

TƯƠNG QUAN GIỮA CHỈ SỐ NÉN VÀ MỘT SỐ CHỈ TIÊU VẬT LÝ CỦA ĐẤT DÍNH Ở MỘT VÀI KHU VỰC CỦA HÀ NỘI

Dương Diệp Thúy¹, Phạm Quang Hưng²

Tóm tắt: Bài báo trình bày một so sánh giữa một số mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ một vài chỉ tiêu vật lý như giới hạn chảy (LL), hệ số rỗng ban đầu (e_0) và độ ẩm ban đầu (w_0) trên cơ sở bộ dữ liệu thí nghiệm của 123 mẫu đất dính ở một số vùng của Hà Nội. Kết quả cho thấy các mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ giới hạn chảy (LL) cho nền đất Hà Nội có độ chính xác thấp. Ba mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ độ ẩm ban đầu (w_0) của đất có độ chính xác cao nhất là: 1) Azzouz và cộng sự (1976), 2) Herrero (1983) và 3) Yoon & cộng sự (2004). Bên cạnh việc đánh giá sự phù hợp của các mô hình tìm được với bộ số liệu thu thập được, các tác giả còn tiến hành phân tích hồi quy đơn biến và đa biến và đề xuất các mô hình dự báo chỉ số nén từ C_c và nén lại C_s với tương quan giữa số liệu dự báo và thí nghiệm là khá cao ($R^2 = 60\%$ đến 87%).

Từ khóa: Chỉ số nén, giới hạn chảy, độ ẩm, hệ số rỗng tương quan, đất Hà Nội.

Summary: The paper presents a comparison between some published models for predirection of virgin compression index (C_c) from some soil physical properties such as Liquid limit (LL), initial void ratio (e_0) and initial water content (w_0) based on the test results of 123 soil samples in Hanoi city. The comparison shows that the models for prediction of virgin compression index (C_c) from liquid limit (LL) do not work well for soils in Hanoi city. The three best models for prediction of (C_c) from initial water content (w_0) are: 1) Azzouz et al. (1976), 2) Herrero (1983) và 3) Yoon et al. (2004). Besides, the verification of the models, the authors did both single and multiple regression analyses to propose several equations for prediction of virgin and recompression indices with quite high relations ($R^2 = 60\%$ to 87%).

Keywords: Compression index, liquid limit, gravimetric water content, void ratio, correlation, soils in Hanoi.

Nhận ngày 20/5/2012, chỉnh sửa ngày 28/5/2012, chấp nhận đăng ngày 30/5/2012

1. Đặt vấn đề

Trong lĩnh vực xây dựng nói chung và cơ học đất nói riêng, công tác thí nghiệm thường mất rất nhiều thời gian và tốn kém về chi phí. Do vậy, việc sử dụng những chỉ tiêu vật lý có thể xác định được một cách dễ dàng để dự báo các chỉ tiêu cơ học của đất là một việc hết sức cần thiết [18, 20, 24]. Chỉ số nén C_c và C_s được đề cập trong rất nhiều tiêu chuẩn, quy phạm của Việt Nam và thế giới như là những chỉ tiêu cơ bản nhất dùng trong tính toán lún của nền đất và nền móng công trình. Vì vậy, việc đánh giá và xây dựng các mô hình dùng để dự báo các chỉ số nén lún của đất từ các chỉ tiêu vật lý cơ bản có ý nghĩa vô cùng quan trọng.

¹ThS, Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Xây dựng.

²TS, Khoa Xây dựng Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: phamquanghung@gmail.com

Đối với đất dính, độ ẩm ban đầu (w_0) và hệ số rỗng ban đầu (e_0) có ảnh hưởng rất lớn đến tính chất của đất, đặc biệt là trạng thái đất [1;2;5;10]. Bên cạnh đó, rất nhiều nghiên cứu cũng cho thấy chỉ số nén của đất phụ thuộc vào giới hạn chảy (LL) và giới hạn dẻo (PL) của đất [16;17;19]. Skempton (1944) thực hiện thí nghiệm cổ kết với đất dính và tìm ra rằng giới hạn chảy (LL) là một yếu tố quan trọng cho tính nén lún của đất và ông đã đưa ra được mối tương quan giữa giới hạn chảy và chỉ số nén (C_c).

