

PHÂN TÍCH ỨNG XỬ CỐ KẾT NỀN ĐẤT YẾU CÓ LỚP CÁT MỎNG GIA CỐ BẰNG BẮC THẨM

NGUYỄN BÁ PHÚ*, NGUYỄN THỊ PHƯƠNG LINH

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

*Tác giả liên hệ: nguyenbaphu@iuh.edu.vn

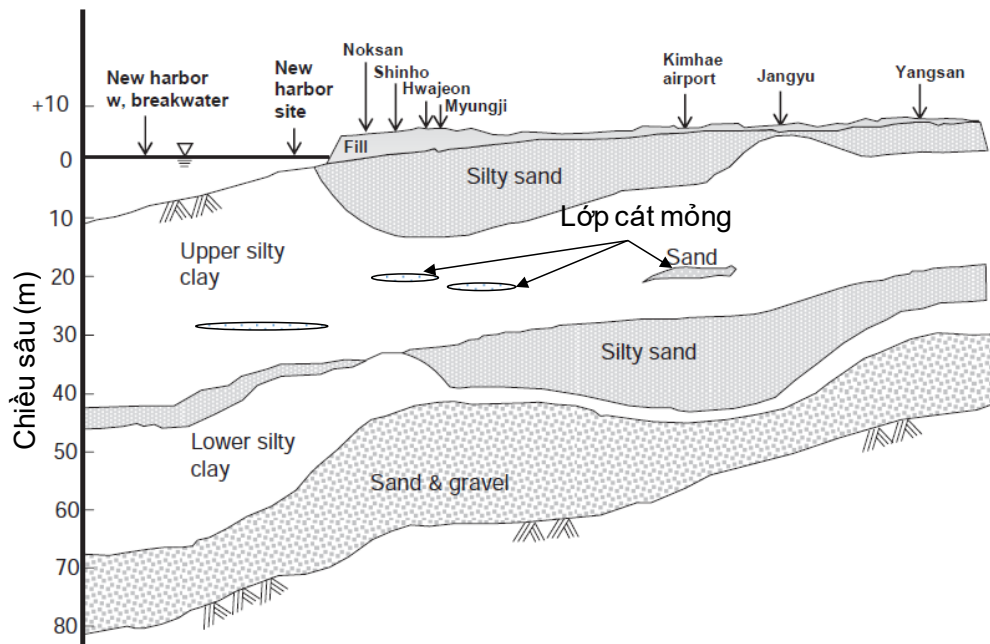
DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiu.h.v70i4.4749>

Tóm tắt. Thực tế, trong một số trường hợp lớp cát mỏng phân bố trong nền tự nhiên giữa các lớp sét có chiều dày lớn (ví dụ như sét Busan). Tuy nhiên quá trình dự báo lún và phân tích sự tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng thường bỏ qua lớp cát mỏng này do sự phức tạp trong một số lời giải giải tích. Do đó, bài báo này tiến hành phân tích ứng xử cố kết của nền với hệ thống bắc thẩm đứng (PVD) kết hợp với hệ thống lớp cát mỏng. Một số mô phỏng số sẽ được tiến hành để phân tích ảnh hưởng của đặc điểm lớp cát mỏng đến quá trình lún cố kết của nền. Lời giải giải tích cũng được thực hiện và so sánh với kết quả của mô phỏng số. Các kết quả phân tích đều cho thấy nền có sự hiện diện lớp cát mỏng xảy ra quá trình cố kết nhanh hơn, tốc độ cố kết phụ thuộc vào số lượng lớp cát mỏng trong nền. Sự hiện diện lớp cát mỏng cũng ảnh hưởng đến sự tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm theo phương ngang. Kết quả phân tích số cho thấy nền có sự hiện diện lớp cát mỏng có độ lún nhỏ hơn nền đồng nhất và độ lún này có xu hướng bằng nhau khi tổng chiều dày của các lớp cát mỏng bằng nhau.

Từ khóa. Lớp cát mỏng, đất yếu, lún cố kết, phân tích số, xử lý nền đất yếu, áp lực nước lỗ rỗng

1 GIỚI THIỆU

Trong thực tế, lớp cát mỏng có thể hình thành tự nhiên trong lớp đất sét có bề dày lớn, khi đó sẽ ảnh hưởng đáng kể đến quá trình cố kết trong nền [1]. Hình 1 minh họa đặc điểm sự phân bố các lớp cát mỏng ở Busan (Hàn Quốc).

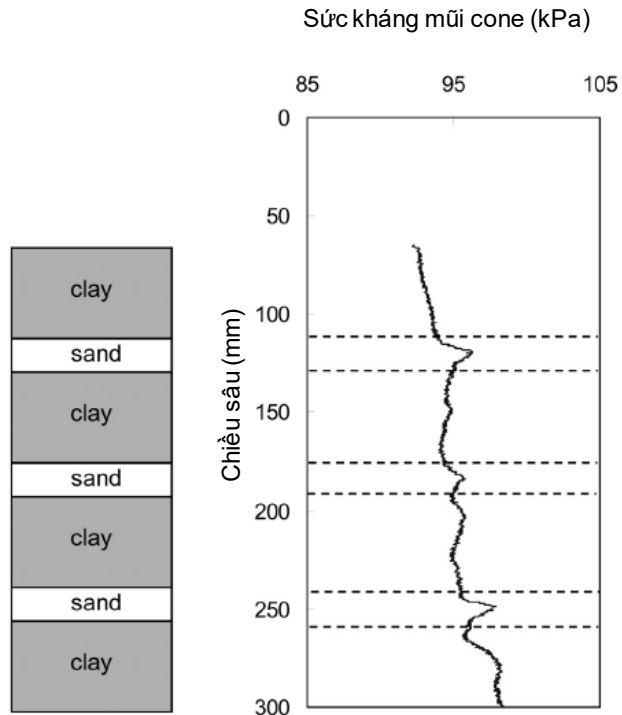


Hình 1: Sự phân bố các lớp cát mỏng trong phạm vi lớp đất sét yếu có bề dày lớn [1]

