

# NỀN ĐƯỜNG TRÊN ĐẤT YẾU ĐƯỢC GIA CỐ BẰNG TRỤ XI MĂNG ĐẤT

NGUYỄN THỊ PHƯƠNG LINH

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh  
nguyenthiphuonglinh@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v67i01.5038>

**Tóm tắt.** Trong kỹ thuật xử lý nền đất yếu, trụ xi măng đất và vải địa kỹ thuật thường được kết hợp để sử dụng gia cố nền đất yếu nhằm giảm độ lún và tăng sức chịu tải và độ ổn định của nền đường. Đây là giải pháp thường được áp dụng trong kỹ thuật xử lý nền đất yếu ở trong và ngoài nước. Hiện tượng vòm một hiện tượng thường xảy ra trong nền đắp trên nền đất yếu gia cố bằng trụ xi măng đất vì có sự khác biệt độ cứng giữa trụ và lớp đất nền xung quanh. Đây là một yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến vấn đề tối ưu trong thiết kế khoảng cách và kích thước trụ xi măng đất. Do đó, lý thuyết tính toán và phân tích hiệu ứng vòm vẫn đang là chủ đề thu hút rất nghiên cứu trong những năm gần đây. Nghiên cứu này tiến hành đánh giá và phân tích ứng xử của vải địa kỹ thuật dưới tải trọng của nền đường, trong đó tập trung đến cơ chế truyền lực của đất nền đến trụ xi măng đất. Mô hình số ba chiều (3D) sẽ được xây dựng và đề xuất để tiến hành phân tích ảnh hưởng của vải địa kỹ thuật cơ chế truyền lực trong nền đường. Kết quả phân tích mô hình số sẽ được kiểm chứng qua trường hợp công trình đường đầu cầu ở Hertsby, Phần Lan. Các thông số của vải địa kỹ thuật ảnh hưởng sự phân bố ứng suất trong nền cũng được khảo sát trong bài báo này.

**Từ khóa.** Vải địa kỹ thuật, đất yếu, trụ xi măng đất, phân tích số, xử lý nền đất yếu, lún có kết

## 1 GIỚI THIỆU

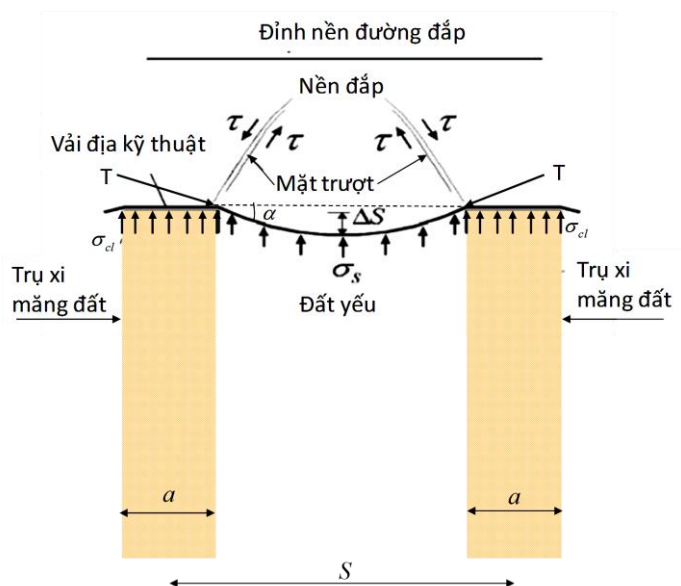
Để giảm độ lún trong nền dưới tải trọng nền đường, trụ vật liệu rời như trụ đá, cọc cát hoặc trụ xi măng đất thường được sử dụng để gia cố nền đất yếu nhằm tăng độ cứng trong nền [1-4]. Trong đó trụ xi măng đất thường được sử dụng hơn cả vì đây là công nghệ có khả năng sử dụng đất nền tại chỗ tại khu vực cần xử lý. Do đó công nghệ trụ xi măng đất có khả năng giảm tác động đến môi trường so với các công nghệ dùng vật liệu vận chuyển từ các mỏ vật liệu ở nơi khác (cát, đá). Trụ xi măng đất cũng là công nghệ xử lý nền đất yếu thường được sử dụng phổ biến nhất hiện nay ở Việt Nam và ngoài nước [4].

Nhìn chung, vấn đề khi sử dụng các trụ xi măng đất để xử lý nền đất yếu dưới nền đắp là độ lún lệch có thể xảy ra rất lớn giữa đầu trụ xi măng đất và nền đất yếu xung quanh do sự khác biệt về độ cứng của chúng. Điều này dẫn đến giảm độ ổn định của nền đắp. Hơn nữa, khả năng chịu tải trọng của trụ xi măng đất có thể bị giảm đáng kể khi chịu tải trọng bên trên từ nền đắp. Để xử lý vấn đề này, giải pháp khả thi trong lúc thiết kế là tăng tỷ lệ diện tích thay thế của trụ vật liệu hay nói cách khác là giảm khoảng cách trụ vật liệu. Tuy nhiên, các giải pháp này rất không kinh tế, gây lãng phí trong xây dựng bởi vì tăng số lượng trụ xi măng đất hay tăng chiều dài trụ.