Trong bài báo này, tác giả tiến hành nghiên cứu khả năng áp dụng của các mô hình dự báo chỉ số nén cổ kết (C_c) từ giới hạn chảy (LL), độ ẩm ban đầu (w_0) và hệ số rỗng ban đầu (e_0) cho đất sét, sét pha đồng thời kiến nghị một số dự báo cho đất ở Hà Nội. Nhóm tác giả đã tiến hành thí nghiệm kết hợp với thu thập số liệu để đánh giá độ tin cậy của một số mô hình dự báo chỉ số nén được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Bên cạnh việc kiểm nghiệm các mô hình đã có, bài báo đề xuất các phương trình dự báo dựa trên phương pháp hồi quy tuyến tính đơn và bội.

2. Một số mô hình dự báo chỉ số nén C_c

Hiện nay, trên thế giới có rất nhiều mô hình dùng để dự báo chỉ số nén C_c từ hệ số rỗng ban đầu, độ ẩm ban đầu hay giới hạn chảy LL thông qua việc phân tích hồi quy đơn biến hay đa biến. Bảng 1 tổng hợp các mô hình cho phép dự báo chỉ số nén C_c từ giới hạn chảy LL . Bảng 2 tổng hợp các mô hình cho phép dự báo chỉ số nén C_c từ hệ số rỗng ban đầu e_0 . Bảng 3 tổng hợp các mô hình cho phép dự báo chỉ số nén C_c từ độ ẩm ban đầu w_0 . Bảng 4 tổng hợp các mô hình cho phép dự báo chỉ số nén C_c từ cả 3 chỉ tiêu vật lý: 1) giới hạn chảy (LL), 2) hệ số rỗng ban đầu (e_0) và 3) độ ẩm ban đầu (w_0).

Bảng 1. Một số mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ giới hạn chảy (LL)

STT	Tác giả	Công thức dự báo	Ghi chú
1	Azzouz và cộng sự (1976)	$C_c = 0,006(LL - 9)$	Tất cả đất sét có $LL < 100\%$
2	Cozzolino (1961)	$C_c = 0,0046(LL - 9)$	Đất sét Brazil
3	Mayne (1980)	$C_c = (LL - 13)/109$	Tất cả đất sét (56 mẫu)
4	Dayal và cộng sự (2006)	$C_c = 0,0037(LL + 25,5)$	Đất ở Cincinnati
5	Shouka (1964)	$C_c = 0,017(LL - 20)$	Tất cả đất sét
6	Skempton (1944)	$C_c = 0,007(LL - 10)$	Đất bồi đắp
7	Terzaghi & Peck (1967)	$C_c = 0,009(LL - 10)$	Đất sét
8	Tsuchida (1991)	$C_c = 0,009(LL - 8)$	Đất sét ở Osaka ($P_c \sim 1\text{MPa}$)
9	Yamagutshi (1959)	$C_c = 0,013(LL - 13,5)$	Tất cả các loại đất sét
10	Yoon và cộng sự (2004)	$C_c = 0,011(LL - 6,36)$	Đất sét ở Hàn Quốc

Bảng 2. Một số mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ hệ số rỗng ban đầu (e_0)

STT	Tác giả	Công thức dự báo	Ghi chú
1	Bowles (1989)	$C_c = 0,156e_0 + 0,0107$	Tất cả đất sét
2	Cozzolino (1961)	$C_c = 0,43(e_0 - 0,25)$	Đất sét ở Sao Paulo, Brazil
3	Hough (1957)	$C_c = 0,29(e_0 - 0,27)$	Đất sét vô cơ
4	Moh và cộng sự (1989)	$C_c = 0,54(e_0 - 0,23)$	Đất sét ở Đài Loan
5	Dayal (2006)	$C_c = 0,46(e_0 - 0,28)$	Đất sét ở Cincinnati, Mỹ
6	Sowers (1970)	$C_c = 0,75(e_0 - 0,5)$	Đất sét có độ dẻo thấp
7	Yoon và cộng sự (2004)	$C_c = 0,37(e_0 - 0,28)$	Đất sét ở Hàn Quốc

Bảng 3. Một số mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ độ ẩm ban đầu (w_0)

