

# NGHIÊN CỨU TRÊN MÔ HÌNH MÁNG SÓNG SỐ SÓNG TRÀN QUA ĐÊ BIỂN VÀ HIỆU QUẢ CẢI THIỆN TƯƠNG TÁC SÓNG – CÔNG TRÌNH CỦA LĂNG THỂ TETRAPOD TRƯỚC ĐÊ

Mai Thị Hà<sup>1</sup>, Nguyễn Việt Tiến<sup>1</sup>, Thiều Quang Tuấn<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Đê biển Cát Hải, TP Hải Phòng đoạn Gót – Gia Lộc (từ K0+000 đến K3+094) có kết cấu bằng đá hộc, với cao trình đê từ +3,7 m đến +4,5 m. Do cao trình đê thấp lại trực diện với biển phải chịu tác động mạnh của sóng, triều, mặt khác do kích thước viên đá kè nhỏ nên thường xuyên bị xô sạt. Khi triều cường và gió cấp 5, 6 sóng biển đã có thể tràn qua mặt rất dễ gây mất ổn định và phá hoại kết cấu đê. Giải pháp đắp tôn cao đê nhằm giảm sóng tràn qua mặt đê tỏ ra là giải pháp không khả thi về mặt kinh tế do điều kiện khan hiếm về vật liệu cũng như là hạn chế về không gian phía sau đê do nhà dân và đường sát ngay đê.... Vì vậy, cần có một giải pháp giảm tương tác sóng – công trình cũng như dạng mặt cắt đê biển hợp lý để đảm bảo an toàn cho đê trong mùa mưa bão. Bài báo này đề cập tới nội dung nghiên cứu sử dụng mô hình IH2-VOF (máng sóng số) để mô phỏng tương tác sóng với công trình, đặc biệt là mô phỏng dòng chảy qua lớp đá đổ của đê biển và lăng thể Tetrapod, giải được bài toán để từ đó đề xuất vị trí lăng thể Tetrapod giảm sóng đạt hiệu quả nhất, dạng mặt cắt ngang hợp lý cho đê biển, tính toán được lưu lượng tràn qua đê biển, đề xuất và thiết kế được kết cấu mái phía đồng cũng như hệ thống thu nước biển do sóng tràn.

**Từ khóa:** Đê biển Cát Hải, Tetrapod, mô hình IH2-VOF, sóng tràn, lưu lượng sóng tràn, hiệu quả giảm sóng.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ:

### 1.1. Hiện trạng đoạn đê biển Gót – Gia Lộc, Cát Hải, Hải Phòng



Hình 1. Bản đồ khu vực đê biển Cát Hải đoạn Gót – Gia Lộc

Đê biển Gót – Gia Lộc, Cát Hải, Hải Phòng đoạn Gót - Gia Lộc (từ K0+000 đến K3+094), có kết cấu thân đê bằng đá hộc. Cao trình đỉnh đê đá đoạn này từ +3,7 m đến +4,5 m. Cao trình bãi phía biển từ -1,2 đến +0,8. Do cao trình đê thấp nên thường xuyên bị xô sạt do kích thước

viên đá kè nhỏ lại chịu tác động mạnh của sóng, triều. Với triều cường và gió cấp 5, 6 sóng biển đã có thể tràn qua mặt đê vì vậy hằng năm sau mỗi mùa mưa bão đều phải duy tu tuyến đê này

Sau khi tuyến đê được sửa chữa xong năm 2011 bằng kết cấu đá hộc lát kè trong khung bê tông cốt thép (kích thước 20x50 cm, một đơn nguyên khung mái có chiều dài 20 m, các dầm dọc mái cách nhau 10 m, giữa hai đơn nguyên khung mái có khe lún)..., đã liên tiếp xảy ra các đợt triều cường lớn hơn tần suất thiết kế kết hợp với gió Tây Nam mạnh và bão nên tiếp tục có hiện tượng xô sạt mái, đặc biệt là các đoạn từ K1+100 đến K3+094. Một phần đoạn đê từ K0+190 đến K1+181 dài 991 m đã được bàn giao mặt bằng cho Cảng quốc tế Lạch Huyện

Để khắc phục hiện tượng xô sạt mái kè, đảm bảo ổn định cho đê, trong năm 2012, UBND thành phố Hải Phòng đã cho phép Sở Nông nghiệp và PTNT Hải Phòng lập báo cáo kinh tế kỹ thuật gia cố mái đê đoạn bị xô sạt mạnh nhất từ K2+000 đến K2+800 bằng cấu kiện không ngầm Holhquader. Đến nay, đoạn gia cố mái này đã được thi công hoàn thiện, mái đê đảm bảo ổn

<sup>1</sup> Trung tâm Tư vấn và Chuyển giao công nghệ Thủy lợi – Tổng cục Thủy lợi

<sup>2</sup> Khoa kỹ thuật Biển - Trường Đại học Thủy lợi

định sau các trận bão đầu mùa mưa bão 2013. Tuy nhiên, hiện nay, các đoạn chưa được gia cố mái từ K1+100 đến K2+00 và từ K2+800 đến K3+094, sau các trận bão năm 2013, đặc biệt là

sau bão số 2 tháng 6/2013 đang bị xô sạt nghiêm trọng. Phần đá mái kè phía biển bị sóng đánh xô rất nhiều, 15 dầm chia ô giữa mái kè bị gãy. Mái đá xây phía đồng nhiều vị trí bị bong chóc.



