

ĐẶC ĐIỂM HỆ SỐ THẨM CỦA ĐẤT SÉT THUỘC TRẦM TÍCH KỸ ĐỆ TỨ KHU VỰC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

NGUYỄN NGỌC PHÚC

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

nguyennngocphuc@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v70i4.4800>

Tóm tắt: Hệ số thẩm của đất dính có ý nghĩa quan trọng để ước tính toán dòng thấm dưới đất trong các điều kiện biên khác nhau đặc biệt là khi giải quyết bài toán cô kết nền đất yếu bão hòa nước. Bài viết này, tác giả tổng hợp giá trị hệ số thẩm đất dính thuộc trầm tích kỹ đệ tứ ở đồng bằng sông Cửu Long từ các kết quả thí nghiệm thấm trong phòng so sánh với các công thức bán thực nghiệm của một số tác giả trong và ngoài nước. Kết quả nghiên cứu này giúp đánh giá hệ số thẩm thay đổi theo hệ số rỗng khi tiến hành bài toán phân tích cô kết nền đất yếu bão hòa.

Từ khóa. Hệ số thẩm; Hệ số rỗng; Đất dính; Trầm tích Kỹ Đệ Tứ.

1. VẤN ĐỀ CHUNG VỀ SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ SỐ RỖNG ĐẾN HỆ SỐ THẨM TRONG ĐẤT DÍNH

Mối quan hệ giữa độ dẫn thủy lực (hay thường gọi là hệ số thẩm) với hệ số rỗng có ý nghĩa rất lớn trong các bài toán thủy học của nước dưới đất. Vào những năm đầu thế kỷ 20, Kozeny (1927) và Carman (1938, 1956) [5,6] đã đề xuất công thức (1) biểu diễn quan hệ cơ bản giữa hệ số thẩm và hệ số rỗng của đất cát và được đánh giá là khá phù hợp với thực tiễn. Công thức này cũng đã từng được sử dụng rất nhiều để ước tính hệ số thẩm cho đất dính. Năm 1961, Olsen đã dẫn chứng bằng các thí nghiệm thấm trên đất sét khoáng natri-illite và đưa ra kết quả so sánh với các tính toán theo công thức (1) thể hiện trên hình (1).

$$k = \frac{1}{C_s S_s^2 T^2} \cdot \frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \frac{e^3}{1+e} \quad (1)$$

trong đó: C_s hệ số hình dạng (phụ thuộc vào dạng của dòng chảy)
 S_s diện tích bề mặt của 1 đơn vị thể tích đất (diện tích riêng)
 T độ rỗng của dòng chảy
 γ_w dung trọng của nước
 η hệ số nhớt
 e hệ số rỗng của đất

Theo Olsen (1961) [5,6] mối quan hệ giữa hệ số thẩm với độ rỗng có sự khác nhau đáng kể giữa lý thuyết và kết quả thực nghiệm (hình 1) do nhiều yếu tố như là chưa tuân thủ các điều kiện ràng buộc của định luật Darcy, hệ số nhớt của nước trong lỗ rỗng khá cao, kích thước lỗ rỗng không đồng đều.

Năm 1948, Taylor đề xuất quan hệ tuyến tính giữa logarit hệ số thẩm k và hệ số rỗng như sau:

$$\log k = \log k_0 - \frac{e_0 - e}{C_k} \quad (2)$$

trong đó: k_0 độ dẫn thủy lực hiện trường tương ứng với hệ số rỗng e_0
 k độ dẫn thủy lực tương ứng với hệ số rỗng e
 C_k hệ số biến thiên độ dẫn thủy lực.

Công thức (2) nói trên cho kết quả tương quan phù hợp khi hệ số rỗng ban đầu của đất $e_0 < 2,5$; hệ số C_k có thể lấy ở mức giá trị $C_k = 0,5.e_0$.

Trong phạm vi biến đổi lớn về mặt giá trị của hệ số rỗng, Mesri và Olson (1971) [5,6] đề xuất sử dụng mối quan hệ giữa logarit hệ số thấm k và logarit hệ số rỗng e như công thức (3) sau đây:

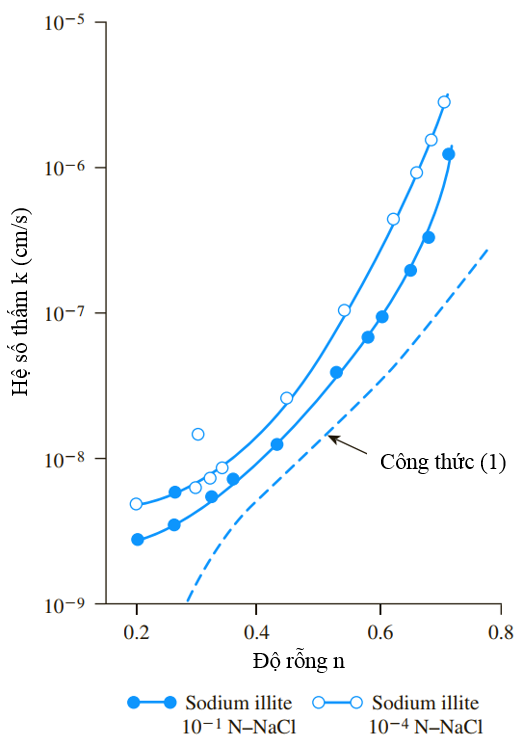
$$\log k = A' \cdot \log e + B' \quad (3)$$

