

Cải tạo đất yếu để xây dựng công trình cảng biển Cái Mép – Thị Vải

(Các vấn đề về công nghệ tiên tiến và kinh nghiệm trong thực tế)

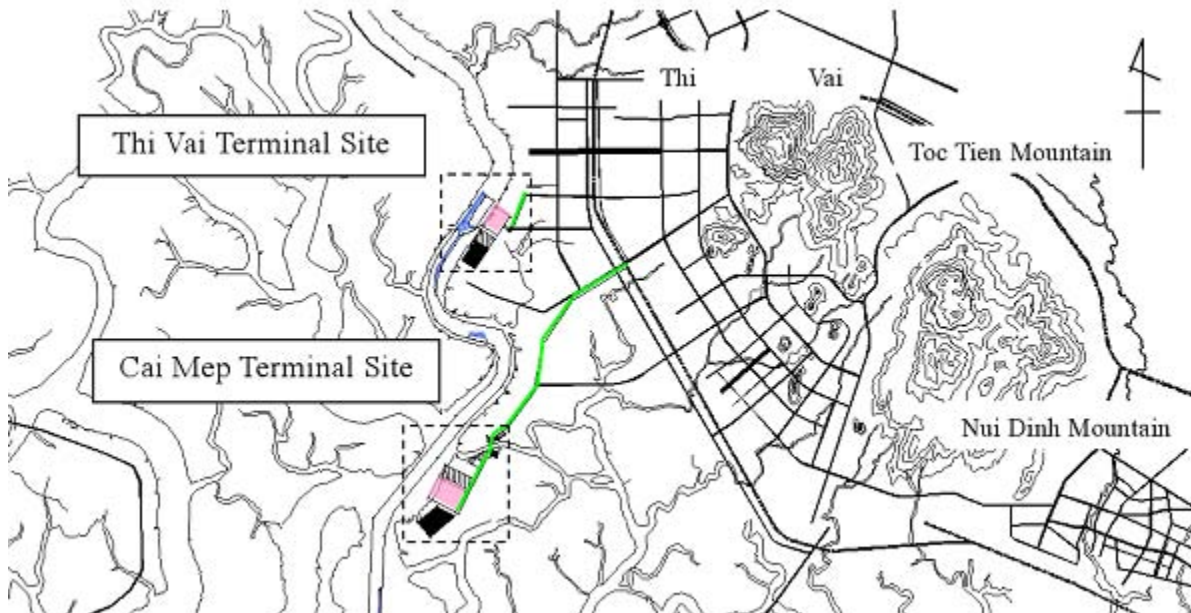
Kiyoshi TSUJI

Cty Tư vấn Cảng Nhật Bản (JAPAN PORT CONSULTANTS, LTD)

Giới thiệu.

Tại Việt Nam, Quy hoạch tổng thể phát triển cảng trên toàn quốc được thành lập vào năm 1999. Trong Kế hoạch tổng thể đã sửa đổi, bổ sung, bến tàu container cho 100.000 DWT tại cảng Cái Mép và bến cho tàu chở hàng 75.000 DWT tại cảng Thị Vải của dự án này đã được quyết định.

Vị trí cảng quốc tế Cái Mép - Thị Vải được thể hiện trong hình 1.1.



Hình 1.1. Bản đồ khu vực dự án

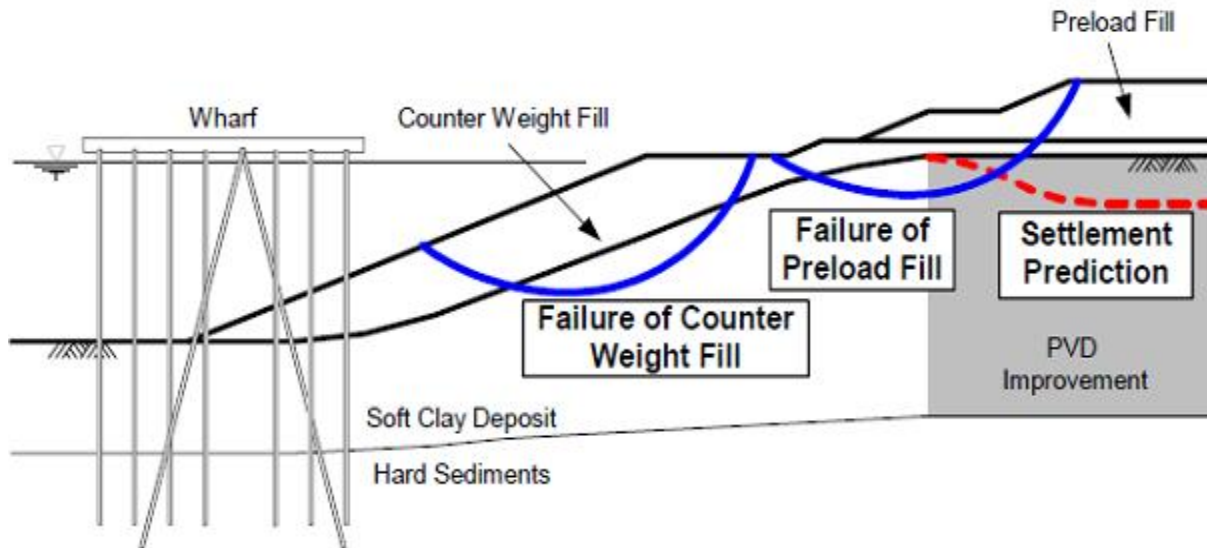
Bài viết này trình bày các phác thảo của công việc cải tiến đất yếu đối với khu vực cảng container tại Dự án cảng quốc tế Cái Mép. Chương 2 trình bày các điều kiện địa kỹ thuật của khu vực. Chương 3 trình bày phương pháp cải tạo đất yếu phổ biến và nâng cao. Chương 4 trình bày đề cương của công việc cải tạo đất yếu ở khu vực cảng

container. Chương 5 trình bày vấn đề và kinh nghiệm trong thực tế. Chương 6 trình bày các bài học kinh nghiệm trong công việc.

