

NGHIÊN CỨU THÍ NGHIỆM CỐ KẾT THẨM VÀ SỨC KHÁNG CẮT CỦA ĐẤT YẾU PHÂN BỐ Ở ĐỒNG BẰNG VEN BIỂN QUẢNG NAM – ĐÀ NẴNG PHỤC VỤ QUY HOẠCH VÀ THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG

Nguyễn Thị Ngọc Yến¹

Tóm tắt: Bài báo trình bày những kết quả nghiên cứu đặc trưng cố kết thẩm và sức kháng cắt của đất yếu đa nguồn gốc đồng bằng ven biển Quảng Nam – Đà Nẵng. Kết quả nghiên cứu cho thấy đất yếu chủ yếu là bùn sét, bùn sét pha có tuổi và nguồn gốc khác nhau ($ambQ_2^3$; mbQ_2^2 ; $ambQ_2^2$ và $abmQ_2^1$) mới được thành tạo, diện phân bố không đều, bề dày có sự thay đổi lớn và ít lộ ra trên mặt. Đất hầu như chưa được cố kết, áp lực tiền cố kết bé ($P_c = 52,55 \text{ kPa} \div 61,5 \text{ kPa}$ đối với bùn sét pha và $P_c = 45,50 \text{ kPa} \div 58,8 \text{ kPa}$ đối với bùn sét), hệ số nén lún lớn ($a_{0,5-1} \geq 10 \text{ kPa}^{-1}$), hệ số cố kết ngang thể hiện tính chất bất đồng nhất rõ rệt, mô đun tổng biến dạng nhỏ ($E_{0,5-1} \leq 5000 \text{ kPa}$) và sức kháng cắt thấp. Đây là những đối tượng có ảnh hưởng bất lợi đến công tác quy hoạch, thiết kế công trình nói chung và đường giao thông nói riêng.

Từ khóa: Đất yếu; sức kháng cắt; đặc trưng cố kết thẩm; hệ số cố kết ngang.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tính toán, thiết kế công trình, đặc biệt công trình trên nền đất yếu. Ngoài các chỉ tiêu cơ lý thông thường của đất thì đặc trưng cố kết thẩm và sức kháng cắt của đất đóng vai trò rất quan trọng. Trên cơ sở đó, có thể lựa chọn giải pháp xử lý nền, đưa ra dự báo về thời gian cố kết, độ lún từ biến, chiều cao đắp ổn định của nền công trình. Hiện nay, trên thế giới bên cạnh thành phần vật chất thì các thông số cố kết – biến dạng và sức kháng cắt của đất loại sét được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu một cách chuyên sâu bằng nhiều thiết bị và trên các mô hình khác nhau (Terzaghi. K, 1924, 1940, 1941, Taylor.D.W, 1940, 1942, Bjerrum.L, 1967, Casagrande.A, 1938,...) đã được công nhận và áp dụng trong các tiêu chuẩn xây dựng (ASTM 2435, JGS 2000, BS 1377,...). Ở Việt Nam, đặc biệt là đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ, vấn đề này đã được nghiên cứu chi tiết thể hiện qua nhiều công trình của nhiều tác giả khác nhau: Nguyễn Viết Tinh (2001); Nguyễn Mạnh Thủy (2005);

Nguyễn Thị Nụ (2014)..., đây là nguồn tài liệu quan trọng và có giá trị trong tính toán, thiết kế, xử lý nền công trình. Tuy nhiên, ở khu vực miền Trung nói chung và đồng bằng ven biển Quảng Nam - Đà Nẵng nói riêng, vấn đề này chưa được các tác giả quan tâm nghiên cứu một cách chuyên sâu. Vì vậy, thông qua kết quả thí nghiệm trong phòng của nhóm tác giả thực hiện theo nhiều phương pháp khác nhau và kết hợp kết quả phân tích hiện trường nhóm tác giả muốn làm sáng tỏ đặc trưng cố kết thẩm và sức kháng cắt của đất yếu đa nguồn gốc phân bố ở đồng bằng ven biển Quảng Nam – Đà Nẵng. Những số liệu đưa ra có tính tổng hợp và hệ thống nên đủ độ tin cậy, có thể tham khảo trong qui hoạch - thiết kế và định hướng cho công tác nghiên cứu, lựa chọn hợp lý các giải pháp xử lý nền đường trên đất yếu.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

Các thông số cố kết thẩm của đất được xác định bằng thí nghiệm nén cố kết tiêu chuẩn và phân tích ngược từ kết quả quan trắc lún hiện trường. Đối với thí nghiệm trong phòng mẫu

¹ Trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng

được gia tải theo từng cấp, cấp sau gấp đôi cấp trước, thời gian theo dõi độ lún là 24 giờ theo đúng qui trình nén cố kết tiêu chuẩn (TCVN 4200:2012). Các thông số sức kháng cắt không thoát nước xác định bằng nhiều phương pháp thí nghiệm trên các thiết bị và tiêu chuẩn khác nhau: Nén ba trục theo sơ đồ UU trên thiết bị nén 3 trục hãng GEOCOMP – Mỹ (ASTM D2850, AASHTO T296, BS 1377: Part 7: 1990: clause 8); thí nghiệm cắt phẳng trực tiếp (TCVN 4199 : 1995; BS1377: Part 7: 1990; ASTM D3080) và cắt cánh ngoài hiện trường (BS 1377: Part 9:1990: clause 4.4, ASTM D2573, AASHTO T223 và 22TCN 355-2006). Các thông số này sử dụng để tính toán ổn định và đề xuất giải pháp thiết kế, áp dụng tính toán giải pháp đắp trực tiếp, trường hợp đắp nền đầu tiên cho giải pháp đắp nền đường theo giai đoạn.

3. TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA ĐẤT YẾU NGHIÊN CỨU

Đồng bằng ven biển Quảng Nam – Đà Nẵng, đất yếu đa nguồn gốc có diện phân không đồng đều, bề dày đất yếu có sự thay đổi lớn và ít lộ ra trên mặt hơn. Trên cơ sở các lộ trình khảo sát, thu thập tài liệu và khoan bổ sung, kiểm tra địa chất công trình thấy rằng vùng nghiên cứu xuất lộ 8 thành tạo đất yếu với thành phần, nguồn gốc và thời gian thành tạo khác nhau. Song chỉ có trầm tích sông – biển – đầm lầy tuổi Holocen muộn ($ambQ_2^3$); trầm tích biển – đầm lầy Holocen giữa (mbQ_2^2); trầm tích sông - biển - đầm lầy Holocen giữa ($ambQ_2^2$) và trầm tích sông - đầm lầy - biển Holocen sớm ($abmQ_2^1$) là có diện phân bố rộng và là các đối tượng có liên quan trực tiếp đến việc làm nền các công trình xây dựng. Do vậy, tác giả chỉ tiến hành nghiên cứu chuyên sâu cho các thành tạo đất yếu trên, cụ thể:

