

DỰ ĐOÁN ỨNG XỬ TRẦM TÍCH THAN Bùn TRONG QUÁ TRÌNH CỐ KẾT CHÂN KHÔNG CÓ KẾT HỢP GIA TẢI CÁT ĐẤP

PREDICTING CONSOLIDATION BEHAVIOR OF PEATY DEPOSIT DURING VACUUM-EMBANKMENT PRELOADING

Trần Tuấn Anh

Bộ Môn Địa Cơ – Nền Móng, Khoa Xây Dựng, Đại học Bách khoa, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

BẢN TÓM TẮT

Công nghệ bơm hút chân không đã và đang được áp dụng rộng rãi thành công trên thế giới. Do đó việc tính toán dự đoán trước ứng xử cố kết của nền trầm tích yếu trước khi tiến hành gia tải, theo phương pháp này, sẽ đóng một vai trò quan trọng trong thực tế xây dựng. Vì vậy bài báo đề xuất một phương pháp dự đoán ứng xử của nền đất yếu, dựa trên tính toán phần tử hữu hạn, cho công nghệ gia tải vừa đề cập; trong đó, chỉ những thông số đầu vào cơ bản từ thí nghiệm trong phòng và hiện trường được yêu cầu. Phương pháp đề nghị đã áp dụng cho công trình bơm hút chân không, có kết hợp gia tải cát đắp, ở ngoại ô thành phố Kushiro, đảo Hokkaido, Nhật Bản và đã cho những kết quả tốt, có tính khả thi.

ABSTRACT

Vacuum preloading has been widely applied on the world. Therefore, a prediction of consolidation behavior of a soft deposit before conducting vacuum preloading will play a crucial role in construction reality. By this reason, this paper proposed a predicting method, based on finite element calculation, for behavior of soft ground under vacuum preloading, in which only simple input data from laboratory and in-situ tests are required. The proposed method was applied on an embankment in the suburb of Kushiro city, Hokkaido, Japan, and showed a good applicability.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, công nghệ gia tải đất yếu đã đạt được những tiến bộ rất đáng chú ý, và một trong những phương pháp gia tải hiệu quả nhất là kết hợp hút chân không với gia tải đất đắp. Để tiện trong việc gọi tên, tác giả tạm thời gọi tên phương pháp này là “Cố kết chân không kết hợp gia tải” trong bài báo này.

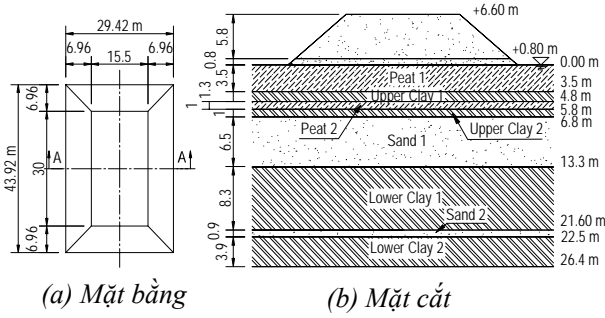
Bởi tầm quan trọng của việc ước lượng thời gian và chi phí, việc dự đoán chuyển vị và áp lực nước lỗ rỗng thặng dư theo thời gian trong quá trình cố kết, bởi phương pháp này, là rất cần thiết. Tuy vậy, dường như không có nhiều các bài báo liên quan đến việc dự đoán ứng xử cố kết trầm tích yếu trong quá trình “Cố kết chân không kết hợp gia tải”. Vì vậy, một phương pháp dự đoán cố kết, dựa trên tính toán phần tử hữu hạn, đã được đề nghị trong bài báo. Trong đó, chỉ những thông số thí nghiệm đầu vào cơ bản từ

trong phòng và hiện trường được yêu cầu. Để thẩm tra tính khả thi, phương pháp đã được áp dụng cho công trình bơm hút chân không, có kết hợp gia tải cát, ở ngoại ô thành phố Kushiro, đảo Hokkaido, Nhật Bản.

2. NỀN CÁT ĐẤP VÀ MẶT CÁT ĐỊA CHẤT.

Mặt cát địa chất của nền đất yếu và kích thước của nền cát phụ tải (43.92m×29.42m), được thể hiện trong hình 1.