1. Điều kiện địa kỹ thuật

1.1 Khảo sát đất

Vấn đề kỹ thuật liên quan đến cải thiện bằng bắc thấm được minh họa trong hình 2.1, trong đó tầm quan trọng của sự ổn định của đất gia tải và tính toán trọng lượng đất đắp được nhấn mạnh để thực hiện cải tạo đất bằng bắc thấm. Mục đích của việc tính toán tải trọng để ngăn cản sự cố trượt của đất gia tải vào sông. Do đó, không thể tránh khỏi việc xác định chính xác sức kháng cắt không thoát nước của đất yếu, cũng như những đặc điểm cố kết của chúng. Việc xem xét này, khảo sát đất được tiến hành để xác định hai điểm của đất yếu.



Hình 2.1 Sơ đồ bản vẽ phạm vi chính của công trình và các vấn đề liên quan đến cải tạo đất bằng bắc thấm

-Sức kháng cắt không thoát nước để phân tích ổn định

-Những đặc điểm cố kết như chỉ số nén, hệ số cố kết và hiệu suất ứng suất cố kết

Khảo sát đất được thực hiện để nghiên cứu đặc tính kỹ thuật của đất yếu trầm tích, bao gồm cả đất lòng sông.

2.2 Tính chất vật lý của đất yếu

Hàm lượng nước rất dày đặt để giới hạn chảy cho tất cả các vùng và cho tất cả các độ sâu. Sự thay đổi tính chất vật lý với độ sâu gần như là giống nhau trong số các lỗ khoan

2.3 Tính chất cơ học của đất yếu

Về sức kháng cắt không thoát nước của đất yếu, FVT, TVT và UCT-1 (tính bằng 0,85) cung cấp gần giống như cùng một sức kháng CDL-15m.

Từ tất cả các kết quả CPTu trong giới hạn của kháng điểm $q_T - \sigma_{v0}$, nó có thể được chỉ ra rằng kháng điểm dọc theo đường bờ biển thì nhỏ hơn những nơi khác. Điều này là khá hợp lý, bởi vì mặt đất dọc theo bờ biển bị xói mòn bởi dòng chảy, do đó, để giải phóng ứng suất quá tải.

Kháng điểm CPTu được chia bởi ba giá trị của N_{KT} , từ 18 đến 22, được so sánh với $0.85s_{u(DST)}$. Kết quả là, nó có thể được kết luận rằng giá trị của N_{KT} cho đất yếu trong vùng là 20

Kết quả của DST-2, sức kháng tăng tỷ lệ trong điều kiện cố kết thông thường được đánh giá là 0,25

2.4 Tính chất cố kết của đất yếu

Để kiến nghị thiết lập mô hình lòng đất để phân tích cố kết, các lớp đất yếu bồi tích được chia thành 10 lớp phụ. Các thông số cố kết của kết quả đại diện này được lập trong bảng 2.1. Cv trung bình trong Bảng 2.1 là $23\text{cm}^2/\text{d}$.

Độ dày của các đất yếu bồi tích thay đổi từ 32m đến 43m theo khảo sát đất thiết kế chi tiết. Mặt khác, độ dày của mô hình là 36.5m.

Hệ số cố kết theo chiều ngang Ch là tham số rất quan trọng để dự đoán lún của đất thiết lập bắc thấm. Tuy nhiên, nó là rất khó khăn để xác định giá trị Ch ngoài hiện trường hoặc kiểm tra trong phòng thí nghiệm. Từ khi xác định nó thường được thực hiện theo kinh nghiệm trong khu vực, chỉ có giá trị của Cv được trình bày trong bài báo này

Bảng 2.1 Các thông số cố kết trong mô hình tính toán

Layer No.	Sample No.	Ho (cm)	σ'_{vo} (kPa)	e_0	σ'_y (kPa)	σ'_b (kPa)	$C_{c(OC)}$	$C_{c(OC)1}$	$C_{c(OC)2}$	C_v (cm ² /d)
1	1	250	6	2.660	29	150	0.25	1.30	0.85	20
2	3	300	20	2.485	38	160	0.25	1.40	1.00	30
3	5	300	37	1.676	78	160	0.25	1.20	0.90	40
4	6	300	45	1.741	98	200	0.20	1.15	0.70	25
5	8	300	63	1.797	118	200	0.30	1.30	1.05	15
6	10	400	81	1.677	132	180	0.40	1.25	1.00	15
7	13	500	108	1.671	136	250	0.25	1.15	0.85	20
8	18	500	151	1.768	211	320	0.30	1.80	1.00	25
9	20	300	167	1.769	240	400	0.40	1.40	1.05	25
10	23	500	186	1.494	300	450	0.35	1.25	0.90	20

3. Phương pháp cải tạo đất yếu

3.1 Tổng hợp phương pháp cải tạo đất

Có nhiều phương pháp ổn định đất có thể được sử dụng để tăng khả năng chịu lực và làm giảm lún đất yếu hay bùn hữu cơ.

