

# NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CÔNG THỨC BÁN THỰC NGHIỆM TÍNH TOÁN HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG CỦA GIẢI PHÁP ĐỀ NGẮM CỌC PHỨC HỢP ỨNG DỤNG CHO BỜ BIỂN TỪ MŨI CÀ MAU ĐẾN HÀ TIÊN

Nguyễn Anh Tiến<sup>1</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu công thức bán thực nghiệm được xây dựng để tính toán hiệu quả giảm sóng cho đề ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phù truyền thống lắp ghép linh hoạt bằng các cấu kiện bê tông đúc sẵn định hình ứng dụng để bảo vệ bờ biển từ mũi Cà Mau đến Hà Tiên bị sạt lở do tác động của sóng biển. Nghiên cứu sử dụng lý thuyết năng lượng sóng kết hợp với 300 nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý trong máng sóng thủy lực để đánh giá, phân tích và xây dựng công thức bán thực nghiệm với các tham số chỉ phối chính được xác định là độ sâu ngập nước tương đối của đỉnh đề ( $R_c/H_{m0}$ ), bề rộng tương đối của đỉnh đề ( $B/H_{m0}$ ), độ dốc sóng tại vị trí công trình ( $s_n = H_{m0}/L_m$ ), chiều dài ngập nước tương đối của hệ cọc ( $L_c/H_{m0} \approx R_c/H_{m0}$ ) và bề rộng tương đối của hệ cọc ( $X_b/L_m$ ). Công thức bán thực nghiệm 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 hiệu quả giảm sóng cho dạng đề ngầm cọc phức hợp có cấu tạo phức hợp.

**Từ khóa:** Công thức bán thực nghiệm, đề ngầm cọc phức hợp, đề ngầm rỗng, hệ cọc giảm sóng, hệ trụ truyền sóng, hiệu quả giảm sóng, mô hình vật lý, năng lượng sóng, tham số chỉ phối.

## 1. BẠT VẤN ĐỀ

Sạt lở bờ biển đã và đang diễn biến hết sức nghiêm trọng tại các tỉnh ven biển của đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Có thể nói sạt lở đang đe dọa tương lai của ĐBSCL, bởi vì nhiều khu vực sạt 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 tự nhiên, ảnh hưởng đến đời sống sinh hoạt của người dân ven biển như Tân Thành (Tiền Giang), Cồn Ngoài và Cồn Bưng (Bến Tre), Hiệp Thạnh và Đông Hải (Trà Vinh), Vĩnh Châu (Sóc Trăng), Nhà Mát và Gành Hào (Bạc Liêu), Ngọc Hiển, Năm Căn, Phú Tân, Trần Văn Thôn và U Minh (Cà Mau), An Minh (Kiên Giang). Theo số liệu thống kê của Bộ NN&PTNT tính đến ngày 26/7/2018 toàn vùng ĐBSCL có 562 vị trí bờ biển và bờ sông bị sạt lở với tổng chiều dài  $L = 786$  km, riêng bờ biển có 49 vị trí với chiều dài sạt lở 266 km ( $L_b \approx 34\% L$ ), theo phân cấp ở mức đặc biệt nguy hiểm có 20 vị trí với chiều dài sạt lở 98 km ( $\approx 37\% L_b$ ) cần phải có giải pháp công trình xử lý khẩn cấp. Ảnh hưởng nghiêm trọng nhất ở ĐBSCL hiện nay là tỉnh Cà Mau với chiều dài khoảng 105 km bờ

biển bị sạt lở (57 km phía biển Tây, 48 km phía biển Đông), tốc độ sạt lở 20-50 m/năm, diện tích đất ven biển mất đi khoảng 300 ha/năm, từ năm 2007 đến nay rừng phòng hộ ven biển của tỉnh Cà Mau bị mất đi khoảng 4.064 ha, tiếp đến là tỉnh Kiên Giang với hơn 37 km bờ biển cũng đang bị sạt lở nghiêm trọng tương tự như phía biển Tây của tỉnh Cà Mau, tốc độ sạt lở trung bình 20 m/năm, đã làm mất nhiều diện tích đất và hơn 600 ha rừng phòng hộ ven biển [7].

