

# PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA BẮC THẨM LÝ TƯỜNG VÀ BẮC THẨM KHÔNG LÝ TƯỜNG TRONG MÔ PHỎNG XỬ LÝ NỀN BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÚT CHÂN KHÔNG KẾT HỢP VỚI BẮC THẨM

Lê Bá Vinh<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Bài viết giới thiệu các phân tích về cách mô phỏng phương pháp hút chân không kết hợp với bắc thẩm để xử lý nền đất yếu. Cách phân tích mô phỏng bắc thẩm lý tường và không lý tường đã được thực hiện với 2 công trình thực tế. Các kết quả thu được về độ lún, chuyển vị ngang, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong nền đã được so sánh, đối chiếu với các kết quả quan trắc thực tế. Do đó cần tùy theo điều kiện công nghệ bơm hút chân không cũng như kinh nghiệm của nhà thầu thi công để có thể xác định cách mô phỏng bắc thẩm cho hợp lý nhất để thiết kế tính toán dự tính độ lún cuối cùng cũng như xem xét các ứng xử của nền đất một cách chính xác.

**Từ khóa:** phương pháp hút chân không, bắc thẩm lý tường, bắc thẩm không lý tường, độ lún, chuyển vị ngang, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi ứng dụng phần mềm Geostudio để mô phỏng phương pháp xử lý nền bằng hút chân không kết hợp với các bắc thẩm đã cho ra các kết quả phân tích tương đối chính xác với các số liệu quan trắc tại công trường xử lý nền cho nền đất sét yếu dày ở vùng biển Ariake, Nhật Bản [5], [6]. Tuy nhiên, cần lưu ý đến cách mô phỏng các bắc thẩm trong phương pháp này vì nó ảnh hưởng rất nhiều đến các kết quả tính toán, mô phỏng.

Khi áp lực hút chân không tác dụng lên nền thì áp lực nước lỗ rỗng âm trong bắc thẩm sẽ bằng với áp lực bơm trong điều kiện lý tưởng, tuy nhiên trong thực tế do công nghệ bơm hay chất lượng bắc thẩm không đảm bảo, áp lực nước lỗ rỗng trong bắc thẩm có giá trị thay đổi giảm dần theo chiều dài bắc thẩm. Cho nên việc lựa chọn phương án sử dụng mô hình bắc thẩm lý tường và không lý tường rất quan trọng trong mô phỏng để thiết kế tính toán dự tính độ lún

cuối cùng cũng như xem xét các ứng xử của nền đất một cách chính xác.

## 2. PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA BẮC THẨM LÝ TƯỜNG VÀ BẮC THẨM KHÔNG LÝ TƯỜNG TRONG MÔ PHỎNG XỬ LÝ NỀN BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÚT CHÂN KHÔNG KẾT HỢP VỚI BẮC THẨM

### 2.1 Giới thiệu công trình 1

Vùng đất ven biển Ariake, Nhật Bản nổi tiếng với địa chất có lớp đất sét yếu dày, công tác thực nghiệm đã thực hiện phương pháp xử lý hút chân không kết hợp bắc thẩm với chiều dài bắc 27m. Hiệu quả của phương pháp này cho vùng đất sét yếu dày đã được kiểm chứng thông qua các kết quả quan trắc suốt quá trình xử lý nền.

#### 2.1.1 Điều kiện đất nền

Ở mặt nền có một lớp đất mỏng bị khô cứng do thời tiết. Kế đến là tầng đất nạo vét xen lẫn lớp cát, dưới cùng là tầng đất sét biển Ariake rất mềm yếu và dày.

**Bảng 1. Các thông số mô hình của đất nền Ariake dùng trong các tính toán.**

| Lớp đất       | Chiều dày (m) | Hệ số $\nu$ | Độ ẩm W(%) | Hệ số thấm $K_x$ (cm/s) | Chỉ số nén $C_c$ | Dung trọng $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> ) | Hệ số rỗng e |
|---------------|---------------|-------------|------------|-------------------------|------------------|--|--------------|
| Đất phủ       | 0,6           | 0,3         | 30         | 1,00E-03                |                  | 18                                       | 1            |
| Đất nạo vét 1 | 3,4           | 0,37        | 75         | 1,20E-06                | 0,65             | 15,5                                     | 2            |
| Cát           | 1,0           | 0,3         | 40         | 1,00E-03                |                  | 18,5                                     | 1            |
| Đất nạo vét 2 | 1,6           | 0,37        | 75         | 1,20E-06                | 0,75             | 15,5                                     | 1,9          |
| Cát           | 2             | 0,3         | 40         | 1,00E-03                |                  | 18,5                                     | 1            |
| Sét biển 1    | 4             | 0,38        | 85         | 9,00E-07                | 0,75             | 15,5                                     | 2,2          |
| Sét biển 2    | 14,2          | 0,38        | 85         | 9,00E-07                | 0,8              | 15                                       | 2,25         |
| Sét biển 3    | //            | 0,4         | 85         | 1,00E-06                | 1,2              | 14,5                                     | 2,7          |

<sup>1</sup> Khoa Kỹ thuật Xây dựng - Trường Đại học Bách khoa Tp. HCM - Email: lebvinh@yahoo.com

#### 2.1.2 Thông số bắc thẩm

Bắc thẩm được thi công trong vùng đất diện

tích  $(20 \times 20)\text{m}^2$ , bậc thấm có chiều dài 27m cắm sâu vào lớp đất sét yếu, lưới bậc thấm hình vuông với khoảng cách các bậc thấm là 0,8m, bề rộng bậc là 10cm, và chiều dày là 4mm.

