

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÊ NGẦM VÀ BÃI ĐÊ ĐẾN HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ

Nguyễn Việt Tiên¹

Thiều Quang Tuấn²; Lê Kim Truyền².

Tóm tắt: Nhằm nâng cao mức độ an toàn, giảm tải trọng tác động lên đê biển, đê ngầm phá sóng ở bãi trước đê là một giải pháp công trình mang tính chủ động (đặc biệt khi các giải pháp mềm, tự nhiên khác không khả thi hoặc đem lại hiệu quả thấp), hiệu quả và có tính khả thi cao. Do vậy, việc đánh giá hiệu quả giảm sóng của đê ngầm có ý nghĩa quan trọng và cấp thiết nhằm đề xuất áp dụng đê ngầm vào hạng mục các công trình bảo vệ bờ. Trong bài báo này tác giả đề cập đến nội dung nghiên cứu thí nghiệm xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm trên mô hình vật lý. Các thí nghiệm sóng truyền qua đê ngầm đã được thực hiện một cách công phu với 150 kịch bản thí nghiệm khác nhau về mực nước, các tham số sóng (sóng ngẫu nhiên), bãi đê và kích thước hình học đê. Dựa trên các số liệu thực nghiệm nghiên cứu đã đề xuất được phương pháp tính toán xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm có độ tin cậy cao, xét được một cách đầy đủ ảnh hưởng của các tham số chi phối.

Từ khóa: đê chắn sóng, đê ngầm, bãi trước đê, thí nghiệm mô hình vật lý thực hiện trong máng sóng, sóng vỡ, phổ sóng.

I. Đặt vấn đề:

Đê ngầm là công trình đặt gần song song với đường bờ, tạo ra một khu vực được che chắn trong mạn khuất của công trình, nhờ đó

bảo vệ đường bờ biển thông qua tác dụng tiêu giảm năng lượng sóng và làm giảm sự vận chuyển bùn cát dọc bờ giữa công trình và bờ biển.



Hình 1. Đê ngầm bảo vệ bờ biển của đảo Pellestrina Lagoon Venice, Italy

Đê ngầm phá sóng có ưu điểm thân thiện với môi trường, nhưng lại có hai nhược điểm chính là chi phí xây dựng cao và khó khăn trong việc dự đoán những yếu tố diễn biến đường bờ. Chính nhờ ưu điểm trên mà ngoài việc xây dựng

đê ngầm để bảo vệ đường bờ và công trình bảo vệ bờ phía sau nó, người ta còn xây dựng đê ngầm để làm chỗ neo trú tàu thuyền tránh bão hay tạo ra khu vực bờ biển an toàn cho bơi lội, du lịch,...Đã rất nhiều nước áp dụng đê ngầm để bảo vệ bờ biển như: Anh, Mỹ, Nhật Bản, Singapore, Italya, Brazil, Ai Cập,... Tuy nhiên, ở Việt Nam mới chỉ xây dựng các đê chắn sóng

¹NCS BM Công nghệ và Quản lý xây dựng - ĐHTL

²Trường Đại học Thủy lợi

nổi với bờ như: cảng Tiên Sa (Đà Nẵng), cảng Dung Quất (Quảng Ngãi), đảo Cô Tô (Quảng Ninh),... hay xây dựng mỏ hàn chữ T với đầu mỏ hàn xếp cấu kiện tiêu giảm sóng như ở Hải Hậu, Nghĩa Hưng (Nam Định),.... Gần đây PGS.TS. Nguyễn Khắc Nghĩa – Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đã có nghiên cứu đề cập tới hiệu quả giảm sóng của tường giảm sóng xa bờ, ngoài ra chưa có nhiều nghiên cứu về đê ngầm cũng như áp dụng đê ngầm vào bảo vệ bờ biển của Việt Nam.

Đề áp dụng hình thức đê ngầm bảo vệ bờ biển Việt Nam cần đánh giá khả năng tiêu hao năng lượng sóng khi xây dựng đê ngầm phá sóng song song với bờ phù hợp với địa hình, địa mạo, thủy hải văn của bờ biển Việt Nam. Hiệu quả giảm sóng của công trình phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố như: Điều kiện tự nhiên của bờ biển, đặc trưng của sóng biển, thủy triều và vị trí, hình dáng, cao độ, chiều dài ... của đê ngầm.

Để đánh giá được ảnh hưởng của các nhân tố, tác giả đã tiến hành thí nghiệm các mô hình vật lý lan truyền sóng qua đê ngầm kết hợp với phân tích lý thuyết và mô hình toán. Các thí nghiệm mô hình vật lý được tiến hành trong máng sóng Hà Lan thuộc phòng thí nghiệm Thủy lực tổng hợp, Trường Đại học Thủy lợi.

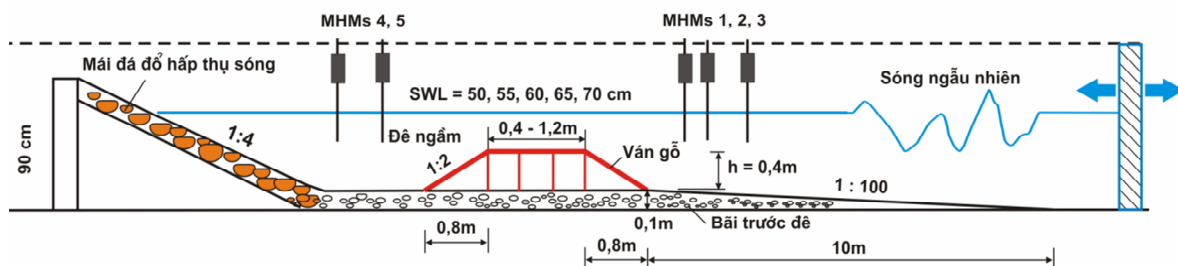
II. Mô hình và chương trình thí nghiệm

2.1. Thiết lập mô hình thí nghiệm:

Qua đánh giá các tài liệu: thủy hải văn (sóng và mực nước), khảo sát, thiết kế đê biển đã thực hiện trong nhiều năm gần đây, cho thấy rằng bãi trước đê ở những vị trí xung yếu, nơi cần có giải pháp công trình bảo vệ có độ sâu trung bình vào khoảng từ 4,0m đến 6,0m. Chiều cao sóng nước nông ở khu vực bãi đê với độ sâu này tối đa cũng chỉ vào khoảng từ 4,0m đến 5,0m.

