

# CƠ SỞ KHOA HỌC XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN HỆ SỐ TRUYỀN SÓNG QUA ĐÊ NGẦM CỌC PHỨC HỢP

Nguyễn Anh Tiến, Trịnh Công Dân

Viện Kỹ thuật Biển

Thiều Quang Tuấn

Đại học Thủy lợi Hà Nội

Tô Văn Thanh

Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

**Tóm tắt:** Bài báo giới thiệu đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống, lắp ghép linh hoạt bằng các cấu kiện bê tông đúc sẵn định hình để giảm sóng chống xói lở bảo vệ bờ biển. Cơ sở khoa học là ứng dụng lý thuyết sóng biên độ nhỏ thiết lập các phương trình cân bằng năng lượng của sóng ngẫu nhiên truyền vuông góc với bờ qua đê ngầm rỗng (trường hợp không cọc và có hệ cọc) kết hợp đồng thời với các số liệu đo đạc thực nghiệm trên mô hình vật lý trong máng sóng thủy lực xây dựng công thức bán thực nghiệm tính toán truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp. Công thức dạng tổng quát phản ánh đầy đủ các ảnh hưởng đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng truyền qua đê ngầm rỗng trường hợp không cọc và có hệ cọc.

**Từ khóa:** Đê ngầm cọc phức hợp, đê ngầm phức hợp, hệ số truyền sóng, công thức bán thực nghiệm, độc quyền sáng chế.

**Abstract:** This article introduces a submerged complex with solid piles breakwater which could be flexibly implemented in bank protection and shoreline correction applications. Scientific approaching based on small wave theory and energy conservation equations for perpendicular wave transmit via breakwater (with and without piles) integrate with record data from hydraulic wave tank to propose empirical equation. This equation would describe energy dissipation processes while waves transmit via submerge breakwater both for with and without piles.

**Keywords:** Submerged complex with solid piles breakwater, unconventional complex submerged breakwater, transmission coefficient, empirical equation, invention patent.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xói lở bờ biển đã và đang diễn biến hết sức nghiêm trọng tại các tỉnh ven biển đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Nhiều khu vực xói lở đã uy hiếp trực tiếp đến các khu dân cư, công trình phòng chống thiên tai, cơ sở hạ tầng và làm mất nhiều diện tích rừng phòng hộ ven biển, tác động nghiêm trọng đến môi trường sinh thái, đời sống sinh hoạt của người dân. Theo số liệu tổng kết của Tổng cục Phòng

Chống Thiên Tai đến ngày 8/5/2018 toàn vùng ĐBSCL có 513 vị trí sạt lở bờ sông (dài 520km) và 49 vị trí sạt lở bờ biển (dài 266km). Đánh giá ở mức đặc biệt nguy hiểm có 26 vị trí sạt lở bờ sông (dài 65km) và 16 vị trí sạt lở bờ biển (dài 84km) cần phải xử lý khẩn cấp. Trong khoảng 10 năm gần đây ước tính mỗi năm bờ biển xói lở mất khoảng 450÷500ha/năm, nhiều đoạn bờ biển bị xói lở từ 30÷100m/năm gây mất rừng phòng hộ, đe dọa an toàn tuyến đê biển và cuộc sống của người dân như tại Tân Thành (Tiền Giang), Cồn Ngoài và Cồn Bưng (Bến Tre), Hiệp Thạnh và Đông Hải (Trà Vinh), Vĩnh Châu

Ngày nhận bài: 27/6/2018

Ngày thông qua phản biện: 02/8/2018

Ngày duyệt đăng: 08/8/2018

(Sóc Trăng), Nhà Mát và Gành Hào (Bạc Liêu), 48km bờ biển phía Đông thuộc các huyện Đầm Rơi, Năm Căn, Ngọc Hiển và 57km bờ biển phía Tây từ Vàm Tiểu Dừa huyện U Minh đến cửa sông Bảy Háp huyện Phú Tân (Cà Mau) [5].

