

Ứng dụng mô hình số tính toán xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cố kết chân không cho công trình giao thông ở khu vực TP. Đà Nẵng

- PGS. TS. CHÂU TRƯỜNG LINH - Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng
 ■ TS. PHẠM QUANG ĐÔNG - Trường Cao đẳng Công nghệ - Kinh tế và Thủy lợi miền Trung
 ■ ThS. LÊ QUÝ BỬU NAM - Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng công trình giao thông 5

TÓM TẮT: Mô hình số giải pháp xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cố kết chân không được thực hiện dựa trên lý thuyết cố kết thấm theo phương pháp phần tử hữu hạn. Trên cơ sở áp dụng cho công trình giao thông trên nền đất yếu ở khu vực TP. Đà Nẵng, bài báo sẽ đưa ra một số kết luận về trình tự xây dựng mô hình tính cho bài toán cố kết chân không, xây dựng các phương trình về mối quan hệ giữa thời gian cố kết (t) với chiều dày nền đất yếu (H) và độ cố kết (U).

TỪ KHÓA. Đất yếu, cố kết chân không, công trình giao thông, mô hình số, xử lý nền, TP. Đà Nẵng.

ABSTRACT: A numerical model of solutions to handle soft ground by the vacuum consolidation method is made based on the theory of finite consolidation by finite element method. Based on the application for traffic works on soft ground in the area of Da Nang City, the paper will give some conclusions about the model building sequence for the problem of vacuum consolidation, construction of equation on the relationship between consolidation time (t) and soft soil thickness (H) and consolidation (U).

KEYWORDS: Soft ground, vacuum consolidation, transport works, digital model, ground treatment, Da Nang City

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Được TS. W. Kjellman [7] giới thiệu vào năm 1952, công nghệ bơm hút chân không [1-5] so với các giải pháp truyền thống (bắc thấm, cọc cát... kết hợp đắp gia tải) 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 cố kết chân không cũng đã được áp dụng vào một số dự án giao thông trọng điểm, điển hình là đường cao tốc TP. Hồ Chí Minh - Long Thành - Dầu Giây. Tuy nhiên, 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 cố kết chân không hầu hết đều xuất phát từ lý thuyết cố kết thấm. Theo lý thuyết này thì yếu tố quyết định quá trình cố kết là sự thoát nước tự do trong các lỗ rỗng ra ngoài. Do vậy, có thể sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán.

Trên cơ sở phân tích mô hình số, bài báo sẽ đưa ra một số kết luận về mối quan hệ giữa thời gian cố kết (t) với chiều dày nền đất yếu (H) và độ cố kết (U).

2. GIỚI THIỆU CÔNG TRÌNH

Công trình được lựa chọn để ứng dụng mô phỏng tính toán xử lý nền đất yếu là Gói thầu số 1 dự án đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi bắt đầu từ km0+000 (điểm giao QL.14B) và điểm cuối tại km8+000 nằm trên địa bàn huyện Hòa Vang, TP. Đà Nẵng. Tuyến được thiết kế là đường cao tốc loại A, cấp 120 (vận tốc thiết kế $v = 120$ km/h), quy mô cắt ngang gồm 4 làn xe chạy $B_{xc} = 4 \times 3,75$ m và hai làn dừng xe khẩn cấp $B_{xc} = 2 \times 3$ m; giải phân cách giữa $B_{xc} = 3$ m và phần lề ga có $B_{xc} = 2 \times 0,75$ m. Tổng bề rộng nền đường $B_c = 25,5$ m.

2.1. Điều kiện địa chất

Theo kết quả báo cáo khảo sát địa chất công trình do Công ty TNHH MTV Tư vấn và Khảo sát Thiết kế Xây dựng Trường Sơn thực hiện, địa tầng khu vực trong phạm vi nghiên cứu bao gồm các lớp đất sau: Lớp 1a - Sét màu nâu vàng, xám xanh, trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng, bề dày 1,3 m; lớp 4 - Bun sét pha mica, xám đen, xám xanh, trạng thái chảy đến dẻo chảy dày 11 m; lớp 5b - Sét xám vàng, xám xanh, trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng dày 3 m. Giá trị các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất phục vụ tính toán xử lý nền được tổng hợp ở Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Chỉ tiêu cơ lý đất nền

