

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG CỦA KẾT CẤU BỀN DẠNG PHAO NỔI TRỤ NEO

Nguyễn Thành Trung^{a,*}

^aKhoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải, số 3 phố Cầu Giấy, Đống Đa, Hà Nội

Nhận ngày 30/08/2018, Sửa xong 30/10/2018, Chấp nhận đăng 30/11/2018

Tóm tắt

Bền dạng phao nổi trụ neo là một hệ phao nổi liên kết với hai trụ dạng bệ cọc và dịch chuyển lên xuống theo sự biến đổi của mực nước. Đây là dạng kết cấu bền mới vừa là điểm xuất nhập hàng hóa và hành khách vừa có chức năng như một đê nổi giảm sóng. Bài báo này trình bày nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng của dạng kết cấu phao nổi trụ neo bằng phân tích mô hình số 3-D (Ansys Aqwa) và phương pháp lý thuyết lan truyền sóng của Maccagno 1954 và Weigel 1960. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định được hiệu quả giảm sóng đáng kể của dạng kết cấu này. Kết quả so sánh giữa mô hình số và lý thuyết tính toán lan truyền sóng đã chỉ ra hệ số giảm sóng tính toán theo lý thuyết của Weigel 1960 có sự tương đồng với phương pháp mô hình số.

Từ khóa: kết cấu phao nổi trụ neo; giảm sóng; phần tử hữu hạn.

ASSESSMENT OF WAVE REDUCTION EFFECT OF ANCHORED PIER TYPE FLOATING STRUCTURE FOR BERTH

Abstract

Anchored pier type floating structure is combined by a pontoon and two pile piers and this pontoon can move up and down during variation of water level. This is a new structure for berth and not only is the export and import area but also is floating breakwater for wave reduction. This paper presents the research on assessment of wave reduction effect of anchored pier type floating structure by analyzing 3-D numerical model (Ansys Aqwa program). The research results were compared with traditional wave theories and proved significant wave reduction of this structure.

Keywords: anchored pier type floating structure; wave reduction; FEM.

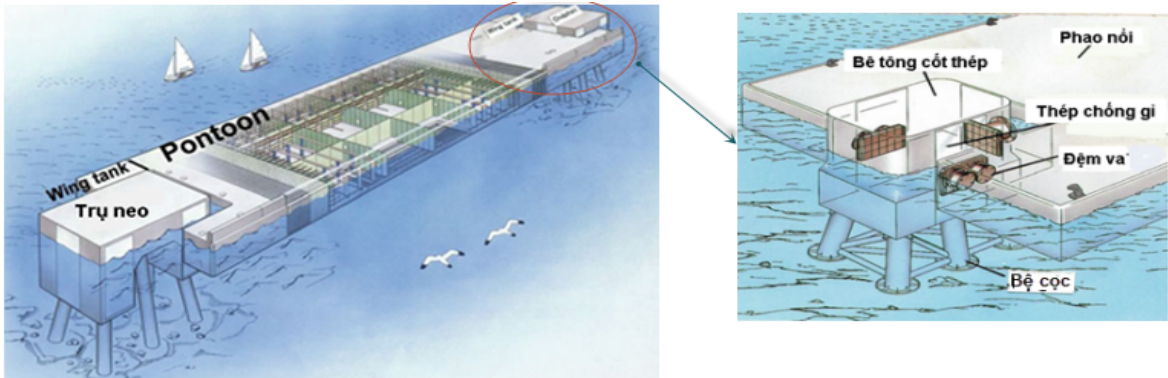
[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12\(7\)-07](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12(7)-07) © 2018 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Đặt vấn đề

Kết cấu phao nổi kích thước lớn với tính ổn định, khả năng chịu lực cao thích ứng với điều kiện sóng gió phức tạp đã và đang được sử dụng khá nhiều cho đê chắn sóng, các công trình bến cảng khách, điện gió... trong vùng dao động mực nước lớn. Kết cấu phao nổi trụ neo là một trong những dạng kết cấu phao nổi kích thước lớn, khá đặc biệt được áp dụng nhiều cho đê chắn sóng nổi nằm trong vùng dao động mực nước lớn kết hợp làm bến xuất nhập hàng hóa, hành khách [1]. Kết cấu này gồm cấu kiện phao nổi được giữ bởi trụ và dạng bệ cọc, dưới ảnh hưởng của lên xuống của thủy triều, phao nổi sẽ dao động lên xuống theo chiều cao trụ va, xem Hình 1. Hiện nay, Nhật bản có đê chắn sóng Kan-on và bến du thuyền Ujina đã ứng dụng kết cấu phao nổi trụ neo này [2–4], tuy nhiên những nghiên cứu về tính toán thiết kế về dạng kết cấu này trên thế giới còn chưa nhiều.

