

HOẠT ĐỘNG CỦA BÃO VÀ TRƯỜNG SÓNG TRONG BÃO TẠI VÙNG BIỂN CÔ TÔ

**Vũ Hải Đăng, Nguyễn Hồng Lâm, Nguyễn Ngọc Tiến, Lê Đình Nam, Trần Hoàng YẾN,
Đỗ Ngọc Thực, Lư Quang Huy** - Viện Địa chất và Địa vật lý biển
Nguyễn Thanh Trang - Trung tâm Hải Văn

Trong nghiên cứu này, hoạt động của bão, trường sóng và trường ứng suất trượt đáy do sóng bão đã được thống kê, tính toán và phân tích. Kết quả thống kê cho thấy trung bình có khoảng hơn 1 cơn bão/năm ảnh hưởng trực tiếp tới vùng biển Cô Tô. Kết quả mô phỏng trường sóng trong bão Koravanh 2003, cơn bão mạnh và đổ bộ trực diện vào vùng biển Cô Tô đã chỉ ra rằng trường sóng thay đổi mạnh theo vị trí và hướng di chuyển của tâm bão. Độ cao sóng đạt cực đại tới hơn 5 m tại vùng khơi và đạt tới hơn 3 m tại vùng ven bờ phía nam và đông nam các đảo Cô Tô và Thanh Lâm. Trong khi đó, trường ứng suất trượt đáy do sóng đạt cực đại chủ yếu lại vùng ven bờ, nơi có độ sâu nhỏ hơn 10 m và biến động chủ yếu theo hướng sóng và độ cao sóng. Vùng chịu tác động mạnh nhất là phía nam và đông nam các đảo Cô Tô và Thanh Lâm, ứng suất trượt đáy do sóng đạt tới hơn $5,5 \text{ N/m}^2$ và có khả năng ảnh hưởng rất lớn đến quá trình vận chuyển trầm tích và hệ sinh thái san hô tại khu vực.

1. Mở đầu

Vùng biển quần đảo Đảo Cô Tô thuộc tỉnh Quảng Ninh nằm ở phía tây bắc vịnh Bắc Bộ, là một ngư trường rộng lớn giàu hải sản, có hệ sinh thái san hô đặc trưng. Đây là vùng biển tiên tiêu có vị trí chiến lược cả về quân sự quốc phòng và phát triển kinh tế, giao lưu thương mại giữa vùng Đông Bắc nước ta với Trung Quốc. Trong những năm gần đây, được đầu tư rất lớn về cơ sở hạ tầng của Nhà nước đã tạo điều kiện thuận lợi cho các ngành nuôi trồng thủy sản và dịch vụ du lịch tại huyện đảo Cô Tô phát triển mạnh.

Chế độ động lực biển đặc biệt là chế độ sóng có ảnh hưởng mạnh đến sinh thái môi trường biển và các hoạt động kinh tế - xã hội trên biển. Nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa chịu tác động của nhiều cơn bão, chế độ sóng tại vùng biển Cô Tô phụ thuộc chủ yếu vào chế độ gió mùa và hoạt động của bão. Trong vài năm gần đây, năm nào cũng có ít nhất một cơn bão gây ảnh hưởng trực tiếp tới vùng quần đảo Cô Tô. Điển hình tháng 11 năm 2013, cơn bão số 14 (bão Haiyan) ảnh hưởng trực tiếp đến huyện đảo Cô Tô với gió liên tục cấp 11, giật cấp 12, 13, gây biến động dữ dội. Theo thống kê sơ bộ thiệt hại do cơn bão số 11 năm 2013, huyện đảo Cô Tô có 7

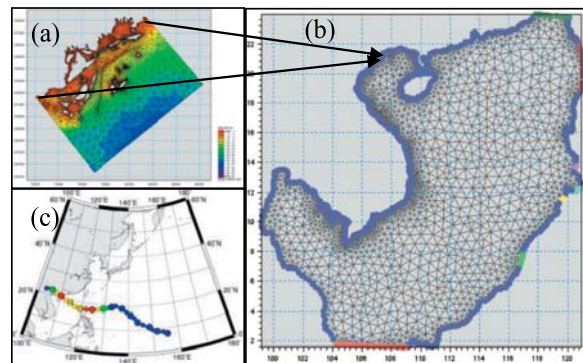
phương tiện công suất từ 12CV đến 15CV đang neo đậu trong khu vực âu tàu bị sóng đánh chìm; nhiều lồng bè nuôi trồng thủy sản bị sóng đánh vỡ; 16 ngôi nhà bị tốc mái, trong đó có một ngôi nhà xây kiên cố tại khu 3 bị hư hỏng nặng.

