

MỘT SỐ KẾT QUẢ KHI THÍ NGHIỆM NÉN MỘT TRỤC NỖ HÔNG CỦA ĐẤT BẰNG THIẾT BỊ NÉN BA TRỤC

SOME RESULTS OF UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH TESTING OF SOIL BY TRIAXIAL COMPRESSION EQUIPMENT

Nguyễn Thị Phương Khuê

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; ntpkhue@dut.udn.vn

Tóm tắt - Thí nghiệm nén nở hông xác định cường độ kháng nén của mẫu đất, đặc trưng cho khả năng chịu tải của nền đất. Tác giả sử dụng thiết bị nén ba trục để tiến hành thí nghiệm nén nở hông với ưu điểm Loadcell ghi nhận số đọc tự động thay vì theo dõi đọc số bằng đồng hồ cơ của thiết bị sử dụng tay quay. Từ thực nghiệm ghi nhận kết quả của 3 nhóm đất như sau: Với đất cát pha có sỏi sạn trạng thái dẻo (độ sệt B từ 0,29 đến 0,37; số búa SPT hiện trường từ 7 đến 12 búa) thì cường độ kháng nén thay đổi từ 62,08 đến 105,55 kN/m². Với đất sét pha có sỏi sạn trạng thái dẻo mềm (độ sệt B từ 0,49 đến 0,61; số búa SPT hiện trường từ 2 đến 7 búa) thì cường độ kháng nén thay đổi từ 48,95 đến 99,77 kN/m². Với đất sét pha có sỏi sạn trạng thái dẻo cứng (độ sệt B từ 0,21 đến 0,42; số búa SPT hiện trường từ 7 đến 19 búa) thì cường độ kháng nén thay đổi từ 52,78 đến 162,69 kN/m².

Từ khóa - Thí nghiệm nén nở hông; cường độ kháng nén; đất sét pha dẻo mềm; đất sét pha dẻo cứng; vòng tròn Mohr

Abstract - The unconfined compressive strength test is to determine the compressive resistance strength of the soil sample, characterizing the bearing capacity of the soil ground. The author uses triaxial compression device to perform the unconfined compressive strength test with the advantage that Loadcell records the automatic reading instead of the mechanical clock reading of the crank device. Experiments have recorded the results of 3 soil groups as follows: For sandy soil with gravels, plastic state gravel (viscosity B from 0.29 to 0.37; number of SPT from 7 to 12 hammers), the compressive resistance strength changes from 62.08 to 105.55 kN/m². For sandy clay with gravels, soft plastic state (viscosity B from 0.49 to 0.61; the number of SPT from 2 to 7 hammers), the compressive resistance intensity varies from 48.95 to 99.77 kN/m². With sandy clay with gravels, stiff state (viscosity B from 0.21 to 0.42; number of SPT from 7 to 19 hammers), the compressive resistance intensity varies from 52.78 to 162.69 kN/m².

Key words - The unconfined compressive test; compressive resistance strength; sandy clay soft state; sandy clay stiff state; Mohr Circle

1. Đặt vấn đề

Thí nghiệm các mẫu đất trong phòng để xác định các chỉ tiêu cơ lý phục vụ cho tính toán, thiết kế và xử lý nền đất là một trong các bước quan trọng trong xây dựng. Trong đó, tính chất cường độ kháng nén của mẫu đất đặc biệt được quan tâm và đặc trưng cho khả năng chịu tải của nền đất. Có nhiều phương pháp thí nghiệm trong phòng để xác định tính chất cường độ kháng nén như thí nghiệm cắt nhanh trực tiếp (TCVN4199:2012), thí nghiệm nén 3 trục sơ đồ không có kết - không thoát nước UU (ASTM D2850, AASHTO T296, BS1377:1990, part 7, clause 8) và nén một trục nở hông (ASTM D2166, BS1377:1990, part 7, clause 7), mỗi thí nghiệm phụ thuộc vào điều kiện xử lý nền đất, tính toán khác nhau. Ngoài ra, có thể xác định trực tiếp từ hiện trường như cắt cánh hiện trường (BS1377:1990, part 9, clause 4.4, ASTM D2573, AASHTO T223), gián tiếp từ thí nghiệm xuyên tĩnh hoặc nén ngang [1], [2].