Đê ngầm phá sóng được thiết kế bằng gỗ, dễ chế tạo phù hợp với các thông số thí nghiệm trong máng kính, hơn nữa tác dụng tiêu 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 việc tiêu hao năng lượng sóng, do đó sử dụng vật liệu gỗ không ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm. Đê ngầm được xây dựng trên bãi có độ dốc tiêu biểu là 1/100, với các kích thước: chiều cao 40cm, độ dốc mái đê 1/2, bề rộng đỉnh đê được thay đổi với 03 kích thước 40cm, 80cm và 120cm. Các kích thước hình học của mặt cắt ngang đê đã lựa chọn tương ứng với tỷ lệ mô hình hóa về chiều dài $N_L = 20$ và thời gian là $N_t = 4,5$ (theo tiêu chuẩn tương tự Froude). Tiêu chuẩn tương tự Froude cơ bản được tự động thỏa mãn trong các thí nghiệm thủy động lực học sóng ngắn không biến dạng trong máng sóng (bao gồm cả thí nghiệm lan truyền sóng) [2].

Sơ đồ bố trí mô hình thí nghiệm hiệu quả giảm sóng của đê ngầm trong máng sóng được thể hiện trong hình 2. Năm đầu đo sóng được sử dụng để xác định chế độ sóng tại các vị trí trước đê và sau đê (cách vị trí chân đê khoảng một nửa chiều dài con sóng), trong đó ba đầu đo trước đê được bố trí cách nhau ở các khoảng cách được xác lập trước nhằm phân tích sóng phản xạ một cách chính xác, xác định được các tham số sóng đến (với sóng ngẫu nhiên thì cần ít nhất 03 đầu đo song song để phân tách sóng phản xạ với sóng tới). Tín hiệu từ các đầu đo sóng được truyền trực tiếp đến và lưu trữ trong máy tính chuyên dụng.



Hình 2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm đê ngầm phá sóng trước bãi đê

2.2. Chương trình thí nghiệm

Sóng ngẫu nhiên có phổ JONSWAP dạng chuẩn (tạo ra bởi máy tạo sóng) dùng cho thí nghiệm có chiều cao biến đổi từ $H_s = 0,10\text{m}$ đến $0,25\text{m}$ và chu kỳ đỉnh phổ $T_p = 1,2\text{s}$ đến $2,5\text{s}$ (tương ứng với $H_s = 2,0\text{m}$ đến $5,0\text{m}$ và $T_p = 5,0\text{s}$ đến $11,0\text{s}$ trong điều kiện nguyên mẫu), độ sâu ngập nước phía trên đỉnh đê cũng được biến đổi với 05 cấp độ khác nhau là 0cm , 5cm , 10cm , 15cm và 20cm . Thời gian của mỗi một thí nghiệm được lấy ít nhất là $1000.T_p$ (1000 con sóng) để đảm bảo dải tần số (chu kỳ) cơ bản của

phổ sóng yêu cầu được tạo ra một cách hoàn chỉnh.

Tổng hợp lại chương trình thí nghiệm bao gồm 150 thí nghiệm (kết hợp có lựa chọn 10 điều kiện sóng x 5 mức ngập nước x 3 bề rộng đê), kết quả từ sự kết hợp đa chiều có lựa chọn của các điều kiện hình học đê, điều kiện sóng và điều kiện mực nước như thể hiện ở Bảng 1. Có thể nói rằng phạm vi biến đổi của các kích bản thí nghiệm xét trong điều kiện nguyên mẫu đã bao quát phần lớn các điều kiện biên về sóng và mực nước ở bãi trước đê ở nước ta.

Bảng 1. Điều kiện thí nghiệm mô hình nghiên cứu hiệu quả giảm sóng của đê ngầm

Điều kiện sóng (chiều cao H_s , chu kỳ T_p)	Độ sâu ngập nước của đê ngầm S (cm) độ sâu nước D (cm)	Cấu tạo hình học đê (Bề rộng đỉnh đê B (cm))
$H_s = 10\text{cm}; 12\text{cm}; 15\text{cm}; 20\text{cm}; 22\text{cm}; 25\text{cm}$ $T_p = 1,2\text{s}; 1,5\text{s}; 2,0\text{s}; 2,5\text{s}$ Tương ứng: H10T12, H10T15, H12T15, H15T15, H15T20, H20T20, H20T25, H22T20, H22T25, H25T25	$S = 0\text{cm}; 5\text{cm}; 10\text{cm}; 15\text{cm}; 20\text{cm};$ Tương ứng: $D = 50\text{cm}; 55\text{cm}; 60\text{cm}; 65\text{cm}; 70\text{cm};$	$B = 40\text{cm}; 80\text{cm}; 120\text{cm}$

III. Phân tích hiệu quả giảm sóng của đê ngầm

3.1. Phân tích các số liệu đo đạc

Các tham số sóng (chiều cao, các chu kỳ đặc trưng) tại các vị trí trước bãi, giữa bãi và chân 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 của 03 đầu đo sóng song song được thực hiện theo phương pháp của Zelt và Skjelbreia (1992).