Phương pháp ổn định đất có thể được phân loại vào các phương pháp hình học, cơ khí, cấu trúc, vật lý và hóa học, tùy thuộc vào các phương pháp ảnh hưởng đến sự ổn định của đất yếu hoặc giảm lún. Theo sự đất ổn định và phương pháp cải tạo được sử dụng cho nền móng trên đất hạt mịn tại Nhật Bản:

- Trọng lượng đất nhẹ
- Áp lực barms
- Ứng suất thoát nước thẳng đứng
- Ứng suất hút chân không
- Vải địa kỹ thuật và màng địa kỹ thuật
- Sự dịch chuyển đất
- Áp lực đầm chặt và áp lực thay thế
- Cột xi măng (phương pháp trộn khô và ướt)
- Phun vữa
- Cọc cát nén chặt, cọc đá, sỏi, cọc cát
- Kè và cọc giảm lún

Phương pháp cải thiện đất phổ biến nhất là gia tải trong hệ thống với thoát nước dọc, áp lực thay thế do cọc cát nén chặt và cọc xi măng.

Sự lựa chọn tối ưu của việc cải thiện đất và phương pháp ổn định phụ thuộc vào:

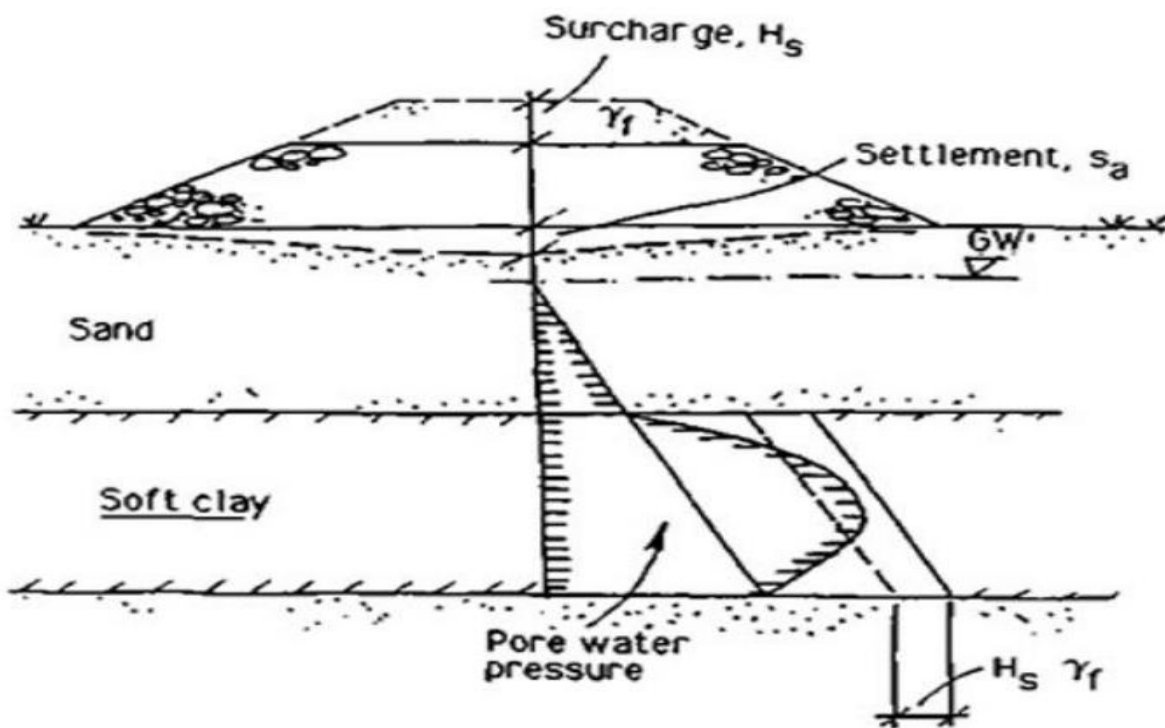
- Yêu cầu cấu trúc (khả năng chịu lực, lún)
- Địa kỹ thuật và điều kiện địa chất thủy văn,
- Nguyên vật liệu có sẵn,
- Hậu cần xem xét (có thể vận chuyển và cơ sở hạ tầng),
- Thời gian lịch trình, và
- Chi phí

3.2 Tổng quan về các phương pháp cải tạo đất yếu phổ biến và nâng cao

Các phương pháp sau đây ổn định đất có khả năng ứng dụng cho các dự án hiện nay và sẽ được thảo luận trong phần sau. Phương pháp gia tải kết hợp với hệ thống thoát nước theo chiều dọc sẽ được thảo luận chi tiết hơn các phương pháp khác.

(1) Gia tải

Gia tải thường là phương pháp tiết kiệm nhất để tăng khả năng chịu lực và giảm lún của quá trình cố kết đất yếu so với các phương pháp cải thiện đất khác. Đất đắp thường được sử dụng cho gia tải. Gia tải đã được sử dụng thành công cho các bể dầu xây dựng trên bùn sét.



Hình 3.1 Phân phối áp lực lỗ rỗng do thêm tải trọng phụ

Tại trọng lượng gia tải của đất đắp tương ứng hoặc vượt quá trọng lượng của cấu trúc tương lai. Đất đắp cần thiết cho gia tải thường thì không được loại bỏ cho đến khi quá trình lún ngừng lại hoặc đã được giảm đủ. Sự phân bố của áp lực nước lỗ rỗng trong đất yếu một thời gian sau khi xây dựng một nền đắp được thể hiện trong hình 3.1. Một phần áp lực nước lỗ rỗng dư thừa gây ra bởi tải trọng áp dụng ($H_s \gamma_f$) đã tiêu tan do để thoát nước cho các lớp cát xung quanh



Hình 3.2 Phương pháp thoát nước bằng cát

Thời gian cần thiết cho quá trình cố kết chính có thể được ước tính từ hệ số cố kết C_v và độ dày của các lớp đất sét khác nhau. Để đẩy nhanh quá trình cố kết, thoát nước dọc, cung cấp các kênh thoát nước nhân tạo, thường được cài đặt trong các lớp đất sét. Trong khi thời gian cần thiết cho một mức độ cố kết nhất định là tỷ lệ thuận với bình phương của con đường thoát nước tối đa, thường là thoát nước mở rộng vào các lớp thoát nước ở trên và bên dưới lớp đất sét và do đó chiều dài thoát nước vượt quá độ dày của lớp đất sét. Nếu chiều dài của con đường thoát nước tối đa giảm do một số nguyên nhân, đất trong mối quan hệ sẽ nhanh chóng cố kết. Do ảnh hưởng của hệ

thống thoát nước, thời gian xây dựng có thể được giảm đáng kể so với phương thức gia tải thông thường.