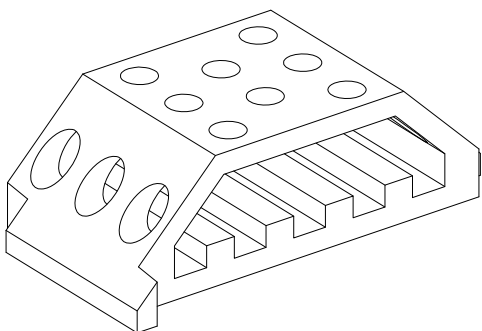
Trước thực trạng xói lở hiện nay, nhiều giải pháp công trình đã được thi công thử nghiệm để giảm sóng bảo vệ bờ biển với nhiều loại hình vật liệu và kết cấu khác nhau. Riêng tại vùng biển phía Tây của tỉnh Cà Mau hiện được ví như là “*chiến trường*” của các dạng công trình thử nghiệm như kè lát mái, kè giảm sóng tạo bãi, đê trụ rỗng, túi Geotube, kè tường lưới, kè cừ bản nhựa, kè rọ đá, hàng rào cọc tre, cọc tràm, cây dừa,... Nói chung, các công trình thử nghiệm sau khi xây dựng đã đạt được hiệu quả giảm sóng và gây bồi ban đầu như dạng “Kè giảm sóng tạo bãi” của tỉnh Cà Mau, đến nay đã xây dựng >17km hiện nay. Tuy nhiên, loại hình kết cấu và hiệu quả giảm sóng của hầu hết các dạng công trình thử nghiệm đều chưa được quan tâm nghiên cứu, thường chỉ ưu tiên quan tâm đến tiêu chí xuất đầu tư xây dựng công trình [5].

Trong bài báo này trình bày phương pháp lý thuyết kết hợp với số liệu đo đạc thực nghiệm để xây dựng công thức bán thực nghiệm tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp. Công thức bảo đảm tính

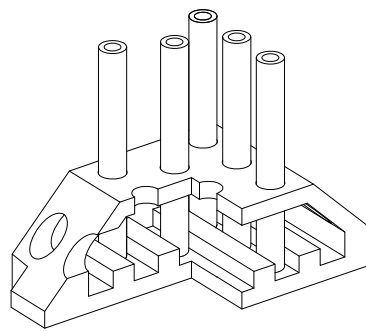
tổng quát phản ánh đầy đủ các tham số phi phối đến quá trình lan truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp (trường hợp tổng quát đê có hệ cọc và trường hợp đặc biệt khi đê không có cọc). Áp dụng kết quả nghiên cứu để đánh giá hiệu quả giảm sóng cho đê ngầm rỗng (không có cọc và có hệ cọc) được xây dựng thử nghiệm tại vùng biển phía Tây của tỉnh Cà Mau, đây là yếu tố mang tính chi phối quyết định đến công năng thiết kế của dạng công trình này **Error! Reference source not found. Error! Reference source not found.**

## 2. GIỚI THIỆU ĐÊ NGẦM CỌC PHỨC HỢP

Đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống đã đăng ký xin cấp bằng Độc Quyền Sáng Chế, được Cục Sở Hữu Trí Tuệ chấp nhận đơn hợp lệ và công bố đơn sớm trên Công báo Sở Hữu Công Nghiệp, Số 348, Tập A (03.2017), trang 396 **Error! Reference source not found.** Trên thế giới và trong nước chưa có công trình nghiên cứu nào thực hiện để đánh giá hiệu quả giảm sóng cho dạng đê này. Cấu tạo của một phân đoạn đê gồm phần khối chân đế là một đê ngầm dạng rỗng có tiết diện hình thang cân (xem Hình 1) và phần hệ cọc trụ tròn lắp ghép linh hoạt trên đỉnh khối chân đế hình thành hệ thống rãnh lược giảm sóng (xem Hình 2).



Hình 1: Minh họa đê ngầm dạng rỗng (khối đế).

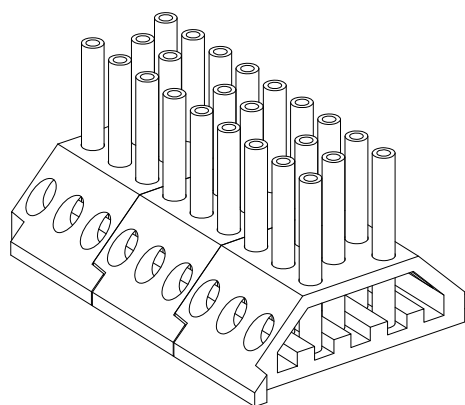


Hình 2: Minh họa hệ thống rãnh lược giảm sóng lắp ghép và thân đê rỗng.

