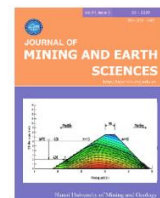




## Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



# Research on the possibility of using the sea sand in the soft soil treatment by the cement - reinforced pile method



Diu Thi Nguyen<sup>1,\*</sup>, Thinh Duc Ta<sup>2</sup>, Manh Duc Nguyen<sup>1</sup>, Thang Anh Bui<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Civil Engineering Faculty, University of Transport and Communications, Vietnam

<sup>2</sup> Faculty of Civil Engineering, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 18<sup>th</sup> Oct. 2020

Revised 25<sup>th</sup> Nov. 2020

Accepted 31<sup>st</sup> Dec. 2020

#### Keywords:

Cement - reinforced pile,  
Sea sand,  
Soft soil treatment.

### ABSTRACT

*This paper presents the results of research on the possibility of using the sea sand in the soft soil treatment by the cement - reinforced pile method. The sea sand is available material with a huge amount of storage which effective using the coastal traffic works. Therefore, research on the possibility of using the sea sand in the soft soil treatment by the cement - reinforced pile method is necessary. The results of the research are determined the effect of cement content on strength and elastic modulus in the cement - reinforced pile method, which contributes to supplementing and completing in the soft soil treatment. The research has high feasibility and practical significance.*

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

\*Corresponding author

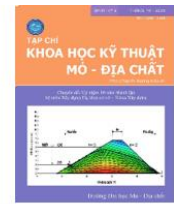
E - mail: [ntdiu@moet.edu.vn](mailto:ntdiu@moet.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.HTCS2020.14



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



# Nghiên cứu khả năng sử dụng cát biển trong xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cọc gia cố xi măng

Nguyễn Thị Diệu <sup>1,\*</sup>, Tạ Đức Thịnh <sup>2</sup>, Nguyễn Đức Mạnh <sup>1</sup>, Bùi Anh Thắng <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải, Việt Nam

<sup>2</sup> Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

#### Quá trình:

Nhận bài 18/10/2020

Sửa xong 25/11/2020

Chấp nhận đăng 31/12/2020

#### Từ khóa:

Cát biển,

Cọc cát xi măng,

Xử lý nền đất yếu.

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu khả năng sử dụng cát biển trong cải tạo nền đất yếu bằng phương pháp cọc gia cố xi măng. Như chúng ta đã biết, cát biển là vật liệu sẵn có với trữ lượng lớn. Việc sử dụng vật liệu tại chỗ phục vụ các dự án xây dựng công trình nói chung và công trình giao thông ven biển riêng có ý nghĩa kinh tế lớn. Chính vì vậy, việc nghiên cứu và sử dụng cát biển vào các lĩnh vực xây dựng là hết sức cần thiết và quan trọng. Kết quả nghiên cứu đã xác định được ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ và mô đun đàn hồi trong cọc cát xi măng. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu góp phần hoàn thiện cơ sở lý thuyết xử lý, cải tạo nền đất yếu nhất là đất yếu ven biển nước ta bằng cọc xi măng cát biển. Nghiên cứu có tính khả thi và ý nghĩa thực tiễn cao.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Đất yếu là loại những đất có khả năng chịu tải nhỏ (nhỏ hơn 50÷100 kPa), có tính nén lún lớn, hầu như bão hòa nước, có hệ số rỗng lớn, mô đun biến dạng thấp  $E < 5000$  kPa, sức kháng cắt nhỏ (Nguyễn Quang Chiêu, 2004; Nguyễn Uyên, 2013).

Việc xây dựng các công trình có móng đặt trên nền đất yếu cần có biện pháp xử lý nền. Một trong những giải pháp xử lý nền đất yếu là xử lý nền bằng xi măng kết hợp với vật liệu rời tại chỗ nhằm tăng sức chịu tải của đất nền, giảm tính thấm và

tính biến dạng,... đáp ứng yêu cầu sử dụng làm nền các công trình.

