

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO    BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT**  
**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM**  
**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM**

**NGUYỄN ANH TIẾN**

**NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP VÀ ĐÁNH GIÁ  
CHỨC NĂNG GIẢM SÓNG CỦA CÔNG TRÌNH ĐÊ  
RỒNG PHỨC HỢP BẢO VỆ BỜ BIỂN TỪ MŨI CÀ MAU  
ĐẾN HÀ TIÊN**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình thủy**  
**Mã số: 9580202**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIÊN SĨ KỸ THUẬT**

**Thành phố Hồ Chí Minh – Năm 2021**

Công trình được hoàn thành tại: Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS Tô Văn Thanh  
GS.TS Thiều Quang Tuấn

Phản biện 1: PGS.TS. Mai Văn Công

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Thanh Hùng

Phản biện 3: TS. Nguyễn Thế Duy

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án Tiến sĩ cấp Viện họp tại: Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam; Địa chỉ: số 658 Võ Văn Kiệt, Phường 1, Quận 5, Thành phố Hồ Chí Minh.  
vào hồi 08 giờ 30 phút ngày 22 tháng 9 năm 2021.

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

Thư viện Quốc gia Việt Nam.

Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Những năm gần đây vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) của Việt Nam đang phải gồng mình đối mặt với nhiều thách thức lớn, vô cùng khắc nghiệt, do những can thiệp thô bạo phía thượng nguồn sông Mê Kông, phát triển kinh tế nội tại thiếu bền vững, biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng (NBD). Nhiều vấn đề khoa học - công nghệ (KH-CN) mới đặt ra hiện nay, cần phải tập trung nghiên cứu để phát triển bền vững ĐBSCL theo hướng “thuận thiên”, tức là tôn trọng quy luật tự nhiên, tránh can thiệp thô bạo vào thiên nhiên, nhưng cũng không có nghĩa là cam chịu, buông xuôi, mà cần được nhận thức đúng để thích ứng tốt hơn trước BĐKH. Có thể nói, nội hàm của cụm từ “thuận thiên” được xem là quan điểm chỉ đạo xuyên suốt của Chính phủ cho tất cả các bộ, ban, ngành Trung ương và 13 tỉnh, thành phố vùng ĐBSCL, để định hướng phát triển bền vững vùng ĐBSCL thích ứng với BĐKH (*Nghị quyết số 120/NQ-CP ngày 17/11/2017 của Chính phủ về phát triển bền vững đồng bằng sông Cửu Long thích ứng với BĐKH*). Trong đó, đặc biệt là nghiên cứu về các vấn đề bảo vệ môi trường, phòng chống thiên tai, giảm nhẹ các tổn thương, tác động tiêu cực do BĐKH gây ra đối với ĐBSCL. Vì vậy, đề tài luận án với nội dung nghiên cứu đề xuất giải pháp công trình đê giảm sóng (ĐGS) có dạng kết cấu mới, phi truyền thống và cơ sở khoa học đánh giá chức năng giảm sóng cho công trình, để có thể áp dụng một cách hiệu quả giải pháp công trình này cho mục đích giảm sóng bảo vệ bờ biển bùn RNM bị xói lở từ Mũi Cà Mau (MCM) đến Hà Tiên (HT), rất có ý nghĩa khoa học và mang tính cấp thiết hiện nay ở ĐBSCL.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu đề xuất được giải pháp công trình ĐGS có cấu trúc lắp ghép linh hoạt, bằng các cấu kiện bê tông khối rỗng đúc sẵn định hình và xây dựng được phương pháp tính toán truyền sóng cho công trình gắn với điều kiện tự nhiên vùng biển Tây của ĐBSCL.

### 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

*Đối tượng nghiên cứu:* Công trình ĐGS có dạng kết cấu mới và cơ chế tiêu hao năng lượng sóng khi truyền qua công trình.

*Phạm vi nghiên cứu:* ĐGS ngầm dạng rỗng bố trí thêm hệ cọc trên đỉnh đê ngầm (trong luận án gọi là công trình đê rỗng phức hợp), công trình xây dựng trên bãi biển bùn phía trước đại RNM bị xói lở từ MCM đến HT ở ĐBSCL.

#### **4. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu**

*Các tiếp cận:* Luận án lựa chọn cách tiếp cận tổng hợp bao gồm: (1) Tiếp cận hệ sinh thái/dựa trên hệ sinh thái; (2) Tiếp cận từ thực tiễn ứng dụng các công trình giảm sóng thử nghiệm tại VNC; (3) Tiếp cận kế thừa có chọn lọc từ các thành tựu nghiên cứu của thế giới và trong nước có liên quan về hệ số truyền sóng của công trình ĐGS và hệ cọc giảm sóng (ĐGS cọc).

*Phương pháp nghiên cứu:* (1) Phương pháp nghiên cứu tổng quan; (2) Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm MHVL kết hợp lý thuyết năng lượng sóng; (3) Phương pháp chuyên gia; (4) Phương pháp nghiên cứu ứng dụng.

#### **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án**

Nghiên cứu luận án đã phân tích, xác định được mức độ ảnh hưởng của các tham số chi phối cơ bản và xây dựng được phương pháp tính toán truyền sóng qua công trình ĐGS có dạng kết cấu mới, phi truyền thống. Trong nghiên cứu, đã vận dụng một cách sáng tạo giữa lý thuyết với nghiên cứu thực nghiệm, kết quả nghiên cứu bảo đảm độ tin cậy, phạm vi ứng dụng xác định rõ ràng. Có thể nói, cho đến nay cơ sở khoa học đánh giá chức năng giảm sóng cho loại công trình đề rộng phức hợp này chưa được thế giới hay trong nước đề xuất và nghiên cứu một cách đầy đủ.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp công trình đề rộng phức hợp, là sự kết hợp giữa công trình ĐGS đỉnh thấp với hệ cọc trụ tròn bên trên đỉnh dề, công trình có tính năng giảm sóng linh hoạt, cơ chế tiêu giảm sóng thuận theo tự nhiên như cây ngập mặn ven biển, giảm thiểu được các tác động tiêu cực đến hệ sinh thái RNM ven biển. Có thể nói, giải pháp công trình đề rộng phức hợp này đáp ứng khá đầy đủ được các tiêu chí đa mục tiêu của một giải pháp KH-CN bảo vệ bờ biển cho VNC, hoàn toàn khả thi khi xem xét ứng dụng vào thực tiễn cho mục đích giảm sóng bảo vệ bờ biển bùn RNM bị xói lở từ MCM đến HT, đáp ứng yêu cầu thực tế bức xúc là tình trạng xói lở bờ biển và suy thoái hệ sinh thái RNM tại vùng kinh tế trọng điểm miền Tây Nam bộ nói riêng và ĐBSCL nói chung. Đặc biệt hơn là, kết quả nghiên cứu của luận án đã ứng dụng để tính toán, lựa chọn phương án công trình đề rộng phức hợp, theo chức năng thiết kế giảm sóng hỗ trợ trồng cây ngập mặn ven biển (công trình thử nghiệm của Đề tài cấp Quốc gia, mã số ĐTĐL.CN-09/17).

#### **6. Những đóng góp mới của luận án**

1- Nghiên cứu đề xuất được giải pháp công trình đề rộng phức hợp, lắp ghép linh hoạt bằng các cấu kiện bê tông đúc sẵn định hình (xem

Hình 2.2a). Trong đó, phần khối đế là một thân đê ngầm rộng, tiêu hao năng lượng sóng thông qua quá trình sóng vỡ, ma sát và dòng chảy thân đê (xem Hình 2.2b), phần hệ cọc bên trên đỉnh đê ngầm tiêu hao năng lượng sóng nhờ công của lực cản (xem Hình 2.2c). Tính mới và trình độ sáng tạo của giải pháp công trình chính là việc bố trí linh hoạt thêm hệ cọc bên trên đỉnh đê ngầm để tăng hiệu quả giảm sóng của đê ngầm, nhưng không ngăn cản hoàn toàn sự lưu thông của nước qua tuyến đê, giúp duy trì các quá trình trao đổi chất, trao đổi nước bên trong và ngoài tuyến đê, giảm thiểu các tác động xấu đến môi trường tự nhiên vùng phụ cận, đồng thời còn có khả năng gây bồi, tạo bãi, hỗ trợ bảo tồn hay tái sinh hệ sinh thái RNM phía biển Tây của ĐBSCL, kết cấu công trình phù hợp với địa chất nền bùn mềm yếu khả năng chịu tải kém, thi công lắp đặt nhanh, giá thành hợp lý, có khả năng luân chuyển tái sử dụng (xem Hình 2.2).

2- Xây dựng được phương pháp và thiết lập được công thức tổng quát dạng bán thực nghiệm lượng hóa hệ số truyền sóng của công trình gắn với điều kiện tự nhiên vùng biển Tây của ĐBSCL.

$$K_t = \sqrt{K_t^{02} - 0,94 \cdot D_{pr}}$$

$K_t^0$  là hệ số truyền sóng của thân đê ngầm rộng không cọc:

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

$D_{pr}$  là thành phần năng lượng sóng tương đối tiêu hao bởi hệ cọc:

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

Hoặc khi sử dụng giá trị  $T_p$  thay vì  $T_{m-1,0}$  (tức là  $L_p$  thay vì  $L_m$ ) thì  $D_{pr}$  xác định theo công thức như sau:

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

Giới hạn phạm vi ứng dụng theo điều kiện thí nghiệm:  $0 \leq R_c/H_{m0,i} \leq 2,459$ ;  $0,713 \leq B/H_{m0,i} \leq 3,803$ ;  $0,020 \leq s_m \leq 0,047$ ;  $1,0 \leq (R_c+H_{m0,i})/H_{m0,i} \leq 3,459$ ;  $0,010 \leq X_b/L_m \leq 0,087$ ;  $0,012 \leq X_b/L_p \leq 0,118$ ;  $0 \leq R_c < H_{m0,i}$ .

