

ẢNH HƯỞNG SỰ HIỆN DIỆN CỦA LỚP CÁT MỎNG ĐẾN ỨNG XỬ LÚN CỐ KẾT CỦA LỚP ĐẤT YẾU

ĐỖ KIẾN TÀI, ĐINH VĂN PHƯƠNG, LÊ HOÀNG TUẤN, VÕ HỮU VINH, NGUYỄN TRẦN ANH TUẤN, NGUYỄN BÁ PHÚ*

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/jstiuh.v67i01.5039>

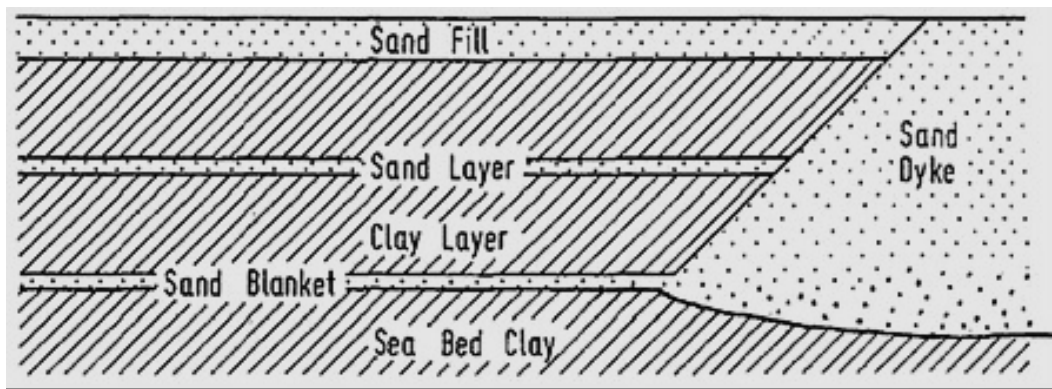
Tóm tắt: Lớp cát mỏng trong nền đất là lớp cát có chiều dày rất nhỏ hơn so với chiều dày của lớp đất yếu. Trong tự nhiên, lớp cát mỏng thường được hình thành trong quá trình trầm tích ven sông hoặc các vùng đất ven biển. Trong các dự án san lấp nền, lớp cát mỏng cũng được sử dụng xen kẽ các lớp đất đắp có hệ số thấm nhỏ nhằm tăng nhanh quá trình cố kết. Sự hiện diện của lớp cát mỏng có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình lún cố kết cũng như sự phát triển cường độ của đất yếu. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây chưa nghiên cứu nhiều về ảnh hưởng các lớp cát mỏng đến ứng xử của nền như khả năng chịu tải và lún theo thời gian. Do đó, mục tiêu chính của nghiên cứu này là tiến hành một số thí nghiệm lún cố kết nhằm khảo sát ứng xử lún theo thời gian cho các trường hợp có và không có lớp cát mỏng. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng lớp cát mỏng có vai trò làm tăng đáng kể tốc độ cố kết và độ cứng của lớp đất yếu.

Từ khóa: Lớp cát mỏng, lớp đất yếu, thoát nước, cường độ, lún cố kết.

1 GIỚI THIỆU

Trong tình hình dân số tăng nhanh và nền kinh tế phát triển không ngừng, nhu cầu xây dựng ngày càng cao, trong khi đó quỹ đất xây dựng hiện nay ngày càng giảm. Do đó yêu cầu các công trình mới phải phát triển và xây dựng trên khu vực gần sông, ao hồ, các vùng ven biển mà trước đây chưa được khai thác. Đặc điểm các lớp đất này thường bất lợi trong xây dựng như khả năng chịu tải kém và độ lún lớn. Trước khi tiến hành xây dựng trên các vùng đất này cần thiết phải thực hiện công tác xử lý nền [1].

Lớp cát mỏng thường được sử dụng cho sự thoát nước ngang cho một số dự án san lấp với đất sét, minh họa như Hình 1 [2-4]. Lớp cát mỏng này có nhiệm vụ như thu nước từ lớp sét xung quanh và thoát ra các lớp cát thẳng đứng và đi ra ngoài. Nếu nền có gia cố bắc thấm, nước sẽ theo bắc thấm và thoát ra ngoài.



Hình 1: Minh họa các lớp cát mỏng phân bố trong phạm vi chiều dày lớp sét [2]

Theo phương pháp truyền thống, vật liệu san lấp thường là cát, được bơm và vận chuyển từ sông lân cận. Tuy nhiên vấn đề này ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường, gây sạt lở khu vực dân cư gần bờ sông, bờ biển. Gần đây, nhiều nghiên cứu quan tâm đến việc sử dụng đất phế thải, bùn nạo vét để san lấp các khu vực cần xây dựng [2]. Cũng như nền đất yếu tự nhiên, lớp đất bùn san lấp cũng cần phải xử lý và cho cố kết trước khi tiến hành thi công hạng mục công trình. Để tăng nhanh quá trình cố kết cho lớp đất, lớp cát mỏng thường được bố trí xen kẽ trong lớp đất sét, sau đó tiến hành cắm bắc thấm kết hợp với gia tải trước

cho nền. Mặc dù lý thuyết cổ kết theo phương đứng và phương ngang được nghiên cứu khá nhiều, nhưng ứng xử cổ kết cho trường hợp nền có các lớp cát mỏng chưa được quan tâm nhiều. 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 [5]. Tuy nhiên cho đến nay rất ít khảo sát tiến hành đánh giá ảnh hưởng lớp cát mỏng.

Việc phân tích ứng xử cổ kết cho đất nền không đồng nhất luôn gặp nhiều khó khăn. Lý thuyết cổ kết cơ bản luôn giả sử rằng lớp đất sét là đồng nhất [6-8]. Horne [8] 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 [9] 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 [3] đề xuất lời giải giải tích để phân tích lún cổ kết nền hỗn hợp bao gồm lớp cát mỏng và lớp sét gia cố bắc thấm. 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.

Cho đến nay, việc phân tích cổ kết cho lớp đất sét xen kẽ bởi lớp cát mỏng chủ yếu bằng các lời giải giải tích và bằng phương pháp số. Mô hình thí nghiệm chưa được quan tâm nhiều. Do đó chưa kết quả quan trắc cụ thể để phân tích ảnh hưởng sự hiện diện của lớp cát mỏng đến quá trình cổ kết của lớp đất yếu.

Mặc dù có rất nhiều công trình nghiên cứu về ứng xử cổ kết trong nền đất yếu ở Việt Nam [10]. Các nghiên cứu đều nêu ra một trong các nguyên nhân chính sự ảnh hưởng đến ứng xử cổ kết của đất là tốc độ thoát nước cũng như sự thay đổi của áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm [11-12]. Và thay đổi này có ảnh hưởng đến độ lún cũng như tốc độ lún của nền đất. Nhìn chung các nghiên cứu được tiến hành với giả thiết rằng đất là vật liệu đồng nhất, chưa xét đến sự thay đổi địa tầng ở điều kiện Việt Nam.

