

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CẤU KIẾN RỖNG ĐẾN SỰ THAY ĐỔI THÔNG SỐ SÓNG TRÊN MÔ HÌNH MÁNG SÓNG

Lê Thanh Chương, Lê Xuân Tú, Đỗ Văn Dương
Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu so sánh khả năng triệt giảm sóng, tiêu tán năng lượng của 2 dạng kết cấu đê giảm sóng khác nhau bằng mô hình vật lý. Để có được sự hiểu biết tốt hơn về tương tác sóng với dạng đê rỗng khác nhau. Kết cấu thứ nhất có cả hai mặt đều bố trí lỗ rỗng hở tạo điều kiện trao đổi môi trường trước và sau công trình. Kết cấu thứ hai có mặt trước được bố trí lỗ rỗng nhằm hấp thụ sóng phản xạ và mặt sau kín không cho trao đổi môi trường trước và sau công trình. Trong quá trình tương tác với công trình, sóng bị tiêu tán nhiều hơn bởi kết cấu hai có mặt sau kín, tuy nhiên hệ số sóng phản xạ của kết cấu này lại khá lớn so với kết cấu thứ nhất.

Từ khóa: Đê giảm sóng kết cấu rỗng, hệ số truyền sóng, hệ số tiêu tán năng lượng, sóng phản xạ, mô hình vật lý 2D

Summary: This paper presents the research results comparing the ability of reduce wave, energy dissipation of two breakwater structures based on the physical model. This experiment is intended to provide a better understanding of wave interactions and hollow breakwater and closed structure. The first structure is opened, it is capable of environmental exchange before and after of the structure, the second structure is closed, it does not allow environmental exchange before and after of the structure. In the interactive process between waves and structures, Wave energy is dissipated better by second structure but the wave reflected is bigger.

Keywords: porous breakwater, transmission coefficient, dissipation coefficient, wave reflection, 2D physical model

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh tìm kiếm giải pháp bảo vệ bờ biển và khôi phục rừng ngập mặn ven biển một cách bền vững tại khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long. Một số nghiên cứu đã đưa ra giải pháp và ứng dụng đê giảm sóng kết cấu rỗng giúp giảm sóng, trao đổi môi trường tạo điều kiện thuận lợi cho bùn cát truyền qua công trình vào bên trong và lắng đọng bùn cát hạt mịn, đồng thời ít cản trở quá trình di chuyển của sinh vật trong nước. Bên cạnh đó ở những vị trí cần lặn sóng thì đê dạng kín được sử dụng, tuy nhiên dạng đê kín truyền thống thường bị hạn chế về một số vấn đề như quy mô lớn, nguyên

vật liệu chủ yếu là đá học tương đối khan hiếm ở khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long và thời gian thi công lắp đặt thường khá dài. Để giải quyết vấn đề này của đê dạng kín truyền thống, thì giải pháp đê giảm sóng dạng kín 1/2 hình bán nguyệt (cấu kiện đúc sẵn) có mặt trước được bố trí các lỗ rỗng nhằm tiêu tán sóng và giảm thiểu sóng phản xạ đã được đề xuất.

Nghiên cứu hiện tại nhằm đánh giá hiệu quả, so sánh khả năng tiêu tán năng lượng sóng của 2 dạng kết cấu giảm sóng bằng cấu kiện bê tông đúc sẵn. Kết cấu dạng rỗng đặc trưng cho xu hướng nghiên cứu hiện tại ở Đồng bằng sông Cửu Long, còn kết cấu dạng kín được làm bằng

Ngày nhận bài: 29/3/2020
Ngày thông qua phản biện: 17/4/2020

Ngày duyệt đăng: 20/4/2020

cấu kiện bê tông đúc sẵn đặc trưng cho dạng đê truyền thống được cải tiến.

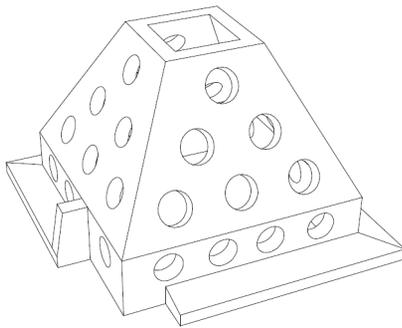
2. THIẾT LẬP THÍ NGHIỆM

Kết cấu đê giảm sóng dạng hở hình chóp tứ giác TG1 (Hình 2.1a) có 4 mặt chia ra làm 2 mặt trước và 2 mặt sau trong đó 2 mặt trước có độ rỗng bề mặt $P_1=17.6\%$ tương ứng với 10 lỗ rỗng tròn có đường kính 5.7cm trên mỗi mặt và độ rỗng mặt sau $P_2=12.0\%$ tương ứng với 10 lỗ rỗng tròn có