Tại hai điểm ở đáy lớp đệm cát, một tại trục đối xứng và một cách trục đối xứng 7.75 m, và tại nhiều điểm trong phạm vi từ 1.4 m đến 76.5 m tính từ mép của tầng cát phụ tải, các quan trắc độ lún bề mặt đã được tiến hành. Đối với chuyển vị ngang, dọc theo trục thẳng đứng cách mép lớp đệm cát 1m, các thiết bị quan trắc chuyển vị đã được cài đặt.



(a) Mặt bằng

(b) Mặt cắt

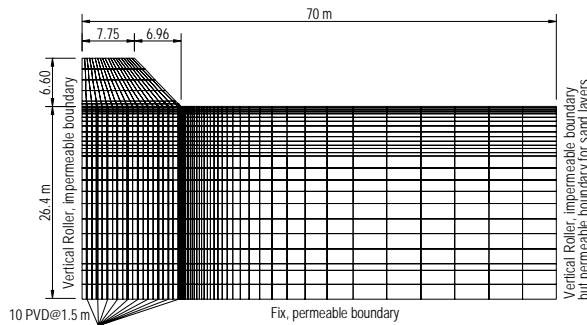
H.1 Nền cát phụ tải và mặt cắt địa chất

Ngoài ra, dọc theo trục đối xứng của tầng cát phụ tải, sự biến đổi của áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư tại giữa các lớp đất cũng được quan trắc.

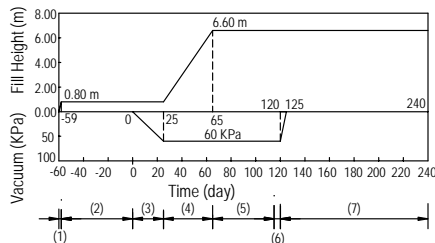
3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

3.1 Mô hình hóa nền đất:

Trong nghiên cứu này, điều kiện biên dạng phẳng đã được giả thiết; các điều kiện biên tổng quát cũng như lưới phần tử hữu hạn 2 chiều của một nửa mặt cắt, bởi sự đối xứng của hệ thống gia tải, có thể thấy trên hình 2.



H. 2 Lưới phần tử hữu hạn



- (1) Add sand mat
- (2) Consolidation by Sand mat
- (3) Pump Vacuum
- (4) Fill Loading under Vacuum
- (5) Vacuum-Embankment Consolidation
- (6) Release Vacuum
- (7) After releasing vacuum

H.3 Hồ sơ quá trình gia tải

Những tính toán thực tế về sự biến đổi của chuyển vị và áp lực lỗ rỗng theo thời gian, trong

nền sét và than bùn chịu sự gia tải theo lộ trình, yêu cầu việc sử dụng những tính toán số với những mô hình đất đáng tin cậy có khả năng tính toán được quá trình cố kết của nền đất. Do đó, mô hình Cam-clay cải tiến (trong đó sự tính toán sức bền và tính nén được dựa trên bộ khung lý thuyết “Đàn-dẻo-hóa cứng”, và chỉ yêu cầu số lượng thông số đầu vào vừa phải) đã được sử dụng cho lớp sét và than bùn trong nghiên cứu này. Đối với các lớp cát, tầng cát phụ tải, lớp đệm cát, do thông số thí nghiệm thu được từ hiện trường không nhiều nên mô hình đàn hồi tuyến tính đã được sử dụng cho các lớp này.

Về quá trình gia tải nền cát đắp, sự mô phỏng đã được tiến hành bởi chồng từng lớp phần tử của tầng phụ tải này theo thời gian đồng thời với việc tiến hành tăng trọng lượng riêng của chúng theo thời gian. Để mô phỏng quá trình hút chân không, áp lực lỗ rỗng thẳng dư âm đã được tăng dần theo thời gian tại đáy của lớp đệm cát, nơi được phủ lớp màng kín khí ngoài hiện trường.

Nhìn chung, quá trình gia tải được thể hiện cụ thể trên hình 3.