trong đó: A' ; B' là hằng số thực nghiệm

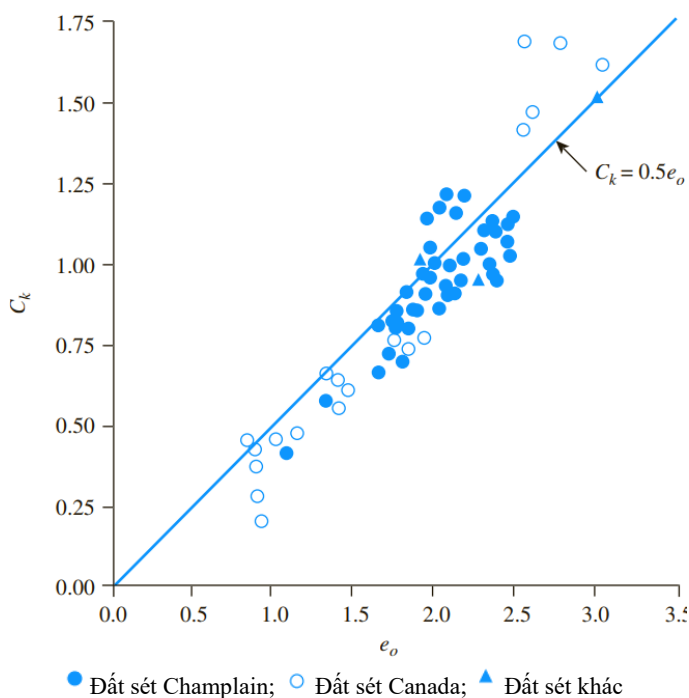
Samarasinghe và cộng sự (1982) thực hiện các thí nghiệm trong phòng đối với đất sét New Liskeard và đề xuất công thức (4) áp dụng cho đất sét có kết thường

$$k = C \cdot \left(\frac{e^n}{1+e} \right) \quad (4)$$

trong đó: C và n là các hệ số thực nghiệm (hình 3)



Hình 1: Hệ số thấm của đất sét Natri –illite (Olsen 1961) [5,6]



Hình 2: Hệ số C_k trong công thức (2)

(Tavenas, F., Jean, P., Leblond, P., and Leroueil, S. (1983). "The Permeability of Natural Soft Clays. Part II: Permeability Characteristics," Canadian Geotechnical Journal, Vol. 20, No. 4, pp. 645–660. Figure 17, p. 658. © 2008 Canadian Science Publishing or its licensors. Reproduced with permission.) [5,6]

Theo GS. TSKH. Hoàng Văn Tân [4], khi giải các bài toán cố kết thấm có xét đến tính thấm thay đổi, hệ số thấm là một hàm số mũ của hệ số rỗng, được tính theo công thức (5) như sau:

$$k = k_1 \cdot \exp(A) \quad (5)$$

trong đó:

$$A = - \left[\frac{\ln \frac{k_1}{k_2}}{e_1 - e_2} \right] \cdot (e_1 - e)$$

k_1 , k_2 là hệ số thấm được xác định từ hệ số rỗng e_1 và e_2 trên đường cong tương ứng với lúc ban đầu và lúc cuối của quá trình cố kết thấm.

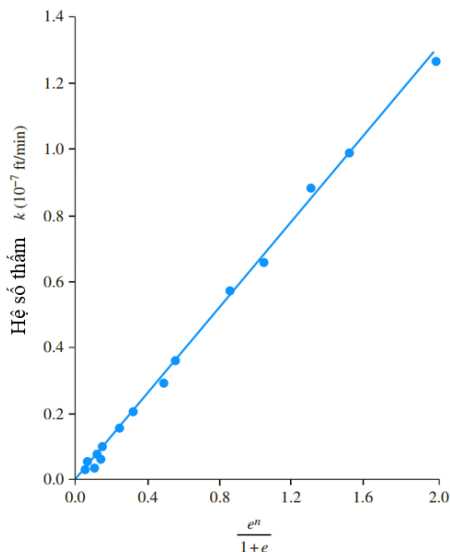
e_1 và e_2 là hệ số rỗng của đất, được xác định từ cường độ áp lực thí nghiệm p_1 và p_2 tác dụng lên mẫu đất khi thí nghiệm nén.

ĐẶC ĐIỂM HỆ SỐ THẨM...

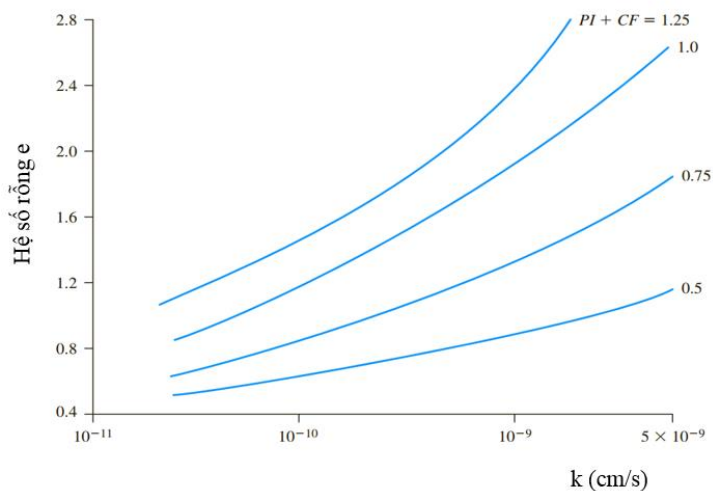
e là hệ số rỗng ở thời điểm khảo sát mức độ cố kết và cũng được xác định dựa vào đường cong nén lún theo công thức (6) hoặc tính gần đúng bằng công thức (7)

