

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ ĐÊ PHÁ SÓNG XA BỜ ĐẾN HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG BẰNG MÔ HÌNH VẬT LÝ

Lê Thanh Chương, Trần Bá Hoàng
Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

Tóm tắt: Giải pháp công trình đê phá sóng xa bờ là giải pháp mang tính chủ động trong việc giảm sóng. Đây là một trong những giải pháp hữu hiệu nhằm giảm thiểu tình trạng xói lở bờ, nhất là trong trường hợp các giải pháp mềm hoặc các giải pháp mang tính bị động không khả thi hoặc hiệu quả thấp.

Trong bài báo này trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu với 78 kịch bản thí nghiệm về các phương án bố trí công trình đê phá sóng xa bờ, các điều kiện mực nước, tham số sóng (sóng ngẫu nhiên) khác nhau. Kết quả thí nghiệm sẽ phục vụ cho việc nghiên cứu phương án bố trí công trình phù hợp với điều kiện tự nhiên của khu vực.

Từ khóa: bể sóng, đê phá sóng, máng sóng, mô hình vật lý, phổ sóng, rừng ngập mặn.

Summary: Breakwater solution is an active solution to reduce the waves. This is one of the effective measures to minimize shoreline erosion, especially in the case of soft solutions or passive solutions that are not feasible or low efficiency.

This paper presents a summary of the study results with 78 experimental scenarios for different offshore breakwater configuration with different water level and wave parameters (random waves). The experiment results will serve to define the layout of the offshore breakwaters in accordance with the natural conditions of the each area.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giải pháp đê phá sóng xa bờ đã và đang được áp dụng nhiều nơi trên thế giới như: Anh, Mỹ, Nhật Bản, Singapore, Italia, ..., nhằm vừa giảm thiểu các tác động tiêu cực của sóng, chống xói lở bảo vệ bờ biển đồng thời tạo ra các bãi bồi phía sau để phục vụ cho các mục đích khác nhau như: lấn biển tạo quỹ đất, phát triển du lịch, trồng rừng ngập mặn,.... Ở nước ta cũng đã có một số công trình được thực hiện, với chủ yếu là dạng đê chắn sóng nổi với bờ như: cảng Tiên Sa (Đà Nẵng), cảng Dung Quất (Quảng Ngãi), cảng Phan Thiết, cảng Lagi (Bình Thuận), cửa Bến Lội (Bà Rịa

– Vũng Tàu),..., hay một số dạng mỏ hàn chữ T như ở Hải Hậu, Nghĩa Hưng (Nam Định), hoặc gần đây một số dạng đê song song với bờ như dạng công trình ở Gò Công (Tiền Giang), Nhà Mát (Bạc Liêu), U Minh (Cà Mau)... Các thông số bố trí dạng công trình này trong không gian chủ yếu được xác định bằng các công thức thực nghiệm của nước ngoài, hoặc được bố trí theo kinh nghiệm, hoặc thử dần (dạng công trình thử nghiệm). Để cung cấp cơ sở khoa học cho việc tính toán xác định phương án bố trí công trình đê phá sóng xa bờ phù hợp với điều kiện ở vùng ven biển ĐBSCL, nhóm nghiên cứu đã sử dụng phương pháp mô hình vật lý để phân tích đánh giá hiệu quả của các phương án bố trí công trình đê phá sóng xa bờ trong bể sóng ứng với các điều kiện mực nước, sóng đến

Ngày nhận bài: 24/7/2017

Ngày thông qua phản biện: 10/9/2017

Ngày duyệt đăng: 26/9/2017

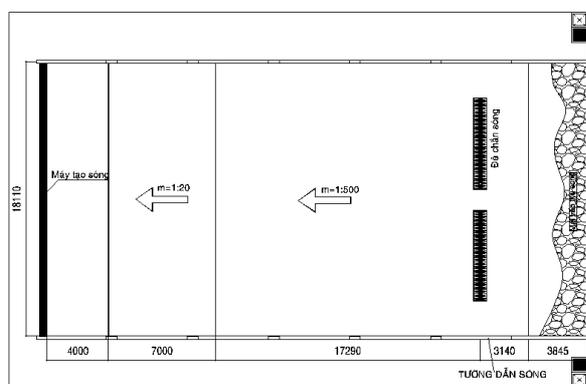
khác nhau áp dụng cho khu vực bờ biển Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng.