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ CHỨC NĂNG GIẢM SÓNG BẢO VỆ BỜ BIỂN CỦA CÔNG TRÌNH ĐÊ GIẢM SÓNG**

### **1.1. Giới thiệu chung**

ĐGS được nhiều quốc gia có trình độ KH-CN biển phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Úc, Brazil, Canada, Pháp, Anh, Ý, Tây Ban Nha,... sử dụng để bảo vệ bờ biển. Trong đó, Mỹ là quốc gia xây dựng ĐGS sớm nhất từ năm 1905, với dự án có tên là Venice dài 183m thuộc bang California, đến năm 1993 đã có 23 dự án với tổng chiều dài hơn 17,2km ĐGS được xây dựng để bảo vệ bờ biển, tôn tạo bãi biển ở các bang California, Florida, Hawaii,... (John B. Herbich, 1999). Tại Châu Âu, theo nghiên cứu của dự án DELOS (1998-2002) đã khẳng định ĐGS mang lại hiệu quả vượt trội so với các giải pháp công trình truyền thống như kè biển, mỏ hàn biển hay đê chắn sóng, minh chứng là số lượng ĐGS đã xây dựng chiếm tỉ lệ rất cao lên tới 66% ( $\approx 1.245$  ĐGS). Tại Châu Á, Nhật Bản là quốc gia xây dựng nhiều ĐGS nhất thế giới, tính đến năm 1996 đã có 7.371 ĐGS xây dựng với tổng chiều dài lên tới 837km (John B. Herbich, 1999), (John R.C. Hsu và nnk, 1999). Một vài quốc gia khác ở Châu Á như Trung Quốc, Ấn Độ,... cũng sử dụng ĐGS để bảo vệ bờ biển, song còn rất hạn chế về số lượng và qui mô (Luong Phuong Hieu, 2016). Việt Nam cũng đang thử nghiệm một số dạng công trình giảm sóng để bảo vệ đê biển, bờ biển, RNM bị xói lở như: (i) ĐGS kết cấu khối Tetrapod tại Nam Định và Hải Phòng (Luong Phuong Hieu và nnk, 2016); (ii) ĐGS dạng cọc bê tông ly tâm lõi chèn đá hộc tại Cà Mau và Bạc Liêu (Nguyễn Hữu Nhân, 2014), (Luong Văn Thanh và nnk, 2012); (iii) ĐGS dạng bán nguyệt (đê trụ rồng) tại Cà Mau; (iv) ĐGS bê tông cốt phi kim tại Cà Mau (Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Cà Mau, 2018), (Tổng cục Phòng chống Thiên tai, 2018); (v) ĐGS bằng túi Geotube tại Bình Thuận, BR-VT, Tiền Giang, Trà Vinh, Bạc Liêu, Cà Mau (Phạm Văn Long, 2104); (vi) Kè giảm sóng rọ đá hộc, cừ bản nhựa, cừ tràm tại Cà Mau (Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Cà Mau, 2018); (vii) Giảm sóng bằng hàng rào cọc tre tại Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau, Kiên Giang (Trịnh Văn Hạnh, 2014), (Schmitt và nnk, 2013), (Von Lieberman, 2011). Tuy nhiên, các công trình thử nghiệm thường có qui mô khá nhỏ, chủ yếu để xử lý khẩn cấp tại những vị trí xói lở cục bộ có tính xung yếu, nhưng một số trường hợp sau khi xây dựng công trình kém bền vững, hiệu quả giảm sóng chưa rõ rệt, khả năng nhân rộng mô hình còn hạn chế (Lê Thanh Chương và nnk, 2018), (Tổng cục Phòng chống Thiên tai, 2018). Bởi vì, trong bước lập thiết kế, còn thiếu cơ sở khoa học rõ ràng và lý luận thiết kế đánh giá chức năng giảm sóng của công trình, hoặc khi vận dụng các giải pháp KH-CN bảo vệ bờ biển, tôn

tạo bãi biển của thế giới hiện nay, tuy có đủ cơ sở khoa học và lý luận thiết kế lại ít coi trọng đến giới hạn ứng dụng của nghiên cứu.

## 1.2. Chức năng giảm sóng của công trình ĐGS

Sóng tới truyền vuông góc với bờ qua công trình ĐGS, chiều cao sóng bị suy giảm do năng lượng sóng bị tiêu tán. Các yếu tố chi phối quá trình tiêu hao năng lượng sóng là tính chất sóng tới, độ sâu nước, thông số hình học và cấu trúc vật liệu của công trình.

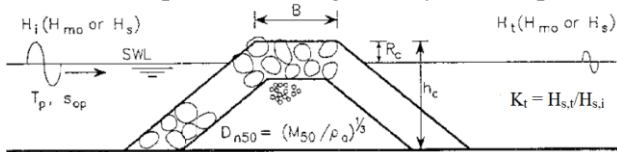
Chức năng giảm sóng của công trình ĐGS được đánh giá thông qua hệ số truyền sóng ( $K_t$ ) là tỉ số giữa chiều cao sóng truyền phía sau công trình ( $H_{s,t}$ ) với chiều cao sóng tới trước công trình ( $H_{s,i}$ ) có dạng như sau:

$$K_t = \frac{H_{s,t}}{H_{s,i}} \quad 1-1$$

Hoặc hệ số truyền năng lượng sóng ( $K_E$ ) như sau:

$$K_E = \frac{E_t}{E_i} = \frac{H_{s,t}^2}{H_{s,i}^2} = K_t^2 \quad (\text{với } E = \frac{1}{8} \rho g H_s^2) \quad 1-2$$

trong đó:  $H_s$  chiều cao sóng nói chung, tùy theo phương pháp phân tích  $H_s$  có thể là  $H_{1/3}$  (phân tích thống kê) hay là  $H_{m0}$  (phân tích phổ).



Hình 1-1. Các thông số cơ bản ảnh hưởng đến  $K_t$ .

Mỗi loại ĐGS khác nhau sẽ có hiệu quả giảm sóng đạt được theo chức năng thiết kế khác nhau (đặc biệt là đối với loại ĐGS có dạng kết cấu mới phi truyền thống), nói cách khác  $K_t$  trong chức năng bảo vệ bờ biển sẽ không giống nhau đối với từng loại ĐGS. Sau đây, luận án sẽ tổng quan một số nghiên cứu điển hình có liên quan về đánh giá chức năng giảm sóng của công trình ĐGS, với sự tập trung chủ yếu cho các nghiên cứu về  $K_t$  của ĐGS có tiết diện ngang hình thang, chữ nhật, tường đứng (gọi chung là ĐGS) và hệ cọc giảm sóng có tiết diện ngang hình tròn (gọi là ĐGS cọc).

## 1.2. Tình hình nghiên cứu trên thế giới

### 1.2.1. Nghiên cứu cho công trình ĐGS

Nghiên cứu sớm nhất về  $K_t$  được thực hiện bởi các nhà khoa học Mỹ và Nhật Bản như Johnson và nnk, 1951; Goda và Ippen, 1963; Goda và nnk, 1969; Iwasaki và Numata, 1969; Cross và Sollitt, 1972; Numata, 1975; Tanaka, 1976 (Tomasichio và D'Alessandro, 2013).

Tuy nhiên, phải sau năm 1980 mới được nghiên cứu chuyên sâu, tiêu biểu nhất là dự án DELOS (1998-2002) (<http://www.delos.unibo.it/>). Nhìn chung, các nghiên cứu thực hiện kỳ trước thời năm 1980 thường thực nghiệm với sóng đều truyền qua ĐGS có cấu trúc hình học khá đơn giản (trường mỏng, trường đứng chữ nhật, hình thang mái nhọn), số lượng thí nghiệm rất hạn chế, kết quả nghiên cứu đạt được mang ý nghĩa về mặt khoa học là chính, ít có tính ứng dụng thực tiễn, do chưa đánh giá đầy đủ được các tham số cơ bản mang tính chi phối đến quá trình truyền sóng. Thời kỳ từ năm 1980 đến nay, đặc biệt là sau dự án DELOS (1998-2002), có nhiều nghiên cứu được thực hiện rất công phu trên cơ sở bộ số liệu thực nghiệm tổng hợp từ rất nhiều nghiên cứu khác nhau, được thí nghiệm trên nhiều máng sóng với nhiều tỉ lệ mô hình, các thông số thí nghiệm như sóng ngẫu nhiên, cấu trúc và hình dạng của công trình trong mô hình đảm bảo tiệm cận với điều kiện thực trong nguyên hình. Nghiên cứu thông qua bộ số liệu thực nghiệm MHVL để phân tích, đánh giá, xác định các tham số chi phối cơ bản đến quá trình truyền sóng (tham số phi thứ nguyên như  $R_c/H_{s,i}$ ;  $B/H_{s,i}$ ;  $B/L_p$ ;  $\xi_{op}$ ;  $H_{s,i}/D_{n50}$ ;  $H_{s,i}/h$ ;  $s_{op}$ ) để đưa ra các nhận xét, xây dựng các biểu đồ thực nghiệm hay công thức thực nghiệm, bản thực nghiệm về  $K_t$  cho từng loại công trình ĐGS cụ thể, với giới hạn áp dụng riêng của từng nghiên cứu. Trong đó, tiêu biểu nhất là hai nghiên cứu của *d'Angremond và nnk, 1996* và *Van der Meer và nnk, 2005*, đã dựa trên bộ số liệu thực nghiệm MHVL được tổng hợp và chuẩn hóa của nhiều nghiên cứu, xem xét đầy đủ các tham số chi phối chính đến quá trình truyền sóng như độ ngập sâu tương đối ( $R_c/H_s$ ), bề rộng tương đối ( $B/H_s$ ) và tham số sóng vỡ ( $\xi_{op}$ ) đặc trưng cho tương tác giữa sóng tới với mái công trình, phản ảnh cơ bản đúng bản chất vật lý quá trình tiêu hao năng lượng sóng truyền qua công trình ĐGS, kết quả tính toán  $K_t$  có độ chính xác và khả năng ứng dụng thực tiễn rất cao (*Tomasicchio và D'Alessandro, 2013*). Đây là cơ sở khoa học để luận án tham khảo để xây dựng công thức thực nghiệm tính  $K_t$  cho thân đê ngầm rộng không cọc (thành phần năng lượng sóng tiêu hao do phần thân đê ngầm rộng không cọc).