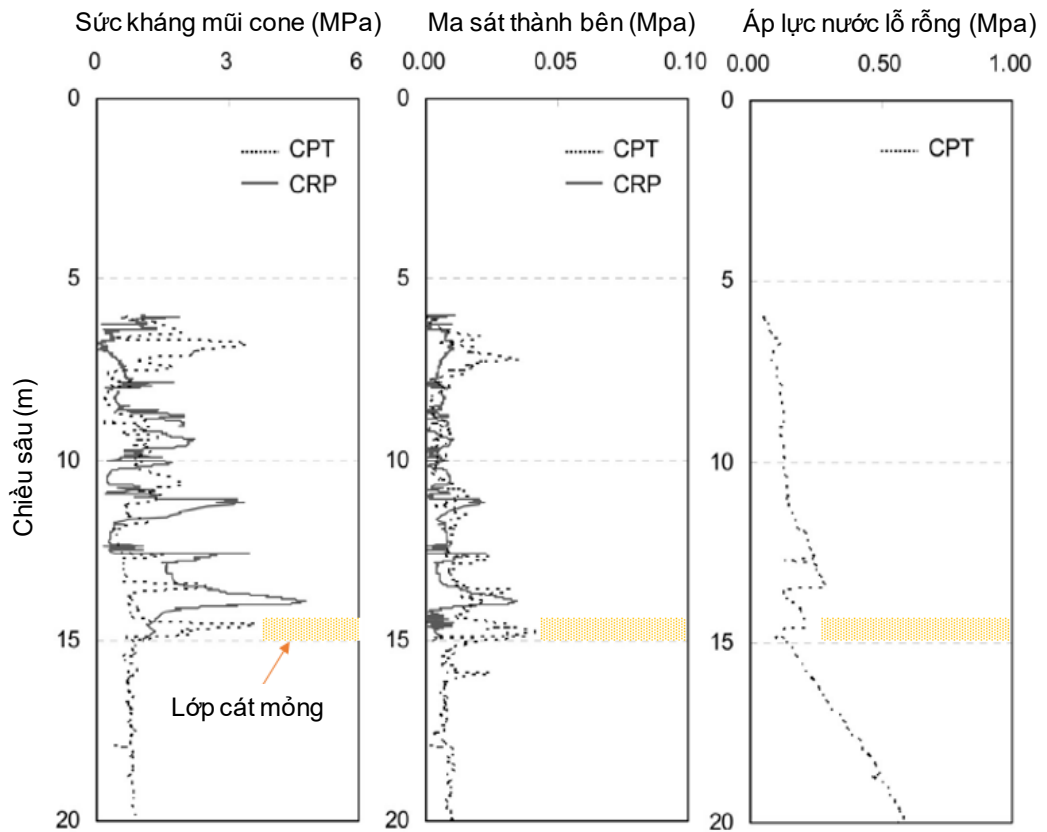
Để nhận diện và xác định đặc điểm các lớp cát mỏng này, Yoon và cộng sự [2] tiến hành thí nghiệm xuyên tĩnh có kết hợp đo nước lỗ rỗng đi qua chiều sâu các lớp cát mỏng. Kết quả cho thấy rằng tại các vị trí có sự hiện diện các lớp cát mỏng, sức kháng mũi tăng trong khi áp lực nước lỗ rỗng giảm đáng kể. Từ thí nghiệm CPTU có thể đánh giá phạm vi phân bố các lớp cát mỏng này. Hình 2 thể hiện một kết quả của

PHÂN TÍCH ỨNG XỬ CƠ KẾT NỀN ĐẤT YẾU ...

thí nghiệm xuyên tĩnh nhằm khảo sát đặc điểm các lớp cát mỏng trong lớp đất sét, kết quả này thu được từ thí nghiệm của Yoon và cộng sự [2]. Hình 3 trình bày sự nhận diện lớp cát mỏng trong nền sét tự nhiên từ thí nghiệm CPTu.

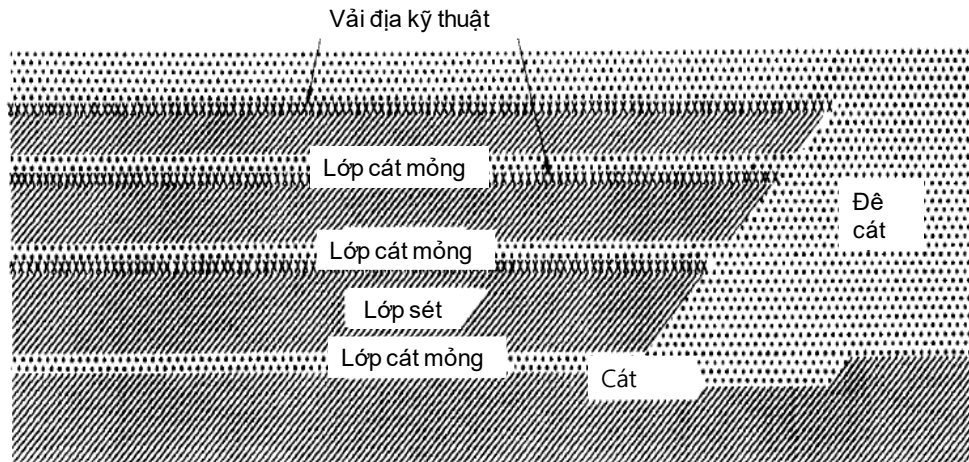


Hình 2: Sự phân bố sức kháng xuyên đầu mũi trong lớp đất sét có sự hiện diện các lớp cát mỏng [2]



Hình 3: Một số kết quả của thí nghiệm CPTu nhằm nhận diện sự hiện diện lớp cát mỏng [2]

Trong kỹ thuật xử lý nền, các nghiên cứu trước đây [3-5] cho thấy lớp cát mỏng thường được sử dụng cho sự thoát nước ngang cho một số dự án san lấp với đất bùn sét. Lớp cát mỏng này có nhiệm vụ như thu nước từ lớp bùn sét xung quanh và thoát ra các lớp cát/ hay bậc thấm đứng và đi ra ngoài. Nếu nền có gia cố bậc thấm, nước sẽ theo bậc thấm và thoát ra ngoài. Hình 4 minh họa việc sử dụng các lớp cát mỏng phân bố trong phạm vi chiều dày lớp sét nhằm tăng nhanh tốc độ cố kết trong lớp đất đắp [6]. Trong nghiên cứu đó, Tan và cộng sự [6] sử dụng kết hợp lớp cát mỏng kết hợp với vải địa kỹ thuật để tăng sức chịu tải và tăng sức chịu tải của nền.



