

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG VỀ GIẢI PHÁP CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP KẾT HỢP VỚI VẢI ĐỊA KỸ THUẬT TRONG XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU

Võ Ngọc Hà¹, Nguyễn Tuấn Phương¹, Châu Ngọc Ân², Võ Phan²

TÓM TẮT

Công trình đập trên nền đất yếu thường có nhiều vấn đề như lún, trượt qua giới hạn. Trong những năm gần đây có một loại giải pháp xử lý nền, gọi là “sự kết hợp vải địa kỹ thuật và đất đắp trên nền cọc” được sử dụng. Hiện nay để ứng xử của hệ này đã có những kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả nước ngoài; bài báo phân tích cơ sở lý thuyết của giải pháp và dựa vào thí nghiệm trên mô hình thực tế đã rút ra những kết quả có thể giúp người thiết kế tham khảo trong xử lý các công trình trên đất yếu.

Từ khóa: Chuyển tiếp tải, dõ lún, công trình đập trên nền cọc, cung vòm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong điều kiện kinh tế ngày càng phát triển cùng với xu hướng công nghiệp hoá hiện đại hoá nhiều nhà máy, xí nghiệp được đầu tư xây dựng ở nhiều tỉnh, thành trong cả nước, đặc biệt nhu cầu này càng tăng nhanh ở các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long. Với cấu tạo địa chất là đất yếu, có nơi dày đến 30 - 40 m cần có rất nhiều giải pháp nghiên cứu xử lý nền cho công trình xây dựng trên vùng đất này.

Có rất nhiều giải pháp xử lý vấn đề này như cột đất gia cố xi măng, cọc cát, bậc thấm kết hợp gia tải trước, bậc thấm kết hợp bơm hút chân không, bậc cọc bê tông cốt thép và sàn giảm tải, cột đất trộn xi măng kết hợp bậc giảm tải bê tông cốt thép... Tuy nhiên các giải pháp xử lý nền trên mất nhiều thời gian phải chờ lún rất lâu và phải bù lún sau này. Trong những năm gần đây giải pháp xử lý nền mới “Sự kết hợp vải địa kỹ thuật và đất đắp trên nền cọc” cần được quan tâm để các đơn vị tư vấn và thi công nghiên cứu ứng dụng.

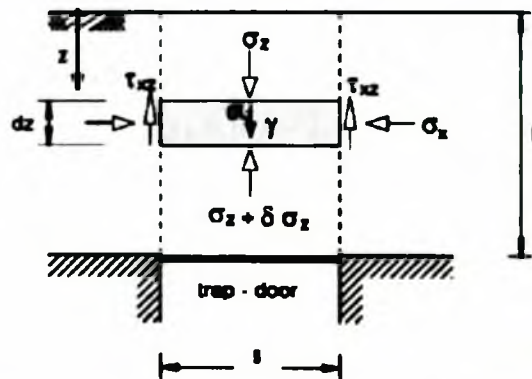
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Lý thuyết hiệu ứng vòm

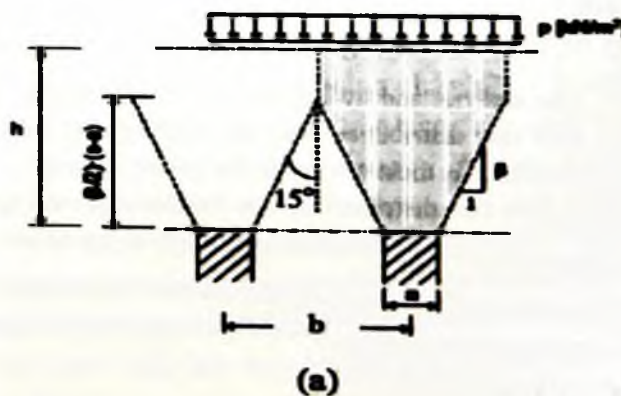
Terzaghi (1943) đã phát hiện hiện tượng cung vòm trong đất thông qua hình ảnh cung vòm từ cửa sập. Terzaghi đã xây dựng mô hình trong hình 1.

Phương pháp Nordic Guideline phân tích cung vòm trong đất theo dạng hình nêm được đề nghị

bởi Carlsson (1987), theo phương pháp này góc tạo thành cung vòm là 300 như hình 2.



Hình 1. Mô hình phân tích cung vòm của Terzaghi (John Wiley and Sons, 1943).



