



STATIC RESPONSE OF EXISTING SHEET PILE QUAY WALL UPGRADED USING CEMENT DEEP MIXING AND DREDGING

Nguyen Anh Dan *

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 04/07/2023

Revised: 24/08/2023

Accepted: 10/10/2023

Published online: 15/10/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.8.9>

* Corresponding author

Email: nadan@utc.edu.vn

Abstract. Sheet pile wall is used popular for different type of structures, including quay walls. However, in Vietnam and coastal countries many sheet pile quay walls have been built for long time with low front water depth and degraded to be unable to receive ships of large tonnage. Therefore, upgrading these facilities is absolutely necessary. This paper introduces a method to increase the bearing capacity of the pile sheet pile wall by using cement deep mixing (CDM) improving the seabed soil in front of the quay wall, then dredging to increase the front water depth. The study used PLAXIS 2D program to evaluate and compare the response of sheet pile walls such as displacement and bending moment under the operation loads for two cases of dredging with and without the CDM. In addition, the influence of the strength and area of the CDM on the behaviour of the pile wall was also considered. The results demonstrated that the use of CDM has significantly reduced the deformation of the quay wall and the bending moment of the sheet wall. When the strength or area of CDM increased, the displacement of the pile decreased, however, when reaching a certain value, although the strength or area of CDM increased, the displacement of the sheet pile does not change.

Keywords: Sheet pile quay wall, cement deep mixing, dredging, upgrade, PLAXIS

© 2023 University of Transport and Communications



PHẢN ỨNG TÍNH CỦA KẾT CẤU BÊN TƯỜNG CỪ CŨ ĐƯỢC CẢI TẠO BẰNG CỌC XI MĂNG ĐẤT VÀ NẠO VẾT

Nguyễn Anh Dân*

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 04/07/2023

Ngày nhận bài sửa: 24/08/2023

Ngày chấp nhận đăng: 10/10/2023

Ngày xuất bản Online: 15/10/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.8.9>

* Tác giả liên hệ

Email: nadan@utc.edu.vn

Tóm tắt. Kết cấu tường cừ được sử dụng rất nhiều cho các dạng công trình khác nhau, trong đó có các công trình bên cảng. Tuy nhiên, ở Việt Nam cũng như các quốc gia ven biển hiện nay có nhiều các công trình bên tường cừ đã được xây dựng từ lâu có độ sâu nước thấp cũng như đã bị xuống cấp không thể tiếp nhận được các tàu có trọng tải lớn. Do đó, việc nâng cấp các công trình này là hết sức cần thiết. Bài báo này giới thiệu phương pháp tăng cường khả năng chịu lực của bên tường cừ bằng cách sử dụng cọc xi măng đất (CDM) gia cố lớp đất đáy biển trước bên, sau đó tiến hành nạo vét để gia tăng độ sâu nước trước bên. Nghiên cứu sử dụng phần mềm PLAXIS 2D để đánh giá và so sánh phản ứng của tường cừ như chuyển vị và mô men uốn dưới tác dụng của tải trọng khai thác cho hai trường hợp nạo vét có và không có CDM. Bên cạnh đó, ảnh hưởng của cường độ và diện tích vùng gia cố CDM đến ứng xử của tường cừ cũng được xem xét. Các kết quả đã chỉ ra rằng việc sử dụng CDM đã làm giảm đáng kể biến dạng của bên và mô men uốn của tường cừ. Khi cường độ hoặc diện tích CDM tăng lên thì chuyển vị của cừ giảm, tuy nhiên khi đạt đến một giá trị nhất định thì mặc dù cường độ hoặc diện tích CDM tăng nhưng chuyển vị của bên không thay đổi.

Từ khóa: Bên tường cừ, cọc xi măng đất, nạo vét, nâng cấp, PLAXIS

© 2023 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chức năng chính của công trình bến là cho phép tàu có thể neo đậu và thực hiện các hoạt động xuất nhập hàng hóa. Công trình bến phải đáp ứng nhiều yêu cầu đối với việc sử dụng và điều kiện tự nhiên. Về mặt kết cấu, bến cần có đủ khả năng chịu lực để chống lại các ngoại lực và tác động từ tàu, cần cầu và thiên nhiên. Chúng cũng cần được thiết kế để có thời gian

sử dụng lâu dài và yêu cầu bảo trì thấp nhất. Kết cấu công trình bến được sử dụng trong thực tế rất đa dạng. Tuy nhiên, nhìn chung chúng có thể được phân loại thành bốn loại cơ bản: bến trọng lực, bến tường cừ, bến cầu tàu và bến mái nghiêng [1].

(1) Bến trọng lực: Sự ổn định của bến được đảm bảo bởi trọng lượng của kết cấu lớp đất đắp bên trên nó. Kết cấu bến trọng lực điển hình bao gồm: thùng chìm, khối xếp, tường góc, tường cọc ống đường kính lớn, và tường chắn có cốt.

(2) Bến tường cừ: Bến tường cừ có chức năng giữ đất và chống lại áp lực đất bằng khả năng chống lại mô men uốn và lực ngang do tường và hệ thống neo tạo ra. Ví dụ về loại kết cấu này bao gồm tường cừ tự do, tường cừ có neo, tường cừ hỗn hợp và tường cừ cọc ống.

(3) Bến cầu tàu: Kết cấu bao gồm hệ dầm bản trên nền cọc, bên dưới là mái đất nghiêng.

(4) Bến mái nghiêng: Kết cấu bến có dạng mái dốc với kết cấu mái được phủ bằng đá hoặc tấm bê tông đúc sẵn.

Hiện tại, với nhu cầu ngày càng tăng về vận chuyển hàng hóa bằng đường biển, những con tàu lớn xuất hiện ngày càng nhiều đòi hỏi hệ thống cảng biển cũng phải đáp ứng kịp. Bên cạnh đó, các tiêu chuẩn hiện hành yêu cầu các công trình phải đảm bảo khả năng chịu tải không chỉ trong quá trình khai thác mà cả trong những điều kiện tự nhiên đặc biệt. Tuy nhiên, trong thực tế ở các quốc gia ven biển như ở Việt Nam, có rất nhiều công trình bến được xây dựng trong quá khứ đã xuống cấp không còn đáp ứng kịp nhu cầu phát triển hiện tại cũng như chống lại các tác động của tự nhiên. Do đó, nâng cấp cải tạo các công trình bến hiện tại để tăng cường khả năng chịu lực, nâng cao công suất khai thác của cảng đáp ứng nhu cầu hiện tại, đồng thời chống lại tác động của các tác động tự nhiên là nhu cầu hết sức cấp thiết. Giải quyết được vấn đề này chúng ta không chỉ nâng cao năng lực khai thác mà còn kéo dài tuổi thọ của bến, tiết kiệm được nguồn kinh phí duy tu bảo dưỡng.

