

Ảnh hưởng hiệu ứng vòm của phương pháp xử lý nền bằng ALiCC tại khu công nghiệp Phú Mỹ - tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu

Effect of arch action in soil improvement by using ALiCC method at Ba Ria - Vung Tau province

> TS VÕ NGUYỄN PHÚ HUÂN¹; NGUYỄN PHẠM BÌNH TIẾN DŨNG²

¹Trưởng bộ môn Kỹ thuật Hạ tầng.

Email: huan.vnp@ou.edu.vn; Tel: 0903386336

² Học viên cao học. Email: dung.qltd.gtvt@gmail.com

Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh

Nghiên cứu được hỗ trợ bởi Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh (Đề tài nghiên cứu mã số T2021.01.1)

TÓM TẮT:

Ở Việt Nam hiện nay, còn khá ít công trình xử lý nền bằng phương pháp sử dụng cọc xi măng đất kết hợp với lớp phủ cứng bề mặt (Arch action Low improvement ratio Cement Column - viết tắt là ALiCC). Tuy nhiên, phương pháp ALiCC đã được sử dụng để xử lý nền cho công trình Cảng SP-PSA nằm dọc theo sông Thị Vải tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Công tác quan trắc hiện trường đã được tiến hành đầy đủ và cẩn thận để rút ra những kết luận được sử dụng như những hướng dẫn, kinh nghiệm cho những công trình tương tự.

Từ khóa: trụ xi măng đất, xử lý nền, hệ số phân bố ứng suất

ABSTRACT:

There are too few study case about Arch action Low improvement ratio Cement Column (ALiCC). ALiCC method has been applied for SP-PSA Terminal along Thị Vải river in Ba Ria - Vung Tau province. Monitoring was carried out during and after the construction. Monitoring data were back analysed to draw conclusions which will be used as past experiences and guide lines for next similar projects.

Keyword: Cement deep mixing, Soil improvement, Arch action

1. Mô tả công trình

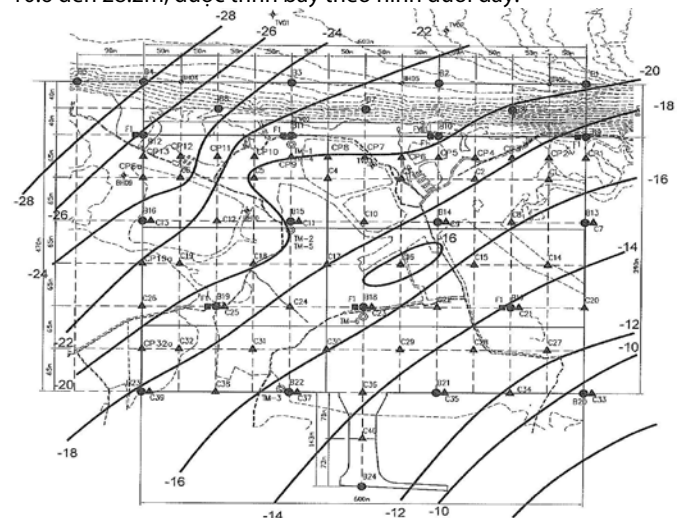
Cảng SP-PSA được xây dựng dọc theo sông Thị Vải. Phần đất trên bờ với diện tích khoảng 540,000 m².