Lớp		1a	4	5b
Hệ số rỗng e		0,87	1,52	0,72
Độ ẩm (%)		42,74	39,85	40,44
Dung trọng γ (KN/m ³)		18,4	15,8	18,6
Hệ số nén lún $a_{1,2}$		3,9	10,7	3,2
Mô-đun biến dạng E (kPa)		3500	1327	4700
Hệ số thấm k	(m/s)	5,2.10 ⁻⁵	2,3.10 ⁻⁶	3,2.10 ⁻⁵
Tham số sức chống cắt	φ (độ)	11,4	10,12	15,2
	c (kPa)	10,4	6,1	24,3

2.2. Lựa chọn mặt cắt tính toán

Toàn bộ tuyến nghiên cứu đều bắt gặp lớp đất yếu (lớp 4). Lớp đất yếu này có chiều dày biến đổi khá mạnh, phân bố dưới là lớp đất tương đối tốt lớp 1a và nằm bên trên lớp đất tốt (lớp 5b). Lựa chọn mặt cắt tính toán được thể hiện ở Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Mặt cắt tính toán dự án đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi

Ký hiệu mặt cắt	MC1
Lý trình	km4+700
Cao độ mặt đất tự nhiên (m)	3,62
Cao độ thiết kế (m)	8,12
Chiều cao nền đắp (m)	4,5

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHẦN TÍCH SỐ

Bài báo sử dụng phần mềm GeoStudio 2012 để xây dựng mô hình số tính toán. GeoStudio 2012 là phần mềm gồm nhiều mô-đun và có thể hỗ trợ lẫn nhau trong quá trình tính toán. Để giải quyết bài toán có kết chân không, sử dụng chức năng tích hợp hai mô-đun SEEP/W và SIGMA/W của phần mềm để tính toán. Với kiểu phân tích này, ngoài các tham số phục vụ cho phân tích ứng suất - biến dạng như dung trọng γ , mô-đun biến dạng E, tham số sức chống cắt φ và c thì các tham số phục vụ cho phân tích có 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.

GeoStudio 2012 hỗ trợ ba loại hàm để xác định sự biến thiên của hệ số thấm theo áp lực hút ẩm 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.

Trình tự các bước tính toán bài toán có kết chân không bằng việc tích hợp hai mô-đun SEEP/W và SIGMA/W của phần mềm Geostudio 2012 được thực hiện ở sơ đồ Hình 3.1.



Hình 3.1: Sơ đồ trình tự tính toán bài toán có kết chân không

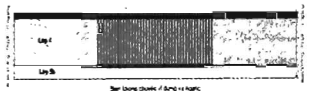
Các điều kiện biên trong mô-đun SEEP/W và SIGMA/W được thể hiện ở Hình 3.2 và 3.3.

Áp lực chân không P₀ **Phân tích 1a**



Hình 3.2: Điều kiện biên trong mô-đun SEEP/W dự án đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi

Tổn thất nước P₀ **Phân tích 1a**



Hình 3.3: Điều kiện biên trong mô-đun SIGMA/W dự án đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi

Quá trình gia tải gồm hai giai đoạn: Giai đoạn 1 gồm lớp cát gia tải trước 0,5 m có trọng lượng thể tích 16 kN/m³ và áp lực chân không 55 kPa trong vòng 10 ngày. Giai đoạn 2 sau 10 ngày đầu trở đi, lớp cát gia tải trước tăng thêm 1,0 m có trọng lượng thể tích 16 kN/m³ và áp lực chân không trung bình 85 kPa.

4. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

4.1. Kết quả độ lún

Quan hệ giữa độ lún tính toán và thời gian dự án đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi thể hiện ở Hình 4.1.

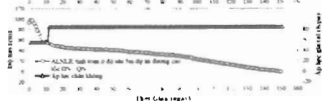


Hình 4.1: Quan hệ giữa độ lún tính toán và thời gian dự án cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi

Kết quả từ Hình 4.1 cho thấy, khi bắt đầu gia tải chân không, trong khoảng 10 ngày đầu tốc độ lún mặt phát triển khá nhanh, sau đó tốc độ giảm dần, độ lún của nền gần như ổn định sau thời gian gia tải.

4.2. Kết quả ALNLR

Quan hệ giữa ALNLR tính toán và thời gian của dự án đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi thể hiện ở Hình 4.2.