Hình 4: Minh họa việc sử dụng các lớp cát mỏng trong công tác san lấp [6]

Việc phân tích ứng xử cố kết cho đất nền không đồng nhất luôn gặp nhiều khó khăn. Lý thuyết cố kết cơ bản luôn giả sử rằng lớp đất bùn sét là đồng nhất [7-8]. Horne [9] phát triển lời giải giải tích cho trường hợp nền không đồng nhất với lớp cát và lớp sét, trong đó nền hỗn hợp được quy đổi về nền đồng nhất có hệ số thấm tương đương. Abid và Pyrah [10] xây dựng mô hình nền hỗn hợp có lớp cát mỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn, trong đó lớp cát mỏng được mô phỏng như lớp vật liệu có hệ số thấm lớn. Nogami và Li [5] đề xuất lời giải giải tích để phân tích lún cố kết nền hỗn hợp bao gồm lớp cát mỏng theo phương ngang và hệ thống giếng thấm thẳng đứng. Mặc dầu các lời giải giải tích được phát triển và được so sánh tốt với số liệu quan trắc, tuy nhiên các lời giải này khó áp dụng trong tính toán thiết kế do phải giải các phương trình toán. Trong lời giải của Nogami và Li [5], kết quả cho thấy rằng tốc độ cố kết trong nền chịu ảnh hưởng bởi hệ số thấm và bề dày của lớp cát mỏng. Tuy nhiên giá trị giới hạn để đạt hiệu quả nhất trong phương pháp gia cố nền của các thông số này chưa được làm rõ. Asaoka [11] bỏ qua ảnh hưởng độ cứng của các cát lớp cát mỏng trong việc đề xuất phương pháp dự báo lún cho nền đất dưới tải trọng công trình. Do đó việc khảo sát đặc điểm của các lớp cát mỏng đến ứng xử biến dạng và cố kết của đất nền là cần thiết.

Dự báo ứng xử cố kết của nền đất yếu theo thời gian với đặc điểm nền không đồng nhất luôn là vấn đề khó khăn và thách thức đối với kỹ sư địa kỹ thuật hiện nay. Do đó, việc phân tích các ứng xử của nền đất (ví dụ như đặc điểm biến dạng, tốc độ cố kết) là rất cần thiết trong các công tác địa kỹ thuật. Gần đây Nguyễn Bá Phú và Nguyễn Thị Phương Linh [12] tiến hành phát triển một lời giải giải tích để phân tích ứng xử cố kết theo phương ngang cho lớp đất sét được gia cố bởi bậc thấm và chịu áp lực từ dưới lên của tầng chứa nước hạn chế. Nguyễn Quang Dũng và Nguyễn Bá Phú [13] tiến hành phân tích ổn định của nền đắp trên lớp đất yếu có xét đến các tầng chứa nước áp lực (áp lực artesian). Mặc dù các nghiên cứu này có xét đến lớp cát phía dưới lớp đất yếu, tuy nhiên chưa xét lớp cát mỏng nằm trong phạm vi lớp đất sét. Hơn thế nữa trong trường hợp nền có lớp cát mỏng, ảnh hưởng độ cản thấm (hay khả năng thoát nước hữu hạn của bậc thấm) có thể giảm, qua đó làm tăng tốc độ cố kết trong nền. Yếu tố này cũng cần được làm sáng tỏ trong các nghiên cứu tiếp theo. Cho đến nay, mặc dù có rất nhiều công trình nghiên cứu về ứng xử của đất, đặc biệt là ứng xử cố kết trong nền đất yếu ở Việt Nam [14], các nghiên cứu này chỉ được tiến hành với giả thiết rằng đất là vật liệu đồng nhất, chưa xét đến ảnh hưởng đến sự phân bố lớp cát mỏng trong điều kiện Việt Nam.

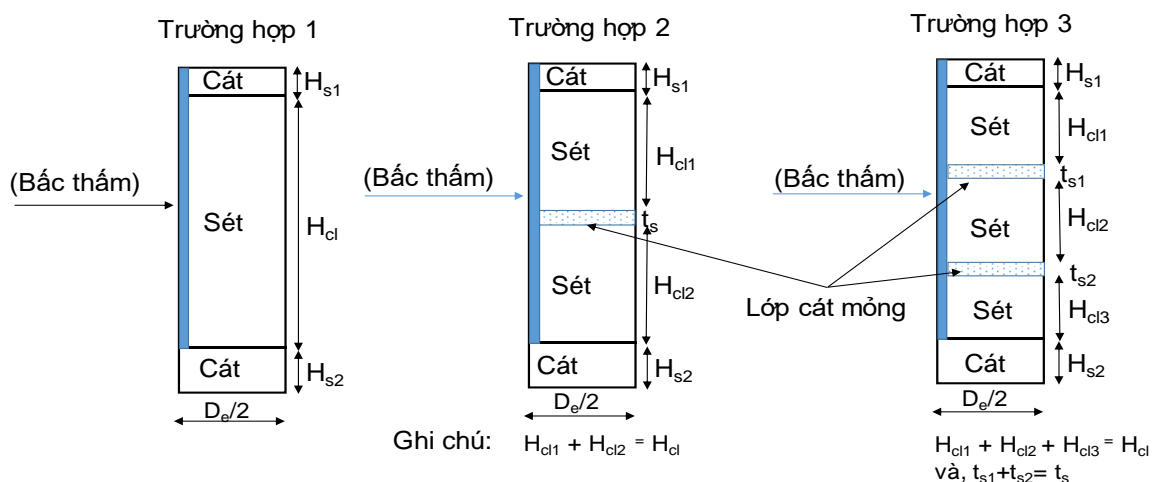
Như đã phân tích bên trên, trong những nghiên cứu trước đây ở trong và ngoài nước chỉ tập trung đánh giá sự ảnh hưởng của lớp cát mỏng đến ứng xử cố kết của nền đất yếu mà chưa xét đến các đặc điểm của nó (như bề dày, độ cứng, hệ số thấm của lớp cát mỏng). Các nghiên cứu trong nước thường phân tích lún cố kết của nền đất thông qua các các phương án gia tải trước cũng như sử dụng giếng thấm (cọc cát, bắc thấm). Một số nghiên cứu trong nước vẫn chưa xét đến ảnh hưởng lớp cát mỏng đến ứng xử lún cố kết trong đất mà chỉ giả thiết rằng các lớp đất là đồng nhất. Vì vậy, rất ít giả thuyết cũng như công trình nghiên cứu về lún cố kết và sự có mặt của lớp cát mỏng trong nền đất. Do đó, nghiên cứu hướng tới sự có mặt của lớp cát mỏng trong nền đất yếu để đánh giá sự ảnh hưởng của lún cố kết trong đất là cần thiết. Bài báo này tiến hành phân tích ứng xử cố kết của nền đất yếu có các lớp cát mỏng được gia cố bằng bắc thấm bằng phương pháp phần tử hữu hạn, trong đó mô hình số đối xứng trục được sử dụng. Kết quả phân tích số sẽ tiến hành khảo sát cho các trường hợp với số lớp cát mỏng trong lớp sét yếu. Tiếp theo, lời giải giải tích của Hansbo (Hansbo 1981) cũng được áp dụng để phân tích và so sánh với lời giải số.