Hình 1. Vị trí xây dựng

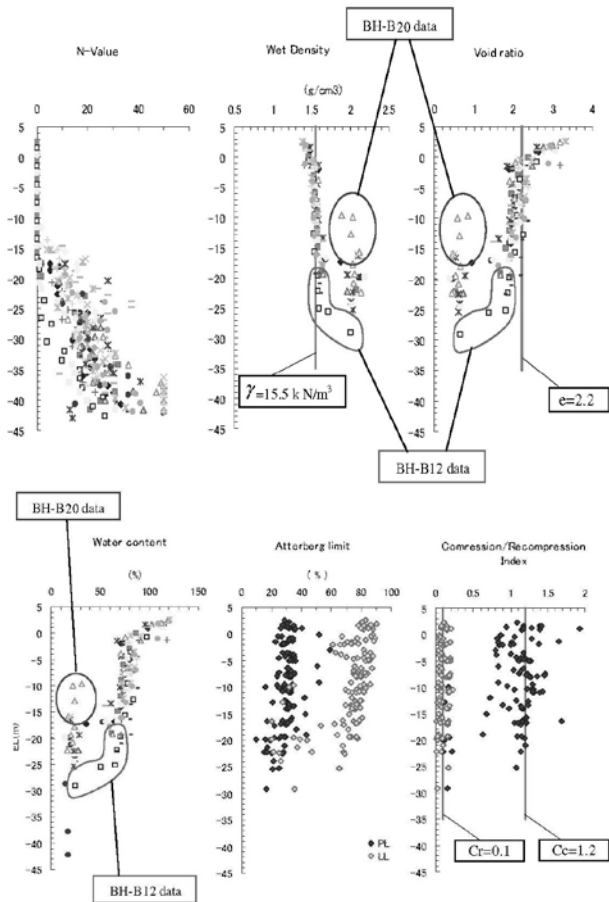
2. Địa chất khu vực

Do nằm gần sông nên khu vực này có lớp bùn yếu khá dày từ 10.6 đến 28.2m, được trình bày theo hình dưới đây:



Hình 2. Bình đồ dày lớp bùn

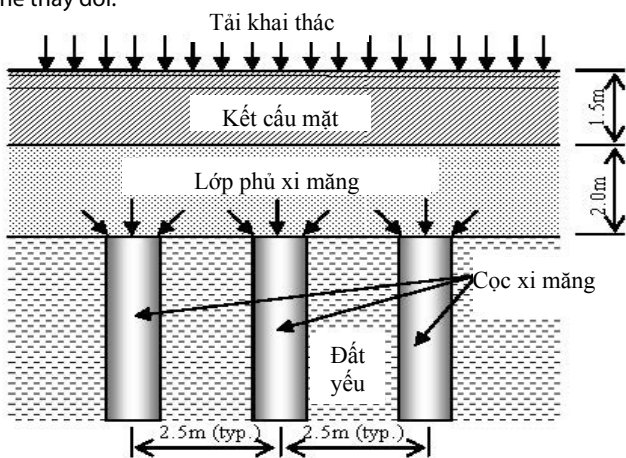
Các chỉ tiêu cơ lý của nền đất được tổng hợp trong các hình sau:



Hình 3. Các chỉ tiêu cơ lý của đất nền

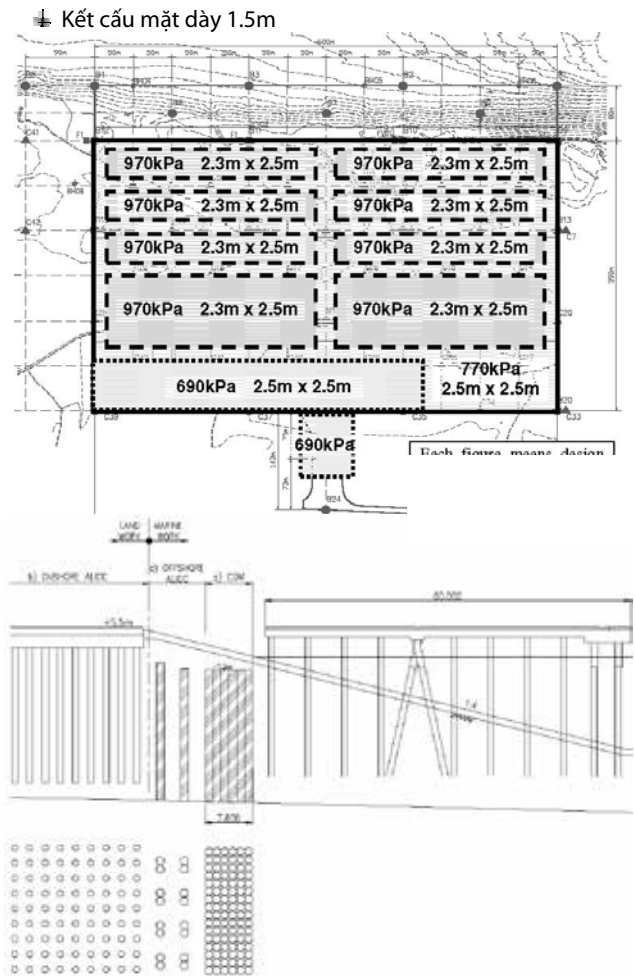
3. Phương pháp ALiCC

Phương pháp ALiCC là phương pháp sử dụng cọc đất trộn xi măng kết hợp với lớp phủ xi măng cứng trên bề mặt. Tùy theo từng công trình mà chiều dài cọc xi măng và bề dày lớp phủ có thể thay đổi.



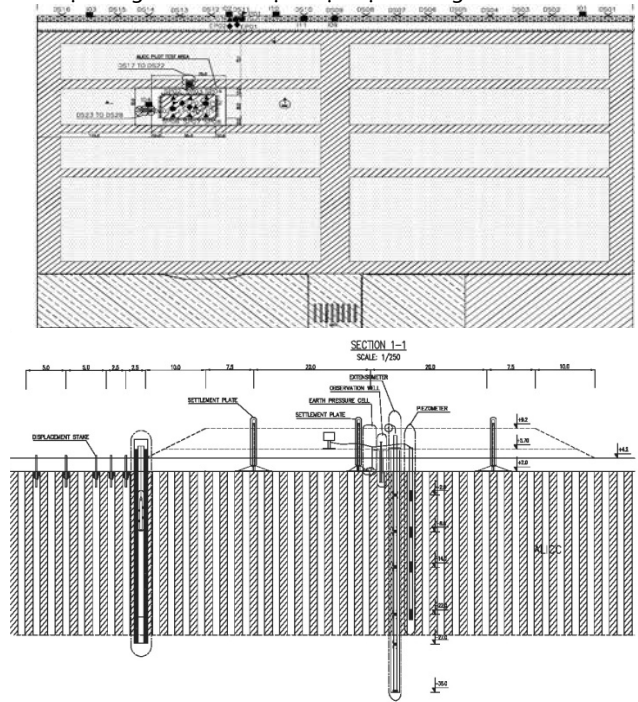
4. Xử lý nền Cảng SP-PSA

- ⚡ Chiều sâu CDM: 22m ÷ 24m
- ⚡ Cường độ CDM thiết kế:
 - Khu A: 970 KPa
 - Khu B: 770 KPa
 - Khu C: 670 KPa
- ⚡ Chiều dày lớp phủ: 2m, cường độ 250 KPa

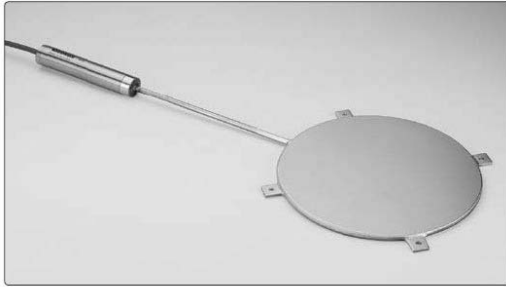


5. Quan trắc tại hiện trường

Mặt bằng bố trí thiết bị đo tại hiện trường



Chi tiết thiết bị đo áp lực đất:



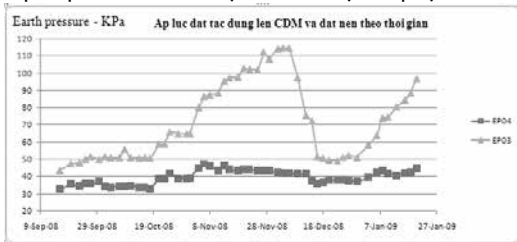
• Model 4800 Earth Pressure Cell.

✓ Earth pressure cell model 4800 gồm 2 tấm thép mỏng hình tròn không gỉ được hàn kín xung quanh và được phân cách với nhau bởi những rãnh hẹp nhỏ chứa chất lỏng. Bên trong lắp 1 bộ cảm biến áp lực và được nối dây để truyền thông số ra ngoài.

