Chất kết dính vô cơ (vôi và xi măng) là các chất có dạng hạt mịn mà khi nhào trộn chúng với nước hoặc các dung môi khác sẽ tạo thành hỗn hợp dẻo và xảy ra quá trình đông cứng để chuyển hỗn hợp sang trạng thái rắn chắc và phát triển cường độ [12]. Trong quá trình thủy phân, các chất kết dính vô cơ có khả năng liên kết với các vật liệu rời thành một khối cứng chắc.

Dựa vào khả năng bền vững của các chất kết dính vô cơ trong môi trường sử

dụng mà người ta chia thành các nhóm.

- Nhóm 1: các chất kết dính vô cơ bền trong môi trường không khí. Đó là các chất kết dính chỉ đông kết, rắn chắc và phát triển cường độ trong môi trường không khí như vôi CaO , MgO , thạch cao ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), thủy tinh lỏng bao gồm natri silicat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) hoặc kali silicat ($\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$).

- Nhóm 2: các chất kết dính vô cơ bền trong môi trường nước. Đó là các chất kết dính có khả năng thủy phân, đông kết, rắn chắc và phát triển cường độ trong môi trường nước và môi trường không khí. Điển hình như xi măng portland, xi măng alumin, vôi thủy và nhóm các chất kết dính được sản xuất từ nhóm các chất kết dính cơ bản với các phụ gia hoạt tính có hàm lượng phụ gia lớn hơn 20%.

- Nhóm 3: chất kết dính vô cơ bền trong môi trường xâm thực. Đó là xi măng bèn sulfat, bèn axit, chống phóng xạ, chịu nhiệt...

Vai trò của chất kết dính vô cơ: Các chất kết dính vô cơ khi đưa vào đất sẽ xảy ra quá trình hóa lý phức tạp. Kết quả làm thay đổi bản chất và tính chất cơ lý của đất [32], [33]. Nhờ các phản ứng hóa học xảy ra trong đất mà các mối liên kết kiến trúc mới được hình thành. Các mối liên kết này khá bền vững đồng thời mật độ của đất tăng lên; kết quả làm cho độ bền của đất gia cố tăng; khả năng thấm nước giảm; đất không bị trương nở, co ngót và tan rã.

1.1.4. Các nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng và xi măng với phụ gia

1.1.4.1. Sơ lược tình hình nghiên cứu và ứng dụng trên thế giới

Ở Châu Âu, các nghiên cứu về cải tạo đất bằng xi măng, xi măng – vôi được tiến hành từ những năm 1960, 1970 của thế kỷ trước tại các nước Thụy Điển và Phần Lan. Năm 1967, Viện Địa kỹ thuật Thụy Điển đã nghiên cứu các cột vôi theo đề xuất của Jo. Kjeld Paúe sử dụng thiết bị thi công của Linden – Alimak. Năm 1974, tại Phần Lan đã sử dụng cột vôi - đất gia cố nền cho một công trình đê đất cao 6m, dài 8m nhằm mục đích phân tích hiệu quả của hình dạng và chiều cao cột về khả năng chịu tải (Rathmayer và Liminen, 1980). Trong những năm 1970-1980, các công trình nghiên cứu và ứng dụng tập trung chủ yếu vào việc tạo ra vật liệu gia cố, tối ưu hóa hỗn hợp ứng với các loại đất khác nhau của các tác giả Nieminen

(1977), Vitanen (1977). Các nghiên cứu này đã được Broms and Boman tổng kết và viết thành sách xuất bản vào năm 1977 [10].

Ở Thụy Điển (1975), công ty Linden Alimak AB và SGI đã sử dụng cột đất – vôi – xi măng để gia cố thành hố đào, ổn định khối đắp, gia cố hố móng nông ở gần Stockholm. Tại Hội nghị Cơ học đất và Nền móng (Stockholm, 1981), giáo sư Jim Mitchell đã trình bày báo cáo tổng quát về cột đất – vôi – xi măng cho xử lý đất dính, đất dẻo và từ đó phương pháp này đã được áp dụng rộng rãi trên thế giới.

Các nghiên cứu tiếp theo được tiến hành trong những năm 80 và 90. Nghiên cứu của Holin và nnk (1983) về ứng xử theo thời gian của hỗn hợp vôi – thạch cao đã khuyến cáo tỷ lệ vôi/thạch cao là 3:1 [10]. Ở Phần Lan, dựa trên những kinh nghiệm nghiên cứu từ năm 1980 đến năm 1992, Kujala và Lahtinen đã tìm hiểu những phản ứng của quá trình gia cố, từ đó đã xuất bản sách hướng dẫn về thiết kế gia cố (STO-91) [10].

Những nghiên cứu về đất gia cố tại chỗ bằng vôi, xi măng và xỉ lò cao được kể đến: tại Helsinki, năm 1991, đã cải tạo đất tại chỗ thành từng khối nhằm giảm giá thành vận chuyển đất thải và tính ổn định của đất nền đã được rút ra từ các thí nghiệm hiện trường trên các công trình thực tế (Kaltedt và Halkola, 1993). Tại Phần Lan, trong kết quả nghiên cứu của các tác giả (Kukko và Puohomaki, 1995), đã mô tả quá trình thí nghiệm và kết quả phân tích những ảnh hưởng đến cường độ đất sét gia cố và đã thảo luận về sử dụng chất phụ gia như xỉ lò cao, tro than,...[10]

Ở Thụy Điển, công nghệ trộn sâu Deep mixing (DM) đã phát triển rất mạnh mẽ (Ahnberg, 1996) và ngày càng được sử dụng nhiều trong các công trình đường bộ và đường sắt như: làm móng, ổn định hố đào, ổn định mái dốc, giảm rung động... Trong những năm 1980, tại Thụy Điển và Phần Lan, dưới sự bảo trợ của Chính phủ, mỗi năm đã sử dụng DM gia cố đất khoảng hơn 1 triệu m³ [10]. Các nghiên cứu ở các nước này đã được tổng kết nhằm phân loại, mô hình hóa và kiểm soát chất lượng của DM với sự hợp tác nghiên cứu của các tập đoàn công nghiệp chế tạo vôi và xi măng, các công ty thi công và các nhà tư vấn, các trường đại học, các trung tâm nghiên cứu,... Các kết quả nghiên cứu được xuất bản dưới dạng báo cáo chuyên đề và đã đưa ra được các ngân hàng dữ liệu về các đặc trưng cơ lý của

đất gia cố, các mô hình và cấu trúc xử lý, chất lượng của đất gia cố và công tác thi công.

Hakan Berdenberg, Gora Holm (1999) đã xuất bản cuốn “*Phương pháp khô cho cải tạo đất dưới sâu*“. Nội dung cuốn sách đã tổng kết nhiều bài báo, nhiều kết quả nghiên cứu của các tác giả trên thế giới như K.Pouetlc, J.Maski và Andesson về “*Các mẫu đất than bùn gia cố trong phòng, kinh nghiệm gia công và thí nghiệm*“. S.Hebit và E.R.Ferrell (đại học Trinity Dublin Ailen) cũng đã đưa ra “*Một vài kinh nghiệm gia cố đất hữu cơ ở Ailen*“ và nhiều bài báo có giá trị khoa học khác [10].

Tại Mỹ, năm 1954, công ty Prepakt Co đã phát triển phương pháp trộn tại chỗ và dùng phương pháp cọc lõi khoan đơn. Công nghệ này tiếp tục được nghiên cứu từ những năm 1960 (Jasperse và Ryan, 1992). Tuy nhiên, nó không được phát triển do các công ty xây dựng của Mỹ cho rằng đó không phải là một công nghệ có hiệu quả kinh tế. Đến cuối những năm 1980, một thể hệ thiết bị trộn mới được đưa vào để bảo vệ kết cấu đất khỏi bị hóa lỏng dưới tác dụng của động đất. Kể từ đó, người Mỹ đã tiếp tục sử dụng DM trong cải tạo nâng cấp đập đất như các đập Lockington ở Ohio (Walker, 1994); Jackson Lake ở Wyoming (Taki và Yang, 1991); Cushman ở Washington (Yang và Takeshima, 1994) [10]...

Tại Châu Á, từ những năm 1960, Nhật Bản đã là nước dẫn đầu trong việc nghiên cứu phát triển công nghệ cải tạo đất bằng trộn vôi và xi măng. Đến năm 1974, công nghệ trộn vôi (DLM) đã được ứng dụng trên toàn lãnh thổ Nhật Bản và vùng Đông Nam Á. Công nghệ trộn ướt, sử dụng xi măng (CDM) được ra đời từ năm 1975. Công nghệ trộn khô (DJM) bắt đầu được nghiên cứu từ năm 1976 và được thực nghiệm vào năm 1980 tại các viện Nghiên cứu công trình công cộng Nhật Bản và Nghiên cứu máy xây dựng. Từ đó đến nay, đã có rất nhiều nghiên cứu về thiết bị, công nghệ. Trong đó phải kể đến Jerashi và nnk (1985), Suzuki và nnk (1988), Kitazume (1996) [10].

Các tác giả cũng đã nghiên cứu về tính chất của của xi măng đất (Honjo, 1982), khả năng chống hóa lỏng: Hiramama và Toriihara (1983), Suzuki và nnk (1986); khả năng chịu rung động (Inatomi và nnk, 1985), kiểm soát hố đào: Tanaka (1993), Matsushi và nnk (1993). Các nghiên cứu về cải tiến thiết bị thi công, nâng

cao hiệu suất của phương pháp cũng được chú trọng (Nishibafashi, 1985), các nghiên cứu về kiểm soát chất lượng: Mitsuhashi và nnk (1996), Zheng và Shi (1996) [10].

Terashi (1990) thuộc viện Nghiên cứu bờ biển và cảng Nhật Bản đã phát triển phương pháp trộn khô cốt đất – vôi – xi măng và có những nghiên cứu về việc cho thêm các chất phụ gia, chất độn trong việc cải tạo đất yếu, trong đó có sử dụng xỉ than, xỉ lò cao, và tro bay [10].

Năm 1977, Nhật Bản đã thành lập Hiệp hội CDM nhằm phối hợp quá trình phát triển qua sự hợp tác giữa các nhà sản xuất và các Viện nghiên cứu. Khối lượng thi công CDM năm 1993 đã gấp đôi năm 1987. Theo thống kê của Hiệp hội CDM Nhật Bản, giai đoạn 1980 đến 1996 đã có 2345 dự án, sử dụng 26 triệu m³ xi măng đất. Riêng từ năm 1977 đến năm 1993, lượng đất gia cố xi măng ở Nhật là 23,6 triệu m³ với khoảng 300 dự án ở cả ngoài biển và trong đất liền [10], [34]. Hiện nay, hàng năm thi công khoảng 2 triệu m³[11].

Tại Trung Quốc, công nghệ cải tạo đất yếu bằng xi măng cũng được nghiên cứu từ những năm 1970 và được sử dụng để xử lý nền bắt đầu từ năm 1978. Tổng khối lượng thi công bằng công nghệ trộn sâu (DM) ở Trung Quốc cho đến nay khoảng trên 1triệu m³. Các công trình móng kê, móng tường chắn tại khu vực cảng Thiên Tân đã sử dụng 513.000m³. Tại dự án xây dựng cảng Yantai năm 1992, công nghệ CDM đã được các kỹ sư và nhà thầu Trung quốc hợp tác với Nhật Bản để xử lý 60.000m³ ngoài biển (Tang, 1996) [10], [35].

Meei-Hoan Ho và Chee-Ming Chan (2008) [68] đã nghiên cứu đất sét yếu lấy tại Trung tâm nghiên cứu đất yếu thuộc đại học Tun Hussein ở Malaysia (UTHM) ở độ sâu từ 1,5 đến 2,0m. Mẫu được cải tạo với các hàm lượng xi măng là 0%, 5% và 10% so với trọng lượng đất khô. Kết quả thí nghiệm nén một trục, cắt phẳng cho thấy: chỉ số nén (c_c), chỉ số cố kết (c_r) và hệ số nén lún giảm so với mẫu đất không gia cố và càng giảm khi hàm lượng xi măng. Như vậy, khi cải tạo đất bằng xi măng thì các đặc trưng cơ học của đất sau cải tạo tăng khi hàm lượng xi măng và thời gian bảo dưỡng tăng.

Ngoài ra, còn một số kết quả nghiên cứu khác: sử dụng cốt vôi – đất xử lý đất

hữu cơ (Ho, 1996), các hố đào sâu ở Đài Loan (Woo, 1991) cũng như một số dự án khác ở Singapore (Broms, 1984) đã mang lại hiệu quả khi gia cố nền đất yếu bằng xi măng [10].

1.1.4.2. Tình hình nghiên cứu và áp dụng ở Việt Nam

Ở Việt Nam, cải tạo đất yếu bằng xi măng và vôi đã được nghiên cứu đầu tiên từ năm 1967 do Bộ môn Đường – Trường Đại học Bách khoa Hà Nội tiến hành. Tuy nhiên, chủ yếu là sử dụng phương pháp cải tạo làm móng đường giao thông. Tiếp đó, Viện Kỹ thuật Giao thông cũng đã nghiên cứu và dừng lại vào năm 1970. Đến năm 1980, với sự hợp tác của Viện Địa Kỹ thuật Thụy Điển [35], Viện Khoa học Kỹ thuật Xây dựng tiến hành nghiên cứu một cách chi tiết hơn với đề tài “*Gia cố nền đất yếu bằng phương pháp cọc đất – vôi, đất - xi măng và cốt thoát nước chế tạo sẵn*”. Đề tài đã được nghiệm thu vào năm 1985. Tuy nhiên, đề tài cũng mới chỉ dừng lại ở phạm vi thực nghiệm, chỉ mới ứng dụng tại một số công trình xây dựng ở Hà Nội, Hải Phòng. Nghiên cứu chủ yếu trình bày về hàm lượng xi măng hợp lý đối với từng loại đất cải tạo đồng thời rút ra một số nhận xét về các yếu tố ảnh hưởng như hàm lượng hữu cơ, cách gia công mẫu.

Hồ Chất (1985) [35] đã có báo cáo kết quả nghiên cứu “*Về khả năng gia cố đất bằng chất kết dính vô cơ trong điều kiện Việt Nam*”. Tác giả đã phân tích khả năng áp dụng phương pháp cho nhiều loại đất khác nhau dựa vào thành phần hạt và một số ảnh hưởng khi áp dụng như loại đất, tỷ lệ chất kết dính, thời gian đông cứng và độ ổn định của đất gia cố. Tại tuyển tập các công trình khoa học kỹ thuật (1984-1993), Nguyễn Tráp đã trình bày “*Nghiên cứu ứng dụng cọc đất – xi măng ở Việt Nam*”. Tác giả đã nghiên cứu trong phòng, tìm lượng xi măng thích hợp để đạt được kết quả gia cố tốt nhất.

Đề tài “*Nghiên cứu giải pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc cát – xi măng- vôi*” [21] năm 2002 do Tạ Đức Thịnh – Trường Đại học Mỏ Địa chất làm chủ nhiệm đã đưa ra được cơ sở lý thuyết của phương pháp luận gia cố cải tạo nền đất yếu bằng cọc cát – xi măng – vôi. Tác giả đã tiến hành thí nghiệm trong phòng với các hàm lượng xi măng là 5; 7,5; 10; 12,5 và 15% khối lượng đất khô và hàm lượng vôi là 5, 7, 9 và 11%. Kết quả thí nghiệm cho thấy, cường độ kháng nén một trục của đất cải tạo tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng và vôi. Tác giả đã áp dụng lý thuyết đàn hồi

trong tính toán nền, xác định mô đun biến dạng của đất nền và cọc có giá trị khác nhau không nhiều nên đã kiến nghị sử dụng lượng xi măng từ 7,5 đến 10% và lượng vôi từ 7 đến 9%. Đề tài đã ứng dụng để xử lý nền đất yếu là bùn sét pha lẫn hữu cơ dày 7,5 m tại móng của khối nhà 3 tầng trường PTTH Tây Thụy Anh tỉnh Thái Bình với hàm lượng xi măng là 9,5% và vôi là 7% so với khối lượng cát khô.

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2002) đã tiến hành nghiên cứu ứng dụng công nghệ Jet-grouting nhằm sửa chữa, chống thấm cho các công trình cống dưới đê. Đến nay, đề tài đã ứng dụng thành công trong việc sửa chữa, xử lý các công trình xảy ra sự cố, mang tính cấp thiết như đê Sơn Tây – Hà Nội, đập Phúc, cống Tắc Giang – Hà Nam, đê sông Trà Lý,... Ngoài ra, công nghệ này cũng ứng dụng để xử lý nền một số hồ móng nhà cao tầng như: trung tâm thương mại chợ Mơ, tòa nhà Phúc Lộc Thọ đường Nguyễn Chí Thanh- Hà Nội, nền đập Khe Ngang...

Tại ĐBSCL đã có một số đề tài nghiên cứu về gia cố nền đất yếu bằng xi măng như:

Đề tài cấp Bộ Nông nghiệp & Phát triển nông thôn “*Nghiên cứu ứng dụng giải pháp xử lý nền móng công trình thủy lợi trên vùng đất yếu Đồng bằng sông Cửu Long bằng cọc đất xi măng trộn sâu*” do Viện Thủy Công chủ trì từ năm 2008 đến 2010, đã ứng dụng công nghệ khoan trộn sâu tại một số cống vùng ĐBSCL trong đó có nghiên cứu thí nghiệm nén tĩnh đầu cọc bằng bàn nén tại hiện trường và lấy mẫu lõi cọc để thí nghiệm trong phòng [43].

Đề tài cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo “*Nghiên cứu đặc tính xây dựng của trầm tích đất loại sét amQ_2^{2-3} phân bố ở ĐBSCL phục vụ gia cố nền bằng các giải pháp làm chặt, có sử dụng chất kết dính vô cơ*” do PGS.TS Đỗ Minh Toàn thực hiện năm 2011, đã nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng ở Trà Vinh, Cần Thơ, Đồng Tháp và Tiền Giang với hàm lượng trộn xi măng từ 3 đến 12% khối lượng đất khô và lượng vôi nghiên cứu từ 6 đến 12%. Kết quả cho thấy, đất được cải tạo bằng xi măng ở cùng hàm lượng có cường độ kháng nén lớn hơn so với đất gia cố bằng vôi, cường độ kháng nén của đất sét pha lớn hơn đất sét và khi cho lượng vôi vào đất lớn hơn 9% thì cường độ mẫu lại giảm [31]. Ngoài ra đề tài cũng đánh giá một số kết quả nghiên cứu về đất nhiễm muối, nhiễm phèn ở Trà Vinh [28]; đánh giá đặc điểm thành phần khoáng hóa của trầm tích đất loại sét (amQ_2^{2-3}) ở ĐBSCL và phân tích

ảnh hưởng đến cải tạo đất bằng vôi và xi măng [30].

Một số dự án đã ứng dụng công nghệ cọc đất xi măng để tiến hành gia cố xử lý nền đất yếu trong khu vực ĐBSCL như: giải pháp xử lý nền bằng cột đất – xi măng – vôi bằng phương pháp trộn khô tại Tổng kho xăng dầu Hậu Giang - Khu Công nghiệp Trà Nóc; xử lý nền bằng cọc đất – xi măng tại sân bay Trà Nóc và đường vào khu Khí Điện Đạm Cà Mau.

Trong nghiên cứu xử lý nền và chống thấm các công trình thủy lợi: Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đã ứng dụng công nghệ khoan phụt cao áp (Jet – grouting) tại cống Sông Cui (Long An); xử lý cho các cống tại dự án Ô Môn – Xà No tại các cống Mương Đường (Cần Thơ), Rạch Gập, Tám Thước, 9500 (Hậu Giang), cống KG2 và Lung Dừa (Cà Mau). Cũng tại dự án này, trong giai đoạn 2 đã xử lý nền 68 cống hở bằng công nghệ JG để thay thế phương án xử lý nền bằng cọc bê tông cốt thép và đã mang lại hiệu quả to lớn về kinh tế so với giải pháp móng cọc bê tông cốt thép.

Tại những dự án này, mới chỉ đưa ra được kết quả thí nghiệm trong phòng và kết quả khoan lấy lõi cọc, với hàm lượng xi măng đảm bảo cường độ thiết kế để có thể thi công đại trà, chưa có những phân tích, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của phương pháp gia cố. Nhìn chung, các dự án xây dựng được xử lý nền đất yếu bằng xi măng ở trong nước đã mang lại hiệu quả nhất định về tiến độ, thời gian thi công, giá thành và hiệu quả kinh tế,... Tuy nhiên, tại một số công trình do trong đất có chứa hàm lượng hữu cơ cao nên giải pháp xử lý còn hạn chế, do đó đã phải tăng thêm khối lượng cọc hoặc tăng hàm lượng xi măng so với khối lượng thiết kế ban đầu.

1.1.4.3. Các nghiên cứu sử dụng chất kết dính vô cơ kết hợp với phụ gia

1.1.4.3.1. Khái niệm về phụ gia trong xây dựng

Phụ gia trong xây dựng được sản xuất với mục đích nhằm nâng cao hiệu quả của chất kết dính, cải thiện kỹ thuật của chất kết dính [12], bao gồm các loại.

- Các phụ gia khoáng hoạt tính là phụ gia có thể kết hợp với Ca(OH)_2 ở nhiệt độ thường, tạo nên các khoáng làm tăng khả năng chịu lực và độ ổn định với nước

cho sản phẩm. Theo nguồn gốc có các phụ gia tự nhiên bao gồm các puzzolan như đá bọt, tro núi lửa...; các phụ gia nhân tạo như xỉ tro bay, xỉ lò cao, tro trấu, gạch đất sét non,...

- Các phụ gia đầy (phụ gia tro) là các phụ gia không có khả năng kết hợp với vôi ở nhiệt độ thường. Tuy nhiên, ở môi trường hơi nước bão hòa có nhiệt độ và áp suất cao, chúng có khả năng kết hợp với Ca(OH)_2 tạo thành các khoáng có khả năng chịu lực và rắn chắc sản phẩm. Các phụ gia đầy có thành phần là cốt liệu mịn, có tác dụng chính là cải tạo thành phần hạt và cấu trúc của đá xi măng. Các phụ gia đầy thường sử dụng là cát thạch anh, đá vôi nghiền mịn hay phụ gia khoáng thiên nhiên khác.

- Các phụ gia hoạt tính bề mặt là các phụ gia có khả năng hoạt tính bề mặt cao, khi chất kết dính thủy hóa, chúng sẽ tạo thành một lớp màng mỏng trên bề mặt chất kết dính làm thay đổi trạng thái bề mặt chất kết dính khi thấm nước, giảm ma sát trượt, tăng độ dẻo của hỗn hợp. Vì vậy, chúng còn được gọi là các chất phụ gia tăng dẻo hoặc siêu dẻo.

Trong cải tạo đất bằng chất kết dính vô cơ, mục đích sử dụng phụ gia nhằm gia tăng hiệu quả của các phương pháp cải tạo, tăng cường độ, giảm tính thấm, tăng tính ổn định,.... Khác với cốt liệu bê tông, cốt liệu xi măng đất đa phần là hạt mịn, có tính phân tán cao, do vậy việc sử dụng các phụ gia hoạt tính hay phụ gia đầy để đạt được mục đích của đất gia cố cần phải có những nghiên cứu để đánh giá.

1.1.4.3.2. Các nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng với phụ gia ở nước ngoài

Hossein Moayedi, Bujang B K Huat thuộc đại học Putra – Malaysia và Sina Kazemian, Đại học Islamic Azad – IRAN [64] đã sử dụng thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3) nồng độ 3mol/l trong ổn định của đất hữu cơ. Kết quả cho thấy cường độ kháng nén (q_u) của đất sau cải tạo tăng 220% so với cường độ kháng nén của đất. Trong khi đó cũng với nồng độ trên và cho thêm 0,1 mol CaCl_2 hoặc $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ thì cường độ kháng nén tăng là 270 %. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, khi tăng lượng mol của CaCl_2 đến 1mol/l thì không ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm nén một trục.

Huie Chen và Qing Wang, thuộc Đại học Tổng hợp Jinlin, Trung Quốc [65],

đã nghiên cứu cải tạo đất hữu cơ sử dụng ba loại phụ gia đông cứng nhanh:

- Sulfat natri – Na_2SO_4 , clorua natri - NaCl và triethanolamin với tỷ lệ tương ứng 2; 0,5 và 0,05% xi măng;
- Tinh thể sulfat calci (CaSO_4) với hàm lượng 2,55 % xi măng;
- Sulfat nhôm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ với hàm lượng sử dụng là 2,55 % xi măng.

Kết quả nghiên cứu được so sánh với đất trộn xi măng tỷ lệ 15% xi măng cho thấy, cường độ nén (q_u) của các mẫu Đ- XM có phụ gia đều tăng so với mẫu Đ- XM không có phụ gia. Cụ thể: Đ +XM+PGĐN, q_u tăng 56,2%; Đ+XM+ CaSO_4 , q_u tăng 63,2% và Đ+XM+ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, q_u tăng 45,6%.

Kết quả nghiên cứu của các tác giả với thí nghiệm cắt trực tiếp cũng cho thấy, góc ma sát trong (φ) và lực dính đơn vị (c) ở các ngày tuổi của các mẫu đất có phụ gia cũng đều lớn hơn so với mẫu đất không có phụ gia. Các tác giả cũng kiến nghị: với đất hữu cơ, khi cải tạo bằng xi măng thì cần xác định hàm lượng hữu cơ có trong đất để từ đó lựa chọn loại phụ gia cho phù hợp.

Roslan Hashim, Md. Shahidul Islam thuộc đại học Malaya - Malaysia đã nghiên cứu thí nghiệm cắt và nén một trục đất tại Klang, Peninsular, Malaysia cách KualaLumpur 35km về phía Tây Bắc [74]. Đất nghiên cứu là than bùn có hàm lượng hữu cơ trên 85%, cải tạo với xi măng hàm lượng 300kg/m^3 , bentonit với tỷ lệ ($X/B=85/15$), cát 25% so với đất và $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ là 4% so với xi măng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cường độ kháng cắt, kháng nén đều tăng lên sau khi gia cố, vi kiến trúc của đất cũng thay đổi, đất có độ chặt cao hơn so với đất chưa gia cố.

Các nghiên cứu về đất trộn xi măng với vôi

Nguyễn Duy Quang, Jin Chun Chai, Takenorihiho, Takehito Negami-Đại học Sa Ga – Nhật Bản (2012) [71] đã nghiên cứu đất bùn nạo vét ở cửa sông vùng Ariake Nhật Bản để làm đất đắp tại chỗ. Đất được gia cố bằng vôi và xi măng với các tỷ lệ là 2, 4, 6, 8 % so với khối lượng thể tích đất khô. Kết quả nghiên cứu cho thấy: cường độ kháng nén một trục $q_u(V) = 10q_u(X)$ với cùng một lượng vôi hoặc xi măng, điều này được giải thích là do giá trị pH của đất trộn vôi cao hơn so với đất trộn xi măng đã làm tăng các phản ứng pozzolanic; với lượng vôi từ 2-8% hoặc xi

măng thì mối quan hệ giữa q_u và phụ gia là phi tuyến, với 2% phụ gia thì cường độ của mẫu đất trộn hầu như không thay đổi so với đất tự nhiên. Các tác giả cho rằng, đó là ảnh hưởng của axit humic có trong đất. Khi tăng hàm lượng phụ gia thì q_u tăng nhanh; khi tăng vôi hoặc xi măng thì chỉ số nén c_c tăng lên, đất gia cố bằng vôi tăng hơn nhiều hơn so với đất gia cố bằng xi măng.

Bujang B.K. Huat, Shukri Maail và Thamer Ahmed Mohamed đại học Putra Malaysia (2005) [62], đã nghiên cứu trong phòng đất bùn nhiệt đới ở một số nơi tại Malaysia trộn với vôi và xi măng. Các tác giả đã sử dụng tỷ lệ xi măng từ 5-15% và vôi từ 5-25%, bằng phương pháp trộn ướt. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi lượng vôi và xi măng tăng lên thì giới hạn chảy (W_L) của hỗn hợp đất trộn giảm, khối lượng thể tích khô tăng, độ ẩm giảm, q_u tăng theo thời gian bảo dưỡng. Tuy nhiên, nếu lượng hữu cơ lớn thì việc cải tạo sẽ không hiệu quả và hiệu quả cải tạo bằng xi măng tốt hơn so với của vôi.

Rajani S.Chandran, Padmakumar G. P.(2009) thuộc Khoa Xây dựng Trường cao đẳng Xây dựng Thiruvananthapuram, Kerala, Ấn Độ [72] đã nghiên cứu cải tạo đất sét yếu kaolinit tại Thonnakal thuộc quận Trivandrum. Đất được trộn với dung dịch $\text{Ca}(\text{OH})_2$ với các nồng độ 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1 và 1,25M và muối CaCl_2 với các hàm lượng 2%; 2,5% và 3%. Mẫu được bảo dưỡng và thí nghiệm nén một trục không hạn chế nở hông ở 7, 14, 28 và 35 ngày. Kết quả cho thấy: sức kháng nén một trục của đất gia cố tăng cùng với sự tăng của nồng độ $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Với nồng độ 1,25 mol và thời gian bảo dưỡng là 28 ngày, cho $q_u = 230 \text{ kPa}$ (tăng 2,5 lần so với mẫu đất không được gia cố); mẫu đất gia cố với nồng độ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ở 1,25 mol và muối CaCl_2 (2,5%) cho kết quả kháng nén cao nhất $q_u = 321 \text{ kPa}$, tăng 3,5 lần so với đất không được gia cố.

Như vậy, các kết quả nghiên cứu của các tác giả trên thế giới đều cho thấy: việc cải tạo đất bằng vôi hoặc vôi có kết hợp với các phụ gia hoạt tính đã mang lại hiệu quả nhất định về đặc tính cơ học của đất sau cải tạo.

Nghiên cứu cải tạo đất với phụ gia (Rovo)

Rovo là phụ gia được nghiên cứu và ứng dụng bởi đại học công nghệ Delft – Hà Lan (Delft University of Technology) trong cải tạo đất phục vụ xử lý nền đường

[73]. Rovo có tác dụng nâng cao độ cứng và cải thiện tính chất của vật liệu trộn xi măng sử dụng trong xây dựng. Rovo làm thay đổi và đẩy mạnh quá trình hydrat hóa xi măng, tăng cường quá trình tinh thể hóa và hình thành cấu trúc dạng sợi trong vật liệu. Nó có thể làm chậm lại hoặc đẩy nhanh quá trình hydrat hóa, và do đó nó được sử dụng như là một biện pháp nhằm tạo được vật liệu có tính chất xây dựng theo yêu cầu.

Các nghiên cứu đã được ứng dụng tại một số nước trên thế giới để cải tạo nền đất yếu trong đó có đất lầy hữu cơ. Tại Croatia và Bungari đã sử dụng phụ gia Rovo cùng với xi măng trong việc xử lý nền đường đất yếu và đã ổn định ngay khi có cả xe tải nặng đi qua và ngập nước. Kết quả áp dụng ở Tabacom – Mexico cho thấy, nền đường rất ổn định khi có nước lũ tràn qua [73].

1.1.4.3.3. Các nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng với phụ gia ở trong nước

Lê Thị Phòng (2005) [20], đã nghiên cứu cải tạo đất sét pha có nguồn gốc bồi tích thuộc hệ tầng Thái Bình (amQ_2^{tb}) phân bố ở Hưng Yên bằng phương pháp trộn vôi với các hàm lượng 2, 4, 6, 8% và phụ gia SA44/LS40 theo tỷ lệ 8,5/1,5, liều lượng phụ gia là 1 lít/6m³ để làm móng áo đường giao thông nông thôn. Kết quả nghiên cứu cho thấy: khả năng đầm chặt của đất có phụ gia lớn hơn đất không có phụ gia; mô đun đàn hồi của mẫu gia cố với hàm lượng vôi 6% có giá trị lớn nhất ở cả hai trường hợp có phụ gia và không có phụ gia. Kết quả nghiên cứu cũng đã ứng dụng thử nghiệm tại đoạn đường Thiện Phiến đi Tiên Lữ và cho thấy, mô đun đàn hồi của đất gia cố khi sử dụng 4% vôi với phụ gia SA44/LS40 tương đương với 6% vôi. Khi hàm lượng vôi lớn hơn 6% thì cường độ mẫu đất gia cố giảm.

Nguyễn Thị Thắm, Đỗ Minh Toàn (2008) [24], đã nghiên cứu đất bằng phương pháp trộn xi măng kết hợp với phụ gia tro trấu của đất sét pha amQ_2^{2-3} ở Cần Thơ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với các hàm lượng Đ+5%XM+5%T; Đ+7%XM; Đ+7%XM+5%T và Đ+7%XM+5%T+2%V thì hàm lượng Đ+7%XM+5%T+2%V cho hiệu quả tốt nhất cả về cường độ kháng nén một trục và mô đun đàn hồi.

Trịnh Thị Huệ (2009) [14] đã nghiên cứu cải tạo đất bùn sét và bùn sét pha nguồn gốc amQ_2 phân bố ở Trà Vinh bằng phương pháp trộn xi măng theo tỷ lệ 3,

6, 9, 12% và vôi với tỷ lệ 6, 9, 12%. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với đất trộn xi măng thì cường độ kháng nén của mẫu tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng và mẫu bùn sét pha có cường độ lớn hơn so với mẫu bùn sét ở cùng tỷ lệ xi măng và ngày tuổi bảo dưỡng (28 ngày). Với mẫu trộn vôi thì cường độ mẫu ở 9% cho giá trị là tối ưu, mẫu ở 12% có giá trị là nhỏ nhất.

Đề tài nghiên cứu cấp Viện Thủy Công (năm 2013) [44] “*Nghiên cứu cải tạo đất yếu (bùn sét hữu cơ) phân bố ở huyện Gò Quao và Giồng Riềng tỉnh Kiên Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia (Vôi), đánh giá khả năng sử dụng chúng trong xây dựng công trình thủy lợi*” đã nghiên cứu cải tạo đất than bùn hóa ở Kiên Giang và cho kết quả: khi hàm lượng xi măng tăng thì cường độ mẫu đất gia cố tăng. Tuy nhiên, theo thời gian bảo dưỡng, cường độ mẫu tăng đến khoảng thời gian từ 28 đến 56 ngày sau đó mẫu có xu hướng suy giảm. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất với phụ gia vôi cho thấy, cường độ mẫu có xu hướng phát triển theo thời gian và lượng vôi thích hợp là 2-4% so với lượng xi măng gia cố.

Các nghiên cứu về cải tạo đất ở ĐBSCL bằng xi măng với phụ gia nêu trên đa phần là các nghiên cứu cải tạo đất bằng phương pháp đầm chặt với mục đích sử dụng để xây dựng các công trình giao thông và mới chỉ tìm gia được hàm lượng tối ưu lượng phụ gia sử dụng, chưa phân tích đánh giá được nhiều đến các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố.

1.2. CÁC NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG ĐẶC TÍNH XÂY DỰNG CỦA ĐẤT ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỐ

1.2.1. Các nghiên cứu về ảnh hưởng của đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố trên thế giới

1.2.1.1. Ảnh hưởng của thành phần hạt

Thành phần hạt có vai trò quan trọng trong cải tạo đất bằng xi măng. Tại Anh [2], đã quy định nghiêm ngặt thành phần cấp phối hạt của đất cần gia cố theo chỉ tiêu không đồng nhất. Đất được xem là thích hợp nhất cho việc xử lý nền bằng xi măng phải có hệ số không đồng nhất:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 10$$

Trong đó: d_{60} và d_{10} - đường kính hạt khi hàm lượng % tích lũy của nó tương

ứng là 60% và 10%.

Theo V.M. Bezruk và A.S. Elenovich (1969) phân ra 4 nhóm đất theo mức độ thuận lợi cho việc gia cố bằng xi măng như sau [2]:

Nhóm 1: thuận lợi nhất gồm hỗn hợp cát, sạn sỏi, đá dăm-cát hay cát-sét có thành phần hạt tối ưu;

Nhóm 2: thuận lợi gồm cát có cấp phối hạt khác nhau, cát pha và sét pha có $I_p \leq 17$;

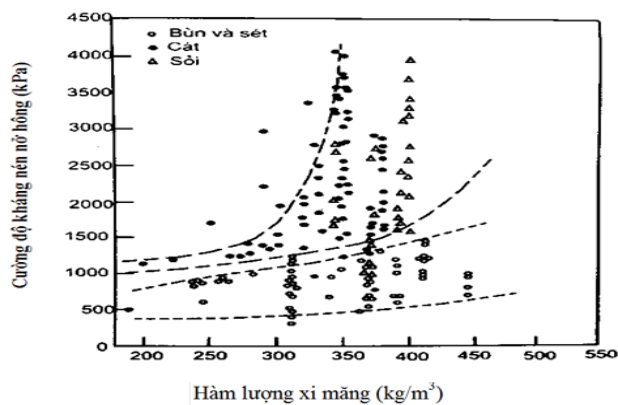
Nhóm 3: ít thuận lợi sét pha và sét bụi;

Nhóm 4: không thuận lợi là sét có $I_p > 27$.

Kaki và Yang (1991) [10], đã nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần hạt đến chất lượng đất gia cố và cho thấy rằng đất có hàm lượng hạt thô tăng thì cường độ tăng và đất có hàm lượng hạt mịn tăng thì cường độ đất gia cố nhỏ hơn (hình 1.1).

Theo Bell (1993) nếu trong đất có hàm lượng hạt sét tăng thì lượng xi măng yêu cầu cũng tăng. Sở dĩ như vậy là vì tỷ bề mặt của các hạt sét lớn lên, lượng chất kết dính phải tăng.

Như vậy, thành phần hạt của đất có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng đất gia cố. Khi đất chứa hàm lượng nhóm hạt thô cao thì cường độ kháng nén cao và ngược lại trong đất chứa hàm lượng nhóm hạt mịn cao thì cường độ đất gia cố thấp.



Hình 1.1: Ảnh hưởng của thành phần hạt đến cường độ đất gia cố [10], [17]

1.2.1.2. Ảnh hưởng của hàm lượng muối

Các nhà khoa học Samoilov. T.G, Bezruk. V.M.,... đã chỉ ra rằng [2]:

Các muối clorua (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2) trong đất chiếm hàm lượng $<5\%$ thường có ảnh hưởng tốt; $5\div 10\%$ sẽ làm giảm ít độ bền của đất – xi măng; muối cacbonat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,5\div 1\%$) không gây ảnh hưởng xấu đến việc gia cố đất bằng xi măng; muối sulfat natri (Na_2SO_4) $<1\%$ sẽ làm tăng nhanh các quá trình hydrat hóa xi măng, khi

$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1\div 3\%$, vẫn có thể dùng xi măng để gia cố và cường độ của đất xi măng vẫn đảm bảo. Khi trong đất có chứa lượng $\text{Na}_2\text{SO}_4 > 3\%$, phương pháp gia cố này không hiệu quả. Muối NaCl có vai trò như chất xúc tác và các ion Cl^- , Na^+ , Mg^+ có thể làm tăng nhanh phản ứng puzolan. Kết quả nghiên cứu của Ariizumi về ảnh hưởng của hàm lượng muối NaCl với đất khi cải tạo bằng vôi cho thấy, với hàm lượng muối 3% cho giá trị cường độ kháng nén là tốt nhất [8].

Các muối cacbonat ở bất kỳ dạng nào đều có ảnh hưởng tốt đến chất lượng đất gia cố. Sự có mặt của muối này trong đất sẽ làm giảm đáng kể tác dụng xấu của các muối dễ hòa tan đặc biệt là Na_2SO_4 [2], [21].

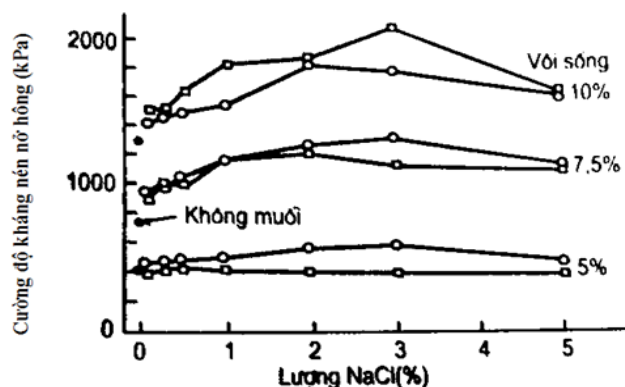
Theo Smith (1962) [10], hàm lượng muối có trong đất, đặc biệt là muối sulfat có thể ngăn cản quá trình hydrat hóa của xi măng. Tác giả đã đưa ra biện pháp xử lý đất nhiễm muối bằng cách tăng hàm lượng xi măng.

Nghiên cứu của Mohd Yunus. N. Z; Wanatowski . D và Stace. L. R (2012) [69] cho thấy, với đất hữu cơ cải tạo bằng 5% vôi có xét đến ảnh hưởng của hàm lượng axit humic cho thêm vào. Kết quả cho thấy khi thêm một lượng nhỏ muối (0,5% NaCl và 0,5% CaCl_2) vào trong đất đã khắc phục được tình trạng cường độ mẫu suy giảm theo thời gian.

Như vậy, hàm lượng muối có trong đất hoặc khi cải tạo cho thêm một lượng muối có ảnh hưởng khá lớn đến chất lượng đất gia cố, muối clorua có ảnh hưởng tích cực đồng thời có thể là chất phụ gia để chống lại sự suy giảm cường độ của đất chứa nhiều hữu cơ.

1.2.1.3. Ảnh hưởng của khoáng vật

Loại khoáng vật có trong đất cũng ảnh hưởng lớn đến chất lượng đất gia cố.



Hình 1.2: Hiệu quả của muối NaCl với cải tạo đất bằng vôi (theo Ariizumi) [13]

Theo Samoilov. V.G (1950), Bezruk. V. M và Liubimova. T. IU (1956-1959) đã phân ra 4 nhóm [2]:

- Thuận lợi nhất: bao gồm nhóm các khoáng vật sét như kaolinit, thạch anh (hàm lượng nhóm hạt sét $\leq 10\div 15\%$);
- Thuận lợi: gồm chủ yếu là kaolinit có thêm calcit và hydromica với hàm lượng không lớn
- Ít thuận lợi: nhóm khoáng vật montmorilonit và hydromica chiếm ưu thế (hàm lượng nhóm hạt sét từ $30\div 40\%$);
- Không thuận lợi: thành phần khoáng vật chủ yếu là các nhóm montmorilonit và hydromica (nhóm hạt sét $>40\%$).

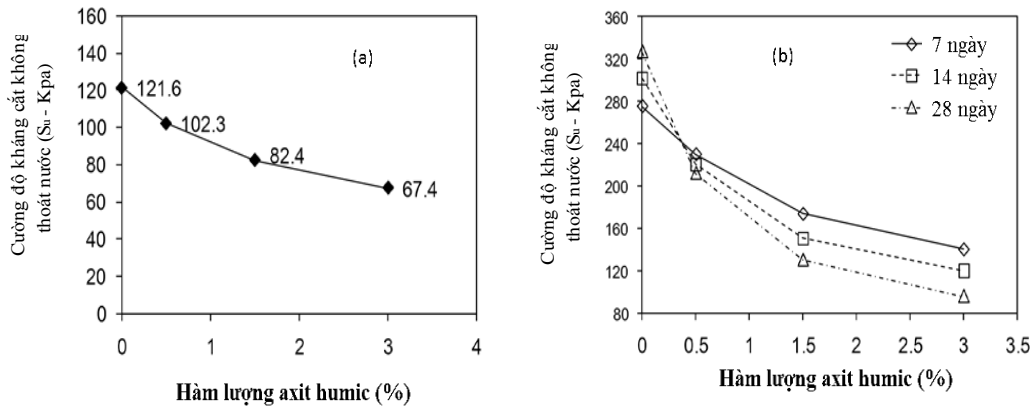
Theo Hilt và Saridson (1965); Wissa và nnk (1965) khoáng vật montmorilonit phản ứng dễ dàng hơn illit do tinh thể có cấu tạo đơn giản; Hilt và Saridson (1965) đã chỉ ra rằng các đất có chứa montmorilonit và kaolinit ảnh hưởng đến phản ứng puzolan mạnh hơn đất có chứa ilit [10].

1.2.1.4. Ảnh hưởng của vật chất hữu cơ

Vật chất hữu cơ có trong đất luôn ảnh hưởng xấu đến chất lượng đất gia cố vì vật chất hữu cơ tạo ra môi trường axit đồng thời chúng có khả năng hấp phụ lớn, làm giảm lượng Ca^{2+} do xi măng thủy hóa ra, biến môi trường thành môi trường axit, ảnh hưởng xấu tới quá trình cải tạo đất [21].

Mohd Yunus. N. Z; Wanatowski. D và Stace. L. R [69], [70] đã nghiên cứu ảnh hưởng của axit humic bằng cách cho vào trong sét hữu cơ gia cố vôi với tỷ lệ 0,5%; 1,5% và 3% và lượng vôi là 5%, 8%, 10% và 15% và so sánh với đất 0% axit humic. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giới hạn chảy của đất giảm, giới hạn dẻo tăng khi tăng hàm lượng axit humic. Cường độ kháng nén của đất trộn vôi tối ưu là 5%, khi hàm lượng vôi lớn hơn 5% thì cường độ giảm. Tuy nhiên, cường độ kháng nén của đất không thêm axit humic thì tăng còn mẫu có axit humic lại giảm theo thời gian bảo dưỡng, lượng giảm từ 7 so với 90 ngày là 7,8%; 25,1% và 31,7% tương ứng với đất sét có hàm lượng axit humic là 0,5%; 1,5% và 3%. Như vậy việc cải tạo đất bằng vôi đối với đất có hàm lượng axit humic cao là không hiệu quả. Nghiên cứu vi cấu trúc của các mẫu đất gia cố trên kính hiển vi cho thấy, với các mẫu có hàm lượng axit humic cao hơn thì khoảng trống giữa các hạt đất ninh kết là lớn hơn, điều này chứng minh được rằng khi hàm lượng axit humic có trong đất tăng thì cường độ đất gia cố giảm.

Như vậy có thể thấy rằng, khi hàm lượng hữu cơ có trong đất tăng lên (lượng axit humic tăng) thì cường độ kháng nén của mẫu giảm (hình 1.3).

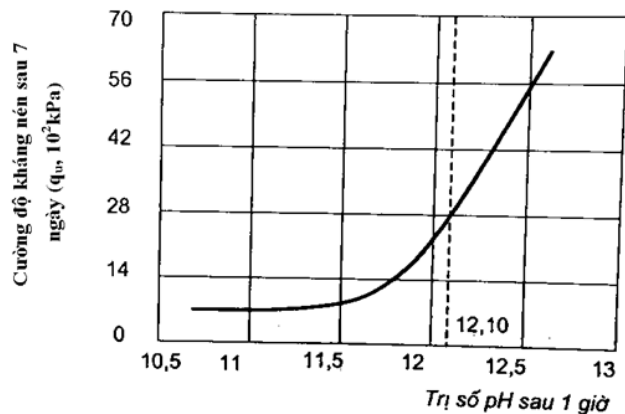


Hình 1.3: Ảnh hưởng của hàm lượng hữu cơ (axit humic) có trong đất đến cường độ kháng cắt đất gia cố [70]

Hình 1.3 cho thấy, cường độ kháng nén của mẫu giảm khi lượng axit humic tăng (a); cường độ mẫu suy giảm theo thời gian bảo dưỡng và khi hàm lượng axit humic tăng lên thì tỷ lệ suy giảm cường độ giữa 7, 14 và 28 ngày càng lớn (b).

1.2.1.5. Ảnh hưởng của pH môi trường

Các kết quả nghiên cứu cho thấy khi $pH < 7$ luôn có ảnh hưởng xấu đến quá trình gắn kết và đông cứng của đất gia cố [2]; khi $pH > 7$ sẽ làm tăng quá trình thành tạo các liên kết kiến trúc ổn định hơn, tạo lực dính và kiến trúc trong đất – xi măng. Bezruk. V. M (1971) đã nghiên cứu đất



Hình 1.4: Ảnh hưởng của pH đến cường độ kháng nén của đất – xi măng [2]

gia cố xi măng ở Anh và chỉ ra rằng, khi $pH < 12,1$ có ảnh hưởng xấu đến quá trình đông cứng của đất – xi măng. Bằng nghiên cứu thực nghiệm ở Thụy sỹ, đã xác định được mối quan hệ giữa độ bền của đất – xi măng với trị số pH gần như tuyến tính (hình 1.4).

Sina Kazemian, Bujang B. K. Huat, Arun Prasad và Maassoumeh Barghchi

(2011) [75] đã nghiên cứu hiệu quả của môi trường pH đến ổn định của cải tạo than bùn ở khu vực Đông Nam Kuala Lumpur, Malaysia. Đất được nghiên cứu với xi măng hàm lượng 250 kg/m^3 , trộn với xỉ theo tỷ lệ xi măng 60%, xỉ 40%. Các tác giả đã nghiên cứu bằng cách tạo môi trường pH khác nhau (3, 5, 7, 10 và 12). Kết quả cho thấy, với mẫu bảo dưỡng trong môi trường pH = 3÷5 cường độ kháng nén của mẫu (q_u) giảm là 13, 17 và 23% tương ứng với các tỷ lệ xi măng là 10, 15 và 20% khi nén ở 90 ngày so với 15 ngày bảo dưỡng. Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của các tác giả Kazemian và nnk (2009) và cho rằng, khi pH = 3÷5 sẽ ức chế quá trình hydrat hóa và phản ứng puzolanic. Theo Trembley và nnk (2002), Chen và Wang (2006) và Kazemian và nnk (2010) khi pH < 9 sẽ làm giảm quá trình hydrat hóa, với môi trường pH = 10÷12, sức kháng cắt của mẫu đất gia cố tăng đáng kể theo thời gian bảo dưỡng và mẫu đất có xỉ tăng nhiều hơn so với mẫu đất không có xỉ.

Như vậy, môi trường pH có ảnh hưởng lớn đến chất lượng đất gia cố bằng xi măng, khi pH thấp sẽ làm cản trở quá trình thủy hóa xi măng và các phản ứng puzolanic, khi pH = 12÷13 thuận lợi cho quá trình đông cứng xi măng [21].

1.2.2. Các nghiên cứu ảnh hưởng đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố ở Việt Nam

Đỗ Minh Toàn (1993) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các vật chất hữu cơ và muối dễ hòa tan có trong đất đến hiệu quả phương pháp cải tạo [25], [27], tác giả đã nghiên cứu hàm lượng muối dễ hòa tan trong đất và định hướng việc cải tạo đất sét mbQ_2^3 phân bố ở ven biển Bắc bộ bằng phương pháp trộn xi măng cải tạo nông và sâu ở trong phòng [32].

Phạm Minh Tuấn (2001) [35] đã nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng hữu cơ đến khả năng cải tạo đất yếu bằng xi măng của đất sét yếu lẫn hữu cơ thuộc hệ tầng Thái Bình và Hải Hưng ở Hà Nội. Tác giả đã nghiên cứu thí nghiệm trong phòng với mẫu đất có hàm lượng hữu cơ là 4,1; 4,2; 6,2; 8,4 và 15% được gia cố với các hàm lượng xi măng là 5, 10, 15, 20 và 25%. Kết quả thí nghiệm ở 56 ngày tuổi cho thấy, khi hàm lượng hữu cơ tăng thì cường độ mẫu giảm, $q_u^{56} = (1,84 \div 4,8) q_u^7$.

Đậu Văn Ngọ (2008) đưa ra kết quả nghiên cứu về cường độ kháng nén của mẫu đất gia cố tại dự án Đại lộ Đông Tây – Thành phố Hồ Chí Minh [17], tác giả đã phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ đất xi măng dựa trên cơ sở lý thuyết

của các tác trên thế giới và kết quả thí nghiệm mẫu trong phòng của dự án này.

Nguyễn Thị Thu Quỳnh (2010) [22], đã nghiên cứu cải tạo đất ở khu vực phía nam tỉnh Cà Mau bằng xi măng với hàm lượng 5, 7, 10, 13, 16% trên đất chế bị với các hàm lượng muối là 0,6; 1,0; 1,5 và 2%. Kết quả nghiên cứu cho thấy: khi hàm lượng xi măng càng tăng thì cường độ mẫu tăng; với cùng một hàm lượng xi măng, khi hàm lượng muối tăng thì cường độ mẫu giảm. Nghiên cứu ảnh hưởng của phèn nhôm cũng cho thấy, khi lượng phèn trong đất tăng (pH nhỏ) thì cường độ mẫu đất gia cố giảm.

Nguyễn Thị Nụ, Đỗ Minh Toàn (2010) [18], đã nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng muối đến khả năng gia cố đất bùn sét ở Tiền Giang và Sóc Trăng. Mẫu được gia cố với các hàm lượng xi măng là 9, 12 và 16% và hàm lượng muối là 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 và 1%. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi hàm lượng muối tăng thì q_u giảm, với hàm lượng muối ít từ 0,2 đến 0,8% thì q_u giảm không nhiều, khi hàm lượng muối tăng đến 1% thì q_u giảm mạnh. Các tác giả cũng đã nghiên cứu đặc điểm thành phần hóa học, khoáng vật của đất bùn sét và bùn sét pha nguồn gốc amQ_2^{2-3} ở ĐBSCL từ đó phân tích, đánh giá sơ bộ về khả năng cải tạo đất bằng xi măng [30].

Như vậy: các kết quả nghiên cứu của các tác giả ở trong nước mới chỉ nghiên cứu ảnh hưởng của HLHC ở mức độ HLHC có trong đất là ít (<15%) và nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng muối bằng cách chế bị các nồng độ muối khác nhau trên một loại đất.

