

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CÔNG THỨC BÁN THỰC NGHIỆM TÍNH TOÁN HỆ SỐ TRUYỀN SÓNG QUA ĐÊ NGẦM CỌC CÓ CẤU TẠO PHỨC HỢP

Nguyễn Anh Tiên

Viện Kỹ thuật biển

Thiều Quang Tuấn

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp nghiên cứu xây dựng công thức bán thực nghiệm tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc có cấu tạo phức hợp trên cơ sở lý thuyết là các phương trình cân bằng năng lượng của sóng ngẫu nhiên truyền vuông góc qua đê kết hợp với các nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý thu nhỏ trong máng sóng thủy lực cho 2 dạng đê ngầm rỗng (không cọc) và đê ngầm rỗng có hệ cọc bên trên. Công thức bán thực nghiệm thể hiện rõ quá trình tương tác và cơ chế tiêu hao năng lượng sóng giữa hai bộ phận là thân đê rỗng và hệ cọc bên trên với sóng là độc lập với nhau, trong đó thành phần năng lượng sóng tiêu hao do thân đê rỗng (không có cọc) chịu sự chi phối chủ yếu của ba tham số chính là [độ sâu ngập nước tương đối của đỉnh đê (R_c/H_{m0}), bề rộng tương đối của đỉnh đê (B/H_{m0}), độ dốc sóng tại vị trí công trình ($s_m = H_{m0}/L_m$)] và thành phần năng lượng sóng tiêu hao do hệ cọc bên trên chịu sự chi phối chủ yếu của hai tham số chính là [độ ngập sâu tương đối hay chiều dài phần cọc nhúng trong nước (R_c/H_{m0}) và bề rộng tương đối của hệ cọc (X_b/L_m)].

Từ khóa: công thức bán thực nghiệm, đê ngầm cọc phức hợp, đê ngầm dạng rỗng, hệ cọc giảm sóng, hệ số truyền sóng, mô hình vật lý, năng lượng sóng, tham số chi phối.

Summary: This article proposes semi-empirical equations to estimate wave transmission coefficient through submerged complex with solid piles breakwater base on theories of energy conservation of perpendicular wave transmission incorporate with physical hydraulic experiments in wave flume apply on both types of submerged breakwater with and without piles. These equations are able to describe interactions and energy dissipation process for each element of this complex structure which are foundation block and pile rows. Energy dissipation process depends on three major factors which are [relative submerge depth (R_c/H_{m0}), relative crest width (B/H_{m0}), wave slope at construction location ($s_m = H_{m0}/L_m$)] and wave energy dissipation process through piles rows is determined by two major factors [relative submerge depth or submerge length of piles (R_c/H_{m0}) and relative pile rows width (X_b/L_m)].

Keywords: semi-empirical equation, submerged complex with solid piles breakwater, permeable breakwater, piles wave dissipation, wave transmission coefficient, physical model, wave energy, definition factor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đê giảm sóng ngầm (ĐGS) là dạng công trình chủ động được nhiều nước phát triển trên thế giới như Mỹ, Nhật Bản, Pháp, Anh, Ý,... tập

trung nghiên cứu và ứng dụng để bảo vệ bờ biển do hiệu quả mang lại vượt trội so với các dạng công trình khác như mỏ hàn biển, kè biển,... Giải pháp này hiện nay được xem là đáp ứng được tiêu chí đa mục tiêu như giảm sóng chống sạt lở bảo vệ bờ biển, gây bồi tạo bãi, phục hồi hay hỗ trợ trồng lại rừng ngập

Ngày nhận bài: 25/02/2019

Ngày thông qua phản biện: 22/3/2019

Ngày duyệt đăng: 26/3/2019

mặt bị xói lở, đồng thời giúp giảm thiểu tối đa các tác động tiêu cực đến môi trường tự nhiên sau khi xây dựng công trình [4][5].

Các nghiên cứu về ĐGS thường tập trung theo 3 hướng chính là (i) nghiên cứu về kết cấu, (ii) nghiên cứu hiệu quả giảm sóng và (iii) nghiên cứu về hiệu quả gây bồi. Trong đó, nghiên cứu về hiệu quả giảm sóng của đê ngầm dạng đá đổ mái nghiêng là loại kết cấu mang tính truyền thống được quan tâm nghiên cứu nhiều nhất và cũng được sử dụng phổ biến nhất trên thế giới. Sau đó các nghiên cứu được mở rộng cho ĐGS dạng đá đổ phủ các khối dị hình như Tribar, Tetrapod, Dolos,.... Các nghiên cứu gần đây có xu hướng đến sử dụng các dạng kết cấu mới phi truyền thống như đê trụ rỗng có lỗ tiêu sóng (hình bán nguyệt), cấu kiện L-Block, cấu kiện AccropodeTM, cấu kiện AccropodeTM II, cấu kiện Core-LocTM, cấu kiện EcopodeTM; dạng thân thiện với môi trường tự nhiên như dải ngầm nhân tạo (Artificial Reefball), kết cấu gờ ngầm P.E.P, kết cấu gờ ngầm WaveBlockTM, kết cấu gờ ngầm BeachSaverTM, kết cấu gờ ngầm Surger BreakerTM, kết cấu gờ ngầm BeachPrismTM, ống Geotube, túi địa kỹ thuật, hệ cọc giảm sóng (tiết diện tròn, vuông, chữ nhật, tam giác); hay dạng phi công trình như trồng cây ngập mặn [11].

Nghiên cứu chủ yếu được thực hiện thông qua các thí nghiệm mô hình vật lý thu nhỏ trong máng sóng thủy lực để xác lập mối quan hệ giữa các đặc trưng về thủy hải văn như (chiều cao sóng H_s , chu kỳ sóng T_p , độ sâu nước trước đê h , độ ngập đỉnh đê R_c) với các thông số đặc trưng hình học của đê như (bề rộng đỉnh đê B , chiều cao đê D , hệ số mái m) và cấu trúc vật liệu làm thân đê ($n\%$). Thông qua các số liệu đo đạc thực nghiệm đánh giá, phân tích độc lập về mức độ ảnh hưởng của tham số chi phối đề xuất các dạng công thức thực nghiệm tính toán hệ số truyền sóng qua đê. Các nghiên cứu giai đoạn trước năm 1995 được đánh giá là thực hiện khá đơn giản, kết quả nghiên cứu

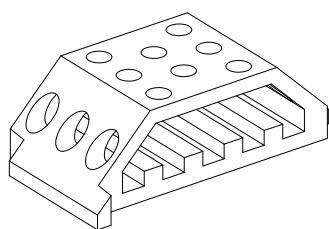
ít có tính thực tiễn do chưa xem xét đầy đủ và đúng bản chất của các yếu tố chi phối như nghiên cứu của Johnson và nnk (1951), Seelig (1980), Allsop (1983), Ahren và nnk (1987), Ahren (1987), Viện KHTL Nam Kinh - Trung Quốc (2001), Gomez Pina và Valdes (1990), Van der Meer và nnk (1991), Van der Meer và Daemen (1994) [3][11],.... Các nghiên cứu thực hiện sau năm 1995 như của d'Angremond và nnk (1996) [2], van der Meer và nnk (2005) [11],... được đánh giá là thực hiện rất công phu với sóng ngẫu nhiên và các dạng mặt cắt ngang và kết cấu đê theo thực tế, các công thức thực nghiệm được xây dựng trên cơ sở xem xét toàn diện mức độ ảnh hưởng của tham số chi phối chính đến quá trình truyền sóng qua đê, do đó kết quả nghiên cứu có độ tin cậy và tính thực tiễn cao.