Để chủ động ứng phó với tình trạng sạt lở bờ biển ở ĐBSCL hiện nay, nhiều giải pháp công trình đã được xây dựng thử nghiệm như: (i) Dạng bị động là kê lát mái trực tiếp bằng các cấu kiện bê tông đúc sẵn tự chèn ở Gò Công (Tiền Giang), Ba Tri (Bến Tre), Hiệp Thạnh (Trà Vinh), Nhà Mát và Gành Hào (Bạc Liêu), Hòn Đá Bạc (Cà Mau)...(ii) Dạng chủ động có kê giảm sóng tạo bãi bằng cọc bê tông ly tâm lõi xếp đá học ở U Minh, Trần Văn Thôn, Phú Tân, Ngọc Hiển, Đầm Rơi (Cà Mau), đề trụ rỗng giảm sóng ở Trần Văn Thôn (Cà Mau), kê giảm sóng bán kiên cố bằng hai hàng cọc bê tông lõi xếp chèn cứ tràm (Bạc Liêu), kê giảm sóng bằng khối ro đá xếp và cứ bán nhựa ở U Minh, Trần Văn Thôn, Phú Tân (Cà Mau), đề giảm sóng mềm bằng túi Geotube ở Gò Công (Tiền Giang), Duyên Hải và Hiệp Thạnh (Trà Vinh), Nhà Mát (Bạc Liêu), Trần Văn Thôn (Cà Mau), hàng rào cọc tre giảm sóng và bẫy bùn cát của

<sup>1</sup> Viện Kỹ thuật Biển

GIZ (Đức) tại Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau và Kiên Giang, kê bảng thô sơ (thân cây dừa, củ tràm, tre) ở Trần Văn Thời (Cà Mau). Nói chung, các công trình thử nghiệm sau khi xây dựng đều có hiệu quả giảm sóng bảo vệ bờ biển, điển hình nhất là mô hình "Kê giảm sóng tạo bãi" của tỉnh Cà Mau được thử nghiệm lần đầu vào năm 2009 với chiều dài 300 m đến nay được nhân rộng hơn 17.000 m ở phía biển Tây, hiện nay mô hình này đang thử nghiệm sang vùng biển

phía Đông có chế độ thủy hải văn phức tạp hơn. Tuy nhiên, hiệu quả giảm sóng được xem là "tuyệt vời" mang tính chi phối quyết định công năng thiết kế của hầu hết các công trình thử nghiệm chưa được quan tâm nghiên cứu, thường chỉ thông qua "tuyệt vời suất đầu tư" để lựa chọn loại hình kết cấu và các thông số kích thước hình học của công trình [1,4,5,6,7].



a) Xói lở bờ biển khu Nhà Mát, thành phố Bạc Liêu



c) Xói lở bờ biển tại mũi Cà Mau, tỉnh Cà Mau



b) Xói lở bờ biển tại huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau



d) Xói lở bờ biển ngày tại huyện An Minh, tỉnh Kiên Giang

Hình 1. Thực trạng xói lở bờ biển ở ĐBSCL

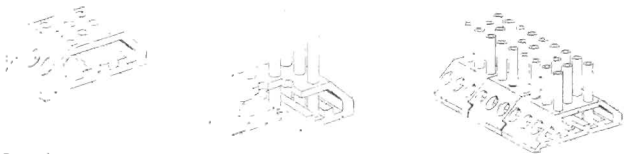
Bài báo này giới thiệu đề ngấm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống ứng dụng để bảo vệ bờ biển bị sạt lở do sóng tại phía biển Tây của đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) từ mũi Cà Mau đến Hà Tiên và cơ sở khoa học để tính toán xác định hiệu quả giảm sóng của dạng công trình này.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Giới thiệu đề ngấm cọc phức hợp