2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG CỦA CÔNG TRÌNH ĐÊ PHÁ SÓNG TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ

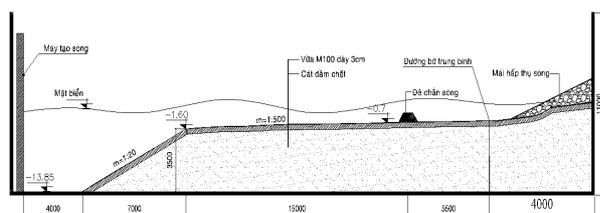
2.1. Thiết lập mô hình thí nghiệm:

Bể sóng sử dụng cho thí nghiệm có kích thước như trong hình 1. Độ sâu nước lớn nhất trong bể có thể đạt được trong thí nghiệm là 0.7m (chiều cao thành bể tính từ điểm đáy thấp nhất là 1m).

Sóng đều hoặc sóng ngẫu nhiên được tạo ra từ máy tạo sóng có chiều cao tối đa là 15cm.



Hình 1. Mặt bằng bể sóng thí nghiệm



Hình 2. Mặt cắt địa hình bể sóng

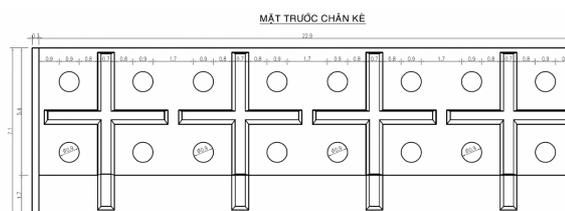
Địa hình bãi trước công trình có độ dốc 1:500 là đặc trưng bãi thoải của khu vực nghiên cứu. Mái dốc 1:20 được thiết kế với mục đích tạo sóng vỡ khi sóng truyền từ nước sâu vào trong khu vực nước nông trước công trình.

Cao trình đỉnh đê được đo chính xác bằng máy thủy bình chuyên dụng trong phòng thí nghiệm cho độ chính xác cao đến mm.

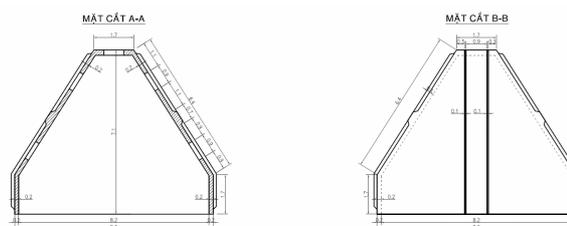


Hình 3. Cấu kiện lắp đặt trong bể

Đê phá sóng xa bờ được thiết kế bằng gỗ, để dễ chế tạo và phù hợp với các thông số thí nghiệm trong bể sóng, hơn nữa tác dụng làm giảm năng lượng sóng của đê ngầm do quá trình sóng vỡ là chủ yếu, quá trình tiêu tán năng lượng do ma sát đáy gây ra chỉ là thứ yếu, như vậy độ nhám ảnh hưởng không lớn đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng, do đó sử dụng vật liệu gỗ không ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm. Đê phá sóng được xây dựng trên độ dốc bãi 1/500, với các kích thước: chiều cao 7.1cm, bề rộng đỉnh 1.7cm, bề rộng chân 8.6cm, chiều dài 22.9cm.