Tại Việt Nam, nói chung hiện nay cũng đang có xu hướng chuyển đổi các công trình bảo vệ bờ có tính truyền thống như kè mái nghiêng để thử nghiệm các dạng công trình giảm sóng với nhiều loại hình vật liệu và kết cấu khác nhau như khối Tetrapod, Geotube, rọ đá, cọc bê tông ly tâm, cừ bản nhựa, hàng rào cọc tre, cừ tràm,... để giảm sóng bảo vệ đê biển hay bờ biển bị xói lở tại Nam Định, Hải Phòng, Bình Thuận, Tiền Giang, Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau, Kiên Giang. Tuy nhiên, các công trình giảm sóng được xây dựng theo dạng thử nghiệm hiện nay chủ yếu theo hình thức tham khảo các công trình thực tiễn đã xây dựng thành công của thế giới. Cơ sở khoa học để phân tích và lựa chọn hiệu quả giảm sóng hợp lý được xem là “tiêu chí kỹ thuật” mang tính chi phối và quyết định đến công năng thiết kế của dạng công trình này hầu như chưa được quan tâm nghiên cứu.

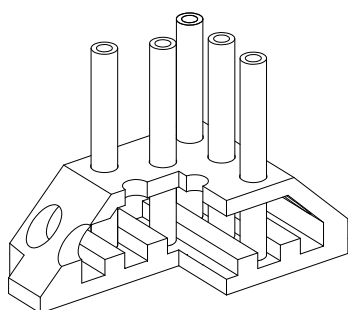
Trong bài báo này trình bày phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm để xây dựng công thức bán thực nghiệm tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống. Công thức phản ảnh

đầy đủ mức độ ảnh hưởng của các tham số phi phối chính đến quá trình truyền sóng qua đê ngầm rỗng không cọc và có hệ cọc bên trên (trường hợp tổng quát). Ứng dụng kết quả nghiên cứu để phân tích và lựa chọn hệ số giảm sóng thích hợp thiết kế cho công trình thử nghiệm bảo vệ bờ biển bị sạt lở do sóng tại phía Tây của ĐBSCL.

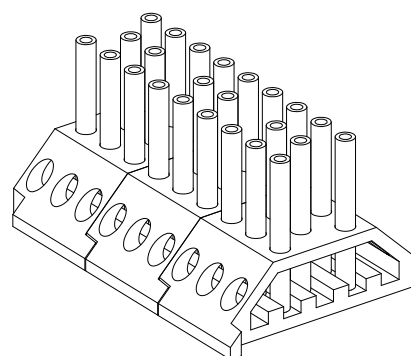
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG



a) Đê ngầm rỗng (khối đế).



b) Hệ cọc trụ tròn lắp ghép vào thân đê rỗng.



c) Lắp ghép các phân đoạn đê ngầm cọc phức hợp.

Hình 2.1. Đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống

Cơ chế tiêu giảm sóng qua đê ngầm cọc phức hợp được mô phỏng gần giống tự nhiên của cây ngập mặn ven biển. Trong đó phần hệ cọc bên trên tạo ra các khe hở đứng luôn cho phép sóng biển và thủy triều xuyên qua đóng vai trò giống như các thân cây cản sóng, năng lượng sóng tiêu tán qua hệ cọc nhờ công của lực cản, phần khối đế ngoài tác dụng tiêu tán năng lượng sóng tới thông qua quá trình sóng vỡ và dòng chảy qua thân đê có tác dụng cản và giữ bùn cát dịch chuyển theo phương ngang ngược trở ra phía biển khi thủy triều rút thấp hơn cao trình đỉnh đê (Hình 2.1c) [7].

2.2. Cơ sở lý thuyết

Sử dụng năng lượng sóng thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng sóng truyền vuông góc với bờ qua đê kết hợp với các nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý thu nhỏ trong máng sóng thủy lực thông qua các bước biến đổi toán học đánh giá, phân tích và xác định

PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu đê ngầm cọc phức hợp

Cấu tạo của một phân đoạn đê ngầm gồm phần khối đế và hệ cọc trụ tròn, trong đó khối đế là một đê ngầm rỗng có tiết diện hình thang cân (Hình 2.1a) và hệ cọc trụ tròn lắp ghép linh hoạt bên trên đỉnh khối đế hình thành hệ thống răng lược giảm sóng (Hình 2.1b).

được các thành phần năng lượng sóng tiêu hao do phần thân đê rỗng và do phần hệ cọc bên trên. Sau đó xây dựng công thức bán thực nghiệm tổng quát tính toán truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc bên trên với hai tham số độc lập là thành phần năng lượng sóng tiêu hao do phần thân đê rỗng và do phần hệ cọc bên trên [10][9].

(a) Phương trình năng lượng sóng (theo lý thuyết sóng biên độ nhỏ) có dạng như sau:

$$E = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 ; c_g \quad (2.1)$$

$$= \frac{c}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right)$$

trong đó: E – tổng năng lượng sóng trên một đơn vị diện tích (J/m^2); H_{rms} – chiều cao sóng trung bình quân phương trong trường hợp đê gồm cả hệ cọc; c_g - vận tốc nhóm sóng; c - vận tốc đỉnh sóng; h - độ sâu nước trước đê; k – hằng số sóng (wave number).

(b) Phương trình tiêu tán năng lượng của sóng ngẫu nhiên truyền vuông góc với bờ qua đê ngầm rỗng không cọc và có hệ cọc bên trên để xác định thành phần năng lượng sóng tiêu hao do hệ cọc có dạng tổng quát như sau:

$$\frac{\partial(E \cdot c_g)}{\partial x} = \sum_{i=1}^{i=n} -D_i \quad (2.2)$$

trong đó: x – là một độ dài đặc trưng theo phương truyền sóng; D_i – lần lượt được xác định là suất tiêu hao năng lượng sóng do thân đê rỗng, do ma sát đáy, do sức cản của hệ cọc (W/m^2).

(c) Phương trình cân bằng năng lượng sóng ngẫu nhiên cho các trường hợp đê ngầm rỗng không cọc và có hệ cọc để xây dựng công thức tính toán truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc bên trên dạng tổng quát như sau:

$$E_{tot} = \sum_{i=1}^{i=n} E_i \quad (2.3)$$

trong đó: E_i lần lượt là năng lượng của sóng phía sau đê, phần năng lượng tiêu hao bởi phần thân đê, bởi hệ cọc, ma sát và năng lượng sóng phản xạ lại; E_{tot} là tổng năng lượng sóng (bao gồm cả sóng tới và sóng phản xạ trở lại từ công trình).

(d) Phương trình tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc bên trên (trường hợp tổng quát):

$$K_t^{(p)} = f(K_t^{(0)}, m, D_{pr}) \quad (2.4)$$

trong đó: kí hiệu $K_t^{(p)}$ (hay K_t) là hệ số truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc bên trên (xem Mục 3.3); $K_t^{(0)}$ là hệ số truyền sóng qua đê ngầm rỗng không cọc xác định độc lập dựa

vào các nghiên cứu thực nghiệm [2][9][11]; D_{pr} là năng lượng sóng tương đối tiêu hao bởi hệ cọc xác định theo PT.(2.2) (xem Mục 3.2); m là hệ số điều chỉnh mô hình (xem Mục 3.3).

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu bằng mô hình vật lý thu nhỏ trong máng sóng thủy lực, thực hiện tại Phòng Thí Nghiệm Thủy Lực Sông Biên của Viện Khoa học Thủy Lợi Miền Nam (máng sóng HR Wallingford - Anh).

2.3.1. Lý thuyết tương tự và tỉ lệ mô hình

- Dòng chảy mô phỏng trong máng sóng là dòng chảy rối, $Re = \frac{\rho u l}{\mu} = 2,2 \cdot 10^6 \gg [Re] = 10^4$.

- Với mô hình sóng ngắn, mô hình mặt cắt cần được làm chính thái tức là khi tỉ lệ chiều dài λ_L bằng với tỉ lệ chiều cao λ_h để có sự tương tự về động học và động lực sóng. Các tỉ lệ mô hình cần tuân thủ định luật tương tự Froude. Trong thực tiễn đối với mô hình mặt cắt chỉ có mô hình chính thái và hằng số tỉ lệ mô hình tương đối nhỏ ($\lambda_L \leq 60$) [9].