Đề ngấm cọc phức hợp 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 trên Công báo Sở hữu công nghiệp, số 348, tập A (03.2017), trang 396[3]. Cấu tạo của một đơn nguyên đề ngấm cọc phức hợp gồm phần khối chắn để là một đề ngấm sóng tốt điện hình thang cân (Hình 2a) và phần hệ cọc trụ tròn bên trên hình thành hệ thống rương lược giảm sóng (Hình 2b). Bản chất kỹ thuật của đề ngấm cọc là việc cho phép lắp ghép linh hoạt hệ cọc trụ tròn vào thân đề rỗng tùy theo yêu cầu cần giảm

chiều cao sóng, thực tiễn có thể sử dụng các loại cọc trụ khác có tiết diện (vuông, chữ nhật, tam giác) để lắp ghép vào thân đề rỗng hình thành hệ thống rương lược giảm sóng. Hệ cọc trụ tròn lắp ghép linh hoạt có thể là một hàng hay nhiều hàng được bố trí theo nhóm dạng lưới tam giác cân, 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 khối để cũng theo nhóm dạng lưới tam giác cân sẽ cho phép linh hoạt lắp ghép bổ sung thêm các hàng cọc khi cần giảm chiều cao sóng tối đa, hoặc khi cần điều chỉnh tăng chiều cao của cọc có thể nhỏ các cọc cũ và lắp ghép thay thế bằng các cọc mới có chiều cao thích hợp, hoặc khi cần di dời tuyến đề ra phía xa hơn để lấn biển hay di dời đến vị trí khác hoàn toàn có thể nhỏ và tái sử dụng lại hệ cọc cũ để tiết kiệm chi phí xây dựng.



a) Đê ngầm rỗng (khởi đề)    b) Hệ cọc trụ tròn lắp ghép vào khối đê    c) Lắp ghép các phần đoạn đê ngầm cọc phức hợp

Hình 2. Đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mới phi truyền thống

Cơ chế tiêu giảm sóng khi truyền qua đê ngầm cọc phức hợp được mô phỏng gần giống tự nhiên như thân cây ngập mặn, trong đó phần hệ thống rãnh lược bên trên tạo ra các khe hở đứng luôn bảo đảm cho phép mọi sóng biển và thủy triều xuyên qua dễ dàng đóng vai trò giống như các thân cây cản sóng, năng lượng sóng tiêu hao qua hệ cọc nhờ công của lực cản, phần khối đê rỗng ngoài tác dụng tiêu hao 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 có cao trình mực nước triều thấp hơn cao trình đỉnh khối đê (Hình 2c).

2.2. Cơ sở khoa học

(1) Phương trình (PT) năng lượng sóng.

$$E = \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2; c_g = \frac{c}{2} \left( 1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right) \quad (2.1)$$

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

(2) Hiệu quả giảm sóng của đê ngầm cọc phức hợp.

$$\varepsilon = \left[ 1 - K_t^{(p)} \right] \times 100\% = \left[ 1 - f \left( K_t^{(0)}, D_{pr} \right) \right] \times 100\% \quad (2.2)$$

Trong đó: ε là hiệu quả giảm sóng của đê ngầm cọc phức hợp, K<sub>t</sub><sup>(p)</sup> là hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp, K<sub>t</sub><sup>(0)</sup> là hệ số truyền sóng qua đê ngầm rỗng không có cọc, D<sub>pr</sub> là năng lượng sóng tương đối tiêu hao bởi hệ cọc.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu bằng mô hình vật lý (MHVL) thu nhỏ trong máng sóng thủy lực thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Thủy lực sóng biển 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<sub>l</sub> bằng với tỉ lệ chiều cao λ<sub>h</sub> 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 trường hợp đối với mô hình mặt cắt chỉ có mô hình chính thái và hằng số tỉ lệ mô hình tương đối nhỏ (λ<sub>l</sub> ≤ 60).

- Nghiên cứu này tỉ lệ mô hình được thiết kế là λ<sub>l</sub> = λ<sub>h</sub> = 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 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 <sub>l</sub>	15
Chiều cao (m)	L	λ <sub>h</sub> = λ <sub>l</sub> = a	15
Thời gian, chu kỳ (s)	T	λ <sub>t</sub> = λ <sub>l</sub> <sup>1/2</sup> = √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 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 tối 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 biến thủy hải văn

