

Nghiên cứu đề xuất công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu phục vụ xây dựng vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long

Research and propose technology of sea sand-cement-fly ash column for soft soil improvement in the coastal area of the Mekong Delta

> TẠ ĐỨC THỊNH¹, NGUYỄN THÀNH DƯƠNG¹, NGUYỄN TRỌNG DŨNG¹, ĐẶNG QUANG HUY¹, HỒ ANH CƯƠNG², NGUYỄN TẤN SƠN³

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

Email:taducthinh@humg.edu.vn;nguyenthanhduong@humg.edu.vn;
nguyentrongdung@humg.edu.vn;dangquanghuy@humg.edu.vn

²Trường Đại học Giao thông Vận tải Hà Nội

³Công ty TNHH Nam Miền Trung, Ninh Thuận

TÓM TẮT:

Đất yếu phân bố khá phổ biến ở vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), có chiều dày lớn, tính năng xây dựng rất thấp. Để đảm bảo ổn định cho công trình, trước khi xây dựng nhất thiết phải xử lý nền đất yếu. Công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu được đề xuất là công nghệ mới, được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất-xi măng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu bước đầu về cơ sở lý thuyết công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay, phương pháp tính toán sức chịu tải, độ lún của nền sau xử lý và khả năng sử dụng cát biển làm vật liệu cọc. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra, cọc cát biển-xi măng-tro bay có tác dụng nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền là nhờ các quá trình: nén chặt cơ học, gia tăng cường độ của cọc và đất nền xung quanh cọc, cố kết thoát nước nước của đất nền, đồng thời đã làm sáng tỏ khả năng sử dụng cát biển tại chỗ làm vật liệu cọc xử lý nền đất yếu.

Từ khóa: Đất yếu, cát biển, xử lý đất yếu, cọc cát biển-xi măng-tro bay, cơ sở lý thuyết.

ABSTRACT:

Soft soil is widely distributed in the coastal area of the Mekong Delta, has a large thickness, and low bearing capacity. To ensure the stability, before construction, it is necessary to improve the strength of soft ground. The proposed technology of sea sand-cement-fly ash column for soft ground improvement is a new technology, developed on the basis of sand column and soil-cement column. This paper presents the initial research results on the theoretical basis of sea sand-cement-fly ash column technology, methods of calculating the load capacity, settlement of the treated ground and the ability to use sea sand as a building material. Research results have shown that sea-sand-cement-fly ash columns can improve the bearing capacity and reduce the settlement of the foundation according to following processes: mechanical compaction, increased strength of mixtured columns and soil around the columns, consolidation and drainage of the ground soil. The research also clarified the possibility of using sea sand as a column material for soft soil improvement.

Keywords: Soft soil; sea sand; soft soil improvement; sea sand-cement-fly ash column; theoretical basis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng công trình trên nền đất yếu chưa bao giờ là bài toán đơn giản do sự nhạy cảm của đất yếu dưới tác động của tải trọng ngoài. Dù công trình có quy mô, tải trọng nhỏ thì trước khi xây dựng nhất thiết phải tiến hành gia cố, xử lý nền đất yếu.

Vùng ven biển ĐBSCL phân bố rộng rãi các loại đất yếu nguồn gốc khác nhau, có chiều dày lớn, tính năng xây dựng thấp (Nguyễn Thị Nụ, 2014). Để xử lý nền đất yếu tại đây có thể sử dụng các công nghệ xử lý sâu như bắc thẳm, giếng cát, cọc cát, cọc đất-xi măng là những công nghệ “nhập ngoại” từ những năm 1980. Mặc dù các công nghệ này đã

được sử dụng khá phổ biến nhưng chúng đều có những hạn chế cả về kỹ thuật, kinh tế và nguồn vật liệu xử lý. Công nghệ bắc thẳm trong quá trình thi công thường xảy ra hiện tượng xáo trộn đất xung quanh bắc (hiệu ứng xáo trộn), bị đứt bắc hoặc các hạt đất chui vào lỗ rỗng bắc làm giảm khả năng thoát nước cố kết của nền; bắc thẳm phải nhập khẩu từ nước ngoài nên giá thành xử lý cao. Công nghệ cọc cát có hạn chế gây tiếng ồn lớn và nếu thi công trong nền đất yếu có mực nước ngầm dao động mạnh thì cọc dễ bị biến dạng ngang, có thể bị cắt, gãy, thậm chí bị phá hủy làm giảm sức chịu tải của hệ nền-cọc. Công nghệ cọc đất-xi măng không có tác dụng nén chặt vùng đất yếu xung quanh cọc; tải trọng công trình truyền xuống nền chủ yếu do cọc tiếp nhận, vai trò của vùng đất yếu xung quanh cọc là không có; khối lượng xi măng đưa vào cọc thường lớn (từ 240 kg đến 400 kg cho 1 m³ đất) nên giá thành xử lý cao.

Một vấn đề quan trọng cần được xem xét khi xây dựng công trình vùng ven biển là sự khan hiếm nguồn vật liệu xây dựng truyền thống. Cát sông đang càng ngày càng cạn kiệt, khan hiếm và việc khai thác chúng đã và đang xảy ra phức tạp, làm phá vỡ quy hoạch và tác động xấu tới môi trường sinh thái. Nghị định số 23/2020/NĐ-CP ngày 24/02/2020 của Chính phủ Quy định về quản lý cát, sỏi lòng sông và bảo vệ lòng, bờ, bãi sông là cơ sở pháp lý nhằm hạn chế, thậm chí cấm khai thác cát sông, thúc đẩy tìm nguồn vật liệu khác thay thế. Vì vậy, nghiên cứu, sử dụng nguồn cát biển tại chỗ làm vật liệu thay thế cát sông phục vụ xây dựng công trình ven biển có ý nghĩa vô cùng quan trọng. Cùng với việc sử dụng cát biển thay cho cát sông, việc sử dụng các phụ gia khoáng có nguồn gốc từ phế thải công nghiệp như tro bay thay thế một phần xi măng trong lĩnh vực xây dựng không chỉ có hiệu quả đơn thuần về mặt kinh tế, kỹ thuật mà còn là vấn đề bảo vệ môi trường và tài nguyên thiên nhiên.

