

## NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH SỐ CHO BÀI TOÁN GIẾNG ĐIỂM CỔ KẾT CHÂN KHÔNG

TS. VŨ VĂN TUẤN

Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Tóm tắt: Rất nhiều các công trình nghiên cứu đã khẳng định phương pháp phần tử hữu hạn là một công cụ đắc lực để mô phỏng các bài toán về cổ kết chân không. Trong khi các mô phỏng số về cổ kết chân không kết hợp với bác thám (PVD) rất nhiều, thì các mô phỏng số về cổ kết bằng giếng hút chân không kết hợp với gia tải mặt đất là rất hiếm gặp. Trên cơ sở phân tích, so sánh kết quả của hai mô hình số có đặc tính thấm khác nhau với số liệu quan trắc của một công trình thực tế. Bài báo sẽ đưa ra một số kết luận chủ yếu về sử dụng phương pháp PTHH để mô hình hàng giếng điểm chân không kết hợp với gia tải mặt đất trong gia cố nền đất yếu.*

*Từ khóa: Đất yếu, gia tải chân không, giếng điểm, mô hình phần tử hữu hạn.*

*Abstract: Numerous studies have confirmed that the finite element method is an effective tool for simulating the vacuum pre-loading. While the numerical simulations of vacuum preloading combined with prefabricated vertical drains (PVD) are numerous, the numerical simulations of vacuum wellpoints combined with the surcharge load are very rare. Based on the comparison between the results of two numerical models which have different permeability characteristics with the field data, some important conclusions about using the finite element method to simulate the vacuum wellpoints combined with the surcharge load would be drawn in this paper.*

*Keywords: Soft ground, vacuum preloading, vacuum wellpoint, finite element method.*

### 1. Mở đầu

Được W. Kjellman [6] giới thiệu vào năm 1952, cổ kết chân không kết hợp gia tải trước so với các phương pháp truyền thống (gia tải trước, gia tải trước kết hợp với bác thám) đã cho thấy các ưu điểm vượt trội như: rút ngắn được thời gian thi công, giảm được khối lượng gia tải trước, tiết kiệm, không gây ô nhiễm môi trường,... Điều này khẳng

định lý do mà phương pháp này được sử dụng rộng rãi trên thế giới.

Tại Việt Nam, hơn một thập kỷ trở lại đây, phương pháp cổ kết chân không cũng đã được áp dụng. Ngoài một số đơn vị đã ghi tên mình vào lĩnh vực xử lý nền bằng phương pháp bơm hút chân không thì việc thiết kế và thi công chủ yếu vẫn do các đơn vị nước ngoài đảm nhiệm. Với lý do đó, việc nghiên cứu thêm về phương pháp này để áp dụng tại nước ta là vô cùng cần thiết.

Cơ sở lý thuyết tính toán cổ kết chân không hầu hết đều xuất phát từ lý thuyết cổ kết thấm. Với một đơn nguyên giếng điểm chân không có thể coi giống như một đơn nguyên PVD: cổ kết hướng tâm. Do vậy có thể dùng phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán. Tuy nhiên ngoài thực tế, việc bố trí của giếng thường theo hàng nên việc tính toán bằng phương pháp giải tích là khá khó khăn do sơ đồ cổ kết phức tạp.

Phương pháp phần tử hữu hạn là một công cụ đắc lực để mô phỏng các bài toán về cổ kết chân không. Rất nhiều các công trình nghiên cứu đã khẳng định điều đó [1-5, 7-15]. Có thể thấy rằng, các mô phỏng về cổ kết chân không kết hợp với bác thám (PVD) rất nhiều, nhưng các mô phỏng về cổ kết bằng giếng hút chân không là rất hiếm. Tác giả Vu and Yang [14] cũng đã tiến hành thí nghiệm một đơn nguyên giếng điểm trong phòng thí nghiệm và xây dựng mô hình số mô phỏng. Tuy nhiên vẫn chưa tiến hành mô phỏng cho công trình thực tế ngoài hiện trường.