### **1.2.2. Nghiên cứu cho công trình ĐGS cọc**

ĐGS cọc được xem là một dạng biến thể của công trình ĐGS trình bày trong nội dung “1.2.1. Nghiên cứu cho công trình ĐGS” trên đây. Nghiên cứu đánh giá chức năng giảm sóng cho ĐGS cọc cũng được quan tâm và thực hiện đồng thời với công trình ĐGS, như nghiên cứu của *Costello, 1951*; *Wiegel, (1960, 1961)*; *Hayashi và Kano, 1966*; *Hayashi và nnk, 1968*; *Truitt và Herbich, 1987*;

*Herbich và Douglas, 1988; Koftis và nnk, 2012; Sonia và nnk, 2015, v.v.* Mục đích của việc nghiên cứu và ứng dụng ĐGS cọc nhằm khắc phục tình trạng khan hiếm nguồn đá tự nhiên ở nhiều quốc gia (thay thế cho kết cấu đá đổ của ĐGS). Ngoài ra, ĐGS cọc còn được đánh giá là giải pháp kỹ thuật giảm thiểu rất tốt các tác động xấu do sóng phản xạ gây ra phía trước công trình, hỗ trợ duy trì chất lượng môi trường nước phía sau công trình (*Norzana và Faridah, 2012*). Các nghiên cứu về ĐGS cọc thường thực hiện phân tích, đánh giá, xác định mối tương quan giữa các thông số thủy-hải văn (đặc trưng sóng tới, độ sâu ngập nước) và đặc trưng hình học của hệ cọc (tiết diện cọc, độ hở giữa các cọc trong hàng, khoảng cách giữa các hàng cọc, số hàng cọc, bố trí hệ cọc) ảnh hưởng đến  $K_t$ . Luận án tham khảo nghiên cứu của *Herbich và Douglas, 1988; Koftis và nnk, 2012* và *Sonia và nnk, 2015* đề định hướng cho việc đề xuất giải pháp công trình đề rộng phức hợp và phương pháp bố trí hệ cọc bên.

### **1.3. Tình hình nghiên cứu ở Việt Nam**

Số lượng nghiên cứu về công trình ĐGS nói chung còn ở mức hạn chế, đối tượng nghiên cứu ít có sự khác biệt so với thế giới, chỉ khác biệt về phạm vi nghiên cứu gắn với điều kiện vùng miền cụ thể, kết quả nghiên cứu đạt được về mặt khoa học nhìn chung khá tốt, nhưng khả năng ứng dụng thực tiễn còn chưa cao. Tuy nhiên, luận án hoàn toàn có thể tham khảo các nghiên cứu hiện nay để nghiên cứu đề xuất giải pháp công trình ĐGS ứng dụng thích hợp cho VNC, ví dụ như tham khảo nghiên cứu của *Schmitt và nnk, 2013* về hiệu quả giảm sóng và những hạn chế cần khắc phục của hàng rào cọc tre, hay nghiên cứu của *Nguyễn Tuấn Anh, 2019* để nghiên cứu đề xuất dạng công trình có tính năng giảm sóng gần tương tự như cây ngập mặn, hay có thể tham khảo các nghiên cứu thực nghiệm trên MHVL mảng sóng như của *Nguyễn Khắc Nghĩa và nnk, 2013; Nguyễn Thành Trung, 2014; Nguyễn Việt Tiến, 2015; Doãn Tiến Hà, 2015; Thiều Quang Tuấn và nnk, 2018* hay *AFD và Viện KHTLMN (2016-2018)*.

**Tóm lại:** Cho đến nay trên thế giới và trong nước hầu như chưa có nghiên cứu đầy đủ về đánh giá chức năng giảm sóng cho dạng công trình đề ngầm kết hợp với hệ cọc bên trên. Vì vậy, luận án nghiên cứu đề xuất giải pháp công trình đề rộng phức hợp và xây dựng cơ sở khoa học đánh giá chức năng giảm sóng cho loại công trình này gắn với điều kiện tự nhiên đặc thù vùng biển phía Tây của ĐBSCL là rất phù hợp và cần thiết.

## CHƯƠNG 2. CƠ SỞ KHOA HỌC NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CÔNG TRÌNH ĐỀ RỘNG PHỨC HỢP

### 2.1. Tổng quan về vùng nghiên cứu

VNC có dải bờ biển dài hơn 350km từ MCM đến HT. Địa hình bờ biển khá thấp so với mặt nước biển, dạng trầm tích bãi triều bao quanh RNM và kéo dài ra biển, bao gồm đới gian triều (hay bãi bồi) và đới dưới triều (hay bãi bồi ngầm). Địa mạo của nó có nguồn gốc biển, bề mặt tích tụ do tác động của dòng dọc bờ. Địa chất bề mặt chủ yếu là bùn-sét mềm yếu, khả năng chịu tải trọng kém, rất dễ bị sụt lún hay xói lở do tác động xâm thực của sóng biển vào MGTN. Trên bề mặt dọc theo dải ven bờ có hệ sinh thái RNM rất phong phú và đa dạng. Chế độ thủy-hải vẫn chịu sự chi phối trực tiếp của chế độ gió mùa và địa hình đới bờ. Dòng chảy chịu ảnh hưởng của dòng chảy sông và dòng triều. Chế độ triều hỗn hợp thiên về nhật triều không đều, biên độ triều tối đa chỉ đạt  $(1,10 \pm 0,1)m$ .

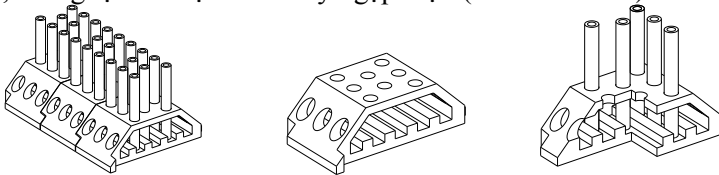


Hình 2-1: Vị trí địa lý VNC.

### 2.2. Nghiên cứu đề xuất giải pháp công trình đề rộng phức hợp

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu tổng quan và tổng kết thực tiễn, hướng nghiên cứu đề xuất giải pháp công trình ứng dụng thích hợp cho mục đích giảm sóng bảo vệ bờ biển bùn RNM tại VNC đáp ứng được các tiêu chí sau đây: (i) Công trình có tính năng giảm sóng linh hoạt, không được ngăn cản hoàn toàn sự lưu thông của nước qua tuyến đê, phải giúp duy trì các quá trình trao đổi chất, trao đổi nước bên trong và ngoài tuyến đê, giảm thiểu được các tác động xấu đến môi trường sinh thái của tuyến đê, đồng thời có khả năng gây bồi, tạo bãi, khôi phục vùng RNM sau đê; (ii) Công trình phù hợp với điều kiện tự nhiên về chế độ thủy-hải văn của VNC, phù hợp với địa chất nền bùn mềm yếu, sản xuất cấu kiện và thi công lắp đặt dễ dàng ngoài hiện trường, thời gian thi công nhanh, độ bền cao, duy tu bảo dưỡng thuận lợi, giá thành xây dựng hợp lý, có khả năng luân chuyển tái sử dụng. Luận án nghiên cứu đề xuất giải pháp công trình DGS có dạng lắp ghép bằng các cấu kiện bê tông đúc sẵn định hình,

đó là ĐGS ngầm dạng rỗng bố trí thêm hệ cọc bên trên đỉnh đê ngầm để tăng hiệu quả giảm sóng của công trình trong chức năng bảo vệ bờ biển bùn RNM (trong luận án gọi là **Công trình đê rỗng phức hợp**). Chức năng giảm sóng của công trình được xem như bán tự nhiên, mô phỏng theo nguyên lý giảm sóng của cây ngập mặn ven biển. Trong đó, phần hệ cọc lắp ghép linh hoạt trên đỉnh đê ngầm, ngoài chức năng chính làm tăng thêm hiệu quả giảm sóng của đê ngầm, đồng thời tạo ra hệ thống các khe hở đứng bảo đảm cho phép mọi sóng tới và thủy triều có thể truyền xuyên qua, hệ cọc có vai trò cản sóng tương tự như thân cây ngập mặn ven biển, quá trình tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc nhờ công của lực cản. Phần khối đế là một thân đê ngầm rỗng, ngoài tác dụng chính tiêu hao năng lượng sóng thông qua quá trình sóng vỡ, ma sát và dòng chảy thân đê, còn có vai trò ngăn và giữ dòng bùn cát dịch chuyển ngược trở ra phía biển, tương tự như bộ rễ của cây ngập mặn (xem Hình 2-2).



a) Công trình đê rỗng phức hợp (tổng quát).      b) Thân đê ngầm rỗng không cọc.      c) Hệ cọc trụ tròn lắp ghép bên trên.