Liên quan đến chủ đề nâng cấp cải tạo công trình bến, trên thế giới đã có nhiều tác giả quan tâm. Tiêu biểu có thể kể đến Bauduin và cộng sự [2] đã đề xuất một số hướng dẫn chung cho việc cải tạo bến để có được phương pháp tiếp cận thiết kế và xây dựng tích hợp bao gồm các phương pháp xây dựng, quản lý rủi ro và giám sát. Nghiên cứu cung cấp một số yếu tố hướng dẫn cho các khía cạnh khác nhau dựa trên kinh nghiệm thu được trong một số loại dự án thực tế và chỉ ra các công cụ để xử lý thông tin không đầy đủ hoặc kém tin cậy. Ruggeri và cộng sự [3] đã tóm tắt các vấn đề chính liên quan đến địa kỹ thuật trong quá trình thiết kế và thi công nâng cấp bến cảng ở Ý. Để nâng cao hiệu suất của sáu bức tường bến, một số phương pháp đã được xem xét, trong đó tập trung vào việc sử dụng cọc neo phía sau bến và phun vữa trước bến để tăng khả năng chịu lực và độ sâu mực nước phía trước. Nguyễn và cộng sự [4] đã nghiên cứu ứng xử tĩnh sau khi đào sâu độ sâu nước phía trước của bến kiểu thùng chìm bằng cách đào một phần của móng đổ nát sau khi đổ vữa. Nghiên cứu đã xem xét các trường hợp khác nhau để xác định hình dạng và kích thước phù hợp nhất của lớp móng đá được bơm vữa. Kim và cộng sự [5] đã tiến hành thử nghiệm mô hình máy ly tâm để xem xét ứng xử động lực học của bến trọng lực kiểu thùng chìm được cải tạo bằng cách phun vữa và đào sâu lớp móng đá. Kết quả chỉ ra rằng khả năng chống động đất của bến tăng lên sau khi cải tạo, và công nghệ được đề xuất là khả thi về mặt kỹ thuật để cải tạo bến trọng lực kiểu thùng chìm.

Tại Việt Nam cho đến hiện tại cũng đã có một số các nghiên cứu liên quan đến việc cải tạo và nâng cấp bến cảng. Một số nghiên cứu như: tác giả Vũ Quốc Hưng [6] đã nghiên cứu nguyên nhân hư hỏng của các cấu kiện bê tông cốt thép trong công trình cảng dưới tác động của môi trường biển và các biện pháp xử lý. Nghiên cứu cho thấy hiện tượng xuống cấp của các cấu kiện bê tông cốt thép trong công trình cảng có nguyên nhân chính là do sự ăn mòn cốt

