

ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ CỦA KÈ CỌC LY TÂM TRÊN NỀN ĐẤT YẾU

Phan Đình Tuấn, Nguyễn Hải Hà, Nguyễn Duy Ngọc
Viện Thủy Công

Tóm tắt: Kè cọc ly tâm giảm sóng bảo vệ bờ biển đồng bằng sông Cửu Long ngày càng ứng dụng rộng rãi, kết cấu gồm hai hàng cọc ly tâm đóng song song, liên kết bằng hệ khung dầm giằng bê tông cốt thép, ở giữa đổ đá hộc. Công trình thường đặt xa bờ, trên địa chất nền đất yếu. Dưới tác dụng của tải trọng bản thân, tải trọng sóng triều tác dụng đồng thời. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ổn định tổng thể của kè ly tâm dưới tác dụng tổng hợp tải trọng quy đổi gồm lực đứng, lực ngang và mô men.

Summary: Double-row pile breakwater to protect the coast of the Mekong Delta is increasingly widely used, the structure consists of two rows of centrifugal piles driven in parallel, connected by a reinforced reinforced concrete beam frame system, in the middle of which is poured stone. The works are often located far from the shore, on soft soil geology. Under the action of self-load, tidal wave loads act simultaneously. Research of the overall stability of the Double-row pile breakwater under the combined effect of converted loads including vertical, horizontal force and moment is presented in this article.

Keywords: Double-row pile breakwater, soft clay, combined loading, stability analysis

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thời gian qua, khu vực đồng bằng sông Cửu Long thường xuyên xảy ra tình trạng sạt lở đất nghiêm trọng ở các vị trí ven sông và các dải đồng bằng ven biển. Đặc biệt, tỉnh Cà Mau có khoảng 245 km chiều dài bờ biển và bị xói lở, mất đất diễn ra liên tục.

Để thích ứng với biến đổi khí hậu và nước biển dâng, tỉnh Cà Mau đã huy động nhiều nguồn lực của địa phương và Trung ương đầu tư xây dựng công trình chống sạt lở tại các vị trí xung yếu đe dọa tới an toàn đê biển phía trong [6]. Ở nhiều địa điểm, tình trạng xói lở xảy ra đang bào mòn dần diện tích rừng ngập mặn còn sót lại, tạo ra những khoảng trống không được bảo vệ phía sau. Một số giải pháp đã được thực hiện để bảo vệ bờ biển đối với các vị trí xung yếu như: a) Hàng rào chắn sóng sử dụng hai lớp cừ tràm b) Đê chắn sóng bằng rọ đá c) Hàng rào tre hình chữ T, d) Kè cọc ly tâm thẳng đứng phía trước

sử dụng cọc bê tông. Trước diễn biến xói lở bờ biển ngày càng phức tạp và nghiêm trọng, các cơ quan quản lý địa phương ở Cà Mau đã thử nghiệm kè cọc ly tâm giảm sóng bảo vệ bờ biển. Kết cấu kè gồm hai hàng cọc ly tâm đóng song song, liên kết bằng hệ dầm giằng, ở giữa thả đá hộc, giải pháp kè có hiệu quả giảm sóng, gây bồi và được ứng dụng rộng rãi bảo vệ bờ biển, đến nay đã xây dựng được hàng chục km bảo vệ bờ biển đồng bằng sông Cửu Long (Hình 1).

Ở trên thế giới, giải pháp này cũng đang được nghiên cứu và ứng dụng công trình biển, tiêu biểu công trình kè giảm sóng ở thành phố Đông Đình, Trung Quốc [3]. Liu (2012) [3] đã trình bày giải pháp phân tích tính năng hấp thụ sóng của giải pháp này. Ở Việt Nam, Nguyễn Hữu Nhân (2015) [1] đã nghiên cứu bằng mô hình số đối với vùng nước nông ven biển cho kè cọc ly tâm, mục tiêu nghiên cứu hiệu quả giảm sóng, gây bồi giảm các tác động của sóng, bảo vệ bờ

Ngày nhận bài: 16/10/2021
Ngày thông qua phản biện: 28/11/2021

Ngày duyệt đăng: 06/12/2021

biển cùng vành đai rừng ngập mặn. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả nghiên cứu phân tích độ ổn định của kè cọc ly tâm chịu tải trọng tổng hợp ở Đồng bằng sông Cửu Long nói chung và tỉnh Cà Mau nói riêng.