Khối chân đế có dạng là một cấu kiện bê tông

đúc sẵn hình khối lăng trụ, tiết diện ngang là

hình thang cân rộng ruột, mặt trên của khối chân đế thiết kế sẵn các lỗ hình trụ tròn theo dạng hình hoa mai để lắp ghép linh hoạt các cọc trụ tròn vào khối chân đế tùy theo yêu cầu chiều cao sóng cần giảm. Khoảng cách giữa các lỗ hình trụ tròn trong 1 hàng ( $l_i$ ) và giữa các hàng với nhau trên đỉnh đế ( $b_i$ ) được thiết kế bằng đường kính của lỗ hình trụ tròn  $\varnothing$  ( $l_i = b_i = \varnothing$ ). Ngoài loại cọc có tiết diện hình tròn còn có thể sử dụng với các loại cọc có tiết diện hình vuông, chữ nhật, hay tam giác để lắp ghép vào khối chân đế hình thành hệ thống răng lược giảm sóng. Thực tiễn, để thuận tiện khi thi công và lắp ghép hệ cọc vào khối chân đế định hướng sử dụng loại cọc ống bê tông ly tâm dự ứng lực đúc sẵn thông dụng và phổ biến trên thị trường xây dựng hiện nay có đường kính  $\varnothing=300\text{mm}$ .



Hình 3: Minh họa đế ngàm cọc phức hợp (trường hợp lắp ghép 3 hàng cọc trụ tròn)

Hệ thống răng lược tiêu giảm sóng được lắp đặt linh hoạt có thể là một hàng thẳng, hay nhiều hàng theo kiểu hình hoa mai. Chiều cao của các hàng răng lược cũng hoàn toàn linh hoạt có thể bằng hoặc không bằng nhau, ví dụ hàng ngoài trực diện với sóng biển có thể cao hơn các hàng phía sau để tiết kiệm vật liệu. Giữa các răng lược trong cùng một hàng và các hàng răng lược hình thành các khe hở đứng luôn cho phép sóng tới và thủy triều xuyên qua. Hơn nữa, ưu điểm của hệ thống răng lược bằng các cọc trụ tròn là khả năng phân tán năng lượng linh hoạt theo bất kỳ

hướng đến ngẫu nhiên nào của sóng, đồng thời giảm thiểu tối đa sóng phản xạ do hệ cọc gây ra tại vị trí công trình. Điều đặc biệt của việc bố trí sẵn các lỗ hình trụ tròn kiểu hình hoa mai tại mặt trên của khối chân đế cho phép linh hoạt lắp ghép bổ sung các hàng răng lược (cọc trụ tròn) phía sau để tăng hiệu quả giảm sóng tối đa (nếu cần), hoặc khi cần điều chỉnh tăng chiều cao của các cọc trụ tròn giảm sóng chỉ cần rút (nhỏ) các cọc cũ và lắp ghép thay thế các cọc mới có chiều cao phù hợp, đồng thời còn có thể tái sử dụng cọc cũ lắp ghép vào hàng lỗ hình trụ tròn chờ sẵn còn trống phía sau.

Cơ chế giảm sóng qua đê ngàm cọc phức hợp được mô phỏng gần giống tự nhiên của cây ngập mặn, trong đó phần hệ cọc phía trên đóng vai trò giống như các thân cây cản sóng. Ngoài ra, phần khối chân đế còn có tác dụng cản và giữ lại dòng bùn cát dịch chuyển theo phương ngang ngược trở ra phía biển khi thủy triều rút thấp hơn cao trình đỉnh khối chân đế (xem Hình 3).

### 3. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐỂ XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN HỆ SÓ TRUYỀN SÓNG QUA ĐÊ NGÀM CỌC PHỨC HỢP

#### 3.1. Cơ sở lý thuyết

Khi sóng truyền qua đê ngàm cọc phức hợp sẽ trải qua các quá trình tiêu hao năng lượng, làm giảm chiều cao sóng như sóng vỡ trên đỉnh đê do độ sâu bị hạn chế, do ma sát, do sức cản bởi 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 hệ cọc)
- Năng lượng tiêu hao do ma sát
- Năng lượng tiêu hao do hệ cọc

Xuất phát từ phương trình cân bằng năng

$$\frac{\partial(E \cdot c_g)}{\partial x} = -D_d - D_f - D_p \quad (1)$$

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

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

trong đó:

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

$h$  – độ sâu nước,

$E$  – tổng năng lượng đơn vị của sóng ( $J/m^2$ ),

$H_{rms}$  – 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 rỗng ( $W/m^2$ )

$D_f$  – 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 không có cọc thì năng lượng sóng bị tiêu hao chỉ bởi phần thân đê rỗng và ma sát đáy:

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

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

Lưu ý PT.(3) dựa trên giả thiết bỏ qua sự thay đổi vận tốc nhóm sóng  $c_g$  khi có và không 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 thân đê rỗng là như nhau giữa hai trường hợp đê không có cọc và có hệ cọc. Thực tế các số liệu thí nghiệm theo mô hình đê ngầm dưới đây cho thấy hệ số phản

xạ có sự chênh lệch không đáng kể giữa hai trường hợp này.