Từ các phân tích nêu trên, đặt ra vấn đề cần nghiên cứu phát triển công nghệ mới xử lý nền đất yếu phù hợp với điều kiện Việt Nam. Công nghệ cọc vật liệu hỗn hợp cát biển-xi măng-tro bay với đầy đủ cơ sở lý thuyết và sử dụng nguồn cát biển, tro bay tại chỗ làm vật liệu cọc sẽ là một công nghệ phù hợp để gia cố nền đất yếu phục vụ xây dựng công trình vùng ven biển Việt Nam nói chung, khu vực ven biển ĐBSCL nói riêng.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÔNG NGHỆ CỌC CÁT BIỂN-XI MĂNG-TRO BAY

2.1. Cơ sở lý thuyết nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền

Các công nghệ xử lý nền đất yếu nói chung, công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay nói riêng, về mặt kỹ thuật đều có mục đích duy nhất là nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền. Vì vậy, cần làm sáng tỏ cơ sở khoa học nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún nền nói chung và công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay có khả năng nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền hay không?

Sức chịu tải của nền là khả năng chống đỡ của đất nền đối với tải trọng ngoài tác dụng xuống nền. Nếu tải trọng ngoài lớn hơn sức chịu tải của nền thì đất nền sẽ bị mất ổn định về cường độ, công trình bị hư hỏng và phá hủy. Do đó, khi thiết kế xây dựng, tải trọng công trình tác dụng xuống nền nhất thiết phải nhỏ hơn sức chịu tải của đất nền.

Hiện nay, có hàng chục phương pháp tính toán sức chịu tải của nền. Tuy nhiên, dù tính bằng phương pháp nào thì sức chịu tải của nền cũng phụ thuộc vào sức kháng cắt (đặc trưng bởi lực dính c và góc ma sát trong φ) của đất. Nếu sức kháng cắt của đất lớn thì sức chịu tải của đất lớn và ngược lại, nếu sức kháng cắt của đất nhỏ thì sức chịu tải của đất nhỏ. Vì vậy, để nâng cao sức chịu tải của nền thì cần phải cải tạo đất nền để gia tăng sức kháng cắt của đất nền.

Độ lún của nền là biến dạng theo phương thẳng đứng của nền đất. Vì đất được cấu tạo bởi hạt rắn, nước và khí nên độ lún của nền phụ

thuộc vào biến dạng của hạt rắn và biến dạng của nước có trong đất. Hạt rắn của đất xem như không biến dạng (trên thực tế hạt rắn có biến dạng nhưng rất nhỏ - biến dạng từ biến), nước cũng được xem là không biến dạng nên độ lún của nền thực tế chỉ phụ thuộc vào biến dạng của đất do giảm độ rỗng của đất. Trị số độ lún của nền có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$S = S_{tt} + S_{ck} + S_{hr}$$

trong đó, S - tổng độ lún của nền

S_{tt} - độ lún tức thời của nền

S_{ck} - độ lún cố kết của nền

S_{hr} - độ lún của hạt rắn.

Độ lún tức thời (độ lún đàn hồi) của nền có giá trị nhỏ, độ lún của hạt rắn (độ lún từ biến) cũng nhỏ nên độ lún của nền chủ yếu phụ thuộc vào độ lún cố kết, nghĩa là độ lún do thể tích lỗ rỗng trong đất giảm đi nhờ nước và khí trong lỗ rỗng thoát ra ngoài.

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp tính toán độ lún cố kết của nền. Tuy nhiên, dù tính theo phương pháp nào thì độ lún cố kết của nền cũng phụ thuộc vào tải trọng công trình tác dụng xuống nền (áp lực gây lún P_g), chiều dày và đặc trưng biến dạng của lớp đất chịu lún (vùng ảnh hưởng của công trình). Áp lực gây lún và chiều dày lớp đất chịu lún phụ thuộc quy mô, tải trọng công trình, đặc trưng biến dạng của đất phụ thuộc loại đất tồn tại khách quan trong vùng ảnh hưởng của công trình. Vì vậy, đặc trưng biến dạng của đất sẽ quyết định đến độ lún của nền. Nếu đất nền có tính biến dạng lớn thì độ lún của nền sẽ lớn và ngược lại, đất nền có tính biến dạng nhỏ thì độ lún của nền sẽ nhỏ. Do đó, để giảm độ lún của nền cần phải có phương pháp xử lý nền để cải tạo đặc trưng biến dạng của đất nền, nghĩa là, làm giảm thể tích lỗ rỗng của đất, làm cho đất nền được nén chặt. Muốn vậy, cần phải thúc đẩy quá trình thoát nước ra khỏi lỗ rỗng ở trong đất.

Đất yếu vùng ven biển ĐBSCL chủ yếu là đất loại sét (sét, sét pha, cát pha, bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha) (Nguyễn Thị Nụ, 2014) có pha lẫn gồm các hạt khoáng vật sét có kích thước nhỏ nhưng tổng diện tích bề mặt giữa các hạt lớn nên tổng thể tích lỗ rỗng trong đất lớn dẫn đến lượng nước và khí trong lỗ rỗng lớn. Hơn nữa, các hạt sét có liên kết kiến trúc phát sinh do kết quả tác dụng qua lại giữa các ion và nguyên tử của mạng tinh thể khoáng vật cấu tạo nên hạt sét cũng như giữa chúng và các ion, nguyên tử và phân tử của chất gắn kết đất, do đó bao quanh các hạt sét và trong mạng tinh thể cấu tạo nên hạt sét luôn tồn tại các dạng nước liên kết rất khó thoát ra ngoài. Do đó, đối với đất yếu loại sét, quá trình thoát nước ra khỏi lỗ rỗng, nếu không có các giải pháp thúc đẩy cưỡng bức, sẽ rất lâu mới kết thúc.

Từ những phân tích trên, nhận thấy, cơ sở khoa học nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền đất yếu nói chung, vùng ven biển ĐBSCL nói riêng chính là tác động làm giảm hệ số rỗng và tăng sức kháng cắt của đất yếu nhờ các giải pháp xử lý phù hợp, khả thi.