Trên thế giới các nghiên cứu cải tạo đất bằng xi măng, xi măng - vôi được tiến hành từ những năm 1960, 1970 của thế kỷ trước ở các nước Thụy Điển và Phần Lan bước đầu đã ứng dụng gia cố thành hố đào, hố móng nông và ổn định khối đắp. Các nghiên cứu tiếp theo được tiến hành trong những năm 1980 và 1990, tiêu biểu nghiên cứu của Kujala và Lahtinen đã tìm hiểu những phản ứng của quá trình gia cố, từ đó đã xuất bản sách hướng dẫn về thiết kế gia cố.

Tại Phần Lan, những nghiên cứu về đất gia cố tại chỗ bằng vôi, xi măng và xỉ lò cao được kể đến: tại thành phố Helsinki vào năm 1991, Kaltedt và Halkola đã nghiên cứu cải tạo đất tại chỗ thành từng khối nhằm giảm giá thành vận chuyển đất thải và tính ổn định của đất nền đã được rút ra từ

\* Tác giả liên hệ

E - mail: [ntdiu@moet.edu.vn](mailto:ntdiu@moet.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.HTCS2020.14

các thí nghiệm hiện trường trên các công trình thực tế. Vào năm 1993, kết quả nghiên cứu của các tác giả Kukko và Puohomaki đã mô tả quá trình thí nghiệm và kết quả phân tích những ảnh hưởng đến cường độ đất sét gia cố và đã thảo luận về sử dụng chất phụ gia như xỉ lò cao, tro than,.. Ở Thụy Điển, vào năm 1996 công nghệ trộn sâu Deep mixing (DM) trong nghiên cứu của Ahnberg đã phát triển rất mạnh và được sử dụng nhiều trong các công trình đường bộ và đường sắt như: làm móng, ổn định hố đào, ổn định mái dốc, giảm rung động (Nguyễn Quốc Dũng, 2005).

Ở Việt Nam, cải tạo đất yếu bằng xi măng và vôi đã được nghiên cứu đầu tiên từ năm 1967 do Bộ môn Đường - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội tiến hành. Tuy nhiên, chủ yếu là sử dụng phương pháp cải tạo làm móng đường giao thông. Tiếp đó, Viện Kỹ thuật Giao thông cũng đã nghiên cứu và dừng lại vào năm 1970.

Đề tài “Nghiên cứu giải pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi” năm 2002 do Tạ Đức Thịnh - Trường Đại học Mỏ - Địa chất làm chủ nhiệm đã đưa ra được cơ sở lý thuyết của phương pháp luận gia cố cải tạo nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi. Tác giả đã tiến hành thí nghiệm trong phòng với các hàm lượng xi măng là 5; 7,5; 10; 12,5 và 15% khối lượng đất khô và hàm lượng vôi là 5; 7; 9 và 11%. Các kết quả thí nghiệm cho thấy, cường độ kháng nén một trục của đất cải tạo tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng và vôi. Tác giả đã áp dụng lý thuyết đàn hồi trong tính toán nền, xác định mô đun biến dạng của đất nền và cọc có giá trị khác nhau không nhiều nên đã kiến nghị sử dụng lượng xi măng từ 7,5÷10% và lượng vôi từ 7÷9% (Tạ Đức Thịnh, 2002. Đề tài đã ứng dụng để xử lý nền đất yếu là bùn sét pha lẫn hữu cơ dày 7,5 m tại vị trí đặt móng của khối nhà 3 tầng trường THPT Tây Thụy Anh tỉnh Thái Bình với hàm lượng xi măng là 9,5% và vôi là 7% so với khối lượng cát khô (Tạ Đức Thịnh, 2018).

