

Nghiên cứu ứng dụng giải pháp trụ đất – xi măng trong xây dựng đường đầu cầu tỉnh Cà Mau

Study on the application of soil cement columns on the construction of roads at Ca Mau

Ngày nhận bài: 12/05/2018

Ngày sửa bài: 19/06/2018

Ngày chấp nhận đăng: 8/07/2018

**Lê Bá Vinh,
Lê Nhật Trường**

TÓM TẮT:

Trụ đất- xi măng là phương gia cố đất yếu được sử dụng phổ biến hiện nay với những ưu điểm về xử lý lún, thời gian thi công nhanh và ít ảnh hưởng đến công trình xung quanh. Tuy nhiên tại Cà Mau công nghệ trên vẫn chưa được triển khai ứng dụng nhiều trong xây dựng đường trên nền đất yếu. Bài báo này phân tích giải pháp trụ đất - xi măng trong gia cố nền đất yếu dưới nền đường đầu cầu Nhị Nguyệt, Cà Mau. Dựa trên các thí nghiệm trong phòng, thực nghiệm tại hiện trường, hiệu quả của việc gia cố đất trộn xi măng đã được so sánh, đánh giá. Các kết quả thí nghiệm cho thấy có sự khác biệt đáng kể về các đặc trưng ổn định, biến dạng của đất gia cố xi măng khi thí nghiệm trong phòng, và theo thực tế thi công tại hiện trường.

Từ các kết quả thí nghiệm, các tính toán giải tích, cũng như các phân tích lún bằng phần mềm PLAXIS 2D đã cho thấy giải pháp trụ đất xi măng là khả thi để xây dựng đường trên nền đất yếu ở Cà Mau.

Từ khóa: trụ đất – xi măng, sức kháng nén đơn, mô đun đàn hồi, ổn định, độ lún.

ABSTRACT:

The soil-cement column is known as a soft soil stabilization method with the good advantages such as settlement treatment, low construction time, low effects on the surrounding constructions. However, this method has not been applied in the road constructions in Ca Mau. This paper analyzes the reinforcement of a weak ground under a road in Nhi Nguyet, Ca Mau by using the soil – cement columns. Based on the laboratory tests, field experiments, the effectiveness of reinforcement was compared and evaluated. Experimental results show that there are significant differences in the characteristics of cement-mixed soils when tested in the laboratory, and the actual construction in the field. The results of analytical calculations, as well as the results of numerical simulations by Plaxis 2D showed that soil - cement column method is feasible for reinforcement of soft ground in Ca Mau.

Keywords: Soil cement column, unconfined compression strength, elastic modulus, stability, settlement.

Lê Bá Vinh

Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia Tp.HCM

Lê Nhật Trường

Ban Quản lý dự án xây dựng công trình giao thông Cà Mau

1. GIỚI THIỆU

Đất trộn xi măng là một giải pháp gia cố nền đất yếu hiệu quả đã được áp dụng tại nhiều quốc gia trên thế giới cũng như tại nhiều nơi ở Việt Nam, tuy nhiên tại Cà Mau vẫn chưa ứng dụng nhiều công nghệ trên, nhất là cho các đường dẫn đắp cao vào cầu. Để đánh giá khả năng áp dụng của giải pháp này ở Cà Mau, các nghiên cứu thí nghiệm, và các phân tích, tính toán với công trình cụ thể đã được tiến hành. Bài báo này trình bày các kết quả thí nghiệm trong phòng để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ của đất trộn xi măng, đánh giá đặc trưng biến dạng của trụ đất xi măng bằng các phương pháp khác nhau. Các kết quả này được sử dụng để tính toán thiết kế cho công trình cầu Nhị Nguyệt, huyện Đầm Dơi, tỉnh Cà Mau. Từ đó, rút ra các đề xuất,

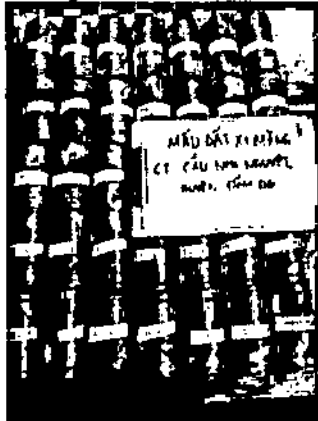
kiến nghị về ứng dụng công nghệ đất trộn xi măng để gia cố nền đất yếu ở tỉnh Cà Mau.