1.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

1. Đất yếu đã được cải tạo bằng xi măng từ những năm 1960 của thế kỷ trước ở các nước trên thế giới. Đến nay, đã có nhiều nghiên cứu về giải pháp công nghệ và thiết bị thi công như trộn sâu, trộn nông, trộn khô, trộn ướt,... Các công nghệ này phát triển khá mạnh mẽ ở Thụy Điển, Phần Lan, Nhật Bản, Trung Quốc. Hàng năm, các nước này đã sử dụng hàng triệu m^3 xi măng để xử lý nền. Việc cải tạo đất bằng xi măng đã mang lại hiệu quả về cường độ của đất gia cố, giảm tính thấm, tăng tính ổn định... Các nghiên cứu cải tạo đất với phụ gia chủ yếu được thực hiện với đất lẫn hữu cơ hoặc than bùn hóa. Các phụ gia được sử dụng như vôi, thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3), $CaCl_2$,...

2. Tại Việt Nam: công nghệ xử lý nền đất yếu bằng xi măng đã được nghiên cứu từ năm 1967 đến những năm 1980 của thế kỷ trước. Tuy nhiên, đến đầu những năm 2000 mới triển khai ứng dụng tại một số dự án ngành giao thông, thủy lợi, xây dựng... Đến nay đã ứng dụng được một số dự án thi công với công nghệ trộn khô (DM) và trộn ướt (JG).

3. Vùng ĐBSCL nền đất yếu được xử lý bằng xi măng tại một số dự án đã mang lại những hiệu quả nhất định về kinh tế so với những giải pháp khác như: giảm giá thành, thi công nhanh. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu cải tạo đất còn một số hạn chế:

- Các kết quả nghiên cứu chủ yếu là lấy mẫu thí nghiệm nhằm đánh giá cường độ ở từng dự án đơn lẻ;

- Các kết quả được nghiên cứu trong phòng chủ yếu được sử dụng phương pháp làm chặt cơ học, một số nghiên cứu được tiến hành với các phụ gia như tro trấu, vôi và đã xác định được hàm lượng tối ưu của phụ gia và xi măng;

- Chưa có nghiên cứu nào về cải tạo đất chứa nhiều hữu cơ (than bùn hóa);

- Các nghiên cứu chưa phân tích, đánh giá một cách toàn diện các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố, đặc biệt là các đặc điểm về thành phần của đất như thành phần hạt, khoáng vật, hóa học, hàm lượng hữu cơ, pH môi trường, khả năng trao đổi các cation của đất,.....

- Chưa có nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của các loại xi măng khác nhau cũng như quan hệ giữa cường độ kháng nén trong phòng và ngoài trời, quan hệ giữa các ngày tuổi...;

Vì vậy, hiệu quả của phương pháp cải tạo đất bằng xi măng ở trong vùng là chưa cao, có dự án đã phải thay đổi hàm lượng xi măng, thay loại xi măng, tăng hàm lượng cọc dẫn đến việc thi công chậm tiến độ, phải xử lý sự cố,.... Do vậy, đề tài chọn hướng nghiên cứu ảnh hưởng của các đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố bằng xi măng và đề xuất biện pháp nhằm nâng cao hiệu quả của phương pháp là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, có tính thời sự cao.

CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

2.1. QUÁ TRÌNH THÀNH TẠO TRẦM TÍCH ĐẤT LOẠI SÉT VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Đặc tính xây dựng của đất được hình thành do nguồn gốc, quá trình hình thành và lắng đọng trầm tích. Để có thể đánh giá một cách đúng đắn về hiện tượng cũng như dự báo những quy luật biến đổi tính chất xây dựng của đất, khi nghiên cứu cần lưu ý đến sự hình thành các trầm tích, đặc điểm tồn tại của chúng (địa hình, địa chất, địa chất thủy văn, cấu trúc, kiến tạo,...). Chính vì vậy, trong chương này, NCS trình bày tóm tắt về lịch sử phát triển địa chất Đệ Tứ, đặc điểm địa tầng và đặc điểm phân bố của trầm tích đất loại sét yếu tại vùng ĐBSCL.

2.1.1. Sơ lược lịch sử phát triển địa chất Đệ Tứ tại khu vực ĐBSCL

Lịch sử phát triển địa chất Đệ Tứ ở Việt Nam được các nhà nghiên cứu xác định liên quan đến các pha biển lùi và biển tiến [8], các chu kỳ trầm tích được phân biệt nhờ sự lặp lại thành phần độ hạt và môi trường trầm tích. Phần thấp của mỗi chu kỳ có thành phần hạt thô là chủ yếu thuộc tương lục địa ứng với lúc biển lùi xa nhất. Ngược lại, phần cao nhất của mỗi chu kỳ có thành phần hạt mịn là chủ yếu thuộc tương biển hoặc sông - biển hỗn hợp. Dựa vào các đặc điểm trên, các chu kỳ trầm tích Đệ Tứ được chia thành các phân vị địa tầng.

2.1.1.1. Giai đoạn thành tạo trầm tích Pleistocen hạ (Q_1)

Giai đoạn thành tạo này tương đương với chu kỳ băng hà Wurm, có tuổi tuyệt đối khoảng 1,6 triệu năm. Giai đoạn này chủ yếu thành tạo các trầm tích hạt thô như cuội sỏi nhỏ, cát sạn... Do ảnh hưởng của băng hà Wurm và có sự nâng lên đáng kể của các vùng rìa đồng bằng do chuyển động nâng hạ khối tảng, đã tạo nên các bồn sụt và khối nâng tương phản, tiếp đến là các trận mưa lũ lớn đã lôi cuốn toàn bộ các sản phẩm phong hóa vật lý xuống các bồn trũng. Bề dày trầm tích hạt thô từ 10-15m, lượng cuội sạn khoảng 13,8%. Đợt biển tiến này đã để lại một thực thể trầm tích kiểu châu thổ và vũng vịnh ở ĐBSCL.

Giai đoạn biển tiến là thời kỳ băng tan, khí hậu ẩm áp, trong vùng xuất hiện

dạng khí hậu nóng ẩm với quá trình phong hóa hóa học phát triển mạnh, tạo khoáng vật sét mang đến lắng đọng ở các bồn trầm tích thuộc đợt biển tiến Q_1 . Tuy nhiên, tỷ lệ sét vẫn nhỏ, tương sét bột châu thổ và vũng vịnh không quá 5 m chiều dày.

2.1.1.2. Giai đoạn thành tạo trầm tích Pleistocen trung –thượng, phần dưới (Q_1^{1-2})

Đầu giai đoạn Pleistocen trung xuất hiện một pha biển lùi thứ hai ứng với thời băng hà Midel (khoảng 700 nghìn năm). Trên lãnh thổ Việt Nam xảy ra một pha nâng mạnh ở vùng rìa đồng bằng. Các dòng chảy có năng lượng lớn xuất hiện nhiều hơn đổ vào các đồng bằng giữa núi và trước núi, lượng cuội sạn (thạch anh) tăng lên, độ chọn lọc và độ mài tròn kém do xuất hiện nhiều tướng proluvi. Đồng bằng sông Cửu Long cũng như các đồng bằng khác được tích tụ một tầng cuội, sạn, cát dày 10-80m, các tầng này được tạo nên do hoạt động hàng loạt của các con sông ngắn và dốc bắt nguồn từ vùng xâm thực ở phía đông dãy Trường Sơn. Giai đoạn này, phong hóa vật lý thống trị và nguồn cát do sông mang đến phân bố trên toàn bộ đới ven bờ và cả đới ngoài của thềm lục địa. Các lát mỏng thạch học mài từ cát bờ rời cho biết, các hạt tinh thể plagioclas còn rất tươi và sắc nét tương tự như trong giai đoạn biển lùi đầu Pleistocen hạ, điều này có nghĩa là khí hậu lạnh hơn. Vào cuối giai đoạn này, các thành tạo trầm tích chứa lượng bột, sét tăng lên. Trong khu vực ĐBSCL, lượng bột sét chiếm đến 60% và xuất hiện trầm tích biển thuộc tương sét vũng vịnh, sét bột sông biển hỗn hợp. Các tướng này chứng tỏ đã xuất hiện một pha biển tiến rộng khắp trong khu vực tạo thành kiểu tương trầm tích vũng vịnh lớn phủ trên đồng bằng aluvi bị chìm ngập có địa hình dốc dần ra biển.

2.1.1.3. Giai đoạn thành tạo trầm tích Pleistocen thượng, phần trên (Q_1^2)

Vào đầu Q_1^2 , các khu vực đồng bằng ở Việt Nam trong đó có ĐBSCL phát triển các tướng cát sạn aluvi phủ trên sét bột loang lổ của tầng dưới chứng tỏ đây là một giai đoạn biển lùi, gián đoạn trầm tích, khí hậu có chế độ ẩm, khô - ẩm xen kẽ nhau, nước ngầm lên xuống gây phong hóa thấm đọng. Giai đoạn này tương đương với giai đoạn băng hà Riss (khoảng 125 nghìn năm), địa tầng có sự xuất hiện tương cát sạn lòng sông, phân lớp xiên chéo.

Vào cuối Q_1^2 có sự xuất hiện của biển tiến với các tướng sét bột vũng vịnh

lớn, thành phần sét và các chỉ tiêu địa hóa môi trường (pH, Kt) đã chứng minh đây là môi trường biển vịnh điển hình. Trong pha biển tiến Q_1^2 ở ĐBSCL lại một lần nữa lại chìm ngập dưới biển vịnh rộng lớn, đáy vịnh nghiêng thoải ra phía biển và được phủ một tập sét bột vũng vịnh có bề dày tăng dần về phía biển. Nét đặc trưng của bề mặt trầm tích Q_1^2 là có màu loang lổ đã chứng minh cho một thời biển lùi vào cuối Pleistocen thượng, phần trên (thời kỳ băng hà Wurm, 20.000 năm).

2.1.1.4. Giai đoạn thành tạo trầm tích Holocen hạ – trung (Q_2^{1-2})

Giai đoạn này có tuổi tuyệt đối từ 10.000 năm đến 4.500 năm với các trầm tích là cát trắng và than bùn xuất hiện trước và sau biển tiến Holocen trung. Môi trường trầm tích tạo than bùn chủ yếu có chế độ khử và rửa cát trắng theo cơ chế hóa học sau khi đã được làm sạch trong môi trường có động lực sóng mạnh. Với tầng sét xám xanh, tương vũng vịnh phổ biến ở khắp các bồn trầm tích Đệ Tứ. Trong khu vực nghiên cứu, trầm tích Holocen hạ – trung được đặc trưng bởi hai phức hệ tương cộng sinh theo thời gian và không gian. Phức hệ trầm tích thứ nhất gồm cát bột tương delta và sét bột giàu mùn thực vật và các vỉa than bùn. Phức hệ thứ hai phủ trực tiếp lên phức hệ thứ nhất bao gồm sét xám xanh, tương vũng vịnh.

Giai đoạn biển tiến cực đại trong Holocen trung đã để lại dấu ấn đậm nét của một đường bờ cổ ven rìa các đồng bằng ven biển thể hiện qua các trầm tích như than bùn ven rìa tương đầm lầy ven biển, tầng sét xám xanh tương vũng vịnh chứa Foraminifera ở ĐBSCL.

Quy luật phân bố các thành tạo trầm tích Holocen ở ĐBSCL giai đoạn này gồm:

- Trầm tích sét xám xanh dày 1-2m phân bố hầu hết trên diện tích đồng bằng ở độ cao từ 2m trở xuống, các khoáng vật sét bao gồm hydromica, kaolinit, clorit và montmorilonit đặc trưng cho tương vũng vịnh;

- Trầm tích sét xám xanh có bề dày mỏng dần về phía địa hình cao nói trên và phủ trực tiếp lên phức hệ trầm tích bùn sét pha cát giàu mùn hữu cơ tương đầm lầy ven biển trước biển tiến cực đại;

- Đới đường bờ cổ phân bố thành một vành đai than bùn thuộc tương đầm lầy ven biển và tương lạch triều kiểu màng nhện. Phân tích tuổi tuyệt đối C^{14} trong than

bùn giai đoạn bắt đầu biển lùi cho thấy: ở Cao Lãnh – Đồng Tháp là 4500 năm và ở Kiên Giang là 3400 năm.

2.1.1.5. Giai đoạn thành tạo trầm tích Holocen trung – thượng (Q_2^{2-3})

Thời kỳ này bắt đầu từ sau biển tiến Flandrian (4500 năm) và là pha biển lùi. Trong giai đoạn này có sự biến động nhanh chóng của các cảnh quan trầm tích dẫn đến sự chuyển tương liên tục từ biển sang lục địa đồng thời với quá trình dịch chuyển từ đường bờ ra biển. Các giồng cát được hình thành từ trong ra biển có tuổi trẻ dần từ 3500-4000 năm ở Cao Lãnh đến 1000 năm ở đới ven biển hiện đại. Quá trình hình thành bán đảo Cà Mau trong Holocen trung – thượng xảy ra chủ yếu là vật liệu trầm tích của sông Cửu Long mang tới do các dòng biển ven bờ sau đó được bồi tụ do, quá trình nổi các cồn cát biển Đông và bồi tụ tăng trưởng theo cơ chế phân dị ngược bởi sóng dồn đẩy vật liệu mịn từ ngoài khơi vịnh Thái Lan vào bờ.

Trong pha biển tiến hiện đại (khoảng 1000 năm trở lại đây), tốc độ bồi tụ trầm tích Đệ Tứ từ 1-2mm/năm, ở ven biển liên tục bị biến động theo hai hướng bồi tụ và xói lở, khu vực bờ biển phía tây bán đảo Cà Mau đang được bồi tụ mạnh.

2.1.2. Địa tầng trầm tích Đệ Tứ khu vực ĐBSCL

Theo tài liệu nghiên cứu của Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam (2000) [8], dựa vào sự phân tích các quá trình tiến hóa trầm tích, các phức hệ hóa thạch, bề dày trầm tích, lịch sử phát triển của từng vùng, các Nhà khoa học đã phân chia trầm tích Đệ Tứ trên lãnh thổ Việt Nam thành bốn vùng trong đó vùng 4 là ĐBSCL. Trước đây, tại khu vực Nam bộ, các Nhà Địa chất trầm tích phân chia địa tầng trong các bản đồ được thành lập theo nguyên tắc “Thạch địa tầng” do đó với một số trầm tích có cùng tuổi, cùng nguồn gốc nhưng được xếp vào các phân vị địa tầng khác nhau. Trong những năm gần đây, các tờ Bản đồ địa chất trong khu vực và các nghiên cứu về trầm tích đã được thống nhất nghiên cứu và phân chia theo nguyên tắc tuổi và nguồn gốc. Theo đó, trầm tích Đệ Tứ ở Việt Nam được phân chia thành 11 kiểu nguồn gốc và 5 phụ thống với các khoảng tuổi.

Về nguồn gốc bao gồm các trầm tích:

- Sông - lũ (*ap*);
- Sông (*a*);
- Hỗn hợp sông - biển (*am*);
- Hỗn hợp sông - đầm lầy (*ab*);
- Hỗn hợp sông- hồ - đầm lầy (*alb*);
- Hỗn hợp sông - biển - đầm lầy (*amb*);
- Biển (*m*);
- Hỗn hợp biển - đầm lầy (*mb*);
- Đầm lầy- biển (*bm*);
- Biển - gió (*mv*);
- Sông, lũ, biển không phân chia (*a, p, mQ*).

Về tuổi: bao gồm các phụ thống

- Pleistocen sớm (Q_1);
- Pleistocen giữa - muộn, phần dưới (Q_1^1);
- Pleistocen muộn, phần trên (Q_1^2);
- Holocen sớm - giữa (Q_2^{1-2});
- Holocen giữa - muộn (Q_2^{2-3}).

Do quá trình lắng đọng trầm tích, chịu tác động của nhiều yếu tố như dòng chảy của sông, quá trình biển tiến, biển thoái, các hiện tượng xâm thực, xói lở, tích tụ... mà các trầm tích trẻ Holocen vùng ĐBSCL phân bố khá phức tạp, đan xen nhau. Các trầm tích có đặc điểm:

- Theo tuổi và nguồn gốc, trầm tích càng cổ thì thành phần hạt của chúng càng thô và ngược lại. Càng gần phía trên bề mặt phân bố trầm tích đất loại sét, ít khi gặp đất rời.

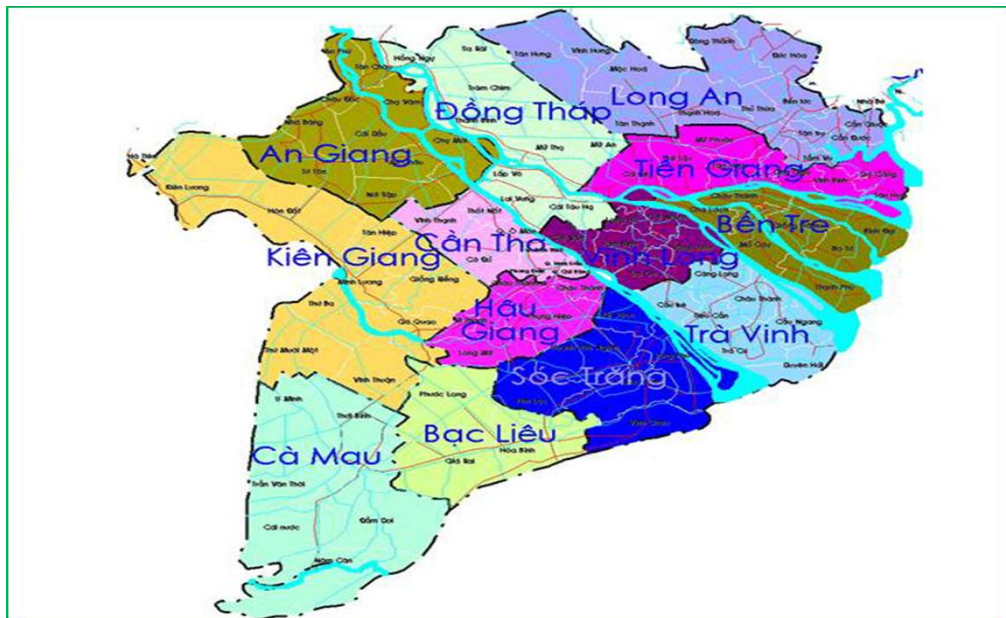
- Trong cùng một tuổi, các trầm tích sông thường chứa nhiều thành phần hạt thô như cuội sỏi, cát và sét còn trầm tích biển chủ yếu là nhóm hạt cát và sét, trầm tích biển Pleistocen có chứa ít hạt sỏi sạn.

- Trên bề mặt ĐBSCL, các trầm tích đất loại sét, chủ yếu là sét, sét pha, bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha. Đây là các trầm tích hiện đại, trẻ nhất có tuổi Holocen, nguồn gốc sông–biển (amQ_2^{2-3}). Ngoài ra, còn một số trầm tích khác phân bố rải rác

như sông (aQ_2^{2-3}), sông-đầm lầy (abQ_2^{2-3}), sông-biển-đầm lầy ($ambQ_2^{2-3}$),.... Đây là các trầm tích trẻ, thuộc loại đất yếu liên quan trực tiếp đến các dạng công trình xây dựng khác nhau. Đất có thành phần phức tạp, trong đất thường chứa hữu cơ, vôi sò, vôi hén, nhiều nơi đất bị nhiễm muối, nhiễm phèn. Chính vì vậy, khi xây dựng công trình cần có biện pháp xử lý nền. Đây cũng là đối tượng chính để tác giả luận án tập trung nghiên cứu.

2.2. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

2.2.1. Vị trí địa lý



Hình 2.1: Bản đồ vị trí vùng ĐBSCL (nguồn: <https://www.google.com>)

Đồng bằng sông Cửu Long là phần cuối giáp biển của đồng bằng châu thổ sông Mê Kông, được giới hạn bởi vịnh Thái Lan ở phía Tây Nam, biển Đông ở phía Nam và Đông Nam, sông Vàm Cỏ ở phía Bắc và Đông Bắc [39]. ĐBSCL bao gồm toàn bộ hay một phần địa phận các tỉnh: Long An, Đồng Tháp, An Giang, Tiền Giang, Bến Tre, Vĩnh Long, Trà Vinh, Hậu Giang, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Kiên Giang, Cà Mau, thành phố Cần Thơ (hình 2.1).

ĐBSCL vốn là một miền trũng Kainozoi Mê Kông, được lấp đầy chủ yếu bằng các trầm tích hỗn hợp sông - biển. Ngoài ra, còn có các trầm tích có nguồn gốc khác

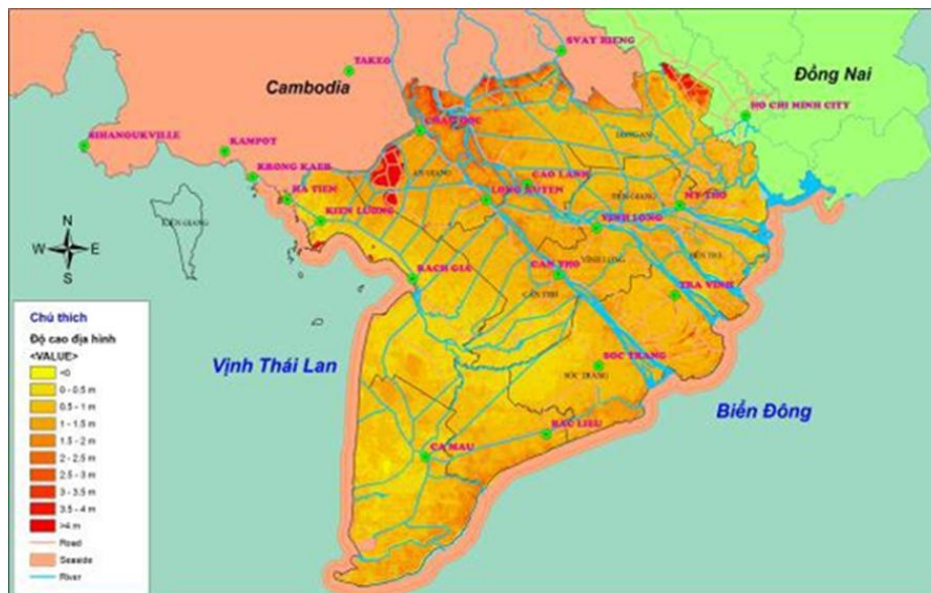
nhau, như bồi tích, trầm tích trên các giồng cát có nguồn gốc biển, trầm tích nguồn gốc hồ và trầm tích hỗn hợp đầm lầy - sông và đầm lầy - biển.

Theo kết quả nghiên cứu đất phục vụ cho nông nghiệp, ĐBSCL có 5 nhóm đất chính: đất phèn, đất mặn, đất phù sa, đất xám và đất cát ở các "giồng" cát ven các sông và biển. Ngoài ra, còn có một số đất khác như đất đỏ vàng, than bùn.

Hệ sinh thái rừng phân bố chủ yếu ở ven biển bán đảo Cà Mau, Hà Tiên và các cửa sông từ cửa Tiểu (sông Tiền) đến cửa Tranh Đề (sông Hậu). Một số loại rừng chủ yếu như rừng ngập mặn, rừng ngập chua phèn. Ngoài ra, còn có các cây trồng nông nghiệp, cây công nghiệp và cây ăn quả.

2.2.2. Đặc điểm địa hình địa mạo

Địa hình địa mạo các tỉnh ven biển ĐBSCL thuộc dạng địa hình đồng bằng châu thổ tích tụ, trũng thấp, bề mặt khá bằng phẳng, cao độ tự nhiên thấp chỉ từ 0,3-2,0m, đa phần có cao độ xấp xỉ 1m, trừ một số đồi núi ở phía Tây Bắc thuộc tỉnh An Giang, Kiên Giang, toàn bộ đất đai còn lại có cao độ dưới 5 m. Ngoài ra, còn có những gò đất ven sông và cồn cát ven biển tương đối cao, hai vùng trũng nhất là Đồng Tháp Mười và Tứ Giác Long Xuyên. Bờ biển thấp với một số vịnh nhỏ, các bãi biển ngập nước khi triều lên [39].



Hình 2.2: Bản đồ địa hình vùng ĐBSCL [39]

- Dạng địa hình gò sông, nguồn gốc sông là các dải đất phù sa dọc hai sông Tiền và sông Hậu và các sông rạch lớn. Địa hình ở đây tương đối cao, có cao độ từ

3 ÷ 4 m tạo nên xu thế thấp dần khi xa sông.

- Dạng địa hình cồn cát ven biển, là các giồng cát chạy song song với bờ biển, tập trung tại các khu vực ven biển thuộc các tỉnh Tiền Giang, Bến Tre, Trà Vinh và Sóc Trăng. Cao độ các giồng này từ 3÷6m, xen giữa các giồng là địa hình trũng thấp thường bị ngập vào mùa mưa lũ hoặc chịu ảnh hưởng của thủy triều, cao độ dao động từ 0,5÷1,0m. Đặc điểm địa hình ĐBSCL được thể hiện ở hình 2.2.

2.2.3. Đặc điểm địa tầng khu vực phân bố đất sét yếu vùng ĐBSCL

Trên cơ sở thu thập, tổng hợp các tài liệu gồm 265 báo cáo với tổng số 759 hố khoan khảo sát từ các dự án thuộc các Viện nghiên cứu, Công ty tư vấn xây dựng. Số liệu cụ thể được trình bày trong bảng 2.1.




Bảng 2.1: Khối lượng các báo cáo khảo sát địa chất thu thập

STT	Đơn vị thu thập tài liệu	Số lượng báo cáo	Số hố khoan
1	Viện Thủy Công [42]	105	281
2	Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam [40]	7	33
3	Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam [41]	25	132
4	Công ty Xây dựng và CGCN Thủy Lợi [5]	4	12
5	Công ty Cổ phần tư vấn xây dựng thủy lợi II [6]	44	144
6	Công ty tư vấn xây dựng Hưng Lợi – An Giang [4]	56	56
7	Tổng Công ty TVTK giao thông vận tải [38]	24	101
Tổng		265	759

Ngoài ra, tác giả cũng tham khảo kết quả nghiên cứu một số cấu trúc địa tầng được nêu trong luận án của Nguyễn Thị Nụ [19] được thu thập từ các báo cáo khảo sát địa chất và các hình trụ trong khu vực ĐBSCL; tham khảo các tờ Bản đồ địa chất tỷ lệ 1/200.000 vùng ĐBSCL [7].

Từ kết quả phân tích các báo cáo thu thập và các hình trụ hố khoan cho thấy: đất loại sét yếu trong vùng nghiên cứu hầu hết phân bố gần hoặc ngay trên bề mặt, phần trên là lớp đất sét, sét pha hoặc đất đắp có chiều dày từ 0,5 đến 1,5m; một số nơi ở An Giang, chiều dày lớp này đạt từ 2,5 đến 3,0m. Chiều dày lớp đất đắp thông

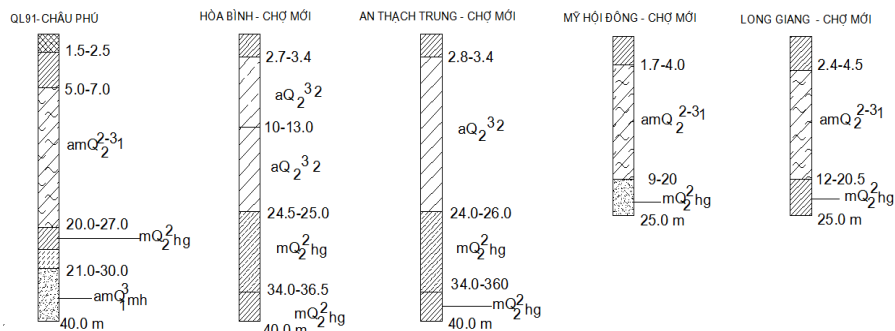
thường từ 1,0 đến 1,5m. Có thể khái quát địa tầng phân bố đất loại sét yếu tại vùng ĐBSCL (hình 2.3)

STT	Địa tầng	Mô tả
1		Lớp đất tầng phủ: đất có trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng dày từ 0,7 đến 1,5m; đất đắp từ đất tại chỗ, dày từ 1,0 đến 1,5m
2		Lớp đất yếu: có chiều dày từ trên 10m đến trên 20m, có nơi đến 30m. Thành phần của chúng là sét, sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy, bùn sét, bùn sét pha,.... Đất có nhiều nguồn gốc khác nhau: sông- biển (amQ_2^{1-2} ; $amQ_2^{2-3_1}$; $amQ_2^{2-3_2}$; $amQ_2^{3_1}$), sông-đầm lầy ($abQ_2^{3_1}$; $abQ_2^{3_2}$; $abQ_2^{2-3_2}$) biển - đầm lầy ($mbQ_2^{2-3_2}$; $mbQ_2^{3_2}$), sông ($aQ_2^{3_2}$), biển ($mQ_2^{2-3_1}$; $mQ_2^{2-3_2}$; $mQ_2^{3_2}$),, trong đất thường lẫn hữu cơ, nhiễm phèn, nhiễm muối
3		Sét trạng thái dẻo cứng đến cứng, cát pha, cát chặt vừa đến chặt thuộc các hệ tầng Hậu Giang (mQ_2^{2hg}), Mộc Hóa (amQ_1^{3mh}) hoặc Long Mỹ (mQ_1^{3lm}).

Hình 2.3: Khái quát địa tầng phân bố đất yếu vùng ĐBSCL

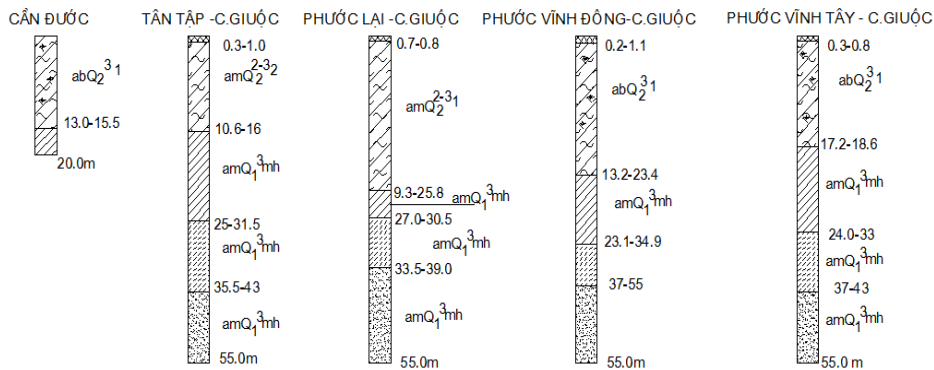
Dưới đây, NCS trình bày chi tiết về chiều sâu, bề dày và quan hệ địa tầng của trầm tích đất loại sét yếu phân bố tại vùng ĐBSCL

Tại An Giang: đất yếu phân bố phía dưới lớp đất đắp hoặc lớp sét màu nâu, nâu vàng trạng thái dẻo cứng, tiếp đến là lớp sét có trạng thái dẻo chảy hoặc bùn sét nguồn gốc sông - biển ($amQ_2^{2-3_1}$) [7]. Tại các cù lao trên sông hoặc các thềm bồi ven sông Hậu là các trầm tích sét, sét pha xen kẹp cát, trạng thái dẻo chảy đến chảy, chiều dày các trầm tích trên 20m. Dưới các lớp đất yếu thường là lớp cát hạt bụi hoặc sét trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng thuộc hệ tầng Hậu Giang - mQ_2^{2hg} (hình 2.4).



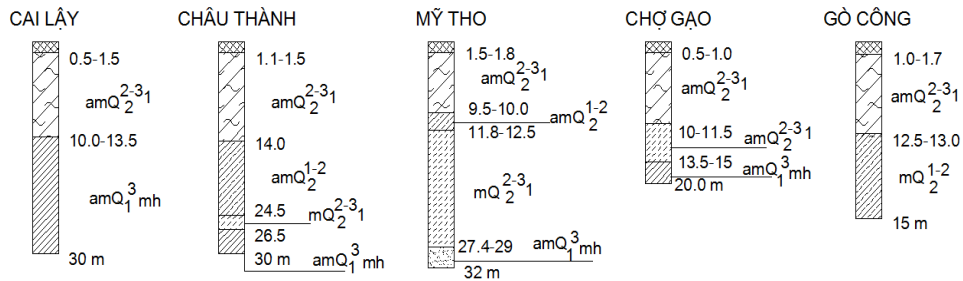
Hình 2.4: Địa tầng phân bố đất yếu tại An Giang

Khu vực Đồng Tháp - Long An: tại Đồng Tháp, lộ trên mặt chủ yếu là các trầm tích biển thuộc hệ tầng Hậu Giang (mQ_2^{2hg}), khu vực giáp với tỉnh An Giang chủ yếu là trầm tích ($amQ_2^{2-3}_1$). Ngoài ra, một vài nơi phân bố trầm tích thuộc hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) ở dạng hẹp. Tại tỉnh Long An, trên bề mặt phân bố chủ yếu là trầm tích đất sét yếu, trạng thái dẻo chảy đến chảy và bùn sét có nguồn gốc sông - đầm lầy (abQ_2^{2-3}), xen lẫn là trầm tích sông - biển (amQ_2^{2-3}), phía dưới là các trầm tích sét, sét pha màu xám vàng, xám xanh dẻo cứng đến nửa cứng, cát pha, cát hạt mịn đến hạt trung trạng thái chặt đến rất chặt thuộc hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) [7] (hình 2.5).



Hình 2.5: Địa tầng phân bố đất yếu tại Long An

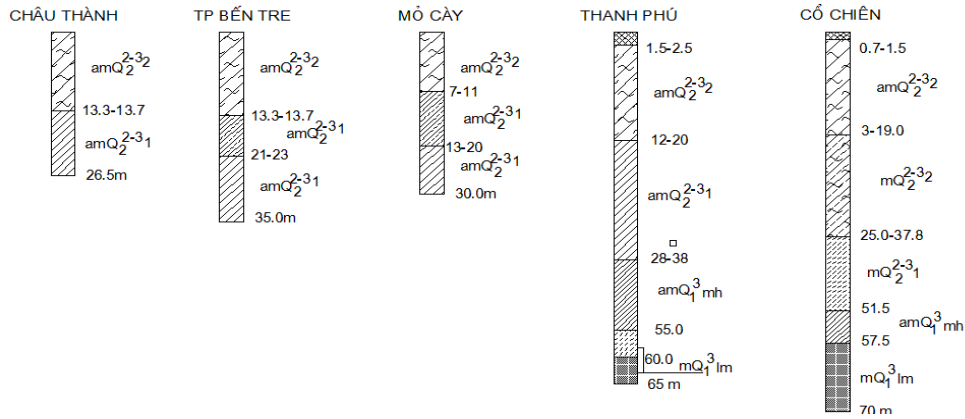
Tại Tiền Giang: trầm tích đất loại sét yếu có nguồn gốc sông - biển phủ ngay trên bề mặt đất tự nhiên thuộc Holocen trung - thượng, phần dưới ($amQ_2^{2-3}_1$), chiều dày trầm tích dao động từ 10 đến 15m. Phía dưới là các trầm tích sét, sét pha, cát pha (amQ_2^{1-2}) hoặc ($mQ_2^{2-3}_1$). Các trầm tích này phủ lên trầm tích có thành phần là sét, cát thuộc hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) [7], hình 2.6.



Hình 2.6: Địa tầng phân bố đất yếu tại Tiền Giang

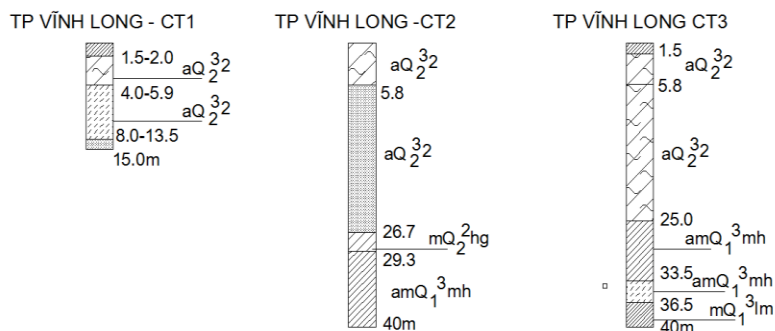
Tại Bến Tre: phân bố chủ yếu trên bề mặt là trầm tích đất sét yếu, trạng thái dẻo chảy đến chảy và bùn sét có nguồn gốc sông-biển tuổi Holocen trung - thượng,

phần trên (amQ_2^{2-3}), có chiều dày từ 7 đến 20m, phía dưới là các trầm tích là sét pha, sét nguồn gốc sông - biển tuổi Holocen trung - thượng, phần dưới ($amQ_2^{2-3}_1$) phía sâu hơn là các trầm tích sông - biển có thành phần là sét trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng thuộc hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) và trầm tích biển thuộc hệ tầng Long Mỹ (mQ_1^3lm) [7], hình 2.7.



Hình 2.7: Địa tầng phân bố đất yếu tại Bến Tre

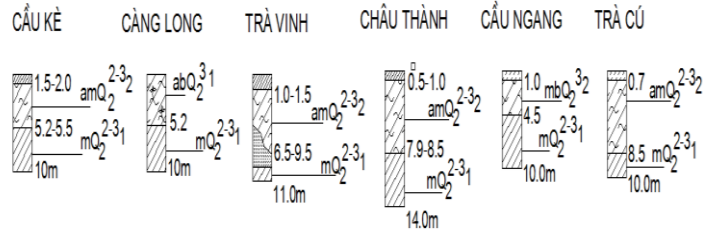
Tại Vĩnh Long: lộ ra trên bề mặt chủ yếu là các trầm tích sông - biển (amQ_2^{2-3}), biển (mQ_2^{2-3}), sông đầm lầy ($abQ_2^3_1$) và trầm tích sông ($aQ_2^3_2$). Các trầm tích này có thành phần là sét, sét pha, bùn sét chiều dày từ 5 đến 25m, phía dưới là các trầm tích biển thuộc hệ tầng Hậu Giang (mQ_2^2hg), sông-biển thuộc hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) và biển thuộc hệ tầng Long Mỹ (mQ_1^3lm) [7]. Đặc điểm địa tầng khu vực thành phố Vĩnh Long trình bày trên hình 2.8.



Hình 2.8: Địa tầng phân bố đất yếu tại thành phố Vĩnh Long

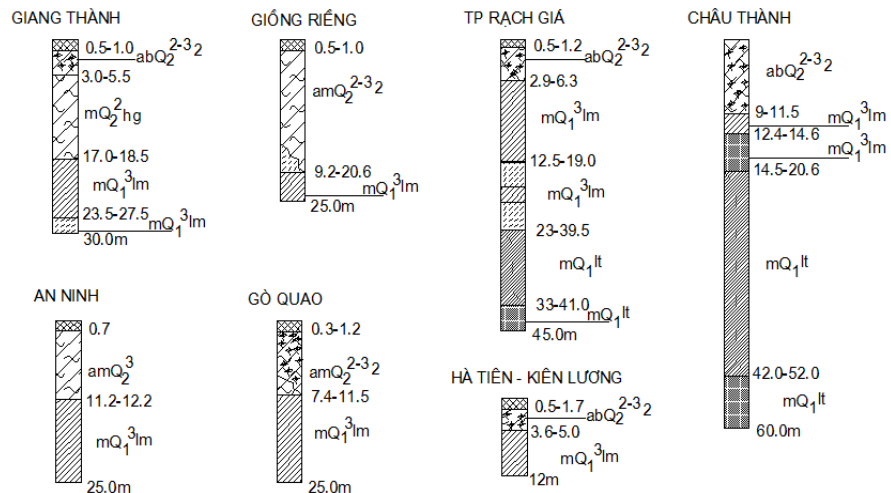
Tại Trà Vinh: các trầm tích đất yếu phân bố ở độ sâu dưới 1,0m, thành phần là bùn sét, bùn sét pha, sét, sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy có các nguồn gốc:

(amQ_2^{2-3}), (abQ_2^3), (mbQ_2^3), nằm phủ lên trầm tích (mQ_2^{2-3}) [7] có thành phần chủ yếu là sét màu xám xanh, xám nâu trạng thái dẻo cứng (hình 2.9).



Hình 2.9: Địa tầng phân bố đất yếu tại Trà Vinh

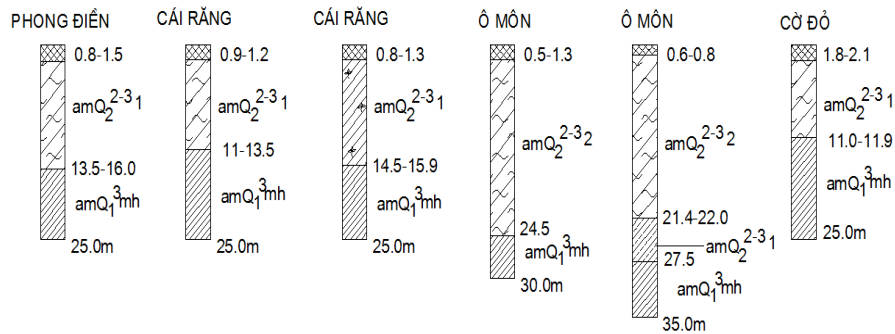
Tại Kiên Giang: trầm tích đất yếu có nguồn gốc sông-đầm lầy (abQ_2^{2-3}), có thành phần là bùn sét hữu cơ, than bùn hóa phân bố khá rộng rãi tại các khu vực từ Giang Thành, Kiên Lương, Rạch Giá đến Gò Quao, Vĩnh Thuận, khu vực sông Cái Lớn, Cái Bé. Chiều dày trầm tích từ vài ba mét đến hơn chục mét. Khu vực Giồng Riềng, Châu Thành, An Biên, An Minh và U Minh, đất yếu là bùn sét, sét trạng thái dẻo chảy đến chảy (amQ_2^3 , amQ_2^{2-3}) dày từ 10 đến trên 20m. Phía dưới là các trầm tích sét, sét pha trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng; cát thuộc hệ tầng Long Mỹ (mQ_1^3lm) và hệ tầng Long Toàn (amQ_1lt) [7]. Đặc điểm phân bố đất yếu khu vực Kiên Giang trình bày trên hình 2.10.



Hình 2.10: Địa tầng phân bố đất yếu tại Kiên Giang

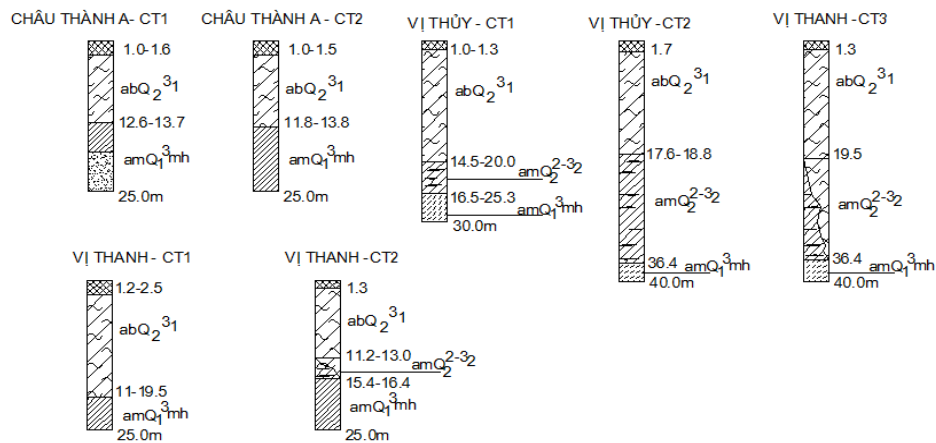
Tại Cần Thơ: đất loại sét yếu phân bố chủ yếu là bùn sét và sét lẫn hữu cơ trạng thái dẻo chảy đến chảy, có chiều dày từ 11 đến trên 20m có nguồn gốc hỗn hợp sông - biển (amQ_2^{2-3} và amQ_2^{2-3}), phía dưới là trầm tích sông-biển thuộc hệ

tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) [7] có thành phần là sét màu xám vàng, xám xanh trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng (hình 2.11).



Hình 2.11: Địa tầng phân bố đất yếu tại thành phố Cần Thơ

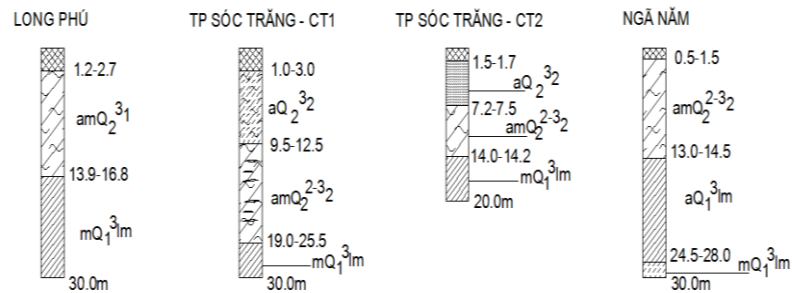
Hậu Giang: đất yếu phân bố chủ yếu là bùn sét. Tại khu vực huyện Châu Thành A, Vị Thủy, Phụng Hiệp và thành phố Vị Thanh lộ trên mặt là các tràm tích sông-đầm lầy ($abQ_2^3_1$) đôi chỗ là sông-biển ($amQ_2^{2-3}_2$). Khu vực Long Mỹ, tràm tích hỗn hợp sông - biển chiếm ưu thế, tổng chiều dày các tràm tích này từ 11 đến trên 20m, có nơi trên 30m. Phía dưới là đất sét trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng hoặc cát pha, cát thuộc hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) [7]. Đặc điểm phân bố đất yếu khu vực Hậu Giang trình bày trên hình 2.12.



Hình 2.12: Địa tầng phân bố đất yếu khu vực Hậu Giang

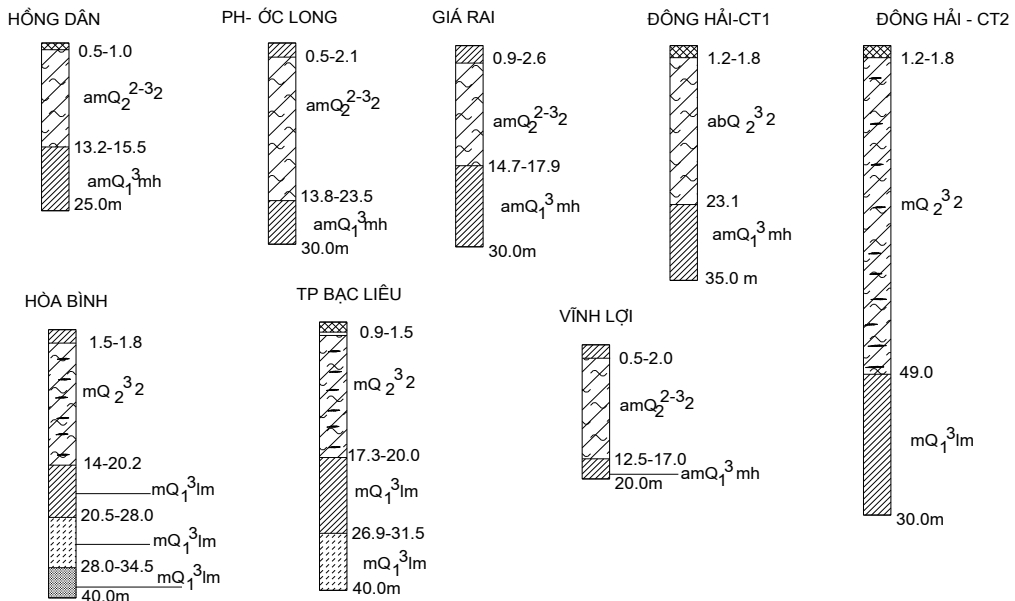
Tại Sóc Trăng: tràm tích đất loại sét yếu có nguồn gốc sông ($aQ_2^3_2$), phân bố tập trung chủ yếu ở khu vực ven các sông như Đồng Cái, Cỏ Cò và một số Rạch lớn thuộc khu vực Long Phú, Sóc Trăng, Kế Sách, Thanh Trị,... Thành phần tràm tích chủ yếu là bùn sét pha, bùn cát pha, dày từ 7 đến 12m. Phần còn lại đa phần là tràm tích có nguồn gốc sông - biển ($amQ_2^3_1$, $amQ_2^{2-3}_2$). Khu vực Tây Nam huyện Thanh

Trị phân bố trầm tích sông - đầm lầy (abQ_2^3), thành phần các trầm tích này chủ yếu là bùn sét, bùn sét pha, sét xen kẹp sét pha, cát pha trạng thái dẻo chảy. Chiều dày các trầm tích dao động từ 14 đến 25,5m. Phân bố phía dưới là các trầm tích sét, sét pha màu nâu vàng, xám vàng, xám xanh trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng và cát pha màu nâu vàng thuộc hệ tầng Long Mỹ (mQ_1^3) [7]. Đặc điểm địa tầng khu vực Sóc Trăng trình bày trên hình 2.13.



Hình 2.13: Địa tầng phân bố đất yếu tại Sóc Trăng

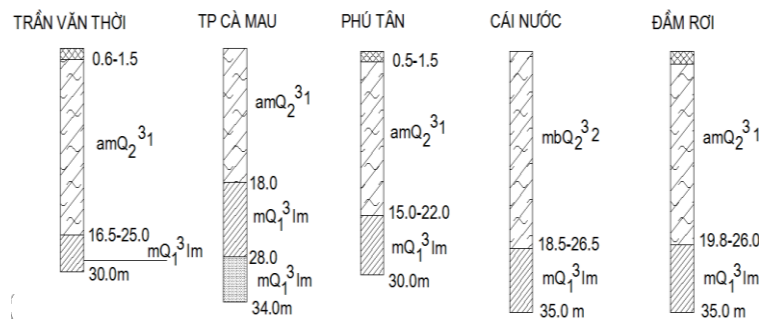
Tại Bạc Liêu: các trầm tích đất loại sét yếu có nguồn gốc sông - biển (amQ_2^{2-3} , amQ_2^3), phân bố chủ yếu từ Hồng Dân, Phước Long, Vĩnh Lợi, Giá Rai và Đông Hải. Chiều dày các trầm tích này thay đổi từ 13 đến 23m và có xu hướng dày dần về phía biển, thành phần chủ yếu là bùn sét đến sét trạng thái dẻo chảy. Xen giữa các trầm tích sông-biển, đôi nơi có sự xuất hiện của trầm tích sông-đầm lầy (abQ_2^3).



Hình 2.14: Địa tầng phân bố đất yếu tại Bạc Liêu

Tại khu vực ven biển từ Bạc Liêu, Hòa Bình đến Đông Hải có sự xuất hiện của trầm tích biển sông – đầm lầy (abQ_2^{2-3}) và biển (mQ_2^3) có chiều dày khá lớn, từ 20 đến 49m. Thành phần là bùn sét, bùn sét pha xen kẽ các dải mỏng cát pha, cát. Dưới các trầm tích này là lớp sét, sét pha màu xám vàng, nâu vàng, xám xanh trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng thuộc các hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3) và Long Mỹ (mQ_1^3) [7]. Đặc điểm địa tầng khu vực tỉnh Bạc Liêu trình bày trên hình 2.14.

Tại Cà Mau: trầm tích sét yếu có nguồn gốc sông – biển (amQ_2^3) phân bố khá rộng rãi trên bề mặt từ Trần Văn Thời, Thới Bình, đến Cái Nước, Đầm Roi. Ngoài ra, tại khu vực huyện Đầm Roi phân bố xen lẫn trầm tích sông – đầm lầy (abQ_2^3); vùng ven biển từ U Minh đến Ngọc Hiển, Đầm Dơi phân bố các trầm tích biển (mQ_2^3), biển – đầm lầy (mbQ_2^3). Thành phần các trầm tích chủ yếu là bùn sét lẫn hữu cơ, riêng trầm tích (mQ_2^3) là bùn cát hoặc bùn sét xen kẽ cát, cát pha. Chiều sâu các trầm tích từ 18 đến 26,5m. Phía dưới là trầm tích biển thuộc hệ tầng Long Mỹ (mQ_1^3) [7] có thành phần chủ yếu là sét màu xám vàng, nâu vàng, xám trắng trạng thái từ dẻo cứng đến nửa cứng. Đặc điểm địa tầng khu vực tỉnh Cà Mau trình bày trên hình 2.15.