Ở nước ta, trước kia cũng như hiện nay phần lớn chỉ dùng nguồn cát khai thác ở một số nơi trên các sông suối, nên vấn đề khai thác và vận chuyển cát từ những nơi đó đến chân công trình là rất khó khăn và tốn kém. Hiện nay, cùng với việc siết chặt quản lý khai thác cát, nguồn cát tự nhiên đang ngày càng khan hiếm vì việc bồi lắng, tái tạo các mỏ cát ngày càng hạn chế do việc đầu tư các công trình thủy điện ở thượng nguồn. Do đó, việc tìm ra các nguồn vật liệu thay thế cát truyền thống để

binh ổn thị trường và góp phần vào việc phát triển bền vững đang là vấn đề thời sự nóng và có tính cấp thiết cao. Trong khi đó lượng cát biển trải dài trên cả nước với trữ lượng vô cùng lớn; việc nghiên cứu sử dụng cát biển thay cát truyền thống trong lĩnh vực xây dựng nói chung có ý nghĩa rất lớn góp phần giảm giá thành xây dựng, giảm khó khăn trong khâu khai thác và vận chuyển đối với các miền vùng sâu, vùng xa - đặc biệt là đối với các công trình ven biển, hải đảo. Phát triển theo ý tưởng này nhóm tác giả đặt vấn đề nghiên cứu khả năng sử dụng cát biển trong xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cọc gia cố xi măng.

## 2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

### 2.1. Vật liệu

Nghiên cứu này sử dụng xi măng hỗn hợp PCB40 Nghi Sơn có các chỉ tiêu kỹ thuật thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 6260 - 2009. Các chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng PCB40 được ghi trong Bảng 1.

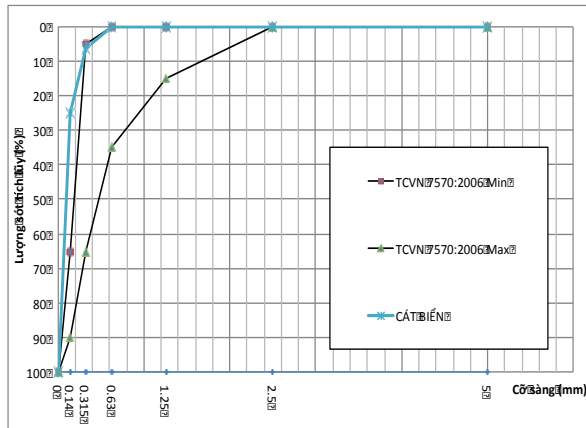
Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng Nghi Sơn PCB40.

Tên chỉ tiêu	Giá trị	Yêu cầu
Cường độ chịu nén (Mpa) 3 ngày ± 45 phút 28 ngày ± 8 giờ	31.8 50.2	≥21 ≥40
Thời gian ninh kết, phút: Bắt đầu, không nhỏ hơn Kết thúc, không lớn hơn	110 200	≥45 ≤375
Độ nghiền mịn, xác định theo: Bề mặt riêng, phương pháp Blaine, cm <sup>2</sup> /g, không nhỏ hơn	3518	≥2800
Độ ổn định thể tích xác định theo phương pháp Le Chatelier, mm, không lớn hơn	0.5	≤10
Hàm lượng anhydric sunphuric (SO <sub>3</sub> ), % không lớn hơn	1.86	≤3.5
Lượng nước tiêu chuẩn, %	28	

Cát trong nghiên cứu này sử dụng là cát biển Hải Phòng, cát được hút ở vùng ngập hoàn toàn. Các đặc tính kỹ thuật của cát biển được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006. Thành phần hạt của cát biển được kiểm tra theo bộ sàng của tiêu chuẩn TCVN 7570 :2006 được thể hiện trên Bảng 2 và Hình 1

Bảng 2. Thành phần hạt của cát biển.