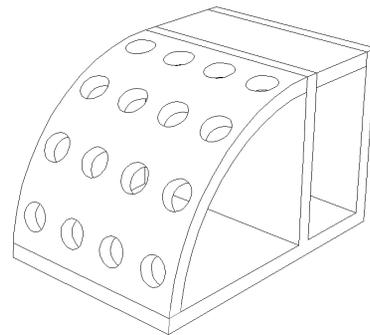
đường kính 4.1cm trên mỗi mặt.

Kết cấu đê giảm sóng dạng kín hình bán nguyệt BN2 có độ rỗng mặt trước $P_1=19.7\%$ tương ứng với 4 hàng lỗ rỗng tròn đường kính 5.7cm (Hình 2.1b) và mặt sau kín.

Cả 2 mô hình cấu kiện được thiết kế bằng gỗ với độ dày thành 20mm và liên kết cứng với bê mặt đáy máng sóng tránh hiện tượng bị dịch chuyển trong quá trình thí nghiệm.



(a) Kết cấu dạng rỗng hình chóp tứ giác TG1



(b) Kết cấu dạng kín hình bán nguyệt BN2

Hình 2.1: Kết cấu đê giảm sóng chóp tứ giác

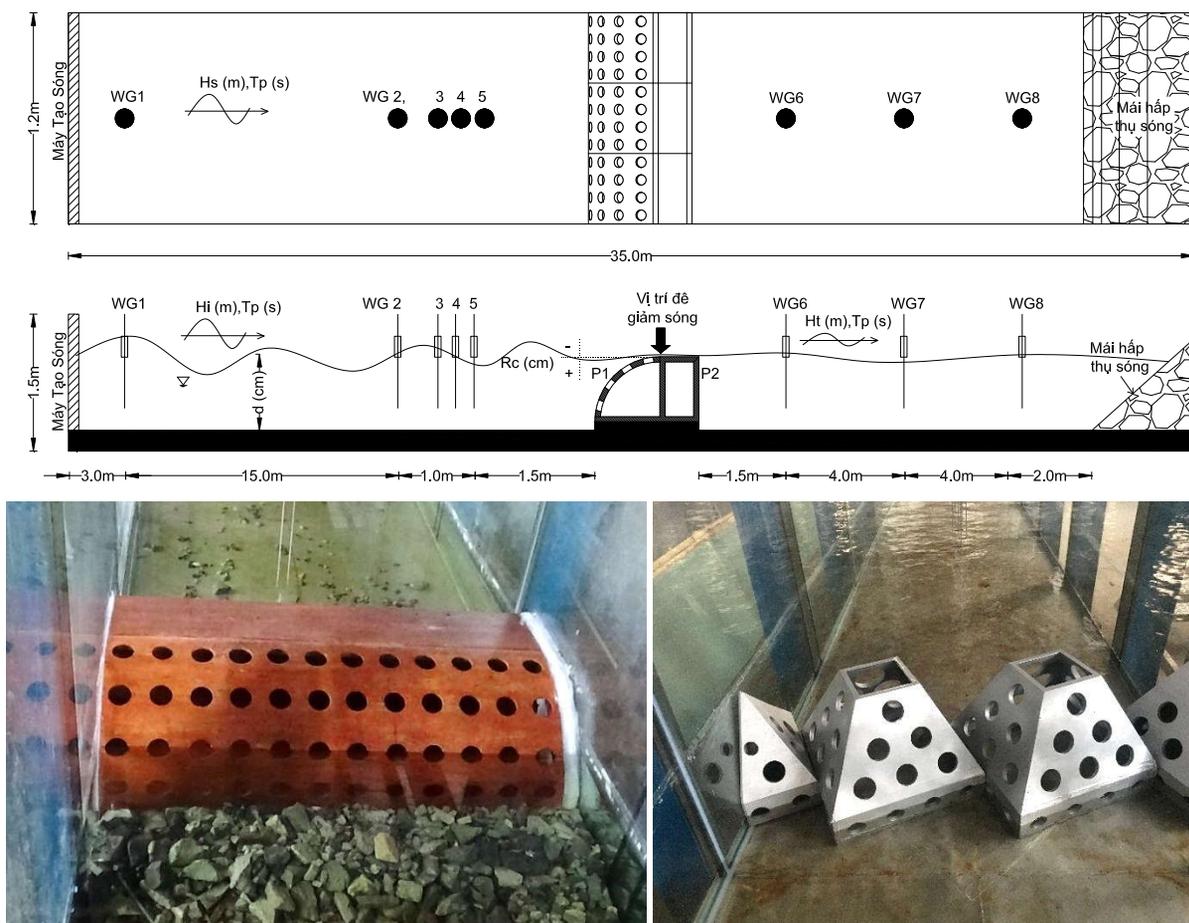
Nghiên cứu được thực hiện trong máng sóng của Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam có chiều dài 35m, cao 1.5m và rộng 1.2m với hệ thống thiết lập và phân tích dữ liệu sóng của HR-Wallingford. Cách thiết lập vị trí kim đo sóng và cấu kiện đê giảm sóng được thể hiện trong Hình 2.2, máy tạo sóng động cơ đẩy Piston đặt cách cấu kiện 20.5m được kết nối với hệ thống điều khiển được lập trình có chức năng hấp thụ sóng tự động giúp hạn chế sai số tại biên đầu vào. Phía trước công trình được bố trí 5 kim đo sóng, trong đó 4 vị trí kim lần lượt WG2, 3, 4, 5 có chức năng phân tách sóng tới và sóng phản xạ trước công trình dựa vào tính toán được thiết lập trong phần mềm đo sóng của HR-Wallingford. Sau công trình được bố trí 3 kim đo sóng cách đều nhau 1 khoảng 4m và kim gần nhất cách chân công trình 1.5m có chức năng đo sự thay đổi sóng truyền sóng công trình. Phần cuối máng sóng được thiết lập mái hấp thụ sóng bằng đá đổ có