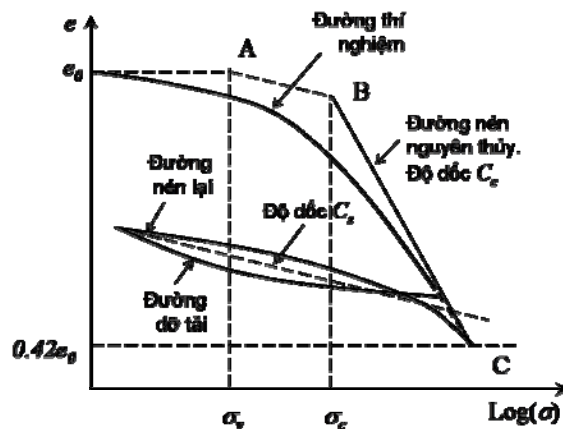
STT	Tác giả	Công thức dự báo	Ghi chú
1	Azzouz và cộng sự (1976)	$C_c = 0,01(w_0 - 5)$	Tất cả đất sét
2	Herrero (1983)	$C_c = 0,01(w_0 - 7,549)$	Tất cả đất sét
3	Moh và cộng sự (1989)	$C_c = 0,015(w_0 - 8)$	Đất sét ở Đài Loan
4	Dayal và cộng sự (2006)	$C_c = 0,0135 w_0 - 0,1169$	Đất Cincinnati – Mỹ
5	Yoon & cộng sự, 2004	$C_c = 0,011(w_0 - 11,22)$	Đất phía tây Hàn Quốc

Bảng 4. Một số mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ nhiều chỉ tiêu vật lý: giới hạn chảy (LL), hệ số rỗng ban đầu (e_0) và độ ẩm ban đầu (w_0)

STT	Tác giả	Công thức dự báo	Ghi chú
1	Azzouz và cộng sự (1976)	$C_c = 0,37(e_0 + 0,003LL + 0,0004 w_0 - 0,34)$	Xây dựng từ 678 điểm
2	Koppula (1986)	$C_c = 0,009 w_0 + 0,005LL$	Tất cả đất sét
3	Dayal (2006)	$C_c = 0,4965e_0 - 0,0014 w_0 - 0,123$	Cincinnati, Mỹ
4	Yoon và cộng sự (2004)	$C_c = 0,0038 w_0 + 0,12 e_0 + 0,0065 LL - 0,248$	Tây Hàn Quốc

3. Tổng hợp số liệu địa chất tại một số khu vực của Hà Nội

Các mẫu đất thí nghiệm được lấy từ 4 địa điểm khác nhau trên địa bàn thành phố Hà Nội như sau: 1) Yên Nghĩa, quận Hà Đông với 93 mẫu đất thuộc loại sét và sét pha ở các độ sâu từ 1,0-33m [4]; 2) Phú Mỹ, xã Mỹ Đình, huyện Từ Liêm với 07 mẫu đất sét ở độ sâu từ 7,5-20m [22]; 3) Láng Hạ, quận Ba Đình với 16 mẫu đất sét ở độ sâu từ 6,0-26,2m [21] và 4) thôn Kiều Mai, xã Phú Diễn, quận Từ Liêm với 07 mẫu đất sét ở độ sâu từ 1,8- 24,2m [23]. Các mẫu đất làm thí nghiệm đều tuân theo tiêu chuẩn về khảo sát địa chất cho công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp: TCVN 205:1998 - Yêu cầu đối với khảo sát; TCVN 194:2006 - Công tác khảo sát địa kỹ thuật. Thí nghiệm các chỉ tiêu vật lý và Atterberg được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4196:1995 và TCVN 4197:1995. Thí nghiệm nén cố kết tuân thủ theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4200:1995. Hệ số nén đi C_c và nén lại C_s được xác định theo phương pháp Schmertmann [14] như trình bày trên Hình 1, trong đó, áp lực tiền cố kết, σ_c , được xác định theo phương pháp Casagrande [3].