Đối với các công trình đường đắp trên nền đất yếu, việc phân tích các ứng xử của nền đất là rất cần thiết trong các công tác địa kỹ thuật. Gần đây Nguyễn Bá Phú và Nguyễn Quang Dũng [5] tiến hành phân tích ứng xử của lớp đất yếu có xét đến tầng chứa nước áp lực (áp lực artesian). Cùng với việc tồn tại tầng chứa nước cũng ảnh hưởng đến ứng xử của nền đường và tầng chứa nước này thường có áp lực rất lớn đối với các vùng có địa hình cao. Và áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm tiêu tán chậm cũng làm ảnh hưởng đến ứng xử cổ kết trong đất. Mặc dù 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.

Trong những nghiên cứu trước [1] chỉ tập trung đánh giá và phân tích lún cổ kết của nền đất thông qua các các phương án gia tải trước cũng như sử dụng giếng thăm (cọc cát, bắc thấm). Mặc dù các nghiên cứu trước có khả năng tạo ra tiền đề để mở rộng các nghiên cứu sau này. Các nghiên cứu trước đó đã chứng minh áp lực nước lỗ rỗng thặng dư có ảnh hưởng đến tốc độ lún cổ kết cũng như độ lún cổ kết sau cùng. Từ đó, các nghiên cứu này đã tạo ra cơ sở để phát triển cho nghiên cứu ảnh hưởng lớp cát mỏng đến lún cổ kết của nền đất yếu, hay nói cách khác là tốc độ thoát nước trong lớp cát mỏng có ảnh hưởng đến tốc độ cổ kết và độ lún cổ kết sau cùng của lớp đất yếu.

Một số nghiên cứu trong nước vẫn chưa xét đến ảnh hưởng lớp cát mỏng đến ứng xử lún cổ 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 cổ kết và sự có mặt của lớp cát mỏng trong nền đất. Do đó, đề tài nhóm nghiên cứu hướng tới sự có mặt của lớp cát mỏng trong nền đất yếu để đánh giá sự ảnh hưởng của lún cổ kết trong đất là cần thiết.

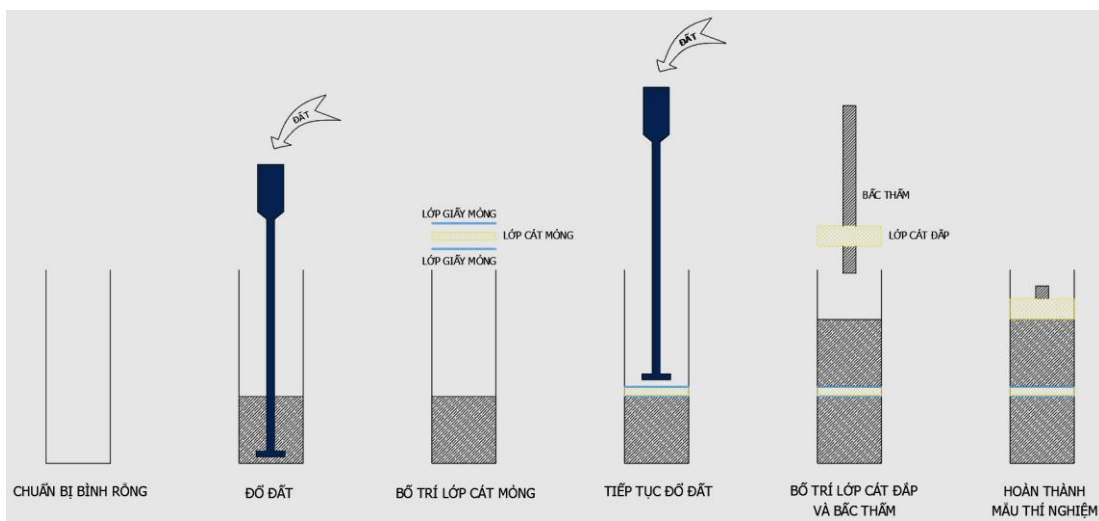
Đề tài này tiến hành một số thí nghiệm trong phòng để khảo sát ứng xử cổ kết của lớp đất yếu có và không có sự hiện diện của lớp cát mỏng bên trong lớp đất sét yếu được gia cố bắc thấm. Trong trường hợp có sự xuất hiện lớp cát mỏng, đề tài tiến hành thí nghiệm với số lượng lớp cát mỏng khác nhau. Ứng xử cổ kết cho các trường hợp được phân tích qua đường cong lún theo thời gian. Từ đó đánh giá ứng xử cổ kết trong nền đất có và không có xuất hiện lớp cát mỏng.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thiết kế thí nghiệm

Để đánh giá sự ảnh hưởng của lớp cát mỏng đến quá trình cổ kết trong nền, nhóm nghiên cứu tiến hành thực hiện các thí nghiệm cổ kết cho ba bình đất để so sánh và đánh giá ứng xử về độ lún, tốc độ lún cổ kết của các mẫu như sau: (1) Trường hợp 1 là mô hình một lớp đất yếu đồng nhất không có bố trí lớp cát mỏng; (2) Trường hợp 2 mô hình lớp đất có xen kẽ một lớp cát mỏng ở giữa; (3) Trường hợp 3 mô hình lớp đất yếu được xen kẽ hai lớp cát mỏng. Để thu được kết quả tốt, nhóm nghiên cứu chú trọng rất nhiều nhất đến công tác thiết kế bình đất. Những yêu cầu chung về mẫu đất có thể kể đến như sau:

- + Mẫu đất được thiết kế là đồng nhất. Theo các nghiên cứu trước đây [6-8], lý thuyết cơ bản để xét đến lún cố kết là giả sử lớp đất xét luôn đồng nhất. Sự không đồng nhất của các mẫu có thể dẫn đến sai số trong quá trình phân tích và không có chính xác khi so sánh đặc điểm ứng xử của lớp đất yếu.
- + Các bình đất phải được thí nghiệm với cùng một quy trình, cùng điều kiện về môi trường thí nghiệm (áp suất, nhiệt độ, độ ẩm), sự khác biệt về độ ẩm của các bình là không đáng kể. Và để so sánh tổng quan nhất thì ba bình đất phải được thiết kế với cùng điều kiện như tổng chiều dày các lớp đất trong trụ, kích thước bình đều phải như nhau.
- + Chọn kích thước bình thí nghiệm được dựa trên các mục tiêu và vật tư thí nghiệm như: Bình có thành cứng để không xảy chuyển vị ngang trong suốt quá trình thí nghiệm. Điều này đảm bảo biến dạng lún trong bình là biến dạng một chiều theo phương thẳng đứng. Ngoài ra dựa vào các thiết bị có sẵn trong phòng như tải trọng, khối lượng đất, bình được chọn phải chịu được tải trọng đối với lần đặt tải cuối cùng. Đường kính của bình lớn hơn đường kính của tạ lớn nhất trong phòng thí nghiệm.
- + Trong suốt quá trình đọc số liệu, số liệu phải được đọc cẩn thận và các bình đất phải được bảo quản cẩn thận. Không có hiện tượng tác động vật lý mạnh lên mẫu đất, tránh hiện tượng thay đổi lực tải gây sai lệch kết quả. Quy trình thực hiện thiết kế các mẫu đất thí nghiệm được minh họa như Hình 2.