Cỡ sàng	Lượng sót riêng biệt, %	Lượng sót tích lũy, %	TCVN 7570:2006
5	0	0	0
2,5	0	0	0÷20
1,25	0	0	15÷45
0,63	0	0	35÷70
0,315	5	5	65÷90
0,14	21	26	90÷100
Đáy	74	100	
Mô đun độ lớn	0,3	<2	<2



Hình 1. Biểu đồ cấp phối thành phần hạt cát biển.

Như vậy có thể thấy cát biển sử dụng trong nghiên cứu này là cát mịn có mô đun độ lớn rất thấp (0,3). Phần lớn kích thước hạt của cát biển đều dưới 0,315 mm. Lượng hạt nhỏ hơn 0,075 mm chiếm tới 74 %. Hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,075 mm có trong cát biển được xác định theo phương pháp sàng ướt (TCVN 9205:2012). Kết quả thí nghiệm cho thấy hàm lượng hạt nhỏ này chiếm tới 21,6 %. Các đặc tính kỹ thuật của các loại cát biển sử dụng trong đề tài được tổng hợp ở Bảng 3.

Bảng 3. Các tính chất kỹ thuật của cát biển.

Chỉ tiêu	CTC1
Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	2,48
Khối lượng thể tích ở trạng thái khô (g/cm <sup>3</sup> )	2,26
Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa nước (g/cm <sup>3</sup> )	2,35
Khối lượng thể tích xốp (g/cm <sup>3</sup> )	1,35
Độ hút nước 24 giờ (%)	3,60
Hàm lượng bụi, bùn, sét (%)	9,20
Hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,075 mm (%)	21,60

Nước dùng để trộn hỗn hợp cát biển - xi măng là nước sạch lấy từ nguồn nước sinh hoạt của thành phố Hà Nội. Nước phải đảm bảo độ sạch hợp lý và không lẫn dầu, muối axít, chất kiềm, ... và thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 4506:2012 đối với nước trộn vữa và bê tông.

## 2.2. Phương pháp thí nghiệm

### 2.2.1. Tính toán thành phần vật liệu của hỗn hợp cát biển - xi măng

Mục tiêu thiết kế: Trong nghiên cứu này, hỗn hợp cát biển - xi măng (CB - XM) được thiết kế với các hàm lượng xi măng khác nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén và sự phát triển của cường độ theo thời gian của các hỗn hợp CB - XM.

Các hỗn hợp CB - XM được thiết kế với các hàm lượng xi măng từ 5% đến 15% so với khối lượng cát biển, cụ thể: 5%, 7%, 10%, 13% và 15%. Lượng nước được giữ nguyên cho tất cả các hỗn hợp. Thành phần vật liệu của CB - XM được tính toán dựa theo lý thuyết thể tích đặc tuyệt đối.

$$V_{CB-XM} = 1000(lít) = \frac{X}{\rho_X} + \frac{C}{\rho_C} + N + V_{kk} \quad (1)$$

Trong đó:  $X$ ,  $C$ ,  $N$  - lần lượt là khối lượng xi măng, cát biển, nước cho 1 m<sup>3</sup> (kg);  $\rho_X$ ,  $\rho_C$  - khối lượng riêng của xi măng, cát biển (kg/dm<sup>3</sup>);  $V_{kk}$  - thể tích không khí (dm<sup>3</sup>).

$$C = \left[ 1000 - \left( \frac{X}{r_X} + N + 20 \right) \right] r_C \quad (2)$$

Dựa trên các nghiên cứu lý thuyết kết hợp thực nghiệm, các thành phần cấp phối đã được tính toán và điều chỉnh. Thành phần vật liệu cho 1 m<sup>3</sup> của các hỗn hợp CB - XM trình bày ở Bảng 4

Bảng 4. Thành phần vật liệu các cấp phối CB - XM.

Thành phần	Hỗn hợp CB - XM				
	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	4.87	3.53	2.53	1.99	1.75

### 2.2.2. Thực nghiệm chế tạo CB - XM

Các vật liệu được bảo quản trong phòng thí nghiệm. Đối với mỗi mẻ trộn, độ ẩm của cát được xác định trước khi nhào trộn hỗn hợp.