2. KÈ CỌC LY TÂM

Kè cọc ly tâm (Hình 1) có kết cấu gồm hai hàng cọc ly tâm đồng song song, cọc được đóng xuyên qua lớp bùn xuống lớp ổn định hơn. Đầu cọc cố định bằng hệ thống dầm dọc và dầm ngang bê tông cốt thép khóa đầu. Khoảng trống giữa các hàng cọc khoảng 1.5 m - 2 m, được lấp



(a) Chính diện tuyến kè



(b) Dọc tuyến kè

Hình 1: Kè cọc ly tâm

3. PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH

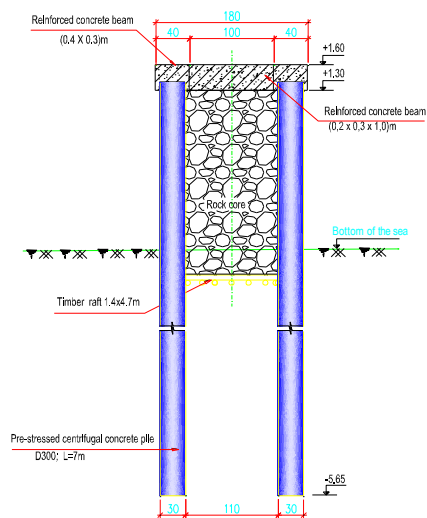
3.1. Áp lực sóng

Áp lực sóng trên mặt trước của tường thẳng đứng được tính toán bằng phương pháp của Goda [4]. Phương pháp này giả định rằng áp lực của sóng lên tường thẳng đứng có thể được biểu diễn bằng phân bố hình thang, với áp suất cao nhất ở mực nước tĩnh không phụ thuộc vào điều kiện sóng:

$$\begin{aligned} \eta_G^* &= 0,75(1 + \cos \beta) \lambda_1 H_D \\ p_1 &= 0,5(1 + \cos \beta)(\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2 \beta) \rho_0 g H_D \\ p_2 &= \frac{p_1}{\cosh(2\pi h / L)} \\ p_3 &= \alpha_3 p_1 \end{aligned} \quad (1)$$

đầy bằng đá học để đảm bảo mức độ hấp thụ năng lượng sóng cao cũng như một mức độ thấm nhất định cho phép sự trao đổi chất lơ lửng, hạt phù sa trước và sau kè (Albers, 2010) [5].

Kết cấu của kè cọc ly tâm chắc chắn, độ bền cao. Mặc dù có một số hạn chế như khó di chuyển đi nơi khác, song đề chắn sóng này dường như được ứng dụng rộng rãi trong việc tiêu tán năng lượng sóng để bảo vệ vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long.



Hình 2: Mặt cắt ngang kè cọc ly tâm

Trong đó:

η_G^* : Độ cao so với mực nước tại đó cường độ của áp lực sóng bằng không (m)

p_1 : Áp lực sóng ở mực nước tĩnh (kN/m^2)

p_2 : Áp lực sóng dưới đáy biển (kN/m^2)

p_3 : Áp lực sóng tại chân tường thẳng đứng (kN/m^2)

ρ_0 : Khối lượng riêng của nước (kN/m^3)

g : Gia tốc trọng trường (m/s^2)

β : góc giữa đường thẳng pháp tuyến với bức tường thẳng đứng và hướng tiếp cận của sóng, lấy bằng 0° .

λ_1, λ_2 : hệ số điều chỉnh áp suất sóng (1.0 là giá trị tiêu chuẩn)

h : Độ sâu mực nước trước tường thẳng đứng (m)

L : chiều dài sóng ở độ sâu h được sử dụng trong tính toán như quy định trong phương trình (3) dưới đây (m), đối với khu vực biển Tây tỉnh Cà Mau, xác định được chiều dài sóng tính toán $L=33.11$ m.