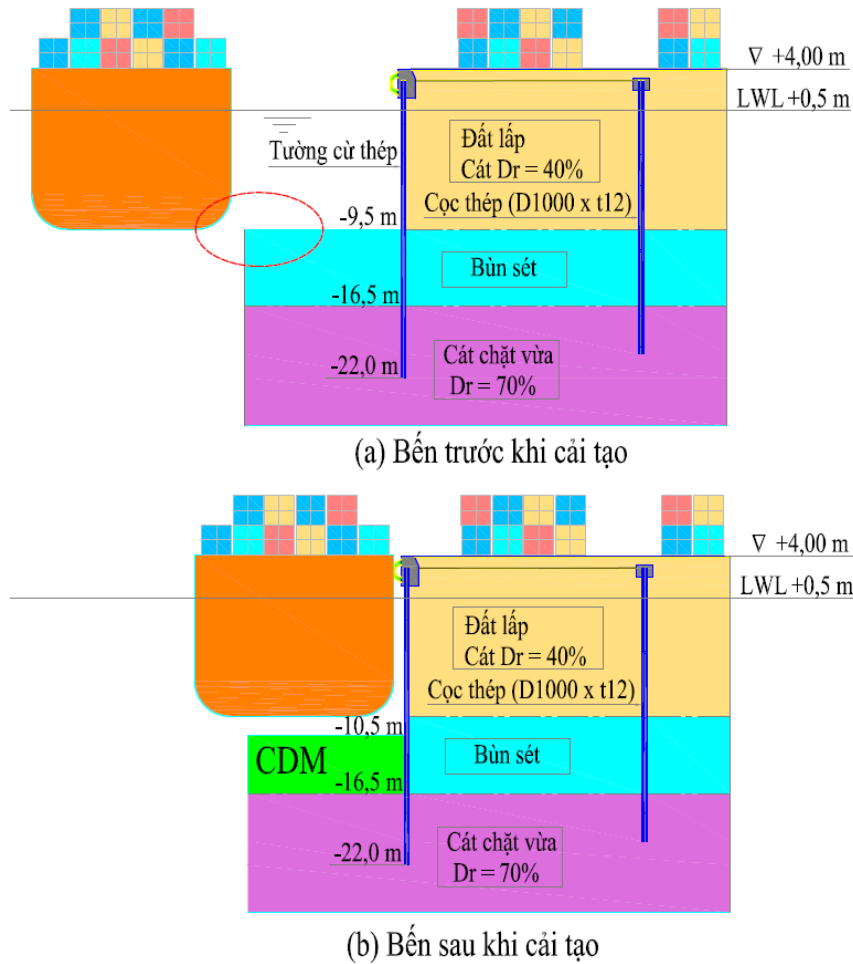
thép gây ra bởi sự xâm nhập của CO₂ từ môi trường khí và đặc biệt là ion Cl⁻ từ muối biển. Do vậy việc ngăn ngừa và giảm thiểu hàm lượng Cl⁻ và CO₂ xuất hiện trong bê tông. Phương pháp bảo vệ cathode là một biện pháp chủ động như vậy. Các biện pháp khác còn lại cơ bản là các giải pháp thụ động với mục đích khôi phục lại hoặc gia cường khả năng chịu lực của các cấu kiện bê tông cốt thép. Phạm Văn Trung [7] cũng đã nghiên cứu và chỉ ra một số nguyên nhân và cơ chế hư hại của các công trình thủy như: Sự han rỉ của kim loại, bao gồm cả các loại cốt thép của bê tông, Các tác động vi sinh như sự thối mục của gỗ và các tác động của các sinh vật biển, các quá trình lý hóa, do các tác động cơ học và các nguyên nhân vật lý... Trên cơ sở đó tác giả đã đề xuất một số biện pháp cải tạo công trình bến từ nhỏ đến lớn như trát vữa, sơn phủ bề mặt, hay gia cố tăng cường tiết diện các kết cấu. Lê Thị Lê [8] đã nghiên cứu giải pháp kỹ thuật tăng chiều sâu trước bến cho các cảng biển trong điều kiện Việt Nam. Tác giả đã nghiên cứu tổng hợp một số giải pháp kỹ thuật đã được áp dụng ở một số nước trên thế giới cho các dạng kết cấu bến khác nhau. Về cơ bản có hai giải pháp chính đã được đưa ra bao gồm giải pháp đóng tường cừ phía trước và giải pháp sử dụng cọc. Trên cơ sở phân tích ưu nhược điểm của từng phương pháp, tác giả đã đề xuất giải pháp sử dụng cọc là giải pháp kết cấu chính phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Có thể thấy rằng các nghiên cứu liên quan đến cải tạo, nâng cấp để gia tăng độ sâu nước trước bến nói chung và bến tường cừ nói riêng ở Việt Nam còn rất hạn chế. Vì vậy, nghiên cứu gia cường để đảm bảo khả năng chịu lực của kết cấu bến tường cừ khi nạo vét là rất cần thiết. Nội dung bài báo này xem xét hiệu quả về mặt kỹ thuật của việc sử dụng cọc xi măng đất trong việc tăng cường kết cấu bến tường cừ cũ trước khi tiến hành nạo vét. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng CDM là giải pháp quen thuộc đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng nói chung và công trình giao thông nói riêng. Nó có ưu điểm là có thể tăng cường khả năng chịu tải của đất, đây cũng là giải pháp mà các nhà thiết kế và thi công ở Việt Nam có rất nhiều kinh nghiệm. Đối với các công trình bến tường cừ cũ, sử dụng giải pháp CDM để gia cố nền đất phía trước bến tường cừ sau đó nạo vét để tăng độ sâu nước trước bến có thể làm tăng khả năng chịu lực của bến, đảm bảo thỏa mãn theo quy định của các tiêu chuẩn hiện hành đồng thời tăng công suất khai thác của bến, giúp bến có thể tiếp nhận được những con tàu lớn hơn. Cụ thể, nghiên cứu này tập trung so sánh hai trường hợp bến tường cừ được nạo vét có và không gia cố CDM bằng cách sử dụng mô hình số trên phần mềm PLAXIS 2D. Các chỉ tiêu xem xét bao gồm: biến dạng chung của bến, chuyển vị và mô men uốn của tường cừ. Nghiên cứu cũng xem xét ảnh hưởng của cường độ và diện tích CDM lên ứng xử của bến bằng cách thực hiện một loạt các mô hình khác nhau.

2. TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này nhằm mục đích nâng cấp bến tường cừ bằng cách gia cố nền đất phía trước tường bằng CDM, sau đó nạo vét đáy biển để tăng độ sâu nước phía trước. Phương pháp cải tạo bến tường cừ bằng cọc xi măng đất được dựa trên nguyên lý gia tăng cường độ của lớp đất phía trước cừ nhằm làm tăng áp lực đất bị động và hình thành khối vật liệu vững chắc dưới chân cừ từ đó làm giảm chiều dài tính toán cừ và giảm moment cũng như chuyển vị của tường cừ. Hình 1 cho thấy ý tưởng của giải pháp này.

Như trình bày trong Hình 1, trước khi cải tạo, chiều cao trước bến là 13,5 m, độ sâu nước phía trước là 10 m, và nó có thể tiếp nhận tàu 10000 DWT. Sau khi cải tạo, đáy biển được gia cố cọc xi măng đất và nạo vét thêm 1 m. Chiều cao trước bến tăng lên 14,5 m với độ sâu nước là 11 m. Với các thông số này, bến có thể tiếp nhận được tàu có trọng tải lên đến 20000DWT.



Hình 1. Ý tưởng và mặt cắt ngang bền tường cừ trước và sau cải tạo.

Các thông số của kết cấu tường cừ, cọc neo, thanh neo được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kết cấu bền [9].

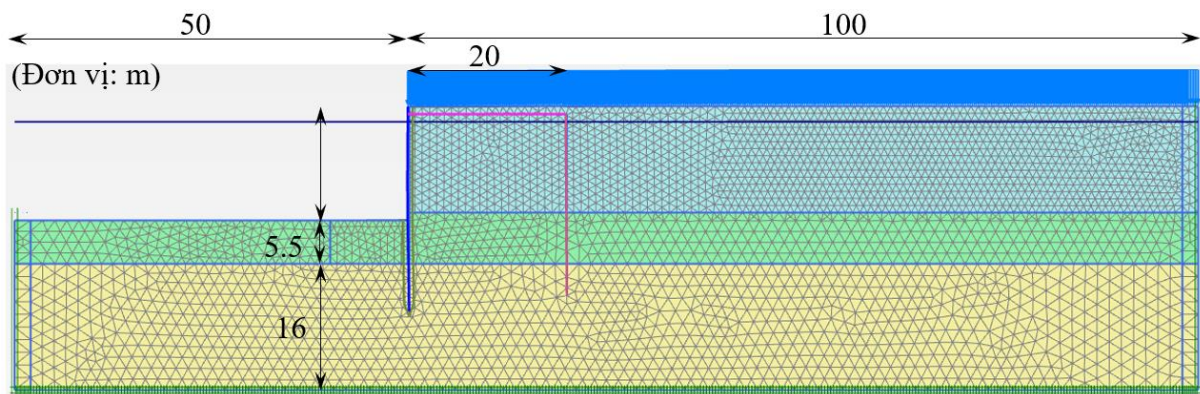
Cọc cừ			
Bề rộng cừ	w	500	mm
Chiều cao cừ	h	225	mm
Diện tích mặt cắt cừ	A	306	cm ² /m
Mô men quán tính	I	86000	cm ⁴ /m
Mô đun đàn hồi	E	2,1E+8	kN/m ²
Cường độ giới hạn chảy	f _y	300	MPa
Mô men uốn giới hạn (đàn hồi)	M _{el,max}	1146	kNm/m
Mô men uốn giới hạn (chảy)	M _{pl,max}	1357	kNm/m
Cọc neo			
Đường kính ngoài	D	1000	mm
Bề dày	t	12	mm
Thanh neo			
Diện tích mặt cắt	A	6E-4	m ²
Cường độ giới hạn chảy	f _y	355	MPa
Lực giới hạn chảy	F _{el,max}	421,5	kN