Những thống kê trước đây về hoạt động của bão và áp thấp nhiệt đới vào khu vực này chủ yếu được thực hiện cho toàn đoạn bờ từ Thanh Hóa đến Quảng Ninh. Vì vậy, các con số thống kê này chưa thể hiện được cụ thể mức độ ảnh hưởng của bão đến riêng khu vực này. Trường sóng trong bão là tác nhân chính gây sạt lở bờ, phá hủy các công trình ven bờ, làm đắm các phương tiện thủy, phá hủy các lồng bè nuôi thủy sản, làm thay đổi địa hình đáy biển và tác động tới hệ sinh thái san hô. Hiểu rõ biến đổi của trường sóng và tác động của nó lên vùng biển ven bờ thông qua tham số ứng suất trượt đáy do sóng trong bão giúp công tác quy hoạch và phòng tránh hiệu quả giảm thiệt hại một cách tối đa. Tuy nhiên, tại khu vực biển Cô Tô, các tham số sóng chỉ được quan trắc tại trạm khí tượng hải văn Cô Tô với 4 ớp một ngày không đủ liên tục thể hiện sự biến đổi của trường sóng trong khu vực. Bên cạnh đó, trong điều kiện mưa bão công tác quan trắc nhiều khi gặp trục trặc nên số liệu lại càng

Người đọc phản biện: TS. **Nguyễn Bá Thuý**

thiếu hụt. Chính vì vậy, việc sử dụng các mô hình số trị để mô tả diễn biến trường các tham số sóng cho vùng biển này một cách chi tiết và liên tục là cần thiết.

Trong một nghiên cứu gần đây [8], trường sóng trong gió mùa đông bắc trung bình tại vùng biển Cô Tô và vùng lân cận đã được tính toán mô phỏng bằng bộ mô hình Mike 21/3 FM Couple. Tiếp tục theo hướng nghiên cứu đó, trong bài báo này biến động của trường sóng trong điều kiện bão sẽ được xem xét. Chúng tôi tiến hành thống kê hoạt động của các cơn bão có gây ảnh hưởng mạnh và trực tiếp lên vùng biển Cô Tô. Bộ mô hình Mike 21/3 FM Couple phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) [4] được sử dụng để mô phỏng sự biến đổi của trường sóng trong cơn bão thực đổ bộ vào vùng biển này. Sau đó, trường ứng suất trượt đáy do sóng trong bão, một tham số tác động trực tiếp đến độ ổn định của nền đáy và đường bờ được tính toán nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng cụ thể của sóng tại các khu vực trong vùng nghiên cứu. Chi tiết về lưới tính cũng như kết quả tính toán kiểm nghiệm và hiệu chỉnh mô hình cho khu vực biển Cô Tô đã được thực hiện tại [8]. Các kết quả này là một phần nội dung của đề tài “Nghiên cứu đặc điểm thủy - thạch động lực làm cơ sở khoa học cho bảo vệ hệ sinh thái vùng biển Cô Tô - Vĩnh Thực” chủ trì bởi



Hình 1. (a) Trường độ sâu và lưới tính I vùng biển Cô Tô và lân cận, (b) Lưới tính II cho toàn Biển Đông và (c) Đường đi của cơn bão Kororavan 2003 (agora.ex.nii.ac.jp)

Viện Địa chất và Địa vật lý biển (2012 – 2013).

2. Nguồn số liệu và phương pháp nghiên cứu

Việc phân tích thống kê bão được dựa trên nguồn số liệu bão hoạt động tại tây Thái Bình Dương do Cơ quan Khí tượng Nhật Bản (JMA) cung cấp [1]. Tất cả các cơn bão với cấp 8 trở lên đi qua hoặc đổ bộ trong vùng giới hạn từ 20° vĩ bắc và $106^{\circ}30'$ đến 109° kinh đông được thu thập và thống kê theo thời gian đổ bộ và cấp gió cực đại. Thời gian thống kê được thực hiện từ năm 1977 đến 2013 do bởi các tham số bão đầy đủ chỉ được cung cấp từ năm 1977.