Hình 2-2. Công trình đê rỗng phức hợp (trường hợp 3 hàng cọc).

Cấu tạo của một phân đoạn công trình đê rỗng phức hợp hoàn chỉnh có 3 đơn nguyên lắp ghép với nhau (xem Hình 2-2a). Trong mỗi đơn nguyên độc lập gồm có: phần thân đê ngầm rỗng (xem Hình 2-2b) và phần hệ cọc trụ tròn lắp ghép bên trên đỉnh đê ngầm (xem Hình 2-2c). Bản chất kỹ thuật của giải pháp công trình đê rỗng phức hợp là việc cho phép lắp ghép linh hoạt hệ cọc trụ tròn vào thân đê ngầm rỗng. Hệ cọc lắp ghép linh hoạt có thể là 1, 2, 3 hay nhiều hàng cọc, bố trí theo qui luật hình hoa mai. Tùy theo yêu cầu cần giảm chiều cao sóng, chiều cao các hàng cọc cũng hoàn toàn linh hoạt có thể bằng hoặc không bằng nhau, ví dụ hàng cọc trực diện với sóng biển có thể cao hơn các hàng cọc phía sau để tiết kiệm vật liệu. Điểm đặc biệt của việc bố trí sẵn các hàng lỗ trên đỉnh đê ngầm rỗng, sẽ cho phép linh hoạt lắp ghép bổ sung thêm hay giảm bớt các hàng cọc khi cần giảm hay tăng chiều cao sóng, hoặc khi cần điều chỉnh tăng chiều cao cọc hoàn toàn có thể thay thế bằng hệ cọc mới với chiều cao thích hợp, hoặc khi cần di dời công trình ra xa hơn để lấn biển hay đến vị trí khác hoàn toàn có thể tái sử dụng lại hệ cọc cũ. Tính

mới và trình độ sáng tạo của giải pháp công trình này chính là chức năng giảm sóng linh hoạt và khả năng hỗ trợ duy trì chất lượng môi trường nước phía sau công trình, để nuôi dưỡng và tái sinh hệ sinh thái RNM thông qua hệ thống các khe hở đứng của hệ cọc bên trên. Hay nói khác là thành phần chất lượng nước nuôi dưỡng cây ngập mặn hầu như không bị ảnh hưởng bởi công trình, giảm thiểu tối đa được các tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái tự nhiên.

Trong nghiên cứu này sẽ tập trung xây dựng cơ sở khoa học đánh giá chức năng giảm sóng của công trình đề rộng phức hợp có các đặc trưng hình học theo cấu tạo như sau: Thân đê ngầm rộng có tiết diện ngang hình thang cân, mái nhẵn, hệ số mái  $m = 1$ , lỗ rỗng trên mái đê chiếm 14% diện tích mái. Hệ cọc bên trên đỉnh đê ngầm bố trí theo dạng hình hoa mai, qui luật khoảng cách giữa các cọc trong một hàng bằng khoảng cách các hàng cọc và bằng kích thước đường kính cọc 30cm. Nghiên cứu với 4 trường hợp hệ cọc bên trên là  $B = 1,68m \sim 2$  hàng cọc;  $B = 2,28m \sim 3$  hàng cọc;  $B = 2,88m \sim 4$  hàng cọc;  $B = 3,48m \sim 5$  hàng cọc. Nghiên cứu không xem xét trường hợp cao trình đỉnh đê ngầm cao hơn mực nước tính toán và cao trình đỉnh hệ cọc thấp hơn mực nước tính toán.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu trên MHVL

#### 2.3.1. Lý thuyết tương tự và tỷ lệ mô hình

Với mô hình sóng ngắn, mô hình cần được làm chính thái, tức là khi tỷ lệ chiều dài  $\lambda_L$  bằng với tỷ lệ chiều cao  $\lambda_h$ , để có sự tương tự về động học và động lực sóng. Các tỷ lệ của mô hình cần tuân thủ định luật tương tự Froude. Trong luận án này tỷ lệ mô hình lựa chọn để nghiên cứu là  $\lambda_L = \lambda_h = 15$ , tương quan tỷ lệ của một số đại lượng vật lý cơ bản theo luật Froude (xem Bảng 2-1).

*Bảng 2-1. Tương quan tỷ lệ của một số đại lượng vật lý cơ bản.*

Đại lượng	Thứ nguyên	Tương quan	Giá trị
Độ dài	[L]	$\lambda_L$	15
Chiều cao	[L]	$\lambda_h = \lambda_L$	15
Thời gian	[T]	$\lambda_t = \sqrt{\lambda_l}$	3,873

#### 2.3.2. Ứng dụng phương pháp phân tích thứ nguyên thiết lập các phương trình tổng quát (lý thuyết PI-BUCKINGHAM)

Luận án sử dụng lý thuyết PI-BUCKINGHAM (Định lý PI) để thiết lập các phương trình tổng quát thể hiện quan hệ giữa các tham số chi phối cơ bản tổ hợp dưới dạng các đại lượng phi thứ nguyên với hệ số truyền sóng  $K$ . Đây chính là cơ sở cho việc thiết kế các chuỗi thí

nghiệm phục vụ cho việc phân tích kết quả, dẫn tới các công thức thực nghiệm và bán thực nghiệm về  $K_t$ .

a. Hàm tổng quát của hệ số truyền sóng qua thân đê ngầm rộng không cọc:

$$K_t^0 = f_1 \left( \frac{R_c}{H_{m0,i}}, \frac{B}{H_{m0,i}}, \frac{H_{m0,i}}{L_m} \right) \quad 2-1$$

b. Hàm tổng quát miêu tả sự tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc:

$$D_{pr} = f_2 \left( \frac{R_c}{H_{m0,i}}, \frac{X_b}{L}, \frac{H_{m0,i}}{L} \right) \quad 2-2$$

Các biểu thức PT.(2-1) và PT.(2-2) thể hiện giữa các tham số chi phối đến quá trình truyền sóng qua công trình, sẽ được cụ thể hóa ở trong Chương 3 dựa trên kết quả của các thí nghiệm MHVL.

### 2.3. Các yếu tố thủy động lực trong nguyên hình và mô hình

Bảng 2-2. Các yếu tố thủy động lực trong nguyên hình và mô hình.

TT	Nguyên hình			Mô hình			Ghi chú
	$H_{m0,i}$	$T_{m-1,0}$	$R_c$	$H_{m0,i}$	$T_{m-1,0}$	$R_c$	
1	1,05m	4,38s	0m; 0,75m; 1,50m; 2,25m	0,07m	1,13s	0m; 0,05m; 0,10m; 0,15m	- $\lambda_L = 15$ . - Tiêu chuẩn Froude. - 4 độ ngập $R_c$
2	1,05m	5,19s		0,07m	1,34s		
3	1,50m	5,23s		0,10m	1,35s		
4	1,50m	6,20s		0,10m	1,60s		
5	1,80m	5,73s		0,12m	1,48s		
6	1,80m	6,78s		0,12m	1,75s		
7	2,10m	6,20s		0,14m	1,60s		
8	2,10m	7,32s		0,14m	1,89s		
9	2,40m	6,62s		0,16m	1,71s		
10	2,40m	7,86s		0,16m	2,03s		

### 2.4. Thiết kế thí nghiệm

Để xây dựng được công thức bán thực nghiệm tính  $K_t$  của công trình đê rộng phức hợp (xem Nội dung 2.3.2). Ma trận 300 kịch bản thí nghiệm MHVL cần phải thực hiện - xem Bảng 2-3 sau đây.

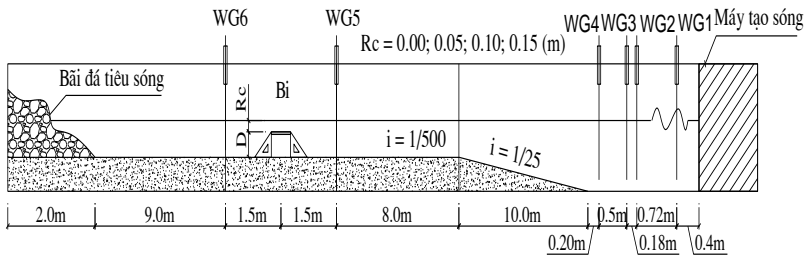
Bảng 2-3. Tổng hợp các kịch bản thí nghiệm MHVL.

Kịch bản thí nghiệm	HT	Thân đê ngầm rộng không cọc và Công trình đê rộng phức hợp								Độ ngập $R_c$
	B=0	B=0,112m		B=0,152m		B=0,192m		B=0,232m		
	$n_c$	$n_c$		$n_c$		$n_c$		$n_c$		
	0	0	2	0	3	0	4	0	5	
H07T113	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H07T134	x		x	x	x		x		x	

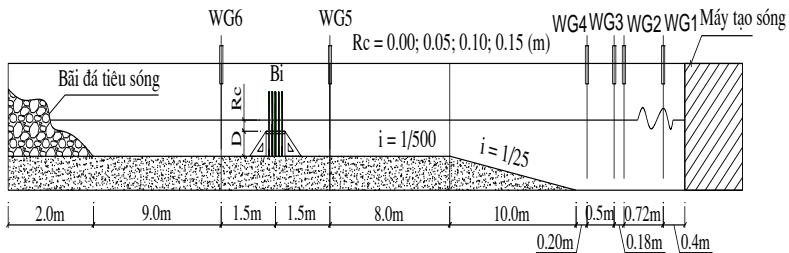
H10T135	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0; 0,05; 0,10; 0,15
H10T160	x		x	x	x		x		x	
H12T148	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
H12T175	x		x	x	x		x		x	
H14T160	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
H14T189	x		x	x	x		x		x	
H16T171	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
H16T203	x		x	x	x		x		x	
<b>Tổng số</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>300</b>

## 2.5. Sơ đồ thí nghiệm MHVL

Đề đo đặc các thông số sóng bố trí 5 đầu đo phía trước (WG1, 2, 3, 4, 5) và 1 đầu đo phía sau công trình (WG6) (xem Hình 2-3).



a. Trường hợp thân đê ngầm rộng không cọc.



b. Trường hợp công trình đê rộng phức hợp.