3. MÔ HÌNH SỐ PHÂN TÍCH KẾT CẤU

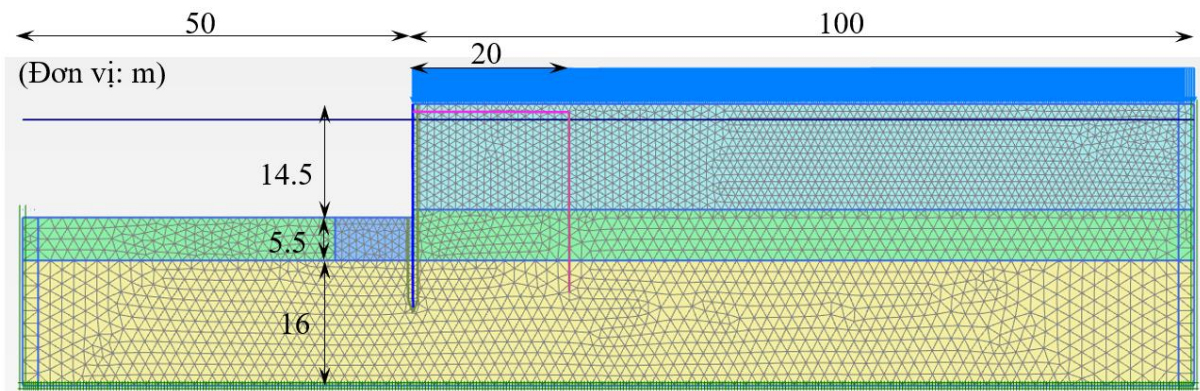
Trong nghiên cứu này, phương pháp mô phỏng mô hình số bằng phần mềm PLAXIS 2D được sử dụng để đánh giá phản ứng của bên trước và sau cải tạo. Hình 2 thể hiện các mô hình phần tử hữu hạn của kết cấu bên sau khi nạo vét với trường hợp có và không sử dụng CDM. Trong các mô hình, tường cừ được mô phỏng bằng phần tử tấm (shell), cọc neo được mô hình hoá bằng phần tử dầm nhúng (embedded beam), thanh neo được mô phỏng sử dụng phần tử neo hai đầu khớp (node to node anchor). Ứng xử của các kết cấu này được mô phỏng bằng mô hình Đàn hồi tuyến tính, đất gia cố CDM được mô hình hoá bằng mô hình Mohr-Coulomb. Các lớp đất được mô hình hóa bằng mô hình Hardening soil.

Kích thước tổng thể của mô hình là 150 m dài x 36 m sâu như được thể hiện trong Hình 2. Các mô hình được chia nhỏ thành các phần tử biến dạng phẳng tam giác 15 nút. Các biên hai bên được cố định theo chiều ngang và giải phóng theo phương thẳng đứng, cho phép đất có thể biến dạng theo phương đứng. Biên đáy được cố định cả hướng dọc và ngang. Phần tử tiếp xúc “Interface elements” mô phỏng tương tác giữa đất và tường cừ để xem xét khe hở và trượt thông qua định luật ma sát Coulomb. Góc tiếp xúc được lấy bằng 0,7 lần góc ma sát trong của vật liệu gần tường cừ [10]. Ứng xử của lớp đất lấp sau tường được mô phỏng là thoát nước.

Các thông số mô hình nền của khu vực CDM và các lớp đất được liệt kê trong Bảng 2.



(a) Bền tường cừ đào sâu không được gia cố



(b) Bền tường cừ đào sâu được gia cố bằng CDM

Hình 2. Mô hình số bên tường cừ sau cải tạo cho 2 trường hợp.

Bảng 2. Các thông số mô hình nền khu vực CDM.

Trọng lượng riêng (kN/m ³)	Sức kháng cắt không thoát nước (kPa)	Mô đun biến dạng (kPa)
20	500	100000

Bảng 3. Các thông số của mô hình nền Hardening soil [9].

Thông số	Ký hiệu	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Đơn vị
		Cát rời	Bùn cát	Cát chặt vừa	
Độ chặt	Dr	40	-	70	%
Trọng lượng riêng tự nhiên	γ_{unsat}	17	16	18	kN/m ³
Trọng lượng riêng bão hòa	γ_{sat}	20	19	20	kN/m ³
Góc ma sát trong	φ	34	-	37	Độ
Lực dính/ sức kháng cắt không thoát nước	c	-	40	-	kPa
Góc giãn nở	ψ	4	0	7	Độ
Mô đun cát tuyến tham chiếu	E_{50}^{ref}	24000	15000	42000	kPa
Mô đun oedometer tham chiếu	$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	24000	15000	42000	kPa
Mô đun gia tải/ dỡ tải tham chiếu	$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	48000	30000	84000	kPa
Hệ số mũ độ cứng phụ thuộc ứng suất	m	0,500	0,500	0,500	-
Hệ số phá hoại	R_f	0,950	0,920	0,913	-
Ứng suất tham chiếu	P_{ref}	100	100	100	kPa
Hệ số thấm	k	1,16E-6	3,00E-10	1,90E-7	m/s