2.2. Tác dụng của cọc cát biển-xi măng-tro bay làm giảm hệ số rỗng và tăng sức kháng cắt của đất yếu

Bản chất của công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay là dùng thiết bị chuyên dụng đưa vật liệu hỗn hợp cát biển, xi măng, tro bay trộn khô vào nền dưới dạng cọc tiết diện tròn, không lấy đất ở trong nền ra. Thiết bị thi công cọc có nhiệm vụ ép đất nền xuống sâu và ra xung quanh tạo thành khoảng trống để đưa vật liệu vào. Hỗn hợp vật liệu cát biển, xi măng, tro bay khô sau khi lấp đầy khoảng trống sẽ hút nước trong đất yếu tạo thành vữa cát biển-xi măng-tro bay và dần dần rắn chắc thành cọc cứng. Như vậy, sau khi xử lý, nền đất yếu sẽ trở thành hệ nền-cọc mới và hệ nền-cọc này phải có hệ số rỗng giảm và sức kháng cắt tăng so với nền đất yếu trước khi xử lý.

Nghiên cứu lý thuyết đã chỉ ra, khi đưa hỗn hợp vật liệu vào nền đất yếu, công nền sẽ xảy ra các quá trình: nén chặt cơ học, gia tăng cường độ kháng nén của cọc, gia tăng sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc, cố kết thoát nước của đất nền. Các quá trình này có tác

dụng làm giảm thể tích lỗ rỗng và gia tăng sức kháng cắt của hệ nền cọc (Tạ Đức Thịnh, 2002).

2.2.1. Quá trình nén chặt cơ học:

Khi thi công cọc, lượng vật liệu hỗn hợp cát biển, xi măng, tro bay đưa vào nền sẽ chiếm chỗ lỗ rỗng của đất, nước và khí trong lỗ rỗng thoát ra ngoài, tổng thể tích lỗ rỗng sẽ giảm đi, các hạt đất được sắp xếp lại, nền đất được nén chặt.

Có thể đánh giá định lượng quá trình nén chặt cơ học của đất nền như sau:

Xét một khối đất nền ở trạng thái tự nhiên gồm 3 pha rắn, lỏng và khí. Nếu lần lượt gọi thể tích chung, thể tích hạt rắn, thể tích lỗ rỗng ban đầu của khối đất là V_0 , V_h , V_{r0} , ta có:

$$V_0 = V_h + V_{r0} \quad (1)$$

Sau khi xử lý bằng cọc cát biển-xi măng-tro bay, thể tích chung của khối đất sẽ là V , thể tích hạt rắn sẽ là V_h , thể tích lỗ rỗng sẽ là V_r , tương tự (1) ta có:

$$V = V_h + V_r \quad (2)$$

Sự thay đổi thể tích của khối đất trước và sau khi gia cố là:

$$\Delta V = V_0 - V \quad (3)$$

Hay: $\Delta V = (V_h + V_{r0}) - (V_h + V_r) = V_{r0} - V_r$

Vì thể tích hạt rắn của đất trước và sau khi xử lý là không đổi, cho nên ta có:

$$\Delta V = V_{r0} - V_r$$

$$\Delta V = \Delta V_r \quad (4)$$

Biểu thức (4) cho thấy, sự thay đổi thể tích khối đất trước và sau khi xử lý bằng cọc cát biển-xi măng-tro bay chính là sự thay đổi thể tích lỗ rỗng trong khối đất.

Như vậy, khi xử lý nền đất yếu bằng cọc cát biển-xi măng-tro bay quá trình nén chặt cơ học đất nền sẽ xảy ra ngay sau khi bắt đầu thi công cọc. Hiệu quả nén chặt đất sẽ phụ thuộc vào khối lượng vật liệu cát biển, xi măng, tro bay đưa vào nền, kích thước lỗ rỗng trong đất cũng như lượng nước và khí trong lỗ rỗng thoát ra ngoài. Tuy nhiên, đối với đất loại sét, do quá trình thoát nước ra khỏi lỗ rỗng cần nhiều thời gian nên quá trình nén chặt đất cũng không thể kết thúc ngay sau khi thi công cọc. Việc dự báo chính xác thời điểm quá trình nén chặt đất kết thúc phụ thuộc vào thời gian thoát nước của đất nền. Đây là vấn đề hết sức phức tạp, đòi hỏi phải có các nghiên cứu chuyên sâu, tốn nhiều thời gian và công sức.

2.2.2. Quá trình gia tăng cường độ của cọc cát biển-xi măng-tro bay

Vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay gồm cát biển, xi măng, tro bay trộn với nhau ở trạng thái khô. Sau khi thi công tạo cọc, hỗn hợp vật liệu khô sẽ hút nước ở trong nền tạo thành vữa cát biển-xi măng-tro bay, sau đó đông cứng thành cọc. Quá trình đông cứng của vữa cát biển-xi măng-tro bay sẽ làm gia tăng cường độ của cọc. Đây là quá trình biến đổi hóa lý phức tạp, chia làm hai thời kỳ: thời kỳ ninh kết và thời kỳ rắn chắc. Trong thời kỳ ninh kết, vữa xi măng-tro bay mất dần tính dẻo và đặc dần lại nhưng chưa có cường độ. Trong thời kỳ rắn chắc, chủ yếu xảy ra quá trình thủy hóa clinke và quá trình đông cứng vữa cát biển-xi măng-tro bay.

Quá trình thủy hóa các thành phần khoáng vật của clinke, bao gồm: silicat tricanxit 3CaOSiO_2 chiếm 37-60%; silicat bicanxit 2CaOSiO_2 chiếm 15-37%, aluminat tricanxit $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ chiếm 10-18%; fero aluminat tetraclanxit $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ chiếm 7-15%, và một số thành phần phụ như $5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{MgO} < 4\%$; $\text{CaO} < 0,5\%$; $\text{SO}_3 < 3,5\%$. Quá trình này tạo ra silicat tricanxit ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) là thành phần quan trọng nhất vì chiếm tỷ lệ lớn, có cường độ cao, rắn chắc nhanh, tỏa nhiều nhiệt và aluminat tricanxit ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) rắn chắc nhanh trong thời kỳ đầu nhưng cường độ thấp, nhiệt lượng tỏa ra nhiều nhất, dễ gây nứt nẻ.