Về mô phỏng bắc thấm trong mỗi lớp đất, phần tử bắc thấm được gán cùng mô hình đất với những thông số cùng giá trị với mỗi lớp đất tương ứng, nhưng riêng hệ số thấm được gán 8.64 m/ngày (giá trị này được tính toán quy đổi từ lưu lượng tháo thực tế của bắc thấm đã dùng ngoài hiện trường). Ở hiện trường, các bắc thấm đã được đóng theo lưới vuông cạnh 80 cm, nhưng trong nghiên cứu này, để chuyển đổi sự tháo nước đối xứng trục của bắc thấm sang quá trình tháo nước phẳng 2 chiều biểu kiến, phương pháp Shinsha [4] đã được sử dụng. Để tiện lợi cho việc tạo lưới phần tử hữu hạn, khoảng cách tương đương giữa hai phần tử thấm, dựa theo phương pháp Shinsha, đã được chọn là 1.5 m. Và để tiện cho người đọc, các đặc trưng của các lớp đất cũng như các mô hình đất tương ứng đã được tóm tắt trong Bảng 1.

3.2 Lựa chọn thông số đầu vào:

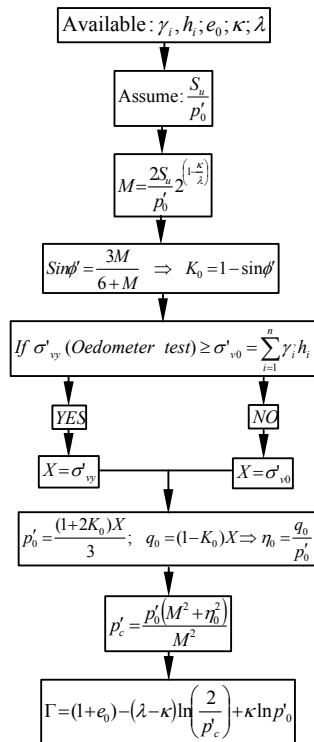
Bởi chi phí lớn và thời gian, những thí nghiệm 3 trục đã không được tiến hành cho công trình gia tải này, và nhìn chung, chỉ có các thí nghiệm Oedometer test, thí nghiệm nén một trục, thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT được tiến hành. Vì vậy, hệ số thấm k , chỉ số nén λ đã được lấy từ thí nghiệm Oedometer test; chỉ số nở κ

Bảng 1. Thông số đầu vào

Layer	e_0	γ KN/m ³	λ	κ	S_u/p'_0	M	$\sin\phi'$	K'_0 ($1 - \sin\phi'$)	p'_0 (mid)	p'_c (mid)	Γ	k (m/day)	E KN/m ²	Model
Fill		17.7										8.64E+00	28000	Elastic
Sandmat		17.7										8.64E+00	14000	Elastic
Peat1	13.1	10.3	2.86	0.57	0.5	1.74	0.7	0.32	0.5	12.3	17.9	4.39E-03		MC
UClay1	2.1	14.7	0.28	0.06	0.35	1.21	0.5	0.50	3.3	64.8	3.9	8.79E-04		MC
Peat2	8.6	10.3	1.63	0.33	0.4	1.39	0.6	0.44	5.2	26.6	13.5	3.08E-03		MC
UClay2	2.0	14.7	0.28	0.06	0.3	1.03	0.4	0.56	7.8	67.4	3.9	8.35E-04		MC
Sand1		16.7						0.50				7.59E+00	14000	Elastic
LClay1	2.2	14.7	0.36	0.07	0.3	1.05	0.4	0.55	55.1	65 to 104	4.6	2.42E-04		MC
Sand2		16.7						0.50				7.59E-02	5600	Elastic
LClay2	2.2	14.7	0.39	0.08	0.25	0.87	0.4	0.62	85.6	200.5	5.0	7.03E-05		MC

của các lớp than bùn và sét đã được giả thiết bằng $\lambda/5$; mô đun đàn hồi của các lớp cát, lớp đệm cát, tầng cát phụ tải đã được xác định từ số búa N của thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT.