+ Khu vực I (KV-I): Bùn sét, bùn sét pha, màu xám xanh, xám đen giàu vật chất hữu cơ ($ambQ_2^3$) có thành phần hạt chủ yếu gồm cát hạt mịn đến nhỏ, bột, sét, bề dày thay đổi từ 2 ÷ 8 m. Phân bố dọc theo các đầm phá hiện đại, tạo các dải rộng từ 50 m ÷ 200 m; kéo dài trên 10 km

dọc sông (sông Đê Võng, sông Phú Lộc, sông Yên, sông Cu Đê), các hồ Bầu Tràm, Đầm Rong, khu vực vịnh Nam Ô, Hoà Phước, Hòa Quý, các xã Điện Phương, Điện Minh, thị trấn Vĩnh Điện và ở Cẩm An, Cẩm Hà. Ngoài ra còn bắt gặp ở các xã Bình Quý, Bình Trung, Bình Tú thuộc huyện Thăng Bình.

+ Khu vực II (KV-II): Bùn sét pha, bùn sét chứa than bùn màu xám đen (mbQ_2^2) có thành phần hạt chủ yếu bột, sét lẫn cát hạt trung đến nhỏ, lộ ra ở các quận nội thành Đà Nẵng, Nam Ô, Hoà Phước, Hòa Tiến hoặc bị phủ bởi lớp cát mịn, bề dày trung bình 2 ÷ 4 m, cá biệt > 5m.

+ Khu vực III (KV-III): Bùn sét, bùn sét pha màu xám xanh, xám đen, trạng thái chảy chứa vỏ sò ($ambQ_2^2$) phân bố khá phổ biến, điển hình là ở các xã Điện Hòa, Điện Tiến, Điện Phước thuộc huyện Điện Bàn, dọc thung lũng sông Vu Gia và rải rác ở các xã Điện Ngọc, Điện Dương thuộc Vĩnh Điện, độ sâu mái lớp từ 2,5 ÷ 4 m và bề dày từ 5 ÷ 10 m đến >10 m. Thành phần hạt chủ yếu gồm bột, sét lẫn cát hạt trung đến nhỏ, trong đất chứa ít hàm lượng hữu cơ 1,4 ÷ 3,2%.

+ Khu vực IV (KV-IV): Bùn cát pha, bùn sét pha màu xám xanh, xám đen, trạng thái dẻo chảy - chảy ($abmQ_2^1$) có thành phần hạt chủ yếu gồm sét, bột, cát hạt nhỏ đến mịn lẫn ít sạn sỏi, phân bố ở Điện Bàn, Hội An, dọc sông Vĩnh Điện và sông Cần Biên, bị các đất nguồn biển gió trẻ hơn (mvQ_2^3) phủ lên với bề dày khá lớn. Chiều sâu phân bố mái lớp bắt gặp từ 5 ÷ 20m, chiều dày thay đổi từ 5m đến trên 20m, trung bình 15 ÷ 20m.

Mẫu đất sử dụng trong nghiên cứu được nhóm tác giả phối hợp lấy mẫu ở nhiều công trình khác nhau phân bố trải đều trên địa bàn Quảng Nam - Đà Nẵng (bảng 1a). Các thí nghiệm trong phòng được thực hiện tại phòng thí nghiệm Địa cơ, khoa Xây dựng Cầu đường, Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng và phối hợp thực hiện thí nghiệm với các công ty trên địa bàn Quảng Nam - Đà Nẵng. Các thí nghiệm cắt cánh hiện trường được nhóm tác giả thu thập từ các công ty khảo sát trên địa bàn Quảng Nam - Đà Nẵng.

Bảng 1a. Vị trí lấy mẫu và số lượng mẫu nghiên cứu

Khu vực	Vị trí (số lượng mẫu thí nghiệm)
KV-I (ambQ ₂ ³)	Tuyên Sơn – Hòa Cường (06); Khu nhà máy đóng tàu – An Hải Tây - Sơn Trà (05); Phước Mỹ - Sơn Trà (05); Thọ Quang – Sơn Trà (06); Khu đô thị Hòa Xuân (12); Cầu Khuê Đông - Cẩm Lệ (12); Đường vành đai Nam – Hòa Quý đi Hòa Phước (14); Cầu Quá Giáng – Hòa Phước (10); Điện Phước – Điện Bàn (08); Điện Minh – Điện Bàn (05); Phong An – Sơn Phong (05); Cẩm An – Hội An (06); Cửa Đại – Hội An (08); Cẩm Hà – Hội An (10).
KV-II (mbQ ₂ ²)	Khu đô thị Golden Hill (14); Khu đô thị Thủy Tú (15); Khu TĐC Hòa Hiệp a, b (15); Khu Công Nghiệp Hòa Khánh (10); Trục đường Tây Bắc – Hòa Minh (12); Khu đô thị Đa Phước (12); Hòa An – Cẩm Lệ (12); Miếu Bông – Cẩm Lệ (10); Khuê Trung – Cầu Nguyễn Tri Phương (14); Hòa Xuân – Cẩm Lệ (12); Tuyến đường Hòa Phước – Hòa Khương (10);
KV-III (ambQ ₂ ²)	Điện Dương – Điện Bàn (15); Điện Nam – Điện Bàn (12); Nam Phước – Duy Xuyên (14); Bình Tú – Thăng Bình (08); Bình Hải – Thăng Bình (08); Tam Thăng – Tam Kỳ (12); Khu KTM Chu Lai – Núi Thành (15);
KV-IV (abmQ ₂ ¹)	Cẩm Thanh – Hội An (08); Điện Dương – Điện Bàn (05); Điện Ngọc – Điện Bàn (06); Duy Châu – Duy Xuyên (06).

Các chỉ tiêu cơ lý chủ yếu (bảng 1b) như W, e₀, W_L, I_p, B của bùn sét pha có sự khác nhau giữa các khu vực, nhìn chung các chỉ tiêu của bùn sét pha abmQ₂¹ cao hơn. Đối với bùn sét

mbQ₂² cao hơn so với bùn sét ambQ₂³. Các đặc trưng cơ lý các sự khác nhau giữa các khu vực liên quan đến tuổi, nguồn gốc, điều kiện hình thành và tồn tại của đất yếu trong cấu trúc nền tự nhiên.