$$e = e_1 - \frac{\ln \frac{p}{p_1}}{\ln \frac{p_2}{p_1}} \cdot (e_1 - e_2) \tag{6}$$

$$e = e_1 - \frac{(p-p_1)}{(p_2-p_1)} \cdot (e_1 - e_2) \tag{7}$$



Hình 3: Biến thiên hệ số k với $\frac{e^n}{1+e}$ theo đề xuất của Samarasinghe, Huang, and Drnevich, 1982 đối với đất sét cố kết thường New Liskeard



Hình 4: Quan hệ giữa hệ số thấm và hệ số rỗng theo chỉ số nhóm hoạt tính (PI+CF) của đất sét-Tavenas et al, 1983. PI: Chỉ số dẻo (Plastic index); CF: hàm lượng hạt sét (Clay fraction)

2. ĐẶC TRƯNG ĐỘ DẪN THỦY LỰC (HỆ SỐ THẨM) CỦA ĐẤT SÉT TRẦM TÍCH KỸ ĐỆ TỨ Ở KHU VỰC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Theo kết quả khảo sát địa chất ở Khu vực Thủ Thiêm và Khu chế xuất Tân Thuận, các lớp đất sét trầm tích kỹ đệ tứ gồm có:

- Lớp sét béo xuất hiện ở rất gần mặt đất tự nhiên gọi tắt là Sét béo nông. Độ sâu mặt lớp -1,5 m, độ sâu đáy lớp -24 m.
- Lớp sét béo xuất hiện ở độ sâu trung bình -43m gọi tắt là Sét béo sâu vừa. Độ sâu mặt lớp -43 m, độ sâu đáy lớp -50 m;
- Lớp sét gầy xuất hiện ở độ sâu trung bình -114m gọi tắt là Sét gầy sâu. Độ sâu mặt lớp -114 m, độ sâu đáy lớp -125 m;

Thông qua các thí nghiệm trong phòng ta thu được các thông số đặc trưng cơ lý, đặc trưng cường độ của các lớp đất được trình bày trong bảng 1, đặc trưng hệ số rỗng và hệ số thấm của lớp sét béo nông được trình bày trong bảng 2 và bảng 3.

Bảng 1: Đặc trưng vật lý và cơ học của nhóm đất sét khu vực Thành phố Hồ Chí Minh [7,8]

Chỉ tiêu		Giá trị đặc trưng của các lớp sét ở độ sâu khác nhau
----------	--	--

	Đơn vị	Sét béo nông (1)	Sét béo sâu vừa (2)	Sét gầy sâu (3)
Cao độ mặt lớp/đáy lớp	m	-1.5 m/-24 m	-43 m/-50 m	-114 m/-125 m
Hàm lượng cát	%	2.0	24.4	27.2
Hàm lượng bột và sét	%	98.0	75.6	72.8
Độ ẩm	%	78.3	17.5	15.8
Dung trọng ướt	kN/m ³	15.0	20.8	21.2
Tỷ trọng		2.6	2.7	2.7
Hệ số rỗng		2.1	0.5	0.4
Giới hạn chảy	%	86.2	42.3	39.4
Giới hạn dẻo	%	35.8	20.2	19.5
Chỉ số dẻo	%	50.4	22.1	19.9
Cường độ nền nở hông	kPa	36.6	321.3	490.2
<i>Thí nghiệm cắt trực tiếp</i>				
Góc nội ma sát	Độ	6°30'	17°06'	18°19'
Lực dính đơn vị	kPa	12.9	105.6	89.3
Sức kháng cắt không thoát nước C _{UU}	kPa	17.3	172.7	226.5
<i>Thí nghiệm CU</i>				
Góc nội ma sát φ'	Độ	19°35'	23°17'	21°48'
Góc nội ma sát φ	Độ	9°59'	15°09'	11°00'
Sức kháng cắt không thoát nước C' _{CU}	kPa	12.4	127.6	115.8
Sức kháng cắt không thoát nước C _{CU}	kPa	17.5	170.4	153.9

Bảng 2: Kết quả thí nghiệm hệ số rỗng của đất sét béo nông [7,8]