Các tham số được đo đạc trực tiếp từ thí nghiệm là:

3.1.1. Chiều cao sóng mômen H_{m0} (m)

Chiều cao sóng H_{m0} có giá trị xấp xỉ chiều cao sóng ý nghĩa H_s và được xác định từ mô men 0 của phổ mật độ năng lượng sóng như sau [2]:

$$H_s \approx H_{m0} = 4,004 \sqrt{m_0} = 4,004 \sqrt{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S(f) df} \quad (1)$$

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.

3.1.2. Chu kỳ đặc trưng của phổ sóng T_p và

$$T_{m-1,0} (s)$$

Chu kỳ T_p được xác định tại vị trí đỉnh của phổ sóng ở biên nước sâu. Tuy nhiên phổ sóng có xu thế bị biến dạng (đuôi ra về phạm vi dải tần số ngắn) khi sóng vào khu vực bãi cạn trước đê (xem thêm Van Gent, 2001). Lúc này, việc sử dụng chu kỳ T_p trong tính toán sóng leo, sóng tràn và có thể là trong trường hợp này về mô tả hiệu quả giảm sóng của đê ngầm có thể không còn phù hợp; thay vào đó người ta thường dùng chu kỳ phổ sóng đặc trưng ký hiệu là $T_{m-1,0}$, được xác định như sau [4]:

$$T_{m-1,0} = \frac{m_{-1}}{m_0} = \frac{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} f^{-1} S(f) df}{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S(f) df} \quad (2)$$

Chu kỳ phổ đặc trưng $T_{m-1,0}$ sẽ được xác định trực tiếp dựa trên các số liệu đo đạc phổ sóng trong quá trình thí nghiệm.

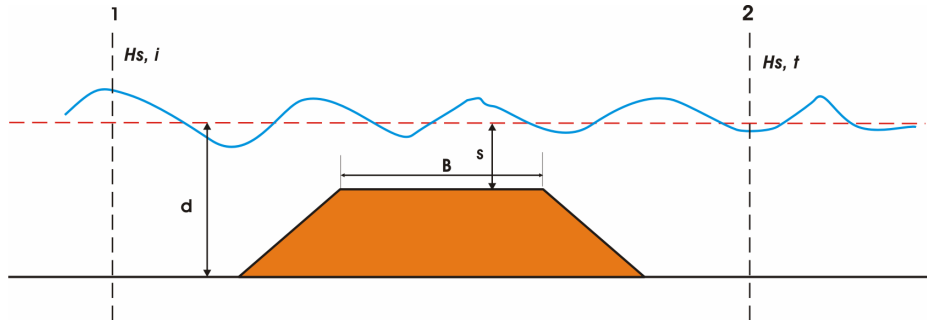
3.1.3. Khái niệm hiệu quả giảm sóng của đê ngầm

Mức độ giảm chiều cao sóng hay nói cách khác là hiệu quả giảm sóng của đê ngầm được đánh giá thông qua tỷ số giữa chiều cao sóng

phía sau đê so với chiều cao sóng đến trước đê (xem hình 3).

$$K_t = \frac{H_{s,t}}{H_{s,i}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{H_{s,t}}{H_{s,i}} \right) \times 100\% \quad (4)$$



Hình 3. Sơ đồ tính toán hiệu quả giảm sóng của đê ngầm

3.2. Phân tích kết quả thí nghiệm:

3.2.1. Quá trình vật lý và tham số chi phối

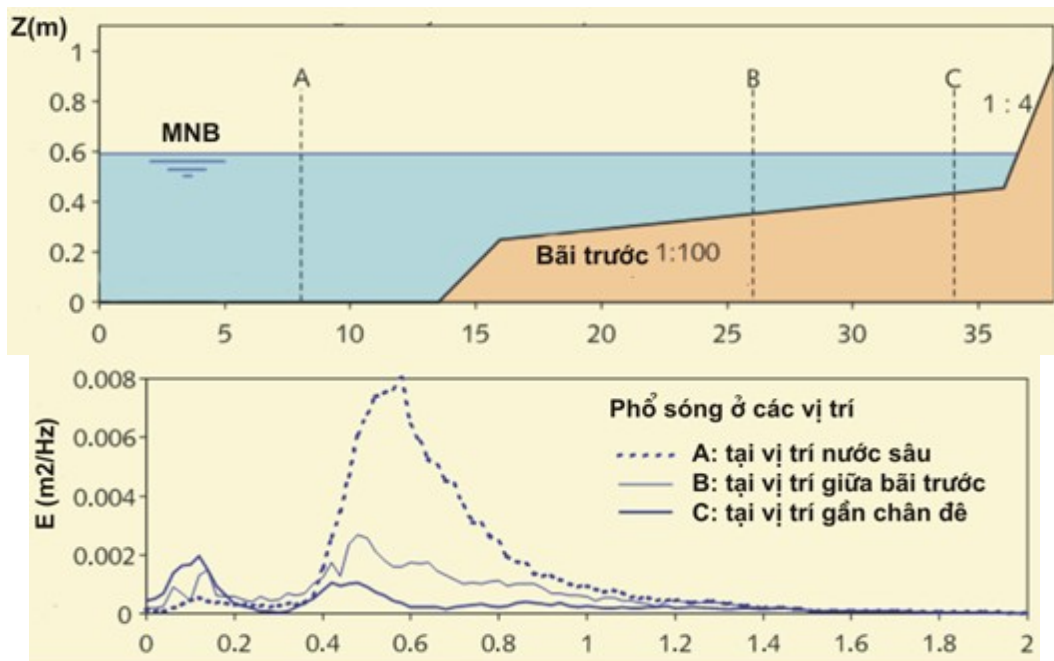
Khi sóng truyền từ nước sâu vào vùng nước nông thì sẽ trải qua các quá trình vật lý làm tiêu hao đáng kể năng lượng sóng như: khúc xạ, biến hình (sóng dềnh), sóng vỡ và ma sát đáy.

