



Cố kết thứ cấp của đất yếu trong các điều kiện nhiễm mặn liên quan đến nước biển dâng

Nguyễn Văn Vũ*¹, Nguyễn Ngọc Trục²

¹Trung tâm Phân tích Thí nghiệm Địa chất, Tổng Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài: 27 - 3 - 2014

Chấp nhận đăng: 15 - 2 - 2015

ABSTRACT

Secondary consolidation of soft soils in salt-affected conditions related to sea level rise, case study: hanoi soft soils

In the scenario that inland areas along a coastline are affected by saline water, ground consolidation and deformation are rechanged. The authors simulated the influence of saline intrusion to ground on geotechnical properties of soils by a case study of soft soils at 9 sites in Hanoi. Specimens were processed by making saturation with artificial seawater of four salt concentration levels, followed by experiments using X-ray diffraction and one-dimensional consolidation. The results showed that the secondary consolidation is increased in the Hanoi salt-affected soft soils. The higher salt concentration of saturated solution is applied, the higher deformation occurred. This was interpreted based on clay minerals composition present in the soils.

Keywords: soft soil, salt-affected soil, Hanoi clay, secondary consolidation, coefficient of secondary compression.

©2015 Vietnam Academy of Science and Technology

1. Mở đầu

Nước biển dâng liên quan đến biến đổi khí hậu đã được khẳng định trên thế giới. Tại Việt Nam, Bộ Tài nguyên Môi trường cũng đã xây dựng các kịch bản dự báo nước biển dâng cho đến cuối thế kỷ XXI. Theo các kịch bản đó, đồng bằng Sông Cửu Long và đồng bằng sông Hồng sẽ bị ảnh hưởng bởi nước dâng nặng nề nhất, dẫn đến nhiễm mặn nền đất cũng xảy ra rất nghiêm trọng. Ở khía cạnh địa kỹ thuật, khi nền đất bị nhiễm mặn các tính chất xây dựng của chúng sẽ bị biến đổi, dẫn đến sự thay đổi về biến dạng lún của công trình.

Nhiều nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng thuộc tính địa kỹ thuật thay đổi khi đất bị ảnh hưởng bởi muối. Biến dạng của đất loess bão hòa

giảm dưới tác động của nước muối (Germanov et al., 1985; Mesri, 1973). Điều này được cho là liên quan đến sự có mặt của carbonate trong thành phần đất loess, khi đó cation Ca^{2+} trong đất phản ứng với anion Cl trong nước muối làm xuất hiện liên kết hóa học bền vững hơn. Đất giàu khoáng vật sét nhóm smectite thường dễ bị thoái hóa bởi nước mặn (Hideo, 2007). Theo đó, giới hạn chảy của những đất đó giảm, độ thấm tăng lên; đối với đất giàu khoáng vật sét allophane thì giới hạn chảy tăng lên và độ thấm giảm trong điều kiện nhiễm mặn. Các nghiên cứu của (Truc et al., (2007, 2008) xác nhận rằng, một số đất sét yếu đồng bằng sông Hồng giảm về module tổng biến dạng và độ bền cắt đồng thời tính thấm tăng khi nhiễm mặn. Với đất phong hóa, các thông số thay đổi ngược lại. Bằng phương pháp X-ray CT (Computer Tomography), Dương Thị Toan và Nguyễn Ngọc

*Tác giả liên hệ, Email: ngvu171180@gmail.com

Trực (Duong Thị Toan và nnk, 2010) đã chỉ ra rằng trọng lượng đơn vị của đất yếu bão hòa nước biển nhân tạo giảm 2,5-4,6% khi so sánh với đất ở trạng thái tự nhiên.

Vai trò của muối đối với đất được thể hiện rõ hơn ở các đất sabkha - loại đất cát pha, sét pha có kết yếu, chứa muối và đặc trưng bởi độ nén lún lớn phân bố ở khu vực Tây Á (Al-Shamrani et al., 1996). Khả năng nén sập của các đất sabkha thấm nước biển lớn hơn nhiều lần khi thấm với nước cất (Azam, 2000). Trên đường cong nén lún của thí nghiệm có kết một chiều, đất sabkha chủ yếu thể hiện có kết thứ cấp (Dhowian, 1991). Với các đất nhiễm mặn đóng băng ở vùng cực bắc, tính khó đánh giá sức chịu tải nền đất và cơ chế thay đổi nhiệt độ theo mùa là nguyên nhân chính gây biến dạng và lún nứt công trình xây dựng (Brouchko, 2003). Đất Sabkha và đất đóng băng vùng cực tuy khác nhau về nguồn gốc nhưng đều có chung một đặc điểm là bị tác động tiêu cực bởi muối.