Cường độ kháng nén xác định từ các thí nghiệm 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. Đây là một trong những thí nghiệm được lựa chọn đi kèm với thí nghiệm như nén ba trục sơ đồ CU (có kết - không thoát nước) và CD (có kết - thoát nước) để xác định sức kháng cắt tổng và sức kháng cắt hữu hiệu nhằm đánh giá ổn định của nền sau gia cố trong điều kiện đất nền đã được có kết.

Thí nghiệm nén ba trục UU là một phương pháp ưu việt khi xác định sức kháng cắt không thoát nước của đất ở trạng thái tự nhiên. Thí nghiệm cắt cánh ngoài hiện trường xác định sức kháng cắt không thoát nước của các loại đất dính mềm yếu, bão hoà nước. Thí nghiệm thực hiện trong điều

kiện tự nhiên, ít gây ra sự phá hoại tính nguyên trạng của đất. Thí nghiệm nén nở hông cho phép xác định được cường độ kháng nén nở hông của đất [$q_u = 2c_u \cdot \tan(45^\circ + \phi/2)$]. Đối với đất yếu, lực dính không thoát nước $c_u = q_u/2$. Thí nghiệm nén nở hông được thực hiện trong điều kiện σ_3 được xem bằng 0. Thí nghiệm nén nở hông có ưu điểm là thí nghiệm nhanh, khoảng 1 giờ cho 1 mẫu thí nghiệm [2].

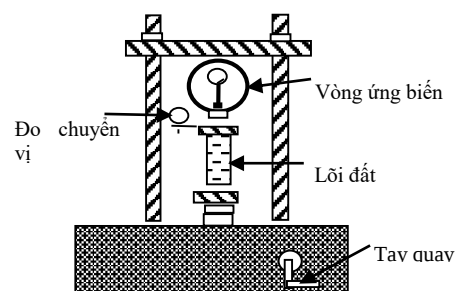
Kết quả bài báo thu thập số liệu từ dự án thực tế: “Con đường di sản Văn Đồn”, tỉnh Quảng Ninh. Tác giả sử dụng thiết bị nén ba trục với ưu điểm Loadcell ghi nhận số đọc tự động thay vì dùng thiết bị quay tay theo dõi đồng hồ cơ thông thường. Bài báo đưa ra một số kết quả từ thí nghiệm nén một trục có nở hông.

2. Xác định xác định cường độ kháng nén của mẫu đất trong điều kiện cho phép nở hông q_u

2.1. Thí nghiệm nén một trục có nở hông

2.1.1. Dụng cụ thiết bị thí nghiệm

- Máy nén một trục có nở hông; dụng cụ tạo mẫu; dụng cụ xác định độ ẩm; dao gạt đất; thước kẹp đo.



Hình 1. Sơ đồ thiết bị máy nén một trục có nở hông

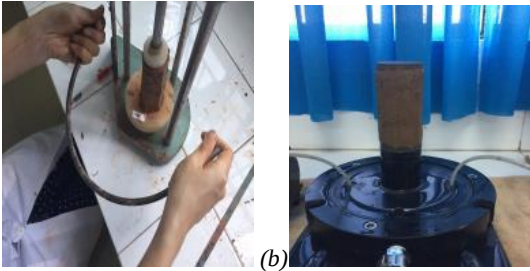
Tác giả nghiên cứu thí nghiệm tại phòng thí nghiệm khoa Xây dựng Cầu đường, Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng trên thiết bị nén 3 trục hãng Geocomp để thực hiện thí nghiệm nén một trục có nở hông.



Hình 2. Thiết bị nén 3 trục của hãng Geocomp

2.1.2. Trình tự thí nghiệm

- Gia công mẫu có dạng hình trụ chiều cao bằng 2 lần đường kính (3,5x7,0cm) sau đó cho mẫu vào buồng, đặt buồng mẫu lên bàn nén và thiết lập dữ liệu đầu vào trên phần mềm trixial.

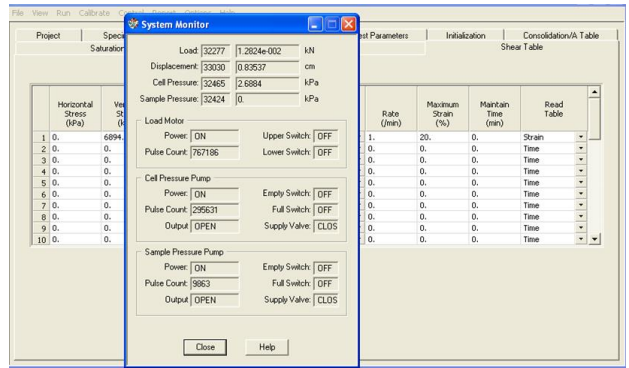


Hình 3. (a) Gia công mẫu; (b) Lắp mẫu vào buồng

- Nén mẫu dọc trục cho tới khi phá hoại, đồng thời đo sự giảm chiều cao của mẫu. Khi mẫu bị phá hoại, cân quan sát góc nghiêng tạo thành giữa mặt trượt với phương nằm ngang.

