



HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC TẾ PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG BỀN VỮNG TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

International Conference on sustainable construction development
in the context of climate change in the Mekong Delta (SCD2021)



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

1
2
0
2
D
C
S



HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC TẾ PHÁT TRIỂN XÂY DỰNG BỀN VỮNG TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

International Conference on sustainable construction development
in the context of climate change in the Mekong Delta (SCD2021)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2021



MỤC LỤC

STT	Tên bài	Trang
1	Phát triển xây dựng bền vững – cơ hội và thách thức trong điều kiện chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Cửu Long Sustainable construction development – opportunities and challenges in the condition of active responsibilities to climate change area <i>TS . Trương Thị Hồng Nga</i>	3
2	Kinh nghiệm tổ chức nhà ở của châu Âu tại các vùng ngập nước tương đồng điều kiện đồng bằng sông Cửu Long European experience of housing organization in flood-prone areas similar to conditions of the mekong delta <i>Nguyen Tan Huy</i>	21
3	Kiến trúc trường học vùng đồng bằng sông Cửu Long ứng phó với biến đổi khí hậu theo hướng thích ứng, linh hoạt, đa chức năng <i>Doãn Minh Khôi, Doãn Thanh Bình, Nguyễn Mạnh Cường</i>	29
4	Tiếp cận cảnh quan văn hóa trong quy hoạch xây dựng đô thị thích ứng lũ lụt: nghiên cứu trường hợp sông Côn, sông Hà Thanh - thành phố Quy Nhơn - tỉnh Bình Định Cultural landscape along Con river and Ha Thanh river, Quy Nhon city, Binh Dinh – province: opportunities and challenges of urban development in flood adaptation <i>Phạm Việt Quang, Phạm Anh Dũng, Hoàng Anh, Cù Thị Ánh Tuyết</i>	37
5	Phân tích sự làm việc của vỏ hầm hai lớp The double - layer tunnel is operation is examined <i>Nguyễn Ngọc Huệ, Lê Minh Quang, Nguyễn Quang Quý</i>	51
6	Nghiên cứu phương pháp tính toán dao động riêng của hệ kết cấu dây cứng theo phương pháp nguyên lý cực trị gauss A research on calculation methods of natural vibrations of rigid cable structure system based on the gaussian extreme principle method <i>Phạm Hồng Hạnh, Phạm Văn Trung</i>	59
7	Phương pháp phase field với phân rã trực giao ten-xơ biến dạng mô phỏng hư hỏng kết cấu chứa vật liệu đẳng hướng Modeling of damage in structures containing isotropic material by phase field method with strain orthogonal decompositions <i>Vũ Bá Thành, Ngô Văn Thức</i>	67
8	Một số giải pháp trong khai thác nước ngầm bằng bãi giếng nhằm giảm thiểu hạ thấp mặt đất Some solutions in groundwater exploitation by good yards for reduction lowering the ground <i>Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong</i>	75
9	Một số giải pháp trong khai thác nước ngầm bằng bãi giếng nhằm giảm thiểu hạ thấp mặt đất Some solutions in groundwater exploitation by good yards for reduction lowering the ground <i>Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong</i>	83

- | | | |
|----|---|-----|
| 10 | Xác định các tham số neo đất phù hợp giữ ổn định bờ sông tránh sạt lở
Determination of the appropriate parameters of soil bolts for river bank reinforcement to reduce landslide
<i>Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong, Ngô Văn Thúc</i> | 89 |
| 11 | Nghiên cứu xác định phạm vi vùng ảnh hưởng khi thi công khoan kích ngầm trong điều kiện đất yếu tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long
Estimating the influence zone induced by pipejacking in the Mekong Delta soft soil conditions
<i>Vũ Minh Ngạn, Lại Thanh Nhân, Hoàng Đình Phúc, Phạm Đức Thọ</i> | 97 |
| 12 | Nghiên cứu xây dựng mô hình số đánh giá hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng cọc hỗn hợp vật liệu cát biển - xi măng - tro bay
3D numerical modeling to estimate the effectiveness of sea sand - cement - fly ash columns improved soft soil
<i>Pham Van Hung, Ta Duc Thinh, Nguyen Thanh Duong, Bui Anh Thang</i> | 105 |
| 13 | So sánh phương án cọc trong xử lý nền công trình thủy lợi
Comparison of pile foundation alternatives in hydraulic structure
<i>Dương Nghĩa Nhân, Trần Văn Tỷ, Lâm Tấn Phát, Võ Văn Đẩu</i> | 113 |
| 14 | Tiềm năng sử dụng tro trấu trong cải tạo, xử lý đất yếu ở đồng bằng sông Cửu Long
Potential use of rice husk ash in soft soil improvement in Mekong Delta
<i>Nguyễn Thành Dương</i> | 123 |
| 15 | Công trình ngầm thành phố và các giải pháp địa kỹ thuật
Urban underground structures and geotechnical measures
<i>Nguyen Ngoc Long Giang, Nguyen Quang Phich, Nguyen Van Manh, Phạm Văn Kiên, Dao Hong Hai</i> | 133 |
| 16 | Phát triển đô thị thông minh bền vững trong bối cảnh cuộc cách mạng Công nghệ 4.0 và khởi nghiệp sáng tạo tại một số đô thị miền Nam Việt Nam
Sustainable Smart City Development in The Context of the 4.0 Technology Revolution and Innovative Start Up in Some Cities in the South of Vietnam
<i>Pham Kien, Tran Van Thien, Tran Nguyen Nha Chi, Nguyen Quang Phich</i> | 141 |
| 17 | Mô phỏng số về lan truyền vết nứt trong dầm bê tông
Numerical simulation of crack growth in the concrete beams
<i>Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Ngọc Long Giang</i> | 153 |
| 18 | Nghiên cứu và phát triển bê tông tính năng siêu cao trong xây dựng
Research and development of Ultra-High performance concrete in construction
<i>Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong, Phạm Mạnh Hòa</i> | 159 |
| 19 | Phân tích tính chất phá hủy của dầm bê tông nứt mối sử dụng nano-silica khi chịu uốn: Thực nghiệm và mô phỏng
On the analysis fracture properties of notched concrete beams incorporating nano-silica in bending test: Experimentation and simulation
<i>Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn, Hoàng Đình Phúc, Ngô Văn Thúc</i> | 167 |
| 20 | Khả năng sử dụng cốt liệu lớn tái chế từ bê tông phế thải để thay thế cốt liệu tự nhiên trong xây dựng công trình
The ability to use coarse recycled aggregates concrete for replacement of natural aggregates in building construction
<i>Dang Quang Huy, Bui Anh Thang, Pham Duc Tho</i> | 173 |
| 21 | Đánh giá mô hình khí hậu toàn cầu và viễn thám để ứng phó với biến đổi khí hậu tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long
Evaluation of global climate models and remote sensing technology in response to climate change in the vietnamese mekong delta | 181 |