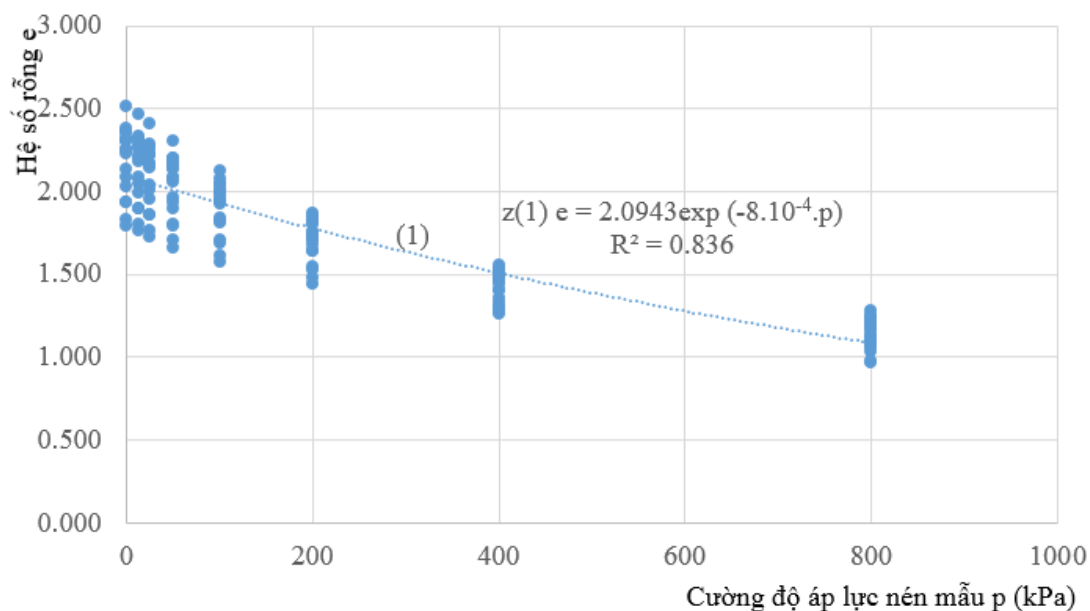
Cường độ áp lực nén mẫu p (kPa)							
0.0	12.5	25	50	100	200	400	800
Hệ số rỗng e sét béo nông							
1.930	1.899	1.860	1.799	1.701	1.548	1.321	1.057
2.375	2.327	2.283	2.202	2.073	1.850	1.495	1.199
2.223	2.178	2.139	2.057	1.924	1.719	1.460	1.171
1.788	1.758	1.720	1.661	1.570	1.439	1.273	1.065
2.355	2.306	2.264	2.164	1.988	1.757	1.471	1.210
2.358	2.310	2.262	2.178	2.033	1.814	1.528	1.190
2.026	1.993	1.953	1.897	1.805	1.639	1.401	1.158
2.301	2.257	2.215	2.129	1.967	1.723	1.437	1.117
2.515	2.462	2.405	2.303	2.126	1.865	1.521	1.250
2.360	2.311	2.267	2.197	2.050	1.829	1.549	1.234
1.930	1.898	1.857	1.791	1.683	1.522	1.301	1.032
2.255	2.216	2.173	2.089	1.943	1.703	1.356	1.099
1.830	1.797	1.760	1.704	1.613	1.473	1.262	0.976

Bảng 3: Kết quả thí nghiệm hệ số thấm của đất sét béo nông [7,8]

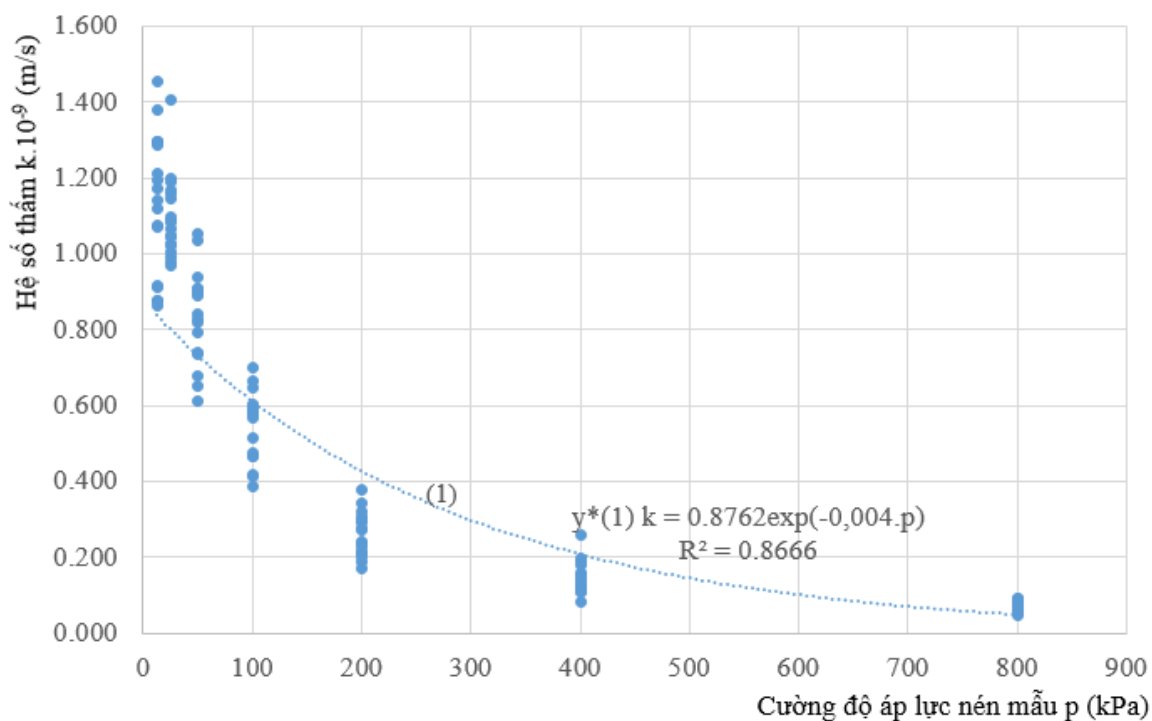
Cường độ áp lực nén mẫu p (kPa)

ĐẶC ĐIỂM HỆ SỐ THẨM...