- Tác động lực thẳng đứng từ từ lên đầu thoi mẫu để mẫu bị nén xuống, với vận tốc từ 1,5mm đến 2mm/ phút, cho đến khi mẫu bị phá hỏng hoặc bằng 15% - 20% biến dạng thẳng đứng của thoi mẫu. Thời gian thí nghiệm diễn ra trong vòng khoảng 20 phút [3].

- Phần mềm thu dữ liệu lực nén P tác dụng lên mẫu. Nhập dữ liệu đầu vào như tên công trình, vị trí lấy mẫu, kí hiệu mẫu, độ sâu lấy mẫu, khối lượng mẫu. Sau đó thiết lập đưa giá trị tải trọng, chuyển vị, áp lực buồng, áp lực mẫu về giá trị ban đầu “0” [4].



Hình 5. Thiết lập các giá trị đưa về “0”

2.1.3. Công thức tính toán [3], [5]

- Biến dạng dọc trục:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (1)$$

Trong đó, ΔL – độ chênh lệch thay đổi chiều dài của mẫu thí nghiệm; L_0 – chiều dài ban đầu của mẫu thí nghiệm.

- Diện tích mặt cắt ngang trung bình của mẫu thí nghiệm:

$$A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon} \quad (2)$$

Trong đó, A_0 – diện tích mặt cắt ngang trung bình ban đầu của mẫu thí nghiệm; ε - biến dạng dọc trục ứng với từng lực nén.

- Áp lực nén mẫu cho đến khi phá hoại:

$$\sigma = \frac{P(H - \Delta H)}{A.H} \quad (3)$$

Trong đó, P – lực nén vỡ mẫu; H – Chiều cao mẫu thí nghiệm; ΔH – Sự giảm chiều cao mẫu sau khi nén; A – Diện tích tiết diện ngang mẫu nén

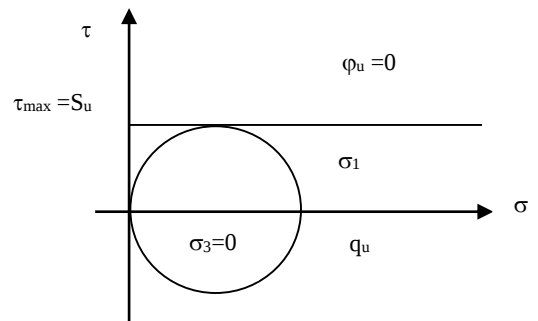
- Sức kháng nén nở hông q_u :

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

Trong đó: A – tiết diện mẫu thay đổi trong quá trình nén; P – lực nén dọc trục

- Sức kháng cắt:

$$S_u = \frac{q_u}{2} \quad (5)$$



Hình 6. Cách xác định sức kháng nén nở hông q_u

Project	Specimen	Water Content	Read Table	Test Parameters	Initialization	Consolidation/A Table				
	Saturation	Consolidation/B Table			Shear Table					
	Horizontal Stress (kPa)	Vertical Stress (kPa)	Stress Type	Pore Pressure Change (kPa)	Shear Step Type	Shear Step Control	Rate (1/min)	Maximum Strain (%)	Maintain Time (min)	Read Table
1	0.	6894.7578895	Relative	0.	Undrained	Strain	1.	20.	0.	Strain
2	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
3	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
4	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
5	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
6	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
7	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
8	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
9	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time
10	0.	0.	Absolute	0.	Undrained	Strain	0.	0.	0.	Time

Hình 4. Nhập dữ liệu đầu vào

2.1.4. Hệ số tương quan R

Để xác định mối tương quan của các phương trình tương quan dạng tuyến tính $y=ax+b$, người ta dùng hệ số tương quan R. Gọi $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ là n cặp quan sát của một mẫu ngẫu nhiên của hai biến ngẫu nhiên X & Y. Hệ số tương quan mẫu tính từ mẫu n cặp giá trị quan sát của hai biến X và Y được thể hiện trong công thức sau [6]:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2 \right)}} \quad (6)$$