✓ Khi áp lực bên trên thay đổi thì áp lực đó sẽ ép 2 tấm thép lại với nhau gây ra sự gia tăng tương ứng của chất lỏng bên trong thiết bị. Các đầu dây được nối vào bộ cảm biến sẽ biến đổi sự thay đổi áp suất lên chất lỏng thành tín hiệu điện để truyền đi đến máy đọc số liệu.

6. Kết quả quan trắc

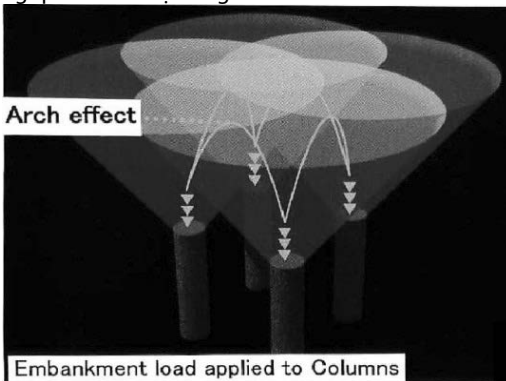
Kết quả quan trắc thu được từ thiết bị đo áp lực đất:



- EP04: earth pressure cell đặt trên đất nền
 - EP03: earth pressure cell đặt trên đầu CDM
- Giá trị lớn nhất đo được trên đầu CDM là 114.7KPa và giá trị lớn nhất tác dụng lên đất nền là 44KPa.

7. Sự phân bố ứng suất và hiệu ứng vòm

Áp lực bên trên truyền xuống được phân chia cho cọc và đất nền xung quanh bởi hiệu ứng vòm.



Hiệu ứng vòm được định nghĩa là sự truyền áp lực từ một phần khối đất bị lún lên khối đất không bị lún (Terzaghi, 1943). Theo McNulty (1965) định nghĩa hiệu ứng vòm là “Sự truyền tải trọng ổn định của một vật liệu có cường độ nhỏ đến vật liệu có cường độ lớn hơn bên cạnh, hình thành từ một hệ thống ứng suất cắt do quá trình truyền tải trọng”.

Có nhiều nghiên cứu trên thế giới để xác định ứng suất tác dụng lên đầu cọc và đất nền xung quanh

➤ Phương pháp của Low et al. (1994)

$$\sigma_s = \alpha\gamma \left\{ \frac{(K_p - 1)(1 - \delta)(s + a)}{2(K_p - 2)} + (1 - \delta)^{K_p - 1} \left[h - \frac{s + a}{2} - \frac{s + a}{2(K_p - 2)} \right] + \alpha q \right\}$$

$$\sigma_p = \frac{(s + a)(\gamma H + q) - \sigma_s s}{a}$$

Trong đó:

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

với ϕ là góc ma sát của vật liệu đắp.

s : khoảng cách giữa 2 cọc.

a : đường kính cọc.

H : chiều cao lớp đắp bên trên.

$$\delta = \frac{a}{s + a}$$

α là hệ số phân bố áp lực đất lên nền đất = 0.8

➤ Phương pháp của Terzaghi (1943)

$$\sigma_s = \sigma_v|_{z=h} = \frac{s\gamma}{2K \tan \phi} \left[1 - \exp \left(-2K \left(\frac{H}{s} \right) \tan \phi \right) \right] + q$$

$$\sigma_p = \frac{(s + a)(\gamma H + q) - \sigma_s s}{a}$$

Trong đó:

K là hằng số kinh nghiệm = 0.7

➤ Theo tiêu chuẩn thiết kế Anh BS8006 (1995) :

$$\sigma_s = \frac{(s + a)\gamma H - \sigma_p a}{s}$$

$$\sigma_p = \sigma_v' \left[\frac{C_c a}{H} \right]^2$$

Trong đó:

$$\sigma_v' = (f_{rs} \gamma H + f_q q)$$

C_c : hệ số tạo vòm tra theo bảng f_q và f_{ms} ; hệ số riêng phần đối với tải trọng ngoài tra theo bảng

Hệ số tập trung ứng suất n là thông số quan trọng để đánh giá mức độ của hiệu ứng vòm và được Han và Gabr (2002) định nghĩa là tỷ số giữa ứng suất thẳng đứng tác dụng vào đầu cọc với ứng suất thẳng đứng tác dụng lên đất nền xung quanh được tính bởi công thức sau:

$$n = \frac{\sigma_p}{\sigma_s}$$

- n : hệ số tập trung ứng suất.
- σ_c : ứng suất tác dụng lên cọc.
- σ_s : ứng suất tác dụng lên đất nền.