*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: nttrung@utc.edu.vn (Trung, N. T.)

Hiện nay, ở Việt Nam những tính toán thiết kế về kết cấu phao nổi neo xích hoặc cọc giữ cũng đã thực hiện, như đã được đề cập trong tiêu chuẩn cơ sở về tính toán thiết kế bến du thuyền TCCS 05: 2014/CHHVN của Cục Hàng Hải Việt Nam nhưng chưa đề cập đến đánh giá hiệu quả giảm sóng của dạng kết cấu phao nổi [5]. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện để phân tích sự làm việc của kết cấu phao nổi trụ neo trong môi trường lan truyền sóng và đánh giá hiệu quả giảm sóng của nó.



Hình 1. Bến phao nổi trụ neo bê tông cốt thép

2. Cơ sở lý thuyết đánh giá hiệu quả giảm sóng của phao nổi

2.1. Lý thuyết truyền sóng phao nổi cố định

Phao nổi cố định là những kết cấu mà chuyển động tương đối so nền đất là không đáng kể. Kết cấu phao nổi trụ neo có chuyển vị ngang tương đối lớn nhất tính toán được bằng 5,24 cm so với đáy nền dưới tác dụng của tải trọng sóng. Vì vậy, kết cấu phao nổi trụ neo được coi là cố định trong môi trường tác động lan truyền sóng.

Nói chung, tất cả các loại đê chắn sóng nổi phổ biến hiện nay, hiệu quả giảm sóng được xác định bằng hệ số truyền sóng C_t . Hệ số này được định nghĩa là tỷ số giữa chiều cao sóng truyền qua (sóng giảm) và chiều cao sóng tới:

$$C_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (1)$$

trong đó H_t là chiều cao sóng truyền qua; và H_i là chiều cao sóng tới.

Trong lý thuyết này phần lớn sóng được xem xét và công thức (1) sẽ được sử dụng để xác định hệ số truyền sóng. Trong trường hợp của sóng không điều hòa, chiều cao sóng đáng kể H_s (chiều cao sóng đáng kể là giá trị trung bình của một phần ba chiều cao các con sóng lớn nhất).

Một trong những người đầu tiên đã nghiên cứu lý thuyết truyền sóng cho các kết cấu ngập một phần là Ursell [6] và Macagno [7]. Vài năm sau Weigel [8] đã phát triển một lý thuyết tuyến tính, được đặt tên là “thuyết truyền năng lượng”.

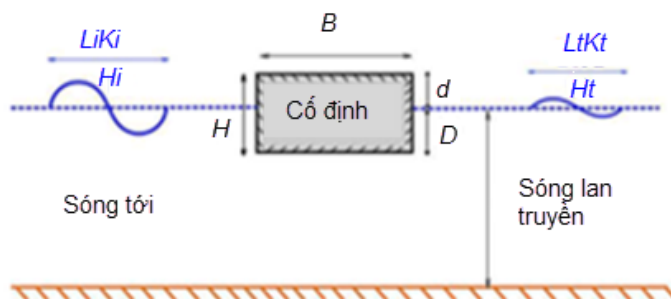
a. Theo tác giả [7]

Tác giả thực hiện nghiên cứu lan truyền sóng với các các giả định sau: kết cấu phao cố định; chiều rộng kết cấu hữu hạn; nước sâu (lý thuyết sóng tuyến tính); không xác định rõ được các điều kiện đưa

vào tính toán; sóng không tràn. Công thức xác định hệ số giảm sóng C_t như sau:

$$C_t = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\frac{k_i B \sinh(k_i d)}{2 \cosh(k_i d - k_i D)} \right]^2}} \quad (2)$$

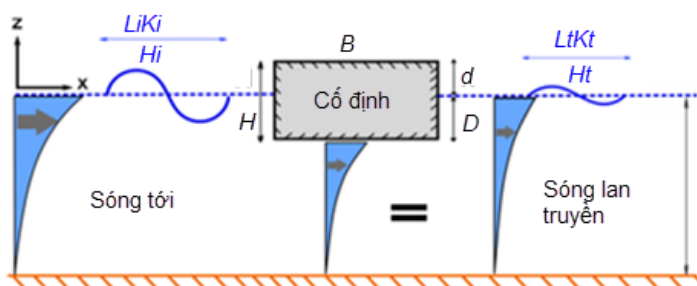
trong đó k_i là số sóng (rad/s); B là bề rộng kết cấu (m); d là độ sâu nước (m); D là độ sâu kết cấu trong nước (m); h là chiều cao phần thoáng của kết cấu, H là chiều cao kết cấu (m), xem Hình 2.