hệ số mái $m=6$, mục đích để giảm thiểu sóng phản xạ ảnh hưởng đến số liệu đo. Kết quả kiểm định cho hệ số sóng phản xạ trong trường hợp không công trình luôn nhỏ hơn 10% đảm bảo ảnh hưởng của sóng phản xạ đến kết quả đo đạc là không đáng kể (theo nghiên cứu Goda 2010 [2], Chakrabarti 1994 [1]).

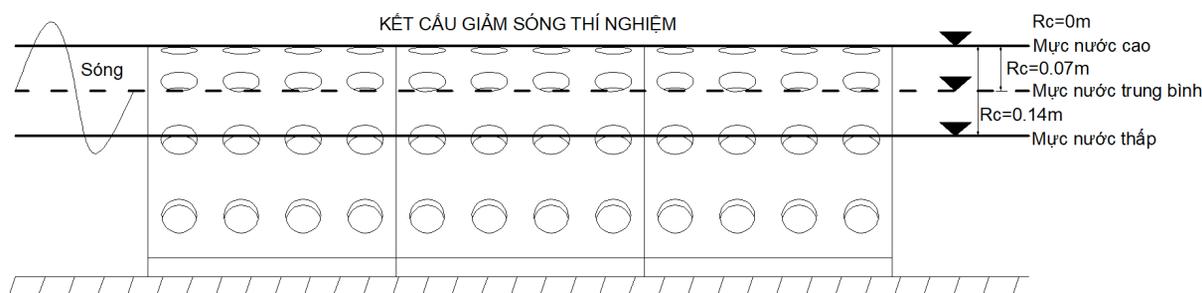
Một loạt các thí nghiệm với điều kiện sóng không đều được thực hiện ở 3 mực nước khác nhau (mực nước trung bình, cao, thấp). Sóng được tạo ra theo dạng phổ JONSWAP với hệ số gamma (peak enhancement factor) bằng 3.3, chu kỳ đỉnh sóng được thay đổi từ 1.2s ÷ 2.5s, chiều cao sóng ý nghĩa từ 0.07m ÷ 0.17m, độ dốc sóng tương ứng H_{m0}/L thay đổi từ 0.015 ÷ 0.043 (trong đó giá trị chiều dài sóng L phụ thuộc vào chu kỳ sóng và độ sâu nước). Quá trình thu thập và phân tích dữ liệu được thực hiện bằng phần mềm HR DAQ (của HR-Wallingford). Thời gian đo đạc cho mỗi chuỗi

thí nghiệm được thực hiện khoảng 500 con sóng tương ứng $T_{do}=500 \times T_p$ (s), với tần số đo là 50Hz. Ba giá trị mực nước thí nghiệm tương ứng với 3 giá trị chiều cao lưu không đỉnh đê

$R_c = \{+0.14m, +0.07m, 0m\}$ (được xác định bằng hiệu giữa cao trình đỉnh đê và mực nước thiết kế).