Hình 4. Mặt đứng cấu kiện đê giảm sóng



Hình 5. Mặt cắt cấu kiện đê giảm sóng

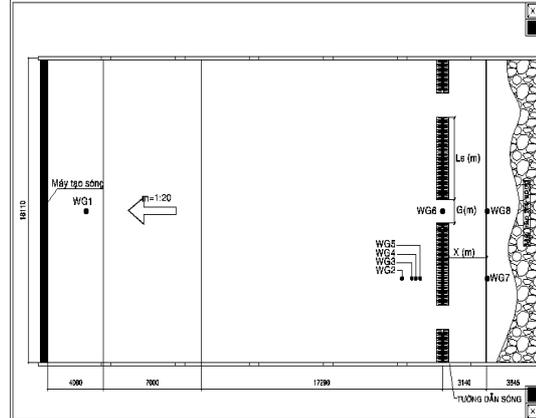
Các kích thước hình học của mặt cắt ngang đê đã được lựa chọn tương ứng với tỷ lệ mô hình hóa về chiều dài $N_L = 35$ và thời gian là $N_t = 5.92$ (theo tiêu chuẩn tương tự Froude).

Sơ đồ bố trí mô hình thí nghiệm hiệu quả giảm sóng trong bể 3D được thể hiện trong hình 7.



Hình 6. Bể sóng thí nghiệm SIWRR

Tám đầu đo sóng được sử dụng để xác định chế độ sóng tại các vị trí trước và sau đê (cách vị trí chân đê một khoảng tối thiểu một nửa chiều dài con sóng). Tín hiệu từ các đầu đo sóng được truyền trực tiếp đến và lưu trữ trong máy tính chuyên dụng.



Hình 7. Mặt bằng bố trí kim đo sóng

2.2. Kích bản thí nghiệm

Qua đánh giá các tài liệu: thủy hải văn (sóng và mực nước), khảo sát địa hình trong nhiều năm gần đây, cho thấy bãi trước đê có nền đất yếu, khu vực bố trí công trình phá sóng có độ sâu khoảng 2.5m. Chiều cao sóng nước nông ở khu vực bãi đê với độ sâu này tối đa chỉ vào khoảng 1.5m.

Sóng ngẫu nhiên có phổ JONSWAP dạng chuẩn (tạo ra bởi máy tạo sóng) dùng cho thí nghiệm có chiều cao biển đổi từ $H_s = 0.06m$ đến $0.11m$ và chu kỳ đỉnh phổ $T_p = 6s$ đến $9s$. Cụ thể được thể hiện trong bảng 1. Thời gian của một thí nghiệm ít nhất là 500 con sóng để đảm bảo dải tần số (chu kỳ) cơ bản của phổ sóng yêu cầu được tạo ra một cách hoàn chỉnh.

Bảng 1. Giá trị chiều cao sóng

$H_{s,0}$ (m)		T_p (s)	
P	M	P	M
2.1	0.06	6.86	1.16
3.15	0.09	7.69	1.3
3.85	0.11	8.34	1.41

Tổng hợp chương trình thí nghiệm bao gồm 78 kịch bản (kết hợp từ 7 kịch bản đê x 2 cao trình đỉnh đê x 2 giá trị mực nước x 3 giá trị tham số sóng nước sâu và cộng thêm 6 kịch bản không công trình). Có thể nói rằng phạm vi biến đổi của các kịch bản thí nghiệm đã bao quát phần lớn các điều kiện biên về sóng và mực nước trong khu vực biển Đông của ĐBSCL.

Bảng 2. Phương án bố trí mô hình đê phá sóng tỉ lệ 1/35

Phương án	L_s (m)		G_B (m)		X_B (m)	
	P	M	P	M	P	M
MH0	Không công trình					
MH2	210	6.00	50	1.43	110	3.14
MH3	250	7.14	50	1.43	110	3.14

Phương án	L _s (m)		G _B (m)		X _B (m)	
	P	M	P	M	P	M
MH4	210	6.00	70	2.00	110	3.14
MH5	210	6.00	90	2.57	110	3.14
MH6	170	4.86	50	1.43	110	3.14
MH7	210	6.00	30	0.86	110	3.14
MH8	210	6.00	50	1.43	130	3.71

Giá trị cao trình mực nước gồm 2 giá trị đó mô hình thí nghiệm sẽ có 4 giá trị chiều cao lưu không ($R_c > 0$ tương ứng với đê nhô, $R_c < 0$ tương ứng với đê ngập) tương ứng như bảng 3: $Z_1 = +1.5m$, $Z_2 = +2m$. Từ những giá trị trên, khi