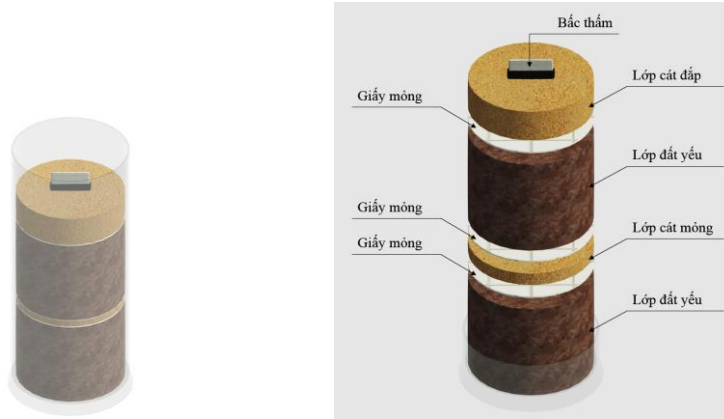
Hình 2: Quy trình thiết kế mẫu đất



Hình 3: Quá trình nhóm thiết kế mẫu

Như cách tiến hành ở Hình 3, mỗi thành phần đều được thiết kế cẩn thận. Đặc biệt ở giai đoạn bố trí lớp cát mỏng, phải tiến hành thật tỉ mỉ, không để lớp cát mỏng trộn lẫn với lớp bùn yếu. Đối với bình không lớp cát và 2 lớp cát, nhóm thí nghiệm cũng thực hiện tương tự như quy trình bên trên. Lớp giấy thấm nước được bố trí giữa lớp bùn và lớp cát nhằm giảm ảnh hưởng xáo trộn giữa hai thành phần. Chi tiết mô hình mẫu thí nghiệm như Hình 4. Hình 5 và Hình 6 lần lượt thể hiện chi tiết mô hình thí nghiệm khi hoàn thành và kích thước các lớp vật liệu trong mô hình thí nghiệm.

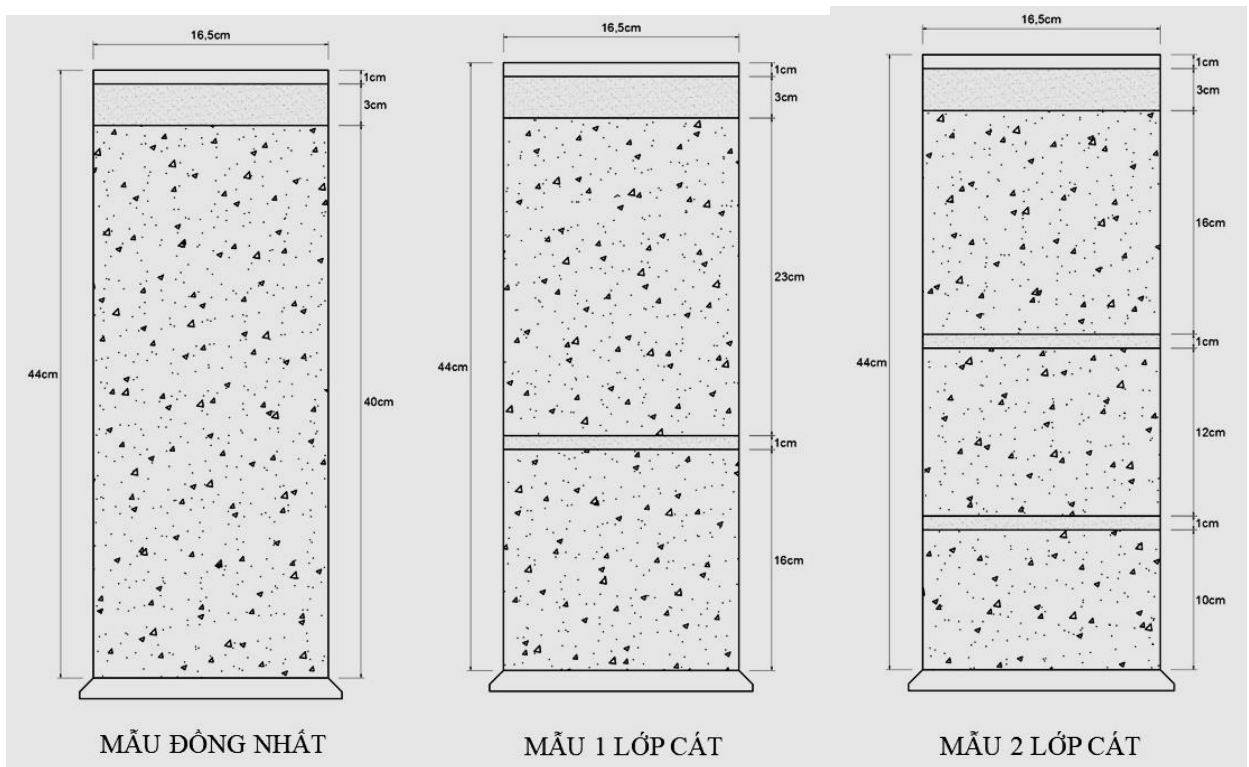
ẢNH HƯỞNG SỰ HIỆN DIỆN CỦA LỚP CÁT MỎNG...