### 2.1.3 Áp lực hút chân không

Áp lực ở máy bơm được duy trì ở mức  $-80\text{kN/m}^2$ , tuy nhiên kết quả đo áp lực chân không dưới màng kín khí ban đầu chỉ có  $-40\text{kN/m}^2$  trong 15 ngày, sau đó mới tăng dần lên  $-60\text{kN/m}^2$  trong 20 ngày sau đó, như vậy thất thoát 25%.

## 2.2 Phân tích mô phỏng bậc thấm lý tưởng và không lý tưởng

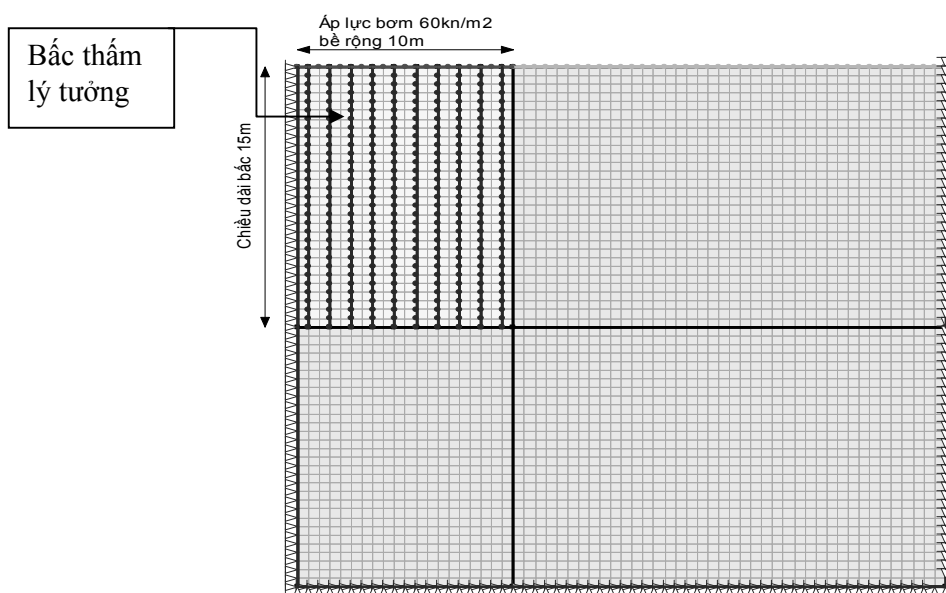
Theo lý thuyết khi áp lực hút chân không tác dụng, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong bậc thấm sẽ không thay đổi suốt chiều dài bậc thấm [3]. Nhưng tùy theo áp dụng công nghệ thi công hiện đại hay không sẽ có ảnh hưởng đến tính hiệu quả của bơm hút chân không thông qua áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong bậc thấm. Thông thường áp lực hút trong bậc thấm sẽ giảm dần theo chiều dài bậc thấm, tuy nhiên cũng có trường hợp công nghệ thi công tốt, bậc thấm tốt thì áp lực hút hầu như không thay đổi suốt chiều dài bậc thấm.

Do đó, xem xét phân tích tính hiệu quả của việc hút chân không bằng cách mô phỏng cho 2 trường hợp: bậc thấm lý tưởng tương ứng với áp lực hút trong bậc thấm không đổi, và bậc thấm không lý tưởng với áp lực hút thay đổi theo chiều dài bậc thấm.

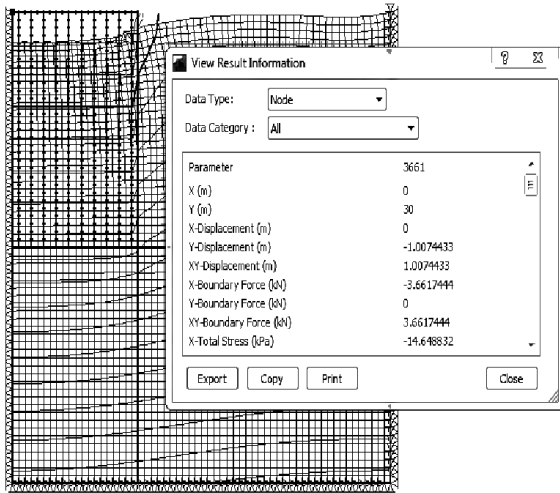
Sử dụng chương trình Geostudio để mô phỏng, phân tích. Mô hình phân tích sử dụng các thông số như trên của lớp đất sét biển yếu xem như đồng nhất mô phỏng các trường hợp bậc thấm với chiều dài bậc thấm 15m, khoảng cách bậc thấm 1m, áp lực hút chân không là  $60\text{kN/m}^2$ , thời gian gia tải 200 ngày đảm bảo đất nền cố kết hoàn toàn. Áp lực chân không được mô phỏng bằng cách khai báo áp lực nước lỗ rỗng âm trên bề mặt cho kết quả ứng xử trong nền đúng hơn việc quy tải tương đương của áp lực chân không gán lên mặt nền [2]. Khi mô phỏng theo mô hình 2D sử dụng công thức quy đổi hệ số thấm của Indraratna [1],[7] từ mô hình đối xứng trục 3D sang 2D.