- Nghiên cứu này tỉ lệ mô hình được thiết kế là $\lambda_L = \lambda_h = a = 15$ bảo đảm tuân thủ định luật tương tự Froude, thỏa mãn các điều kiện liên quan đến yếu tố hình học của nguyên hình, yếu tố sóng và khả năng đáp ứng của hệ thống thiết bị thí nghiệm, đồng thời bảo đảm giảm thiểu tối đa hiệu ứng phát sinh do ảnh hưởng của sóng phản xạ gây ra ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm.

Bảng 2.1. Tương quan tỉ lệ các đại lượng vật lý cơ bản theo định luật Froude

Các đại lượng	Thứ nguyên	Tương quan	Giá trị
Độ dài (m)	L	λ_L	15
Chiều cao (m)	L	$\lambda_h = \lambda_L = a$	15
Thời gian, chu kỳ (s)	T	$\lambda_t = \lambda_L^{1/2} = \sqrt{a}$	3,873

Lưu ý: Việc xác định tỉ lệ mô hình phù hợp đóng vai trò rất quan trọng, quyết định tính khả thi và mức độ chính xác của kết quả

thí nghiệm. Lựa chọn tỉ lệ mô hình cần phải dựa vào các điều kiện của nguyên hình (tham số sóng và kích thước hình học của công

trình), năng lực của hệ thống thiết bị thí nghiệm về khả năng tạo sóng tốt đa và kích thước máng sóng. Ngoài ra, tỉ lệ mô hình thường được chọn phải đủ lớn để giảm thiểu các sai số khi chế tạo và lắp đặt hay các hiệu ứng phát sinh trong thí nghiệm do ảnh hưởng của tỉ lệ mô hình nhỏ.

2.3.2. Điều kiện biên thủy hải văn

- Chiều cao sóng là $H_s = (1,00 \div 2,50)m$, chu kỳ sóng $T_p < 8,0s$ [1][6][8][9].

- Độ ngập nước tại đỉnh đê $R_c = (0 \div 2,25)m$. Cơ sở để xác định độ ngập R_c trên đỉnh đê ngầm là trên thực tế để có thể giảm sóng hiệu quả thì phần đê ngầm (không có hệ cọc) cần có cao trình nằm xung quanh mực nước với độ ngập sâu tối đa chỉ bằng khoảng $1xH_s$ (tức là $R_c < 2,5m$). Không xem xét trường hợp để nhô lên khỏi mặt nước [1][9][11].

2.3.4. Thiết kế mô hình thí nghiệm

Căn cứ theo tỉ lệ mô hình thiết kế $\lambda_L = 1/15$ và yêu cầu cấu tạo của đê ngầm cọc phức hợp ứng dụng trong thực tiễn. Các thông số kích thước hình học của đê trong mô hình được thiết kế như sau:

- Khối đê là đê ngầm rỗng tiết diện ngang hình thang cân có chiều cao $D = 0,2m = constant$ và hệ số mái $m = 1,0 = constant$. Nghiên cứu với 04 chiều rộng đỉnh khối đê khác nhau, kí hiệu là $B_{i=2,3,4,5} = (0,112; 0,152; 0,192; 0,232)m$. Mật độ lỗ rỗng trên đỉnh khối đê được bố trí theo dạng hình hoa mai theo qui luật là $l_i = b_i = \emptyset = 0,02m$. Số hàng lỗ rỗng tương ứng với

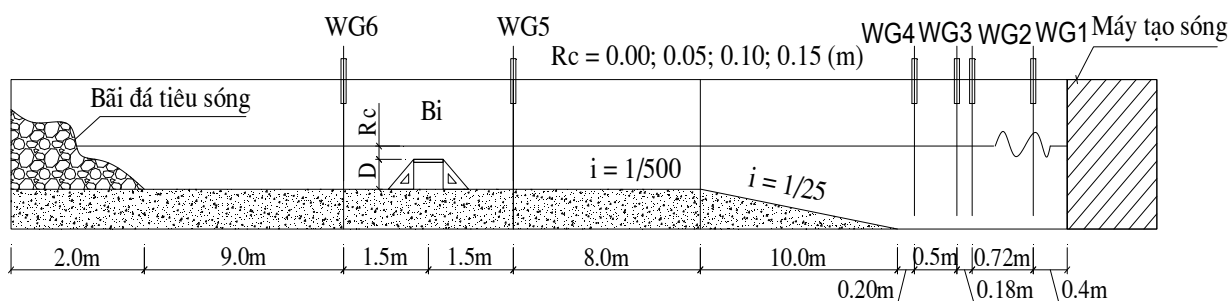
các chiều rộng đỉnh B_i là $n^{(0)}_i = 2,3,4,5$ hàng (xem minh họa Hình 2.1a với trường hợp $B_3 = 0,152m$ và $n^{(0)}_3$).

- Hệ cọc trụ tròn lắp ghép trên đỉnh khối đê bảo đảm tương thích với mật độ và kích thước của các hàng lỗ rỗng $n^{(0)}_i$. Số hàng cọc trụ tròn lắp ghép trên đỉnh khối đê B_i tương ứng là $n^{(p)}_i = 2,3,4,5$ hàng (xem minh họa Hình 2.1b,c với trường hợp $n^{(p)}_3$).

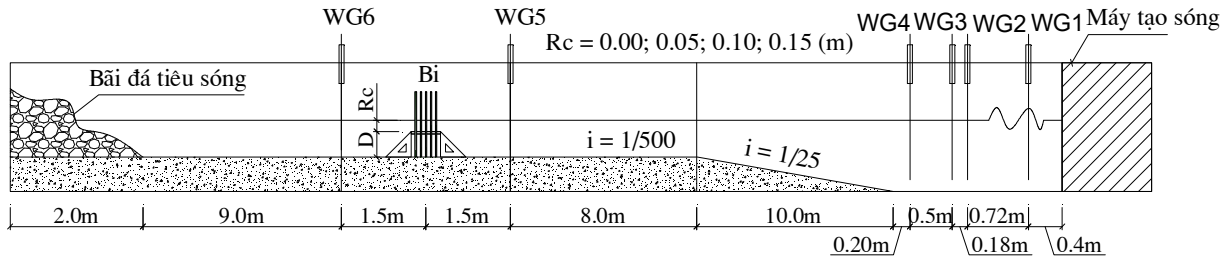
Lưu ý: Không xem xét độ rỗng của khối đê ảnh hưởng đến quá trình truyền sóng. Về mặt hình học khối đê cho phép nước (sóng) xuyên qua được định nghĩa là đê ngầm rỗng. Lý do tạo ra các lỗ rỗng cho phép nước xuyên qua trên mái nghiêng của khối đê chỉ để giảm thiểu ảnh hưởng của sóng phản xạ đến kết quả thí nghiệm, mật độ lỗ rỗng được phân bố đều trên toàn bộ diện tích mái nghiêng của khối đê, tỉ lệ diện tích lỗ rỗng chiếm 14% diện tích mái nghiêng khi kín nước trong toàn bộ các kịch bản thí nghiệm.

Ngoài ra, để tránh các hiệu ứng gây nhiễu làm ảnh hưởng đến kết quả của các kim đo sóng phía trước và sau đê ngầm theo khuyến cáo của HR Wallingford - Anh thì mực nước tối thiểu phải được khống chế $\geq 0,2m$. Do đó để có thể tạo sóng trước đê ngầm tốt cần có độ sâu nước đủ lớn, chiều cao đê trong mô hình được thiết kế là $D = 0,20m$ (không cần theo tỷ lệ mô hình vì hệ số truyền sóng cơ bản phụ thuộc vào độ ngập R_c).