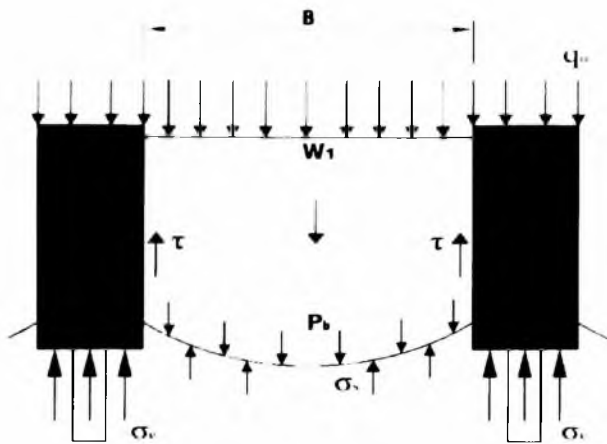
Hình 2. Hình nêm của khối đất (Syawal Satibi, Martino Leoni, 2007).

2.2. Sự truyền tải

Sự truyền tải trọng ngoài và tải trọng của khối đắp theo nguyên lý phân bố tải trọng được thể hiện trong hình 3.

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Tiền Giang

² Khoa Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh



Hình 3. Sự truyền tải (trọng lượng bản thân, tải trọng ngoài) lên nền đất

(B. Le Hello, B. Chevalier, G. Combe, P. Villard, 2004).

Hệ số tập trung ứng suất: Do sự phân bố tải trọng nên trên đầu cọc nhận được ứng suất tập trung lớn hơn nhiều so với ứng suất phân bố trên nền đất yếu. Xét hệ số tập trung ứng suất đầu cọc do nhiều tác giả đưa ra.

Theo McNulty (1965) và Kempton (1998) (Syawal Satibi, Raymond van der Meij, Martino Leoni, 2007):

Hệ số tập trung ứng suất phụ thuộc vào biểu thức sau:

$$\rho = \frac{P_b}{\gamma H + q_0} \quad (1)$$

Áp lực đứng trung bình phân bố lên vải p_b .

Tải trọng trung bình ngoài phân bố trên nền đất q_0

Khi $\rho = 0$: Xuất hiện cung vòm hoàn chỉnh.

Khi $\rho = 1$: Không xuất hiện cung vòm.

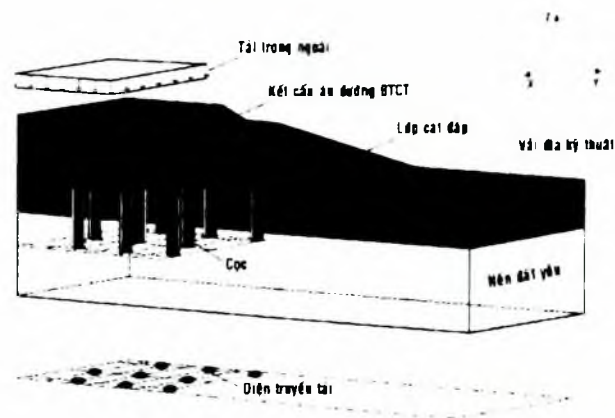
Trọng lượng bản thân đất đắp γ .

Theo Han (2003) (Syawal Satibi, Raymond van der Meij, Martino Leoni, 2007):

Đánh giá hệ số tập trung ứng suất thông qua biểu thức sau: $n = \frac{\sigma_c}{\sigma_s}$ (2)

Với σ_c : ứng suất đứng phân bố trên đầu cọc; σ_s : ứng suất đứng phân bố trên đất giữa hai cọc.

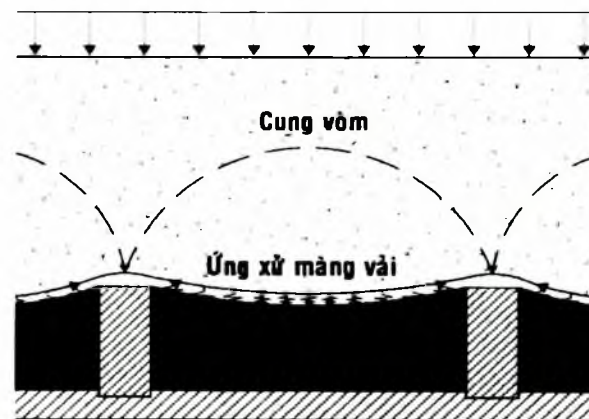
3. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN



Hình 4. Mô hình đắp trên cọc kết hợp vải địa kỹ thuật

(Syawal Satibi, Raymond van der Meij, Martino Leoni, 2007, B. Le Hello, B. Chevalier, G. Combe, P. Villard, 2004).