Đê biển sau bão số 2 (ngày 24/6/2013)



Mái đê đoạn K2+000-K2+800 được gia cố bằng cấu kiện Holhquader



Sóng đánh tràn đỉnh đê trong một cơn bão

Hình 2. Đê biển bằng đá đổ khu vực Cát Hải, TP Hải Phòng

### 1.2. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế mặt cắt ngang đê biển Cát Hải



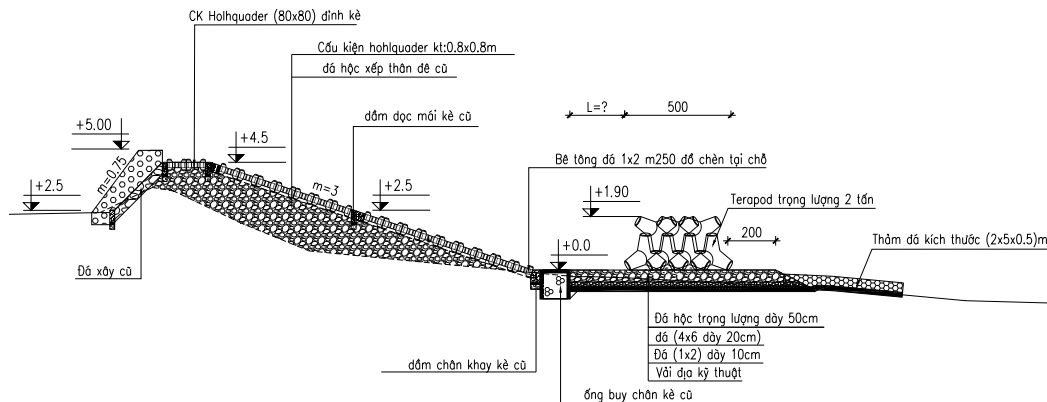
Hình 3. Lãng thể Tetrapod bảo vệ công trình đê biển, đụn cát trong bão

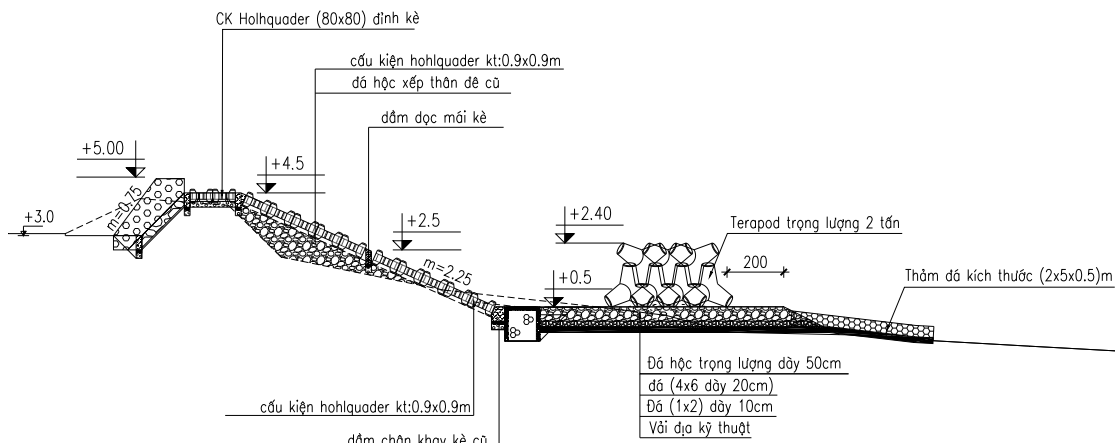
### 1.3. Đề xuất dạng mặt cắt ngang đê biển hợp lý

Với đê biển Cát Hải việc đắp tôn cao đê nhằm giảm sóng tràn qua đê biển tỏ ra là giải pháp không khả thi về mặt kinh tế do điều kiện khan hiếm về đất đắp cũng như là hạn chế về không gian phía sau đê do nhà dân và đường sát ngay đê. Về mặt kỹ thuật thì giải pháp gia

cố mới cho đoạn đê biển này cũng cần tận dụng tối đa phần mái kè đá đổ của đê cũ làm một phần của thân đê mới nhằm giảm chi phí xây dựng công trình. Với các điều kiện ràng buộc nêu trên thì việc xây dựng lãng thể giảm sóng phía trước đê là một giải pháp mang tính chủ động và có hiệu quả kinh tế cao, giảm thiểu được tải trọng, gia tăng ổn định cho công trình dưới tác động của sóng và nước dâng trong bão (xem Hình 3). Tùy theo khoảng cách bố trí lãng thể đến chân đê mà hiệu quả khác nhau với nguyên lý cơ bản là cải thiện điều kiện tương tác giữa sóng và công trình, giảm thiểu trực tiếp vận tốc sóng leo trên mái đê và lưu lượng sóng tràn qua đê biển.

Có hai dạng mặt cắt điển hình (xem Hình 4) đã được Trung tâm Tư vấn và Chuyển giao công nghệ Thủy lợi nghiên cứu, đề xuất thiết kế dựa trên những nguyên tắc nêu trên.





Hình 4. Dạng mặt cắt ngang đê thiết kế điển hình

Nhìn chung đê có kết cấu mặt cắt ngang khá phức tạp với lõi đê tận dụng mái kè đá đổ cũ có độ rỗng và tính thấm lớn và sử dụng tấm Holhquader trong khung bê tông. Phần mái kè có dạng tương tự như dạng đê chắn sóng đá đổ mái nghiêng nên có tính năng giảm sóng leo, sóng tràn cao. Phía trước đê là lăng trụ Tetrapod với chức năng cản phá sóng, cải thiện tính chất tương tác của sóng trên mái đê. Bên cạnh đó đỉnh đê còn được gia tăng bởi tường đỉnh với thêm trước có tác dụng hạ thấp chiều cao sóng bắn, hạn chế thành phần sóng tràn gia tăng do gió thổi đem sóng bắn qua đê.

Mặc dầu có cấu tạo kết cấu và hình học mang nhiều ưu điểm trong việc giảm thiểu sóng leo sóng tràn, tuy nhiên cao trình đỉnh đê vẫn còn tương đối thấp +4,5 m và cao trình đỉnh tường +5,0 m so với điều kiện sóng và mực nước ở Cát Hải. Vì vậy lượng sóng tràn qua đê biển vẫn có thể là rất đáng kể trong điều kiện thiết kế, đặc biệt là trong tình hình biến đổi khí hậu nước biển dâng và bão đổ bộ vào khi triều cường. Việc tính toán xác định lưu lượng sóng tràn qua đê biển trong trường hợp này nhằm so sánh với tiêu chuẩn quy định về lưu lượng sóng tràn cho phép do vậy là rất thiết yếu, mang tính quyết định đến việc lựa chọn các giải pháp kết cấu và hình học phù hợp cho đoạn đê biển xem xét.