Hình 4: Chi tiết các thành phần trong mẫu đất

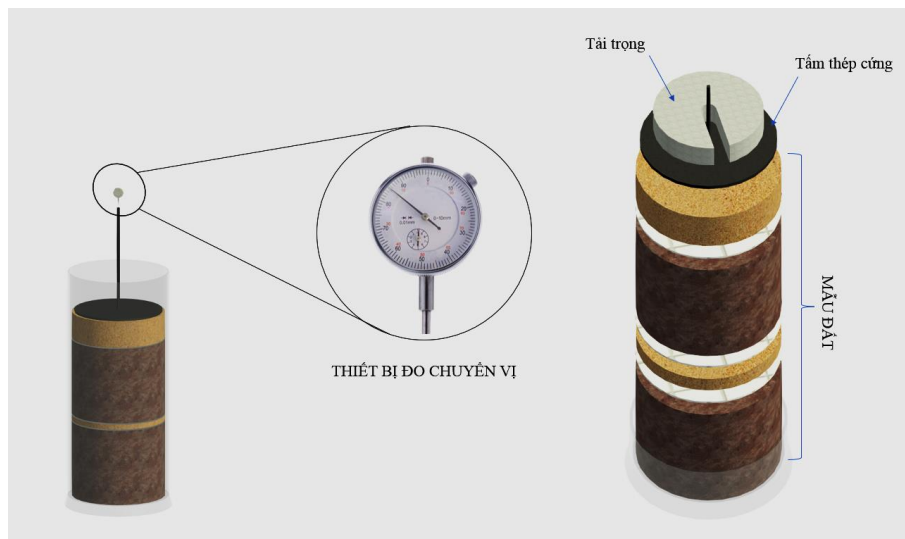


Hình 5: Mô hình thí nghiệm hoàn thành



Hình 6: Chi tiết bố trí lớp đất sau cùng

Sau khi thiết kế xong mẫu đất và đợi để mẫu đất lún ổn định do tải trọng bản thân (thời gian chờ 1 tuần) thì nhóm nghiên cứu tiến hành quy trình đặt tải để đo độ lún do tải trọng. Nhóm nghiên cứu sử dụng tấm thép cứng để đặt trên lớp cát trên mẫu nhằm phân bố tải trọng ra đều cho bề mặt đất tải, tấm thép cứng được hàn cứng với một thanh cứng để kết hợp gắn với đồng hồ đo lún (chuyển vị kế). Mô hình đặt tải trọng và phương pháp đọc số liệu như Hình 7.



Hình 7: Mô hình đọc tải trọng và phương pháp đọc số liệu






2.2 Dụng cụ và vật liệu thí nghiệm

Để hình dung một cách cụ thể và chi tiết hơn về phương pháp thí nghiệm, Bảng 1 dưới đây trình bày chi tiết các vật liệu và dụng cụ được sử dụng trong thí nghiệm.

Bảng 1: Bảng thống kê vật liệu thí nghiệm

Số thứ tự	Tên dụng cụ, vật liệu	Hình ảnh	Ghi chú
Dụng cụ thí nghiệm			
1	Bình thủy tinh		Ba bình thủy tinh có kích thước $r \times h = 16,5 \times 43$ cm. Sử dụng để thiết kế trụ đất với 3 mẫu: (1) Trụ đất đồng nhất. (2) Trụ đất có xen kẽ 1 lớp cát mỏng. (3) Trụ đất có xen kẽ 2 lớp cát mỏng.
2	Bấc thấm		Bấc thấm PVD có chiều dài mỗi đoạn là 40 cm. Bố trí cho từng bình nhằm giảm thời gian chờ lún của 3 mẫu.

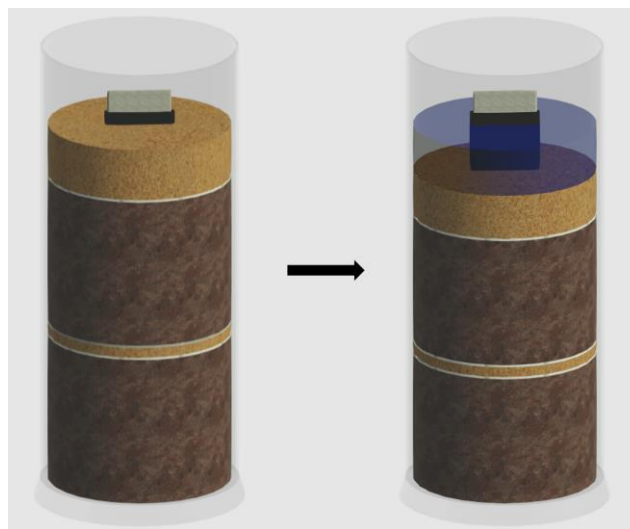
ẢNH HƯỞNG SỰ HIỆN DIỆN CỦA LỚP CÁT MỎNG...

Số thứ tự	Tên dụng cụ, vật liệu	Hình ảnh	Ghi chú
3	Tải trọng		Bộ tạ có các khối lượng: 100g, 200g, 500g, 1kg, 2kg, 5kg. Nhóm nghiên cứu sử dụng kết hợp các loại tạ để tạo ra tải trọng tương ứng với tải trọng thiết kế.
4	Tấm thép cứng hàn thanh sắt		Tấm thép cứng có đường kính 15,8cm và được hàn cứng với thanh thép. Cùng với thiết bị đo lún, hệ thống đồng hồ và tấm thép có thể đo được chuyển vị của đất khi đặt tải trọng.
5	Bộ thiết bị đo lún		Bộ thiết bị đo lún được kết hợp giữa 2 bộ phận chính: tay nắm và chuyển vị kế.
6	Ống nhựa PVC		Ống nhựa PVC được sử dụng như ống tremie. Khi đổ đất vào bình, nhóm nghiên cứu sẽ dùng dụng cụ này để đất trong bình không bị phân tầng hoặc bị xáo trộn.
Vật liệu thí nghiệm			
1	Đất sét yếu		Đất sét yếu được thu thập từ độ sâu 3-5m ở khu vực cầu kênh 2 tại Km 18+850, thuộc Dự án Đường vành đai 3. Đất sét yếu có các thông số như sau: độ ẩm 88.3%, hệ số rỗng ban đầu 2.369, trọng lượng riêng tự nhiên là 14.5 kN/m ³ , tỷ trọng đất 2.59. Sau khi thu thập, nhóm nghiên cứu thực hiện loại bỏ tạp chất trong đất và pha trộn với lượng nước thích hợp để tương ứng với mẫu đất thiết kế.

Số thứ tự	Tên dụng cụ, vật liệu	Hình ảnh	Ghi chú
2	Cát		Cát trong phòng thí nghiệm
3	Giấy mỏng		Nhóm nghiên cứu sử dụng giấy thấm để làm lớp giấy mỏng. Giấy mỏng có nhiệm vụ ngăn cách các lớp vật liệu không xáo trộn vào nhau.