Sự hình thành cung vòm:



Hình 5. Sự hình thành cung vòm

(Syawal Satibi, Raymond van der Meij, Martino Leoni, 2007, B. Le Hello, B. Chevalier, G. Combe, P. Villard, 2004).

3.1. Khả năng kéo căng vải khi gia tải

3.1.1 Theo Tiêu chuẩn Anh BS 8006 (1995)

$$T_{rp} = \frac{W_T (s - a)}{2a} \sqrt{1 + \frac{l}{6\varepsilon}} \quad (3)$$

T_{rp} : Lực kéo trong vải trên 1m; W_T : Tải trọng thẳng đứng phân bố trên vải giữa các cọc; ε : Biến dạng dài (%) của vải địa kỹ thuật.

Phương trình:

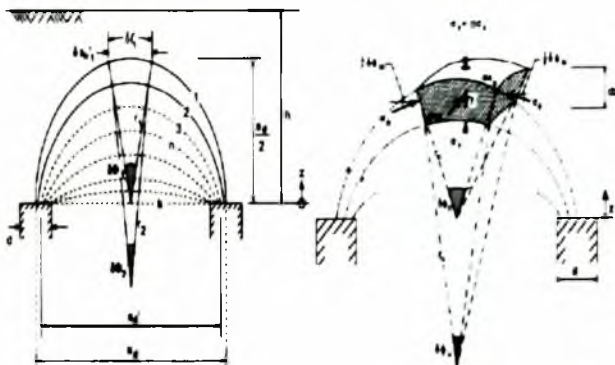
$$T_{rp} = \sigma_s (s - a) \Omega \quad (4)$$

σ_s : Ứng suất do đất đắp gây ra trong vải; Ω : Hệ số không thứ nguyên liên quan đến biến dạng lệch của vải; s : Khoảng cách giữa hai cọc; a : Kích thước cạnh cọc.

$$\Omega = \frac{l}{4} \left[\frac{2y}{(s-a)} + \frac{(s-a)}{2y} \right] \quad (5)$$

y. Độ võng của vãi (John Wily and Sons, 1943)

3.1.2. Theo Zaeske (2001) và Kempfer (2002)



Hình 6. Thiết lập phương trình vi phân đường ứng suất (H.-G. Kempfert, 2008)

Phương trình vi phân được thiết lập:

$$\frac{d^2 z}{dx^2} = \frac{q_2}{H} + \frac{C-x}{H} \quad (6)$$

Với

$$H = \frac{2 \int_0^i \sqrt{1+(z'_w)^2} dx + 2 \int_i^j \sqrt{1+(z'_p)^2} dx - l_0}{2 \int_0^i (1+(z'_w)^2) dx + 2 \int_i^j (1+(z'_p)^2) dx} \quad (7)$$

Trong đó

$$z_w(x) = A_{1,W} e^{\alpha_W x} + A_{2,W} e^{-\alpha_W x} - \frac{\beta_W}{\alpha_W^2} \quad 0 \leq x \leq i \quad (8)$$

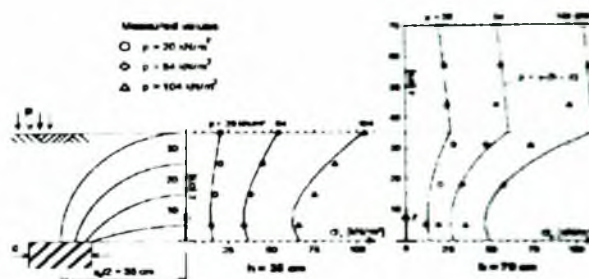
$$z'_w(x) = \alpha_W \left(A_{1,W} e^{\alpha_W x} - A_{2,W} e^{-\alpha_W x} \right)$$

Lực kéo của vãi khi gia tải.