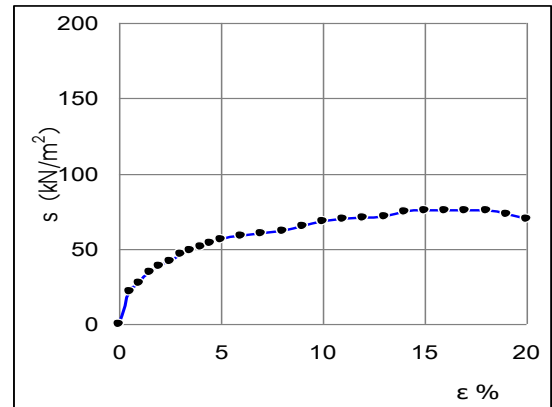
Theo Kalomenxki, mức độ phụ thuộc tương quan giữa các đại lượng ngẫu nhiên nghiên cứu được đánh giá qua giá trị tuyệt đối của hệ số tương quan như sau: Mức độ phụ thuộc tương quan rất yếu khi $0 \leq |R| < 0,5$; mức độ tương quan tương đối yếu khi $0,5 \leq |R| < 0,7$; liên hệ tương quan chặt khi $0,7 \leq |R| < 0,9$; liên hệ tương quan rất chặt $0,9 \leq |R| \leq 1$.

2.1.5. Mẫu kết quả thí nghiệm

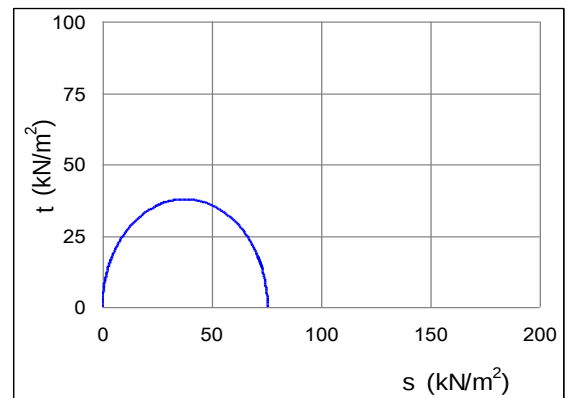
Bảng 1. Bảng số liệu của một mẫu đất thí nghiệm

Số thí nghiệm		1528	Chiều cao mẫu (cm)		7,0
Tốc độ nén (%)		1	Đường kính mẫu (cm)		3,5
Ngày thí nghiệm		2/6/2018	Tiết diện mẫu (cm ²)		9,62
Δh	ε	1-ε	A	P	σ
cm	%		cm ²	N	kN/m ²
0,000	0,0	1,000	9,62	0,00	0.00
0,035	0,5	0,995	9,67	21,28	22,01
0,070	1,0	0,990	9,72	26,54	27,31
0,105	1,5	0,985	9,77	33,40	34,19
0,140	2,0	0,980	9,82	37,81	38,51
0,175	2,5	0,975	9,87	41,29	41,84
0,210	3,0	0,970	9,92	46,55	46,93
0,245	3,5	0,965	9,97	48,98	49,13
0,280	4,0	0,960	10,02	51,32	51,21
0,315	4,5	0,955	10,07	54,39	53,99
0,350	5,0	0,950	10,13	56,75	56,04
0,420	6,0	0,940	10,24	59,78	58,41
0,490	7,0	0,930	10,35	62,32	60,24
0,560	8,0	0,920	10,46	64,50	61,68
0,630	9,0	0,910	10,57	68,91	65,18
0,700	10,0	0,900	10,69	73,29	68,56
0,770	11,0	0,890	10,81	75,40	69,75
0,840	12,0	0,880	10,93	77,32	70,72
0,910	13,0	0,870	11,06	78,93	71,37
0,980	14,0	0,860	11,19	83,26	74,42
1,050	15,0	0,850	11,32	85,43	75,48

1,120	16,0	0,840	11,45	86,50	75,52
1,190	17,0	0,830	11,59	87,21	75,23
1,260	18,0	0,820	11,73	88,59	75,50
1,330	19,0	0,810	11,88	86,50	72,82
1,400	20,0	0,800	12,03	84,38	70,16



Hình 7. Biểu đồ nén mẫu từng áp lực với biến dạng dọc trục tương ứng



Hình 8. Biểu đồ vòng tròn Mohr giữa áp lực nén σ và sức kháng cắt τ

Tác giả tiến hành thí nghiệm 75 mẫu nén nở hông chủ yếu là 3 loại đất: cát pha có sỏi sạn trạng thái dẻo, sét pha có sỏi sạn trạng thái dẻo mềm, sét pha có sỏi sạn trạng thái dẻo cứng. Kết quả cường độ kháng nén và một số chỉ tiêu cơ lý của 75 mẫu được thể hiện ở Bảng 2.



