

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG GÂY BỒI CỦA CÁC CỤM CÔNG TRÌNH TRỌNG ĐIỂM TẠI CÁC BÃI BIỂN HẢI HẬU, NAM ĐỊNH

Đoãn Tiến Hà, Vũ Công Hữu

Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển

Dương Thanh Quỳnh

Trường đại học Xây dựng Hà Nội

Tóm tắt: Huyện ven biển Hải Hậu tỉnh Nam Định đã bị tác động mạnh bởi quá trình biển xâm thực. Trước tình hình đó, các công trình ngăn cát giảm sóng đã được xây dựng nhằm bảo vệ bãi biển. Các công trình này có dạng kè mỏ hàn và kè mỏ hàn dạng chữ T. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp mô hình toán để đánh giá hiệu quả của các cụm công trình kè mỏ hàn chữ T tại khu vực ven biển Hải Hậu. Các kết quả cho thấy nguyên nhân gây ra tình hiệu quả thấp của cụm công trình trong việc gây bồi bãi biển.

Summary: Nam Dinh province is downstream of the Hong-Thai Binh system, with a coastline of over 72km in the northeast-southwest direction (about 450 away from the north). Many coastal areas of Nam Dinh, especially the coastline from Van Ly to Thinh Long of Hai Hau has been strongly eroded. Facing that situation, sand-reducing structures were built to protect the beach. These works are in the form of a groyne embankment and a T-shaped groyne embankment. Mathematical modeling method is used to evaluate the effectiveness of the T-shaped embankment cluster in Hai Hau Coastal area. The results showed the cause of the low accretion efficiency on beach.

Từ khóa: Mô hình Mike21, bãi biển Nam Định, Hiệu quả giảm sóng gây bồi

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Khu vực biển ven bờ Nam Định, ngoài hệ thống đê và kè biển kiên cố thì cho đến nay đã có 08 cụm công trình ngăn cát giảm sóng (NCGS) với các sơ đồ bố trí khác nhau đã được xây dựng dọc ven biển. Tuy nhiên, phần lớn các công trình này chủ yếu dựa vào các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành và các kinh nghiệm thực tế để làm căn cứ đầu tư xây dựng. Hầu như chưa có một nghiên cứu chi tiết nhằm đánh giá về hiệu quả công trình, thí nghiệm vật lý hoặc làm căn cứ khoa học để lựa chọn các tham số phục vụ thiết kế và thi công, đặc biệt là đánh giá về sơ đồ bố trí tổng thể không gian công trình NCGS.

1- Sơ đồ bố trí cụm công trình tại khu vực Kiên Chính (huyện Hải Hậu): gồm 9 MCT,

chiều dài đê nổi (60,31÷98,49m), chiều dài cánh chữ T là 60,29m, cao trình đỉnh là +2,2m.

2- Sơ đồ bố trí cụm công trình tại khu vực Hải Hòa- Táo Khoai Đình Mũi (huyện Hải Hậu): gồm 13 mỏ hàn chữ T với độ dài thân 60m, độ dài cánh 70m và khoảng cách giữa hai thân mỏ hàn là 120m. Cao trình mỏ hàn +2,2m.

3- Sơ đồ bố trí cụm công trình tại khu vực Hải Thịnh II (huyện Hải Hậu): gồm 5 mỏ hàn chữ T với độ dài thân 60m, phần cánh dài 70m và khoảng cách giữa hai thân mỏ hàn là 120m. Cao trình mỏ hàn +2,2m.

4- Sơ đồ bố trí cụm công trình tại khu vực cửa sông Ninh Cơ (huyện Hải Hậu): gồm 2 đê hướng dòng Bắc và Nam với chiều dài lần lượt là 1,4km và 1,2km, khoảng cách hai đê là 300m. Kết hợp với 04 mỏ hàn chữ I có độ dài 150m và khoảng cách giữa hai mỏ hàn là 200m. Cao trình của đê hướng dòng và mỏ hàn là +2,5m.

Ngày nhận bài: 18/5/2022

Ngày thông qua phản biện: 16/6/2022

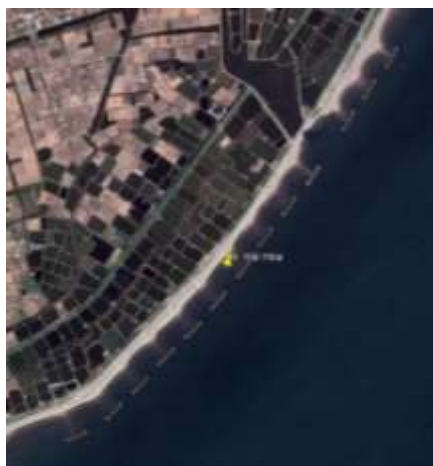
Ngày duyệt đăng: 22/6/2022



Hình 1.1: Công trình NCGS Ang Giao Phong



Hình 1.2: Công trình NCGS Kiên Chính



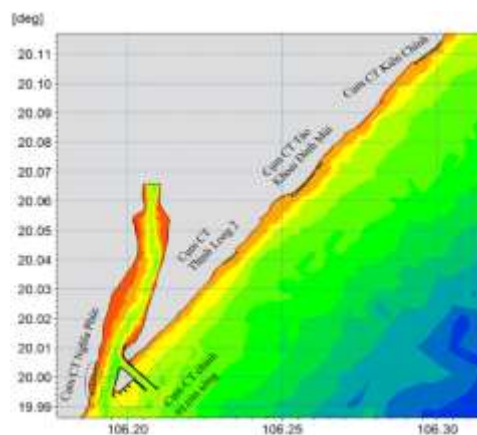
Hình 1.3: Công trình NCGS Hải Hòa



Hình 1.4: Công trình NCGS Hải Thịnh II



Hình 1.5: Công trình phức hợp khu vực cửa Ninh Cơ (trái) và các công trình được mô hình hóa (phải)



2. PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH

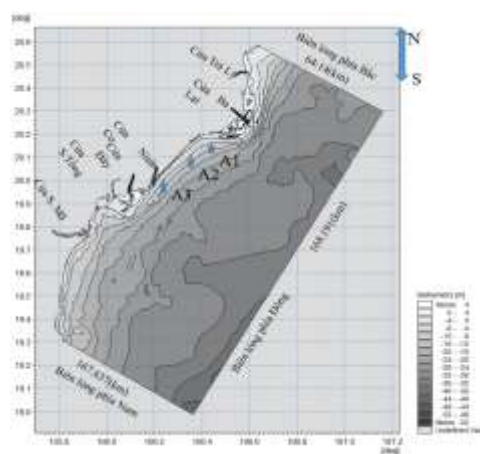
Để thực hiện việc đánh giá từ các tác động thủy động lực từ tác động của biển và các cửa sông, phương pháp mô hình toán được lựa chọn và áp dụng nhằm xác định các khu vực bờ biển bị có nguy cơ bị xói. Mô hình MIKE21 FM tính toán kết hợp dòng chảy,

sóng, vận chuyển trầm tích và chất lượng nước trong sông, hồ, cửa sông, vịnh, các vùng biển ven bờ và biển ngoài khơi. MIKE21 FM cung cấp môi trường thiết kế hoàn chỉnh và hiệu quả cho các ứng dụng kỹ thuật, quản lý và lập quy hoạch đối với vùng biển ven bờ. Sự kết hợp giữa giao diện đồ họa dễ sử dụng với kỹ

thuật tính toán hiện đại tạo ra công cụ hữu ích cho các nhà quản lý cũng như nhà thiết kế công trình.

Phương pháp mô hình được áp dụng để xét tổng hợp các tác động của sóng, dòng chảy và các cửa sông. Miền tính được phân chia thành các vùng ngoài khơi, cửa sông, ven biển và

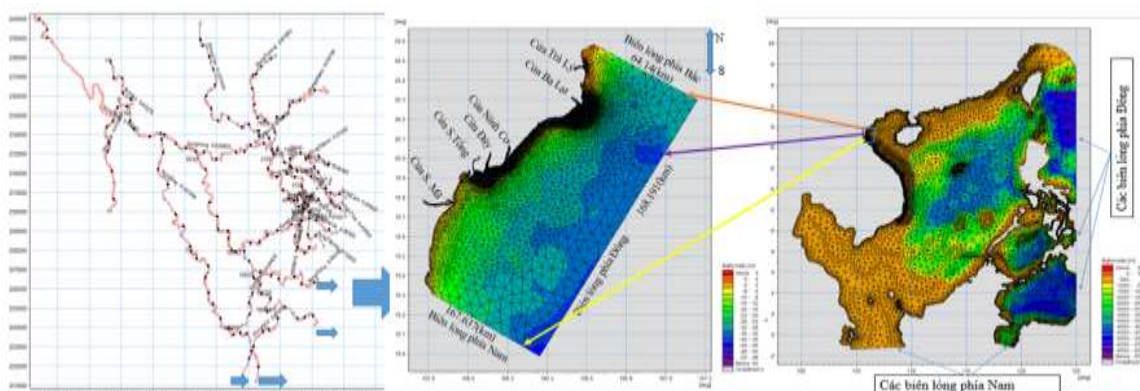
xung quanh công trình với sự khác biệt về độ phân giải lưới nhằm mô tả chi tiết được các quá trình thủy thạch động lực. Lưới tính toán là lưới phân tử hữu hạn với kích thước thay đổi giảm dần từ ngoài biển sâu (2,2km) vào sát bờ và nhỏ nhất xung quanh các công trình (3m). Biên lóng gồm các biên ngoài khơi và biên trong sông.



Hình 2.1: Mối liên kết giữa các mô hình (trái) và các vị trí A1, A2, A3 trích kết quả sóng (phải)

Dữ liệu tại các biên phía biển gồm các tham số sóng và mực nước được trích xuất từ kết quả tính toán sóng và dòng chảy trên quy mô cả Biển Đông (Mike21HD FM và Mik21 SW). Dữ liệu tại các biên cửa sông gồm lưu lượng, nồng độ bùn cát trích suất từ mô hình Mike 11 đã thiết lập cho mạng lưới sông Hồng-Thái Bình. Các mô hình 1 chiều cho mạng sông Hồng và 2 chiều trên quy mô Biển Đông là kết quả được kế thừa từ Đề tài độc lập cấp nhà nước “Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ phù hợp, hiệu quả để tiêu giảm sóng nhằm nâng

cao độ an toàn cho đề biển Nam Định”. Đề tài này đã thiết lập, tính toán hiệu chỉnh và kiểm định các mô hình cho các kết quả đảm bảo độ tin cậy. Nghiên cứu này đã kế thừa các kết quả đó và trích xuất dữ liệu tại các biên phía biển (sóng, mực nước) và biên tại các cửa sông gồm lưu lượng và nồng độ bùn cát tại cửa Ba Lạt, cửa Đáy, cửa Ninh Cơ và cửa Trà Lý. Ngoài ra, các đặc trưng bùn cát và dữ liệu khảo sát sóng, dòng chảy cũng được kế thừa từ kết quả thu thập và khảo sát của đề tài độc lập nêu trên.