2 MÔ HÌNH PHÂN TÍCH CỐ KẾT NỀN ĐẤT YẾU CÓ LỚP CÁT MỎNG GIA CỐ BẰNG BẮC THẨM

Khi tính toán xử lý nền bằng phương pháp bắc thấm, một số nghiên cứu trước đây và Tiêu chuẩn Việt Nam (ví dụ Tiêu chuẩn Quốc gia 262-2000 [15] hay TCCS 41:2022/TCĐBVN [16]) thường sử dụng bài toán đối xứng trục trong lời giải giải tích của Hansbo [20]. Ưu điểm của lời giải này là tính đơn giản, nhanh và dễ thực hiện cho Kỹ sư trong các bài toán thực tế. Tuy nhiên lời giải này chỉ xét cho trường hợp nền đồng nhất. Do đó trong trường hợp nền có tồn tại lớp cát mỏng, lời giải Hansbo [17] chỉ có thể thực hiện với giả thiết chiều dày lớp đất yếu là các đoạn nằm giữa các lớp cát mỏng. Lời giải Hansbo [17] là lời giải cố kết nền theo phương ngang, do đó chiều dày lớp đất yếu được xét đến như mức độ cản thấm (khả năng thoát nước hữu hạn của bắc thấm). Do đó, phương pháp phân tích số bằng phương pháp phần tử hữu hạn có thể áp dụng để phân tích ứng xử cố kết của nền đất yếu có lớp cát mỏng và có thể xét đến ảnh hưởng hệ số thấm và bề dày của lớp cát mỏng.

2.1 Các trường hợp nghiên cứu và lời giải giải tích

Trong phần này trình bày, ứng xử cố kết nền sét có lớp cát mỏng có gia cố bằng vật liệu thoát nước (bắc thấm) được khảo sát bằng phương pháp phân tích số qua mô hình đối xứng trục. Ứng xử cố kết của nền có gia cố bắc thấm được khảo sát qua ba trường hợp khảo sát như Hình 5 như sau: (1) Trường hợp (TH) 1 là lớp đất yếu không có lớp cát mỏng, (2) TH 2 tính toán cho một lớp cát mỏng, (3) TH 3 tính toán cho trường hợp có hai lớp cát mỏng. Chiều dày của lớp sét cho mỗi trường hợp là như nhau cho mỗi trường hợp, trong đó tổng chiều dày lớp sét giữa các lớp cát mỏng bằng chiều dày lớp sét trong trường hợp không có lớp cát mỏng, điều đó có nghĩa $H_{cl1} + H_{cl2} = H_{cl}$ cho TH 2 và $H_{cl1} + H_{cl2} + H_{cl3} = H_{cl}$ cho TH 3. Ngoài ra, chiều dày lớp cát mỏng là như nhau cho TH 2 và 3, hay $t_{s1} + t_{s2}$ (trong TH 3) = t_s (trong TH 2).



Hình 5: Các trường hợp nghiên cứu ứng xử cố kết cho nền đất sét yếu có lớp các cát mỏng

Để cụ thể trong khảo sát và tính toán, các số liệu cụ thể được cho như sau: Chiều dày lớp đất sét $H_{cl} = 21$ m cho Trường hợp 1; trong Trường hợp 2, chiều dày các lớp sét giữa các lớp cát $H_{cl1} = H_{cl2} = 10.5$ m; trong Trường hợp 3, $H_{cl1} = H_{cl2} = H_{cl3} = 7$ m. Chiều dày lớp cát mỏng t_s trong Trường hợp 2 là $t_s = 2$ m và chiều dày các lớp cát mỏng trong Trường hợp 3 là $t_{s1} = t_{s2} = 1$ m.

Trong phương pháp giải tích cho bài toán cố kết của nền đất yếu với bậc thấm theo lời giải Hansbo [20], độ cố kết của nền được tính toán với sự cố kết theo phương ngang được tính toán như sau:

$$U_h = 1 - \exp\left(\frac{-8T_h}{\mu}\right) \quad (1)$$

trong đó T_h là nhân tố thời gian được tính như sau $T_h = \frac{c_h t}{D_e^2}$, t là thời gian, D_e là đường kính vùng ảnh hưởng (hay unit cell) và c_h là hệ số cố kết theo phương ngang. μ là hệ số xét đến các yếu tố khoảng cách bậc thấm, độ xáo trộn do quá trình cắm bậc thấm và khả năng thoát nước hữu hạn, được tính toán như sau:

$$\mu = \ln \frac{n}{s} + \frac{k_h}{k_s} \ln(s) - \frac{3}{4} + \frac{\pi L^2 k_h}{3q_w} \quad (2)$$

trong đó $n = r_e/r_w$, ở đây r_e là bán kính vùng ảnh hưởng, r_w là bán kính của bậc thấm (bán kính tương đương); $s = r_s/r_w$, trong đó r_s là bán kính vùng xáo trộn do thi công bậc thấm. k_h và k_s lần lượt là hệ số thấm theo phương ngang của đất trong vùng nguyên vẹn và trong vùng xáo trộn. L là chiều dày lớp đất yếu. q_w là khả năng thoát nước của bậc thấm. Bậc thấm được bố trí dạng tam giác hay dạng hình vuông. Trong phần này, giả thiết rằng bậc thấm bố trí dạng hình tam giác đều với khoảng cách bậc thấm là 1m. Các thông số đất nền và bậc thấm cụ thể được cho như Bảng 1.

Bảng 1: Các thông số đất nền và bậc thấm gia cố nền

Thông số	r_w (m)	Khoảng cách bậc thấm (m)	r_s (m)	k_h/k_s	q_w (m ³ /năm)	c_h (cm ² /s)
Giá trị	0.03	1	0.15	5	50	6×10^{-3}

Để tiến hành phân tích cố kết theo phương ngang theo lời giải giải tích của Hansbo [17], cần giả thiết các lớp cát mỏng thoát nước tuyệt đối. Do đó chiều dài lớp đất yếu trong phân tích có khác nhau cho cả 3 trường hợp. Ví dụ Trường hợp 1, chiều dày lớp đất yếu là 21m, Trường hợp 2 chiều dày lớp đất yếu là 10.5m, và chiều dày lớp đất yếu là 7m cho Trường hợp 3. Điều đó có thể thấy rằng khi sử dụng lời giải giải tích để phân tích cố kết nền có bậc thấm có thể không thể xét đến ảnh hưởng của lớp cát mỏng. Do đó phần tiếp theo, nhóm tác giả tiến hành sử dụng phân tích số để đánh giá sự ảnh hưởng của lớp cát mỏng đến quá trình cố kết theo phương ngang.