Hình 9. Mẫu thí nghiệm trong hộp nén

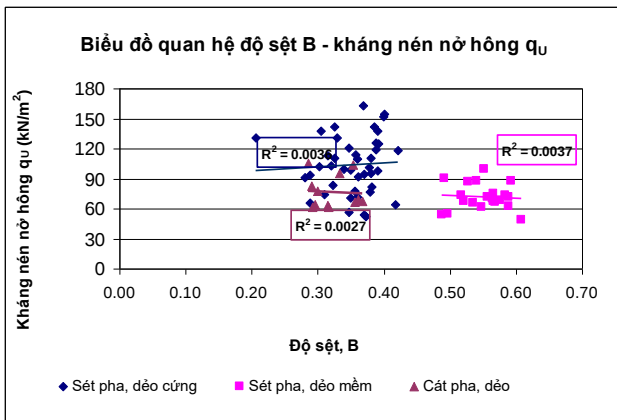
Bảng 2. Kết quả thí nghiệm nén nở hông và cơ lý của 75 mẫu

Số thí nghiệm	Kí hiệu mẫu	Chiều sâu lấy mẫu (m)	SPT N ₃₀ (búa)	Độ ẩm tự nhiên (%)	Dung trọng tự nhiên (g/cm ³)	Chỉ số dẻo (%)	Độ sệt	Hệ số nén lún a ₁₋₂ (cm ² /kG)	Lực Dính kết (kG/cm ²)	Góc ma sát trong	Sức kháng nén nở hông, q _u (kN/m ²)
Cát pha có sỏi sạn, trạng thái dẻo.											
1494	BS3-2-qu	4,9-5,1	12	20,9	1,98	6,8	0,35	0,020	0,11	27 ⁰ 01	104,06
1527	18-3-qu	6,0-6,2	10	19,8	1,96	6,8	0,32	0,021	0,10	26 ⁰ 55	62,08
1521	BS7-4-qu	7,8-8,0	9	20,3	1,95	6,1	0,36	0,021	0,10	26 ⁰ 36	69,61
1533	BS9-4-qu	7,9-8,1	7	17,3	1,98	7,0	0,29	0,019	0,11	27 ⁰ 17	105,55
1535	20-4-qu	8,2-8,4	7	19,0	1,98	6,8	0,30	0,017	0,10	27 ⁰ 41	64,59
1526	17-4-qu	8,8-9,0	10	18,6	1,97	6,5	0,29	0,018	0,11	27 ⁰ 41	62,11
1505	11-5-qu	9,7-9,9	9	19,9	1,99	6,0	0,33	0,021	0,08	27 ⁰ 14	95,35
1530	19-5-qu	10,7-10,9	7	19,0	1,97	7,0	0,30	0,021	0,11	26 ⁰ 25	77,41
1553	27-6-qu	12,1-12,3	8	20,5	1,94	6,8	0,37	0,021	0,10	27 ⁰ 36	67,39
1499	BS4-7-qu	13,2-13,4	12	17,9	1,99	6,9	0,29	0,018	0,12	27 ⁰ 52	82,44
1514	14-11-qu	22,1-22,3	11	18,6	1,98	7,0	0,31	0,021	0,10	27 ⁰ 14	63,14
1560	19-13-qu	27,0-27,2	8	21,0	1,93	5,9	0,36	0,021	0,10	27 ⁰ 28	66,63
Sét pha có sỏi sạn, trạng thái dẻo mềm											
1495	7-2-qu	4,8-5,0	6	27,9	1,91	15,7	0,55	0,037	0,14	13 ⁰ 16	61,94
1532	BS10-2-qu	5,0-5,2	4	29,0	1,90	15,4	0,55	0,035	0,15	13 ⁰ 47	99,77
1540	21-3-qu	6,2-6,4	6	26,9	1,91	15,5	0,50	0,036	0,16	14 ⁰ 05	55,12
1551	26-3-qu	6,4-6,6	5	28,0	1,90	14,0	0,56	0,041	0,14	11 ⁰ 44	72,01
1542	22-3-qu	6,9-7,1	4	31,0	1,88	16,1	0,58	0,040	0,13	12 ⁰ 17	73,14
1563	22-4-qu	8,9-9,1	5	29,9	1,89	16,8	0,59	0,039	0,13	12 ⁰ 27	62,17