Bài báo tập trung nghiên cứu các tính chất cố kết của đất yếu trong các điều kiện nhiễm mặn với giả định nền đất sẽ bị nhiễm mặn ở các mức độ khác nhau. Đất yếu khu vực Hà Nội được lựa chọn là đối tượng nghiên cứu.

2. Phương pháp thí nghiệm

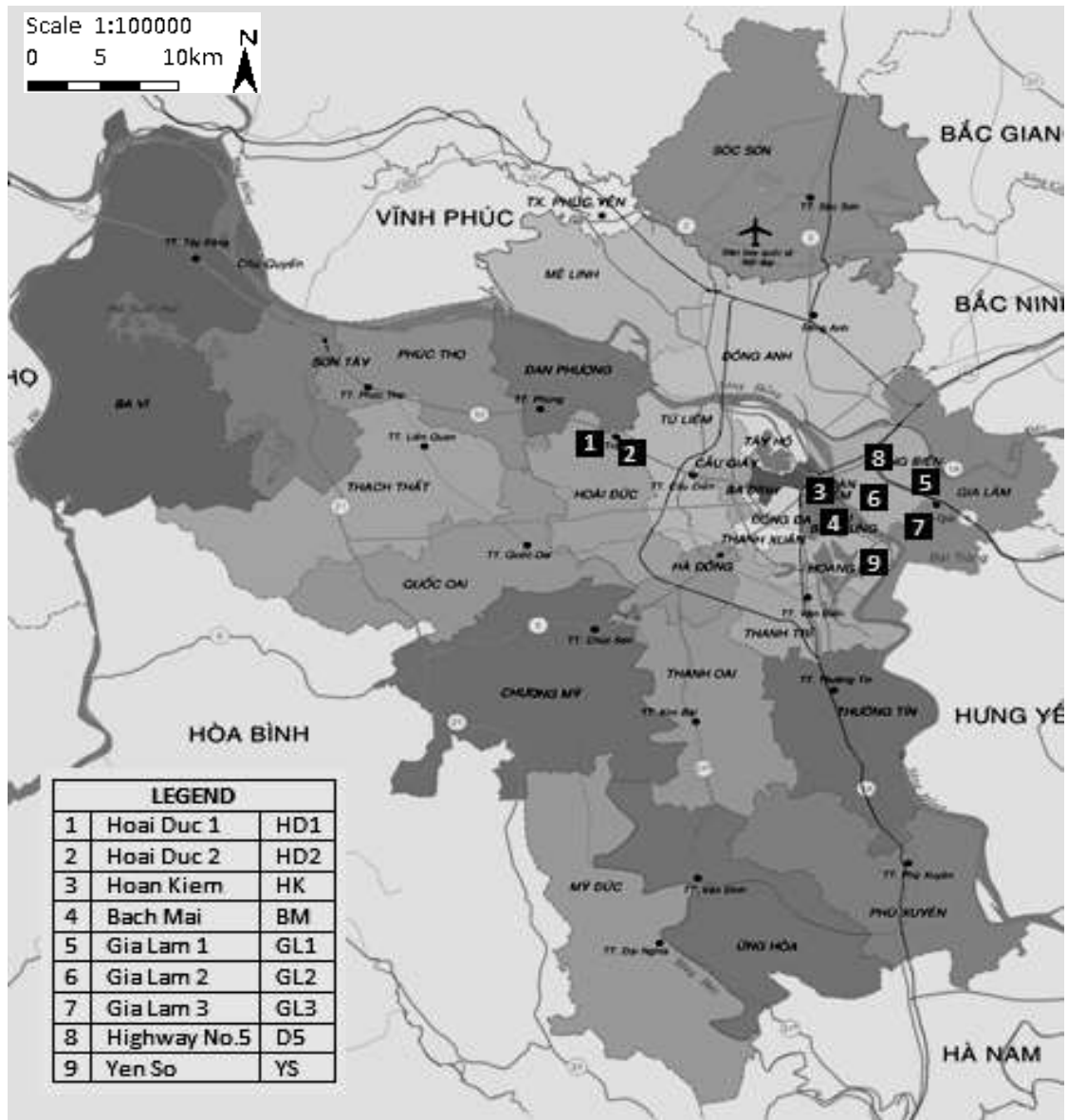
Các mẫu đất yếu được thu thập từ các hố khoan hiện trường ở các độ sâu 1,5-10m. Tổng số mẫu thí nghiệm trong phòng là 36 mẫu. Chúng là