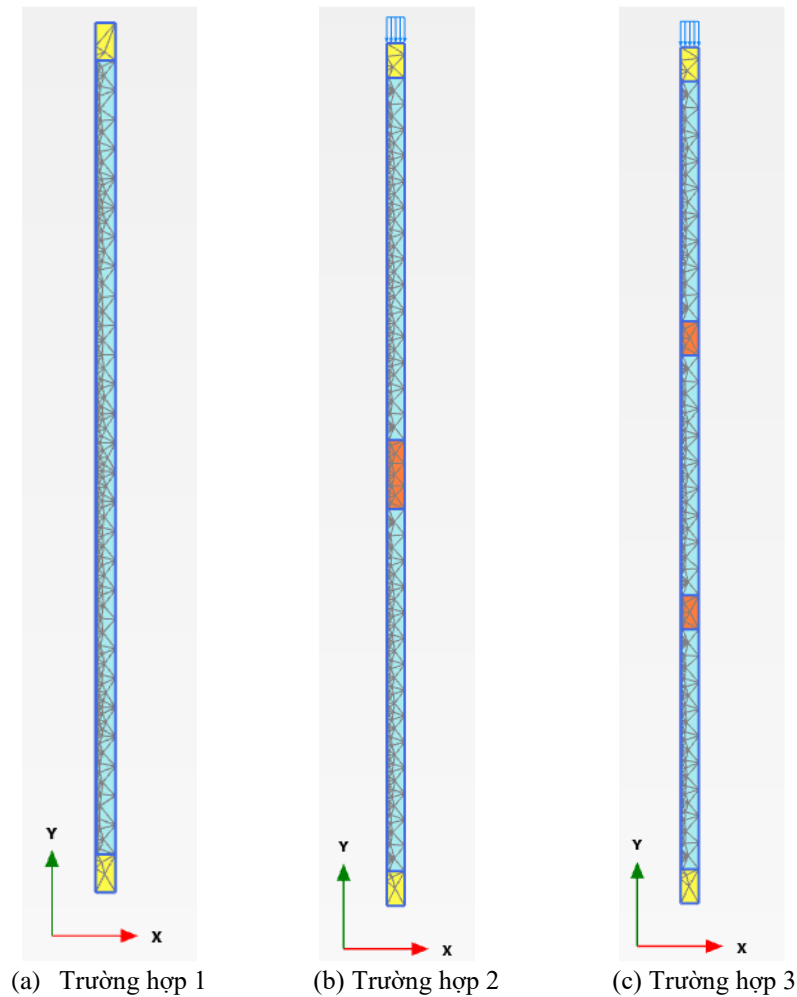
2.2 Mô hình đối xứng trục trong phương pháp số

Như phân tích bên trên, lời giải giải tích không thể phản ánh ảnh hưởng của đặc điểm của lớp cát mỏng (như chiều dày và hệ số thấm) đến sự cố kết trong lớp bùn sét. Trong phần này, sự cố kết trong nền trong các trường hợp nghiên cứu được khảo sát bằng chương trình phần tử hữu hạn Plaxis 2D, V2017 [18]. Tải trọng ngoài được mô phỏng có giá trị 100 kPa được thi công trong 10 ngày, 100 ngày sau đó là thời gian cố kết. Điều kiện các biên của mô hình được mô phỏng như sau: (1) hai biên bên trái và bên phải của mô hình không được phép chuyển vị ngang ($u_x = 0$); (2) Biên dưới mô hình hoàn toàn không chuyển vị ($u_x = u_y = 0$); (3) Biên trên hoàn toàn cho phép chuyển vị. Biên trên và biên dưới mô hình là biên được phép thoát nước, các biên còn lại là biên không thoát nước. Trong nghiên cứu này, phần tử tam giác 15 nút được sử dụng cho các lớp đất (lớp cát mỏng và lớp đất sét). Hình 6 trình bày lưới phần tử hữu hạn 2D đối xứng trục cho các trường hợp nghiên cứu. Các bước tính toán được thực hiện theo thứ tự như sau:

- Bước 1: Tính toán điều kiện ban đầu (điều kiện k_0)
- Bước 2: Tải trọng ngoài

PHÂN TÍCH ỨNG XỬ CỐ KẾT NỀN ĐẤT YẾU ...

- Bước 3: Phân tích cố kết
- Bước 4: Phân tích kết quả



Hình 6: Chia lưới phần tử hữu hạn của mô hình đối xứng trục

Trong mô hình số này, đất sét yếu được mô hình bằng mô hình Modified Cam Clay và tất cả các lớp cát được mô hình bằng mô hình vật liệu Mohr-Coulomb với các thông số như Bảng 2. Mô hình Modified Cam Clay thường được sử dụng mô phỏng ứng xử cho các lớp đất yếu trong phân tích cố kết, trong khi đó mô hình vật liệu Mohr-Coulomb thường được sử dụng trong mô phỏng ứng xử các lớp cát. Trong nghiên cứu này, hệ số thấm theo phương ngang bằng 2 lần hệ số thấm theo phương thẳng đứng ($k_x = 2k_y$). Bấc thấm được mô phỏng như lớp đất sét, và có khả năng thoát nước hữu hạn với hệ số thấm k_w . Do đó hệ số thấm của bấc thấm được tính toán dựa vào khả năng thoát nước của bấc thấm như sau:

$$k_w = \frac{q_w}{\pi r_w^2} \quad (3)$$

Sự giảm hệ số thấm của lớp sét trong quá trình cố kết được xem xét bằng công thức dưới đây [19]:

$$\log(k) = \log(k_0) - \frac{e_0 - e}{c_k} \quad (4)$$

trong đó C_k là một hằng số được sử dụng để thể hiện sự giảm hệ số thấm theo hệ số rỗng trong quá trình cố kết, C_k thay đổi từ (0.4-0.6) e_0 , C_k được chọn bằng $0.5e_0$ [19].

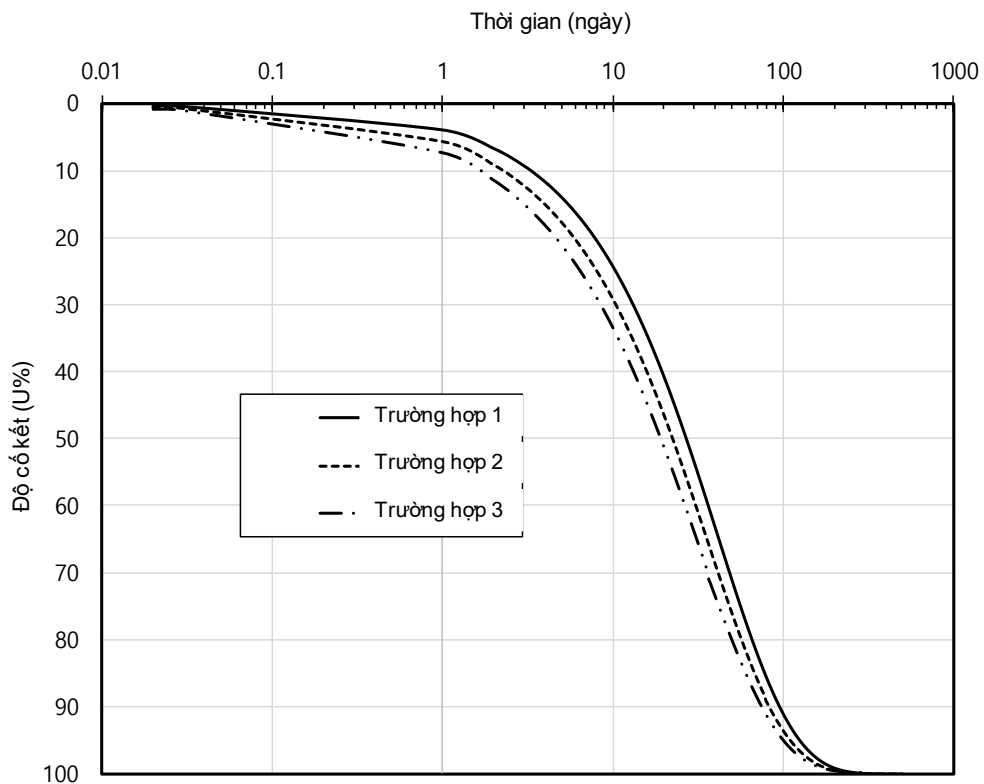
Bảng 2. Các thông số trong tính toán bằng mô hình số