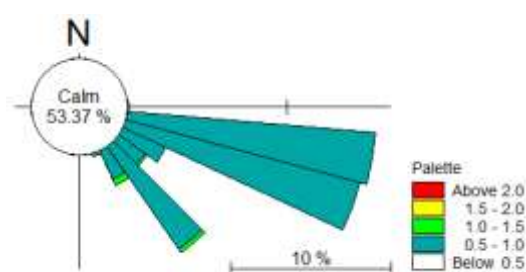
Hình 2.2: Lưới tính toán khu vực biển ven bờ Nam Định và sơ đồ cung cấp dữ liệu biên

Để đánh giá mức độ thay đổi về độ lớn của độ cao sóng, các kết quả được trích xuất tại các vị trí trước và sau công trình trong các thời đoạn của gió mùa ĐB, gió mùa TN và điều kiện của bão điển hình.

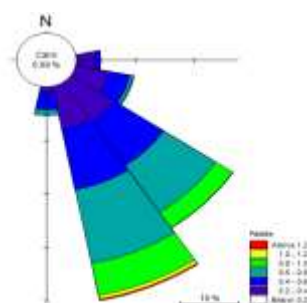
Tỷ lệ suy giảm sóng được tính toán theo công thức $100 \times \frac{H_{STrDN} - H_{SSDN}}{H_{STrDN}}$, với: H_{SCD} là chiều cao sóng tại chân đê biển, H_{STrDN} là chiều cao sóng trước đê ngầm, H_{SSDN} là chiều cao sóng sau đê ngầm.

Các kết quả tính toán hiệu chỉnh, kiểm định mô hình đã được trình bày trong bài đăng ở Tạp chí KHCN Thủy lợi số 70 (02/2022), trong nội dung bài báo này chỉ cập nhật thêm các kết quả tính toán và đánh giá đối với các cụm công trình cửa sông Ninh Cơ, Kiên Chính và Táo Khoai Đình Mùi.

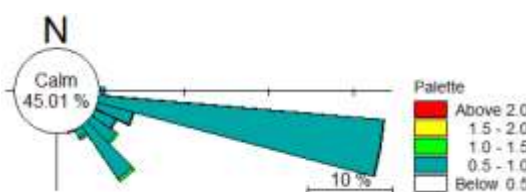
3. CÁC KẾT QUẢ TÍNH TOÁN



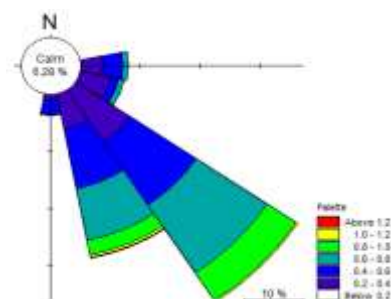
Hình 3.1: Hoa sóng mùa gió ĐB tại điểm A1



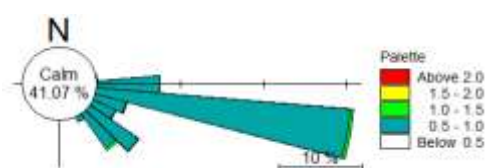
Hình 3.2: Hoa sóng mùa gió TN tại vị trí A1



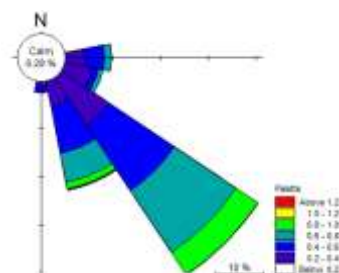
Hình 3.3: Hoa sóng mùa gió ĐB tại điểm A2