H_D : chiều cao sóng được sử dụng trong tính toán như quy định dưới đây (m);

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right\}^2$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right\}$$
(2)

Trong đó:

h_b : Độ sâu nước ở khoảng cách xa gấp 5 lần chiều cao sóng đáng kể tính từ bức tường thẳng đứng (m)

d : Độ sâu mực nước tại đỉnh của công trình bảo vệ chân (m)

3.2. Lực đẩy nổi

Lực đẩy nổi tác động lên đáy của một bức tường thẳng đứng được mô tả bằng phân bố hình tam giác, với cường độ áp lực ở chân trước pu được cho bởi phương trình sau và 0 ở chân sau.

$$p_u = 0.5(1 + \cos \beta) \alpha_1 \alpha_3 \lambda_3 \rho_0 g H_D \quad (3)$$

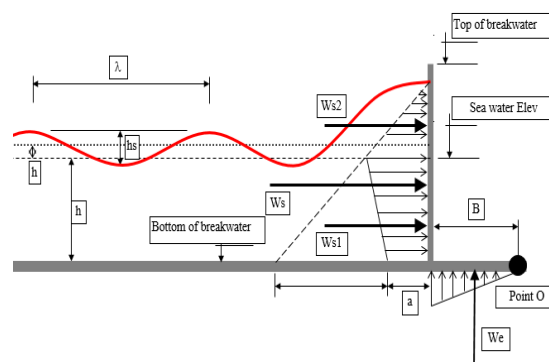
Trong đó:

p_u : Áp lực đẩy nổi tác dụng tại chân trước của tường thẳng đứng (kN/m^2)

λ_3 : Hệ số sửa đổi áp suất nâng (1.0 là giá trị tiêu chuẩn)

Lực sóng tác dụng trước mặt đê chắn sóng như trong Hình 3, W_s là tổng lực của sóng, tổng của W_{s1} và W_{s2} . Từ tham số sóng được trình bày trong bảng 1 và mô hình trong Hình 3, lực sóng

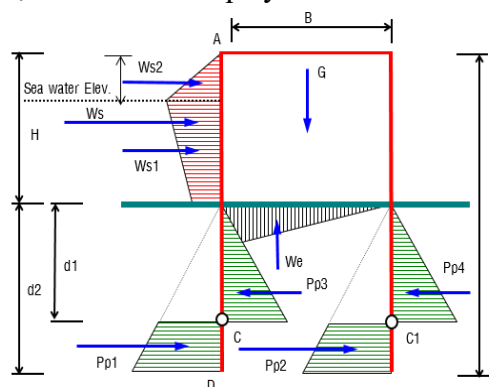
được tính như trong bảng 2.



Hình 3: Áp lực sóng lên kè ly tâm

3.3. Tính toán phân tích chiều dài cọc

Giả sử chiều dài cọc bao gồm phần trên H (m) và phần dưới (trong đất yếu) d_1 (m), tính tổng mômen với điểm quay tham chiếu C_1 như trong Hình 4, trong đó $SM_{C_1}^g$ là tổng mô men gây giữ đối với điểm quay C_1 , $SM_{C_1}^l$ là tổng mô men gây lật đối với điểm quay C_1 .



Hình 4: Mô hình tính toán chiều dài cọc

$$\sum M_{C_1}^g - \sum M_{C_1}^l = 0 \quad (4)$$

Giải phương trình (4) xác định được giá trị d_1 (m). Trong thiết kế để đảm bảo kết cấu kè ổn định, cần phải kéo dài cọc ngầm trong đất yếu với độ sâu: $d_2 = (1.1 - 1.2) d_1$. Đối với kè cọc ly tâm bảo vệ bờ biển Tây tỉnh Cà Mau, chúng tôi xác định tổng chiều dài cọc bê tông là 7.0m, với hệ số an toàn $FS = 1.610$.