Khi n = 1 thì không có hiệu ứng vòm. Giá trị n càng lớn thì mức độ hiệu ứng vòm đất càng lớn. Khi mức độ hiệu ứng vòm nhỏ thì tải trọng bên trên sẽ phân bố đều trên cọc và đất nền.

Điều này sẽ làm chuyển vị tương đối giữa cọc và đất nền (ΔS) lớn sẽ gây ra hiện tượng lún không đều ảnh hưởng đến quá trình khai thác sau này. Tuy nhiên nếu thiết kế để hệ số tập trung ứng suất n quá lớn, hầu hết tải trọng sẽ do cọc gánh chịu thì giá thành xử lý sẽ cao.

8. Phân tích sự phân bố ứng suất bằng phần tử hữu hạn

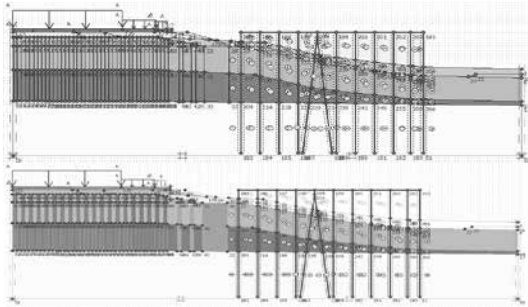
8.1. Mô hình Plaxis 2D V8.5

➤ Thông số đầu vào

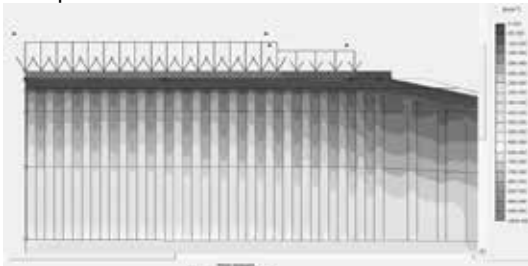
Sử dụng mô hình Soft soil model cho lớp đất yếu và mô hình Mohr Coulomb cho tất cả các phần tử còn lại

	Cát đắp	Bùn sét	CDM xử lý nền	Lớp phủ xi măng	CDM trước bến	Lớp đất tốt	Kết cấu mặt bãi
Mô hình	MC	SSM	MC	MC	MC	MC	MC
γ (KN/m ³)	18	14.7	15.5	22	15.5	19	21
k_x (m/day)	1.73	0.0002	0.00017	0.00017	0.00017	1.73	0.864
k_y (m/day)	0.86	0.00014	0.00086	0.00086	0.00086	0.864	0.864
C_c	-	0.836	-	-	-	-	-
C_r	-	0.045	-	-	-	-	-
λ^*	-	0.109	-	-	-	-	-
κ^*	-	0.012	-	-	-	-	-
e_{init}	0.5	2.35	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
c (KN/m ²)	0.2	4	485	125	175	1	250
φ (độ)	30	22.87	35	35	35	30	45
ψ (độ)	0	-	5	5	5	0	15
E_{ref} (KN/m ²)	14340	-	48500	12500	17500	18400	35000
ν	0.25	-	0.35	0.15	0.35	0.334	0.2

⚡ Mô hình tính toán



⚡ Kết quả tính toán



Có thể thấy có sự chênh lệch về ứng suất trên đầu cọc và trên đất nền.

Giá trị ứng suất trung bình trên đầu cọc là khoảng 290 KPa và giá trị ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 90 KPa

8.2. Mô hình Plaxis 3D Foundation V2.1

Trong mô hình 3D ta chia ra nhiều trường hợp nhỏ để phân tích:

➢ Trường hợp 1: cùng một mô hình ta thay đổi cường độ của CDM theo kết quả tính toán (970KPa) và theo hiện trường (1710KPa) để đánh giá mức độ thay đổi ứng suất.