Ngoài ra còn có quá trình tán xạ (wave dispersion) làm biến đổi phổ sóng (chuyển dịch

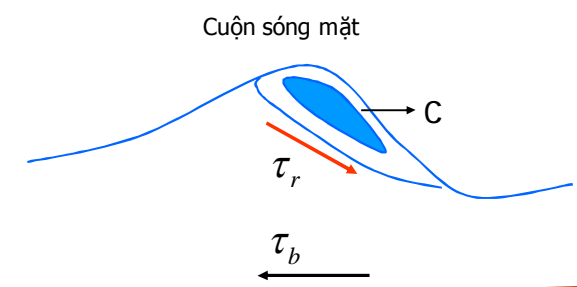
Trong đó K_t là hệ số truyền sóng qua đê, ε là hệ số đánh giá hiệu quả giảm sóng của đê ngầm, $H_{s,t}$ và $H_{s,i}$ lần lượt là chiều cao sóng đến ở sau và trước đê được xác định ở khoảng cách cách đê một khoảng từ một nửa đến một lần chiều dài sóng.

Đê ngầm có hiệu quả giảm sóng càng tốt khi giá trị của hệ số K_t càng bé hay ε càng cao ($\varepsilon < 1,0$).

năng lượng sóng giữa cái dải tần số), đặc biệt khi vào vùng nước nông hay khi gặp vật cản như đê ngầm (ví dụ xem hình 4). 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 4. Sự thay đổi hình dạng phổ sóng do ảnh hưởng của bãi nông (TAW-2002)



Hình 5. Tiêu năng trong sóng vỡ tương tự như nước nhảy

Trong các 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 biến 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 hao năng lượng do ma sát đáy chỉ chiếm một tỷ trọng rất nhỏ, có thể nói là không đáng kể trong toàn bộ quá trình tiêu hao năng lượng sóng). Khi sóng vỡ xảy ra thì vận tốc của các phần tử nước ở phía trên đầu sóng trở nên lớn hơn so với vận tốc của đầu sóng và do vậy xảy ra hiện tượng cuộn sóng mặt (xem hình 5). Tiêu hao năng lượng trong sóng vỡ được mô tả một cách tương tự như tiêu hao năng lượng trong nước nhảy (xem Battjes và Janssen, 1978 và 2008).

Quá trình lan truyền sóng vào bờ với sự có mặt của đê ngầm phá sóng cũng xảy ra các hiện tượng và quá trình vật lý cơ bản như đã đề cập ở trên. Tuy nhiên quá trình sóng vỡ xảy ra mạnh mẽ hơn hay nói cách khác là chiều cao sóng sẽ suy giảm mạnh do bên cạnh ảnh hưởng của bãi đê còn có sự suy giảm độ sâu cục bộ tại vị trí của đê ngầm. Tính chất sóng (chiều cao, dạng phổ sóng hoặc chu kỳ sóng đặc trưng) do đó cũng có sự thay đổi đáng kể sau khi qua đê ngầm.

Với đê ngầm phá sóng quá trình dẫn đến tiêu hao năng lượng sóng chủ yếu vẫn là sóng vỡ xảy ra ở tầng nước sát mặt phía trên bụng sóng (xem Battjes and Janssen, 1978; Stive and De Vriend, 1994), tiêu hao năng lượng sóng do ma sát tiếp xúc với các khối phủ bảo vệ mái đê và ma sát tiếp xúc với đáy cũng chỉ là thứ yếu.

Từ những lập luận nêu trên có thể nhận thấy rằng hiệu quả giảm sóng của đê ngầm đang xem xét ở đây sẽ vẫn được chi phối bởi quá trình tiêu hao năng lượng do sóng vỡ gắn liền với các tham số đặc trưng hình học cơ bản của đê ngầm như bề rộng đê, mức độ ngập nước và tính chất của sóng tác động. Bên cạnh đó cần phải kể đến thêm tính chất biến đổi của phổ sóng do ảnh hưởng của bãi đê.

Nói tóm lại các tham số sau đây được nhận dạng là các tham số cơ bản ảnh hưởng đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng qua đê ngầm tức là hiệu quả giảm sóng của đê ngầm (xem thêm hình 3):

- Tham số môi trường:
 - Sóng: $H_s, T_p, T_{m-1,0}$
 - Độ sâu nước: d
- Tham số đặc trưng hình học đê: bề rộng đỉnh đê B , độ ngập nước S

Tổng hợp lại bài toán hiệu quả giảm sóng của đê ngầm sẽ có 06 tham số chi phối cơ bản (độc lập): $H_s, T_p, T_{m-1,0}, d, B, S$. Theo định luật Pi-Buckingham (xem Hughes, 1993) chúng ta có thể kết hợp hai nhóm tham số sóng và đặc trưng hình học đê ở trên để đưa ra 02 đại lượng phi thứ nguyên đặc trưng chi phối hiệu quả giảm sóng của đê ngầm:

- Bề rộng tương đối của đê ngầm: B/L_p hoặc B/L_m (với

$$L_p = \frac{g}{2\pi} T_p^2 \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_p}\right),$$

$$L_m = \frac{g}{2\pi} T_m^2 \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_m}\right)$$

lần lượt là chiều dài sóng nước nông tại độ sâu d ứng với chu kỳ đỉnh phổ T_p và chu kỳ phổ đặc trưng T_m).