Bảng 1: Các thông số sóng

Độ sâu nước d (m)	Chiều cao sóng H_s (m)	Chiều dài sóng L (m)	Chiều cao sóng max H (m)	Chiều rộng B (m)	β (deg)	$\cos \beta$	λ_1	λ_2	λ_3
1.76	1.4	33.11	2.6	1.6	0	1.0	1.0	0	1.0

Bảng 2: Tính toán áp lực sóng

α_1	α_2	α_3	η^* (m)	p_1 (kN/m ²)	p_2 (kN/m ²)	p_3 (kN/m ²)	p_u (kN/m ²)
1.01	0.0	0.93	1.7	11.55	10.78	10.78	12.38

3.4. Phân tích bằng phần mềm Plaxis

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn sử dụng phần mềm PLAXIS 2D, được phát triển bởi PLAXIS BV - Hà Lan, đặc biệt được phát triển để phân tích biến dạng và ổn định của các vấn đề cơ học đất và đá. Mô hình đất sử dụng mô hình Soft soil clay (SSC). Các đặc tính của đất thu được từ các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm được sử dụng để xác định các thông số đầu vào được trình bày trong Bảng 3. Các thông số kết cấu trình bày trong Bảng 4. Trong phân tích hiện tại, các biên của mô hình được gán cố định tiêu chuẩn. Các điều kiện biên trong mô hình bao gồm: Các đường biên ngang theo phương X trong mô hình đạt

được cố định ngang ($u_x = 0$). Đường biên đáy có tọa độ Y thấp nhất trong mô hình được cố định hoàn toàn ($u_x = u_y = 0$).

Tỷ lệ diện tích khe rỗng của hàng cọc ở phía trước kè cọc ly tâm là 50% trong nghiên cứu này. Các tác giả thực hiện hai trường hợp kết hợp tải trọng với tổng lực sóng ngang trong trường hợp 1 và một nửa lực sóng ngang trong trường hợp 2 với tỷ lệ diện tích rỗng trên diện tích mặt kè là 50%. Phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để phân tích ứng suất và biến dạng của nền đất, hệ số an toàn chống ổn định và nội lực của cọc bê tông chấn sóng trong hai trường hợp.

Bảng 3: Tính chất vật liệu của đất nền

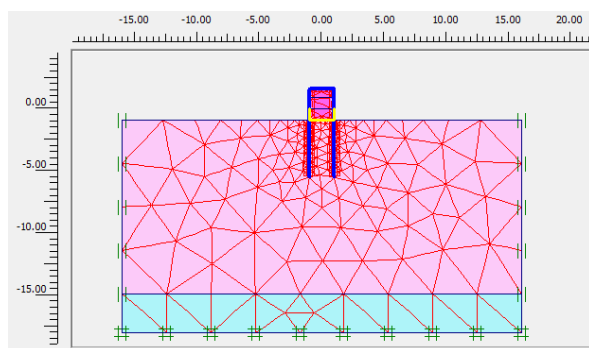
Vật liệu	Loại đất	γ_{wet}	γ_{sat}	E	ϕ	ψ	C_{ref}	λ^*	κ^*
		kN.m ⁻³	kN.m ⁻³	kN.m ⁻²	degree		kN.m ⁻³	-	-
Đất sét yếu	SSC	14.5	15.0	-	18	-	8.6	0.2	0.02
Đất sét cứng	MC	16.2	16.5	5.500	20	-	12	-	-

Bảng 4: Tính chất vật liệu của kết cấu

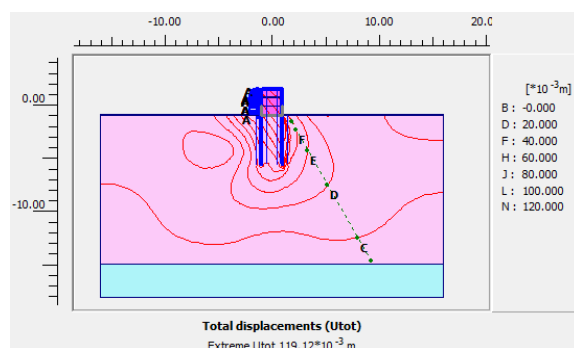
Mục	Vật liệu	EA	EI	D	w	ν	R_{inter}
		kN	kN.m ²	M	kN.m ⁻²		-
Cọc	Đàn hồi	1.36E+06	2.08E+04	0.43	1.131	0.2	1
Dầm	Đàn hồi	3.33E+06	2.50E+04	0.30	2.250	0.2	1

Lưới sử dụng 15 phần tử được đánh số, với 872 phần tử, 7711 nút, 10464 số điểm ứng suất trong Hình 5. Quy trình phân tích tương ứng với việc xây dựng thực tế. Đầu tiên, cọc hai hàng được xuyên vào đất. Bước thứ hai, các dầm bê tông liên kết các hàng cọc theo phương dọc và phương ngang được xây dựng. Bước cuối cùng, thi công đá thả bên trong kè phân thành các đợt có chiều cao thả khoảng 1m.