2. NGHIÊN CỨU THÍ NGHIỆM TRONG PHÒNG VÀ HIỆN TRƯỜNG

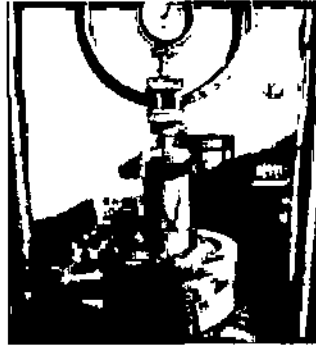
Trước hết, để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ và biến dạng của đất gia cố, tiến hành tạo các mẫu đất trộn xi măng trong phòng thí nghiệm để xác định cường độ và đặc trưng biến dạng của đất gia cố [7]. Đất thí nghiệm là bùn sét, màu xám xanh, trạng thái chảy, có các chỉ tiêu cơ lý: dung trọng tự nhiên: 15.7 kN/m³, độ ẩm: 71.2%, hệ số rỗng: 1.88, chỉ số dẻo: 24.2%, lực dính: 5.9kPa, góc nội ma sát: 5°32'. Xi măng được sử dụng là loại xi măng PCB 40, tiến hành thí nghiệm với nhiều hàm lượng khác nhau: 120 kg/m³, 140 kg/m³, 160 kg/m³, 180 kg/m³, và 200 kg/m³. Sau khi đúc mẫu xong, tiến hành bảo

dưỡng mẫu trong nước. Dem mẫu đi nén ở các ngày tuổi: 14 ngày, 28 ngày bằng phương pháp nén một trục nở hông tự do để xác định cường độ chịu nén cực hạn q_u . Từ các kết quả thí nghiệm đánh giá được hàm lượng xi măng tối ưu dùng để tính toán thiết kế cho công trình.

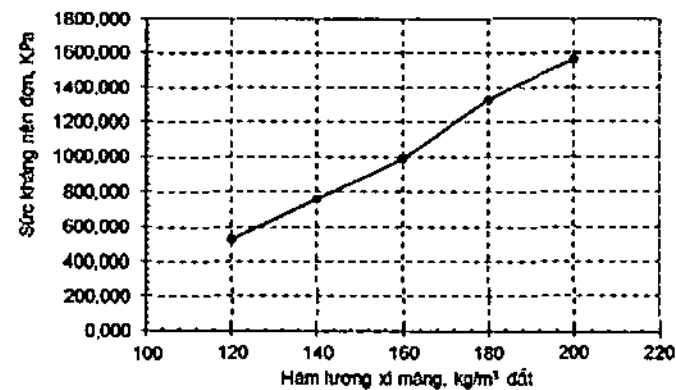
Để đánh giá hiệu quả gia cố xi măng thực tế, các trụ đất - xi măng thực đã được thi công thử nghiệm với hàm lượng xi măng tối ưu đã xác định ở trên. Tiến hành khoan lấy lõi các trụ đất - xi măng thực tại các độ sâu khác nhau để thực hiện các thí nghiệm nén đơn, nén ba trục; từ đó phân tích và đánh giá các đặc trưng cường độ và biến dạng của đất trộn xi măng theo chiều sâu.