Đối với các thông số đầu vào còn lại được yêu cầu cho mô hình Cam-clay, một lưu đồ nội suy bán thí nghiệm đã được đề nghị, xem hình 4. Trong đó, dựa trên những kinh nghiệm từ các thí nghiệm nhiều năm về tính chất đất khu vực Kushiro, tỷ số sức bền không thoát nước S_u/p'_0 đã được giả thiết cho các lớp sét và than bùn. Bên cạnh đó, dựa trên lý thuyết đàn hồi, tỷ số Poisson đã được đánh giá bởi $\nu = K_0/(1+K_0)$, ở đây K_0 được lấy từ lưu đồ trên. Đối với tầng cát đắp, lớp đệm cát, và các lớp cát, K_0 đã được ước lượng bởi công thức Jaky: $K_0 = 1 - \sin\phi'$ trong đó góc ma sát trong hiệu quả đã được giả thiết theo



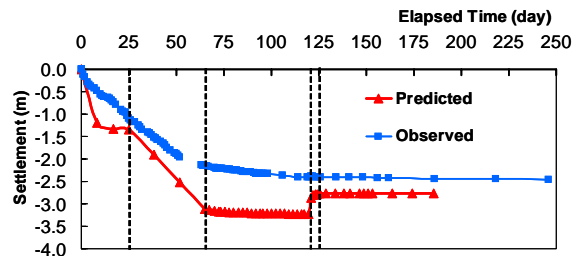
H.4 Lưu đồ nội suy thông số đầu vào

kinh nghiệm.

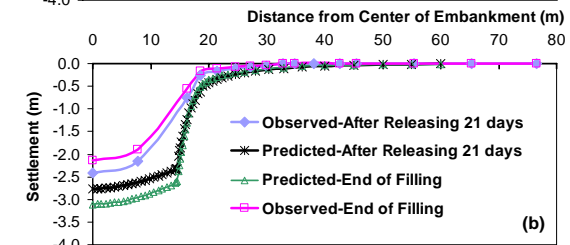
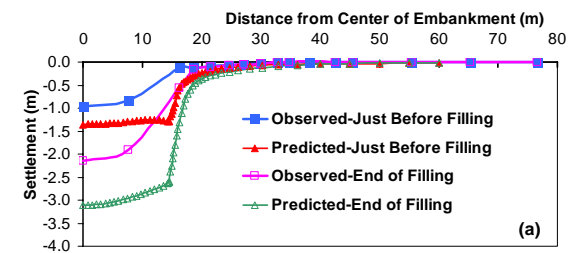
4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1 Chuyển vị - dự đoán và quan trắc

4.1.1 Độ lún



H.5 Độ lún bề mặt tại tâm đối xứng theo thời gian



H.6. Độ lún quan trắc và dự đoán tại bề mặt

Nhìn chung, trong hình 5, từ ngày 25 đến ngày 120 sự khác biệt giữa độ lún bề mặt tính toán và giá trị quan trắc tăng dần theo thời gian. Bên cạnh đó, sau khi áp lực chân không đã được giải phóng, kết quả tính toán cho thấy một sự giãn nở (hay phục hồi) trở lại của độ lún bề mặt, tuy nhiên kết quả quan trắc không cho thấy hiện tượng này. Nguyên nhân của hiện tượng này, có

thể chỉ số nở κ của các lớp than bùn và sét đã được giả thiết khoảng $\lambda/5$, đặc biệt tại các lớp gần bề mặt đất, có lẽ hơi cao so với tỷ lệ thực tế. Hasegawa ở Đại học Hokkaido, Nhật Bản, và các cộng sự sau đó đã tiến hành thí nghiệm xác định tỷ số này cho một công trình gia tải khác nhưng vẫn nằm trong khu vực Kushiro, đã báo cáo sau đó rằng, nhìn chung, tỷ số κ/λ khoảng 1/16 cho sét than bùn và xấp xỉ 1/10 cho đất sét.

Vấn đề liên quan đến độ lún, hình 6a đã chỉ ra rằng giá trị độ lún dự đoán tại thời điểm trước khi gia tải cát đắp khá khớp với giá trị quan trắc. Tuy vậy, tại thời điểm vừa hoàn tất quá trình gia tải cát đắp, giá trị độ lún dự đoán đã lớn hơn đáng kể so với giá trị quan trắc. Để thấy rõ hơn, sự phình độ lún bề mặt sau khi giải phóng áp lực chân không từ kết quả tính toán, hình 6b đã được đưa thêm vào cho tiện tham khảo.