Tuy nhiên hiện nay tính toán sóng tràn theo các phương pháp kinh nghiệm như TAW-2002 hoặc EurOtop (2007) lại không thể áp dụng được cho dạng đê biển có cấu tạo kết cấu và hình học mặt cắt ngang phức tạp như nêu ở trên.

Chính vì lý do này mà cần phải lựa chọn và áp dụng một mô hình máng sóng số thích hợp, có khả năng mô phỏng tốt tương tác giữa sóng với công trình, đặc biệt là mô phỏng dòng chảy qua lớp lõi đá đổ của đê biển và lăng trụ Tetrapod ở phía trước.

## II. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH IH2-VOF, KỊCH BẢN VÀ CÁC THAM SỐ TÍNH TOÁN

### 2.1. Giới thiệu mô hình IH2-VOF (Máng sóng số)

Mô hình IH2-VOF (tên gọi trước đây là COBRAS-UC), là máng sóng số họ RANS-VOF, đã có một bề dày lịch sử nhiều năm phát triển, khởi đầu từ nhóm nghiên cứu của Giáo sư Phillips Liu ở Trường đại học Cornell - Mỹ (xem Liu và nnk, 1999). Trong những năm gần đây mô hình này đã được Viện Thủy lực của Trường Đại học Cantabria, Tây Ban Nha tiếp tục nghiên cứu phát triển, mở rộng tính năng và đã trở thành một máng sóng số được đánh giá là hiện đại với mức độ tin cậy bậc nhất thế giới hiện nay. IH2-VOF có khả năng mô phỏng tương tác sóng với công trình biển với các tính năng tương tự như trong mô hình vật lý máng sóng. Dạng công trình có thể mô phỏng trong mô hình có cấu tạo kết cấu tương tự như trong thực tế là dạng không thấm (đặc) hoặc cho phép dòng chảy qua (thấm) như lõi đê đá đổ, thân đê cát,...và có thể cấu tạo hình học bất kỳ: mái nghiêng, tường đứng hoặc hỗn hợp. Các kết quả mô phỏng tương tác là trường dòng chảy, trường áp lực, trường rối, áp lực sóng lên kết cấu bê tông, sóng leo, sóng tràn qua công trình.

Khoa Kỹ thuật Biển - Trường ĐH Thủy Lợi hiện đã mua bản quyền sử dụng mô hình này trong khuôn khổ dự án NICHE (NUFFIC Hà Lan) về hợp tác đào tạo sau đại học trong lĩnh vực tài nguyên nước thích ứng biến đổi khí hậu.

Hệ phương trình cơ bản của IH2-VOF là hệ phương trình mô tả dòng chảy 2DV-RANS (Navier-Stokes 2 chiều đứng, trung bình Reynolds) như sau:

$$\frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \frac{v_i}{\sigma_\varepsilon} + \nu \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] - C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} \langle u'_i u'_j \rangle \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

trong các phương trình trên  $\langle u_i \rangle$  lưu tốc dòng chảy trung bình theo phương thứ  $i$  ( $i, j = 1, 2$  cho dòng chảy hai chiều đứng: ngang  $x$ , đứng  $y$ ),  $\langle p \rangle$  áp suất dòng chảy,  $\rho$  khối lượng riêng của nước,  $g_i$  là gia tốc trọng trường theo phương  $i$ ,  $\rho \langle u'_i u'_j \rangle$  là ứng suất Reynolds được mô tả theo hệ số nhớt xoáy phi tuyến (xem Rodi, 1980; Lin and Liu, 1998). Các hằng số thực nghiệm của mô hình rối là  $\sigma_k = 1.0$ ,  $\sigma_\varepsilon = 1.3$ ,  $C_{1\varepsilon} = 1.44$ ,  $C_{2\varepsilon} = 1.92$  (Rodi, 1980);  $\nu = \mu/\rho$  và  $\nu_t = C_d k^2/\varepsilon$  ( $C_d = 0.99$ ) lần lượt là các hệ số nhớt động và nhớt xoáy.

$$\frac{\partial \langle \bar{u}_i \rangle}{\partial x_i} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial \langle \bar{u}_i \rangle}{\partial t} + \frac{\langle \bar{u}_j \rangle}{1 + C_A} \frac{\partial \langle \bar{u}_i \rangle}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho(1 + C_A)} \left[ -\frac{\partial \langle \bar{p} \rangle}{\partial x_i} - \frac{\partial \rho \langle u'_i u'_j \rangle}{\partial x_j} + \frac{\partial \langle \bar{\tau}_{ij} \rangle}{\partial x_j} + \rho g_i \right] - \frac{1}{(1 + C_A)} \left[ \frac{\alpha \nu (1 - n)^2}{n^2 D_{50}^2} \langle \bar{u}_i \rangle + \frac{\beta (1 - n)}{n D_{50}^2} \sqrt{\langle \bar{u}_1 \rangle^2 + \langle \bar{u}_2 \rangle^2} \langle \bar{u}_i \rangle \right] \quad (6)$$

trong đó các ký hiệu  $\langle \bullet \rangle$  là trung bình thể tích của đại lượng xem xét,  $C_A$  là hệ số gia tăng khối lượng,  $\alpha$  và  $\beta$  là hai hệ số kinh nghiệm lần lượt tương ứng với các lực cản tuyến tính và phi tuyến.

Mật thoáng ngẫu nhiên của chất lỏng chuyển động được mô tả thông qua phương trình biến đổi thể tích VOF của khối chất lỏng xem xét

$$\frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \langle p \rangle}{\partial x_i} + g_i + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} - \rho \langle u'_i u'_j \rangle \right) \quad (2)$$

và được khép kín bởi hệ phương trình vận chuyển rối ( $k - \varepsilon$ ), mô tả liên hệ giữa mạch động lưu tốc của dòng chảy với động năng tối  $k$  và tiêu năng rối  $\varepsilon$ .