Bảng 3. Cao độ mực nước thiết kế kết hợp với cao trình đỉnh đê

Cao độ MNTK và cao trình đê	MNTTK1(m)		MNTTK1 (m)		Cao trình đê Z1 (m)		Cao trình đê Z2 (m)	
	P	M	P	M	P	M	P	M
Giá trị	+1	+0.42	+1.7	+0.44	+1.5	+43.4	+2	+0.449
Kết hợp MNTK và cao trình đỉnh đê								
Chiều cao lưu không	R _{C1} (m)		R _{C2} (m)		R _{C3} (m)		R _{C4} (m)	
	P	M	P	M	P	M	P	M
Giá trị R _c	0.5	0.014	1	0.029	-0.2	-0.006	0.3	0.009

Bảng 4. Ma trận các kịch bản thí nghiệm

Phương án bố trí DPS		Cao trình đê		Mực nước		Tham số sóng nước sâu
MH2 MH3 MH4 MH6 MH7	x	Cao trình đê Z1=+1.5 m Cao trình đê Z2=+2 m	x	Mực nước thấp D=42cm Mực nước cao D=44cm	x	Hs,0=6cm; Tp=1.16s Hs,0=9cm; Tp=1.30s Hs,0=11cm; Tp=1.41s
MH0	x	Không công trình	x	Mực nước thấp D=42cm Mực nước cao D=44cm	x	Hs,0=6cm; Tp=1.16s Hs,0=9cm; Tp=1.30s Hs,0=11cm; Tp=1.41s
MH5	x	Cao trình đê Z1=+1.5 m	x	Mực nước thấp D=42cm Mực nước cao D=44cm	x	Hs,0=6cm; Tp=1.16s Hs,0=9cm; Tp=1.30s Hs,0=11cm; Tp=1.41s
MH8	x	Cao trình đê Z2=+2.0 m	x	Mực nước thấp D=42cm Mực nước cao D=44cm	x	Hs,0=6cm; Tp=1.16s Hs,0=9cm; Tp=1.30s Hs,0=11cm; Tp=1.41s

2.3. Hiệu quả giảm sóng của đê phá sóng

Các tham số sóng (chiều cao, các chu kỳ đặc trưng) tại các vị trí nước sâu, trước đê và sau đê được tính toán từ các phổ sóng đo đạc sử dụng chương trình chuyên dụng. Việc tính toán phân tích sóng phản xạ từ kết quả đo đạc từ 4 đầu đo sóng được thực hiện theo phần mềm đo sóng HR Wallingford. Các tham số đo đạc từ thí nghiệm và tính toán gồm:

Chiều cao sóng momen H_{m0}

Chiều cao sóng H_{m0} có giá trị xấp xỉ chiều cao sóng ý nghĩa H_s và được xác định từ mô men bậc 0 của phổ mật độ năng lượng sóng như sau:

$$H_s \approx H_{m0} = 4.004\sqrt{m_0} = 4.004 \sqrt{\int_{f_{min}}^{f_{max}} S(f)df}$$

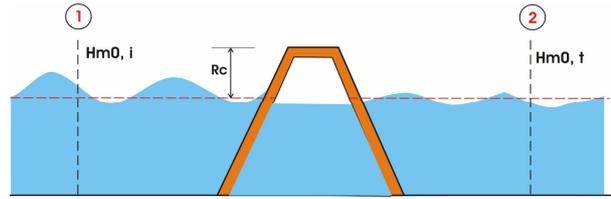
Trong đó $S(f)$ là giá trị mật độ năng lượng của phổ sóng tương ứng với tần số f , m_0 là giá trị mô-men bậc 0 của phổ sóng.

Trong thí nghiệm các giá trị H_{m0} được xác định tại các vị trí trước và sau đê.