22	Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến ngập lụt thành phố Cần Thơ - các giải pháp kiểm soát và thích ứng Impact of climate change on Can Tho city - The high-risk flood area division and flooding control and adaptation <i>Trần Thanh Thảo, Lê Thị Bạch Tuyết, Giang Văn Tuyên, Trần Quang Nhật</i>	191
23	Ứng dụng mô hình SWMM để xuất giải pháp giảm ngập cho quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ Applying SWMM model to propose solutions for flood mitigation at Binh Thuy district, Can Tho city <i>Nguyễn Ngọc Toàn, Nguyễn Đình Giang Nam, Nguyễn Võ Châu Ngân</i>	199
24	Nghiên cứu nguyên nhân gây sạt lở bờ sông Nhu Gia tại địa bàn huyện Mỹ Tú, tỉnh Sóc Trăng Study on causes for erosion of Nhu Gia River in My Tu district, Soc Trang Province <i>Nguyễn Thái An, Phạm Quốc Thanh, Trần Văn Tỷ, Lê Hải Trí, Huỳnh Thị Cẩm Hồng, Đinh Văn Duy</i>	209
25	Đánh giá tính tổn thương xâm nhập mặn nguồn tài nguyên nước dưới đất tỉnh Trà Vinh <i>Đào Hồng Hải, Daniela Cid Escobar, Sergio Gil Villalba, Tibor STigte, Nguyễn Việt Kỳ</i>	217
26	Some issues in the planning, artificial recharge, exploiting and protecting groundwater resources in Tra Vinh province <i>Nguyen Viet Ky, Dao Hong Hai</i>	225
27	Photocatalytic performance of TiO ₂ nanoparticle doped by transition metal ion <i>Jittinat Sirichokthanasarp, Patcharaporn Phuinthiang, Dang Trung Tri Trinh, Duangdao Channei, Kantapat Chansaenpak, Auppatham Nakaruk, Wilawan Khanitchaidecha</i>	233
28	Đánh giá tổn thương do tác động biến đổi khí hậu – trường hợp nghiên cứu tại tỉnh Trà Vinh Assessment the vulnerability on climate change impact– case study in tra vinh province <i>Nguyễn Quốc Hậu, Trịnh Công Luận, Nguyễn Thị Hồng Điệp</i>	243
29	Đánh giá hiệu quả hệ thống giao thông - thủy lợi đáp ứng tiêu chí nông thôn mới của huyện Long Mỹ, tỉnh Hậu Giang Evaluation of the effectiveness of the transportation - irrigation system adapt to the new rural area criteria at Long My district, Hau Giang province <i>Ngô Quốc Phục, Trương Yến Linh, Ngô Thị Ngọc, Nguyễn Võ Châu Ngân</i>	251
30	Research on urban infrastructure solutions Adapting to climate change conditions in HCMC and the Mekong Delta <i>Ngo Trung Duong, Vo Anh Tuan</i>	261

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG CỌC HỖN HỢP VẬT LIỆU CÁT BIỂN - XI MĂNG - TRO BAY

3D NUMERICAL MODELING TO ESTIMATE THE EFFECTIVENESS OF SEA SAND - CEMENT - FLY ASH COLUMNS IMPROVED SOFT SOIL

Pham Van Hung, Ta Duc Thinh,
Nguyen Thanh Duong, Bui Anh Thang

ABSTRACT:

The sea sand-cement-fly ash columns for soft soil treatment is a new technology, it was developed on the basis of sand column technology and soil-cement deep mixing column technology. In order to be able to apply this technology in practice, besides the theoretical and experimental basis, the design flow-chart, construction, it is necessary to estimate the effectiveness of this method. The paper presents the 3D numerical modeling results to evaluate the effect of sea sand - cement - fly ash columns on soft soil treatment. The usage of sea sand-cement-fly ash columns reduces the settlement of the embankment from 117 cm (before treatment) to 16 cm (after treatment), and decreases the horizontal displacement of embankment talus base road from 49.4 cm to 4.8 cm. In addition, an increase in strength and length of the sea sand-cement-fly ash columns have the effect of reducing settlement and horizontal displacement of the embankment.

