■Ngày nhận bài: 19/02/2023 ■Ngày sửa bài: 11/3/2024 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/4/2024

Đánh giá hệ số tập trung ứng suất đầu cọc với vải địa kỹ thuật bằng thí nghiệm hiện trường

Evaluation ratio of the vertical stress on top the cap pile combine geotextle by full - scale experiment model

> **TS NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG**
Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; E-mail: nguyentuanphuong@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Nội dung bài viết trình bày cách xác định hệ số tập trung ứng suất đầu cọc trong giải pháp hệ cọc bê tông cốt thép (BTCT) kết hợp với vải địa kỹ thuật bằng thí nghiệm hiện trường. Giải pháp hệ cọc BTCT kết hợp với vải địa kỹ thuật càng trở nên phổ biến và ứng dụng rộng rãi hơn khi hiệu quả của giải pháp thiết thực. Tuy nhiên việc thiết kế giải pháp xử lý nền hiện nay chỉ dựa vào kết quả phân từ phương pháp phần tử hữu hạn mà chưa có sự kiểm chứng thực tế. Bài báo đưa ra kết quả kiểm chứng thực tế hệ số tập trung ứng suất đầu cọc để từ đó đánh giá hiệu quả của giải pháp xử lý nền đối với công trình xây dựng, giúp người thiết kế có thể thiết kế an toàn tiết kiệm hơn.

Từ khóa: Gia cường vải địa kỹ thuật; cung vòm; công trình đắp.

ABSTRACT

The content of the article presents the determination ratio of the vertical stress on top the cap pile in the solution concrete pile systems combine geotextle by full – scale experiment model. The solution concrete pile systems combine geotextle is an interesting technique and more purpose, which effective solution is actual. However when design this soft ground treatment solution only base on the result finite element analysis, which don't retest. The main content of the paper is present the ratio of the vertical stress on top the cap pile so that evaluate effective of the soft ground treatment solution, which can help designer calculate more safety and economic

Keywords: Geosynthetic reinforced; arching; Embankment.

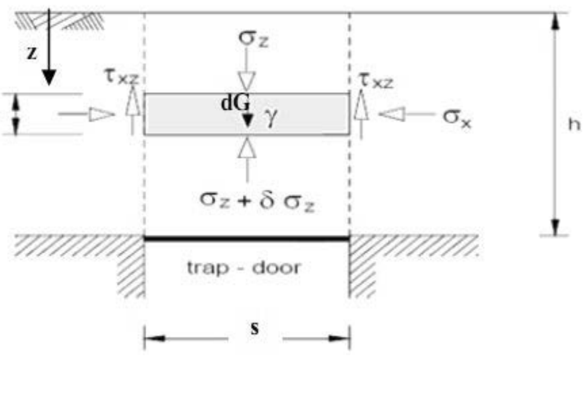
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

ĐBSCL có kiến tạo địa chất trẻ, trên 90% diện tích đất mặt là yếu. Sự phát triển kinh tế vùng trong những năm gần đây đã thúc đẩy sự hội nhập công nghệ xây dựng để đáp ứng nhu cầu kinh tế. Với chủ trương phát triển cơ sở hạ tầng cho khu vực nhiều công trình giao thông đường cao tốc, cảng hàng không, kho xưởng được xây dựng với quy mô lớn. Tuy nhiên việc xây dựng công trình trên nền đất yếu của khu vực ĐBSCL thường phải đối mặt với nhiều vấn đề như lún nứt, bù lún,,. Để giải quyết vấn đề này những giải pháp nền thông thường là thay thế đất yếu và bù lún hoạc gia tải trước hoặc xử lý bất thấm kết hợp gia tải trước. Hiện nay, trước thực trạng nguồn cát ngày càng khang hiếm và gần như không tái tạo, giá thành sử dụng đến công trình khá cao, do đó với sự hội nhập về công nghệ, khoa học kỹ thuật những năm gần đây có nhiều giải pháp mới để xử lý vấn đề này. Một trong những giải pháp xử lý hiệu quả và ứng dụng nhiều hiện nay là giải pháp xử lý nền bằng cọc BTCT kết hợp với vải địa kỹ thuật. Tuy nhiên việc thiết kế và thi công còn nhiều hạn chế. Do đó một số công trình khi triển khai thi công chưa đạt hiệu quả như tính toán, trong số đó có Metro Hưng Lợi, TP Cần Thơ, Nhà điều hành xe Phương Trang, huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang, kho cảng biển Duyên Hải tỉnh Trà Vinh…. Nguyên nhân chính hiện nay là thiết kế chủ yếu dựa trên phân tích từ mô hình tính bằng phương pháp phần tử hữu hạn mà chưa kiểm chứng bằng kết quả thí nghiệm hiện trường để từ đó quyết định giải pháp thiết kế. Việc xác định hệ số tập trung ứng suất đầu cọc từ thí nghiệm hiện trường trong giải pháp xử lý nền bằng cọc BTCT kết hợp với vải địa kỹ để đánh giá hiệu quả của giải pháp đối với công trình xây dựng, giúp người thiết kế có thể thiết kế an toàn và tiết kiệm hơn, điều này hoàn toàn phù hợp với thực tế khi thi công xây dựng công trình.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Lý thuyết hiệu ứng vòm