Khái niệm hiệu quả giảm sóng của đê phá sóng

Mức độ giảm chiều cao sóng hay nói cách khác là hiệu quả giảm sóng của đê phá sóng xa bờ được đánh giá thông qua tỷ số giữa chiều cao sóng phía sau đê so với chiều cao sóng đến trước đê. Hiệu quả giảm sóng: $\epsilon = 1 - K_r$;

$$K_r = \frac{H_{m0,t}}{H_{m0,i}}$$



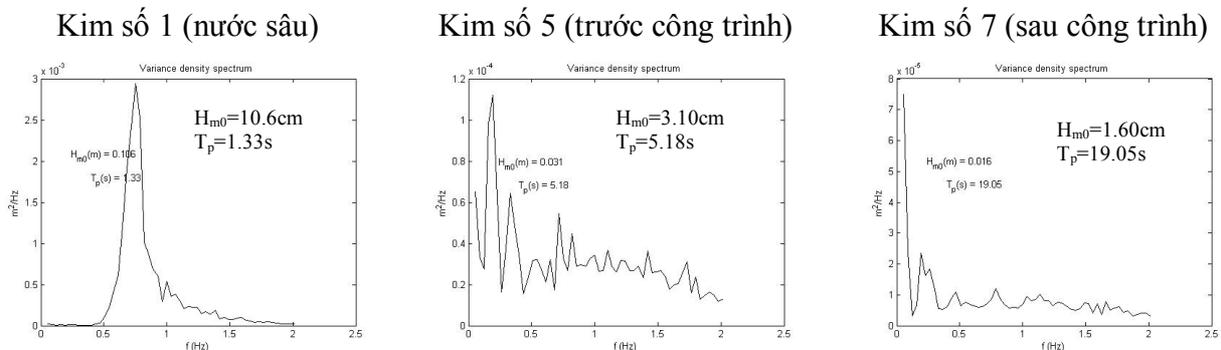
Hình 8. Mô phỏng mặt cắt ngang đê chắn sóng

2.4. Phân tích kết quả thí nghiệm

Khi sóng truyền từ vùng nước sâu vào vùng nước nông thì sẽ trải qua các quá trình vật lý làm tiêu hao năng lượng sóng như khúc xạ, ma sát đáy, sóng vỡ. Ngoài ra còn có tán xạ làm phổ sóng biến đổi (chuyển dịch năng lượng sóng giữa các dải tần số), đặc biệt khi gặp vật cản (đê ngầm). Quá trình biến đổi phổ sóng có ảnh hưởng gián tiếp đến mức độ tiêu hao năng lượng sóng ở vùng nước nông bởi vì với dải sóng dài (tần số thấp) thì mức độ tiêu hao năng lượng ít hơn so với dải sóng ngắn (tần số cao).

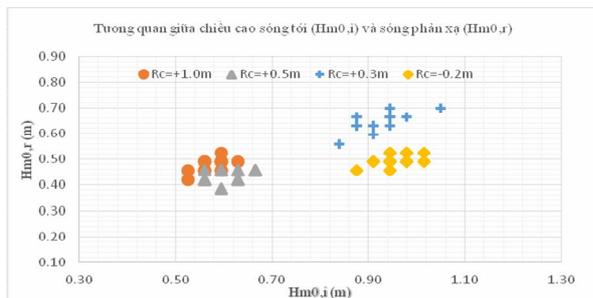


Hình 9. Sự biến đổi sóng trước và sau công trình



Hình 10. Sự biến đổi hình dạng phổ sóng

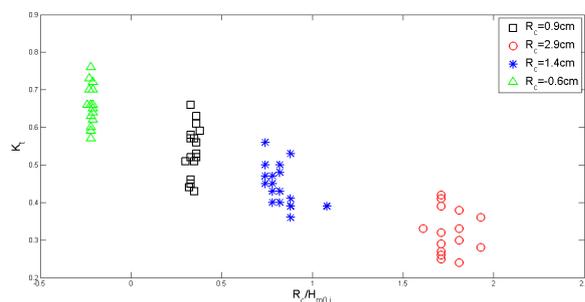
Trong quá trình tiêu hao năng lượng sóng thì sóng vỡ là quá trình tiêu tán năng lượng sóng lớn nhất. Hiện tượng sóng vỡ xảy ra khi sóng biển hình trong nước nông làm gia tăng chiều cao sóng và do đó độ dốc sóng vượt quá ngưỡng giới hạn ổn định hình dạng dẫn đến sóng vỡ (đặc biệt lưu ý tránh nhầm lẫn giữa sóng vỡ với tiêu tán năng lượng do ma sát đáy, tiêu tán năng lượng do mát đáy chỉ chiếm một tỷ trọng rất nhỏ, có thể nói không đáng kể trong toàn bộ quá trình tiêu hao năng lượng sóng).