đất sét và sét pha thuộc hệ tầng Thái Bình. Chín địa điểm nghiên cứu thuộc khu vực Hà Nội được lựa chọn bao gồm Hoài Đức 1 (HD1), Hoài Đức 2 (HD2), Hoàn Kiếm (HK), Bạch Mai (BM), Gia Lâm 1 (GL1), Gia Lâm 2 (GL2), Gia Lâm 3 (GL3), Đường 5 (D5), và Yên Sở (YS), được thể hiện trên hình 1. Đặc điểm mẫu nghiên cứu được mô tả sơ bộ trong bảng 1.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của muối đối với các tính chất địa kỹ thuật của đất, việc làm bão hòa các mẫu đất trong phòng thí nghiệm nhằm mô phỏng quá trình nhiễm mặn đã được thực hiện với nước biển nhân tạo. Độ mặn trung bình của nước biển ven bờ nước ta là khoảng 33g/l, xem nó là độ mặn tuyệt đối 100%. Khi nền đất chưa bị nhiễm mặn, độ mặn nước ngầm hay dung dịch bão hòa trong phòng thí nghiệm là 0g/l hay bằng 0% độ mặn nước biển. Nhằm mô phỏng các quá trình xâm nhập mặn, các mẫu đất đã được làm bão hòa nước biển nhân tạo với bốn nồng độ 0,0; 9,9; 19,8 và 33,0 g/l, tương ứng với độ mặn lần lượt 0%, 30%, 60% và 100% của nước biển. Quá trình bão hòa được thực hiện theo chu trình khép kín gồm 2 giai đoạn, bão hòa thấm thấu và bão hòa áp lực, mỗi giai đoạn kéo dài ít nhất 5 ngày. Ngay sau khi hoàn thành bão hòa, các mẫu đất được sử dụng để tiến hành các thí nghiệm khác. Đối với thí nghiệm nén cố kết, các cấp áp lực áp dụng là 25, 50, 100, 200, 400 kPa, mỗi cấp áp lực được thực hiện trong 24 giờ.

Bảng 1. Các khu vực nghiên cứu và đặc điểm mẫu nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu	Ký hiệu	Độ sâu lấy mẫu (m)	Mô tả	Vị trí
Hoài Đức 1	HD1	7,0-8,0	Sét pha chứa ít hữu cơ, dẻo mềm	Khu đô thị Lideco, H. Hoài Đức, Hà Nội
Hoài Đức 2	HD2	5,0 -7,5	Sét pha chứa hữu cơ, dẻo mềm	Trường cấp 2, thị trấn Trạm Trôi, H. Hoài Đức, Hà Nội
Hoàn Kiếm	HK	7,0-10,0	Sét pha, dẻo mềm	Khách sạn Mini, số 5 Ngõ Trạm, Hàng Da, Q. Hoàn Kiếm
Bạch Mai	BM	5,0-10,0	Sét pha chứa ít hữu cơ, dẻo mềm	Chung cư cao tầng, số 54, ngõ 459, Bạch Mai, Q. Hai Bà Trưng
Gia Lâm 1	GL1	6,0-8,0	Sét pha, dẻo mềm	Hố khoan thí nghiệm, Sài Đồng, H. Gia Lâm
Gia Lâm 2	GL2	6,0-8,0	Đất sét, dẻo mềm	Trạm bơm Cự Khối, P. Thống Nhất, Q. Long Biên.
Gia Lâm 3	GL3	6,0-8,0	Sét pha, dẻo mềm	Đầu cầu Thanh Trì, phía Q. Long Biên
Đường 5	D5	5,0-7,0	Sét pha chứa ít hữu cơ, dẻo mềm	Điểm đầu đường Quốc lộ số 5, Q. Long Biên
Yên Sở	YS	1,5-2,0	Đất sét, dẻo mềm	Tòa nhà Hiệu bộ, ĐH. Răng Hàm Mặt, Yên Sở, Q. Hoàng Mai