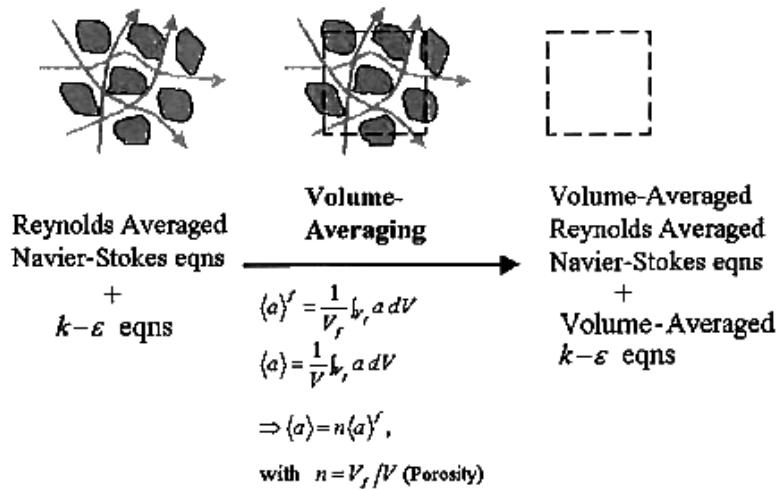
$$\frac{\partial k}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \frac{v_i}{\sigma_k} + \nu \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] - \langle u'_i u'_j \rangle \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_j} - \varepsilon \quad (3)$$

Đặc biệt IH2-VOF còn có thể mô tả chuyển động của chất lỏng trong môi trường rỗng như đất đắp, đá đổ dựa vào việc kết hợp với hệ phương trình VARANS. Đây thực chất là hệ phương trình RANS được viết trên cơ sở trung bình hóa thể tích cố thể rỗng xem xét (Hình 3). Hệ phương trình VARANS sau đó được đóng kín bởi hệ phương trình tương tự như hệ phương trình vận chuyển rối ( $k - \varepsilon$ ) viết cho môi trường xốp rỗng.

(Volume Of Fluid, xem Hirt và Nichols, 1981; Lin, 1998).

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (uF) + \frac{\partial}{\partial y} (vF) = 0 \quad (7)$$

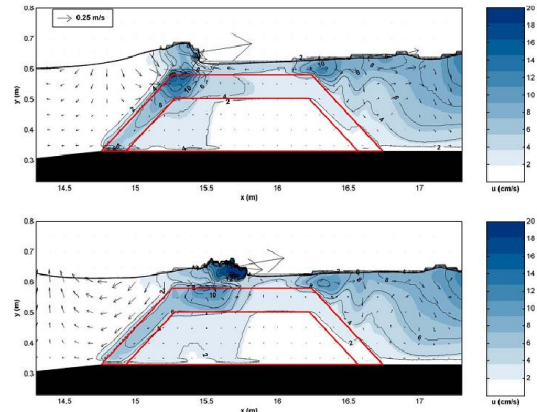
trong đó  $F$  ( $0 \leq F \leq 1.0$ ) là hàm mật độ thể tích của ô tính toán (bao gồm cả pha khí). Mật thoáng của chất lỏng chuyển động sẽ được nội suy đi qua những ô có giá trị  $F < 1.0$  (xem Hình 6).



Hình 5. Nguyên tắc trung bình thể tích một có thể xốp rỗng của hệ phương trình VARANS (theo Hsu và nnk, 2002)

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5
0.6	0.5	1	0.4	0.6	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

Hình 6. Giá trị hàm mật độ  $F$  và mật thoáng của chất lỏng (Khí:  $F = 0$ ; chất lỏng  $F = 1,0$ ; Mật thoáng:  $F < 1,0$ )



Hình 7. Kiểm định tương tác sóng với công trình đê ngầm đá đổ (Lara và nnk, 2006)

## 2.2. Kích bản và các tham số tính toán

### 2.2.1. Thiết lập mô hình:

IH2-VOF đã được kiểm định và hiệu chỉnh với nhiều số liệu đo đạc trong phòng thí nghiệm tỷ lệ nhỏ và lớn về khả năng mô tả tương tác sóng (sóng ngẫu nhiên theo phổ hoặc sóng đều) với công trình đê biển, đê chắn sóng đá đổ mái nghiêng có hoặc không có khối phủ dệ hình. Các kết quả tính toán về lưu lượng sóng tràn và áp lực sóng tác động lên kết cấu công trình kiểm tra với các số liệu đo đạc thực nghiệm và hiện trường cho thấy mô hình có mức độ tin cậy cao, là công cụ hữu ích cho việc tính toán, nghiên cứu và tư vấn thiết kế các vấn đề động lực học tương tác giữa sóng, dòng chảy và công trình biển ( ví dụ Hình 7, xem thêm các kết quả tiêu biểu về kiểm định mô hình ở Lin và Liu, 1999; Lara và nnk, 2006; Torres-Freyermuth và nnk, 2007; Losada và nnk, 2008; Torres-Freyermuth và nnk, 2010; Lara và nnk, 2011).

Sơ đồ tính toán cơ bản của mô hình như được minh họa trên Hình 8, trong đó mặt cắt địa hình ngang bãi được lấy từ tài liệu khảo sát địa hình thực tế của mặt cắt ngang thiết kế. Cự ly từ chân lạng thể Tetrapod đến chân đê phía biển được ký hiệu là  $X$ , đây là một tham số thiết kế có ảnh hưởng đến hiệu quả cải thiện tương tác sóng-công trình đem lại khả năng chiết giảm sóng tràn của lạng thể Tetrapod.