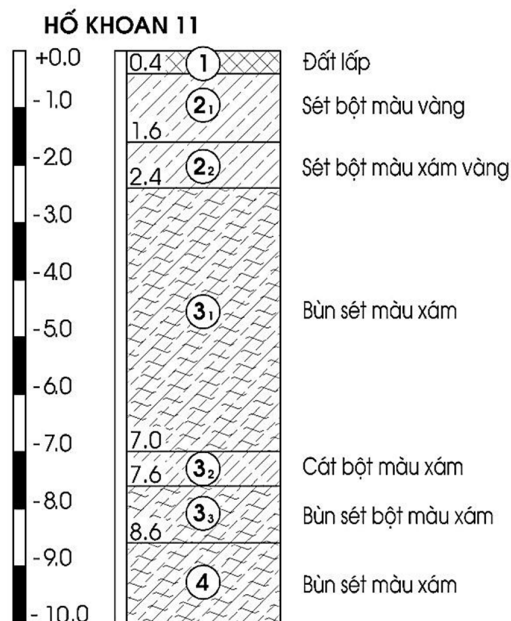
Trên cơ sở phân tích, so sánh kết quả của hai mô hình số có đặc tính thấm khác nhau với số liệu quan trắc của công trình đường Thẩm Giang – Thành phố Thượng Hải – Trung Quốc. Bài báo sẽ đưa ra một số kết luận chủ yếu về sử dụng phương pháp PTHH để mô hình hàng giếng điểm chân không kết hợp với gia tải mặt đất trong gia cố nền đất yếu.

## 2. Giới thiệu công trình

Vì Việt Nam chưa có công trình nào áp dụng phương pháp giếng điểm chân không kết hợp với gia tải trước nên công trình dùng để thử nghiệm số

sẽ được sưu tầm từ các quốc gia khác. Cụ thể ở đây là công trình đường Thẩm Giang – Thành phố Thượng Hải – Trung Quốc [16].

### 2.1 Điều kiện địa chất



Hình 1. Địa tầng khu vực xây dựng [16]

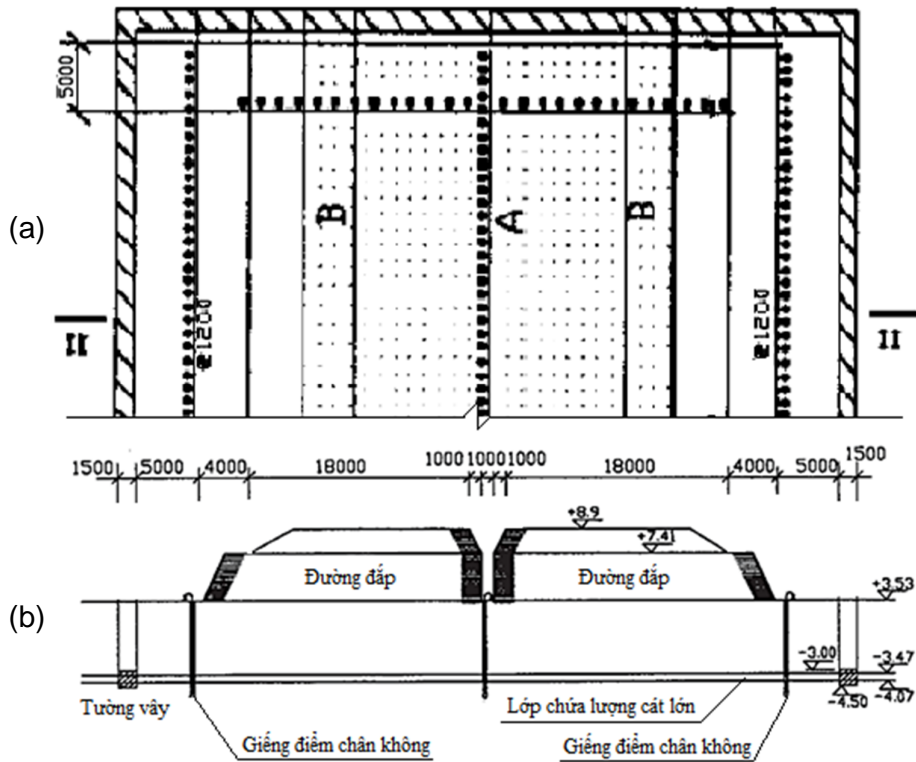
Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý đất nền

Số hiệu	Tên gọi	e	Độ ẩm %	Dung trọng $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Hệ số nén lún $a_{1-2}$	Mô đun biến dạng $E_s$ (Mpa)	Hệ số thấm $k$ (m/ngđ)	Tham số sức chống cắt		Cường độ chịu tải Kpa
								$\phi$ (deg)	C (Kpa)	
(1)	Đất lấp	1.05	34.4	18.0						
(2) <sub>1</sub>	Sét bột màu vàng	0.75	26.2	19.7	0.30	5.82	0.00132	16.0	29.0	110
(2) <sub>2</sub>	Sét bột màu xám vàng	1.07	39.2	18.1	0.55	3.09	0.00144	14.0	18.0	85
(3) <sub>1</sub>	Bùn sét màu xám	1.27	45.7	17.5	1.04	2.37	0.00506	14.0	15.0	65
(3) <sub>2</sub>	Cát bột màu xám	0.92	32.8	18.7	0.33	8.52	0.0591	29.0	9.0	90
(3) <sub>3</sub>	Bùn sét bột màu xám	1.23	43.0	17.6	0.89	2.6		17.0	14.0	65
(4)	Bùn sét màu xám	1.42	50.7	17.1	1.12	2.23		12.0	13.5	65