Bảng 1b. Thành phần hạt và chỉ tiêu vật lý đất yếu

Chỉ tiêu	Bùn sét pha				Bùn sét	
	KV-I (ambQ ₂ ³)	KV-II (mbQ ₂ ²)	KV-III (ambQ ₂ ²)	KV-IV (abmQ ₂ ¹)	KV-I (ambQ ₂ ³)	KV-II (mbQ ₂ ²)
Hàm lượng hạt sét, %	20,97÷27,3 24,87	20,15÷28,06 24,17	22,01÷26,18 24,46	20,59÷27,3 23,73	35,1÷37,19 35,99	32,55÷42,61 36,11
0,05-0,005	22,3÷60,0 42,6	24,6÷37,3 29,2	27,8÷43,8 35,3	25,54÷31,98 28,58	28,0÷28,5 28,8	35,3÷48,6 40,9
2-0,05	14,39÷52,69 32,66	36,89÷51,87 46,25	32,98÷46,52 40,06	44,00÷53,63 47,25	34,78÷35,4 35,14	13,48÷31,52 22,69
>2	0 ÷ 0,50 0,2	0 ÷ 1,12 0,40	0,11 ÷ 0,27 0,17	0,24 ÷ 0,62 0,44	0 ÷ 0,18 0,06	0
W, %	38,97÷45,78 43,30	40,01÷50,01 43,11	43,02÷53,1 46,67	46,29÷50,11 48,35	50,13÷52,13 51,41	55,29÷59,6 57,52
e ₀	1,15÷1,29 1,25	1,11÷1,37 1,22	1,25÷1,44 1,32	1,29÷1,48 1,40	1,44÷1,52 1,48	1,14÷1,64 1,53
W _L , %	35,3÷41,8 39,6	36,09÷41,67 38,5	38,38÷44,18 40,89	38,1÷40,15 39,17	42,01÷45,10 43,25	47,28÷50,4 48,69
I _p , %	10,46÷16,91 13,62	11,99÷16,85 15,08	11,03÷19,3 15,17	13,39÷16,22 14,75	18,2÷19,19 18,61	20,09÷26,04 22,6
B	1,14÷1,43 1,28	1,18÷1,50 1,31	1,17÷1,65 1,39	1,52÷1,77 1,63	1,38÷1,51 1,44	1,30÷1,51 1,39

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Các đặc trưng cơ kết thấm

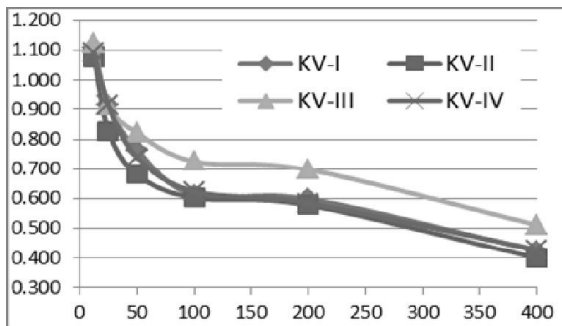
➤ Bùn sét pha, các đặc trưng cơ kết thấm có sự biến đổi như sau:

Hệ số cơ kết thấm đứng c_{v1-2} biến đổi từ $0,539 \cdot 10^{-3}$ đến $0,679 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$; trong đó KV-III (ambQ_2^2) có hệ số cơ kết lớn nhất $0,679 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ và KV-II (mbQ_2^2) có hệ số cơ kết bé nhất $0,539 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$. Chỉ số lún C_c biến đổi từ 0,441 (KV-II, mbQ_2^2) đến 0,81 (KV-III, ambQ_2^2). Chỉ số C_r biến đổi từ 0,057 (KV-II, mbQ_2^2); 0,08 (KV-I, ambQ_2^3); 0,081 (abmQ_2^1); 0,09 (KV-III, ambQ_2^2). Tỉ số $C_c/C_r=7,69 \div 8,65$ là phù hợp (Theo Monika De Vos & Valerie Whenham, 2000), với đất sét giá trị tỷ số C_c/C_r từ 5 đến 10). Áp lực tiền cơ kết biến đổi từ 52,55 kPa (KV-III, ambQ_2^2); 56,75 kPa (KV-I, ambQ_2^3); 59,3kPa

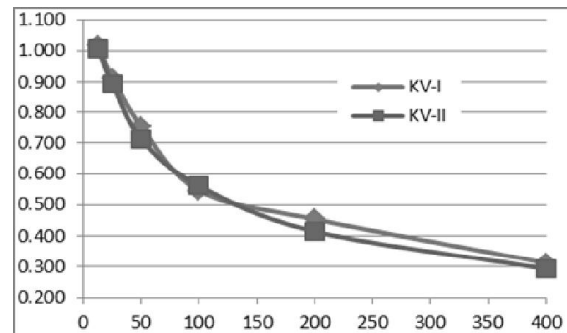
(KV-IV, abmQ_2^1); 61,5 kPa (KV-II, mbQ_2^2). Hệ số nén lún a_{1-2} biến đổi từ $10,5 \text{ kPa}^{-1}$ (KV-I, ambQ_2^3); $10,7 \text{ kPa}^{-1}$ (KV-IV, abmQ_2^1); $11,7 \text{ kPa}^{-1}$ (KV-II, mbQ_2^2); đến $13,8 \text{ kPa}^{-1}$ (KV-III, ambQ_2^2). Hệ số thấm K_v biến đổi từ $0,254 \cdot 10^{-7} \text{ cm/s}$ (KV-II, mbQ_2^2); đến $0,520 \cdot 10^{-7} \text{ cm/s}$ (KV-III, ambQ_2^2) (bảng 2, hình 1a).

➤ Bùn sét, các đặc trưng cơ kết biến đổi như sau:

Hệ số cơ kết c_{v1-2} biến đổi từ $0,415 \cdot 10^{-3}$ (mbQ_2^2) đến $0,454 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ (KV-I, ambQ_2^3). Chỉ số lún C_c biến đổi từ 0,51 (KV-I, ambQ_2^3) đến 0,588 (KV-II, mbQ_2^2). Tỉ số $C_c/C_r = 7,67 \div 8,40$. Áp lực tiền cơ kết biến đổi từ 45,50 kPa (KV-I, ambQ_2^3) đến 57,88 kPa (KV-II, mbQ_2^2). Hệ số nén lún a_{1-2} trung bình biến đổi từ $12,3 \text{ kPa}^{-1}$ (KV-I, ambQ_2^3) đến $13,8 \text{ kPa}^{-1}$ (KV-II, mbQ_2^2) (bảng 2, hình 1b).