Vải địa kỹ thuật là vật liệu thường được sử dụng trong công tác gia cố nền đất yếu. Ưu điểm của vải địa kỹ thuật là có cường độ chịu kéo lớn. Hiện nay ở Việt Nam, vải địa kỹ thuật thường được sử dụng để gia cố nền đường nhằm tăng độ ổn định mái dốc, nền đường và móng công trình xây dựng (thường dùng lưới địa kỹ thuật). Vai trò chính của lớp vải địa kỹ thuật như: (1) lớp ngăn giữa lớp đất bên dưới và lớp đất đắp bên trên; (2) tăng độ ổn định nền đường xây dựng trên đất yếu; (3) vì lực kéo trong vải lớn nên có thể kháng lại lực đẩy ngang của nền đường và giảm khả năng phá hoại trượt của nền.

Hiện nay, giải pháp kết hợp trụ xi măng đất và vải địa kỹ thuật đang rất thường sử dụng trong công tác xây dựng công trình đường trên nền đất yếu như đường dẫn đầu cầu có chiều cao đắp cao. Khi sử dụng vải địa kỹ thuật để kết hợp với trụ xi măng đất, một số ưu điểm có thể thấy như sau: (1) làm giảm độ lún chênh lệch giữa đất nền tự nhiên và đầu trụ xi măng đất; (2) làm giảm lực xô ngang tác dụng lên trụ xi măng đất, làm giảm sự phá hoại có thể xảy ra trong trụ xi măng đất; (3) vì độ cứng của trụ xi măng đất lớn hơn độ cứng của đất nền xung quanh nên ứng suất theo phương thẳng từ tải trọng đất đắp sẽ tập trung vào trụ xi măng đất, so với đất nền xung quanh. Hiện tượng này thường được gọi là hiệu ứng vòm trong nền đường đắp, Hình 1 bên dưới minh họa hiệu ứng vòm trong nền đường gia cố bằng trụ xi măng đất và vải địa kỹ thuật; (4) khi bố trí vải địa kỹ thuật giữa đất yếu và nền đắp, ma sát giữa đất đắp và mặt trên của vải địa kỹ thuật sẽ tạo được một lực giữ khối trượt, qua đó mức độ ổn định của nền đắp trên đất yếu sẽ tăng lên. Qua

đó làm giảm độ lún của nền đường và tăng độ ổn định của nền đường [5].



Hình 1: Minh họa hiệu ứng vòm trong nền đường gia cố bằng trụ xi măng đất và vải địa kỹ thuật

Srbulov [6] phát triển lời giải giải thích để xác định lực kéo trong vải địa kỹ thuật, từ đó đánh giá hiệu quả của vải địa kỹ thuật đối với cơ chế truyền lực từ đất nền xung quanh đến trụ xi măng đất. Kết quả cho thấy rằng hiệu quả hiệu ứng vòm chịu ảnh hưởng bởi nhiều thông số, trong đó có cường độ chịu kéo và độ giãn dài của vải địa kỹ thuật. Để đánh giá ảnh hưởng của các thông số này đến hiệu quả truyền lực trong nền đường là rất khó khăn vì nó phụ thuộc nhiều yếu tố như độ cứng của đất, độ cứng của trụ xi măng đất, độ lún lệch giữa đầu trụ và đất nền xung quanh trụ, và quá trình cố kết theo thời gian. Khi đó mô hình số thường được sử dụng để phân tích ảnh hưởng của đặc điểm của vải địa kỹ thuật đến hiệu quả của phương pháp gia cố nền.

Một số nghiên cứu trước đây sử dụng mô hình số hai chiều và ba chiều bằng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích ứng xử của nền đường gia cố trụ xi măng đất kết hợp với vải địa kỹ thuật [7-9]. Tuy nhiên các nghiên cứu này chỉ tập trung phân tích ảnh hưởng của đặc điểm của trụ xi măng đất (như thông số cường độ, lực dính, cường độ, góc ma sát trong) đến ứng xử của nền đường. Trong khi vải địa kỹ thuật cũng là yếu tố tác động đến hiệu quả hiệu ứng vòm trong nền. Nhìn chung, sự phân bố ứng suất trong nền phụ thuộc nhiều thông số liên quan đến đặc điểm của vải địa kỹ thuật và trụ xi măng đất. Tuy nhiên sự ảnh hưởng chưa được khảo sát nhiều trong các nghiên cứu trước đây.

Hiện nay Tiêu chuẩn TCVN 9403:2012 [10] được sử dụng rộng rãi trong tính toán và phân tích ứng xử của nền gia cố trụ xi măng đất. Hầu hết quy trình thiết kế và các tài liệu trong nước [11] đều tập trung chỉ dẫn phương pháp tính toán độ lún của nền gia cố trụ xi măng đất mà chưa kể đến ảnh hưởng của vải địa kỹ thuật đến biến dạng và độ ổn định của nền. Vấn đề hiệu ứng vòm mặt đầu được nghiên cứu nhiều ở nhiều quốc gia nhưng chưa được quan tâm nhiều trong nước. Khi sự phân bố ứng suất và các yếu tố ảnh hưởng lên nó không được xét tới trong quá trình thiết kế có thể gây ra lãng phí trong xây dựng (ví dụ như việc xác định số lớp vải địa kỹ thuật gia cường tương ứng với chiều cao đắp, kích thước hay khoảng cách hợp lý giữa các trụ xi măng đất).