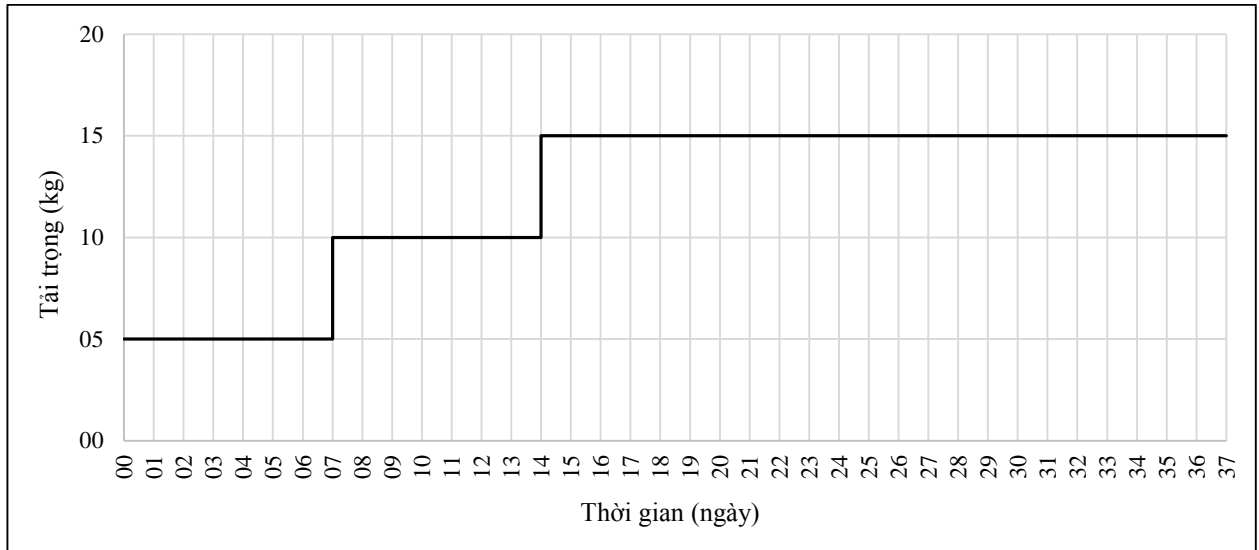
2.3 Trình tự thí nghiệm

Nhóm nghiên cứu thực hiện thí nghiệm dựa trên quan sát thực tế và so sánh kết quả lún có kết giữa ba bình đất thí nghiệm. Sau đó khảo sát và đánh giá về các yếu tố độ lún: tốc độ lún, độ lún sau cùng của ba mô hình sau 3 lần đặt tải. Cụ thể, nhóm thí nghiệm chuẩn bị khối đất như mục 2.1, nhóm nghiên cứu dành ra một ngày để quan sát hiện tượng lún do tải trọng bản thân của mẫu đất. Mô phỏng lún do đặt tải trọng bản thân được thể hiện ở Hình 8.



Hình 5: Quá trình lún do tải trọng bản thân

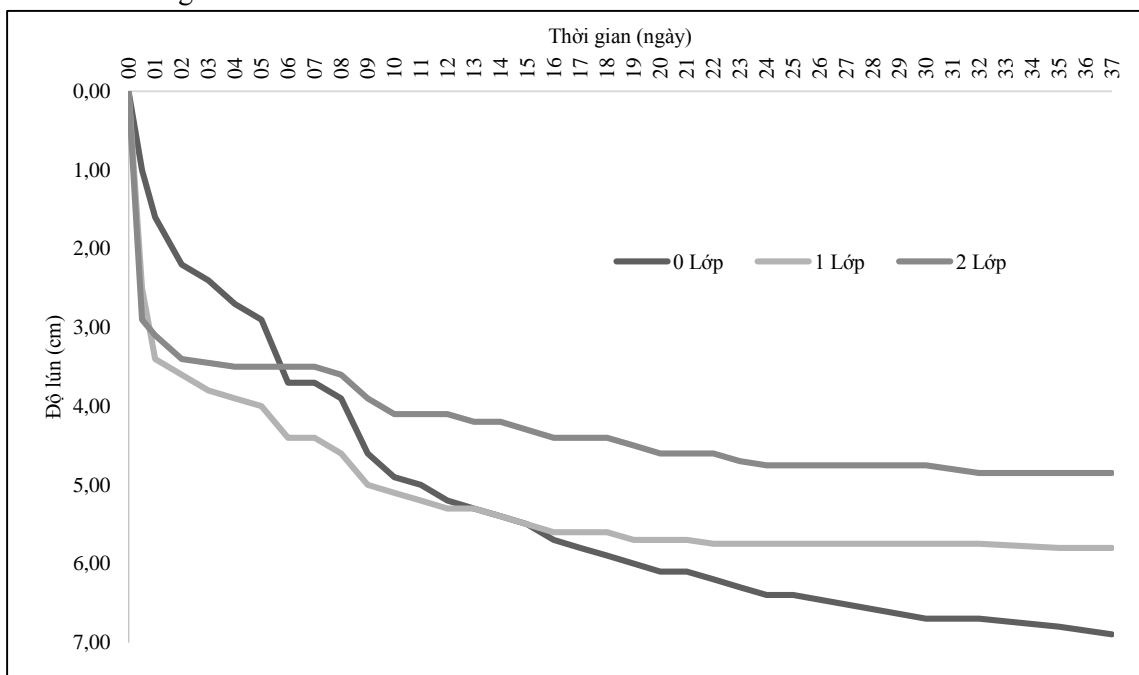
Sau khi lún do tải trọng bản thân, nhóm nghiên cứu sẽ thực hút sạch nước bề mặt và thực hiện đặt tải cho các mô hình thí nghiệm. Cấp tải gồm 5kg, 10kg, 15kg (sơ đồ chất tải như Hình 9). Sau 7 ngày sẽ thực hiện tăng tải một lần, mỗi lần tăng tải đều ghi số liệu sau mỗi 5 phút và ghi trong vòng 30 phút. Sau khi chất tải sẽ ghi số liệu hằng ngày.