Hình 2.2: Sơ đồ thiết lập thí nghiệm



Hình 2.3: Mực nước thí nghiệm

Loại dòng chảy qua kết cấu giảm sóng được xác định bằng chỉ số Reynolds với $Re = \frac{vd}{\nu}$, trong đó ν là vận tốc sóng (vận tốc nhóm

sóng) chảy qua lỗ rỗng, d là đường kính lỗ rỗng, ν là hệ số nhớt động học của nước được xác định ở nhiệt độ 20°C (0.0101 cm^2/s). Kết quả tính toán cho giá trị

$Re=31237 \div 59239$, cho thấy $Re_{\text{tính}}$ sóng ứng với các kích bản là dòng chảy rối. $to_{\text{án}} > 10000$ nên dòng chảy qua cầu kiện giảm

Bảng 2.1: Thông số thí nghiệm

Tham số thí nghiệm	Giá trị
Kết cấu đê giảm sóng	TG1, BN2
Độ rỗng mặt trước cầu kiện, P_1	17.6%, 19.7%
Độ rỗng mặt sau cầu kiện, P_2	12%, 0%
Chiều cao cầu kiện, h	0.47m
Chiều cao lưu không, R_c	0.00m, +0.07m, +0.14m
Chiều cao sóng, H_s	0.07m ÷ 0.17m
Chu kỳ đỉnh sóng, T_p	1.2s ÷ 2.5s
Độ dốc sóng, H_{m0}/L	0.015 ÷ 0.043
Chỉ số Reynolds qua đê giảm sóng $Re = \frac{vd}{\nu}$	31237 ÷ 59239

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1 Tiêu chí đánh giá hiệu quả công trình

Sóng va chạm với bất kỳ dạng công trình đê giảm sóng nào thì một phần năng lượng sóng sẽ bị phản xạ phía trước công trình, một phần sẽ bị tiêu tán, hấp thụ bởi công trình và phần còn lại sẽ được truyền qua phía sau công trình. Về mặt lý thuyết thì vấn đề thủy động lực học này tuân thủ định luật bảo toàn năng lượng và có thể được thể hiện dưới dạng toán học bằng công thức cân bằng năng lượng (Burcharth and Hughes 2003):

$$E_i = E_t + E_r + E_d \quad (1)$$

Trong đó, E_i , E_t , E_r và E_d là năng lượng của sóng đến, sóng truyền, sóng phản xạ và sóng bị tiêu tán. Và hàm cân bằng năng lượng có thể được viết lại như sau:

$$1 = \left(\frac{H_t}{H_i}\right)^2 + \left(\frac{H_r}{H_i}\right)^2 + \frac{E_d}{E_i} \quad (2)$$

$$1 = K_t^2 + K_r^2 + K_d \quad (3)$$

Trong đó:

$$K_t = \frac{H_{m0,t}}{H_{m0,i}} \text{ Hệ số truyền sóng được xác định}$$

bằng giá trị chiều cao sóng truyền phía sau

công trình ($H_{m0,t}$) trên giá trị chiều cao sóng tới ($H_{m0,i}$);

$$K_r = \frac{H_{m0,r}}{H_{m0,i}} \text{ Hệ số sóng phản xạ được xác định}$$

bằng giá trị chiều cao sóng phản xạ trước công trình ($H_{m0,r}$) trên giá trị chiều cao sóng tới ($H_{m0,i}$);

K_d được xác định dựa vào kết quả của công thức biến đổi từ công thức (3):

$$K_d = 1 - K_t^2 - K_r^2 \quad (4)$$

Các sóng biến đổi xung quanh công trình khi sóng tới tương tác với công trình sẽ tạo thành chế độ sóng trước công trình. Sự biến đổi này thể hiện qua hệ số sóng trước công trình được xác định bằng tỷ số giữa chiều cao sóng ngay trước công trình ($H_{m0,f}$) và chiều cao sóng tới ($H_{m0,i}$) theo công thức (5):