Quá trình rắn chắc của vữa cát biển-xi măng-tro bay chia làm 3 giai đoạn: hòa tan, hóa keo và kết tinh. Giai đoạn hòa tan tạo ra chất mới

$\text{Ca}(\text{OH})_2$, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ trong nước, tạo thành thể dịch bao quanh mặt hạt xi măng, tro bay. Trong giai đoạn hóa keo, các chất $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ mới không hòa tan được nữa mà tồn tại ở thể keo. Chất silicat bicanxit ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) vốn không hòa tan sẽ tách ra ở dạng phân tán nhỏ trong dung dịch tạo thành keo phân tán. Lượng keo này ngày càng sinh ra nhiều, làm cho các hạt keo phân tán tương đối nhỏ tụ lại thành những hạt keo lớn hơn ở dạng sệt khiến cho xi măng, tro bay mất dần tính dẻo và ninh kết lại dần dần nhưng chưa hình thành cường độ. Trong giai đoạn kết tinh, các chất $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ từ thể ngưng keo chuyển sang dạng kết tinh, các tinh thể nhỏ đan chéo nhau làm cho xi măng, tro bay bắt đầu có cường độ, chất $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ tồn tại ở thể keo rất lâu, sau đó có một phần chuyển thành tinh thể. Do lượng nước ngày càng mất đi, keo dần dần bị khô, kết chặt lại và trở nên cứng chắc.

Như vậy, sau khi kết thúc quá trình rắn chắc, vữa cát biển-xi măng-tro bay đông cứng tạo thành cọc, có độ bền tăng lên đáng kể nhờ hình thành liên kết cát biển-xi măng-tro bay. Có thể lượng hóa độ bền của cọc như sau:

Khi chưa có xi măng và tro bay, sức kháng cắt của cát biển rời không xác định theo biểu thức $\tau = \sigma \tan \varphi$, với φ là góc ma sát trong của cát biển. Khi trộn xi măng và tro bay vào cát biển, trong hỗn hợp hình thành liên kết cát biển-xi măng-tro bay, có thêm thành phần lực dính tương tự trong đất sét dính, sức kháng cắt của hỗn hợp được xác định theo biểu thức $\tau = \sigma \tan \varphi + c_{xmtb}$, với c_{xmtb} là lực dính được tạo nên bởi các chất kết dính xi măng và tro bay. Lực dính này chính là đại lượng làm gia tăng độ bền (cường độ) của cọc và giá trị của nó hoàn toàn có thể xác định được bằng cách thí nghiệm cắt các mẫu chế bị cát biển-xi măng-tro bay ở trong phòng.

2.2.3. Quá trình gia tăng sức kháng cắt của đất nền xung quanh cọc

Quá trình đông cứng cọc cát biển-xi măng-tro bay còn có tác dụng làm gia tăng sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc do quá trình trao đổi ion và phản ứng puzoland xảy ra ở mặt tiếp xúc giữa cọc và đất yếu. Bản chất của quá trình này có thể diễn tả như sau:

Bao quanh mỗi hạt khoáng vật sét của đất yếu là lớp điện kép mà trong đó các ion canxi hóa trị hai thay thế các ion natri và hydro hóa trị một. Vì cần ít hơn canxi hóa trị hai để trung hòa lưới điện âm trên mặt của mỗi khoáng vật sét nên giảm được kích thước của lớp điện kép và do đó làm tăng lực hút của các hạt sét, dẫn đến lực dính của đất tăng lên. Hơn nữa, silic và nhôm trong khoáng vật sét sẽ phản ứng với silicat canxi và hydrat nhôm canxi trong phản ứng puzoland, tạo ra các hợp chất có độ bền cao và rất bền trong môi trường nước. Các quá trình này làm tăng lực ma sát và lực dính của đất yếu xung quanh cọc, dẫn đến tăng sức kháng cắt của đất nền.

Ngoài ra, trong quá trình nén chặt, cùng với việc hệ số rỗng của đất yếu giảm cũng sẽ làm cho độ ẩm và hệ số nén lún của đất giảm, lực dính và góc ma sát trong của đất tăng lên dẫn đến sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc tăng lên.

2.2.4. Quá trình cố kết thoát nước của đất nền

Ngoài tác dụng nén chặt cơ học, gia tăng cường độ của cọc và đất yếu xung quanh cọc, cọc cát biển-xi măng-tro bay còn có tác dụng làm tăng nhanh quá trình cố kết thoát nước của đất nền.

Do cọc cát biển-xi măng-tro bay được đưa vào nền dưới dạng khô nên hỗn hợp cát biển, xi măng, tro bay sẽ hút nước trong đất yếu để tạo ra vữa cát biển-xi măng-tro bay, làm tổn thất một lượng nước lớn chứa trong đất, nghĩa là làm tăng nhanh quá trình thoát nước của nền đất. Quá trình này xảy ra ngay sau khi bắt đầu thi công cọc và kéo dài cho đến khi nền đất được xử lý xong, toàn bộ hỗn hợp cát biển-xi măng-tro bay trở thành cọc cứng cát biển-xi măng-tro bay.

Tóm lại, các tác dụng nén chặt cơ học, gia tăng cường độ của cọc và đất nền xung quanh cọc và cố kết thoát nước của đất nền là cơ sở lý thuyết quan trọng của công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý

nền đất yếu. Để đánh giá định lượng các tác dụng này có thể tiến hành thí nghiệm trong phòng và hiện trường bằng cách so sánh giá trị các chỉ tiêu như hệ số rỗng, độ ẩm, áp lực nước lỗ rỗng, hệ số nén lún, góc ma sát trong, lực dính của đất trước và sau khi xử lý cũng như trong thời gian sử dụng công trình. Các thí nghiệm có thể tiến hành sau khi cọc cát biển-xi măng-tro bay được triển khai thi công ở hiện trường.

3. TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI VÀ ĐỘ LÚN CỦA HỆ NỀN - CỌC CÁT BIỂN-XI MĂNG-TRO BAY

Sau khi xử lý, nền đất yếu trở thành nền mới (hệ nền-cọc). Việc tính toán sức chịu tải và độ lún của hệ nền-cọc là vấn đề quan trọng cần được xem xét.

3.1. Mô hình tính toán

Công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu là công nghệ mới, chưa được ứng dụng vào thực tiễn nên hiện nay chưa có phương pháp tính toán nào được đề xuất. Tuy nhiên, công nghệ này được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất-xi măng nên có thể áp dụng các phương pháp tính toán như đối với cọc cát hoặc cọc đất-xi măng. Công nghệ cọc cát, về bản chất là công nghệ cải tạo nền, còn công nghệ cọc đất-xi măng là công nghệ gia cố nền. Vì vậy, cần phân biệt trường hợp cải tạo nền và trường hợp gia cố nền để đề xuất mô hình tính toán.