Hình 11. Tương quan giữa chiều cao sóng tới ($H_{m0,i}$) và sóng phản xạ ($H_{m0,r}$)

Chiều cao sóng phản xạ thay đổi tùy thuộc vào sóng tới và chiều cao lưu không R_c . Xu hướng cho thấy chiều cao sóng phản xạ dao động trong khoảng 0.4 đến 0.7 lần chiều cao sóng tới.

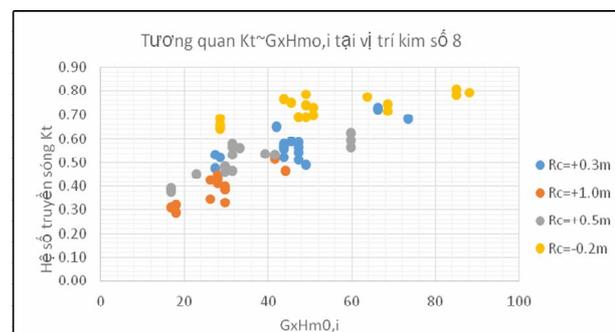
Trong tổng số 78 kịch bản thí nghiệm bao gồm sự thay đổi về 4 chiều cao lưu không, 4 khoảng cách khe hở $G(m)$, 3 chiều dài đê $L(m)$, 2 khoảng cách bờ $X(m)$.



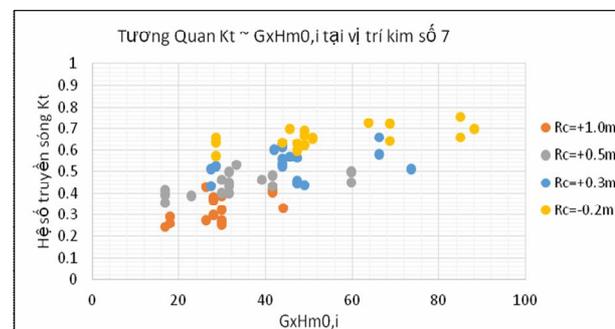
Hình 12. Quan hệ $K_t \sim R_c/H_{m0,i}$ của đê phá sóng ứng với các giá trị R_c khác nhau

Trong trường hợp đê ngầm ($R_c < 0$) thì việc thay đổi phương án bố trí đê ảnh hưởng chưa

thực sự rõ ràng đến hiệu quả giảm sóng. Xu hướng kết quả cho thấy khi tương quan độ ngập tương đối ($R_c/H_{m0,i} > 2$) thì hiệu quả giảm sóng của đê không có xu hướng tăng nữa (dao động từ 70% đến 80%), nguyên nhân là do cao trình đỉnh đê lúc này đủ lớn để sóng không thể leo lên qua đỉnh đê giúp cho hiệu quả giảm sóng lớn và sóng được truyền qua các lỗ rỗng của cấu kiện và khe hở G nên khi có tăng chiều cao đỉnh đê lên bao nhiêu đi nữa thì chiều cao sóng phía sau vẫn không giảm. Khi $R_c/H_{m0,i} < -0.5$ thì hiệu quả giảm sóng đê rất thấp và đê gần như lúc này không còn tác dụng giảm sóng. Độ ngập sâu tương đối càng lớn thì hiệu quả giảm sóng của đê càng lớn, quá trình thí nghiệm quan sát thấy khi $R_c = +2.9cm$ (1.01m thực tế) thì gần như sóng không leo được qua đỉnh đê và sóng được truyền vào khu vực sát bờ thông qua khoảng hở G cộng thêm hiện tượng nhiễu xạ, lúc này hiệu quả giảm sóng lên đến 0.7-0.8.