KEYWORDS: *soft soil, sea sand - cement - fly ash columns, numerical modeling, settlement.*

TÓM TẮT:

Công nghệ cọc cát biển - xi măng - tro bay xử lý nền đất yếu là công nghệ mới, được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất-xi măng. Để ứng dụng công nghệ này vào thực tế ngoài cơ sở lý thuyết, cơ sở thực nghiệm, quy trình thiết kế, thi công và nghiệm thu cần có kết quả đánh giá hiệu của công nghệ. Bài báo trình bày kết quả mô hình số đánh giá hiệu quả của cọc cát biển - xi măng - tro bay xử lý nền đất yếu. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng cọc cát biển - xi măng - tro bay có tác dụng làm giảm độ lún của nền từ 117 cm trước xử lý còn 16 cm sau xử lý, giảm chuyển vị ngang của chân taluy nền đường từ 49,4 cm xuống còn 4,8 cm. Ngoài ra, tăng cường độ và chiều dài của cọc mang liệu hiệu quả giảm độ lún và chuyển vị ngang của nền đường.

TỪ KHÓA: *đất yếu, cọc cát biển - xi măng - tro bay, mô hình số, độ lún.*

Pham Van Hung

Department of Infrastructure Engineering, Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Duc Thang Ward, North Tu Liem district, Hanoi city.

Email: phamvanhung@humg.edu.vn

Tel: 0913899098

Ta Duc Thinh

Department of Infrastructure Engineering, Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Duc Thang Ward, North Tu Liem district, Hanoi city.

Email: taducthinh@humg.edu.vn

Nguyen Thanh Duong

Engineering Geology Department, Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Duc Thang Ward, North Tu Liem district, Hanoi city.

Email: nguyenthanhduong@humg.edu.vn

Bui Anh Thang

Department of Infrastructure Engineering, Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Duc Thang Ward, North Tu Liem district, Hanoi city.

Email: buianhthang@humg.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Công nghệ cọc cát biển - xi măng - tro bay xử lý nền đất yếu là công nghệ mới, được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất - xi măng với việc sử dụng nguồn cát biển và tro bay tại chỗ làm vật liệu cọc. Để có thể ứng dụng công nghệ này vào thực tế xử lý nền đất yếu, ngoài việc xây dựng cơ sở lý thuyết, cơ sở thực nghiệm, quy trình tính toán, thiết kế, thi công và nghiệm thu cọc đảm bảo độ tin cậy thì việc đánh giá chất lượng, hiệu quả xử lý nền cả về kỹ thuật và kinh tế là rất quan trọng. Việc đánh giá hiệu quả xử lý bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay có thể triển khai thông qua nghiên cứu mô hình vật lý thực của cọc ở hiện trường bằng cách thi công cọc thử, so sánh chất lượng của mẫu đất nền, mẫu cọc trước khi xử lý và sau khi xử lý [1]. Tuy nhiên, do là công nghệ mới chưa được ứng dụng vào thực tiễn, chưa có điều kiện triển khai thi công cọc ở hiện trường nên việc đánh giá hiệu quả của cọc cát biển - xi măng - tro bay có thể tiến hành bằng cách phân tích mô hình số mô phỏng sự làm việc của cọc trong quá trình xử lý nền đất yếu.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ GIA CỐ NỀN

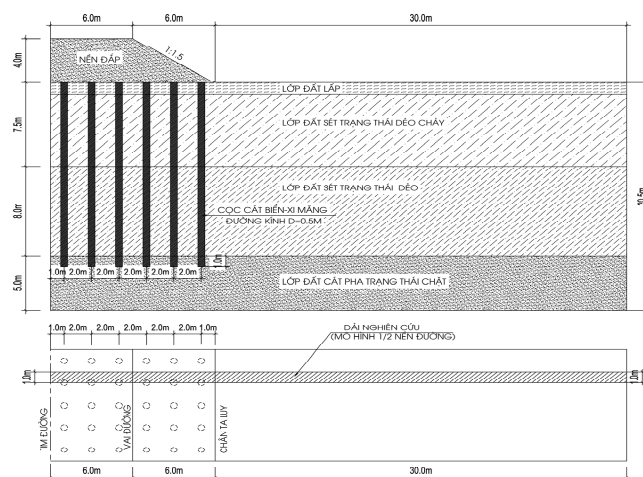
2.1. Lựa chọn thông số kỹ thuật để xây dựng mô hình số

Để xây dựng mô hình số đánh giá hiệu quả xử lý nền đất yếu, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn đối tượng để xây dựng mô hình là tuyến đường bộ ven biển đoạn qua tỉnh Nam Định với các thông số kỹ thuật của nền đường đắp tại vị trí thiết kế mô phỏng là: chiều rộng mặt đường 12,0 m,

chiều rộng làn đường $2 \times 3,5 = 7,0$ m, chiều rộng lề đường $2 \times 2,5 = 5,0$ m, lề gia cố $2 \times 2 = 4,0$ m, chiều cao đường đắp 6,0 m, mái ta luy đắp bên trái và bên phải bằng 1:1,5. Địa tầng theo thứ tự từ trên xuống gồm: 1) đất lấp, dày 1,0 m; 2) đất sét trạng thái dẻo chảy (lớp 2), dày 6,5 m; 3) đất sét trạng thái dẻo chảy (lớp 4a), dày 8,0 m; 4) cát pha dẻo (lớp 5), chiều dày 5,0 m được xem như lớp chịu lực. Mực nước ngầm được xem xét ở mức cao độ bằng mặt đất, cốt +0,0. Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất được thống kê trong bảng 1. [2]