Hình 1. Mẫu đất - xi măng cho các thí nghiệm nén đơn



Hình 2. Thí nghiệm nén đơn mẫu đất trộn xi măng



Hình 3. Quan hệ giữa sức kháng nén đơn và hàm lượng xi măng của mẫu đất trộn xi măng trong phòng thí nghiệm

2.1 Kết quả thí nghiệm nén một trục nở hông tự do

* Thí nghiệm với mẫu trộn trong phòng

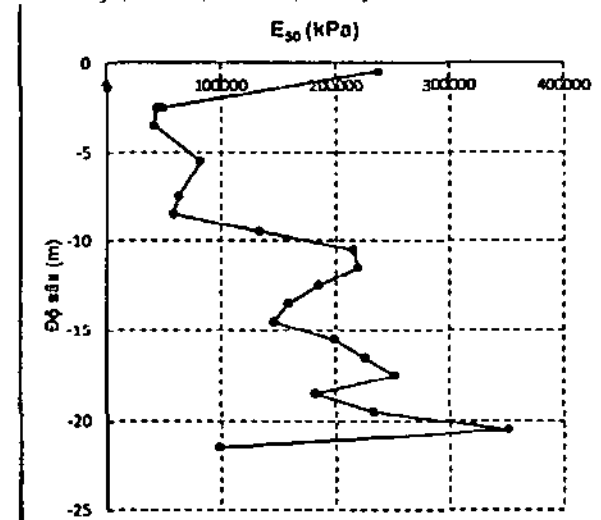
Với các mẫu đất được trộn với xi măng theo các hàm lượng khác nhau thu được kết quả thí nghiệm nén một trục cho mẫu 28 ngày tuổi như hình 3.

* Thí nghiệm với mẫu khoan lõi từ trụ đất - xi măng thử nghiệm tại hiện trường

Các mẫu được khoan lõi từ đỉnh trụ đất - xi măng xuống đến mũi của trụ ở độ sâu khoảng 22m. Trung bình, cứ cách khoảng 1m thì tiến hành khoan lấy một mẫu. Các kết quả về sức kháng nén đơn của mẫu tại các độ sâu khác nhau được trình bày ở hình 6. Ngoài ra, các kết quả cũng cho thấy sự thay đổi của mô đun đàn hồi của mẫu theo chiều sâu của trụ đất - xi măng như thể hiện ở hình 5.



Hình 4. Thí nghiệm nén 3 trục mẫu đất trộn xi măng



Hình 5. Sự thay đổi của mô đun đàn hồi của mẫu theo chiều sâu của trụ đất - xi măng

* Nhận xét:

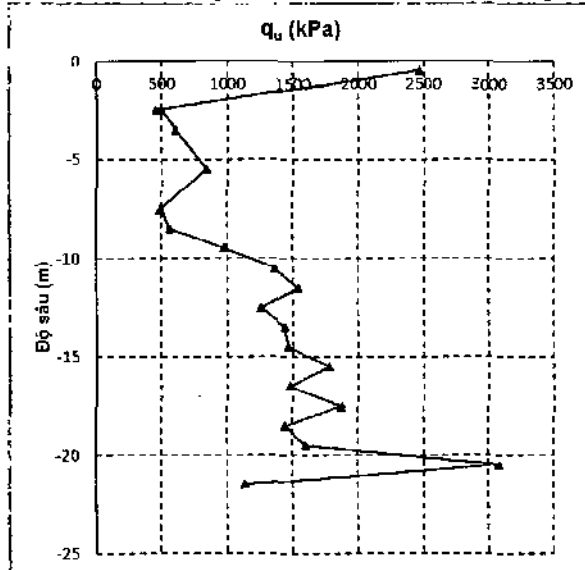
Khi gia tăng hàm lượng xi măng gia cố thì cường độ kháng nén của mẫu đất gia cố cũng tăng. Để có hiệu quả tốt trong việc gia cố nền, để xuất dùng hàm lượng xi măng là 220kg/m³ cho thi công các trụ thử nghiệm và đại trà.

Từ biểu đồ quan hệ giữa sức kháng nén đơn và độ sâu lấy mẫu khoan lõi từ các trụ đất - xi măng thử nghiệm, nhận thấy cường độ tăng lên khi mẫu ở càng sâu. Kết quả về mô đun đàn hồi của các mẫu khoan lõi cũng gia tăng theo chiều sâu của trụ đất - xi măng. Nhìn chung, sức kháng nén đơn nhỏ nhất đạt giá trị $q_u = 503\text{kPa}$, và mô đun đàn hồi của các mẫu đều lớn hơn nhiều giá trị $E_{30} = 35928\text{kPa}$ theo như thiết kế gia cố nền cho một công trình cụ thể.