Hình 2-3. Sơ đồ thí nghiệm MHVL.

Thí nghiệm được tiến hành với sóng ngẫu nhiên phổ JONSWAP dạng chuẩn, bảo đảm phù hợp với đặc trưng sóng tại VNC và thiết bị thí nghiệm. Thời gian thực hiện thí nghiệm  $t = 500 \times T_p + 300s = (865 \div 1.315)s$ , bảo đảm > 500 con sóng để bảo đảm dải tần số cơ bản của phổ sóng yêu cầu được tạo ra một cách hoàn chỉnh.

## 2.6. Cơ sở khoa học đánh giá chức năng giảm sóng cho công trình đê rộng phức hợp

Phương trình cân bằng năng lượng sóng trung bình viết cho một tia sóng truyền vào bờ có thể được viết thành dạng như sau:

$$\frac{\partial(E \cdot c_g \cdot \cos\phi)}{\partial x} = - \sum_{i=1}^{i=n} D_i \quad 2-3$$

trong đó:  $\phi$  là góc truyền sóng (so với phương pháp tuyến của đường bờ  $x$ ,  $x$  có chiều hướng ra phía biển).

Xét trường hợp sóng truyền vuông góc với bờ ( $\phi = 0^\circ$ ) thì PT.(2-3) có thể viết thành dạng như sau:

$$\frac{\partial(E \cdot c_g)}{\partial x} = - \sum_{i=1}^{i=n} D_i \quad 2-4$$

$$\text{với } E = \frac{1}{8} \rho g H_s^2 \quad \text{và } c_g = \frac{c}{2} \left( 1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right)$$

Áp dụng PT.(2-4) thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng của sóng ngẫu nhiên truyền vuông góc với bờ qua công trình (trường hợp thân đê ngầm rộng không cọc và đê rộng phức hợp). Trong đó, vế phải của PT.(2-4) là các thành năng lượng sóng bị tiêu hao do thân đê ngầm rộng không cọc, ma sát đáy, sức cản của hệ cọc, từ đó chúng ta sẽ xây dựng được công thức bán thực nghiệm tính toán xác định  $K_t$  cho dạng công trình đê rộng phức hợp (xem Chương 3).

### **CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TRUYỀN SÓNG CHO CÔNG TRÌNH ĐÊ RỘNG PHỨC HỢP**

#### **3.1. Đặt vấn đề**

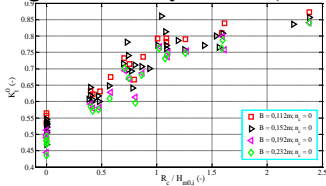
Công trình đê rộng phức hợp có cấu tạo gồm phần thân đê ngầm rộng tiêu hao năng lượng sóng thông qua quá trình sóng vỡ, phản xạ, ma sát và dòng chảy thân đê, phần hệ cọc bên trên tiêu hao năng lượng sóng nhờ công của lực cản.

Kết quả nghiên cứu được lập trình bằng ngôn ngữ MATLAB để thực hiện việc phân tích dữ liệu, xây dựng các biểu đồ tương quan, phân tích hồi quy, xây dựng các công thức thực nghiệm và bán thực nghiệm đánh giá chức năng giảm sóng cho công trình đê rộng phức hợp dạng tổng quát.

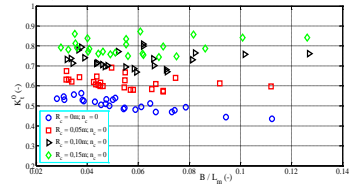
#### **3.2. Truyền sóng qua thân đê ngầm rộng không cọc**

- Nhìn chung  $R_c/H_{m0,i}$  có ảnh hưởng chi phối đến  $K_t^0$ , quan hệ là đồng biến tương tự như các trường hợp đê ngầm giảm sóng khác (xem Hình 3-1). Tuy nhiên, do cấu tạo thân đê rộng nên chỉ cho thấy hiệu quả giảm sóng rõ rệt với độ ngập sâu nhỏ  $R_c/H_{m0,i} < 1$ . Khi  $R_c/H_{m0,i} > 1$  thì  $K_t^0$  tăng rất nhẹ hoặc hầu như là không đổi. Khi  $R_c = 0$  thì đê có hiệu quả giảm sóng tốt nhất với  $K_t^0 = 0,50$  (trung bình).

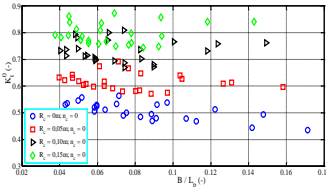
- Ảnh hưởng của bề rộng tương đối  $B/L_m$  hay  $B/L_p$  nhìn chung là yếu hơn so với  $R_c/H_{m0,i}$  (xem Hình 3-2, 3-3 và 3-1). Ảnh hưởng của  $B/L_m$  hay  $B/L_p$  trở nên yếu dần khi  $R_c$  tăng, khi  $R_c = 0,10$  và  $0,15m$  thì  $B/L_m$  hay  $B/L_p$  không ảnh hưởng. Quan hệ là nghịch biến. Việc sử dụng  $B/H_{m0,i}$  thay vì  $B/L_m$  hay  $B/L_p$  cho kết quả tương quan tương tự nhưng ở mức độ yếu hơn (xem Hình 3-4).



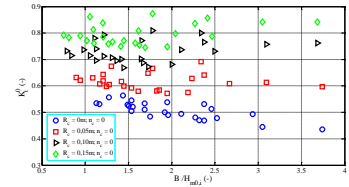
Hình 3-1. Ảnh hưởng của độ ngập sâu tương đối ( $R_c/H_{m0,i}$ ) đến  $K_t^0$ .



Hình 3-2. Ảnh hưởng của bề rộng tương đối  $B/L_m$  đến  $K_t^0$ .

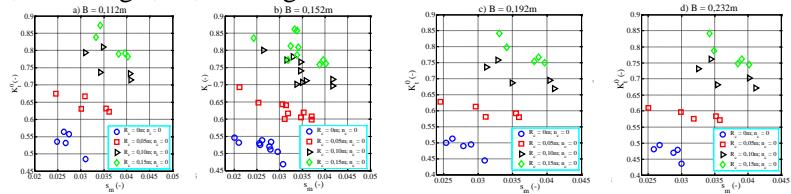


Hình 3-3. Ảnh hưởng của bề rộng tương đối  $B/L_p$  đến  $K_t^0$ .



Hình 3-4. Ảnh hưởng của bề rộng tương đối  $B/H_{m0,i}$  đến  $K_t^0$ .

Thông thường tính chất tương tác sóng với mái dốc thể hiện qua giá trị của số Iribarren  $\xi_{m0}$ . Tuy nhiên, ở đây hệ số mái dề là một hằng số ( $\tan\alpha = 1$ ), do vậy có thể xét tính chất tương tác này thông qua giá trị độ dốc sóng tại vị trí công trình  $s_m$ .

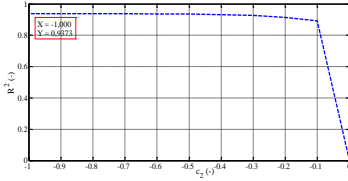


Hình 3-5. Tương quan  $s_m \sim K_t^0$ .

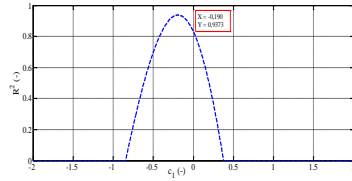
Từ các phân tích ảnh hưởng nêu trên thấy rằng truyền sóng qua thân dề ngầm rộng không cọc chịu sự chi phối chủ yếu của 3 tham số đó là:  $R_c/H_{m0,i}$ ,  $B/H_{m0,i}$ ,  $s_m$ . Tương tự như với các dạng ĐGS ngầm khác, ví dụ của Angremond và nnk, 1996, Van der Meer và nnk, 2005 trình bày trong Chương 1). Như vậy, ta có hệ số truyền sóng qua thân dề ngầm rộng không cọc có dạng:

$$K_t^0 = a \cdot \left( \frac{R_c}{H_{m0,i}} \right) + b \cdot \left( \frac{B}{H_{m0,i}} \right)^{c_1} \cdot \left( 1 - e^{-c_2/\sqrt{s_m}} \right) \quad (3-1)$$

trong đó: Các hệ số  $a$ ,  $b$  (giá trị dương) và các số mũ  $c_1$ ,  $c_2$  (giá trị âm) được xác định bằng phương pháp hồi quy với các số liệu thí nghiệm cho trường hợp thân đê ngầm rộng không cọc (100 thí nghiệm - xem Bảng 2-3).



Hình 3-6. Quan hệ  $c_2 \sim R^2$ .