2.3.5. Bố trí thiết bị và sơ đồ thí nghiệm



a. Sơ đồ thí nghiệm đê ngầm rỗng, không cọc ($B_i; n^{(0)}_i; R_c^i$)



b. Sơ đồ thí nghiệm đê ngầm rộng có hệ cọc (B_i ; $n^{(p)}_i$; R_c^i)

Hình 2.2: Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm trong máng sóng HR Wallingford

- Sơ đồ bố trí thí nghiệm sử dụng 6 kim đo được bố trí dọc theo tuyến máng sóng. Trong đó 4 kim đo (WG1, WG2, WG3, WG4) ngay sau Piston được sử dụng để tính toán tách sóng phản xạ và 2 kim đo (WG5, WG6) còn lại được bố trí trước và sau đê ngầm để ghi nhận kết quả đặc trưng của sóng trước và sau khi truyền qua đê ngầm. Vị trí đặt kim đo WG5 thường đặt cách một khoảng \leq chiều dài sóng tại chân công trình để hạn chế tối đa ảnh hưởng của sóng phản xạ do công trình gây ra và khoảng cách 1 chiều dài sóng tính từ công trình về phía máy tạo sóng là vị trí mà chiều cao sóng bắt đầu thay đổi do sự tồn tại của công trình bên cạnh ảnh hưởng do ma sát đáy của bãi, kim phía sau đê WG6 được bố trí đối

xứng để có thể đối chiếu hiệu quả giảm sóng ở cùng khoảng cách. Các kim đo được hiệu chỉnh trước mỗi kịch bản thí nghiệm để đảm bảo độ chính xác cao nhất cho kết quả thí nghiệm.

- Thời gian cho 1 kịch bản thí nghiệm: $t = 500 \times T_p + 300s = (865 \div 1315)s$. Bảo đảm mỗi kịch bản thí nghiệm có > 500 con sóng để dải tần số cơ bản của phổ sóng yêu cầu được tạo ra một cách hoàn chỉnh.

- Thí nghiệm được tiến hành với sóng ngẫu nhiên phổ JONSWAP dạng chuẩn. Đây là dạng phổ được xem là phù hợp với điều kiện thủy hải văn ở khu vực nghiên cứu.

3.2.5. Xây dựng chương trình thí nghiệm

Bảng 2.2. Xây dựng chương trình thí nghiệm tổng quát

Đặc trưng sóng thí nghiệm (tại biên tạo sóng)	Bề rộng đỉnh B_i (m)	Số hàng lỗ $n^{(0)}_i$	Số hàng cọc $n^{(p)}_i$	Độ ngập R_c^i (m)
H07T113 ($H_{m0} = 0,07m, T_p = 1,13s$)				
H07T134 ($H_{m0} = 0,07m, T_p = 1,34s$)				
H10T135 ($H_{m0} = 0,10m, T_p = 1,35s$)	$B_1 = 0,000$	$n^{(-)}_1 = 0$	$n^{(-)}_1 = 0$	$R_c^1 = 0,00$
H10T160 ($H_{m0} = 0,10m, T_p = 1,60s$)	$B_2 = 0,112$	$n^{(0)}_2 = 2$	$n^{(p)}_2 = 2$	$R_c^2 = 0,05$
H12T148 ($H_{m0} = 0,12m, T_p = 1,48s$)	$B_3 = 0,152$	$n^{(0)}_3 = 3$	$n^{(p)}_3 = 3$	$R_c^3 = 0,10$
H12T175 ($H_{m0} = 0,12m, T_p = 1,75s$)	$B_4 = 0,192$	$n^{(0)}_4 = 4$	$n^{(p)}_4 = 4$	$R_c^4 = 0,15$
H14T160 ($H_{m0} = 0,14m, T_p = 1,60s$)	$B_5 = 0,232$	$n^{(0)}_5 = 5$	$n^{(p)}_5 = 5$	
H14T189 ($H_{m0} = 0,14m, T_p = 1,89s$)				
H16T171 ($H_{m0} = 0,16m, T_p = 1,71s$)				
H16T203 ($H_{m0} = 0,16m, T_p = 2,03s$)				

Ghi chú: Các chỉ số $(-)$, (0) và (p) tương ứng với các thí nghiệm là hiện trạng không có đê $(-)$, đê ngầm rộng không cọc (0) và đê ngầm rộng có hệ cọc (p) ;

Tổng số 300 thí nghiệm, trong đó: (i) Tổ hợp 40 thí nghiệm hiện trạng không có đê: kí hiệu là $B_1+n^{(-)}_1+R_c^i$; (ii) Tổ hợp 100 thí nghiệm với đê ngầm rộng không cọc: kí hiệu là $B_2+n^{(0)}_2+R_c^i$, $B_3+n^{(0)}_3+R_c^i$, $B_4+n^{(0)}_4+R_c^i$, $B_5+n^{(0)}_5+R_c^i$; (iii) Tổ hợp 160 thí nghiệm với đê ngầm rộng có hệ cọc bên trên: kí hiệu là $B_2+n^{(p)}_2+R_c^i$, $B_3+n^{(p)}_3+R_c^i$, $B_4+n^{(p)}_4+R_c^i$, $B_5+n^{(p)}_5+R_c^i$.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Đê có cấu tạo phức hợp bao gồm phần khối đê như là một đê ngầm rộng tiêu hao năng lượng sóng thông qua quá trình sóng vỡ, phản xạ, ma sát và dòng chảy qua thân đê, phần hệ cọc bên trên tiêu hao năng lượng sóng nhờ công của lực cản. Khi chiều cao phần đê rộng tăng thì năng lượng sóng tiêu hao bởi thân đê tăng trong khi của hệ cọc thì lại giảm và ngược lại. Do quá trình tương tác và cơ chế tiêu hao năng lượng sóng giữa hai bộ phận này với sóng là khác nhau do vậy cần có những đánh giá, phân tích độc lập về mức độ ảnh hưởng của tham số chi phối để từ đó xây dựng phương pháp tính toán truyền sóng qua đê trong trường hợp tổng quát.

3.1. Truyền sóng qua thân đê rộng, không cọc

Trên cơ sở số liệu đo đạc của 140 thí nghiệm MHVL (40 thí nghiệm trường hợp hiện trạng và 100 thí nghiệm trường hợp đê ngầm rộng không cọc) xây dựng được công thức thực nghiệm tính toán xác định thành phần năng lượng sóng tiêu hao do phần thân đê rộng (không cọc) thông qua hệ số truyền sóng $K_t^{(0)}$ với các tham số chi phối chính được xác định là [độ sâu ngập nước tương đối của đỉnh đê (R_c/H_{m0}), bề rộng tương đối của đỉnh đê (B/H_{m0}), độ dốc sóng tại vị trí công trình ($s_m = H_{m0}/L_m$)], xem Nguyễn Anh Tiến và nk (2018) [9].

$$K_t^{(0)} = 0,18 \left(\frac{R_c}{H_{m0}} \right) + 0,58 \left(\frac{B}{H_{m0}} \right)^{-0,19} \cdot \left(1 - e^{-1/\sqrt{s_m}} \right) \quad (3.1)$$

trong đó: R_c là độ ngập sâu của đỉnh đê ngập so với mực nước thiết kế, $0 \leq R_c \leq H_{m0}$, B là bề rộng đỉnh đê ngầm, H_{m0} là chiều cao sóng phổ, s_m là độ dốc sóng tại vị trí công trình, L_m là chiều dài sóng nước nông tại vị trí công trình tương ứng với chu kỳ đặc trưng phổ $T_{m-1,0}$.

3.2. Tiêu hao năng lượng sóng qua đê ngầm rộng có hệ cọc

3.2.1. Phân tích quá trình tiêu hao năng lượng sóng

Khi sóng truyền qua hệ đê ngầm rộng sẽ trải qua các quá trình tiêu hao năng lượng, làm giảm chiều cao sóng như sóng vỡ trên đê do độ sâu bị hạn chế, ma sát, sức cản do hệ cọc. Trong phân tích chúng ta có thể chia thành các thành phần năng lượng sóng tiêu hao như sau:

+/ Năng lượng tiêu hao do thân đê rộng không có cọc.

+/ Năng lượng tiêu hao do ma sát.

+/ Năng lượng tiêu hao của hệ cọc.

Xuất phát từ PT.(2.1) và PT.(2.2) chúng ta thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng của sóng ngẫu nhiên truyền vuông góc qua đê ngầm rộng có hệ cọc bên trên như sau:

$$\frac{\partial(E^{(p)} \cdot c_g)}{\partial x} = -D_d - D_f - D_p \quad (3.2)$$

$$E^{(p)} = \frac{1}{8} \rho g H_{rms,(p)}^2 ; c_g = \frac{c}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right) \quad (3.3)$$

trong đó:

x – là một độ dài đặc trưng theo phương truyền sóng.

h – độ sâu nước trước đê.