### 2.2.1 Trường hợp bậc thấm lý tưởng

Mô phỏng bậc thấm lý tưởng bằng cách gán biên áp lực nước lỗ rỗng âm bằng áp lực bơm cho các line bậc thấm như hình 1.

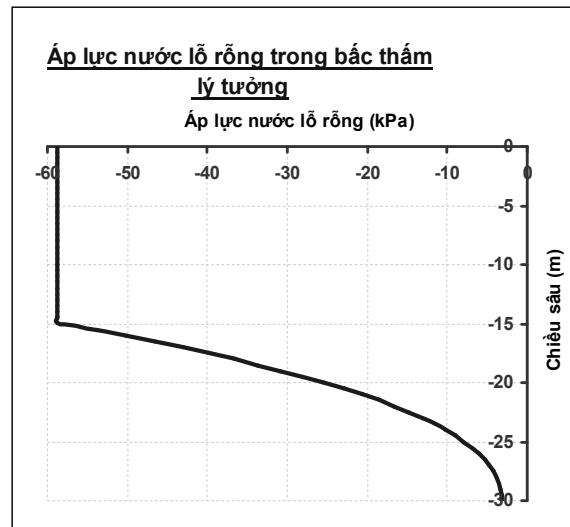


Hình 1: Mô hình mô phỏng bậc thấm lý tưởng



Hình 2: Kết quả mô phỏng bậc thấm lý tưởng

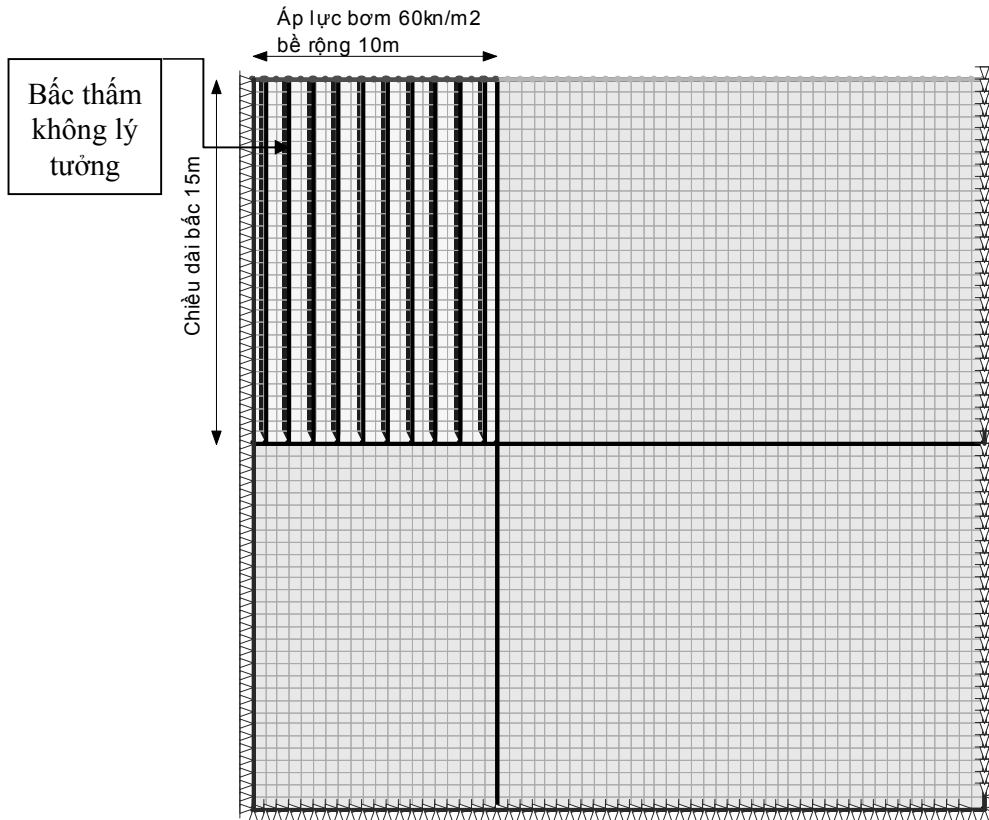
Kết quả mô phỏng bậc thấm lý tưởng cho độ lún là -1 m. Trên biểu đồ áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư trong bậc thấm do áp lực bơm tạo ra có giá trị không đổi suốt chiều dài bậc thấm  $-59\text{kN/m}^2$ .