Hình 1a. Hệ số cơ kết thấm thẳng đứng thay đổi theo cấp áp lực nén của bùn sét pha



Hình 1b. Hệ số cơ kết thấm thẳng đứng thay đổi theo cấp áp lực nén của bùn sét

Bảng 2. Kết quả xác định đặc trưng cơ kết thấm của đất yếu

Chỉ tiêu		Bùn sét pha				Bùn sét	
		KV-I (ambQ_2^3)	KV-II (mbQ_2^2)	KV-III (ambQ_2^2)	KV-IV (abmQ_2^1)	KV-I (ambQ_2^3)	KV-II (mbQ_2^2)
Số mẫu		93	98	84	25	19	38
Nền cơ kết tiêu chuẩn	$P_c \square$, kPa	42,70 ÷ 83,3 56,75	56,6 ÷ 67,3 61,5	47,9 ÷ 55,9 52,55	56,9 ÷ 62,7 59,3	42,90 ÷ 49,90 45,50	52,4 ÷ 66,1 57,88
	C_c	0,459 ÷ 0,73 0,64	0,362 ÷ 0,556 0,441	0,711 ÷ 0,931 0,81	0,583 ÷ 0,811 0,7601	0,485 ÷ 0,41 0,51	0,517 ÷ 0,689 0,588
	C_r	0,063 ÷ 0,09 0,08	0,049 ÷ 0,067 0,057	0,078 ÷ 0,106 0,09	0,071 ÷ 0,092 0,081	0,061 ÷ 0,072 0,07	0,057 ÷ 0,084 0,07
	C_c/C_r	7,29 ÷ 9,01 8,41	7,02 ÷ 8,50 7,69	8,55 ÷ 9,12 8,55	7,89 ÷ 9,38 8,65	7,51 ÷ 7,95 7,67	7,72 ÷ 9,07 8,40
	$c_v \cdot 10^{-3}$, cm^2/s	0,517 ÷ 0,883 0,599	0,438 ÷ 0,606 0,539	0,515 ÷ 0,845 0,679	0,512 ÷ 0,682 0,585	0,432 ÷ 0,481 0,454	0,341 ÷ 0,462 0,415

$K_v \cdot 10^{-7}$, cm/s	$0,373 \div 0,511$ 0,421	$0,162 \div 0,342$ 0,254	$0,303 \div 0,685$ 0,520	$0,312 \div 0,438$ 0,378	$0,207 \div 0,261$ 0,24	$0,167 \div 0,247$ 0,208
a_{v1-2} , kPa ⁻¹	$4,9 \div 14,1$ 10,5	$6,9 \div 16,4$ 11,7	$6,5 \div 12,4$ 13,8	$9,1 \div 11,9$ 10,7	$10,9 \div 13,2$ 12,3	$12,4 \div 15,4$ 13,8
E_0 kPa	$996 \div 2718$ 1398	$897 \div 1937$ 1239	$1176 \div 2167$ 1577	$1291 \div 1561$ 1405	$895 \div 764$ 808	$637 \div 852$ 738

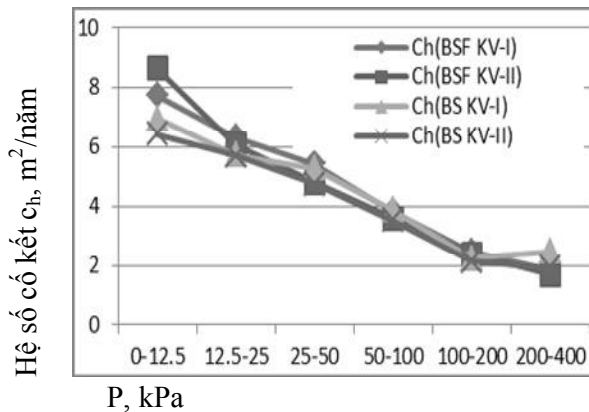
Từ các kết quả nêu trên cho thấy đất nghiên cứu đều rất yếu, chưa được cố kết, áp lực tiền cố kết bé, hệ số nén lún lớn ($a_{1-2} \geq 10 \text{ kPa}^{-1}$), môđun tổng biến dạng nhỏ. Hệ số cố kết thấm đứng thay đổi bất đồng nhất tùy thuộc vào tuổi, nguồn gốc, điều kiện hình thành và tồn tại của đất yếu trong cấu trúc nền tự nhiên. Trong đó, bùn sét pha, bùn sét KV-II (mbQ_2^2) có mức độ cố kết thấp nhất. Khi nền đường đặt trên đất yếu sẽ không đảm bảo độ bền và ổn định, do đó cần phải tiến hành gia cố và xử lý. Các đặc trưng cố kết thấm của đất là cơ sở để lựa chọn giải pháp xử lý nền hợp lý, xác định độ lún cố kết, độ lún theo thời gian nhằm đẩy

nhANH quá trình cố kết của nền đất và nâng cao hiệu quả của công tác xử lý nền.

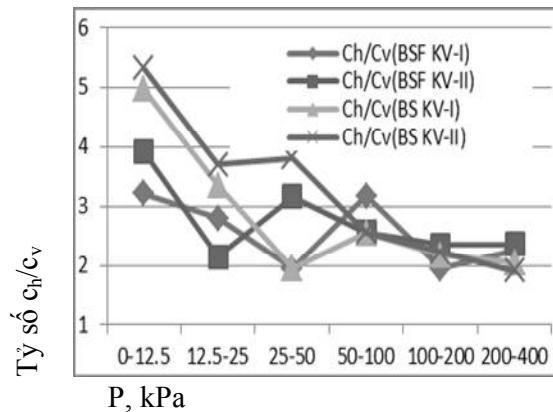
4.2. Hệ số cố kết thấm theo phương ngang của đất yếu

+ *Xác định hệ số cố kết thấm ngang thông qua thí nghiệm nén cố kết tiêu chuẩn (ASTM D2435, TCVN 4200-2012)*

Phương pháp và trình tự thí nghiệm tương tự như nén cố kết đứng. Tuy nhiên, mẫu được cắt theo phương nằm ngang. Khi đó, hệ số cố kết thấm của đất sẽ là hệ số cố kết thấm theo phương ngang c_h và kết quả được thể hiện hình 2a,b và bảng 3.