$E^{(p)}$ – là tổng năng lượng đơn vị của sóng trường hợp đê ngầm rộng có hệ cọc (J/m^2).

H_{rms} – chiều cao sóng trung bình quân phương trong trường hợp đê gồm cả hệ cọc.

D_d – suất tiêu hao năng lượng sóng do phần thân đê rộng (W/m^2).

D_f – suất tiêu hao năng lượng sóng do ma sát đáy (W/m^2).

D_p – suất tiêu hao năng lượng sóng do sức cản của hệ cọc (W/m^2).

c_g - vận tốc nhóm sóng; c - vận tốc đỉnh sóng.

Trong cùng một điều kiện nhưng khi đê không có hệ cọc bên trên thì năng lượng sóng bị tiêu hao chỉ bởi phần thân đê rỗng và ma sát đáy có dạng như sau:

$$\frac{\partial(E^{(0)} \cdot c_g)}{\partial x} = -D_d - D_f \quad (3.4)$$

với $E^{(0)}$ là năng lượng sóng trong trường hợp đê ngầm rỗng không có hệ cọc (J/m^2).

Lưu ý PT.(3.4) dựa trên giả thiết bỏ qua sự thay đổi vận tốc nhóm sóng c_g khi có và không

$$\frac{\partial((E^{(p)} - E^{(0)}) \cdot c_g)}{\partial x} = -D_p$$

$$\Leftrightarrow D_p = \frac{\partial \left[\frac{1}{8} \rho g (H_{rms,(0)}^2 - H_{rms,(p)}^2) \cdot c_g \right]}{\partial x} = \frac{\partial \left(\frac{1}{8} \rho g H_{rms,p}^2 \cdot c_g \right)}{\partial x} \quad (3.5)$$

với $H_{rms,p}$ gọi là thành phần chiều cao sóng bị suy giảm chỉ bởi hệ cọc.

Nếu như sóng đến là như nhau thì PT.(3.5) có diễn giải một cách đơn giản là năng lượng

$$D_p = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{(H_{rms,t}^2)_{(0)} - (H_{rms,t}^2)_{(p)}}{X_b} = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{\Delta H_{rms,p}^2}{X_b} \quad (3.6)$$

trong đó: $H_{rms,t}$ là chiều cao sóng phía sau đê, các chỉ số (0) và (p) tương ứng dùng để chỉ trường hợp đê ngầm rỗng không cọc và có hệ cọc; X_b là chiều rộng ảnh hưởng của số hàng cọc trên đỉnh đê ngầm xét theo phương truyền sóng (X_b là khoảng cách tính theo tim của hai hàng cọc biên trên đỉnh đê theo phương truyền sóng).

Ở đây chúng ta đưa ra khái niệm năng lượng sóng tương đối tiêu hao bởi hệ cọc D_{pr} , là đại lượng phi thứ nguyên được định nghĩa như sau:

có hệ cọc (theo lý thuyết thì c_g chỉ phụ thuộc độ sâu nước và chu kỳ sóng).

Với giả thiết năng lượng tiêu hao bởi ma sát và sóng phản xạ do phần thân đê rỗng là như nhau giữa hai trường hợp đê không cọc và có hệ cọc (theo các số liệu thí nghiệm từ MHVL cho thấy hệ số phản xạ có sự chênh lệch không đáng kể giữa hai trường hợp này); ngoài ra sự chênh lệch này còn được kể đến bằng cách lấy chiều cao sóng trước đê là chiều cao sóng trung bình giữa hai trường hợp và sau này thông qua các hệ số hiệu chỉnh mô hình) và sự có mặt của hệ cọc không làm thay đổi suất tiêu hao năng lượng của thân đê rỗng so với khi đê không có hệ cọc. Từ các PT.(3.2), PT.(3.3) và PT.(3.4) chúng ta có thể rút ra phương trình cân bằng năng lượng sóng cho hệ cọc như sau:

sóng tiêu hao bởi hệ cọc chính là phần chênh lệch về năng lượng sóng phía sau đê giữa hai trường hợp đê có và không có hệ cọc.

$$D_{pr} = \frac{\Delta H_{rms,p}^2}{H_{rms,i}^2} \quad (3.7)$$

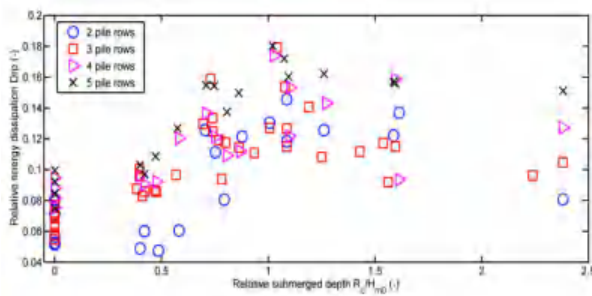
Từ PT. (3.6) và (3.7) chúng ta có liên hệ:

$$D_p = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{D_{pr} \cdot H_{rms,i}^2}{X_b} = \frac{D_{pr} \cdot E^{(p)} \cdot c_g}{X_b} \quad (3.8)$$

Sử dụng đại lượng phi thứ nguyên D_{pr} xác định từ các số liệu thí nghiệm cho hai trường hợp đê không có và có hệ cọc theo PT.(3.7) để phân tích sự suy giảm chiều cao sóng do ảnh hưởng của hệ cọc.

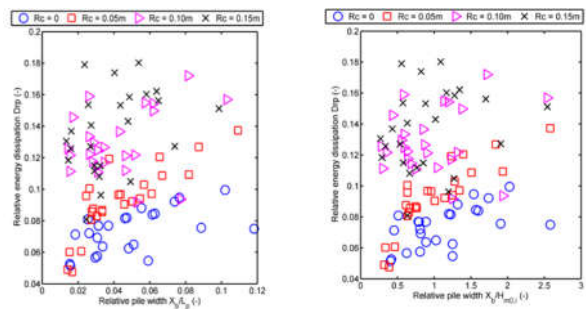
Kết quả tính toán D_{pr} theo PT.(3.6) và PT.(3.7) được lập thành bảng dựa vào kết quả thí nghiệm MHVL truyền sóng qua đê ngầm rỗng không cọc và có hệ cọc (chỉ chọn ra được 100 cặp thí nghiệm có cùng điều kiện biên sóng và mực nước và được chạy đối sánh cho trường hợp không cọc và có hệ cọc) cho thấy nhìn chung giá trị D_{pr} khá nhỏ, chỉ chiếm khoảng 10% – 20 % so với tổng năng lượng sóng tới.

3.2.2. Phân tích mức độ ảnh hưởng của các tham số chi phối đến tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc



Hình 3.1: Ảnh hưởng của của độ ngập sâu tương đối R_c/H_{m0}

Tương tự như với thân đê rỗng không có hệ cọc (Mục 3.1), độ ngập sâu tương đối R_c/H_{m0} (chiều dài phân cọc nhúng trong nước) cũng có ảnh hưởng nhiều đến tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc như thể hiện trên Hình 3.1. Nhìn chung có thể thấy rằng quan hệ này là đồng biến rõ ràng với xu thế phi tuyến. D_{pr} tăng mạnh với $R_c/H_{m0} < 1,20$ sau đó thì hầu như không tăng nữa. D_{pr} cũng tăng tỷ lệ với số hàng cọc (tương ứng với bề rộng ảnh hưởng của hệ cọc).