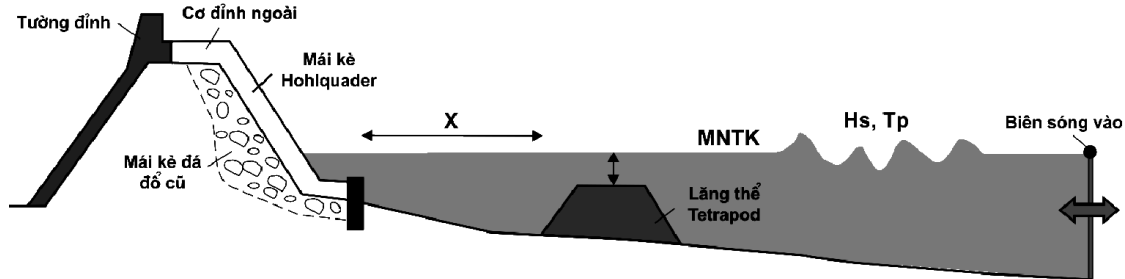
Sóng ngẫu nhiên theo phổ JONSWAP chuẩn với các tham số thiết kế được tạo ra tại biên sóng vào phía biển (xem Hình 8). Biên này tương tự như trong máng sóng vật lý, vừa có tính năng tạo sóng vừa có tính năng hấp thụ sóng phản xạ chủ động (Active Reflection



Compensation). Chiều cao sóng thiết kế tại biên này được xác định theo phương pháp thử dần sử dụng một mô hình truyền sóng họ ENDEC thông thường sao để chiều cao sóng tại vị trí chân công trình bằng đúng với chiều cao sóng thiết kế đã cho. Đường quá trình sóng, các tham

số sóng, phổ sóng và các tính chất dòng chảy cần thiết khác tại biên sóng đầu vào được thể hiện ở Phụ lục A.

Các đầu đo sóng, dòng chảy và đo áp lực có thể được đặt ở các vị trí bất kỳ trong miền tính toán để quan sát các đặc trưng của dòng chảy.

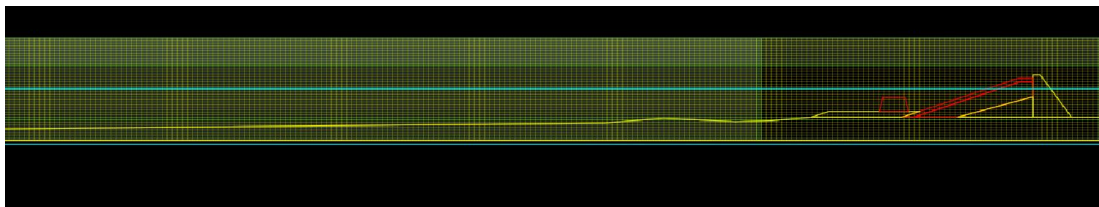


Hình 8. Sơ đồ tính toán sóng tràn qua đê biển Cát Hải

Lãng thể Tetrapod, mái kè Hohlquader và lõi đê đá đổ được mô tả trong mô hình là dạng kết cấu xốp rỗng (cho phép dòng chảy qua). Các kết cấu còn lại (như tường đỉnh) có kết cấu đặc, không thấm.

Miền tính toán của mô hình có kích thước tiêu biểu (dài  $\times$  cao) là 310 m  $\times$  14 m và được rời rạc hóa thành 440 $\times$ 40 ô lưới chữ nhật không đều có kích cỡ nhỏ nhất là 0,70 m theo phương

ngang và 0,35 m theo phương đứng (xem minh họa Hình 9). Kích cỡ của các ô lưới được xác định dựa trên cơ sở đảm bảo tính ổn định của mô hình và yêu cầu về mức độ phân giải (theo không gian) của các tham số sóng và dòng chảy. Bước thời gian tính toán được tự động xác định bởi mô hình nhằm đảm bảo tính ổn định và tối ưu thời gian tính toán.



Hình 9. Ví dụ về thiết lập miền tính toán và lưới tính toán trong mô hình máng sóng số

Với miền tính toán và mật độ lưới tính toán của mô hình như trên thì trung bình cần khoảng 12 giờ máy tính (CPU Core i5-2,5GHz-4G RAM) cho mô phỏng một kịch bản sóng dài 30 phút. Hiệu quả tính toán thấp chính là nhược điểm cơ bản của họ mô hình máng sóng số hiện đại như COBRAS-UC.

### 2.2.2. Kịch bản và các tham số tính toán

Quan hệ giữa lưu lượng sóng tràn qua đê biển và vị trí xây dựng lãng thể Tetrapod cho mỗi dạng mặt cắt ngang thiết kế của đê biển được xem xét với 04 vị trí khác nhau của lãng

thể:  $X = 0; 5; 10$  và  $20$  m (xem Hình 8). Cao trình đỉnh lãng thể được giữ nguyên theo thiết kế (xem Hình 4) cho tất cả các phương án bố trí.

Ngoài ra ứng với mỗi kịch bản bố trí lãng thể, các trường hợp có và không có thềm trước tường cũng được xem xét nhằm đánh giá hiệu quả giảm sóng tràn của tường trong các trường hợp này và đặc biệt là hiệu quả cải thiện tương tác sóng-công trình của thềm trước của tường.

Các kịch bản mô phỏng được tổng hợp ở Bảng 1 với 10 trường hợp tính toán cơ bản cho hai dạng mặt cắt đại diện.