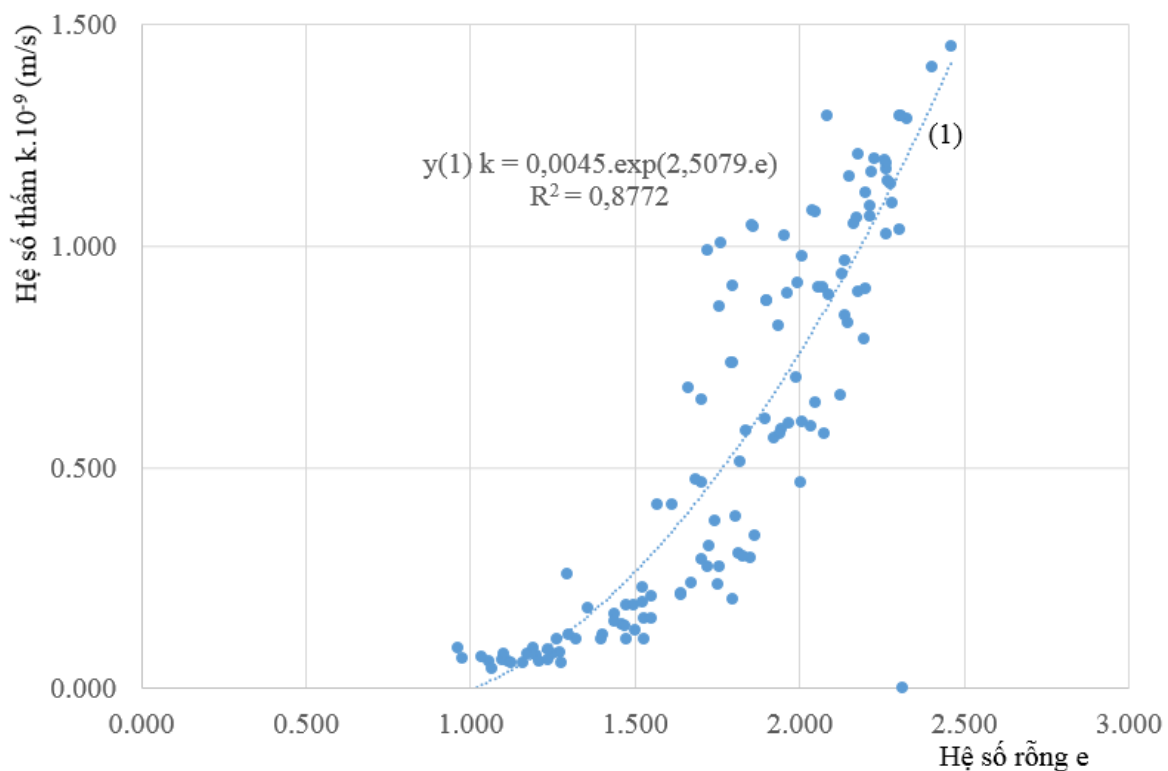
0.0	12.5	25	50	100	200	400	800
Hệ số thấm sét béo nông k.10 ⁻⁹ m/s							
	0.878	1.045	0.738	0.467	0.210	0.112	0.062
	1.288	1.098	0.905	0.576	0.295	0.187	0.074
	1.209	0.967	0.907	0.566	0.275	0.146	0.078
	0.862	0.989	0.679	0.414	0.169	0.083	0.046
	1.295	1.026	1.051	0.702	0.274	0.142	0.060
	1.293	1.188	0.897	0.591	0.306	0.159	0.090
	0.917	1.023	0.611	0.389	0.216	0.123	0.059
	1.194	1.089	0.937	0.598	0.322	0.153	0.061
	1.453	1.406	1.037	0.664	0.345	0.196	0.078
	1.377	1.147	0.791	0.647	0.297	0.157	0.087
	0.876	1.046	0.736	0.473	0.228	0.123	0.070
	1.068	1.065	0.889	0.585	0.293	0.180	0.066
	0.910	1.006	0.653	0.417	0.188	0.111	0.068
	1.293	1.082	0.894	0.583	0.240	0.112	0.059
	1.119	1.158	0.908	0.576	0.235	0.131	0.064
	1.173	1.169	0.826	0.603	0.380	0.260	0.092
	1.139	1.196	0.843	0.466	0.202	0.110	0.059
	1.076	0.976	0.821	0.513	0.211	0.112	0.079



Hình 5: Quan hệ giữa hệ số rỗng và cường độ áp lực nén mẫu của đất sét béo nông z(1)