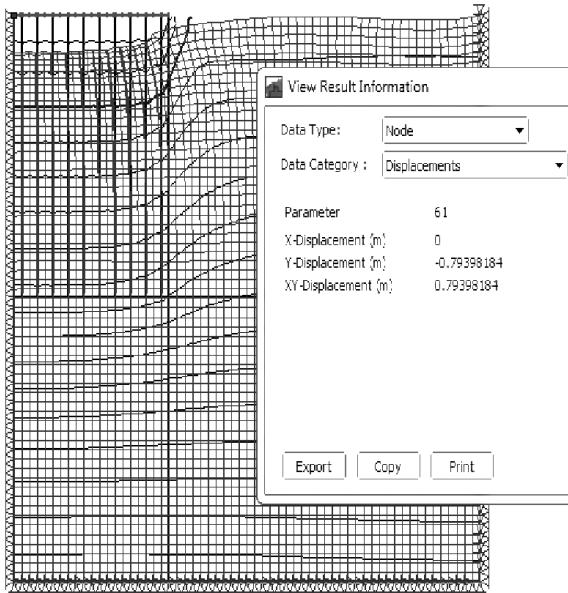
Hình 3: Biểu đồ áp lực nước lỗ rỗng thẳng dư trong bậc thấm lý tưởng

### 2.2.2 Trường hợp bậc thấm không lý tưởng

Mô phỏng bậc thấm không lý tưởng bằng cách khai báo vật liệu có hệ số thấm cao.

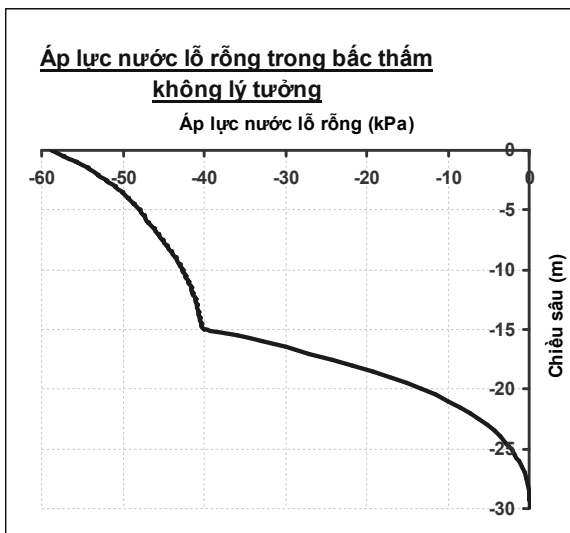


Hình 4: Mô hình mô phỏng bậc thấm không lý tưởng



Hình 5: Kết quả mô phỏng bậc thấm không lý tưởng

Kết quả trường hợp mô phỏng bậc thấm không lý tưởng cho độ lún là -0,794 m giảm gần 20% so với bậc thấm lý tưởng (-1m). Trên hình 6, biểu đồ áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong bậc thấm do áp lực bơm hút tạo ra có giá trị thay đổi từ -59kN/m<sup>2</sup> giảm dần xuống dưới mũi bậc thấm là -40kN/m<sup>2</sup>, giảm gần 30% so với bậc thấm lý tưởng.



Hình 6: Biểu đồ áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong bậc thấm không lý tưởng

**\* Nhận xét:**

Qua kết quả mô phỏng của 2 trường hợp trên cho thấy kết quả mô phỏng khác nhau rất nhiều, độ lún thay đổi gần 20%, áp lực hút chân không thay đổi từ trên xuống dưới mũi bậc thấm gần 30%. Do đó việc lựa chọn phương án mô phỏng bậc thấm lý tưởng hay không lý tưởng rất quan trọng để dự tính độ lún cũng như các ứng xử trong đất nền một cách chính xác.

**2.3 Giới thiệu công trình 2**

**2.3.1 Đặc điểm công trình**

Công trình thuộc khu dân cư phía Nam đại lộ Đông Tây (gọi tắt là Khu II) trong Khu đô thị mới Thủ Thiêm tại phường An Lợi Đông, quận 2, thành phố Hồ Chí Minh.

Đối tượng xử lý là đường nội bộ với bề rộng nền đường là 18m, thuộc khu dân cư trong khu đô thị mới Thủ Thiêm.

**2.3.2 Điều kiện đất nền**

Địa chất khu vực xây dựng công trình có chiều dày lớp đất yếu thay đổi từ 15m đến 20m, bao gồm các lớp đất với các thông số được trình bày trong bảng 2.

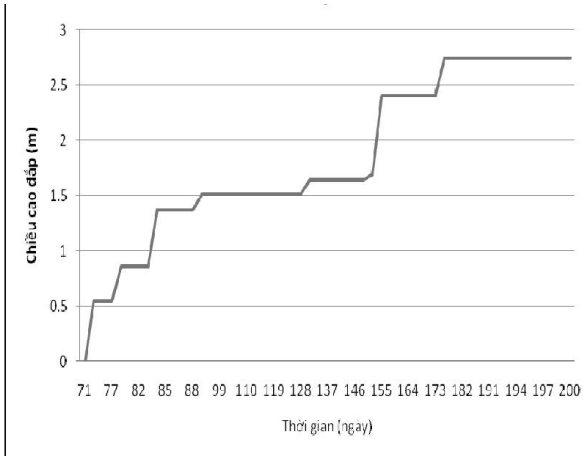
**2.3.3 Bậc thấm và áp lực gia tải**

- Chiều dài bậc thấm 15m, bậc được cắm theo sơ đồ hình vuông, khoảng cách giữa các bậc là 1.2m. Bậc thấm được thi công trong vùng đất nền đường, bề rộng bậc là 10cm, và chiều dày là 4mm.