Bảng 1. Tổng hợp các kích bản mô phỏng cho MC1 và MC2

Kích bản	$H_{m0}$ (m)	$T_p$ (s)	X (m)	Tường	Thềm trước
MC1/2 - 0	3,65	12,0	-	o/x	o/x
MC1/2 - 1	3,65	12,0	0	o/x	o/x
MC1/2 - 2	3,65	12,0	5	o/x	o/x
MC1/2 - 3	3,65	12,0	10	o/x	o/x
MC1/2 - 4	3,65	12,0	20	o/x	o/x

Ghi chú: -  $H_{m0}$  là chiều cao sóng ở biên phía biển

- o/x là bao gồm cả hai trường hợp không (o) và có (x)

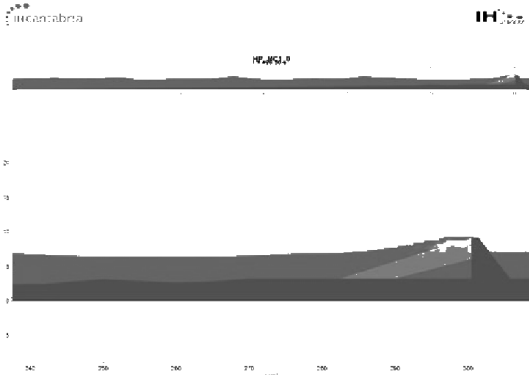
Dựa trên các đặc trưng cơ bản của kết cấu và vật liệu, các tham số mô hình dùng cho miêu tả các kết cấu xếp rỗng (lớp áo kè khối

Hohldquader, lõi đê đá đổ và lăng thể Tetrapod) được thống kê ở Bảng 2.

Bảng 2. Các tham số mô hình của các kết cấu xếp rỗng

Tham số	Hohlquader	Lõi đá đổ	Lăng trụ Tetrapod
Độ rỗng n (-)	0.10	0.37	0.50
Hệ số cản tuyến tính $\alpha$ (-)	200	200	200
Hệ số cản phi tuyến $\beta$ (-)	0.80	0.80	1.1
Hệ số gia tăng khối lượng $C_A$ (-)	0.34	0.34	0.34
Đường kính $D_{50}$ (m)	0.60	0.30	0.95

### III. KHẢ NĂNG GIẢM SÓNG TRÀN VÀ HIỆU QUẢ CẢI THIÊN TƯƠNG TÁC SÓNG – CÔNG TRÌNH CỦA LĂNG THỂ TETRAPOD TRƯỚC ĐÊ



Hình 10. Hình ảnh tính toán bằng mô hình IH2-VOF

Ở đây hiệu quả của lăng thể Tetrapod trong việc cải thiện điều kiện tương tác sóng-công trình, làm giảm sóng tràn qua đê biển được xem xét cho hai dạng mặt cắt ngang đê: tường có thềm trước 2,0 m và tường không có thềm trước (đỉnh tường ở cùng cao trình +5,0 m).

#### 3.1. Trường hợp tường không có thềm ngoài

Khi tường không có thềm ngoài, tức là tường được xây dựng ngay ở mép ngoài của đỉnh đê, thì nhìn chung tường sẽ không phát huy hết khả năng

chiết giảm sóng tràn thể hiện qua các kết quả tính toán trình bày ở Bảng 3 và Bảng 4 lần lượt cho các trường hợp mặt cắt 1 và 2. Hình 11 và Hình 12 cũng thể hiện các kết quả tính toán quan hệ giữa vị trí đặt lăng thể Tetrapod X và lưu lượng sóng tràn trung bình  $q$  cho các trường hợp này.

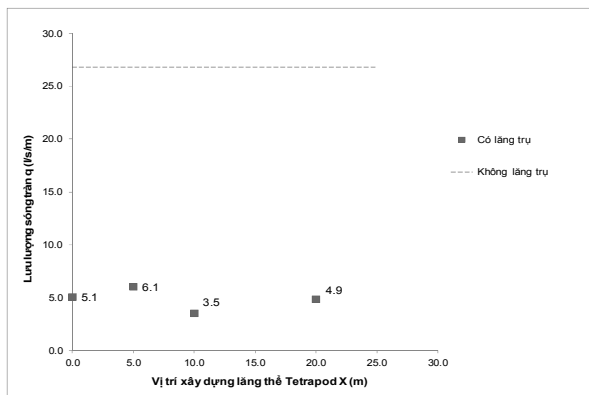
Có thể thấy rằng lưu lượng sóng tràn qua đê vẫn còn khá lớn, đặc biệt là đối với Mặt cắt 2 có lõi đê không thấm (lưu lượng lên tới 95 l/s/m khi không có lăng trụ). Nhìn chung lưu lượng sóng tràn qua đê có xu thế giảm khi vị trí đặt lăng thể X tăng dần ra phía biển. Khi lăng thể càng đặt ra ngoài xa thì nguyên lý làm việc của nó càng gần với một đê ngầm tiêu tán năng lượng sóng trước khi tác động vào công trình do đó sóng tràn qua đê càng giảm một cách rõ rệt. Ngược lại khi lăng thể được đặt gần sát với chân đê hơn thì nguyên lý làm việc của nó lại cơ bản là cải thiện tương tác sóng với công trình (mái đê), giảm tác động trực tiếp của sóng lên mái đê, hiệu quả chiết giảm sóng tràn do đó không cao. Tuy nhiên việc bố trí lăng thể ra quá xa chân đê không phải lúc nào cũng thực hiện được do hạn chế về điều kiện thi công và chi phí đầu tư.

Bảng 3. Quan hệ lưu lượng sóng tràn qua đê biển với vị trí xây dựng lăng thể Tetrapod - Mặt cắt 1, tường không có thêm trước

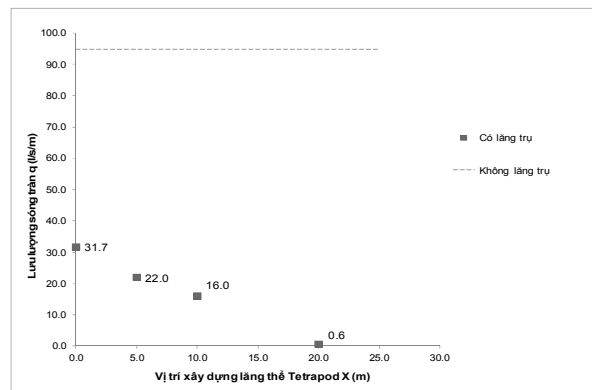
MC1	Lưu lượng sóng tràn trung bình $q$ (l/s/m)				
	TH cơ bản (không có lăng thể)	Vị trí xây dựng lăng thể cách chân đê X (m)			
		0	5	10	20
Có tường ( $Z_d = +5,0$ m)	26,8	5,1	6,1	3,5	4,9