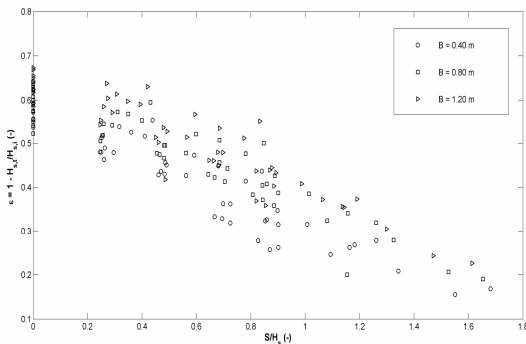
- Độ ngập sâu tương đối của đê ngầm: S/H_s

Đối với đê ngầm phá sóng thì độ dốc mái đê được lấy chủ yếu dựa trên điều kiện ổn định của lớp phủ ngoài (đá hoặc bê tông dị hình) và trên thực tế thường dao động trong khoảng hẹp từ 1/1,5 – 1/2,0. Do vậy ở đây chúng ta sẽ không xét đến ảnh hưởng của độ dốc này và mô hình đê ngầm trong thí nghiệm có độ dốc mái không đổi bằng 1/2.

Quan hệ giữa hiệu quả giảm sóng của đê ngầm với các tham số chi phối được biểu diễn một cách tổng quát qua biểu thức sau:

$$\varepsilon = F\left(\frac{B}{L_p}, \frac{S}{H_s}\right) \quad (1)$$

Từ kết quả của 150 thí nghiệm về hiệu quả giảm sóng của đê ngầm ứng với các điều kiện sóng, mực nước và đặc trưng hình học mặt cắt ngang đê khác nhau, cho thấy phạm vi biến đổi của các tham số trong biểu thức (1) thể hiện điều kiện thí nghiệm như sau: $\varepsilon=0,155\div0,673$ ($K_t = 0,327\div0,845$), $B/L_p = 0,068\div0,65$ và $S/H_s = 0\div1,68$.



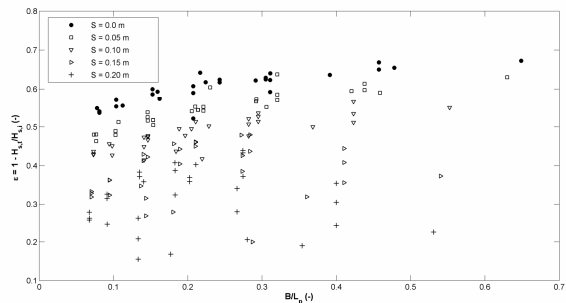
Hình 6. Quan hệ ($\varepsilon \sim S/H_s$) của đê ngầm ứng với các bề rộng đỉnh đê khác nhau

Ngoài ra kết quả trên hình 6 cũng chứng tỏ rằng trong cùng một điều kiện về sóng và mực nước khi bề rộng đê càng lớn thì hiệu quả giảm sóng của đê cũng càng lớn.

Nhìn chung quan hệ ($\varepsilon \sim S/H_s$) có xu hướng tuyến tính, nghịch biến rất rõ nét.

3.2.2. Kết quả thí nghiệm và nghiên cứu a. Ảnh hưởng của độ ngập nước của đê

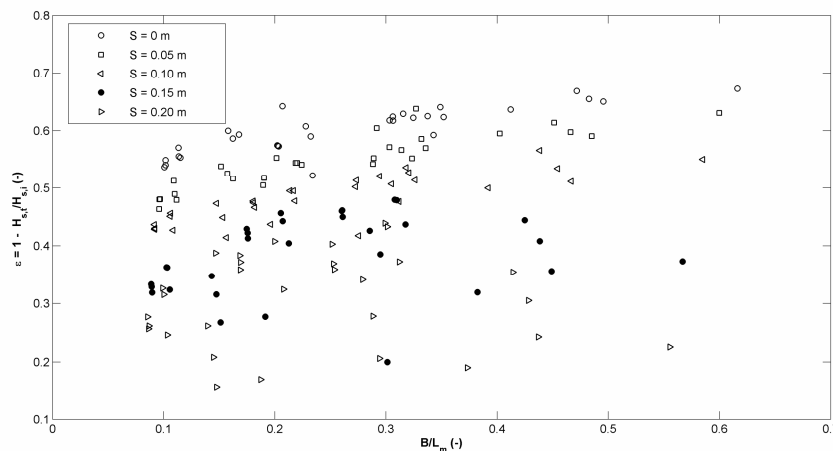
Hình 6 thể hiện quan hệ ($\varepsilon \sim S/H_s$) ứng với các trường hợp bề rộng đỉnh đê B khác nhau. Qua đó có thể thấy rằng ứng với một bề rộng đê cho trước thì khi độ ngập tương đối của đê càng lớn thì hiệu quả giảm sóng của đê càng bé (hệ số truyền càng lớn) và ngược lại. Một điều thú vị rằng với độ ngập bằng 0 ($S = 0$, hay đỉnh đê ngang bằng mực nước) thì hệ số truyền sóng trung bình qua đê vào khoảng $K_t = 0,40$ hay hiệu quả giảm sóng là 60% ($\varepsilon=0,60$). Khi độ ngập tăng lên đến vào khoảng $S > 1,8H_s$ thì hiệu quả giảm sóng của đê còn lại rất bé, đê hầu như không còn tác dụng giảm sóng nữa.



Hình 7. Quan hệ ($\varepsilon \sim B/L_p$) của đê ngầm ứng với các độ ngập nước S khác nhau

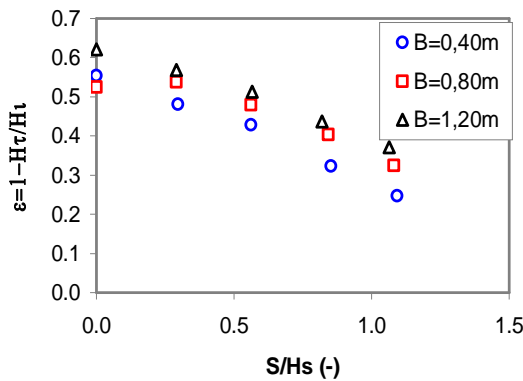
b. Ảnh hưởng của bề rộng đê

Quan hệ ($\varepsilon \sim B/L_p$) được thể hiện trên hình 7 ứng với 05 trường hợp độ ngập nước của đê S khác nhau. Hình 8 thể hiện quan hệ này nhưng với chiều dài sóng L_m .