$$S(x) = \varepsilon(x)/J = H \cdot \sqrt{1+z'^2(x)} \quad (9)$$

3.2. Kết quả mô hình thí nghiệm trong phòng của Zaeske (2001)

Zaeske (2001) đã thí nghiệm để kiểm chứng hiệu ứng vòm với tỷ lệ 1/3 so với kích thước thật gồm 04 cọc trong đất yếu, bên trên đầu cọc trải một lớp vãi địa kỹ thuật đỡ lớp cát có chiều dày thay đổi 0,35 m và 7 m. Tác động tải phân bố đều trên mặt lớp cát lần lượt là 20 kPa, 54 kPa, 104 kPa, các ứng suất phân bố trong lớp cát và trên đầu cọc được ghi nhận bởi các đầu đo ứng suất. Kết quả thí nghiệm được ghi nhận như biểu đồ sau:

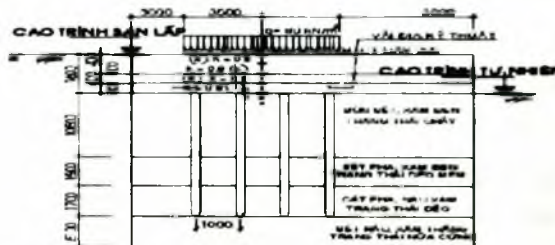


Hình 7. Kết quả thí nghiệm mô hình thí nghiệm Zaeske (2001) (H.-G. Kempfert, 2008)

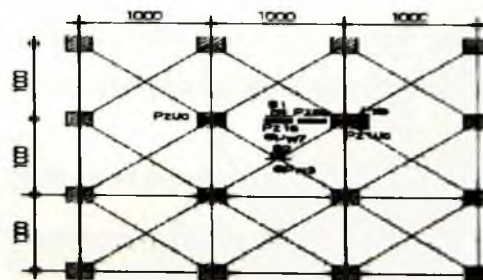
4. THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG

4.1. Mô hình thí nghiệm hiện trường

Mô hình được xây dựng tại khu đất rộng có giao thông thuận tiện có lớp đất yếu phù hợp với giải pháp xử lý nền như trên, với 16 cọc bê tông cốt thép có cấp độ bền B.20, chiều dài cọc $L = 14$ m gồm 02 đoạn mỗi đoạn 7 m. Vãi địa kỹ thuật loại dệt cường độ cao, khả năng chịu kéo đạt 100 kN/m độ giãn dài tối đa đạt 10%. Cát đắp là cát hạt to. Cát đắp gia tải là cát mịn có $\gamma_m = 16,5$ kN/m³, chiều cao đắp đạt 4 m như hình 8, 9.



Hình 8. Mặt cắt mô hình thí nghiệm thực tại hiện trường



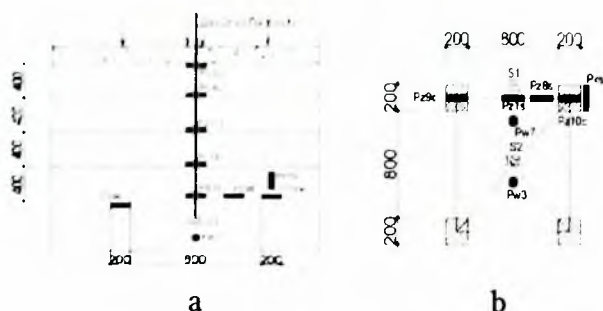
Hình 9. Mặt bằng mô hình thí nghiệm thực tại hiện trường.

Mô hình sử dụng các thiết bị đo ứng suất, đo áp lực nước lỗ rỗng được chế tạo và kiểm chứng mức độ chính xác tại phòng thí nghiệm cơ học của Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh.

4.2. Kết quả mô hình thí nghiệm hiện trường

4.2.1. Đo ứng suất phân bố

Vị trí đặt các thiết bị đo ứng suất được thể hiện trong hình 10 a, b.



Hình 10 a, b. Vị trí đặt các thiết bị đo trong mô hình

Ps7 là đầu đo áp lực nước lỗ rỗng đặt tại giữa khoảng cách 02 cọc.

Ps3 là đầu đo áp lực nước lỗ rỗng đặt tại giữa tâm 04 cọc.

Ps9 là đầu đo ứng suất đất trên đầu cọc nhưng dưới lớp vải địa kỹ thuật.

Ps1 là đầu đo ứng suất đất giữa 02 cọc nhưng

trên lớp vải địa kỹ thuật.

Ps4 là đầu đo ứng suất đất trên đầu cọc do ứng suất đứng theo phương ngang.

Ps8 là đầu đo ứng suất đất cách cọc 1/4 khoảng cách cọc nhưng trên lớp vải địa kỹ thuật.