2.2. Các thông số thiết kế cọc cát biển - xi măng - tro bay

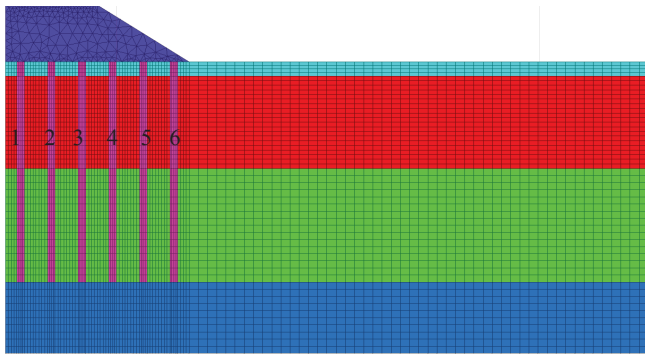
Dựa vào các thông số địa kỹ thuật tuyến đường tại vị trí thiết kế mô phỏng nêu trên, cọc cát biển - xi măng - tro bay được thiết kế giả định với các thông số: đường kính cọc $d = 0,5$ m, chiều dài cọc 16,5 m (chôn vào lớp đất cát chặt 1,0 m), các cọc được bố trí theo lưới hình vuông, khoảng cách giữa các cọc $L = 2,0$ m (Hình 1).



Hình 1. Các thông số thiết kế cọc cát biển - xi măng - tro bay

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất nền tại vị trí thiết kế điển hình

STT	Số thứ tự lớp	Loại đất	Chiều dày, (m)	Khối lượng thể tích γ_w (g/cm^3)	Chỉ số dẻo (I_p)	Độ sệt (I_L)	Hệ số rỗng e	Hệ số nén lún a_{1-2} (cm^2/KG)	Góc ma sát trong φ (độ)	Lực dính đơn vị, c (kPa)
1	Lớp 1	Đất đắp	1,0	1,73	-	-	-	-	6o11'	6,2
2	Lớp 2	Sét dẻo chảy	6,5	1,73	20,58	0,87	1,261	9,10	6o11'	6,2
4	Lớp 4	Sét pha dẻo chảy	8,0	1,68	27,08	0,85	1,145	11,1	6o27'	6,7
5	Lớp 5	Cát pha	5,0	1,88	4,96	-	0,823	0,033	13o58'	5,4

**Hình 2.** Chia lưới mô hình mô phỏng 3D

2.3. Xây dựng mô hình số 3D

Mô hình số 3D được xây dựng bằng phần mềm FLAC3D dựa trên lời giải của phương pháp sai phân hữu hạn [3]. Do tính chất đối xứng nên mô hình được xây dựng theo dạng dải của một nửa nền đường với 6 cọc cát biển - xi măng - tro bay, cho phép xác định ảnh hưởng của nhóm cọc và hiệu ứng vòm phía trên đầu các cọc (Hình 1). Các phần tử khối đa diện được sử dụng trong phép lưới chia và được liên kết với nhau tại các nút lưới. Nền đất, cọc, lớp đệm cát và nền đường đều sử dụng các phần tử khối, cho phép quan sát ứng suất và chuyển vị của nền đất và cọc. Lưới của mô hình được thể hiện như ở Hình 2. Để quan sát độ lún, chuyển vị và ứng suất, các cọc được đánh số theo thứ tự từ 1 đến 6 tính từ bên trái sang bên phải. Trong các phân tích, nền đường đắp và các lớp đất yếu, lớp cát pha, cọc cát biển - xi măng - tro bay sẽ được mô hình hóa bằng mô hình đàn hồi tuyến tính, dẻo tuyệt đối kết hợp với tiêu chí phá hủy Mohr-Coulomb (mô hình Mohr-Coulomb). Các thông số của mô hình được sử dụng từ kết quả

nghiên cứu thực nghiệm ở trong phòng. Sự tương tác giữa cọc - đất được xem xét thông qua các mặt phẳng tiếp xúc (interfaces).

Về điều kiện biên, mô hình xem xét hết chiều dày lớp cát pha với cao độ biên dưới bằng -20,5 m, biên dưới của mô hình được xem như không có chuyển vị. Do tính đối xứng của mô hình, chuyển vị ngang tại mặt cắt tim đường theo phương y được gán bằng 0. Để giảm thiểu ảnh hưởng của các điều kiện biên ngang của mô hình, các phương x và y được lấy sang hai bên bằng 30 m, xấp xỉ bằng 3 lần một nửa chiều rộng của nền đường, tại các biên ngang này, chuyển vị theo phương ngang cũng được gán bằng 0. Mặt biên vuông góc với phương y, cũng được gán chuyển vị theo phương y bằng 0.

2.4. Mô hình ứng xử của vật liệu và các thông số của mô hình

Cọc cát biển - xi măng - tro bay được làm từ vật liệu cát biển, xi măng và tro bay, được đại diện bởi mô hình Mohr-Coulomb. Dựa vào kết quả thí nghiệm mẫu vữa cát biển-xi măng-tro bay theo thời gian, cường độ chịu nén của cọc sẽ dao động từ $q_u = 0,5$ Mpa đến 2,5 Mpa. Trong phạm vi nghiên cứu, do chưa thực hiện đủ các thí nghiệm để xác định các thông số về sức kháng cắt cũng như sức chịu tải của cọc cát biển - xi măng - tro bay nên các thông số về cọc được giả thiết giống như trong nghiên cứu của Wang và nnk, 2018 [4], được cho trong Bảng 2. Mô hình Mohr-Coulomb được kiến nghị sử dụng với các thông số: E - mô đun đàn hồi, ν - hệ số Poisson, φ' - góc ma sát trong,

c – lực dính đơn vị và γ - khối lượng thể tích. Các thông số đã được xác định từ các kết quả thí nghiệm như ở trong Bảng 1.