Hình 2. Mô tả chuyển động sóng theo [6]

b. Theo tác giả [8]

Tác giả đã kế thừa các khái niệm về truyền dẫn năng lượng sóng và phát triển một lý thuyết về năng lượng sóng với các giả thuyết sau: kết cấu phao cố định; nước sâu (lý thuyết sóng tuyến tính); không phản xạ; không tràn. Năng lượng sóng là sản phẩm của áp suất sóng gây ra, P_{wave} , và vận tốc chất lỏng do sóng gây ra, u , thời gian trung bình trên một chu kỳ sóng. Weigel giả định rằng năng lượng sóng truyền qua độ sâu nước đủ lớn xảy ra giữa phía dưới mà thực chất là một phần nhỏ của năng lượng sóng tới. Lý thuyết về Weigel được minh họa trong Hình 3.



Hình 3. Mô tả quá trình lan truyền sóng theo [8]

Hệ số truyền sóng thể hiện trong công thức:

$$C_t = \sqrt{\frac{2k_i(d - D) + \sinh(2k_i(d - D))}{\sinh(2k_i d) + 2k_i d}} \quad (3)$$

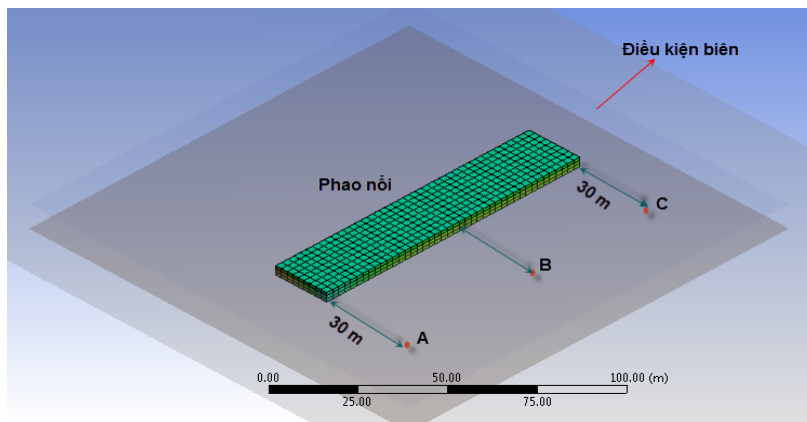
trong đó H_i là chiều cao sóng tới (m); H_t là chiều cao sóng truyền (m); k_i là số sóng (rad/s); B là bề rộng kết cấu (m); d là độ sâu nước (m); D là độ sâu kết cấu trong nước (m); h là chiều cao phần thoáng của kết cấu; H là chiều cao kết cấu (m).

2.2. Phương pháp số

Trong nghiên cứu này, phần mềm Ansys-Aqwa FEM được sử dụng để mô phỏng kết cấu phao nổi chịu tác dụng của tải trọng sóng qua ứng dụng của mô đun thủy động học (Hydrodynamic Diffraction).

a. Mô hình tính

Mô hình số 3-D của phao nổi trụ neo sẽ sử dụng kích thước tương đương của một công trình bên cụ thể đã được xây dựng ở Nhật bản, với kích thước sơ bộ gồm chiều dài 100 m, chiều rộng 20 m và chiều cao 3,5 m. Phao nổi dạng dầm hình hộp bê tông cốt thép lớn, trọng lượng bản thân là 3563 T và tải trọng hạ tầng thiết bị 0,7 T/m². Chuyển vị ngang tương đối so với đáy là khá nhỏ nên ta bỏ qua sự tương tác sóng và kết cấu khi kết cấu dịch chuyển. Vì vậy, chỉ phần kết cấu chính phao nổi được mô hình với điều kiện biên cố định (fixed structure). Kết cấu phao nổi chia làm 2 phần gồm phần trên mặt nước và dưới mặt nước, tỷ lệ trên dưới được xác định theo tỷ trọng giữa trọng lượng kết cấu và thiết bị trên lực đẩy nổi của nước, mặt kết cấu cách mặt nước thoáng khoảng 1,2 m, xem Hình 4.