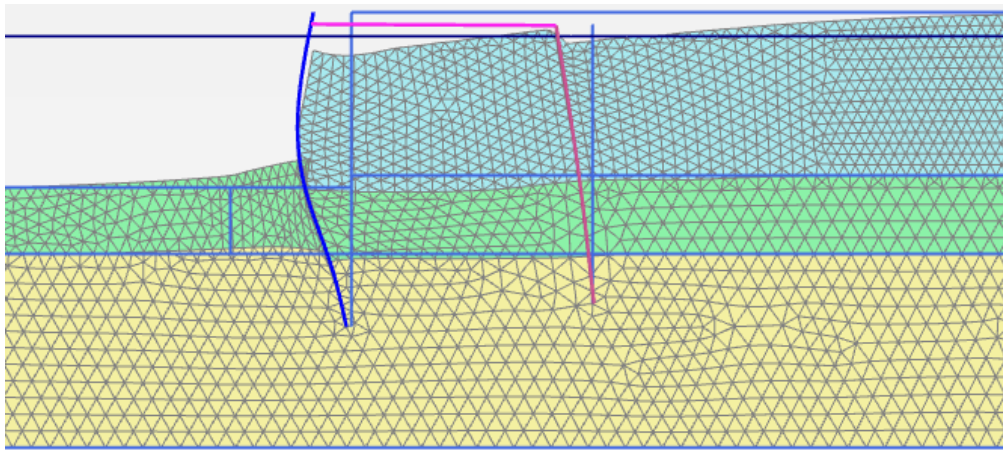
4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ THẢO LUẬN

4.1 Biến dạng và mô men uốn của tường cừ

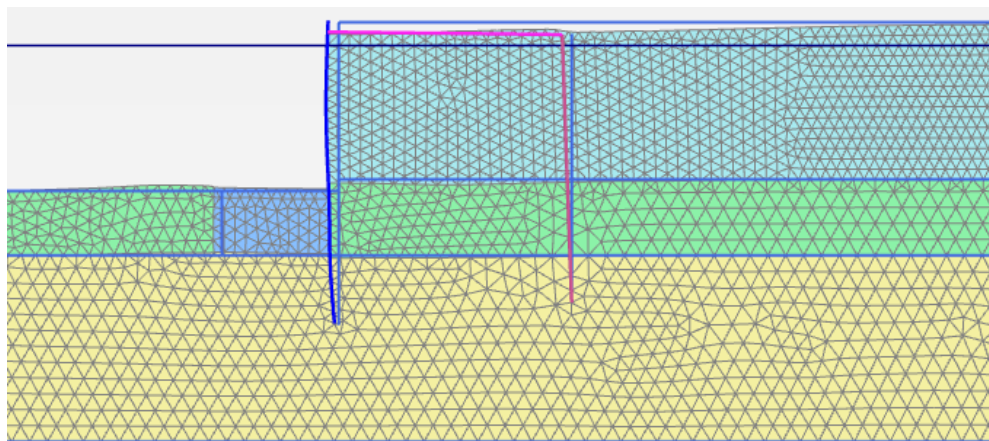
Mục này so sánh biến dạng, chuyển vị và mô men uốn của bên tường cừ được nạo vét cho 2 trường hợp có và không có CDM. Kích thước của vùng gia cố CDM rộng 10 m và sâu 5,5 m. Mục tiêu của việc nâng cấp cải tạo bên là tăng độ sâu nước trước bên cho tàu trọng tải lớn hơn có thể cập bến và đảm bảo khả năng chịu lực theo các tiêu chuẩn hiện hành. Sau khi nâng cấp, tải trọng khai thác trên bên được thiết kế là 20 kN/m². Lưới biến dạng của bên sau khi nạo vét dưới tác dụng của tải trọng khai thác cho cả hai trường hợp có và không có CDM được thể hiện trên Hình 3 (phóng đại 20 lần). Có thể thấy rằng lưới biến dạng của bên tường cừ đã thay đổi đáng kể nếu bên được gia cố bằng CDM. Với trường hợp không có CDM cừ bị

uốn cong lớn ở giữa về phía biển dẫn đến phần đất ở đáy biển bị đẩy trôi lên. Bề mặt bãi phía sau cù cũng bị sụt lún lớn. Ngược lại, khi được gia cố bằng CDM, cường độ lớp đất ở đáy biển giúp cù tăng lên do đó đất không bị đẩy trôi, cù chỉ bị uốn nhẹ và bề mặt đất lấp sau cù cũng phẳng hơn.

Hình 4 (a) so sánh chuyển vị ngang của tường cù theo độ sâu bên sau khi nạo vét giữa trường hợp có và không được gia cố bằng CDM. Tương tự, Hình 4 (b) so sánh mô men uốn của tường cù giữa hai trường hợp này. Kết quả cho thấy, nếu đào xuống 1m theo thiết kế mà không được gia cố nền, thác chuyển vị của cù là rất lớn khoảng 22 cm, xảy ra ở bụng cù. Với việc nền đất được cải tạo trước khi nạo vét, chuyển vị ngang lớn nhất của bến giảm khoảng 4.5 lần chỉ còn khoảng 5 cm. Tiêu chuẩn [13] quy định giá trị chuyển vị ngang cho phép của cù là 10 cm. Do đó có thể thấy rằng, nếu không được cải tạo bằng CDM thì chuyển vị ngang của cù đã vượt quá giới hạn cho phép và bị mất ổn định. Tương tự, mô men uốn của cù trường hợp có CDM cũng giảm khoảng 30% so với trường hợp không có CDM như được tổng hợp trong Bảng 4. Như vậy việc gia cố nền đất phía trước bến bằng CDM có ưu điểm rất lớn và mang lại hiệu quả cao trong việc giảm chuyển vị và mô men uốn của cù.