- Sau khi lắp đặt các thiết bị quan trắc tiến hành hút chân không, sau 10 ngày chạy thử đã đạt được công suất hút chân không yêu cầu là 80KPa, kết quả này được lấy theo số liệu đo áp suất chân không tại vị trí giữa mặt đất và lớp cát thoát nước. Sau thời gian 70 ngày sau khi hút tiến hành đắp đất bù lún, tổng chiều cao đắp là 2.74m và sau 205 ngày thi công kết thúc đắp bù lún, trình tự đắp bù lún được thể hiện như sơ đồ ở hình 7.

**Bảng 2. Các thông số mô hình của đất nền Thủ Thiêm dùng trong các tính toán.**

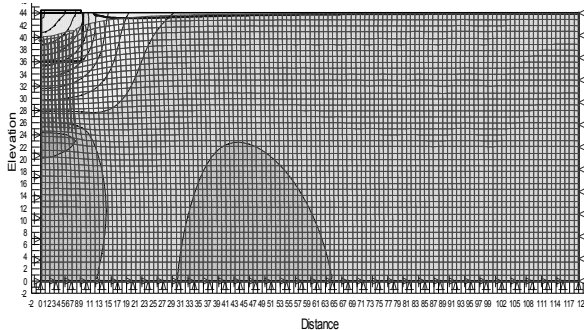
| Lớp đất | Độ ẩm W(%) | Hệ số thấm $K_x$ (cm/s) | Chi số nén $C_c$ | Chi số nở $C_s$ | $p_c$ (KG/cm <sup>2</sup> ) | Dung trọng $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> ) | Hệ số rỗng e |
|---------|------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|--|--------------|
| 1a      | 82,9       | 1,72E-08                | 0,987            | 0,116           | 0,56                        | 14,94                                    | 2,199        |
| 1b      | 70,6       | 1,67E-08                | 0,788            | 0,108           | 0,64                        | 15,52                                    | 1,876        |
| 2a      | 51,6       | 1,10E-08                | 0,393            | 0,039           | 0,71                        | 16,60                                    | 1,410        |
| 2b      | 52,7       | 1,19E-08                | 0,408            | 0,044           | 0,74                        | 16,53                                    | 1,442        |
| 3a      | 41,0       | 7,60E-09                | 0,200            | 0,023           | 0,86                        | 17,51                                    | 1,152        |
| 3b      | 36,7       | 7,30E-09                | 0,175            | 0,018           | 0,81                        | 17,90                                    | 1,040        |



Hình 7: Biểu đồ đắp đất gia tải

## 2.4 Kết quả mô phỏng cho công trình 2

### 2.4.1 Kết quả phân tích lún

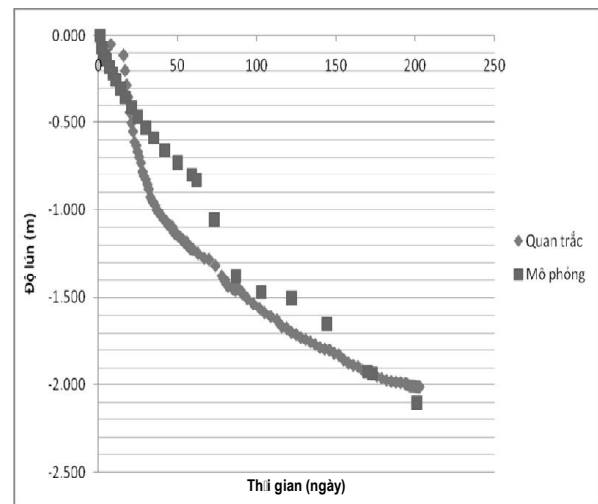


Hình 8: Kết quả chuyển vị của mô hình hút chân không

Kết thúc thời gian xử lý, độ lún tại thời điểm ngày thứ 200, tại vị trí tim nền đắp trong mô phỏng là 2.1m, trong quan trắc là 2.01m [4].

Quan sát biểu đồ lún theo quan trắc và theo mô phỏng như biểu đồ dưới đây ta thấy rằng ở thời gian 70 ngày đầu khi chưa đắp tải bù lún,

đường lún trong quan trắc dốc hơn so với mô phỏng (nghĩa là trong thực tế lún nhiều hơn so với mô phỏng). Tuy nhiên sau 100 ngày trở đi, hai đường lún này có xu hướng tăng giống nhau, tiệm cận với nhau ở thời gian kết thúc xử lý hút chân không.