$$K_f = \frac{H_{m0,f}}{H_{m0,i}} \quad (5)$$

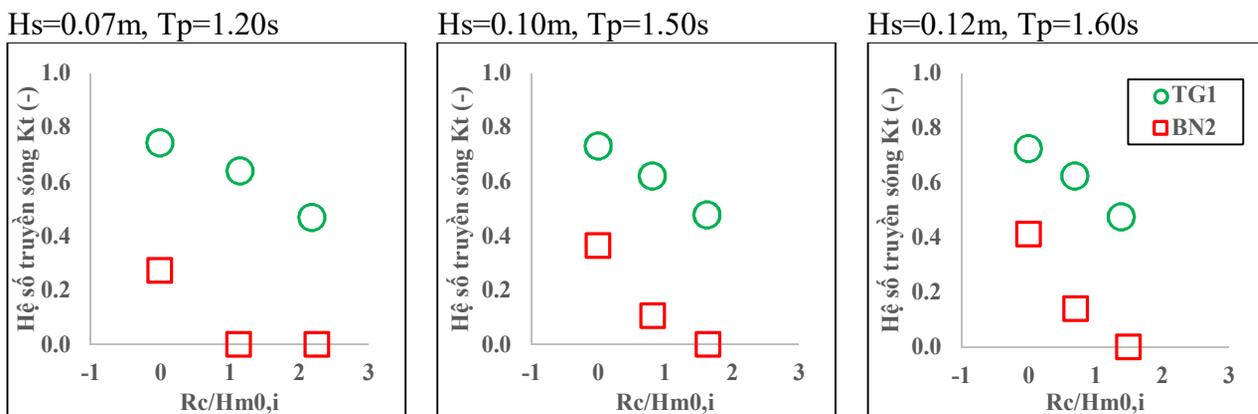
Trong đó chiều cao sóng ngay trước công trình được xác định tại vị trí kim đo số 5 trước công trình.

3.2. Quá trình truyền sóng

Sự thay đổi hệ số truyền sóng K_t phụ thuộc vào

các yếu tố chiều cao lưu không tương đối ($R_c/H_{m0,i}$), tham số sóng được thể hiện qua Hình 3.1. Xu hướng nghịch biến giữa $R_c/H_{m0,i}$ và K_t được thể hiện rõ ràng trong cả 2 kết cấu giảm sóng. Nhìn chung kết cấu BN2 có hệ số truyền sóng tốt hơn kết cấu TG1 trong cả 3 điều kiện mực nước xem xét trong thí nghiệm do mặt sau cấu kiện BN2 là kín.

Đối với kết cấu TG1 khi $R_c/H_{m0,i} > 0$ thì hệ số truyền sóng luôn nhỏ hơn 0.75 tương ứng với hiệu quả giảm sóng lớn hơn 25%. Với kết cấu dạng kín BN2 khi $R_c/H_{m0,i} > 1$ thì hệ số truyền sóng bằng không, tức là sóng không thể vượt qua đỉnh đê và hệ số truyền sóng luôn nhỏ hơn 0.42 tương ứng hiệu quả giảm sóng lớn 58% khi $R_c/H_{m0,i} > 0$.



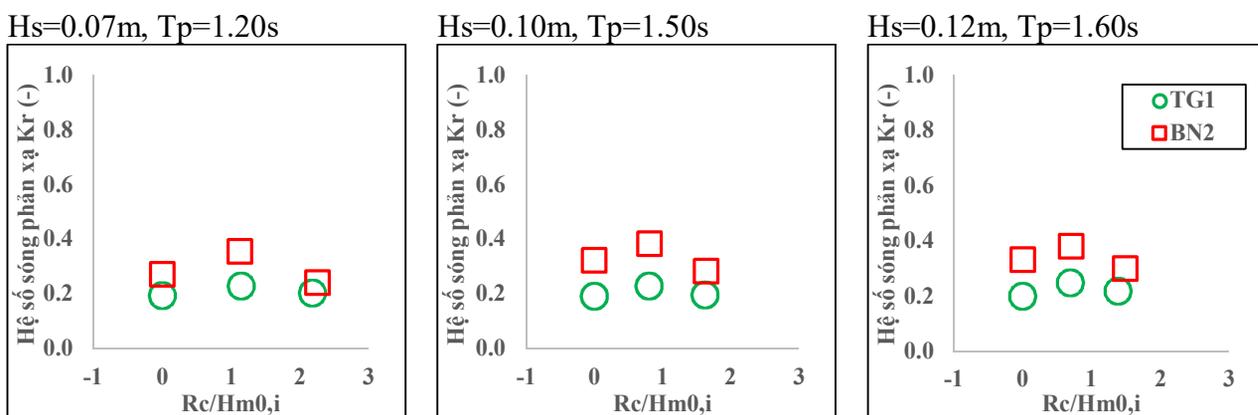
Hình 3.1: Hệ số truyền sóng K_t ứng với tham số thí nghiệm khác nhau

3.3. Sóng phản xạ

Cả 2 kết cấu TG1 và BN2 đều cho hệ số sóng phản xạ tương đối nhỏ trong các điều kiện mực nước khác nhau (Hình 3.2). Tuy nhiên xu hướng biến đổi của hệ số sóng phản xạ phụ thuộc vào chiều cao lưu không lại không thực sự rõ ràng, hệ số sóng phản xạ có xu hướng lớn nhất trong trường hợp mực nước trung bình và

nhỏ hơn trong trường hợp mực nước thấp và mực nước cao, nhưng sự thay đổi là không quá lớn.