Trường hợp cải tạo nền là khi hàm lượng xi măng, tro bay trong hỗn hợp vật liệu cọc nhỏ, xi măng và tro bay chỉ đóng vai trò chất kết dính các hạt cát, cường độ của cọc không đáng kể. Khi đó, cọc cát biển-xi măng-tro bay giống cọc cát có tác dụng nén chặt và cố kết thoát nước đất nền. Sau xử lý, nền cọc được coi như nền mới, có tính chất cơ lý mới. Sức chịu tải và độ lún của nền cọc tính như đối với nền tự nhiên với các đặc trưng biến dạng và sức kháng cắt là giá trị bình quân gia quyền của cọc và đất yếu xung quanh cọc. Vấn đề là hàm lượng xi măng, tro bay là bao nhiêu thì tạo ra cường độ của cọc nhỏ, phù hợp để coi hệ nền-cọc là môi trường đồng nhất. Theo các nhà khoa học Thụy điển thì hàm lượng xi măng, tro bay tạo ra cường độ cọc nhỏ hơn 150Kpa thì có thể coi hệ nền-cọc là đồng nhất và có thể tính sức chịu tải và độ lún của nền theo lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính.

Trường hợp gia cố nền là khi hàm lượng xi măng, tro bay trong hỗn hợp vật liệu cọc lớn, tạo ra cường độ cọc lớn. Khi đó, cọc cát biển-xi măng-tro bay giống cọc đất-xi măng giữ vai trò quyết định trong sức chịu tải chung của hệ nền-cọc. Tải trọng công trình tác dụng xuống hệ nền-cọc chủ yếu do cọc tiếp nhận. Các nghiên cứu đã chỉ ra, khi hàm lượng xi măng, tro bay tạo ra cường độ cọc > 10Mpa thì sức chịu tải và độ lún của nền có thể tính theo các phương pháp như đối với trường hợp gia cố nền bằng cọc đất-xi măng.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, với cùng cường độ, cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu ưu việt hơn cọc đất-xi măng. Sở dĩ như vậy là vì, cùng tham gia như nhau vào sức chịu tải chung của hệ nền-cọc nhưng cọc cát biển-xi măng-tro bay còn có tác dụng gia tăng sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc trong khi cọc đất-xi măng không có tác dụng này dẫn đến sức chịu tải chung của hệ nền - cọc cát biển-xi măng-tro bay lớn hơn sức chịu tải chung của hệ nền - cọc đất-xi măng

3.2. Tính độ lún và sức chịu tải của hệ nền - cọc khi cải tạo nền

3.2.1. Tính độ lún:

Độ lún của hệ nền - cọc có thể tính theo các phương pháp của lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính, cụ thể là:

Theo phương pháp "lớp tương đương":

$$S = a_{om} p h_s \quad (5)$$

trong đó: a_{om} - hệ số nén lún rút đối bình quân gia quyền của lớp đất chịu lún và cọc (hệ nền - cọc)

p - áp lực gây lún,

h_s - chiều dày lớp tương đương.

Theo phương pháp cộng lún từng lớp:

$$S = \sum_{i=1}^n \sigma_i h_i \frac{\beta}{E_{0i}} \quad (6)$$

trong đó: n - số lớp đất phân chia trong vùng chịu lún của hệ nền-cọc

σ_i - ứng suất trung bình phụ thêm giữa các lớp phân tố thứ i của hệ nền-cọc

h_i - chiều dày lớp phân tố thứ i của hệ nền-cọc,

β - hệ số không thứ nguyên, phụ thuộc vào hệ số nở hông của đất hệ nền-cọc,

E_{0i} - môđun tổng biến dạng bình quân gia quyền của lớp thứ i hệ nền-cọc.

3.2.2. Tính sức chịu tải:

Sức chịu tải của hệ nền-cọc có thể tính theo các phương pháp dựa vào vùng biến dạng dẻo dưới đáy móng công trình như sau:

Theo Puzirevskiy (chiều sâu lớn nhất của vùng biến dạng dẻo dưới đáy móng $z_{max} = 0$):

$$p_0 = \gamma h \frac{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}}{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}} + \frac{\pi c \cot \varphi}{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}} \quad (7)$$

Theo Maxlov (chiều sâu lớn nhất của vùng biến dạng dẻo dưới đáy móng $z_{max} = btg \varphi$):

$$p_{gh} = \frac{\pi \gamma (btg \varphi + h + \frac{c}{\gamma tg \varphi})}{\cot \varphi + \frac{\varphi}{2}} + \gamma h \quad (8)$$

trong đó: φ - góc ma sát trong bình quân gia quyền của hệ nền-cọc,

c - lực dính bình quân gia quyền của hệ nền-cọc,

γ - khối lượng thể tích bình quân gia quyền của hệ nền-cọc,

h - chiều sâu chôn móng,

b - chiều rộng của móng.

3.2.3. Thảo luận:

Các phương pháp tính độ lún và sức chịu tải nêu trên áp dụng cho trường hợp cải tạo nền, nghĩa là như đối với nền tự nhiên. Vì vậy, cần phân biệt hai trường hợp: thi công chậm và thi công nhanh.

- *Trường hợp thi công chậm* là trường hợp sau khi xử lý nền thì phải đợi một thời gian nhất định mới bắt đầu xây dựng công trình. Trong trường hợp này, khối lượng cát biển-xi măng-tro bay đưa vào nền được xem như tải trọng ngoài. Dưới tác dụng của tải trọng này, nền sẽ xuất hiện ứng suất phụ thêm σ_z gây biến dạng nền (cả theo phương dọc và phương ngang). Trị số của ứng suất phụ thêm bằng:

$$\sigma_z = \sigma + u \quad (9)$$

trong đó, σ - ứng suất hữu hiệu do hạt đất tiếp thu,

u - ứng suất trung tính do nước tiếp thu.