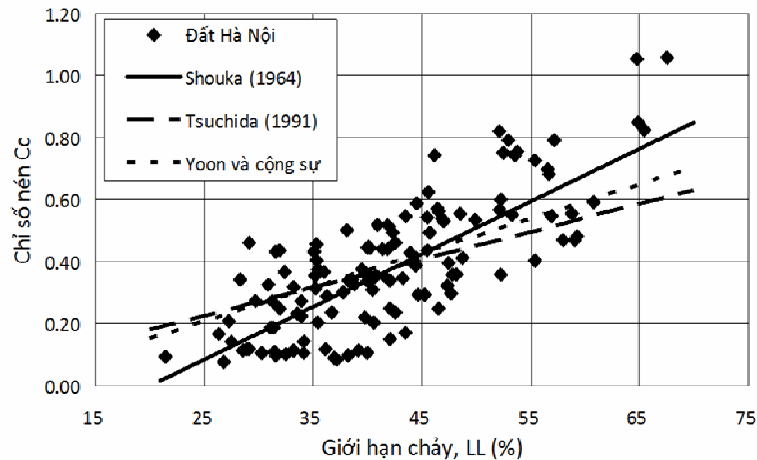


Hình 1. Minh họa công tác xác định chỉ số nén C_c và chỉ số nén lại C_s

4. Kiểm nghiệm các mô hình đã có cho bộ số liệu thu thập được

4.1 Dự báo chỉ số nén C_c từ giới hạn chảy LL

Kết quả đánh giá các mô hình dự báo chỉ số nén C_c từ giới hạn chảy LL dựa trên bộ số liệu thí nghiệm được trình bày trên hình 2 và bảng 5. Kết quả cho thấy mô hình Shouka (1964) và Yoon & cộng sự (2004) có hệ số tương quan cao nhất ứng với tương quan $R^2 = 44,5\%$ và $39,3\%$. Với tương quan nói trên cho thấy những mô hình đã được đề xuất trong Bảng 1 là không phù hợp với nền đất tại khu vực Hà Nội.



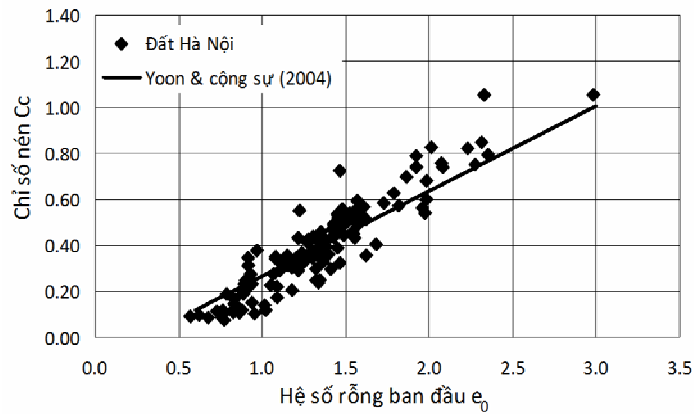
Hình 2. Tương quan giữa chỉ số nén (C_c) và giới hạn chảy (LL)

Bảng 5. So sánh giữa chỉ số nén (C_c) dự báo từ giới hạn chảy (LL) và số liệu thí nghiệm

STT	Tác giả	Độ lệch chuẩn	Độ lệch chuẩn tuyệt đối	Tương quan R^2
1	Azzouz & cộng sự (1976)	35,0%	47,4%	Rất thấp
2	Cozzolino (1961)	50,6%	54,3%	
3	Mayne (1980)	15,2%	40,5%	
4	Dayal và cộng sự (2006)	12,8%	47,8%	
5	Shouka (1964)	12,9%	40,1%	44,53%
6	Skempton (1944)	27,4%	44,5%	Rất thấp
7	Terzaghi & Peck (1967)	6,7%	40,6%	
8	Tsuchida (1991)	26,8%	49,5%	19,61%
9	Yamagutshi (1959)	17,8%	42,4%	27,17%
10	Yoon và cộng sự (2004)	28,9%	48,7%	39,25%

4.2 Dự báo chỉ số nén C_c từ hệ số rỗng ban đầu e_0

Kết quả đánh giá các mô hình dự báo chỉ số nén (C_c) từ hệ số rỗng ban đầu (e_0) dựa trên bộ số liệu thí nghiệm được trình bày trên hình 3 và bảng 6. Kết quả cho thấy mô hình Yoon & cộng sự (2004) cho kết quả dự báo là tốt nhất với hệ số tương quan giữa số liệu thí nghiệm và dự báo $R^2 = 67,36\%$. Những mô hình khác cho hệ số tương quan là rất thấp.