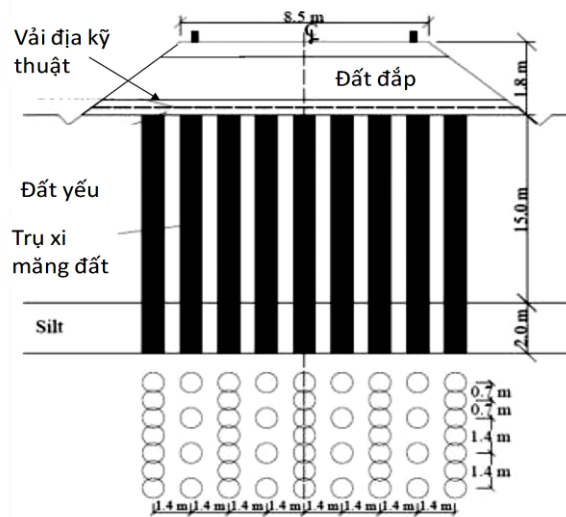
Bài báo này sẽ tiến hành đánh giá ứng xử của vải địa kỹ thuật dưới tải trọng nền đường trên nền đất yếu được gia cố bằng trụ xi măng đất bằng phương pháp phần tử hữu hạn, trong đó mô hình số 3D được sử dụng. Kết quả phân tích số 3D sẽ tiến hành khảo sát cho công trình cụ thể ở công trình đường đầu cầu khu vực sông Sipoo, Hertsby, Phần Lan [12]. Các kết quả thu được bao gồm (1) độ lún của nền đường tại các vị trí quan trắc, từ đó so sánh với kết quả quan trắc hiện trường; (2) biến dạng trong vải địa kỹ thuật trong các giai đoạn thi công, kết quả cũng so sánh với kết quả quan trắc hiện trường; ứng suất trên đầu trụ xi măng đất và đất nền xung quanh, từ đó có thể tính toán hệ số tập trung ứng suất, có thể đánh giá sự ảnh hưởng cường độ vải địa kỹ thuật đến sự phát triển hiệu ứng vòm theo thời gian.

## 2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ BA CHIỀU (3-D)

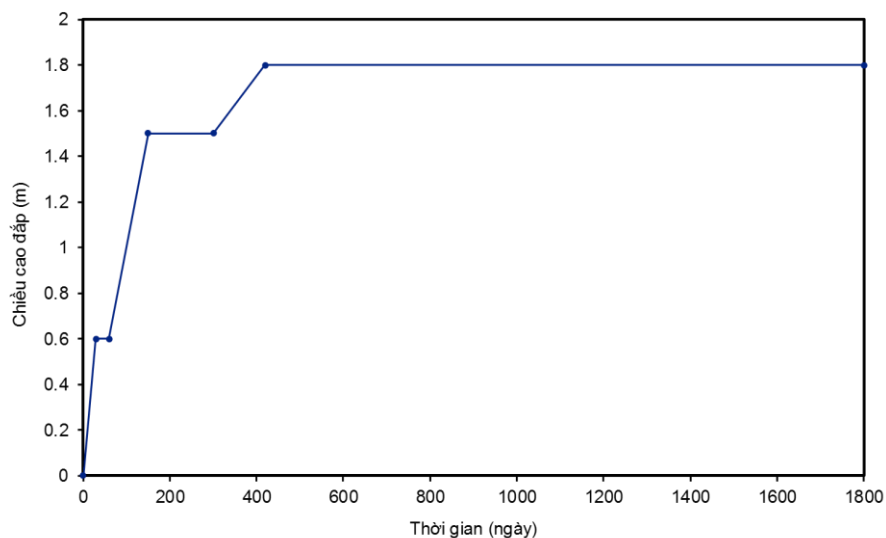
Nghiên cứu tiến hành khảo sát ứng xử vải địa kỹ thuật dưới tải trọng công trình, qua đó tiến hành khảo sát sự thay đổi đặc tính của vải địa kỹ thuật đến hiệu ứng vòm xảy ra trong nền.

### 2.1 Trường hợp nghiên cứu

Phần này trình bày phương pháp phân tích số 3D để khảo sát ứng xử của vải địa kỹ thuật dưới tải trọng nền đường trên đất yếu được xử lý bằng phương pháp trụ xi măng đất tại công trình xây dựng mới cầu qua sông Sipoo ở Hertsby, Phần Lan. Mặt cắt ngang đại diện nền đường được thể hiện như Hình 2a. Đặc điểm địa chất bên dưới công trình được trình bày chi tiết qua các nghiên cứu của Forsman et al. [13] và Forsman [14]. Bên dưới nền đường lần lượt là lớp đất yếu và lớp đất sét pha cát, trong đó lớp đất yếu có chiều dày 15m. Trụ xi măng đất được sử dụng có chiều dài 17m được bố trí hai dạng xen kẽ nhau theo phương ngang bao gồm dạng hàng và dạng hình vuông với đường kính trụ 0.8m, sơ đồ bố trí trụ xi măng đất như Hình 2a. Trụ xi măng đất được thiết kế với cường độ chịu nén đơn  $q_u=300$  kPa. Để tăng khả năng truyền tải lên hệ thống trụ xi măng đất, lớp vải địa kỹ thuật gia cường có cường độ chịu kéo cực hạn 200 kN/m được sử dụng. Nền đường đắp có bề rộng 8.5m cao 1.8m được thi công lần lượt trong các giai đoạn như Hình 2b [9].