Hình 4.2: Quan hệ giữa ALNLR tính toán và thời gian dự án cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi

Kết quả từ Hình 4.2 cho thấy, trong khoảng 10 ngày đầu gia tải chân không, tốc độ suy giảm ALNLR dự giảm nhanh và trong khoảng thời gian còn lại ALNLR dự gần như ổn định.

4.3. Đánh giá hiệu quả xử lý nền bằng phương pháp cốt kết chân không

Để đánh giá hiệu quả xử lý nền bằng phương pháp cốt kết chân không, bài báo so sánh kết quả tính toán với các giải pháp xử lý khác nhau. Một trong các giải pháp được đề cập đến để xử lý nền là giải pháp dùng bấc thấm và giăng cát. Kết quả xử lý bằng hai giải pháp trên bài báo tham khảo từ tài liệu trích dẫn [6].

Bảng 4.1. So sánh kết quả tính toán theo các giải pháp khác nhau

Mặt cắt		MC1
Bấc thấm (PVD)	S_{pvd} , cm	95,3
	T_{pvd} , ngày	469
Giăng cát (SD)	S_{sd} , cm	91,3
	T_{sd} , ngày	459
Cốt kết chân không	S_{ck} , cm	95,61
	T_{ck} , ngày	150

Kết quả từ Bảng 4.1 cho thấy, giải pháp xử lý nền tại MC1 bằng phương pháp cốt kết chân không cho kết quả về thời gian xử lý và độ cốt kết tốt hơn so với hai giải pháp dùng bấc thấm và giăng cát. Tuy nhiên, trong nội dung của bài báo chỉ mới đánh giá các giải pháp tại một mặt cắt (MC1) nên chưa thể kết luận được giải pháp nào là phù hợp để xử lý nền tại gói thầu số 1 dự án đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi.

5. XÁC ĐỊNH HÀM HỐI QUY ĐA BIẾN CÁC QUAN HỆ

5.1. Đặt vấn đề

Kết quả tính toán từ mô hình số bằng việc tích hợp hai mô-đun SEEP/W và SIGMA/W của phần mềm GeoStudio 2012 cho dự án cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi đã cho thấy sự phù hợp của mô hình số.

Trong nội dung phần này, tiến hành tính toán ứng dụng cho đất yếu dự án cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi với các chiều dày đất yếu khác nhau từ 10 m đến 30 m.

Quá trình gia tải gồm hai giai đoạn: Giai đoạn 1

gồm lớp cát gia tải trước 0,5 m có trọng lượng thể tích 16 kN/m³ và áp lực chân không 55 kPa trong vòng 10 ngày. Giai đoạn 2 sau 10 ngày đầu thử đi, lớp cát gia tải trước tăng thêm 1,0 m có trọng lượng thể tích 16 kN/m³ và áp lực chân không trung bình 85 kPa.

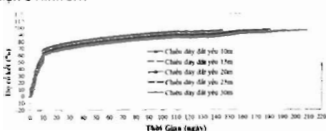
Bấc thấm là loại thông dụng có kích thước (100x4) mm, khoảng cách bấc thấm hiệu quả được chọn 1,1 m dùng để tính toán.

Cách xây dựng mô hình bài toán và các điều kiện biên trong mô hình số như Hình 2.2 và 2.3.

Thông qua các kết quả tính toán từ các chiều dày đất yếu khác nhau, xây dựng mối quan hệ giữa thời gian cốt kết (t) với chiều dày nền đất yếu xử lý (H) và độ cốt kết (U).

5.2. Kết quả tính toán

Quan hệ giữa độ cốt kết và thời gian khi chiều dày nền đất yếu xử lý lần lượt là 10, 15, 20, 25, 30m được thể hiện ở Hình 5.1.



Hình 5.1: Quan hệ giữa độ cốt kết và thời gian

Kết quả từ Hình 5.1 cho thấy, độ cốt kết và thời gian cốt kết của đất yếu phụ thuộc vào chiều dày nền đất yếu xử lý. Chiều dày nền đất yếu càng lớn thì thời gian cốt kết càng dài.

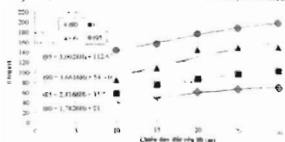
5.3. Xây dựng mối quan hệ giữa thời gian cốt kết (t) với chiều dày nền đất yếu (h) và độ cốt kết (U)

Từ kết quả độ cốt kết tính toán và thời gian ứng với các chiều dày nền đất yếu khác nhau được thể hiện ở Bảng 5.1. Tiến hành xây dựng mối quan hệ giữa thời gian cốt kết (t) với chiều dày nền đất yếu (H) và độ cốt kết (U).