Để mô phỏng sự tương tác giữa phần tử kết cấu và đất, các phần tử tương tác được gán tại mặt phẳng tiếp xúc kết cấu - đất, theo tài liệu hướng dẫn phần mềm FLAC3D, độ cứng cắt và độ cứng theo phương pháp tuyến của các phần tử tương

tác được lấy bằng 108 kN/m/m, lực dính đơn vị sẽ được lấy theo kết quả thực nghiệm, góc ma sát trong của phần tử tương tác được lấy giả định bằng 2/3 giá trị góc ma sát trong của đất xung quanh cọc. Tiến hành loại bỏ một số thông số không cần thiết, toàn bộ các thông số vật liệu, phần tử tương tác của bài toán xây dựng mô hình được tóm tắt trong Bảng 3.

Bảng 2. Các thông số của cọc cát biển - xi măng - tro bay (theo Wang và nnk 2018)

q_u	E (Mpa)	ν	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	K_o	ψ (°)
0,5	670	0,24	22	161	43	0,32	13
1,0	947,6	0,24	22	273	43	0,32	13
1,5	1160,6	0,24	23	386	43	0,32	13
2,0	1340,2	0,24	23	498	43	0,32	13
2,5	1498,4	0,24	24	611	43	0,32	13

Bảng 3. Bảng thông số của các mô hình trong tính toán mô phỏng

Vật liệu	Mô hình	Các thông số của mô hình
Đất lấp	Morh-Coulomb	$E = 2,48$ Mpa, $\nu = 0,3$, $\varphi = 6^\circ 11'$, $c = 6,2$ kPa, $\gamma = 17,3$ kN/m ³
Sét dẻo chảy	Morh-Coulomb	$E = 2,48$ Mpa, $\nu = 0,3$, $\varphi = 6^\circ 11'$, $c = 6,2$ kPa, $\gamma = 17,3$ kN/m ³
Sét pha dẻo chảy	Morh-Coulomb	$E = 1,93$ Mpa, $\nu = 0,3$, $\varphi = 6^\circ 27'$, $c = 6,7$ kPa, $\gamma = 16,8$ kN/m ³
Cát pha		$E = 6,15$ Mpa, $\nu = 0,3$, $\varphi = 13^\circ 58'$, $c = 12,4$ kPa, $\gamma = 18,8$ kN/m ³
Nền đường đắp	Morh-Coulomb	$E = 30$ Mpa, $\nu = 0,2$, $\varphi = 19$ kN/m ³
Phần tử tiếp xúc	Đất sét - cọc	$k_s = k_n = 1 \times 108$ kN/m/m, $\varphi = 4^\circ 8'$, $c = 6,2$ kPa
	Đất cát - cọc	$k_s = k_n = 1 \times 108$ kN/m/m, $\varphi = 4^\circ 18'$, $c = 6,7$ kPa

2.5. Tải trọng tác dụng

Trước khi tác dụng tải trọng, trạng thái ứng suất ban đầu của hệ thống phải được thiết lập, điều này cho phép xác định trạng thái ứng suất ban đầu của đất theo tất cả các phương x , y và z . Trạng thái ứng suất ban đầu được xác định thông qua các công thức:

$$\sigma_{zz} = \rho * g * z$$

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = K_0 * \rho * g * z$$

Để xem xét ảnh hưởng của tải trọng ngoài phân bố trên đỉnh nền đường đắp p đến độ lún và cơ chế truyền ứng suất của nền đắp và đất yếu, giá trị p được tăng dần: $p = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40$ và 50 kPa.

3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG CỌC CÁT BIỂN - XI MĂNG - TRO BAY

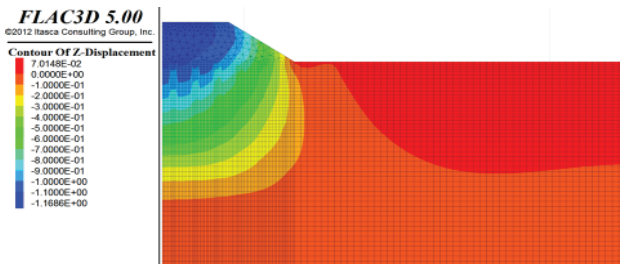
Hiệu quả trong việc giảm độ lún, giảm chuyển vị ngang của nền đường và ứng suất tác dụng xuống nền đất yếu được xem xét thông qua việc so sánh 2 trường hợp: nền đường đắp trên nền đất yếu chưa gia cố và nền đường đắp trên nền đất yếu đã gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay. Ngoài ra, nghiên cứu cũng tập trung làm rõ ảnh hưởng của các thông số cọc cát biển - xi măng - tro bay như độ cứng cọc, chiều dài cọc và tải trọng ngoài bên trên đường đắp đến độ lún, ứng suất tác dụng xuống nền đất yếu và xuống đầu cọc.

Việc phân tích được xem xét với cọc cát biển - xi măng - tro bay có các thông số như ở Hình 1 và cọc có sức kháng nén đơn trục $q_u = 1,5 \text{ Mpa}$.

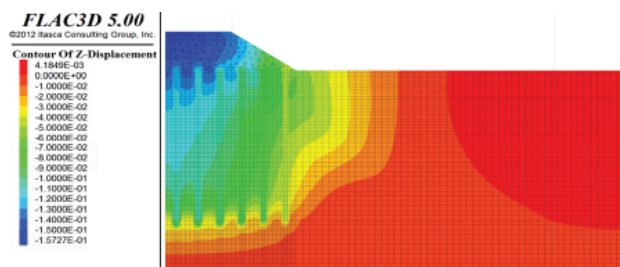
3.1. Tác dụng của cọc đến độ lún nền đất yếu

Mô hình đường đắp trên nền đất yếu chưa gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay được thể hiện trong Hình 3.a. Kết quả phân tích mô hình cho thấy, độ lún của nền đất yếu là rất lớn, bằng 117 cm, vượt quá nhiều độ lún cho phép (30 cm) theo quy định trong Tiêu chuẩn Ngành 22TCN262-2000.