Hình 2.15: Địa tầng phân bố đất yếu tại tỉnh Cà Mau

2.3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT

2.3.1. Vị trí lấy mẫu nghiên cứu

Từ những kết quả phân tích về đặc điểm nguồn gốc thành tạo và địa tầng của các khu vực có phân bố lớp đất yếu tại vùng ĐBSCL, NCS đã tiến hành lấy mẫu đất nhằm nghiên cứu ảnh hưởng các đặc điểm thành phần của đất đến chất lượng đất gia cố bằng xi măng và xi măng với phụ gia. Các mẫu đất được lấy nguyên trạng và

thí nghiệm các đặc điểm thành phần như: hạt, khoáng vật, hóa học, khả năng trao đổi cation và chỉ tiêu cơ lý. Các vị trí lấy mẫu được lựa chọn theo nguyên tắc đảm bảo tính đặc trưng cho đất loại sét yếu phổ biến thuộc các trầm tích có tuổi, nguồn gốc khác nhau, cụ thể:

- Trầm tích nguồn gốc sông (aQ_2^3) có thành phần là sét và sét xen kẹp sét pha, trạng thái dẻo chảy, phân bố tại khu vực bờ tả sông Hậu (xã An Thạch Trung, huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang);

- Trầm tích nguồn gốc sông – biển (amQ_2^{2-3}) có thành phần là bùn sét lẫn hữu cơ, phân bố tại khu vực xã Phú An, huyện Cai Lậy, tỉnh Tiền Giang và khu vực chân cầu Khánh An, Huyện U Minh, tỉnh Cà Mau;

- Trầm tích nguồn gốc sông - đầm lầy (abQ_2^3), có thành phần là bùn sét lẫn nhiều hữu cơ (đất than bùn hóa), phân bố tại khu vực xã Vĩnh Hòa, huyện Gò Quao, tỉnh Kiên Giang;

- Trầm tích nguồn gốc sông- biển (amQ_2^{2-3}), có thành phần là bùn sét lẫn hữu cơ, phân bố tại khu vực xã Vị Tân, thành phố Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang;

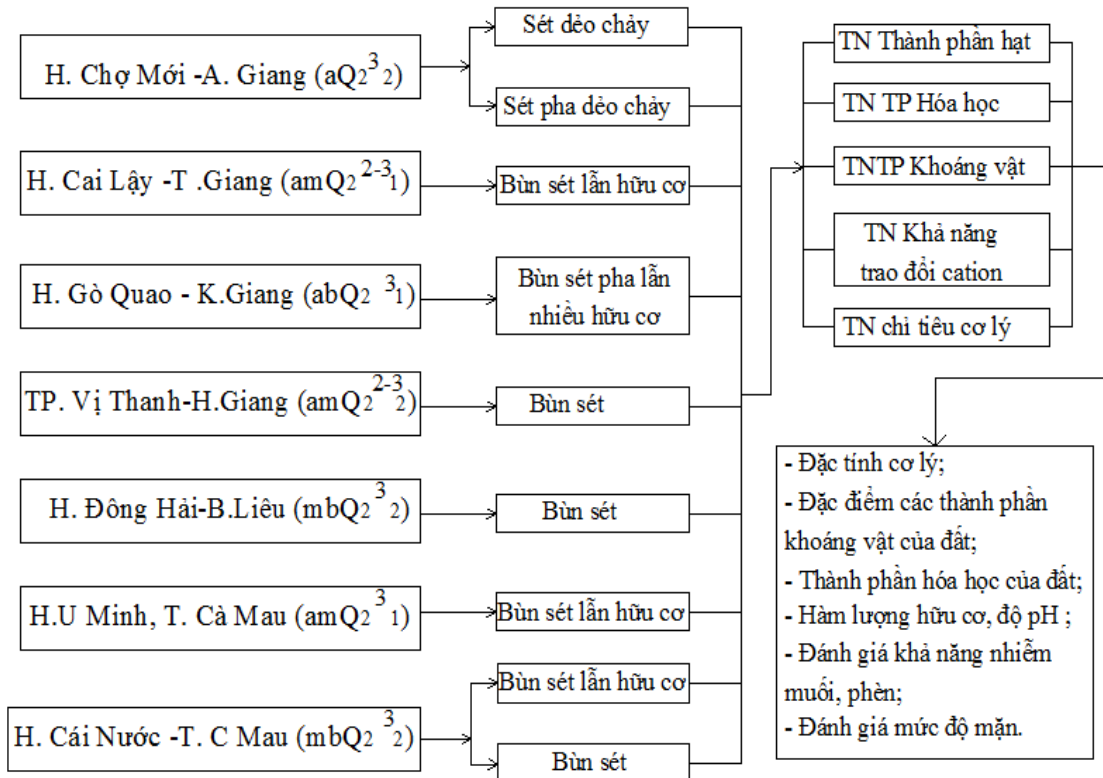
- Trầm tích nguồn gốc biển – đầm lầy (mbQ_2^3), có thành phần trầm tích là bùn sét màu xám xanh, lẫn hữu cơ, phân bố tại khu vực Long Điền Đông, huyện Đông Hải, tỉnh Bạc Liêu và xã Tân Thới, huyện Cái Nước, tỉnh Cà Mau.

Vị trí lấy mẫu và đặc điểm phân bố các lớp đất yếu nghiên cứu được trình bày trong bảng 2.2. Sơ đồ thí nghiệm các đặc điểm thành phần của đất được trình bày ở hình 2.16.

Bảng 2.2: Đặc điểm phân bố của đất yếu tại các vị trí nghiên cứu

Địa điểm Đặc điểm phân bố	H. Chợ Mới, An Giang	Huyện Cai Lậy, Tỉnh Tiền Giang	Gò Quao, Kiên Giang	TP.Vị Thanh, Hậu Giang	H. Đông Hải, B.Liêu	H. U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, C.Mau
Lớp đất tầng phủ	Sét xám nâu dẻo cứng đầy 2,7 đến 3,4m	Đất đắp đầy 1,2 đến 1,5m	Đất đắp đầy 0,8m	Đất đắp đầy 0,5 đến 0,8m	Đất đắp đầy 1,5m	Đất đắp đầy 0,8- 1,0m	Đất đắp đầy 0,8- 1,0m
Lớp đất yếu nghiên cứu	Sét pha xen kẹp dẻo chảy đầy 7 đến 10m (aQ_2^3)	Bùn sét lẫn hữu cơ đầy 8,2 đến 9,7m	Bùn sét lẫn nhiều hữu cơ đầy 10 đến	Bùn sét đầy 10 đến 15m (amQ_2^{2-3})	Bùn sét đầy từ 8 đến 12m (mbQ_2^3)	Bùn sét hữu cơ đầy 17.7m (amQ_2^3)	Bùn sét lẫn hữu cơ đầy 2 đến 11m (mbQ_2^3)

Địa điểm Đặc điểm phân bố	H. Mới, Chợ An Giang	Huyện Cai Lậy, Tỉnh Tiền Giang ($amQ_2^{2-3}_1$)	Gò Quao, Kiên Giang ($abQ_2^3_1$)	TP.Vị Thanh, Hậu Giang	H. Đông Hải, B.Liêu ($mbQ_2^3_2$)	H. U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, C.Mau ($mbQ_2^3_2$)
	Sét dẻo chảy đến chảy dày 12 đến 24,2m ($aQ_2^3_2$)		12,5m ($abQ_2^3_1$)		Sét dẻo chảy dày 7,5 đến 9,7m ($mbQ_2^3_2$)		Bùn sét dày từ 7,5 đến 17m ($mbQ_2^3_2$)



Hình 2.16: Sơ đồ thí nghiệm các đặc điểm thành phần của đất

2.3.2. Kết quả nghiên cứu các đặc điểm thành phần và đặc tính xây dựng của đất

2.3.2.1. Kết quả nghiên cứu thành phần hạt

Thành phần hạt của đất được nghiên cứu trong quá trình thí nghiệm các đặc trưng cơ lý của đất, mẫu được thí nghiệm tại Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật thuộc Viện Thủy công theo tiêu chuẩn TCVN 4198-2012 [56]. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại bảng 2.3.

Bảng 2.3: Thành phần hạt của đất loại sét tại các điểm nghiên cứu

Loại đất	Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B.sét lẫn hữu cơ	Bùn sét	
Nguồn gốc	(aQ ₂ ³ ₂)	(aQ ₂ ³ ₂)	(amQ ₂ ²⁻³ ₁)	(abQ ₂ ³ ₁)	(amQ ₂ ²⁻³ ₂)	(mbQ ₂ ³ ₂)	(amQ ₂ ³ ₁)	(mbQ ₂ ³ ₂)	(mbQ ₂ ³ ₂)	
Địa điểm	H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K.Giang	TP.Vị Thanh, H.Giang	H. Đông Hải, B.Liêu	H. U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau		
Số lượng mẫu	15	49	18	12	18	15	12	12	37	
Thành phần hạt	- Nhóm hạt cát (%)	61,1	43,6	35,5	36,5	33,9	31,1	1,2	38,5	37,0
	- Nhóm hạt bụi (%)	22,5	21,1	24,0	45,2	19,3	27,8	60,4	23,1	20,4
	- Nhóm hạt sét (%)	16,4	34,3	40,5	18,3	46,7	41,1	38,4	38,4	42,6

2.3.2.2. Kết quả nghiên cứu phân khoáng vật của đất

Các mẫu đất được tiến hành thí nghiệm xác định thành phần khoáng vật bằng phương pháp nhiệt vi sai, trên thiết bị STA – PT 1600 và Rontgen nhiễu xạ (máy D8 - Advance) tại phòng thí nghiệm Khoáng vật - Trung tâm phân tích thí nghiệm địa chất thuộc Tổng cục Địa chất và Khoáng sản. Mỗi loại đất ở các địa điểm được tiến hành thí nghiệm 03 mẫu, kết quả thí nghiệm được tổng hợp và trình bày trong bảng 2.4.

Bảng 2.4: Thành phần khoáng vật của đất tại các khu vực nghiên cứu

Loại đất	Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B.sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc	(aQ ₂ ³ ₂)	(aQ ₂ ³ ₂)	(amQ ₂ ²⁻³ ₁)	(abQ ₂ ³ ₁)	(amQ ₂ ²⁻³ ₂)	(mbQ ₂ ³ ₂)	(amQ ₂ ³ ₁)	(mbQ ₂ ³ ₂)	(mbQ ₂ ³ ₂)
Địa điểm TP khoáng vật (%)	H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K.Giang	TP.Vị Thanh, H.Giang	H. Đông Hải, B.Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
Montmorillonit	ít	3-5	3-5	5	2-4	2-4	5-7	2-4	4-6
Illit – KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂	14	22-24	18-21	13	19	21-23	22-24	22	20-24
Kaolinit – Al ₂ [Si ₂ O ₅](OH) ₄	8	10-13	16-18	7	16	13-18	31-32	21	19-21
Clorit – Mg ₂ Al ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₈	7	8	7	5	8	7-8	4-6	8	7-8

Loại đất	Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B.sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc	$(aQ_2^{3_2})$	$(aQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{2-3_1})$	$(abQ_2^{3_1})$	$(amQ_2^{2-3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{3_1})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$
Địa điểm TP khoáng vật (%)	H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K.Giang	TP.Vị Thanh, H.Giang	H. Đông Hải, B.Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
Thạch anh – SiO ₂	47-49	36-38	36-40	23-25	39-41	36-38	20-22	30-32	29-33
Felspat – K _{0,5} Na _{0,5} AlSi ₃ O ₈	4-6	5-7	3-6	3-5	4-6	4-8	-	6-8	4-7
Gotit – Fe ₂ O ₃ .H ₂ O	3	2-4	5	14-16	7	5-6	4-6	5	5-7
Amhibol	ít		ít	ít	ít	ít	ít	ít	ít
Pyrit – FeS ₂				5-7			3-5		
Pyrophyllit – Al[Si ₂ O ₅](OH)				4					
Thạch cao – CaSO ₄				15					
Khoáng vật khác		Pyrit	Pyrit	Gipxit,	Siderit	Gipxit, Calcit	Gipxit, Bomit	Calcit	Bomit, Calcit

Từ kết quả nghiên cứu thành phần khoáng vật chúng tôi nhận thấy

- Thành phần khoáng vật của đất sét ($aQ_2^{3_2}$) tại An Giang, bùn sét lẫn hữu cơ tại Tiền Giang ($amQ_2^{2-3_1}$), bùn sét tại Hậu Giang ($amQ_2^{2-3_1}$) và bùn sét tại Cái Nước, Cà Mau ($mbQ_2^{3_2}$) tương đối đồng nhất. Riêng đất tại U Minh, Cà Mau ($amQ_2^{3_1}$) và Kiên Giang ($abQ_2^{3_1}$) có hàm lượng thạch anh nguyên sinh nhỏ (23÷25%) còn ở các nơi khác là trên 30%.

- Với đất sét pha dẻo chảy ở An Giang và bùn sét pha lẫn nhiều hữu cơ ở Kiên Giang, các khoáng vật là illit và kaolinit là ít hơn so với ở các nơi khác.

- Đất sét pha tại An Giang có thành phần khoáng vật montmorilonit là ít (gần như không có) còn tại các nơi khác từ 2÷6%; thạch anh từ 47÷49% (cao nhất), các nơi khác từ 23÷41% (Kiên Giang: 23÷25%, Cà Mau: 29÷33%; Tiền Giang, Hậu Giang, Bạc Liêu: 36÷41%).

- Đất bùn sét pha lẫn nhiều hữu cơ tại Kiên Giang có khoáng vật gotit khá cao 14÷16% trong khi đó các nơi khác chỉ từ 2÷7%. Đặc biệt tại đây có thêm các khoáng vật khác như pyrit, pyrophyllit và thạch cao.

Như vậy, với các đất bùn sét có hàm lượng các khoáng vật sét như montmorilonit, illit, kaolinit thường lớn hơn so với đất sét pha tuy nhiên hàm lượng

thạch anh lại nhỏ hơn; Với đất lẫn nhiều hữu cơ thì trong thành phần khoáng vật có chứa pyrit, pyrophyllit và thạch cao.

Sự có mặt của các khoáng vật montmorilonit và ilit chứng tỏ các trầm tích đất loại sét yếu ở ĐBSCL là các trầm tích còn rất trẻ. Chúng là những khoáng vật kém ổn định, dễ bị biến đổi thành kaolinit và thường tồn tại trong môi trường kiềm. Tuy nhiên, ở đây, chúng phân bố khá phổ biến và tồn tại trong môi trường axit và trung tính ($pH < 7$), chứng tỏ vật liệu lắng đọng trầm tích của đất loại sét yếu ở ĐBSCL chưa bị biến đổi nhiều, mới được lắng đọng.

Sự có mặt của các khoáng vật như pyrit, pyrophyllit, gotit (là những khoáng vật rất kém ổn định) có trong đất than bùn hóa hoặc đất lẫn hữu cơ, chứng tỏ vật chất hữu cơ vẫn đang trong quá trình phân hủy và biến đổi mạnh.

Các khoáng vật như montmorilonit, ilit, clorit và feldspat gây bất lợi cho việc cải tạo đất bằng xi măng vì cấu trúc tinh thể của chúng có dạng lưới, chúng dễ bị hấp thụ nước nên có tính trương nở mạnh. Với đất chứa nhiều khoáng vật thạch anh nguyên sinh sẽ thuận lợi hơn cho cải tạo đất bằng xi măng vì thạch anh có thành phần chủ yếu là SiO_2 , khoáng vật này rất ổn định về mặt hóa học và độ cứng, chủ yếu có nguồn gốc nguyên sinh, hạt thường có kích thước lớn. Ngoài ra, trong đất một phần thạch anh cũng được hình thành từ nguồn gốc thứ sinh do sự phân hủy các khoáng vật nhóm silicat và aluminosilicat [32].

Từ những phân tích về thành phần hạt và khoáng vật cho thấy, các đất tại các địa điểm đã nghiên cứu cho mức độ thuận lợi về cải tạo đất bằng xi măng:

- Nhóm thuận lợi: đất sét pha dẻo chảy ($aQ_2^{3_2}$) ở An Giang;
- Nhóm ít thuận lợi: đất sét dẻo chảy ($aQ_2^{3_2}$) ở An Giang, bùn sét ($amQ_2^{2-3_1}$) ở Tiền Giang; ($amQ_2^{2-3_2}$) ở Hậu Giang; ($mbQ_2^{2-3_2}$) ở Bạc Liêu; ($mbQ_2^{3_2}$) và ($amQ_2^{3_1}$) ở Cà Mau;
- Nhóm kém thuận lợi: đất bùn sét pha lẫn nhiều hữu cơ ($abQ_2^{3_1}$) phân bố ở Kiên Giang.

2.3.2.3. Kết quả nghiên cứu thành phần hóa học của đất

Nghiên cứu thành phần hóa học của các mẫu đất được thực hiện bằng phương pháp phân tích quang phổ trên thiết bị quang phổ phát xạ Plasma – IRIS INTREPID tại Phòng thí nghiệm Quang phổ, Trung tâm thí nghiệm và phân tích địa chất, Tổng

cục Địa chất. Mỗi loại đất ở các vị trí nghiên cứu được thí nghiệm 3 mẫu (tổng cộng thí nghiệm 27 mẫu), kết quả thí nghiệm được tổng hợp trung bình và trình bày tại bảng 2.5.

Bảng 2.5: Thành phần hóa học của đất tại các khu vực nghiên cứu

Loại đất	Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B.sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc	$(aQ_2^{3_2})$	$(aQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{2-3_1})$	$(abQ_2^{3_1})$	$(amQ_2^{2-3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{3_1})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$
Địa điểm TP hóa học (%)	H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, Kiên Giang	TP.Vị Thanh, H. Giang	H. Đông Hải, B. Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
SiO ₂	68,44	59,54	57,18	27,87	59,93	59,65	52,41	56,37	57,60
TiO ₂	0,80	0,87	0,93	0,37	1,08	0,90	0,71	0,83	0,81
Al ₂ O ₃	14,09	18,76	17,6	9,23	17,52	16,78	18,10	17,50	16,92
Fe ₂ O ₃	3,09	3,49	4,89	6,67	3,90	5,12	5,77	5,82	4,24
FeO	2,11	2,34	2,55	0,15	1,65	1,74	1,22	1,46	1,52
MnO	0,09	0,10	0,11	0,12	0,16	0,12	0,05	0,20	0,10
CaO	0,47	0,47	0,47	1,30	0,77	0,93	0,60	0,87	1,72
MgO	1,26	1,62	1,33	1,38	1,92	1,74	1,89	1,90	2,35
K ₂ O	2,14	2,73	2,83	1,75	2,96	2,57	2,84	3,27	3,02
Na ₂ O	0,41	0,46	0,37	0,27	0,77	1,05	1,75	1,40	1,51
P ₂ O ₅	0,08	0,11	0,86	0,11	0,20	1,11	0,07	0,37	0,24
SO ₃	0,95	1,13	1,91	10,80	1,20	0,53	7,22	0,83	1,72
MKN (450°C)	3,16	4,60	7,2	44,28	2,39	4,43	7,28	4,44	3,17
MKN (900°C)	6,78	9,04	11,37	50,05	8,00	9,23	13,62	9,86	9,50

Từ kết quả phân tích thành phần hóa học của đất cho thấy:

Hàm lượng ôxit silic (SiO₂) đối với đất sét pha ở An Giang cao nhất (68,44%) còn đất bùn sét pha lẫn nhiều hữu cơ ở Kiên Giang là thấp nhất (27,87%) trong khi đó tại các nơi khác từ 52,41 đến 59,93%;

Lượng MKN của đất bùn sét pha lẫn nhiều hữu cơ ở Kiên Giang là lớn nhất (50,05%), tiếp đến là đất bùn sét ở Tiền Giang và U Minh, Cà Mau (11,37 – 13,62%), các nơi còn lại từ 6,78 đến 9,86%;

Hàm lượng ôxit nhôm (Al_2O_3) của đất ở Kiên Giang là nhỏ nhất (9,23%) trong khi đó đất ở các nơi khác từ 14,09% (sét pha, An Giang) đến 18,76% (sét, An Giang), đất bùn sét từ 16,78÷17,52%.

Đánh giá lượng SO_3 có trong đất [23] cho thấy: đất tại An Giang, Hậu Giang, Bạc Liêu và khu vực Cái Nước (Cà Mau) có tính phèn yếu ($SO_3 = 0,5-1,0\%$) đến trung bình ($SO_3 = 1,0-1,75\%$); Đất ở Kiên Giang, Tiền Giang và U Minh, Cà Mau có tính phèn mạnh ($SO_3 > 1,75\%$). Kết quả phân tích thành phần hóa học khá phù hợp với kết quả nghiên cứu về thành phần khoáng vật.

2.3.2.4. Kết quả thí nghiệm khả năng trao đổi cation của đất

Kết quả phân tích khả năng trao đổi các cation và anion của đất được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 8727:2012 [51], TCVN 8568: 2010 [47]; xác định hàm lượng hữu cơ theo tiêu chuẩn TCVN 8726:2012 [50] tại Phòng thí nghiệm tổng hợp đất và nước – Viện Nước tưới tiêu và Môi trường thuộc Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Đã tiến hành thí nghiệm tổng cộng 27 mẫu, tổng hợp kết quả thí nghiệm được trình bày tại bảng 2.6.

Bảng 2.6: Kết quả thí nghiệm khả năng trao đổi cation của đất

Loại đất		Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B.sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc		$(aQ_2^{3,2})$	$(aQ_2^{3,2})$	$(amQ_2^{2,3,1})$	$(abQ_2^{3,1})$	$(amQ_2^{2,3,2})$	$(mbQ_2^{3,2})$	$(amQ_2^{3,1})$	$(mbQ_2^{3,2})$	$(mbQ_2^{3,2})$
Địa điểm		H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K. Giang	TP.Vị Thanh, H.Giang	H. Đông Hải, Bạc Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
Chỉ tiêu	Đơn vị									
pH	mg/100g	5,8	5,7	5,6	2,1	6,7	6,3	3,5	6,7	7,0
TSMT	mg/100g	345,9	524,5	543,1	292,5	2298,0	3624,0	4503,0	1737,31	2194,36
Fe^{2+}	mg/100g	207,18	1733,06	589,76	214,73	331,50	324,25	111,35	72,0	184,67
Fe^{3+}	mg/100g	16,26	55,26	12,79	19,52	9,50	18,75	8,56	8,0	13,56
Ca^{2+}	meq/100g	6,04	5,36	7,70	12,76	6,80	7,0	7,16	0,48	0,54

Loại đất		Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B. sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc		$(aQ_2^{3_2})$	$(aQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{2-3_1})$	$(abQ_2^{3_1})$	$(amQ_2^{2-3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{3_1})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$
Địa điểm		H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K. Giang	TP. Vị Thanh, H. Giang	H. Đông Hải, Bạc Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
Chi tiêu	Đơn vị									
Mg ²⁺	meq/100g	4,02	7,45	6,61	10,59	11,80	10,60	8,68	2,33	1,64
Al ³⁺	mg/100g	0,10	0,12	0,07	1,30	-	-	0,08	-	-
Cl ⁻	mg/100g	13,47	68,06	15,07	38,99	464,4	857,89	962,46	522,0	934,74
SO ₄ ²⁻	mg/100g	188,52	78,36	75,37	397,2	168,37	131,63	327,0	42,88	16,65
Na ⁺	meq/100g	1,67	2,12	1,33	0,68	15,22	17,74	19,52	9,70	16,19
K ⁺	meq/100g	0,30	0,78	0,30	0,07	1,08	1,40	2,69	1,17	1,06
CEC	mg/100g	6,08	8,84	3,60	5,42	15,00	6,60	9,1	17,98	8,51
Tổng N	%	0,064	0,84	0,11	0,533	0,081	0,14	0,212	0,22	0,11
Mùn	%	1,98	2,10	2,33	26,56	2,97	2,76	5,08	13,90	3,49
Mn	mg/kg	7,82	1204,0	661,0	621,2	1213,8	663,5	66,1	33,0	612,87

Nhận xét:

Từ kết quả phân tích khả năng trao đổi cation của đất, dựa theo phân loại đất trong Cẩm nang ngành Lâm Nghiệp (đất và dinh dưỡng) [23], đánh giá theo độ pH cho thấy: đất bùn sét pha lẫn nhiều hữu cơ tại Kiên Giang ($abQ_2^{3_1}$) và bùn sét tại U Minh, Cà Mau thuộc đất chua mạnh (pH <4,5); đất tại An Giang, Tiền Giang và Bạc Liêu thuộc đất ít chua (pH = 5,5-6,5) và đất tại Hậu Giang và Cái Nước, Cà Mau là trung tính (pH >6,5-7,0).

Về thành phần vật chất hữu cơ (lượng mùn trong đất) cho thấy: hầu hết các đất nghiên cứu ở trên là loại đất lẫn hữu cơ (hàm lượng hữu cơ <10%). Riêng đất ở Kiên Giang và Cái Nước, Cà Mau là đất than bùn hóa (HLHC = 10-60%) [31].

Theo phân loại của các tác giả Bezruk. V.M, Motulev. Yu.L, Grot. A.L, Znamenxki. A.I, Ieruxalimyckaya. M.F [32] dựa vào dạng nhiễm muối xác định theo tỷ lệ anion Cl⁻/SO₄²⁻ (bảng 2.7).

Bảng 2.7: Phân loại đất chứa muối dựa vào dạng nhiễm muối [32], [17].

Kiểu nhiễm muối đất đá	Tỷ lệ Cl^-/SO_4^{2-}
Clorua	>2
Clorua - Sulfat	2-1
Sulfat - Clorua	1-0,2
Sulfat	<0,2

Đánh giá theo mức độ nhiễm muối, các tác giả trên đã dựa theo tổng lượng muối trung bình của các muối dễ hòa tan, tính theo % khối lượng đất khô (bảng 2.8).

Bảng 2.8: Phân loại đất chứa muối dựa vào mức độ nhiễm muối [32], [16].

Mức độ nhiễm muối	Tổng lượng muối trung bình các muối dễ hòa tan, tính theo % khối lượng đất khô	
	Nhiễm muối dạng Clorua, Clorua - Sulfat	Nhiễm muối dạng Sulfat, Sulfat – Clorua
Nhiễm muối ít	0,3-1	0,3-0,5
Nhiễm muối	1-5	0,5-2
Nhiễm muối nhiều	5-8	2-5
Nhiễm muối quá mức	>8	>5

Từ kết quả thí nghiệm tổng hàm lượng muối tan, đánh giá mức độ nhiễm muối, dạng nhiễm muối được trình bày tại bảng 2.9.

Bảng 2.9: Kết quả xác định dạng nhiễm muối, mức độ nhiễm muối và mức độ mặn của đất nghiên cứu

Loại đất	Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B. sét lẫn hữu cơ	Bùn sét	
Nguồn gốc	$(aQ_2^{3_2})$	$(aQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{2-3_1})$	$(abQ_2^{3_1})$	$(amQ_2^{2-3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{3_1})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$	
Vị trí nghiên cứu	H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K. Giang	TP. Vị Thanh, H. Giang	H. Đông Hải, Bạc Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau		
Chỉ tiêu	Đơn vị									
Cl^-	mg/100g	13,47	68,06	15,07	38,99	464,4	857,89	962,46	522,0	934,74
SO_4^{2-}	mg/100g	188,52	78,36	75,37	397,2	168,37	131,63	327,0	42,88	16,65

Loại đất		Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B.sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc		(aQ ₂ ³ ₂)	(aQ ₂ ³ ₂)	(amQ ₂ ²⁻³ ₁)	(abQ ₂ ³ ₁)	(amQ ₂ ²⁻³ ₂)	(mbQ ₂ ³ ₂)	(amQ ₂ ³ ₁)	(mbQ ₂ ³ ₂)	(mbQ ₂ ³ ₂)
Vị trí nghiên cứu		H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K. Giang	TP.Vị Thanh, H.Giang	H.Đông Hải, Bạc Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
Chỉ tiêu	Đơn vị									
Tỷ lệ Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻		0,07	0,87	0,20	0,10	2,76	6,52	2,94	12,17	56,14
Dạng nhiễm muối		Sulfat	Sulfat - clorua		Sulfat	Clorua				
TSM _T	mg/100g	345,9	524,5	543,1	292,5	2298	3624	4503	1737,31	2194,36
Tỷ lệ (%)		0,35	0,52	0,54	0,29	2,30	3,62	4,50	1,74	2,19
Mức độ nhiễm muối		Nhiễm muối ít	Nhiễm muối		Không nhiễm muối	Nhiễm muối				
Cl ⁻	%o	0,13	0,68	0,15	0,39	4,64	8,58	9,62	5,22	9,35
Mức độ mặn		Không mặn				Mặn vừa	Mặn đến rất mặn			

Từ bảng 2.9 cho thấy các đất nghiên cứu có dạng nhiễm muối là Sulfat (sét pha dẻo chảy ở An Giang và TBH ở Kiên Giang có $Cl^-/SO_4^{2-} < 0,2$); dạng Sulfat –Clorua (sét dẻo chảy ở An Giang và bùn sét ở Tiền Giang có $Cl^-/SO_4^{2-} = 1 \div 0,2$); nhiễm muối dạng Clorua là bùn sét ở Hậu Giang, Bạc Liêu và Cà Mau ($Cl^-/SO_4^{2-} > 2$).

Dựa vào tỷ lệ anion Cl⁻ (%o) có trong đất các tác giả đã phân loại mức độ mặn của đất [23] cho thấy:

Đất ở Cà Mau, Bạc Liêu từ mặn đến rất mặn ($Cl^- > 5$); đất ở Hậu Giang - mặn vừa ($Cl^- = 3,0-5,0$); An Giang, Tiền Giang và Kiên Giang là không mặn $Cl^- < 1,5$.

Như vậy, phân tích theo hướng từ đất liền ra biển (từ An Giang, Hậu Giang đến Bạc Liêu; Từ An Giang, Kiên Giang đến Cà Mau hoặc từ An Giang đến Tiền Giang) cho thấy: đất loại sét yếu vùng ĐBSCL bị nhiễm muối chuyển dần từ sulfat sang sulfat – clorua đến clorua; mức độ nhiễm muối từ nhiễm muối ít đến nhiễm muối; mức độ mặn từ không mặn sang mặn vừa đến rất mặn.

2.3.2.5. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý

Tại các vị trí nghiên cứu, đã tiến hành các thí nghiệm tại hiện trường như cắt cánh, xuyên tiêu chuẩn; Thí nghiệm trong phòng được thí nghiệm với các chỉ tiêu cơ lý thông thường theo TCVN 4195-2012 [53], TCVN 4196-2012 [54], TCVN

4197-2012 [55], TCVN 4199-2012 [57], TCVN 4200-2012 [58]; TCVN 8723:2012 [59] tại Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật – Viện Thủy công. Tổng hợp kết quả thí nghiệm trong phòng và khối lượng thí nghiệm mẫu xác định các chỉ tiêu cơ lý được trình bày tại bảng 2.10.

Bảng 2.10: Đặc tính cơ lý của đất loại sét yếu tại các vị trí nghiên cứu

Loại đất		Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B.sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc		$(aQ_2^{3,2})$	$(aQ_2^{3,2})$	$(amQ_2^{2-3,1})$	$(abQ_2^{3,1})$	$(amQ_2^{2-3,2})$	$(mbQ_2^{3,2})$	$(amQ_2^{3,1})$	$(mbQ_2^{3,2})$	$(mbQ_2^{3,2})$
Địa điểm Chỉ tiêu		H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K. Giang	TP.Vị Thanh, H.Giang	H. Đông Hải, B.Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
Khối lượng mẫu		15	49	18	12	18	15	12	12	37
Chỉ tiêu vật lý	Độ ẩm tự nhiên (%)	39,5	50,7	66,5	285,0	93,5	58,6	80,6	83,9	76,6
	KLTT tự nhiên γ_w (t/m^3)	1,76	1,68	1,57	1,13	1,48	1,62	1,52	1,49	1,54
	KLTT khô γ_c (t/m^3)	1,26	1,12	0,94	0,29	0,76	1,02	0,84	0,81	0,87
	KL riêng ρ (t/m^3)	2,67	2,67	2,59	1,90	2,67	2,67	2,64	2,61	2,65
	Độ bão hòa G (%)	94,0	97,2	98,5	98,6	99,9	97,1	99,4	98,2	99,3
	Độ rỗng n (%)	52,9	58,2	63,6	84,6	71,5	61,74	68,18	69,0	67,2
	Hệ số rỗng e_0	1,122	1,392	1,745	5,492	2,502	1,614	2,143	2,226	2,046
Giới hạn AATERBERG	Giới hạn chảy W_L (%)	41,3	49,8	62,0	235,8	71,6	57,1	74,1	76,2	69,6
	Giới hạn dẻo W_P (%)	27,7	30,5	34,6	171,6	38,0	33,3	40,8	43,1	38,0
	Chỉ số dẻo I_p (%)	13,6	19,4	27,5	64,2	33,6	23,8	33,3	33,1	31,7
	Độ sệt B	0,86	1,05	1,16	1,77	1,65	1,06	1,19	1,23	1,22
Chỉ tiêu lực học	Góc MS trong φ (độ)	6°33'	4°19'	3°32'	2°04'	2°14'	3°07'	2°38'	2°28'	3°22'
	Lực dính đơn vị (c, kPa)	6,96	5,59	3,73	1,47	2,06	3,33	0,038	2,75	4,02
	HS nén lún a_{1-2} (kPa^{-1})	$0,96 \cdot 10^{-3}$	$2,17 \cdot 10^{-3}$	$3,68 \cdot 10^{-3}$	$16,49 \cdot 10^{-3}$	$7,71 \cdot 10^{-3}$	$4,65 \cdot 10^{-3}$	$6,43 \cdot 10^{-3}$	$5,77 \cdot 10^{-3}$	$4,27 \cdot 10^{-3}$
TNcắt cân bằng	Su (kPa)	20,10	21,57	17,36	10,10	14,32	15,30	10,1	14,81	15,89
	Su' (kPa)	4,12	3,53	3,92	3,24	3,33	3,53	3,23	4,51	4,90
Mô đun biến dạng E_{1-2} (kPa)		2647,8	1284,7	676,7	490,3	735,5	725,7	900,0	588,4	666,8

Loại đất	Sét pha dẻo chảy	Sét dẻo chảy	B. sét lẫn hữu cơ	B. sét pha lẫn nhiều hữu cơ	Bùn sét	Bùn sét	Bùn sét lẫn hữu cơ	B. sét lẫn hữu cơ	Bùn sét
Nguồn gốc	$(aQ_2^{3_2})$	$(aQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{2-3_1})$	$(abQ_2^{3_1})$	$(amQ_2^{2-3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(amQ_2^{3_1})$	$(mbQ_2^{3_2})$	$(mbQ_2^{3_2})$
Địa điểm Chỉ tiêu	H. Chợ Mới, An Giang		H. Cai Lậy, T. Giang	Gò Quao, K. Giang	TP. Vị Thanh, H. Giang	H. Đông Hải, B. Liêu	U Minh, Cà Mau	H. Cái Nước, Cà Mau	
Sức chịu tải quy ước, R_0 (kPa)	53,0	42,2	32,4	17,7	23,5	31,4	33,0	26,5	32,4
Hệ số thấm, k (cm/s)	$2,61 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$	$5,21 \times 10^{-6}$	$1,28 \times 10^{-5}$	$2,12 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$1,05 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$5,16 \times 10^{-6}$
Thí nghiệm SPT, N_{30}	2	2	2	1	1-2	1-2	1-2	1	1-2

Từ kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của đất tại các vùng nghiên cứu cho thấy: các đất loại sét nghiên cứu đều là những lớp đất yếu (sét, sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy, bùn sét, bùn sét pha lẫn hữu cơ...). Đất có hệ số nén lún lớn, sức chịu tải nhỏ, hệ số rỗng lớn..., các loại đất này khi xây dựng các công trình cần có các biện pháp cải tạo xử lý nền hoặc giải pháp móng thích hợp.

2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

1. ĐBSCL được hình thành bởi các trầm tích trẻ có tuổi Holocen phân bố hầu khắp trên toàn bộ các tỉnh thuộc đồng bằng có chiều dày lớn phân bố đan xen, đặc biệt là các khu vực cửa sông, ven biển. Các trầm tích này có phạm vi phân bố rộng và phủ lên trầm tích tuổi Pleistocen thượng, nguồn gốc sông – biển hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^{3mh}) hoặc trầm tích biển thuộc hệ tầng Long Mỹ (mQ_1^{3lm}). Diễn hình gồm các trầm tích sau:

Trầm tích sông – biển ($amQ_2^{2-3_1}$, $amQ_2^{2-3_2}$, $amQ_2^{3_1}$); sông - đầm lầy ($abQ_2^{3_1}$, $abQ_2^{3_2}$); biển – đầm lầy ($mbQ_2^{3_2}$); sông ($aQ_2^{3_2}$), biển ($mQ_2^{3_2}$), đầm lầy ($bQ_2^{3_2}$). Các trầm tích này có chiều dày lớn từ trên 10 m đến trên 20m, có nơi đến 30m, trong đất thường có chứa hữu cơ.

2. Đặc điểm phân bố trầm tích cho thấy:

- Các trầm tích có nguồn gốc sông (a), sông – đầm lầy (ab) thường nằm trên các trầm tích có nguồn gốc sông – biển (am) và biển (m).

- Trong cùng một tuổi và nguồn gốc, các trầm tích phân bố có tính quy luật về đặc điểm thành phần hạt: hạt thô thường nằm phía dưới các trầm tích hạt mịn, nhóm hạt cát thường nằm phía dưới nhóm hạt bụi, hạt sét.

3. Từ kết quả nghiên cứu đặc điểm thành phần của một số đất loại sét phổ biến phân bố tại ĐBSCL, để đánh giá ảnh hưởng của các đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố, NCS phân chia thành 3 nhóm theo mức độ thuận lợi cho việc cải tạo đất bằng xi măng như sau:

Nhóm 1: Đất sét pha phân bố ở An Giang: hàm lượng hạt cát 61%, bụi 22,5%; sét 16,4%; khoáng vật thạch anh 47÷49%, rất ít montmorilonit; ôxit silic ($\text{SiO}_2=68,44\%$); pH=5.8, HLHC 1,98%; đất nhiễm muối ít dạng sulfat;

Nhóm 2:

- Phụ nhóm 2a: Đất sét dẻo chảy đến chảy ở An Giang và bùn sét ở Tiền Giang: nhóm khoáng vật sét (montmorilonit, illit và kaolinit) 35÷43%; thạch anh từ 36÷40%; ôxit silic 57,18÷59,54%; MKN (9,04÷11,37%); pH=5,6-5,7; HLHC (2,1÷2,33%); đất không mặn, nhiễm muối dạng sulfat-clorua;

- Phụ nhóm 2b: Đất bùn sét ở Hậu Giang, Bạc Liêu và Cà Mau: nhóm khoáng vật sét 36÷51%; thạch anh từ 29÷41%; ôxit silic 56,37÷59,93%; MKN (8,0÷13,6%); pH = 3.1÷7,0; HLHC (2,67÷13,39%); đất nhiễm muối dạng clorua ở mức mặn vừa, mặn đến rất mặn.

Nhóm 3: Đất TBH ở Kiên Giang: thạch anh 23÷25%; ôxit silic thấp (27,87%), gotit 14-16%; SO_3 lớn (10,8%), chứa pyrit (5÷7%), pyrophyllit 4% và thạch cao 15%; pH = 2,1; HLHC 26,56%, MKN 50,05%, đất nhiễm muối dạng sulfat ở mức ít, không mặn;

Như vậy, đất loại sét yếu phân bố tại các tỉnh ĐBSCL đa phần đất bị nhiễm muối, lẫn hữu cơ, có tính chua phèn, đất có hàm lượng khoáng vật sét như montmorillonit, illit và kaolinit chiếm đa số. Các yếu tố này sẽ ảnh hưởng lớn đến việc gia cố nền đất yếu bằng xi măng.

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỐ

3.1. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố bao gồm:

- Nhóm 1: yếu tố liên quan đến đặc tính xây dựng của đất như loại đất, thành phần hạt, đặc tính hóa lý, thành phần khoáng vật, hàm lượng hữu cơ, pH môi trường, giới hạn Atterberg,...;

- Nhóm 2: yếu tố về hàm lượng, chất lượng chất kết dính, phụ gia (nếu có);

- Nhóm 3: yếu tố về điều kiện trộn, điều kiện bảo dưỡng, tỷ lệ nước/xi măng (N/X), thời gian trộn, thời gian ninh kết, phương pháp chế bị, thiết bị thí nghiệm mẫu,...

Theo (Terashi, 1997), các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố được trình bày tại bảng 3.1.

Bảng 3.1: Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố [10], [17]

I. Thành phần của chất tạo ổn định.	1. Loại chất tạo ổn định. 2. Chất lượng. 3. Trộn nước và phụ gia.
II. Thành phần và điều kiện của đất (đặc biệt quan trọng đối với đất sét).	1. Những đặc tính hóa học tự nhiên và khoáng vật của đất. 2. Hàm lượng hữu cơ. 3. pH của nước lỗ rỗng. 4. Hàm lượng nước.
III. Điều kiện trộn.	1. Nhiệt độ trộn. 2. Thời gian trộn. 3. Khối lượng của chất tạo ổn định
IV. Điều kiện dưỡng hộ.	1. Nhiệt độ. 2. Thời gian dưỡng hộ. 3. Độ ẩm. 4. Thời tiết.

Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu của luận án, NCS chủ yếu đi sâu nghiên cứu và đánh giá theo nhóm yếu tố ảnh hưởng về các đặc điểm thành phần của đất loại

sét yếu vùng ĐBSCL đến chất lượng đất gia cố như: thành phần hạt, khoáng vật, hóa học, pH của môi trường, hàm lượng hữu cơ và khả năng trao đổi các cation của đất.

Để làm sáng tỏ ảnh hưởng của các đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố bằng xi măng là một vấn đề phức tạp. Sở dĩ như vậy vì riêng đất gia cố, với một loại xi măng thì đã có nhiều yếu tố ảnh hưởng như đã nêu ở phần trên (nhóm 1 và nhóm 3). Như vậy, nếu muốn làm sáng tỏ một yếu tố ảnh hưởng thì các yếu tố khác phải không đổi. Điều này rất khó thực hiện ngay cả với các nghiên cứu trong phòng.

Từ đó có thể có hai cách làm sáng tỏ:

1. Thí nghiệm trong phòng với một loại xi măng và các mẫu đất có yếu tố ảnh hưởng biến đổi. Ưu điểm của phương pháp này là có thể thực hiện được song ít phù hợp với thực tế và mang tính lý thuyết.
2. Tiến hành thí nghiệm với rất nhiều mẫu đất có nguồn gốc, thành phần và vị trí khác nhau cải tạo với từng loại xi măng ở các ngày tuổi khác nhau từ đó tổng hợp, phân tích, so sánh làm sáng tỏ các yếu tố ảnh hưởng. Ưu điểm của phương pháp này là phù hợp với thực tế đồng thời kết quả có thể áp dụng được trong sản xuất. Tuy nhiên, phương pháp này cần phải thí nghiệm với số lượng mẫu lớn mới có thể nhận được kết quả tin cậy.

Từ những phân tích trên, NCS đã sử dụng cách 2 để tiến hành nghiên cứu, cụ thể: các mẫu đất cải tạo được tiến với các loại đất đã nghiên cứu ở chương 2, các loại xi măng sử dụng là Tây Đô PCB30 (T30), Tây Đô PCP40 (T40), Kiên Lương PCB40 (K40), đây là các loại xi măng địa phương, khá phổ biến tại vùng ĐBSCL. Mẫu được chế bị và thí nghiệm ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91 và 180. Ngoài ra, để so sánh ảnh hưởng của quan hệ mẫu ở hiện trường và trong phòng, ảnh hưởng của loại xi măng,..., NCS đã nghiên cứu thí nghiệm thêm với xi măng Hà Tiên PCB40 (HT40) và Nghi Sơn PCB40 (N40).

3.2. CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA PHƯƠNG PHÁP CẢI TẠO ĐẤT BẰNG XI MĂNG

Khi trộn đất với xi măng (Đ-XM) tạo thành một hỗn hợp vật liệu mới, có tính bền vững. Quá trình hình thành cường độ của Đ-XM là quá trình phức tạp, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố [32].

Thành phần hóa học của xi măng gồm các clinker chủ yếu sau:

- Silicat tricalcit (C_3S): $3CaO \cdot SiO_2 = 37-38\%$
- Silicat bicalcit (C_2S): $2CaO \cdot SiO_2 = 15-37\%$
- Aluminat tricalcit (C_3A): $3CaO \cdot Al_2O_3 = 10-18\%$
- Fero aluminat tetracalcit (C_4AF): $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 = 7-15\%$

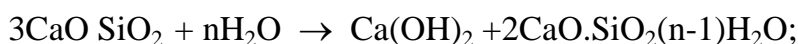
Ngoài ra còn một số thành phần khác như $5CaO \cdot Al_2O_3$; $2CaO \cdot Fe_2O_3$; $MgO < 4\%$; $CaO < 0,5\%$; $SO_3 < 3,5\%$.

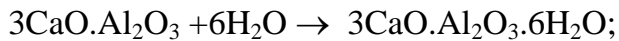
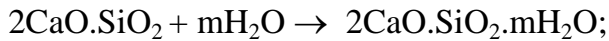
Khi trộn xi măng vào đất, lúc này xi măng đóng vai trò là chất kết dính còn các hạt đất là cốt liệu. Trong đất luôn chứa các thành phần vật chất, thành phần hóa học, các hạt đất phân tán... do vậy, chúng sẽ kết hợp với thành phần của xi măng tạo thành các phản ứng hóa lý phức tạp, được chia làm hai thời kỳ là thời kỳ ninh kết và thời kỳ rắn chắc. Trong thời kỳ ninh kết, vữa xi măng mất dần tính dẻo và đặc dần lại nhưng chưa có cường độ; trong thời kỳ rắn chắc chủ yếu xảy ra các quá trình thủy hóa các thành phần khoáng vật của Clinker và thủy hóa Vôi. Các quá trình như sau:

- *Quá trình kiềm*: [32] là quá trình thủy phân hydrat hóa xi măng, khi gặp nước các Clinker bị thủy phân, C_3S bị thủy phân đầu tiên và phụ thuộc vào nồng độ CaO có trong nước lỗ rỗng. Khi nồng độ $CaO < 0,08$ g/l thì C_3S bị thủy phân hoàn toàn tạo thành $Ca(OH)_2$ và gelsilic; khi nồng độ $CaO = 0,8-0,12$ g/l thì sẽ tạo ra hydro silicat canxi dạng $CSH(B)$ có công thức hóa học: $(0,8 \div 1,5)CaO \cdot SiO_2 \cdot (0,5 \div 0,25)H_2O$ và $Ca(OH)_2$; Khi trong dung dịch $Ca(OH)_2$ thì C_3S sẽ bị thủy phân tạo thành hydrosilicat calci kiểu C_2SH_2 có công thức: $(1,7 \div 2,0) CaO \cdot SiO_2 \cdot (2,4 \div 0,25)H_2O$ và $Ca(OH)_2$ ở dạng rắn.

Sự phân hủy C_3S tạo ra môi trường kiềm cao và tạo điều kiện thuận lợi để các hợp chất clinke khác bắt đầu phân hủy; Sản phẩm C_2S cũng không phải là cố định mà cũng thay đổi phụ thuộc vào nồng độ pha lỏng, trong điều kiện đủ nước C_2S sẽ chuyển thành $CSH(B)$; Các hợp chất C_2A , $C_4(AF)$ cũng bị phân hủy và tạo ra hydroaluminat calci và hydroferat calci.

Các phương trình phản ứng xảy ra như sau:





Ngoài ra, aluminat calci còn tác dụng với gốc sulfat có trong thành phần của xi măng để tạo ra hydrosulfat aluminat calci ($\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.3\text{CaSO}_4.31\text{H}_2\text{O}$).

Trong quá trình đông cứng, rắn chắc xi măng, xảy ra các giai đoạn hòa tan, hóa keo và kết tinh liên tục, đồng thời và đan chéo nhau.

- Giai đoạn hòa tan: khi cho xi măng vào nước sẽ xảy ra phản ứng giữa xi măng và nước trên bề mặt hạt xi măng. Những chất mới sinh ra hòa tan được trong nước như $\text{Ca}(\text{OH})_2$; $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ sẽ tạo thành dịch bao quanh bề mặt hạt xi măng.

- Giai đoạn hóa keo: lượng các chất mới sinh ra $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ do quá trình thủy hóa không hòa tan được nữa mà tồn tại ở thể keo, chất C_2S ($2\text{CaO}.\text{SiO}_2$) vốn không được hòa tan sẽ tách ra ở dạng phân tán nhỏ trong dung dịch tạo thành keo phân tán. Lượng keo này ngày càng sinh ra nhiều làm cho các hạt keo phân tán tương đối nhỏ tụ lại thành những hạt keo lớn hơn ở dạng sệt khiến cho xi măng mất dần tính dẻo và ninh kết lại dần.

- Giai đoạn kết tinh: các chất $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{H}_2\text{O}$ chuyển từ dạng ngưng keo sang dạng kết tinh; Các tinh thể đan chéo nhau làm cho xi măng bắt đầu có cường độ, chất $2\text{CaO}.\text{SiO}_2.m\text{H}_2\text{O}$ tồn tại ở thể keo rất lâu sau đó một phần chuyển thành tinh thể. Do lượng nước ngày càng mất đi, keo dần bị khô, kết chặt lại và trở lên rắn chắc.

- *Quá trình thứ sinh*: các hạt sét có trong đất có thành phần khoáng vật chủ yếu là hydromica, kaolinit, montmorilonit. Thành phần hóa học chính của các khoáng vật này là SiO_2 và Al_2O_3 . Ở điều kiện bình thường thì các khoáng vật này khá bền vững, sự hòa tan chúng là rất kém song trong môi trường kiềm, có độ pH cao thì chúng dễ bị hòa tan dẫn đến sự phá hủy các khoáng vật. Các oxit nhôm, silic ở dạng hòa tan là yếu tố tạo nên một phần vật liệu gắn kết và đông cứng làm tăng cường độ của hỗn hợp Đ-XM. Quá trình này xảy ra chậm chạp, lâu dài.

Như vậy, khi trộn xi măng với đất ngoài các quá trình phản ứng rất phức tạp xảy ra nhằm ninh kết xi măng, xi măng với đất còn có các phản ứng xảy ra từ các chất

được sinh ra với thành phần hóa học, khoáng vật của đất.... Đây là quá trình phản ứng rất phức tạp và ảnh hưởng rất lớn đến cường độ đất gia cố.

3.3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CẢI TẠO ĐẤT LOẠI SÉT YẾU BẰNG XI MĂNG VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

3.3.1. Quy trình thí nghiệm mẫu đất gia cố

Mẫu được chế bị theo TCVN 9403: 2012 [49], ngoài ra có tham khả các tiêu chuẩn JGS 0821-2000 [66] của Nhật Bản và DBJ08-40-94 [45] của Trung Quốc, bảo dưỡng trong điều kiện bão hòa. Thí nghiệm nén một trục không hạn chế nở hông được tiến hành theo tiêu chuẩn ASTM D2166 [60] và thí nghiệm xác định cường độ kháng kéo của mẫu đất được tiến hành theo tiêu chuẩn TCVN 8862: 2011 [48] tại các ngày tuổi là 7, 14, 28, 56, 91 và 180.

- Số lượng mẫu chế bị: ở mỗi ngày tuổi chế bị 03 mẫu để thí nghiệm xác định cường độ kháng nén (q_u) và mô đun đàn hồi (E_{50}). Kết quả thí nghiệm được tính trung bình từ 3 mẫu thử, khi kết quả tính toán của một mẫu thử vượt quá $\pm 15\%$ trị số bình quân của các mẫu thì lấy trị số của 2 mẫu còn lại, nếu không được 2 mẫu thì phải làm lại thí nghiệm. Số lượng thí nghiệm cho mỗi hàm lượng ở các ngày tuổi là (3 mẫu*6 đợt thí nghiệm = 18 mẫu); trong trường hợp nếu mẫu thí nghiệm xác định cả cường độ kháng kéo thì số lượng mẫu chế bị là gấp đôi. Thông thường, lượng mẫu được chế bị lớn hơn mẫu thí nghiệm để dự trữ cho trường hợp mẫu bị hỏng khi thí nghiệm (hình 3.1).



Hình 3.1: Số lượng mẫu sau khi chế bị ở mỗi hàm lượng xi măng

- Kích thước mẫu: vỏ mẫu được chế tạo từ ống nhựa PVC có đường kính $\phi 50$, mẫu có chiều cao bằng 2 lần đường kính ($h=2d$). Tuy nhiên, để thuận tiện cho công tác tháo vỏ mẫu khi thí nghiệm, đồng thời giảm được ảnh hưởng những tác động ngoại lực đến mẫu, NCS đã xé dọc vỏ mẫu sau đó dán thẻ mẫu và quấn lại bằng băng dính. Đường kính mẫu khi đó là $d=4,6\text{cm}$; $h=9,2\text{cm}$, thể tích mẫu là $V_m = 152,9 \text{ cm}^3$.

- Mẫu được chế bị từ các mẫu đất nguyên trạng, được lấy từ các loại đất nghiên cứu. Mỗi loại đất trước khi thí nghiệm được xác định khối lượng thể tích tự nhiên theo phương pháp dao vòng và độ ẩm theo phương pháp sấy khô. Khối lượng thể tích tự nhiên của đất được tính theo công thức: $\gamma_w = \frac{m}{V}$

trong đó: γ_w - Khối lượng thể tích tự nhiên (g/cm^3);

m - Khối lượng của đất ẩm (g);

V - Thể tích của dao vòng (cm^3).

- Khối lượng xi măng trộn cho một khối lượng đất được tính theo (kg/m^3), là lượng xi măng cho vào đất tính theo khối lượng thể tích tự nhiên của đất, được xác định theo công thức: $G = (m*t)/\gamma_w$

trong đó: G - Khối lượng xi măng cần trộn (kg);

m - Khối lượng của đất ướt (kg);

t - Tỷ lệ trộn (kg/m^3);

γ_w - Khối lượng thể tích tự nhiên (t/m^3);

- Lượng nước trộn: phụ thuộc vào tỷ lệ nước/xi măng (N/X), nếu $N/X=1/1$ (khối lượng nước trộn bằng khối lượng xi măng).

Khối lượng của hỗn hợp xi măng - đất:

$$G = \gamma_k (1+w+0,01t) V$$

Trong đó: t - tỷ lệ xi măng %;

V - tổng thể tích của số lượng mẫu cần chế bị cho mỗi hàm lượng, kể cả hao hụt 10%.