2.2 Kết quả thí nghiệm nén 3 trục

Như phần trên, cũng như theo một số đề xuất [2], [3], mô đun đàn hồi của trụ đất trộn xi măng được xác định bằng thí nghiệm nén 1 trục nở hông tự do. Tuy nhiên trong thực tế, trụ đất xi măng chịu ứng suất 3 chiều, do đó thí nghiệm nén 3 trục đã được tiến hành để xác định mô đun đàn hồi E của mẫu và so sánh với E_{30} xác định theo thí nghiệm nén 1 trục nở hông tự do.

Theo các kết quả thí nghiệm nén 3 trục như bảng 1, 2, 3, và hình 7: khi thí nghiệm các mẫu đất - xi măng với các áp lực buồng khác nhau thu được mô đun đàn hồi của mẫu đất trộn xi măng là khác nhau, và chênh lệch từ 0.696 đến 1.81 lần so với giá trị mô đun đàn hồi E của mẫu thu được từ thí nghiệm nén 1 trục nở hông tự do. Điều này cũng khá phù hợp với các kết quả nghiên cứu của Kitazume [4] khi áp lực buồng có giá trị nhỏ hơn sức kháng nén đơn của mẫu đất trộn xi măng.



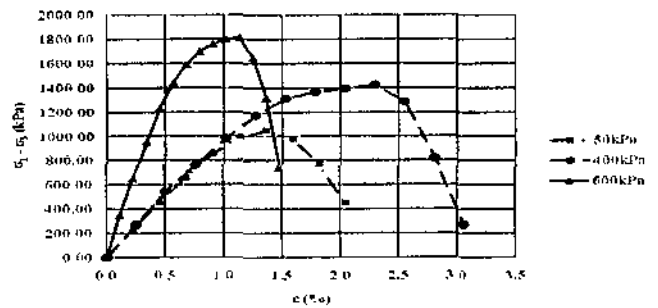
Hình 6. Sức kháng nén đơn của mẫu khoan lõi tại các độ sâu khác nhau

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm nén 3 trục với áp lực buồng $\sigma_3 = 50$ kPa

Áp lực buồng σ_3 (kPa)	Lực nén (N)	Tổng biến dạng (0.01mm)	Biến dạng ϵ (%)	Mô đun đàn hồi E (kPa)
50	0.0	0	0.000	101400
	741.0	25	0.227	
	1485.4	50	0.455	
	2164.4	75	0.682	
	2812.2	100	0.909	
	3278.8	125	1.136	
	3459.4	150	1.364	
	3236.2	175	1.591	
	2548.6	200	1.818	
	1509.5	225	2.045	

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm nén 3 trục với áp lực buồng $\sigma_3 = 400$ kPa

Áp lực buồng σ_3 (kPa)	Lực nén (N)	Tổng biến dạng (0.01mm)	Biến dạng ϵ (%)	Mô đun đàn hồi E (kPa)
400	0	0	0.00	109500
	891	25	0.26	
	1787	50	0.51	
	2508	75	0.77	
	3233	100	1.02	
	3872	125	1.28	
	4333	150	1.53	
	4526	175	1.79	
	4628	200	2.04	
	4731	225	2.30	



Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa độ lệch ứng suất và biến dạng, với các áp lực buồng khác nhau
Bảng 3. Kết quả thí nghiệm nén 3 trục với áp lực buồng $\sigma_3 = 600$ kPa