Mô hình đường đắp trên nền đất yếu đã gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay được thể hiện trong hình 3.b. Kết quả phân tích mô hình cho thấy, giá trị độ lún của đường đắp đã giảm đi đáng kể, chỉ vào khoảng 16 cm. Như vậy, khi tiến hành gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay, độ lún do tải trọng đường đắp gây ra chỉ vào khoảng 1/7 độ lún của nền đất yếu chưa được gia cố.



a) Nền đất yếu chưa gia cố



b) Nền đất yếu đã gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay có $q_u = 1,5 \text{ Mpa}$

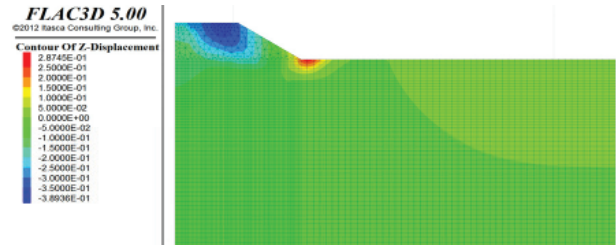
Hình 3. Độ lún của nền đất yếu khi chịu tác dụng của tải trọng đường đắp

3.2. Tác dụng của cọc đến độ lún nền đất yếu khi có thêm tải trọng ngoài

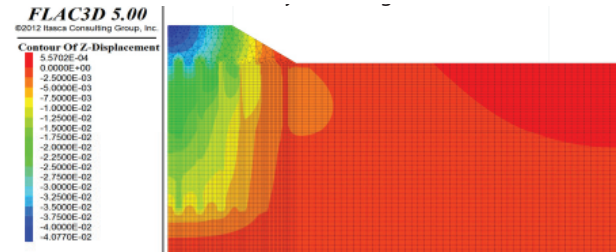
Hình 4 so sánh độ lún của nền đất yếu trước và sau khi gia cố khi chịu tác dụng của tải trọng bản thân đường đắp và tải trọng ngoài $p = 15 \text{ kPa}$.

Từ Hình 4 cho thấy, dưới tác dụng của tải

trọng đường đắp và tải trọng ngoài $p = 15 \text{ kPa}$, độ lún của nền đất yếu chưa gia cố bằng 39 cm (Hình 4.a), đã gia cố bằng 4 cm (Hình 4.b). Như vậy là, so với độ lún của nền đất yếu chưa gia cố, độ lún của nền đất yếu đã gia cố giảm đi khoảng 10 lần, chứng tỏ hiệu quả rõ rệt của cọc cát biển - xi măng - tro bay.



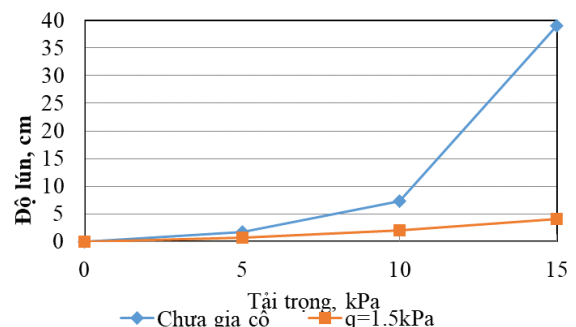
a) Nền đất yếu chưa gia cố



b) Nền đất yếu đã gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay có $q_u = 1,5 \text{ Mpa}$

Hình 4. Độ lún của nền đất yếu khi chịu tải trọng đường đắp và tải trọng ngoài $p = 15 \text{ kPa}$.

Biểu đồ Hình 5 biểu diễn mối quan hệ giữa độ lún và tải trọng ngoài trong trường hợp nền đất yếu chưa gia cố và đã gia cố. Khi nền đất yếu chưa gia cố, quan hệ giữa độ lún và tải trọng là tuyến tính chỉ quan sát được khi tải trọng ngoài nhỏ hơn 10 kPa, khi tải trọng ngoài tăng lên đến 15 kPa, quan hệ giữa độ lún và tải trọng đã chuyển sang phi tuyến, nghĩa là độ lún đã tăng lên rất nhiều khi tải trọng tăng lên hữu hạn. Trong khi đó, đường quan hệ độ lún - tải trọng với nền đất yếu đã gia cố hầu như là tuyến tính. Điều này



Hình 5. Quan hệ giữa độ lún và tải trọng ngoài khi nền đất yếu chưa và đã gia cố

cho thấy, sử dụng cọc cát biển - xi măng - tro bay gia cố nền đất yếu không chỉ giảm đáng kể độ lún mà còn mang lại hiệu quả trong việc cản trở sự phá hoại nền đất yếu, tăng sức chịu tải và nở rộng phạm vi làm việc đàn hồi của nền đất yếu.

3.3. Tác dụng của cọc đến chuyển vị ngang nền đường

Hình 6 phân tích chuyển vị ngang của nền đường khi nền đất yếu chưa và đã gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay. Kết quả cho thấy, chuyển vị ngang của vùng diện tích giáp với chân taluy đường đắp là lớn nhất. Hiện tượng nén ép vùng giữa của nền đường đắp xuống nền đất yếu gây nên lực đẩy trôi sang hai bên. Khi nền đất yếu chưa gia cố thì chuyển vị ngang của chân taluy nền đường đắp bằng 49,4 cm, khi nền đất yếu đã gia cố thì chuyển vị ngang của chân taluy nền đường chỉ bằng 4,8 cm và cũng không quan sát thấy hiện tượng đẩy trôi trên mặt đất bên cạnh taluy nền đường đắp. Vùng nén ép chỉ quan sát thấy ở phạm vi nhất định của nền đất yếu phía dưới.