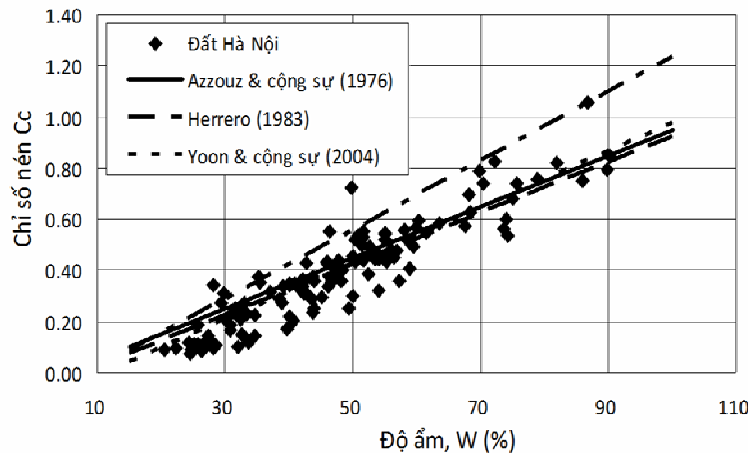
Hình 3. Tương quan giữa chỉ số nén (C_c) và hệ số rỗng ban đầu (e_0)

Bảng 6. So sánh giữa chỉ số nén (C_c) dự báo từ hệ số rỗng ban đầu (e_0) và số liệu thí nghiệm

STT	Tác giả	Độ lệch chuẩn	Độ lệch chuẩn tuyệt đối	Tương quan R^2
1	Bowles (1989)	32,2%	40,7%	Rất thấp
2	Cozzolino (1961)	36,0%	38,4%	
3	Hough (1957)	10,4%	27,3%	
4	Moh và cộng sự (1989)	74,8%	75,0%	
5	Dayal và cộng sự (2006)	40,4%	42,0%	
6	Sowers (1970)	67,5%	68,5%	
7	Yoon và cộng sự (2004)	12,9%	25,5%	67,36%

4.3 Dự báo chỉ số nén C_c từ độ ẩm ban đầu w_0

Kết quả đánh giá các mô hình dự báo chỉ số nén C_c từ độ ẩm ban đầu (w_0) dựa trên bộ số liệu thí nghiệm được trình bày trên hình 4 và bảng 7. Kết quả cho thấy 3 mô hình: 1) Azzouz và cộng sự (1976), 2) Herrero (1983) và 3) Yoon & cộng sự (2004) dự báo chỉ số nén C_c là tốt nhất với hệ số tương quan giữa số liệu thí nghiệm và dự báo lần lượt là $R^2 = 62,83\%$, $75,71\%$ và $80,19\%$. Những mô hình khác cho hệ số tương quan thấp hơn nhiều.



Hình 4. Tương quan giữa chỉ số nén (C_c) và độ ẩm ban đầu (w_0)

Bảng 7. So sánh giữa chỉ số nén (C_c) dự báo từ độ ẩm ban đầu (w_0) và số liệu thí nghiệm

STT	Tác giả	Độ lệch chuẩn	Độ lệch chuẩn tuyệt đối	Tương quan R^2
1	Azzouz và cộng sự (1976)	25,0%	31,3%	62,83%
2	Herrero (1983)	15,5%	25,6%	75,71%
3	Moh và cộng sự (1989)	70,8%	71,2%	Rất thấp
4	Dayal và cộng sự (2006)	50,4%	51,5%	
5	Yoon và cộng sự (2004)	12,1%	22,4%	80,19%

4.4 Dự báo chỉ số nén C_c bằng mô hình đa biến từ LL, e_0 và w_0

Bảng 8 trình bày kết quả đánh giá các mô hình đa biến dự báo chỉ số nén, C_c (như ở bảng 4). Kết quả cho thấy cả 4 mô hình đều dự báo ra các chỉ số nén C_c có mối tương quan với giá trị thực (thí nghiệm được) là rất thấp (chưa đến 60%). Do vậy, những mô hình này là không phù hợp với nền đất ở khu vực Hà Nội.

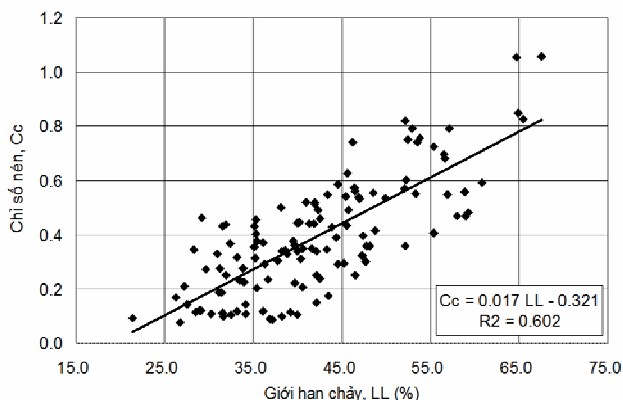
Bảng 8. So sánh giữa chỉ số nén (C_c) dự báo từ các mô hình đa biến và giá trị thí nghiệm