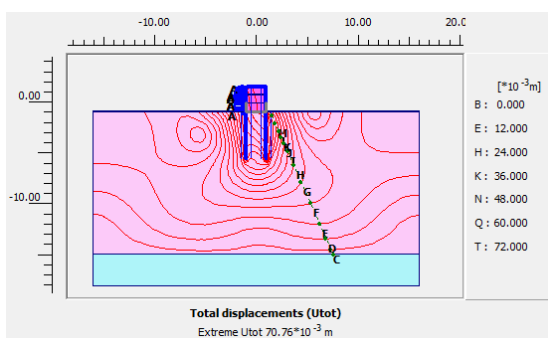
Tổng dịch chuyển ở giai đoạn cuối trong hai trường hợp, giá trị cực trị là 0.119m đối với trường hợp 1 (Hình 6) và 0.071m đối với trường hợp 2 (Hình 7). Mômen uốn lớn nhất của hàng cọc phía biển như trong Hình 8. Mômen uốn lớn nhất là 18.45 (kNm/m) trong Trường hợp 1; 15.83 (kNm/m) trong Trường hợp 2.



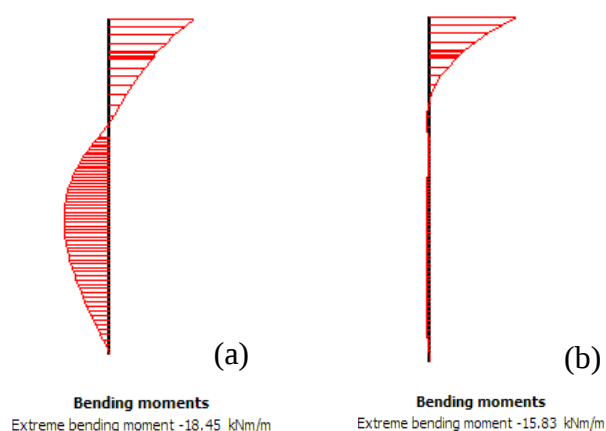
Hình 5: Mô hình PTHH của kè cọc ly tâm



Hình 6: Tổng chuyển vị trong trường hợp 1 (m)



Hình 7: Tổng chuyển vị trong trường hợp 2 (m)

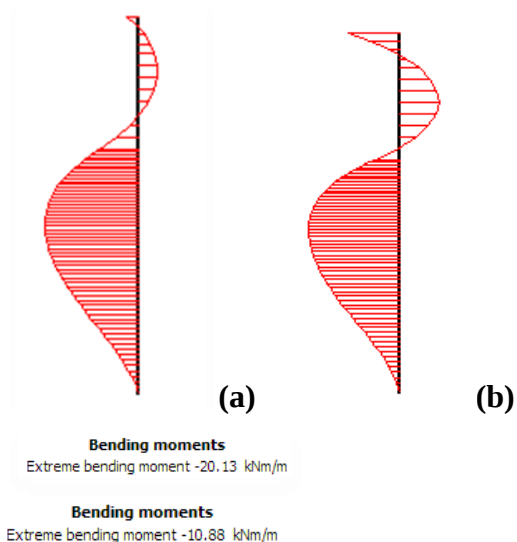


Hình 8: Mô men uốn cho cọc ở phía biển (kN.m),
(a) Trường hợp 1, (b) Trường hợp 2

Mômen uốn lớn nhất của hàng cọc phía bãi như Hình 9. Mômen uốn lớn nhất là:

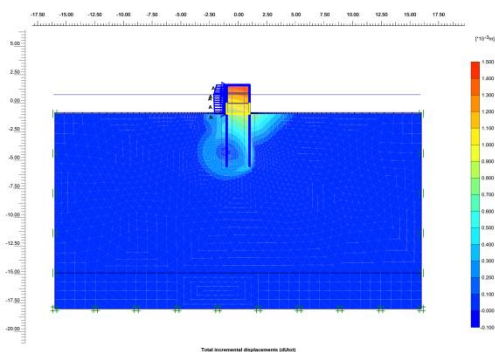
20.13 (kNm/m) trong Trường hợp 1;

10.88 (kNm/m) trong Trường hợp 2.