➢ Trường hợp 2: Mô hình giống như trường hợp 1 nhưng ta sẽ dùng mô hình Hardening Soil cho lớp đất yếu (thay vì dùng mô hình Soft soil creep model cho lớp đất yếu trong trường hợp 1).

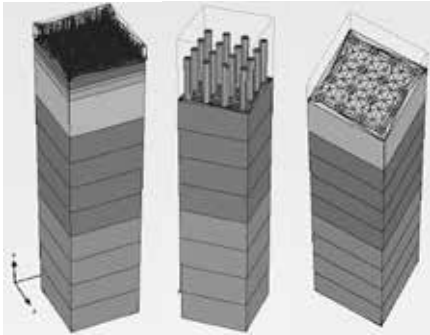
➢ Trường hợp 3: Sử dụng mô hình tương tự trường hợp 1, chỉ khác là không sử dụng lớp phủ xi măng cứng trên bề mặt mà thay vào đó là một lớp cát có bề dày tương đương.

➢ Trường hợp 4: Sử dụng các thông số giống như trường hợp 1 nhưng ta thay đổi khoảng cách bố trí các cọc CDM (thay vì là 2.5m ta sẽ bố trí thành 2m, 1.5m và 3m)

⚡ Thông số đầu vào:

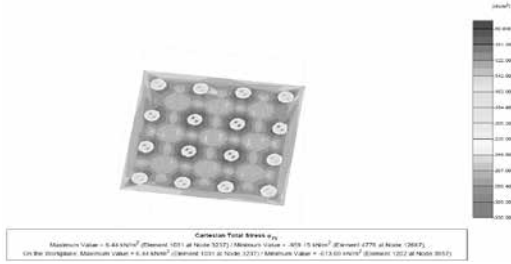
	Cát đắp	Bùn sét	Bùn sét	CDM xử lý nền	Lớp phủ xi măng	Lớp đất tốt	Kết cấu mặt bãi
Mô hình	MC	SSCM	HS	MC	MC	MC	MC
γ (KN/m ³)	18	14.7	14.7	15.5	22	19	21
k_x (m/day)	1.73	0.0002	0.0002	0.00017	0.00001	1.73	0.864
k_y (m/day)	0.864	0.00014	0.00014	$8.64E^{-05}$	$8.64E^{-06}$	0.864	0.864
k_z (m/day)	1.73	0.0002	0.0002	$1.73E^{-04}$	$1.73E^{-05}$	1.73	0.864
C_c	-	0.836	0.836	-	-	-	-
C_s	-	0.045	0.045	-	-	-	-
C_α	-	0.0348	-	-	-	-	-
e_{init}	0.5	2.35	2.35	0.5	0.5	0.5	0.5
λ^*	-	0.113	-	-	-	-	-
κ^*	-	0.012	-	-	-	-	-
μ^*	-	0.0045	-	-	-	-	-
E_{s0}^{ref}	-	-	1105.77	-	-	-	-
E_{oed}^{ref}	-	-	884.62	-	-	-	-
E_{ur}^{ref}	-	-	16000	-	-	-	-
m	-	-	1.0	-	-	-	-
c (KN/m ²)	0.2	4	4	485	125	1	250
φ (độ)	30	22.87	22.87	35	35	30	45
ψ (độ)	0	-	-	5	5	0	15
E_{ref} (KN/m ²)	14340	-	-	48500	12500	18400	35000
ν	0.25	-	-	0.35	0.15	0.334	0.2

📌 Mô hình tính toán



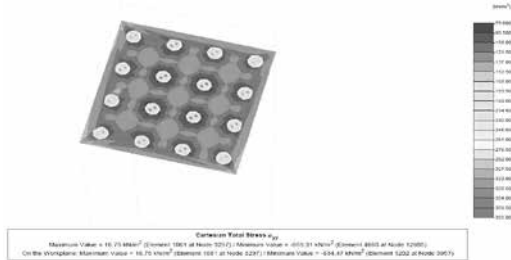
📌 Kết quả tính toán trường hợp 1

- Với CDM cường độ 970 KPa



Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 320 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 125 KPa