(a) Mặt cắt ngang nền đường gia cố trụ xi măng đất và vải địa kỹ thuật [14]



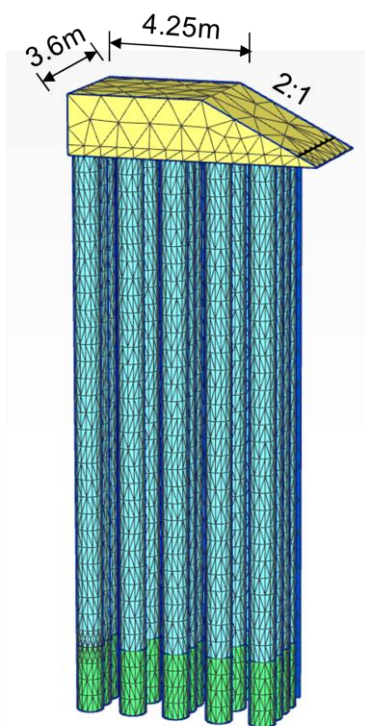
(b) Quá trình đắp nền đường [14]

Hình 2: Mặt cắt ngang điển hình và tiến độ thi công nền đường

## 2.2 Mô hình số 3D

Mô hình số 3D cho công trình đường được thực hiện bằng chương trình phần tử hữu hạn Plaxis 3D, V2017 [15]. Vì kích thước hình học của công trình có tính đối xứng qua trục nên đường nên quá trình mô phỏng chỉ thực hiện một nửa nền đường để giảm khối lượng tính toán và mô phỏng. Kích thước hình học theo phương ngang của mô hình bằng 30m, gấp hơn 4 lần bề rộng nền đường nhằm giảm ảnh hưởng của điều kiện biên [16]. Theo phương dọc của nền đường, chiều dài nền đường dài 3.6m đủ đảm bảo mô phỏng đủ 3 hàng trụ xi măng đất theo lưới hình vuông. 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 ( $u_x = u_y = 0$ ); (2) Biên dưới mô hình hoàn toàn không chuyển vị ( $u_x = u_y = u_z = 0$ ); (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. Hình 3 trình bày lưới phần tử hữu hạn 3D của công trình đường với 44853 phần tử, 78090 nút. Các bước tính toán được thực hiện theo thứ tự các bước như sau:

- Bước 1: Tính toán điều kiện ban đầu (điều kiện  $k_0$ )
- Bước 2: Thi công trụ xi măng đất
- Bước 3: Phân tích cố kết cho giai đoạn đắp tải lần 1
- Bước 4: Phân tích cố kết cho tải lần 1
- Bước 5: Phân tích cố kết cho giai đoạn đắp tải lần 2
- Bước 6: Phân tích cố kết cho tải lần 2
- Bước 7: Phân tích cố kết cho giai đoạn đắp tải lần 3
- Bước 8: Phân tích cố kết cho tải lần 3.



Hình 3: Chia lưới phần tử hữu hạn của mô hình

Trong mô hình số này, tất cả các vật liệu bao gồm các lớp đất bên dưới và vật liệu đắp được mô hình bằng mô hình vật liệu Mohr-Coulomb với các thông số như Bảng 1. Các thông số này chủ yếu được tham khảo trong nghiên cứu trước đây [12].

## NỀN ĐƯỜNG TRÊN ĐẤT YẾU ĐƯỢC..

Bảng 1. Các thông số trong mô hình số 3D [12]

Vật liệu	Mô đun đàn hồi $E$ (MPa)	Hệ số Poisson ( $\nu$ )	Lực dính $c$ (kPa)	Góc ma sát trong ( $\phi$ , độ)	Trọng lượng riêng (kN/m <sup>3</sup> )	Hệ số thấm $k$ (m/s)
Trụ xi măng đất	80	0.3	90	30	20	$9.9 \times 10^{-10}$
Đất đắp	30	0.3	5	30	20	$6.3 \times 10^{-6}$
Đất yếu	0.3	0.3	8	13	16	$6.3 \times 10^{-11}$
Sét pha	1.6	0.3	5	20	20	$6.3 \times 10^{-10}$

Đối với vải địa kỹ thuật gia cường cường độ 200 kN/m được mô hình bằng vật liệu đàn hồi, đẳng hướng như Bảng 2.

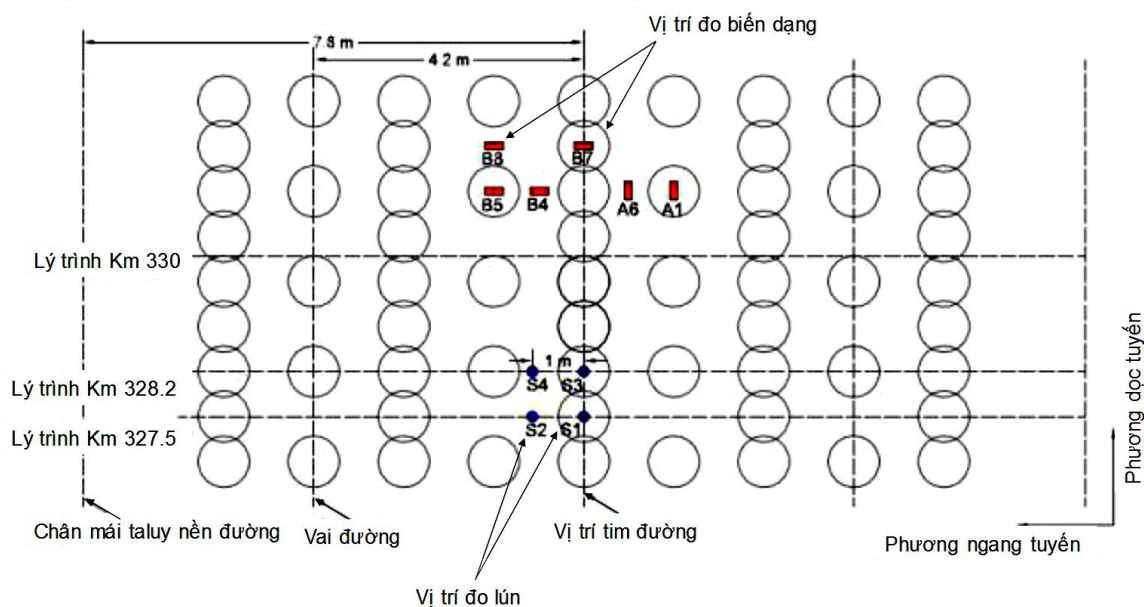
Bảng 2. Các thông số vật liệu vải địa kỹ thuật gia cường [12]