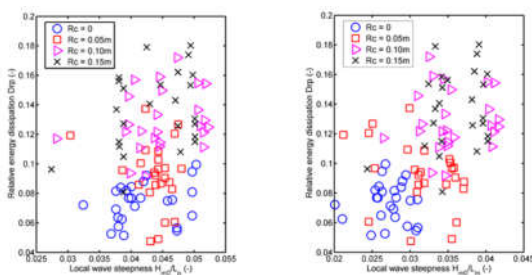
Hình 3.2: Ảnh hưởng của bề rộng tương đối của hệ cọc X_b/L_p (trái) và X_b/H_{m0} (phải)

Ảnh hưởng của bề rộng tương đối của hệ cọc X_b/L_p và X_b/H_{m0} đối với D_{pr} được lần lượt thể hiện trên Hình 3.2 cũng cho thấy sự phụ thuộc mạnh mẽ theo quan hệ đồng biến của bề rộng hệ cọc đến sự tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc. Ảnh hưởng này rõ rệt nhất đối với các mức độ ngập sâu thấp.

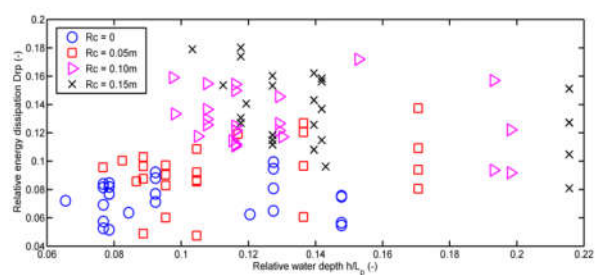
Việc D_{pr} có xu thế tăng chậm với các mức độ ngập sâu lớn được lý giải: khi độ sâu nước đủ lớn thì phần lớn năng lượng sóng ở dải tần số ngắn đã bị

tiêu hao bởi hệ cọc, chỉ còn lại năng lượng sóng ở dải tần số thấp. Như đã phân tích ở trên sóng ở dải tần số dài ít bị tiêu hao năng lượng khi qua hệ cọc, do vậy khi độ sâu tiếp tục tăng hoặc số hàng cọc tăng thì D_{pr} sẽ không tiếp tục tăng nữa.

Hình 3.3 là kết quả phân tích sự phụ thuộc vào độ dốc sóng ($s_p = H_{m0}/L_p$ và $s_m = H_m/L_m$) tại vị trí công trình đối với D_{pr} . Xu thế chung là đồng biến, tuy nhiên khá yếu so với trường hợp thân đê rỗng không có cọc.

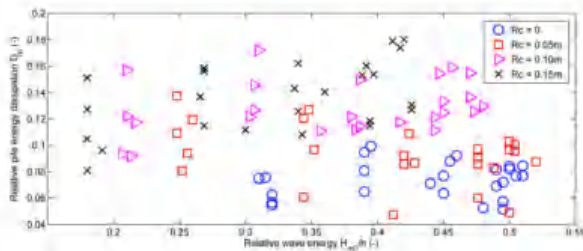


Hình 3.3: Ảnh hưởng của độ dốc sóng địa phương s_p (hình trái) và s_m (hình phải)



Hình 3.4: Ảnh hưởng của độ sâu nước tương đối h/L_p

Các ảnh hưởng khác như độ sâu nước tương đối h/L_p và chỉ số vờ H_{m0}/h đến D_{pr} được lần lượt trình bày trên các Hình 3.4 và 3.5 cho thấy các tham số này hầu như không có chi phối trực tiếp đến tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc.



Hình 3.5: Ảnh hưởng của chỉ số vờ H_{m0}/h

Ngoài ra tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc còn phụ thuộc vào mật độ cọc hay độ rỗng của đê ngầm cọc phức hợp (phụ thuộc khoảng cách giữa các cọc), đường kính cọc. Tuy nhiên trong thí nghiệm tham số này được giữ cố định do vậy không được xem xét một cách trực tiếp ở đây mà gián tiếp nằm trong các thông số khác được phân tích ở trên.

3.2.3. Tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc

Với những phân tích tương quan nêu trên ở đây chúng ta sẽ xây dựng công thức thực nghiệm tính toán xác định năng lượng sóng bị tiêu hao bởi hệ cọc nằm phía trên thân đê rỗng. Một cách tương tự [9], chúng ta có phương trình tổng quát:

$$D_{pr} = f\left(\frac{R_c}{H_{m0}}, \frac{X_b}{L_m}\right) \quad (3.9)$$

D_{pr} mang ý nghĩa là năng lượng sóng tiêu hao tương đối bởi hệ cọc so với tổng năng lượng sóng tới (D_{pr} còn có thể được hiểu là hiệu năng của hệ cọc $D_{pr} < 1$). Như vậy D_{pr} phụ thuộc vào tổng thể tích phạm vi cản nước tương đối của hệ cọc so với toàn bộ thể tích khối nước dao động xét trong trong một chu kỳ sóng. Ngoài ra lưu ý khi $R_c = 0$ (mực nước ngang bằng thân đê rỗng) thì $D_{pr} > 0$ do một phần sóng vẫn truyền qua đỉnh đê và vẫn bị tiêu hao năng lượng bởi hệ cọc.

Xuất phát từ những phân tích trên chúng ta có đề xuất tham số biểu diễn thể tích cản sóng tương đối của hệ cọc như sau:

$$\hat{V}_p = \frac{V_p}{V_w} = \frac{(R_c + H_{m0}) \cdot X_b}{H_{m0} \cdot L_m} \quad (3.10)$$

$$= \frac{R_c + H_{m0}}{H_{m0}} \cdot \frac{X_b}{L_m}$$

trong đó: \hat{V}_p là thể tích cản sóng tương đối của hệ cọc; V_p và V_w là thể tích phạm vi cản sóng của hệ cọc và tổng thể tích phần khối nước dao động xét trong một chu kỳ sóng.

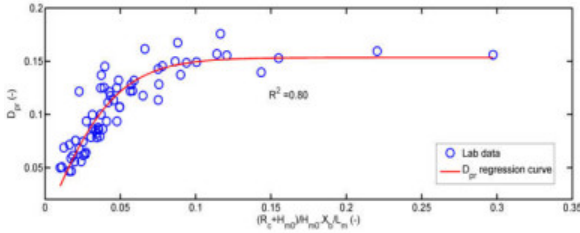
PT.(3.10) vẫn bảo toàn các tham số chi phối của của PT.(3.9). Hình 3.6 biểu diễn quan hệ giữa thể tích cản sóng tương đối của hệ cọc và D_{pr} , qua đó có thể thấy rằng tương tự như các phân tích tương quan ở phần trước D_{pr} có xu thế tăng khi \hat{V}_p tăng, tức là khi độ ngập tương đối tăng hoặc bề rộng hệ cọc tăng. Khi \hat{V}_p tăng đến một giới hạn nào đó thì D_{pr} không tăng nữa (lý do đã giải thích ở trên). Như vậy tương quan này tồn tại một số điều kiện biên như sau: có tiệm cận trên là $D_{pr, max}$ và $D_{pr} = 0$ khi không có hệ cọc ($X_b = 0$), và $D_{pr} > 0$ khi $R_c = 0$. Với những tính chất này và với đại lượng miêu tả hiệu năng ($D_{pr} < 1$) thì hàm $\tanh(x)$ (với $x < 1$) là một dạng hàm phù hợp.

Sử dụng phương pháp hồi quy với bộ số liệu thí nghiệm chúng ta xây dựng được quan hệ đường hồi quy như sau (xem Hình 3.6), mức độ phù hợp cao $R^2 = 0,80$.