Hình 9: Mô men uốn cho cọc ở phía bãi (kN.m),
(a) Trường hợp 1, (b) Trường hợp 2

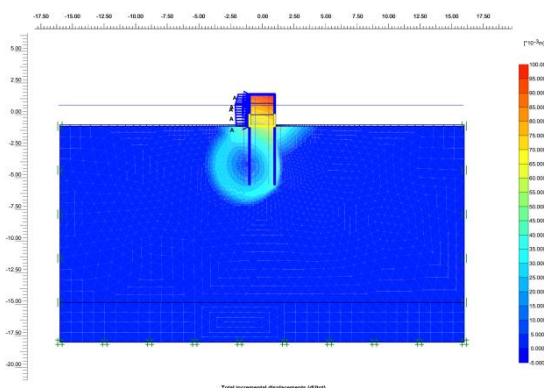
Phân tích ổn định của kè cọc ly tâm theo phương pháp chiết giảm cường độ, kết quả tính toán ổn định cho trường hợp 1 như Hình 10, kết quả tính toán cho trường hợp 2 như Hình 11.



Hình 10: Hệ số ổn định trong trường hợp 1

Hệ số ổn định của kè cọc ly tâm đối với trường hợp 1 là $FS = 1.631$, đối với trường hợp 2 là $FS = 1.945$.

Đối với trường hợp 1, hệ số ổn định tính toán theo phương pháp chiết giảm cường độ sử dụng phần mềm Plaxis phù hợp với tính toán ổn định theo phương pháp cân bằng giới hạn là $FS = 1.610$.



Hình 11: Hệ số ổn định trong trường hợp 2

4. KẾT LUẬN

Kè cọc ly tâm là một trong những giải pháp hữu hiệu để bảo vệ bờ biển phía Tây tỉnh Cà Mau. Qua đánh giá cụ thể từng địa điểm gần đây, có sự bồi lắng đáng kể phía bãi sau kè cọc ly tâm. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã trình bày phương pháp tính toán ổn định và xác định chiều dài cọc cho kè cọc ly tâm theo phương pháp cân bằng giới hạn. Hệ số ổn định tổng thể của kè cọc ly tâm được phân tích và tính toán chiều dài cọc phù hợp cho điều kiện địa chất cụ thể vùng bờ Tây tỉnh Cà Mau. Phương pháp phần tử hữu hạn dùng để phân tích ứng suất biến dạng của kè cọc ly tâm, phương pháp chiết giảm cường độ tính toán ổn định của kè cọc ly tâm. Kết quả tính toán theo phương pháp phần tử hữu hạn cho hệ số ổn định phù hợp với kết quả tính toán theo phương pháp cân bằng giới hạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hữu Nhân (2015), Đánh giá tác động của “Kè ngầm bồi đắp phù sa” bảo vệ vùng ven biển tỉnh Cà Mau, Việt Nam, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
- [2] Goda, Y., 1974. New wave pressure formulae for composite breakwater. Copenhagen, ASCE, pp. 282 1702-1720.
- [3] Liu (2012) Analysis of wave performance through pile–rock breakwaters, Proc IMechE Part M: J Engineering for the Maritime Environment 2014, Vol. 228(3) 284–292 IMechE 2014. DOI: 10.1177/1475090212462951.
- [4] OCDI (2009), Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, Part III, Chapter 4.

- [5] Thorsten Albers, Jan Stolzenwald: Coastal Engineering Consultancy in Ca Mau Province. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2015).
- [6] Nguyễn Long Hoài và các cộng sự (2020), Thuyết minh đề tài “Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ kết cọc ly tâm giảm sóng tạo bãi bảo vệ bờ biển”.