2.1.1. Theo Terzaghi



Hình 1. Mô hình phân tích cung vòm của Terzaghi [1],

Terzaghi (1943) đã thực nghiệm xác định hệ số cung vòm thông qua mô hình cửa sập. Trong mô hình cửa sập gần như

80% khối lượng cát ở chiều cao đắp 2/3 bị trượt xuống, cũng thực hiện mô hình tương tự khi thay đổi độ lớn cửa sập. Terzaghi nhận thấy khi S = h thì lượng cát trượt xuống ứng với chiều cao > 2/3h. Từ thực nghiệm trên ông đã xây dựng các phương trình trạng thái ứng suất nhằm chứng minh có hiện tượng cung vòm trong đất đắp được thể hiện như hình 1.

Phương trình cân bằng ứng suất

$$(\sigma_z + d\sigma_z) * S - \sigma_z * S + 2\tau_{xz} dz - dG = 0 \qquad (1)$$

Với σz: ứng suất đứng

τxz: ứng suất cắt trong mặt xz

S: chiều rộng cửa sập

G: trọng lượng đất trên cửa

γ: dung trọng đất

Phương trình tương đương

$$d\sigma_z * S = \gamma * S dz - 2\tau_{xz} dz \qquad (2)$$

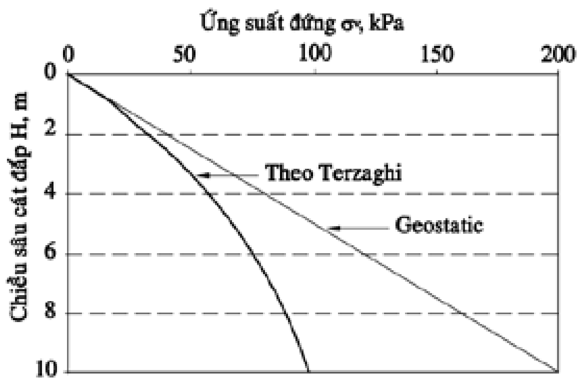
Theo Mohr-Coulomb ứng suất cắt phá hoại

$$\tau_{xz} = C' + \sigma_x \tan\varphi' \qquad (3)$$

Với C′ và φ′ là lực dính và góc ma sát trong của đất.

Ứng suất ngang

$\sigma_x = \sigma_z * K$ với K : Hệ số áp lực ngang.



Hình 2. Biểu đồ phân bố ứng suất trong đất đắp trên cửa sập theo Terzaghi [2]

Phương trình được viết

$$d\sigma_z * S = \gamma * S dz - 2(C' + \sigma_z K \tan\varphi') dz \qquad (4)$$

Phương trình vi phân

$$\left(\frac{d\sigma_z}{\sigma_z}\right) = \frac{\gamma}{\sigma_z} dz - \frac{2C'}{s * \sigma_z} dz - \frac{2K * \tan\varphi}{s} dz \qquad (5)$$