Các bước tiến hành thí nghiệm:

- Xác định khối lượng đất cho khối lượng mẫu thí nghiệm, khối lượng xi măng, khối lượng nước;

- Cho lượng đất đã được cân đưa vào máy trộn đánh toi đất
- Cho một nửa lượng nước và một nửa lượng xi măng vào thùng trộn, trộn khoảng 5 phút, tiếp đến dùng bay đánh toi đất trộn. Cho tiếp lượng đất và xi măng còn lại vào trộn tiếp 5 phút sau đó dùng bay đánh lại đất, tiếp tục dùng máy trộn đánh khoảng 3 phút cho tới khi đất và xi măng thật đều mới dừng.
- Cân lượng đất cho từng mẫu để chế bị (hình 3.2);
- Cho hỗn hợp vào khuôn thành 3 lớp (khuôn vỏ mẫu đã được làm sạch, đánh ký hiệu và bôi dầu róc khuôn), dùng que có đầu được mài tròn hình viên đạn, đâm, xọc từ ngoài vào trong theo hình xoắn ốc, lớp đầu tiên xuống tận đáy mẫu, các lớp tiếp theo sâu vào lớp trước từ 10-15mm, sau đó dùng lực vỗ, vỗ mạnh cho đến khi thấy hết bọt khí trong đất. Tiếp tục tiến hành với các lớp tiếp theo cho đến khi lượng đất chứa đầy khuôn (hình 3.2).



Hình 3.2: Trộn mẫu và chia khối lượng cho từng mẫu

Dùng bay miết thật kỹ sao cho bề mặt mẫu thật phẳng và không còn tồn tại bọt khí.



Hình 3.3: Mẫu thành phẩm và bảo dưỡng

Mẫu sau khi chế bị được bảo dưỡng trong điều kiện dưỡng ẩm khoảng 8 đến 12 tiếng khi mẫu đã khô bề mặt và phát triển cường độ tương đối cứng, sau đó mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện bão hòa, nước dùng để bão hòa mẫu là nước máy thông thường (hình 3.3).

Khi đến ngày thí nghiệm, mẫu được lấy ra, tháo vỏ sau đó tiến hành gọt phẳng 2 đầu, đo đường kính, chiều cao, cân trọng lượng mẫu, đặt mẫu vào thiết bị nén một trục nở hông (mẫu phải được đặt thật phẳng và thẳng tâm), tiến hành gia tải với tốc độ thí nghiệm bằng 1% biến dạng dọc trục. Ghi kết quả với tần suất 0,1mm/ lần đọc, mẫu được nén cho đến khi bị phá hủy thì dừng (hình 3.4).



Hình 3.4: Quá trình thí nghiệm nén mẫu

Kết quả thí nghiệm nén một trục nở hông xác định được cường độ kháng nén (CĐKN) và mô đun đàn hồi là các đặc trưng cơ học của đất gia cố (ảnh 3.5).

CĐKN một trục không hạn chế nở hông của mẫu thí nghiệm được tính theo công thức:

$$q_u = \frac{P^*(1-e_i)}{F} \quad (3.1)$$

Trong đó: P - Lực phá hoại (N) ;

F – Diện tích mẫu (cm²);

e_i – Biến dạng tương đối của mẫu tại thời điểm phá hoại.

Mô đun đàn hồi được xác định trong quá trình thí nghiệm nén bằng công thức 3.2

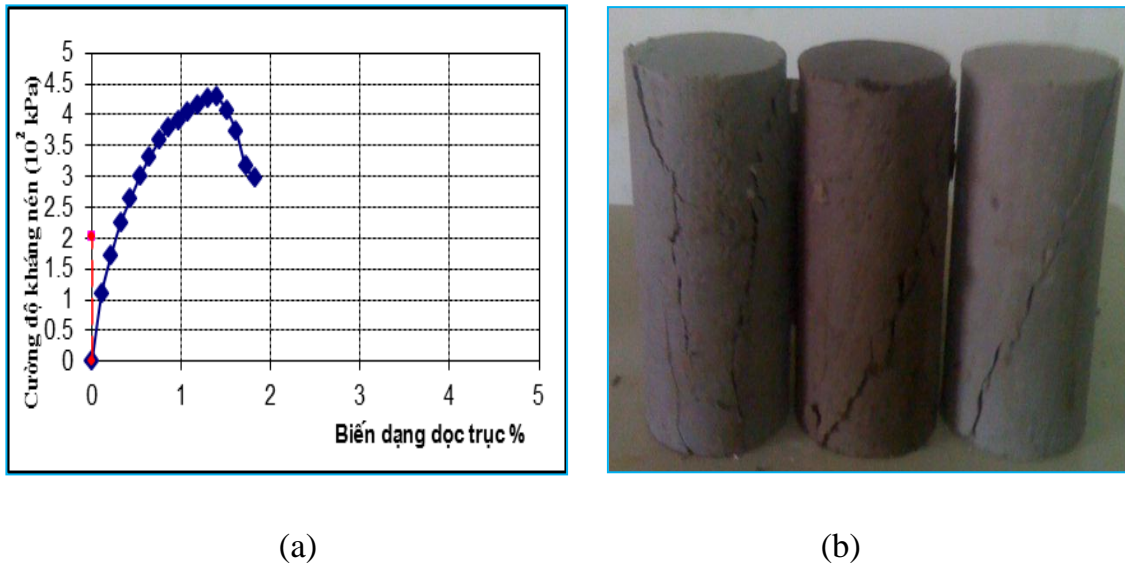
$$E = \frac{\sigma_n}{\varepsilon} = \frac{\sigma_n}{\frac{\Delta h}{h}} = \frac{\sigma_n * h}{\Delta h} \quad (3.2)$$

trong đó: σ_n – Cường độ kháng nén một trục không hạn chế nở hông tại thời điểm

mẫu biến dạng tuyến tính $\sigma_n = q_u/2$;

h – Chiều cao của mẫu;

Δh – Biến dạng của mẫu tại thời điểm $q_u/2$.



Hình 3.5: Biểu đồ biến dạng (a) và dạng phá hủy của mẫu đất gia cố xi măng (b)

3.3.2. Thành phần hóa học của các loại xi măng nghiên cứu

Để đánh giá ảnh hưởng của xi măng đến chất lượng đất gia cố, NCS đã tiến hành nghiên cứu thành phần hóa học của các xi măng nghiên cứu. Mẫu thí nghiệm được phân tích bằng phương pháp quang phổ phát xạ tại Trung tâm phân tích thí nghiệm địa chất thuộc Tổng cục Địa chất và Khoáng sản. Kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 3.2.

Bảng 3.2: Kết quả thí nghiệm xác định thành phần hóa học của xi măng

Xi măng TP hóa học (%)	Tây Đô PCB30	Tây Đô PCB40	Kiên Lương PCB40	Hà Tiên PCB40	Nghi Sơn PCB40
SiO ₂	25,41	21,71	16,97	23,77	20,78
TiO ₂	0,66	0,46	0,26	0,52	0,30
Al ₂ O ₃	6,20	5,27	4,70	5,83	4,94
Fe ₂ O ₃	3,91	3,43	3,23	3,94	2,81
FeO	1,01	0,56	0,12	0,22	0,45
MnO	0,06	0,07	0,05	2,53	0,11

Xi măng TP hóa học (%)	Tây Đô PCB30	Tây Đô PCB40	Kiên Lương PCB40	Hà Tiên PCB40	Nghi Sơn PCB40
CaO	49,42	54,74	60,42	51,66	56,53
MgO	2,53	2,91	1,81	2,53	2,41
K ₂ O	1,25	1,23	0,89	0,88	1,44
Na ₂ O	1,24	0,79	0,26	1,04	0,57
P ₂ O ₅	0,20	0,15	0,11	0,33	0,14
SO ₃	1,93	2,25	1,40	2,25	2,05
Cr ₂ O ₃	0,010	0,01	0,006	0,016	0,007
Độ mịn	0,95	0,83	1,65	-	0,94
MKN (900°C)	6,29	6,85	9,63	8,26	7,74

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy: các ôxít SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO của xi măng T30 và xi măng Hà Tiên (HT40) đều cao hơn xi măng T40 và K40. Lượng ôxít CaO trong xi măng K40 là lớn nhất (60,42%) trong khi đó xi măng T30 là nhỏ nhất (49,42%), tổng lượng ôxít kiềm (Na₂O và K₂O) của xi măng T30 cũng lớn hơn các xi măng T40, HT40, K40 và Nghi Sơn PCB40 (N40). Phân theo nhóm mác xi măng PCB30 và PCB40 cho thấy: lượng các ôxít SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO, tổng lượng ôxít kiềm (Na₂O, K₂O) và MKN của xi măng PCB30 lớn hơn so với xi măng PCB40 trong khi đó lượng ôxít CaO là ít hơn.

3.3.3. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng

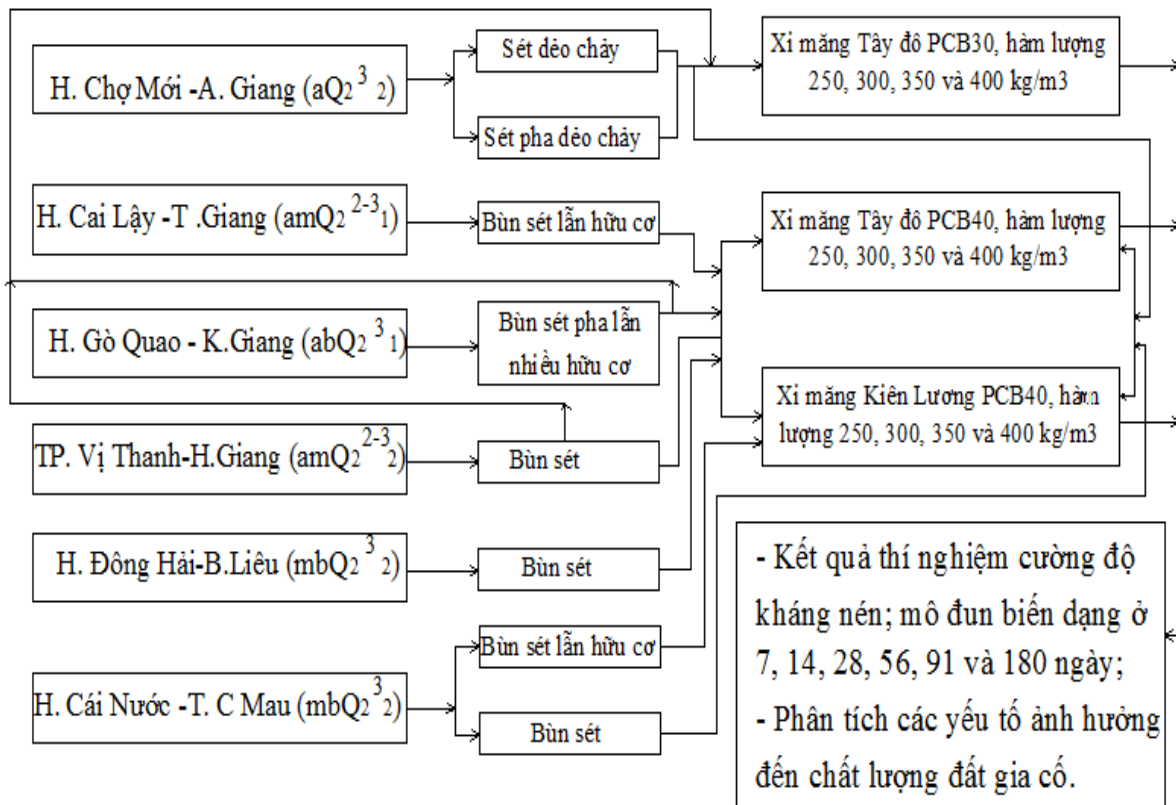
Như trên đã trình bày, cường độ của đất cải tạo bằng xi măng phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Chính vì vậy, để đánh giá ảnh hưởng của đặc tính xây dựng đến chất lượng đất gia cố, NCS đã tiến hành thí nghiệm với khối lượng mẫu rất lớn nhằm xác định cường độ kháng nén và mô đun biến dạng, 1369 mẫu (trình bày trong bảng 3.3). Sơ đồ công tác thí nghiệm mẫu đất trộn được trình bày trong hình 3.6.

Ngoài ra, để có tài liệu phục vụ cho đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố như thành phần hạt, lượng nước trộn, hàm lượng hữu cơ, quan hệ giữa mẫu trong phòng và hiện trường.... NSC còn thí nghiệm 1150 mẫu nén một trục nở hông xác định cường độ (mục 6-14, bảng 3.3).

Bảng 3.3: Khối lượng thí nghiệm mẫu đất cải tạo bằng xi măng

STT	Loại đất	Địa điểm lấy mẫu	Số lượng mẫu
1	Sét và sét pha dẻo chảy (aQ_2^3)	Huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang	422
2	Bùn sét (amQ_2^{2-3})	Huyện Cai Lậy, tỉnh Tiền Giang	136
3	Bùn sét (amQ_2^{2-3})	TX Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang	198
4	Than bùn hóa (abQ_2^3)	Huyện Gò Quao, tỉnh Kiên Giang	214
5	Bùn sét (mbQ_2^3)	Huyện Đông Hải, tỉnh Bạc Liêu	136
	Bùn sét lẫn hữu cơ (mbQ_2^3)	Huyện Cái Nước, tỉnh Cà Mau	63
	Bùn sét(mbQ_2^3)		200
Tổng (1-5)			1369
6	Bùn sét, bùn sét pha (amQ_2^{2-3})	Cần Thơ	72
7	Bùn sét (amQ_2^{2-3})	Hậu Giang (ảnh hưởng tỷ lệ nước/xi măng)	36
8	Than bùn hóa (abQ_2^3)	Kiên Giang (ảnh hưởng tỷ lệ nước/xi măng)	54
9	Bùn sét (amQ_2^{2-3}) trộn TBH (abQ_2^3)	Hậu Giang, Kiên Giang	108
10	Bùn sét (amQ_2^3)	U Minh, Cà Mau (trộn cát)	75
11	Bùn sét (amQ_2^{2-3}), TBH (abQ_2^3)	Hậu Giang, Kiên Giang (mẫu lõi cọc thử)	333
12	Bùn sét (amQ_2^{2-3}), TBH (abQ_2^3)	Lõi cọc đại trà xi măng Nghi Sơn, Hậu Giang	177

STT	Loại đất	Địa điểm lấy mẫu	Số lượng mẫu
13	Bùn sét (amQ_2^{2-3}), TBH (abQ_2^3)	Hậu Giang, Kiên Giang, (đôi chứng trong phòng, đại trà)	108
14	Bùn sét (amQ_2^{2-3}), TBH (abQ_2^3)	Hậu Giang, Kiên Giang, (đôi chứng trong phòng, cọc thử)	187
Tổng (6-14)			1150



Hình 3.6: Sơ đồ công tác thí nghiệm cải tạo đất bằng xi măng

3.3.3.1. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất sét pha và sét (aQ_2^3) bằng xi măng

Đất cải tạo (aQ_2^3), phân bố chủ yếu tại khu vực các bãi bồi ven sông và các thềm sông hiện tại thuộc các hệ thống sông Tiền, Sông Hậu và một số sông, kênh rạch lớn. Thành phần chủ yếu là bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha; sét, sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy và cát kém chặt, chiều dày từ 10 đến trên 20m. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã lựa chọn hai loại đất là sét và sét pha trạng thái dẻo chảy phân bố tại phía tả sông Hậu thuộc xã An Thạch Trung, huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang. Mẫu được chế bị với các HLXM 250, 300, 350 và 400 kg/m³, xi măng dùng thí

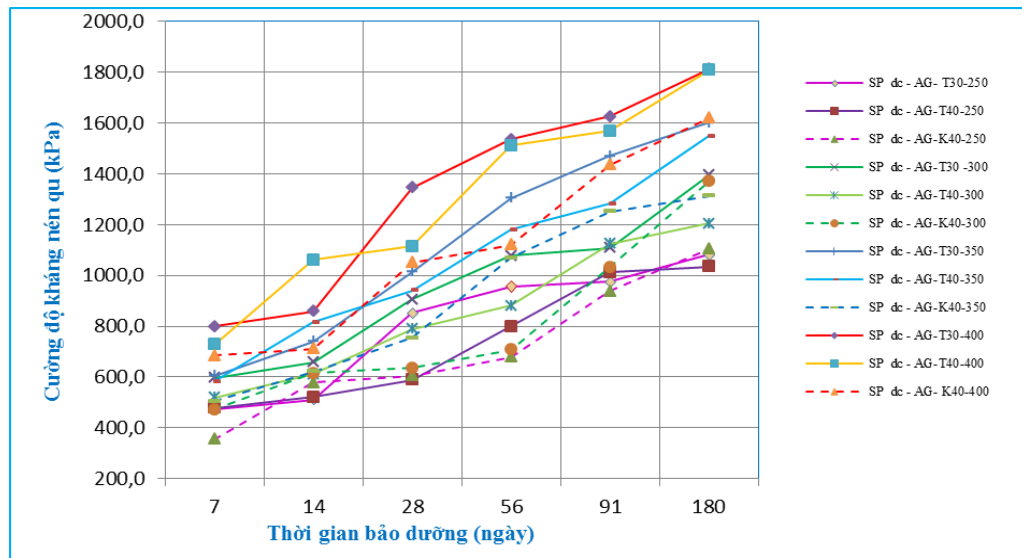
thí nghiệm là T30; T40 và K40, thời gian thí nghiệm ở các ngày tuổi bảo dưỡng là 7, 14, 28, 56, 91 và 180 ngày, tỷ lệ trộn N/X=1.

Kết quả thí nghiệm xác định cường độ kháng nén và mô đun đàn hồi của đất sét pha cải tạo được trình bày tại phụ lục 3.1. Tổng hợp kết quả thí nghiệm của 170 mẫu được trình bày tại bảng 3.4, biểu đồ quan hệ giữa cường độ kháng nén theo thời gian bảo dưỡng trình bày tại hình 3.7.

Bảng 3.4: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất sét pha, dẻo chảy aQ_2^3 tại An Giang cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 (ngày)	14	28	56	91	180
SP dc - AG- T30-250	470,9	510,5	852,0	957,3	975,2	1081,5
SP dc - AG-T40-250	478,6	521,0	589,3	798,3	1012,4	1035,3
SP dc - AG-K40-250	353,9	577,6	605,5	679,3	939,1	1104,9
SP dc - AG-T30 -300	595,9	657,0	905,9	1076,8	1108,5	1395,8
SP dc - AG-T40-300	518,8	611,1	789,8	881,5	1123,8	1204,3
SP dc - AG-K40-300	471,0	615,0	634,4	706,1	1032,1	1369,9
SP dc - AG-T30-350	603,8	739,4	1013,4	1303,8	1470,0	1601,4
SP dc - AG-T40-350	581,5	815,0	940,2	1180,3	1282,2	1547,7
SP dc - AG-K40-350	503,9	621,3	753,4	1070,0	1250,9	1313,9
SP dc - AG-T30-400	799,7	858,7	1345,5	1536,7	1625,9	1811,9
SP dc - AG-T40-400	726,7	1060,9	1115,4	1512,0	1569,0	1808,0
SP dc - AG- K40-400	685,4	712,0	1050,6	1119,9	1435,2	1620,2

Ghi chú: SP dc - AG- T30-250 (sét pha, dẻo chảy – An Giang – xi măng Tây Đô PCB30 – hàm lượng 250 kg/m³)



Hình 3.7: Quan hệ giữa q_u và thời gian bảo dưỡng của đất sét pha aQ_2^3 ở An Giang cải tạo bằng xi măng

Với đất sét trạng thái dẻo chảy (aQ_2^3) ở An Giang đã được nghiên cứu 172 mẫu chế bị. Kết quả thí nghiệm nén một và mô đun đàn hồi của các mẫu được trình bày tại phụ lục 3.2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm được trình bày tại bảng 3.5; quan hệ giữa cường độ kháng nén theo thời gian được trình bày tại hình 3.8.

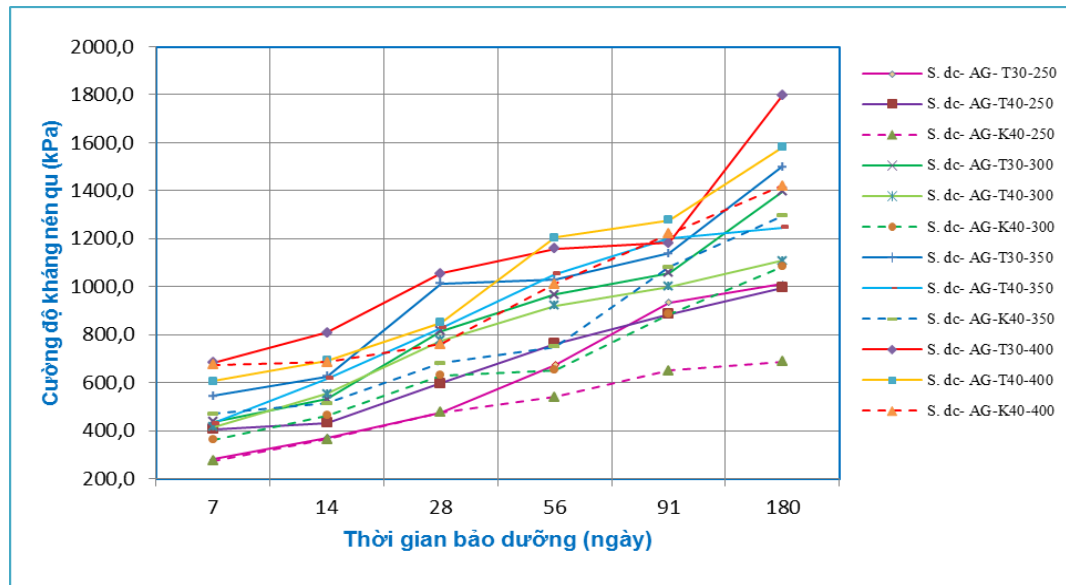
Bảng 3.5: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất sét, dẻo chảy - aQ_2^3 ở An Giang cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 (ngày)	14	28	56	91	180
S. dc- AG- T30-250	280,3	369,6	476,5	675,2	934,7	1010,1
S. dc- AG-T40-250	405,3	432,9	597,7	761,3	885,3	995,4
S. dc- AG-K40-250	273,8	363,5	477,2	540,9	649,1	687,3
S. dc- AG-T30-300	436,8	530,2	814,1	966,4	1057,4	1395,8
S. dc- AG-T40-300	415,3	552,2	776,6	921,6	1000,3	1108,7
S. dc- AG-K40-300	362,6	463,9	630,6	651,9	886,3	1084,4
S. dc- AG-T30-350	544,9	625,6	1013,4	1029,5	1137,6	1500,4
S. dc- AG-T40-350	429,5	616,1	829,3	1053,4	1202,0	1245,4
S. dc- AG-K40-350	469,8	512,9	680,7	750,0	1081,5	1294,2

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 (ngày)	14	28	56	91	180
S. dc- AG-T30-400	682,4	807,6	1055,1	1158,7	1183,4	1796,6
S. dc- AG-T40-400	607,0	691,1	851,2	1204,3	1277,2	1582,0
S. dc- AG-K40-400	675,3	684,8	760,0	1010,3	1220,2	1419,6

Ghi chú: S.dc-AG- T30-250 (Sét, dẻo chảy – An Giang – xi măng Tây Đô PCB30 – hàm lượng 250 kg/m³)

Biểu đồ quan hệ giữa cường độ kháng nén (q_u) của đất sét (aQ_2^3) cải tạo bằng xi măng theo thời gian bảo dưỡng được trình bày trong hình 3.8.



Hình 3.8: Quan hệ giữa q_u và thời gian bảo dưỡng của đất sét, dẻo chảy aQ_2^3 ở An Giang cải tạo bằng xi măng

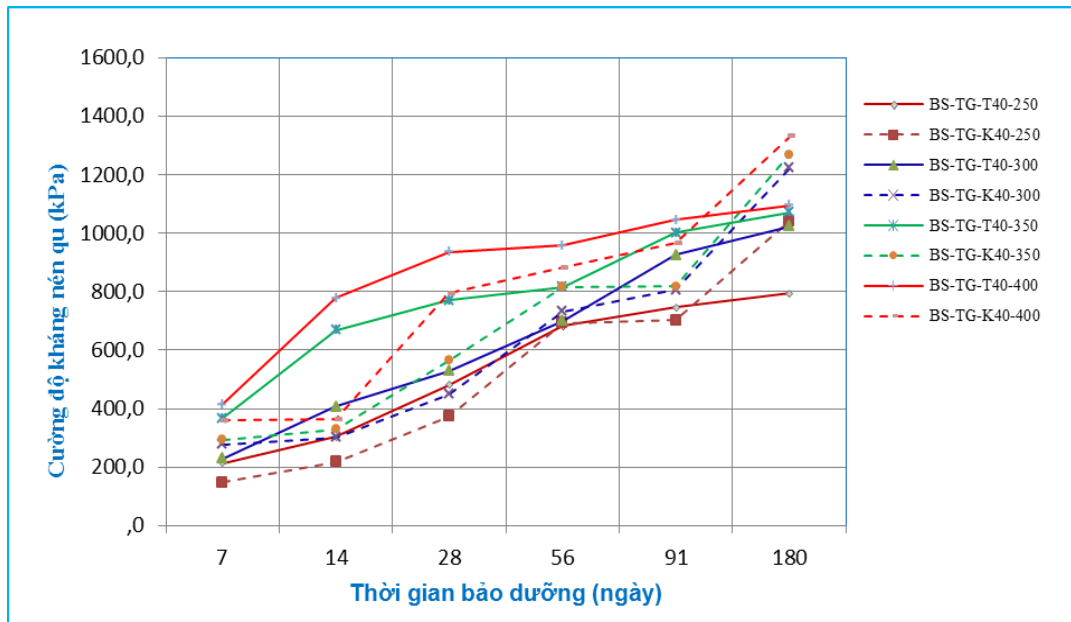
3.3.3.2. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) bằng xi măng

Đất loại sét (amQ_2^{2-3}) phân bố khá rộng rãi trong phạm vi giữa hai sông Tiền và sông Hậu và phía bờ hữu sông Hậu, kéo dài từ Châu Đốc - An Giang qua Đồng Tháp, Hậu Giang, Cần Thơ đến huyện Cai Lậy, tỉnh Tiền Giang, thành phần chủ yếu là bùn sét lẫn hữu cơ, chiều dày trầm tích trên 10m. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng T40 và K40 của đất lấy tại xã Phú An, huyện Cai Lậy, tỉnh Tiền Giang được trình bày tại phụ lục 3.3. Tổng hợp kết quả thí nghiệm của 128 mẫu chế bị được trình bày tại bảng 3.6. Quan hệ giữa cường độ kháng nén theo thời gian bảo dưỡng trình bày tại hình 3.9.

Bảng 3.6: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét $amQ_2^{2-3}_1$ ở Tiền Giang cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 (ngày)	14	28	56	91	180
BS-TG-T40-250	214,5	303,5	480,7	682,5	745,0	793,1
BS-TG-K40-250	148,6	216,7	372,3	691,2	702,0	1040,9
BS-TG-T40-300	230,1	407,4	528,7	700,7	926,3	1023,8
BS-TG-K40-300	278,1	302,0	449,1	733,0	805,3	1223,3
BS-TG-T40-350	367,2	668,4	770,1	815,9	1000,3	1071,5
BS-TG-K40-350	293,5	329,5	564,0	814,9	817,4	1267,7
BS-TG-T40-400	414,5	778,1	934,7	958,1	1045,0	1095,9
BS-TG-K40-400	359,0	362,8	793,3	880,8	965,9	1329,5

Ghi chú: BS- TG- T40-250 (Bùn sét-Tiền Giang-xi măng Tây Đô PCB40 – hàm lượng 250 kg/m³)



Hình 3.9: Quan hệ giữa q_u và thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét $amQ_2^{2-3}_1$ ở Tiền Giang cải tạo bằng xi măng

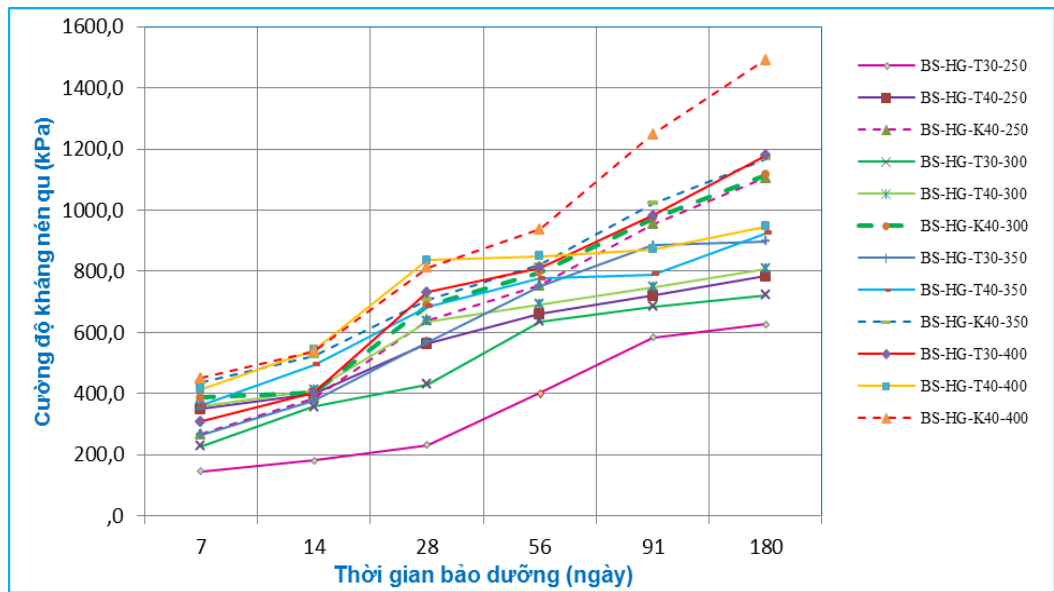
3.3.3.3. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) bằng xi măng

Trầm tích đất loại sét (amQ_2^{2-3}) phân bố khá rộng rãi trong khu vực từ Hậu Giang đến Sóc Trăng, Bến Tre, Trà Vinh, thành phần chủ yếu là bùn sét lẫn lẫn hữu cơ, chiều dày trầm tích trên 10m đến 20m. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng của đất lấy ở khu vực thành phố Vị Thanh, tỉnh Hậu Giang được trình bày tại phụ lục 3.4. Tổng hợp kết quả thí nghiệm của 179 mẫu đất cải tạo được nghiên cứu với 3 loại xi măng là T30, T40 và K40, trình bày tại bảng 3.7; quan hệ giữa cường độ kháng nén và thời gian bảo dưỡng trình bày tại hình 3.10.

Bảng 3.7: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét amQ_2^{2-3} ở Hậu Giang cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
BS-HG-T30-250	146,3	182,3	231,5	401,5	583,1	626,6
BS-HG-T40-250	350,2	397,6	562,4	661,1	721,0	784,0
BS-HG-K40-250	266,9	385,5	639,5	753,4	954,3	1105,3
BS-HG-T30-300	227,5	356,6	430,8	636,0	684,5	721,8
BS-HG-T40-300	359,5	412,4	636,1	692,8	747,4	809,0
BS-HG-K40-300	386,3	401,9	689,2	797,5	972,9	1115,8
BS-HG-T30-350	265,4	378,1	568,8	751,3	884,3	898,7
BS-HG-T40-350	361,6	493,7	685,5	776,5	789,7	924,0
BS-HG-K40-350	435,8	521,9	708,0	821,4	1020,6	1167,3
BS-HG-T30-400	308,2	402,6	731,0	811,0	982,6	1179,2
BS-HG-T40-400	415,9	542,6	836,4	849,0	872,4	946,7
BS-HG-KL40-400	451,1	537,9	812,5	936,8	1248,1	1491,1

Ghi chú: BS- HG-T30-250 (Bùn sét-Hậu Giang-xi măng Tây Đô PCB30-hàm lượng 250 kg/m³)



Hình 3.10: Quan hệ giữa (q_u) và thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét amQ_2^{2-3} ở Hậu Giang cải tạo bằng xi măng

3.3.3.4. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bùn sét (mbQ_2^3) bằng xi măng

Trầm tích (mbQ_2^3) được hình thành tại các vùng ven biển thuộc ĐBSCL, phân bố tại các khu vực từ Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau đến An Minh (Kiên Giang) thành phần chủ yếu là bùn sét, bùn sét lẫn hữu cơ.

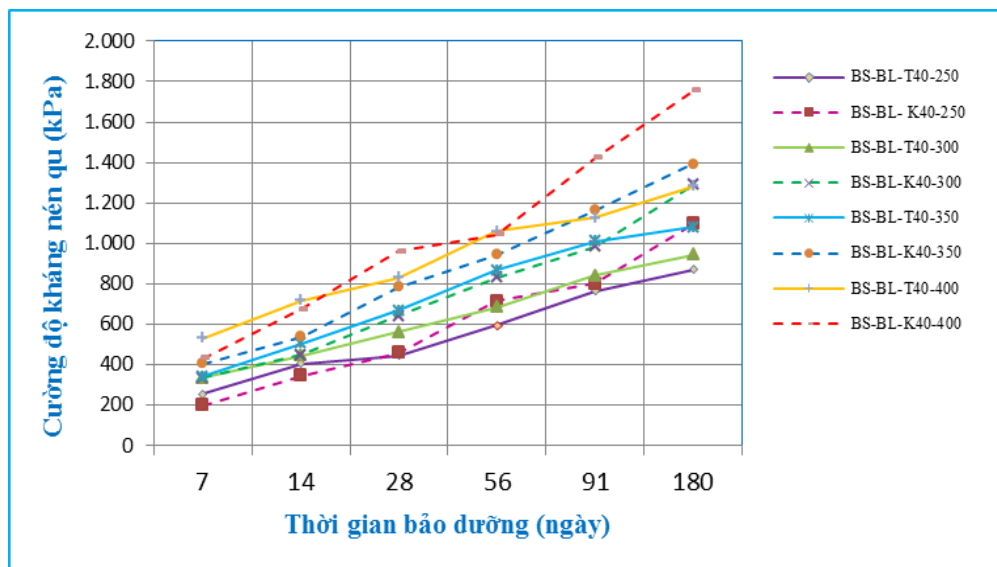
Tại Bạc Liêu: đã tiến hành nghiên cứu 136 mẫu đất gia cố với đất bùn sét ở khu vực Long Điền Đông, huyện Đông Hải, tỉnh Bạc Liêu, mẫu được thí nghiệm với xi măng T40 và K40. Kết quả thí nghiệm xác định cường độ kháng nén và mô đun đàn hồi của các mẫu trong phụ lục 3.5; tổng hợp kết quả thí nghiệm được trình bày tại bảng 3.8; biểu đồ thể hiện quan hệ giữa (q_u) theo thời gian bảo dưỡng trình bày tại hình 3.11.

Bảng 3.8: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét mbQ_2^3 ở Bạc Liêu cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
BS-BL-T40-250	253,8	406,3	445,8	597,4	765,4	868,9
BS-BL- K40-250	199,1	343,6	456,9	714,2	800,5	1096,8

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
BS-BL-T40-300	333,3	444,0	562,6	684,1	841,3	944,3
BS-BL-K40-300	336,5	449,3	641,4	831,5	982,6	1288,8
BS-BL-T40-350	342,5	504,7	666,3	866,9	1009,4	1078,7
BS-BL-K40-350	403,5	539,4	785,3	944,3	1162,7	1393,9
BS-BL-T40-400	532,4	718,4	829,3	1059,3	1126,4	1283,8
BS-BL-K40-400	431,4	673,6	960,9	1044,0	1422,0	1753,7

Ghi chú: BS-BL-T40-250 (Bùn sét-Tiền Giang-xi măng Tây Đô PCB40 - hàm lượng 250 kg/m³)



Hình 3.11: Quan hệ giữa (q_u) theo thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét $mbQ_2^3_2$ ở Bạc Liêu cải tạo bằng xi măng

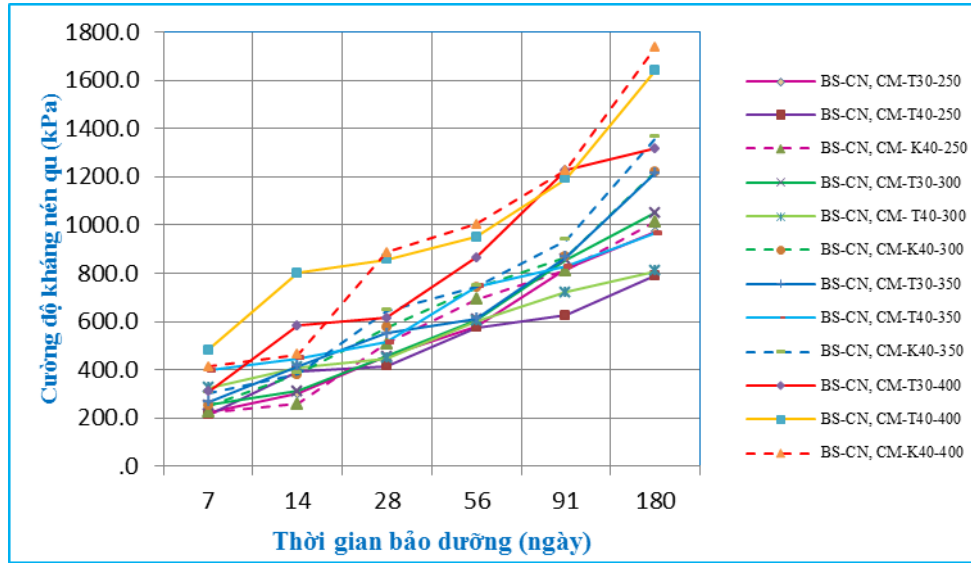
Tại Cà Mau đã tiến hành thí nghiệm với xi măng T30, T40 và K40 với đất bùn sét và xi măng K40 với đất bùn sét lẫn hữu cơ.

Với đất bùn sét, đã tiến hành thí nghiệm cải tạo 200 mẫu xác định cường độ kháng nén và mô đun đàn hồi. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại phụ lục 3.6a, tổng hợp kết quả thí nghiệm được trình bày trên tại bảng 3.9; biểu đồ quan hệ giữa (q_u) theo thời gian bảo dưỡng trình bày tại hình 3.12.

Với đất bùn sét lẫn hữu cơ, đã thí nghiệm cải tạo 63 mẫu với xi măng K40, kết quả thí nghiệm được trình bày tại phụ lục 3.6.b, tổng hợp kết quả thí nghiệm được trình bày trên tại bảng 3.10; biểu đồ thể hiện quan hệ giữa (q_u) theo thời gian bảo dưỡng trình bày tại hình 3.13.

Bảng 3.9: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
BS-CN, CM-T30-250	223,9	300,0	455,4	577,6	817,1	973,3
BS-CN, CM-T40-250	212,0	392,5	415,2	575,0	624,8	791,6
BS-CN, CM- K40-250	224,6	258,9	508,3	691,1	812,3	1014,7
BS-CN, CM-T30-300	251,6	310,2	456,0	607,2	857,1	1052,6
BS-CN, CM- T40-300	323,4	409,9	447,4	601,8	721,4	810,1
BS-CN, CM-K40-300	251,3	379,5	574,2	739,1	867,9	1222,1
BS-CN, CM-T30-350	264,8	415,1	551,1	612,8	867,5	1215,8
BS-CN, CM-T40-350	395,2	446,1	512,9	745,4	828,5	966,7
BS-CN, CM-K40-350	303,0	383,6	645,3	745,0	937,3	1362,4
BS-CN, CM-T30-400	308,2	582,2	615,9	864,0	1227,3	1318,6
BS-CN, CM-T40-400	480,4	801,2	858,1	951,2	1191,2	1642,5
BS-CN, CM-K40-400	413,0	462,7	886,2	1003,4	1227,3	1737,5
Ghi chú: BS- CN, CM- T30-250 (Bùn sét – Cái Nước, Cà Mau – xi măng Tây Đô PCB30 – hàm lượng 250 kg/m ³)						

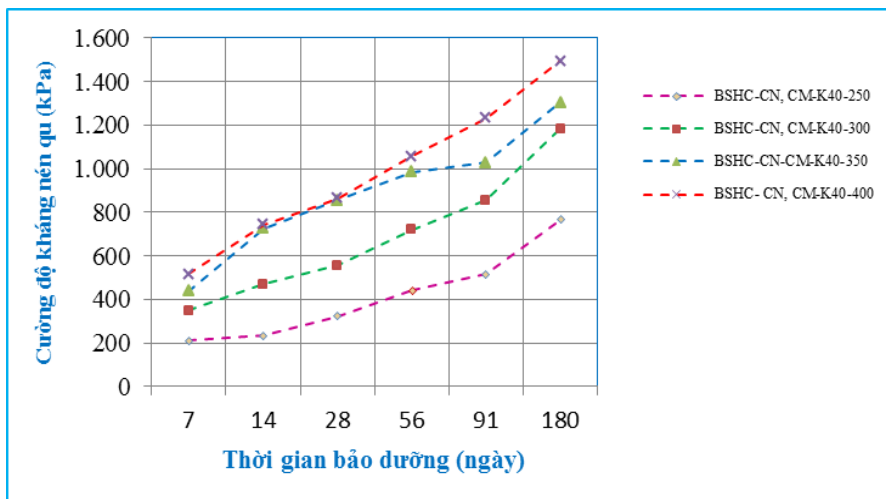


Hình 3.12: Quan hệ giữa (q_u) và thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng

Bảng 3.10: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét lẫn hữu cơ mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
BSHC-CN, CM-K40-250	209,7	232,8	323,1	441,3	514,8	764,8
BSHC-CN, CM-K40-300	349,9	468,1	555,1	721,0	855,7	1182,5
BSHC-CN-CM-K40-350	436,4	724,4	854,8	985,9	1027,2	1305,6
BSHC- CN, CM-K40-400	514,8	743,0	865,2	1057,4	1231,3	1495,5

Ghi chú: BSHC- CN, CM- T30-250 (Bùn sét hữu cơ – Cái Nước, Cà Mau – xi măng Tây Đô PCB30 – hàm lượng 250 kg/m³)



Hình 3.13: Quan hệ giữa (q_u) và thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét lẫn hữu cơ - mbQ_2^3 ở Cà Mau cải tạo bằng xi măng

3.3.3.5. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất than bùn hóa (abQ_2^3) bằng xi măng

Trầm tích (abQ_2^3) phân bố khá phổ biến tại vùng ĐBSCL, kéo dài từ Hà Tiên, Rạch Giá đến Giồng Riềng, Gò Quao, Vĩnh Thuận thuộc tỉnh Kiên Giang, một phần phía Tây Nam huyện Vị Thanh, Vị Thủy, Châu Thành A đến Phụng Hiệp (Hậu Giang), Thanh Trị (Sóc Trăng), Đầm Dơi, Cái Nước (Cà Mau)... Trong trầm tích này phần lớn là đất bùn sét lẫn hữu cơ, có chiều dày từ 10 đến 20m, đặc biệt nhiều nơi gặp đất than bùn hóa như ở Gò Quao, Rạch Giá (Kiên Giang). Chiều dày lớp than bùn từ 4 đến 7m.

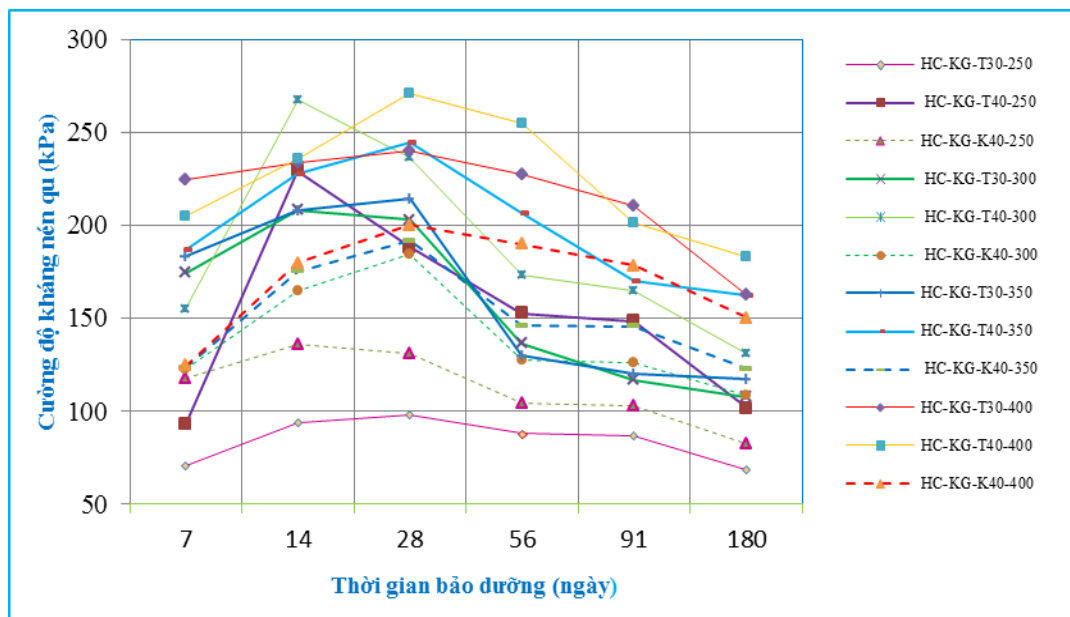
Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng của đất than bùn hóa lấy tại xã Vĩnh Hòa, huyện Gò Quao, tỉnh Kiên Giang được trình bày trong phụ lục 3.7. Tổng hợp kết quả thí nghiệm nén của 214 mẫu chế bị với xi măng T30, T40 và K40 với các hàm lượng và ngày tuổi khác nhau được trình bày tại bảng 3.11; biểu đồ thể hiện quan hệ giữa (q_u) với thời gian bảo dưỡng trình bày tại hình 3.14.

Bảng 3.11: Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất than bùn hóa - abQ_2^3 ở Kiên Giang cải tạo bằng xi măng

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
HC-KG-T30-250	70,7	93,9	97,8	87,9	87,0	68,4
HC-KG-T40-250	93,2	229,4	188,0	152,5	148,3	101,6
HC-KG-K40-250	117,8	135,7	131,2	104,1	102,7	82,7
HC-KG-T30-300	174,3	208,3	202,9	136,6	116,7	107,6
HC-KG-T40-300	154,9	267,4	236,2	173,0	164,8	130,9
HC-KG-K40-300	122,6	164,7	184,1	127,4	126,4	108,7
HC-KG-T30-350	183,3	207,9	214,2	129,7	119,8	117,1
HC-KG-T40-350	186,8	227,5	244,5	206,3	169,9	162,1
HC-KG-K40-350	123,4	175,0	191,7	145,9	145,7	122,6

Loại đất và địa điểm, HLXM	Cường độ kháng nén theo thời gian (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
HC-KG-T30-400	224,8	233,8	240,0	227,5	210,6	163,0
HC-KG-T40-400	204,6	236,0	271,3	254,7	201,0	183,2
HC-KG-K40-400	124,5	179,8	200,1	190,0	178,4	150,3

Ghi chú: HC- KG- T30-250 (Than bùn hóa – Kiên Giang – xi măng Tây Đô PCB30 – hàm lượng 250 kg/m³)



Hình 3.14: Quan hệ giữa (q_u) với thời gian bảo dưỡng của đất than bùn hóa - abQ_2^3 ở Kiên Giang cải tạo bằng xi măng

Nhận xét: Từ các kết quả thí nghiệm và phân tích thể hiện trên các biểu đồ từ 3.7 đến 3.14 cho phép rút ra một số nhận xét:

1. Với đất sét, sét pha (aQ_2^3), bùn sét (amQ_2^{2-3} ; amQ_2^{2-3}), bùn sét (mbQ_2^3) khi cải tạo bằng các loại xi măng khác nhau (T30, T40 và K40) với các hàm lượng xi măng từ 250, 300, 350, 400 kg/m³ và thí nghiệm ở các ngày tuổi bảo dưỡng là 7, 14, 28, 56, 91 và 180 cho thấy: cường độ kháng nén của đất tăng theo sự tăng của HLXM và ngày tuổi bảo dưỡng. Điều này phù hợp với quy luật chung của đất cải tạo.

2. Với đất TBH (abQ_2^3), trong khoảng 28 ngày bảo dưỡng, cường độ kháng nén của mẫu tăng sau đó bị suy giảm (bảng 3.11, hình 3.14).

Nguyên nhân có sự khác biệt giữa đất TBH (đất lẫn nhiều hữu cơ) và đất sét, sét pha, bùn sét là do thành phần của đất. Đặc điểm của đất bùn sét là trong đất có hàm lượng hữu cơ nhỏ từ 1,98 đến 3,49%, cá biệt có đất bùn sét lẫn hữu cơ ở Cái Nước – Cà Mau là 13,9% còn với đất than bùn hóa có HLHC trong đất 26,56% (bảng 2.6). Tương tự, lượng MKN ở 450^o C là 44,28% trong khi các đất khác, lượng MKN từ 2,39 đến 7,28%, ở 900^oC lượng MKN là 50,05% và các đất còn lại từ 6,78 đến 13,62% (bảng 2.5), đồng thời trong đất TBH có chứa hàm lượng các khoáng vật như pyrit, pyrophyllit và thạch cao trong khi đó các đất khác là không có (bảng 2.4), pH của đất TBH nhỏ (pH=2,1). Theo Kazemian và nnk (2011) [75], Zhu.W và nnk (2009) [76] khi pH thấp (pH =3-5) gây ức chế quá trình hydrat hóa và phản ứng pozzolanic [63].

Trong đất có HLHC cao thì tính chất cơ học của đất thấp, khi cải tạo đất với xi măng, lúc này vật chất hữu cơ cũng đóng vai trò làm cốt liệu. Theo thời gian vật chất hữu cơ dễ bị phân hủy khi tiếp xúc với không khí làm giảm độ bền của cốt liệu. Mặt khác, với đất hữu cơ thì pH cũng bị suy giảm theo thời gian [70], chính vì vậy mà cường độ của mẫu đất gia cố ban đầu tăng sau đó bị suy giảm.

3. Phân tích kết quả thí nghiệm theo nhóm đất đã phân loại ở chương 2, dựa trên cơ sở hàm lượng xi măng với các xi măng T40 và K40 ở 91 ngày tuổi cho thấy (bảng 3.12, hình 3.15):

- Nhóm 1: đất sét pha ở An Giang (aQ_2^3) có cường độ lớn nhất, với xi măng T30 cho cường độ lớn nhất, xi măng T40 có cường độ lớn hơn xi măng K40;

- Nhóm 2:

+ Phụ nhóm 2a: đất sét ở An Giang (aQ_2^3) và đất bùn sét ở Tiền Giang (amQ_2^{2-3}) – Nhiễm muối ít, cường độ kháng nén của xi măng T40 lớn hơn K40;

+ Phụ nhóm 2b: đất bùn sét ở Hậu Giang (amQ_2^{2-3}), Bạc Liêu, Cà Mau (mbQ_2^3) – đất nhiễm muối mạnh thì cường độ kháng nén của đất gia cố với xi măng K40 tốt hơn xi măng T40.

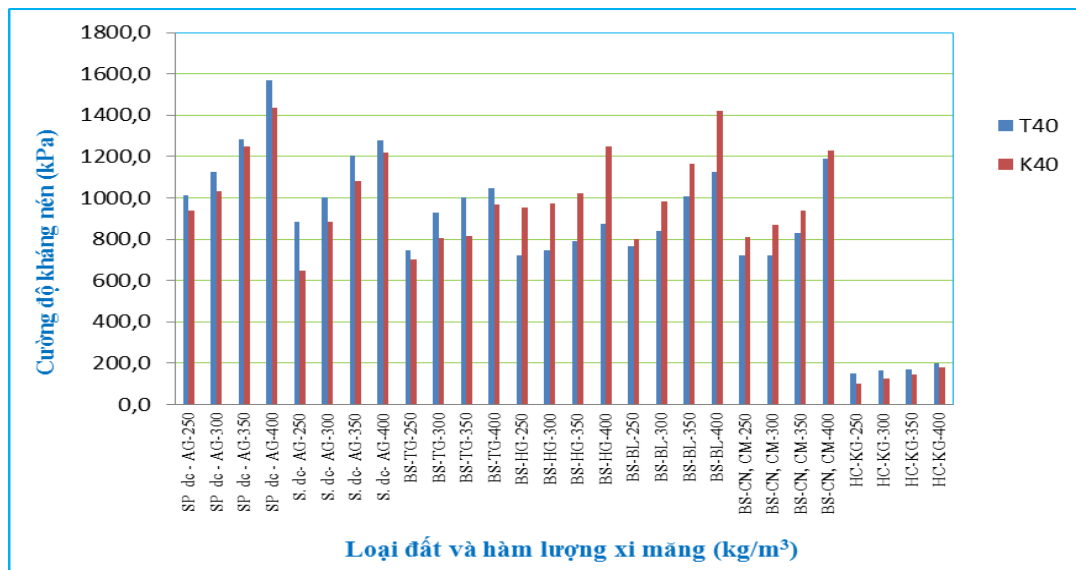
- Nhóm 3: đất TBH ở Kiên Giang (abQ_2^3), cường độ kháng nén là rất thấp, xi măng T40 cho cường độ tốt hơn xi măng K40. So với các đất khác thì cường độ của mẫu TBH chỉ bằng 13÷23% với xi măng T40 và 10 ÷18% với xi măng K40;

Như vậy, có thể nhận thấy, với đất loại sét ở ĐBSCL, việc gia cố đất nhiễm muối nên dùng xi măng có hàm lượng CaO cao (K40) sẽ tốt hơn với xi măng có hàm lượng CaO ít hơn (T40) và ngược lại; với đất không nhiễm muối hoặc nhiễm muối ít thì dùng xi măng T40 có lợi hơn xi măng K40.