Hình 1. Sơ đồ các điểm nghiên cứu tại Hà Nội

3. Các tính chất cơ bản

3.1. Thành phần khoáng vật sét của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn

Việc phân tích khoáng vật sét của các mẫu đất được thực hiện nhằm xác định thành phần khoáng vật của đất yếu cũng như sự thay đổi của chúng trong các điều kiện nhiễm mặn. Với các đất yếu được khảo sát, điểm chung dễ nhận thấy là sự

chiếm ưu thế của khoáng vật illite (từ 12% đến 29%), tiếp theo là kaolinite (từ 9% đến 22%) và chlorite (từ 4% đến 11%). Montmorillonite là khoáng vật trương nở mạnh nhưng xuất hiện với hàm lượng khá ít, tối đa khoảng 5%, ở một số nơi nó là không đáng kể (dưới 1%).

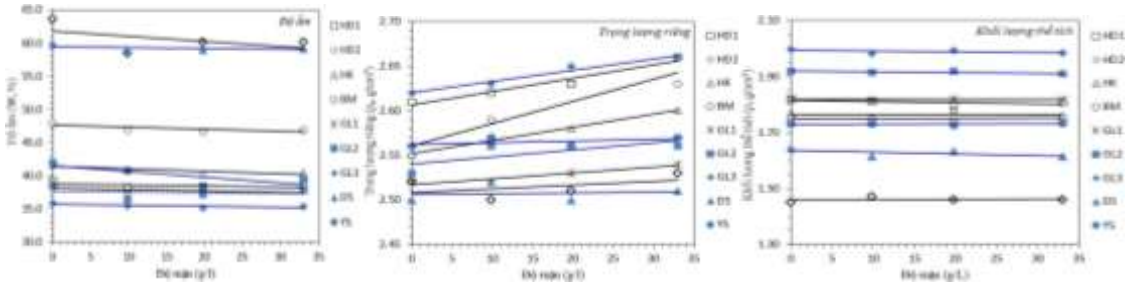
Kết quả phân tích cho thấy không có sự thay đổi về thành phần khoáng vật sét của đất trước và sau

nhễm mặn cũng như không có sự thay đổi hàm lượng của chúng (Kirov, 2012). Điều này phù hợp với các kết luận của (James et al., 2005; Kirov, 1989; Rashid et al., 1972; Van Hoorn et al., 1994).

3.2. Các tính chất vật lý cơ bản của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn

Nhìn chung, độ ẩm của các đất yếu khu vực Hà Nội khá cao, dao động từ 30 đến 60%. Chúng giảm khi bị nhiễm mặn bởi nước biển nhân tạo. Đặc biệt, độ ẩm của đất tỉ lệ nghịch với độ mặn của dung dịch bão hòa. Ở trạng thái tự nhiên hay khi đất chưa bị nhiễm mặn, độ ẩm của đất cao nhất. Sự xuất hiện của muối dẫn đến quá trình tách nước (dehydration) trong cấu trúc đất.

Ngược lại, trọng lượng riêng của các đất nhiễm mặn tăng tỉ lệ thuận với hàm lượng muối trong dung dịch bão hòa mặc dù sự gia tăng đó chưa được rõ ràng ở một vài mẫu thí nghiệm. Với trọng lượng đơn vị, về cơ bản chúng giảm trong môi trường mặn. Tuy nhiên, điều đó không xảy ra ở tất cả các mẫu đất được nghiên cứu và sự giảm đó cũng không đồng nhất giữa các nồng độ muối được khảo sát. Trên đồ thị biểu diễn sự thay đổi trọng lượng đơn vị theo độ mặn, các đường giá trị trung bình gần như nằm ngang hoặc giảm nhẹ. Như vậy, sự thay đổi của trọng lượng đơn vị do nhiễm mặn ở đất yếu Hà Nội là chưa rõ ràng khi đất bão hòa các nồng độ muối khác nhau. Hình 2 thể hiện xu thế biến đổi trung bình các thông số vật lý cơ bản của đất yếu Hà Nội.