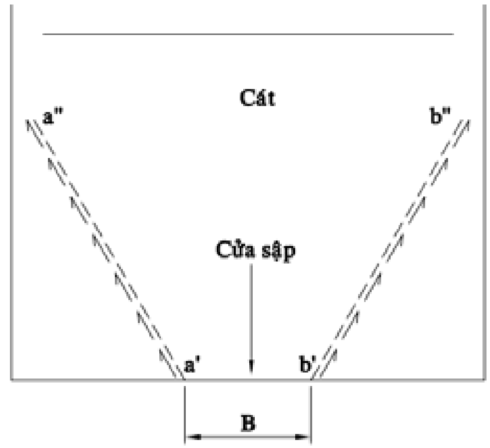
Giải phương trình vi phân

$$\sigma_z = \frac{S * \left(\gamma - 2C'/S\right)}{2 * K * \tan\varphi'} \left\{1 - e^{-2K \tan\varphi' \frac{z}{s}}\right\} + p * e^{-2K \tan\varphi' \frac{z}{s}} \qquad (6)$$

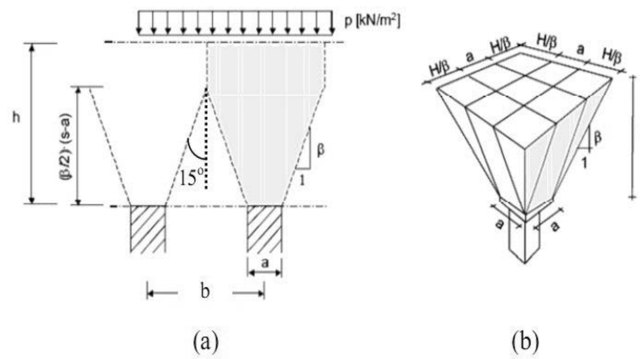
Theo kết quả thực nghiệm Terzaghi xác định K =1. Giải phương trình 6 tìm mức độ gia tăng ứng suất đứng giữa hai bệ móng. So sánh ứng suất đứng giữa hai bệ móng và mức độ gia tăng ứng suất đứng trong nền đất. Để tạo ra cung vòm mức độ gia tăng ứng suất trong nền phải thấp hơn nhiều so với mức độ gia tăng ứng suất đứng trên bệ móng.

2.1.2. Theo Nordic Guideline

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 30^0, phần lớn tải trọng được truyền xuống đầu cọc có dạng hình nêm, chiếm khoảng 80% tải trọng. Trong khi nền đất yếu gánh chịu 20% tải trọng ứng với 2/3 chiều cao đất đắp được thể hiện như hình 4 [4].



Hình 3. Đường ứng suất cắt khi cửa sập dịch chuyển nhỏ theo Terzaghi [2]



Hình 4. Hình nêm của khối đất a) theo 2D; b) theo 3D đề nghị bởi Carlsson [2]

Trọng lượng của khối đất theo 2D được tính như sau

$$W = \frac{(b-a)^2}{4\tan 15^0}\gamma \qquad (7)$$

với a: bề rộng cọc; b: khoảng cách 2 cọc tính từ tim; γ: dung trọng đất đắp.

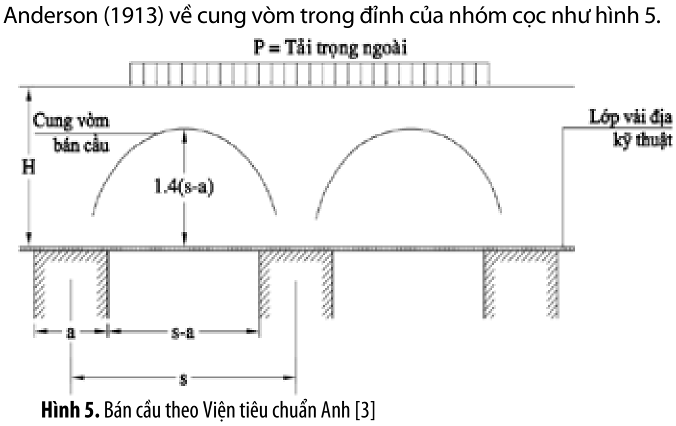
Theo Svant (2000) đưa ra phương pháp tính khối đất 3D

$$W = \frac{\gamma}{2a}\left\{b^2 H - \frac{1}{6\tan\beta}\left[(a + H\tan\beta)^3 - a^3\right]\right\} \qquad (8)$$

với a: bề rộng cọc; b: khoảng cách 2 cọc tính từ tim; γ: dung trọng đất đắp; H: chiều cao khối đất đắp; β: độ dốc mặt nêm.