Hình 2a. Hệ số cố kết thấm ngang theo các cấp áp lực nén khác nhau

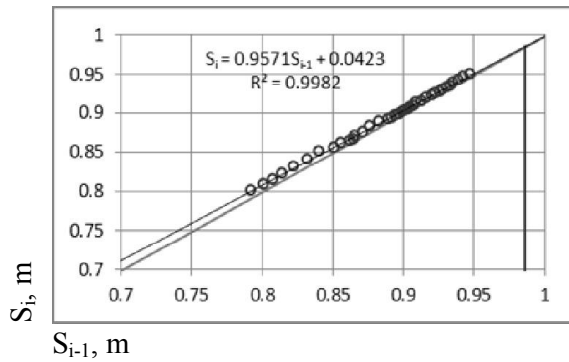


Hình 2b. Tỷ số c_h/c_v theo các cấp áp lực nén khác nhau

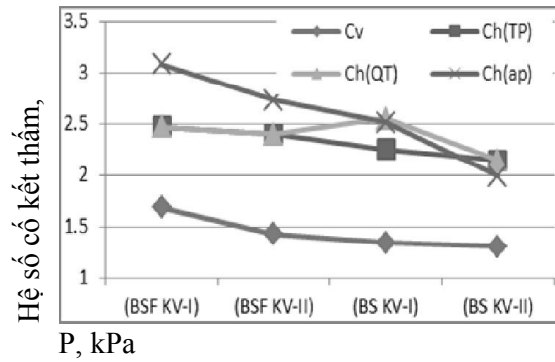
+ *Hệ số cố kết thấm ngang được tính toán từ bài toán phân tích ngược dựa trên kết quả quan trắc lún ngoài hiện trường tại các dự án:* Đường cao tốc Đà Nẵng – Quảng Ngãi bao gồm Gói thầu A1 từ Km0+000 ÷ Km8+800; Gói thầu A2 từ Km8+000 ÷ Km16+800, Gói thầu A4 từ Km21+500 ÷ Km32+600. Dự án cơ sở hạ tầng ưu tiên thành phố Đà Nẵng: đường Nguyễn Tất

Thành nối dài từ Km 2+715,04 ÷ Km 5+987,50 và đường dẫn đầu Cầu Khuê Đông.

Từ kết quả quan trắc lún hiện trường, xác định độ lún tương ứng với các khoảng thời gian $\Delta t = 3; 5$ hoặc 7 ngày; $2\Delta t = 6; 10$ hoặc 14 ngày,... Từ đó lập đồ thị quan hệ giữa S_i, S_{i-1} (hình 3a) có dạng đường thẳng theo phương trình sau: $S_i = \beta_0 + \beta_1 S_{i-1}$ (1)



Hình 3a. Đồ thị $S_i = f(S_{i-1})$ tại mốc SP-07 (Km 12+500) Cao tốc Đà Nẵng – Quảng Ngãi



Hình 3b. Hệ số cố kết theo phương đứng và phương ngang xác định theo các phương pháp khác nhau

Trong trường hợp chỉ có thoát nước theo phương ngang, hệ số cố kết thấm ngang dựa theo lý thuyết của Barron (1948), Hansbo (1981) được tính theo công thức sau:

$$c_h = -\frac{D_e^2 F \ln \beta_1}{8 \Delta t} \quad (2)$$

Trong đó: $F = F(n) + F(s) + F(r)$ nhân tố ảnh hưởng bởi sự xáo động, khoảng cách giếng và sức cản của giếng; Δt - khoảng thời gian xác

định độ lún; β_1 - hệ số góc của đường độ lún Asaoka.

Khi xác định hệ số cố kết theo phương ngang tương đương $c_{h(ap)}$ của nền, nhân tố F được thay bởi hệ số khoảng cách bố trí thiết bị tiêu thoát nước thẳng đứng $F(n)$:

$$c_{h(ap)} = -\frac{D_e^2 F(n) \ln \beta_1}{8 \Delta t} \quad (3)$$

Bảng 3. Kết quả tính toán hệ số cố kết thấm ngang

Khu vực	Loại đất	Hệ số cố kết thấm theo phương ngang		Hệ số cố kết thấm theo phương đứng c_v $m^2/năm$	Tỷ số c_h/c_v	Tỷ số $c_{h(ap)}/c_v$ trung bình
		c_h $m^2/năm$ TNTP	$c_{h(ap)}$ $m^2/năm$ Asaoka			
KV-I (ambQ ₂ ³)	Bùn sét pha	1,96÷5,42 2,47	2,84÷3,32 3,08	1,27÷2,56 1,69	1,32÷3,51 1,95	1,82
	Bùn sét	1,89÷4,84 2,40	2,51÷2,99 2,73	1,03÷2,26 1,43	1,09÷4,14 2,34	1,91
KV-II (mbQ ₂ ²)	Bùn sét pha	1,80÷3,88 2,55	1,21÷4,76 2,51	1,12÷1,77 1,35	1,25÷4,19 2,17	1,86
	Bùn sét	1,61÷3,75 2,14	1,39÷2,91 1,99	1,10÷1,72 1,31	1,12÷3,55 2,22	1,52

Từ kết quả nghiên cứu (bảng 3) tác giả rút ra một số nhận xét sau:

- Hệ số cố kết thấm ngang của đất yếu phụ thuộc vào tuổi, nguồn gốc, điều kiện hình thành và tồn tại của đất yếu trong cấu trúc nền tự nhiên. Hệ số cố kết thấm ngang trong phòng được lấy tại ứng suất hữu hiệu của nền được xử lý, nằm trong khoảng từ 100÷200 kPa.

- Hệ số cố kết thấm ngang thể hiện tính chất bất đồng nhất rõ rệt phụ thuộc vào tuổi, nguồn

gốc, điều kiện hình thành và tồn tại của đất yếu trong cấu trúc nền tự nhiên. Bùn sét pha KV-I (ambQ₂³) $c_h(TNTP) = 1,96 \div 5,42 m^2/năm$; $c_h/c_v = 1,32 \div 3,51$; $c_{h(ap)} = 2,84 \div 3,32 m^2/năm$; $c_{h(ap)}/c_v = 1,82$; bùn sét pha KV-II (mbQ₂²) $c_h(TNTP) = 1,89 \div 4,84 m^2/năm$; $c_h/c_v = 1,25 \div 4,19$; $c_{h(ap)} = 2,51 \div 2,99 m^2/năm$; $c_{h(ap)}/c_v = 1,86$.

- Bùn sét có hệ số cố kết thấm ngang thấp hơn bùn sét pha: KV-I (ambQ₂³) có $c_h(TNTP) = 1,80 \div 3,38 m^2/năm$; $c_h/c_v = 1,25 \div 4,19$; $c_{h(ap)} = 1,39 \div$

2,91 m²/năm; $c_{h(ap)}/c_v = 1,91$; bùn sét KV-II (mbQ_2^2) có $c_h(TNTP) = 1,61 \div 3,75$ m²/năm; $c_h/c_v = 1,12 \div 4,2,55$; $c_{h(ap)} = 1,21 \div 4,76$ m²/năm; $c_{h(ap)}/c_v = 1,52$.