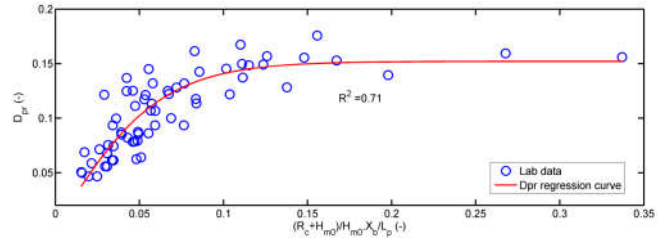
$$D_{pr} = 0,153 \tanh\left[20,6 \frac{(R_c + H_{m0}) X_b}{H_{m0} L_m}\right] \quad (3.11)$$

Khi sử dụng T_p thay vì $T_{m-1,0}$ (L_p thay vì L_m) trong tính toán thì mức độ phù hợp với các số liệu thực nghiệm đạt được sẽ thấp hơn một chút ($R^2 = 0,71$, xem Hình 3.7). Lúc này công thức xác định D_{pr} sẽ là:

$$D_{pr} = 0,152 \tanh\left[16,3 \frac{(R_c + H_{m0}) X_b}{H_{m0} L_p}\right] \quad (3.12)$$



Hình 3.6: Đường hồi quy thực nghiệm xác định $D_{pr} \sim \hat{V}_p$ (với L_m) (đề có hệ cọc)



Hình 3.7: Đường hồi quy thực nghiệm xác định $D_{pr} \sim \hat{V}_p$ (với L_p) (đề có hệ cọc)

3.3. Truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc

Xuất phát từ PT.(2.1) và PT.(2.3) chúng ta thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng sóng cho trường hợp đê ngầm rỗng không cọc và có hệ cọc bên trên như sau:

- Khi đê ngầm rỗng không cọc:

$$E_{tot} = E_t^{(0)} + E_d^{(0)} + E_f^{(0)} + E_r^{(0)} \quad (3.13)$$

- Khi đê ngầm rỗng có hệ cọc bên trên:

$$E_{tot} = E_t^{(p)} + E_d^{(p)} + E_p^{(p)} + E_f^{(p)} + E_r^{(p)} \quad (3.14)$$

trong đó: E_t , E_d , E_p , E_f , và E_r lần lượt là năng

lượng của sóng phía sau đê, phần năng lượng tiêu hao bởi phần thân đê rỗng, bởi hệ cọc, ma sát và năng lượng sóng phản xạ lại. E_{tot} là tổng năng lượng sóng (bao gồm cả sóng tới và sóng phản xạ trở lại từ công trình) Các chỉ số (0) và (p) tương ứng dùng để chỉ trường hợp đê không cọc và có hệ cọc.

Giả thiết với cùng một tổng năng lượng sóng E_{tot} , thì các thành phần năng lượng sóng bị tiêu hao bởi ma sát $E_f^{(0)} = E_f^{(p)}$ và thân đê $E_d^{(0)} = E_d^{(p)}$ là như nhau trong cả hai trường hợp đê ngầm rỗng không cọc và có hệ cọc. Từ hai PT.(3.13) và PT.(3.14) ta có:

$$\begin{aligned} & (E_t^{(0)} - E_t^{(p)}) + (E_r^{(0)} - E_r^{(p)}) - E_p^{(p)} = 0 \\ \Leftrightarrow & \frac{1}{8} \rho g (H_{rms,t}^{(0)2} - H_{rms,t}^{(p)2}) + \frac{1}{8} \rho g H_{rms,i}^2 (C_r^{(0)2} - C_r^{(p)2}) - \frac{D_p X_b}{c_g} = 0 \end{aligned} \quad (3.15)$$

với C_r (0) và (p) là các hệ số phản xạ trong hai trường hợp đê không có cọc và có hệ cọc.

PT.(3.15) có thể viết lại dưới dạng các hệ số

truyền sóng ($K_t = H_{rms,t}/H_{rms,i}$) ở hai trường hợp bằng cách chia hai vế phương trình này cho năng lượng sóng tới đơn vị $E = 1/8 \rho g H_{rms,i}^2$ ta có:

$$\Leftrightarrow (K_t^{(0)2} - K_t^{(p)2}) + (C_r^{(0)2} - C_r^{(p)2}) - \frac{D_p X_b}{\frac{1}{8} \rho g H_{rms,i}^2 c_g} = 0 \quad (3.16)$$

Liên hệ PT.(3.16) với PT.(3.8) chúng ta có:

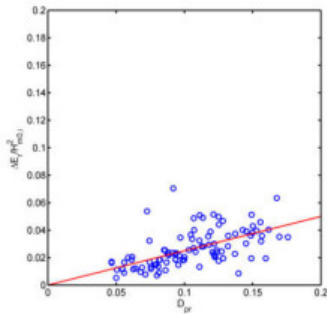
$$\Leftrightarrow (K_t^{(0)2} - K_t^{(p)2}) + (C_r^{(0)2} - C_r^{(p)2}) - D_{pr} = 0 \quad (3.17)$$

Lưu ý: Chênh lệch năng lượng sóng phản xạ tương đối $(E_r^{(0)} - E_r^{(p)})/E = (C_r^{(0)2} - C_r^{(p)2})$

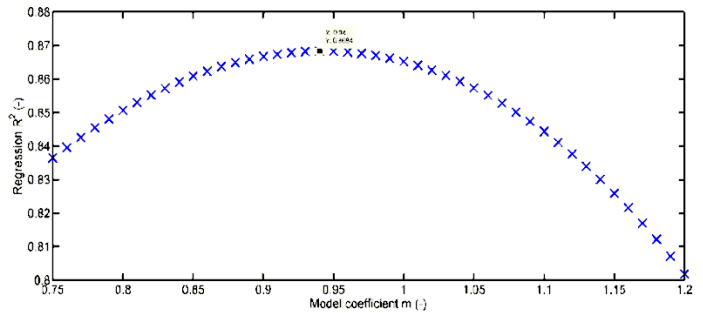
có giá trị rất nhỏ và tỷ lệ thuận so với năng lượng sóng tiêu hao bởi thân đê có hệ cọc ví

dụ như trình bày trên Hình 3.8 có kết quả từ thực nghiệm. Do vậy ảnh hưởng chênh lệch về sóng phản xạ có thể được xét đến một cách

gián tiếp thông qua D_{pr} với một hệ số điều chỉnh mô hình.



Hình 3.8: Liên hệ giữa chênh lệch năng lượng sóng phản xạ tương đối và tiêu hao năng lượng do hệ cọc D_{pr} (đề có cọc)



Hình 3.9: Hiệu chỉnh hệ số mô hình m với các số liệu thí nghiệm

Từ PT.(3.17) chúng ta có thể đưa ra công thức bán thực nghiệm xác định hệ số truyền sóng qua đê rỗng có hệ cọc bên trên (hay kí hiệu khác là K_t) như sau:

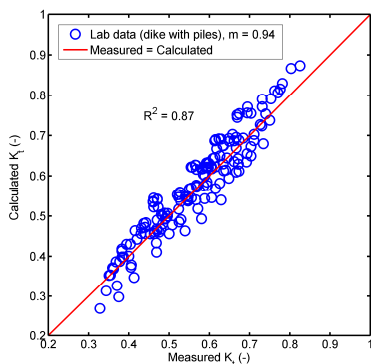
$$K_t = \sqrt{K_t^{(0)^2 - m \cdot D_{pr}} \quad (3.18)$$

trong đó: m là hệ số mô hình (theo lý thuyết thì $m < 1,0$) được hiệu chỉnh với các số liệu thí nghiệm nhằm kể đến ảnh hưởng của sóng phản xạ và các sai lệch do các giả thiết đã nêu khác trong quá trình xây dựng công thức.

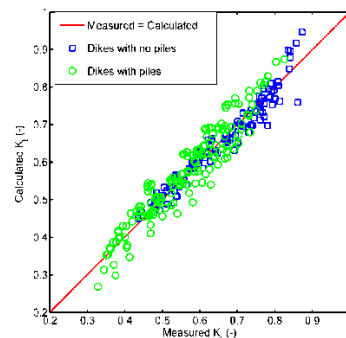
Lưu ý: $K_t^{(0)}$ là hệ số truyền sóng qua đê ngầm

rỗng không cọc được xác định từ PT.(3.1) và D_{pr} là năng lượng sóng tương đối tiêu hao bởi hệ cọc được xác định theo PT.(3.11) hoặc PT.(3.12). Khi đê ngầm rỗng không cọc ($D_{pr} = 0$) thì PT.(3.18) sẽ trở về PT.(3.1).

Sử dụng các PT.(3.1), PT.(3.11) và PT.(3.18) cùng với bộ số liệu thí nghiệm cho trường hợp đê có cọc để xác định hệ số mô hình m (160 thí nghiệm). Kết quả trên Hình 3.9 cho thấy $m = 0,94$ cho kết quả phù hợp tốt nhất với bộ số liệu thí nghiệm ($R^2 = 0,87$). Hình 3.10 trình bày so sánh giữa kết quả tính toán K_t theo PT. (3.18) với hệ số mô hình $m = 0,94$ và bộ số liệu thí nghiệm.