Điều kiện địa chất tại khu vực thuộc loại trầm tích hồ, cấu trúc địa chất tương đối ổn định, địa tầng khu vực thay đổi không nhiều. Tại vị trí xây dựng gồm các lớp đất như hình 1, cụ thể chỉ tiêu của các lớp đất như bảng 1 thể hiện.

### 2.2 Phương án gia cố

Mặt bằng và quy trình gia cố xử lý nền bằng giếng điểm kết hợp với gia tải trước được trình bày trong hình 2.



Hình 2. Mặt bằng (a), mặt cắt II (b) phương án thi công giếng điểm và đắp tải trước [16]

Phương án gia cố (hình 2) tiến hành theo các công đoạn sau:

- Thi công 3 hàng giếng điểm chân không sâu 7,5m; khoảng cách các giếng là 1,2m (thông thường đường kính ngoài của giếng  $\phi 219$ , ống lõi bên trong  $\phi 38-55$ , bên ngoài ống lõi là cát thô, sát mặt đất sẽ bịt bằng sét). Dự kiến tiến hành hút nước trong 3 tháng;

- Thi công tường sét ngăn nước xung quanh khu vực hút nước, chiều sâu tường sét là 8,03 m;
- Đắp đất giai đoạn 1 cao 2,6m rộng 27,5m trong 3 tháng; đắp đất giai đoạn 2 cao 1,5m rộng 22,5m.

Quy trình thi công và tiến hành gia cố xử lý trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Quy trình thi công và xử lý [16]

Dự kiến hút nước	Kế hoạch		Thực tế	Thực tế/Kế hoạch
	Thời gian			
Đắp giai đoạn 1	Thời gian	3 tháng	134 ngày	150%
	Khối lượng	Cao 2.6m, rộng 27.5m	Cao 2.25m, rộng 22.5m	79%
Đắp giai đoạn 2	Thời gian	3 tháng	56 ngày	62%
	Khối lượng	Cao 1.5m, rộng 22.5m	0	0
	Thời gian	3 tháng		

### 3. Xây dựng mô hình phân tích số

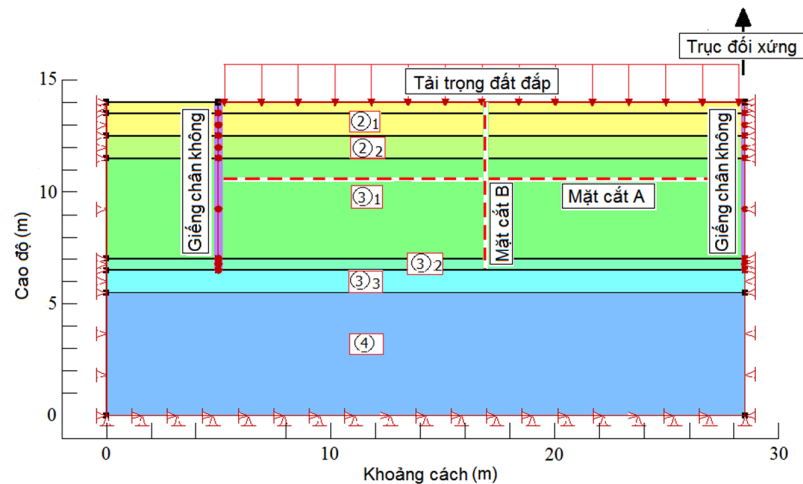
Theo công trình nghiên cứu trước đây của chính tác giả. Sự sai khác của mô hình không gian và mô hình phẳng trong mô phỏng bài toán hàng giếng điểm chân không là không đáng kể. Vì vậy, bài báo này sử dụng mô hình phẳng và dùng phần mềm GeoStudio 2007 để xây dựng mô hình số bài toán.