2.1.3. Theo Viện tiêu chuẩn Anh (1995)

Phát triển do Jones (1990) dựa nghiên cứu của Marston và Anderson (1913) về cung vòm trong đỉnh của nhóm cọc như hình 5.



Hình 5. Bán cầu theo Viện tiêu chuẩn Anh [3]

Phân tích cung vòm dựa trên tỷ số giữa ứng suất đứng trên đỉnh cọc và ứng suất đứng trên nền đất yếu, P′c/σv

$$P_c^{'} = \delta_v^{'}\left[\frac{C_c a}{H}\right]^2 \qquad (9)$$

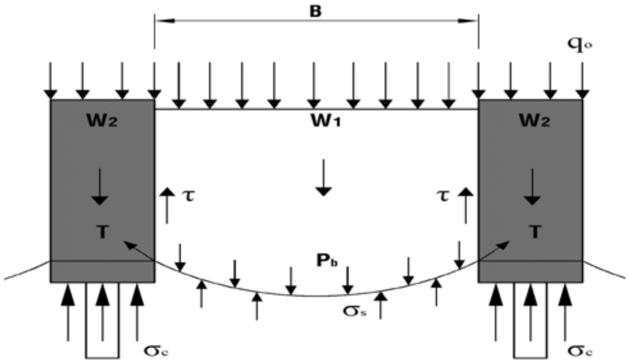
Trong đó: Cc: Hệ số cung vòm

Cc =1.95(H/a)- 0.18 cho cọc chống (không chịu uốn)

Cc = 1.5(H/a)- 0.07 cho cọc treo và các cọc khác (thông thường)

2.2 Hệ số tập trung ứng suất đầu cọc

Ứng suất do tải trọng bản thân và tải trọng ngoài tác dụng lên đầu cọc thông qua lớp vải địa kỹ thuật. Trong khi vải địa kỹ thuật có cường độ cao không bị xé rách dưới tác dụng của trọng lực thì gần như tải trọng được truyền như hình 6.



Hình 6. Sự truyền tải (trọng lượng bản thân, tải trọng ngoài) lên vải và đất nền [4]

2.2.1. Theo Mc.Nulty và Kempton

Theo Mc.Nulty (1965) và Kempton (1998) hệ số tập trung ứng suất phụ thuộc vào biểu thức sau:

$$\rho = \frac{P_b}{\gamma H + q_0} \qquad (10)$$

Áp lực đứng trung bình phân bố lên vải P_b

Tải trọng trung bình ngoài phân bố trên nền đắp q_0

Lực căng vải T

Khi ρ = 0: Xuất hiện cung vòm hoàn chỉnh

Khi ρ = 1: Không xuất hiện cung vòm.

Trọng lượng bản thân đất đắp γ

2.2.2 Theo Han

Theo Han (2003) đánh giá hệ số tập trung ứng suất thông qua biểu thức sau:

$$n = \frac{\sigma_c}{\sigma_s} \qquad (11)$$

Với σ_c : ứng suất đứng phân bố trên đầu cọc

σ_s: ứng suất đứng phân bố trên đất giữa hai cọc

2.2.3. Theo Schimidt

Theo Schimidt (2004) đánh giá hệ số tập trung ứng suất thông qua biểu thức sau:

$$LKF = \frac{Q}{Q_s} = \frac{\sigma_c * A_c}{\gamma * H * A_c} \qquad (12)$$

σ_c: ứng suất đứng phân bố trên đầu cọc

γ: Trọng lượng bản thân đất đắp

H: Chiều cao đất đăp

A_c: Tiết diện ngang của cọc

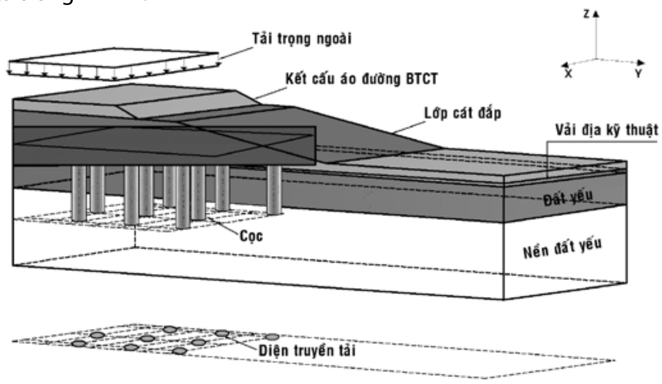
Tải trọng ngoài và trọng lượng bản thân đất đắp truyền xuống nền đất yếu bên dưới thông qua lớp vải địa kỹ thuật. Trên vải địa kỹ thuật sẽ có sự phân bố lại ứng suất. Dưới tác dụng của tải trọng (tải trọng ngoài và trọng lượng bản thân) sẽ làm cho khối đất duy chuyển xuống và được cản trở bởi sức kháng cắt τ (sức kháng cắt giữa các hạt đất không hoặc ít duy chuyển (trên đầu cọc) và các hạt đất duy chuyển nhiều (ở giữa cọc). Sức kháng cắt này sẽ làm giảm áp lực đứng của lớp đất đắp do đó sẽ gia tăng tải trọng trên đầu cọc, gia tăng ứng suất đầu cọc hay còn gọi là tập trung ứng suất đầu cọc.

Lớp vải địa kỹ thuật sẽ phân bố lại ứng suất làm giảm ứng suất tác dụng lên nền đất yếu. Lượng ứng suất giảm này sẽ được tập trung lên đầu cọc do đó làm giảm bớt lún đất nền giữa hai cọc. Sự giảm chuyển vị của khối đất giữa hai cọc là do ứng suất cắt τ giữa khối đất giữa hai cọc và khối đất trên đầu cọc. Tải trọng đứng trong nền đắp chuyển tiếp một phần trên đầu cọc.

Trong trường hợp khi mặt phẳng vải địa kỹ thuật hoàn toàn phẳng, không có độ lún khác nhau, không có chuyển vị giữa đất neàn và khối ñaát đắp bên trên, thì cung vòm của đất, ứng suất kéo do tải trong ngoài taùc duïng leân nền đất yếu không thể phát triển. Trong trường hợp này việc tập trung ứng suất đầu cọc vẫn có nhưng rất ít là do sự tương quan độ cứng của vật liệu làm cọc và độ cứng nền đất yếu bên dưới.

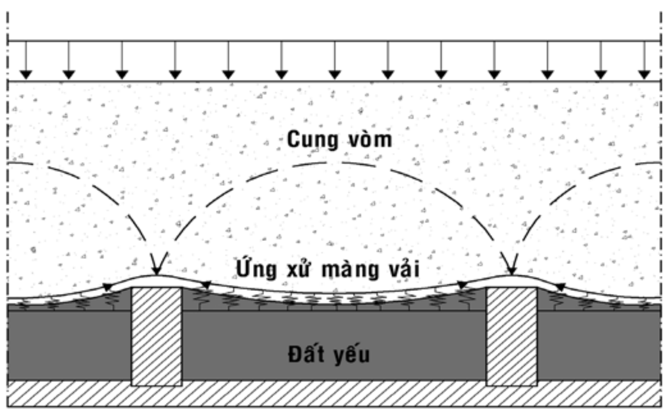
3. MÔ HÌNH TÍNH

Mô hình xử lý nền đường bằng cọc bê tông cốt thép kết hợp vải địa kỹ thuật dưới khối đắp chịu tải phân bố đều khắp được mô tả trong hình 7.



Hình 7. Mô hình đắp trên cọc kết hợp vải địa kỹ thuật [4],[6]

Sự hình thành cum vòm trong lớp cát đất đắp thông qua ảnh hưởng hiệu ứng màng của vải địa kỹ thuật được thể hiện trong hình 8.



Hình 8. Sự hình thành cung vòm [4],[6]

3.1 Khả năng kéo căng vải khi gia tải

3.1.1 Theo Tiêu chuẩn Anh BS 8006 (1995)

Theo Tiêu chuẩn BS 8006 (1995) tính toán khả năng kéo căng của vải trên đầu cọc được tính toán dựa trên nguyên lý truyền tải trọng đất đắp và tải trọng ngoài lên vải thông qua các gối đỡ (đầu cọc) như công thức (13).

$$T_{rp} = \frac{W_T(s-a)}{2a}\sqrt{1+\frac{1}{6\varepsilon}} \qquad (13)$$

Trp: Lực kéo trong vải trên 1m

WT: Tải trong thẳng đứng phân bố trên vải giữa các cọc

ε: Biến dạng dài (%) của vải địa kỹ thuật.