Mô hình thí nghiệm đê ngầm có các thông số hình học cơ bản như sau:

- Theo phương truyền sóng khối đê có dạng một đê ngầm rỗng có tiết diện ngang là hình thang cân có 4 chiều rộng đỉnh đê khác nhau  $B = 0,112m, 0,152m, 0,192m$  và  $0,232m$ . Chiều cao khối đê  $D = 0,2m$ , hệ số mái  $m = 1,0$  không thay đổi trong toàn bộ các kịch bản thí nghiệm (=constant).

- Đỉnh khối đê tạo sẵn các lỗ hình trụ tròn có đường kính bằng  $0,02m$  theo dạng hình hoa mai, khoảng hở giữa các lỗ cùng hàng là  $l_i = 0,02m$  và khoảng hở giữa các hàng là  $b_i = 0,02m$ , tức là  $l_i = b_i = 0,02m = \text{constant}$  trong toàn bộ các kịch bản thí nghiệm. Số hàng lỗ trụ tròn và số hàng cọc trụ tròn có đường kính  $\varnothing = 0,02m$  lắp ghép trên đỉnh đê ngầm tương ứng với các chiều rộng đỉnh đê ( $B_i$ ) là  $n_i = 2, 3, 4$  và  $5$  hàng.

- Diện tích lỗ rỗng trên mái nghiêng cho phép nước xuyên qua để giảm thiểu sóng phản xạ trước đê chiếm 14% diện tích mái nghiêng phẳng khi kín nước trong toàn bộ các kịch bản thí nghiệm (=constant).

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.(1), PT.(2) và PT.(3) chúng ta có thể rút ra phương trình cân bằng năng lượng sóng cho hệ cọc như sau:

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

$$\Leftrightarrow D_p = \frac{\partial \left[ \frac{1}{8} \rho g (H_{rms,(0)}^2 - H_{rms}^2) \cdot c_g \right]}{\partial x} \quad (4)$$

$$= \frac{\partial \left( \frac{1}{8} \rho g H_{rms,p}^2 \cdot c_g \right)}{\partial x}$$

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.(4) có diễn 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.

$$D_p = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{(H_{rms,t}^2)_0 - (H_{rms,t}^2)_p}{X_b} \quad (5)$$

$$= \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{\Delta H_{rms,p}^2}{X_b}$$

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 không và có cọc,  $X_b$  là chiều rộng ảnh hưởng của số hàng cọc trên đỉnh đê ngầm xét theo phương truyền sóng (giá trị của  $X_b$  bằng khoảng cách từ tim đến tim của 2 hàng cọc biên ngoài cùng 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:

$$D_{pr} = \frac{\Delta H_{rms,p}^2}{H_{rms,i}^2} \quad (6)$$

Từ PT.(5) và PT.(6) chúng ta có liên hệ:

$$D_p = \frac{1}{8} \rho g c_g \frac{D_{pr} \cdot H_{rms,i}^2}{X_b} = \frac{D_{pr} \cdot E \cdot c_g}{X_b} \quad (7)$$

Sử dụng đại lượng phi thứ nguyên  $D_{pr}$  xác định từ các số liệu thí nghiệm cho hai trường hợp có và không có hệ cọc theo PT.(6) để phân tích sự suy giảm chiều cao sóng do ảnh hưởng của hệ cọc.

Kết quả tính toán  $D_{pr}$  theo PT.(5) và PT.(6) được lập thành bảng tổng hợp dựa vào kết quả thí nghiệm mô hình vật lý truyền sóng qua đê ngầm rỗng trường hợp không cọc và qua đê ngầm rỗng trường hợp có cọc với cùng điều kiện biên sóng và mực nước thí nghiệm.