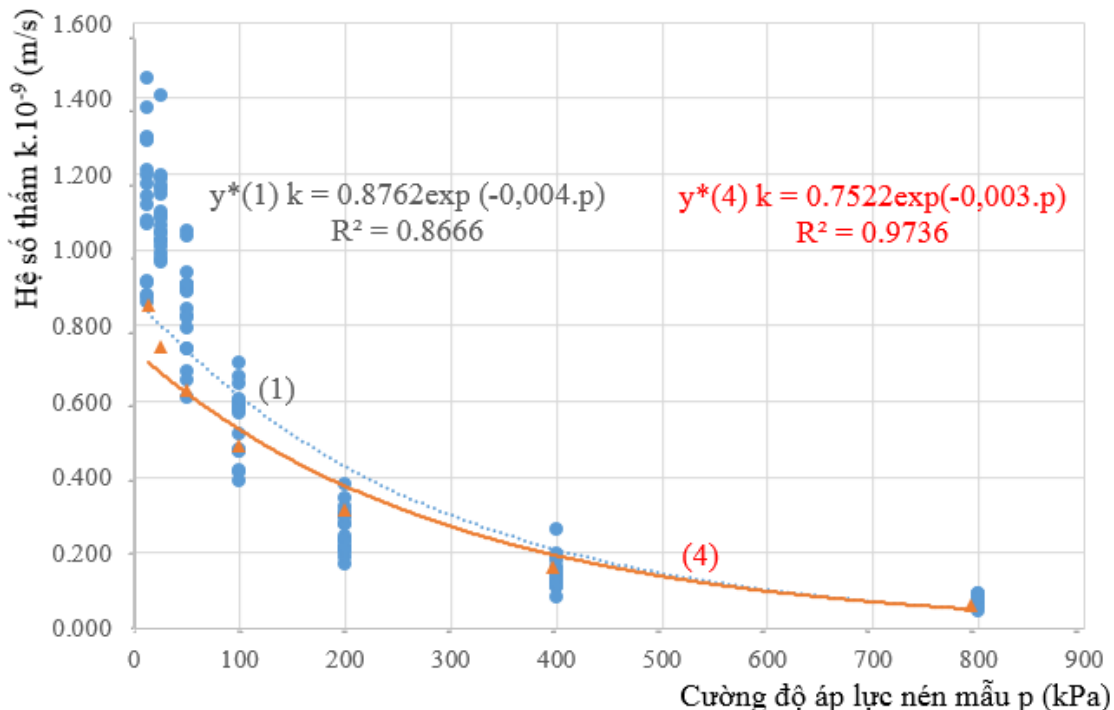
Hình 6: Quan hệ giữa hệ số thấm và cường độ áp lực nén mẫu đất sét béo nông $y^*(1)$



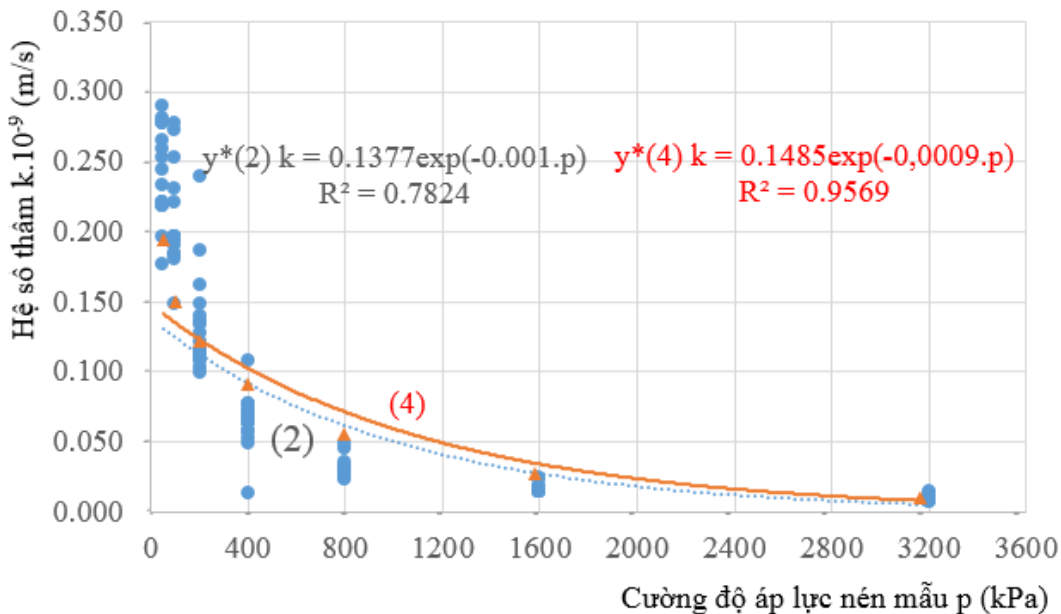
Hình 7: Quan hệ giữa độ dẫn thủy lực (hệ số thấm) theo hệ số rỗng của đất sét béo nông $y(1)$

ĐẶC ĐIỂM HỆ SỐ THẨM...