Vật liệu	Mô đun đàn hồi E (MPa)	Hệ số Poisson (ν)	Lực dính c (kPa)	Góc ma sát trong (ϕ , độ)	Trọng lượng riêng (kN/m ³)	Hệ số thấm k_y (m/ngày)	e_0	λ	κ	M
Sét	-	-	1	15	16	1×10^{-4}	1.8	0.35	0.09	1
Bác thấm	-	-	1	15	16	100	1.8	0.35	0.09	1
Cát biên	20	0.3	1	30	20	0.01	1	-	-	-
Cát mỏng	20	0.3	1	30	20	0.01	1	-	-	-

3 KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả từ lời giải giải tích

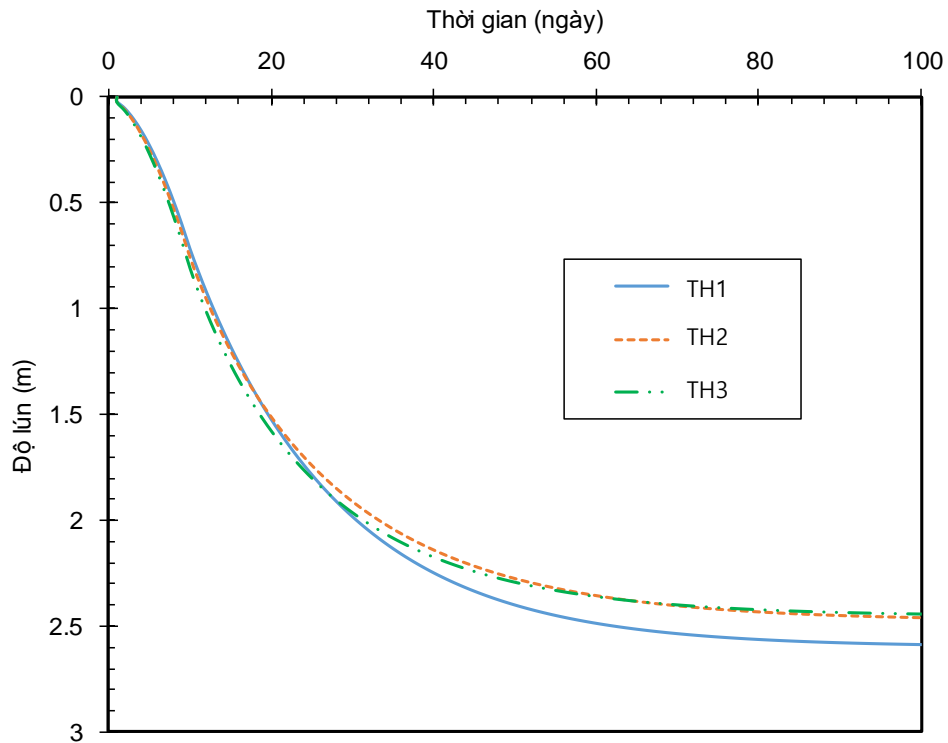
Hình 7 trình bày độ cố kết theo thời gian trong các trường hợp (TH1, TH2, TH3) theo thời gian được tính toán theo lời giải giải tích của Hansbo [20]. Kết quả cho thấy rằng tốc độ cố kết trong TH3 lớn hơn các TH2 và TH1, nói theo cách khác trong trường hợp có các lớp cát mỏng thì tốc độ cố kết lớn hơn so với trường hợp không có lớp cát mỏng. Tuy nhiên kết quả này chỉ phản ánh khi có lớp cát mỏng thì chiều dày tính toán của lớp sét nhỏ hơn so với trường hợp không có lớp cát mỏng, khi đó độ cân thấm nhỏ hơn dẫn đến tốc độ cố kết nhanh hơn (theo Phương trình 2). Theo thảo luận ban đầu, lời giải Hansbo (1981) không thể phản ánh được tốc độ cố kết của nền có xét ảnh hưởng của bề dày cũng như hệ số thấm của lớp cát mỏng.