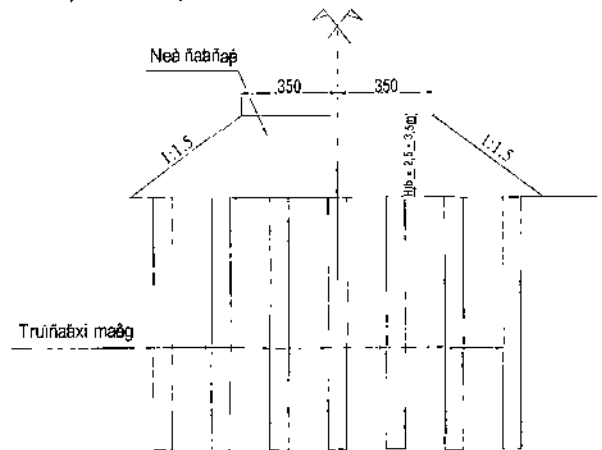
Áp lực buồng σ_3 (kPa)	Lực nén (N)	Tổng biến dạng (0.01mm)	Biến dạng ϵ (%)	Mô đun đàn hồi E (kPa)
600	0.000	0	0.000	263700
	1139.031	13	0.114	
	2119.858	25	0.227	
	3116.531	38	0.341	
	4034.960	50	0.455	
	4713.258	63	0.568	
	5204.468	75	0.682	
	5561.894	88	0.795	
	5771.525	100	0.909	
	5900.475	113	1.023	

3. ỨNG DỤNG THIẾT KẾ GIA CỐ NỀN VỚI CÔNG TRÌNH CỤ THỂ

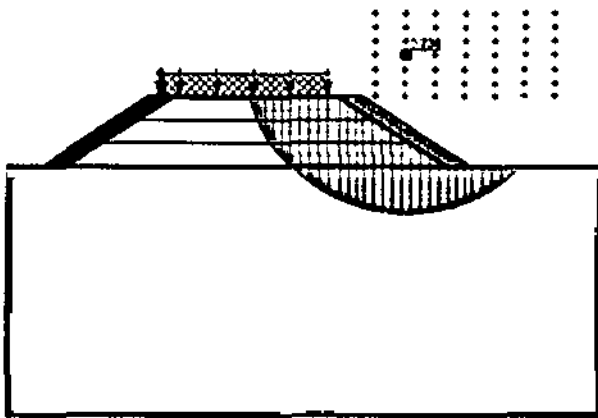
Công trình được ứng dụng để tính toán là dự án xây dựng cầu Nhị Nguyệt, huyện Đầm Dơi, tỉnh Cà Mau. Các thông số kỹ thuật và quy mô của cầu: mặt cắt sông rộng khoảng 60m.

Cầu dài $L = 171,78m$, được đầu tư với tải trọng HL93, chiều rộng mặt cầu $B_{mc} = 11,0m$, chiều rộng phần xe chạy $B_{xc} = 10,0m$. Đường đầu cầu được thiết kế theo tiêu chuẩn cấp IV đồng bằng, chiều rộng nền đường $B_n = 9,0m$; chiều rộng mặt đường $B_m = 7,0m$. Chiều cao nền đắp trung bình $h_u = 3m$.

Kiểm tra, tính toán ổn định bằng phần mềm Geoslope cho nền đất tự nhiên cho hệ số an toàn 0,736 là không đạt yêu cầu nên tiến hành gia cố nền tự nhiên bằng các trụ đất xi măng có: đường kính trụ $\phi = 800mm$, chiều dài trụ $L = 23m$, bố trí theo dạng ô vuông, khoảng cách giữa các trụ là 1,5m, trụ có mô đun đàn hồi $E_{col} = 35928$ kPa.