Kết quả trên cũng cho thấy sự khác biệt so với nghiên cứu của các tác giả trên thế giới và Việt Nam: Bùn sét pha hữu cơ ($lbQ_2^{1-2}hh_1$) Hà Nội $c_h/c_v = 1,06 \div 2,17$ (Nguyễn Việt Tình, 2001); Đất yếu phía Nam Hồ Chí Minh $c_h/c_v = 4 \div 12$ (Nguyễn Mạnh Thủy, 2002); Bùn sét pha ($amQ_2^{1-2}hh_1$) ĐBB Bộ $c_h/c_v = 1,5 \div 6,1$ (Phạm Thị Nghĩa, 2005); Bùn sét pha (amQ_2^{2-3}) ĐBSCL $c_h/c_v = 3,5 \div 3,12$ (Nguyễn Thị Nụ, 2014); Đất sét yếu Singapore, Thụy Điển $c_{h(ap)} = (1,5 \div 3)c_v$ (Tan, Chew, 1996); Đất sét yếu Hải Phòng $c_{h(ap)} = 1,5 c_v$ (Suzuki và nnk, 2011); Đất loại sét yếu, amQ_2^{2-3} đồng bằng sông Cửu Long $c_h = 1,27 \div 3,03$ m²/năm (Nguyễn Thị Nụ, 2014).

Hệ số cố kết thấm ngang là một chỉ tiêu rất quan trọng quyết định đến khoảng cách thiết bị tiêu thoát nước thẳng đứng vì thế liên quan đến thời gian thi công và giá thành xây dựng. Do đó, hệ số cố kết thấm ngang thường được sử dụng trong tính toán thiết kế giải pháp xử lý nền đất yếu bằng tiêu thoát nước thẳng đứng (bắc thấm, giếng cát) để đẩy nhanh quá trình cố kết của đất cũng như dự báo độ lún theo thời gian của nền sau khi xử lý (cọc cát, cọc xi măng đất). Việc xác định chính xác hệ số cố kết thấm ngang của đất nền khi xây dựng sẽ đem lại hiệu quả cao về kinh tế và kỹ thuật.

4.3. Sức kháng cắt của đất yếu

+ Đặc trưng kháng cắt không thoát nước

Các kết quả nghiên cứu của các tác giả

Paulus P.Rahardjo (2001); T.S.Nagaraj, N.Miura (2001); Yit-Jin Chen, Fred H.Kulhawy (1993) cho thấy sức chống cắt không thoát nước của đất sét bão hòa nước khác nhau theo các phương pháp thí nghiệm khác nhau và phụ thuộc vào nhiều yếu tố như điều kiện thí nghiệm, lịch sử ứng suất, cơ chế phá hoại mẫu, tính bất đẳng hướng.

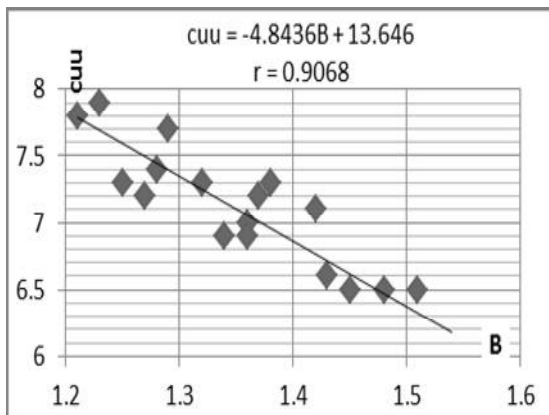
Từ kết quả nghiên cứu bảng 4 cho thấy sức kháng cắt theo thí nghiệm cắt cánh lớn hơn nhiều so với kết quả trong phòng. Thí nghiệm cắt phẳng và nén ba trục sơ đồ UU cho kết quả gần tương tự nhau. Tuy nhiên, thí nghiệm nén 3 trục UU cho kết quả lớn hơn thí nghiệm cắt phẳng. Bởi vì khi nén ba trục theo sơ đồ UU, mẫu đất chịu áp lực buồng trước khi nén dọc trục. Khi đó làm các bọt khí nở ra bởi quá trình giải phóng ứng suất do lấy mẫu sẽ được nén lại một phần, độ chặt sẽ lớn hơn so với mẫu đất cắt phẳng. Giá trị thông số sức kháng cắt đất yếu lần lượt tại các khu vực khi thí nghiệm UU, cắt phẳng và VST như sau:

➤ Bùn sét pha

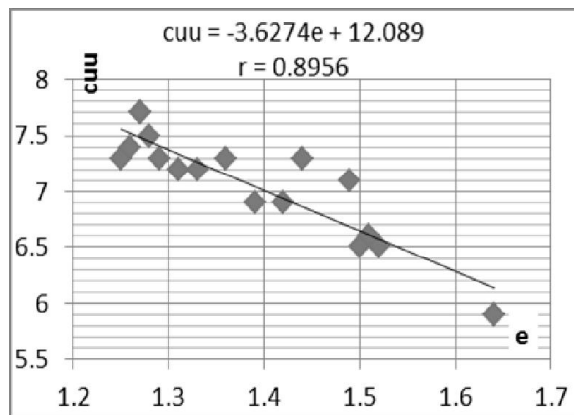
Tại KV-I ($ambQ_2^3$) có giá trị lần lượt là: 8,35 kPa - 0°48'; 6,45 kPa - 4°26'; 9,47 kPa. KV-II (mbQ_2^2): 7,68 kPa - 0°40'; 6,21 kPa - 4°16'; 7,80 kPa. KV-III ($ambQ_2^2$): 7,95 kPa - 0°39'; 5,83 kPa - 4°03'; 9,61 kPa và KV-IV ($abmQ_2^1$) có giá trị là: 5,86 kPa - 0°35'; 3,82 kPa - 3°31'; 8,15 kPa.

➤ Bùn sét

Tại KV-I ($ambQ_2^3$) trị lần lượt là: 7,13 kPa - 0°31'; 4,93 kPa - 3°09'; 8,98 kPa và KV-II (mbQ_2^2): 7,23 kPa - 0°35'; 5,1 kPa - 3°12'; 7,45 kPa.



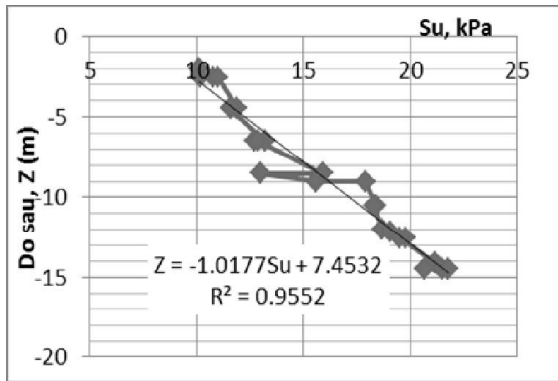
Hình 4a. Quan hệ giữa sức kháng cắt c_{uu} với B của bùn sét KV-I($ambQ_2^3$)



Hình 4b. Quan hệ giữa sức kháng cắt c_{uu} với e_0 của bùn sét KV-I($ambQ_2^3$)

Sở dĩ, sức kháng cắt của đất có sự khác nhau giữa các khu vực (tuổi, nguồn gốc khác nhau thì thành phần và tính chất khác nhau) là có mối quan hệ chặt chẽ với các chỉ tiêu vật lý của đất, đặc biệt là hàm lượng hạt sét, hệ số rỗng e_0 , độ sệt B của đất và biến đổi như sau: khi hàm lượng hạt sét càng giảm, hệ số rỗng e_0 và độ sệt B trong đất càng tăng thì sức kháng cắt càng giảm và ngược lại (hình 4a, b).