Hình 9: Biểu đồ lún theo mô phỏng và quan trắc tại vị trí tim nền đắp

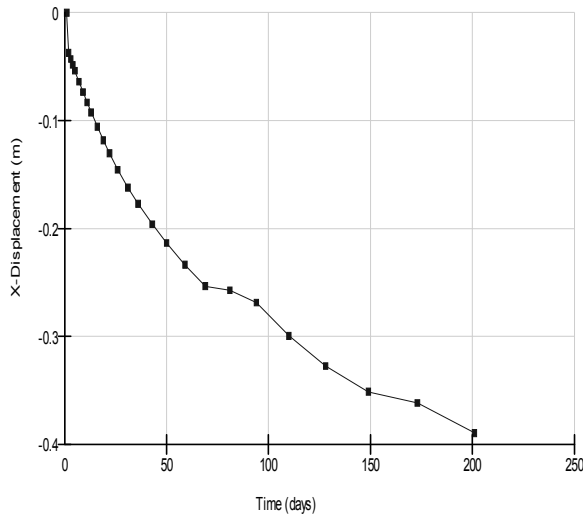
### 2.4.2 Kết quả chuyển vị ngang

– Theo mô phỏng tại điểm mép nền xử lý, tại thời điểm 200 ngày, chuyển vị ngang có giá trị là 0.39m.

– Theo quan trắc, tại thời điểm 200 ngày chuyển vị ngang là 0.31m.

– Tại thời điểm 70 ngày khi bắt đầu đắp bù lún, chuyển vị ngang không còn xu hướng tăng tuyến tính như thời gian trước đó, nguyên nhân là do hút chân không gây ra chuyển vị ngang về

phía tim đường, trong khi tải trọng đắp do bù lún gây chuyển vị ngang theo hướng ngược lại. Vì thế từ ngày thứ 70 trở đi, tại thời điểm có đắp bù lún giá trị chuyển vị ngang thể hiện đường gãy khúc như trên hình 10.



Hình 10. Chuyển vị ngang tại điểm mép nền xử lý tại thời điểm 200 ngày theo mô phỏng

– So sánh xu hướng chuyển vị ngang của hai biểu đồ mô phỏng và quan trắc trên hình 11, ta thấy rằng:

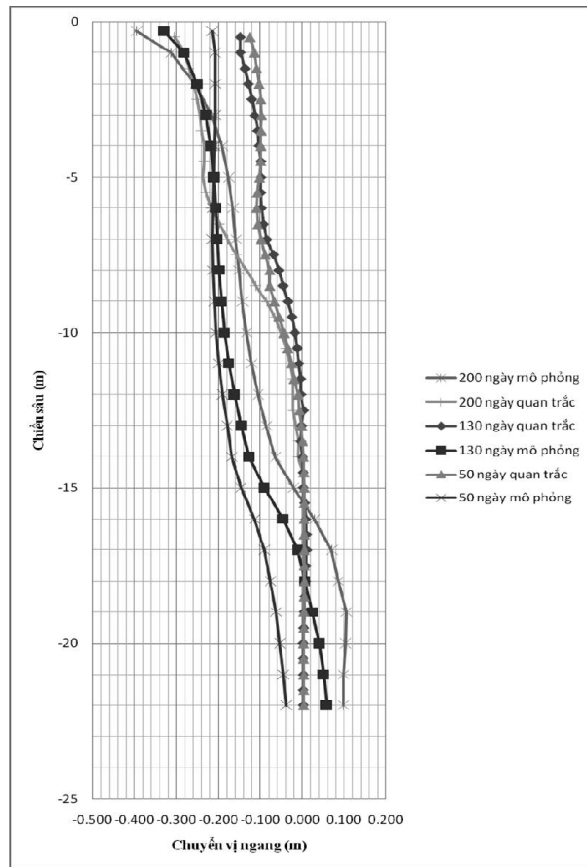
- Trên biểu đồ: từ 0-7m chuyển vị ngang có xu hướng tăng mạnh theo thời gian, từ 7-15m chuyển vị ngang có xu hướng tăng ít hơn.

- Theo quan trắc, tại chiều sâu 15m, biểu đồ quan trắc chuyển vị ngang có chiều hướng tắt dần. Trong khi đó trong biểu đồ mô phỏng, chuyển vị ngang còn xảy ra đến hết chiều dài bắc thâm 15m.

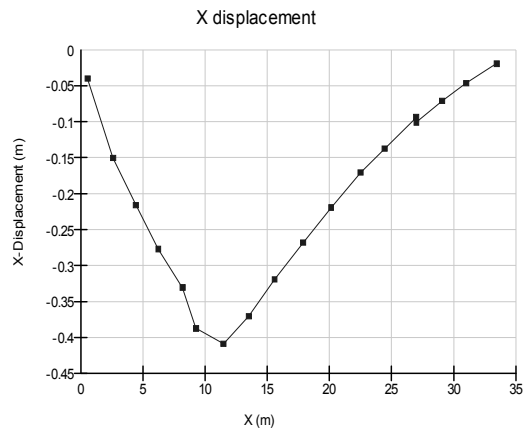
- Tại thời điểm 50 ngày, và 130 ngày kết quả chuyển vị ngang theo mô hình lớn gần gấp đôi so với quan trắc.