Theo thời gian, ứng suất hữu hiệu tăng lên, ứng suất trung tính giảm đi, nhưng ở bất kỳ thời điểm nào trong nền vẫn tồn tại mối tương quan trên. Trong trường hợp thi công chậm, các quá trình nén chặt cơ học, cố kết và phản ứng hóa lý giữa xi măng, tro bay với môi trường đã kết thúc, toàn bộ tải trọng ngoài (khối lượng cát biển - xi măng) do hạt đất tiếp thu ($\sigma_z = \sigma$), ứng suất trung tính bị triệt tiêu ($u = 0$), các biến dạng nền đạt trị số ổn định, nền được nén chặt hoàn toàn, trở thành nền mới giống như nền tự nhiên. Các phương pháp tính độ lún và sức chịu tải của hệ nền-cọc theo lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính là phù hợp.

- *Trường hợp thi công nhanh* là ngay sau khi quá trình xử lý nền kết thúc thì tiến hành xây dựng công trình ngay. Lúc này, các quá trình nén chặt cơ học, cố kết của đất nền và các phản ứng hóa lý của xi măng, tro bay với đất yếu chưa kết thúc. Các chỉ tiêu cơ lý của đất nền dùng để tính độ lún và sức chịu tải vẫn đang trong quá trình biến đổi, chưa đạt tới giá trị ổn định (hằng số) nên hiển nhiên kết quả tính toán chưa chính xác. Độ

lún của nền tính được sẽ lớn hơn thực tế, sức chịu tải của nền tính được sẽ nhỏ hơn thực tế. Vì vậy, trong trường hợp thi công nhanh, không thể xem nền đã xử lý như một nền tự nhiên. Tuy nhiên, nếu thiên về an toàn, vẫn có thể sử dụng kết quả tính độ lún và sức chịu tải của nền như đối với nền tự nhiên nhưng giá thành công trình sẽ cao hơn.

3.3. Tính độ lún và sức chịu tải của hệ nền - cọc khi gia cố nền

3.3.1. Tính độ lún

Việc tính lún trong trường hợp gia cố nền như đối với cọc đất-xi măng hiện có những quan điểm khác nhau. Có quan điểm coi nền cọc gia cố như một móng khối quy ước không biến dạng và chỉ tính độ lún của nền đất dưới đáy móng khối quy ước. Quan điểm khác tính theo phương pháp cùng biến dạng với giả thiết xem cọc và đất xung quanh cọc là một khối quy ước và biến dạng dọc trục của cọc gia cố tương ứng với độ lún của đất xung quanh cọc thì sự phân bố tải trọng sẽ phụ thuộc vào độ cứng tương đối của vật liệu cọc. Chùng nào ứng suất dọc trục còn nhỏ hơn độ bền giới hạn rã của cọc thì ứng suất dọc trục của cọc phụ thuộc vào môđun nén của vật liệu cọc và của đất xung quanh cọc và được tính theo công thức:

$$\sigma_c = \frac{P_c}{A_c} = \frac{\sigma}{a_c + \frac{M_d}{M_c}(1-a_c)} \quad (10)$$

trong đó, σ_c - ứng suất dọc trục của cọc

P_c - tổng tải trọng tác dụng lên cọc

A_c - diện tích tiết diện cọc

σ - ứng suất trung bình dưới đáy móng

a_c - tỷ diện tích thay thế

M_d - môđun nén của đất xung quanh cọc, thường lấy bằng $150c_u$ với c_u là sức kháng cắt của đất xung quanh cọc, được xác định bằng thí nghiệm cắt cánh đất hoặc xuyên tĩnh.

M_c - môđun nén của cọc, lấy bằng (50-100) $C_{cọc}$ với $C_{cọc}$ là lực dính của vật liệu.

Độ lún của nền được xác định bằng tổng độ lún của khối đất gia cố chiều sâu H và độ lún của nền dưới khối gia cố. Độ lún của khối đất gia cố xác định theo biểu thức:

$$S = \frac{\sigma}{M} H = \frac{\sigma H}{a_c M_c + M_d(1-a_c)} \quad (11)$$

Độ lún của nền dưới khối gia cố được xác định theo các phương pháp thông thường nhưng có kể đến hệ số giảm thiểu độ lún là tỷ số giữa độ lún của khối đất đã gia cố và độ lún của đất chưa gia cố.

**Nhận xét:*

Trong công thức (11), mẫu số có thể coi là giá trị trung bình của môđun tổng biến dạng của cọc và đất nền xung quanh cọc. Tuy nhiên, quan niệm nền đất yếu sau gia cố như thế nào để có thể áp dụng phương pháp tính lún thích hợp là vấn đề cần xem xét. Nếu quan niệm nền đất sau gia cố là một móng khối quy ước như móng cọc thì việc tính lún chỉ tính cho nền đất bên dưới mũi cọc và như vậy, độ lún thường rất lớn (nhất là khi dưới mũi cọc phân bố các lớp đất yếu). Nếu quan niệm độ co ngắn dọc trục của cọc như đối với nền đất xung quanh cọc thì chưa thỏa đáng, bởi vì, cọc cát biển-xi măng-tro bay có cường độ khá lớn, tính toàn khối cao, dưới tác dụng của tải trọng công trình, sự co ngắn dọc trục không đáng kể so với đất nền xung quanh, cọc sẽ lún toàn bộ. Vì vậy, nếu khi dưới mũi cọc phân bố các lớp đất yếu thì nên tính độ lún như đối với nền tự nhiên. Lúc này độ lún tính được chắc chắn sẽ lớn hơn nhưng thiên về an toàn cho thiết kế (Tạ Đức Thịnh, 2017).

3.3.2. Tính sức chịu tải

Sức chịu tải của cọc cát biển-xi măng-tro bay có thể tính như đối với cọc đất-xi măng như sau:

Sức chịu tải của cọc được tính theo công thức:

$$Q = Q_s + Q_p \quad (12)$$

với: Q_s và Q_p - sức chịu tải do ma sát xung quanh cọc và sức kháng đầu mũi cọc.

trong đó, $Q_s = \alpha c_u A_b$, với:

c_u - sức kháng không thoát nước của đất nền, xác định bằng thí nghiệm cắt cánh hoặc xuyên tĩnh, $c_u = q_c/15 \div q_c/20$ với q_c là sức kháng xuyên đầu mũi.

α - hệ số phụ thuộc vào sức kháng cắt không thoát nước của đất xung quanh cọc, với $c_u \geq 50kPa$ thì $\alpha = 0,8-1,0$, $c_u < 50kPa$ thì $\alpha = 0,7$.

A_b - diện tích mặt bên cọc.