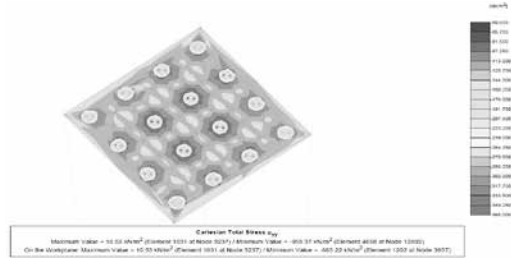
- Với CDM cường độ 1710 KPa



Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 380 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 115 KPa

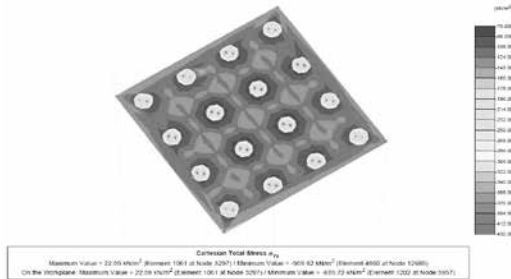
📌 Kết quả tính toán trường hợp 2

- Với CDM cường độ 970 KPa



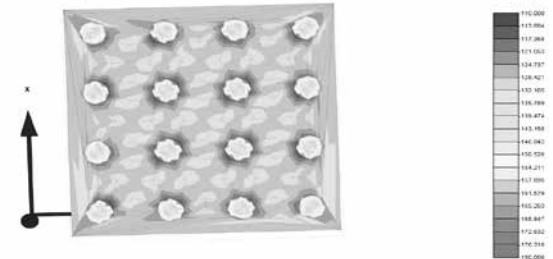
Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 350 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 125 KPa

- Với CDM cường độ 1710 KPa



Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 410 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 120 KPa

📌 Trường hợp 3



Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 175 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 130 KPa.

📌 Trường hợp 4

- Khoảng cách CDM là 2m



Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 270 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 110 KPa.

- Khoảng cách CDM là 1.5m



Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 250 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 105 KPa.

- Khoảng cách CDM là 3m



Ứng suất trung bình tác dụng lên đầu cọc là 330 KPa và ứng suất tác dụng lên đất nền xung quanh là 125 KPa.

8.3. Tổng hợp kết quả

Các trường hợp tính toán		Ứng suất trung bình tại đầu cọc CDM (KN/m ²)	Ứng suất trung bình của đất nền xung quanh (KN/m ²)	Hệ số tập trung ứng suất
Plaxis 2D V8.5		290	90	3.22
Plaxis 3D Foundation V2.1	Trường hợp 1a	320	125	2.56
	Trường hợp 1b	380	115	3.30
	Trường hợp 2a	350	125	2.80
	Trường hợp 2b	410	120	3.42
	Trường hợp 3	175	130	1.35
	Trường hợp 4a	270	110	2.45
	Trường hợp 4b	250	105	2.38
Trường hợp 4c	330	125	2.64	

9. Tổng hợp kết quả và kết luận

9.1. Tổng hợp kết quả

Các kết quả tính toán từ lý thuyết, quan trắc tại hiện trường và mô phỏng từ phần mềm được tổng hợp và thể hiện trong bảng dưới đây:

Các thông số tính toán	Ký hiệu	Đơn vị	Low et al. (1994)	Terzaghi (1943)	Tiêu chuẩn Anh (1995)	(EP03 & EP04)	Theo Plaxis 2D	Theo Plaxis 3D (TH1a)	Theo Plaxis 3D (TH2a)
Tỉ diện tích xử lý	a	%	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
Khoảng cách cọc	s	m	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Đường kính cọc	d	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tải khai thác	q	KPa	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Bề dày lớp xi măng bề mặt	h	m	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Ứng suất tác dụng lên đất nền	σ_{soil}	KPa	72.78	103.6	131	44.0	90	125	125
Ứng suất tác dụng lên cọc	σ_{col}	KPa	276.55	199.5	286.7	114.7	290	320	350
Hệ số tập trung ứng suất	n		3.79	1.93	2.18	2.6	3.22	2.56	2.80

9.2. Kết luận

➤ Ứng suất tác dụng lên đầu cọc theo tính toán từ công thức của Low et al, Terzaghi, tiêu chuẩn BS8006 là tương đương so với kết quả theo mô hình mô phỏng bằng Plaxis.