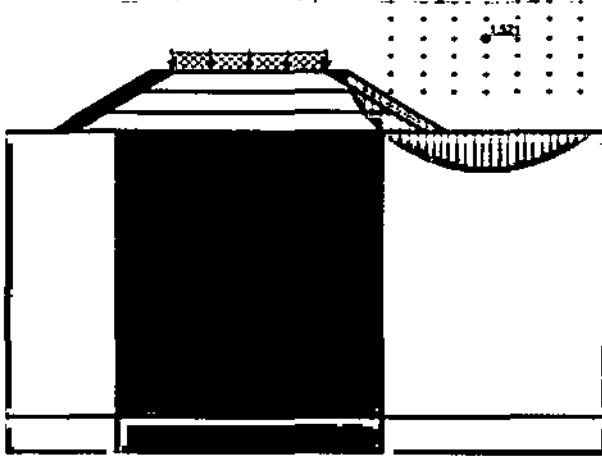


Hình 8. Mặt cắt ngang đường đầu cầu Nhị Nguyệt



Hình 9. Kiểm tra ổn định trượt ngang cho nền tự nhiên

3.1 Kiểm tra ổn định cho nền gia cố



Hình 10. Kiểm tra ổn định nền sau khi gia cố

3.2 Tính lún ổn định cho nền gia cố

Bảng 4. Các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất nền

TT	Vật liệu	Mô hình vật liệu	Dung trọng (KN/m ³)	Lực dính (KN/m ²)	Góc nội ma sát ϕ (°)	Hệ số thấm K_v (m/ngày)	Mô đun biến dạng (KN/m ²)
1	Lớp 1	Mohr - Coulomb	15,94	4,9	2052	$0,253 \cdot 10^{-4}$	2460
2	Lớp 2	Mohr - Coulomb	18,70	20,3	11029	$0,112 \cdot 10^{-4}$	11270

3.2 Phân tích độ lún ổn định thực tế của nền theo các kết quả quan trắc

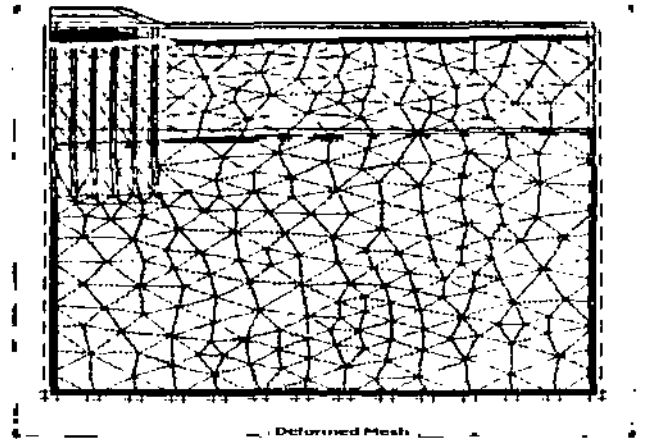
Từ các kết quả quan trắc lún thực tế của nền đường, ứng dụng phương pháp Asaoka [1] để phân tích, xác định độ lún ổn định thực tế của nền đường. Các kết quả phân tích thu được như trình bày ở hình 13.

* Nhận xét:

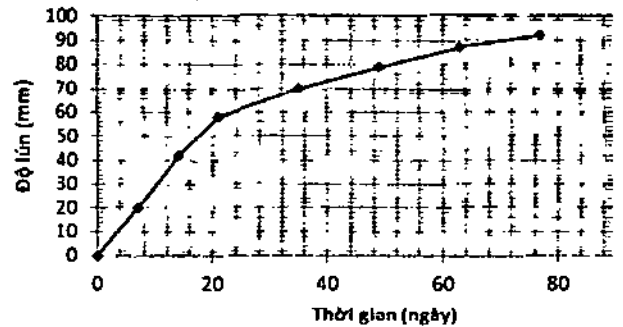
Nền đất sau khi gia cố là đảm bảo các yêu cầu về ổn định và biến dạng, cụ thể như sau:

- Hệ số an toàn về trượt tính bằng phần mềm Geoslope theo phương pháp của Bishop là 1,521 > 1,4 đảm bảo điều kiện ổn định trượt.