Bảng 3.12: Tổng hợp kết quả thí nghiệm mẫu ở 91 ngày (xi măng T40, K40)

Đất - HLXM	Xi măng		Đất - HLXM	Xi măng	
	T40	K40		T40	K40
SP dc - AG-250	1012,4	939,1	SP dc - AG-300	1123,8	1032,1
S. dc- AG-250	885,3	649,1	S. dc- AG-300	1000,3	886,3
BS-TG-250	745,0	702,0	BS-TG-300	926,3	805,3
HC-KG-250	148,3	102,7	HC-KG-300	164,8	126,4
BS-HG-250	721,0	954,3	BS-HG-300	747,4	972,9
BS-BL-250	765,4	800,5	BS-BL-300	841,3	982,6
BS-CN, CM-250	721,4	812,3	BS-CN, CM-300	721,4	867,9
SP dc - AG-350	1282,2	1250,9	SP dc - AG-400	1569,0	1435,2
S. dc- AG-350	1202,0	1081,5	S. dc- AG-400	1277,2	1220,2
BS-TG-350	1000,3	817,4	BS-TG-400	1045,0	965,9
HC-KG-350	169,9	145,7	HC-KG-400	201,0	178,4
BS-HG-350	789,7	1020,6	BS-HG-400	872,4	1248,1
BS-BL-350	1009,4	1162,7	BS-BL-400	1126,4	1422,0
BS-CN, CM-350	828,5	937,3	BS-CN, CM-400	1191,2	1227,3

Ghi chú: SP.dc - AG-250 (Sét pha, dẻo chảy – An Giang – hàm lượng 250 kg/m³)



Hình 3.15: Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm cường độ kháng nén của đất loại sét yếu ĐBSCL cải tạo bằng xi măng T40 và K40 ở ở 91 ngày

3.3.4. Quan hệ của cường độ kháng nén ở các ngày tuổi bảo dưỡng

Quan hệ của cường độ kháng nén của mẫu đất cải tạo bằng xi măng thể hiện cường độ phát triển của mẫu đất theo thời gian.

Theo Hiệp hội trộn sâu xi măng Nhật Bản (CDMA, 1994) đưa ra quan hệ cường độ kháng nén giữa các ngày tuổi [10].

$$q_u^{28} = (1,49 \sim 1,56)q_u^7 \quad (3.3)$$

$$q_u^{91} = (1,85 \sim 1,97)q_u^7 \quad (3.4)$$

$$q_u^{91} = (1,2 \sim 1,33)q_u^{28} \quad (3.5)$$

Ở đây q_u^7 , q_u^{28} , q_u^{91} là cường độ mẫu nén không hạn chế nở hông ở 7, 28 và 91 ngày (kPa).

Theo tiêu chuẩn BDJ08-40-94 [45], cường độ của mẫu đất cải tạo bằng xi măng sau 28 ngày vẫn tăng, vì vậy ở Trung Quốc cũng như ở các nước khác đều lấy cường độ mẫu ở 90 ngày tuổi làm tiêu chuẩn. Quan hệ giữa cường độ kháng nén của xi măng đất ở các ngày tuổi khác nhau có quan hệ tuyến tính, cụ thể.

$$q_u^7 = (0,47 \sim 0,63) q_u^{28} \quad (3.6)$$

$$q_u^{14} = (0,62 \sim 0,80)q_u^{28} \quad (3.7)$$

$$q_u^{60} = (1,15 \sim 1,46)q_u^{28} \quad (3.8)$$

$$q_u^{90} = (1,43 \sim 1,80)q_u^{28} \quad (3.9)$$

$$q_u^{90} = (2,37 \sim 3,73)q_u^7 \quad (3.10)$$

$$q_u^{90} = (1,73 \sim 2,82)q_u^{14} \quad (3.11)$$

Theo TCVN 9906:2014 [52], thi công theo công nghệ Jet-grouting, cường độ cọc đất xi măng được yêu cầu tính toán ở 90 ngày tuổi tuy nhiên các thí nghiệm trong phòng và hiện trường có thể thực hiện ở 14 và 28 ngày tuổi và quy về 90 ngày theo công thức:

$$q_u^{90} = (1,43 \sim 1,80)q_u^{28} \quad (3.12)$$

$$q_u^{90} = (1,73 \sim 2,82)q_u^{14} \quad (3.13)$$

Như vậy từ kết quả nghiên cứu của các tác giả trên thế giới cũng như các tiêu chuẩn của các nước Nhật Bản, Trung Quốc và Việt Nam cho thấy: cường độ kháng nén của mẫu đất gia cố xi măng đều tăng theo thời gian bảo dưỡng.

Từ kết quả thí nghiệm với một số loại đất có nguồn gốc khác nhau ở vùng ĐBSCL với ba loại xi măng là T30, T40 và K40. NCS đã phân tích, tổng hợp và đưa ra kết quả quan hệ giữa (q_u) của mẫu đất gia cố ở các ngày tuổi khác nhau được trình bày tại bảng 3.13.

Bảng 3.13: Quan hệ giữa (q_u) ở các ngày tuổi khác nhau

Loại đất - nguồn gốc	Trương quan giữa các ngày tuổi						
	$q_u^{7/28}$	$q_u^{14/28}$	$q_u^{56/28}$	$q_u^{91/28}$	$q_u^{180/28}$	$q_u^{91/14}$	$q_u^{180/14}$
SP. AG (aQ_2^3)	0,55÷0,81	0,60 ÷0,97	1,07÷1,42	1,14÷1,70	1,27÷2,16	1,48÷2,06	1,61÷2,49
S.AG (aQ_2^3)	0,52÷0,89	0,62÷0,90	1,02÷1,42	1,12÷1,96	1,43÷2,12	1,47÷2,53	1,89÷2,73
BS.TG (amQ_2^{2-3})	0,40÷0,62	0,46÷0,87	1,03÷1,86	1,12÷1,89	1,17÷2,80	1,34÷3,24	1,41-4,80
BS.HG (amQ_2^{2-3})	0,42÷0,63	0,55÷0,83	1,02÷1,73	1,04÷2,52	1,13÷2,71	1,60÷3,20	1,74÷3,44
TBH.KG (abQ_2^3)	0,41÷0,96	0,87÷1,22	0,61÷0,95	0,56÷0,89	0,53÷0,75	0,56÷0,99	0,44÷0,84
BS.BL (mbQ_2^3)	0,44÷0,64	0,69÷0,91	1,09÷1,56	1,36÷1,80	1,15÷2,40	1,57÷2,33	1,79÷3,19
BS.CN-CM (mbQ_2^3)	0,44÷0,77	0,51÷0,95	1,11÷1,45	1,38÷1,99	1,81÷2,31	1,49÷3,14	1,98÷3,92
BSHC.CN-CM (mbQ_2^3)	0,51÷0,65	0,72÷0,86	1,15÷1,37	1,20÷1,59	1,53÷2,37	1,42÷2,21	1,80÷2,39

Từ bảng 3.13 và biểu đồ kết quả thí nghiệm các mẫu đất cho thấy, cường độ mẫu đất-xi măng của các đất sét, sét pha trạng thái dẻo chảy và đất bùn sét (là những đất có HLHC nhỏ), các đất này có cường độ phát triển theo thời gian bảo

dưỡng còn đối với mẫu đất than bùn hóa (abQ_2^3), cường độ mẫu phát triển trong những ngày đầu gia cố (đến khoảng 28 ngày) sau đó cường độ bị suy giảm. Điều này chứng tỏ vật chất hữu cơ và pH môi trường có vai trò rất lớn trong cải tạo đất.

Từ những quan hệ về cường độ ở các ngày tuổi như trên, có thể có thể đưa ra quan hệ giữa cường độ kháng nén của đất loại sét yếu vùng ĐBSCL như sau:

Nhóm 1: Đất sét pha trạng thái dẻo chảy

$$q_u^7 = (0,55 \sim 0,81) q_u^{28} \quad (3.14)$$

$$q_u^{14} = (0,60 \sim 0,97) q_u^{28} \quad (3.15)$$

$$q_u^{56} = (1,07 \sim 1,42) q_u^{28} \quad (3.16)$$

$$q_u^{91} = (1,14 \sim 1,70) q_u^{28} \quad (3.17)$$

$$q_u^{180} = (1,27 \sim 2,16) q_u^{28} \quad (3.18)$$

$$q_u^{91} = (1,48 \sim 2,06) q_u^{14} \quad (3.19)$$

$$q_u^{180} = (1,61 \sim 2,49) q_u^{14} \quad (3.20)$$

Nhóm 2:

- ***Phụ nhóm 2a: Đất sét trạng thái dẻo chảy, bùn sét không mặn, nhiễm muối ít***

$$q_u^7 = (0,40 \sim 0,89) q_u^{28} \quad (3.21)$$

$$q_u^{14} = (0,46 \sim 0,90) q_u^{28} \quad (3.22)$$

$$q_u^{56} = (1,02 \sim 1,86) q_u^{28} \quad (3.23)$$

$$q_u^{91} = (1,12 \sim 1,96) q_u^{28} \quad (3.24)$$

$$q_u^{180} = (1,17 \sim 2,80) q_u^{28} \quad (3.25)$$

$$q_u^{91} = (1,34 \sim 3,24) q_u^{14} \quad (3.26)$$

$$q_u^{180} = (1,41 \sim 4,80) q_u^{14} \quad (3.27)$$

- ***Phụ nhóm 2b: Đất bùn sét nhiễm muối ở mức mặn đến rất mặn***

$$q_u^7 = (0,42 \sim 0,77) q_u^{28} \quad (3.28)$$

$$q_u^{14} = (0,51 \sim 0,95) q_u^{28} \quad (3.29)$$

$$q_u^{56} = (1,02 \sim 1,73) q_u^{28} \quad (3.30)$$

$$q_u^{91} = (1,04 \sim 2,55) q_u^{28} \quad (3.31)$$

$$q_u^{180} = (1,13 \sim 2,71) q_u^{28} \quad (3.32)$$

$$q_u^{91} = (1,42 \sim 3,20) q_u^{14} \quad (3.33)$$

$$q_u^{180} = (1,74 \sim 3,92) q_u^{14} \quad (3.34)$$

Nhóm 3: Đất than bùn hóa

$$q_u^7 = (0,41 \sim 0,96) q_u^{28} \quad (3.35)$$

$$q_u^{14} = (0,87 \sim 1,22) q_u^{28} \quad (3.36)$$

$$q_u^{56} = (0,61 \sim 0,96) q_u^{28} \quad (3.37)$$

$$q_u^{91} = (0,56 \sim 0,89) q_u^{28} \quad (3.38)$$

$$q_u^{180} = (0,53 \sim 0,75) q_u^{28} \quad (3.39)$$

$$q_u^{91} = (0,56 \sim 0,99) q_u^{14} \quad (3.40)$$

$$q_u^{180} = (0,44 \sim 0,84) q_u^{14} \quad (3.41)$$

3.3.5. Quan hệ giữa cường độ kháng nén và mô đun biến dạng

Mô đun biến dạng thể hiện đặc tính cơ học của vật liệu đất - xi măng, chúng tỷ lệ thuận với cường độ kháng nén nở hông. Mô đun biến dạng có một ý nghĩa quan trọng trong thiết kế xử lý nền bằng xi măng - đất, đặc biệt trong phân tích biến dạng và phân tích động đất. Saitoh, 1980 [10] đã rút ra quan hệ giữa cường độ kháng nén (CĐKN, q_u) và mô đun biến dạng (MĐBD, E_{50}) của đất yếu lấy ở các vùng cảng ở Nhật Bản trộn với 5 đến 15% xi măng portland thông thường. Kết quả trình bày tại công thức 3.40.

$$350q_u < E_{50} < 1000 q_u \quad (3.42)$$

Tại Mỹ [10], việc hiệu chỉnh (MĐBD) thông qua (CĐKN) đã được O'Rourke và nnk, 1998 nghiên cứu đối với đất sét nâu ở Boston trộn với xi măng portland. Kết quả trình bày tại công thức 3.41.

$$50q_u < E_{50} < 150 q_u \quad (3.43)$$

Tại ĐBSCL, dựa trên kết quả thí nghiệm 1182 mẫu của một số đất loại sét yếu có nguồn gốc khác nhau với ba loại xi măng là T30, T40 và K40, hàm lượng là 250, 300, 350 và 400 ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91 và 180. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại các phụ lục từ 3.1 đến 3.7. Từ kết quả thí nghiệm có thể rút ra được quan hệ giữa CĐKN (q_u) và MĐBD (E_{50}) của đất loại sét yếu vùng ĐBSCL trình bày tại bảng 3.14.

Bảng 3.14: Quan hệ giữa MĐBD (E_{50}) và CĐKN (q_u)

Loại đất - nguồn gốc	Tương quan giữa mô đun đàn hồi và cường độ kháng nén					
	E_{50}^{7/q_u^7}	$E_{50}^{14/q_u^{14}}$	$E_{50}^{28/q_u^{28}}$	$E_{50}^{56/q_u^{56}}$	$E_{50}^{91/q_u^{91}}$	$E_{50}^{180/q_u^{180}}$
SP. AG (aQ_2^3)	36(53÷184)	38(53÷184)	36(74÷205)	34(92÷184)	33(73÷368)	35(91÷228)
S.AG (aQ_2^3)	35(52-184)	36(46-183)	35(46-184)	33(92-184)	34(73-184)	37(91-195)
BS. TG (amQ_2^{2-3})	24(37÷245)	23(61÷184)	24(74÷282)	20(92÷184)	24(92÷184)	19(123÷184)
BS.HG (amQ_2^{2-3})	36(40÷123)	34(31÷177)	36(40÷184)	28(73÷184)	31(91÷184)	34(73÷272)
TBH.KG (abQ_2^3)	36(31÷106)	36(33÷112)	36(33÷92)	32(46÷182)	33(52÷123)	40(53÷184)
BS.BL (mbQ_2^3)	24(37÷245)	23(61÷184)	24(74÷282)	20(92÷184)	24(92÷184)	19(123÷184)
BS.CN-CM (mbQ_2^3)	36(52÷184)	33(61÷184)	34(74÷184)	30(74÷368)	32(74÷225)	34(90÷184)
BSHC.CN-CM (mbQ_2^3)	12(34÷92)	11(37÷128)	12(46÷184)	9(60÷184)	10(74÷184)	9(92÷184)
Ghi chú:	33(40÷123) - Số mẫu (khoảng giá trị)					

Phân tích các kết quả quan hệ giữa E_{50} của mẫu với q_u ở các ngày tuổi khác nhau cho thấy:

Tại 7 ngày tuổi quan hệ này $E_{50}^7/q_u^7 = 31÷245$, tuy nhiên tỷ lệ mẫu nhỏ hơn 50 là 29/211 mẫu chiếm 8.6% và lớn hơn 123 là 15/221 mẫu chiếm 6,79%. Từ đó có thể đưa ra quan hệ giữa MĐBD và CĐKN 7 ngày tuổi là:

$$50q_u^7 < E_{50}^7 < 123 q_u^7 \quad (3.44)$$

Tương tự với kết quả phân tích ở 14 ngày tuổi quan hệ này $E_{50}^{14}/q_u^{14} = 31÷184$, tỷ lệ mẫu nhỏ hơn 50 là 21/235 mẫu chiếm 8,94% và lớn hơn 184,0 là 0% . Từ đó có thể đưa ra quan hệ giữa MĐBD và CĐKN ở 14 ngày tuổi là:

$$50q_u^{14} < E_{50}^{14} < 184 q_u^{14} \quad (3.45)$$

Ở 28 ngày tuổi quan hệ $E_{50}^{28}/q_u^{28} = 33÷282$, tỷ lệ mẫu nhỏ hơn 60 là 20/236 mẫu chiếm 8,48% và lớn hơn 184,0 là 2 mẫu, chiếm 0,85 %. Như vậy, quan hệ giữa E_{50} và q_u ở 28 ngày tuổi là:

$$60q_u^{28} < E_{50}^{28} < 184 q_u^{28} \quad (3.46)$$

Với mẫu ở 56 ngày tuổi quan hệ giữa $E_{50}^{56}/q_u^{56} = 46 \div 386$, tỷ lệ mẫu nhỏ hơn 90 là 12/204 mẫu chiếm 5,88% và lớn hơn 184,0 là 2 mẫu, chiếm 0,98%. Như vậy, quan hệ giữa MĐBD và CĐKN ở 56 ngày tuổi là:

$$90q_u^{56} < E_{50}^{56} < 184 q_u^{56} \quad (3.47)$$

Mẫu ở 91 ngày tuổi quan hệ giữa $E_{50}^{91}/q_u^{91} = 52 \div 368$, tỷ lệ mẫu nhỏ hơn 90 là 18/220 mẫu chiếm 8,18% và lớn hơn 184,0 là 5 mẫu, chiếm 2,27%. Như vậy, quan hệ giữa MĐBD và CĐKN ở 91 ngày tuổi là:

$$90q_u^{91} < E_{50}^{91} < 184 q_u^{91} \quad (3.48)$$

Mẫu ở 180 ngày tuổi có quan hệ giữa $E_{50}^{180}/q_u^{180} = 53 \div 272$. Tỷ lệ mẫu nhỏ hơn 90 là 13/232 mẫu chiếm 5,6% và lớn hơn 184 là 8 mẫu, chiếm 3,45%. Như vậy, quan hệ giữa MĐBD và CĐKN ở 180 ngày tuổi là:

$$90q_u^{180} < E_{50}^{180} < 184 q_u^{180} \quad (3.49)$$

Từ kết quả phân tích quan hệ giữa CĐKN và MĐBD của đất loại sét yếu vùng ĐBSCL với các loại xi măng T30, T40 và K40 có thể thấy rằng quan hệ này tăng dần từ 50 (7 và 14 ngày tuổi), 60 (ở 28 ngày) và 90 (ở 56 đến 180 ngày) với cận dưới còn cận trên cũng tăng từ 120 (ở 7 ngày) đến 184 (ở các ngày tuổi còn lại).

Như vậy, quan hệ giữa cường độ kháng nén và mô đun đàn hồi của đất loại sét yếu vùng ĐBSCL ở các ngày tuổi có thể lấy ở mức:

$$50q_u < E_{50} < 184 q_u \quad (3.50)$$

Kết quả nghiên cứu cho thấy quan hệ này phù hợp với kết quả nghiên cứu của các tác giả ở Mỹ ($50q_u < E_{50} < 150 q_u$).

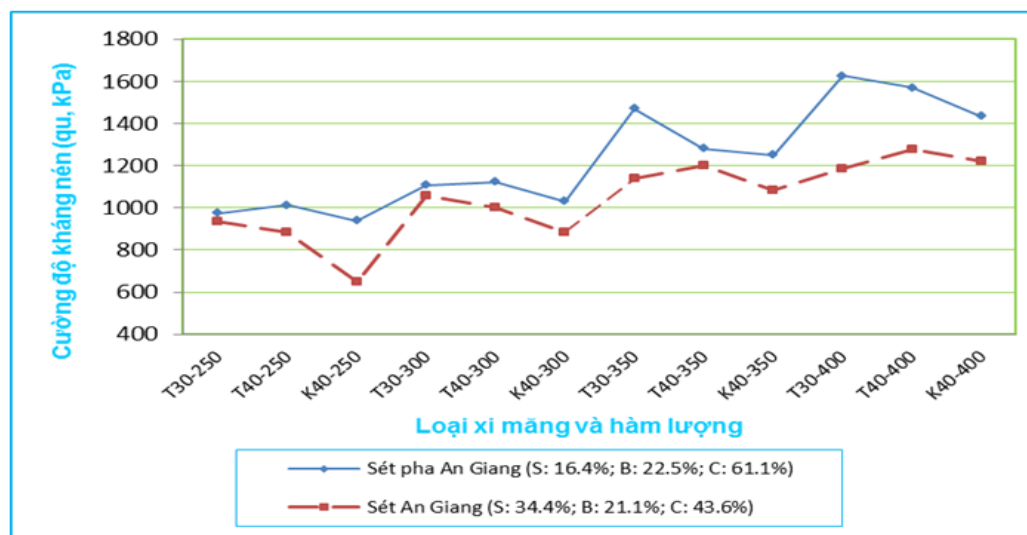
3.4. PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN CỦA ĐẤT LOẠI SÉT YẾU VÙNG ĐBSCL ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỐ

3.4.1. Ảnh hưởng của thành phần hạt và loại đất

Cường độ kháng nén của đất gia cố xi măng chịu ảnh hưởng rất lớn từ đặc điểm thành phần của đất, trong đó thành phần hạt có vai trò rất quan trọng. Kết quả nghiên cứu của Kaki và Yang, 1991[10] cho thấy đất bùn và sét có cường độ nhỏ hơn so với đất cát và sạn sỏi. Hàm lượng sét tăng sẽ tiêu tốn lượng xi măng nhiều hơn điều này có thể là do các hạt sét có tỷ diện tích bề mặt lớn nên lượng tiếp xúc giữa sét và xi măng tăng lên.

Kết quả nghiên cứu đất loại sét yếu ở ĐBSCL cho thấy đất sét pha nguồn gốc sông aQ_2^3 ở An Giang có hàm lượng hạt cát (61,1%) cao hơn so với đất sét (aQ_2^3 – An Giang, 43,6%), bùn sét (amQ_2^{2-3} – Tiền Giang, 35,5%); bùn sét (amQ_2^{2-3} – Hậu Giang, 33,9%); bùn sét (amQ_2^3 – Bạc Liêu, 31,1%) và bùn sét (mbQ_2^3 – Cà Mau, 37,8%) đồng nghĩa với chúng là hàm lượng hạt sét của đất này cũng ít hơn. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất cho thấy cường độ kháng nén của đất sét pha trạng thái dẻo chảy ở An Giang lớn hơn so với các loại đất sét dẻo chảy và bùn sét ở các nơi khác (bảng 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 và 3.9).

So sánh kết quả cường độ kháng nén của đất sét pha và sét trạng thái dẻo chảy (aQ_2^3) ở An Giang về đặc điểm thành phần hạt cho thấy, đất sét pha có cường độ lớn hơn so với đất sét ở cùng các hàm lượng xi măng và ngày tuổi (hình 3.16).



Hình 3.16: Biểu đồ thể hiện quan hệ giữa cường độ kháng nén của đất sét pha và sét ở An Giang ở 91 ngày tuổi cải tạo với xi măng khác nhau

Với đất bùn sét được lấy từ cống Mương Bó và bùn sét pha được lấy từ cống Nàng Út (TP Cần Thơ), thí nghiệm với xi măng N40 hàm lượng 400kg/m^3 . Đất bùn sét pha có hàm lượng hạt cát, hạt bụi là 76,5%; hạt sét là 23,5%; đất bùn sét có nhóm hạt cát, hạt bụi là 58,1%, nhóm hạt sét là 41,9%. Kết quả thí nghiệm nén một trục trình bày tại bảng 3.15. Hình 3.17 thể hiện quan hệ giữa cường độ kháng nén theo thời gian bảo dưỡng qua đó cũng thể hiện ảnh hưởng đặc điểm thành phần hạt của hai loại đất là bùn sét và bùn sét pha được thí nghiệm với cùng loại xi măng là

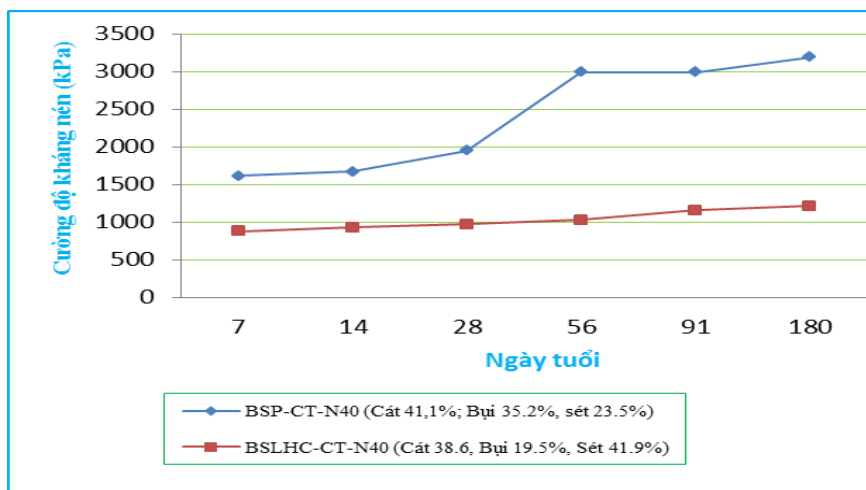
Nghi Sơn PCB40 (N40), hàm lượng 400kg/m³.

Như vậy, đặc điểm thành phần hạt có ảnh hưởng lớn đến cường độ đất gia cố. Khi hàm lượng hạt cát, hạt bụi có trong đất cao thì cường độ mẫu tăng nhiều hơn so với đất có hàm lượng hạt sét lớn.

Bảng 3.15: Kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét và bùn sét pha ở TP Cần Thơ cải tạo với xi măng N40

Ký hiệu mẫu	Cường độ kháng nén ở các ngày tuổi (kPa)					
	7	14	28	56	91	180
BSP-CT-N40	1613,3	1673,1	1945,6	2991,7	2992,6	3187,5
BSLHC-CT-N40	879,4	929,6	973,1	1027,8	1156,8	1213,1

Ghi chú: BSP – Bùn sét pha; BSLHC – bùn sét lẫn hữu cơ; CT – Cần Thơ; N40 – xi măng Nghi Sơn PCB40



Hình 3.17: Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét pha và bùn sét ở Cần Thơ cải tạo bằng xi măng N40 theo thời gian

Trong cải tạo đất, việc cho thêm các chất phụ gia trợ, phụ gia lấp đầy có ý nghĩa quan trọng trong việc gia tăng cường độ của đất gia cố. Việc thay đổi thành phần cấp phối hạt bằng cách cho thêm thành phần hạt thô vào trong đất có tác động tích cực đến cường độ mẫu đất gia cố. Để đánh giá ảnh hưởng của thành phần hạt đến chất lượng đất gia cố, NCS đã tiến hành lấy đất bùn sét nguồn gốc sông biển (amQ_2^3) ở Khánh An, U Minh, Cà Mau và trộn với cát xây dựng cũng được lấy trong khu vực với các tỷ lệ khác nhau tạo thành một loại đất mới có thành phần hạt khác với đất cũ. Các tỷ lệ trộn là 10, 15, 20 và 40% so với khối lượng của đất; tiến

hành phân tích thành phần hạt của cát, của đất bùn sét và của đất trộn. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt được trình bày tại bảng 3.16. Các mẫu đất này sau đó được trộn với xi măng HT40 với hàm lượng 200 kg/m^3 ; tiến hành thí nghiệm cường độ kháng nén của mẫu đất trộn ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 91 và 180 ngày tuổi. Kết quả cho thấy khi lượng cát cho vào càng tăng thì cường độ kháng nén càng tăng, cụ thể khi tăng hàm lượng hạt cát từ 1,2% lên 28,7%; hạt sét giảm từ 38,4 đến 25,4%, cường độ kháng nén của mẫu tăng từ 13,2% ở 180 ngày và 64,8% ở 7 ngày tuổi, bảng 3.17.

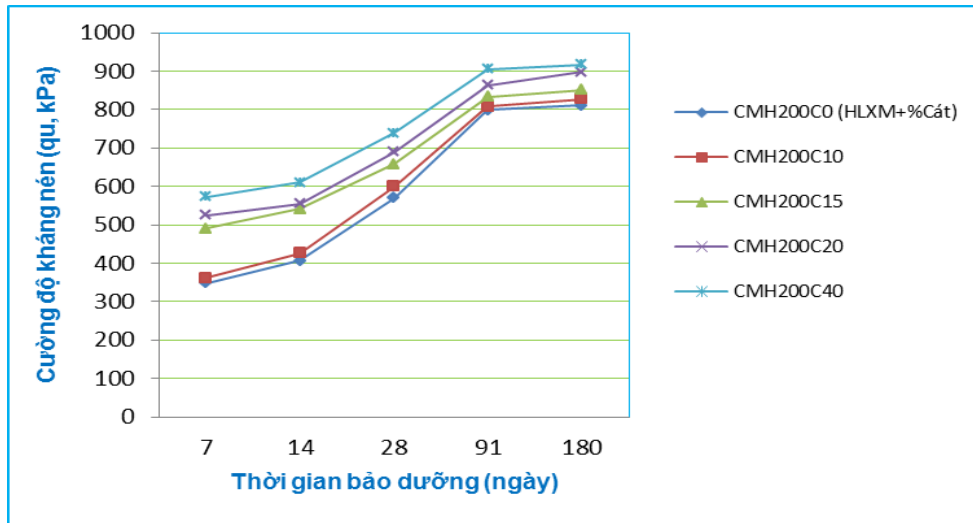
Bảng 3.16: Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của đất trộn

Ký hiệu mẫu	Diễn giải	Thành phần nhóm hạt (%)		
		Cát	Bụi	Sét
C	Cát xây dựng ở Cà Mau	89,0	11,0	-
CMC0	Bùn sét ở TP Cà Mau	1,2	60,4	38,4
CMC10	Bùn sét ở TP Cà Mau trộn với 10% hạt cát	8,7	60,0	31,3
CMC15	Bùn sét ở TP Cà Mau trộn với 15% hạt cát	11,7	58,7	29,6
CMC20	Bùn sét ở TP Cà Mau trộn với 20% hạt cát	14,7	56,9	28,4
CMC40	Bùn sét ở TP Cà Mau trộn với 40% hạt cát	28,7	44,7	25,4

Bảng 3.17: Kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của đất bùn sét ở Cà Mau trộn cát

Ký hiệu mẫu	Cường độ kháng nén ở các ngày tuổi (kPa)				
	7 (ngày)	14	28	91	180
CMH200C0	348,13	406,22	570,58	799,26	810,84
CMH200C10	361,86	426,17	600,03	808,06	827,39
CMH200C15	490,89	541,96	658,18	832,74	851,21
CMH200C20	525,01	554,82	690,37	862,74	897,30
CMH200C40	573,69	610,95	738,44	905,15	917,90
Tỷ lệ tăng C40/C0 (%)	64,79	50,40	29,42	13,25	13,20
<i>Ghi chú: CM – Bùn sét Cà Mau; H200 – Hàm lượng xi măng Hà Tiên PCB40 là 200 kg/m^3; C0 ÷ C40 – lượng cát thêm vào đất trộn</i>					

Biểu đồ quan hệ giữa CDKN theo thời gian bảo dưỡng của đất bùn sét ở U Minh, Cà Mau trộn cát thể hiện tại hình 3.18.



Hình 3.18: Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét trộn với lượng cát khác nhau, xi măng HT40 theo thời gian

Như vậy, khi tăng hàm lượng hạt cát vào trong đất, cường độ kháng nén của mẫu đất gia cố tăng đáng kể đặc biệt ở những ngày tuổi từ 7 đến 91. Sau 91 ngày tuổi, cường độ mẫu vẫn tăng, tuy nhiên tỷ lệ tăng là nhỏ hơn so với thời gian đầu. Điều này sẽ thuận lợi cho việc đẩy nhanh tiến độ thi công các công trình xây dựng trên nền đất xử lý, phù hợp với công nghệ trộn khối khi phải sử dụng một lớp cát để làm nền cho máy thi công.

3.4.2. Ảnh hưởng của hàm lượng hữu cơ

Vật chất hữu cơ có vai trò quan trọng trong cải tạo đất bằng xi măng, khi HLHC có trong đất tăng tức là đất có môi trường axit ($\text{pH} < 7$) sẽ làm giảm quá trình thủy hóa các phản ứng pozzlanic.

So sánh các loại đất sét đã nghiên cứu ở trên cho thấy: các đất sét pha, sét (aQ_2^3); bùn sét (amQ_2^{2-3}), (amQ_2^{2-3}), (mbQ_2^3) có HLHC ít hơn so với đất TBH (abQ_2^3). Kết quả cho thấy, cường độ kháng nén của các mẫu trên đều lớn hơn so với mẫu đất TBH. Với TBH khi gia cố bằng xi măng cường độ đất gia cố ban đầu tăng sau đó lại suy giảm theo thời gian bảo dưỡng (bảng 3.10, hình 3.14) điều này đi ngược quy luật với đất có hàm lượng hữu cơ ít (HLHC $< 15\%$). Nguyên nhân có thể giải thích là trong đất có tính chua mạnh ($\text{pH} = 2,1$) và trong thành phần khoáng

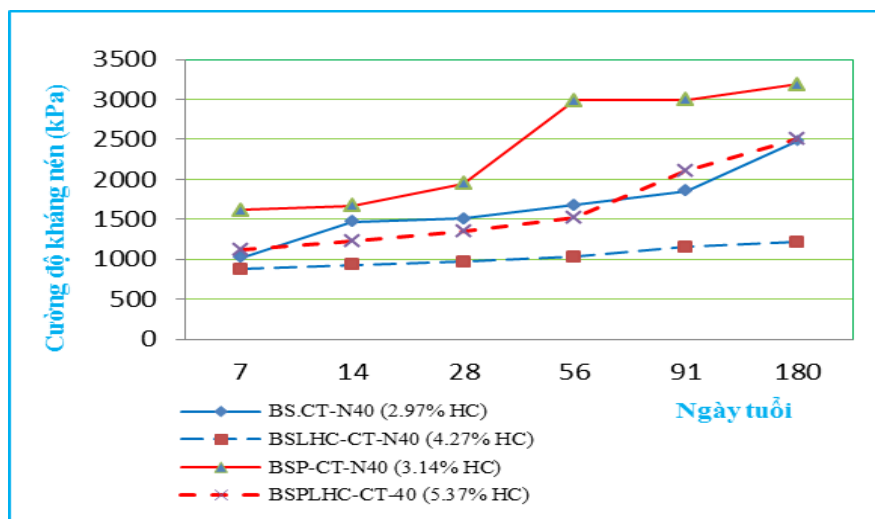
vật của đất có chứa pyrit, pyrophyllit và thạch cao đồng thời thành phần hóa học có lượng sulfít (SO_3) lớn so với các đất khác.

Để đánh giá ảnh hưởng của HLHC có trong đất đến chất lượng đất gia cố, NCS sẽ phân tích một số loại đất đã nghiên cứu tại vùng ĐBSCL.

+ Đất bùn sét pha và đất bùn sét ở Cần Thơ: đất bùn sét được lấy từ cống Mương Bó và thí nghiệm với 2 loại là bùn sét (HLHC = 2,97%) và bùn sét lẫn hữu cơ (HLHC = 4,27%); còn đất bùn sét pha được lấy tại cống Nàng Út tại Cần Thơ, được thí nghiệm với 2 loại đất có HLHC là 3,14% và 5,37%, mẫu được chế bị bằng xi măng N40 với hàm lượng 400kg/m^3 . Kết quả thí nghiệm được trình bày tại bảng 3.18 và hình 3.19.

Bảng 3.18: Kết quả thí nghiệm (qu) của đất bùn sét và bùn sét pha có HLHC khác nhau ở TP Cần Thơ với xi măng N40

Ký hiệu mẫu	Cường độ kháng nén ở các ngày tuổi (kPa)					
	7 ngày	14	28	56	91	180
BS-CT-N40 (2,97% HC)	1019,8	1471,9	1509,7	1681,3	1855,6	2487,4
BSLHC-CT-N40 (4,27% HC)	879,4	929,6	973,1	1027,8	1156,8	1213,1
BSP-CT-N40 (3,14% HC)	1613,3	1673,1	1945,6	2991,7	2992,6	3187,5
BSPLHC-CT-N40(5,37% HC)	1121,5	1221,4	1352,8	1514,1	2112,4	2512,7



Hình 3.19: Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét và bùn sét pha ở Cần Thơ cải tạo với xi măng T40 theo thời gian

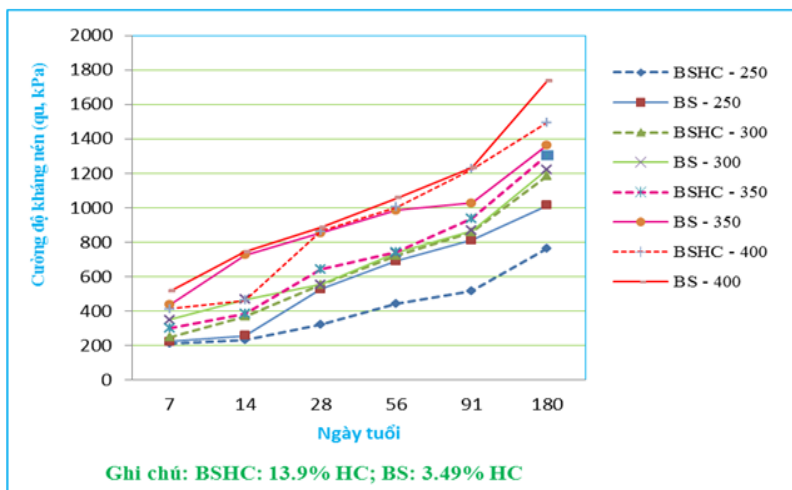
Từ kết quả nghiên cứu cải tạo đất bùn sét và bùn sét pha ở Cần Thơ cho thấy khi HLHC của đất tăng lên thì cường độ đất gia cố giảm, điều này chứng tỏ rằng vật chất hữu cơ có trong đất có vai trò quan trọng trong cải tạo đất bằng xi măng.

+ Đất bùn sét và bùn sét lẫn hữu cơ (mbQ_2^3) ở Cà Mau: So sánh kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng K40 của đất bùn sét (HLHC = 3,49%) và bùn sét lẫn hữu cơ (HLHC = 13,9%) tại Cái Nước – Cà Mau với các hàm lượng là 250, 300, 350 và 400 kg/m^3 . Kết quả thí nghiệm cho thấy đất có HLHC lớn đều có cường độ kháng nén nhỏ hơn so với đất có HLHC ít hơn (bảng 3.19, hình 3.20).

Bảng 3.19: Kết quả thí nghiệm (q_u) của đất bùn sét và bùn sét lẫn hữu cơ ở Cà Mau với xi măng K40

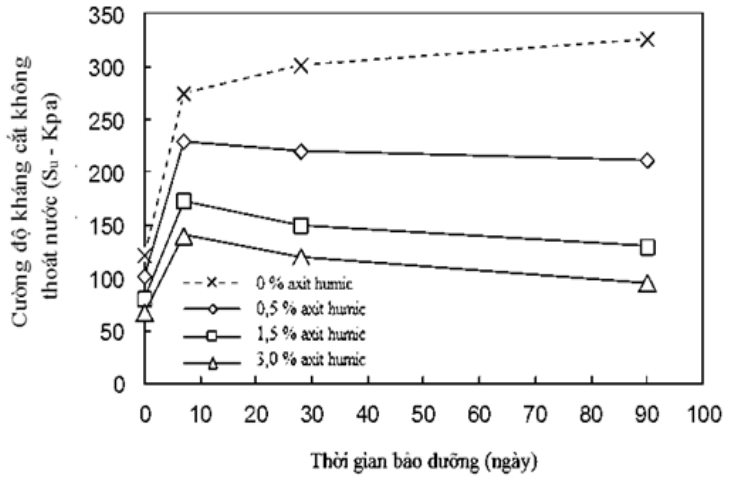
Ký hiệu mẫu	Cường độ kháng nén q_u (kPa) theo thời gian					
	7 ngày	14	28	56	91	180
BSHC - 250	209,7	232,8	323,1	441,3	514,8	764,8
BS - 250	224,6	258,9	528,7	691,1	812,3	1014,7
BSHC - 300	251,3	370,3	554,5	721,0	855,7	1182,5
BS - 300	349,9	468,1	555,1	739,1	867,9	1222,1
BSHC - 350	303,0	384,6	645,3	745,0	937,3	1305,6
BS - 350	436,4	724,4	854,8	985,9	1027,2	1362,4
BSHC - 400	413,0	462,7	865,2	1003,4	1225,7	1495,5
BS - 400	514,8	743,0	886,2	1057,4	1231,3	1737,5

Ghi chú: BSHC-250 (Bùn sét hữu cơ – hàm lượng 250 kg/m^3)



Hình 3.20: Biểu đồ thể hiện cường độ kháng nén của đất bùn sét ở Cà Mau có HLHC khác nhau cải tạo với xi măng K40 theo thời gian

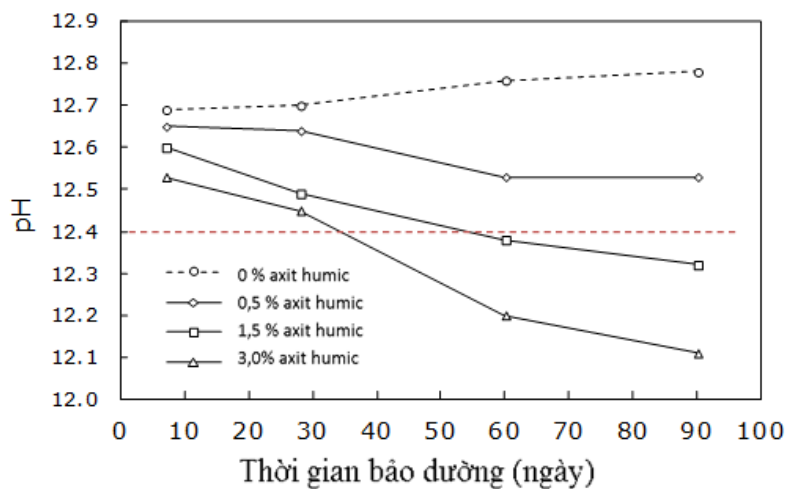
Như vậy, có thể thấy rằng: HLHC có trong đất ảnh hưởng rất lớn đến cường độ đất cải tạo bằng xi măng. Kết quả nghiên cứu đất bùn sét, bùn sét pha ở Cần Thơ và đất bùn sét ở Cà Mau đều cho thấy, khi HLHC trong đất tăng thì cường độ đất gia cố giảm. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng với đất TBH ở Kiên Giang (HLHC=26,56%) cải tạo bằng xi măng, ban đầu cường độ tăng sau đó bị suy giảm theo thời gian bảo dưỡng (bảng 3.10, hình 3.14).



Hình 3.21: Ảnh hưởng của axit humic đến cường độ kháng cắt của đất gia cố bằng xi măng [70]

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với nghiên cứu của các tác giả Mohd Yunus. N. Z; Wanatowski. D và Stace. L. R (2011) [69], (2012) [70]. Việc giải thích cường độ kháng nén bị suy giảm đối với đất chứa nhiều hữu cơ là do trong đất có chứa hàm lượng axit humic cao. Khi hàm lượng axit humic càng tăng thì cường độ kháng nén của đất càng giảm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi thêm từ 0,5% axit humic vào trong đất thì cường độ kháng cắt không thoát nước của mẫu suy giảm theo thời gian (hình 3.21).

Một nguyên nhân nữa mà các tác giả cũng cho rằng, sự giảm cường độ của mẫu đất chứa nhiều hữu cơ là do môi trường



Hình 3.22: pH môi trường của đất hữu cơ bị suy giảm theo thời gian [70]

pH của mẫu cũng bị suy giảm. Kết quả nghiên cứu của các tác giả trên cũng cho thấy, với đất không chứa hữu cơ (axit humic), pH không bị suy giảm sau 28 ngày còn đất chứa nhiều axit humic (1,5 và 3%), sau 28 ngày $pH < 12,4$ (hình 3.22). Điều này đã làm giảm quá trình thủy hóa xi măng [70].

Như vậy, HLHC và pH môi trường có ảnh hưởng lớn đến chất lượng đất gia cố, đặc biệt là với đất TBH. Chính vì vậy, việc nghiên cứu với HLHC là bao nhiêu sẽ không ảnh hưởng đến quá trình suy giảm cường độ của mẫu đất đã được NCS thực hiện.

Trên thực tế, để tìm ra các loại đất có HLHC khác nhau để thí nghiệm xác định mức độ suy giảm là rất khó. Chính vì vậy, để đánh giá ảnh hưởng của thành phần vật chất hữu cơ và độ pH đến chất lượng đất gia cố, hàm lượng hữu cơ bao nhiêu thì cường độ mẫu suy giảm, NCS đã tiến hành dùng hai loại đất là đất bùn sét ở Hậu Giang và TBH ở Kiên Giang trộn với nhau theo các tỷ lệ 1:1, 2:1, 4:1; 6:1; 8:1 và 10:1 sau đó xác định độ pH, HLHC có trong hỗn hợp đất trộn. Tiến hành thí nghiệm với xi măng HT40 hàm lượng 350 kg/m^3 . Mẫu được chế bị theo phương pháp trộn ướt, tỷ lệ $N/X = 1$. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong bảng 3.20.

Bảng 3.20: Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của HLHC và độ pH đến chất lượng đất cải tạo

STT	Ký hiệu mẫu	HL hữu cơ (%)	pH	Cường độ kháng nén (q_u , kPa) theo thời gian					
				7 ngày	14	28	56	91	180
1	HC	26,56	2,1	64,7	66,0	69,5	64,9	51,8	49,0
2	BS1H1	21,93	6,0	228,9	234,8	255,7	318,6	312,7	277,3
3	BS2H1	17,7	6,2	238,3	257,1	267,8	325,8	329,4	334,1
4	BS4H1	10,2	6,3	250,1	267,7	287,3	348,6	369,7	427,0
5	BS6H1	8,33	6,4	272,2	308,0	356,2	392,8	419,9	554,7
6	BS8H1	7,14	6,5	276,6	463,8	484,9	491,3	507,0	621,5
7	BS10H1	5,62	6,6	343,5	471,6	551,5	578,6	593,1	623,3
8	BS	2,97	6,7	361,6	493,7	685,5	776,5	789,7	924,0

Ghi chú: BS1H1- tỷ lệ đất bùn sét trộn bằng đất than bùn hóa

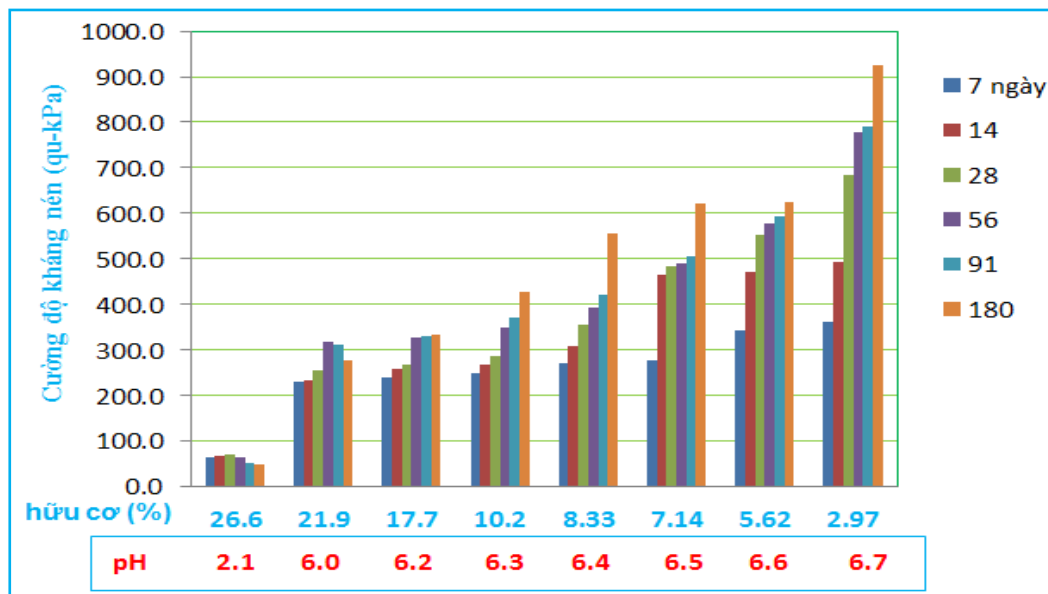
Từ kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của HLHC và pH của đất, NCS đã lập quan hệ giữa (q_u) với HLHC và độ pH thể hiện hình 3.23.

Nhận xét:

- Với cùng HLXM, khi HLHC tăng thì cường độ đất gia cố giảm. HLHC có trong đất > 20% , cường độ của đất gia cố ban đầu tăng (đến khoảng 28 ngày tuổi) sau đó cường độ mẫu suy giảm. Còn đối với đất có HLHC < 18% thì cường độ của đất tăng theo thời gian bảo dưỡng.

- Tương tự khi pH của đất tăng thì cường độ tăng, với môi trường pH thấp thì cường độ của đất suy giảm (đất than bùn hóa).

Như vậy, với đất có HLHC lớn >20% thì không nên dùng xi măng để gia cố nền đất yếu hoặc cần phải nghiên cứu cải tạo chúng có kết hợp với phụ gia.

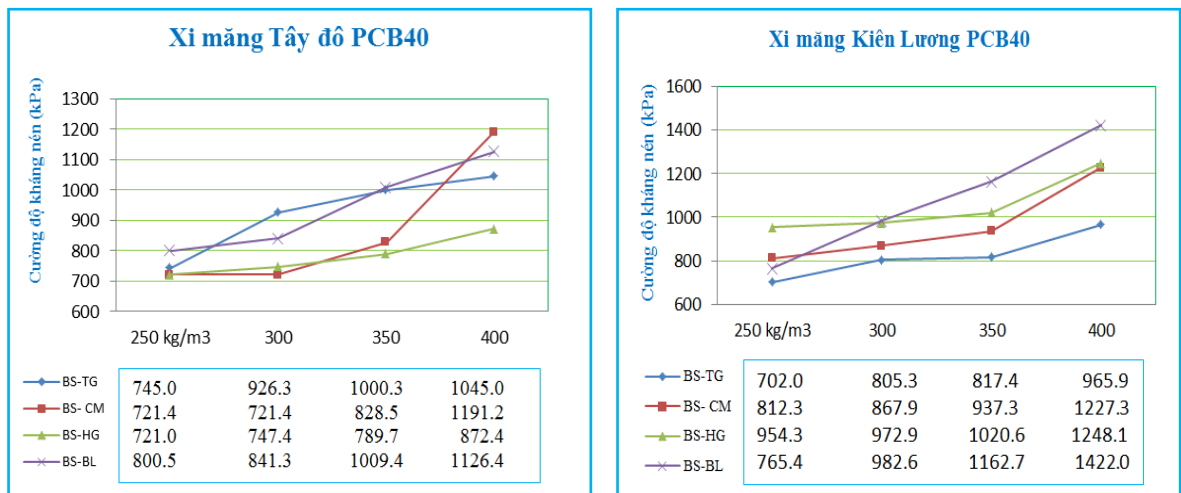


Hình 3.23: Ảnh hưởng của HLHC đến khả năng suy giảm cường độ của đất

3.4.3. Ảnh hưởng của hàm lượng muối

Hàm lượng muối có trong đất có ảnh hưởng lớn đến quá trình cải tạo đất bằng xi măng, đặc biệt là muối sulfat có thể ngăn cản quá trình thủy hóa của xi măng. Theo Smith (1962), để khắc phục tình trạng nhiễm muối của đất có thể tăng HLXM; theo kết quả nghiên cứu của Ariizumi (1977) cho rằng [1], khi cải tạo đất sét vùng Ariake (Nhật Bản) bằng vôi, cho thêm một lượng nhỏ muối NaCl_2 khoảng 3% cho hiệu quả cải tạo tốt hơn.

So sánh các mẫu đất bùn sét có tổng lượng muối hòa tan (mg/100g) ở Tiền Giang (553,1), Cà Mau (2194,4), Hậu Giang (2298) và Bạc Liêu (3624) về cường độ kháng nén của mẫu đất gia cố ở 91 ngày tuổi với hai loại xi măng là T40 và K40 (các đất này có các thành phần khác là tương tự nhau), kết quả cho thấy, với xi măng T40 cho kết quả không rõ ràng nhưng với xi măng K40 khi hàm lượng muối hòa tan lớn thì cường độ kháng nén lớn và lớn hơn so với xi măng T40 (hình 3.24). Điều này có thể giải thích rằng trong đất ở Hậu Giang, Bạc Liêu và Cà Mau là đất nhiễm muối dạng Clorua (mục 2.3.2.3) đồng thời trong thành phần của xi măng K40 (60,42%) có hàm lượng vôi lớn hơn so với xi măng T40 (54,74%), bảng 3.1. Khi xi măng có chứa lượng ôxit calci lớn sẽ sinh ra lượng Ca^{+2} nhiều, thuận lợi cho quá trình cải tạo đất [21]. Theo Ariizumi (1977) [1], trong nghiên cứu cải tạo đất, muối NaCl có thể tác động như một chất xúc tác và các ion Cl^- , Na^+ , Mg^{+2} , có thể làm tăng nhanh phản ứng puzolan. Điều này cho thấy, khi cải tạo đất yếu tại các vùng ven biển, vùng đất chứa muối có thể lựa chọn loại xi măng có lượng CaO lớn hoặc khi cải tạo có thể thêm một lượng vôi sống nhằm tăng hiệu quả của phương pháp.