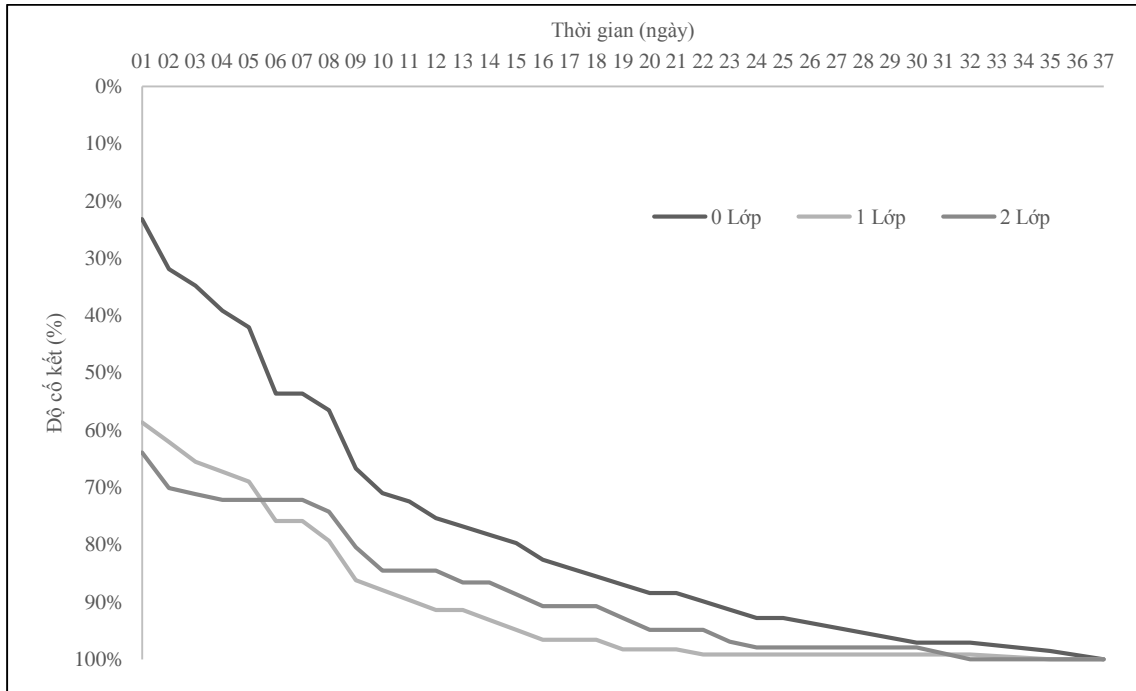
Hình 6: Biểu đồ gia tăng tải trọng theo thời gian

3 KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Dựa vào số liệu đọc được trên 3 mô hình, nhóm nghiên cứu dựng lên biểu đồ quan hệ giữa độ lún và thời gian lún trong 37 ngày, kết hợp với số liệu đã đọc để đưa ra các biểu đồ lún cho các lý thuyết khác. Kết quả của nhóm nghiên cứu đưa ra được các biểu đồ: (1) Biểu đồ quan hệ giữa độ lún cố kết và thời gian trong 37 ngày, (2) Biểu đồ quan hệ giữa tốc độ lún trung bình và thời gian trong 37 ngày, (3) Biểu đồ quan hệ giữa tốc độ cố kết và thời gian trong 37 ngày. Với số liệu trên, nhóm nghiên cứu lập được biểu đồ lún và độ cố kết theo thời gian như Hình 10 và Hình 11.



Hình 7: Biểu đồ quan hệ độ lún và thời gian trong 37 ngày



Hình 8: Biểu đồ quan hệ độ cố kết và thời gian trong 37 ngày

Từ biểu đồ quan hệ giữa độ lún cố kết và thời gian trong 37 ngày, nhóm nghiên cứu chia ra từng giai đoạn để đánh giá về tốc độ lún trung bình của các mô hình thí nghiệm với từng cấp tải để đánh giá chi tiết về tốc độ trung bình của mẫu. Tuy nhiên, nhóm nghiên cứu lưu ý đến các vị trí giao nhau giữa các đường cong nén lún của các mô hình thí nghiệm. Nên nhóm nghiên cứu đã chia ra các giai đoạn như Bảng 2.

Bảng 2: Xét các giai đoạn đặt tải

Giai đoạn	Ngày bắt đầu	Ngày kết thúc
1	00	0.5
2	0.5	06
3	06	15
4	15	37

Sau khi đánh giá các yếu tố về tốc độ cố kết và độ lún sau cùng, nhóm nghiên cứu sẽ đề ra 2 mô hình căn bản để so sánh:

- + Mô hình 1: Mô hình đồng nhất (mô hình không có sự hiện diện của lớp cát mỏng).
- + Mô hình 2: Mô hình hỗn hợp (mô hình có sự hiện diện của lớp cát mỏng).

3.1 So sánh tốc độ lún trung bình của các mẫu thí nghiệm

Tốc độ lún có thể được tính theo công thức dưới đây:

$$\text{Tốc độ lún trung bình: } V_{tb(i_2-i_1)} = \frac{S_{i_2} - S_{i_1}}{i_2 - i_1}$$

trong đó

$V_{tb(i_2-i_1)}$: Tốc độ lún trung bình trong khoảng thời gian $t_2 - t_1$ (cm/ngày)

S_{i_2} : Độ lún được đọc tại ngày thứ i (cm)

i_1, i_2 : Ngày đọc (ngày)

ẢNH HƯỞNG SỰ HIỆN DIỆN CỦA LỚP CÁT MỎNG...

Từ đó, nhóm nghiên cứu tiến hành tính toán độ lún và tốc độ lún như Bảng 3 và Bảng 4 như sau:

Bảng 3: Độ lún tại thời điểm cần nhận xét (cm)

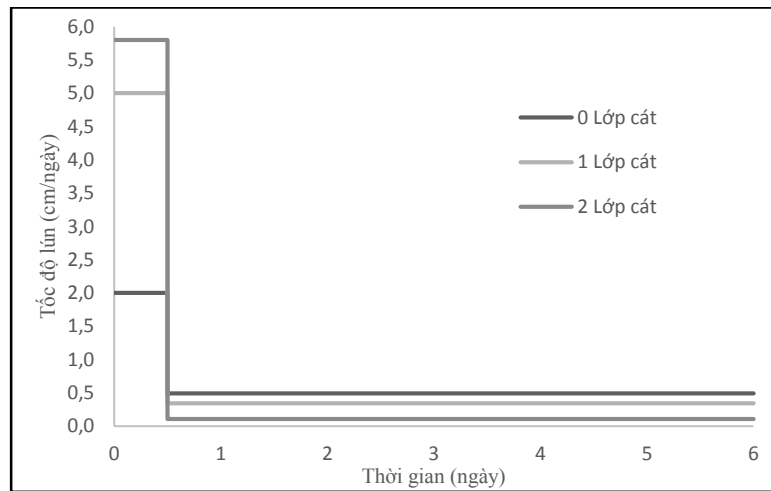
Độ lún	0 Lớp cát	1 Lớp cát	2 Lớp cát
S _{0.5}	1.00	2.50	2.90
S ₀₆	3.70	4.40	3.50
S ₁₅	5.50	5.50	4.30
S ₃₇	6.90	5.80	4.85

Bảng 4: Tốc độ lún trung bình trong từng giai đoạn (cm/ngày)