Hình 8. Quan hệ ($\varepsilon \sim B/L_m$) của đê ngầm ứng với các độ ngập nước S khác nhau

Qua đó có thể thấy rằng trong cùng một điều kiện ngập nước, bề rộng tương đối của đê càng lớn thì hiệu quả giảm sóng của đê càng lớn hay hệ số truyền sóng qua đê càng nhỏ. Tuy nhiên bề rộng đê tương đối tiếp tục tăng đến một giá trị nào đó ($B/L_p \approx 0,50$) thì hiệu quả giảm sóng của đê sẽ đạt giá trị cực đại và không tăng nữa, ứng với một mức độ ngập nước và tham số sóng đã cho. Kết quả trên hình 7 cũng cho thấy trong cùng một điều kiện sóng và bề rộng đê thì khi



a. Trường hợp H15T20

Hình 9. Quan hệ ($\varepsilon \sim S/H_s$) của đê ngầm ứng với bề rộng đỉnh đê khác nhau nhưng có cùng điều kiện sóng ban đầu

Nhằm đánh giá rõ hơn sự ảnh hưởng của hình thức kết cấu, cao độ đê, vị trí đê ngầm, ... đến hiệu quả giảm sóng của đê ngầm, tác giả có đưa về đánh giá cho các tham số ảnh hưởng khi xét cùng một điều kiện sóng (1 loại sóng do máy tạo sóng tạo ra, ví dụ H15T20 tức $H_s=15\text{cm}$, $T_p=2\text{s}$, hoặc H22T25 tức $H_s=22\text{cm}$, $T_p=2,5\text{s}$),

Qua hình 9 có thể dễ dàng nhận thấy ($\varepsilon \sim S/H_s$) có xu hướng phi tuyến, nghịch biến. Độ ngập nước của đê ngầm càng nhỏ thì hiệu quả giảm sóng của đê ngầm càng lớn, bề rộng đê càng lớn thì hiệu quả giảm sóng càng cao. Tuy nhiên bề rộng đê ngầm tăng đến một mức độ nào đó thì hiệu quả giảm sóng của đê ngầm không tăng, hoặc có tăng nhưng không đáng kể.

Ví dụ xét với $B=1,2\text{m}$, $S=0,0\text{m}$, sau đó biến đổi:

-Độ ngập nước S tăng thêm 0,05m \rightarrow ε sẽ giảm đi 8,5%÷10,5% so với ε ban đầu;

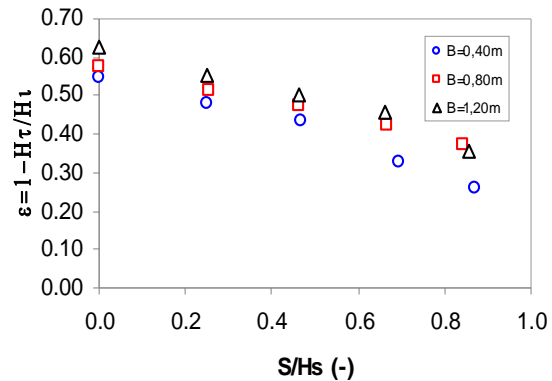
-Bề rộng đê B giảm xuống 0,4m, 0,8m \rightarrow ε giảm đi 10,9%÷15,6% so với ε ban đầu;

Có thể thấy rằng độ ngập nước S đóng vai trò quan trọng trong việc làm tăng hiệu quả giảm

mức độ ngập nước càng tăng thì hiệu quả giảm sóng của đê càng giảm.

Nhìn chung ($\varepsilon \sim B/L_p$) có xu hướng phi tuyến, đồng biến. Quan hệ này rõ nét nhất với các trường hợp có mức độ ngập nước bé ($S \leq 0,10\text{ m}$). Với các trường hợp có mức độ ngập nước lớn hơn cần phải xét đến ảnh hưởng một cách tổng hợp có kể đến tương tác với các tính chất của sóng (chiều dài, chu kỳ sóng).

c. Ảnh hưởng của điều kiện sóng



b. Trường hợp H22T25

sóng của đê ngầm (đặc biệt là khi độ ngập nước $S=0,0\text{m}$).

So sánh từ kết quả thí nghiệm và tính toán cũng như qua hình 9a và hình 9b cho thấy: với mỗi điều kiện sóng (chiều cao, chu kỳ sóng) thì mức ảnh hưởng của bề rộng đỉnh đê, độ ngập của đê ngầm cũng khác nhau và dẫn tới hiệu quả giảm sóng cũng khác biệt.

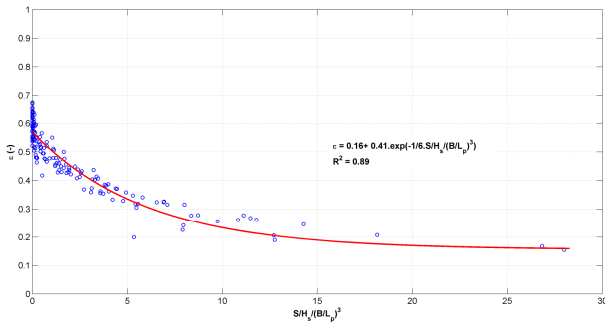
3.3. Phương pháp xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm

3.3.1. Phương pháp thứ nhất

Dựa trên phương trình tổng quát (1) và các phân tích ảnh hưởng của các tham số chi phối (các đại lượng phi tuyến) như đã nêu ở trên, có thể đưa ra biểu thức xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm như sau:

$$\varepsilon = c + a \exp \left[-b \left(\frac{S}{H_s} \right)^{n_1} \left(\frac{B}{L_p} \right)^{n_2} \right] \quad (2)$$

trong đó a , b , c là các hệ số và các số mũ n_1 (số dương) và n_2 (số âm) được xác định trên cơ sở phân tích hồi quy phương trình (2) với các số liệu đo đạc thực nghiệm.