Hình 3.4: Hoa sóng mùa gió TN tại vị trí A2



Hình 3.5: Hoa sóng mùa gió ĐB tại điểm A3



Hình 3.6: Hoa sóng mùa gió TN tại vị trí A3

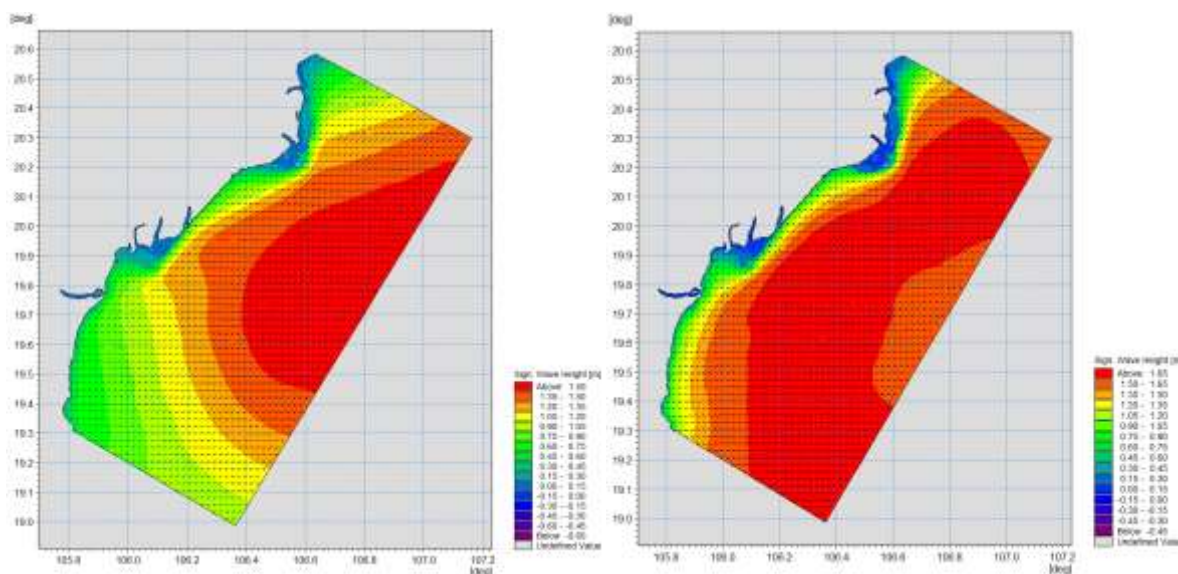
1.1. Chế độ sóng ven biển Nam Định

Đường bờ biển khu vực Nam Định chạy theo hướng Tây Nam – Đông Bắc, lệch một góc xấp xỉ 45 độ. Các vị trí trích xuất kết quả tính sóng khu vực là A1, A2, A3 trên đường đẳng sâu 10m chạy dọc bờ biển Nam Định (Hình 3.1)

Các kết quả trong mùa gió Đông Bắc cho thấy, trường sóng khu vực ven bờ có hướng Đông và Đông Nam chiếm ưu thế. Kết quả tính sóng tại các điểm dọc ven bờ trên đường đẳng sâu 10m được vẽ thành các hoa sóng như các hình dưới đây. Các kết quả trong mùa gió Tây Nam cho thấy, trường sóng khu vực ven bờ có hướng Nam Đông Nam chiếm ưu thế. Kết quả tính sóng tại các điểm dọc ven bờ trên đường đẳng sâu 10m được vẽ thành các hoa sóng như các hình dưới đây.

Mặc dù trong mùa gió Đông Bắc nhưng do đặc thù của đường bờ biển, các hoa sóng cho thấy hướng sóng chiếm ưu thế là Đông và Đông Nam. Tuy nhiên, một số thời điểm hướng sóng truyền từ phía Đông Bắc, đó là vào 2 ngày đầu của các đợt gió mùa Đông Bắc nhưng đối với

phạm vi ven bờ ra 10m sâu, trường sóng vẫn có hướng chủ đạo là Đông và Đông Nam. Sau các ngày đầu của đợt gió mùa Đông Bắc, trường sóng từ Biển Đông truyền vào vịnh Bắc Bộ và làm phân bố lại trường sóng khu vực ven biển Nam Định. (xem các hình sau)



Hình 3.7: Trường sóng trong thời đoạn đầu của đợt gió mùa ĐB và giữa mùa ĐB

Trong mùa gió Tây Nam, trường sóng khu vực ven biển Nam định chủ yếu là các sóng truyền từ phía Nam hay sóng truyền từ Biển Đông vào vịnh Bắc Bộ. Độ cao sóng nhỏ hơn so với mùa gió Đông Bắc.

1.2. Hiệu quả giảm sóng và gây bồi

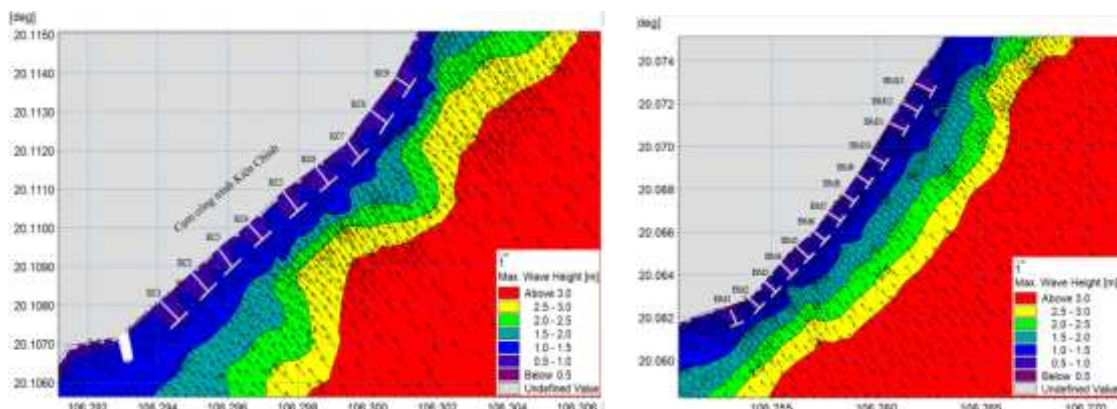
Sau khi mô hình đã được hiệu chỉnh phù hợp với điều kiện thực thể của khu vực quan tâm, tiến hành tính toán mô hình với các kịch bản nhằm đánh giá được vai trò của công trình trong việc giảm sóng và quá trình bồi xói cũng như việc bảo vệ bãi biển. Hệ thống mô hình được mô phỏng trong các thời đoạn của bão điển hình (bão Damrey - tháng 9/2005), mùa gió Đông Bắc và mùa gió TN. Mô hình tính toán ở đây được xét đồng thời (Mike21FM SW, Mike21HD FM và Mike21 MT FM) hay tính toán đồng thời các trường sóng, dòng chảy và biến đổi đáy.