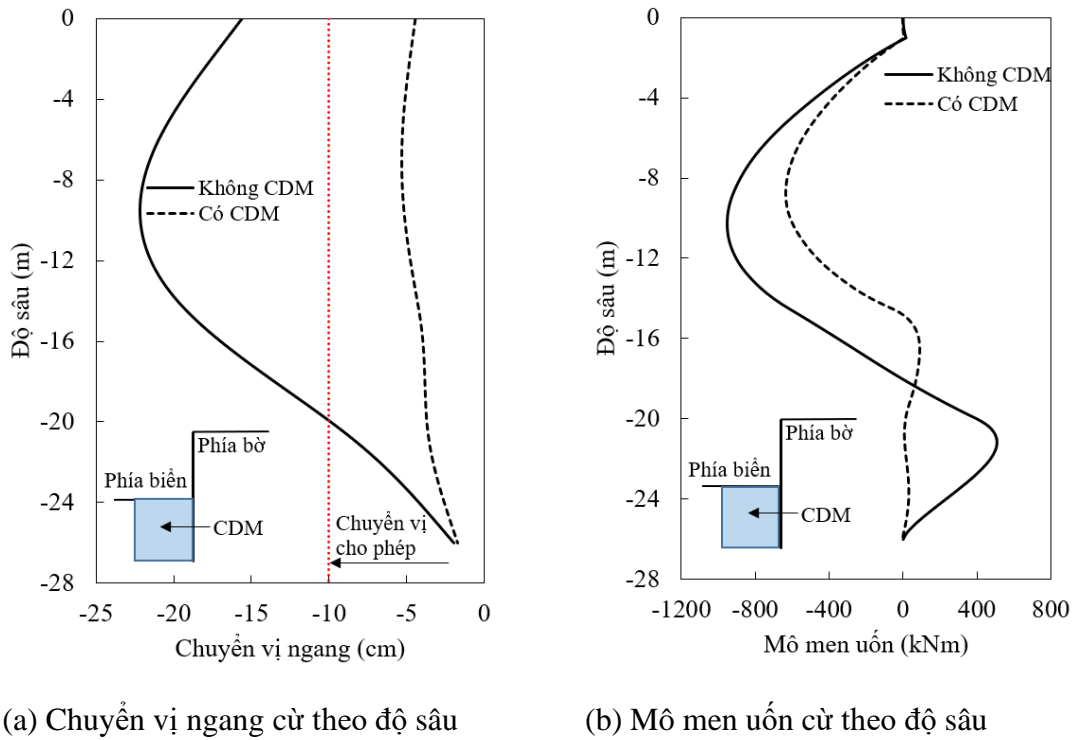


(a) Trường hợp không có CDM



(b) Trường hợp có CDM

Hình 3. Lưới biến dạng tổng thể của bến.



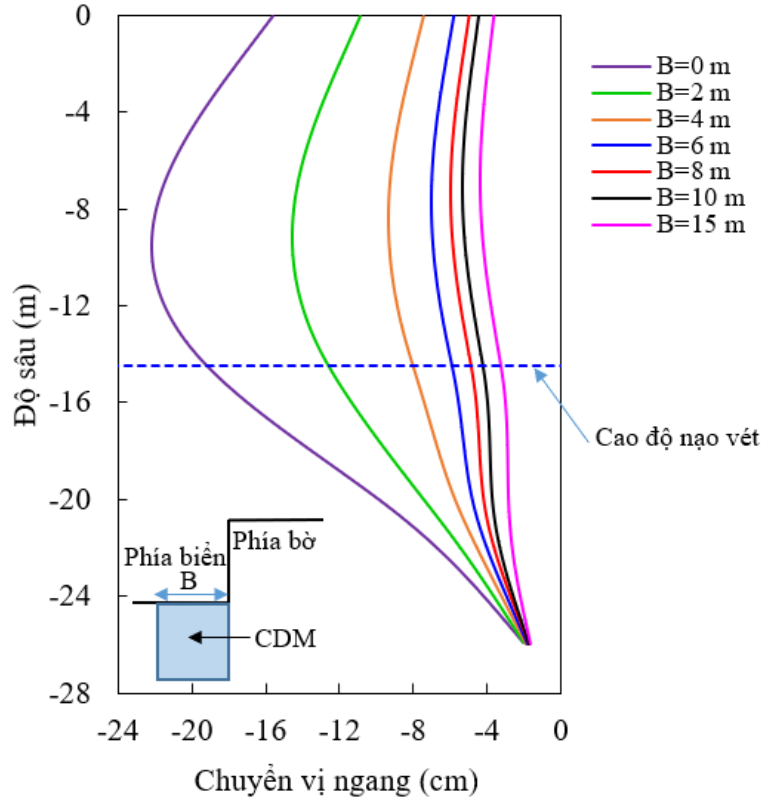
Hình 4. So sánh chuyển vị ngang và mô men uốn của cừ.

Bảng 4. Tổng hợp giá trị chuyển vị và mô men lớn nhất.

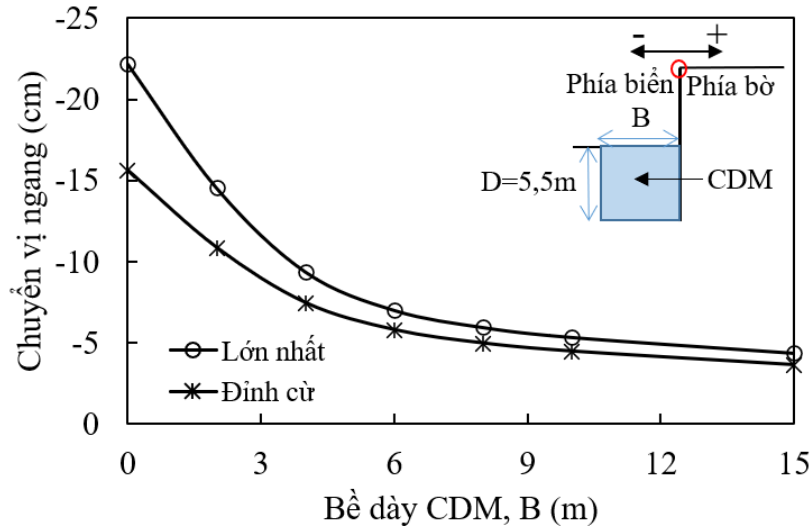
Chuyển vị (cm)		Mô men (kNm)	
Không CDM	Có CDM	Không CDM	Có CDM
22,18	5,34	951,25	632,59

4.2 Ảnh hưởng của diện tích gia cố CDM

Nghiên cứu đã thực hiện phân tích với một loạt các mô hình khác nhau để xem xét ảnh hưởng của diện tích gia cố nền đất bằng CDM đối với ứng xử của bển nói chung và tường cừ nói riêng dưới tác dụng của tải trọng khai thác từ đó có thể quyết định được diện tích cần tiến hành cải tạo. Độ sâu gia cố được giữ không đổi là 5,5 m, trong khi đó bề rộng được tăng dần từ 0 đến 15m. Chuyển vị ngang của cừ theo độ sâu với các diện tích gia cố CDM tăng dần được thể hiện trong Hình 5. Trường hợp B = 0 tương ứng với trường hợp nền đất không được cải tạo. Khi diện tích cải tạo bằng CDM tăng lên thì chuyển vị cừ giảm. Tuy nhiên khi đến một giá trị nhất định mặc dù diện tích gia cố tăng lên nhưng chuyển vị cừ giảm rất chậm. Cụ thể như có thể thấy trên Hình 6, khi bề rộng CDM tăng từ 0 đến 6 m thì chuyển vị đỉnh cừ giảm mạnh từ khoảng 16 cm xuống 6 cm và chuyển vị lớn nhất giảm từ 22 cm xuống khoảng 7 cm. Tuy nhiên sau đó mặc dù bề rộng tăng dần từ 6 đến 15m nhưng chuyển vị cừ giảm không nhiều, đặc biệt sau khi bề rộng CDM tăng lớn hơn 10m thì chuyển vị cừ giảm rất chậm và gần như không đổi.