Hình 4. Mô hình kết cấu phao nổi cố định trong phần mềm ANSYS-AQWA

b. Điều kiện tải trọng sóng

Trong nghiên cứu này tập trung đánh giá ảnh hưởng của đặc trưng con sóng đến hiệu quả giảm sóng của công trình, đặc biệt là chu kỳ sóng (chiều dài sóng). Độ nước tính toán cũng không đổi bằng 9 m. Sóng tới xem xét là sóng điều hòa.

c. Trình tự tính toán

Sáu trường hợp tính toán được phân tích trong nghiên cứu này, tương ứng với ba con sóng với chu kỳ và biên độ sóng thay đổi theo hai hướng sóng tác dụng vào công trình 0 và 45 độ, xem Bảng 1.

3. Kết quả tính toán

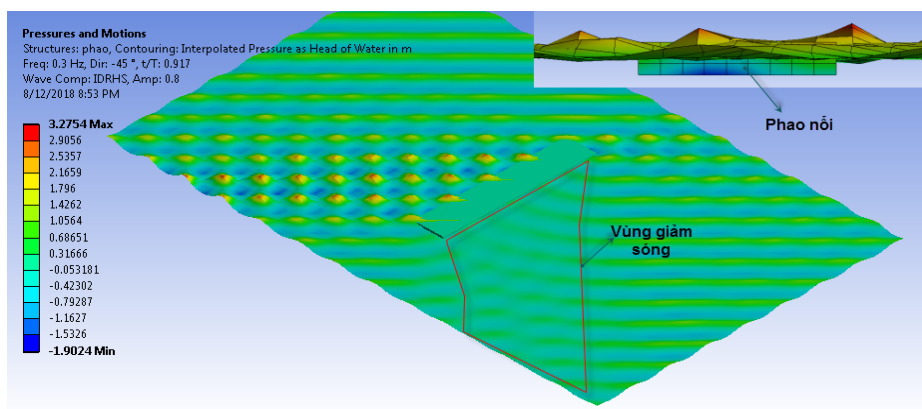
Biên độ sóng theo các trường hợp tính toán tại ba vị trí A, B và C phía cảng (xem Hình 4) được thể hiện trong Bảng 2. Có thể thấy rằng, điểm A, B nằm trong vùng chắn giảm sóng còn điểm C nằm trong ngoài vùng giảm sóng. Biểu đồ lan truyền sóng cho kết cấu phao nổi cho các trường hợp TH1 ($T = 3,3$ s); TH2 ($T = 5,0$ s) và TH3 ($T = 8,0$ s) được thể hiện trong các Hình 5, 6 và 7 tương ứng. Có thể thấy rằng, hình dáng vùng giảm sóng của ba trường hợp này là khác nhau. Trường hợp TH4 với góc sóng tới 0 độ cho kết quả với hiệu quả giảm sóng tốt 55,1% so với các trường hợp tương ứng TH2 (tại vị trí B).

Bảng 1. Các trường hợp phân tích

STT	Ký hiệu	Chiều cao sóng (m)	Biên độ sóng (m)	Hướng sóng (độ)	Chu kỳ sóng (s)
1	TH1	1,6	0,8	45	3,3
2	TH2	1,6	0,8	45	5
3	TH3	1,6	0,8	45	8
4	TH4	1,6	0,8	0	5
5	TH5	1,2	0,6	45	5
6	TH6	2,0	1,0	45	5