Cụm công trình NCGS Kiên Chính:

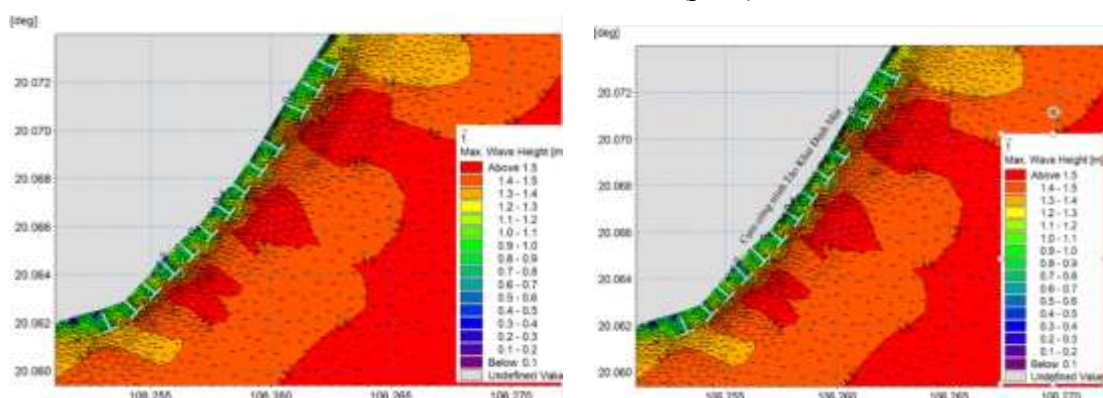
Các kết quả cho thấy, vào mùa gió ĐB, trường

sóng khu vực ven biển Cụm công trình có hướng biến đổi từ Đông Bắc đến Đông Nam. Trong những đợt gió mùa của mùa gió ĐB, trường sóng có độ cao lớn và có hướng Đông Nam là chủ đạo. Vào sát ven bờ, vùng độ sâu từ 3m vào bờ, trường sóng chủ yếu là hướng vuông góc với bờ.

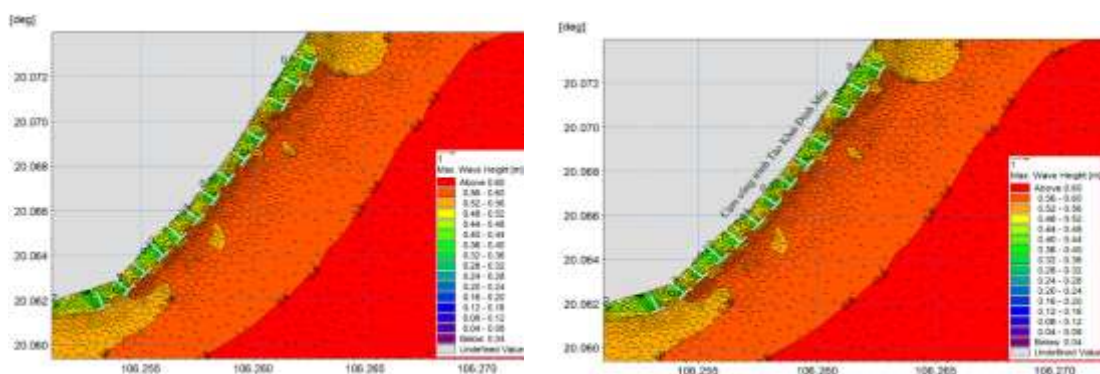
Độ cao sóng tại các vị trí sau công trình (giữa công trình và bờ biển) giảm đáng kể. Mức độ giảm độ cao sóng biến đổi theo mực nước. Trong các khoảng thời gian của mùa gió ĐB và mùa gió Tây Nam, công trình đã làm giảm độ cao sóng giảm đáng kể. Tuy nhiên trong thời đoạn của bão, độ cao sóng lớn và trên nền của nước dâng đã làm tro vai trò giảm sóng của các công trình giảm. Tại mỗi mỏ hàn, hiệu quả giảm sóng giảm dần từ giữa ra 2 bên cánh mỏ hàn. Hiệu quả giảm sóng đạt được giá trị dao động từ 10 đến 15% trong thời đoạn bão đổ bộ. Đạt giá trị nhỏ nhất là 20% trong mùa gió ĐB và 25% trong mùa gió TN.