STT	Tác giả	Độ lệch chuẩn	Độ lệch chuẩn tuyệt đối	Tương quan R^2
1	Azzouz và cộng sự (1976)	22,41%	29,06%	Rất thấp
2	Koppula (1986)	99,7%	99,7%	
3	Dayal (2006)	37,36%	39,46%	
4	Yoon và cộng sự (2004)	2,97%	24,58%	51,01%

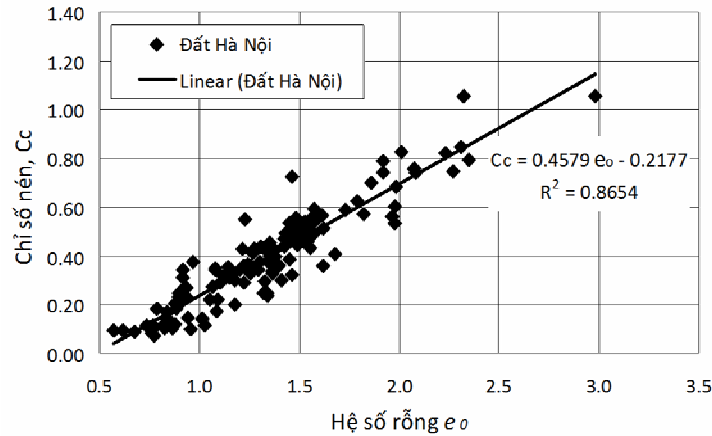
5. Xây dựng mô hình dự báo chỉ số nén dựa trên bộ số liệu thí nghiệm

5.1 Xây dựng phương trình dự báo chỉ số nén C_c

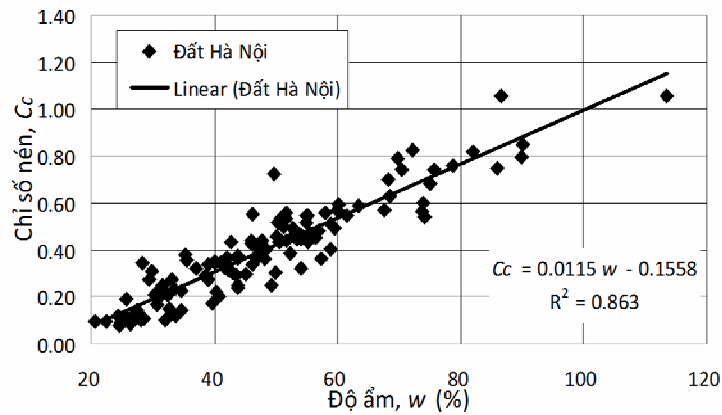
Như đã trình bày trong phần 4 ở trên, kết quả của hầu hết các mô hình dự báo chỉ số nén C_c đều cho tương quan với số liệu thí nghiệm thực là rất thấp ngoại trừ các mô hình: 1) Azzouz và cộng sự (1976), 2) Herrero (1983) và 3) Yoon & cộng sự (2004) (trong Bảng 3). Trên cơ sở phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến và đa biến [15], nhóm tác giả đã tiến hành phân tích hồi quy cho bộ số liệu 123 mẫu thí nghiệm nhằm tìm ra quan hệ giữa chỉ số nén (C_c) với: 1) Giới hạn chảy (LL); 2) Hệ số rỗng ban đầu (e_0) và 3) Độ ẩm ban đầu (w_0). Kết quả của các phân tích hồi quy được trình bày trong hình 5 đến 7 và bảng 9 dưới đây.