Bảng 4. Quan hệ lưu lượng sóng tràn qua đê biển với vị trí xây dựng lăng thể Tetrapod - Mặt cắt 2, tường không có thêm trước

MC2	Lưu lượng sóng tràn trung bình $q$ (l/s/m)				
	TH cơ bản (không có lăng thể)	Vị trí xây dựng lăng thể cách chân đê X (m)			
		0	5	10	20
Có tường ( $Z_d = +5,0$ m)	94,8	31,7	22,0	16,0	0,6



Hình 11. Quan hệ lưu lượng sóng tràn và vị trí xây dựng lăng thể - Mặt cắt 1, tường không có thêm trước



Hình 12. Quan hệ lưu lượng sóng tràn và vị trí xây dựng lăng thể - Mặt cắt 2, tường không có thêm trước

### 3.2. Trường hợp tường có thêm ngoài

Khi tường có thêm ngoài, tức là tường được xây dựng ngay ở mép trong của đỉnh đê, ngoài ra phần thêm trước tường cũng góp phần làm giảm sóng tràn và tường sẽ phát huy hết khả năng chiết giảm sóng tràn thể hiện qua các kết quả tính toán trình bày ở Bảng 5 và Bảng 6 lần lượt cho các trường hợp mặt cắt 1 và 2. Hình 13 và Hình 14 cũng thể hiện các kết quả tính toán quan hệ giữa vị trí đặt lăng thể Tetrapod X và lưu lượng sóng tràn trung bình  $q$  cho các trường hợp này.

Có thể thấy rằng lưu lượng sóng tràn qua đê vẫn còn khá lớn, đặc biệt là đối với Mặt cắt 2 có lõi đê không thấm (lưu lượng lên tới 68,7 l/s/m khi không có lăng thể và 51,5 l/s/m khi có lăng thể). Nhìn chung lưu lượng sóng tràn qua đê có xu thế giảm khi vị trí đặt lăng thể X tăng dần ra phía biển. So với trường hợp tường không có thêm ngoài thì khi có thêm ngoài trước tường khả năng chiết giảm sóng của tường cũng tăng lên nhiều, điều này hoàn toàn dễ nhận thấy trong thực tế.

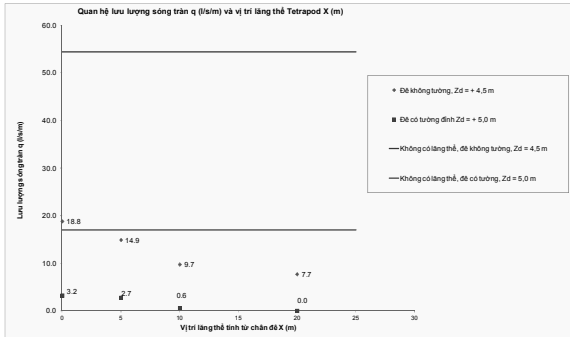
Bảng 5. Quan hệ lưu lượng sóng tràn qua đê biển với vị trí xây dựng lăng thể Tetrapod - Mặt cắt 1, tường có thêm trước rộng 2,0 m

MC1	Lưu lượng sóng tràn trung bình $q$ (l/s/m)				
	TH cơ bản (không có lăng thể)	Vị trí xây dựng lăng thể cách chân đê X (m)			
		0	5	10	20
Không tường ( $Z_d = +4,5$ m)	54,4	18,8	14,9	9,7	7,7
Có tường ( $Z_d = +5,0$ m)	17,0	3,2	2,7	0,6	0,0

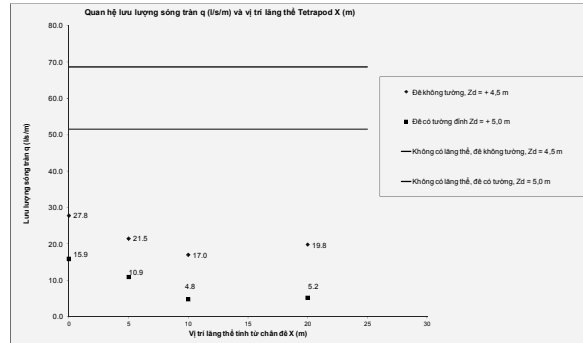


Bảng 6 Quan hệ lưu lượng sóng tràn qua đê biển với vị trí xây dựng lăng thể Tetrapod  
- Mặt cắt 2, tường có thềm trước rộng 2,0 m

MC2	Lưu lượng sóng tràn trung bình $q$ (l/s/m)				
	TH cơ bản (không có lăng thể)	Vị trí xây dựng lăng thể cách chân đê X (m)			
		0	5	10	20
Không tường ( $Z_d = +4,5$ m)	68,7	27,8	21,5	17,0	19,8
Có tường ( $Z_d = +5,0$ m)	51,5	15,9	10,9	4,8	5,2



Hình 13. Quan hệ lưu lượng sóng tràn và vị trí xây dựng lăng thể - Mặt cắt 1, tường có thềm trước rộng 2,0 m



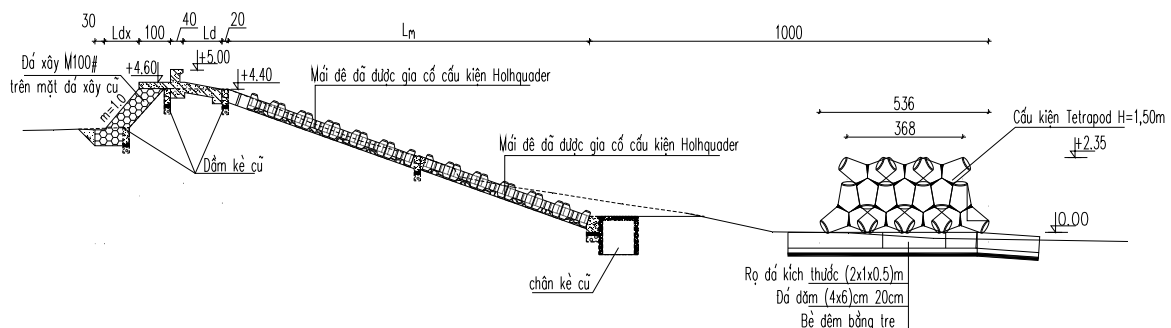
Hình 14. Quan hệ lưu lượng sóng tràn và vị trí xây dựng lăng thể - Mặt cắt 2, tường có thềm trước rộng 2,0 m