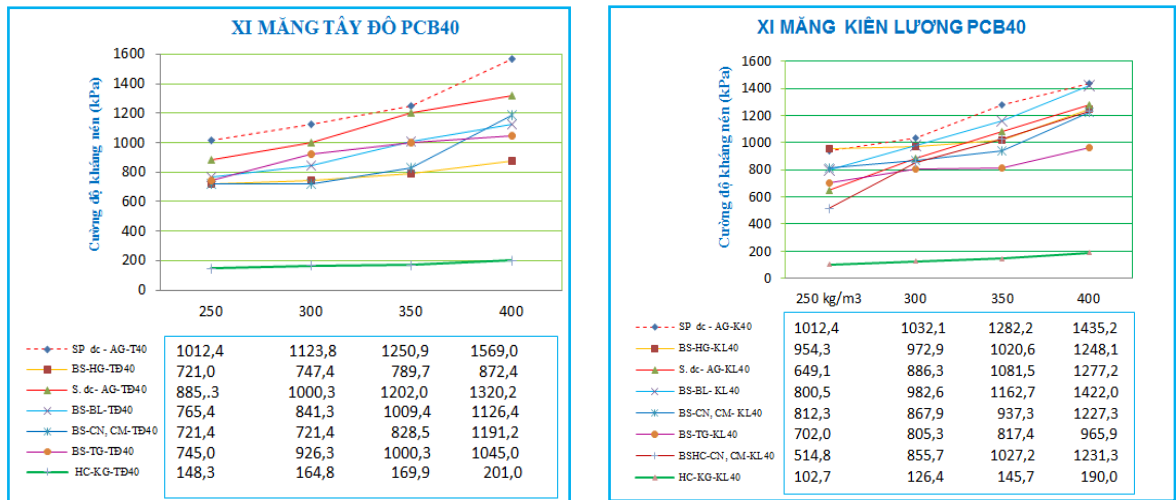
Hình 3.24: Ảnh hưởng của hàm lượng muối đến cường độ đất gia cố

3.4.4. Ảnh hưởng của thành phần hóa học của đất

Thành phần hóa học của đất có vai trò quan trọng trong cải tạo đất, chúng liên quan đến nguồn gốc thành tạo, các đặc điểm thành phần của đất. Kết quả nghiên cứu thành phần hóa học của một số đất loại sét phổ biến ở ĐBSCL cho thấy lượng ôxit silic có trong đất là phổ biến, bao gồm cả ôxit nguyên sinh có trong nhóm hạt

cát, hạt bụi và ôxit thứ sinh có trong nhóm các khoáng vật sét [32], (bảng 2.5). Cụ thể, đất sét pha (68,44%), đất sét và bùn sét dao động từ 52,41 đến 59,93%, đất TBH là 27,87%.

Để đánh giá ảnh hưởng của thành phần hóa học của đất, NCS đã phân tích kết quả thí nghiệm mẫu đất cải tạo bằng xi măng ở 91 ngày tuổi tại An Giang, Hậu Giang, Tiền Giang, Kiên Giang, Bạc Liêu và Cà Mau. Kết quả thể hiện tại hình 3.25.



Hình 3.25: Ảnh hưởng của thành phần hóa học đến cường độ đất cải tạo

Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng ôxit silic (SiO_2) và sulfit (SO_3) trong đất có vai trò quyết định đến cường độ đất gia cố. Với đất sét pha trạng thái dẻo chảy (aQ_2^3) ở An Giang có hàm lượng ôxit silic ($\text{SiO}_2 = 68,44\%$) là lớn nhất cho kết quả kháng nén tốt nhất còn đất TBH ở Kiên Giang (abQ_2^3) là nhỏ nhất ($\text{SiO}_2 = 27,87\%$) cho giá trị cường độ là bé nhất. Đồng thời đất TBH ở Kiên Giang có hàm lượng sulfite là lớn nhất ($\text{SO}_3 = 10,8\%$) trong đó các nơi khác chỉ từ 0,95% (đất sét pha ở An Giang) đến 1,91% (đất bùn sét ở Tiền Giang).

Như vậy, thành phần ôxit silic (SiO_2) có tác động tích cực; sulfit (SO_3) có tác động tiêu cực đến cải tạo đất bằng xi măng.

3.4.5. Ảnh hưởng của thành phần khoáng vật

Thành phần khoáng vật có trong đất cũng có ảnh hưởng lớn đến chất lượng đất gia cố. Đất có chứa nhiều nhóm khoáng vật sét đặc biệt là montmorilonit và ilit sẽ bất lợi cho cải tạo đất do bề mặt các hạt sét có lớp điện kép khó phá vỡ đồng thời tỷ

bề mặt của đất loại sét lớn hơn các đất khác, độ lỗ rỗng của đất lớn. Mặt khác, do cấu trúc của các khoáng vật này có dạng lưới, lớp (3 lớp) do vậy đất thường có tính trương nở, co ngót và có tính hấp thụ mạnh [32], chính vì vậy nhóm khoáng vật này thường gây bất lợi cho cải tạo đất.

Với đất loại sét nghiên cứu ở ĐBSCL cho thấy các đất sét dẻo chảy ở An Giang, bùn sét ở Tiền Giang, Hậu Giang, Cà Mau và Bạc Liêu có hàm lượng nhóm khoáng vật ilit và montmorilonit (từ 21 đến 29%) lớn hơn khá nhiều so với đất sét pha ở An Giang (14%) trong khi đó thành phần nhóm khoáng vật thạch anh của đất sét pha là (47-49%) còn đất ở nơi khác hầu hết nhỏ hơn 40%; riêng đất TBH ở Kiên Giang có lượng khoáng vật gotit nhiều hơn các đất ở nơi khác và có chứa nhóm khoáng vật pyrit, pyrophyllit và thạch cao, nhóm này gây bất lợi cho cải tạo đất.

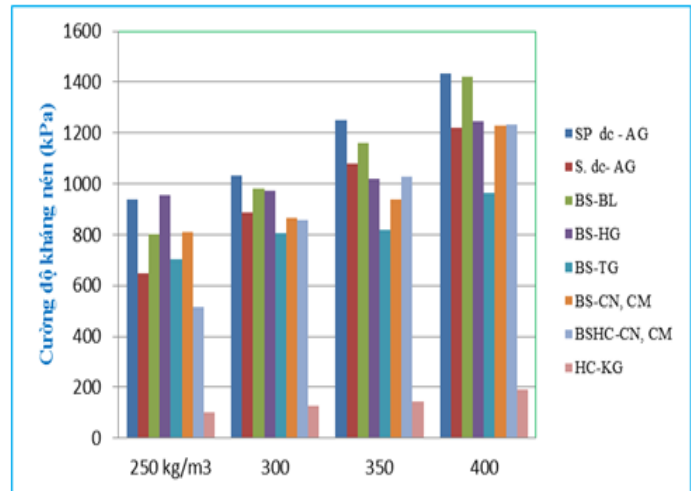
Kết quả phân tích mẫu thí nghiệm xác định cường độ kháng nén của đất sét pha và sét dẻo chảy, bùn sét cải tạo với xi măng K40 ở 91 ngày tuổi dựa trên hàm lượng nhóm khoáng vật cho thấy: đất có chứa hàm lượng nhóm khoáng vật sét lớn (sét và bùn sét) có cường độ mẫu nhỏ hơn so với đất sét pha. Điều này ngược lại với đất có chứa nhóm khoáng vật thạch anh lớn (đất sét pha có nhóm thạch anh lớn hơn đất sét, bùn sét, bảng 3.21, hình 3.26). Mẫu đất TBH có chứa nhóm khoáng vật sét 25%, thạch anh (23-25%), nhóm pyrit (5-7%), pyrophyllit (4%), gotit (14-16%) và thạch cao (15%) có cường độ rất thấp vì trong thành phần của đất có chứa hàm lượng hữu cơ lớn, đây là loại đất đặc biệt, quá trình nghiên cứu đã cho kết quả cường độ mẫu suy giảm theo thời gian bảo dưỡng.

Bảng 3.21: Phân tích kết quả thí nghiệm mẫu đất cải tạo dựa trên thành phần khoáng vật của đất

Loại đất	Nhóm KV sét (%)	Thạch anh (%)	Gotit (%)	Hàm lượng xi măng (kg/m ³)			
				250	300	350	400
SP dc - AG	22	47-49	3	939,1	1032,1	1250,9	1435,2
S. dc- AG	35-42	36-38	2-4	649,1	886,3	1081,5	1220,2
BS-BL	36-45	36-38	5-6	800,5	982,6	1162,7	1422,0
BS-HG	37-39	39-40	7	954,3	972,9	1020,6	1248,1

Loại đất	Nhóm KV sét (%)	Thạch anh (%)	Gotit (%)	Hàm lượng xi măng (kg/m ³)			
				250	300	350	400
BS-TG	37-44	36-40	5	702,0	805,3	817,4	965,9
BS-CN, CM	45-51	29-33	5-7	812,3	867,9	937,3	1227,3
BSHC-CN, CM	45-47	30-32	5	514,8	855,7	1027,2	1231,3
HC-KG	25	23-25	14-16	102,7	126,4	145,7	190,0
	pyrit: 5-7 %; pyrophyllit: 4%; thạch cao: 15%						
Ghi chú: Nhóm khoáng vật sét ở đây bao gồm: ilit, montmorilonit và kaolinit							

Như vậy, thành phần khoáng vật của đất ảnh hưởng khá lớn đến chất lượng đất cải tạo, đất có chứa nhiều nhóm khoáng vật sét, đặc biệt là montmorilonit sẽ bất lợi hơn đất có chứa khoáng vật thạch anh, trong đất có chứa các khoáng vật như pyrit, pyrophyllit, thạch cao và gotit thì rất bất lợi cho quá trình cải tạo đất bằng xi măng.



Hình 3.26: Ảnh hưởng của thành phần khoáng vật đến chất lượng đất cải tạo

3.4.6. Kết quả phân tích ảnh hưởng của đặc điểm thành phần theo phương pháp trọng số, đa biến

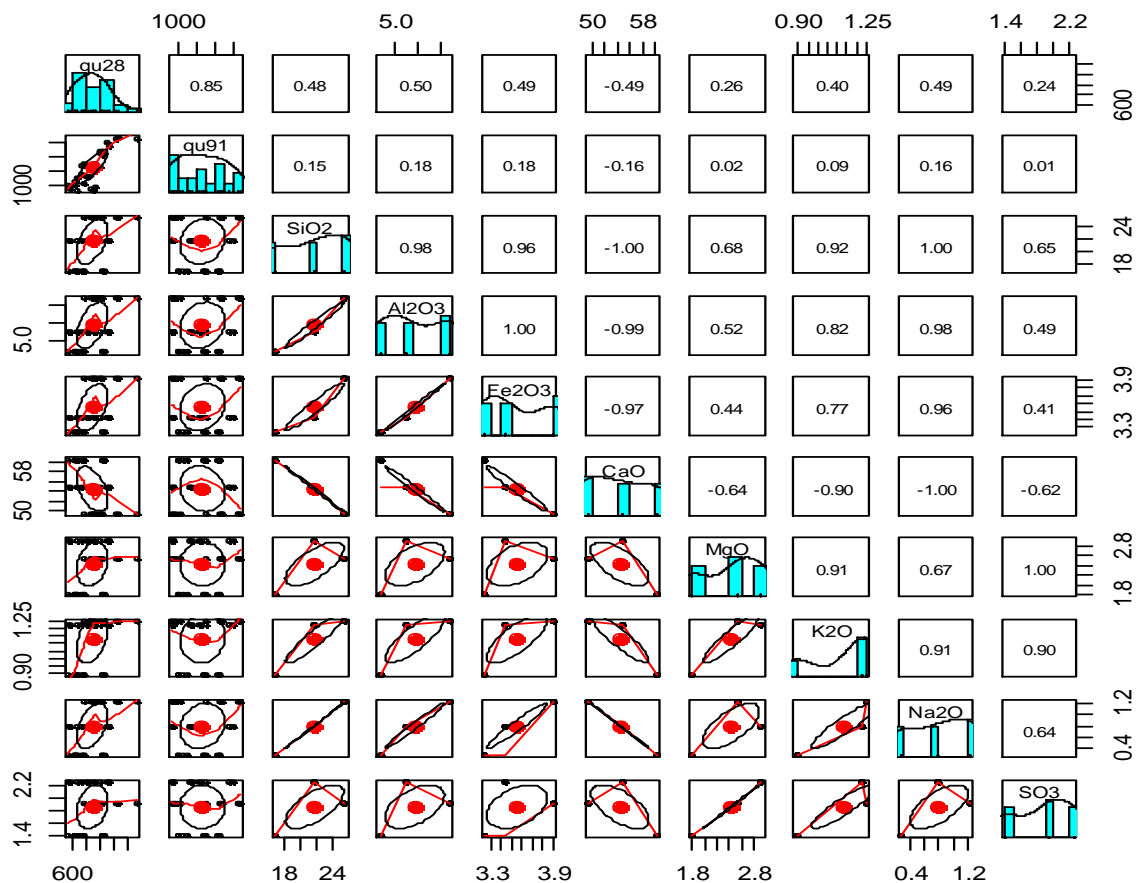
Để minh chứng cho những đánh giá về ảnh hưởng của các đặc điểm thành phần đến chất lượng đất gia cố cho các phân tích ở trên. Trong nội dung này, NCS đã sử dụng phần mềm phân tích trọng số, đa biến nhằm kiểm chứng những kết quả nghiên cứu. Phương pháp phân tích trọng số, đa biến được thực hiện bằng ngôn ngữ mã nguồn mở R, là một phần mềm sử dụng cho ngôn ngữ thống kê, xử lý số liệu thí nghiệm và vẽ biểu đồ. R là ngôn ngữ máy tính đa năng có thể sử dụng cho nhiều

mục tiêu khác nhau, từ tính toán đơn giản, toán học giải trí, tính toán ma trận đến các phân tích thống kê phức tạp [36]. Chính vì vậy, R có thể phát triển thành một phần mềm chuyên môn cho một tính toán khác biệt.

Số liệu được đưa vào phân tích gồm:

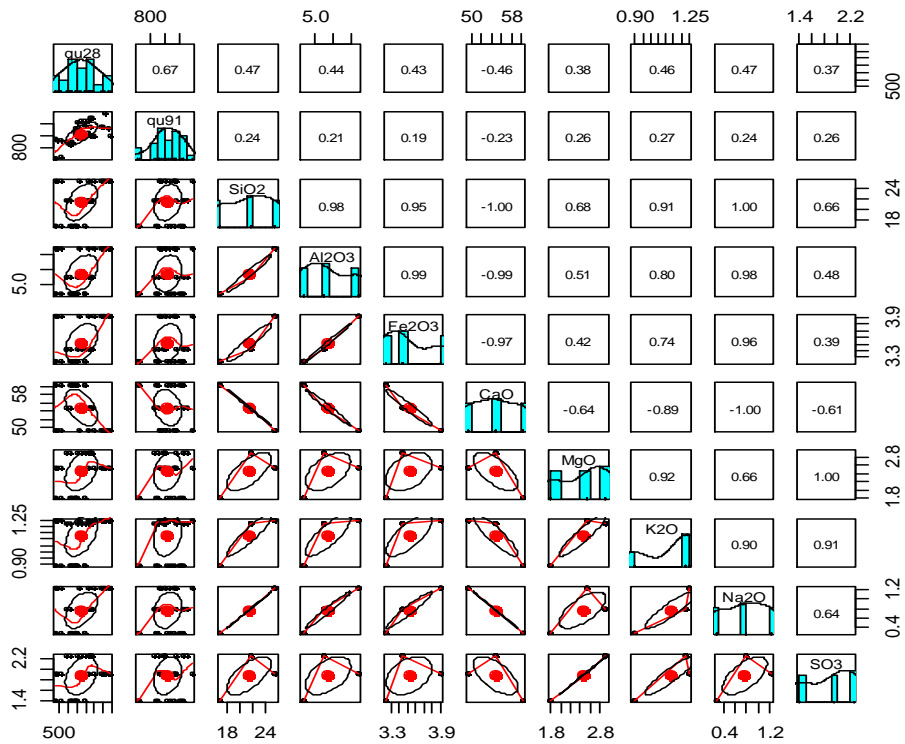
- Các kết quả thí nghiệm các mẫu đất cải tạo với các xi măng khác nhau là T30, T40, K40 ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 56, 91 và 180; hàm lượng từ 250, 300, 350 và 400 kg/m³;
- Thành phần hóa học của xi măng T30, T40 và K40;
- Thành phần hóa học, khoáng vật và khả năng trao đổi cation của các đất nghiên cứu (được chia thành 3 nhóm như phần trên).

3.4.6.1. Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất sét pha đẽo chảy (aQ_2^3) tại An Giang



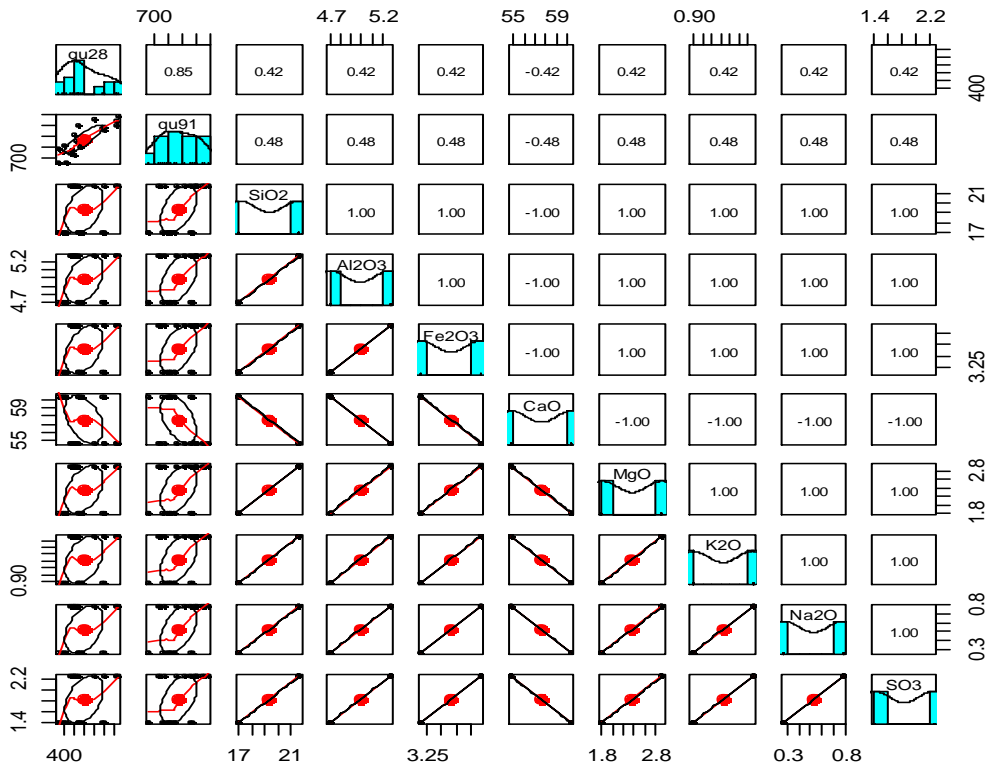
Hình 3.27: Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất sét pha (aQ_2^3) tại An Giang

3.4.6.2. Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất sét ($aQ_2^3_2$) tại An Giang



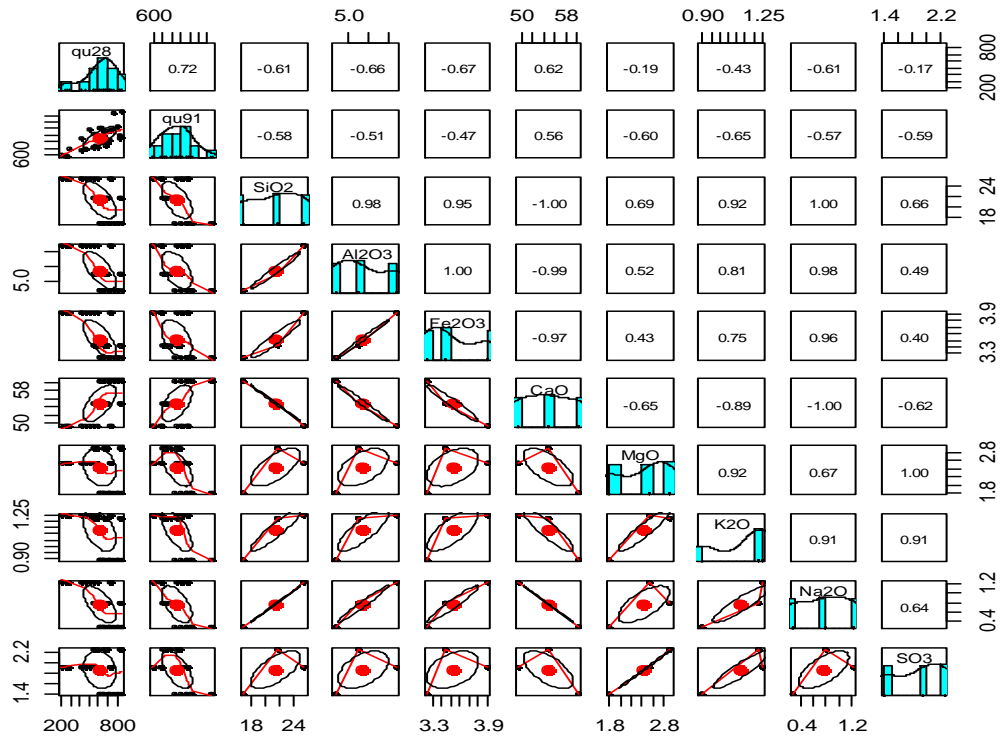
Hình 3.28: Kết quả phân tích trọng số đa biến của đất sét ($aQ_2^3_2$) tại An Giang

3.4.6.3. Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất bùn sét ($amQ_2^{2-3}_1$) tại Tiền Giang



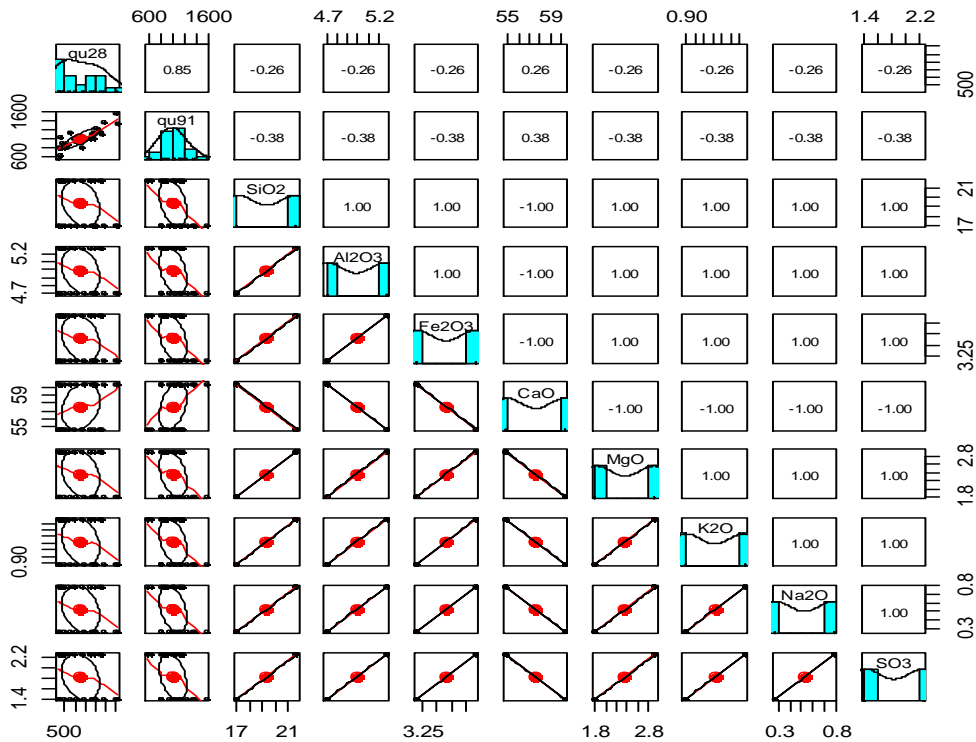
Hình 3.29: Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất bùn sét ($amQ_2^{2-3}_1$) tại Tiền Giang

3.4.6.4. Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) tại Hậu Giang



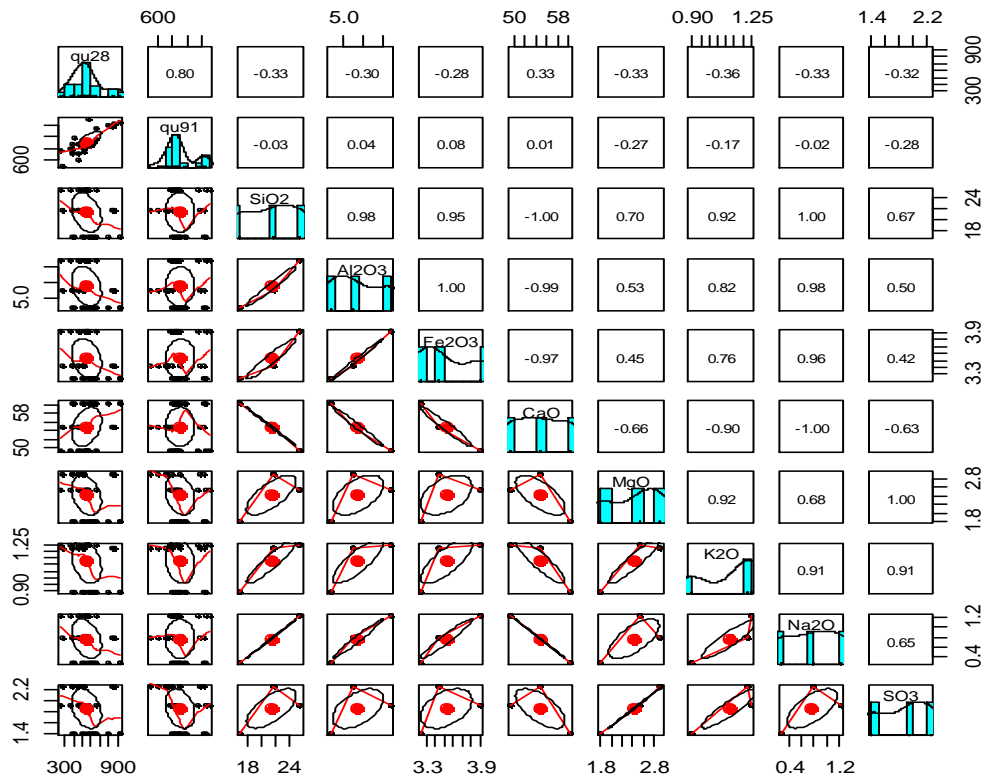
Hình 3.30: Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất bùn sét (amQ_2^{2-3}) tại Hậu Giang

3.4.6.5. Kết quả phân tích trọng số, đa biến với đất bùn sét (mbQ_2^3) tại Bạc Liêu



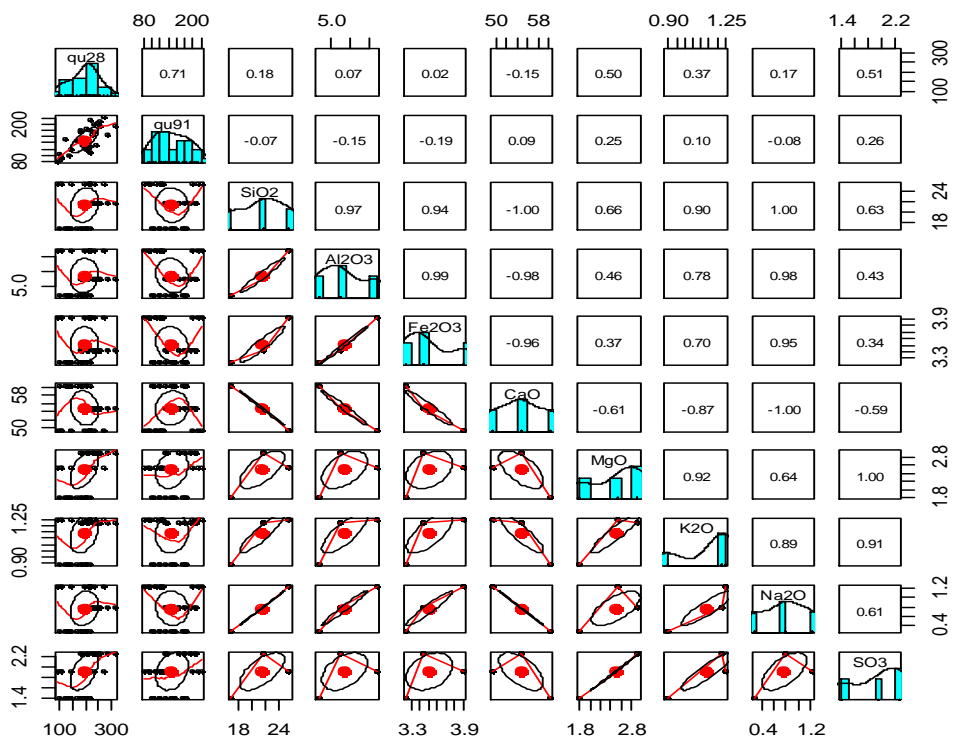
Hình 3.31: Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất bùn sét (mbQ_2^3) tại Bạc Liêu

3.4.6.6. Kết quả phân tích trọng số, đa biến đất bùn sét (mbQ_2^3) tại Cà Mau



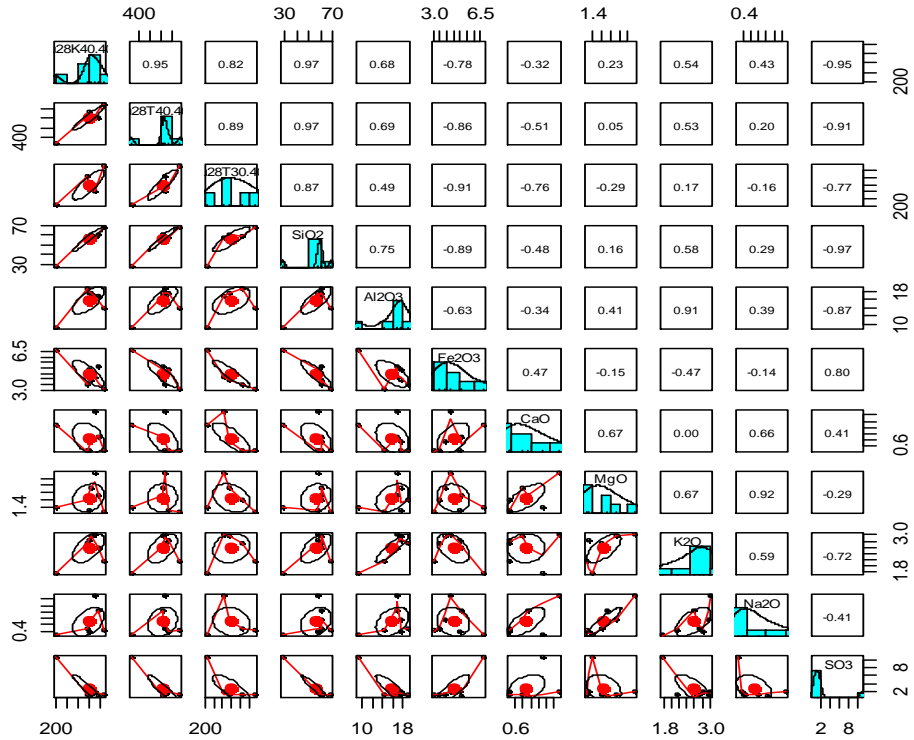
Hình 3.32: Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất bùn sét (mbQ_2^3) tại Cà Mau

3.4.6.7. Kết quả phân tích trọng số, đa biến đất TBH (abQ_2^3) tại Kiên Giang



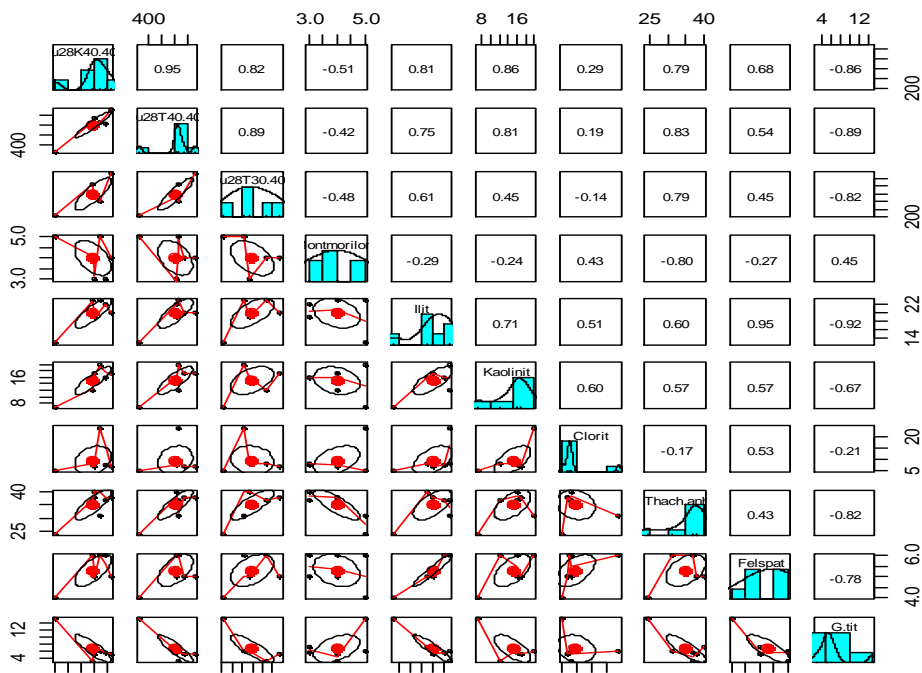
Hình 3.33: Kết quả phân tích trọng số, đa biến của đất TBH (abQ_2^3) ở Kiên Giang

3.4.6.8. Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần hóa học bằng phương pháp trọng số, đa biến



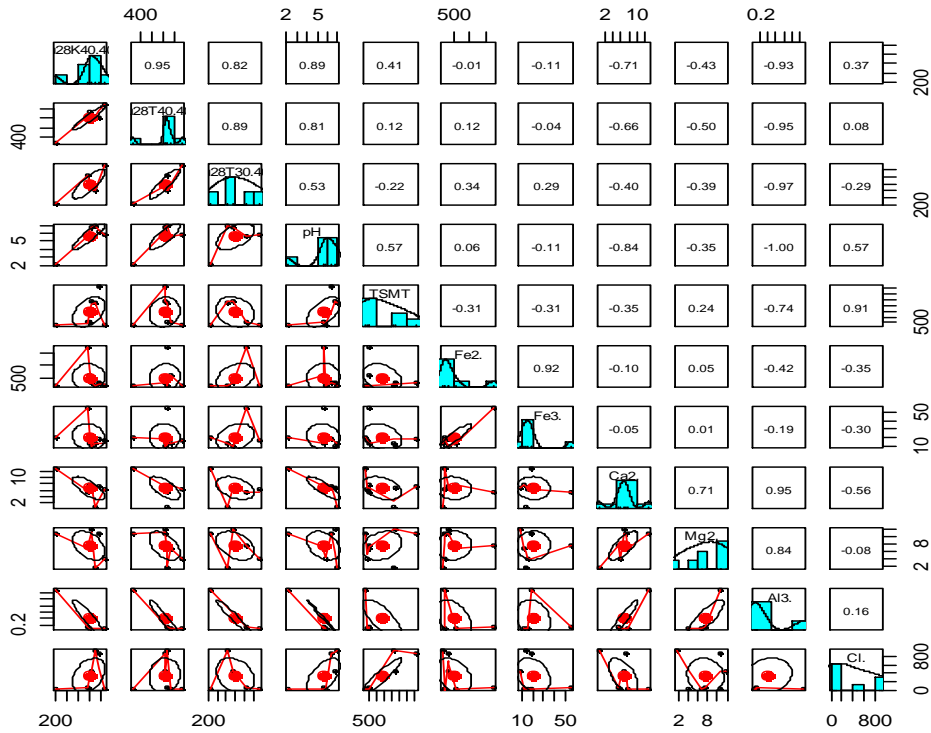
Hình 3.34: Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần hóa học bằng phương pháp trọng số, đa biến

3.4.6.9. Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần khoáng vật bằng phương pháp trọng số, đa biến

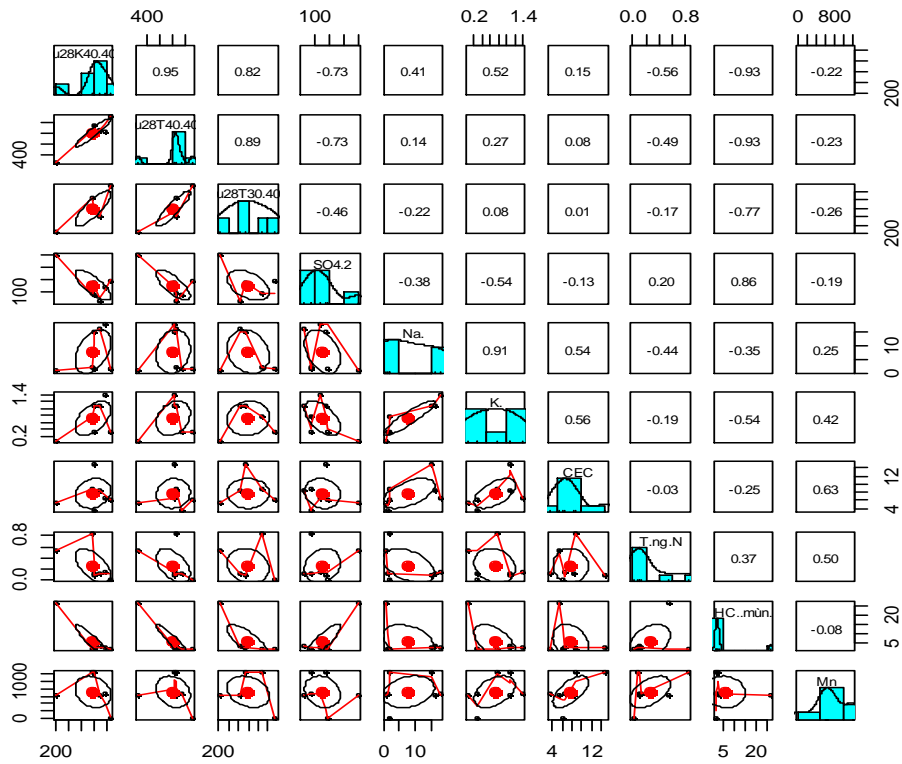


Hình 3.35: Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần khoáng vật bằng phương pháp trọng số, đa biến

3.4.6.10. Kết quả phân tích ảnh hưởng của muối và khả năng trao đổi cation bằng phương pháp trọng số, đa biến



Hình 3.36.a: Kết quả phân tích ảnh hưởng thành phần muối và các cation bằng phương pháp trọng số, đa biến



Hình 3.36.b: Kết quả phân tích ảnh hưởng của cation và HLHC bằng phương pháp trọng số, đa biến

3.4.6.11. Nhận xét

Từ kết quả phân tích đánh giá trọng số, đa biến với các đất đã nghiên cứu cải tạo bằng xi măng cho thấy:

1. Ảnh hưởng của thành phần hóa học của xi măng

Nhóm 1: Đã nghiên cứu với các xi măng T30, T40 và K40, tổng số 170 mẫu. Kết quả cho thấy, các thành phần SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , Na_2O và SO_3 trong xi măng có ảnh hưởng tích cực đến chất lượng đất cải tạo còn CaO có ảnh hưởng tiêu cực và mức độ ảnh hưởng ở 91 ngày tuổi nhỏ hơn ở 28 ngày tuổi (hình 3.27).

Nhóm 2:

- Phụ nhóm 2a: Đã nghiên cứu với các xi măng T30, T40 và K40, tổng số 172 mẫu) và đất bùn sét ($amQ_2^{2-3}_1$) ở Tiền Giang (xi măng: T40 và K40, tổng số 128 mẫu). Kết quả cho thấy, các thành phần SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , Na_2O và SO_3 có trong xi măng có ảnh hưởng tích cực đến chất lượng đất cải tạo còn CaO có ảnh hưởng tiêu cực. Mức độ ảnh hưởng của 2 loại đất là khác nhau, đất sét dẻo chảy ở An Giang ở 91 ngày tuổi nhỏ hơn ở 28 ngày tuổi (hình 3.28) còn đất bùn sét ở Tiền Giang thì 28 ngày có mức độ nhỏ hơn 91 ngày (hình 3.29). Kết quả này cũng cho thấy, với đất ở An Giang có thể dùng xi măng T30 có hàm lượng CaO ít hơn xi măng T40 và K40 cho giá trị cường độ kháng nén tốt hơn xi măng T40 và K40.

- Phụ nhóm 2b: Đã nghiên cứu với xi măng T30, T40, K40, tổng số 179 mẫu; bùn sét ($mbQ_2^3_2$) ở Bạc Liêu (xi măng T40 và K40, tổng số 136 mẫu); bùn sét ($mbQ_2^3_2$) ở Cà Mau (xi măng T30, T40 và K40, tổng số 200 mẫu). Kết quả phân tích cho thấy, các thành phần SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , Na_2O và SO_3 có trong xi măng ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng đất cải tạo còn CaO có ảnh hưởng tích cực. Mức độ ảnh hưởng của các đất này cũng khác nhau, đất bùn sét ở Hậu Giang (hình 3.30) và Cà Mau (hình 3.32) ở 28 ngày lớn hơn ở 91 ngày tuổi còn đất bùn sét ở Bạc Liêu (hình 3.31) có mức độ ảnh hưởng ở 28 ngày nhỏ hơn 91 ngày tuổi. Điều này cũng được thể hiện ở kết quả nghiên cứu với xi măng K40 cho kết quả tốt hơn xi măng T40 và T30 vì trong thành phần của chúng có lượng CaO lớn hơn (60,42%) so với T40 (54,74%) và T30 (49,42%).

Nhóm 3: Đã nghiên cứu với xi măng T30, T40, K40, tổng số 214 mẫu. Kết quả phân tích trọng số cho thấy, các thành phần SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O ở 28 ngày

tuổi có ảnh hưởng tích cực nhưng đến 91 ngày ảnh hưởng tiêu cực, CaO chuyển từ tiêu cực sang tích cực; MgO, K₂O và SO₃ là tích cực nhưng có xu hướng giảm (hình 3.33). Điều này cũng có thể giải thích cho lý do cường độ mẫu bị suy giảm sau 28 ngày bảo dưỡng.

2. Ảnh hưởng của đặc điểm thành phần của đất

Số liệu đưa vào để phân tích các yếu tố ảnh hưởng của các đặc điểm thành phần trên gồm kết quả thí nghiệm mẫu đất cải tạo ở 28 ngày tuổi của các đất đã nghiên cứu với xi măng T30, T40 và K40, hàm lượng 400kg/m³ và các đặc điểm thành phần.

- Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần hóa học của đất cho thấy, các ôxit SiO₂, Al₂O₃, K₂O ảnh hưởng tích cực; Fe₂O₃, CaO và SO₃ ảnh hưởng tiêu cực; MgO và Na₂O với xi măng T40 và K40 ảnh hưởng tích cực còn T30 ảnh hưởng tiêu cực. Mặc dù lượng CaO của đất có ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng đất cải tạo, tuy nhiên với xi măng K40 là thấp nhất, tiếp đến là T40, T30 (hình 3.34). Sở dĩ như vậy có thể đất cải tạo đã chịu ảnh hưởng bởi thành phần hóa học của xi măng, trong đó xi măng K40 có lượng CaO lớn nhất, tiếp đến là T40, T30.

- Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần khoáng vật cho thấy, các khoáng vật Ilit, Kaolinit, Thạch anh, Felspat ảnh hưởng tích cực; Montmorilonit, Gotit ảnh hưởng tiêu cực.

- Ảnh hưởng của hàm lượng muối, hữu cơ và khả năng trao đổi cation của đất cho thấy: các cation có ảnh hưởng tiêu cực gồm Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, SO₄⁻², Mn, tổng N và HLHC, trong đó HLHC và Al⁺³ mạnh nhất. Các chỉ số pH, K⁺ và CEC có ảnh hưởng tích cực; TSMT, Na⁺ và Cl⁻ có ảnh hưởng tích cực với xi măng T40, K40 còn tiêu cực với T30; Fe⁺² tích cực với T40, T30, tiêu cực với K40; Fe⁺³ tích cực với T30, tiêu cực với T40 và K40 (hình 3.36.a và 3.36.b). Như vậy, ảnh hưởng của các cation trao đổi của đất đến chất lượng đất cải tạo là khá phức tạp tuy nhiên xét về các yếu tố ảnh hưởng tích cực như pH, TSMT, Cl⁻, Na⁺, K⁺, CEC thì xi măng K40 có mức độ lớn hơn so với T40 và T30. Điều này cũng đã minh chứng cho nhận định với vùng đất nhiễm mặn thì xi măng K40 có cường độ tốt hơn T40 và T30.

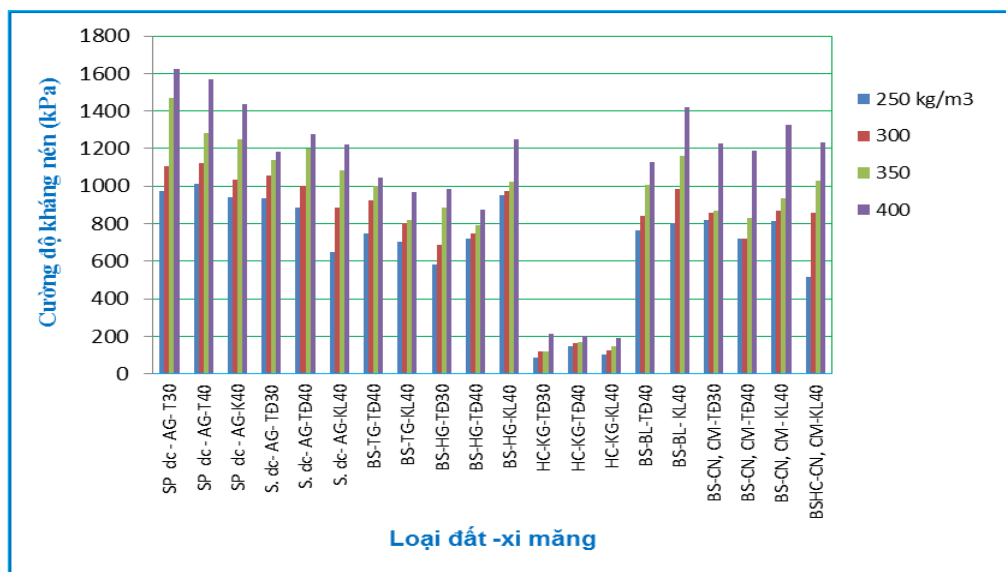
Như vậy, kết quả phân tích trọng số, đa biến khá phù hợp với những kết quả phân tích đánh giá về các yếu tố ảnh hưởng của đặc điểm thành phần đã nêu ở các mục từ 3.3.2 đến 3.3.5.

3.5. MỘT SỐ YẾU TỐ KHÁC ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG ĐẤT GIA CỐ BẰNG XI MĂNG VÙNG ĐBSCL

3.5.1. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng

Hàm lượng xi măng có ảnh hưởng rất lớn đến cường độ đất cải tạo, khi hàm lượng tăng thì cường độ đất gia cố tăng. Kết quả nghiên cứu của Uddin, 1995; Uddin và nnk, 1997 với đất sét ở Bangkok cho thấy cường độ kháng nén tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng và thời gian bảo dưỡng [10].

Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng với đất loại sét yếu ở ĐBSCL có nguồn gốc khác nhau được thể hiện ở bảng từ 3.1 đến 3.8 cho thấy: với các loại xi măng nghiên cứu, khi HLXM tăng thì cường độ kháng nén của mẫu cũng tăng, điều này phù hợp với quy luật. Hình 3.37, thể hiện quan hệ giữa cường độ kháng nén và HLXM gia cố ở 91 ngày tuổi. Với các loại đất đã nghiên cứu cho thấy: HLXM tăng từ 250 đến 400kg/m³ thì cường độ kháng nén của các mẫu đất đều tăng. Như vậy, HLXM có ảnh hưởng lớn đến cường độ đất cải tạo, khi HLXM tăng thì CĐKN tăng.



Hình 3.37: Cường độ kháng nén (q_u) của đất loại sét yếu vùng ĐBSCL với xi măng và hàm lượng khác nhau ở 91 ngày tuổi

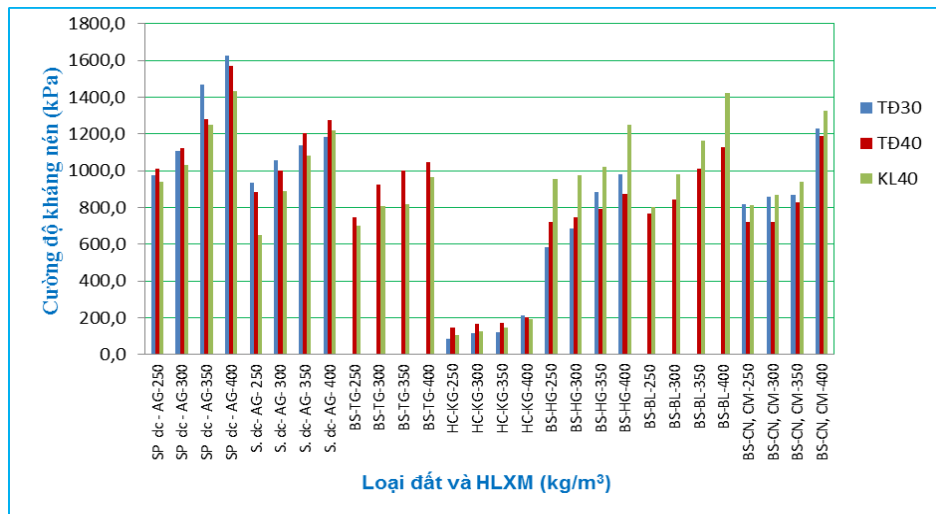
3.5.2. Ảnh hưởng của loại xi măng

Loại chất kết dính (loại xi măng) dùng để gia cố có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng đất gia cố, chúng phụ thuộc vào thành phần của đất và loại xi măng. Các

nghiên cứu của Kawasaki và nnk, 1981 đã nghiên cứu ảnh hưởng của xi măng xỉ và xi măng porland thông thường cho hai loại đất tại Kanagawa thuộc vùng vịnh Tokyo và Saga trên đảo Kyushu, kết quả cho thấy: xi măng xỉ có ảnh hưởng khác nhau với loại đất và không có xu hướng phát triển cường độ ổn định [10]. Saitoh và nnk, 1990 cũng đã nghiên cứu hiệu quả của việc sử dụng xi măng Portland thông thường và xi măng tro nhiệt điện, kết quả cho thấy xi măng tro nhiệt điện sử dụng tốt hơn cho cường độ kháng nén cao và sự sai lệch cường độ thấp.

Kết quả nghiên cứu cải tạo đất loại sét yếu ở ĐBSCL với 3 loại xi măng là T30, T40 và K40 được so sánh ở 91 ngày tuổi cho thấy: với đất sét pha ($aQ_2^{3_2}$) ở An Giang xi măng T30 cho giá trị cường độ tốt nhất, đất sét ($aQ_2^{3_2}$ - An Giang), bùn sét ($amQ_2^{2-3_2}$, Hậu Giang); bùn sét ($mbQ_2^{3_2}$ - Cà Mau) xi măng K40 cho kết quả tốt nhất; đất TBH ($abQ_2^{3_1}$) ở Kiên Giang thì xi măng T40 có xu hướng tốt hơn (hình 3.38).

So sánh kết quả thí nghiệm của xi măng T40 và K40 với các đất nghiên cứu cho thấy: xi măng T40 cho giá trị cường độ kháng nén tốt hơn xi măng K40 với đất ở An Giang, Tiền Giang và Kiên Giang còn xi măng K40 cho giá trị tốt hơn với đất ở Hậu Giang, Cà Mau và Bạc Liêu (hình 3.38).



Hình 3.38: Ảnh hưởng của loại xi măng ở 91 ngày tuổi

Từ những kết quả nghiên cứu cải tạo đất loại sét yếu vùng ĐBSCL với 3 loại xi măng là T30, T40 và K40 cho thấy: cường độ kháng nén của đất với các xi măng là khác nhau, chúng phụ thuộc vào thành phần của đất và xi măng. Ở đây thành phần của đất ở mỗi nơi là khác nhau (bảng 2.3, 2.4 và 2.5) cũng như thành phần hóa học của xi măng cũng khác nhau (bảng 3.1) trong đó với xi măng K40 có lượng ôxit

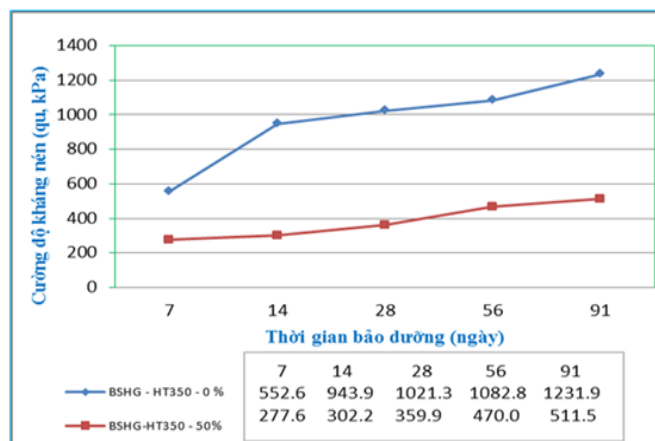
calci (CaO) là lớn nhất (60,42%), xi măng T40 là 54,74% và T30 là 49,42%. Qua phân tích này, có thể khẳng định rằng với những vùng ven biển, đất bị nhiễm mặn (muối clorua) thì sử dụng xi măng có chứa CaO nhiều sẽ có lợi hơn so với xi măng chứa ít CaO.

Như vậy, với đất bùn sét ở vùng ven biển ĐBSCL khả năng cải tạo đất bằng xi măng K40 là tốt hơn vì trong đất lượng muối nhiều hơn so với các nơi khác đồng thời trong xi măng K40 có lượng vôi nhiều hơn khi đó làm cho đất sẽ có môi trường kiềm (pH tăng) dẫn đến quá trình thủy hóa của xi măng tốt hơn (xi măng thủy hóa tốt nhất khi pH=12-14 [32]; theo Locat và các cộng sự (1996), pH tốt nhất cho thủy hóa và phát triển cường độ của xi măng là 12,4 [71]).