– Những khác biệt trên có thể hiểu là do thực tế tác dụng hút chân không giảm dần theo chiều sâu bắc thâm, tuy nhiên trong mô phỏng bắc thâm là lý tưởng nên độ lớn chuyển vị ngang cũng như chiều sâu tắt lún trong mô phỏng có giá trị lớn hơn trong thực tế.

– Như trên hình 12, ta thấy chuyển vị ngang lớn nhất là -0.47m, xuất hiện tại biên khu xử lý có vị trí  $x = 11.5m$ , và có xu hướng chuyển vị vào phía trong nền đắp.



Hình 11. Kết quả mô phỏng và quan trắc chuyển vị ngang tại thời điểm 50, 130 và 200 ngày, ở vị trí mép nền xử lý



Hình 12. Chuyển vị ngang của các điểm trên mặt đất

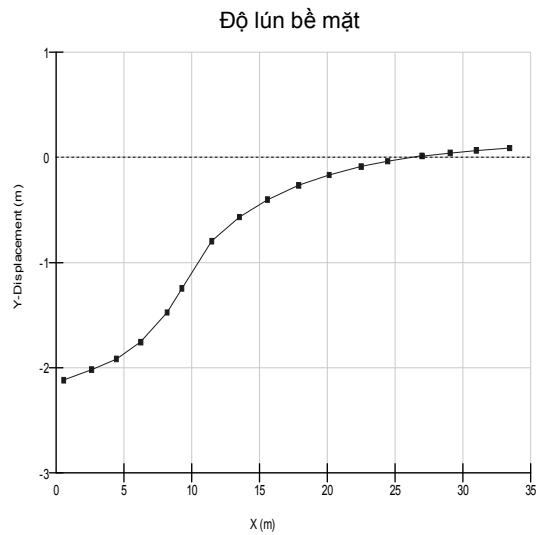
Chuyển vị vào phía trong nền đắp này do tác dụng của hút chân không gây ra hiệu ứng cố kết đẳng hướng, sự gia tăng ứng suất theo phương đứng bằng sự gia tăng ứng suất phương ngang. Khi tăng tải, trong phương pháp đắp đất gia tải

thông thường, lộ trình ứng suất tiến dần đến đường phá hoại, gây ra chuyển vị ngang theo hướng ra ngoài nền đắp, gây mất ổn định nền đắp. Ngược lại, trong phương pháp hút chân không có chuyển vị ngang theo hướng vào trong vùng xử lý.

Dựa trên biểu đồ, càng đi xa khỏi vị trí biên khu xử lý, tác dụng chuyển vị ngang càng giảm dần, cách khu xử lý 23m, tác dụng do hút chân không không còn. Việc xác định chuyển vị ngang này đóng vai trò rất quan trọng khi thi công xử lý đất yếu bằng hút chân không trong khu vực đông dân cư, tác dụng chuyển vị ngang có thể gây ra lún sụt các công trình lân cận quanh khu xử lý, cần xác định được bán kính an toàn cho các công trình này và có biện pháp bảo vệ thích hợp cho công trình gần khu xử lý.

Quan sát độ lún bề mặt thấy rằng độ lún lớn nhất tại tim nền đắp, càng ra xa tim nền đắp độ lún này càng giảm dần. Cách xa mép biên khu xử lý 13m, không còn bị ảnh hưởng của độ lún này. Đặc biệt khi xử lý bằng hút chân không

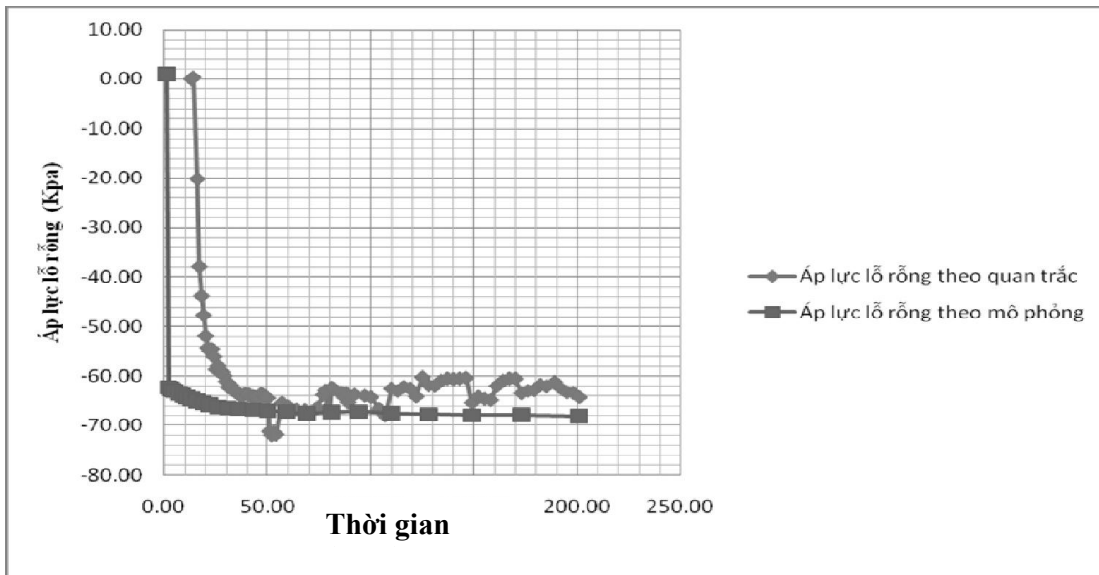
không xảy ra tình trạng lún trời như trong đắp gia tải thông thường, nền đất ổn định hơn.