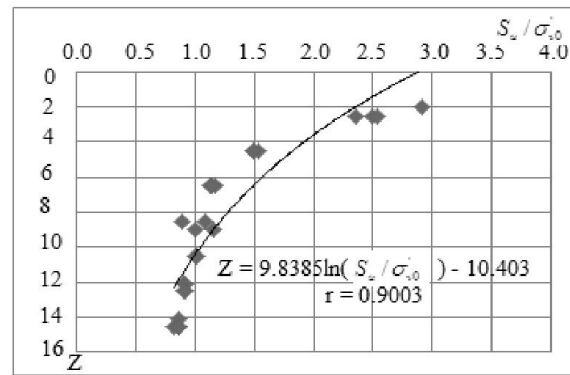
Bên cạnh đó, kết quả thí nghiệm cắt cánh cho thấy S_u của đất tăng tuyến tính theo độ sâu Z và được biểu thị bằng phương trình



Hình 5a. Sự thay đổi S_u (VST) theo độ sâu Z bùn sét pha KV-II (mbQ_2^2)

$Z = -1.0177S_u + 7.4532$ với $r = 0,977$ (hình 5a).

Sự tăng sức chống cắt S_u theo ứng suất hữu hiệu được biểu thị bằng tỷ số S_u / σ'_{v0} . Tỷ số này là cơ sở đặc trưng cho sức chống cắt không thoát nước của đất loại sét. Kết quả tổng hợp từ 23 điểm cắt cánh đối với bùn sét pha KV-II (mbQ_2^2) đến độ sâu 14,5m tại Khuê Trung - Cầu Nguyễn Tri Phương (Cẩm Lệ) cho thấy tương quan giữa S_u / σ'_{v0} với độ sâu Z có dạng phương trình: $Z = 9.8385 \ln(S_u / \sigma'_{v0}) - 10.403$ với $r = 0.9003$ (hình 5b).



Hình 5b. Sự thay đổi S_u / σ'_{v0} theo độ sâu Z bùn sét pha KV-II (mbQ_2^2)

Bảng 4. Sức kháng cắt không thoát nước của đất

Chi tiêu		Bùn sét pha				Bùn sét	
		KV-I ($ambQ_2^3$)	KV-II (mbQ_2^2)	KV-III ($ambQ_2^2$)	KV-IV ($abmQ_2^1$)	KV-I ($ambQ_2^3$)	KV-II (mbQ_2^2)
UU	Số mẫu	76	74	60	35	19	39
	φ_{uu} , độ	$0^028' \div 1^019'$ $0^048'$	$0^030' \div 0^056'$ $0^040'$	$0^033' \div 0^050'$ $0^039'$	$0^031' \div 0^038'$ $0^035'$	$0^028' \div 0^032'$ $0^031'$	$0^029' \div 0^055'$ $0^035'$
	c_{uu} , kPa	$6,9 \div 9,0$ 7,98	$7,0 \div 8,7$ 7,86	$5,8 \div 8,2$ 7,18	$5,4 \div 6,0$ 5,7	$7,0 \div 7,3$ 7,13	$6,8 \div 7,9$ 7,24
Cắt phẳng	Số mẫu	115	171	93	37	36	88
	φ_{uu} độ	$3^004' \div 5^018'$ $4^026'$	$3^049' \div 4^035'$ $4^016'$	$3^013' \div 4^024'$ $4^003'$	$3^012' \div 3^052'$ $3^031'$	$3^004' \div 3^011'$ $3^009'$	$3^001' \div 3^021'$ $3^012'$
	c_{uu} , kPa	$4,5 \div 7,80$ 6,44	$5,7 \div 7,3$ 6,38	$4,0 \div 7,1$ 5,62	$3,4 \div 4,0$ 3,7	$4,8 \div 5,10$ 4,93	$4,6 \div 6,3$ 5,12
VST	Số điểm	25	21	20	16	08	13
	S_u , kPa	10,5	9,69	8,05	6,45	8,98	7,45
CU	Số mẫu	15	21	08	10	17	15
	Ứng suất tổng	φ_{cu} $11^003' \div 13^004'$ $12^016'$	$11^037' \div 12^052'$ $12^031'$	$11^014' \div 12^045'$ $11^035'$	$11^009' \div 11^036'$ $11^028'$	$12^010' \div 12^048'$ $12^011'$	$10^018' \div 11^054'$ $11^006'$

	C_{cu}	11,1 ÷ 12,2 11,73	9,6 ÷ 10,8 10,08	10,3 ÷ 13,4 11,85	8,8 ÷ 11,1 9,95	10,5 ÷ 11,3 9,9	10,5 ÷ 12,6 11,55
Ứng suất hữu hiệu	ϕ'	18°52'÷22°05' 20°33'	18°55'÷23°28' 19°19'	19°18'÷20°46' 20°02'	16°22'÷17°57' 17°10'	16°43'÷16°57' 16°48'	16°24'÷19°02' 17°43'
	C'	7,1 ÷ 8,1 7,67	6,7 ÷ 8,2 6,8	7,2 ÷ 7,8 7,5	5,1 ÷ 7,3 6,2	6,6 ÷ 6,8 6,6	6,4 ÷ 7,3 6,85

+ Đặc trưng kháng cắt hữu hiệu của đất yếu

Khi đất được cố kết với độ cố kết $U = 95\%$, sức kháng cắt của đất yếu tăng lên đáng kể: Bùn sét pha KV-I ($ambQ_2^3$) tăng 46,99%; KV-II (mbQ_2^2) là 28,84%; KV-III ($ambQ_2^2$) 65,04%; KV-IV ($abmQ_2^1$) là 74,56%. Bùn sét KV-I ($ambQ_2^3$) tăng 38,85%; KV-II (mbQ_2^2) là 59,53%. Bên cạnh đó, sức kháng cắt hữu hiệu của đất đạt giá trị cao: $c' = 6,2 \div 7,67$ kPa; $\phi' = 17^\circ 10' \div 20^\circ 33'$ (bùn sét pha) và $c' = 6,6 \div 6,85$ kPa; $\phi' = 16^\circ 48' \div 17^\circ 43'$ (bùn sét pha). Sức kháng cắt hữu hiệu của đất ở các khu vực khác nhau tùy thuộc vào tuổi, nguồn gốc, điều kiện hình thành, tồn tại của đất yếu trong cấu trúc nền và phụ thuộc chặt chẽ vào hàm lượng hạt sét, chỉ số dẻo của đất. Khi hàm lượng hạt sét và chỉ số dẻo tăng thì góc ma sát trong hữu hiệu của đất giảm nhưng lực dính đơn vị hữu hiệu của đất tăng và ngược lại.