Để đạt cường độ $q_u > 800$ kPa (cường độ yêu cầu xử lý nền công trình thủy lợi, các công trình xây dựng quy mô vừa như: nhà 3-4 tầng, nền đắp cao từ 3-5m...), với đất bùn sét (Tiền Giang, Hậu Giang, Bạc Liêu, Cà Mau) phải gia cố với hàm lượng là $>350\text{kg/m}^3$ còn với đất sét ở An Giang chỉ cần hàm lượng là 300kg/m^3 ; sét pha là 250kg/m^3 . Điều này là do với đất sét pha có hàm lượng hạt cát nhiều hơn so với các loại đất khác đồng thời trong thành phần hóa học của đất có hàm lượng ôxít silic cũng lớn hơn so với các loại đất khác $\text{SiO}_2 = 68,44\%$ trong khi ở các nơi khác là 52,41 đến 59,93%. Như vậy, thành phần hạt cũng như TPKV có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng đất gia cố.

3.5.3. Ảnh hưởng của điều kiện trộn (tỷ lệ N/X)

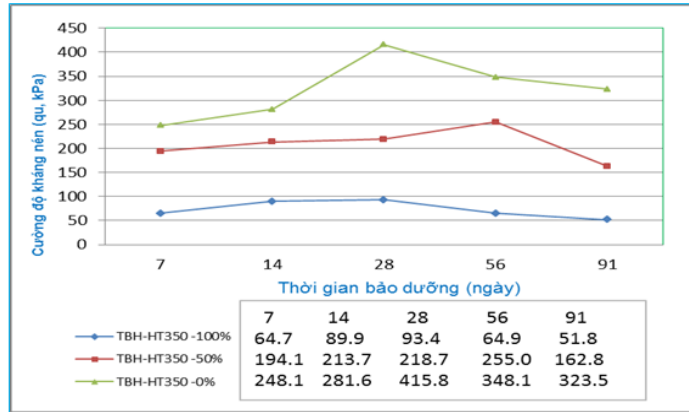
Tỷ lệ N/X hay lượng nước được thêm vào trong quá trình chế tạo mẫu cũng như phương pháp trộn, phương pháp thi công (trộn khô hay trộn ướt) có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng đất cải tạo. Endo, 1976 đã nghiên cứu ảnh hưởng của lượng nước của đất ở vịnh Tokyo [10] bằng cách cho hàm lượng



Hình 3.39: Ảnh hưởng của lượng nước trộn (Bùn sét ở Hậu Giang, xi măng N40, hàm lượng 350 kg/m^3)

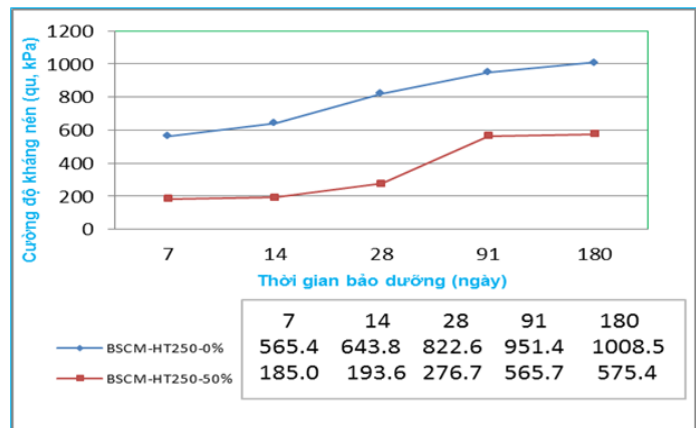
nước thay đổi từ 60 đến 120% với lượng xi măng từ 5 đến 20%. Kết quả thí nghiệm ở 60 ngày cho thấy cường độ mẫu đều giảm với mọi hàm lượng.

Với đất loại sét yếu ở ĐBSCL, NCS đã nghiên cứu với 3 loại đất có nguồn gốc khác nhau là đất bùn sét ($amQ_2^{2-3}{}_2$) ở Hậu Giang; đất than bùn hóa ($abQ_2^3{}_1$) ở Kiên Giang và đất bùn sét lẫn hữu cơ ($amQ_2^3{}_1$) ở U Minh, Cà Mau. Mẫu nghiên cứu là mẫu đất nguyên trạng được



Hình 3.40: Ảnh hưởng của lượng nước trộn (TBH ở Kiên Giang với xi măng N40, hàm lượng 350 kg/m³)

cải tạo bằng xi măng Nghi Sơn PCB40 (N40), có thành phần hóa học tại bảng 3.1; hàm lượng xi măng nghiên cứu với đất ở Hậu Giang và Kiên Giang là 350kg/m³; đất ở Cà Mau bằng xi măng Hà Tiên PCB40 (HT40), hàm lượng 250 kg/m³. Tỷ lệ nước được nghiên cứu với các trường hợp: N/X = 0 (mẫu nguyên trạng được trộn trực tiếp với xi măng, không thêm nước); N/X=0,5 (thêm lượng nước bằng 50% so với lượng xi măng cải tạo); N/X=1 (lượng nước thêm vào đất bằng lượng xi măng).



Hình 3.41: Ảnh hưởng của lượng nước trộn (bùn sét ở Cà Mau với xi măng HT40, hàm lượng 250 kg/m³)

Kết quả nghiên cứu được trình bày tại các hình 3.39 (đất bùn sét ở Hậu Giang); hình 3.40 (đất TBH ở Kiên Giang); hình 3.41 (đất bùn sét ở TP Cà Mau).

Như vậy, khi lượng nước trộn tăng lên thì cường độ kháng nén của mẫu đất cải tạo giảm, điều này cho thấy ảnh hưởng của lượng nước trộn đến chất lượng đất cải tạo là rất lớn. Từ kết quả thí nghiệm với 3 loại đất ở ĐBSCL cho thấy quan hệ giữa

cường độ kháng nén của đất ở các hàm lượng nước khác nhau được thể hiện tại công thức (3.49)÷(3.52).

$$+ \text{Đất bùn sét (nhóm 2b): } q_u^{50} = (0,30 \sim 0,59)q_u^0 \quad (3.49)$$

$$+ \text{Đất than bùn hóa (nhóm 3): } q_u^{50} = (0,50 \sim 0,78)q_u^0 \quad (3.50)$$

$$q_u^{100} = (0,25 \sim 0,43)q_u^{50} \quad (3.51)$$

$$q_u^{100} = (0,16 \sim 0,32)q_u^0 \quad (3.52)$$

Trong đó: q_u^0 , q_u^{50} , q_u^{100} là cường độ kháng nén của mẫu đất tương ứng với tỷ lệ nước trộn là 0, 50 và 100% so với xi măng.

3.5.4. Quan hệ về cường độ giữa mẫu trong phòng- hiện trường

Cường độ kháng nén của mẫu thực tế lấy từ lõi cọc xi măng đất nhỏ hơn so với cường độ của mẫu thí nghiệm trong phòng. Cường độ này phụ thuộc rất nhiều yếu tố từ phương pháp tạo cọc, hàm lượng chất kết dính, thành phần của đất, tỷ lệ nước trộn....Theo hiệp hội trộn sâu xi măng Nhật Bản (CDMA, Japan, 1994) [10] thì cường độ xi măng đất ngoài thực tế (q_u^{ht}) chỉ bằng 20-35% cường độ mẫu thí nghiệm trong phòng (q_u^{tp}) với phương pháp trộn ướt; tỷ lệ này là 30-50% với phương pháp trộn khô.

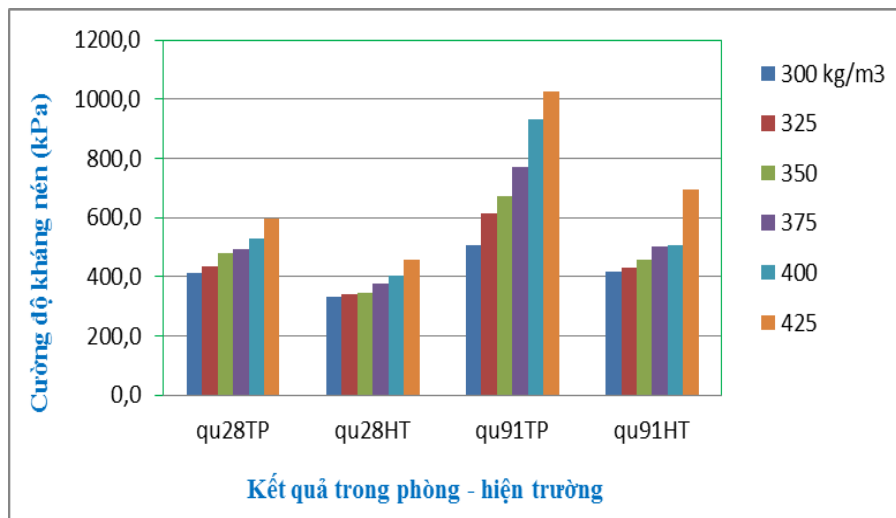
Để đánh giá quan hệ giữa mẫu giữa mẫu thí nghiệm trong phòng và mẫu lấy từ lõi cọc, NCS đã tiến hành nghiên cứu với 2 loại đất là bùn sét ($amQ_2^{2-3}{}_2$) ở Hậu Giang và TBH ($abQ_2^3{}_1$) ở Kiên Giang, mẫu được chế bị từ mẫu đất nguyên trạng, tỷ lệ N/X=1; mẫu hiện trường được lấy từ lõi cọc bằng phương pháp khoan lấy lõi, cọc được thi công bằng phương pháp Jet-grouting.

Với xi măng T30 nghiên cứu ở các hàm lượng 300, 325, 350, 375, 400 và 425 kg/m^3 ; mẫu thí nghiệm ở 28 và 91 ngày tuổi. Tổng hợp kết quả thí nghiệm được trình bày tại bảng 3.22, hình 3.42 (đối với đất bùn sét) và bảng 3.23, hình 3.43 (đối với đất TBH) kết quả mẫu nén lõi cọc chi tiết tại phụ lục 3.8.

Bảng 3.22: Kết quả thí nghiệm và so sánh quan hệ giữa (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (đất bùn sét ở Hậu Giang, xi măng T30)

Cường độ kháng nén (kPa)	Hàm lượng xi măng (kg/m^3)					
	300	325	350	375	400	425
$q_u^{28}_{TP}$	412,1	436,0	477,6	490,7	530,7	594,4

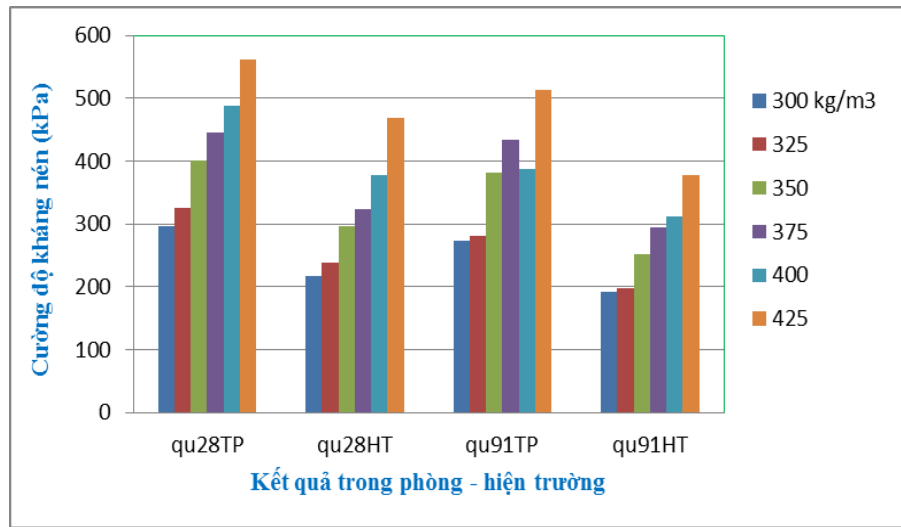
Cường độ kháng nén (kPa)	Hàm lượng xi măng (kg/m ³)					
	300	325	350	375	400	425
$q_u^{28}_{HT}$	332,3	342,72	344,4	376,7	404,2	459,3
$q_u^{91}_{TP}$	506,0	613,8	670,8	769,7	931,0	1024,6
$q_u^{91}_{HT}$	416,2	431,8	457,5	501,5	508,5	696,4
$q_u^{28}_{HT}/q_u^{28}_{TP}$	0,81	0,79	0,72	0,77	0,76	0,77
$q_u^{91}_{HT}/q_u^{91}_{TP}$	0,82	0,70	0,68	0,65	0,55	0,68



Hình 3.42: Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (đất bùn sét ở Hậu Giang, xi măng T30)

Bảng 3.23: Kết quả thí nghiệm và so sánh quan hệ giữa (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (đất TBH ở Kiên Giang, xi măng T30)

Cường độ kháng nén (kPa)	Hàm lượng xi măng (kg/m ³)					
	300	325	350	375	400	425
$q_u^{28}_{TP}$	296,2	325,3	400,6	445,6	488,3	562,3
$q_u^{28}_{HT}$	218,1	237,9	296,5	322,8	378,0	469,5
$q_u^{91}_{TP}$	273,8	281,2	381,5	433,5	387,3	513,9
$q_u^{91}_{HT}$	191,9	197,9	252,0	294,5	311,4	377,6
$q_u^{28}_{HT}/q_u^{28}_{TP}$	0,74	0,73	0,74	0,72	0,77	0,83
$q_u^{91}_{HT}/q_u^{91}_{TP}$	0,70	0,70	0,66	0,68	0,80	0,73

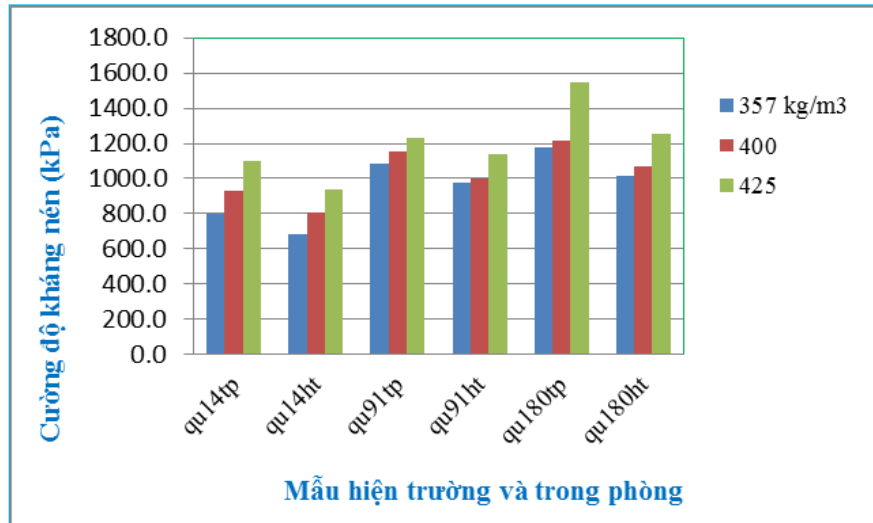


Hình 3.43: Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (TBH ở Kiên Giang, xi măng T30)

Với xi măng N40, đã thí nghiệm và so sánh ở các hàm lượng 375, 400 và 425 kg/m^3 , mẫu được thí nghiệm ở các ngày tuổi 14 và 91. Tổng hợp kết quả thí nghiệm được trình bày tại bảng 3.24 và hình 3.44, mẫu chi tiết trình bày tại phụ lục 3.8.

Bảng 3.24: Kết quả thí nghiệm và so sánh quan hệ giữa (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (bùn sét ở Hậu Giang, xi măng N40)

Cường độ kháng nén (kPa)	Hàm lượng xi măng (kg/m^3)			Cường độ kháng nén (kPa)	Hàm lượng xi măng (kg/m^3)		
	375	400	425		375	400	425
q_u^{14tp}	799,2	929,7	1103,2	q_u^{91tp}	1083,6	1157,2	1230,7
q_u^{14ht}	681,6	808,1	940,5	q_u^{91ht}	978,7	1000,3	1135,6
q_{TH}^{14}/q_{TP}^{14}	0,85	0,87	0,85	q_{TH}^{91}/q_{TP}^{91}	0,90	0,86	0,92
q_u^{180tp}	1178,8	1213,1	1550,4	$q_{TH}^{180}/q_{TP}^{180}$	0,86	0,88	0,81
q_u^{180ht}	1014,0	1070,9	1251,3				



Hình 3.44: Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của mẫu trong phòng và hiện trường (bùn sét ở Hậu Giang, xi măng N40)

Từ kết quả thí nghiệm giữa các mẫu ở trong phòng và hiện trường, có thể rút ra quan hệ như sau:

Với đất bùn sét (nhóm 2b):

$$q_u^{14ht} = (0,85 \sim 0,87)q_u^{14tp} \quad (3.53)$$

$$q_u^{28ht} = (0,72 \sim 0,81)q_u^{28tp} \quad (3.54)$$

$$q_u^{91ht} = (0,55 \sim 0,92)q_u^{91tp} \quad (3.55)$$

$$q_u^{180ht} = (0,81 \sim 0,88)q_u^{180tp} \quad (3.56)$$

Với đất than bùn hóa (nhóm 3):

$$q_u^{28ht} = (0,72 \sim 0,83)q_u^{28tp} \quad (3.57)$$

$$q_u^{91ht} = (0,66 \sim 0,80)q_u^{91tp} \quad (3.58)$$

Nhận xét:

- Cường độ mẫu hiện trường dao động từ 0,55÷0,92 cường độ mẫu trong phòng. Kết quả thí nghiệm cho thấy, các giá trị <0,7 tập trung chủ yếu vào kết quả thí nghiệm với xi măng T30 (bảng 3.21, 3.22), điều này chứng tỏ với xi măng khác nhau sẽ cho cường độ kháng nén ở hiện trường là khác nhau.

- Kết quả mẫu tại hiện trường là khá lớn so với kết quả thí nghiệm trong phòng, (q_u^{ht} đa phần > 65% q_u^{TP}), giá trị này lớn hơn so với các kết quả nghiên cứu ở Nhật Bản. Nguyên nhân có thể là do quá trình thí nghiệm mẫu trong phòng được tiến hành theo phương pháp trộn ướt, tỷ lệ N/X=1, bảo dưỡng trong điều kiện bão

hòa. Các điều kiện này khá gần với điều kiện mẫu thi công ngoài hiện trường (mẫu lõi cọc được thi công theo công nghệ Jet-grouting). Chính vì vậy, cường độ kháng nén của mẫu hiện trường có giá trị gần hơn so với mẫu chế bị ở trong phòng.

3.6. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Từ kết quả thí nghiệm, phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng cải tạo đất loại sét yếu bằng xi măng ở ĐBSCL có thể rút ra một số kết luận như sau:

1. Hàm lượng hữu cơ và pH môi trường có ảnh hưởng lớn đến chất lượng đất gia cố, khi HLHC tăng, cường độ đất gia cố giảm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi HLHC >20 %, cường độ mẫu đất gia cố ban đầu tăng sau đó suy giảm theo thời gian bảo dưỡng. Tương tự, khi pH môi trường của đất tăng, cường độ mẫu tăng và ngược lại; pH càng thấp, cường độ mẫu giảm. Nguyên nhân là do khi pH thấp sẽ càng cản trở quá trình phản ứng thủy hóa của xi măng.

2. Trong đất có nhóm khoáng vật sét lớn, đặc biệt là montmorilonit và gotit thì (q_u) nhỏ hơn so với đất chứa nhiều nhóm khoáng vật thạch anh (SiO_2), khi có mặt của khoáng vật pyrit, pyrophyllit và thạch cao sẽ gây bất lợi cho quá trình cải tạo (đất TBH). Tương tự, trong thành phần hóa học của đất chứa nhiều ôxít silic (SiO_2) sẽ có lợi so với đất có chứa nhiều sulfít (SO_3).

3. Khi đất dính có chứa nhóm hạt cát tăng (đất sét pha), q_u tốt hơn so với đất chứa nhiều nhóm hạt sét (đất sét, bùn sét). Kết quả nghiên cứu cho thấy, đất sét pha ở An Giang có cường độ kháng nén tốt hơn so với đất sét, bùn sét ở các nơi khác.

4. Khi trong đất có hàm lượng muối cao, đất bị nhiễm muối ở mức mặn đến rất mặn (Phụ nhóm 2b) cần phải tăng lượng xi măng, hoặc có thể dùng loại xi măng có lượng CaO cao (K40), hoặc quá trình thi công có thể thêm một lượng vôi nhằm tăng cường độ. Điều này đã được khẳng định qua kết quả nghiên cứu với các loại xi măng khác nhau. Với đất vùng ven biển bị nhiễm mặn, xi măng (K40) sẽ tốt hơn xi măng có hàm lượng vôi thấp như T30 và T40; xi măng T30 thích hợp với đất nhóm 1. Kết quả nghiên cứu các nhóm đất loại sét ở ĐBSCL được cải tạo với xi măng và hàm lượng khác nhau đồng thời phân tích các yếu tố ảnh hưởng, NCS đưa ra bảng kiến nghị sử dụng hàm lượng xi măng để đạt cường độ tương ứng với từng nhóm

đất ở 28 và 91 ngày tuổi được trình bày tại phụ lục 3.9a và 3.9.b.

5. Kết quả phân tích đánh giá trọng số, đa biến cho thấy:

Ảnh hưởng các thành phần của đất đến chất lượng gia cố: các ôxit SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O có ảnh hưởng tích cực, Fe_2O_3 , CaO và SO_3 có ảnh hưởng tiêu cực; tương tự các khoáng vật thạch anh, fenspat, ilit, kaolinit có ảnh hưởng tích cực, montmorilonit, gotit là tiêu cực; các cation Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , SO_4^{-2} , Mn, tổng N và HLHC có ảnh hưởng tiêu cực trong đó HLHC và Al^{3+} mạnh nhất, pH, K^+ và CEC có ảnh hưởng tích cực.

Ảnh hưởng của thành phần hóa học của xi măng đất gia cố: tùy từng loại đất mà thành phần hóa học có ảnh hưởng tích cực hay tiêu cực. Với đất thuộc nhóm 1 và Phụ nhóm 2a, các ôxit SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , Na_2O và SO_3 có ảnh hưởng tích cực ng nhưng CaO có ảnh hưởng tiêu cực; ngược lại với đất thuộc Phụ nhóm 2b, CaO có ảnh hưởng tích cực còn các ôxit trên lại ảnh hưởng tiêu cực.

CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU BIỆN PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ PHƯƠNG PHÁP GIA CỐ ĐẤT BẰNG XI MĂNG KẾT HỢP VỚI PHỤ GIA

4.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Từ kết quả nghiên cứu ở các chương 2 và 3 cho thấy: có hai đất loại sét yếu có tính chất đặc biệt và phân bố khá phổ biến ở ĐBSCL cần phải nghiên cứu thêm để nâng cao hiệu quả khi cải tạo chúng bằng xi măng đó là:

- Đất nhóm 3: (TBH, abQ_2^3) ở Kiên Giang, trong đất có chứa lượng lớn HLHC, pH thấp;

- Đất phụ nhóm 2b (bùn sét - amQ_2^3) tại các vùng ven biển như thành phố Cà Mau, Bạc Liêu, đất nhiễm muối ở mức mặn đến rất mặn.

Các loại đất này ít thuận lợi cho việc cải tạo chúng bằng xi măng. Để khắc phục được những hạn chế nêu trên, trên thế giới đã có nhiều tác giả nghiên cứu: với đất hữu cơ thường phải nghiên cứu với phụ gia [64],[65], [74] và đất nhiễm mặn phải tăng thêm HLXM khi gia cố [67], đồng thời kết hợp phụ gia [69].

Theo Quy phạm Thượng Hải DBJ 08-04-94 (1994) [45], trong cải tạo đất có thể dùng thêm các phụ gia như Trialcohol amine, Clorua calci, cacbonat natri hoặc thủy tinh lỏng,... liều lượng trộn từ 0,05; 0,2; 0,5; 2% so với trọng lượng xi măng. Ngoài ra, phụ gia thạch cao cũng đã được nghiên cứu sử dụng, có tác dụng làm chậm quá trình đông cứng nhưng tăng nhanh cường độ của đất, liều lượng trộn là 2%.

Theo tài liệu hướng dẫn về thí nghiệm trong phòng với phụ gia Rovo trong cải tạo đất [73] bằng phương pháp ổn định khối của hãng Allu (Phân Lan) [61], với đất chứa nhiều hữu cơ, phụ gia Rovo có thể thêm vào khoảng 1% so với lượng xi măng gia cố.

Ngoài ra, các kết quả nghiên cứu của một số tác giả khác cho thấy: vôi trộn với đất sẽ tạo môi trường kiềm, làm giảm tính axit của đất hữu cơ. Với đất loại sét yếu tại ĐBSCL thường có hữu cơ, môi trường pH <7 khả năng sử dụng phụ gia vôi

sẽ mang lại hiệu quả về cường độ. Các kết quả nghiên cứu cho thấy môi trường pH để xi măng có thể thủy phân và cho cường độ tốt nhất là pH=12-14 [32], [33].

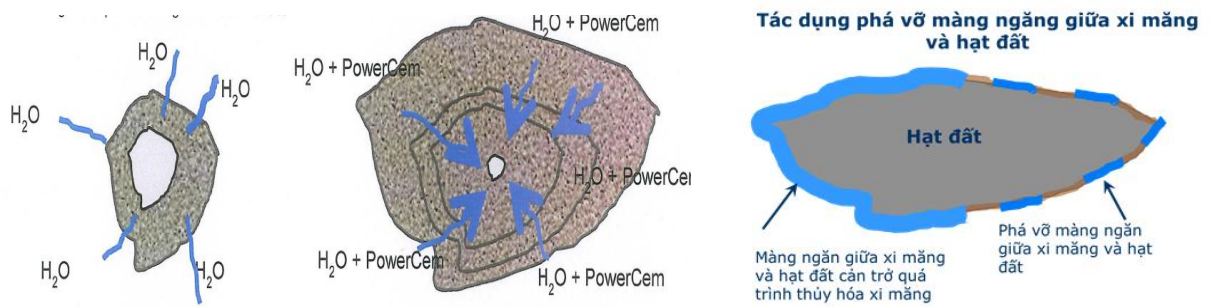
Từ những phân tích như trên, NCS đã chọn các chất là thạch cao (CaSO_4) với các tỷ lệ 1%, 2%, 3%; Rovo 1,0%, 1,5%, 2,0% và vôi 1%, 2%, 3%, 4%, 6% so với xi măng. Riêng đất TBH, NCS nghiên cứu thêm với thủy tinh lỏng 0,5%, 1%, 1,5% và 2%.

4.1.1. Cơ sở khoa học của phương pháp cải tạo đất bằng xi măng với phụ gia Rovo

Việc trộn xi măng với đất không phải lúc nào cũng đạt được yêu cầu kỹ thuật đề ra, hoặc nếu đạt được yêu cầu đó thì cần một lượng xi măng rất lớn, đặc biệt là với đất có chứa hữu cơ. Việc cho thêm vào đất cải tạo một lượng nhỏ phụ gia Rovo (<1% so với hàm lượng xi măng) thì khả năng phản ứng của xi măng sẽ tốt hơn, cải thiện được tính chất cơ lí của hỗn hợp, đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đề ra và làm tăng hiệu quả kinh tế [73].

Khi sử dụng thêm phụ gia Rovo, độ ẩm vẫn cần thiết cho quá trình hydrat và cứng hóa. Năm thành phần chính có trong quá trình thủy hóa xi măng vẫn là yếu tố chính, nhưng những sản phẩm phụ của quá trình hydrat đã có thay đổi. Ngoài ra, tốc độ phản ứng cũng như sự phân bố các sản phẩm thủy hóa đã có sự thay đổi do tác dụng của phụ gia. Hiện tượng tạo tinh thể hydroxit calci xảy ra ở mức độ khác nhau (hiện tượng tỏa nhiệt giảm), có những tinh thể được tạo ra ngay trong quá trình phản ứng và có dạng lưới, tốt cho độ bền của xi măng.

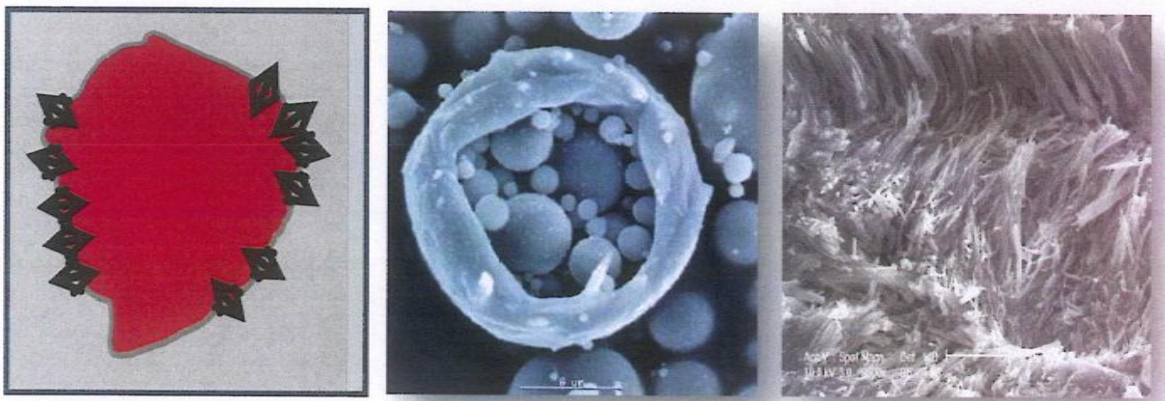
Khi trộn thêm phụ gia, có một lượng nước tự do bị giảm đi, các tinh thể xâm nhập vào trong các khoảng trống và phát triển ở đó. Điều này, làm giảm tính thấm, hạn chế sự ảnh hưởng xấu của nước liên kết, bề mặt nước liên kết bị phá vỡ thành các tinh thể nước làm cho các hạt xi măng dễ dàng xâm nhập vào các hạt đất. Việc giảm độ rỗng, tăng lượng tinh thể trong cấu trúc làm tăng khả năng chịu nén, tăng tính đàn hồi và khả năng kháng nén của đất cải tạo. Cơ chế phản ứng của xi măng khi có phụ gia Rovo được mô phỏng như hình 4.1.



Hình 4.1: Mô phỏng phản ứng của xi măng truyền thống và xi măng khi có phụ gia Rovo [73]

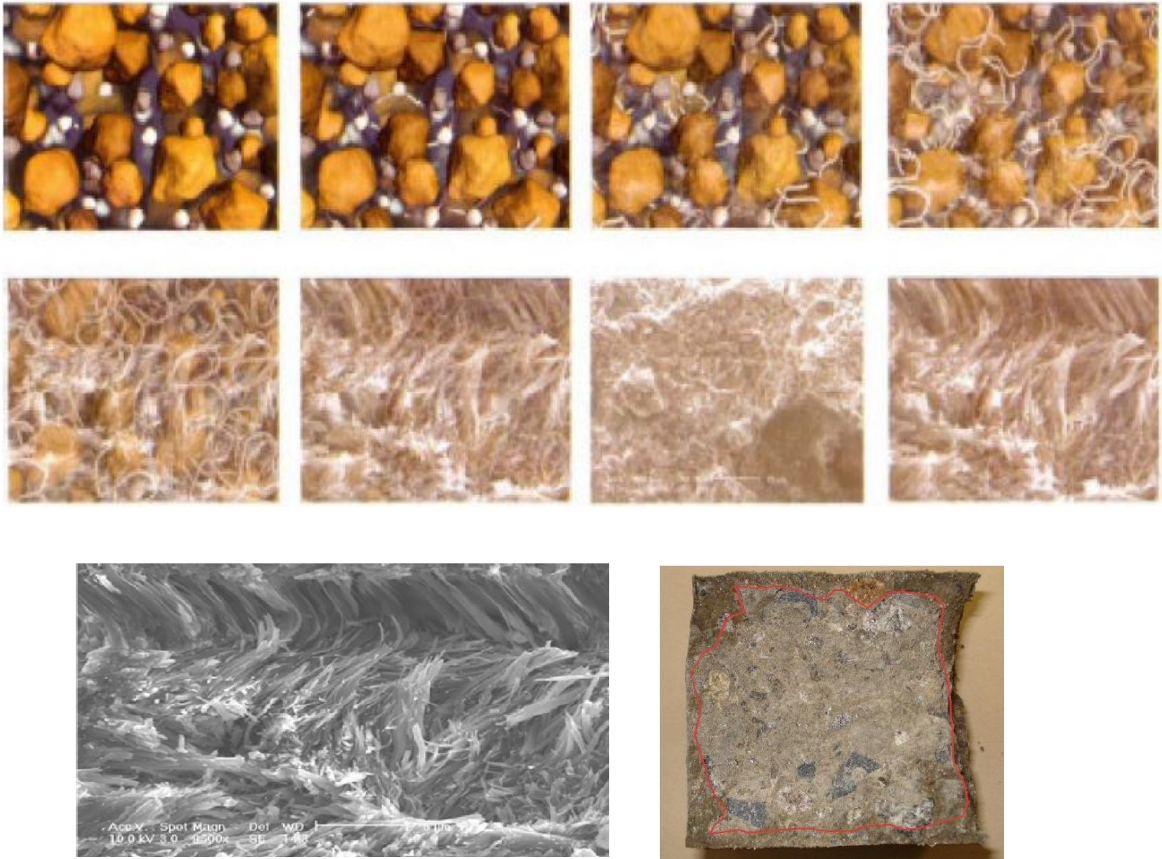
Nước vẫn đóng vai trò hết sức quan trọng, đặc biệt là ảnh hưởng của lượng nước thêm vào. Trước đây, cường độ của sản phẩm tăng khi lượng nước cho vào giảm. Khi cho thêm phụ gia, phản ứng hydrat có khuynh hướng sử dụng một lượng nước khác, thậm chí có thể sử dụng cả nước muối.

Việc giảm độ rỗng vẫn phụ thuộc vào tỷ lệ N/X, nhưng bị ảnh hưởng ít hơn do kết quả của quá trình tạo tinh thể. Quan hệ giữa cường độ với tỷ lệ N/X vẫn như vậy, nhưng độ dốc của đường cong quan hệ đã khác và khác nhau trong từng giai đoạn [61]. Quá trình tạo tinh thể thay đổi đáng kể khi sử dụng Rovo, cơ chế kết dính thay đổi từ cơ chế “hàn gắn” sang cơ chế “bọc gói” như hình 4.2



Hình 4.2: Quá trình tương tác giữa các hạt xi măng và hạt Rovo tạo ra cấu trúc liên kết dạng sợi [73]

Hiệu ứng bọc gói kết hợp với hiện tượng tinh thể dạng sợi làm cho Rovo có khả năng kết dính tốt, ngay cả các hạt sét, điều mà xi măng không thể làm được.



Hình 4.3: Liên kết của đất gia cố khi dùng phụ gia Rovo kết hợp với xi măng [73]

Kết quả nghiên cứu thành phần hóa học của phụ gia Rovo được trình bày tại bảng 4.1

Bảng 4.1: Thành phần hóa học của phụ gia Rovo

Chỉ tiêu	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Ca
Giá trị (%)	0,77	0,01	0,66	0,16	0,01	6,90
Chỉ tiêu	Mg	K	Na	P	S	MKN (900°C)
Giá trị (%)	2,97	11,69	17,56	0,03	0,40	58,52

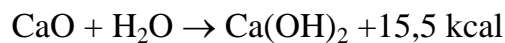
Từ bảng 4.1 cho thấy, hàm lượng các chất như Na, K, Ca và Mg có trong phụ gia là chủ yếu, các chất khác là không đáng kể (<1%).

4.1.2. Cơ sở khoa học cải tạo đất bằng vôi

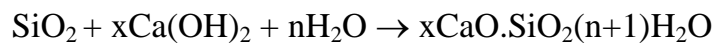
Cải tạo đất bằng chất kết dính vôi là sử dụng các sản phẩm của vôi như vôi sống (CaO) hoặc Ca(OH)₂. Khi trộn đất với vôi bột chưa tôi, vôi có tác dụng hút ẩm

làm giảm độ ẩm của đất đồng thời vôi đóng vai trò tạo chất kết dính. Kết quả nghiên cứu cho thấy, Vôi bột không tôi (CaO) có tác dụng hấp thu một lượng nước lớn (32-100% khối lượng ban đầu). Vôi thích hợp đối với các loại đất sét nặng. Khi cải tạo đất bằng Vôi, Vôi sẽ tác dụng với SiO₂ thứ sinh trong đất là gel calci silicat, chúng phủ lên bề mặt và dính kết các hạt sét với nhau đồng thời lấp đầy lỗ rỗng của đất. Khi phản ứng xảy ra, nó sẽ mang chủ yếu các ion calci tham gia vào lớp khuyếch tán của hạt keo sét, hạn chế hoạt tính keo của hạt đất [32].

Khi trộn vôi vào đất, quá trình phản ứng hóa học xảy ra như sau:



Nếu tính theo phân tử, 100 kg vôi có thể hấp thụ 32 lít nước và tỏa nhiệt lượng là 27,777 kcal và nhiệt độ do phản ứng tỏa ra lên đến 120-160°C. Sau đó quá trình thủy hóa vôi xảy ra phản ứng tạo thành hydroxit silicat calci dưới tác dụng của Ca(OH)₂ với các hạt SiO₂ thứ sinh, điều này làm tăng độ bền của đất.



Sự tăng độ bền tiếp theo là do sự hình thành các hydroxit silicat, cacbonat hóa calci : $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Đồng thời với quá trình trao đổi các cation trong đất, khi môi trường đất giàu Ca²⁺ do phản ứng phân ly $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$ tạo thành, các hợp chất hóa học khác được hình thành, CaCO₃ cũng như các hợp chất này có vai trò chủ yếu gắn kết các hạt và hợp chất thành khối bền vững làm tăng độ bền của đất.

Như vậy, các sản phẩm của quá trình thủy hóa vôi là Ca(OH)₂; xCaO.SiO₂(n+1)H₂O. Các sản phẩm này cùng với các sản phẩm của quá trình thủy hóa từ xi măng và vôi trong xi măng như 3CaO.Al₂O₃.6H₂O; 2CaO.SiO₂.mH₂O và CaO.Fe₂O₃.mH₂O sẽ tạo thành quá trình đông cứng và rắn chắc của hỗn hợp Đất – Vôi.

Hiệu quả của phương pháp cải tạo đất bằng vôi phụ thuộc vào liều lượng chất kết dính, hàm lượng nhóm hạt sét và thành phần khoáng vật có trong đất. Khi hàm lượng hạt sét và khoáng vật có tính phân tán của chúng càng cao thì liều lượng vôi trộn vào trong đất càng tăng. Tuy nhiên, tùy thuộc vào từng loại đất mà với lượng

vôi nhất định thì cải tạo mới có hiệu quả, nếu lượng vôi tăng quá cao thì độ bền của đất gia cố lại giảm [32].

Theo N.B Égorov [32], [33], trong quá trình làm chặt đất thì độ ẩm tối ưu của hỗn hợp đất – vôi (Đ-V) là rất quan trọng, độ ẩm tối ưu của hỗn hợp Đ-V được tính gần đúng như sau:

$$W_{\text{tr}}^{(\text{Đ-V})} = W_{\text{tr}}^{(\text{Đ})} + 1,5 + 0,02D$$

Trong đó: D - là liều lượng vôi được lấy với đất cát pha $D = 5-7\%$; sét pha nhẹ $D = 8\%$; sét pha nặng và sét $D = 9\%$. Khi trong đất có chứa hữu cơ đến 10% thì liều lượng vôi phải tăng lên, cứ 1% hữu cơ thì 0,5% vôi.

Kết quả nghiên cứu của NCS cho thấy: khi cho một lượng nhỏ vôi vào trong nước (từ 1, 2, 3, 4 và 6%) đã làm thay đổi môi trường pH của nước từ $\text{pH} = 7$ thành $\text{pH} = 10,6$ (môi trường kiềm mạnh). Môi trường này thuận lợi cho quá trình thủy phân và ninh kết xi măng.

4.1.3. Cơ sở cải tạo đất bằng xi măng với thủy tinh lỏng

Theo nghiên cứu của Locat, môi trường pH để xi măng thủy hóa và đông cứng tốt nhất là $\text{pH} = 12,4$ [70]. Trong khi đó đất nghiên cứu có $\text{pH} = 2,1$ (môi trường axit, nhiễm phèn mạnh) do vậy cần phải thay đổi môi trường pH của đất nhằm tạo môi trường kiềm để thủy hóa tốt cho xi măng. Thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3) có môi trường $\text{pH} = 11$, hàm lượng $\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 40,9\%$; mô đun: 2,5; tỷ trọng: 1,45 là môi trường có thể ninh kết tốt cho xi măng.

Phương pháp sử dụng silicat [13] đã được Rjanhisuwn và các cộng sự thuộc Viện nghiên cứu Cấp nước, kênh, công trình Thủy công và Địa chất thủy văn liên bang Nga (Vodgeo) đã nghiên cứu từ năm 1929 và đã đưa ra phương pháp hai dung dịch để gia cố nền đất cát. Cơ sở của phương pháp silicat hóa là khả năng cô kết đất của các gel axit silicic được tạo ra từ dung dịch silicat, chúng làm cho đất bền chắc hơn. Theo Xtamachi. M.M (1933) [13], sự tương tác giữa dung dịch silicat (Na_2SiO_3) với dung dịch muối của kim loại hóa trị 2 và 3 sẽ tạo ra phản ứng trao đổi tạo thành hợp chất muối kim loại có gốc axit silixic không tan trong dung dịch muối thứ hai, làm tăng hiệu quả gia cố đất.

Kết quả nghiên cứu của NCS về sự thay đổi của môi trường pH khi cho thủy tinh lỏng vào nước: với môi trường nước có pH=7, khi cho thêm một lượng nhỏ thủy tinh lỏng đã làm môi trường pH của nước thay đổi khá mạnh. Khi thêm thủy tinh lỏng Na_2SiO_3 với tỷ lệ là 0,5; 1,0; 1,5 và 2% so với nước thì pH của dung môi tương ứng lần lượt là 10,3; 10,5; 10,6 và 10,6.

Như vậy, thủy tinh lỏng đã làm thay đổi môi trường của dung môi, đặc biệt là đã tạo thành môi trường kiềm, thuận lợi cho quá trình thủy hóa xi măng. Từ những phân tích trên, NCS nhận thấy, có thể dùng thủy tinh lỏng kết hợp với xi măng trong cải tạo đất TBH ($abQ_2^3_1$) nhằm gia tăng cường độ đất gia cố.

4.2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CẢI TẠO ĐẤT SÉT YẾU VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG BẰNG XI MĂNG KẾT HỢP VỚI PHỤ GIA

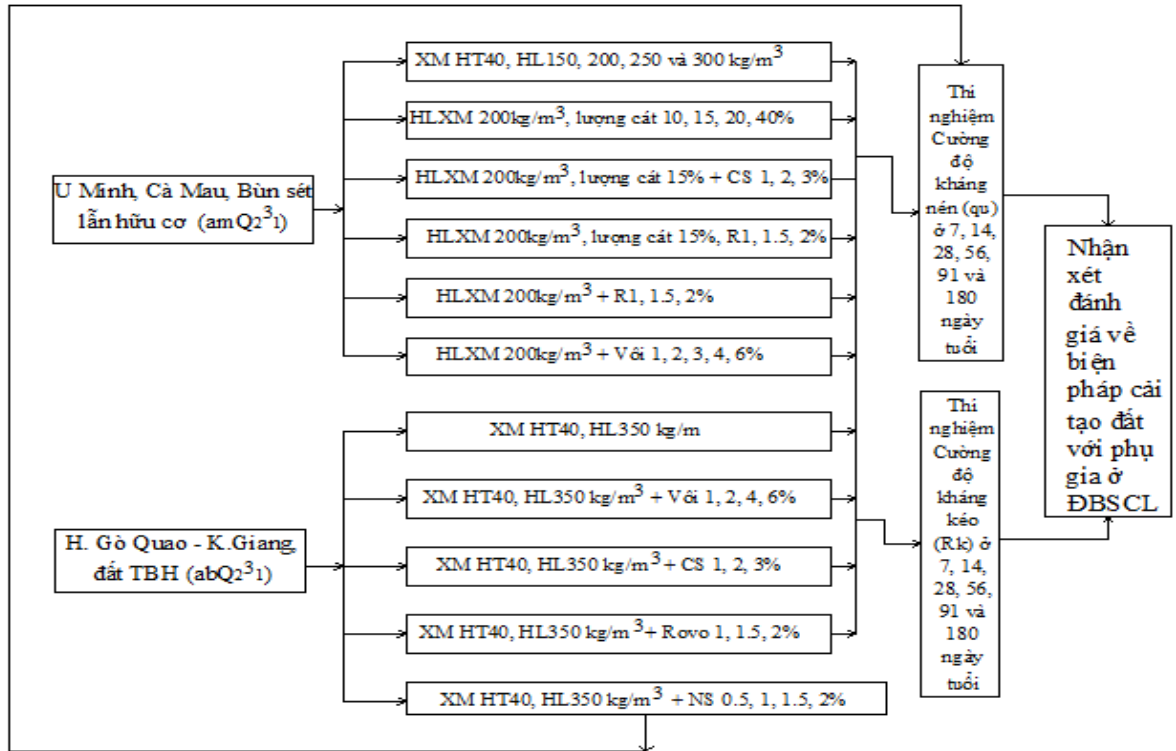
Để đánh giá ảnh hưởng của chất phụ gia đến chất lượng đất gia cố, NCS đã tiến hành nghiên cứu đất TBH ($abQ_2^3_1$) ở Kiên Giang (nhóm 3) và đất bùn sét ($amQ_2^{2-3}_1$) ở Cà Mau (phụ nhóm 2b) với các phụ gia là vôi, thạch cao và Rovo. Riêng đất TBH ở Kiên Giang NCS đã sử dụng thêm phụ gia là thủy tinh lỏng.

Khối lượng mẫu chế bị và thí nghiệm nén một trục không hạn chế nở hông nhằm xác định cường độ kháng nén và mô đun biến dạng của đất là 582 mẫu và xác định cường độ kháng kéo là 516 mẫu. Cụ thể, trình bày trong bảng 4.2.

Bảng 4.2: Khối lượng thí nghiệm mẫu đất cải tạo bằng xi măng với phụ gia

STT	Nội dung	Loại đất	Địa điểm	Số lượng mẫu
1	Thí nghiệm q_u	TBH ($abQ_2^3_1$)	Kiên Giang	252
2	Thí nghiệm R_k	TBH ($abQ_2^3_1$)	Kiên Giang	222
2	Thí nghiệm q_u	Bùn sét ($amQ_2^3_1$)	U Minh, Cà Mau	330
4	Thí nghiệm R_k	Bùn sét ($amQ_2^3_1$)	U Minh, Cà Mau	294
Tổng				1098

Sơ đồ khối công tác thí nghiệm mẫu đất trộn được trình bày trong hình 4.4.



Hình 4.4: Sơ đồ công tác thí nghiệm mẫu đất cải tạo bằng xi măng với các phụ gia

4.2.1. Nghiên cứu cải tạo đất Phụ nhóm 2b (bùn sét, Cà Mau) bằng xi măng với các phụ gia

Để đánh giá ảnh hưởng của xi măng kết hợp với phụ gia đến cường độ đất cải tạo, NCS đã tiến hành thí nghiệm trộn đất với xi măng với các hàm lượng 200kg/m^3 theo phương pháp trộn khô. Đất nghiên cứu là đất bùn sét ($amQ_2^3_1$) ở khu vực cầu Khánh An, huyện U Minh, tỉnh Cà Mau, xi măng được dùng là HT40. Các đặc tính cơ lý và đặc điểm thành phần của đất được trình bày tại chương 2 (bảng 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 và 2.10), thành phần hóa học của xi măng được trình bày tại bảng 3.1. Mẫu thí nghiệm được chế bị từ mẫu đất nguyên trạng, tỷ lệ $N/X=0$, mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện bão hòa, thí nghiệm nén ở các ngày tuổi 7, 14, 28, 91 và 180.

4.2.1.1. Kết quả nghiên cứu cường độ kháng nén của đất bùn sét ($amQ_2^3_1$) ở Cà Mau bằng xi măng với phụ gia

Do đất nghiên cứu là loại đất bùn sét, có hàm lượng hạt bụi, hạt sét cao (chiếm 98,8%) do vậy quá trình nghiên cứu, NCS đã nghiên cứu cải tạo đất bằng cách cho thêm cát cho vào đất 15% so với khối lượng thể tích khô nhằm tăng cường độ. Đây là loại cát hạt nhỏ được dùng làm vật liệu xây dựng phổ biến ở Cà Mau với

hàm lượng các nhóm hạt: nhóm hạt sạn sỏi (1%), nhóm hạt cát (88%), nhóm hạt bụi (11%). Các phụ gia lựa chọn là: Thạch cao (CaSO_4) với các tỷ lệ 1; 2 và 3% ký hiệu là CS1, CS2 và CS3 [44]; Rovo 1; 1,5 và 2%, ký hiệu là R1, R1,5 và R2 [73]; Vôi 1; 2; 3; 4 và 6%, ký hiệu là V1, V2, V3, V4 và V6. Tỷ lệ % của phụ gia được so sánh với so với lượng xi măng.

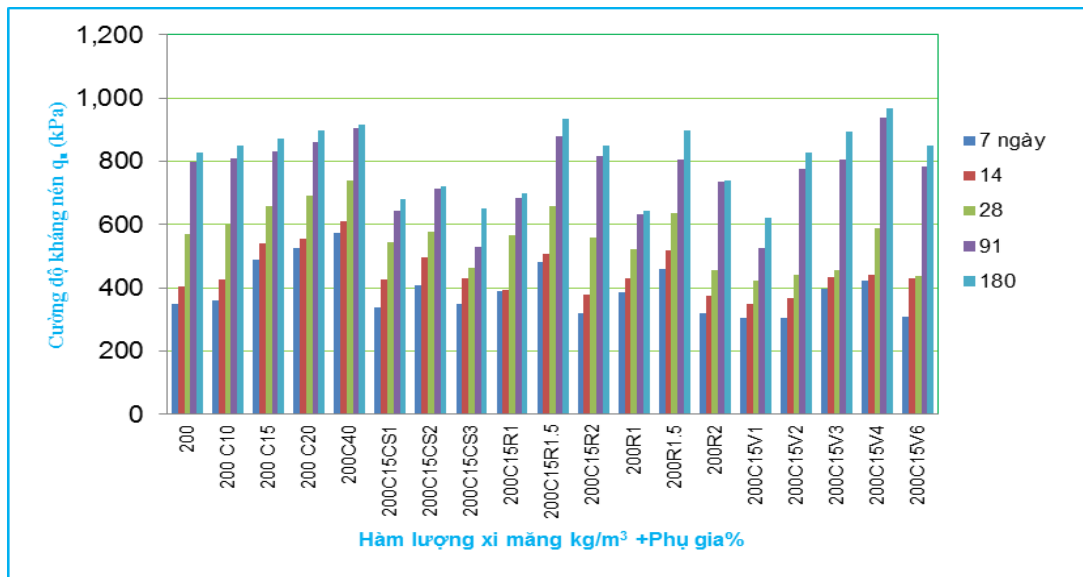
Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định (q_u) của các mẫu đất trộn xi măng với phụ gia ở các ngày tuổi khác nhau được trình bày tại bảng 4.3, mẫu chi tiết trình bày tại phụ lục 4.1

Bảng 4.3: Kết quả thí nghiệm (q_u) của đất bùn sét amQ_2^3 cải tạo với HLXM 200 kg/m^3 , lượng cát và phụ gia khác nhau

STT	Hàm lượng (kg/m^3)	Cường độ kháng nén (q_u , kPa) theo thời gian (ngày)				
		7	14	28	91	180
1	200	348,1	406,2	570,6	799,3	827,4
2	200 C10	361,9	426,2	600,0	808,1	851,2
3	200 C15	490,9	542,0	658,2	832,7	871,8
4	200 C20	525,0	554,8	690,4	862,7	897,3
5	200 C40	573,7	611,0	738,4	905,1	917,9
6	200C15CS1	339,6	427,8	543,6	642,8	682,4
7	200C15CS2	407,2	497,8	578,3	714,6	722,2
8	200C15CS3	348,1	430,5	464,6	528,6	649,6
9	200C15R1	390,5	394,6	564,9	684,8	697,2
10	200C15R1,5	482,7	506,0	660,0	878,2	935,5
11	200C15R2	319,1	379,8	557,7	816,1	851,2
12	200R1	387,2	430,5	522,9	632,1	642,6
13	200R1,5	459,6	518,6	636,3	805,0	896,3
14	200R2	318,1	373,8	456,3	736,7	740,4
15	200C15V1	306,0	351,1	422,7	524,6	622,1
16	200C15V2	305,1	368,1	440,7	775,3	828,9
17	200C15V3	395,9	434,3	456,1	806,3	895,3

STT	Hàm lượng (kg/m ³)	Cường độ kháng nén (q _u , kPa) theo thời gian (ngày)				
		7	14	28	91	180
18	200C15V4	423,8	440,4	588,3	937,6	967,9
19	200C15V6	309,6	430,8	435,9	783,9	850,7

Quan hệ giữa CĐKN một trục q_u (kPa) với HLXM 200 kg/m³, lượng cát cho vào là 15% với các phụ gia là Thạch Cao (CaSO₄), Rovo và Vôi với tỷ lệ khác nhau (hình 4.5).