Phương trình:

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

σs: 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

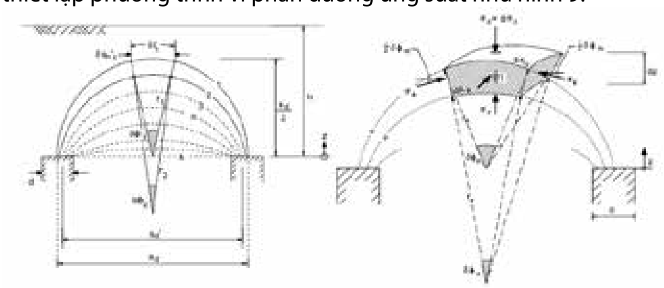
a: Kích thước cạnh cọc

$$\Omega = \frac{1}{4}\left[\frac{2y}{(s-a)} + \frac{(s-a)}{2y}\right]$$

y: Độ võng của vải [3]

3.1.2 Theo Zaeske (2001) và Kempfer (2002)

Theo Zaeske và Kempfer đã sơ đồ hóa cung vòm trên đầu cọc dựa trên kết quả thí nghiệm mô hình của Zaeske (2001) tác giả đã thiết lập phương trình vi phân đường ứng suất như hình 9.



Hình 9. Thiết lập phương trình vi phân đường ứng suất [4],[6]

Phương trình vi phân biểu diễn trạng thái cân bằng ứng suất:

$$-\sigma_z dA_u + (\sigma_z + d\sigma_z)dA_0 - 4\sigma_\varphi dA_s \sin\left(\frac{\delta_{\varphi_m}}{2}\right) + \gamma dV = 0 \qquad (14)$$

Phương trình vi phân biểu diễn lực kéo căng trên vải

$$\frac{d^2 z}{dx^2} = \frac{q_2}{H} + \frac{C - x}{H} \qquad (15)$$

Với

$$H = \frac{2.\int_0^i \sqrt{1+(z_w^1)^2}.dx + 2.\int_i^j \sqrt{1+(z_p^1)^2}.dx - l_0}{2.\int_0^i \left(1+(z_w^1)^2\right).dx + 2.\int_i^j \left(1+(z_p^1)^2\right).dx} \qquad (16)$$

Trong đó

$$z_W(x) = A_{1,W}.e^{\alpha_W.x} + A_{2,W}.e^{-\alpha_W.x} - \frac{\beta_W}{\alpha_W^2} \qquad 0 \le x \le i$$

$$z'_W(x) = \alpha_W.\left(A_{1,W}.e^{\alpha_W.x} - A_{2,W}.e^{-\alpha_W.x}\right) \qquad (17)$$

Lực kéo của vải khi gia tải.

$$S(x) = \varepsilon(x)/J = H.\sqrt{1+z'^2(x)} \qquad (18)$$

4. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

4.1 Mô hình thí nghiệm hiện trường

Mô hình tỷ lệ thực 1:1 được xây dựng tọa lạc tại Quốc lộ 60 trên địa bàn xã Tân Thạch huyện Châu Thành tỉnh Bến Tre.

Mô hình được xây dựng với 16 cọc bê tông cốt thép có B.20, chiều dài cọc L = 14m gồm 02 mô đun mỗi mô đun 7m. Vải 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, chiều cao đắp đạt 1,5m.

4.2 Kết quả mô hình thí nghiệm hiện trường

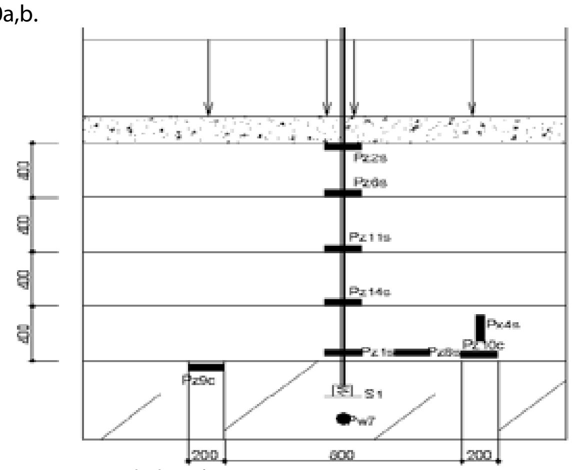
4.2.1 Đo ứng suất phân bố

Nguyên lý làm việc của thiết bị đo, cũng như tính toán giá trị ứng suất tại các đầu đo.