4.1.2 Chuyển vị ngang

Trong lĩnh vực tính toán dự đoán kỹ thuật cho công trình gia tải cát đắp trên nền đất yếu, sự khác biệt của kết quả dự đoán về chuyển vị so với quan trắc trong phạm vi khoảng 25 cm được xem là không lớn. Vì vậy, có thể kết luận rằng, kết quả dự đoán chuyển vị ngang theo chiều sâu đã trùng khớp tương đối tốt với kết quả quan trắc tại từng chặng gia tải, xem hình 7. Đặc biệt, dạng đường cong chuyển vị dự đoán tại tất cả các chặng gia tải rất phù hợp với khuynh hướng chuyển vị được quan trắc. Tuy vậy, dường như có sự khác biệt nhỏ về chuyển vị thường xảy ra tại khu vực gần với mép của tầng cát gia tải. Bên cạnh đó, đường cong chuyển vị ngang tính toán dường như bị kim

hãm tại bề mặt đất bởi tầng cát gia tải, dẫn tới sự khác biệt tương đối về dạng đường cong chuyển vị so với đường cong quan trắc gần bề mặt, có thể thấy trên hình 7.a.c.

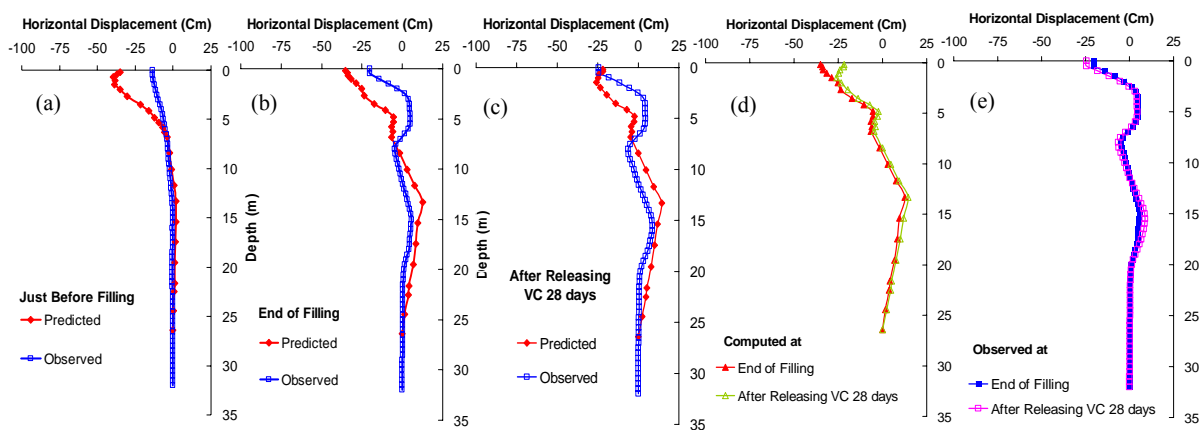
Những vấn đề gắn liền với việc tính toán chuyển vị ngang của nền đất đã được thảo luận bởi Poulos (1972). Theo Poulos, chuyển vị ngang dự đoán thường cho kết quả lớn hơn quan trắc và Poulos đã liệt kê những lý do khả dĩ như sau: (1) sự khó khăn trong ước lượng tỷ số Poisson cho đất; (2) sự bất đẳng hướng vốn có của đất; (3) ứng xử phi tuyến của đất; (4) sự không đồng nhất của nền đất; (5) sự bỏ qua những yếu tố như ảnh hưởng độ cứng của nền cát gia tải, độ nhám tiếp xúc giữa nền cát gia tải và nền đất, hay tổng quát hơn những giả thiết cơ bản về cơ chế truyền tải trọng từ nền cát gia tải xuống nền đất bên dưới còn chưa thỏa mãn. Dường như, yếu tố (1), (2), (4) và (5) là khả dĩ hơn cả cho trường hợp tính toán ở đây.

Ngoài ra, Almeida (1986) đã chỉ ra rằng giả thiết xem hệ số thấm là hằng số trong toàn bộ quá trình tính toán cũng có thể gia tăng giá trị chuyển vị ngang cũng như độ lún tính toán.