Hình 4.5: Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm CĐKN(q_u) của đất bùn sét (*amQ₂³₁*) ở Cà Mau cải tạo với HLXM 200 và phụ gia khác nhau

4.2.1.2. Kết quả thí nghiệm cường độ kháng kéo của đất bùn sét tại Cà Mau với phụ gia

Mẫu thí nghiệm xác định cường độ kháng kéo được tiến hành chế bị và bảo dưỡng đồng thời với mẫu thí nghiệm cường độ kháng nén, tiêu chuẩn thí nghiệm áp dụng là TCVN 8862: 2011 [48].

$$R_k = \frac{2P}{\pi h D} \quad (4.1)$$

trong đó: R_k – Cường độ kháng kéo khi ép chế

h – Chiều cao của mẫu;

D – Đường kính mẫu;

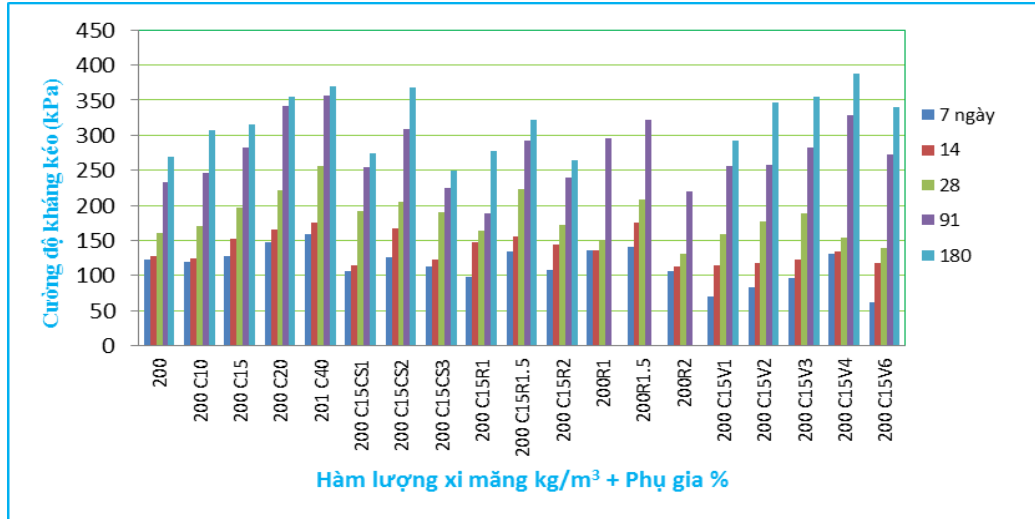
P – Áp lực phá hủy; Π – số Pi

Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định cường độ kháng kéo của các mẫu đất gia cố với HLXM là 200 kg/m^3 , cát và các phụ gia được trình bày trong bảng 4.4, chi tiết mẫu thí nghiệm trình bày tại phụ lục 4.2.

Bảng 4.4: Kết quả thí nghiệm (R_k) của đất bùn sét (amQ_2^3) cải tạo với HLXM 200 kg/m^3 , lượng cát và phụ gia khác nhau

STT	Hàm lượng (kg/m^3)	Cường độ kháng kéo (R_k , kPa) ở các ngày tuổi				
		7	14	28	91	180
1	200	123,3	127,1	160,4	233,1	269,9
2	200 C10	120,3	123,9	170,4	247,0	306,5
3	200 C15	128,0	151,7	197,0	283,1	315,6
4	200 C20	147,9	165,5	221,6	340,8	354,0
5	200 C40	159,0	175,4	255,7	357,1	370,3
6	200C15CS1	107,1	115,4	191,4	254,9	274,7
7	200C15CS2	125,5	167,4	205,9	309,1	367,9
8	200C15CS3	113,7	122,6	190,2	224,1	249,5
9	200C15R1	98,0	146,7	163,4	189,2	277,3
10	200C15R1.5	134,8	155,4	222,8	292,2	321,7
11	200C15R2	107,5	143,5	172,9	240,0	264,9
12	200R1	135,7	136,4	150,9	295,0	-
13	200R1.5	140,4	176,2	208,0	322,0	-
14	200R2	105,7	113,5	131,4	219,9	-
15	200C15V1	69,5	114,0	158,9	255,3	292,62
16	200C15V2	83,2	118,3	177,4	257,0	346,37
17	200C15V3	96,1	122,8	189,4	283,1	355,61
18	200C15V4	131,5	134,1	154,1	329,2	388,17
19	200C15V6	61,6	117,9	139,8	272,5	340,03

Quan hệ giữa CĐKK (R_k , kPa) gia cố với HLXM 200 kg/m^3 , lượng cát cho vào là 15% và các phụ gia là Thạch cao (CaSO_4), Rovo và Vôi với tỷ lệ khác nhau (hình 4.6).



Hình 4.6: Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm CĐKK (R_k) của đất bùn sét ($amQ_2^3_1$) ở Cà Mau cải tạo với HLXM 200 kg/m^3 và phụ gia khác nhau

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm CĐKN và CĐKK của các mẫu đất cải tạo cho thấy:

- Lượng cát cho thêm vào đất cải tạo càng tăng thì cường độ của mẫu càng tăng. Điều này cho thấy, khi trong đất có tăng hàm lượng hạt thô thì cường độ của mẫu đất tăng. Kết quả nghiên cứu này sẽ giúp ích cho phương pháp xử lý nền theo công nghệ trộn khối hoặc công nghệ trộn nông khi bề mặt là đất yếu cần phải cho thêm một lượng cát để tạo mặt bằng cho máy móc có thể đi lại.

- Với các mẫu đất cải tạo bằng xi măng kết hợp với phụ gia, để có cường độ kháng kéo và kháng nén tốt nhất thì lượng phụ gia tối ưu với mỗi loại là: thạch cao (CaSO_4) 2%, Rovo là 1,5% và vôi là 4%.

- So sánh các mẫu nghiên cứu với HLXM 200 kg/m^3 , cát 15% với các mẫu cùng hàm lượng nhưng có phụ gia tối ưu ở 90 ngày tuổi cho thấy: mẫu nghiên cứu với vôi 4% và Rovo 1,5% có CĐKN lớn hơn với mẫu không có phụ gia; Trong khi đó CĐKK của các mẫu có phụ gia ở mức tối ưu đều có cường độ lớn hơn so với mẫu không có phụ gia. Điều này chứng tỏ rằng khi thêm phụ gia vào đất gia cố xi măng thì đất sẽ có tính dẻo hơn.

- So sánh với HLXM 200 kg/m^3 của mẫu đất có Rovo ở hàm lượng tối ưu với mẫu không có rovo ở 91 ngày tuổi cho thấy CĐKN tăng không nhiều tuy nhiên CĐKK tăng đáng kể (tăng 30%). Điều này cũng khẳng định khi cho phụ gia Rovo vào đất đã làm tính dẻo của đất tăng đáng kể.

4.2.2. Nghiên cứu cải tạo đất nhóm 3 (than bùn hóa, abQ_2^3) ở Kiên Giang bằng xi măng với phụ gia

4.2.2.1. Thí nghiệm cường độ kháng nén đất TBH bằng xi măng với phụ gia

Tương tự với các nghiên cứu bằng phụ gia với đất bùn sét ở Cà Mau, NCS cũng nghiên cứu cải tạo đất than bùn hóa ở Kiên Giang với các phụ gia như trên, HLXM là 350 kg/m^3 . Các phụ gia lựa chọn là: Thạch cao (CaSO_4) với các tỷ lệ 1; 2 và 3% ký hiệu là CS1, CS2 và CS3 [45]; Rovo 1; 1,5 và 2%, ký hiệu là R1, R1.5 và R2 [73]; Vôi 1; 2; 3; 4 và 6%, ký hiệu là V1, V2, V3, V4, V6; thủy tinh lỏng là 0,5; 1; 1,5 và 2%, ký hiệu là NS0,5, NS1, NS1,5 và NS2.

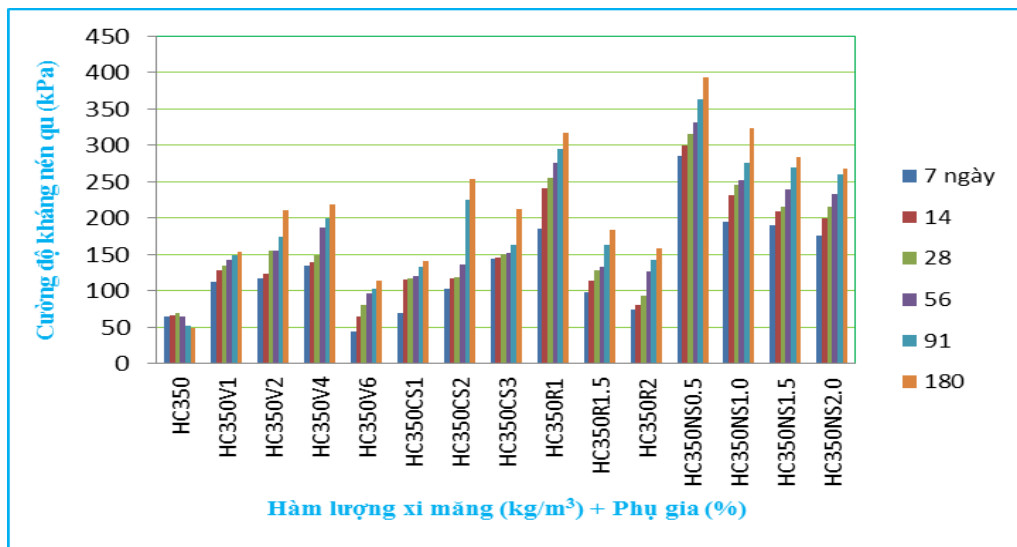
Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định CĐKN một trục không hạn chế nở hông (q_u) của các mẫu đất gia cố ở các ngày tuổi khác nhau được trình bày tại bảng 4.5, chi tiết kết quả thí nghiệm trình bày tại phụ lục 4.3.

Bảng 4.5: Kết quả thí nghiệm (q_u) của đất TBH (abQ_2^3) cải tạo với HLXM 350 kg/m^3 và phụ gia khác nhau

STT	Hàm lượng (kg/m^3)	Cường độ kháng nén (q_u , kPa) theo thời gian (ngày)					
		7	14	28	56	91	180
1	HC350	64,75	65,99	69,49	64,88	51,79	49,03
2	HC350V1	111,89	128,22	134,32	143,18	148,10	153,35
3	HC350V2	117,01	123,96	155,49	155,92	174,56	210,84
4	HC350V4	134,87	139,77	148,64	186,33	200,05	218,69
5	HC350V6	44,32	64,32	80,54	96,10	102,97	113,76
6	HC350CS1	70,15	114,91	116,70	119,64	133,64	140,71
7	HC350CS2	102,97	117,58	119,26	136,72	224,74	254,07
8	HC350CS3	144,73	146,12	150,04	151,79	162,41	212,01

STT	Hàm lượng (kg/m ³)	Cường độ kháng nén (q_u , kPa) theo thời gian (ngày)					
		7	14	28	56	91	180
9	HC350R1	185,58	241,56	254,47	275,85	295,18	317,63
10	HC350R1,5	97,78	113,47	127,49	133,37	162,79	184,36
11	HC350R2	74,68	80,09	93,35	125,97	143,18	157,89
12	HC350NS0,5	285,33	299,23	315,40	331,46	363,34	393,24
13	HC350NS1	194,07	231,86	245,74	251,20	276,22	322,64
14	HC350NS1,5	189,27	209,45	215,07	239,28	269,79	283,36
15	HC350NS2	176,42	198,85	215,75	232,34	259,41	267,72

Quan hệ giữa CĐKN một trục q_u (kPa) với HLXM 350 kg/m³ với các phụ gia được trình bày tại (hình 4.7).



Hình 4.7: Biểu đồ thể hiện kết quả xác định q_u của đất TBH (abQ_2^3) cải tạo với HLXM 350 kg/m³ và các phụ gia

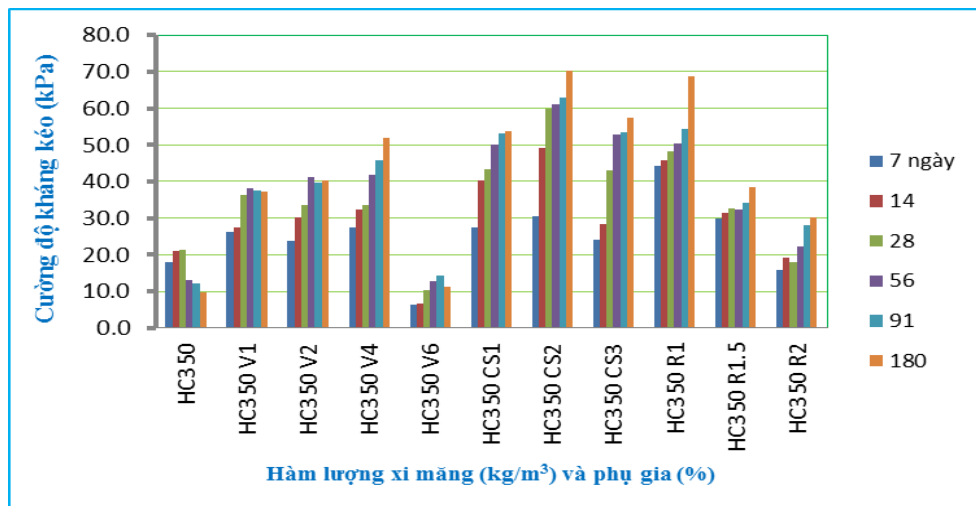
4.2.2.2. Thí nghiệm cường độ kháng kéo của đất TBH trộn xi măng với phụ gia.

Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định CĐKK của đất TBH gia cố với HLXM là 350 kg/m³ và các phụ được trình bày trong bảng 4.6. Chi tiết mẫu thí nghiệm trình bày tại phụ lục 4.4.

Bảng 4.6: Kết quả thí nghiệm (R_k) của đất TBH ($abQ_2^{3_1}$) cải tạo với HLXM 350 kg/m^3 và phụ gia khác nhau

STT	Hàm lượng (kg/m^3)	Cường độ kháng kéo (R_k , kPa) theo thời gian (ngày)					
		7	14	28	56	91	180
1	HC350	18,1	20,9	21,4	13,0	12,2	9,8
2	HC350V1	26,1	27,3	36,5	38,1	37,4	37,4
3	HC350V2	23,8	30,1	33,5	41,3	39,6	40,2
4	HC350V4	27,4	32,3	33,6	41,8	45,9	51,8
5	HC350V6	6,2	6,8	10,3	12,7	14,4	11,4
6	HC350CS1	27,5	40,4	43,5	50,2	53,1	53,7
7	HC350CS2	30,5	49,2	59,8	61,1	63,0	70,2
8	HC350CS3	24,2	28,2	43,1	52,7	53,5	57,3
9	HC350R1	44,1	45,8	48,2	50,3	54,3	68,6
10	HC350R1.5	29,8	31,4	32,6	32,5	34,2	38,6
11	HC350R2	15,7	19,1	17,9	22,1	28,0	30,1

Quan hệ giữa CĐKK (R_k , kPa) cải tạo với HLXM 350 kg/m^3 và các phụ gia là thạch cao (CaSO_4), Rovo và vôi với tỷ lệ khác nhau (hình 4.8).



Hình 4.8: Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm xác định R_k của đất TBH ($abQ_2^{3_1}$) cải tạo với HLXM 350 kg/m^3 và phụ gia khác nhau

Nhân xét: Từ kết quả thí nghiệm CDKN và CDKK của đất nhóm 3 (TBH ở Kiên Giang) cải tạo với xi măng và phụ gia cho thấy:

- Khi có phụ gia các mẫu đất TBH gia cố với xi măng đều ổn định hơn theo thời gian bảo dưỡng, điều này có thể là do phụ gia đã làm thay đổi môi trường hóa lý của đất cải tạo. Cụ thể, NCS đã làm thí nghiệm khi cho một lượng vôi nhỏ (1, 2, 3, 4, 6% so với xi măng) vào nước thì pH đã tăng từ 7 lên 10,6; còn khi thêm thủy tinh lỏng với các tỷ lệ 0,5; 1,0; 1,5 và 2% thì pH tăng lên lần lượt là 10,3; 10,5; 10,6 và 10,6.

- Lượng phụ gia tối ưu với các mẫu đất cải tạo: vôi 4%, thạch cao là 2%, Rovo là 1% và Na_2SiO_3 là 0,5%, trong đó CDKN của mẫu với 0,5% Na_2SiO_3 cho giá trị lớn nhất; với CDKK thì thạch cao 2% là cao nhất tiếp đến là Rovo 1% và vôi 4%.

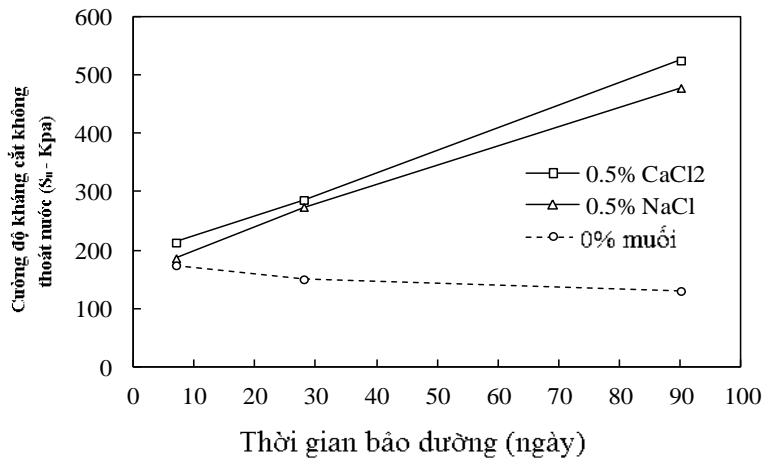
Như vậy, khi cho phụ gia vào đất TBH cải tạo với xi măng thì CDKN của mẫu đã tăng là rõ rệt, hiệu quả so với đất không có phụ gia là khá lớn, gấp 4,5 đến 8,0 lần.

Lý giải cho sự tăng cường độ kháng nén khi cho phụ gia vào, NCS cho rằng:

- Khi cho thêm vôi hay thủy tinh lỏng với một nồng độ nhất định đã làm thay đổi môi trường pH của dung môi. Khi pH tăng, quá trình thủy phân giữa xi măng và đất để hình thành cường độ của đất xi măng tăng. Môi trường để thủy phân tốt nhất là $\text{pH}=12,4$ (Locat [71]), nếu tiếp tục tăng vôi hoặc tăng thủy tinh lỏng thì độ pH tiếp tục tăng, có thể đạt mức lớn hơn 13 hoặc 14 do vậy cường độ mẫu lại giảm. Điều này lý giải tại sao là lượng vôi cho vào đất 4% và thủy tinh lỏng là 0,5% cho giá trị lớn nhất, lớn hơn so với các hàm lượng 1%, 2%, 3%, 6% đối với vôi và 1%, 1,5%, 2% với thủy tinh lỏng.

- Khi cho các phụ gia như vôi (CaO), Rovo (thành phần hóa học tại bảng 4.1), thạch cao (CaSO_4) hay thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3) tức là đã thêm một lượng cation có tính chất trao đổi mạnh vào trong đất như Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , điều này có lợi cho quá trình gia cố đất [21]. Các cation này thay thế ion H^+ trong lớp điện kép đồng thời trung hòa điện tích âm trên bề mặt các hạt sét làm giảm độ dày màng nước kết tinh vật lý, tăng lực hút giữa các hạt sét để tạo ra kiến trúc bông kết [13], đồng thời các cation này cũng có tác dụng làm tăng nhanh các phản ứng puzzolan. Đối với đất hữu cơ, các cation Ca^{+2} , Na^+ sẽ thay thế H^+ (môi trường axit) để tạo môi trường kiềm, môi trường này thuận lợi cho quá trình thủy phân xi măng. Điều này lý giải tại sao khi cho các phụ gia đã nghiên cứu vào trong đất TBH thì cường độ mẫu không còn bị suy giảm theo thời gian bảo dưỡng. Kết quả nghiên cứu này cũng phù

hợp với nghiên cứu của Mohd Yunus và nnk [69], [70] khi nghiên cứu cải tạo đất hữu cơ với vôi và đã thêm một lượng muối CaCl_2 hoặc NaCl rất nhỏ (0,5%), cường độ kháng cắt không thoát nước của mẫu đã không còn bị suy giảm theo thời gian (hình 4.9).



Hình 4.9: Vai trò của muối CaCl_2 và NaCl khi cải tạo đất hữu cơ với vôi [70]

- Lượng vôi khi cho vào đất có hàm lượng tối ưu là 4% so với xi măng, điều này phù hợp với các nghiên cứu của Tạ Đức Thịnh đã nghiên cứu với đất sét yếu ở Thái Bình là 7% [21]; Đỗ Minh Toàn, Trịnh thị Huệ với đất bùn sét Trà Vinh là 9%, khi lớn hơn 9% thì cường độ mẫu suy giảm [14], [38]; Lê Thị Phòng với đất sét pha ở Hưng Yên, lượng vôi tối ưu là 6% với đất [20]; Mohd Yunus và nnk với đất hữu cơ là 5% so với 8, 10 và 15% [69]. Như vậy, khi cho vôi hay các phụ gia khác vào trong đất trộn xi măng đều có một hàm lượng tối ưu, phù hợp với nghiên cứu của Ariizumi [13] với đất ổn định với vôi và muối NaCl , lượng tối ưu là 3%.

4.3. KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

4.3.1. Với đất Phụ nhóm 2b

Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng HT40 với hàm lượng 200 kg/m^3 , lượng cát 15% và các loại phụ gia cho thấy:

- CĐKN của đất cải tạo 4% vôi cho giá trị lớn nhất so với các hàm lượng 1%, 2%, 3% và 6%, đồng thời lớn hơn so với mẫu không có vôi mà lượng cát thêm vào là 40% so với khối lượng thể tích khô (200C40) ở 180 ngày tuổi. Điều này cũng phù hợp với cường độ kháng kéo.

- Đất cải tạo với HLXM 200kg/m^3 , 15% cát không có phụ gia thạch cao (CaSO_4) thì CĐKN lớn hơn so với đất có phụ gia, tỷ lệ phụ gia cho CĐKN của mẫu có phụ gia là 2% cho giá trị lớn hơn so với hàm lượng 1% và 3%. Tuy nhiên với CĐKK thì mẫu 2% phụ gia có giá trị lớn hơn so với mẫu không có phụ gia. Điều này chứng tỏ rằng phụ gia thạch cao có vai trò lớn trong việc hình thành tính dẻo của đất gia cố.

- Đất cải tạo với phụ gia Rovo ở 1,5% cho CĐKN cao nhất so với các hàm lượng 1% và 2% và cao hơn so với trường hợp đất không có phụ gia; CĐKK của mẫu ở mức tối ưu cũng là 1,5% Rovo, cường độ này cao hơn cả so với các trường hợp mẫu có cát hoặc không có cát tương ứng từ 16 đến 30%.

4.3.2. Với đất Nhóm 3

- Khi có phụ gia, các mẫu đất cải tạo đều ổn định hơn theo thời gian bảo dưỡng.
- Lượng phụ gia tối ưu với các mẫu là vôi 4%, thạch cao là 2%, Rovo là 1% và Na_2SiO_3 là 0,5%, trong đó CĐKN của mẫu với 0,5% Na_2SiO_3 cho giá trị cao nhất.
- Với cường độ kháng kéo thì thạch cao 2% là cao nhất, tiếp đến là Rovo 1%, vôi 4%.
- Cường độ kháng nén của mẫu là thấp, chỉ đạt khoảng 300 kPa. Tuy nhiên, hiệu quả so với đất không có phụ gia là khá lớn, gấp 4,5 đến 8,0 lần.

Như vậy, với hai loại đất là bùn sét và TBH đã nghiên cứu với xi măng kết hợp với phụ gia cho thấy: với hàm lượng tối ưu của phụ gia lựa chọn thì CĐKN của mẫu đất đa phần là tăng lên so với đất không có phụ gia. Cường độ kháng kéo đã tăng rõ rệt, tỷ lệ tăng của CĐKK lớn hơn so với CĐKN. Với đất TBH, khi có phụ gia đã khắc phục được tình trạng cường độ của mẫu đất bị suy giảm theo thời gian đồng thời cường độ cũng tăng lên đáng kể.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1.1. Trong phạm vi nghiên cứu, đất loại sét yếu phân bố gần như toàn bộ ĐBSCL, có chiều dày lớn từ trên 10 đến 20m có nơi trên 30m. Đây là những thành tạo trẻ thuộc Thống Holocen có nhiều nguồn gốc khác nhau, phổ biến là $amQ_2^{2-3}_1$, $amQ_2^{2-3}_2$, $abQ_2^3_1$, $abQ_2^3_2$, $amQ_2^3_1$, $mbQ_2^3_2$, $aQ_2^3_2$, $mQ_2^3_2$, $bQ_2^3_2$ Các trầm tích này thường nằm trên các lớp đất tốt như sét, sét pha hoặc cát, cát pha thuộc trầm tích Pleistocen thượng thuộc hệ tầng Mộc Hóa (amQ_1^3mh) hoặc hệ tầng Long Mỹ (mQ_1^3lm).

1.2. Thành phần của đất loại sét yếu chủ yếu ở ĐBSCL chủ yếu là sét, sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy, bùn sét.... Đây là những đất thuộc nhóm đất đặc biệt, trong đất có nhiễm phèn, nhiễm muối, hữu cơ ở mức độ khác nhau. Theo mức độ thuận lợi cho cải tạo đất bằng xi măng, NCS phân ra thành 3 nhóm:

Nhóm 1: thuận lợi, trong đất chứa ít hoặc không chứa khoáng vật montmorilonit, HLHC thấp (1,98%), nhiễm muối dạng sulfat ở mức độ thấp, pH=5.8. Đại diện cho nhóm này, đất được nghiên cứu là đất sét pha ($aQ_2^3_2$) ở An Giang.

Nhóm 2: ít thuận lợi

- Phụ nhóm 2a: đất không mặn, nhiễm muối dạng sulfat-clorua, trong đất chứa nhóm khoáng vật sét (montmorilonit, ilit và kaolinit) 35÷43%, HLHC (2,1÷2,33%), pH=5,6-5,7. Phụ nhóm này gồm sét dẻo chảy đến chảy ($aQ_2^3_2$) được nghiên cứu ở An Giang và bùn sét ($amQ_2^{2-3}_2$) ở Tiền Giang.

- Phụ nhóm 2b: đất nhiễm muối dạng clorua ở mức mặn vừa đến rất mặn, phân bố ở khu vực gần biển, trong đất chứa nhóm khoáng vật sét 36÷51% pH = 3.1÷7,0; HLHC (2,67÷13,39%). Phụ nhóm bao gồm bùn sét ($amQ_2^{2-3}_2$) được nghiên cứu ở Hậu Giang, ($mbQ_2^3_2$) ở Bạc Liêu và Cà Mau

Nhóm 3: không thuận lợi

- Nhóm này là đất thuộc nhóm TBH, đất nhiễm muối dạng sulfat ở mức ít, không mặn, trong đất có chứa các thành phần như gotit (14÷16%), sulfit SO_3

(10,8%), pyrit (5÷7%), pyrophyllit (4%) và thạch cao (15%), pH =2,1, HLHC 26,56%. Đất có nguồn gốc (abQ_2^3), mẫu đất được lấy nghiên cứu tại Kiên Giang.

1.3. Các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của đặc điểm thành phần đến chất lượng đất cải tạo đất bằng xi măng cho phép rút ra kết luận:

- Hàm lượng hữu cơ: phù hợp với các kết quả nghiên cứu của các tác giả trên thế giới. Quy luật chung là sự có mặt của vật chất hữu cơ có ảnh hưởng xấu đến cải tạo đất. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi HLHC >20% cường độ mẫu đất ban đầu tăng sau đó suy giảm khi bảo dưỡng qua 28 ngày; Tương tự khi pH thấp có ảnh hưởng xấu, pH của đất sét pha, sét, bùn sét (pH=5,7-7,0) đều lớn hơn đất TBH (pH=2,1).

- Khi trong đất có chứa nhóm hạt cát tăng, nhóm hạt sét giảm, chất lượng đất cải tạo tốt. Với đất nghiên cứu trong vùng là sét pha (nhóm hạt cát 61,1%, hạt sét 16,4%) có cường độ tốt hơn so với đất sét, bùn sét (nhóm hạt cát từ 31,1 đến 43,6%; hạt sét từ 34,3 đến 42,60).

- Khi trong đất có hàm lượng nhóm khoáng vật sét có tính phân tán cao montmorilonit (M) và illit(I) càng tăng, cường độ mẫu càng giảm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với đất nhóm 1 có nhóm MI chỉ 14% trong khi đó các đất nhóm 2 có nhóm MI từ 22 đến 27%, cường độ mẫu của nhóm 2 đều nhỏ hơn nhóm 1. Nhóm 3, đất chứa nhóm khoáng pyrit, pyrophyllit và thạch cao sẽ gây bất lợi cho quá trình cải tạo đất, trong đất có chứa nhiều ôxit Silic (nhóm 1) có lợi hơn so với đất có chứa nhiều sulfit, SO_3 (nhóm 3).

- Các cation Ca^{+2} , Na^+ , có lợi cho quá trình thủy phân xi măng, với đất Phụ nhóm 2b, dùng xi măng có lượng CaO cao (K40) sẽ tốt hơn so với xi măng có lượng CaO ít hơn (T40); với đất nhóm 1 và phụ nhóm 2a, sử dụng loại xi măng có lượng CaO ít sẽ có lợi hơn xi măng có lượng CaO cao.

1.4. Kết quả phân tích đánh giá bằng phương pháp trọng số, đa biến cho thấy:

- Đất nhóm 1 và phụ nhóm 2a: các SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO, K_2O , Na_2O và SO_3 trong xi măng có ảnh hưởng tích cực còn CaO có ảnh hưởng tiêu cực;

- Đất phụ nhóm 2b: thành phần CaO trong xi măng là tích cực, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO, K_2O , Na_2O và SO_3 là tiêu cực;

- Nhóm 3: thành phần SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O trong xi măng ở 28 ngày tuổi có ảnh hưởng tích cực nhưng đến 91 ngày ảnh hưởng tiêu cực, CaO chuyển từ tiêu cực sang tích cực; MgO , K_2O và SO_3 là tích cực nhưng có xu hướng giảm.

1.5. Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng kết hợp với phụ gia cho thấy:

- Với đất phụ nhóm 2b: nghiên cứu với vôi hàm lượng 4% cho cường độ là tốt nhất, thạch cao 2%, Rovo là 1,5%. Tỷ lệ tăng cường độ kháng kéo nhiều hơn so với cường độ kháng nén.

- Với đất nhóm 3: lượng phụ gia tối ưu với các mẫu là vôi 4%, CaSO_4 là 2% và Rovo là 1% và Na_2SiO_3 là 0,5%, trong đó cường độ kháng nén của mẫu với 0,5% Na_2SiO_3 cho giá trị cao nhất.

Phụ gia có vai trò quan trọng trong cải tạo đất, đặc biệt với đất TBH, phụ gia đã cơ bản khắc phục được tình trạng cường độ mẫu bị suy giảm theo thời gian bảo dưỡng và đã tăng được cường độ từ 4,5 đến 8,0 lần đối với đất TBH.

2. Hạn chế của luận án

- Luận án chưa nghiên cứu được các mẫu thí nghiệm cắt nén trên máy ba trục cũng như chưa thí nghiệm kiến trúc, phân tích thạch học của đất gia cố trên kính hiển vi điện tử;

- Luận án chưa xác định được ranh giới, phân vùng các loại đất như đã phân loại.

3. Kiến nghị

3.1. Cần tiếp tục nghiên cứu xác định cường độ kháng nén của mẫu ở trên 180 ngày và đặc điểm kiến trúc của mẫu đất gia cố cũng như nghiên cứu trong các điều kiện thiết bị và bảo dưỡng khác nhau (cắt, nén trên máy ba trục).

3.2. Tiếp tục nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng đất gia cố ở mức độ chi tiết hơn cũng như nghiên cứu sử dụng các phụ gia khác nhau

3.3. Nghiên cứu phương pháp, điều kiện thí nghiệm phù hợp với công nghệ thi công ngoài thực tế.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

1. Vũ Ngọc Bình, Đỗ Minh Toàn (2012), “Bước đầu nghiên cứu đặc tính địa chất công trình của một số loại đất yếu (Q_2^{2-3}) vùng Đồng bằng sông Cửu Long và đánh giá ảnh hưởng của chúng tới việc xử lý nền trong xây dựng công trình thủy lợi”, *Tạp chí Địa kỹ thuật (ISSN 0868-279X) số 1 năm 2012*, Tr. 27-33.
2. Vũ Ngọc Bình (2013), “Nghiên cứu cải tạo đất yếu (bùn sét hữu cơ) phân bố ở Kiên Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia, đánh giá khả năng sử dụng chúng trong xây dựng công trình thủy lợi”, *Đề tài cấp Viện*.
3. Nguyễn Quốc Dũng, Vũ Ngọc Bình, Nguyễn Văn Hòa, Đỗ Minh Toàn (2013), “Đặc tính địa chất công trình của đất bùn sét pha chứa hữu cơ phân bố ở Kiên Giang và biện pháp cải tạo chúng bằng xi măng kết hợp với vôi”, *Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy lợi (ISSN 1859-4255) số 18 (10-2013)*, Tr. 54-60.
4. Vũ Ngọc Bình, Đỗ Minh Toàn (2014), “Nghiên cứu cường độ kháng nén một trục không hạn chế nở hông của đất yếu gia cố bằng xi măng với mẫu chế bị và mẫu khoan lõi cọc tại Kiên Giang và Hậu Giang”, *Tuyển tập các báo cáo khoa Địa chất tại Hội nghị khoa học lần thứ 21 trường Đại học Mở địa chất, tháng 11/2014*, Tr. 262-269.
5. Nguyễn Quốc Dũng, Vũ Ngọc Bình, Phùng Vĩnh An, Phan Việt Dũng (2014), “Nghiên cứu cải tạo đất yếu tại Cà Mau bằng xi măng và xi măng kết hợp với phụ gia”, *Tuyển tập KHCN kỷ niệm 55 năm thành lập Viện KHTL Việt Nam (2009-2014), Tập II*, Tr 585-594
6. Vũ Ngọc Bình (2015), “Kết quả nghiên cứu cải tạo đất bùn sét ở Cà Mau bằng xi măng kết hợp với phụ gia Rovo trong phòng thí nghiệm”, *Tạp chí Tài nguyên nước (ISSN 1859-3771) số 03 (7-2015)*, Tr.45-51.
7. Vũ Ngọc Bình, Nguyễn Quốc Dũng, Vũ Ngọc Hải, Đỗ Minh Toàn (2015), “Nghiên cứu trong phòng cải tạo đất loại sét yếu tại đồng bằng sông Cửu Long bằng xi măng địa phương”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi (ISSN 1859-4255) số 25 (2-2015)*, Tr.26-35.

8. Vũ Ngọc Bình (2015) “Nghiên cứu đặc tính cơ lý của một số vùng điển hình và đề xuất các loại chất kết dính phù hợp cho mục đích và điều kiện xử lý khác nhau” *Nội dung 2 đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và PTNT* “Nghiên cứu giải pháp công nghệ xử lý nền đất yếu bằng công nghệ trộn đất tại chỗ với chất kết dính vô cơ phục vụ xây dựng công trình thủy lợi” do Viện Thủy công thực hiện.
9. Vũ Ngọc Bình, Nguyễn Thành Công (2016), “Nghiên cứu cải tạo đất than bùn hóa tại Kiên Giang và Hậu Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia trong phòng thí nghiệm”, *Tạp chí Địa kỹ thuật*, ISSN-0868-279X, số 2-2016, Tr. 21-26.
10. Vũ Ngọc Bình (2017), “Ảnh hưởng của đặc điểm thành phần đến chất lượng đất loại sét yếu vùng đồng bằng Sông Cửu Long gia cố bằng xi măng”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* (ISSN 1859-4255) số 38 (5-2017), Tr.64-71.
11. Đỗ Minh Toàn, Vũ Ngọc Bình, Đỗ Minh Ngọc (2017), “Đặc tính xây dựng của đất loại sét yếu khu vực Đồng Tháp, khả năng gia cố cải tạo chúng bằng xi măng (x), xi măng kết hợp với các phụ gia (x+pg) phục vụ xây dựng đường”, Báo cáo và đăng trong tuyển tập *Hội thảo Câu lạc bộ Khoa học – Công nghệ các trường đại học kỹ thuật lần thứ 51 tại Đồng Tháp, tháng 9/2017*, Tr 430-439
12. Vũ Ngọc Bình, Phạm Hồng Cường (2017), “Ảnh hưởng của tỷ lệ nước trộn đến chất lượng đất loại sét yếu vùng đồng bằng sông Cửu Long cải tạo bằng xi măng”, *Tạp chí Địa kỹ thuật*, ISSN-0868-279X, số 3-2017, Tr. 17-21.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bergado. D.T, Chai. J.C., Alfaro M.C, Balasubramaniam.A.S (1996), *Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng*, Nhà xuất bản Giáo dục.
2. Nguyễn Ngọc Bích, Lê Thị Thanh Bình, Vũ Đình Phụng (2005), *Đất xây dựng địa chất công trình và kỹ thuật cải tạo đất trong xây*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
3. Nguyễn Ngọc Bích (2011), *Các phương pháp cải tạo đất yếu trong xây dựng*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
4. Công ty cổ phần TVXD Hưng Lợi-An Giang (2010), *Báo cáo khảo sát địa chất dự án vùng đê bao Nam Vàm Nao*.
5. Công ty xây dựng và CGCN Thủy Lợi (2008), *Báo cáo khảo sát địa chất các dự án: Xây dựng HTTL tiểu vùng II, III*.
6. Công ty Cổ phần TVXD Thủy lợi II (2009), *Báo cáo khảo sát địa chất các dự án: Ô Môn – Xà No*.
7. Cục Địa chất Việt Nam (1996), *Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:200.000 các tờ Cà Mau - Bạc Liêu, An Biên Sóc Trăng, Long Xuyên, Phú Quốc – Hà Tiên và Châu Đốc*.
8. Cục Địa chất và khoáng sản Việt Nam (2000), *Vỏ phong hóa và trầm tích Đệ Tứ Việt Nam*, Hà Nội.
9. Nguyễn Quang Chiêu (2004), *Thiết kế và thi công nền đắp trên đất yếu*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
10. Nguyễn Quốc Dũng, Phùng Vĩnh An, Nguyễn Quốc Huy (2005), *Công nghệ khoan phụt cao áp trong xử lý nền đất yếu*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
11. Nguyễn Quốc Dũng (2014), *Nghiên cứu thiết kế thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet grouting*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
12. Vũ Đình Đâu, Bùi Danh Đại (2006), *Chất kết dính vô cơ*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
13. Trần Thanh Giám (2008), *Đất xây dựng và Phương pháp gia cố nền đất yếu*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

14. Trịnh Thị Huệ (2009), *Nghiên cứu đặc tính xây dựng của trầm tích loại sét amQ₂ phân bố ở Trà Vinh phục vụ gia cố nền đất yếu bằng các chất kết dính vô cơ trong xây dựng đường*, Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Trường đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
15. Lareal, Nguyễn Thành Long, Lê Bá Lương, Nguyễn Quang Chiêu, Vũ Đức Lực, *Công trình trên nền đất yếu trong điều kiện Việt Nam*, Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh.
16. LÔMTADZE. V.Đ (1982), *Địa chất công trình – Thạc luận công trình*, Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
17. Đậu Văn Ngộ (2008), “Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ đất xi măng”, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 18*, Đại học Mỏ - Địa chất. Tr 42-50, quyển 3.
18. Nguyễn Thị Nụ, Đỗ Minh Toàn (2010), “Bước đầu nghiên cứu thành phần vật chất của đất loại sét yếu amQ₂²⁻³ phân bố ở các tỉnh ven biển ĐBSCL và ảnh hưởng cử chúng tới phương pháp gia cố cọc đất – xi măng”, *Tuyển tập báo cáo HNKH lần thứ 19*, Đại học Mỏ địa chất, Hà Nội.
19. Nguyễn Thị Nụ (2014), *Nghiên cứu đặc tính địa chất công trình của đất loại sét yếu amQ₂²⁻³ phân bố ở các tỉnh ven biển đồng Sông Cửu Long phục vụ xử lý nền đường*, Luận án tiến sỹ địa chất, Hà Nội.
20. Lê Thị Phòng (2005), “Cải tạo đất sét hệ tầng Thái Bình (aQ_{IV}^{tb}) bằng phương pháp trộn vôi+phụ gia SA44/LS40”, *Hội nghị khoa học toàn quốc Địa chất công trình và Môi trường*, Hà Nội.
21. Nguyễn Huy Phương, Đỗ Minh Toàn, Tạ Đức Thịnh (2005), *Các phương pháp tính toán và công nghệ cải tạo, xử lý nền*. Bài giảng cao học, Trường Đại học Mỏ địa chất, Hà Nội.
22. Nguyễn Thị Thu Quỳnh (2010), *Nghiên cứu mức độ nhiễm muối và phèn của đất loại sét amQ₂ khu vực phía nam tỉnh Cà Mau và đánh giá ảnh hưởng của chúng tới việc gia cố đất bằng xi măng*, Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Trường đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
23. Đỗ Đình Sâm, Ngô Đình Quế, Nguyễn Tử Siêm, Nguyễn Ngọc Bình (2006), *Cẩm Nang ngành Lâm Nghiệp, Đất và dinh dưỡng đất*, Bộ Nông nghiệp và Phát

triển Nông thôn.

24. Nguyễn Thị Thắm, Đỗ Minh Toàn (2008), “Vai trò của phụ gia Tro trấu trong cải tạo đất sét pha amQ_2^{2-3} phân bố ở Cần Thơ bằng chất kết dính vô cơ”. *Tuyển tập báo cáo HNKH lần thứ 18, Đại học Mỏ -Địa chất*, quyển 2, Tr 88-94, Hà Nội.
25. Đỗ Minh Toàn (1993), *Sự hình thành đặc tính DCCT của các thành tạo trầm tích Holocen, nguồn gốc biển- đầm lầy ở Bắc bộ và khả năng sử dụng chúng trong mục đích xây dựng*, Luận án PTS Khoa học Địa lý – Địa chất, trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
26. Đỗ Minh Toàn (1993), *Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến phương pháp gia cố đất yếu bằng xi măng để xử lý nền móng công trình*, Đề tài nghiên cứu cấp Bộ, Hà Nội.
27. Đỗ Minh Toàn (1998), *Sự hình thành đặc tính địa chất công trình của đất đặc biệt*, Bài giảng cao học ngành Địa chất công trình.
28. Đỗ Minh Toàn, Nguyễn Thị Nụ, Trịnh Thị Huệ (2009), “Đặc điểm nhiễm muối, phèn và tính chất cơ lý một số loại đất chính của trầm tích amQ_2^{2-3} phân bố ở khu vực Trà Vinh”, *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất*, số 27, 7/2009, tr. 45-51.
29. Đỗ Minh Toàn, Nguyễn Thị Nụ, Phạm Thị Ngọc Hà (2010), “Kết quả nghiên cứu bước đầu đặc điểm địa chất công trình (thành phần khoáng hóa và một số đặc trưng cơ lý) của đất loại sét thuộc trầm tích amQ_2^{2-3} phân bố ở đồng bằng Sông Cửu Long”, *Tuyển tập báo cáo HNKH lần thứ 19, Đại học Mỏ -Địa chất*, Hà Nội, 11-2010.
30. Đỗ Minh Toàn, Nguyễn Thị Nụ (2011), “Đặc điểm thành phần đất bùn sét, bùn sét pha amQ_2^{2-3} phân bố ở đồng bằng sông Cửu Long và phân tích ảnh hưởng của chúng tới việc cải tạo đất bằng vôi và xi măng”, *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất*, số 35, 7/2011, tr. 51-55.
31. Đỗ Minh Toàn, Nguyễn Thị Nụ (2011), *Đặc tính xây dựng của trầm tích đất loại sét amQ_2^{2-3} phân bố ở ĐBSCL phục vụ gia cố nền bằng các giải pháp làm chặt, có sử dụng chất kết dính vô cơ*, Đề tài nghiên cứu cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, Hà Nội.
32. Đỗ Minh Toàn (2013), *Đất đá xây dựng và phương pháp cải tạo*, Đại học Mỏ -

Địa chất, Hà Nội.

33. Đỗ Minh Toàn, (1999), *Cải tạo Kỹ thuật đất đá*, Bài giảng cho học viên cao học, trường đại học Mỏ - Địa chất.
34. Nguyễn Việt Trung, Nguyễn Minh Tuấn (2014), *Cọc đất xi măng phương pháp gia cố nền đất yếu*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
35. Phạm Minh Tuấn (2001), *Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng hữu cơ đến khả năng cải tạo đất yếu bằng xi măng*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
36. Nguyễn Văn Tuấn (2014), *Phân tích dữ liệu với R*, Nhà xuất bản Tổng hợp Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh.
37. Nguyễn Uyên (2013), *Xử lý nền đất yếu trong xây dựng*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
38. Tổng công ty tư vấn thiết kế Giao thông vận tải, *Báo cáo khảo sát địa chất các dự án: Cầu Cà Nhum (Kiên Giang, 2010, 2011), Cống Cái Quao (Bến Tre, 2010), Cầu Cổ Chiên (Bến Tre, 2010), Kè Cổ Chiên (Vĩnh Long, 2010, 2011), QL91 (An Giang, 2010, 2011), Nạo vét sông Vàm Cò Đông (2010), Cầu Rạch Giá (2011), Tuyến đường Tân Tập – Long Hậu (Long An 2011).*
39. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2011), *Tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng ĐBSCL.*
40. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, *Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình các dự án: Ô Môn – Xà No giai đoạn I (Kiên Giang 2008; Cống Cái Lớn-Cái Bé (Kiên Giang, 2010); Chinh trị sông Hậu bảo vệ TP Long Xuyên (2013).*
41. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, *Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình các dự án: Kè Maspero (Sóc Trăng, 2008); Phân ranh mặn ngọt (Sóc Trăng- Bạc Liêu, 2009; Hệ thống thủy lợi tiểu vùng XII, XVII (Cà Mau 2012); Dự án 5 kênh QL1 (Tiền Giang, 2009).*
42. Viện Thủy công, *Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình các dự án: Ô Môn-Xà No (2009); Phân ranh mặn ngọt Sóc Trăng- Bạc Liêu (2009); Hệ thống thủy lợi vùng Vàm Răng- Ba Hòn (Kiên Giang, 2009; Hệ thống thủy lợi các Tiểu Vùng V(Cà Mau, 2010); Tiểu Vùng XII, XIV, VXII (2012), Bốn đập trụ đỡ, Đông Nàng Rền (Bạc Liêu, 2012); Cống Cái Cù (Bạc Liêu, 2013; Cống Thông*

Luu (Tiền Giang, 2013; Cống Bào Châu (Cà Mau, 2013).

43. Viện Thủy Công (2010), “*Nghiên cứu ứng dụng giải pháp xử lý nền móng công trình thủy lợi trên vùng đất yếu đồng bằng Sông Cửu Long bằng cột đất – xi măng trộn sâu*“. Đề tài nghiên cứu cấp Bộ Nông nghiệp & PTNT, Hà Nội.
44. Viện Thủy Công (2013), “*Nghiên cứu cải tạo đất yếu (bùn sét hữu cơ) phân bố ở huyện Gò Quao và Giồng Riềng tỉnh Kiên Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia (Vôi), đánh giá khả năng sử dụng chúng trong xây dựng công trình thủy lợi*”, Đề tài cấp Viện.
45. Tiêu chuẩn TP Thượng Hải DBJ08-40-94 (1994), *Quy phạm kỹ thuật xử lý nền móng (bản dịch tiếng Việt)*.
46. 22TCN 262-2000 (2001), *Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu*, Nhà xuất bản GTVT.
47. TCVN 8568: 2010: *Chất lượng đất- phương pháp xác định dung lượng cation trao đổi (CEC) – phương pháp dùng amoni axetat*.
48. TCVN 8862: 2011- *Quy trình thí nghiệm xác định cường độ kéo khi ép chế của vật liệu hạt liên kết bằng các chất kết dính*.
49. TCVN 9403: 2012 - *Gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng*.
50. TCVN 8726: 2012- *Đất xây dựng công trình thủy lợi- phương pháp xác định hàm lượng chất hữu cơ của đất trong phòng thí nghiệm*.
51. TCVN 8727: 2012- *Đất xây dựng công trình thủy lợi- phương pháp xác định tổng hàm lượng và hàm lượng các ion thành phần muối hòa tan của đất trong phòng thí nghiệm*.
52. TCVN 9906:2014- *Công trình thủy lợi - Cọc xi măng đất thi công theo phương pháp Jet-grouting - Yêu cầu thiết kế thi công và nghiệm thu cho xử lý nền đất yếu*, Hà Nội.
53. TCVN 4195:2012, *Đất xây dựng- Phương pháp xác định Khối lượng riêng trong phòng thí nghiệm*.
54. TCVN4196:2012, *Đất xây dựng- Phương pháp xác định độ ẩm, độ hút ẩm trong phòng thí nghiệm*.

55. TCVN 4197:2012, *Đất xây dựng- Phương pháp xác định giới hạn chảy và giới hạn dẻo trong phòng thí nghiệm.*
56. TCVN4198:2012, *Đất xây dựng- Phương pháp xác định thành phần hạt trong phòng thí nghiệm.*
57. TCVN4199:2012, *Đất xây dựng- Phương pháp xác định sức chống cắt của đất bằng máy cắt phẳng trong phòng thí nghiệm.*
58. TCVN 4200:2012, *Đất xây dựng- Phương pháp xác định tính nén lún trong phòng thí nghiệm.*
59. TCVN 8723:2012, *Đất xây dựng- Phương pháp xác định hệ số thấm trong phòng thí nghiệm.*

Tiếng Anh

60. ASTM D2166: *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.*
61. Allu Stabilisation system (2007), *Mass stabilisation manual.*
62. Bujang B.K. Huat, Shukri Maail and Thamer Ahmed Mohamed (2005), “Effect of Chemical Admixtures on the Engineering Properties of Tropical Peat Soils”, *American Journal of Applied Sciences 2 (7): 1113-1120, 2005 ISSN 1546-9239 © 2005, Science Publications.*
63. Harris. P, Harvey. O, Sebesta. S, Chikyala . S. R, Puppala. A, and Saride. S (2009), “Mitigating the effects of organics in stabilized soil,” *Technical Report No. 0-5540-1*, Texas Transportation Institute, USA.
64. Hossein Moayedil, Bujang B K Huat, Sina Kazemian and Saman Daneshmand (2012), “Stabilization of organic soil using sodium silicate system grout”, *International Journal of Physical Sciences Vol. 7(9)*, pp. 1395-1402, 23 February, 2012.
65. Huie Chen, Qing Wang (2006). “The behaviour of organic matter in the process of soft soil stabilization using cemen”, *Bull Eng Geol Env (2006) 65: 445–448*
66. JGS 0821-2000 “Practice for Making and Curing Stabilized Soil Specimens Without Compaction”, *Japanese Geotechnical Society Standard.*
67. Koslanant. S, Onitsuka. K, and Negami. T, (2006), “Influence of salt additive in lime stabilization of organic clay,” *Geot. Eng. J.*, vol. 37, pp. 95-101, 2006.

68. Meei-Hoan Ho and Chee-Ming Chan (2011), "Some Mechanical Properties of Cement Stabilized Malaysian Soft Clay" *World Academy of Science, Engineering and Technology* 50 2011.
69. Mohd Yunus. N. Z, Wanatowski. D, and Stace. L. R (2011), "Effect of Humic Acid on Physical and Engineering Properties of Lime-Treated Organic Clay", *World Academy of Science, Engineering and Technology* 59/2011.
70. Mohd Yunus. N. Z, Wanatowski. D, and Stace. L. R (2012), "Effects of humic acid and salt additives on the behaviour of lime-stabilised organic clay". *Second International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment*, Kuala Lumpur, Malaysia, Nov. 14-16, 2012, ISBN: 978-4-9905958-1-4 C3051.
71. Nguyen Duy Quang, Jin Chun Chai, Takenori Hino, Takehito Negami (2012), "Mechanical Properties of soft clays lightly treated by cement/lime", *International Symposium on Sustainable Geosynthetics and Green Technology for Climate Change(SGCC)*. (Retirement Symposium for Prof. Dennes T. Bergado) 20 to 21 June 2012 | Bangkok, Thailand.
72. Rajani S. Chandran, Padmakumar G. P. College of Engineering Thiruvananthapuram, Kerala (2009), "Stabilization of Clayey Soil Using Lime Solution", *10th National Conference on Technological Trends (NCTT09)* 6-7 Nov 2009.
73. RoadCem Laboratory Guide (Powercem Technologies).
74. Roslan Hashim, Md. Shahidul Islam (2008), "Properties of Stabilized Peat by Soil -Cement Column Method", *EJGE, Vol. 13, Bund. J, 2008*.
75. Sina Kazemian, Bujang B. K. Huat, Arun Prasad and Maassoumeh Barghchi(2011), "Effect of peat media on stabilization of peat by traditional binders", *International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(3)*, pp. 476-481, 4 February, 2011.
76. Zhu. W, Chiu. C. F, Zhang. C. L, and Zeng. K. L, (2009) "Effect of humic acid on the behaviour of solidified dredged material", *Can. Geot. J., vol. 46, no. 9*, pp. 1093-1099, 2009.