Vật liệu cho lớp thoát nước thường là cát hoặc bản nhựa, được gọi là “phương pháp thoát nước cát” (hình 3.2) và theo phương pháp bắc thấm (PVD) (hình 3.3) tương ứng



Hình 3.3 Phương pháp thoát nước bằng bắc thấm

Yếu tố chính ảnh hưởng đến thời gian cố kết là khoảng cách của các cống.

Tỷ lệ cố kết có thể được tăng bằng cách tăng tải trọng phụ để tải áp dụng vượt quá của cấu trúc tương lai. Tải trọng phụ thường được gỡ bỏ sau khi 6 đến 12 tháng khi lún tối đa tương ứng với dự đoán lún của cấu trúc đơn mà không cần gia tải. Khoảng cách cần thiết của các cống thường được điều chỉnh bởi tải trọng tối đa nó có thể được áp dụng mà không vượt quá khả năng chịu lực của đất

Điều quan trọng là theo dõi cẩn thận các khu vực lún và tỷ lệ lún với các dấu hiệu bề mặt và đồng hồ đo lún được đặt ở độ sâu khác nhau trong đất sét. Những phép đo này có thể được sử dụng để đánh giá, ví dụ, hiệu quả của các cống và xác định trong từng

giai đoạn tải khi chiều cao của đất đắp có thể được tăng lên hoặc khi đất đắp có thể được gỡ bỏ

(2) Phương pháp cọc cát chặt

Phương pháp cọc cát (phương pháp SCP) đã được sử dụng để cải thiện vùng đất sét yếu như là một phương pháp thay thế trong đó có nhiều cọc cát đầm chặt được xây dựng với một tỷ lệ diện tích thay thế cao như vậy mà hầu như tất cả các đất sét được thay thế bằng các cọc cát đầm chặt.

(3) Cột xi măng



Hình 3.4. Máy CDM cho các công trình biển

Quá trình lún của đất sét rất yếu cũng có thể được giảm với các cột xi măng. Đất sét yếu mềm được trộn tại chỗ theo phương pháp này với xi măng bằng cách sử dụng một công cụ có hình dạng giống như một máy trộn khổng lồ. Phương pháp trộn sâu (CDM), đã được phát triển ở Nhật Bản như thể hiện trong hình 3.4. Xi măng bùn được sử dụng trong phương pháp CDM. Phương pháp này được dự định ban đầu chủ yếu cho các công trình biển lớn, nhưng gần đây, phương pháp này cũng được sử dụng cho công trình đồng bằng.

Phương pháp CDM đã Ví dụ: được áp dụng tại sân bay quốc tế Kansai tại Nhật Bản. Ở phương pháp này lên đến tám trục trộn được đặt trên một xà lan, được sử dụng để trộn vữa xi măng với đất. Các cánh quạt của các đơn vị trộn chồng chéo lên nhau để nâng cao hiệu quả của việc trộn lẫn. Trộn triệt để là yêu cầu đặc biệt là với xi măng. Đường kính của các cột kết quả là 1.0 m đến 2.0 m. Chiều dài tối đa của các cột xi măng là 65 m. Phương pháp này chủ yếu được sử dụng để xây dựng các bến và phá vỡ các vùng biển phù sa và đất sét mềm cũng như cho các đường hầm. Cải tiến lớn đã được báo cáo đặc biệt là với xi măng thậm chí bùn nhão hữu cơ, lên đến 50-100 lần so với cường độ cốt ban đầu.

4. Cải tạo đất yếu tại khu vực cảng

4.1. Kế hoạch cải tạo đất

Công trường, đối diện với sông Thị Vải, có diện tích 600m x 600m, và hoàn toàn bao phủ với một bãi bồi tích đất sét yếu, trong đó độ dày vượt quá 35m. Khu vực xếp container và các tòa nhà chính sẽ được xây dựng trên bãi đất yếu. Cao độ trung bình mặt đất hiện tại là về CDL +3.3m, thấp hơn HWL (CDL 3.97 m), do đó, công việc cải tạo là cần thiết.

Bảng 4.1

Bảng 4.1 Kết quả thiết kế cải thiện đất tại cảng Cái Mép

	Khu vực Container	Đường dẫn	Văn phòng & khác
Đất đắp gia tải	+11.5 m / +10.8 m	+9.6 m	+8.3 m
Tải trong sử dụng	24.5 kN/m ²	9.8 kN/m ²	---
Chiều sải PVD	38.4 m (Avg.)		37.2 m (Avg.)
Khoảng cách PVD	1.5 m (Square)		
Cố kết sơ cấp	3.65 m / 3.14 m	2.96 m	2.71 m
Cố kết thứ cấp	0.54 m per 50 years (after the Open Port)		
Lún dư ^{*1)}	0.36 m / 0.41 m	0.38 m	0.42 m