Các hỗn hợp CB - XM được nhào trộn bằng máy trộn vữa theo quy trình sau:

Bước 1 - Trộn khô hỗn hợp xi măng + cát trong 2 phút; bước 2 - Thêm nước và tiếp tục trộn trong 2 phút (trộn chậm); bước 3 - nghỉ 15 giây; bước 4 - Trộn nhanh 1 phút.

Mẫu CB - XM được đúc ngay sau khi kết thúc nhào trộn. Trước khi đúc mẫu, khuôn được làm sạch và sơn một lớp dầu mỏng để tháo khuôn được dễ dàng. Phương pháp đúc mẫu và đầm rung tuân thủ theo TCVN 9403:2012 (Hình 2).

Sau 3 ngày đổ khuôn, các mẫu được tháo khuôn và ngâm vào trong bồn nước ở điều kiện nhiệt độ phòng đến tuổi thí nghiệm.

### 2.2.3. Phương pháp thí nghiệm

Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của CB - XM được thí nghiệm theo phụ lục E - TCVN 9403:2012 và quá trình thí nghiệm, thiết bị thí nghiệm như Hình 3. Với mỗi loại CB - XM, thí nghiệm được tiến hành trên 6 mẫu thử ở các ngày tuổi: 3, 7, 14, 28, 56 và 90 ngày tuổi.



Hình 2. Đúc mẫu thí nghiệm xác định cường độ chịu nén.



Hình 3. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của CB - XM.

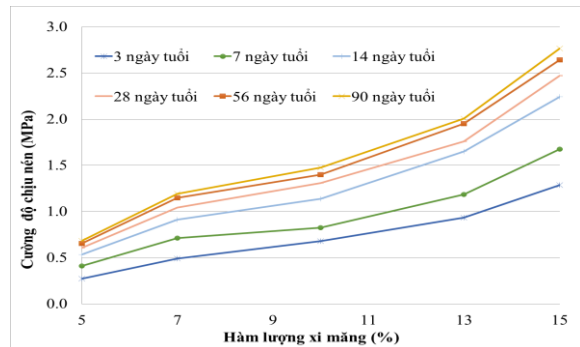
### 3. Kết quả và thảo luận

Cường độ chịu nén của các hỗn hợp CB - XM ở 3, 7, 14, 28, 56 và 90 ngày tuổi được trình bày tổng hợp ở Bảng 5.

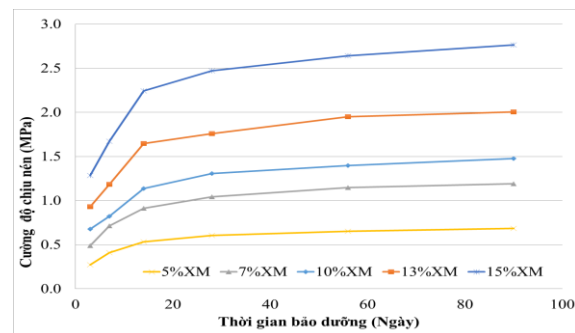
Bảng 5. Cường độ chịu nén của các mẫu hỗn hợp CB - XM.

Cường độ chịu nén (MPa)	Hỗn hợp CB - XM				
	5 %XM	7 %XM	10 %XM	13 %XM	15 %XM
Ở 3 ngày tuổi	0.27	0.49	0.68	0.93	1.28
Ở 7 ngày tuổi	0.41	0.71	0.82	1.18	1.67
Ở 14 ngày tuổi	0.53	0.91	1.14	1.65	2.24
Ở 28 ngày tuổi	0.61	1.04	1.31	1.76	2.47
Ở 56 ngày tuổi	0.65	1.15	1.40	1.95	2.64
Ở 90 ngày tuổi	0.68	1.19	1.48	2.01	2.77

Các kết quả trên cho thấy ở cùng một ngày tuổi thí nghiệm, cường độ chịu nén của hỗn hợp CB - XM tăng khi tăng hàm lượng xi măng. Cường độ chịu nén được cải thiện rõ rệt khi hàm lượng xi măng tăng từ mức 5÷7% lên mức 10÷15%. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén của hỗn hợp CB - XM thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén của hỗn hợp CB-XM.