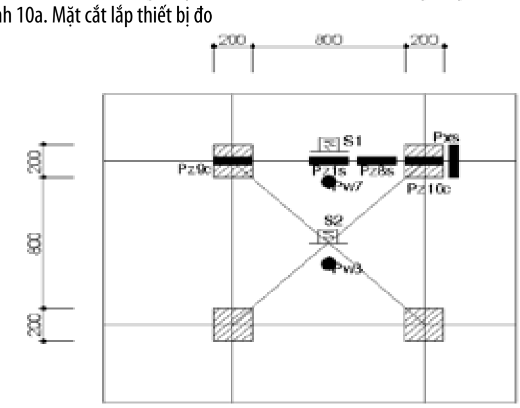
Dưới tác dụng của áp lực, tấm kim loại mỏng biến dạng đàn hồi, làm thay đổi điện trở của cảm biến dán dính trên tấm kim loại. Từ sự biến đổi điện trở của cảm biến, cường độ dòng điện qua cảm biến cũng thay đổi. Bằng thiết bị đo, có thể ghi nhận sự biến đổi của dòng điện theo từng áp lực tác dụng lên tấm mỏng.

Vật liệu dùng chế tạo cảm biến là vật liệu dẫn điện, có quan hệ giữa biến dạng và điện trở biểu hiện qua tỷ số giữa biến thiên tương đối của điện trở với biến thiên tương đối của chiều dài cảm biến gọi là hệ số cảm biến.

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



Hình 10a. Mặt cắt lắp thiết bị đo



Hình 10b. Mặt bằng lắp thiết bị đo

Các đầu đo ứng suất trong mô hình thí nghiệm được đặt tại các vị trí nhằm thu thặp các giá trị ứng suất tại các điểm để phân tích ảnh hưởng của hiệu ứng vòm trong giải pháp thiết kế xử lý nền này. Các thiết bị được đặt trên tấm đệm phẳng nhằm tránh lệch thiết bị trong quá trình thí nghiệm.

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 đặt trên đầu cọc nhưng dưới lớp vải địa kỹ thuật

Ps1 là đầu đo ứng suất đặt giữa 02 cọc nhưng trên lớp vải địa kỹ thuật

Ps4 là đầu đo ứng suất đặt trên đầu cọc đo ứng suất đứng theo phương ngang

Ps8 là đầu đo ứng suất đặt cách cọc ¼ khoảng cách cọc nhưng trên lớp vải địa kỹ thuật

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

Ps14 là đầu đo ứng suất đặt trong lớp cát đắp cách đầu cọc 0.4m theo phương đứng

Ps11 là đầu đo ứng suất đặt trong lớp cát đắp cách đầu cọc 0.8m theo phương đứng

Ps6 là đầu đo ứng suất đặt trong lớp cát đắp cách đầu cọc 1.2m theo phương đứng

Ps2 là đầu đo ứng suất đặt trong lớp cát đắp cách đầu cọc 1.6m theo phương đứng

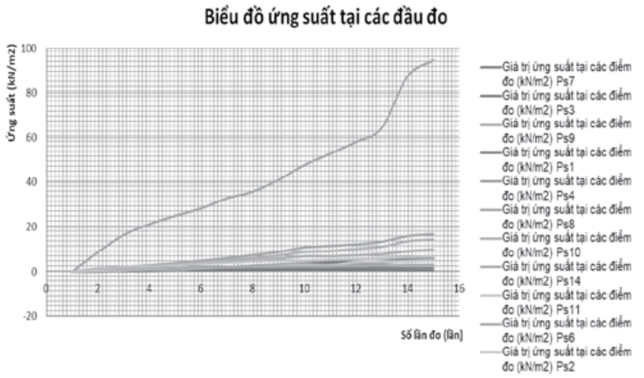
Kết quả đo ở cấp tải trọng ngoài tương ứng 1,5m (đất đắp gia tải 24kN/m^2) được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1 Giá trị ứng suất tại các điểm đo (kN/m^2)