Hình 3.8: Trường sóng trong bão điển hình tại cụm công trình NCGS Kiên Chính (trái) và Tảo Khoai Đình Mùi (phải)



Hình 3.9: Trường sóng trong mùa gió ĐB tại cụm công trình NCGS Kiên Chính (trái) và Tảo Khoai Đình Mùi (phải)



Hình 3.10: Trường sóng trong mùa gió TN tại cụm công trình NCGS Kiên Chính (trái) và Tảo Khoai Đình Mùi (phải)

1.3. Hiệu quả gây bồi của các cụm CTNCGS

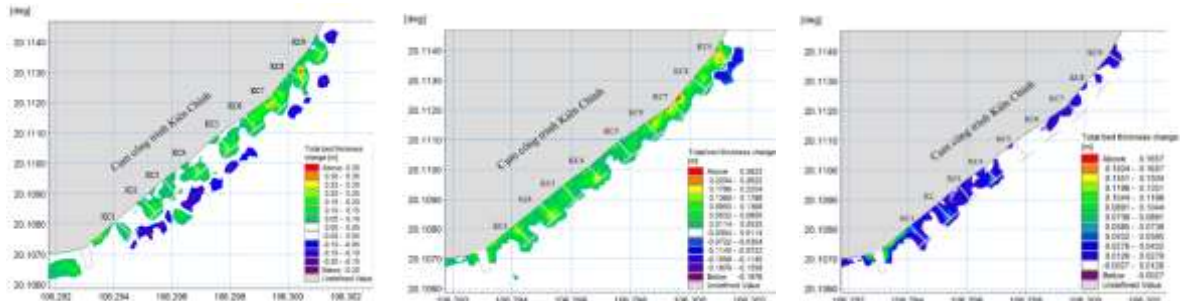
Hiệu quả gây bồi đối với cụm công trình NCGS Kiên Chính và Tảo Khoai Đình Mùi:

Trong bão điển hình, hầu như phần phía trước công trình Kiên Chính đều bị xói. Phía trước các công trình KC1 đến KC5 hình thành dải

xói chạy dọc theo công trình, mức độ xói lớn nhất đạt 0,2m. Phần phía sau công trình giữa cánh chữ T vào bờ, xu thế bồi. Mức độ bồi giảm dần từ các công trình Phía Bắc (KC8) xuống phía Nam (KC1). Mức bồi lớn nhất tại phần bãi phía sau công trình của KC7 và 8 đạt 0,35m. Các khu vực khác mức bồi rất nhỏ. Trong mùa gió ĐB, hầu như phần phía sau

công trình đều được bồi, mức độ bồi giảm dần từ Bắc xuống Nam (KC9 đến KC1). Hiệu quả gây bồi thấp đối với các công trình từ KC1 đến KC5. Phía trước các công trình KC9 và khoảng giữa KC8 với KC9 bị với mức xói lớn

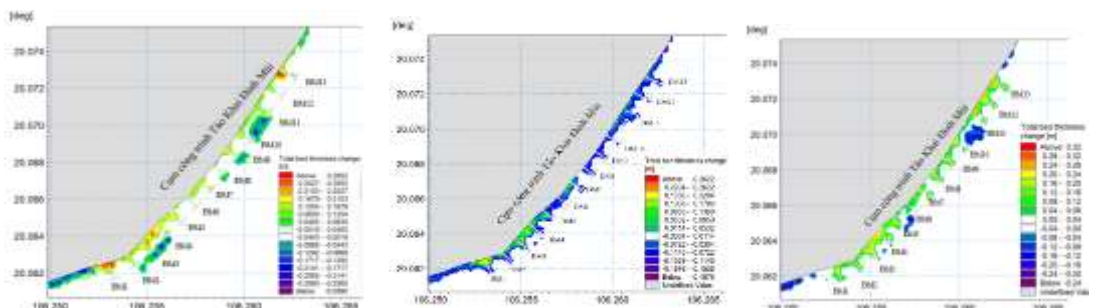
nhất đạt 0,2m. Trong mùa gió Tây Nam, hầu như các khu vực trước và sau công trình đều có xu thế bồi. Tuy nhiên mức độ bồi rất nhỏ, mức độ bồi lớn nhất chỉ đạt 0,1m tại một số vị trí sau cánh chữ T của KC2 và KC4.



Hình 3.11: Kết quả tính toán mô hình bồi xói trong bão điển hình (trái), trong mùa gió ĐB (giữa) và mùa gió TN (phải)

Trong thời đoạn của bão điển hình bãi biển khu vực cụm công trình NCGS Táo Khoai Đình Mùi có xu thế bồi xói đan xen. Hiện tượng xói xảy ra tại trước các công trình MD2 đến DM4 và từ DM9 đến DM11. Tại DM10 và DM11 xảy ra hiện tượng xói tại đầu cánh chữ T với mức độ xói đạt 0,1 đến 0,3m. Tại công trình DM5 xuất hiện xói phía trước công trình và kéo dài đến công trình DM6 với mức độ xói từ 0,2 đến 0,25m. Khu vực phía trước công trình DM3 đến DM4 xuất hiện xói nhẹ. Các khu vực còn lại giữa bờ cả cánh chữ T đều có xu thế bồi. Mức độ bồi lớn nhất đạt 0,4m tại công trình DM1. Trong mùa gió Đông Bắc bãi biển có xu thế chính bồi chiếm ưu thế. Hiện tượng xói xảy ra tại đoạn giữa hai công trình DM10 và DM11 với mức độ xói đạt 0,25m. Tại công trình DM5 xuất hiện xói phía trước