GeoStudio 2007 là phần mềm gồm nhiều mô đun và có thể hỗ trợ lẫn nhau trong quá trình tính

toán. Đối với bài toán cố kết thấm sẽ khai báo trên mô đun SIGMA/W với kiểu phân tích Coupled Stress/PWP. Với kiểu phân tích này ngoài các tham số phục vụ cho phân tích ứng suất – biến dạng như dung trọng  $\gamma$ , mô đun biến dạng  $E_s$ ,  $\phi$  và  $c$  thì các tham số phục vụ cho phân tích cố kết như hệ số thấm  $k$  cũng sẽ được nhập vào trong phần khai báo vật liệu. Tuy vậy, các thông số ban đầu của bài toán vẫn dùng kiểu phân tích Insitu.

Mô hình 1: Sử dụng mô hình đối xứng để giảm khối lượng tính toán (hình 3). Biên trái là tường chắn nên sử dụng biên không thấm và chuyển vị không chế theo phương ngang. Biên phải là giếng điểm chân không và cũng là mặt đối xứng, chuyển vị ngang bằng không và cũng là biên không thấm. Chiều sâu vùng khảo sát là 14m. Áp lực nước lỗ rỗng tại biên giếng -100kPa bằng với áp lực chân không. Tải mặt đất được khai báo như hình 4. Trước khi thi công mặt đất có rải vải địa chống rò khí nên mặt đất có thể coi là biên không thấm. Mục nước ngầm được giả thiết xuất hiện tại đỉnh của lớp 2<sub>1</sub> (do không có số liệu nên giả thiết được dựa trên so sánh độ bão hòa của các lớp đất).

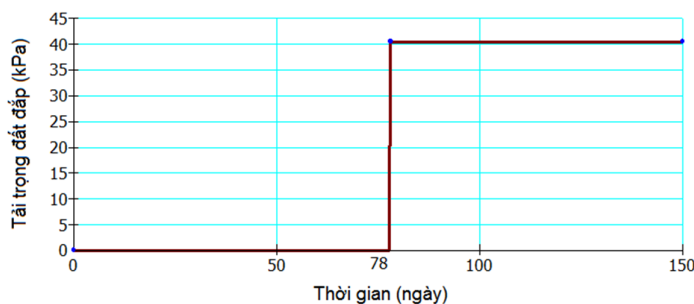
Mô hình 2: Theo tác giả Vu and Yang [14], trong quá trình gia tải chân không vì nhiều lý do khác nhau (có thể đất nền khu vực chưa thực sự bão hòa hoặc áp lực nước lỗ rỗng âm giống như đất không bão hòa) nên cách hợp lý nhất để tăng tính chính xác của mô hình dự đoán là giả thiết tính thấm của đất giống với tính thấm của đất không bão hòa: hệ số thấm thay đổi theo giá trị âm của áp lực nước lỗ rỗng. Để kiểm nghiệm điều này trong mô hình 2 mọi tham số giống với mô hình 1. Tuy nhiên tính thấm của đất sẽ được giả thiết là giống như của đất không bão hòa và biến thiên theo áp lực âm của nước lỗ rỗng.