Bảng 2. Hệ số giảm sóng và biên độ sóng phía sau đê chắn sóng nổi

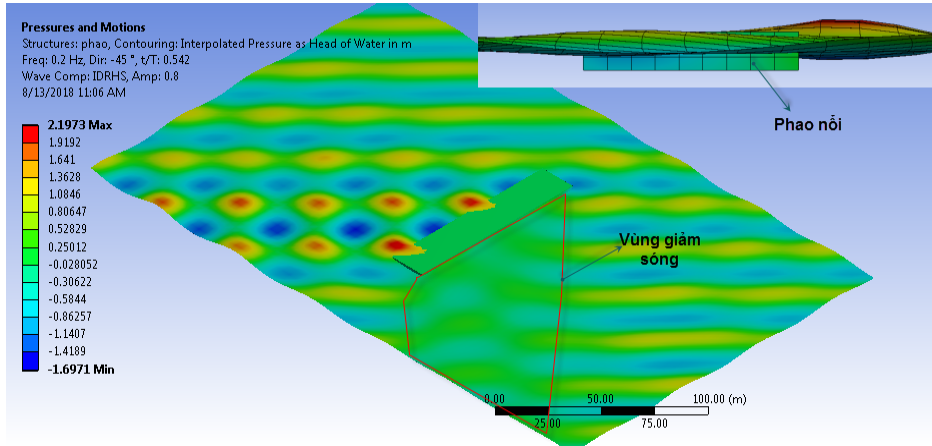
STT	Ký hiệu	Biên độ sóng (m)			Hệ số giảm sóng C_t		
		A	B	C	A	B	C
1	TH1	0,316	0,381	0,805	0,395	0,476	1,006
2	TH2	0,528	0,578	0,801	0,660	0,723	1,001
3	TH3	0,605	0,647	0,808	0,756	0,809	1,010
4	TH4	0,651	0,441	0,651	0,814	0,551	0,814
5	TH5	0,345	0,392	0,802	0,575	0,653	1,337
6	TH6	0,812	0,916	1,203	0,677	0,763	1,003



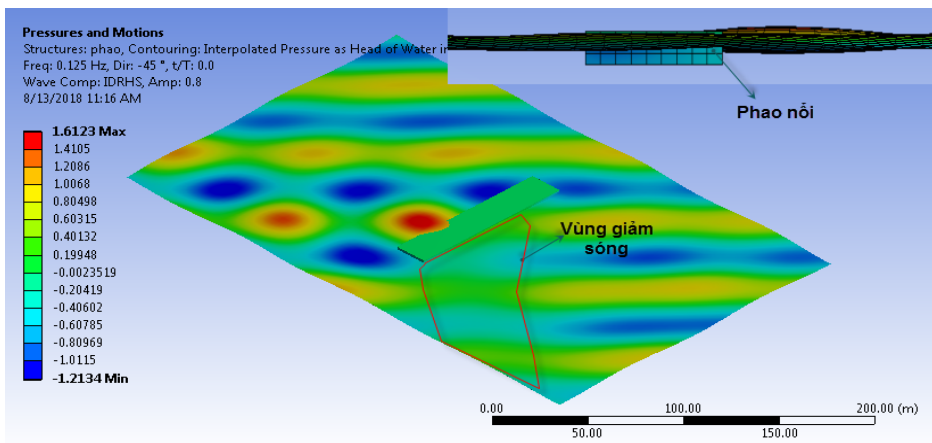
Hình 5. Biểu đồ lan truyền sóng trong trường hợp TH1, $T = 3,3$ s

Có thể thấy rằng, kích thước vùng giảm sóng trong trường hợp TH3 giảm khá đáng kể. Khi chu kỳ hay chiều dài sóng tăng, hiệu quả giảm sóng của phao nổi giảm đáng kể.

Kết quả tính toán hệ số giảm sóng theo mô hình số Ansys Aqwa được so sánh với các giá trị tính toán theo công thức theo [7, 8]. Hình 8 thể hiện biểu đồ so sánh hệ số giảm sóng cho các trường hợp tính toán số có biên độ sóng cố định ($a = 0,8$ m) và chu kỳ biến thiên với các giá trị tính toán lý thuyết. Các phương pháp đều chỉ ra rằng khi chu kỳ sóng càng tăng thì hệ số giảm sóng C_t cũng tăng, nghĩa là hiệu quả giảm sóng tốt cho con sóng có chu kỳ nhỏ. Tuy nhiên, phương pháp số Ansys Aqwa có kết quả tương đồng tốt với phương pháp tính của Weigel, khi chu kỳ vượt quá 6 s thì hệ số giảm sóng tăng không đáng kể, đường cong quan hệ giảm sóng theo chu kỳ là đường cong bậc cao, trong khi đó