Hình 3-7. Quan hệ  $c_1 \sim R^2$  (với  $c_2 = -1,0$ ).

Sử dụng phương pháp dò tìm theo các tổ hợp đối với hai số mũ  $c_1$  và  $c_2$  sao để PT.(3-1) phù hợp nhất với các số liệu thí nghiệm, tức là có hệ số hồi quy  $R^2$  lớn nhất. Ứng với mỗi một giá trị  $c_2$  sẽ có một chuỗi các giá trị  $c_1$  được giả thiết để phân tích hồi quy và lựa chọn bộ tham số  $c_1$  và  $c_2$  cho  $R^2$  lớn nhất. Kết quả quan hệ giữa  $c_2$  và  $R^2$  trên Hình 3-6 cho thấy  $R^2$  độ nhạy không lớn khi  $c_2 < 0$ . Khi  $c_2 \leq -1,0$  thì  $R^2$  đạt giá trị cực đại, do đó chọn  $c_2 = -1,0$  để phân tích hồi quy. Với  $c_2$  đã xác định, xem Hình 3-7 thể hiện quan hệ giữa  $c_1$  và  $R^2$  ứng với giá trị  $c_2 = -1,0$ . Kết quả  $c_1 = -0,19$  đem lại giá trị  $R^2$  lớn nhất đạt xấp xỉ 0,94. Sử dụng bộ số mũ  $c_1 = -0,19$  và  $c_2 = -1,0$  xác định được các hằng số thực nghiệm tương ứng là  $a = 0,18$  và  $b = 0,58$ .

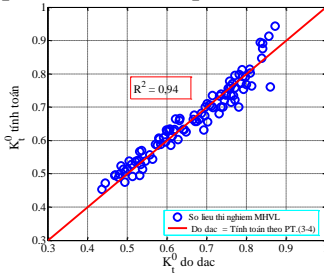
Như vậy PT.(3-3) trên đây được viết lại có dạng như sau:

$$K_t^0 = 0,18 \cdot \left( \frac{R_c}{H_{m0,i}} \right) + 0,58 \cdot \left( \frac{B}{H_{m0,i}} \right)^{-0,19} \cdot \left( 1 - e^{-1/\sqrt{s_m}} \right) \quad (3-2)$$

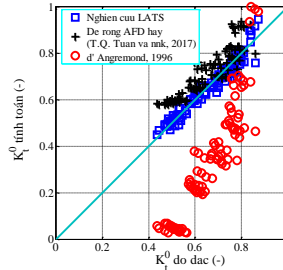
Kết quả so sánh hệ số truyền sóng qua thân đê ngầm rộng không cọc giữa tính toán theo công thức thực nghiệm PT.(3-2) và các số liệu thí nghiệm được thể hiện trên Hình 3-8 với mức độ phù hợp cao ( $R^2 = 0,94$ ). Trong trường hợp không thể xác định  $T_{m-1,0}$  một cách chính xác thì vẫn có thể sử dụng PT.(3-2) với  $s_p$  thay vì  $s_m$  tuy nhiên với độ tin cậy đạt được thấp hơn một chút.

Hình 3-9 so sánh với nghiên cứu của T.Q. Tuan và nnk, 2017 cho trường hợp ĐGS ngầm có kết cấu rộng cho kết quả khá gần với nghiên cứu của luận án. Ngược lại, theo nghiên cứu của d'Angremond và nnk, 1996 cho kết quả đánh giá khá thấp các số liệu thực nghiệm của nghiên cứu, sự khác biệt này có thể lý giải là do đê

ngầm đá đổ mái nghiêng là kết cấu thân thắm rộng với khả năng tiêu giảm năng lượng sóng cao hơn nhiều so với dạng kết cấu rộng bề mặt. Như vậy, với 2 dạng ĐGS ngầm kết cấu rộng bề mặt cho kết quả rất tương đồng, song mức độ tin cậy và phạm vi ứng dụng của công thức PT.(3-2) lớn hơn do đã xem xét đầy đủ được các tham số chi phối chính đến quá trình truyền sóng.



Hình 3-8. So sánh  $K_t^0$  tính toán theo công thức và số liệu thực nghiệm.



Hình 3-9. So sánh  $K_t^0$  tính toán theo công thức và các nghiên cứu trước.

### 3.3. Tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc bên trên

Áp dụng PT.(2-4), ta có PT cân bằng năng lượng của sóng ngẫu nhiên truyền vuông góc với bờ qua công trình đê rộng phức hợp:

$$\frac{\partial(E \cdot c_g)}{\partial x} = -D_d - D_f - D_p \quad (3-3)$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 ; c_g = \frac{c}{2} \left( 1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right) \quad (3-4)$$

trong đó:  $x$  là một độ dài đặc trưng theo phương truyền sóng;  $E$  là tổng năng lượng đơn vị của sóng;  $H_{rms}$  là chiều cao sóng trung bình quân phương trong trường hợp công trình đê rộng phức hợp;  $h$  là độ sâu nước;  $c$  là vận tốc đỉnh sóng;  $c_g$  là vận tốc nhóm sóng;  $D_d$  là suất tiêu hao năng lượng sóng do phần thân đê ngầm rộng không cọc;  $D_f$  là suất tiêu hao năng lượng sóng do ma sát đáy;  $D_p$  là suất tiêu hao năng lượng sóng do sức cản của hệ cọc.

Trong cùng một điều kiện, áp dụng PT.(2-4) cho trường hợp thân đê ngầm rộng không cọc như sau:

$$\frac{\partial(E^{(0)} \cdot c_g)}{\partial x} = -D_d^{(0)} - D_f^{(0)} \quad (3-5)$$

trong đó:  $E^{(0)}$  là năng lượng sóng trong trường hợp thân đê ngầm rộng không cọc;  $D_d^{(0)}$  là suất tiêu hao năng lượng sóng do phần thân đê rộng;  $D_f^{(0)}$  là suất tiêu hao năng lượng sóng do ma sát đáy.

Từ PT.(3-3), PT.(3-4) và PT.(3-5), ta có:

$$\frac{\partial[(E - E^{(0)}) \cdot c_g]}{\partial x} = \left[ (D_d^{(0)} - D_d) + (D_f^{(0)} - D_f) \right] - D_p \quad (3-6)$$

$$= \Delta_p - D_p$$

trong đó:  $\Delta_p$  là tổng phần chênh lệch của suất tiêu hao năng lượng sóng do phần thân đê ngầm rỗng và do ma sát đáy khi đê có hệ cọc và không có hệ cọc.

Với giả thiết năng lượng sóng tiêu hao bởi ma sát và sóng phản xạ là như nhau giữa hai trường hợp đê rỗng phức hợp và đê ngầm rỗng không cọc (theo số liệu thí nghiệm hệ số phản xạ có sự chênh lệch không đáng kể). 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 công trình và sau này còn được xem xét 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 ngầm rỗng so với khi đê không có hệ cọc. Do đó, giá trị  $\Delta_p$  là rất nhỏ, không đáng kể ( $\Delta_p \approx 0$ ). Như vậy, PT.(3-6) được rút gọn và viết lại như sau:

$$D_p = \frac{\partial \left[ \frac{1}{8} \rho g (H_{rms,(0)}^2 - H_{rms}^2) \cdot c_g \right]}{\partial x} = \frac{\partial \left( \frac{1}{8} \rho g H_{rms,p}^2 \cdot c_g \right)}{\partial x} \quad (3-7)$$

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

Nếu như sóng đến là như nhau thì PT.(3-7) có thể giải một cách đơn giản là năng lượng 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.

$$D_p = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{(H_{rms,t}^2)_0 - (H_{rms,t}^2)_p}{X_b} = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{\Delta H_{rms,p}^2}{X_b} \quad (3-8)$$

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 hệ cọc bên trên ( $X_b$  là khoảng cách tim của hai hàng cọc bên).

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:

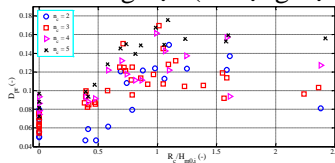
$$D_{pr} = \frac{\Delta H_{rms,p}^2}{H_{rms,i}^2} = \frac{(H_{rms,t}^2)_0 - (H_{rms,t}^2)_p}{H_{rms,i}^2} \quad (3-9)$$

Từ PT. (3.8) và PT.(3.9), chúng ta có liên hệ như sau:

$$D_{pr} = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{D_{pr} \cdot H_{rms,i}^2}{X_b} = \frac{D_{pr} \cdot E \cdot c_g}{X_b} \quad (3-10)$$

Kết quả tính toán  $D_{pr}$  theo PT.(3-8) và PT.(3-9) tương ứng 100 cặp thí nghiệm (xem Bảng 2-3) có cùng điều kiện biên sóng và mực nước và được chạy đối sánh cho thấy giá trị  $D_{pr}$  khá nhỏ, chỉ chiếm khoảng (10-20)% so với tổng năng lượng sóng tới.

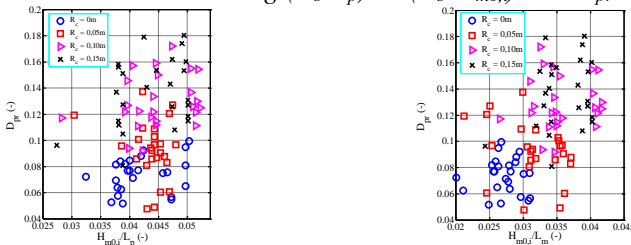
Tương tự trường hợp thân đê rộng ngâm rộng không cọc, độ ngập sâu tương đối  $R_c/H_{m0,i}$  (chiều dài của phần cọc ngập trong nước) cũng có ảnh hưởng nhiều đến  $D_{pr}$  - xem Hình 3-10. Nhìn chung, có thể thấy rằng quan hệ này là đồng biến rõ ràng với xu thế phi tuyến.  $D_{pr}$  tăng mạnh với  $R_c/H_{m0,i} < 1,20$  sau đó thì hầu như không tăng nữa.  $D_{pr}$  cũng tăng tỷ lệ với số hàng cọc (bề rộng hệ cọc).