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

Thực tế thông số sóng nước sâu tại vùng biển phía Tây của ĐBSCL chỉ dao động trong khoảng  $H_s = (1,0 \div 1,75)$  m,  $T_p = (2 \div 6)$  s, chuỗi số liệu thí nghiệm MHLV đã xem xét đầy đủ các đặc trưng riêng này, đồng thời mở rộng thêm biên độ với giới hạn là  $H_s \leq 2,50$  m,  $T_p \leq 8,0$  s trong nghiên cứu nhằm mục đích khái quát hóa đầy đủ được mức độ ảnh hưởng của các tham số chính chi phối đến quá trình truyền sóng qua đê khi phân tích và tăng độ tin cậy khi xây dựng các công thức thực nghiệm và bản thực nghiệm. Mục tiêu hướng đến là mở rộng phạm vi ứng dụng thực tiễn của dạng đê ngầm này không chỉ giới hạn ứng dụng riêng cho vùng biển phía Tây hay vùng ĐBSCL mà còn có thể ứng dụng cho các vùng biển khác ở nước ta có đặc trưng sóng và cơ chế sạt lở bờ biển tương tự.

Độ ngập nước tại đỉnh đê  $R_c = (0 \div 2,25)$  m.

Cơ sở xác định giá trị độ sâu ngập nước trên đỉnh đê ngầm là theo thực tế để có thể giảm sóng hiệu quả thì đỉnh đê cần được thiết kế có cao trình nằm xung quanh cao trình mực nước với độ ngập sâu tối đa  $< 1 \times H_s$  (tức là  $0 \leq R_c < 2,5$  m). Không xem xét trường hợp cao trình đỉnh đê > cao trình mực nước trong nghiên cứu này. Thực tế chế độ thủy triều của vùng biển Tây là nhật triều không đều, biên độ dao động nhỏ hơn 1 m, do đó trong thực tiễn khi thiết kế công trình cao trình đỉnh đê ngầm (không có cọc) được chọn ở cao trình mực nước trung bình (theo tần

suất thiết kế) sẽ bảo đảm yêu cầu kỹ thuật và hiệu quả về kinh tế ( $\approx$  độ ngập đỉnh đê  $R_c = 0$ ).

2.3.3. Thiết kế mô hình thí nghiệm

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. Thông số kích thước hình học của đê trong mô hình được thiết kế như sau:

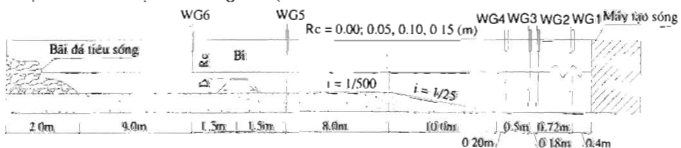
- Đê ngầm rộng tiết diện ngang là hình thang cân, hệ số mái  $m = 1$ , chiều cao  $D = 0,2$  m, bề rộng đỉnh là  $B_{w,2,3,4,5} = (0,112, 0,152, 0,192, 0,232)$  m, (Hình 2a).

- Số hàng lỗ trụ tròn bố trí sẵn trên đỉnh đê tương ứng với các bề rộng đỉnh  $B$ , là  $n^{(0)} = (2, 3, 4, 5)$  hàng lỗ. Số hàng cọc trụ tròn lắp ghép trên đỉnh đê tương ứng với các hàng lỗ là  $n^{(1)} = (2, 3, 4, 5)$  hàng cọc, (Hình 2a và 2b).

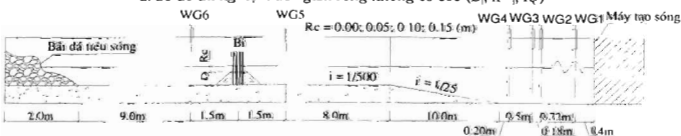
- Khoảng cách giữa các cọc trong một hàng (l) bằng khoảng cách giữa các hàng cọc (b) và bằng kích thước đường kính của cọc ( $\emptyset = 0,02$  m), (Hình 2c).

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  $\geq 0,2$  m. 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  $D = 0,20$  m (không cần theo tỷ lệ mô hình vì hệ số truyền sóng cơ bản phụ thuộc vào độ ngập  $R_c$ ).