Hình 2. Sự thay đổi các tính chất cơ bản của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn

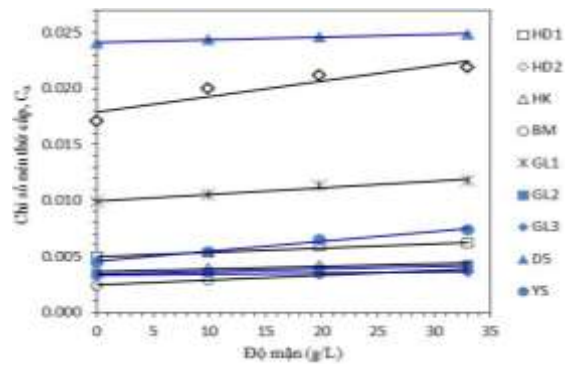
4. Cổ kết thứ cấp của đất yếu nhiễm mặn

Thí nghiệm cổ kết một chiều thường được chia thành hai giai đoạn, cổ kết sơ cấp xảy ra cùng với quá trình tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng và cổ kết thứ cấp liên quan đến biến dạng kết cấu hạt sét xảy ra tiếp theo sau khi áp lực nước lỗ rỗng đã thực sự tiêu tán. Cường độ cổ kết thứ cấp lớn thường gặp ở các đất có giới hạn dẻo cao, đặc biệt là đất hữu cơ, than bùn; chúng thường thể hiện bởi độ dốc giai đoạn thứ cấp của đường cong nén e-log(t). Nó được gọi là chỉ số nén thứ cấp hay hệ số cổ kết thứ cấp, C_{α} (secondary compression index).

Với các đất yếu nhiễm mặn, C_{α} được xác định từ đường cong e-log(t) ở các mẫu đất bão hòa các độ mặn khác nhau. Kết quả thí nghiệm dạng đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa chỉ số nén thứ cấp C_{α} với độ mặn S_a được cho trên hình 3.

Từ đồ thị có thể dễ dàng nhận thấy sự gia tăng khá tuyến tính của chỉ số nén thứ cấp C_{α} tại các độ mặn 9,9, 19,8; 33,0 g/l so với ban đầu (0,0 g/l). Điều đó chứng tỏ sau khi bão hòa nước mặn C_{α} của

đất yếu Hà Nội tăng đáng kể. Sự thay đổi lớn nhất của C_{α} thể hiện khi so sánh giá trị giữa độ mặn 0,0 g/l với 33,0 g/l. Các giá trị định lượng được đưa ra trên bảng 2 nhằm đánh giá tốt hơn sự thay đổi đó. Đất tại hai khu vực nghiên cứu Bạch Mai và Yên Sở thể hiện sự gia tăng lớn nhất về chỉ số nén thứ cấp. Giá trị C_{α} tại các khu vực này tăng tối đa xấp xỉ tới 60%, trong khi đó tại Đường 5, C_{α} thay đổi so với ban đầu ít nhất (3,11%).



Hình 3. Quan hệ giữa chỉ số nén thứ cấp C_{α} với độ mặn S_a

Bảng 2. Sự thay đổi định lượng của C_a so với giá trị ban đầu

K/vực n/cứu	Tỉ lệ gia tăng C_a (%)		
	$S_a=9,9g/l$	$S_a=19,8g/l$	$S_a=33,0g/l$
HD1	7,03	19,21	25,34
HD2	10,67	17,98	23,03
HK	14,03	21,53	24,19
BM	20,83	41,67	58,33
GL1	5,62	13,54	19,07
GL2	6,07	11,46	22,66
GL3	8,23	11,19	12,28
D5	3,88	5,60	7,11