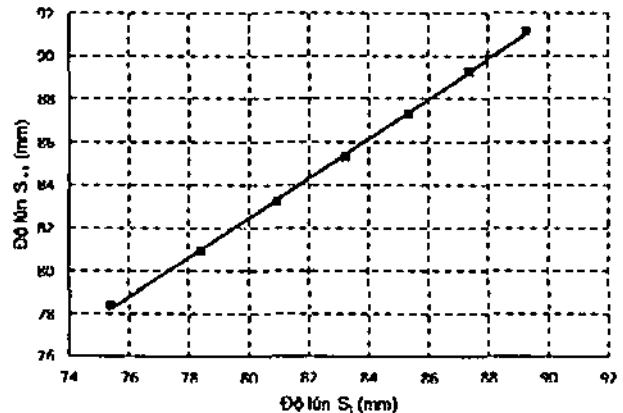
- Các phân tích, tính toán bằng giải tích, bằng phần mềm PLAXIS [5], [6], và từ các kết quả quan trắc lún thực tế của nền đường cho độ lún ổn định của nền đường là 11,1cm < 40cm (đạt yêu cầu theo 22TCN262-2000).



Hình 11. Phân tích lún ổn định bằng phần mềm Plaxis



Hình 12. Kết quả quan trắc độ lún theo thời gian của nền đường vào cầu Nhật Nguyệt



Hình 13. Kết quả phân tích độ lún ổn định cho nền đường theo phương pháp Asaoka

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua việc nghiên cứu giải pháp trụ đất trộn xi măng để gia cố nền đất yếu ở Cà Mau, cho phép rút ra một số kết luận sau:

- Cường độ và mô đun đàn hồi của đất trộn xi măng tăng dần theo chiều sâu nền đất.

- Các kết quả thí nghiệm nén 3 trục cho thấy khi thí nghiệm các mẫu đất - xi măng với các áp lực buông khác nhau thu được mô đun đàn hồi của mẫu đất trộn xi măng là khác nhau, và chênh lệch từ 0.696 đến 1.81 lần so với giá trị mô đun đàn hồi E của mẫu thu được từ thí nghiệm nén 1 trục nở hông tự do. Điều này cũng khá phù hợp với các kết quả nghiên cứu của Kitazume.

Với hàm lượng xi măng gia cố là 220kg/m³ sức kháng nén đơn và mô đun đàn hồi của các trụ đất xi măng thử nghiệm đều đạt các giá trị yêu cầu khi thiết kế. Các phân tích bằng phần mềm Geoslope và PLAXIS, cũng như quan trắc lún thực tế tại hiện trường cho thấy nền đất sau khi gia cố là đảm bảo các yêu cầu về ổn định và biến dạng.

Từ các kết luận trên, cho thấy với nền đất yếu ở Cà Mau vẫn có thể ứng dụng được công nghệ trụ đất - xi măng để gia cố nền đất yếu trong xây dựng đường đắp cao vào cầu. Từ đó, cần tiếp tục có các nghiên cứu sâu hơn để ứng dụng rộng rãi công nghệ trụ đất - xi măng để gia cố nền đất yếu dưới nền đắp cao, cụ thể là các đường vào cầu của tỉnh Cà Mau.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Cà Mau trong khuôn khổ đề tài "Nghiên cứu ứng dụng giải pháp trụ xi măng đất gia cố đường đầu cầu tỉnh Cà Mau", hợp đồng số 11/2016/HĐ-SKHCN. Các tác giả của bài báo xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Asaoka A., Observation procedure of settlement prediction, Soil & Foundation Vol.18, No.4, Sept 1978.
2. Bergado, J.C.Chai, Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng, Nhà xuất bản Giáo dục, 2005.
3. Jaritngam S., Improvement for soft soil by soil-cement mixing, Proceedings of the Fourth International Conference on Soft Soil Engineering, Canada, 2006.
4. Kitazume K., M. Terashi, The Deep Mixing Method, CRC Press, 2013.
5. Lê Bá Vinh, Lê Nhật Trường, Nghiên cứu giải pháp trụ đất XM để gia cố nền đất yếu ở Cà Mau, Tạp chí Tài nguyên nước, 2015.
6. Lê Nhật Trường, Nghiên cứu giải pháp trụ đất XM để gia cố nền đất yếu dưới nền đường đắp cao trong điều kiện Cà Mau, Luận văn Thạc sĩ ĐH Bách khoa TP.HCM, 2015.
7. Tiêu chuẩn TCVN 9403:2012, Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng, 2012.