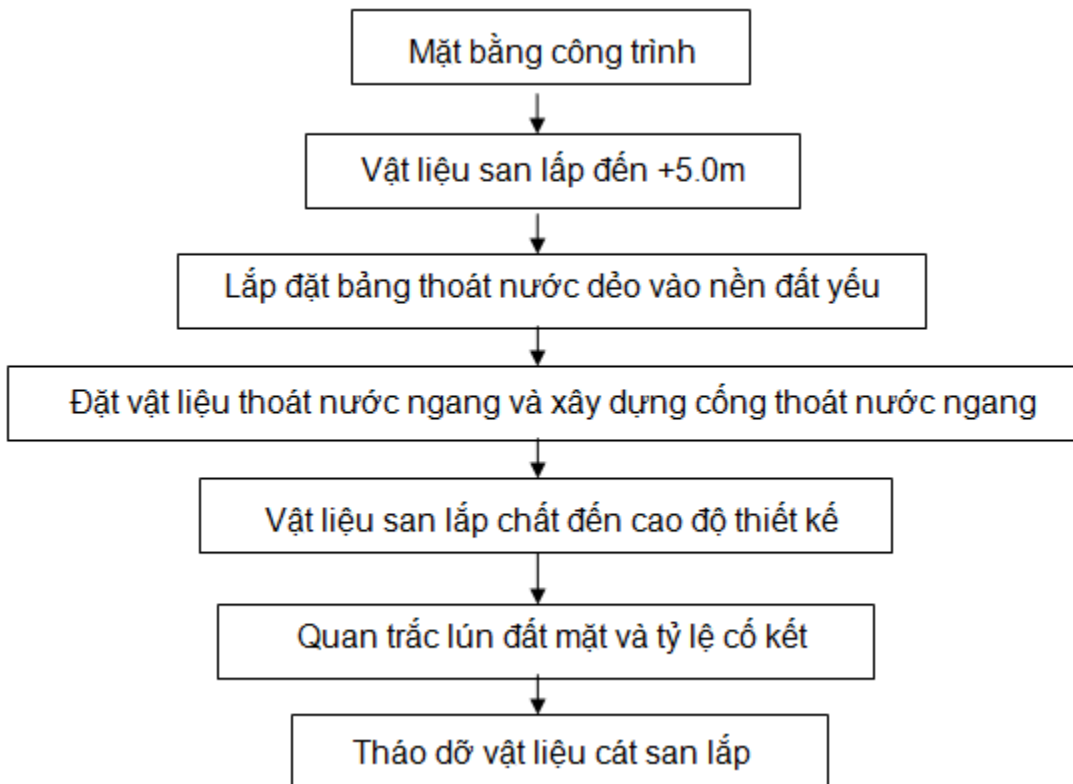
* Lưu ý 1): lún dư cho thấy quá trình lún suốt 20 năm sau khi cảng khánh thành

Quá trình xem xét tiến độ xây dựng và độ lún dư, độ cao hoàn thiện các bãi cọc sau khi hoàn thành của mặt bằng san lấp và cải thiện (CDL 5.4 m) được 40cm cao hơn so với cao độ mục tiêu (CDL 5.0 m) sau 20 năm từ khi cảng khánh thành. Lớp đất sét yếu sẽ

cố kết khi tiếp xúc với tải trọng bổ sung bởi việc cải tạo đất và các hoạt động cảng. Quá trình lún sẽ cao hơn ba mét trong một thời gian dài, và việc lún lớn như vậy sẽ đòi hỏi đầu tư trong việc bảo trì sân bãi và các cơ sở. Để ổn định đất sét yếu, sử dụng rộng rãi bác thấm (PVD) được quy hoạch. Phác thảo kế hoạch cải tạo đất được tóm tắt trong

4.2. Công việc cải tạo đất

Biện pháp thi công cải tạo đất được thể hiện trong hình 4.1.



Hình 4.1a. *Trình tự thi công cải tạo đất*

Các điểm quan trọng nhất của kiểm tra như sau:

- Trước hết kiểm tra và xác nhận cường độ (để gia hạn và thu gọn) và độ thấm của trạm thoát nước,
- Hoàn thiện cấm trạm thoát nước và thi công chất tải phụ
- Quan trắc tiến độ / mức độ cố kết bằng việc đo lún mặt bằng, áp lực nước lỗ rỗng và chuyển động trong đất,

d) Xác nhận khả năng cải tạo bằng cách khoan kiểm tra bằng thiết bị thí nghiệm đất sử dụng các mẫu không phá hoại hoặc kiểm tra hiện trường.



Hình 4.1b. Hiện trường thi công cải tạo đất

4.3 . Kế hoạch quan trắc cải tạo đất

(1) Đối tượng quan trắc

Sự dự đoán về khả năng cải tạo đất được thực hiện theo các mục sau đây:

- a) Quá trình lún cố kết và thời gian cố kết
- b) Độ lún dư và lún thứ cấp
- c) Sự ổn định đất nền và tăng giá trị cường độ của đất yếu cải thiện

(2) Kế hoạch quan trắc

Công cụ quan trắc chính và những thiết bị thể hiện trong **bảng 4.2**

Bảng 4.2. Công cụ quan trắc

Công cụ quan trắc	Chi tiết đo lường
Bàn lún	Lún mặt đất hiện tại
Giãn kế	Lún hoặc trượt tại mỗi độ sâu
Áp kế điện	Áp lực nước lỗ rỗng
Máy đo độ nghiêng	Sự dịch chuyển ngang của độ sâu trong đất
Dấu hiệu dịch chuyển	Sự dịch chuyển ngang tại mặt đất
Ống nước đứng	Mức nước ngầm

(3) Quan trắc đơn vị trọng lượng đất đắp thêm

Vật liệu đất đắp phụ thêm được thu thập từ đồng bằng sông Cửu Long. Vật liệu đất đắp phụ thêm được nén với hàm lượng nước tối ưu. Đơn vị trọng lượng của đất đắp thêm được quan trắc bằng các công cụ pin năng lượng địa cầu (EPC). Kết quả là, đơn vị trọng lượng của đất đắp thêm được đánh giá là khoảng 18kN/m³

(4) Quan trắc lún

Lún của đất nền được quan trắc bằng dụng cụ đo độ giãn và bàn lún. Như trong ví dụ, dữ liệu quan trắc lún bằng công cụ bàn lún được thể hiện trong **hình 4.2**.