Phương pháp phân loại tính nén thứ cấp của đất dựa vào C_a của Mesri (1973) được áp dụng cho đất yếu Hà Nội nhằm đánh giá cố kết thứ cấp của chúng trong các điều kiện nhiễm mặn. Kết quả phân loại được thể hiện trên hình 4. Theo đó, tính nén thứ cấp của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn được xếp vào 4 nhóm - thấp, trung bình, cao và rất cao, tương ứng với lần lượt tỉ lệ 36,1%, 30,6%, 11,1%, và 22,2% mẫu đất nghiên cứu. Đáng chú ý, sau khi bão hòa với nước mặn, vị trí phân loại của đất nhiễm mặn tại Hoàn Kiếm và Gia Lâm 2 chuyển từ tính nén thứ cấp thấp sang tính nén thứ cấp trung bình.

Khu vực nghiên cứu	Phân loại			
	$S_a=0,0g/L$	$S_a=9,9g/L$	$S_a=19,8g/L$	$S_a=33,0g/L$
HD1	⓪	⓪	⓪	⓪
HD2	⓪	⓪	⓪	⓪
HK	⓪	⓪	⓪	⓪
BM	⓪	⓪	⓪	⓪
GL1	⓪	⓪	⓪	⓪
GL2	⓪	⓪	⓪	⓪
GL3	⓪	⓪	⓪	⓪
D5	⓪	⓪	⓪	⓪
YS	⓪	⓪	⓪	⓪

Ghi chú ⓪ thấp ⓪ Trung bình ⓪ Cao ⓪ rất cao

Hình 4. Phân loại tính nén thứ cấp của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn (theo Mesri, 1973)

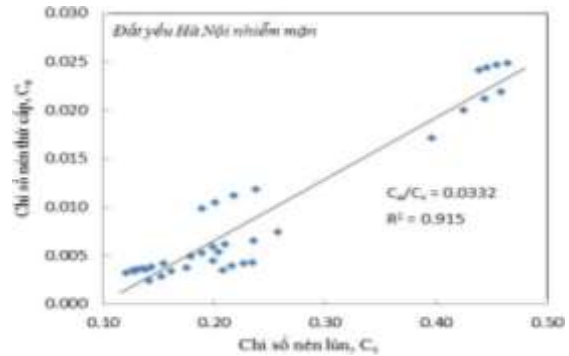
Từ dữ liệu thí nghiệm nén, chỉ số nén cố kết C_c của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn cũng được xác định. Sau đó, tỉ số C_a/C_c được thiết lập để đánh giá tổng quát tình trạng cố kết nói chung cũng như cố kết thứ cấp nói riêng. Giá trị C_a/C_c của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn và giá trị trung bình của chúng tương ứng với 4 nồng độ muối, 0,0; 9,9; 19,8 và 33,0 g/l được cho trên bảng 3. Dễ dàng nhận thấy rằng, mặc dù xu hướng chung của tỉ số C_a/C_c của các đất yếu Hà Nội gia tăng tuyến tính với nồng độ muối nhưng giá trị của chúng cũng khá thấp nếu so

với các giá trị nghiên cứu chuẩn của Mesri và Godlewski năm 1977. Tỉ số này tăng trung bình từ 0,032 đến 0,034 tương ứng với độ mặn tăng từ 0,0 g/l đến 33,0 g/l.

Bảng 3. Giá trị C_a/C_c của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn

K/v n/cứu	Tỉ số C_a/C_c			
	$S_a=0,0g/l$	$S_a=9,9g/l$	$S_a=19,8g/l$	$S_a=33,0g/l$
HD1	0,028	0,028	0,030	0,030
HD2	0,043	0,047	0,048	0,048
HK	0,017	0,018	0,019	0,018
BM	0,017	0,019	0,021	0,022
GL1	0,053	0,052	0,052	0,050
GL2	0,027	0,027	0,027	0,027
GL3	0,027	0,028	0,027	0,026
D5	0,055	0,055	0,054	0,054
YS	0,023	0,026	0,028	0,029
Trung bình	0,032	0,033	0,034	0,034

Mối quan hệ giữa C_a và C_c được thể hiện trên hình 5. Giá trị trung bình của tỉ số C_a/C_c của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn là 0,0332 (với hệ số tương quan là 0,915 - tương quan rất tốt). Các giá trị tỉ số C_a/C_c và mối tương quan của chúng chứng tỏ cố kết thứ cấp của đất yếu Hà Nội chủ yếu thuộc nhóm thấp đến trung bình. Khi chúng bị nhiễm mặn, mặc dù tính nén thứ cấp (C_a) của các đất yếu tăng lên, nhưng nhìn chung là chưa đáng kể.