#### IV. KẾT LUẬN

Thông qua ứng dụng mô hình IH2-VOF (máng sóng số) đã mô phỏng tốt tương tác sóng với công trình, đặc biệt là mô phỏng dòng chảy qua lớp đá đổ của đê biển và lăng thể Tetrapod, giải được bài toán đề từ đó đề xuất vị trí lăng thể Tetrapod giảm sóng đạt hiệu quả nhất, dạng mặt cắt ngang hợp lý cho đê biển, tính toán được lưu lượng tràn qua đê biển từ đó đề xuất

và thiết kế được kết cấu mái phía đông và hệ thống thu nước biển do sóng tràn.

Kết quả cho thấy trong dạng mặt cắt ngang đê biển hợp lý cho đoạn đê biển Gót – Gia Lộc thuộc tuyến đê biển Cát Hải, Hải Phòng có lăng thể Tetrapod đặt cách chân đê 10 m, bố trí thềm ngoài trước tường và hệ thống thu nước tràn phía đồng bằng đá xây (xem Hình 15).



Hình 15. Dạng mặt cắt hợp lý cho đê biển đoạn Gót – Gia Lộc, Cát Hải, Hải Phòng

Đây là một mô hình toán hữu hiệu cho tính toán tương tác sóng – công trình, là một công cụ tốt giúp cho công tác thiết kế, đánh giá hiệu quả công trình được chính xác và hiệu quả hơn rất nhiều. Cùng với sự phát triển khoa học công

nghệ, việc xây dựng và ứng dụng mô hình toán để giải các bài toán thiết kế, kiểm định sẽ ngày càng phát triển để đáp ứng được các yêu cầu trong ngành kỹ thuật biển nói riêng và ngành khoa học Việt Nam nói chung.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lara, J.L., Garcia, N., Losada, I.J., 2006. RANS modelling applied to random wave interaction with submerged permeable structures. *Coastal Engineering*, 53, pp. 395–417;
- [2]. Lara, J.L., Losada, I.J. and Guanche, R. 2008. Wave interaction with low-mound breakwaters using a RANS model. *Ocean Engineering*, 35 (2008), pp. 1388–1400;
- [3]. Lara, J.L., Ruju, A., Losada, I.J. , 2011. RANS modelling of long waves induced by a transient wave group on a beach. *Proc. of the Royal Society A-Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 467 (2129), pp. 1215-1242;
- [4]. Lin, P., Liu, P.L., 1998. A numerical study of breaking waves in the surf zone. *J. Fluid Mechanics*, 359, pp. 239-264;
- [5]. Lin, P., Liu, P.L., 1999. Internal wave-maker for Navier–Stokes equations models. *J. Wtrwy., Port, Coast. and Oc. Engrg., ASCE*, 125 (4), pp. 207–217;
- [6]. Losada, I.J., Lara, J.L., Guanche, R., Gonzalez-Ondina, J. M., 2008. Numerical analysis of wave overtopping of rubble mound breakwaters. *Coastal Engineering*, 55, pp. 47-62;
- [7]. Rodi, W., 1980. *Turbulence models and their application in hydraulics - a state-of-the-art review*. IAHR Publication;
- [8]. Stansby, P.K. and Feng, T., 2004. Surf zone wave overtopping a trapezoidal;
- [9]. Torres-Freyermuth, A., Losada, I.J., Lara, J.L., 2007. Modelling of surf zone processes on a natural beach using Reynolds-Averaged Navier–Stokes equations. *Journal of Geophysical Research* 112, C09014;
- [10]. Torres-Freyermuth, A., Lara, J.L., Losada, I.J., 2010. Numerical modelling of short-and long-wave transformation on a barred beach. *Coastal Engineering*, 57, pp. 317-330;
- [11]. Nguyễn Việt Tiến, Nguyễn Phương Nam và nhóm thiết kế, 2013. Dự án Khôi phục, nâng cấp khẩn cấp đê biển Cát Hải từ K1+181 đến K3+094.

### Abstract:

#### STUDY ON WAVE OVERTOPPING AND WAVE-STRUCTURE INTERACTIONS OF SEA DYKE AMOURED WITH LAYERS OF TETRAPOD USING A NUMERICAL WAVE FLUME MODEL

*Sea dyke section Got-Gia Loc from K0+000 to K3+094, Cat Hai district, Hai Phong province was constructed of quarry stone; the crest level of the dyke is from 3.7 m to 4.5 m. Suffering high wave impact forces, slip failure usually occurs due to either the low crest level or small size of stones. Under the conditions of high tide and wind level 5 or 6, wave overtopping can cause instability and destroy dyke structure. Increasing crest level appears to be unfeasible and uneconomic solution due to either scarcity of material or space limitations (road and residential houses closeby the dyke). Therefore, it is necessary to find an effective solution to reduce wave-structure interactions and also to propose a reasonable dyke cross-section to ensure safety of the dyke in rainy season. The paper refers to study on simulating wave-structure interactions, especially simulating the flow through quarry stone layer and Tetrapod block using IH2-VOF (numerical wave flume), so as to propose location of Tetrapod; reasonable dyke cross sections to maximize the wave reduction efficiency and also to calculate overtopping discharge, propose and design structure of the landward slope of the sea dyke as well as overtopping water collection system.*

**Keyword:** *Cat Hai sea dyke, Tetrapod, IH2-VOF model, wave overtopping, overtopping discharge, wave reduction efficiency.*

---

Người phân biện: PGS. TS. Vũ Minh Cát

BBT nhận bài: 25/10/2013

Phản biện xong: 7/11/2013