2.3.4. Bố trí thiết bị và sơ đồ thí nghiệm



a. Sơ đồ thí nghiệm đê ngầm rộng không có cọc ( $B$ ;  $n^{(0)}$ ;  $R_c$ )



b. Sơ đồ thí nghiệm đê ngầm rộng có hệ cọc ( $B$ ;  $n^{(1)}$ ;  $R_c$ )

Hình 3. 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 mảng 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 để ngắm để ghi nhận kết quả đặc trưng của sóng trước và sau khi truyền qua đế ngắm. 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 đế 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 kích bản thí nghiệm để đảm bảo độ chính xác cao nhất cho kết quả thí nghiệm.

- Thời gian cho 1 kích bản thí nghiệm:  $t = 500 \times T_p + 300 \text{ s} = (865-1315) \text{ s}$ . Bảo đảm mỗi kích bản thí nghiệm có >500 con sóng để dài 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.

2.3.5. Xây dựng chương trình thí nghiệm

Thí nghiệm MHVL trong mảng sóng thủy lực quá trình truyền sóng qua đế cho hai trường hợp ngắm rỗng không cọc và có hệ cọc bên trên với các kích bản thí nghiệm khác nhau về đặc trưng sóng, bề rộng đỉnh đế, số hàng lỗ trên đỉnh đế, số hàng cọc bên trên đỉnh đế, độ sâu ngập nước của đỉnh đế. Thiết lập được bộ số liệu thực nghiệm làm cơ sở cho việc phân tích, đánh giá và xây dựng các công thức thực nghiệm và bản thực nghiệm tính toán truyền sóng qua đế ngắm cọc phức hợp.

Bảng 2. Xây dựng chương trình thí nghiệm MHVL tổng quát

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

Tổng số 300 thí nghiệm MHVL, trong đó 40 thí nghiệm hiện trạng không có đế (kí hiệu là  $B_1+n^{(l)}_1+R_c^1$ ), 100 thí nghiệm với đế ngắm rỗng không có cọc (kí hiệu là  $B_2+n^{(l)}_2+R_c^1, B_3+n^{(l)}_3+R_c^1, B_4+n^{(l)}_4+R_c^1, B_5+n^{(l)}_5+R_c^1$ ), 160 thí nghiệm với đế ngắm rỗng có hệ cọc bên trên (kí hiệu là  $B_2+n^{(l)}_2+R_c^1, B_3+n^{(l)}_3+R_c^1, B_4+n^{(l)}_4+R_c^1, B_5+n^{(l)}_5+R_c^1$ ).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Đề có cấu tạo phức hợp bao gồm phần khối đế như là một đế ngắm rỗng tiêu hao năng lượng sóng thông qua quá trình sóng vỡ, phản xạ, ma sát và dòng chảy qua thân đế, phần hệ cọc bên trên tiêu hao năng lượng sóng nhờ công của lực cản. Khi chiều cao phần đế rỗng tăng thì năng lượng sóng tiêu hao bởi thân đế 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 đế trong trường hợp tổng quát.

3.1. Hệ số truyền sóng qua thân đế rỗng không có cọc

Công thức thực nghiệm tính toán xác định hệ số truyền sóng qua đế ngắm rỗng không có cọc xem nghiên cứu của Nguyễn Anh Tiến và nnk (2018) [5] (tham khảo thêm nghiên cứu của d'Angremond và nnk (1996) [2] và Van der Meer và nnk (2005) [8].

$$K_t^{(0)} = 0,18 \left( \frac{R_c}{H_{m0,2}} \right) + 0,58 \left( \frac{B}{H_{m0,2}} \right)^{-0,11} \cdot \left( 1 - e^{-1,1 \frac{B}{H_{m0,2}}} \right) \quad (3.1)$$

Trong đó: 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 ( $s_m = H_{m0}/L_m$ ),  $R_c$  là độ sâu ngập nước của đỉnh đê,  $B$  là bề rộng đỉnh đê,  $H_{m0}$  là chiều cao sóng tới trước đê,  $s_m$  là độ dốc sóng tại vị trí công trình,  $L_m$  là chiều dài sóng nước nông tại khu vực công trình tương ứng với chu kỳ đỉnh phổ  $T_p$ .