Hình 13. Độ lún tại các điểm bề mặt

### 2.4.3 Áp lực nước lỗ rỗng

– Áp lực nước lỗ rỗng được đo trên mặt đất, dưới lớp cát thoát nước



Hình 14. Áp lực nước lỗ rỗng trên bề mặt theo mô phỏng và quan trắc

Quan sát hai biểu đồ áp lực nước ta thấy có xu hướng biến đổi tương tự nhau. Trong thực tế để đạt được công suất ổn định, máy bơm mất thời gian khoảng 20 ngày. Giá trị áp lực này thay đổi phụ thuộc vào nhiều yếu tố: sự cố rò rỉ khí, thời tiết, tình trạng vận hành máy... Trong

bài toán mô phỏng, thời gian đạt được áp lực tối đa ngắn hơn, và áp lực duy trì ổn định hơn. Vì vậy với cùng thời gian xử lý giá trị lún trong mô phỏng lớn hơn trong xử lý thực tế.

### 3. KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng của 2 công trình trên cho

thấy việc lựa chọn phương án sử dụng mô hình bậc thấm lý tưởng và không lý tưởng rất quan trọng trong phân tích tính toán bài toán xử lý nền bằng phương pháp hút chân không kết hợp với bậc thấm. Với việc mô phỏng bậc thấm lý tưởng, các kết quả thu được về độ lún, chuyển vị ngang, áp lực nước lỗ rỗng thặng dư trong nền chênh lệch rất nhiều so với các kết quả quan trắc thực tế khi áp lực hút chân không trong nền đất thực tế thường giảm dần theo chiều sâu. Do

đó cần tùy theo điều kiện công nghệ bơm hút chân không cũng như kinh nghiệm của nhà thầu thi công để có thể xác định cách mô phỏng bậc thấm cho hợp lý nhất để thiết kế tính toán dự tính độ lún cuối cùng cũng như xem xét các ứng xử của nền đất một cách chính xác. Cần có nhiều kiểm chứng bằng các kết quả đo áp lực hút chân không trong bậc thấm theo chiều sâu để có cách mô phỏng bậc thấm không lý tưởng phù hợp nhất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. C. Rujikiatkamjorn - B. Indraratna, J. Chu, năm 2008, “*2D and 3D Numerical Modeling of Combined Surcharge and Vacuum Preloading with Vertical Drains*”, Faculty of Engineering – Papers.
- [2]. Bùi Thị Lan Hương, năm 2014, “*Nghiên cứu, đánh giá ứng xử của nền đất yếu được xử lý bằng hút chân không kết hợp với bậc thấm*”, Luận văn Thạc sĩ Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh.
- [3]. Nguyễn Công Mẫn, năm 2008, “*Mô phỏng bài toán giếng cát trên nền đất yếu*”, Tạp chí Địa Kỹ thuật số 3-2008.
- [4]. Kouki Matsumoto, Goro Imai, Kazuyoshi Nakakuma, Hidetoshi Ochiai, năm 2000, “*Soft ground improvement by vacuum preloading: its principle and case histories in Japan*”, Soils and foundations.
- [5]. Nguyễn Công Trí, năm 2013, “*Nguyên cứu tính toán quá trình cố kết của nền đất yếu được xử lý bằng hút chân không kết hợp với bậc thấm*”, Luận văn Thạc sĩ Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh.
- [6]. Tiêu chuẩn xây dựng TCXD 245 : 2000 - *Gia cố nền đất yếu bằng bậc thấm thoát nước.*
- [7]. Lê Bá Vinh, năm 2007, “*Phương pháp gia tải trước bằng bơm hút chân không để xử lý nền đất yếu: khả năng áp dụng trong điều kiện nền đất yếu dày*”, Tuyển tập hội nghị khoa học & công nghệ lần thứ 10, Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh.

### Abstract:

#### **EFFECT OF THE IDEAL PVD AND NOT IDEAL PVD IN THE SIMULATION OF A SOFT GROUND IMPROVED BY VACUUM PRELOADING AND PVD**

*This paper introduces the analysis of simulation methods of vacuum preloading combined with PVD to improve a soft ground. The simulation methods of ideal PVDs and not ideal PVDs were done with two actual projects. The obtained results of settlement, horizontal displacement, excess pore water pressure were compared with the actual monitoring results. Therefore, depending on the conditions of vacuum technology and experience of the contractor to determine how to simulate the drains to correctly estimate the final settlement as well as other behaviors of the ground.*

**Keywords:** vacuum preloading method, ideal PVDs, not ideal PVDs, settlement, horizontal displacement, excess pore water pressure.

---

*BBT nhận bài: 11/4/2015*

*Phản biện xong: 27/5/2015*