So sánh giữa kết cấu TG1 và BN2 có thể nhận thấy sóng phản xạ của kết cấu giảm sóng BN2 có xu hướng lớn hơn so với kết cấu TG1. Kết quả phân tích cho thấy kết cấu TG1 luôn cho hệ số sóng phản xạ nhỏ hơn 0.3

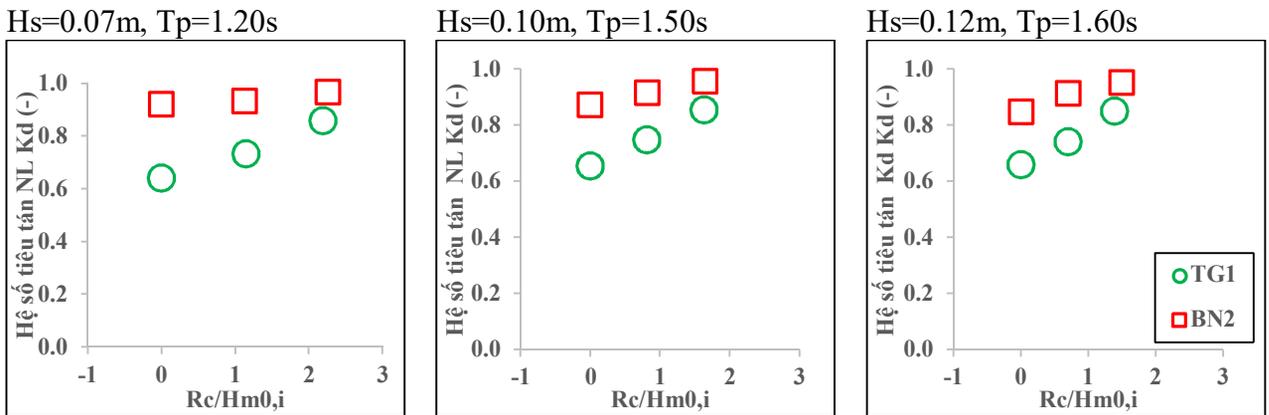


Hình 3.2: Hệ số sóng phản xạ K_r ứng với tham số thí nghiệm khác nhau

3.4. Tiêu tán năng lượng sóng

Quan hệ đồng biến được nhận thấy giữa chiều cao lưu không tương đối đỉnh đê $R_c/H_{m0,i}$ và hệ số tiêu tán năng lượng sóng qua biểu đồ Hình 3.3, tức là khi đê càng nhô cao khả năng tiêu tán năng lượng sóng của kết cấu càng lớn.

Kết cấu giảm sóng BN2 cho hệ số tiêu tán năng lượng sóng tốt hơn so với kết cấu TG1, tuy nhiên sự chênh lệch của hệ số tiêu tán năng lượng giữa 2 kết cấu có xu hướng giảm dần khi chiều cao lưu không đỉnh đê tăng lên.