Hình 5. So sánh chuyển vị ngang của cừ theo độ sâu với bề rộng cải tạo B khác nhau.

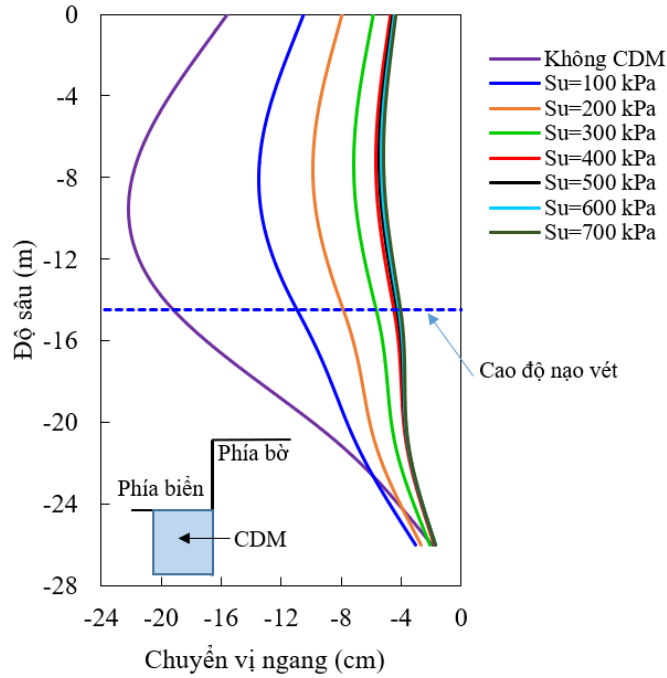


Hình 6. Chuyển vị ngang lớn nhất và tại đỉnh cừ với bề rộng cải tạo B khác nhau.

4.3 Ảnh hưởng của cường độ CDM

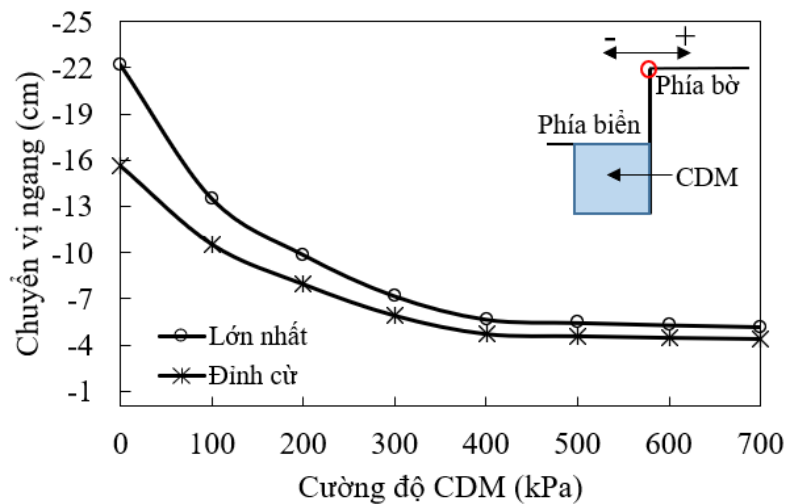
Để quyết định cường độ của CDM sử dụng trong cải tạo đất, nghiên cứu cũng đã thực hiện một loạt các phân tích với các cường độ không thoát nước của khu vực CDM khác nhau, tăng dần từ 100 đến 700 kPa. Phạm vi cường độ tính toán của CDM được tham khảo trên cơ sở tiêu chuẩn TCVN 9906:2014 [14]. Kích thước của khu vực CDM được cố định là 10x5,5m.

Hình 7 so sánh các chuyển vị ngang của cừ theo độ sâu cho các trường hợp CDM có cường độ khác nhau. Có thể thấy rằng khi cường độ CDM tăng dần từ không có CDM đến 400 kPa thì chuyển vị cừ giảm đi đáng kể. Tuy nhiên sau đó biểu đồ cho thấy chuyển vị cừ gần như bằng nhau mặc dù cường độ CDM tiếp tục tăng lên đến 700 kPa.



Hình 7. Chuyển vị ngang của cừ theo độ sâu với các cường độ khác nhau của CDM.

Tương quan giữa chuyển vị đỉnh cừ, chuyển vị lớn nhất của cừ với cường độ của CDM được biểu diễn trên Hình 8. Khi cường độ CDM tăng đến 200 kPa thì chuyển vị đỉnh cừ và chuyển vị lớn nhất giảm còn khoảng 8 và 10 cm. Tiếp tục tăng cường độ CDM lên 500 kPa thì các giá trị này là khoảng 4,7 cm và 5,7 cm. Sau đó tiếp tục tăng cường độ lên 500, 600, và 700 kPa nhưng các giá trị chuyển vị thay đổi rất ít.