5. KẾT LUẬN

- Đất yếu khu vực nghiên cứu bao gồm bùn sét, bùn sét pha trạng thái dẻo chảy đến chảy có tuổi và nguồn gốc khác nhau. Thành phần hạt và tính chất cơ lý của đất bất đồng nhất tùy thuộc vào tuổi, nguồn gốc, điều kiện hình thành và tồn tại. Sự chiếm ưu thế của nhóm hạt sét và bụi sẽ làm giảm tính thấm, kéo dài thời gian lún của nền đường đắp.

- Đất nghiên cứu đều rất yếu, chưa được cố kết, áp lực tiền cố kết bé ($P_c = 52,55$ kPa ÷ 61,5 kPa đối với bùn sét pha và $P_c = 45,50$ kPa ÷ 58,8 kPa đối với bùn sét), hệ số nén lún lớn ($a_{0,5-1} \geq 10$ kPa⁻¹), môđun tổng biến dạng nhỏ ($E_{0,5-1} \leq 5000$ kPa). Hệ số cố kết c_v , c_h thể hiện tính bất đồng nhất rõ rệt, tỷ số c_h/c_v có sự khác biệt so với kết quả nghiên cứu của các tác giả trên thế giới và Việt Nam. Bên cạnh đó, sức kháng cắt của đất thấp và cũng có sự khác nhau giữa các khu vực tùy thuộc vào tuổi, nguồn gốc, điều kiện hình thành, tồn tại của đất yếu trong cấu trúc nền.

- Khi xây dựng nền đường trên đất yếu thì đặc trưng cố kết thấm là những chỉ tiêu dùng để tính toán độ lún của nền đường, xác định chiều cao phòng lún. Hệ số cố kết thấm của đất, đặc biệt là hệ số cố kết thấm ngang là thông số rất quan trọng quyết định đến khoảng cách thiết bị tiêu thoát nước thẳng đứng (khi dùng bậc thấm, giếng cát, cọc cát,...) vì thế liên quan đến thời gian thi công và giá thành xây dựng. Việc xác định chính xác hệ số cố kết thấm ngang của đất nền khi xây dựng sẽ đem lại hiệu quả cao về kinh tế và kỹ thuật. Đồng thời, dựa vào sức kháng cắt của đất để xác định chiều cao nền đắp theo từng giai đoạn và đánh sự ổn định của nền đường đắp trên đất yếu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Báo cáo: Kết quả khảo sát ĐCCT – ĐKT từ nguồn tài liệu thu thập ở các sở Xây dựng, Giao thông vận tải, sở Công thương, sở Tài nguyên và môi trường, các Tổng công ty, các Công ty khảo sát xây dựng trên địa bàn Đà Nẵng và Quảng Nam. Kết quả quan trắc lún cao tốc Đà Nẵng – Quảng Ngãi; dự án CSHT ưu tiên TPĐN: Đường Nguyễn Tất Thành nối dài, đường dẫn đầu cầu Khuê Đông. Nguyễn Mạnh Thủy (2002), “Lựa chọn giải pháp kỹ thuật hợp lý xử lý nền đất yếu ở khu vực phía Nam thành phố Hồ Chí Minh”, Luận án tiến sĩ Địa chất.

- Nguyễn Viết Tình (2001), “*Đặc tính địa chất công trình các thành tạo trầm tích Holocen dưới - giữa nguồn gốc hồ - đầm lầy phụ tầng Hải Hưng dưới ($IbQ_{IV}^{1-2}hh$). Đánh giá khả năng sử dụng và dự báo biến đổi của chúng dưới tác dụng của các hoạt động công trình và phát triển đô thị, lấy ví dụ cho khu vực Hà Nội*”, Luận án Tiến sĩ Địa chất. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- Nguyễn Thị Nụ (2012), *Đặc điểm sức kháng cắt của đất loại sét yếu amQ_2^{2-3} phân bố ở các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long*, Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 42/4-2013, tr.36-43.
- TCVN 4200:2012: Đất xây dựng - Phương pháp xác định tính nén lún trong phòng thí nghiệm.
- Phạm Thị Nghĩa và nnk (2005), “*Xác định hệ số thấm ngang của đất yếu phụ hệ tầng Hải Hưng dưới từ kết quả xuyên tĩnh điện*”, Tạp chí khoa học Địa chất công trình và Môi trường, số 1, tr.47-51.161. 16.
- Akira Asaoka (1978), “*Observational procedure of settlement prediction*”, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol 18 (4), 87-101.
- Barron R. A (1948), “*Consolidation of fine-grained soils by drain wells*”, Transaction ASCE, 113, 42-718.
- Monika De Vos & Valerie Whenham (2000), “*Innovative design methods in geotechnical engineering, Belgian Building Research Inst*”, European Geotechnical Thematic Network.

Abstract:

STUDY ON THE LABORATORY TEST OF CONSOLIDATION AND SHEAR STRENGTH OF SOFT SOILS IN THE COASTAL DELTA IN QUANGNAM – DANANG FOR PLANNING AND DESIGNING OF TRANSPORTATION PROJECTS

This paper presents the results of study on the characteristics of soft soils in Quangnam – Danang coastal delta (consolidation and shear strength properties). It is clear that, the strata mainly include very soft clay, very soft sandy clay having different ages and origins ($ambQ_2^3$; mbQ_2^2 ; $ambQ_2^2$ and $abmQ_2^1$) which are Quarternary depositions, irregularly distributed with varying thicknesses, and almost not expose to the surface. These soft soils are under-consolidation with low pre-consolidated pressure ($P_c = 52,55 \text{ kPa} \div 61,5 \text{ kPa}$ for very sandy clay and $P_c = 45,50 \text{ kPa} \div 58,8 \text{ kPa}$ for very soft clay), high compressive ratio ($a_{0,5-1} \geq 10 \text{ kPa}^{-1}$), horizontal consolidation ratio, which represent the heterogeneous characteristics of soft soils, small deformation modulus ($E_{0,5-1} \leq 5000 \text{ kPa}$) and low shear strength. The soft soils will cause severals problems in planning and designing work in general, especially for transportation engineering projects.

Keywords: Soft soils; shear strength; permeable consolidation; horizontal consolidation ratio.

BBT nhận bài: 14/12/2016

Phản biện xong: 10/3/2017