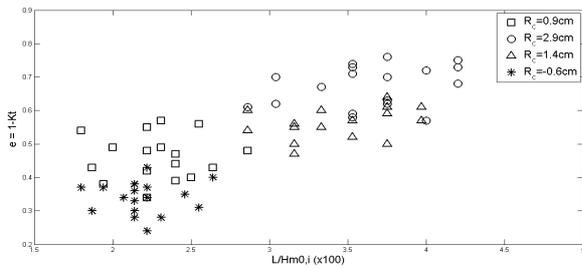


Hình 13. Quan hệ $K_t \sim GxH_{m0,i}$ ứng với các độ ngập đê khác nhau cho các vị trí kim đo 8



Hình 14. Quan hệ $K_t \sim GxH_{m0,i}$ ứng với các độ ngập đê khác nhau cho các vị trí kim đo 7

Kết quả quan hệ $\epsilon \sim G/H_{m0,i}$ cho thấy độ rộng khoảng hở G tỷ lệ nghịch với hiệu quả giảm sóng của đê tại vị trí kim đo số 7. Trong trường hợp đê bị ngập (đê ngầm) nếu ($G > H_{m0,i} \times 100$) thì độ rộng khoảng hở G gần như không còn ảnh hưởng đến hiệu quả giảm sóng của đê ngầm.



Hình 15. Quan hệ $\epsilon \sim L/H_{m0,i}$ ứng với các độ ngập đê khác nhau

Quan hệ $\epsilon \sim L/H_{m0,i}$ có xu hướng tuyến tính và đồng biến khi $L/H_{m0,i}$ càng lớn thì hiệu quả giảm sóng của đê càng lớn. Đặc biệt khi $L/H_{m0,i} < 150$ thì hiệu quả giảm sóng của đê tương đối bé.

2.5. Lựa chọn phương án bố trí đê cho vùng nghiên cứu

Việc xây dựng đê giảm sóng xa bờ ngoài chức năng giảm sóng gây bồi, chống xói lở thì đối với dạng công trình có kết cấu rỗng đặc biệt này thì chức năng tái sinh rừng ngập mặn là hoàn toàn khả thi.

Trong việc tái sinh rừng ngập mặn thì đê giảm sóng xa bờ phải hoàn thành tối thiểu được hai nhiệm vụ:

- Giảm sóng phía sau công trình trong điều kiện nhỏ hơn 0.4m thì cây con mới có thể phát triển;
- Tạo ra sự trao đổi bùn cát mịn giữa trong và ngoài công trình.

Trong thí nghiệm này sẽ phân tích và tính toán phương án bố trí công trình phù hợp cho điều kiện giảm sóng tái sinh rừng ngập mặn cho vùng nghiên cứu.

Phạm vi áp dụng:

$$-0.5 < \frac{R_c}{H_{m0,i}} < 2;$$

$$15 < G \times H_{m0,i} < 100;$$

$$1.5 < \frac{L}{H_{m0,i} \times 100} < 4.4;$$

Số liệu sóng sau công trình dùng cho tính toán truyền sóng xác định tại vị trí cách điểm cách điểm giữa khoảng hở 110m về phía vuông góc với bờ.

Đặc điểm về tham số sóng trước công trình được lấy dựa theo kết quả thí nghiệm ứng với trường hợp sóng gió mùa (với chiều cao sóng nước sâu 3m thì chiều cao sóng tới trước công trình lớn nhất là 1m và chiều cao sóng phản xạ khoảng 0.5m). Để đạt được chiều cao sóng mong muốn sau công trình (nhỏ hơn 0.6m) trong trường hợp sóng lớn nhất thì:

$$K_t < \frac{0.6}{1.5}$$

$$K_t < 0.4$$

$$e > 0.6 (*)$$

Tra điều kiện (*) ứng với các biểu đồ tương quan hình 13, 14 và 16 kết quả thu được như sau:

$$0.7 < \frac{R_c}{H_{m0,i \max}} < 0.8$$

$$30 < G \times H_{m0,i \max} < 35$$

$$3.0 < \frac{L}{H_{m0,i \max} \times 100} < 3.3$$

$H_{m0,i \max}$ (m) là giá trị chiều cao sóng tới lớn nhất trước công trình (lưu ý phân biệt $H_{m0,i}$ với $H_{s,i}$ là chiều cao sóng tổng hợp trước công trình).