Hình 5. Sự phát triển cường độ của hỗn hợp CB - XM theo thời gian.



Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy cường độ chịu nén của các hỗn hợp CB - XM tăng theo thời gian từ 3, 7, 14, 28, 56 cho đến 90 ngày tuổi. Sự phát triển cường độ của hỗn hợp CB - XM theo thời gian được thể hiện trên Hình 5.

Tuy nhiên tốc độ phát triển cường độ không đều: tăng nhanh trong 7 ngày đầu tiên và tăng chậm dần sau 14 ngày. Tỷ lệ giữa cường độ chịu nén của các hỗn hợp CB - XM ở 3, 7, 14, 56, 90 ngày tuổi so với 28 ngày tuổi ( $R_i/R_{28}$  (%);  $i=3, 7, 14, 56, 90$ ) được thể hiện ở Bảng 6.

Bảng 6. Tốc độ phát triển cường độ chịu nén của các hỗn hợp CB - XM theo thời gian.

$R_i/R_{28}$ (%)	Hỗn hợp CB - XM				
	5 %XM	7 %XM	10 %XM	13 %XM	15 %XM
$R_3/R_{28}$ (%)	68	47	52	53	52
$R_7/R_{28}$ (%)	88	68	63	67	68
$R_{14}/R_{28}$ (%)	100	87	87	94	91
$R_{56}/R_{28}$ (%)	108	110	107	111	107
$R_{90}/R_{28}$ (%)	113	114	113	114	112

Mô đun biến dạng  $E_{50}$  của hỗn hợp CB - XM được xác định từ đồ thị đường cong mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng trong thí nghiệm nén một trục nở hông. Giá trị  $E_{50}$  được xác định bằng hệ số góc của đường thẳng tính từ gốc tọa độ đến  $q_u/2$ . Kết quả thí nghiệm xác định mô đun biến dạng  $E_{50}$  ở 28 ngày tuổi của hỗn hợp CB - XM được trình bày trong Hình 6. Mô đun biến dạng  $E_{50}$  tăng theo hàm lượng thay thế xi măng trong hỗn hợp CB - XM. Khi hàm lượng xi măng 5% phát triển cường độ nhanh và ở tuổi 14 ngày gần như đã đạt

cường độ ở 28 ngày. mối quan hệ giữa hàm lượng xi măng tới mô đun biến dạng thể hiện ở Hình 7.

#### 4. Kết luận

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu rút ra một số kết luận sau:

Cường độ nén của mẫu hỗn hợp CB - XM tăng dần theo hàm lượng xi măng. Cường độ chịu nén được cải thiện rõ rệt khi hàm lượng xi măng tăng từ mức 5% - 7% lên mức 10 - 15%. Hàm lượng xi măng hiệu quả kiến nghị sử dụng 10 - 15%.

Đặc trưng mô đun biến dạng  $E_{50}$  của hỗn hợp CB - XM tăng theo hàm lượng xi măng, mô đun biến dạng hiệu quả khi hàm lượng xi măng 10 - 15%