### 3.2. Thành phần năng lượng sóng tiêu hao qua hệ cọc

Công thức thực nghiệm tính toán xác định thành phần năng lượng sóng tiêu hao do hệ cọc bên trên xem nghiên cứu của Nguyễn Anh Tiến và nnk (2018) [6].

$$D_{pr} = 0.153 \tanh \left[ 20.6 \frac{(R_c + H_{m0.1}) X_b}{H_{m0.1} L_m} \right] \quad (3.2)$$

hoặc

$$D_{pr} = 0.152 \tanh \left[ 16.3 \frac{(R_c - H_{m0.1}) X_b}{H_{m0.1} L_p} \right] \quad (3.3)$$

Trong đó: chiều dài tương đối của phần cọc nhúng trong nước ( $R_c/H_{m0}$ ) tương tự như độ sâu ngập nước tương đối của đỉnh đê, 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 ngắm xét theo phương truyền sóng ( $X_b$  bằng khoảng cách tìm của hai hàng cọc bên trên đỉnh đê theo phương truyền sóng),  $L_m$  và  $L_p$  là chiều dài sóng nước nông tại khu vực công trình tương ứng với chu kỳ đặc trưng phổ  $T_{m,1.0}$  và đỉnh phổ  $T_p$ .

### 3.3. Hệ số truyền sóng qua đê ngắm rộng có hệ cọc bên trên (tổng quát)

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

- Khi đê ngắm rộng không cọc:

$$E_{tot} = E_t^{(0)} + E_d^{(0)} + E_f^{(0)} + E_r^{(0)} \quad (3.4)$$

- Khi đê ngắm rộng có hệ cọc bên trên:

$$E_{tot} = E_t^{(p)} + E_d^{(p)} + E_p^{(p)} + E_f^{(p)} + E_r^{(p)} \quad (3.5)$$

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 ngắm rộng không cọc và có hệ cọc. Từ hai PT.(3.4) và PT.(3.5) ta có:

$$\begin{aligned} & (E_t^{(0)} - E_t^{(p)}) + (E_r^{(0)} - E_r^{(p)}) - E_p^{(p)} = 0 \\ & \Leftrightarrow \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^{(0)} - H_{rms}^{(p)} + \frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 (C_r^{(0)^2} - C_r^{(p)^2}) - \frac{D_p X_b}{L_p} = 0 \quad (3.6) \end{aligned}$$

với  $C_r$  ( $0$  và  $p$ ) là các hệ số phản xạ trong hai trường hợp đê không có cọc và có hệ cọc,  $D_p$  là suất tiêu hao năng lượng sóng do sức cản của hệ cọc ( $W/m^2$ ),  $H_{rms}$  là chiều cao sóng trung bình quân phương trong trường hợp đê gồm cả hệ cọc (m), các chỉ số tương ứng của  $H_{rms}$  ( $0$  và  $p$ ) chỉ sóng tới trước đê và sóng sau đê.

PT.(3.6) viết lại dưới dạng các hệ số truyền sóng ( $K_t = H_{rms}/H_{rms}$ ) ở hai trường hợp bằng cách chia hai vế phương trình này cho năng lượng sóng tới đơn vị  $E = 1/8 \rho g H_{rms}^2$ , ta có:

$$\Leftrightarrow (K_t^{(0)^2} - K_t^{(p)^2}) - (C_r^{(0)^2} - C_r^{(p)^2}) - \frac{D_p X_b}{\frac{1}{8} \rho g H_{rms}^2 L_p} = 0 \quad (3.7)$$

$$\Leftrightarrow (K_t^{(0)^2} - K_t^{(p)^2}) + (C_r^{(0)^2} - C_r^{(p)^2}) - D_{pr} = 0 \quad (3.8)$$

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 ở hình 4 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. Từ PT.(3.8) đưa ra công thức bán thực nghiệm xác định hệ số truyền sóng qua đê ngắm rộng phức tạp như sau:

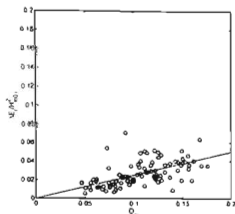
$$K_t^{(p)} = \sqrt{K_t^{(0)^2} - m \cdot D_{pr}} \quad (3.9)$$

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 ngắm rộng 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.(3.2) hoặc PT.(3.3). Khi đê ngắm rộng không cọc ( $D_{pr} = 0$ ) thì PT.(3.9) sẽ trở về PT.(3.1).