Thông số của vải	Đơn vị	Giá trị
Độ cứng ( $J$ )	kN/m	1700
Độ dày ( $t$ )	mm	3
Cường độ chịu kéo	kN/m	200
Hệ số tiếp xúc	-	0.8

## 3 KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

### 3.1 Kết quả độ lún

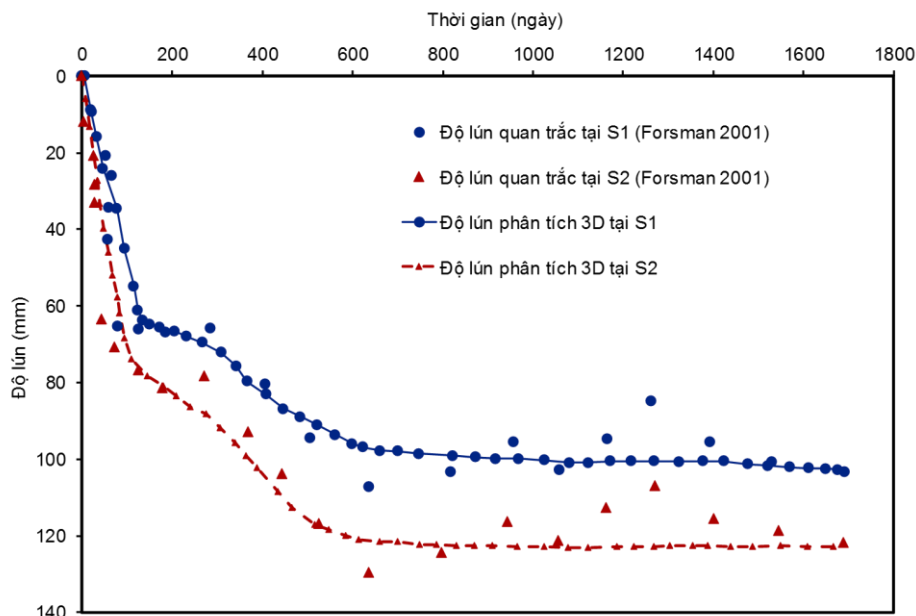
Forsman [14] báo cáo chi tiết độ lún quan trắc được theo thời gian cho nền đường từ lúc thi công đến giai đoạn khai thác tại các lý trình Km 328.2 và lý trình Km 327.5 với các vị trí quan trắc lún như Hình 4. Biến dạng vải địa kỹ thuật cũng được quan trắc tại lý trình Km 330. Trong phần này, tác giả tập trung phân tích lún nền đường tại các vị trí S1 và S2 và biến dạng trong vải tại các điểm đo B7 và B8, trong đó S1, B7 là các điểm đo được đặt trên đầu trụ xi măng đất và S2, B8 là các điểm đo đặc trong đất nền cách tim trụ 1m. Chi tiết các điểm đo trên mặt bằng bố trí như Hình 4.



Hình 4: Mặt bằng các điểm quan trắc lún nền đường và biến dạng của vải địa kỹ thuật gia cường

Hình 5 trình bày kết quả so sánh độ lún quan trắc và độ lún từ phân tích số 3D tại các điểm đo S1 và S2. Kết quả cho thấy rằng độ lún phân tích 3D có xu hướng phù hợp với kết quả quan trắc trong giai đoạn thi công và giai đoạn khai thác. Kết quả quan trắc và phân tích số đều cho thấy độ lún tại đầu trụ xi măng đất