Ps10 là đầu đo ứng suất đất trên đầu cọc nhưng trên lớp vải địa kỹ thuật.

Ps14 là đầu đo ứng suất đất trong lớp cát đập nằm trên đầu cọc 0,4 m.

Ps11 là đầu đo ứng suất đất trong lớp cát đập nằm trên đầu cọc 0,8 m.

Ps6 là đầu đo ứng suất đất trong lớp cát đập nằm trên đầu cọc 1,2 m.

Ps2 là đầu đo ứng suất đất trong lớp cát đập nằm trên đầu cọc 1,6 m.

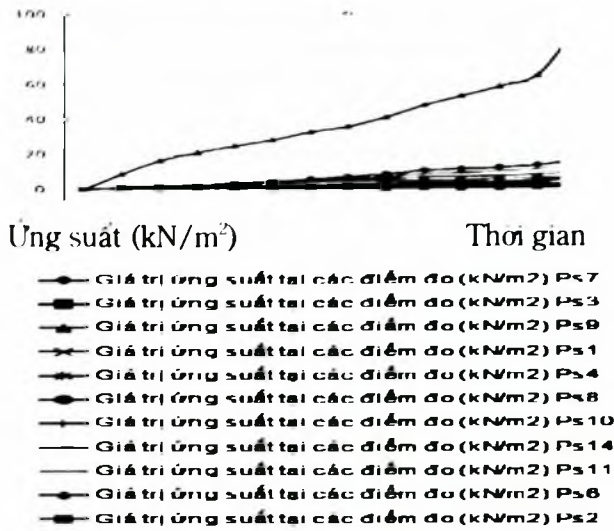
Bảng 1. Giá trị ứng suất tại các điểm đo (kN/m²) trong suốt thời gian gia tải đạt cấp tải tĩnh P = 40 kN/m²

Thời gian	Giờ	Ps7	Ps3	Ps9	Ps1	Ps4	Ps8	Ps10	Ps14	Ps11	Ps6	Ps2
4/29/13	13:32:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4/29/13	13:43:07 13:46:37	0,64	0,64	8,75	0,27	0,05	0,62	1,18	1,48	0,60	1,32	1,52
4/29/13	13:47:07 13:51:07	0,92	0,35	16,48	0,73	0,48	1,69	1,89	2,09	0,96	1,46	2,08
4/29/13	13:51:37 13:55:37	1,01	0,43	21,30	1,11	0,94	2,87	2,82	2,80	1,32	1,73	2,37
4/29/13	13:56:07 13:59:37	1,10	0,51	25,04	1,39	0,54	3,88	3,55	3,32	1,54	1,73	2,95
4/29/13	14:00:07 14:03:37	1,10	0,55	28,38	1,76	1,59	4,91	4,18	3,63	1,62	1,93	3,56
4/29/13	14:04:07 14:08:07	1,19	0,55	32,87	2,14	2,09	6,13	5,16	4,36	2,07	2,00	4,09
4/29/13	14:08:37 14:12:07	1,19	0,59	35,86	2,62	2,48	7,47	6,15	5,10	2,23	2,21	4,65
4/29/13	14:12:37 14:16:37	1,28	0,72	41,16	3,19	3,02	8,83	7,28	5,96	2,71	2,35	4,97
4/29/13	14:17:07 14:21:07	1,65	0,85	47,82	3,68	3,50	10,82	8,89	6,93	3,03	2,43	4,89
4/29/13	14:21:37 14:25:07	1,65	0,76	52,91	4,26	30,89	11,52	9,25	6,93	2,79	2,43	5,30
4/29/13	14:25:37 14:29:37	1,56	0,68	58,14	4,16	3,36	12,23	10,19	7,37	4,32	2,72	5,63
4/29/13	14:30:07 14:33:37	1,75	0,80	64,49	4,66	3,85	13,46	11,16	7,92	4,49	2,79	5,96
4/29/13	14:55:38 14:55:38	1,75	0,6	87,57	5,75	5,12	15,96	13,64	9,15	4,58	3,08	6,47
4/29/13	14:03:27 14:07:26	1,75	0,55	94,80	5,95	5,27	16,81	14,40	9,83	5,04	3,08	6,56