Số lần đo	Ps7	Ps3	Ps9	Ps1	Ps4
1	0	0	0	0	0
2	0.64	0.64	8.749	0.275	0.053
3	0.917	0.353	16.481	0.737	0.488
4	1.009	0.434	21.3	1.109	0.942
5	1.101	0.515	25.046	1.389	0.544
6	1.101	0.557	28.384	1.765	1.598
7	1.194	0.557	32.877	2.143	2.099
8	1.194	0.598	35.862	2.619	2.486
9	1.286	0.724	41.161	3.195	3.02
10	1.658	0.851	47.818	3.678	3.504
11	1.658	0.766	52.909	4.264	3.089
12	1.565	0.682	58.145	4.166	3.364
13	1.751	0.808	64.491	4.657	3.858
14	1.751	0.64	87.57	5.749	5.118
15	1.751	0.557	94.801	5.95	5.273

Ps8	Ps10	Ps14	Ps11	Ps6	Ps2
0	0	0	0	0	0
0.618	1.184	1.485	0.608	1.323	1.519
1.691	1.89	2.09	0.959	1.457	2.08
2.87	2.816	2.804	1.321	1.728	2.367
3.881	3.549	3.318	1.543	1.728	2.954
4.906	4.187	3.629	1.618	1.934	3.557
6.133	5.16	4.361	2.076	2.004	4.098
7.474	6.153	5.101	2.231	2.214	4.653
8.837	7.278	5.958	2.708	2.356	4.975
10.819	8.894	6.934	3.034	2.428	4.894
11.523	9.246	6.934	2.789	2.428	5.302
12.231	10.196	7.373	4.315	2.717	5.633
13.459	11.162	7.925	4.493	2.79	5.968
15.96	13.642	9.154	4.582	3.085	6.479
16.807	14.405	9.834	5.036	3.085	6.565

Giá trị ứng suất đo đươc qua 15 lần đo thông qua các đầu đo được định vị trong mô hình thực nghiệm.



Hình 12. Đường ứng suất tại các thiết bị qua các lần đo

Ứng suất có khuynh hướng tập trung ở đầu đo PS9, trong khi giảm nhiều ở đầu đo PS1. Cho thấy khả năng dịch chuyển ứng suất về nơi có độ cứng thay đổi đáng kể, việc dịch chuyển ứng suất góp phần hình thành nên ảnh hưởng của hiệu ứng cung vòm, tạo nên hiện tượng tập trung ứng suất đầu cọc.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Mô hình thí nghiệm 16 cọc với khoảng cách cọc 1m, chiều cao đắp gia tải khoảng 1,5m. Hệ số tập trung ứng suất đầu cọc khoảng n = 10.84, ứng suất phân bố trên nền đất yếu đạt σs = 5.95 kN/m2 trong khi ứng suất tập trung đầu cọc σc = 64.49 kN/m2.

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 σs = 5.95 kN/m^2 trong khi ứng suất tập trung đầu cọc σc = 14.4 kN/m^2.

Từ 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, bất thấm…

Khoảng cách cọc xử lý nền trong mô hình S = 1.0m, nên hiệu quả tập tung ứng suất đầu cọc là khá lơn. 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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Jonh Wily and Sons, New York Terzaghi, Theoretical Soil Mechanics, 1943.

[2]. H.-G. Kempfert, Lateral spreading in basal reinforced embankments supported by pile-like elements , University Kassel, Germany March 2012.

[3]. British Standard, code of practice of strengthened/ reinforced soils and other fills, chapter 9 BS 8006, 1995.

[4]. Gourge Samir Fahmi Farag, Leateral Spreading in basal reinforced embankments supported by pile - like element, University Kassel, 2008.

[5]. B. Le Hello, B. Chevalier, G. Combe, P. Villard, Coupling finite elements and discrete elements methods, application to reinforced embankment by piles and geosynthetics.

[6]. Châu Ngọc Ẩn, Nền Móng, Nhà xuất bản Đại học quốc gia TP.HCM, (2020).

[7]. D.T. Bergada, J.C. Chai, Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng, 1994.