Hình 5. Mối tương quan giữa C_a và C_c của đất Yếu Hà Nội nhiễm mặn

5. Thảo luận

Trong môi trường nhiễm mặn, tính chất địa kỹ thuật của đất phụ thuộc vào loại khoáng vật sét có mặt trong đất. Khi đất giàu các gốc carbonate như Ca^{2+} , Mg^{2+} , hoặc các khoáng vật như allophane, kaolinite bị nhiễm mặn, tính chất địa kỹ thuật của chúng dường như được cải thiện tốt hơn. Ngược lại, đất giàu các khoáng vật như montmorillonite, illite và chlorite, đất thường bị thoái hóa trong điều

kiện nhiễm mặn (Gbenga et al., 2009; Germanov, et al., 1985; Hideo, 2007; Kirov, 1989; Yeliz et al., 2008).

Điểm chung của các đất yếu Hà Nội là sự ưu trội của khoáng vật sét Illite, tiếp theo sau là kaolinite, và chlorite. khoáng vật montmorillonite thường có mặt với tỉ lệ ít hơn. Nhiều nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, trong đất loại sét thường tồn tại các khoáng vật chuyển đổi trung gian giữa khoáng vật sét nhóm này với khoáng vật sét nhóm kia. Nó được tạm dịch là khoáng vật sét lớp xen (mixed-layer clay mineral). Khoáng vật sét phổ biến loại này là illite - montmorillonite. Chúng có tính chất trung gian giữa khoáng vật illite và montmorillonite, tùy thuộc vào mức độ chuyển đổi giữa chúng. Sự có mặt của khoáng vật sét pha trộn này làm cho khả năng trương nở của đất tăng lên đáng kể. Chlorite và illite có một số đặc điểm gần nhau. Chúng nhìn chung gần với montmorillonite hơn là với kaolinite. Ở điều kiện bình thường kaolinite không trương nở. Điều này có nghĩa là sự có mặt của các khoáng vật như montmorillonite, chlorite, illite và khoáng vật pha trộn illite - montmorillonite trong đất làm gia tăng khả năng trương nở. Các khoáng vật sét này có liên kết hóa học thuộc nhóm yếu đến trung bình, năng lực trao đổi cation (CEC) lớn và diện tích bề mặt riêng lớn. Trong điều kiện nhiễm mặn, sự tương tác giữa các lớp điện tích âm xung quanh hạt sét và các điện tích dương trong dung dịch nước mặn dẫn đến trung hòa điện tích của môi trường và làm cho đất bị thoái hóa. Hệ quả là đất gia tăng tính nén và có kết cấu cấp, điều đặc trưng bởi C_u , trong môi trường nhiễm mặn.

6. Kết luận

Khả năng các vùng đồng bằng châu thổ và duyên hải Việt Nam bị xâm nhập mặn do nước biển dâng liên quan đến biến đổi khí hậu đã được đề cập và cảnh báo trong báo cáo cập nhật của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2012. Trong điều kiện bị xâm nhập mặn, các tính chất địa kỹ thuật của đất được cho là sẽ bị thay đổi. Nghiên cứu đã mô phỏng và xác minh điều đó bằng cách làm bão hòa mẫu đất yếu khu vực Hà Nội với dung dịch nước biển nhân tạo có nồng độ khác nhau trước khi tiến hành các thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mặc dù chưa phát hiện sự biến đổi thành phần khoáng vật của đất do muối nhưng các thuộc tính cơ bản của chúng đã biến đổi theo hướng tiêu cực. Đặc biệt, chỉ số nén thứ cấp C_u của đất tăng

khá tuyến tính so với ban đầu. Điều này chứng tỏ sau khi nhiễm mặn, các đất yếu trở nên kém hơn. Tỉ số C_u/C_c của đất yếu Hà Nội nhiễm mặn khá thấp khi so sánh với các nghiên cứu chuẩn của Mesri and Godlewski. Sự gia tăng cố kết thứ cấp của các đất yếu Hà Nội nhiễm mặn được cho là vì chúng chứa một lượng đáng kể các khoáng vật sét có khả năng trương nở. Chúng dễ dàng bị trung hòa điện tích dẫn đến suy thoái trong môi trường nhiễm mặn.