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

Dựa vào kết quả thí nghiệm mô hình vật lý quá

trình truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc và PT.(6) thiết lập bảng quan hệ các tham số chi phối và hệ số tiêu hao năng lượng sóng tương đối  $D_{pr}$ . Đồng thời chúng ta tiến hành phân tích độc lập các tham số chi phối đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng tương tự như cách làm với trường hợp phân tích các tham số chi phối đến quá trình truyền sóng qua thân đê rỗng [3].

+/ Xây dựng biểu đồ quan hệ  $D_{pr} \sim R_c/H_{m0}$  để phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ ngập sâu tương đối  $R_c/H_{m0}$  (chiều dài phần cọc nhúng trong nước).

+/ Xây dựng biểu đồ quan hệ  $D_{pr} \sim X_b/L_p$  và  $D_{pr} \sim X_b/H_{m0}$  để phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng của bề rộng tương đối của hệ cọc  $X_b/L_p$  và  $X_b/H_{m0}$ .

+/ Xây dựng biểu đồ quan hệ  $D_{pr} \sim s_p = H_{m0}/L_p$  và  $D_{pr} \sim s_m = H_{m0}/L_m$  để phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ dốc sóng địa phương  $s_p$  và  $s_m$ .

+/ Xây dựng biểu đồ quan hệ  $D_{pr} \sim h/L_p$  để phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ sâu nước tương đối  $h/L_p$ .

+/ Xây dựng biểu đồ quan hệ  $D_{pr} \sim H_{m0}/h$  để phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ chỉ số vỡ  $H_{m0}/h$ .

Lưu ý: Ngoài ra tiêu hao năng lượng sóng qua hệ cọc còn phụ thuộc vào mật độ cọc hay độ rỗng của đê cọc (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.

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

Với những phân tích tương quan nêu trên (xem Mục 3.2) 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 như [3] chúng ta có phương trình tổng quát:

$$D_{pr} = f\left(\frac{R_c}{H_{m0}}, \frac{X_b}{L_m}\right) \quad (8)$$



$D_{pr}$  mang ý nghĩa là năng lượng sóng tiêu hao sóng tới ( $D_{pr}$  còn có thể được miêu tả miêu 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:

$$\hat{V}_p = \frac{V_p}{V_w} = \frac{(R_c + H_{m0,i}) \cdot X_b}{H_{m0} \cdot L_m} = \frac{R_c + H_{m0,i}}{H_{m0}} \cdot \frac{X_b}{L_m} \quad (9)$$

trong đó  $\hat{V}_p$  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.(9) vẫn bảo toàn các tham số chi phối của của PT.(8). Dựa vào kết quả thí nghiệm mô hình vật lý quá trình truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc chúng ta tính toán được các giá về thể tích cản sóng tương đối của hệ cọc  $\hat{V}_p$  theo PT.(9). Tiếp tục tiến hành xây dựng biểu đồ quan hệ  $D_{pr} \sim \hat{V}_p$  để phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng của độ ngập  $R_c$  và bề rộng hệ cọc (số hàng cọc)  $X_b$  đến  $D_{pr}$ .

Sử dụng phương pháp hồi quy với bộ số liệu thí nghiệm chúng ta xây dựng được quan hệ đường hồi quy thực nghiệm xác định  $D_{pr} \sim \hat{V}_p$  (với  $L_m$ ) và công thức thực nghiệm tính toán giá trị  $D_{pr}$  như sau:

$$D_{pr} = f(\hat{V}_p) = f\left[\frac{(R_c + H_{m0,i}) X_b}{H_{m0} L_m}\right] \quad (10)$$

Hay khi sử dụng  $T_p$  thay vì  $T_{m-1,0}$  ( $L_p$  thay vì  $L_m$ ) trong tính toán thì công thức xác định  $D_{pr}$  sẽ là:

$$D_{pr} = f(\hat{V}_p) = f\left[\frac{(R_c + H_{m0,i}) X_b}{H_{m0} L_p}\right] \quad (11)$$

### 3.4. Truyền sóng qua đê ngầm rỗng có hệ cọc

Xuất phát từ các phương trình cân bằng năng lượng sóng cho các trường hợp đê rỗng có và không có hệ cọc.