Hình 7: Độ cố kết trong nền theo thời gian trong các trường hợp

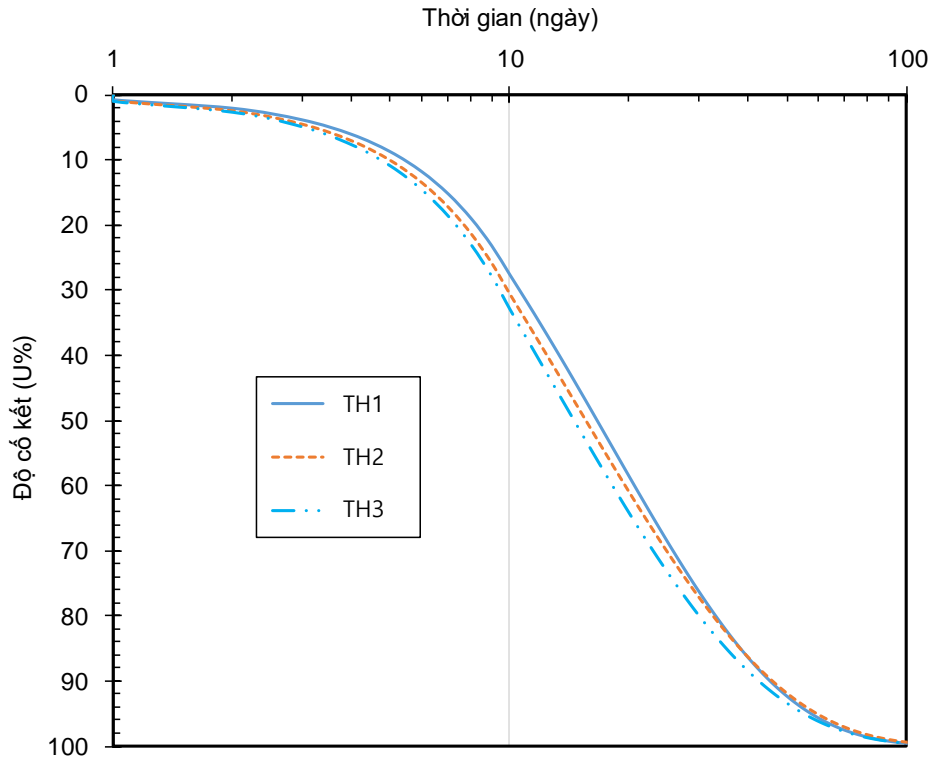
3.2 Kết quả từ phân tích số

Hình 8 trình bày kết quả phân tích độ lún theo thời gian từ phân tích số cho các TH nghiên cứu. Kết quả phân tích cho thấy rằng trong giai đoạn ban đầu (đến khi 30 ngày), tốc độ lún trong các trường hợp có lớp cát mỏng lớn so với trường hợp không có lớp cát mỏng, trong đó Trường hợp có 2 lớp cát mỏng độ lún tăng nhanh hơn trong khoảng thời gian này. Tuy nhiên độ lún cuối cùng trong trường hợp không có lớp cát mỏng có giá trị lớn hơn so với trường hợp có lớp cát mỏng. Độ lún của Trường hợp 2 và Trường hợp 3 tương đối như nhau sau khi cố kết. Kết quả cho thấy rằng trường hợp nền có lớp cát mỏng có độ cứng lớn hơn dẫn đến độ lún nhỏ hơn. Ngoài ra tổng độ dày lớp cát mỏng ở hai Trường hợp 2 và 3 là như nhau nên độ lún như nhau. Kết quả này thực tế cũng phù hợp với kết quả thí nghiệm cố kết của trụ đất có chứa lớp cát mỏng của Đỗ Kiến Tài và cộng sự [20].



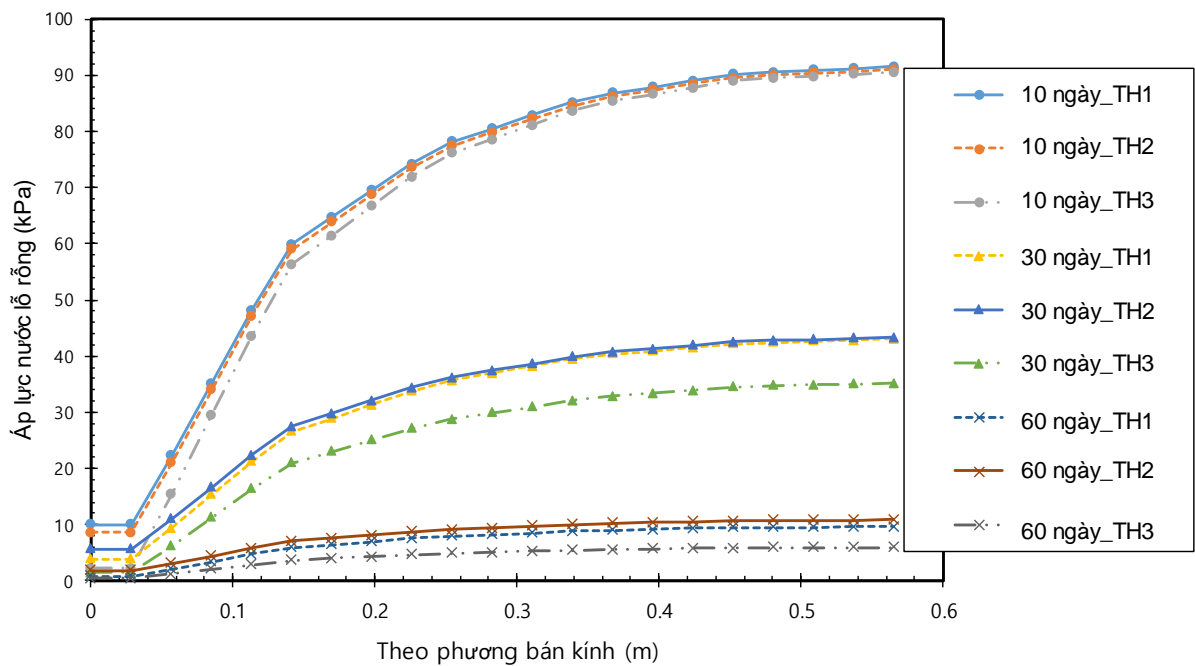
Hình 8: Kết quả phân tích độ lún cho các Trường hợp (TH) nghiên cứu

Hình 9 trình bày kết quả phân tích độ cố kết theo thời gian cho các Trường hợp nghiên cứu. Kết quả cho thấy độ cố kết trong các trường hợp là khác nhau, trong đó tốc độ cố kết trường hợp có 2 lớp cát mỏng (TH3) là nhanh nhất. Điều này có thể chiều dài đường thoát nước trong đất ở Trường hợp 3 là ngắn nhất. Mặc dù độ lún cuối cùng trong Trường hợp 2 và Trường hợp 3 như nhau, độ cố kết đất nền trong Trường hợp 3 nhanh hơn độ cố kết trong Trường hợp 2. Kết quả cho thấy nền có nhiều lớp cát mỏng hơn sẽ cho độ cố kết nhanh hơn do chiều dài đường thấm ngắn hơn, và không ảnh hưởng đến độ dày lớp cát mỏng.



Hình 9: Độ cố kết đất nền theo thời gian trong các trường hợp

Để khảo sát sự ảnh hưởng của các lớp cát mỏng đến sự cố kết theo phương ngang, Hình 10 trình bày kết quả áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm theo phương bán kính tại độ sâu 6m dưới mặt đất (dưới lớp cát đầu tiên). Kết quả cho thấy rằng sự tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm xảy ra nhanh hơn trong các trường hợp có sự hiện diện của lớp cát mỏng, trong đó nền có 2 lớp cát mỏng có sự tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng nhanh hơn. Trong nghiên cứu này, bậc thấm được mô phỏng như vật liệu thoát nước hữu hạn, có nghĩa là áp lực nước lỗ rỗng có thể khác 0 và tiêu tán theo thời gian.