$Q_p = c_u N_c A_m$, với:

N_c - hệ số sức chịu tải đầu mũi cọc, phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cọc. Khi khoảng cách giữa các cọc trong khoảng 4-5 lần đường kính cọc d thì với $d \leq 30cm$; $N_c = 9$; $30cm < d \leq 60cm$ $N_c = 7$ và $d > 60cm$ $N_c = 6$.

A_m - diện tích đầu mũi cọc.

Sức chịu tải của nhóm cọc được tính trên cơ sở coi nhóm cọc và đất xung quanh cọc là một khối quy ước, theo công thức:

$$Q_{khối} = Q_s^{khối} + Q_p^{khối} \quad (13)$$

trong đó: $Q_s^{khối}$ - sức chịu tải do ma sát khối gia cố với đất xung quanh

$Q_p^{khối}$ - sức chịu tải của đất ở mặt dưới khối gia cố:

với: $Q_s^{khối} = c_u A_b^{khối} = 2(B+L) H c_u$

$Q_p^{khối} = c_u N_c A_m^{khối} = (6-9) c_u B L$

và: B, L, H là chiều rộng, chiều dài và chiều cao khối gia cố.

**Nhận xét:*

1) Công thức (12), tính sức chịu tải của cọc đơn gia cố như đối với cọc cứng, nghĩa là dựa vào sức kháng ma sát xung quanh cọc và sức kháng đầu mũi cọc. Nếu trong cấu trúc nền đất yếu, dưới mũi cọc gia cố có lớp đất tốt thì cách tính như vậy có thể chấp nhận được. Nhưng trong thực tế xây dựng, nhiều trường hợp phía dưới mũi cọc vẫn là đất yếu thì cách tính như trên không hoàn toàn hợp lý, bởi vì, đã coi cọc gia cố là cọc cứng thì toàn bộ tải trọng công trình sẽ do cọc tiếp nhận và nền đất xung quanh cọc hoàn toàn không tham gia vào sức chịu tải chung. Như vậy, cọc gia cố sẽ dễ dàng bị phá hủy bởi cọc tựa vào lớp đất yếu dưới mũi cọc không có khả năng mang tải. Trong tính toán sức chịu tải của nhóm cọc gia cố cũng chỉ tính đến sức kháng cắt không thoát nước của đất nền ở chu vi mặt dưới khối gia cố mà không kể đến bản thân khối đất gia cố giữa các cọc.

2) Các công thức (12), (13) chỉ tính sức chịu tải của cọc và nhóm cọc, bỏ qua sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc. Rõ ràng là, sau khi gia cố, sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc tăng lên đáng kể nhờ sức kháng cắt bờ biển và cát xa bờ cũng gây phản ứng vào sức chịu tải chung của hệ nền - cọc, ngoài sức chịu tải của cọc, còn có sức chịu tải của vùng đất yếu xung quanh cọc. Điều này làm giảm hiệu quả kinh tế của cọc cát biển-xi măng-tro bay.

4. KHẢ NĂNG SỬ DỤNG CÁT BIỂN LÀM VẬT LIỆU CỌC

4.1. Đánh giá tổng quan

Cát biển hiểu theo nghĩa thông thường là cát nhiễm mặn, gồm cát bờ biển, cát xa bờ và cát đụn. Cát bờ biển và cát xa bờ nằm ngập hoàn toàn trong nước nên có độ mặn cao và ít được sử dụng trong xây dựng vì các ion clorua trong cát gây ra hiện tượng ăn mòn cốt thép. Hàm lượng sunphat trong cát bờ biển và cát xa bờ cũng gây phản ứng với một số thành phần của xi măng làm giãn nở thể tích gây phá hủy kết cấu bê tông. Cát đụn nằm sâu phía bên trong bờ biển, không chịu tác động trực tiếp của nước biển nên độ mặn thấp. Tuy nhiên, cát đụn có môđun độ lớn $M_k < 2$ cũng không được ứng dụng nhiều do kích thước hạt nhỏ, khi sử dụng cần tăng lượng nước trộn và tăng hàm lượng xi măng để đạt cùng cường độ. Tuy nhiên, với sự phát triển của khoa học vật liệu, cát biển ngày càng được sử dụng rộng rãi làm vật liệu xây dựng chế tạo bê tông, san lấp mặt bằng, đường giao thông. Các nghiên cứu đã chỉ ra một số đặc tính kỹ thuật và đặc tính sử dụng của cát biển khá thuận lợi cho xây dựng như: độ bám dính và liên kết

với dung dịch xi măng khá tốt, có độ sạch, tinh khiết khá cao, dễ xử lý độ mặn với chi phí thấp.

Một số nhà khoa học Việt Nam đã sử dụng cát nhiễm mặn chế tạo bê tông dùng trong đường ô tô và công trình phòng hộ ven biển ĐBSCL đạt cường độ 35MPa (Trần Tuấn Hiệp, 2002) và xác định được bê tông cát biển ở miền Trung (Cửa Lò, Lăng Cô) có cường độ xấp xỉ với cường độ bê tông cát sông. Cát đụn mịn dùng để chế tạo bê tông hạt nhỏ làm mặt đường bê tông đầm lăn sử dụng tro bay thay thế xi măng với 35% có cường độ nén 28 ngày đạt 32,21MPa. Cát đụn Phú Quốc có thể dùng để chế tạo bê tông cường độ tới 40 Mpa phù hợp cho thi công đường bê tông xi măng trên đảo đáp ứng yêu cầu kỹ thuật và có giá thành giảm từ 11% đến 16% so với phương án sử dụng cát sông (Hoàng Minh Đức và Nguyễn Kim Thịnh, 2017)

Như vậy, về mặt kỹ thuật, cát biển có nhiều ưu thế để thay thế cát sông. Về mặt kinh tế, nếu sử dụng cát biển tại chỗ phục vụ xây dựng công trình ven biển thì rẻ hơn nhiều so với cát sông. Trong bối cảnh cát sông cần được hạn chế khai thác thì cát biển là phương án thay thế phù hợp, theo các hướng:

- Tận dụng cát biển thu được trong quá trình nạo vét đáy biển, đưa lên bờ khử mặn bằng nước mưa và để khô tự nhiên, sau đó chỉ cần sàng phân loại đến cỡ hạt cần thiết.

- Tận dụng lượng cát khổng lồ thải ra từ quá trình khai thác/chế biến titan.