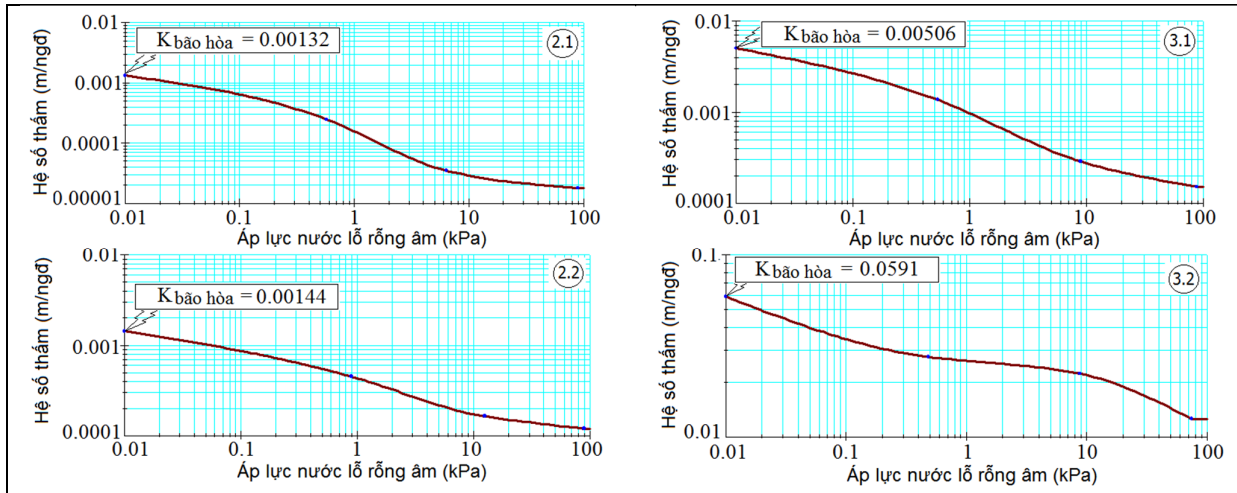
**Hình 3. Mô hình bài toán**

GeoStudio 2007 hỗ trợ ba loại hàm (tương đương với ba công thức thực nghiệm) để xác định sự biến thiên của hệ số thấm theo áp lực hút âm của nước lỗ rỗng. Bài báo sẽ chọn phương pháp của Van Genuchten để xác định sự biến thiên của hệ số thấm. Các thông số cần thiết như: độ ẩm (Vol. Water Content Fn), hàm

lượng nước dư (Residual Water Content), phạm vi lực hút (Suction Range) đều được giả thiết. Riêng tham số hệ số thấm trong điều kiện bão hòa được lấy chính xác với giá trị thí nghiệm. Kết quả về sự thay đổi của hệ số thấm theo áp lực nước lỗ rỗng âm đối với từng lớp đất được thể hiện trên hình 5.