Hình 5. Quan hệ giữa chỉ số nén (C_c) và giới hạn chảy (LL) cho 123 mẫu đất thí nghiệm



Hình 6. Quan hệ giữa chỉ số nén (C_c) và hệ số rỗng ban đầu (e_0) cho 123 mẫu đất thí nghiệm



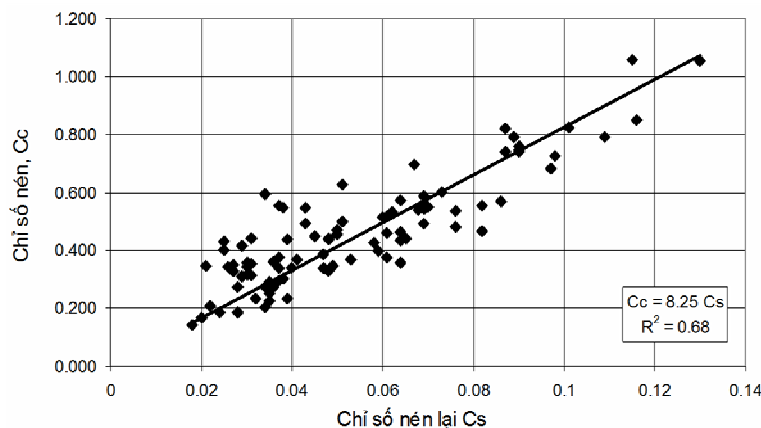
Hình 7. Quan hệ giữa chỉ số nén (C_c) và độ ẩm ban đầu (w_0) cho 123 mẫu đất thí nghiệm

Bảng 9. Đề xuất hàm dự báo chỉ số nén (C_c) trên cơ sở phân tích hồi quy 123 mẫu thí nghiệm

STT	Các chỉ tiêu vật lý liên quan	Phương trình dự báo	Tương quan R^2
1	LL	$C_c = 0,017 LL - 0,321$	60,20%
2	e_0	$C_c = 0,4579 e_0 - 0,2117$	86,54%
3	w_0	$C_c = 0,0115 w_0 - 0,1558$	86,30%
4	LL, w	$C_c = 0,0105 w_0 + 0,0022LL - 0,2$	86,66%
5	LL, e_0	$C_c = 0,003LL + 0,406e_0 - 0,274$	87,25%
6	e_0 , w	$C_c = 0,272e_0 + 0,0047 w_0 - 0,195$	86,76%
7	LL, e_0 , w	$C_c = 0,0021 w_0 + 0,0027LL + 0,328e_0 - 0,259$	87,00%

5.2 Tìm mối tương quan giữa C_c và C_s

Theo [11], với đất sét giá trị tỷ số C_c/C_s thường bằng từ 5 đến 10. Sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính cho 123 mẫu thí nghiệm ta thu được $C_c = 8,25C_s$ với hệ số tương quan là 68,3% - đây là một hệ số tương quan chấp nhận được (hình 8).



Hình 8. Tương quan giữa chỉ số nén đi (C_c) và chỉ số nén lại (C_s)

6. Kết luận và kiến nghị

Qua phân tích và so sánh giữa số liệu dự báo chỉ số nén C_c từ các mô hình và số liệu thí nghiệm thu thập được, nhóm tác giả có một vài kết luận sau:

- Hầu hết các mô hình dự báo chỉ số nén C_c qua giới hạn chảy LL mà nhóm tác giả tìm được là không phù hợp với bộ số liệu thu được của khu vực Hà Nội

- Trong những mô hình dự báo C_c từ hệ số rỗng ban đầu (e_0) và độ ẩm ban đầu (w_0) thì có 3 mô hình: 1) Azzouz và cộng sự (1976), 2) Herrero (1983) và 3) Yoon & cộng sự (2004) có hệ số tương quan (R^2) giữa số liệu dự báo và số liệu thí nghiệm là khá tốt (trên 60%).

- Nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp hồi quy đơn biến và đa biến để xây dựng được 7 hàm dự báo chỉ số nén C_c với tương quan R^2 giữa số liệu thí nghiệm và số liệu dự báo đều trên 60% (trong đó 6 trong 7 hàm có khả năng dự báo với hệ số tương quan đến hơn 86%).

- Quan hệ giữa chỉ số nén đi C_c và nén lại C_s tìm được từ bộ số liệu thí nghiệm là khá hợp lý ($C_c = 8,25 C_s$) với tương quan $R^2 = 68,3\%$.