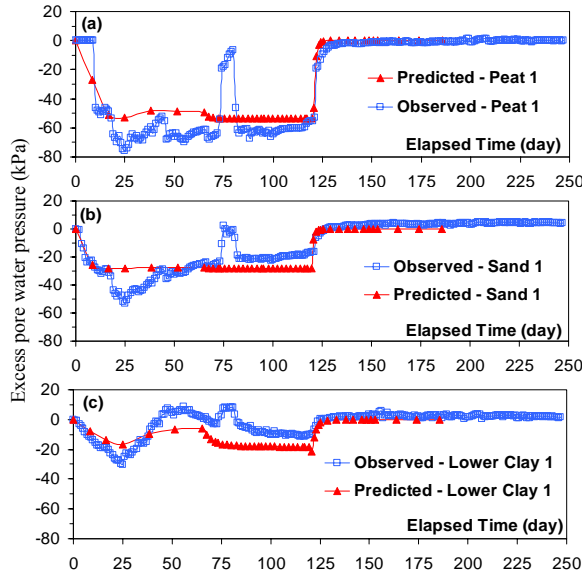
Trong hình 7d có thể thấy hiện tượng phục hồi chuyển vị trong tính toán đã xảy ra mạnh nhất trong lớp than bùn 1. Vấn đề này có thể giải thích như sau: Bên cạnh lý do giá trị chỉ số nở đã được giả thiết tương đối cao, lớp này cũng là khu vực nơi áp lực lỗ rỗng âm tập trung nhiều nhất, do đó vùng này đã chịu một sự thay đổi đột ngột lớn nhất về ứng suất sau khi giải phóng áp lực chân không.

4.2 Áp lực lỗ rỗng thẳng dư – dự đoán và quan trắc

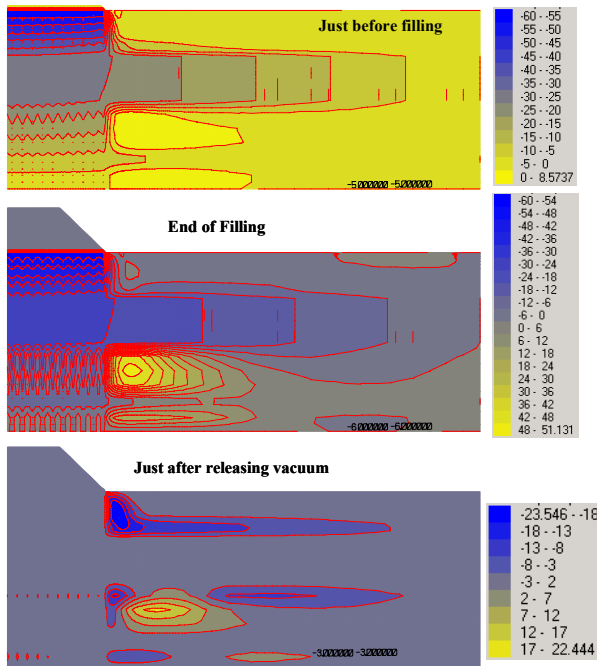
H.7. Chuyển vị ngang theo độ sâu – dự đoán và quan trắc



Kết quả dự đoán trong hình 8, nhìn chung khả quan ở cả giai đoạn phát sinh và tiêu tán áp lực lỗ rỗng. Tuy vậy, ảnh hưởng của giả thiết hệ số thấm là hằng số có thể nhận thấy trong tất cả các lớp đất. Trường hợp lớp cát 1 là 1 ví dụ, hình 8b, rõ ràng trong giai đoạn hút chân không, từ lúc khởi đầu tới ngày thứ 25, giá trị đỉnh đo đạc được của áp lực lỗ rỗng âm cao hơn giá trị tính toán. Sau đó, hệ số thấm thực tế hiện trường có lẽ đã dần dần giảm theo thời gian, điều này



H.8. Áp lực lỗ rỗng thặng dư – dự đoán và quan trắc



H.9. Kết quả phân bố áp lực lỗ rỗng thặng dư (kPa)

được thể hiện thông qua sự giảm áp lực lỗ rỗng âm thặng dư quan trắc trong suốt quá trình gia tải phụ tải cát (từ ngày 25 đến ngày 65), và sau đó tăng dần áp lực lỗ rỗng âm (từ ngày 65 đến ngày 120), trong khi đó áp lực lỗ rỗng thặng dư tính toán vẫn gần như duy trì hằng số trong suốt những chặng này. Vì vậy, có thể thấy rằng vấn đề không chỉ quan trọng giả thiết đúng hệ số thấm ban đầu mà vấn đề cần phải tính tới sự giảm hệ số thấm bởi sự giảm hệ số rỗng theo thời gian cũng quan trọng không kém.