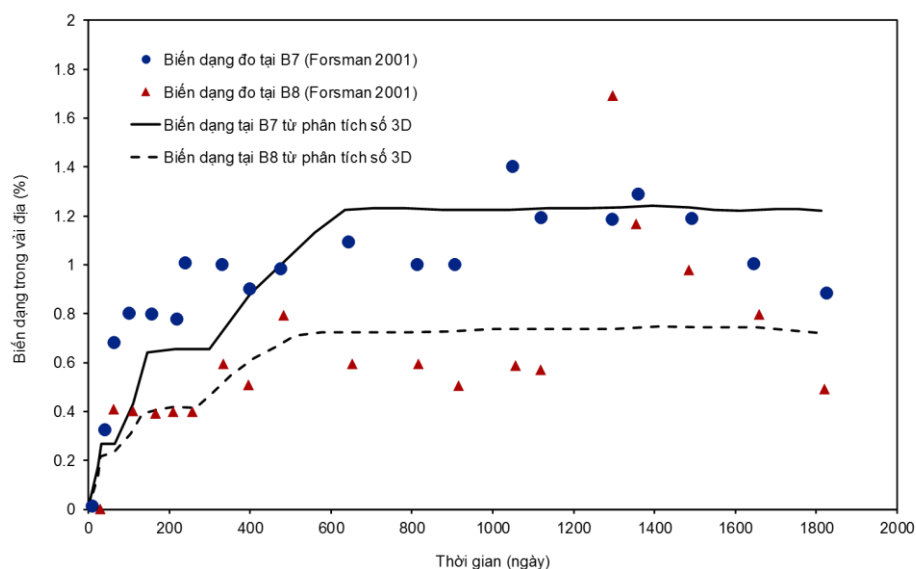
nhỏ hơn độ lún đất nền xung quanh. Độ lún lệch này đạt giá trị lớn nhất khi nền cốt kết với giá trị 2 cm. Kết quả này có thể giải thích do sự khác biệt về độ cứng của trụ xi măng đất và đất nền xung quanh. Độ cứng trụ xi măng lớn hơn đất nền xung quanh, do đó độ lún xảy ra nhỏ hơn hầu hết theo thời gian thi công và khai thác. Kết quả cho thấy mô hình số 3D xây dựng trong nghiên cứu phù hợp phân tích ứng xử nền đất yếu gia cố bằng trụ xi măng kết hợp với vải địa kỹ thuật như độ lún và cơ chế truyền lực giữa vải địa kỹ thuật, trụ xi măng đất và đất nền.



Hình 5: Kết quả phân tích 3D và độ lún quan trắc của nền đường tại các điểm quan trắc

### 3.2 Kết quả biến dạng của vải địa kỹ thuật

Hình 6 so sánh kết quả phân tích biến dạng vải địa kỹ thuật từ phân tích số 3D và kết quả quan trắc tại các điểm đo B7 trên trụ xi măng đất tại tim đường và B8 trên đất nền (như Hình 4). Kết quả quan trắc và phân tích số đều cho thấy rằng biến dạng của vải địa kỹ thuật trên phạm vi đầu trụ xi măng đất luôn lớn hơn biến dạng trên đất nền. Kết quả này có thể giải thích do lực kéo của vải trên đầu trụ xi măng đất lớn hơn lực kéo trong phạm vi đất nền xung quanh (hiệu ứng vòm trình bày như Hình 1). Kết quả phân tích số 3D cũng cho thấy khá phù hợp với kết quả quan trắc tại các điểm đo. Kết quả cho thấy mô hình số 3D hiện tại khá phù hợp để phân tích ứng xử lớp vải địa kỹ thuật dưới tải trọng đất đắp.



Hình 6: Kết quả phân tích biến dạng trong vải địa kỹ thuật

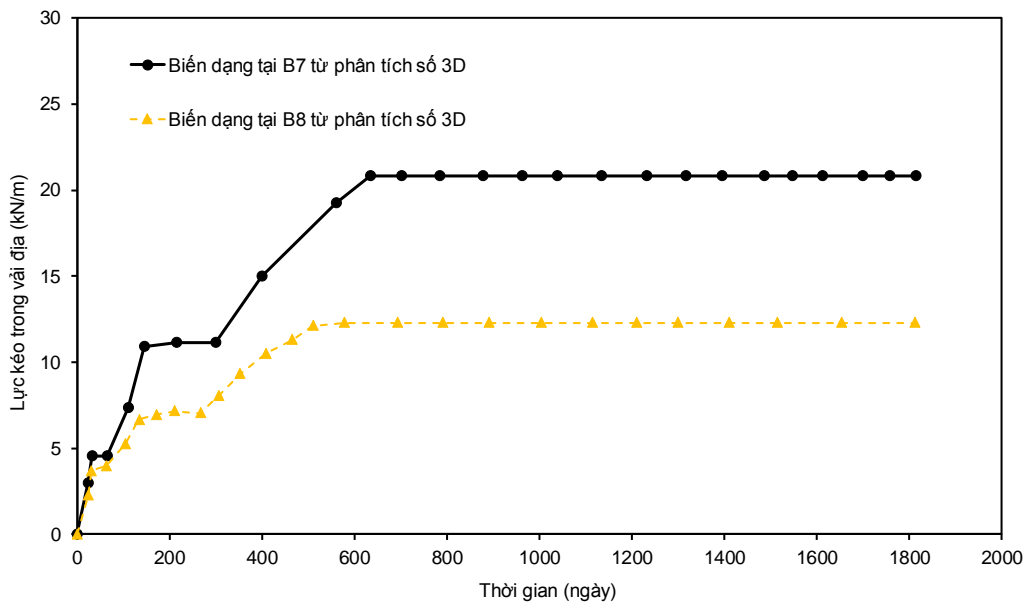


## NỀN ĐƯỜNG TRÊN ĐẤT YẾU ĐƯỢC..

Hình 7 trình bày kết quả lực kéo trong vải địa kỹ thuật theo thời gian tại các điểm trên đầu trụ xi măng đất và đất nền xung quanh. Lực kéo trong vải địa kỹ thuật có thể tính toán như sau [17]:

$$T = J \times \varepsilon \quad (1)$$

trong đó  $J$  là độ cứng của vải địa kỹ thuật (kN/m) và  $\varepsilon$  là biến dạng trong vải. Kết quả phân tích cho thấy rằng lực kéo trong vải địa trên đầu trụ xi măng luôn lớn hơn lực kéo trong vải trên đất nền xung quanh. Kết quả này phù hợp với cơ chế hiệu ứng vòm trong nền đất yếu có gia cố hệ thống cọc/trụ xi măng đất. Ứng suất trên phạm vi đầu trụ luôn lớn hơn ứng suất phân bố trong đất nền xung quanh do sự khác biệt độ cứng của trụ xi măng và đất nền.