Tài liệu tham khảo

1. Azzouz, A., R.J.Krizek, and R.B.Corotis (1976), *Regression Analysis of Soil Compressibility, Soils Found.* Tokyo, Vol 16, No. 2, pp. 19-29.
2. Bowles JE (1989), *Physical and geotechnical properties of soils*, McGraw-Hill Book Company, New York.
3. Casagrande, A. (1936), *The Determination of Preconsolidation Load and its Practical Significance*, Proc., 1st Intl. Conf. Soil Mech. Found. Eng., pp. 60-64.
4. Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Công trình giao thông 2 - TECCO2 (2012), *Báo cáo khảo sát địa chất công trình nhà ga Hà Đông, Yên Nghĩa, Hà Đông, Hà Nội*.
5. Cozzolino VM (1961), "Statistical forecasting of compression index", In: *Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering Paris 1*: 51-53.
6. Gil Lim Yoon, Byung Tak Kim and Sang Soo Jeon (2004), "Empirical Correlations of Compression Index for Marine Clay from Regression Analysis", *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 41(6): 1213-1221, 10.1139/t04-057
7. Herrero OR (1983), *Universal compression index equation*; Discussion. J. Geotech. Eng.

Div. ASCE 109(10): 1349.

8. Koppula, S. D. (1981), "Statistical Estimation of Compression Index, Geotech", *Test Journal*, Vol. 4, No. 2, pp. 68-73.
9. Mayne, P. W. (1980), "Cam-Clay Predictions of Undrained Strength", *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 106, No. GT 11, pp. 1219-1242.
10. Moh, Chin, Lin & Woo (1989), "Engineering correlation for soil deposits in Taipei", *Journal of Chinese Inst of Engineers*. Vol.12, No3, pp. 273-283.
11. Monika De Vos & Valerie Whenham (2000), *Innovative design methods in geotechnical engineering*, Belgian Building Research Inst, European Geotechnical Thematic Network.
12. Nishant Dayal (2006), *Consolidation Analyses of Greater Cincinnati Soils Cincinnati, Ohio*. Division of Research and Advanced Studies of the University of Cincinnati. Master of science thesis.
13. Nishida, Y. (1956), "A Brief Note on Compression Index of Soil", *J. Soil Mech. Found. Div.*, ASCE, Vol. 82, No. SM 3, pp. 1027-1-1027-14.
14. Schmertmann JH (1953), *Estimating the true consolidation behavior of clay from laboratory test results*. Proc. ASCE 79, Separate 311: 26.
15. Schneider A, Hommel G, Blettner M (2010). *Linear regression analysis: part 14 of a series on evaluation of scientific publications*. Dtsch Arztebl Int.;107(44):776-82.
16. Shouka, H. (1964). *Relationship of compression index and liquid limit of alluvial clay*. *International Proceedings of the 19th Japan Civil Engineering Conference*, Japanese Society of Civil Engineers, 4 : 40.1 – 40.2 .
17. Skempton A.W. (1944), "Notes on the compressibility of clays", *Quarterly Journal of Geological Society of London*, Vol. 100, pp. 119-135.
18. Sowers G. B. (1970), *Introductory soil mechanics and foundations*, 3rd Wroth CP.
19. Terzaghi, K. and Peck, R. B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., Wiley, New York.
20. Tsuchida, T. Kobayashi, M and Mizukami, J.(1991), "Effect of aging of marine clay and its duplication by high temperature consolidation", *Soil and Foundation*, Vol. 31, No4, pp. 133-147.
21. Viện Địa kỹ thuật và Công trình (2010). Báo cáo khoan khảo sát địa chất khu nhà ở cao tầng tiêu chuẩn cao để kinh doanh, Láng Hạ, quận Ba Đình, Hà Nội.
22. Viện Địa kỹ thuật và Công trình (2011). Báo cáo khoan khảo sát địa chất khu nhà ở Phú Mỹ, xã Mỹ Đình, huyện Từ Liêm và quận Thanh Xuân - TP Hà Nội.
23. Viện Địa kỹ thuật và Công trình (2011), Báo cáo khoan khảo sát địa chất khu nhà ở cao tầng, thôn Kiều Mai, xã Phú Diễn, huyện Từ Liêm, Hà Nội.
24. Võ Phán, Hoàng Thế Thao, Đỗ Thanh Hải (2004), "Thiết lập tương quan giữa chỉ số SPT(N) ở hiện trường và cường độ đất nền dựa vào kết quả thí nghiệm trong phòng", *Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ 2004*, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, NXB Nông nghiệp. Từ trang 569 đến trang 575.
25. Wood D. M. (1978), *The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils*, Can. Geotech. J. 15: 137-145.
26. Yamagutshi, H.T.R. (1959), *Characteristics of alluvial clay*, Report of Kyushyu Agriculture Investigation Center of Japan, 5(4).