1523	16-4-qu	9,0-9,2	6	27,9	1,91	15,9	0,53	0,037	0,14	13 ⁰ 29	66,15
1485	9-5-qu	9,1-9,3	7	27,0	1,90	15,4	0,49	0,035	0,15	14 ⁰ 05	53,90
1541	21-5-qu	10,0-10,2	6	30,9	1,90	16,0	0,57	0,039	0,13	12 ⁰ 01	66,41
1513	13-5-qu	10,5-10,7	6	28,2	1,90	16,1	0,54	0,039	0,13	13 ⁰ 03	88,23
1548	BS11-5-qu	10,8-11,0	5	28,0	1,91	14,0	0,52	0,037	0,12	13 ⁰ 19	67,55
1531	BS10-5-qu	10,9-11,1	5	28,9	1,92	16,5	0,49	0,035	0,14	13 ⁰ 19	90,40
1556	12-5-qu	11,0-11,2	5	29,0	1,90	16,3	0,56	0,040	0,14	12 ⁰ 24	70,35
1550	25-6-qu	12,1-12,3	6	27,6	1,92	14,9	0,52	0,039	0,13	12 ⁰ 01	73,26
1557	12-6-qu	12,9-13,1	5	29,9	1,87	13,0	0,59	0,039	0,13	12 ⁰ 53	88,11
1517	15-6-qu	13,0-13,2	4	29,1	1,89	16,6	0,57	0,041	0,15	12 ⁰ 47	67,68
1516	15-7-qu	14,6-14,8	4	30,0	1,88	15,1	0,58	0,040	0,13	12 ⁰ 21	68,23
1484	8-7-qu	15,3-15,5	2	35,6	1,83	15,8	0,61	0,050	0,11	8 ⁰ 47	48,95
1528	18-8-qu	16,3-16,5	4	30,6	1,90	15,2	0,57	0,041	0,13	11 ⁰ 28	75,52
1554	27-10-qu	20,2-20,4	5	31,5	1,88	13,6	0,59	0,041	0,11	10 ⁰ 12	71,58
1515	14-12-qu	24,3-24,5	6	27,2	1,90	15,0	0,53	0,037	0,16	14 ⁰ 18	86,69
Sét pha có sỏi sạn, trạng thái dẻo cứng											
1498	BS2-2-qu	4,2-4,4	7	21,3	1,95	16,3	0,38	0,031	0,22	20 ⁰ 15	95,21
1547	BS11-2-qu	4,8-5,0	11	20,6	1,94	15,6	0,34	0,029	0,18	20 ⁰ 57	99,71
1543	23-2-qu	4,9-5,1	8	22,1	1,93	14,5	0,37	0,032	0,19	19 ⁰ 17	52,78
1487	10-3-qu	5,5-5,7	10	20,9	1,93	15,1	0,32	0,028	0,19	20 ⁰ 57	141,55
1480	5-3-qu	5,6-5,8	9	28,0	1,93	16,8	0,42	0,032	0,20	19 ⁰ 31	63,88
1549	25-3-qu	6,1-6,3	8	22,2	1,93	13,9	0,36	0,031	0,18	19 ⁰ 47	72,07
1561	24-3-qu	6,4-6,6	9	24,0	1,96	16,2	0,37	0,031	0,17	17 ⁰ 19	54,11
1476	2-3-qu	6,7-6,9	10	18,3	2,00	15,7	0,28	0,027	0,21	22 ⁰ 08	91,66