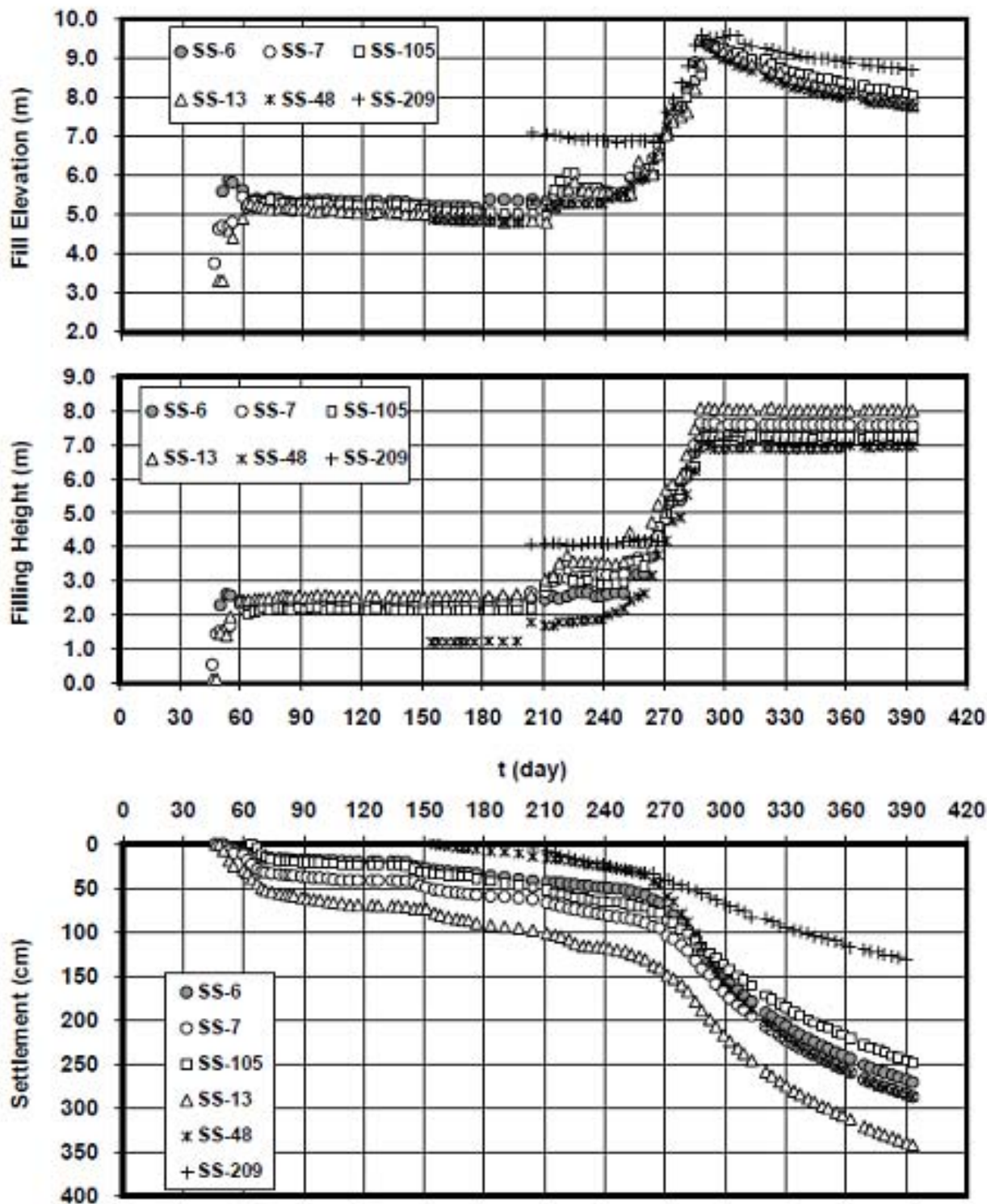
4.4 . Tháo dỡ tải trọng phụ

(1) Độ lún dư tối đa cho phép

Độ lún dư tối đa cho phép sau khi hoàn thành việc thu hồi đất và thi công vỉa hè đến mức thiết kế nằm trong giá trị dưới đây. Độ lún tổng được dự đoán dựa trên các điều kiện sau:

Độ lún dư tối đa cho phép: nhỏ hơn 20% tổng lún (lún cố kết sơ cấp và thứ cấp phát sinh sau 20 năm cảng khánh thành)