Hình 10: Áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm theo phương bán kính tại độ sâu 6m dưới lớp cát đầu tiên

4 KẾT LUẬN

Bài báo này tiến hành phân tích cố kết nền đất yếu có sự hiện diện của lớp cát mỏng. Có hai phương pháp tiếp cận đó là lời giải giải tích của Hansbo [17] và phương pháp phân tích số. Dựa vào kết quả phân tích với hai phương pháp nghiên cứu, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Cả hai phương pháp tiếp cận lời giải giải tích và phương pháp số đều cho thấy nền có sự hiện diện lớp cát mỏng xảy ra quá trình cố kết nhanh hơn, tốc độ cố kết phụ thuộc vào số lượng lớp cát mỏng trong nền;
- Kết quả từ phân tích số cho thấy rằng, sự hiện diện lớp cát mỏng cũng ảnh hưởng đến sự tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm theo phương ngang và chiều sâu khảo sát. Kết quả cũng cho thấy rằng nền có sự hiện diện lớp cát mỏng có độ lún nhỏ hơn nền đồng nhất và độ lún này có xu hướng bằng nhau khi tổng chiều dày của các lớp cát mỏng bằng nhau.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Công Nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh trong đề tài cấp trường có mã số 22/2XD01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kim, S. K., “Characterization of deltaic deposits in the Nakdong River mouth”, Busan. Keynote/theme notes. In Proc., Int. Symp. On Geotechnical and Geophysical Site Characterization. London: Taylor & Francis. 2008.
- [2] Yoon, H-K., Jung, S-H., Kim, R-H., and Lee, J-S., “Cone Resistivity Penetrometer for Detecting Thin-Layered Soils” *Journal of the Korean Geotechnical Society*, 8: 15–25. 2010.
- [3] Lee, S. L., Karunaratne, G. P., Young, K. Y., and Ganeshan, V., “Layered clay–sand scheme of land reclamation” *Journal of Geotechnical Engineering (ASCE)*, 113(9): 984–995. 1987.
- [4] Karunaratne, G. P., Young, K. Y., Tan, T. S., Liang, K. M., Lee, S., and Vijiaratnam, A., “Layered clay–sand scheme reclamation at Changi South Bay” Proc., 10th Southeast Asian Geotechnical Conf., Southeast Asian Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1.1, 71–76. 1990.
- [5] Nogami, T., and Li, T., “Consolidation of system of clay and thin sand layers.” *Soils Foundations*, Jpn Geotech. Soc., in press. 42(4): 1–11. 2002.
- [6] Tan, S. A., Yong, K. Y., and Lee, S. L., “Drainage efficiency of sand layer in layered clay–sand reclamation.” *Journal of Geotechnical Engineering (ASCE)*. 118(2): 209–228. 1992.
- [7] Gray, H., “Simultaneous consolidation of contiguous layers of unlike compressible soils.” *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 110, 1327– 1344. 1945.
- [8] Schiffman, R. L., and Stein, J. R., “One-dimensional consolidation of layered systems.” *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 96(4). 1499–1504. 1970.
- [9] Horne, M. R., “The consolidation of a stratified soil with vertical and horizontal drainage.” *International Journal of Mechanical Sciences* (6), 187–197. 1964.
- [10] Abid, M. M., and Pyrah, I. C., “Consolidation behavior of finely laminated clays.” *Computers and Geotechnics*, 307–323. 1991.
- [11] Asaoka, A., “Observational Procedure of Settlement Prediction.” *Soils and Foundations*, 18(4): 87-101. 1978.
- [12] Nguyễn Bá Phú và Nguyễn Thị Phương Linh. “Lời giải giải tích cho quá trình cố kết theo phương ngang của lớp đất sét yếu gia cố bắc thấm trên tầng chứa nước hạn chế.” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-IUH*, Số 57, 2022

- [13] Nguyễn Quang Dũng và Nguyễn Bá Phú. “Ảnh hưởng của áp lực cartesian đến ứng xử nền đường trên nền đất yếu.” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-IUH*, Số 53A, 2021.
- [14] Phan Trường Sơn. “Mô phỏng vùng xáo trộn do lực ép ngang khi thi công pvd bằng PLAXIS 2D.” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-IUH*, Số 33, 2018.
- [15] Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam TCN 262-2000. Tính toán thiết kế xử lý nền đất yếu bằng bác thấm.
- [16] Bộ Giao Thông Vận Tải, Tổng cục đường bộ Việt Nam. TCCS 41:2022/TCĐBVN. 2022.
- [17] Hansbo, S., “Consolidation of fine-grained soils by prefabricated drains.” Proc 10th int conf soil mech and found eng. 1981. p. 677–82.
- [18] Brinkgreve, R. B. J., Zampich, L. M., and Ragi Manoj, N., “Plaxis: Finite element code for soil and rock analyses: Version 17.” Rotterdam, Netherlands: Balkema. 2017.
- [19] Tavenas, F., Tremblay, M., Larouche, G., “In-situ measurement of permeability in soft clays.” ASCE special conference on use of in-situ tests in geotechnical engineering. New York: ASCE; 1986. p. 1034–48.
- [20] Đỗ Kiến Tài, Đinh Văn Phương, Lê Hoàng Tuấn, Võ Hữu Vinh, Nguyễn Trần Anh Tuấn, Nguyễn Bá Phú. “Ảnh hưởng sự hiện diện của lớp cát mỏng đến ứng xử lún cố kết của lớp đất yếu.” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - IUH*. 2023 (Đã được chấp nhận).

CONSOLIDATION ANALYSIS OF PVD-IMPROVED SOFT GROUND WITH PRESENCE OF SAND SEAM LAYERS

BA-PHU NGUYEN*, PHUONG LINH THI NGUYEN

Faculty of Civil Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City

* Corresponding author: nguyenbaphu@iuh.edu.vn

Abstract. In soft ground engineering, the thin sand layer (or sand seam) in the soft soil layer can be formed naturally or artificially. The thin sand layer is deposited in the natural ground between clay layers (e.g., Busan clay). However, the effects of sand seam on consolidation behavior (settlement and pore water pressure dissipation) predicted from analytical models was often ignore due to the complexity in those analytical solutions. Therefore, this paper carries out an analysis of the consolidation behavior of the composite foundation of prefabricated vertical drains (PVDs) system combined with thin sand layer system. A series of numerical analysis is conducted to analyze the influence of thin sand layer on the consolidation settlement of the composite foundation. Analytical solution is also performed and compared with the results of numerical simulations. The obtained results show that the consolidation process of soft ground with the thin sand layer presence occurs faster than that of soft ground without sand seam (or homogeneous ground). The consolidation rate of composite ground depends on the quantity of thin sand layers in the ground. The presence of a thin layer of sand also affects the dissipation of excess pore water pressure in the horizontal direction. The results of numerical analysis show that the settlement of soft ground with the thin sand layer is smaller than that of soft ground without sand seam layer. When the total thickness of the thin sand layers in composite foundation is the same, the settlements tend to be the same.

Keywords. Sand seam, soft soil, consolidation settlement, numerical analysis, soft ground improvement, excess pore water pressure

Received on 05-06-2023

Revised on 06-09-2023