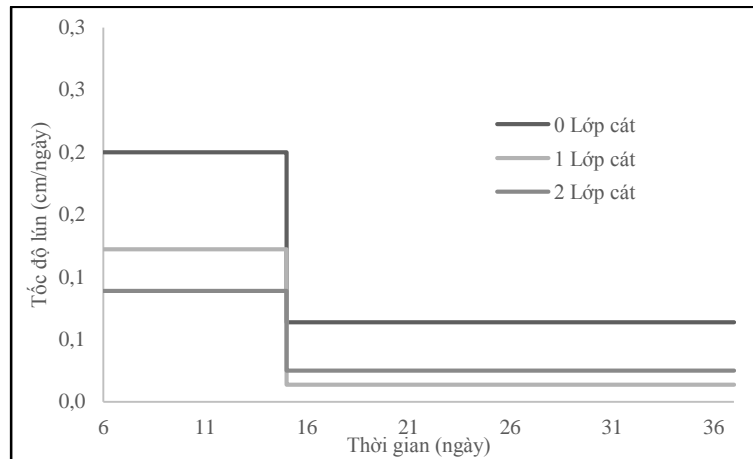
V _{tb} (cm/ngày)	Thời gian xét (ngày)	0 Lớp cát (cm/ngày)	1 Lớp cát (cm/ngày)	2 Lớp cát (cm/ngày)
V ₁	00 → 0.5	2,000	5,000	5,800
V ₂	0.5 → 06	0.491	0.345	0.109
V ₃	06 → 15	0.200	0.122	0.089
V ₄	15 → 37	0.064	0.014	0.025

3.2 Thiết lập đồ thị và so sánh tốc độ lún trung bình

Vì sự chênh lệch độ lún khá lớn giữa tốc độ lún giữa giai đoạn đầu và giai đoạn cuối, nhóm nghiên cứu chia ra 2 biểu đồ tốc độ lún để so sánh được chi tiết các các mô hình thí nghiệm. Biểu đồ thể hiện như Hình 12 và Hình 13.



Hình 9: Biểu đồ quan hệ giữa tốc độ lún trung bình và thời gian phần 1



Hình 10: Biểu đồ quan hệ giữa tốc độ lún trung bình và thời gian phân 2

Ở giai đoạn 1, tốc độ lún trung bình của các mô hình được sắp xếp theo thứ tự giảm dần như sau: (Bình 2 lớp cát) > (Bình 1 lớp cát) > (Bình 0 lớp cát). Trong giai đoạn này, mô hình có nhiều lớp cát sẽ có tốc độ lún nhanh hơn. Mô hình có lớp cát mỏng đã đạt trạng thái cân bằng với cấp tải vì sự thoát nước ra ngoài rất nhanh. Ngược lại, mô hình đồng nhất vì thoát nước chậm cho nên hiện tượng lún vẫn xảy ra cho đến khi mô hình đạt trạng thái cân bằng với cấp tải.

Ở giai đoạn 2, tốc độ lún của các mô hình có xu hướng ngược lại với giai đoạn 1. Tốc độ lún của các mô hình được sắp xếp theo thứ tự giảm dần như sau: (Bình 0 lớp cát) > (Bình 1 lớp cát) > (Bình 2 lớp cát). Trong giai đoạn này, mô hình đồng nhất vẫn chưa đạt trạng thái cân bằng với cấp tải nên hiện tượng lún vẫn xảy ra. Ngược lại, mô hình có lớp cát mỏng đã sớm đạt trạng thái cân bằng.

Ở giai đoạn 3, tốc độ lún của các mô hình không có sự thay đổi thứ tự so với giai đoạn 2. Độ lún được giảm dần như sau: (Bình 0 lớp cát) > (Bình 1 lớp cát) > (Bình 2 lớp cát).

Ở giai đoạn 4, thứ tự tốc độ lún của các mô hình có sự thay đổi khác thường. Tốc độ lún được giảm dần theo thứ tự (Bình 0 lớp cát) > (Bình 2 lớp cát) > (Bình 1 lớp cát). Sau khi kết thúc thí nghiệm ở ngày thứ 37, nhóm nghiên cứu tiếp tục thử tăng tải trọng lên 20kg thì hiện tượng cố kết vẫn tiếp tục xảy ra. Tuy nhiên, dụng cụ thiết kế trụ đất không chịu được quá 20kg, cho nên nhóm nghiên cứu đã dừng lại thí nghiệm ở tải 15kg. Như vậy, mô hình hỗn hợp có tốc độ lún nhanh nhất vào những ngày đầu tiên đặt tải và sẽ giảm dần về những ngày sau. Về độ lún, mô hình đồng nhất có độ lún sau cùng lớn hơn so với mô hình hỗn hợp.

3.3 So sánh độ lún sau cùng của các mẫu thí nghiệm

Độ lún sau cùng được trích ra như Bảng 5.

Bảng 5: Độ lún sau cùng của các mẫu đất (cm)

	0 Lớp cát	1 Lớp cát	2 Lớp Cát
Sc	6,90	5,80	4,85

Từ Bảng 5 có thể thấy được độ lún sau cùng sẽ giảm dần từ mô hình 0 lớp cát, mô hình 1 lớp cát, mô hình 2 lớp cát. Như vậy, độ lún sau cùng của mô hình có tỷ lệ nghịch với số lượng lớp cát hiện diện trong khối đất.

3.4 Đánh giá và thảo luận

Trong quá trình quan sát, nhóm nghiên cứu nhận ra mô hình hỗn hợp có khả năng thoát nước nhanh hơn nhiều so với mô hình đồng nhất. Nhóm nghiên cứu đưa ra được 3 nhận xét cho quá trình lún của mẫu. Như vậy, sau khi quan sát thì nhóm nghiên cứu thấy:

- + Mô hình hỗn hợp có khả năng thoát nước nhanh hơn mô hình đồng nhất.
- + Mô hình hỗn hợp có tốc độ cố kết nhanh hơn mô hình đồng nhất.
- + Mô hình hỗn hợp có độ lún thấp hơn mô hình đồng nhất.

3.4.1 Mô hình hỗn hợp có tốc độ cố kết nhanh hơn mô hình đồng nhất

Hình 10 tại Mục 3 “Biểu đồ quan hệ độ lún và thời gian trong 37 ngày”, nhóm nghiên cứu nhận ra rằng mô hình có sự hiện diện 2 lớp cát mỏng đạt độ cố kết 100% vào ngày thứ 32, mô hình có sự hiện diện 1 lớp cát mỏng đạt độ cố kết 100% vào ngày thứ 35 và mô hình không hiện diện lớp cát mỏng đạt độ cố kết 100% vào ngày thứ 37. Như vậy, mô hình hỗn hợp có tốc độ cố kết nhanh hơn mô hình đồng nhất và số lớp cát mỏng trong mẫu càng nhiều thì tốc độ cố kết càng tăng.