LOT - 1



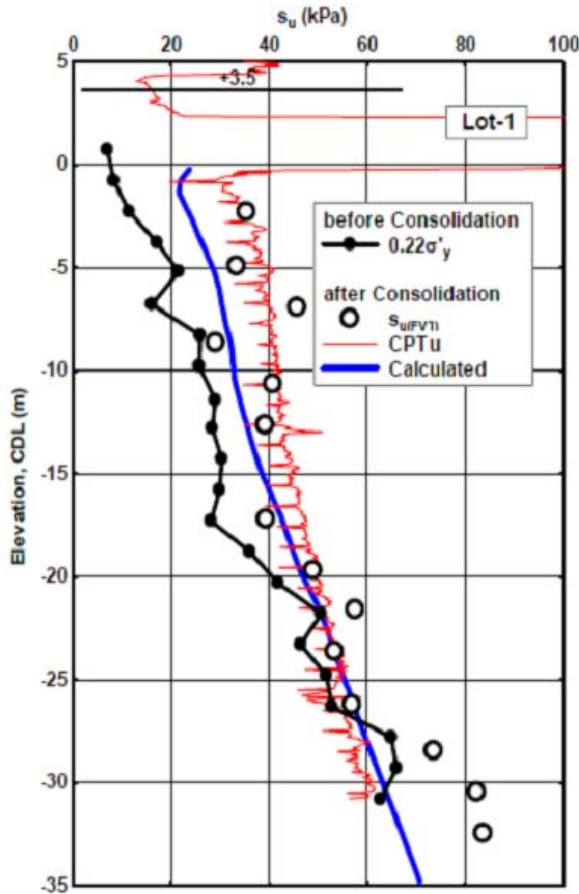
Note: $t = 0$ at 01 January 2009

Hình 4.2 Lún – đường cong thời gian trên Lô 1

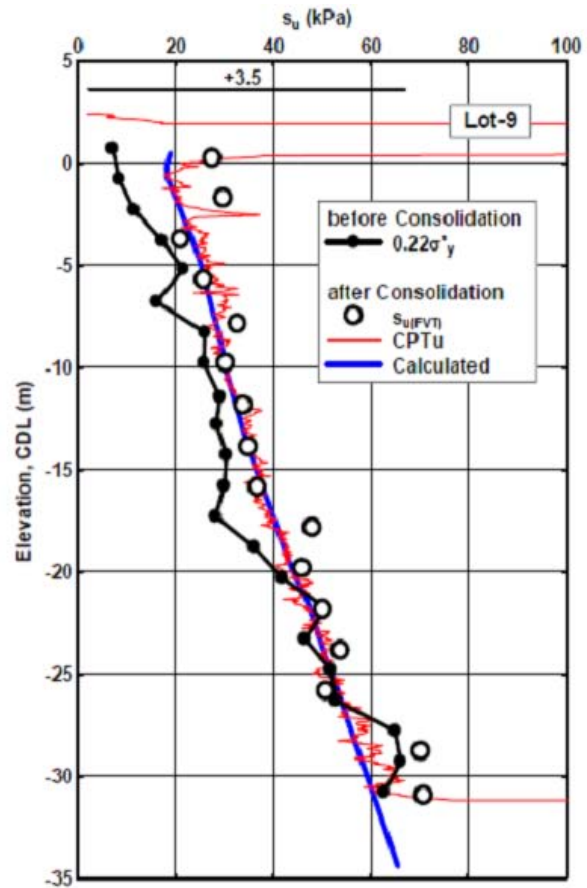
(2) Biện pháp tháo dỡ tải trọng phụ

Ngày tháo dỡ tải trọng phụ được lên kế hoạch dựa trên dữ liệu quan trắc và lý thuyết phân tích và dự đoán. Như đề cập ở trên, độ lún tối đa cho phép nghĩa là tổng lún, bao gồm cả lún sơ cấp và lún thứ cấp. giá trị lún tính toán được tính toán với mực nước ngầm và các thông số đất.