Hình 10. Hiệu quả giảm sóng của đê ngầm

Sử dụng các phép phân tích mức độ hồi quy, thấy rằng $n_1 = 1,0$ và $n_2 = -3,0$ cho kết quả hồi quy tốt nhất. Sau đó các hệ số a, b, c được xác định từ kết quả của phép phân tích hồi quy với các số liệu thí nghiệm. Kết quả được thể hiện trên hình 10 với phương trình xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm như sau:

$$\varepsilon = 0,16 + 0,41 \exp \left[-\frac{1}{6} \frac{S}{H_{s,i}} \left(\frac{B}{L_p} \right)^{-3} \right] \quad (3)$$

Mức độ hồi quy của các số liệu thực nghiệm với phương trình (3) là khá tốt $R^2 = 89\%$.

3.3.2. Phương pháp thứ hai

Như đã trình bày ở trên do tính chất tán xạ của sóng mà phổ sóng bị biến đổi theo xu hướng chuyển dịch năng lượng sang dải tần số thấp do ảnh hưởng của bãi trước đê và do tương tác với bản thân đê ngầm. Tính chất biến đổi này của phổ sóng có thể ảnh hưởng đến hiệu quả giảm sóng của đê ngầm do vậy cần được xem xét đến một cách rõ ràng hơn trong biểu thức xác định của ε .

Từ phương trình tổng quát (1), theo phương pháp của d'Angremond et al. (1996) khi xem xét sóng truyền (*wave transmission*) qua đê chắn sóng (*đê nhô cao hơn mực nước*), hiệu quả giảm sóng của đê ngầm có thể được biểu diễn một cách tương tự thông qua phương trình sau đây:

$$\varepsilon = 1 - K_t = a \frac{S}{H_{s,i}} + b \quad (4)$$

$$b = 1 - c_1 \left(\frac{B}{L_m} \right)^{c_2} \left(1 - e^{-0,5 \xi_{0m}} \right)$$

trong đó a, b, c_1, c_2 là các hằng số thực nghiệm được xác định thông qua phép phân tích hồi quy, ξ_{0m} là chỉ số Iribarren xác định dựa trên chu kỳ phổ đặc trưng $T_{m-1,0}$.

Trong phương trình (4) thì ξ_{0m} ($= \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s / L_{0m}}}$) là tham số đặc trưng cho tương

tác giữa sóng và công trình đồng thời kể đến ảnh hưởng của sự biến đổi phổ sóng thông qua việc sử dụng chu kỳ phổ đặc trưng $T_{m-1,0}$.

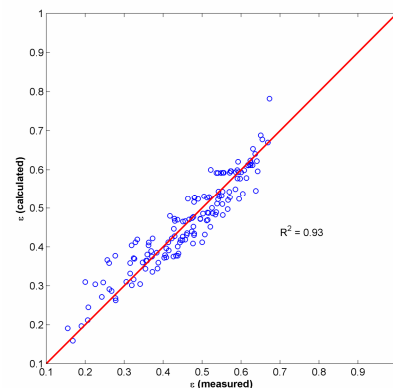
Với các số liệu thí nghiệm đã có sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính nhiều biến chúng ta có thể xác định được các hằng số thực nghiệm của phương trình (4) như sau:

$$\varepsilon = 0,59 + 1,47 \left(\frac{B}{L_m} \right)^{3,4} \left(1 - e^{-0,5 \xi_{0m}} \right) - 0,26 \frac{S}{H_{s,i}} \quad (5)$$

trong đó số mũ $c_2 = 3,40$ được xác định dựa trên cơ sở đem lại sai số nhỏ nhất trong xác định ε .

Kết quả phân tích hồi quy của biểu thức xác định hiệu quả giảm sóng được thể hiện trên hình 11 (so sánh giữa kết quả đo đạc hiệu quả giảm sóng ε với kết quả tính toán theo phương trình (5)). Sự phù hợp giữa số liệu thực nghiệm và tính toán theo phương trình (5) đạt được là rất tốt ($R^2 = 93\%$).

Ở đây phương trình xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm theo phương pháp thứ hai đã phản ánh đầy đủ các quy luật ảnh hưởng của hình dạng kết cấu đê cũng như tính chất sóng như đã phân tích ở các mục từ 3.2.2.a đến 3.2.2.c ở trên. Bên cạnh đó so với phương pháp thứ nhất thì phương trình (5) phản ánh tốt và đầy đủ hơn bản chất của các quá trình vật lý chi phối, đặc biệt là ảnh hưởng của sự biến đổi phổ sóng đến hiệu quả giảm sóng do sự tương tác sóng-công trình và ảnh hưởng của bãi trước đê.



Hình 11. Hiệu quả giảm sóng của đê ngầm: đo đạc và tính toán

IV. Kết luận

Một chương trình thí nghiệm mô hình vật lý bao gồm 150 thí nghiệm về hiệu quả giảm sóng của đê ngầm đã được thực hiện một cách công phu với phạm vi bao quát rộng của các điều kiện biên về tham số sóng, mực nước và cũng như là hình dạng kết cấu đê, bãi trước 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. Có thể nói ngắn gọn rằng bên cạnh các tham số đặc trưng như bề rộng tương đối (B/L), độ ngập sâu tương đối (S/H_s) có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả giảm sóng của đê ngầm thì tính chất biến đổi của phổ sóng do ảnh hưởng của bãi đê (*đặc thù của bờ biển nước ta*) và tương tác với đê cũng đóng một vai trò quan trọng.