3.4.2 Mô hình hỗn hợp có khả năng thoát nước nhanh hơn so với mô hình đồng nhất

Hình 10 tại mục 3 “Biểu đồ quan hệ độ lún và thời gian trong 37 ngày” và mục 3.1, nhóm nghiên cứu nhận thấy rằng mô hình hỗn hợp có khả năng thoát nước nhanh hơn so với mô hình đồng nhất. Đối với điều này có thể hiểu rằng mô hình đất gồm 3 pha: pha đất, pha nước và pha khí, tốc độ cố kết liên quan chặt chẽ đến tốc độ giảm đi pha khí và pha nước của mẫu đất. Cụ thể, khi pha nước và pha khí giảm càng mạnh thì tốc độ cố kết của mô hình xảy ra càng nhanh. Đối với mẫu đất thiết kế, giá thiết độ ẩm được thiết kế là 105% (mẫu đất đã bão hòa) nên trong mẫu đất chỉ có 2 pha là pha đất và pha nước.

Sau khi thảo luận, nhóm đưa ra quan điểm về chi tiết này là do sự ảnh hưởng của lớp cát mỏng nằm trong mô hình hỗn hợp. Vì lớp cát được rải đều và nằm xa phạm vi hút nước của bậc thấm, điều này là điều kiện thuận lợi cho các phần tử nước ở xa bậc thấm cũng có thể thoát ra ngoài nhờ sự có mặt của lớp cát mỏng. Như vậy, lớp khi mẫu đất có bố trí lớp cát mỏng thì khả năng thoát nước của mẫu khi đặt tải xảy ra càng cao và khả năng thoát nước tỷ lệ thuận với số lớp cát mỏng có trong mẫu đất.

3.4.3 Mô hình hỗn hợp có độ lún ít hơn so với mô hình đồng nhất

Bảng 5 tại Mục 3.2 “Độ lún sau cùng của mẫu đất”, nhóm nghiên cứu thấy rằng độ lún sau cùng của mô hình hỗn hợp thấp hơn so với mô hình đồng nhất và mô hình càng nhiều lớp cát mỏng thì độ lún càng giảm. Điều này có thể hiểu rằng nếu mẫu đất yếu khi được gia cố thêm lớp cát mỏng thì độ cứng của mẫu được tăng lên. Trong trường hợp có nhiều lớp cát mỏng, không chỉ tạo điều kiện cho khả năng thoát nước của mẫu khi đặt tải mà còn tăng độ cứng và tính ổn định trong mẫu.

4 KẾT LUẬN

Bài báo này sử dụng phương pháp quan sát thí nghiệm thực tiễn nhằm so sánh sự ảnh hưởng của lớp cát mỏng đến ứng xử lún cố kết của lớp đất yếu như khả năng thoát nước, tốc độ cố kết và cường độ giữa các mẫu đất thí nghiệm. Qua kết quả quan sát và thảo luận thì bài báo này có những kết luận như sau:

- + Sự hiện diện của lớp cát mỏng trong lớp đất yếu làm tăng tốc độ cố kết khi đặt tải trọng
- + Sự hiện diện của lớp cát mỏng trong lớp đất yếu làm tăng khả năng thoát nước khi đặt tải trọng
- + Sự hiện diện của lớp cát mỏng trong lớp đất yếu làm giảm độ lún trong nền đất yếu.

5 LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Công Nghiệp TP. Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí nghiên cứu qua Đề tài nghiên cứu cấp trường của Sinh viên với Mã số 22/SVXD01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Bá Phú, “Phân tích ứng xử cố kết nền đất yếu gia cố PVD có xét đến sự giảm khả năng thoát nước phi tuyến theo chiều sâu,” Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN, 14(3V), 84-92, 2020.
- [2] Lee, S. L., Karunaratne, G. P., Young, K. Y., and Ganeshan, V., “Layered clay–sand scheme of land reclamation.” J. Geotech. Eng., 113(9): 984–995, 1987.
- [3] Nogami, T., and Li, M., “Consolidation of system of clay and thin sand layers,” Soils Foundations, Jpn Geotech. Soc., in press, 2002.
- [4] Karunaratne, G. P., Young, K. Y., Tan, T. S., Tan, S. A., Liang, K. M., Lee, S. L., and Vijjaratnam, 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] Nguyễn Bá Phú, Nguyễn Quang Dũng, “Ảnh hưởng của áp lực Artesian đến ứng xử nền đường trên đất yếu.” Tạp chí khoa học và công nghệ-IUH, 53A, 2021.
- [6] Gray, H., “Simultaneous consolidation of contiguous layers of unlike compressible soils,” Trans. Am. Soc. Civ. Eng., 110, 1327– 1344, 1945.

- [7] Schiffman, R. L., and Stein, J. R., “One-dimensional consolidation of layered systems,” J. Soil Mech. Found. Div., 96~4. 1499– 1504, 1970.
- [8] Horne, M. R. “The consolidation of a stratified soil with vertical and horizontal drainage,” Int. J. Mech. Sci., 6, 187–197, 1964.
- [9] Abid, M. M., and Pyrah, I. C. “Consolidation behavior of finely laminated clays,” Comput. Geotech., 307–323, 1991.
- [10] Châu Ngọc Ân. Nền móng công trình. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp.HCM, 2022.
- [11] Nguyễn Hồng Trường, Nguyễn Hữu Thái, “Nghiên cứu đánh giá độ cố kết của nền đất yếu được gia tải trước kết hợp thoát nước thẳng đứng.” Tạp chí khoan học công nghệ Thủy lợi 39, 2017.
- [12] Nguyễn Hồng Nam, Nguyễn Hồng Trường, “Giải pháp xử lý nền đất yếu bằng thiết bị thoát nước thẳng đứng” Tạp chí khoa học và công nghệ, 2018.
- [13] Tan, S. A., Yong, K. Y., and Lee, S. L. “Drainage efficiency of sand layer in layered clay–sand reclamation,” J. Geotech. Eng.118(2): 209–228, 1992.

INFLUENCE OF THIN SAND SEAM LAYER ON CONSOLIDATION BEHAVIOR OF SOFT SOIL

DO KIEN TAI, ĐINH VAN PHUONG, LE HOANG TUAN, VO HUU VINH, NGUYEN TRAN ANH TUAN, NGUYEN BA-PHU*

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

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

Abstract: A thin layer of sand in the soil is a layer of sand that is much thinner than the thickness of a weak soil layer. In nature, the thin sand layer is often formed in the sedimentation process along rivers or coastal areas. In soil-filling projects, a thin layer of sand is also used between weak soil layers with low permeability to speed up the consolidation process. The presence of a thin sand layer greatly affects the consolidation settlement and the development of the strength of weak soil. However, previous studies have not focused much on the influence of thin sand layers on the behavior of soil such as load-bearing capacity and settlement over time. Therefore, the main objective of this study is to conduct a series of consolidation settlement tests to investigate the settlement behavior over time for cases with and without thin sand layers. The results show that the thin sand layer plays a significant role in increasing the consolidation rate and the stiffness of the weak soil layer.

Keywords: sand seam effect, soft soil, drain, strength, consolidation settlement.

Ngày gửi bài: 16/03/2023

Ngày chấp nhận đăng: 13/06/2023