công trình và kéo dài đến công trình DM6 với mức độ xói từ 0,2 đến 0,3m. Khu vực phía trước công trình DM3 đến DM4 xuất hiện xói nhẹ. Các khu vực còn lại giữa bờ cả cánh chữ T đều có xu thế bồi. Mức độ bồi lớn nhất đạt 0,4m tại công trình DM1. Trong mùa gió Tây Nam hiện tượng xói xảy ra tại đoạn giữa hai công trình DM10 và DM11 với mức độ xói từ 0,12 đến 0,25cm. Tại công trình DM5 xuất hiện xói phía trước công trình và kéo dài đến công trình DM6 với mức độ xói từ 0,1 đến 0,2m. Khu vực phía trước công trình DM3 đến DM4 xuất hiện xói nhẹ. Các khu vực còn lại giữa bờ cả cánh chữ T đều có xu thế bồi, mức độ bồi lớn nhất đạt 0,3m tại. Như vậy, các công trình đã phát huy tác dụng gây bồi, tuy nhiên tại một số vị trí bị xói phía trước công trình sẽ dẫn đến làm mất ổn định.



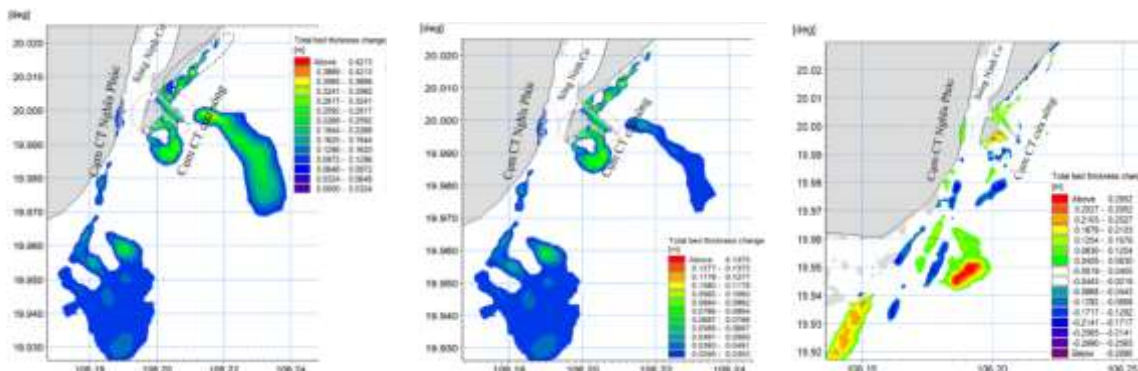
Hình 3.12: Kết quả tính toán mô hình bồi xói trong bão điển hình (trái), trong mùa gió ĐB (giữa) và mùa gió TN (phải)

Hiệu quả gây bồi đối với cụm công trình chỉnh trị cửa sông:

Vào mùa lũ, khu vực cửa sông bị bồi do ảnh hưởng của bùn cát từ sông Ninh Cơ. Cụm công trình Nghĩa Phúc phát huy tác dụng gây bồi nhưng hiệu quả gây bồi rất thấp.

Cụm công trình chỉnh trị cửa sông làm bùn cát bồi tại các khu vực công trình và bãi biển phía

Bắc (bãi biển Thịnh Long). Mức độ bồi tại khu vực công trình lớn nhất đạt 0,35m. Tại khu vực bãi biển Thịnh Long, mức bồi lớn nhất đạt 0,5m. Các khu vực bồi có xu thế lệch về phía Bắc của cụm công trình chỉnh trị. Tương tự như trong mùa lũ, mùa kiệt cũng xuất hiện xu thế bồi tương tự. Tuy nhiên, trong mùa kiệt mức độ bồi nhỏ hơn so với trong mùa lũ.



Hình 3.13: Biến đổi địa hình đáy trong mùa lũ - mùa gió TN (a), mùa kiệt -mùa gió ĐB(b) và trong bão điển hình (c)

Trong điều kiện bão điển hình, các cụm công trình cũng phát huy tốt hiệu quả gây bồi chủ yếu khu vực xung quanh công trình. Khu vực bãi biển Thịnh Long bị xói theo giải dọc bờ biển với mức độ xói lớn nhất đạt 0,3m và hình thành các bãi bồi ra xa bờ.

Các kết quả tính toán mô hình về hiệu quả giảm sóng gây bồi cho thấy các cụm công trình đã phát huy tốt khả năng giảm sóng. Tuy nhiên, việc bố trí các công trình chưa hợp lý về khoảng cách giữa các công trình, độ dài cánh chữ T và mỏ hàn. Việc bố trí chưa tối ưu này khiến tác động của sóng vẫn tác động mạnh vào bờ ở khoảng giữa các công trình. Độ dài các mỏ hàn chưa đủ dài để công trình bao quát hết giải sóng đổ và dẫn đến hiện tượng xói phía trước các cánh chữ T tại các công trình. Các lý do đó khiến cho hiệu quả gây bồi của các công trình này còn thấp.