Áp dụng cho thông số sóng tại khu vực Vĩnh Châu- Sóc Trăng với $H_{m0,i} = 1.0m$ ứng với cao trình mực nước biển +1.7m:

Chiều cao lưu không $R_c(m)$:

$$0.7m < R_c(m) < 0.8m;$$

Khoảng hở $G(m)$: $30m < G(m) < 35m$;

Chiều dài tuyến đê $L(m)$:

$$300m < L(m) < 330m;$$

3. KẾT LUẬN

Một chương trình thí nghiệm mô hình vật lý 3D bao gồm 78 thí nghiệm về hiệu quả giảm

sóng của đê phá sóng đã được thực hiện với phạm vi bao quát rộng của các điều kiện biên về tham số sóng, mực nước và kích thước hình học tuyến đê. Kết quả thí nghiệm đã cho thấy rõ sự ảnh hưởng của các tham số và quá trình vật lý chi phối đến hiệu quả giảm sóng của đê ngầm, từ đó đưa ra được các đánh giá và so sánh hiệu quả giảm sóng giữa các phương án bố trí đê. Có thể nói bên cạnh các tham số độ ngập sâu tương đối $R_c/H_{m0,i}$, chiều dài, khoảng cách bờ và khoảng hở đê ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả giảm sóng của đê phá sóng thì tích chất biến đổi của phổ do ảnh hưởng của bãi trước đê (đặc thù bãi thoải của khu vực ĐBSCL) và tương tác với đê cũng đóng một vai trò quan trọng.

Kết quả thí nghiệm được sử dụng cho việc lựa chọn các phương án bố trí đê cấu kiện lỗ rỗng ứng với các hiệu quả giảm sóng xác định trước. Và ngược lại đánh giá được hiệu quả giảm sóng ứng với các phương án bố trí đê cho trước.

Một số kết luận được rút ra từ các kết quả thí nghiệm trên:

- Trong điều kiện đê nhô và cùng điều kiện mực nước, thông số sóng, cao trình đỉnh thì ảnh hưởng của chiều dài đê L đến hiệu quả giảm sóng của đê phá sóng rõ ràng hơn ảnh hưởng của khe hở G thể hiện trong biểu đồ

quan hệ $\varepsilon \sim G/H_{m0,i}$ và $\varepsilon \sim L/H_{m0,i}$. Điều ngược lại xảy ra khi trong điều kiện đê ngầm, đê càng nhô cao thì ảnh hưởng của việc lựa chọn phương án bố trí đê đến hiệu quả giảm sóng của đê càng lớn.

- Sóng tại vị trí kim đo số 6 và 8 bị ảnh hưởng lớn bởi sự thay đổi khoảng hở G . Trong khi sóng tại vị trí kim đo số 7 ảnh hưởng bởi cả 3 yếu tố G, L, X .

- Các điều kiện biên giúp đê phá sóng hoạt động hiệu quả: $R_c > -0.5 H_{m0,i}$; $L > 150 H_{m0,i}$; trong trường hợp đê ngầm $G < 100/H_{m0,i}$.

- Đê đảm bảo mục đích tái sinh rừng ngập mặn phía trong thì các nguyên tắc bố trí đê cần thiết đảm bảo những điều kiện:

$$0.7 < \frac{R_c}{H_{m0,i \max}} < 0.8$$

$$30 < G \times H_{m0,i \max} < 35$$

$$3.0 < \frac{L}{H_{m0,i \max} \times 100} < 3.3$$

Phạm vi áp dụng:

$$-0.5 < \frac{R_c}{H_{m0,i}} < 2;$$

$$15 < G \times H_{m0,i} < 100;$$

$$1.5 < \frac{L}{H_{m0,i} \times 100} < 4.4;$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy Lợi và Môi trường số 4100011 “Nghiên cứu ảnh hưởng của đê ngầm và bão đê đến hiệu quả giảm sóng trên mô hình vật lý 2D - Nguyễn Viết Tiến; Thiều Quang Tuấn; Lê Kim Truyền”
- [2] 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
- [3] 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”.