Thời gian	Kinh độ	Vĩ độ	Áp suất tâm (hpa)	Vmax (m/s)	Rmax(km)
2003082306	118,00	17,40	985	25,72	35
2003082312	116,90	17,70	980	28,29	40
2003082318	115,60	18,40	975	28,29	40
2003082400	114,70	19,00	975	28,29	40
2003082406	113,40	19,30	975	30,87	60
2003082412	112,60	19,40	975	30,87	60
2003082418	111,20	20,10	970	33,44	50
2003082500	110,20	20,70	970	33,44	50
2003082506	109,20	21,00	970	33,44	50
2003082512	107,90	21,30	975	28,29	35
2003082518	106,90	21,60	985	25,72	35
2003082600	105,80	22,20	990	20,58	30

Đối với kịch bản mô phỏng trường sóng bão, chúng tôi sử dụng 2 lưới tính toán: Lưới I và Lưới II đã được xây dựng trước đây bởi Vũ Hải Đăng và nnk (2013) [8]. Lưới II (hình 1b) bao phủ toàn biển Đông (từ 1° - 25° vĩ độ bắc và 99° - 121° kinh độ đông) phục vụ cho tính toán thủy triều và trường sóng

bão ngoài khơi làm điều kiện biên mực nước và biên sóng cho lưới tính I. Lưới I bao phủ vùng biển Cô Tô và vùng lân cận (hình 1a). Mô đun sóng và mô đun thủy lực được tính đồng thời để có thể mô phỏng toàn diện tương tác giữa trường sóng, dòng chảy và dao động mực nước. Trên biên lỏng của mô

hình thủy lực, dữ liệu mực nước được tính toán từ mô hình triều trên toàn biển Đông trong thời gian tính toán. Đối với mô hình sóng là giá trị sóng được tính từ mô hình sóng cho toàn biển Đông. Điều kiện biên bề mặt đối với cả hai mô hình sóng và thủy lực là trường gió trong bão được phân tích từ các tham số bão Koravanh 2003 (bảng 1). Mô hình sử dụng bộ hệ số thực nghiệm đã thu được từ việc hiệu chỉnh với các số liệu khảo sát thực tế. Chi tiết cụ thể đã được giới thiệu trong tài liệu tham khảo [8]. Trong nghiên cứu này, bão Koravanh 2003, cơn bão mạnh và đổ bộ trực diện vào vùng biển Cô Tô được lựa chọn tính toán. Theo bảng tham số của cơn bão Koravanh tháng 8 năm 2003 (bảng 1), trước khi đổ bộ qua vùng biển Cô Tô bão đạt cấp 12 sau đó suy giảm xuống cấp 10 khi vị trí tâm bão nằm trên khu vực này. Hướng di chuyển của tâm bão khi đổ bộ qua khu vực này chủ yếu theo hướng tây.

Các nghiên cứu về sóng trước đây chủ yếu tập trung vào các tham số như độ cao, hướng và chu kỳ. Tại nghiên cứu này, tham số ứng suất trượt đáy, là tham số có tác động cụ thể đến nền đáy sẽ được xem xét. Khi một cơn sóng truyền qua, chuyển động của nước theo quỹ đạo sóng tương tác với đáy biển một lực, lực này được gọi là ứng suất trượt đáy do sóng. Ứng suất trượt đáy do sóng là một tham số quan trọng trong việc tính toán tốc độ xói lở bờ, sự suy giảm độ cao sóng, nước dâng trong bão và trong việc xác định độ ổn định của các công trình ven bờ. Storlazzi và nnk (2002, 2008) đã sử dụng tham số này để đánh giá ảnh hưởng của trường sóng tới sự phát triển và phân bố của san hô tại Molokai, Hawaii. Do đó, việc tính toán trường ứng suất trượt đáy cực đại do sóng bão gây nên tại vùng biển Cô Tô không những cho phép xem xét mức độ ảnh hưởng của sóng bão đến vùng biển ven bờ mà còn đánh giá được mức độ ảnh hưởng đến phân bố san hô tại khu vực này. Trường ứng suất trượt đáy cực đại do sóng bão gây nên được tính toán theo phương pháp đề xuất bởi Jonsson (1966):