Hình 9 được thêm vào bên dưới Hình 8, cho chúng ta thấy sự phân bố áp lực lỗ rỗng thặng dư từ kết quả tính toán tại những thời điểm quan trọng.

5. KẾT LUẬN

Nhìn chung, kết quả dự đoán chưa khả quan về giá trị độ lún bề mặt ở cuối thời điểm gia tải nền cát. Bên cạnh đó, kết quả chuyển vị ngang gần mũi nền cát gia tải, tại thời điểm trước khi gia tải nền cát, vẫn chưa được tốt. Những lý do khả dĩ là, mô hình nền cát gia tải được mô hình như là một mô hình đàn hồi tuyến tính, có lẽ còn chưa hợp lý; sự bất đẳng hướng bản chất của các lớp sét và than bùn đã không được tính đến trong mô hình Cam-clay cải tiến; ngoài ra, dữ liệu đầu vào còn đơn giản cũng là một nguyên nhân; bên cạnh đó một vài giả thiết cơ bản trong mô hình tính toán cũng là những nguyên nhân bất khả kháng.

Tuy vậy, kết quả dự đoán cũng đã đạt được những tín hiệu khả quan về sự phát sinh và tiêu tán áp lực lỗ rỗng thặng dư theo thời gian. Ở góc độ chuyển vị, dạng tính toán của đường cong chuyển vị ngang theo độ sâu cũng được xem là tốt và hợp lý. Nhưng rõ ràng, các phân tích và mô phỏng tiếp theo cần được tiến hành thêm. Đặc biệt cần tiến hành với một công trình gia tải có đầy đủ các thông số thí nghiệm đầu vào từ các thí nghiệm 3 trục, nhằm mục đích tìm ra những nguyên nhân tạo ra sự khác biệt ở trên là từ mô hình Cam-clay, hay từ các giả thiết cơ bản khác, hay chính từ sự đơn giản trong các thông số đầu vào đã sử dụng.

Cuối cùng việc mô phỏng sao cho hợp lý quá trình gia tải nền cát, bằng một mô hình vật liệu phù hợp, cũng là một vấn đề cần nghiên cứu tốt hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tran, T.A., Mitachi, T and Yamazoe, N., Feb 2004: 2D finite element analysis of soft ground improvement by vacuum-embankment preloading. *Proc. of Japanese Geotechnical Society Conference at Hokkaido Branch, Sapporo, Japan.*
2. Tran, T.A., Yamazoe, N. and Mitachi, T., July 2004: Influence of several factors on the effectiveness of improvement of peaty soft ground by vacuum preconsolidation. *Proc. of the 39th Annual National Conference of Japanese Geotechnical Society* in Niigata City, Japan.
3. Tran, T.A., Mitachi, T and Yamazoe, N., Oct 2003: Two dimensional finite element analysis of soft ground improvement by combining vacuum with embankment preloading. *Proc. Symposium on Theory, Solution, Design, Construction and Application of Vacuum Preloading.* Nagasaki University, Nagasaki City, Japan.
4. Shinsha et al, 1982: Consolidation settlement and lateral displacement of soft ground improved by sand-drains. *Tsushi-to-Kiso, Japan Society Soil Mech. Found. Eng.*, Vol. 30, No.2, pp7-12.
5. Mitachi, T. & F. Fukuda 1995: Deformation analysis of peaty soft ground. *Proc. Int. Workshop on Engineering characteristics and behavior of peat*, pp121-126. Sapporo, Japan.
6. Poulos, H.G. 1972: Difficulties in prediction of horizontal deformations of foundations. *ASCE Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 98(SM8), pp 843-848.
7. Almeida et al.1986: Numerical modeling of a centrifuged embankment on soft clay. *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 23, pp 103-114.