Hình 7: Kết quả phân tích lực kéo trong vải địa kỹ thuật

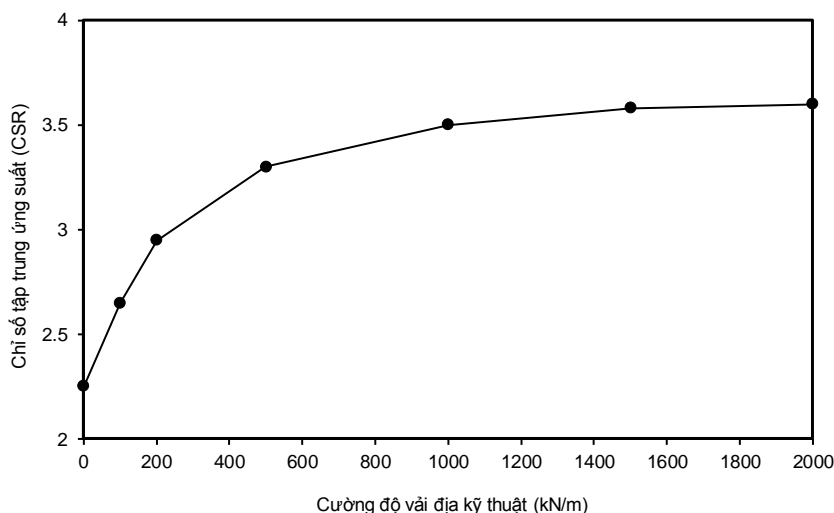
### 3.3 Sự thay đổi độ cứng vải địa kỹ thuật đối với sự tập trung ứng suất trong nền

Trong phần này, ảnh hưởng vải địa kỹ thuật đến hiệu ứng vòm được khảo sát qua chỉ số tập trung ứng suất lên đầu trụ xi măng đất (CSR). Giá trị CSR được tính theo công thức như sau [17]:

$$CSR = \frac{\sigma_c}{\sigma} \quad (2)$$

trong đó  $\sigma_c$  là ứng suất phân bố trên đầu trụ xi măng đất và  $\sigma$  là ứng suất trung bình của trọng công trình ( $\sigma = \gamma h$  -  $\gamma$  là trọng lượng riêng đất đắp;  $h$  là chiều cao đắp). Phần này khảo sát ảnh hưởng vải địa kỹ thuật với các giá trị độ cứng ( $J$ ) khác nhau của vải địa kỹ thuật ( $J = 0$  cho trường hợp không có vải địa kỹ thuật). Kết quả phân tích số cho thấy khi có gia cố vải địa kỹ thuật, ứng suất tập trung lên trụ xi măng đất ( $\sigma_c$ ) tăng lên so với trường hợp không có vải (Hình 8). Kết quả phân tích cho thấy lớp vải địa kỹ thuật trên đầu trụ xi măng đất đóng vai trò tăng cơ chế truyền lực từ đất nền xung quanh lên đầu trụ xi măng đất. Từ đó tăng hiệu quả xử lý nền bằng trụ xi măng đất.

Hình 8 còn cho thấy chỉ số tập trung ứng suất lên trụ xi măng đất tăng đáng kể khi  $J = 0-500$  kN/m. Tuy nhiên khi độ cứng vải địa kỹ thuật từ 500 đến 2000 kN/m thì CSR tăng không đáng kể. Kết quả phân tích số trong bài báo này cho thấy hiệu quả hiệu ứng vòm thay đổi không đáng kể khi độ cứng lớn hơn 500 kN/m.



Hình 8: Sự thay đổi hệ số tập trung ứng suất theo cường độ vải địa kỹ thuật

#### 4 KẾT LUẬN

Bài báo này tiến hành thiết lập mô hình số 3D để phân tích và đánh giá ứng xử của vải địa kỹ thuật dưới tải trọng của nền đường, trong đó tập trung vai trò vải địa kỹ thuật đến cơ chế truyền lực của đất nền đến trụ xi măng đất. Mô hình số ba chiều được xây dựng để tiến hành phân tích ảnh hưởng của vải địa kỹ thuật cơ chế truyền lực trong nền đường cụ thể ở Hertsby, Phần Lan. Qua phân tích, một số kết luận có thể rút ra như sau:

- Kết quả ứng xử của nền đường bao gồm độ lún và biến dạng của vải địa kỹ thuật từ phân số 3D trong bài báo phù hợp với kết quả quan trắc thực tế. Từ đó có thể vận dụng mô hình số trong phân tích ứng xử nền đất yếu được gia cố trụ xi măng đất kết hợp vải địa kỹ thuật;
- Vải địa kỹ thuật có vai trò tăng hiệu quả hiệu ứng vòm hay tăng cơ chế truyền lực từ đất nền xung quanh đến trụ xi măng đất;
- Cơ chế truyền lực (hiệu ứng vòm) tăng đáng kể khi độ cứng vải địa kỹ thuật trên đầu trụ xi măng đất thay đổi từ 0-500 kN/m.