3.4. Tác dụng của độ cứng cọc đến độ lún nền đất yếu

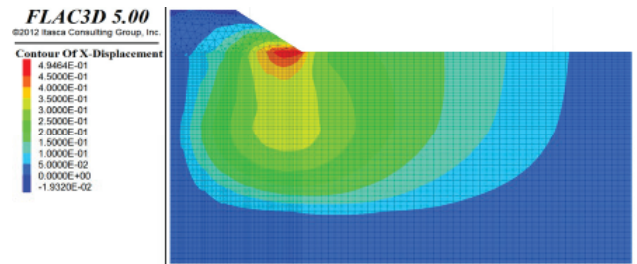
Hình 7 biểu diễn mối quan hệ giữa độ lún và tải trọng tương ứng với các giá trị cường độ cọc cát biển - xi măng - tro bay khác nhau.

Khi tải trọng tác dụng tăng lên thì độ lún của nền đường tăng lên. Tuy nhiên, có thể nhận thấy, khi tải trọng chưa đáng kể, độ lún của nền đường tương ứng với cọc có cường độ $q_u = 1,5 \text{ Mpa}$ và $2,5 \text{ Mpa}$ gần như nhau. Khi tải trọng lớn, độ lún của nền đường sẽ phụ thuộc đáng kể vào cường độ của cọc. Ngoài ra, biểu đồ cũng chỉ ra rằng, cường độ của cọc tăng lên sẽ làm giảm đáng kể độ lún của nền đường. Độ lún ứng với cường độ của cọc bằng $1,5 \text{ Mpa}$ chỉ bằng $\frac{1}{2}$ độ lún ứng với cường độ của cọc bằng $0,5 \text{ Mpa}$.

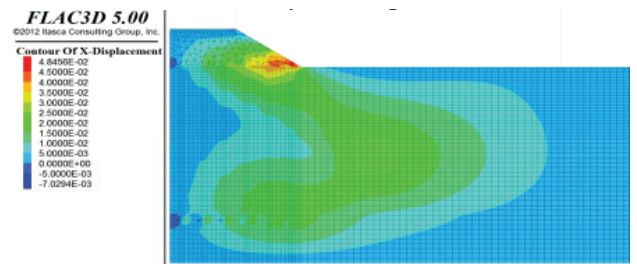
3.5. Tác dụng của độ cứng cọc đến chuyển vị ngang nền đường

Hình 8 chỉ ra rằng, khi cường độ chịu nén của cọc tăng lên làm giảm đáng kể chuyển vị ngang của chân taluy đường. Với cấp áp lực bằng

50 kPa , chuyển vị ngang quan sát được bằng 78 cm , 30 cm và 14 cm ứng với cường độ của cọc bằng $0,5 \text{ Mpa}$, $1,5 \text{ Mpa}$ và $2,5 \text{ Mpa}$.

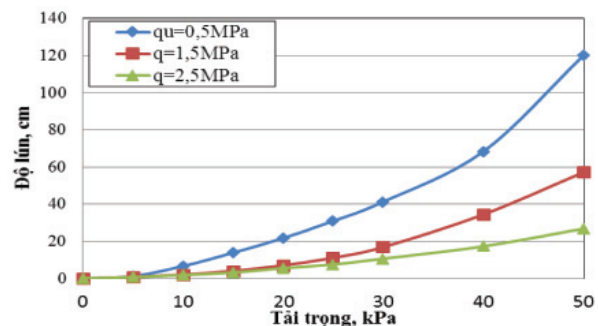


a) Nền đất yếu chưa gia cố



b) Nền đất yếu đã gia cố bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay có $q_u = 1,5 \text{ Mpa}$

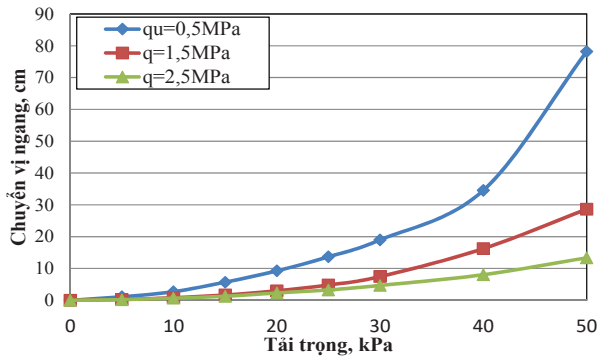
Hình 6. Chuyển vị ngang của chân taluy nền đường khi chịu tải trọng bản thân khối đắp



Hình 7. Tác dụng của cường độ cọc cát biển - xi măng - tro bay đến độ lún nền đường

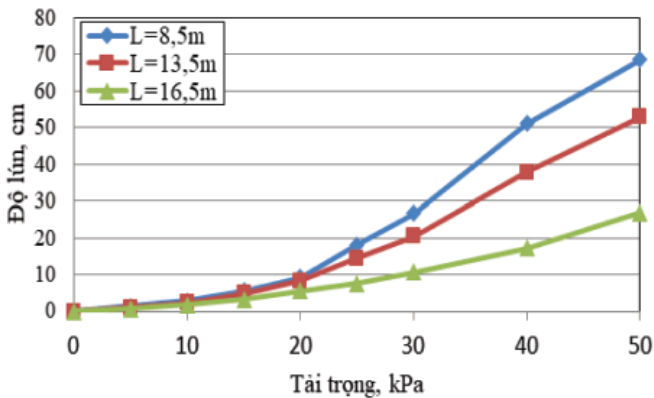
3.6. Tác dụng của chiều dài cọc đến độ lún nền đường

Để nghiên cứu tác dụng của chiều dài cọc đến độ lún nền đường và chuyển vị đầu cọc, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thay đổi chiều dài cọc gia cố với các giá trị: 1) $L = 8,5 \text{ m}$ tương ứng với cọc xuyên qua lớp đất sét yếu, 2) $L = 13,5 \text{ m}$ tương ứng với mũi cọc đặt giữa lớp đất yếu sét pha, t3) $L = 16,5 \text{ m}$ tương ứng với mũi cọc đặt tại lớp cát pha chịu lực. Cường độ chịu nén của cọc trong 3 trường hợp này sẽ được giữ không thay đổi với giá trị bằng $2,5 \text{ Mpa}$.