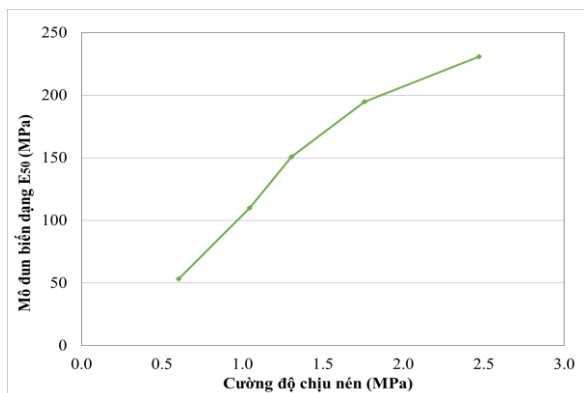
Nghiên cứu này đã cho thấy việc sử dụng cát biển thay thế cát thông thường có tính khả thi trong xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cọc gia cố xi măng. Tuy nhiên, nghiên cứu mới dừng lại ở các thí nghiệm trong phòng, số lượng mẫu còn hạn chế, do vậy cần có nghiên cứu thêm để hoàn thiện thêm phương pháp luận sử dụng cát biển trong phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc xi măng cát.

#### Lời cảm ơn

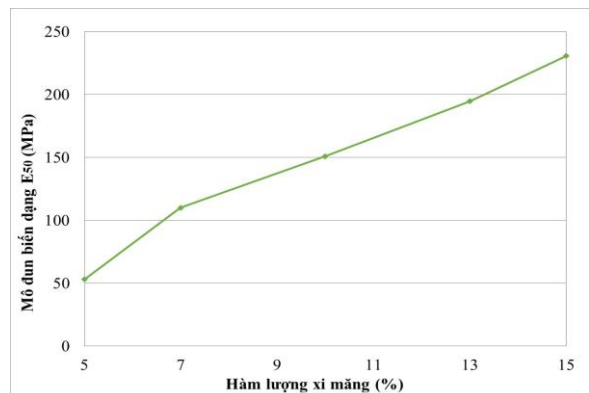
Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông vận tải đã tạo điều kiện giúp đỡ nhóm tác giả hoàn thành các thí nghiệm trong bài báo này.

#### Những đóng góp của tác giả

Khái niệm hóa: Nguyễn Thị Dịu; Phương pháp luận: Nguyễn Thị Dịu, Tạ Đức Thịnh; Phân tích dữ liệu: Nguyễn Thị Dịu, Tạ Đức Thịnh, Nguyễn Đức



Hình 6. Quan hệ mô đun biến dạng  $E_{50}$  và cường độ chịu nén  $q_u$ .



Hình 7. Quan hệ mô đun biến dạng  $E_{50}$  và hàm lượng xi măng.

Mạnh, Bùi Anh Thắng; Viết bản thảo bài báo: Nguyễn Thị Dịu; Hiệu chỉnh và chỉnh sửa: Nguyễn Thị Dịu, Bùi Anh Thắng.

### Tài liệu tham khảo

Nguyễn Quang Chiêu, (2004). Thiết kế và thi công nền đắp trên đất yếu. *Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 190 trang.*

Nguyễn Quốc Dũng, Phùng Vĩnh An, Nguyễn Quốc Huy, (2005). Công nghệ khoan phụt cao áp trong xử lý nền đất yếu. *Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội.*

Tạ Đức Thịnh, (2002). Nghiên cứu xử lý, gia cố nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi. *Báo cáo tổng kết đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ. Hà Nội.*

Tạ Đức Thịnh, (2018). Thiết kế xử lý nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi tại Trường Trung học phổ thông Tây Thái Thụy, Thái Bình. *Tạp*

*chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, Tập 59, Kỳ 4 (2018) 78 - 85.*

Nguyễn Uyên, (2013). Xử lý nền đất yếu trong xây dựng. *Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 210 trang.*

TCVN 7570:2006. Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

TCVN 7572 - 2:2006. Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 2: Xác định thành phần hạt.

TCVN 6260:2009. Xi măng Poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật.

TCVN 9205:2012. Cát nghiền cho bê tông và vữa.

TCVN 4506:2012. Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

TCVN 9403:2012. Gia cố đất nền yếu - Phương pháp trụ đất xi măng.