(3) Kiểm tra khả năng cải tạo đất



Hình 4.3a. Lô 1



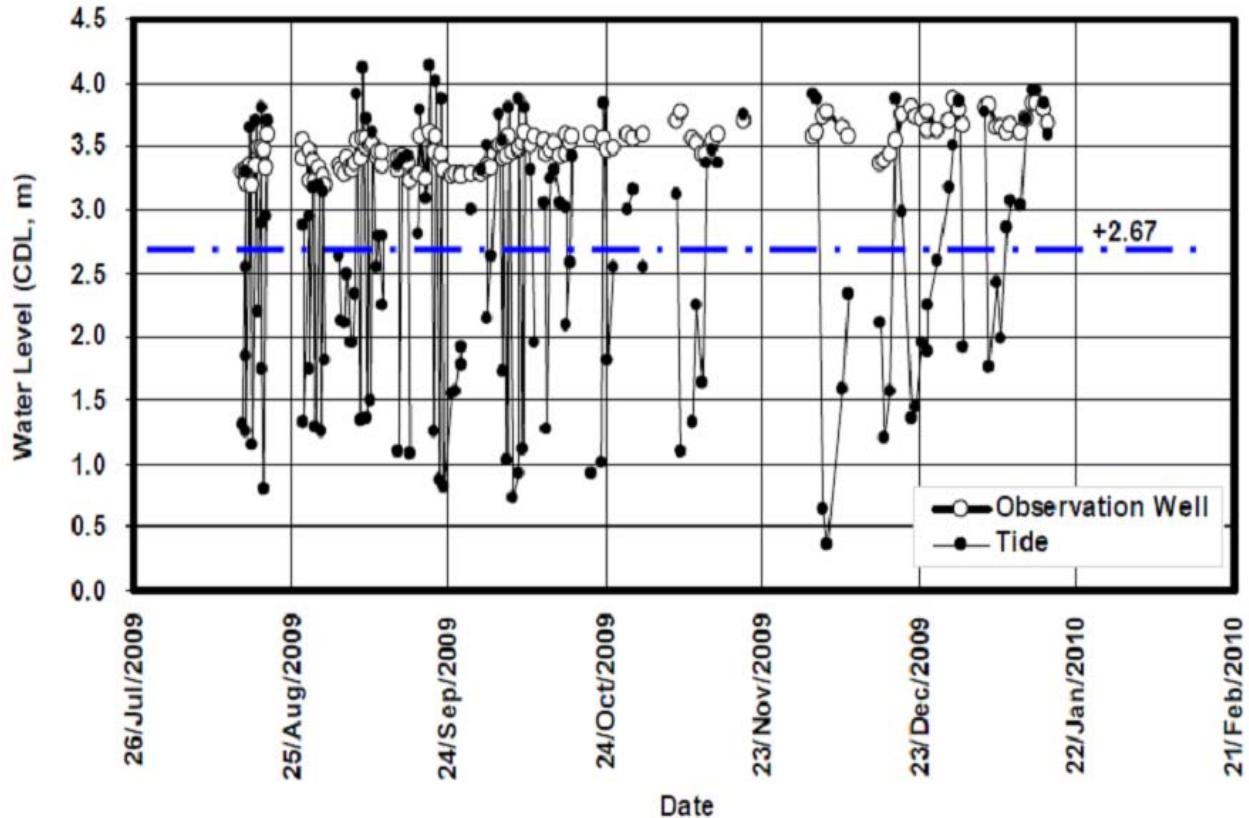
Hình 4.3b. Lô 2

Để kiểm tra sự gia tăng sức kháng cắt của lớp đất sét do sự cố kết dưới đất đắp và tải trọng thêm, nhà thầu phải thực hiện các thí nghiệm cắt, chẳng hạn như thực hiện CPTu và FVT. Ví dụ, phân phối sức kháng cắt được thể hiện trong hình 4.3

5. Những vấn đề và kinh nghiệm thực tế

5.1 Dự đoán mực nước ngầm

Mức nước ngầm tương lai trong đất là thông số quan trọng trong việc đánh giá cố kết trong công việc cải tạo đất bằng phương pháp gia tải. Trong thiết kế ban đầu mức nước ngầm trong tương lai được giả định là $CDL+2.67m$. Khi dự án tiến hành, nó đã được thể hiện rõ ràng là giả định này không đúng thực tế như **hình 5.1**. Sau đó để dự đoán mức nước ngầm trong tương lai, việc phân tích dòng thấm chảy được thực hiện.



Hình 5.1 Sự thay đổi mực nước

(1) Sự cần thiết dự đoán mức nước ngầm trong tương lai

Để có quyết định hợp lý tải trọng phụ là một trong những yếu tố quan trọng để xem xét. Điều quan trọng là quan tâm mức nước ngầm trong thời gian chất tải phụ và thời gian hoạt động trong tương lai gây ra việc thiếu áp lực hữu hiệu cho quá trình cố kết. Trong trường hợp có sự khác biệt giữa mức nước ngầm dự tính theo thiết kế và điều kiện khảo sát công trường được phát hiện là đáng báo động, nó được coi là cần thiết để xem xét và thay đổi lịch trình chất tải và chiều cao đắp. Ngoài ra trong trường hợp mức nước ngầm hạ thấp đáng kể trong tương lai, nó sẽ gây ra lún dư lớn trong giai đoạn hoạt động hơn so với dự tính bởi vì không có đủ tải trọng bằng đất đắp tải phụ trong suốt quá trình xây dựng, nếu không thay đổi việc chất tải sẽ được thực hiện. Vì vậy việc

phân tích và dự đoán mực nước ngầm trong tương lai để có một điều kiện thích hợp của quá trình cố kết trong giai đoạn thi công.

(2) Dự đoán mực nước ngầm

Như kết quả của nghiên cứu này, chúng tôi kiến nghị rằng mực nước ngầm được xác định theo khoảng cách từ phía trước sông và mực nước ngầm thấp nhất theo mùa để ước tính giá trị lún tương lai. Mực nước ngầm trong phân tích lún được thể hiện trong **bảng 5.1**

Bảng 5.1 Mực nước dưới đất trong phân tích lún

Nhóm(LOT) số	Mực nước (CDL)
1, 2, 3, 4	+3.75m
5, 6, 7, 8	+3.95m
9, 10	+3.85m
11	+3.90m
12	+3.85m
13, 14, 15	+3.55m
16	+3.40m
17	+3.35m

6. Kết luận

Tại thời điểm này, công tác cải tạo đất của khu vực cảng Cái Mép gần kết thúc. Chúng tôi đã cải tạo đất bằng bắc thăm theo phương pháp gia tải tiến hành trong đất sét yếu có độ dày từ 32m đến 43m.

Để đáp ứng tiến độ xây dựng công trình, chúng tôi đã tiến hành điều chỉnh liên kết bắc thăm và chiều cao chất tải với sự trợ giúp của dữ liệu khảo sát đất, dữ liệu quan trắc và các số liệu phân tích.

Như cát dưới sông Cửu Long được sử dụng cải tạo và đất đắp gia tải là hạt mịn. Khi cải tạo và nền đắp được thi công bằng phương pháp thủy lực, mực nước ngầm cao hơn và phải mất thời gian dài để giảm xuống.

Trong mùa khô, vùng cải tạo nguyên dạng như khu vực cảng Cái Mép, lún đất nền sẽ diễn ra do mực nước ngầm.

Khi dùng bác thấm bằng phương pháp gia tải được áp dụng để cải tạo đất yếu dưới việc cải tạo vùng đất trên biển và sông, điều quan trọng là để dự đoán sự thay đổi mực nước ngầm một cách thích hợp

Tài liệu tham khảo

- 1) Japan International Cooperation Agency; Cai Mep – Thi Vai International Terminal Detailed Design Report (Final Report), 2006.2.
- 2) Port and Airport Research Institute, and Resonator International AB; Final Review Report Detailed Design of Soil Improvement in Cai Mep – Thi Vai International Port Construction Project, 2007.1.
- 3) Toa-Toyo Joint Venture; Report of soil investigation, 2009.2.
- 4) Toa-Toyo Joint Venture; Report of Seepage Flow Analysis and Proposal of Future Water Level in the Ground, 2010.2.