Tài liệu dẫn

- Al-Shamrani M.A. & Dhowian A.W., 1996: Characterization of secondary compression behavior of Sabkhasoils. *Engineering Geology* 48 (1-2), 19-41.
- Azam S., 2000: Collapse and compressibility behavior of arid calcareous soil formations. *Bulletin Eng. Geol. Env.* 59, 211-217.
- Brouchkov A., 2003: Frozen saline soils of the arctic coast: their distribution and engineering properties. *Proceedings - 8th International Conference on Permafrost*, p. 95-100. Zurich, Switzerland.
- Dhowian A.W., 1991: Secondary compression of Sabkha saline soils. *Engineering Geology* 30, 155-169.
- Dương Thị Toan, Nguyễn Ngọc Trúc, 2010: Ảnh hưởng của nước biển đối với các tính chất đất đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, tr.215-223.
- Gbenga M. A., Oluwole A. A., Shodolapo O. F., 2009: Influence of Calcium Sulphate on Subsoil Cohesion and Angle of Friction. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(3), 297-304.
- Germanov T. S., Kirov B. L., 1985: Influence of Waste Waters on Soil Consolidation, *Proc. of XIth ICSMFE*, A. A. Balkema, pp. 2407-2409. San Francisco, USA.
- Hideo K., 2007: Vulnerability of Riverbank Material by Sea Level Rising due to Global Warming in Japan. *Proc. of the 2nd Malaysia-Japan Symposium on Geohazards and Geoenvironmental Engineering*, pp. 209-212. Langkawi, Malaysia.
- James K. M., Kenichi S., 2005: *Fundamentals of Soil Behavior*, 3rd edition, Wiley. New York, USA.
- Kirov B. L., 1989: Influence of Waste Waters on Soil Deformation. *Proc. of XII ICSMFE*, pp. 1881-1882. Rio de Janeiro, Brazil.
- Kirov B. L., Truc N. N., 2012: A Study on the Relationship

Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, 37 (1), 90-96

- between Geotechnical Properties and Clay Mineral Composition of Hanoi Soft Soils in Saline Media. Inter. Journal of Civil Engineering, Vol. 10 (2), pp. 87-92.
- Mesri G., Godlewski P. M., 1977: Time and Stress Compressibility Interrelationship, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 105 (1), pp.106-113.
- Mesri, G., 1973: Coefficient of Secondary Compression, Journal of Soil Mech. and Found. Div., 99(1), pp.123-137.
- Rashid M. A., Buckley D. E., Robertson K. R., 1972: Interactions of a marine humic acid with clay minerals and a natural sediment. Geoderma, Vol. 8 (1), pp. 11-27.
- Truc N. N., Granie R. J., 2008: Global Warming - Related Sea Level Rise and The Change of Some Mechanical Characteristics of Soil Foundation Due to Salty Intrusion, Case Study Thai Binh Formation Sediment in The RRD, Vietnam. In: Giao PH, editor, Proc. of Int. Sym. on Climate Change and the Sustainability, pp. 131-140. Hanoi, Vietnam.
- Truc N. N., Hung D. N., 2007: The Issue of Sea Level Rise Due to Global Warming and Its Impacts on The Coastal Zone of Vietnam. In: Giao PH, editor, Proc. of Int. Sym. on Hanoi Geoengineering, pp.124-130. Hanoi, Vietnam.
- Van Hoorn J. W., Van Alphen J. G., 1994: Salinity Control. In Ritzema HP editor. Drainage Principles and Applications, ILRI Publication 16 (2nd edition), pp. 533-600. Wageningen, The Netherlands.
- Yeliz Y. A., Kaya A., Ören A. H., 2008: Seawater Effect on Consistency Limits and Compressibility Characteristics of Clays, Engineering Geology, pp. 54-61.