KẾT LUẬN

Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với các bộ dữ liệu thực đo đồng bộ về thời gian trong các mùa gió ĐB và TN. Các kết quả so sánh cho thấy sự phù hợp tốt của mô hình với đặc thù của vùng biển ven bờ Nam Định. Các kết quả tính toán cho thấy vai trò của công trình trong việc giảm sóng khá hiệu quả. Tuy nhiên, việc bố trí các công trình và khoảng cách giữa các mỏ hàn chưa hợp lý làm xuất hiện hiện tượng xói ở giữa các mỏ hàn và phía trước công trình trong các điều kiện sóng lớn trong bão và gió mùa ĐB.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin được cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí thực hiện cũng như các dữ liệu cần thiết từ đề tài độc lập cấp Quốc gia “Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ phù hợp, hiệu quả để tiêu giảm sóng nhằm nâng cao độ an toàn cho đề biển Nam Định” do TS Đoàn Tiến Hà làm chủ nhiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Thanh Ca, Nguyễn Quốc Trinh (2006), Nghiên cứu về nguyên nhân xói lở bờ biển Nam Định, *Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 10* - Viện KH KTTV & MT, Hà Nội
- [2] Hoan.L.X và cộng sự, 2009. “Modeling Shoreline Evolution at Hai Hau Beach, Vietnam”. *Journal of Coastal Research*, ISSN 0749-0208.
- [3] Vũ Công Hữu và cộng sự, 2022. Nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng gây bồi của cụm công trình kè mở hàn dạng chữ T tại bãi biển Thịnh Long 2, Hải Hậu, Nam Định. *Tạp trí Khoa học Thủy lợi* số 70 (02- 2022).
- [4] Vũ Công Hữu và cộng sự, 2012. “Tính toán chế độ sóng và vận chuyển trầm tích vùng nước biên ven bờ Hải Hậu-Nam Định”. *Tạp chí Khoa học thủy lợi* số 3, 2012.
- [5] Phạm Quang Sơn và cộng sự, 2016. Diễn biến xói lở-bồi tụ ven biển Hải Hậu (tỉnh Nam Định) và vùng lân cận trong hơn 100 năm qua trên cơ sở phân tích tài liệu bản đồ địa hình và tư liệu viễn thám đa thời gian. *Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam: Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, 38 (1), 118-130.
- [6] Trần Nghi và cộng sự, 2018. Diễn biến bồi tụ - xói lở bờ biển Thái Bình - Nam Định từ Holocen muộn đến nay trong mối quan hệ với tiến hóa các thùy châu thổ và lịch sử sông Sò. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 34, Số 4 (2018) 116-130.
- [7] Nguyễn Khắc Nghĩa và nnk (2005), *Nghiên cứu tổng hợp công nghệ dự báo phòng chống xói lở bờ biển*, Đề tài cấp cơ sở-Viện Khoa học Thủy lợi, Hà Nội.
- [8] Dự án VS/RDE-03 (2004-2011), Chương trình hợp tác nghiên cứu Việt Nam- Thụy Điển 2004-2011.
- [9] Nguyễn Mạnh Hùng (2010), *Biến động bờ biển và cửa sông Việt Nam*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- [10] Nguyễn Mạnh Hùng, Dương Công Diễn, Nguyễn Vũ Thắng (2011), Tính toán biến động bờ biển khu vực ven biển Hải Hậu Nam Định và châu thổ sông Hồng dưới tác động đồng thời của trường sóng và mực nước, *Hội nghị KH&CN Biển toàn quốc lần V*, Hà Nội.
- [11] Công ty cổ phần tư vấn XD Nông nghiệp & PTNT Nam Định (2008), *Hiện trạng, nguyên nhân xói, bồi và cơ chế phá hoại đê, kè vùng bờ biển tỉnh Nam Định*”. Báo cáo Tham luận tại hội thảo khoa học 8/2008, Hà Nội.
- [12] Dự án (2011), *Quản lý nguồn tài nguyên thiên nhiên vùng ven biển tỉnh Sóc Trăng*, Sóc Trăng.
- [13] Dự án qui hoạch (2012), Rà soát, xác định tuyến, cấp đê, vị trí và qui mô các công trình trên đê biển Nam Định có tính tới biến đổi khí hậu và kết hợp giao thông. Bộ Nông nghiệp và PTNT, Hà Nội.
- [14] Nguyễn Khắc Nghĩa và nnk (2013), *Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp tổng thể để ổn định vùng bờ biển Nam Định từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy*. Đề tài độc lập cấp Nhà nước mã số ĐTĐL,2010T/28, Hà Nội.
- [15] Nguyễn Văn Hùng (2017), *Điều tra đánh giá hiện trạng đê kè biển Nam Định, phân tích ưu nhược điểm của các kết cấu bảo vệ bờ biển từ năm 2000 – 2015, đề xuất giải pháp xử lý các hỏng hóc và kết cấu bảo vệ hợp lý cho xây dựng mới*. Bộ NN&PTNT, Hà Nội.
- [16] MIKE 21HD FM (2014), *Hydrodynamic Module-Scientific Documentation*, DHI Software. MIKE 21 MT FM (2014), *Mud Transport Module-Scientific Documentation*, DHI Software.
- [17] MIKE 21 SW FM (2014), *Spectral Wave Module-Scientific Documentation*, DHI Software.
- [18] MIKE 21/3 Coupled Model FM (2014), *User Guide*, DHI Software.