#### 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 22/1XD01.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Han and S.L. Ye, Simplified method of consolidation rate of stone column reinforced foundation, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 127 No. 7, pp. 597-603. 2001.
- [2] A.L. Lorenzo and D.T. Bergado (2004), Fundamental parameters of cement admixed clay-new approach, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 130 No. 10, pp. 1042-1050.2004.
- [3] BP Nguyen, PC Ngo, QD Nguyen, TT Le, NP Doan, A Consolidation Solution of Soft Soil Deposits Improved with Prefabricated Vertical Drains and Deep Cement Mixing Columns,- *Proceedings of the 3rd International Conference on Sustainability in Civil Engineering. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 145. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0053-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0053-1_10). 2021.
- [4] BP Nguyen, TT Nguyen, THY Nguyen, TD Tran, Performance of Composite PVD–SC Column Foundation under Embankment through Plane-Strain Numerical Analysis, *International Journal of Geomechanics*, 2022.
- [5] Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam TCN 262-2000, *Tính toán thiết kế xử lý nền đất yếu bằng bác thấm*.
- [6] M. Srbulov, *Design of soft clay reinforcement beneath unpaved roads and embankments*, *Soft Soil Engineering*. Routledge. 9780203739501.2001.
- [7] D. T. Bergado, L. R. Anderson, N. Miura and A. S. Balasubramaniam, *Soft ground improvement, in lowland and other environments*, New York: ASCE; 427. 1996.
- [8] S. Barker, *Numerical analysis of load distribution between lime/cement columns and surrounding soil using finite element method*, Routledge. London. <https://doi.org/10.1201/9781315141466>, 2010.



## NỀN ĐƯỜNG TRÊN ĐẤT YẾU ĐƯỢC..

- [9] N.N.S. Yapage and D.S. Liyanapathirana, A parametric study of geosynthetic reinforced column-supported embankments, *Geosynth. Int.* 21 (3), 213–232.2014.
- [10] Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam TCVN 9403:2012, Gia cố đất nền yếu-Phương pháp trụ xi măng đất.
- [11] Phạm Anh Tuấn và Đỗ Hữu Đạo. Phân tích số cho nhóm cọc đất xi măng có gia cường vải địa kỹ thuật để hỗ trợ việc mở rộng nền đường đắp. *Tạp chí Địa Kỹ Thuật.* Số 1 - 2015: 44-55.
- [12] N. Yapage and S. Liyanapathirana, Behaviour of geosynthetic reinforced column supported embankments, *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 16 Issue: 1, pp.44-62, 2018. <https://doi.org/10.1108/JEDT-10-2015-0062>.
- [13] J. Forsman, A. Honkala and M. Smura, Hertsby case: a column stabilised and geotextile reinforced road embankment on soft subsoil, in Brendenbergh, H., Holm, G. and Broms, B.B. (Eds), *Dry Mix Method for Deep Soil Stabilization*, Balkema, Rotterdam, pp. 263-368. 1999.
- [14] J. Forsman, *Geovahvistutkimus*, Helsinki.
- [15] R. B. J. Brinkgreve, L. M. Zampich, and N. Ragi Manoj. *Plaxis: Finite element code for soil and rock analyses: Version 17*. Rotterdam, Netherlands: Balkema. 2017.
- [16] J. C. Chai, S. L. Shen, N. Miura, and D. T. Bergado, Simple method of modeling VD installed subsoil.” *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 127(11): 965–972. 2001.
- [17] J. Han, M. A. Gabr, Numerical analysis of geosynthetic-reinforced and pile-supported earth platforms over soft soil, *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 128: 44-53. 2002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2002\)128:1\(44\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2002)128:1(44)).

## GEOTEXTILE BEHAVIOR UNDER EMBANKMEN ON SOFT GROUND IMPROVED WITH DEEP CEMENT MIXING COLUMNS

NGUYEN THI PHUONG LINH

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

**Abstract.** In soft ground improvement, deep cement mixing columns and geotextiles were typically combined to reinforce the soft ground in order to reduce settlement, increase load capacity and stabilize the embankment. This solution is widely applied in soft soil treatment techniques around the world. The arching effect is a common phenomenon in embankment on soft ground reinforced with deep cement mixing columns due to the difference in stiffness between the columns and the surrounding ground. This is a factor that directly affects the optimization problem in the design of the distance and size of deep cement mixing columns. Therefore, the calculation theory and analysis of the arching effect is still the interesting topic which has been attended by many researchs in recent years. This study evaluates and analyzes the behavior of geotextiles under the embankment load on soft ground improved with deep cement mixing columns, in which the transmission mechanism of the ground soil to the deep cement mixing columns is focused. A three-dimensional (3D) numerical model will be developed and proposed to analyze the influence of geotextiles on the force transmission mechanism in the embankment. The results of numerical model analysis will be verified through the construction of a bridgehead road in Hertsby, Finland. Parameters of geotextiles affecting the stress distribution in the background are also investigated in this paper.

**Keywords.** Geotextile, soft soil, deep cement mixing columns, numerical analysis, soft ground improvement, consolidation settlement

*Ngày gửi bài: 29/01/2023*

*Ngày chấp nhận đăng: 17/04/2023*