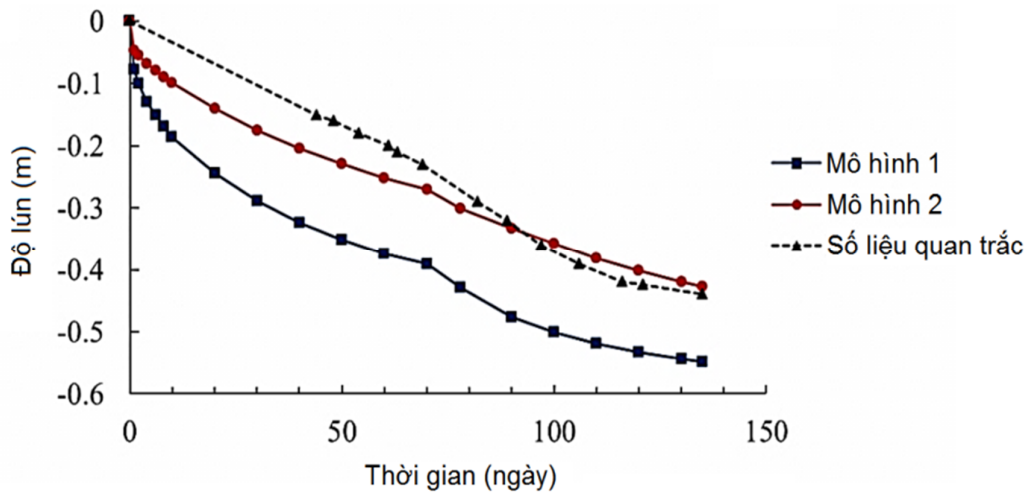


**Hình 4. Tải trọng mặt đất**



**Hình 5.** Biến thiên của hệ số thấm theo áp lực nước lỗ rỗng âm

**4. Phân tích kết quả**

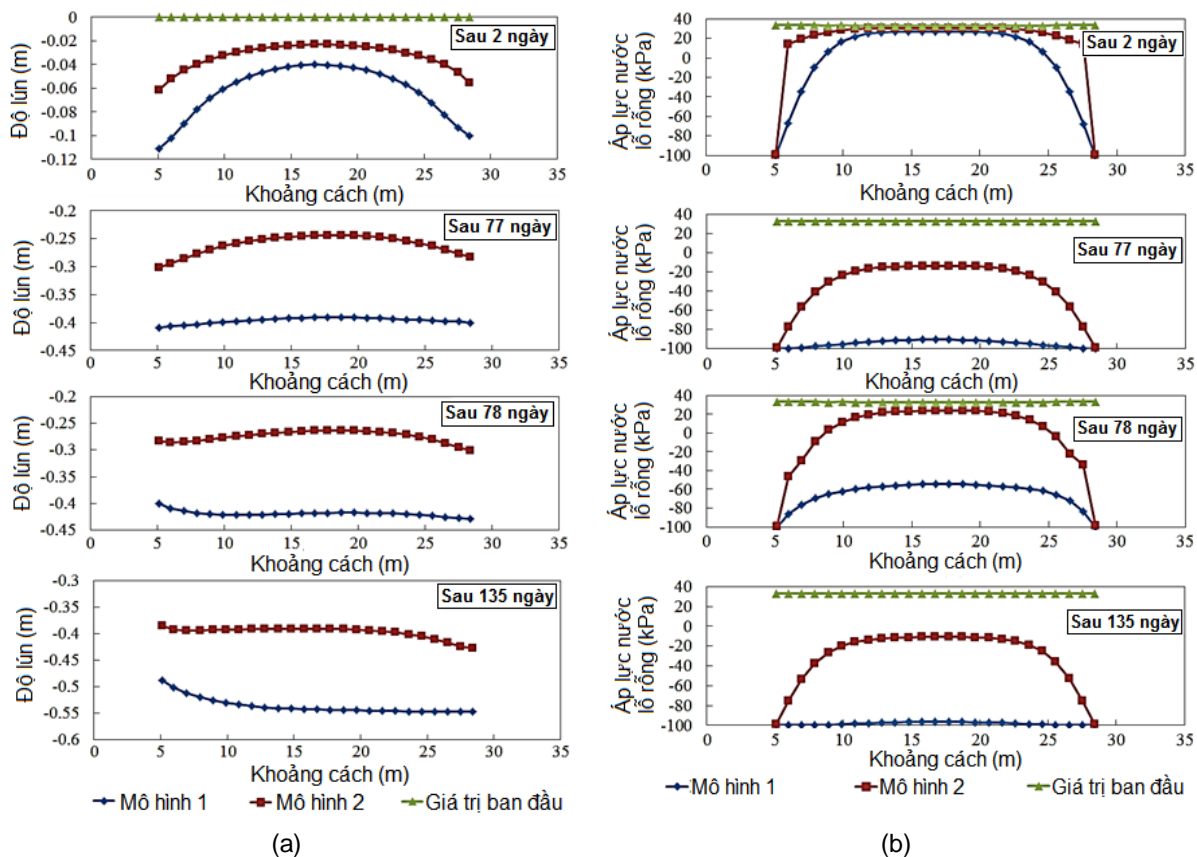


**Hình 6.** Kết quả tính lún bằng mô hình số và thực tế quan trắc tại khu vực phân cách

Hình 6 thể hiện kết quả tính lún của các mô hình số và thực tế quan trắc tại khu vực phân cách. Có thể thấy mô hình 2 cho kết quả gần hơn với số liệu thực tế trong khi đó mô hình 1 cho trị số lớn hơn. Việc mô hình 1 có kết quả lún cao hơn so với thực tế điều này cũng phản ánh đúng thực trạng chung của việc dùng mô hình số để dự báo cho cố kết chân không. Có rất nhiều tác giả đã lý giải điều này bằng cách xét đến việc giảm hiệu quả của giếng thoát nước hay gán một lớp đất không bão hòa tại biên giếng,...

Hình 7a thể hiện kết quả tính toán lún mặt đất của 2 mô hình số. Có thể nhận thấy lún mặt đất có

thể chia làm 2 giai đoạn: giai đoạn 1 từ lúc bắt đầu đến 77 ngày, giai đoạn 2 bắt đầu từ ngày thứ 78. Ở giai đoạn đầu không có tải trọng mặt đất, chỉ hút chân không nên giá trị lún lớn nhất tại vị trí giếng chân không, giá trị lún nhỏ nhất tại điểm giữa của 2 hàng giếng. Điều này có thể lý giải là khi hút chân không, áp lực nước lỗ rỗng giảm nhanh quanh khu vực giếng (hình 7b), ứng suất hữu hiệu tăng lên làm lún tại quanh khu vực giếng cao hơn so với các vị trí khác. Tuy nhiên ở cuối của giai đoạn 2, khi có sự chất tải và quá trình cố kết diễn ra đáng kể thì ngược lại, ứng suất hữu hiệu tại các điểm giữa của 2 hàng giếng tăng nhiều hơn và lún tại các điểm này là lớn nhất.