Bảng 5.1. Độ cốt kết và thời gian ứng với các chiều dày đất yếu cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi

Loại đất yếu	Cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi					
	Chiều dày nền đất yếu xử lý (m)	10	15	20	25	30
Thời gian để đạt % độ cốt kết (ngày)	80%	37,17	49,73	58,43	65,7	73,75
	85%	57,8	73,88	85,55	95,85	107,23
	90%	84,82	107,38	143,9	149,48	155,31
	95%	143,47	155,39	174,63	187,77	202,35

Quan hệ giữa thời gian cốt kết (t) với chiều dày nền đất yếu (H) và độ cốt kết (U) được thể hiện ở Hình 5.2.



Hình 5.2: Quan hệ giữa thời gian cốt kết với chiều dày nền đất yếu và độ cốt kết

Ghi chú: t_{80} , t_{85} , t_{90} , t_{95} là thời gian (t) để đạt được độ cố kết tương ứng 80%, 85%, 90%, 95%.

Kết quả từ Hình 5.2 cho thấy, mối quan hệ giữa thời gian cố kết với chiều dày nền đất yếu và độ cố kết khi xử lý nền bằng phương pháp cố kết chân không. Mối quan hệ này được biểu diễn thông qua các phương trình t_{90} đến t_{95} ứng với chiều dày nền đất yếu xử lý từ 10 m đến 30 m và độ cố kết từ 80% đến 95%.

6. KẾT LUẬN

- Đưa ra được trình tự xây dựng mô hình tính cho bài toán cố kết chân không bằng sự kết hợp hai mô-đun SEEP/W và SIGMA/W của phần mềm Geostudio 2012;

- Xây dựng được các phương trình t_{80} , t_{85} , t_{90} , t_{95} về mối quan hệ giữa thời gian cố kết (t) với chiều dày nền đất yếu (H) và độ cố kết (U);

- Dựa vào các phương trình t_{80} , t_{85} , t_{90} , t_{95} , đưa ra được các dự đoán về thời gian cố kết, độ cố kết khi xử lý nền bằng phương pháp cố kết chân không với các chiều dày nền đất yếu xử lý khác nhau từ 10 m đến 30 m, ứng với loại bấc thấm, khoảng cách bấc thấm và cấp tải trong gia tải xác định trước.

- Có thể sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để mô hình các công trình dùng bấc thấm kết hợp với áp lực chân không để gia cố nền đất yếu.

Tài liệu tham khảo

[1]. Phạm Quang Đông (2015), *Nghiên cứu phương pháp cố kết chân không xử lý nền đất yếu để xây dựng công trình*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật.

[2]. Nguyễn Chiến, Tô Hữu Đức, Phạm Huy Dũng (2011), *Phương pháp cố kết chân không xử lý nền đất yếu trong xây dựng công trình*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[3]. Nguyễn Chiến, Phạm Quang Đông (2012), *Ứng dụng phương pháp cố kết chân không xử lý nền đất yếu khi xây dựng công trình thủy lợi vùng ven biển*, Tạp chí Địa kỹ thuật, (2), 3-9.

[4]. Trần Quang Hồ, Trinh Thị Thùy Dương, Võ Minh Thắng (2009), *Hiệu quả của phương pháp cố kết chân không kết hợp gia tải trước trên nền đất yếu khu công nghiệp Phú Mỹ*, Tạp chí Địa kỹ thuật, (4), 30-37.

[5]. Phạm Văn Long (2012), *Thiết kế thi công và thực nghiệm đánh giá xử lý nền đất yếu bằng bấc thấm có và không có cố kết chân không*, Hội thảo về xử lý nền đất yếu, Trường Đại học GTVT, Hà Nội.

[6]. Nguyễn Thị Ngọc Yến (2018), *Nghiên cứu tính chất cơ lý nền đất yếu đóng bằng ven biển Quảng Nam - Đà Nẵng phục vụ xây dựng đường giao thông*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội.

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

Ngày nhận bài: 05/3/2019

Ngày chấp nhận đăng: 14/5/2019

Người phản biện: TS. Trần Đình Quảng