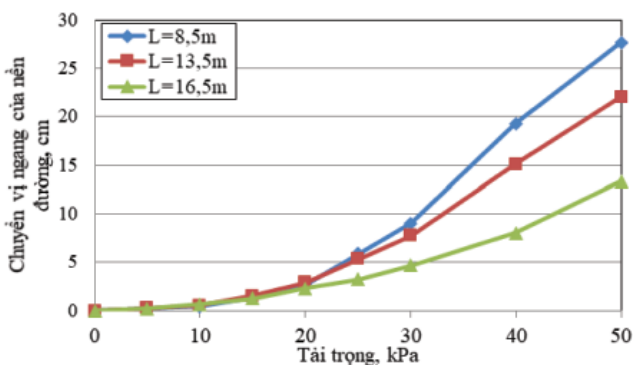
Hình 8. Tác dụng của cường độ cọc cát biển - xi măng - tro bay đến chuyển vị ngang nền đường

Hình 9 biểu diễn mối quan hệ giữa chiều dài cọc gia cố với độ lún của nền đường. Độ lún khi chiều dài cọc bằng 8,5 m lớn gấp 1,4 lần so với cọc có chiều dài bằng 13,5 m, và xấp xỉ 4 lần độ lún khi cọc tựa vào lớp đất tốt. Do đó, có thể thấy rằng, hiệu quả tốt nhất của cọc cát biển - xi măng - tro bay khi gia cố là chiều dài cọc lấy lớn hơn chiều sâu của đất yếu.



Hình 9. Tác dụng của chiều dài cọc cát biển - xi măng - tro bay đến độ lún nền đường

3.7. Tác dụng của chiều dài cọc đến chuyển vị ngang nền đường



Hình 10. Tác dụng của chiều dài cọc cát biển - xi măng - tro bay đến chuyển vị ngang nền đường

Hình 10 biểu diễn quan hệ giữa chuyển vị ngang của chân taluy đường với chiều dài của cọc, cũng tương đồng như kết quả về độ lún, khi tăng chiều dài cọc thì nền đường sẽ ổn định hơn theo phương ngang.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu mô hình số mô phỏng cọc cát biển - xi măng - tro bay có thể rút ra một số kết luận sau đây:

- Cọc cát biển - xi măng - tro bay có tác dụng rõ rệt làm giảm độ lún của nền đất yếu và chuyển vị ngang của chân taluy nền đường. Độ lún của nền giảm từ 117 cm khi chưa gia cố xuống còn 16 cm khi đã gia cố. Chuyển vị ngang của chân taluy nền đường giảm từ 49,4 cm khi chưa gia cố xuống còn 4,8 cm khi đã gia cố.

- Khi cường độ của cọc cát biển - xi măng - tro bay tăng lên, độ lún của nền đất yếu và chuyển vị ngang chân taluy giảm. Với cùng cấp tải trọng, độ lún ứng với cường độ cọc bằng 1,5 Mpa chỉ bằng 1/2 độ lún ứng với cường độ cọc bằng 0,5 Mpa, chuyển vị ngang quan sát được bằng 78 cm, 30 cm và 14 cm tương ứng với cường độ cọc bằng 0,5 Mpa, 1,5 Mpa và 2,5 Mpa.

- Chiều dài cọc cát biển - xi măng - tro bay có tác dụng làm giảm độ lún của nền gia cố và chuyển vị ngang chân taluy nền đường. Độ lún khi cọc dài 8,5 m lớn gấp 1,4 lần so với khi cọc dài 13,5 m, và xấp xỉ 4 lần khi cọc dài 16,5 m tựa vào lớp đất tốt. Chuyển vị ngang chân taluy nền đường khi cọc dài 8,5 m là 27,5 cm, khi cọc dài 13,5 m là 22 cm, khi cọc dài 16,5 m là 13 cm.

- Cần tiếp tục nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý trong phòng thí nghiệm và mô hình thực nghiệm ở hiện trường để đánh giá hiệu quả gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay cả về mặt kỹ thuật và kinh tế.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO - REFERENCES

[1]. Tạ Đức Thịnh. Nghiên cứu đề xuất phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ, Trường Đại học Mở - Địa chất, 2002.

- [2]. Ban Quản lý dự án giao thông Nam Định (2018), Báo cáo kết quả khảo sát địa kỹ thuật Dự án xây dựng tuyến đường bộ ven biển đoạn qua tỉnh Nam Định.
- [3] Do, N.A., Dias, D., Oreste, P., Irini, D.M., 2013. 3D modelling for mechanized tunnelling in soft ground-influence of the constitutive model. *American Journal of Applied Sciences*, 10, 863–875.
- [4]. D. Wang, D. Olowokere, and L. Zhang (2018), “Interpretation of Soil–Cement Properties and Application in Numerical Studies of Ground Settlement Due to Tunneling Under Existing Metro Line,” no. November, doi: 10.1007/s10706-014-9803-2.