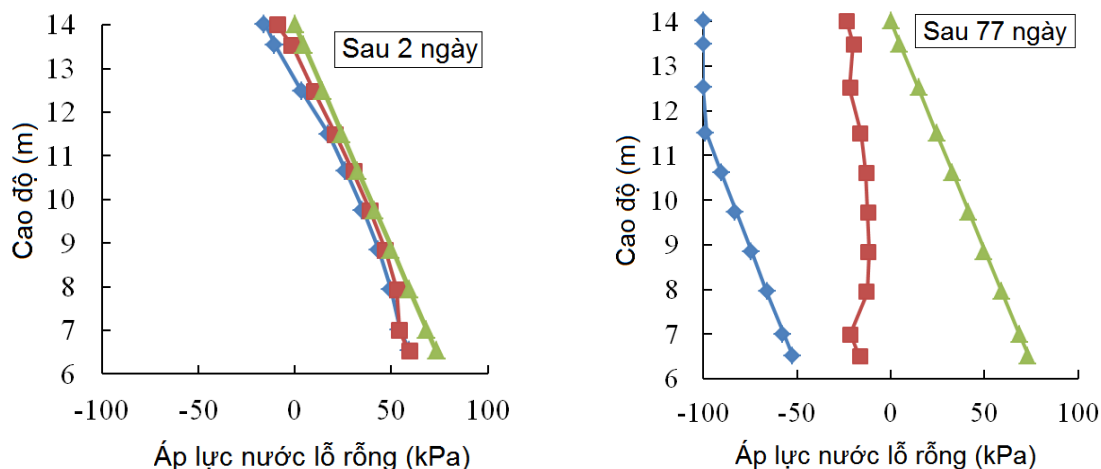
Hình 7. Lún mặt đất (a) và áp lực nước lỗ rỗng ở độ sâu 3,4m của mô hình số tại mặt cắt A (b)

Hình 7b cho thấy áp lực nước lỗ rỗng tại mô hình 1 giảm nhanh hơn ở mô hình 2. Như vậy khi coi đất có đặc tính thấm của đất không bão hòa trong quá trình cố kết chân không thì áp lực nước lỗ rỗng sẽ tiêu tán chậm hơn và cho kết quả phù hợp hơn với thực tế.

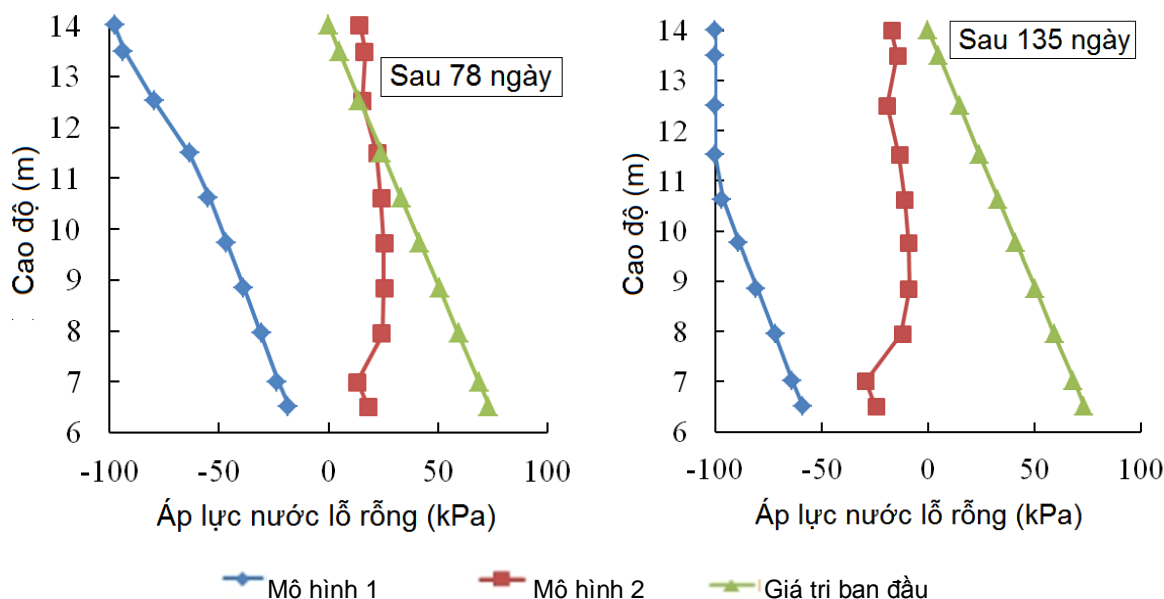
Hình 8 thể hiện phân bố áp lực nước theo chiều sâu tại mặt cắt B. Có thể thấy: từ cao độ 7m đến 6,5m áp lực nước lỗ rỗng giảm khá nhanh.

Đây là do tầng đất cát bột này có hệ số thấm lớn nên nước sẽ thoát ra nhanh hơn so với các tầng khác.

So sánh áp lực nước lỗ rỗng tại ngày thứ 77 và ngày thứ 78 còn thấy có sự nhảy vọt về trị số (~40.5kPa). Có thể thấy do tải trọng mặt đất được khai báo là tải trọng tức thời và yếu tố này chứng tỏ rằng phần mềm đã mô phỏng khá chính xác đặc điểm của quá trình chất tải.