Hình 3-10. Ảnh hưởng  $R_c/H_{m0,i}$  đến  $D_{pr}$ .



Hình 3-11. Ảnh hưởng  $(X_b/L_p)$  và  $(X_b/H_{m0,i})$  đến  $D_{pr}$ .



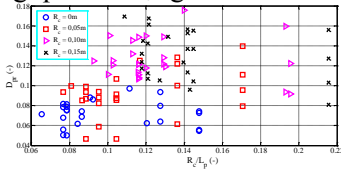
Hình 3-12. Ảnh hưởng  $s_p$  (trái) và  $s_m$  (phải) đến  $D_{pr}$ .

Ảnh hưởng của bề rộng tương đối của hệ cọc  $(X_b/L_p)$  và  $(X_b/H_{m0,i})$  đối với  $D_{pr}$  được lần lượt thể hiện trên Hình 3-11, cho thấy sự phụ thuộc mạnh mẽ theo quan hệ đồng biến của bề rộng hệ cọc đến  $D_{pr}$ . Ảnh hưởng 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 là khi độ sâu nước đủ lớn thì phần lớn năng lượng sóng ở dải tần số ngắn đã bị

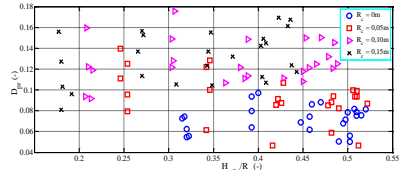
tiêu hao bởi hệ cọc, chỉ còn lại năng lượng sóng ở dải tần số thấp. Như đã phân tích ở trên, sóng ở dải tần số dài ít bị tiêu hao năng lượng khi qua hệ cọc, do vậy khi độ sâu tiếp tục tăng hoặc số hàng cọc tăng thì  $D_{pr}$  sẽ không tiếp tục tăng nữa.

Hình 3-12 phân tích sự phụ thuộc vào độ dốc sóng ( $s_p = H_{m0,i}/L_p$  và  $s_m = H_{m0,i}/L_m$ ) 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 rộng không có cọc. Các ảnh hưởng khác như độ sâu nước tương đối ( $h/L_p$ ) và chỉ số vỡ ( $H_{m0,i}/h$ ) đến  $D_{pr}$  không đáng kể (xem Hình 3-13 và Hình 3-14).

Với những phân tích tương quan nêu trên, chúng ta có phương trình tổng quát có dạng:



Hình 3-13. Ảnh hưởng của  $R_c/L_p \sim D_{pr}$ .



Hình 3-14. Ảnh hưởng của  $H_{m0,i}/R_c \sim D_{pr}$ .

$$D_{pr} = f_2 \left( \frac{R_c}{H_{m0,i}}, \frac{X_b}{L_m} \right) \quad (3-11)$$

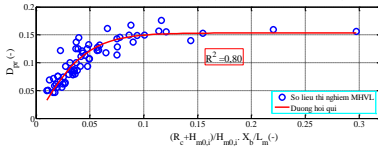
$D_{pr}$  mang ý nghĩa là năng lượng sóng tiêu hao tương đối bởi hệ cọc so với tổng năng lượng sóng tới ( $D_{pr}$  còn có thể được hiểu là hiệu năng của hệ cọc  $D_{pr} < 1,0$ ). Như vậy,  $D_{pr}$  phụ thuộc vào tổng thể tích phạm vi cản nước tương đối của hệ cọc so với toàn bộ thể tích khối nước dao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

$$\widehat{V}_p = \frac{V_p}{V_w} = \frac{(R_c + H_{m0,i}) \cdot X_b}{H_{m0,i} \cdot L_m} = \frac{R_c + H_{m0,i}}{H_{m0,i}} \cdot \frac{X_b}{L_m} \quad (3-12)$$

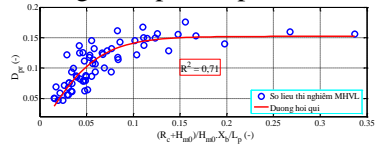
trong đó:  $\widehat{V}_p$  là thể tích cản sóng tương đối của hệ cọc;  $V_p$  và  $V_w$  lần lượt là thể tích phạm vi cản sóng của hệ cọc và tổng thể tích phần khối nước dao động xét trong một chu kỳ sóng.

PT.(3-12) vẫn bảo toàn các tham số chi phối của PT.(3-11). Hình 3-15 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  $\widehat{V}_p$  tăng, tức là khi độ ngập tương

đổi 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 ( $D_{pr} < 1,0$ ) thì hàm  $\tanh(x)$  (với  $x < 1$ ) là một dạng hàm phù hợp.



Hình 3-15. Đường hồi quy thực nghiệm  $D_{pr} \sim \hat{V}_p$  (với  $L_m$ ).



Hình 3-16. Đường hồi quy thực nghiệm  $D_{pr} \sim \hat{V}_p$  (với  $L_p$ ).

Sử dụng phương pháp hồi quy với 100 thí nghiệm cùng điều kiện sóng truyền qua thân đê ngầm rỗng không cọc và đê ngầm rỗng phức hợp - xem Bảng 2-3), chúng ta xây dựng được quan hệ đường hồi quy như sau (xem Hình 3-15), mức độ phù hợp cao  $R^2 = 0,80$ .

$$D_{pr} = 0,153 \tanh \left[ 20,6 \frac{(R_c + H_{m0,i})}{H_{m0,i}} \cdot \frac{X_b}{L_{m,i}} \right] \quad (3-13)$$

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 với  $R^2 = 0,71$  (xem Hình 3-16).

$$D_{pr} = 0,152 \tanh \left[ 16,3 \frac{(R_c + H_{m0,i})}{H_{m0,i}} \cdot \frac{X_b}{L_p} \right] \quad (3-14)$$

### 3.4. Truyền sóng qua công trình đê rỗng phức hợp (tổng quát)

Phương trình cân bằng năng lượng sóng khi công trình là thân đê ngầm rỗng không cọc:

$$E_{tot} = E_t^0 + E_d^0 + E_f^0 + E_r^0 \quad (3-15)$$

Khi công trình là đê rỗng phức hợp:

$$E_{tot} = E_t^p + E_d^p + E_p^p + E_f^p + E_r^p \quad (3-16)$$

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, 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).

Giả thiết với cùng một tổng năng lượng sóng  $E_{tot}$ , thì sự khác biệt của thành phần năng lượng sóng bị tiêu hao bởi ma sát  $E_f$  và thân đê  $E_d$  là rất nhỏ, tức là  $E_d^0 \sim E_d^p$  và  $E_f^0 \sim E_f^p$ . Khi đó, từ PT.(3-15) và PT.(3-16) có thể suy ra:

$$(E_t^0 - E_t^p) + (E_r^0 - E_r^p) - E_p^p = 0 \quad (3-17)$$

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

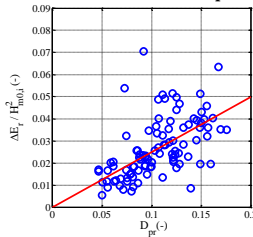
trong đó:  $C_r$  ( $^0$  và  $^p$ ) là các hệ số phản xạ trong hai trường hợp công trình là thân đê ngầm rộng không cọc và đê rộng phức hợp.

PT.(3-17) có thể viết lại dưới dạng các hệ số truyền sóng ( $K_t = H_{rms,t}/H_{rms,i}$ ) 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:

$$(K_t^{0^2} - K_t^{p^2}) + (C_r^{0^2} - C_r^{p^2}) - \frac{D_p X_b}{\frac{1}{8} \rho g H_{rms,i}^2 c_g} = 0 \quad (3-18)$$

Liên hệ PT.(3-18) với PT.(3-10) chúng ta có:

$$(K_t^{0^2} - K_t^{p^2}) + (C_r^{0^2} - C_r^{p^2}) - D_{pr} = 0 \quad (3-19)$$



Hình 3-17. Quan hệ giữa chênh lệch năng lượng sóng phản xạ tương đối và tiêu hao năng lượng do hệ cọc  $D_{pr}$ .

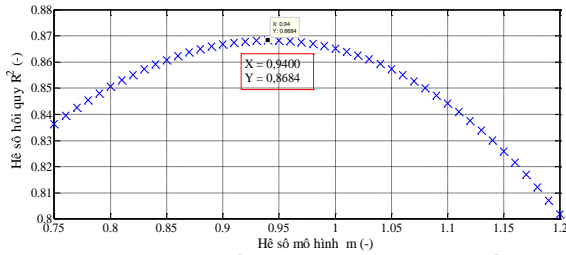
Lưu ý: Chênh lệch năng lượng sóng phản xạ tương đối  $(E_r^0 - E_r^p)/E = (C_r^{0^2} - C_r^{p^2})$  có giá trị rất nhỏ và tỷ lệ thuận so với năng lượng sóng tiêu hao bởi thân đê có hệ cọc - xem Hình 3-17. Do vậy, ảnh hưởng chênh lệch về sóng phản xạ có thể được xét đến một cách gián tiếp thông qua  $D_{pr}$  với một hệ số điều chỉnh mô hình.