Khi đê ngầm rỗng không có hệ cọc:

$$E_{tot} = E_t^0 + E_d + E_f + E_r^0 \quad (12)$$

Khi đê ngầm cọc phức hợp (đê có hệ cọc):

$$E_{tot} = E_t^p + E_d + E_p + E_f + E_r^p \quad (13)$$

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 phân 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). Các chỉ số  $(^0)$  và  $(^p)$  tương ứng dùng để chỉ trường hợp không có cọc và có 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  $E_f$  và thân đê  $E_d$  là như nhau trong cả hai trường hợp. Từ hai PT.(12) và PT.(13) có thể suy ra:

$$\begin{aligned} (E_t^0 - E_t^p) + (E_r^0 - E_r^p) - E_p &= 0 \\ \Leftrightarrow \frac{1}{8} \rho g (H_{rms,t}^{0^2} - H_{rms,t}^{p^2}) &+ \frac{1}{8} \rho g H_{rms,i}^2 (C_r^{0^2} \\ - C_r^{p^2}) - \frac{D_p X_b}{c_g} &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

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

PT.(14) 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:

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow (K_t^{0^2} - K_t^{p^2}) + (C_r^{0^2} - C_r^{p^2}) & - \frac{D_p X_b}{\frac{1}{8} \rho g H_{rms,i}^2 c_g} = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Liên hệ PT.(15) với PT.(7) chúng ta có:

$$\Leftrightarrow (K_t^{0^2} - K_t^{p^2}) + (C_r^{0^2} - C_r^{p^2}) - D_{pr} = 0 \quad (16)$$

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 (dựa vào kết quả thí nghiệm mô hình vật lý để phân tích đánh giá thông qua liên hệ giữa chênh lệch năng lượng sóng phản xạ tương đối  $\Delta E_r / H_{m0,i}^2$  và tiêu hao năng lượng do hệ cọc  $D_{pr}$ ). 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.(16) 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 như sau:

$$K_t = f(K_t^0, D_{pr}, m) \quad (17)$$

trong đó  $K_t$  là hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp (tổng quát);  $K_t^0$  là hệ số truyền sóng qua khối chân đế là đê ngầm rỗng không cọc [3];  $D_{pr}$  là năng lượng sóng tương đối tiêu hao bởi hệ cọc xác định theo công thức (10) hay công thức (11);  $m$  là hệ số mô hình ( $m < 1,0$ ).

Các giá trị trong công thức thực nghiệm (17) được xác định dựa vào kết quả số liệu thí nghiệm mô hình vật lý.

Lưu ý khi đê không có cọc ( $D_{pr} = 0$ ) thì  $K_t = K_t^0$  (chính là hệ số truyền sóng qua đê ngầm

#### 4. KẾT LUẬN

- 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 1,2,3).

- Nghiên cứu được thực hiện có đầy đủ cơ sở lý thuyết, lập luận logic, phương pháp tiếp cận mới và sáng tạo bổ sung lẫn nhau giữa lý thuyết và thực nghiệm để làm sáng tỏ các giả thiết và luận cứ khoa học trong nghiên cứu.

- Nghiên cứu đã phân tích và làm rõ quá trình vật lý cơ bản ảnh hưởng đến sự tiêu hao năng lượng sóng qua đê ngầm cọc phức hợp, đó là phần khối chân đế là một đê ngầm dạng rỗng tiêu hao năng lượng sóng thông qua quá trình sóng vỡ và dòng chảy qua thân đê và phần hệ cọc trên đỉnh đê ngầm tiêu hao năng lượng sóng nhờ công của lực cản.

- Công thức bán thực nghiệm (17) được xây dựng phản ánh đầy đủ các tham số phi phối đến hệ số truyền sóng  $K_t$  dạng tổng quát khi đê có hệ cọc và trường hợp đặc biệt khi đê không có hệ cọc.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] 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 Tập A, Số 348, Trang 396, Cục Sở hữu Trí tuệ, Hà Nội.
- [2] 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, Hà Nội.
- [3] Nguyễn Anh Tiến và nnk (2018). *Nghiên cứu xây dựng phương pháp tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm dạng rỗng bằng mô hình vật lý*. Tuyển tập KH và CN Viện KHTL Việt Nam.
- [4] 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.
- [5] Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Cà Mau (2017). *Các giải pháp chống sạt lở tỉnh Cà Mau*. Báo cáo tham luận tại hội thảo khoa học tháng 5/2017, Cà Mau.
- [6] Tổng cục Phòng Chống Thiên Tai (2018). *Tổng hợp danh mục các vị trí sạt lở bờ sông, bờ biển đặc biệt nguy hiểm theo đề nghị của các tỉnh ĐBSCL*. Bộ Nông nghiệp và PTNT, Hà Nội.