➤ Ứng suất tác dụng lên cọc và đất nền theo quan trắc bằng Earth pressure cell là khá nhỏ so với tính toán theo công thức của Low et al, Terzaghi, tiêu chuẩn BS8006 và phần mềm Plaxis.

➤ Hệ số tập trung ứng suất theo mô phỏng bằng phần mềm (Plaxis 2D và 3D Foundation) và theo quan trắc là tương đương. Kết quả của các công thức theo Low et al, Terzaghi, tiêu chuẩn BS8006 có kết quả gần với giá trị quan trắc.

➤ Theo như mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D và 3D Foundation (trường hợp 1, 2) thì cường độ của cọc càng lớn thì sự phân bố ứng suất càng rõ ràng (hiệu ứng vòm càng lớn).

➤ Theo như kết quả phần mềm plaxis 3D (trường hợp 2) thì mô hình mô phỏng dành cho lớp đất yếu là Soft Soil Creep model hay Hardening Soil cũng không có sự khác biệt lớn. Vì vậy có thể sử dụng một trong hai mô hình để mô phỏng lớp đất yếu trong tính toán.

➤ Theo như kết quả trong trường hợp 3 khi thay thế lớp xi măng bề mặt bằng cát thì độ lún của công trình tăng lên khoảng 62.5%, hệ số tập trung ứng suất giảm gần 47%. Có sự khác biệt này là do lớp phủ cứng bên trên phân phối áp lực bên trên đều hơn lên các cọc xi măng. Điều này cho thấy khi có lớp phủ xi măng bề mặt (phương pháp ALICC) thì hiệu quả xử lý cao hơn nhiều so với khi không sử dụng.

➤ Theo kết quả trong các trường hợp 4, khi khoảng cách giữa 2 cọc càng nhỏ thì độ lún của công trình càng nhỏ và ứng suất tác dụng lên đất nền và lên cọc cũng nhỏ. Điều này được giải thích là khi mật độ cọc dày hơn thì áp lực bên truyền xuống sẽ phân bố lên

nhiều cọc hơn dẫn đến ứng suất tác dụng lên đầu cọc sẽ nhỏ. Vì vậy tùy theo điều kiện thiết kế yêu cầu mà chọn khoảng cách cọc cho hợp lý; hoặc có thể sử dụng cọc mật độ dày nhưng cường độ cọc xi măng thiết kế nhỏ lại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Minh Tâm (2006) "Ổn định của trụ đất trộn xi măng bên dưới nền đường". Bài giảng Bộ môn Địa cơ - Nền móng, Khoa Kỹ thuật Xây dựng.
- Nguyễn Minh Tâm (2006) "The behavior of DCM columns under highway embankments by finite element analysis". Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy.
- Tiêu chuẩn xây dựng 385:2006 "Giới cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng".
- Coastal development institute of technology (CDIT) (2002) "The Deep Mixing Method: Principle, design and construction".
- D.T.Bergado & Taweephong Suksawat (2009) "Numerical Simulations and Parametric Study of SDCM and DCM Piles under Full Scale Axial and Lateral Loads as well as under Embankment Load".
- P.Jamsawang, D.T.Bergado, P.Voattipruex & W.Cheang "Behavior and 3D Finite Element Simulation of Stiffened Deep Cement Mixing (SDCM) Pile Foundation under Full Scale Loading".
- N.H.Minh & D.T.Bergado (2006) "Numerical Modeling of A Full Scale Reinforced Embankment on Deep Mixing Cement Piles".
- D.T.Bergado, C.Taechakumthorn, G.A.Lorenzo & H.M.Abu-el-Naga (2006) "Stress-Deformation Behavior under Anisotropic Drained Triaxial Consolidation of Cement-Treated Soft Bangkok Clay".
- Stability of Group Column Type Deep Mixing Improved Ground under embankment Loading - Masaki KITAZUME