Sử dụng các PT.(3.1), PT.(3.2) và PT.(3.9) cùng với bộ số liệu thí nghiệm cho trường hợp đê có cọc

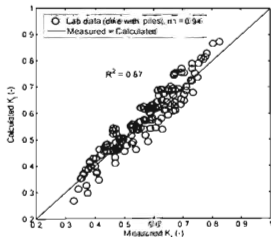
để xác định hệ số mô hình  $m$  (160 thí nghiệm). Kết quả ở hình 5 cho thấy  $m = 0,94$  cho kết quả phù hợp tốt nhất với bộ số liệu thí nghiệm ( $R^2 = 0,87$ ). Hình 6



Hình 4. 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)

Thay thế hệ số mô hình  $m = 0,94$  vào PT.(3.9) ta có PT.(3.10) dạng tổng quát như sau:

$$K_t^{(p)} = \sqrt{K_t^{(0)^2 - 0,94 \cdot D_{pr}} \quad (3.10)$$



Hình 6. So sánh kết quả tính toán hệ số truyền sóng với số liệu thực nghiệm cho trường hợp đề có hệ cọc (hệ số mô hình  $m = 0,94$ )

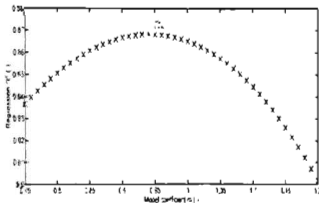
Sau cùng hình 7 là so sánh tổng hợp giữa kết quả (tính toán với tất cả các trường hợp có và không có hệ cọc (tổng số 260 thí nghiệm).

Cuối cùng, thay thế PT.(3.10) vào PT.(2.2) ta có phương trình tính toán xác định hiệu quả giảm sóng của đê ngầm cọc phức hợp như sau:

$$\varepsilon = \left| 1 - K_t^{(p)} \right| \times 100\% = \left| 1 - \sqrt{K_t^{(0)^2 - 0,94 \cdot D_{pr}} \right| \times 100\% \quad (3.11)$$

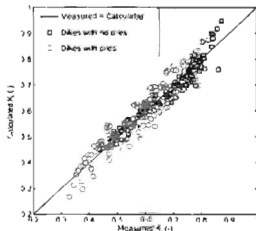
Trong đó:  $\varepsilon$  là hiệu quả giảm sóng của đê ngầm cọc phức hợp,  $K_t^{(p)}$  là hệ số truyền sóng qua đê ngầm rỗng không cọc xác định theo PT.(3.1),  $D_{pr}$  là

trình bày so sánh giữa kết quả tính toán  $K_t^{(p)}$  theo PT. (3.9) với hệ số mô hình  $m = 0,94$  và bộ số liệu thí nghiệm.



Hình 5. Hiệu chỉnh hệ số mô hình  $m$  với các số liệu thí nghiệm

Sự phù hợp rất tốt của công thức bán kính nghiệm (3.10) 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 7. Tổng hợp so sánh kết quả tính toán hệ số truyền sóng với toàn bộ số liệu thực nghiệm (2 trường hợp đê không cọc và đê có hệ cọc)

thành phần năng lượng sóng tiêu hao tương đối bởi hệ cọc xác định theo PT.(3.2) hay PT.(3.3).

Lưu ý: phạm vi áp dụng của công thức bán thực nghiệm (3.11) thích hợp nhất cho vùng biển phía Tây của ĐBSCL từ mũi Cà Mau đến Hà Tiên có biên độ triều dao động <1,0 m. Cao trình đỉnh đê ngầm rỗng (khởi đê) đặt tại cao trình mực nước trung bình (theo tần suất thiết kế). Độ sâu nước của đỉnh đê ngầm rỗng  $0 \leq R_c \leq H_{m0}$ . Hệ cọc trụ tròn lắp ghép trên đỉnh khối đê theo nhóm dạng lưới tam giác cân (hình hoa mai) tuân theo qui luật là  $l_1 = b_1 = 0$ , với số hàng cọc trụ tròn  $2 \leq n_1 \leq 3$  hàng cọc. Khi không có hệ

cọc ( $D_{pr} = 0$ ) áp dụng công thức (3.1) để tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm dạng rỗng.