- Tổ chức thu hồi thành phần SiO₂ (cát) thường chiếm tỷ trọng rất cao trong tro xỉ thải ra từ các nhà máy nhiệt điện chạy than.

Từ nghiên cứu tổng quan trên cho thấy, cát biển có thể sử dụng làm vật liệu xây dựng thì cũng có thể làm vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay.

4.2. Đánh giá bằng thực nghiệm

Để làm rõ khả năng sử dụng cát biển làm vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay, chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm xác định cường độ kháng nén của cọc sau khi đông cứng ở phòng thí nghiệm.

Mẫu thử được chế tạo từ cát biển hút ở vùng ngập nước tại Hải Phòng; xi măng PCB40 Nghi Sơn có các chỉ tiêu kỹ thuật thỏa mãn Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6260-2009; nước thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4056:2012 đối với nước trộn vữa và bê tông.

Cát biển và xi măng được trộn với nhau theo các cấp phối như trong bảng 1.

Bảng 1. Cấp phối trộn cát biển với xi măng

Thành phần	Hỗn hợp cát biển-xi măng				
	5%XM	7%XM	10%XM	13%XM	15%XM
Xi măng (kg)	74	102	142	181	206
Cát biển (kg)	1478	1456	1424	1393	1373
Nước (kg)	360	360	360	360	360
Tỷ lệ X/C	0,05	0,07	0,1	0,13	0,15
Tỷ lệ N/X	4,86	3,53	2,53	1,99	1,75

Kết quả xác định cường độ kháng nén của mẫu cát biển-xi măng được cho trong bảng 2.

Bảng 2. Cường độ kháng nén của các mẫu cát biển-xi măng theo thời gian

Ngày tuổi	Cường độ kháng nén các mẫu cát biển-xi măng (R, MPa)				
	5%XM	7%XM	10%XM	13%XM	15%XM
3	0,44	0,49	0,67	0,94	1,27
7	0,57	0,71	0,82	1,19	1,66
14	0,65	0,91	1,13	1,67	2,23
28	0,65	1,05	1,30	1,78	2,45
56	0,70	1,15	1,39	1,97	2,62
90	0,74	1,19	1,46	2,02	2,74

Từ bảng 2 cho thấy, cường độ của cọc cát biển-xi măng tăng dần theo hàm lượng xi măng trong hỗn hợp vật liệu và theo thời gian bảo dưỡng. Việc xác định hàm lượng xi măng thích hợp làm vật liệu cọc phụ thuộc vào việc thiết kế cọc để cải tạo hay gia cố nền đất yếu.

Tóm lại, kết quả nghiên cứu tổng quan và thực nghiệm đã chỉ ra, hoàn toàn có thể sử dụng cát biển làm vật liệu hỗn hợp cọc cát biển-xi măng-tro bay xử lý nền đất yếu.

5. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu có thể đưa ra một số kết luận sau đây:

- Công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay được phát triển trên cơ sở công nghệ cọc cát và công nghệ cọc đất-xi măng với việc sử dụng cát biển tại chỗ làm vật liệu cọc rất phù hợp để xử lý nền đất yếu phục vụ xây dựng công trình vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long.

- Cơ sở lý thuyết của công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay là tác dụng nâng cao sức chịu tải và giảm độ lún của nền nhờ các quá trình nén chặt cơ học; gia tăng cường độ cọc, sức kháng cắt của đất yếu xung quanh cọc và cố kết thoát nước của đất nền.

- Có thể tính sức chịu tải và độ lún của hệ nền-cọc sau xử lý theo các phương pháp của lý thuyết môi trường biến dạng tuyến tính (trường hợp cải tạo nền) và các phương pháp như đối với cọc đất-xi măng (trường hợp gia cố nền). Tuy nhiên, cần chú ý trường hợp thi công nhanh và trường hợp thi công chậm cũng như đặc điểm cấu trúc nền đất yếu nơi xây dựng công trình.

- Cát biển ở Việt Nam có đặc tính kỹ thuật và đặc tính sử dụng tốt để làm vật liệu xây dựng chế tạo bê tông. Khi trộn cát biển Hải Phòng với xi măng Nghi Sơn theo hàm lượng xi măng lần lượt là 5%, 7%, 10%, 13%, 15% tạo ra cường độ cọc ở thời gian 28 ngày tuổi là 0,65MPa, 1,05MPa, 1,30MPa, 1,78MPa, 2,45MPa, chứng tỏ hoàn toàn có thể sử dụng cát biển làm vật liệu cọc cát biển-xi măng-tro bay thay thế cát sông, phù hợp với công trình xây dựng vùng ven biển. Tuy nhiên, cần nghiên cứu làm sáng tỏ trữ lượng và điều kiện khai thác cát biển.

- Để công nghệ cọc cát biển-xi măng-tro bay có thể ứng dụng vào thực tế xử lý nền đất yếu cần tiếp tục nghiên cứu thực nghiệm ở trong phòng và ngoài trời để làm sáng tỏ thêm tác dụng nén chặt cơ học, cố kết thoát nước của nền đất yếu cũng như hiệu quả xử lý nền cả về kỹ thuật và kinh tế.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tiến hành và hoàn thiện dưới sự tài trợ của Bộ Xây dựng thông qua đề tài NCKH mã số RD 40-20

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Hoàng Minh Đức, Nguyễn Kim Thịnh. Nghiên cứu sử dụng cát đụn tại chỗ làm đường bê tông xi măng trên đảo Phú Quốc. Tạp chí KHCN Xây dựng số 3, 2017.

Nguyễn Thị Ну. Nghiên cứu đặc tính địa chất công trình của đất loai sét yếu amQ₂₋₃ phân bố ở các tỉnh ven biển ĐBSCL phục vụ xử lý nền đường. Luận án Tiến sĩ Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2014.

Trần Tuấn Hiệp. Nghiên cứu sử dụng cát biển và nước nhiễm mặn làm bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô và công trình phòng hộ ven biển vùng đồng bằng Nam bộ. Cầu đường Việt Nam, số 08, 2002

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 Mỏ-Địa chất, 2002.

Tạ Đức Thịnh. Bàn về phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún của nền đất yếu gia cố bằng cọc đất-xi măng. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ-Địa chất, số 58 - Kỳ 5, tháng 10-2017, ISSN 1859 - 1469, trang 386-390.