Từ PT.(3-19), chúng ta có thể đưa ra công thức bán thực nghiệm xác định hệ số truyền sóng của công trình đê rộng phức hợp (đê rộng có hệ cọc bên trên):

$$K_t = \sqrt{K_t^{0^2} - m \cdot D_{pr}} \quad (3-20)$$

trong đó:  $m$  là hệ số mô hình ( $m < 1,0$ ) 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 PT.(3-20).

Lưu ý:  $K_t^0$  xác định theo PT.(3-2) và  $D_{pr}$  xác định theo PT.(3-13) hoặc PT.(3-14). Khi công trình là thân đê ngầm rộng không cọc (tức là  $D_{pr} = 0$ ) thì PT.(3.20) sẽ trở về PT.(3.2).

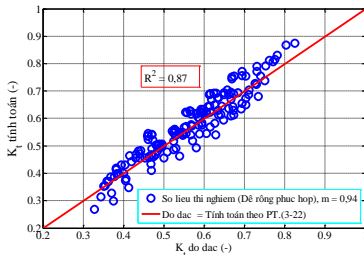


Hình 3-18. Hiệu chỉnh hệ số mô hình  $m$  với các số liệu thí nghiệm.

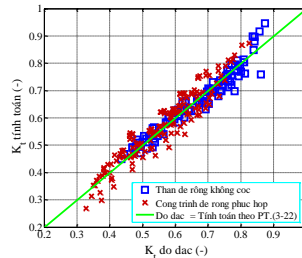
Sử dụng PT.(3-2), PT.(3-13) và PT.(3-20) cùng với bộ số liệu thí nghiệm cho trường hợp công trình đê rộng phức hợp để xác định hệ số mô hình  $m$  (160 thí nghiệm – xem Bảng 2-3). Kết quả trên Hình 3-18 cho thấy  $m = 0,94$  cho kết quả phù hợp tốt nhất ( $R^2 = 0,87$ ).

Hình 3-19 so sánh giữa  $K_t$  theo PT. (3-20) với  $m = 0,94$  và bộ số liệu thí nghiệm. Sự phù hợp rất tốt của công thức PT.(3-20) 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. Hình 3-20 là so sánh tổng hợp giữa kết quả tính toán với tất cả các trường hợp công trình là thân đê ngầm rộng không cọc và công trình đê rộng phức hợp, tổng số 260 thí nghiệm (xem Bảng 2-3).

Giới hạn phạm vi ứng dụng như sau:  $0 \leq R_c/H_{m0,i} \leq 2,459$ ;  $0,713 \leq B/H_{m0,i} \leq 3,803$ ;  $0,020 \leq s_m \leq 0,047$ ;  $1,0 \leq (R_c+H_{m0,i})/H_{m0,i} \leq 3,459$ ;  $0,010 \leq X_b/L_m \leq 0,087$ ;  $0,012 \leq X_b/L_p \leq 0,118$ .



Hình 3-19. So sánh  $K_t$  với số liệu thực nghiệm công trình đê rộng phức hợp ( $m = 0,94$ ).



Hình 3-20. So sánh toán  $K_t$  với toàn bộ số liệu thực nghiệm ( $\approx 260$  thí nghiệm MHVL).

### 3.5. Ứng dụng kết quả nghiên cứu thiết kế công trình thử nghiệm

Ứng dụng kết quả nghiên cứu tính toán và lựa chọn các thông số kỹ thuật cơ bản của công trình đê rộng phức hợp cho mục đích trồng cây ngập mặn tại khu vực cửa cống Kênh Mới, xã Khánh Hải, huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau (Đề tài cấp Quốc gia, mã số ĐTĐL.CN-09/17). Các tham số thiết kế công trình có dạng như sau:

Bảng 3-1. Tổng hợp các tham số thiết kế công trình.

Tham số thiết kế công trình	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Cấp công trình	Cấp	-	IV
Tần suất thiết kế	$P_{tk}$	%	3,33
Chiều cao sóng thiết kế	$H_{m0,i}$	m	1,01
Chu kỳ sóng thiết kế	$T_{m-1,0}$	s	5,59
Mức nước trung bình thiết kế	$Z_{MLS}$	m	+ 0,06
Mức nước cao thiết kế	$Z_{HWL}$	m	+ 0,77
Mức nước thấp thiết kế	$Z_{LWL}$	m	- 0,44

Bảng 3-2. Thông số hình học của công trình.

Thông số hình học cơ bản	Công trình đê rộng phức hợp			
	$n_c = 2$	$n_c = 3$	$n_c = 4$	$n_c = 5$
Cao trình đỉnh cọc $Z_{cọc}$ (m)	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40
Cao trình đỉnh đê $Z_{đê}$ (m)	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06
Đường kính cọc $\varnothing$ (m)	0,3	0,3	0,3	0,3
Bề rộng hệ cọc $X_b$ (m)	0,90	1,50	2,10	2,70
Bề rộng đỉnh đê B (m)	1,68	2,28	2,88	3,48
Hệ số mái đê	1:1	1:1	1:1	1:1

Thay thế các thông số thiết kế trong Bảng 3-1 và Bảng 3-2 vào PT.(3-2), PT.(3-13), PT.(3-20). Ta xác định được giá chiều cao sóng ( $H_{s,t}$ ) phía sau công trình đê rộng phức hợp như sau:

Bảng 3-3. Tính toán chiều cao sóng phía sau công trình ( $H_{m0,t}$ ).

Thông số tính toán	Công trình đê rộng phức hợp			
	B=1,68m; $n_c = 2$	<b>B=2,28m;</b> <b><math>n_c = 3</math></b>	B=2,88 m; $n_c = 4$	B=3,48m; $n_c = 5$
$K_t$ (-)	0,449	<b>0,373</b>	0,316	0,273
$H_{m0,i}$ (m)	1,010	<b>1,010</b>	1,010	1,010
$H_{m0,t}$ (m)	0,453	<b>0,377</b>	0,319	0,275

Theo TCVN 10405:2014 “Công trình Thủy lợi - Đại cây chắn sóng - Khảo sát và Thiết kế” trong Phụ lục E quy định trong điều kiện bình thường, sóng ở khu vực bãi trồng cây ngập mặn có  $H_{m0,t} < 0,40m$ . Như vậy, chọn phương án công trình đê rộng phức hợp 3 hàng cọc trụ tròn bên trên là phù hợp.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 📌 Kết luận

1- Nghiên cứu đề xuất được giải pháp công trình đê rộng phức hợp có dạng kết cấu mới, lắp ghép linh hoạt bằng các cấu kiện bê tông đúc sẵn định hình ứng dụng thích hợp cho mục đích bảo vệ bờ biển bùn RNM từ MCM đến HT bị xói lở hiện nay ở ĐBSCL.

2- Nghiên cứu xây dựng được công thức bán thực nghiệm dạng tổng quát tính toán xác định hệ số truyền sóng của công trình gắn với điều kiện tự nhiên vùng biển Tây để có thể áp dụng một cách hiệu quả giải pháp công trình này trong chức năng bảo vệ bờ biển và RNM.

#### **🚩 Kiến nghị**

1- Bổ sung các đóng góp mới của luận án vào các tài liệu tham khảo hướng dẫn thiết kế công trình ĐGS ở nước ta và các tài liệu giảng dạy cho sinh viên.

2- Tiếp tục nghiên cứu đánh giá chức năng giảm sóng của công trình đề rộng phức hợp sử dụng các loại cọc có tiết diện không tròn (tam giác, vuông, chữ nhật,...) và cách bố trí hệ cọc bên trên theo các quy luật khác.

3- Nghiên cứu đánh giá hiệu quả gây bồi của công trình đề rộng phức hợp.

### **DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ**

1. **Nguyen Anh Tien**, Thieu Quang Tuan (2019), “Wave damping efficiency of porous piled dikes on a mangrove foreshore”, *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2019) Hanoi, Vietnam, September 25-28, 2019*, pp. 863-868.

2. **Nguyễn Anh Tiến** (2019), “Nghiên cứu mức độ ảnh hưởng của các tham số chi phối và xây dựng phương pháp tính toán truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, Tập 19, Số 4, trang 611-625.

3. **Nguyễn Anh Tiến** (2019), “Nghiên cứu xây dựng công thức bán thực nghiệm tính toán hiệu quả giảm sóng của giải pháp đê ngầm cọc phức hợp ứng dụng cho bờ biển từ mũi Cà Mau đến Hà Tiên”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, Số 3+4 (02-2019), trang 194-202.

4. Lê Đức Vĩnh, **Nguyễn Anh Tiến**, Lieou Kiến Chinh (2018), “Nghiên cứu chế độ sóng vùng biển từ mũi Cà Mau đến Kiên Giang”, *Tạp chí khoa học và Công nghệ Thủy Lợi*, Số 47 (9-2018), trang 72-86.

5. **Nguyễn Anh Tiến**, Trịnh Công Dân, Lại Phước Quý, Thiều Quang Tuấn (2018), “Nghiên cứu xây dựng phương pháp tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm dạng rộng bằng mô hình vật lý”, *Tạp chí khoa học và Công nghệ Thủy Lợi*, Số 46 (08-2018), trang 24-34.

6. **Nguyễn Anh Tiến**, Trịnh Công Dân, Thiều Quang Tuấn, Tô Văn Thanh (2018), “Cơ sở khoa học xây dựng phương pháp tính toán truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp”, *Tạp chí khoa học và Công nghệ Thủy Lợi, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (ISSN:1859-4255)*, Số 46 (8-2018), trang 81-87.

-----///-----