#### 4. KẾT LUẬN

Đã giới thiệu dạng đê ngầm cọc phức hợp có kết cấu mái 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 từ mũi Cà Mau đến Hà Tiên.

Truyền sóng qua thân đê rỗng 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  $R_c/H_{m0}$ , ảnh hưởng của bề rộng tương đối của đỉnh  $B/H_{m0}$  và ảnh hưởng của tương tác sóng với mái đê thông qua giá trị độ dốc sóng tại vị trí công trình  $s_m$ .

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 từ của 2 hàng cọc bên ngoài cùng trên đỉnh đê theo phương truyền sóng).

Xây dựng được công thức bán thực nghiệm tính toán hiệu quả giảm sóng của đê ngầm cọc phức hợp theo PT.(3.11) phản ánh đầy đủ mức độ ảnh hưởng của các tham số chi phối đến hệ số truyền sóng  $K_t^{(p)}$ . Cụ thể PT.(3.11) được xây dựng có tính tổng quát với hai tham số độc lập là  $K_t^{(0)}$  xác định theo PT.(3.1) và  $D_{pr}$  xác định theo PT.(3.2) hoặc PT.(3.3). Trường hợp đặc biệt khi đê ngầm không có cọc ( $D_{pr} = 0$ ) thì PT.(3.11) được áp dụng để tính toán hệ hiệu quả giảm của đê rỗng không có cọc.

Thông qua việc so sánh tổng hợp giữa kết quả tính toán hệ số truyền sóng  $K_t^{(p)}$  theo PT.(3.10) và  $K_t^{(0)}$  theo PT.(3.1) với số liệu thực nghiệm trên MHLV trong máng sóng thủy lực về quá trình truyền sóng qua đê ngầm rỗng 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. Như vậy PT.(3.11) 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 hiệu quả giảm sóng cho dạng đê ngầm cọc có cấu tạo phức hợp ứng dụng để bảo vệ bờ biển từ mũi Cà Mau đến Hà Tiên bị sạt lở do tác động của sóng biển.

#### 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 (LMDCC).
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. Lê Đức Vinh, 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 - Viện KHTL Việt Nam. Số 47 (9-2018). Trang 72-86.
4. Nguyễn Anh Tiến (2017). *Hồ sơ sáng chế đê ngầm giảm sóng liên kết giải pháp 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.
5. 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.
6. Nguyễn Anh Tiến, Trinh 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.
7. Nguyễn Anh Tiến, Trinh 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 KHTLVN Việt Nam. Số 46 (8-2018). Trang 81-87.
8. Tổng cục Phòng chống thiên tai (2018). *Tình hình sạt lở bờ sông, xói lở bờ biển và các giải pháp xử*



lý trong thôn gian qua tại vùng ĐBSCL Hội nghị phòng chống thiên tai khu vực miền Nam và giải pháp kỹ thuật phòng chống sạt lở bờ sông, bờ biển vùng ĐBSCL ngày 26/7/2018, Cần Thơ.

9. 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.

## PROPOSE SEMI-EMPIRICAL EQUATION TO ESTIMATE WAVE TRANSMISSION COEFFICIENT VIA COMPLEX SUBMERGED BREAKWATER (A CASE STUDY FOR CA MAU AND HA TIEN COASTAL ZONE)

Nguyen Anh Tien<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Coastal and Offshore Engineering

### Summary

This article presents a semi-empirical equation to estimate wave transmission coefficient via pre-casted concrete complex submerged pile breakwater to protect shoreline of Ca Mau and Ha Tien from wave pressure. The study utilizes wave energy theories screening with 300 experiments in physical wave tank to define key factors influence wave energy dissipation process e.g. relative depth ( $R_c/H_{m0}$ ), relative width ( $B/H_{m0}$ ), wave slope ( $s_m = H_{m0}/L_m$ ), submerged length of pile group ( $L_c/H_{m0} \approx R_c/H_{m0}$ ) and relative width of pile group ( $X_c/L_m$ ). Empirical equation has been proved to be sufficient, reliable to apply on practical calculation for this type of structure.

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

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Thống

Ngày nhận bài: 19/10/2018

Ngày thông qua phản biện: 20/11/2018

Ngày duyệt đăng: 27/11/2018