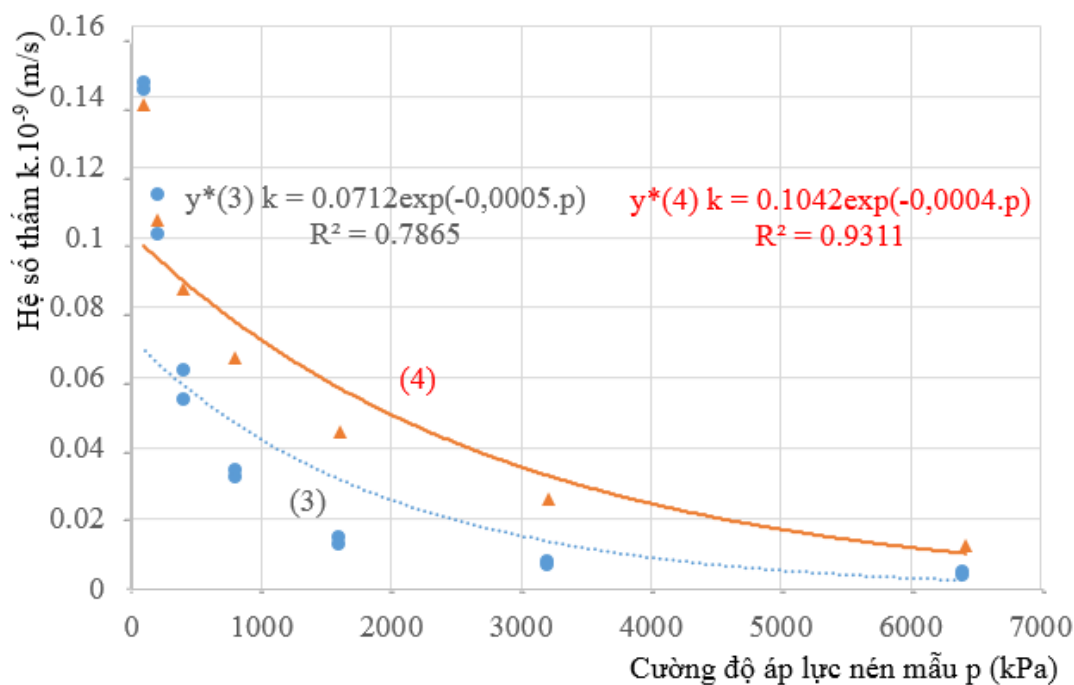
Áp dụng công thức (5) của GS. TSKH. Hoàng Văn Tân [4], thực hiện các tính toán hệ số thẩm ở các cấp áp lực trung gian theo kết quả thí nghiệm nén lún cho từng nhóm đất, ta thu được đường cong quan hệ giữa hệ số thẩm và cường độ áp lực nén mẫu thể hiện bằng hàm $y^*(4)$ cho từng loại đất sét trên hình 8, 9, 10 dưới đây.



Hình 8: Quan hệ giữa hệ số thẩm và cường độ áp lực nén mẫu đất sét béo nông $y^*(1)$ so với công thức (5) của GS.TSKH. Hoàng Văn Tân $y^*(4)$

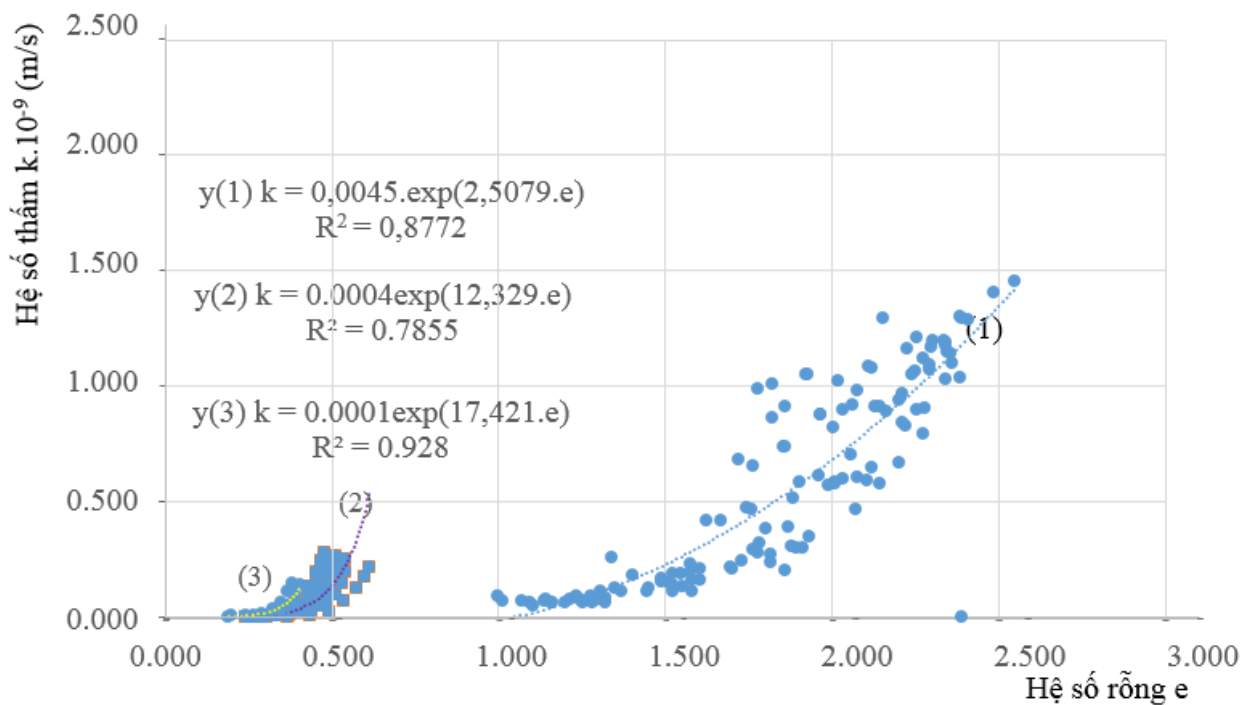


Hình 9: Quan hệ giữa hệ số thẩm và cường độ áp lực nén mẫu đất sét béo sâu vừa $y^*(2)$ so với công thức (5) của GS.TSKH. Hoàng Văn Tân $y^*(4)$



Hình 10: Quan hệ giữa hệ số thấm và cường độ áp lực nén mẫu đất sét gầy sâu $y^*(3)$ so với công thức (5) của GS.TSKH. Hoàng Văn Tân $y^*(4)$

Hình 8, 9, 10 cho thấy qui luật thay đổi hệ số thấm theo cường độ các cấp áp lực nén mẫu thí nghiệm và công thức (5) của GS. TSKH. Hoàng Văn Tân khá tương đồng với nhau.