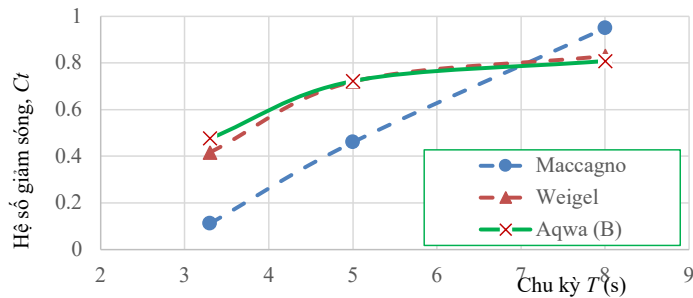


Hình 6. Biểu đồ lan truyền sóng trong trường hợp TH1, $T = 5$ s



Hình 7. Biểu đồ lan truyền sóng trong trường hợp TH1, $T = 8$ s

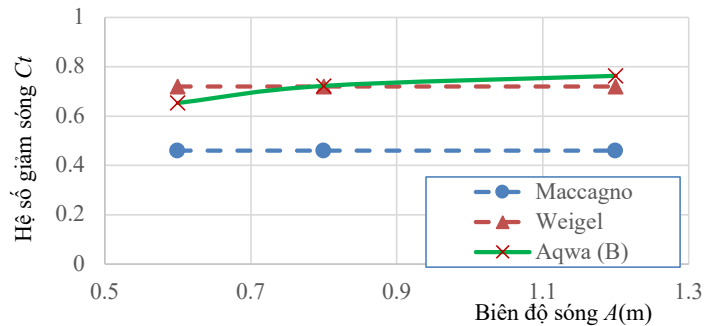
phương pháp của Maccagno đưa ra đường cong quan hệ gần tuyến tính.



Hình 8. Biểu đồ so sánh hệ số giảm sóng theo biến thiên chu kỳ (TH1, TH2 và TH3)

Trong các công thức của Maccagno và Weigel đều không đưa ra sự phụ thuộc của hệ số giảm sóng theo giá trị biên độ sóng. Tuy nhiên, theo kết quả phân tích số theo Ansys Aqwa thì chiều cao

sóng tăng thì hệ số giảm sóng tăng, nghĩa là hiệu quả giảm đối với các con sóng có chiều cao lớn, xem Hình 9.



Hình 9. Biểu đồ so sánh hệ số giảm sóng theo biến thiên chiều cao (TH2, TH5 và TH6)

4. Kết luận và khuyến nghị

Phương pháp số ứng dụng phần mềm Ansys Aqwa kết hợp với lý thuyết tính toán lan truyền sóng đã được thực hiện để đánh giá hiệu quả giảm sóng của kết cấu phao nổi trụ neo. Có một số kết luận chính sau đây:

1. Kết cấu phao nổi trụ neo có hiệu quả giảm sóng đáng kể cho các con sóng có chu kỳ và chiều cao nhỏ. Giá trị cụ thể phụ thuộc vào kích thước, hình dáng kết cấu, đối với kết cấu phao nổi, trong nghiên cứu này thì hiệu quả giảm sóng từ 40–70% cho con sóng có chu kỳ từ 3 đến 6 s và chiều cao sóng từ 1,2 đến 2,0 m.
2. Hệ số giảm sóng tính toán theo lý thuyết của Weigel có sự tương đồng với phương pháp mô hình số, phù hợp với tính toán hiệu quả giảm sóng cho kết cấu dề chắn sóng trụ neo.

Tài liệu tham khảo

- [1] Functional Design Netherlands (2008). *Dutch floating breakwaters & floating structure technology*. Technical information report, FDN Engineering BV.
- [2] Fousert., M. W. (2006). *Floating breakwater - Theoretical study of a dynamic wave attenuating system*. Final report of the master thesis Delft, Delft University of Technology.
- [3] Cox, R., Coghlan, I., Kerry, C. (2007). Floating breakwater performance in irregular waves with particular emphasis on wave transmission and reection, energy dissipation, motions and restraining forces. *Ocean Engineering*, 2(3):350–360.
- [4] Drieman, R. (2011). *Feasibility study on the use of a foating breakwater to protect a new articial beach in balchik, Bulgaria*. Msc thesis, Delft University of Technology.
- [5] TCCS 05:2014/CHHVN. *Thiết kế bến du thuyền*. Cục Hàng Hải Việt Nam.
- [6] Ursell, F. (1947). The effect of a fixed vertical barrier on surface waves in deep water. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 43(3):374–382.
- [7] Macagno, E. O. (1954). Swell in a channel with a passage in charge. *The White Coal*, 1(1):10–37.
- [8] Wiegel, R. L. (1960). Transmission of wave past a rigid vertical thin barrier. *J. Waterway and Harbors Div.*, 86(1):1–12.