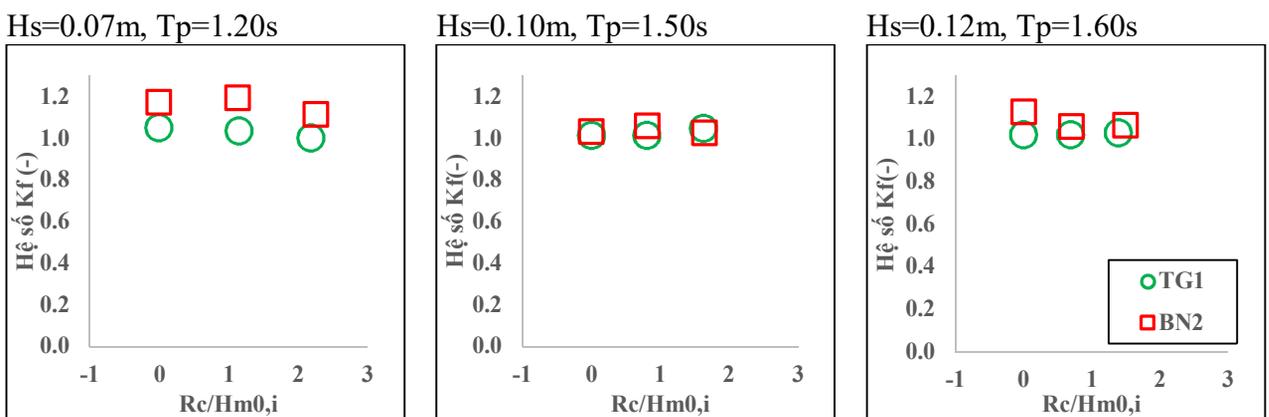


Hình 3.3: Hệ số tiêu tán năng lượng sóng K_d ứng với tham số thí nghiệm khác nhau

3.5. Sóng biến đổi trước công trình

Kết quả phân tích hệ số sóng biến đổi trước công trình được thể hiện qua Hình 3.4, cho thấy hệ số $K_f > 1$ thể hiện chiều cao sóng trước công trình luôn lớn hơn chiều cao sóng tới, hệ số K_f của 2 kết cấu là không khác nhau nhiều trong

hầu hết các trường hợp thí nghiệm, trong đó đê BN2 có hệ số K_f lớn hơn đê TG1 lý do là đối với đê TG1 có độ rộng lớn sóng truyền qua nhiều hơn, còn đê BN2 kín nên tạo ra nước dềnh trước công trình, sóng trước công trình cao hơn. Nhìn chung hệ số K_f luôn nhỏ hơn 1.2 và lớn hơn 1.



Hình 3.4: Hệ số sóng cục bộ trước công trình K_f ứng với tham số thí nghiệm khác nhau

3.6. Đánh giá biến đổi năng lượng sóng

Dựa vào các phân tích về sự thay đổi các hệ số

giảm sóng, hệ số sóng phản xạ và hệ số tiêu tán năng lượng sóng thì biểu đồ biến đổi năng

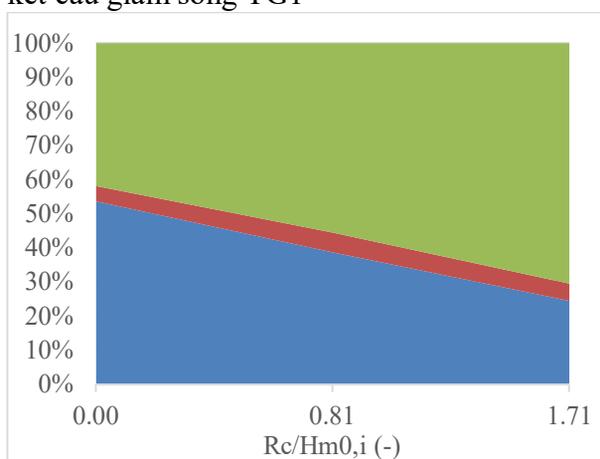
lượng sóng khi tương tác với kết cấu giảm sóng được xây dựng Hình 3.5. Các giá trị phần trăm năng lượng biến đổi và $R_c/H_{m0,i}$ được xác định dựa trên giá trị trung bình ứng với mỗi trường hợp mực nước cao, trung bình và thấp. Cả 2 kết cấu đều cho dải năng lượng sóng tiêu tán chiếm ưu thế.

Với kết cấu giảm sóng TG1 khi sóng tới tương tác với công trình thì phần trăm năng lượng sóng truyền qua từ 24.5÷53.6%, phần trăm năng

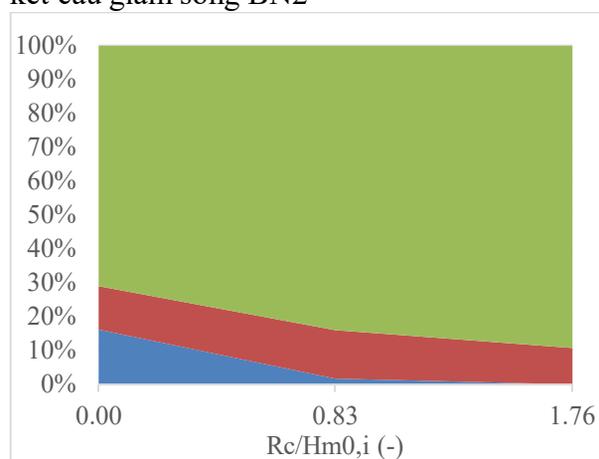
lượng sóng bị phản xạ khoảng 4.5÷5.8%, phần trăm năng lượng sóng bị tiêu tán khoảng 41.9÷70.5%.