Hình 3.10: So sánh kết quả tính toán hệ số truyền sóng với số liệu thực nghiệm cho trường hợp đê có hệ cọc (hệ số mô hình $m = 0,94$).



Hình 3.11: Tổng hợp so sánh kết quả tính toán hệ số truyền sóng với toàn bộ số liệu thực nghiệm (đê không cọc và đê có hệ cọc).

Thay thế hệ số mô hình $m = 0,94$ vào PT.(3.18) ta có PT.(3.19) tổng quát như sau:

$$K_t = \sqrt{K_t^{(0)2} - 0,94 \cdot D_{pr}} \quad (3.19)$$

Sự phù hợp rất tốt của công thức bán kinh nghiệm PT.(3.19) với bộ số liệu thí nghiệm khẳng định tính đúng đắn của phương pháp và các giả thiết đưa ra trong quá trình xây dựng công thức.

Sau cùng Hình 3.11 là so sánh tổng hợp giữa kết quả tính toán với tất cả các trường hợp có và không có hệ cọc (tổng số 260 thí nghiệm).

4. KẾT LUẬN

1. Bài báo giới thiệu dạng đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống lắp ghép linh hoạt bằng các cấu kiện đúc sẵn định hình để giảm sóng chống xói lở bảo vệ bờ biển (xem Hình 2.1).

2. Theo số liệu đo đạc thực nghiệm đã thực hiện những đánh giá và phân tích độc lập về mức độ ảnh hưởng của các tham số chi phối đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng làm suy giảm chiều cao sóng đê từ đó xây dựng phương pháp tính toán truyền sóng qua đê trong trường hợp tổng quát.

2.1. Truyền sóng qua thân đê rộng không cọc chịu sự chi phối chủ yếu của ba tham số chính đó là: ảnh hưởng của độ sâu ngập nước tương đối của đỉnh đê R_c/H_{m0} , ảnh hưởng của bề rộng tương đối của đỉnh đê B/H_{m0} và ảnh hưởng của tương tác sóng với mái đê thông qua giá trị độ dốc sóng tại vị trí công trình s_m .

2.2. Truyền sóng qua hệ cọc bên trên chịu sự chi phối chủ yếu của hai tham số chính đó là: ảnh hưởng của độ ngập sâu tương đối R_c/H_{m0} (chiều dài phần cọc nhúng trong nước) và ảnh hưởng của bề rộng tương đối của hệ cọc X_b/L_m (X_b là chiều rộng ảnh hưởng của số hàng cọc trên đỉnh đê ngầm xét theo phương truyền

sóng, xác định bằng khoảng cách tim của 2 hàng cọc biên ngoài cùng trên đỉnh đê theo phương truyền sóng).

3. Xây dựng được ba công thức thực nghiệm độc lập, trong đó công thức tính toán thành phần năng lượng sóng tiêu hao do thân đê rộng (không cọc) theo PT.(3.1) và hai công thức thực nghiệm tính toán thành phần năng lượng sóng tiêu hao bởi hệ cọc bên trên theo PT.(3.11) hay PT.(3.12).

4. Xây dựng được công thức bán thực nghiệm tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm rộng có hệ cọc bên trên theo PT.(3.19) phản ánh đầy đủ mức độ ảnh hưởng của các tham số chi phối đến hệ số truyền sóng K_t .

PT.(3.19) được xây dựng có tính tổng quát trên cơ sở các tham số độc lập $K_t^{(0)}$ xác định theo PT.(3.1) và D_{pr} xác định theo PT.(3.11) hoặc PT.(3.12). Trường hợp đặc biệt khi đê không có cọc thì PT.(3.19) trở về PT.(3.1) tính toán hệ số truyền sóng qua thân đê rộng (không có cọc).

5. Thông qua việc so sánh tổng hợp giữa kết quả tính toán hệ số truyền sóng K_t theo PT.(3.19) và $K_t^{(0)}$ theo PT.(3.1) với tổng số 260 số liệu thực nghiệm trên mô hình vật lý trong máng sóng thủy lực về quá trình truyền sóng qua đê ngầm rộng không cọc và có hệ cọc cho thấy sự phù hợp rất tốt giữa kết quả tính toán theo công thức với kết quả của bộ số liệu thí nghiệm. Điều này khẳng định tính đúng đắn của cơ sở lý thuyết, các lý luận và các giả thuyết khoa học đã được sử dụng trong quá trình nghiên cứu để xây dựng công thức trong trường hợp tổng quát.

6. PT.(3.19) được lập có đầy đủ cơ sở khoa học, đảm bảo độ tin cậy và có khả năng ứng dụng vào thực tiễn để tính toán xác định hệ số truyền sóng cho dạng đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cơ quan phát triển Pháp (AFD), Viện khoa học Thủy lợi Miền Nam (SIWRR) (2016-2018). *Nghiên cứu quá trình xói lở khu vực hạ lưu sông Mê Công và các biện pháp bảo vệ chống xói lở một cách bền vững cho vùng ven biển Gò Công và U Minh*. Dự án vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long (LMDCZ).
- [2] D'Angremond, K., Van der Meer, J.W., and de Jong, R.J., (1996). *Wave transmission at low - crested breakwaters*. Proceedings of the 25th Int. Conference of Coastal Engineering, Orlando, Florida, ASCE, 2418-2426.
- [3] Ferrant, V., (2007). *Spectral analysis of wave transmission behind submerged breakwaters*. PhD thesis, Italy.
- [4] Herbich, J., (1999). *Offshore (Detached) Breakwaters*. Handbook of Coastal Engineering, Chapter 5.
- [5] Jonh R.Hsu, Takaaki Uda, Richard Silvester (1999). *Shoreline Protection Methods - Japanese Exeperience*. Handbook of Coastal Engineering, Chapter 9.
- [6] Lê Đức Vĩnh, Nguyễn Anh Tiến, Lieou Kiến Chính (2018). Nghiên cứu chế độ sóng vùng biển từ mũi Cà Mau đến Kiên Giang. Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Thủy Lợi, Viện KHTL Việt Nam, Số 47 (9-2018), Trang 72-86.
- [7] Nguyễn Anh Tiến (2017). *Hồ sơ sáng chế Đê ngầm giảm sóng liên kết gài răng lược lắp ghép chống xói lở bảo vệ bờ biển*. Công báo sở hữu công nghiệp, Cục Sở hữu Trí tuệ, Tập A, Số 348, Trang 396.
- [8] Nguyễn Anh Tiến và nnk (2017). *Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định bờ biển vùng đồng bằng sông Cửu Long, đoạn từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên*. Đề tài độc lập cấp Nhà nước mã số ĐTĐL.CN-09/17, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Hà Nội.
- [9] Nguyễn Anh Tiến, Trịnh công Dân, Lại Phước Quý, Thiệu Quang Tuấn (2018). *Nghiên cứu xây dựng phương pháp tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm dạng rỗng bằng mô hình vật lý*. Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Thủy Lợi, Viện KHTL Việt Nam, Số 46 (8-2018), Trang 24-34.
- [10] Nguyễn Anh Tiến, Trịnh Công Dân, Thiệu Quang Tuấn, Tô Văn Thanh (2018). *Cơ sở khoa học xây dựng phương pháp tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp*. Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Thủy Lợi, Viện KHTL Việt Nam, Số 46 (8-2018), Trang 81-87.
- [11] Nguyễn Việt Tiến (2015). *Nghiên cứu hiệu quả của đê ngầm đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng tác động vào bờ biển Việt Nam*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường đại học Thủy lợi, Hà Nội.
- [12] Van der Meer, J.W., Briganti, R., Zanuttigh, B., Wang, B., (2005). *Wave transmission and reflection at low-crested structures: design formulae, oblique wave attack and spectral change*. Coastal Engineering, (52) 915-929.