Hình 11: Quan hệ giữa độ dẫn thủy lực (hệ số thấm) theo hệ số rỗng của các lớp đất sét béo nông $y(1)$, sét béo sâu vừa $y(2)$, sét gầy sâu $y(3)$

ĐẶC ĐIỂM HỆ SỐ THẨM...

Qua các kết quả phân tích ở trên (hình 11), cho thấy quan hệ đặc trưng giữa Hệ số thẩm và Hệ số rỗng của nhóm đất sét có thể biểu diễn dạng hàm số mũ với các cơ số khá tương đồng nhau:

$$y = a.Exp(b) \quad (8)$$

trong đó:

Hệ số a có mức biến đổi khá thấp: $a = (0.0001 \div 0.0045)$.

Số mũ có mức biến đổi $b = (2.5 \div 17.4).x$

+ Đối với đất sét béo nông có hệ số rỗng biến đổi từ $x = 1 \div 2.5$ ta được $b = 2.5 \div 6.25$.

+ Đối với đất sét béo sâu vừa có hệ số rỗng biến đổi từ $x = 0.22 \div 0.45$ ta được $b = 2.7 \div 5.75$.

+ Đối với đất sét gầy sâu có hệ số rỗng biến đổi từ $x = 0.18 \div 0.42$ ta được $b = 3.13 \div 7.32$.

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Qui luật thay đổi hệ số thẩm theo cường độ các cấp áp lực nén mẫu thí nghiệm và công thức (5) của GS. TSKH. Hoàng Văn Tân [4] khá tương đồng với nhau.

- Quan hệ đặc trưng giữa hệ số thẩm và hệ số rỗng của nhóm đất sét có thể biểu diễn dạng hàm số mũ với cơ số tương đồng với nhau: $y = a.Exp(b)$

trong đó:

Hệ số a mức biến đổi khá thấp: $a = (0.0001 \div 0.0045)$

Số mũ $b = (2.5 \div 17.4).x$;

- Cụ thể ta thu được các hàm quan hệ đặc trưng hệ số thẩm theo hệ số rỗng của các lớp đất sét trầm tích kỷ đệ tứ ở khu vực Thành phố Hồ Chí Minh như sau:

+ Đối với đất sét béo nông: $k = 0,0045.Exp(2,5079.e)$

+ Đối với đất sét béo sâu vừa: $k = 0,0004.Exp(12,329.e)$

+ Đối với đất sét gầy sâu: $k = 0,0001.Exp(17,421.e)$

- Đề xuất có thể sử dụng Công thức (5) của GS. TSKH. Hoàng Văn Tân [4] và Công thức (8) như trên để thực hiện các tính toán mô phỏng sơ bộ các bài toán địa kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] V. Đ. Lưu, P. A. T, N. N. Phúc và L. N. P. Vân, *Địa chất công trình*. Hà Nội: Xây Dựng, 2017.

[2] N. V. Thơ và N. N. Phúc, *Cơ học đất (tập 1)*. Hà Nội: Xây Dựng, 2013.

[3] T. T. Thanh và N. N. Phúc, *Cơ học đất (tập 2)*. Hà Nội: Xây Dựng, 2014.

[4] H. V. Tân, et al, *Những phương pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu*. Hà Nội: Xây Dựng, 1997.

[5] B. M. Das, *Principles of Geotechnical engineering*, 9th edition. USA: Global Engineering Christopher M. Shortt, 2016.

[6] B. M. Das, *Principles of Foundation engineering*, 6th edition. USA: PWS-Kent Publishing Co. Boston, Massachusetts, 1998.

[7] *Hồ sơ địa chất Khu phức hợp tháp quan sát trong khu đô thị mới Thủ Thiêm*. TpHCM: Công ty TNHH Thế giới kỹ thuật, 2020.

[8] *Hồ sơ địa chất Khu đất A7-Khu chế xuất Tân Thuận*. TpHCM: Công ty cổ phần Khoa học công nghệ Bách Khoa, 2021.

**PERMEABILITY COEFFICIENT OF CLAYS BELONG QUATERNARY COHESIVE
SOILS IN HOCHIMINH CITY ZONE**

NGUYEN NGOC PHUC

*Faculty of Civil Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City
nguyennhocphuc@iuh.edu.vn*

Abstract. Permeability coefficient of cohesive soils is very important for estimating flow of water in the ground with multi-boundary conditions, specialize in estimating value of saturated soft soils consolidation. In this paper, Author summarize data base of permeability coefficient of cohesive soil in Mekong delta and make a comparison with semi-experience equations by some of other Authors. Results in this paper can be used for estimating value of saturated soft soils consolidation in relation with void ratio changing.

Keywords. *Permeability coefficient; Void ratio; Cohesive soils; Quaternary soils.*

Ngày nhận bài: 08/7/2023

Ngày chấp nhận đăng: 09/11/2023