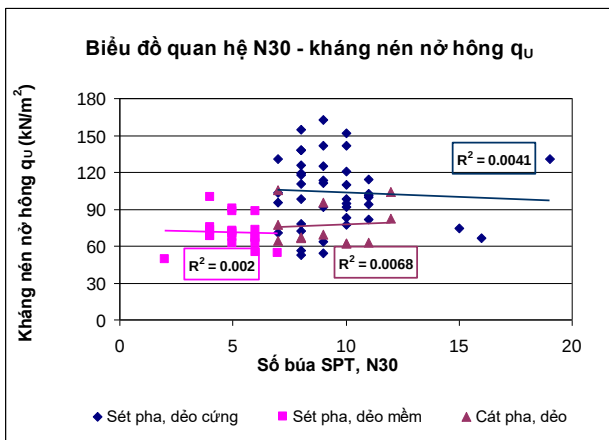
Số thí nghiệm	Kí hiệu mẫu	Chiều sâu lấy mẫu (m)	SPT N_{30} (búa)	Độ ẩm tự nhiên (%)	Dung trọng tự nhiên (g/cm^3)	Chỉ số dẻo (%)	Độ sệt	Hệ số nén lún a_{1-2} (cm^2/kG)	Lực Dính kết (kG/cm^2)	Góc ma sát trong	Sức kháng nén nở hông, q_u (kN/m^2)
Cát pha có sỏi sạn, trạng thái dẻo.											
1537	BS8-3-qu	6,8-7,0	8	22,8	1,94	16,0	0,39	0,030	0,17	$16^0 29$	126,07
1478	3-4-qu	7,8-8,0	11	20,0	2,00	16,2	0,30	0,028	0,22	$20^0 00$	102,38
1562	24-4-qu	8,3-8,5	8	21,6	1,95	15,3	0,35	0,030	0,17	$17^0 38$	56,65
1558	BS12-4-qu	8,4-8,6	16	19,9	1,98	16,0	0,29	0,028	0,18	$20^0 30$	66,25
1483	8-4-qu	8,5-8,7	8	21,0	1,94	16,1	0,30	0,030	0,20	$21^0 24$	137,86
1512	13-4-qu	8,5-8,7	8	26,9	1,91	15,0	0,40	0,034	0,16	$17^0 29$	154,90
1493	7-4-qu	8,6-8,8	9	24,5	1,92	15,6	0,39	0,031	0,18	$19^0 02$	125,04
1492	BS2-4-qu	8,7-8,9	8	21,2	1,95	16,0	0,35	0,030	0,20	$20^0 30$	98,47
1518	BS6-4-qu	8,8-9,0	10	27,0	1,90	16,9	0,39	0,031	0,17	$18^0 18$	98,07
1544	23-4-qu	8,9-9,1	8	25,6	1,95	16,0	0,39	0,029	0,20	$17^0 35$	119,57
1504	BS5-4-qu	9,0-9,2	8	27,5	1,92	15,1	0,39	0,028	0,18	$18^0 31$	137,87
1506	BS5-5-qu	10,8-11,0	9	26,8	1,92	16,0	0,37	0,031	0,18	$19^0 02$	162,69
1555	BS6-5-qu	10,8-11,0	11	27,0	1,93	16,4	0,38	0,033	0,19	$18^0 28$	101,25
1538	BS8-5-qu	11,0-11,2	9	23,6	1,97	15,6	0,38	0,028	0,18	$19^0 02$	141,83
1479	3-6-qu	11,4-11,6	11	22,2	1,96	16,0	0,38	0,030	0,21	$20^0 00$	81,87
1507	11-6-qu	11,5-11,7	9	26,9	1,92	15,5	0,36	0,030	0,20	$20^0 15$	91,89
1491	4-5-qu	11,6-11,8	8	20,1	1,98	16,3	0,36	0,029	0,20	$20^0 30$	78,03
1496	BS3-6-qu	12,0-12,2	10	22,5	1,93	16,3	0,40	0,031	0,18	$18^0 37$	151,93
1488	10-6-qu	12,1-12,3	8	21,3	1,92	15,8	0,38	0,031	0,20	$19^0 17$	110,34
1559	BS12-6-qu	12,2-12,4	10	23,9	1,95	15,6	0,38	0,032	0,19	$18^0 03$	77,26
1552	26-6-qu	12,3-12,5	10	21,2	1,96	15,3	0,35	0,031	0,18	$19^0 17$	120,50
1534	BS9-6-qu	12,3-12,5	11	21,0	1,95	14,3	0,36	0,030	0,18	$20^0 30$	113,94
1477	2-6-qu	12,6-12,8	19	17,0	2,03	12,1	0,21	0,022	0,19	$24^0 10$	131,14
1524	16-6-qu	13,0-13,2	15	20,8	1,96	12,9	0,31	0,027	0,14	$22^0 47$	74,77
1486	9-7-qu	13,5-13,7	9	20,0	1,98	12,6	0,33	0,030	0,16	$22^0 11$	111,10
1522	BS7-7-qu	13,9-14,1	7	20,7	1,96	16,0	0,35	0,030	0,19	$19^0 50$	71,12
1481	6-7-qu	14,1-14,3	8	23,4	1,92	16,4	0,42	0,034	0,17	$18^0 09$	117,96
1525	17-7-qu	14,9-15,1	10	20,6	1,94	15,6	0,36	0,031	0,20	$19^0 17$	109,62
1482	6-9-qu	17,6-17,8	7	18,8	1,99	12,8	0,32	0,027	0,15	$22^0 47$	103,37
1489	BS1-10-qu	20,5-20,7	10	22,1	1,95	15,7	0,37	0,030	0,18	$21^0 12$	94,45
1497	BS4-12-qu	23,3-23,5	7	21,0	1,97	13,7	0,33	0,028	0,15	$22^0 20$	130,83
1490	1-12-qu	25,6-25,8	10	19,9	1,98	15,2	0,32	0,029	0,20	$21^0 45$	83,37
1475	1-13-qu	30,0-30,2	11	19,9	2,02	11,8	0,29	0,028	0,16	$22^0 47$	93,63
1536	20-23-qu	46,1-46,3	9	20,8	1,96	14,0	0,31	0,029	0,16	$20^0 42$	113,65