Hình 8. Chuyển vị ngang lớn nhất và tại đỉnh cừ với cường độ CDM khác nhau.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tập trung nghiên cứu phương pháp nâng cấp cải tạo bến tường cừ với mục đích tăng cường khả năng chịu lực của bến và tăng độ sâu nước trước bến để tàu lớn hơn có thể cập vào. Để tăng độ sâu nước trước bến, đáy biển cần được nạo vét đến cao độ thiết kế. Việc này sẽ làm gia tăng chiều dài tự do của từ dẫn đến cừ chuyển vị lớn và kết cấu bến có thể bị mất ổn định không đảm bảo điều kiện khai thác. Do đó để đảm bảo khả năng chịu lực, đất nền đáy biển trước bến cần được cải tạo trước khi nạo vét. Bài báo đã nghiên cứu sử dụng phương án cọc xi măng đất CDM để gia cố nền đất cho trường hợp bến hiện tại có chiều cao là 13,5 m, độ sâu nước phía trước là 10 m, nó có thể tiếp nhận tàu 10000 DWT. Sau khi nạo vét, độ sâu nước tăng thêm 1m, và bến có thể tiếp nhận tàu 20000 DWT. Kết quả phân tích cho thấy:

Nếu tiến hành nạo vét mà không có biện pháp gia cường, chuyển vị của cừ là rất lớn khoảng 22 cm ở bụng cừ. Với việc nền đất được cải tạo bằng CDM, chuyển vị ngang lớn nhất của tường cừ giảm khoảng 4.5 lần chỉ còn khoảng 5 cm. Mô men uốn lớn nhất của cừ trường hợp không có CDM là khoảng 950 kNm, trong khi nếu được gia cố CDM giá trị này giảm khoảng 30% chỉ còn khoảng 620 kNm. Như vậy việc gia cố nền đất phía trước bến bằng CDM tỏ ra có ưu điểm rất lớn và mang lại hiệu quả cao trong việc giảm chuyển vị và mô men của cừ, đảm bảo sự làm việc ổn định của bến theo quy định của tiêu chuẩn hiện hành.

Nghiên cứu đã xem xét ảnh hưởng của cường độ CDM khu vực được cải tạo bằng cách thực hiện một loạt các mô hình phân tích với cường độ CDM tăng dần từ 100 đến 700 kPa. Các kết quả đã chỉ ra rằng khi cường độ tăng dần từ 100 – 500 kPa thì chuyển vị của cừ giảm, tuy nhiên sau khi cường độ vượt quá 500 kPa thì chuyển vị cừ hầu như không thay đổi.

Để xem xét ảnh hưởng của diện tích cải tạo đến ứng xử của bến, nghiên cứu cũng đã thực hiện phân tích tĩnh với một loạt các mô hình khác nhau. Độ sâu gia cố được giữ không đổi là 5,5 m, trong khi đó bề rộng được tăng dần từ 0 đến 15m. Kết quả cho thấy, khi bề rộng CDM tăng từ 0 đến 6 m thì chuyển vị đỉnh cừ giảm mạnh. Sau đó mặc dù bề rộng tăng dần từ 6 đến 15m nhưng chuyển vị cừ thay đổi không nhiều, đặc biệt sau khi bề rộng CDM tăng lớn hơn 10m thì chuyển vị cừ gần như không đổi.

Các kết quả phân tích số trong nghiên cứu này cho thấy cứu giải pháp nâng cấp cải tạo bến tường cừ sử dụng cọc CDM là khả thi về mặt kỹ thuật. Đây là ý tưởng và tài liệu tham khảo quan trọng để có thể xem xét ứng dụng cho các công trình tương tự. Tuy nhiên, mỗi công trình sẽ có những đặc điểm và điều kiện khác nhau, do đó cần phải xem xét và nghiên cứu cụ thể để có cách áp dụng phù hợp nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. De Gijt, M.L. Broeken, Handbook Quay Walls, Taylor & Francis, Gouda, the Netherlands, 2005.
- [2] C. Bauduin, P. Menegeot, P. Ganne, Design and Construction Issues for Deepening and Strengthening of Existing Quay Walls, in: 19th Int. Conf. Soil Mech. Geotech. Eng., Seoul, Korea, (2017) 1811–1814.
- [3] P. Ruggeri, V.M.E. Fruzzetti, G. Scarpelli, Renovation of Quay Walls to Meet More Demanding Requirements : Italian Experiences, Coast. Eng, 147 (2019) 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.01.003>

- [4] A.D. Nguyen, Y.S. Kim, G.O. Kang, H.J. Kim, Numerical analysis of static behavior of caisson-type quay wall deepened by grouting rubble-mound, *Int. J. Geo-Engineering*, 12 (2021) 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40703-020-00130-3>
- [5] Y.S. Kim, A.D. Nguyen, G.O. Kang, Seismic behavior of caisson - type gravity quay wall renovated by rubble mound grouting and deepening, *Geomech. Eng.*, 27 (2021) 447–463. <https://doi.org/10.12989/gae.2021.27.5.447>
- [6] V.Q. Hung, Nghiên cứu nguyên nhân hư hỏng của các cấu kiện bê tông cốt thép trong công trình cảng dưới tác động của môi trường biển và các biện pháp xử lý, *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng - ĐHXD*, 14 (2020) 107–121. [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(2v\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(2v)-10)
- [7] P.V. Trung, Đ.P. Tuyền, Nghiên cứu đánh giá nguyên nhân và tình trạng hư hỏng của kết cấu bê tông cốt thép công trình thủy và biện pháp sửa chữa, *Khoa Học Công Nghệ Hàng Hải*, 29 (2012) 78–82.
- [8] L.T. Lê, Giải pháp kỹ thuật tăng chiều sâu trước bến cho cảng biển trong điều kiện Việt Nam, *Giao Thông Vận Tải*, 8 (2021) 100–104.
- [9] W. Van Elsäcker, Evaluation of seismic induced liquefaction and related effects on dynamic behaviour of anchored quay walls Using UBC3D-PLM constitutive model, TUdelft, 2016.
- [10] A. Athanasopoulos -Zekkos, V.S. Vlachakis, G.A. Athanasopoulos, Phasing issues in the seismic response of yielding, gravity-type earth retaining walls - Overview and results from a FEM study, *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 55 (2013) 59–70. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2013.08.004>
- [11] M.R.A. Khan, K. Hayano, M. Kitazume, Behavior of sheet pile quay wall stabilized by sea-side ground improvement in dynamic centrifuge tests, *Soils Found.*, 49 (2009) 193–206. <https://doi.org/10.3208/sandf.49.193>
- [12] The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, Technical standards and commentaries for port and harbour facilities in Japan, 2002.
- [13] Ministry of Ocean and Fisheries - Korea, Harbor and Fishing Port Design Standard, 2020.
- [14] Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, TCVN 9906:2014 - Công trình thủy lợi - Cọc xi măng đất thi công theo phương pháp Jet-Grouting - Yêu cầu thiết kế thi công và nghiệm thu cho xử lý nền đất yếu, 2014.