**Hình 8.** Áp lực nước lỗ rỗng theo chiều sâu tại mặt cắt B

**5. Kết luận**

Trên cơ sở phân tích, so sánh kết quả của hai mô hình số có đặc tính thấm khác nhau với số liệu quan trắc của công trình giếng điểm chân không gia cố nền đất yếu, bài báo đưa ra một số kết luận như sau:

- Có thể sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để mô hình các công trình dùng giếng điểm chân không kết hợp với gia tải mặt đất để gia cố nền đất yếu;

- Khi sử dụng thuộc tính thấm là của đất bão hòa thì kết quả độ lún tính toán lớn hơn so với quan trắc. Tính chính xác của mô hình sẽ cải thiện đáng kể khi sử dụng thuộc tính thấm là của đất không bão hòa.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Chai JC, et al. (2009). "Optimum PVD installation depth for two-way drainage deposit". *Geomechanics and Engineering*, 1 (3), pp 179-192.

[2] Chai Jinchun, Bergado Dennes T., and Shen Shui-Long (2013). "Modelling prefabricated vertical drain improved ground in plane strain analysis". *Ground Improvement: Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 166 (2), pp 65-77.

[3] Duong Ngo Trung, Teparaksa Wanchai, and Tanaka Hiroyuki (2012). "Simulation vacuum preloading

method by Tri-Axial apparatus". *International Journal of Geosciences*, 3 (1), pp 211-221.

[4] Ghandeharioon Ali, Indraratna Buddhima, and Rujikiatkamjorn Cholachat (2011). "Laboratory and finite-element investigation of soil disturbance associated with the installation of mandrel-driven prefabricated vertical drains". *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 138 (3), pp 295-308.

[5] Indraratna Buddhima and Redana IW (2000). "Numerical modeling of vertical drains with smear and well resistance installed in soft clay". *Canadian Geotechnical Journal*, 37 (1), pp 132-145.

[6] Kjellmann W (1952). "Consolidation of clay soil by means of atmospheric pressure". *In Proceedings on Soil Stabilization Conference. Boston, U.S.A.*

[7] Le Gia Lam, Bergado D.T, and Takenori Hino (2015). "PVD improvement of soft Bangkok clay with and without vacuum preloading using analytical and numerical analyses". *Geotextiles and Geomembranes*, 43 (6), pp 547-557.

[8] Ong CY, Chai JC, and Hino T (2012). "Degree of consolidation of clayey deposit with partially penetrating vertical drains". *Geotextiles and Geomembranes*, 34 (10), pp 19-27.

- [9] Rujikiatkamjorn C. and Indraratna B. (2013). "Current State of the Art in Vacuum Preloading for Stabilising Soft Soil". *Geotechnical Engineering*, 44 (4), pp 77-87.
- [10] Rujikiatkamjorn Cholachat, Indraratna Buddhima, and Chu Jian (2007). "Numerical modelling of soft soil stabilized by vertical drains, combining surcharge and vacuum preloading for a storage yard". *Canadian Geotechnical Journal*, 44 (3), pp 326-342.
- [11] Saowapakpiboon J, et al. (2011). "PVD improvement combined with surcharge and vacuum preloading including simulations". *Geotextiles and Geomembranes*, 29 (1), pp 74-82.
- [12] Tran Tuan Anh and Mitachi Toshiyuki (2008). "Equivalent plane strain modeling of vertical drains in soft ground under embankment combined with vacuum preloading". *Computers and Geotechnics*, 35 (5), pp 655-672.
- [13] Voottipruex P., et al. (2013). "Simulations of PVD improved reconstituted specimens with surcharge, vacuum and heat preloading using equivalent vertical flow conditions". *Geotechnical Engineering*, 44 (4), pp 177-182.
- [14] Vu Van-tuan and Yang Yu-you (2016). "Numerical modelling of soft ground improvement by vacuum preloading considering the varying coefficient of permeability". *International Journal of Geotechnical Engineering*, pp 1-9.
- [15] Wu Hui and Hu Li-ming (2013). "Numerical model of soft ground improvement by vertical drain combined with vacuum preloading". *Journal of Central South University*, 20 (7), pp 2066-2071.
- [16] 文新伦 (2003). "真空降水联合堆载预压机理及应用技术研究". 硕士, 同济大学, 上海. (Văn Tân Luân (2003). "Nghiên cứu cơ chế và ứng dụng phương pháp chân không hạ thấp mực nước ngầm kết hợp với gia tải trước". *Luận văn Th.S, Đại Học Đồng Tế, Thượng Hải*).

**Ngày nhận bài: 24/5/2018**

**Ngày nhận bài sửa lần cuối: 25/6/2018**