Hình 10. Mẫu sau khi bị nén nở hông



Hình 11. Biểu đồ quan hệ độ sệt B và kháng nén nở hông q_u



Hình 12. Biểu đồ quan hệ N30 và kháng nén nở hông q_u

Nhận xét: Từ số liệu Bảng 2 và Hình 11, 12 cho thấy, với đất trạng thái dẻo mềm có độ dao động cường độ kháng nén trong phạm vi nhỏ hơn đất trạng thái dẻo cứng. Cụ thể, sét pha có silt sạn trạng thái dẻo mềm, q_u thay đổi trong khoảng 48,95 đến 99,77 kN/m²; Sét pha có silt sạn trạng

thái dẻo cứng, q_u thay đổi trong khoảng 52,78 đến 162,69 kN/m²; Cát pha có silt sạn trạng thái dẻo, q_u trong khoảng 62,08 đến 105,55 kN/m². Cường độ kháng nén nở hông q_u không phụ thuộc vào độ sệt B và số búa SPT.

3. Kết luận

Sức kháng nén nở hông là một trong những chỉ tiêu cần thiết cho bài toán đánh giá ổn định đất nền. Với thiết bị hiện đại tính năng cao và khối lượng mẫu từ dự án thực tế, bài báo đưa ra một số kết quả tổng hợp sức kháng nén nở hông cho một số loại đất. Kết quả kháng nén nở hông không phụ thuộc hoàn toàn vào độ sệt B và số búa SPT.

Với đất cát pha có silt sạn trạng thái dẻo (độ sệt B từ 0,29 đến 0,37, số búa SPT hiện trường từ 7 đến 12 búa) thì cường độ kháng nén thay đổi từ 62,08 đến 105,55 kN/m². Với đất sét pha có silt sạn trạng thái dẻo mềm (độ sệt B từ 0,49 đến 0,61, số búa SPT hiện trường từ 2 đến 7 búa) thì cường độ kháng nén thay đổi từ 48,95 đến 99,77 kN/m². Với đất sét pha có silt sạn trạng thái dẻo cứng (độ sệt B từ 0,21 đến 0,42, số búa SPT hiện trường từ 7 đến 19 búa) thì cường độ kháng nén thay đổi từ 52,78 đến 162,69 kN/m².

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Việt, *Cẩm nang dùng cho kỹ sư Địa Kỹ thuật*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội 2004.
- [2] Đỗ Minh Toàn, Nguyễn Thị Nụ, Đặc điểm sức kháng cắt của đất loại sét yếu amQ₂₋₃ phân bố ở các tỉnh ven biển đồng bằng sông Cửu Long, *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất*, số 42/4-2013, tr.36-43.
- [3] D2166-00, *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*.
- [4] User's Manual, *Triaxial User's Manual Geocomp Corp.* 2, Geocomp Corporation, 125 Nagog Park, Acton, MA 01720, 2011.
- [5] Engineering service center, *Unconfined compressive strength of soil*, State of california— business, transportation and housing agency, California Test 221, March 2000.
- [6] Đỗ Quang Thiên, Nguyễn Thanh, Trần Thanh Nhân, *Các phương pháp nghiên cứu và khảo sát Địa chất công trình phục vụ xây dựng*, NXB Đại học Huế, 2010.

(BBT nhận bài: 10/5/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 16/12/2019)