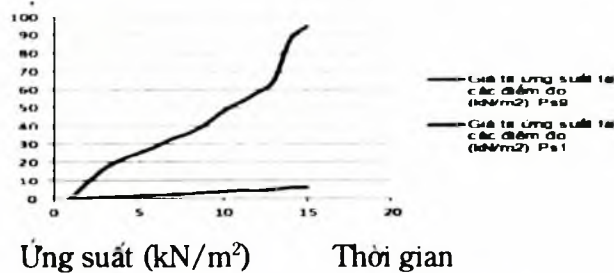
Dưới tác dụng của hiệu ứng màng vải địa kỹ thuật hệ số tập trung ứng suất từ mô hình thí nghiệm $n = 10,84$, ứng suất phân bố trên nền đất yếu đạt $\sigma_s = 5,95 \text{ kN/m}^2$ trong khi ứng suất tập trung đầu cọc $\sigma_c = 64,49 \text{ kN/m}^2$.

Nếu bỏ qua một phần tác dụng của hiệu ứng màng vải địa kỹ thuật thì hệ số tập trung ứng suất đầu cọc $n = 2,5$, ứng suất phân bố trên nền đất yếu đạt $\sigma_s = 5,95 \text{ kN/m}^2$ trong khi ứng suất tập trung đầu cọc $\sigma_c = 14,4 \text{ kN/m}^2$.

Hệ số tập trung ứng suất $n = \sigma_c / \sigma_s$ sẽ thay đổi theo khoảng cách cọc, khoảng cách cọc càng xa hệ số n càng giảm.



Hình 11. Đường ứng suất tại các thiết bị đo theo thời gian



Hình 12. Đường ứng suất tại các thiết bị đo theo thời gian tại 02 đầu đo Ps9 và Ps1

5. KẾT LUẬN

Kết quả thu được, cho thấy giải pháp xử lý nền theo phương pháp này có thể ứng dụng tốt cho việc xử lý nền đường, kho xưởng công nghiệp trong điều kiện đất yếu đồng bằng sông Cửu Long, rút ngắn được thời gian thi công so với những phương pháp xử

lý nền khác như gia tải trước, bơm hút chân không, bác thăm...

Khoảng cách cọc xử lý nền trong mô hình $S = 1,0$ m, nền hiệu quả tập trung ứng suất đầu cọc là khá lớn. Tuy nhiên khi thiết kế để đạt hiệu quả kinh tế cao thì khoảng cách cọc sẽ lớn hơn điều này sẽ làm giảm hệ số tập trung ứng suất đầu cọc tăng khả năng lún của nền. Vì vậy người thiết kế cần phải tính toán và đánh giá lại hệ số tập trung ứng suất đầu cọc cho phù hợp với mô hình tính.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. British Standard (1995). Code of practice of strengthened/reinforced soils and other fills. Chapter 9 BS 8006: 135-154.
2. B. Le Hello, B. Chevalier, G. Combe, P. Villard (2004). Coupling finite elements and discrete elements methods, application to reinforced embankment by piles and geosynthetics: 32-45.
3. Châu Ngọc Ân (2012). Nền Móng. NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh: 526-574.
4. D. T. Bergada, J. C. Chai (1994). Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng. NXB Khoa học Kỹ thuật: 58-62.
5. H.-G. Kempfert (2008). Lateral spreading in basal reinforced embankments supported by pile-like elements. University Kassel, Germany: 25-39.
6. John Wily and Sons (1943). New York Terzaghi: Theoretical Soil Mechanics: 67-76.
7. Syawal Satibi, Raymond van der Meij, Martino Leoni (2007). Literature review and required further research using numerical analysis. University Kassel: 6-18.

THEORETICAL BACKGROUND AND SOME RESULTS OF FIELD TESTING ON CONCRETE PILE GROUP COMBINING GEOTEXTILE FOR GROUND IMPROVEMENT

Vo Ngoc Ha, Nguyen Tuan Phuong, Chau Ngoc An, Vo Phan

Summary

Construction of highway embankments on soft ground deals with several problems such as large settlement and lateral displacement. In recent years, has a kind of ground improvement, geosynthetic reinforced pile - supported embankment, was introduced. Currently, the behavior of this system has many research results of foreign authors, the paper analyzes the theoretical basis of the solution and based on experiments on real models showed off the results can help the reference design in handling major works on earth.

Key words: Load transfer, settlement, embankments on piles, arching.

Người phản biện: GS.TS. Trương Đình Dự

Ngày nhận bài: 19/3/2014

Ngày thông qua phản biện: 18/4/2014

Ngày duyệt đăng: 25/4/2014