Một số kết luận quan trọng sau đây được rút ra từ các kết quả nghiên cứu nêu trên:

- Ứng với một bề rộng đê cho trước thì khi độ ngập tương đối của đê càng lớn thì hiệu quả giảm sóng của đê càng bé (*hệ số truyền càng lớn*) và ngược lại. Nhìn chung quan hệ ($\varepsilon \sim S/H_s$) có xu hướng tuyến tính, nghịch biến. Với độ ngập bằng 0 ($S/H_s = 0$, hay đỉnh đê ngang bằng mực nước) thì hiệu quả giảm sóng vào khoảng 60 % ($\varepsilon = 0,60$). Khi độ ngập tăng lên đến vào khoảng $S > 1,8H_s$ thì hiệu quả giảm sóng của đê còn lại rất bé, đê hầu như không còn tác dụng giảm sóng nữa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Việt Tiến và nnc, Báo cáo chuyên đề, đề tài cấp Bộ: “Nghiên cứu xây dựng đê biển an toàn cao theo hướng hài hòa với môi trường sinh thái”, Hà Nội năm 2012, Trung tâm Tư vấn và Chuyển giao công nghệ Thủy lợi;
- [2]. Hughes, A.S. (ed.), 1993. *Physical models and laboratory techniques in coastal engineering*. World Scientific, Singapore, 568 pp.
- [3]. Stive, M.J.F. and H.J. De Vriend, 1994. *Shear stresses and mean flow in shoaling and breaking waves*. Proc. Conf. Coastal Engineering, Kobe, Japan, pp. 594-605.
- [4]. Van Gent, M.R.A., 2001. *Wave runup on dikes with shallow foreshores*. J. Waterw. Port Coastal Ocean Eng., ASCE, 127, 5, pp. 254-262.
- [5]. Zelt, J. A. and Skjelbreia, James E., 1992. *Estimating Incident and reflected Wave Fields Using an Arbitrary Number of Wave Gauges*, Proc. 23rd Int. Conf. Coastal Eng., ASCE, pp. 777-789.

- Trong cùng một điều kiện ngập nước, bề rộng tương đối B/L_p của đê càng lớn thì hiệu quả giảm sóng của đê càng lớn. Tuy nhiên khi bề rộng đê tương đối tiếp tục tăng đến $B/L_p \approx 0,50$ thì hiệu quả giảm sóng của đê sẽ đạt giá trị cực đại và không tăng nữa, ứng với một mức độ ngập nước và tham số sóng đã cho. Quan hệ ($\varepsilon \sim B/L_p$) nhìn chung là phi tuyến.

- Hai phương pháp tính toán hiệu quả giảm sóng của đê ngầm khác nhau đã được xây dựng dựa trên lý thuyết phân tích mô hình theo định luật Pi-Buckingham và phép hồi quy đa biến với bộ số liệu thí nghiệm (*kết quả thể hiện ở các phương trình (3) và (5)*). Cả hai phương pháp đều có được mức độ tin cậy cao trong việc xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm, thể hiện qua sự phù hợp rất tốt với các số liệu thí nghiệm. Trong đó phương pháp thứ 2 (*phương trình (5)*) có ưu điểm là phản ánh tốt hơn ảnh hưởng của các tham số và các quá trình vật lý chi phối, đặc biệt là ảnh hưởng của tính chất biến đổi phổ sóng do ảnh hưởng của bãi đê và tương tác với đê. Các phương pháp tính toán này có phạm vi áp dụng ứng với các điều kiện thí nghiệm như sau: Bề rộng đê tương đối $B/L_p = 0,068 \div 0,65$ và Độ ngập tương đối $S/H_s = 0 \div 1,68$, các tham số sóng có độ dốc biến đổi $s_{0p} = 0,015$ đến 0,06 (*độ dốc ứng với chu kỳ đỉnh phổ từ 1,5 đến 6,0 %*).

[6]. Eldeberky, Y. and Battjes, A., 1996. *Spectral modelling of wave breaking: application to Boussinesq equations*. *J. Geographical Res.*, 101 (C1), pp. 1253 – 1264.

[7]. Battjes, J.A. and Janssen, J.P.F.M., 1978. *Energy loss and set-up due to breaking of random waves*. *Proc. 14th Int. Conf. Coastal Engineering, ASCE*, pp. 466-480.

[8]. Angremond, K.d', Meer, J.W. van der and Jong, R.J. de, 1996. *Wave transmission at low-crested structures*. *Proc. 25th ICCE, ASCE, Orlando, USA*.

Abstract

STUDY EFFECTS OF SUBMERGED BREAKWATER AND FORESHORE TO DETERMINE THE EFFECTIVENESS WAVE REDUCTION IN PHYSICAL MODEL

To improve the level of safety, reducing the load acting on the sea dyke, submerged breakwater in foreshore is a solution that works more active (especially when the software solutions, natural solutions not feasible or effective low), high effective and feasible. Therefore, the evaluation of the reduction wave of the submerged breakwater recommended significant and urgent to propose the application to soak into the category of bank protection. In this article the author refers to the contents experimental study to determine the effectiveness underground waves of the recommended reduction in the physical models. The experimental wave underground submerged breakwater has been elaborately done with 150 different test scenarios on the water, the wave parameters (random waves), foreshore and geometry recommended size. Based on the experimental data researchers have proposed calculation methods to determine the effectiveness submerged breakwater wave reduction of recommended high reliability, consider the full impact of dominant parameters.

Keywords: *breakwater, submerged breakwater, foreshore, hydrodynamic models physical models studies conducted in laboratory wave tanks, wave breaking, wave spectrum.*

Người phản biện: **GS. TS. Nguyễn Chiến**

BBT nhận bài: 10/4/2013

Phản biện xong: 22/5/2013