Với kết cấu giảm sóng BN2 khi sóng tới tương tác với công trình thì phần trăm năng lượng sóng truyền qua từ 0÷16.2%, phần trăm năng lượng sóng bị phản xạ khoảng 10.7÷14.3%, phần trăm năng lượng sóng bị tiêu tán khoảng 70.9÷89.3%.

Biểu đồ năng lượng sóng qua kết cấu giảm sóng TG1



Biểu đồ năng lượng sóng qua kết cấu giảm sóng BN2



■ Năng lượng sóng truyền qua (%) ■ Năng lượng sóng phản xạ (%) ■ Năng lượng sóng tiêu tán (%)

Hình 3.5: Biến đổi năng lượng sóng qua kết cấu giảm sóng

4. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Mô hình hai kết cấu giảm sóng dạng rộng và dạng kín được nghiên cứu, đánh giá khả năng tiêu tán năng lượng sóng dựa trên một chuỗi các kịch bản thay đổi mực nước, tham số sóng được thí nghiệm trong máng sóng. Một số kết luận được rút ra từ nghiên cứu:

Khi sóng tương tác với công trình thì đê giảm sóng dạng kín hình bán nguyệt BN2 cho năng lượng sóng truyền qua ít hơn, năng lượng sóng bị phản xạ lớn hơn và năng lượng sóng tiêu tán bởi kết cấu cũng lớn hơn so với đê giảm sóng dạng rộng hình chóp tứ giác TG1.

Đối với đê giảm sóng dạng rộng hình tứ giác TG1 trung bình năng lượng sóng tới sẽ bị biến đổi thành: sóng truyền qua cấu kiện (chiếm 38.9%), sóng bị phản xạ (chiếm 5.1%), sóng bị tiêu tán bởi kết cấu (khoảng 56.0%).

Đối với đê giảm sóng dạng kín hình bán nguyệt BN2 trung bình năng lượng sóng tới sẽ bị biến đổi thành: sóng truyền qua cấu kiện (chiếm 6.0%), sóng bị phản xạ (chiếm 12.6%), sóng bị tiêu tán bởi kết cấu (khoảng 81.4%).

Sóng biến đổi trước công trình không có sự khác biệt lớn giữa 2 dạng kết cấu, chiều cao

sóng trước công trình luôn lớn hơn chiều cao sóng tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chakrabarti, S. K. (1994). Offshore structure modelling, World Scientific Singapore.
- [2] Goda, Y. (2010). Random seas and design of maritime structures, World Scientific, Singapore.
- [3] Design of low-crested (submerged) structures – an overview –Krystian W. Pilarczyk, Rijkswaterstaat, Road and Hydraulic Engineering Division, P.O. Box 5044, 2600 GA Delft, the Netherlands; k.w.pilarczyk@dww.rws.minvenw.nl
- [4] Environmental Design of Low Crested Coastal Defence Structures “D31 Wave basin experiment final form-3D stability tests at AUU- by Morten kramer and Hans Burcharth”.
- [5] Report 2D laboratory study and protection measures for LWD wave transmission at porous breakwaters on mangrove foreshore and large-scale near-shore sandbank nourishment “AFD, SIWRR, European Union
- [6] Angremont, K., Van der Meer, J.W. and de Jong, R.J., 1996. Wave transmission at low-crested structures. Proc. 25th ICCE, ASCE, Orlando, USA.
- [7] Horstman, E., Dohmen-Janssen, M., Narra, P., van den Berg, NJ., Siemerink, M., Balke, T., Bouma, T., and Hulscher, S., 2012. Wave attenuation in mangrove forests; field data obtained in Trang, Thailand. *Proc. 33rd Int. Conf. Coastal Eng.*, ASCE , pp. 40.
- [8] Hughes, A.S., 1993. Physical models and laboratory techniques in coastal engineering, *World Scientific, Singapore*, 568 pp.
- [9] Tuan, T.Q., Tien, N.V. and Verhagen, H.J., 2016. Wave transmission over submerged, smooth and impermeable breakwaters on a gentle and shallow foreshore. In: Proc. 9th PIANC-COPEDEC, pp. 897-905, Rio de Janeiro, BRAZIL.
- [10] Van der Meer, J.W., Daemen, I.F.R., 1994. Stability and wave transmission at low crested rubble mound structures. *Journal of Waterway, Port Coastal and Ocean Engineering*, 1, 1-19.