$$\tau_b = \frac{1}{2} \rho f_w U_m^2 \quad (1)$$

Trong đó ρ là mật độ nước biển, f_w là hệ số ma sát do sóng và U_m là vận tốc ngang cực đại của phần tử nước tại đáy biển do sóng. f_w được tính bằng công thức thực nghiệm theo Fredsoe and Deigaard

(1992):

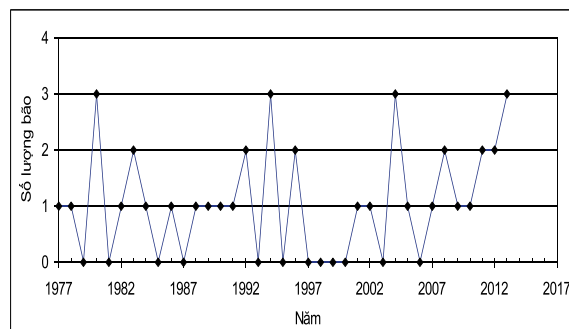
$$f_w = 0,04 \left(\frac{A_b}{k_b} \right)^{-0,25} \quad \text{khi } \frac{A_b}{k_b} > 50 \quad (2a)$$

$$f_w = 0,04 \left(\frac{A_b}{k_b} \right)^{-0,75} \quad \text{khi } \frac{A_b}{k_b} < 50 \quad (2b)$$

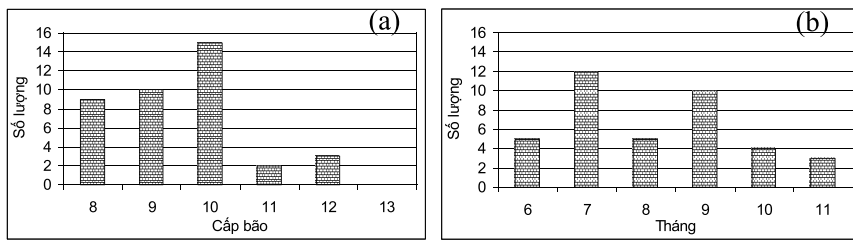
Trong đó A_b là biên độ sóng tại đáy. k_b là độ nhám đáy phụ thuộc vào kích thước hạt trầm tích trung bình D_{50} , trong nghiên cứu này chúng tôi chọn $k_b = 2,5D_{50}$ [4] ($D_{50} = 0,22$ mm, kích thước hạt trầm tích cát trung bình tại vùng nghiên cứu). A_b và U_m được tính toán theo lý thuyết sóng dựa trên độ sâu đáy biển, độ cao và chu kỳ sóng tại các mắt lưới đã được tính toán bởi mô hình.

3. Tần suất và cường độ bão gây tác động trực tiếp tới vùng biển Cô Tô

Như đã trình bày ở trên chỉ các cơn bão hoạt động trong vùng giới hạn từ $20^\circ - 22^\circ$ vĩ bắc và $106^\circ 30' - 109^\circ$ kinh đông với cấp gió từ cấp 8 trở lên mới được thu thập. Theo số liệu thống kê được từ năm 1977 đến nay có 39 cơn bão ảnh hưởng trực tiếp tới vùng biển Cô Tô, trung bình khoảng hơn 1 cơn/năm. Trong đó, 12 năm không có bão, 15 năm có một cơn, 6 năm có 2 cơn và 4 năm có ba cơn đổ bộ qua khu vực này (hình 2). Mùa bão thường bắt đầu vào tháng 6 và kết thúc vào tháng 11, tháng 7 và 9 có số lượng bão đổ bộ vượt trội so với các tháng còn lại (hình 3b). Do có sự che chắn của đảo Hải Nam, các cơn bão đổ bộ từ phía Đông vào khu vực này đều suy giảm đáng kể về cấp độ. Hầu hết các cơn bão đổ bộ vào khu vực này đều nhỏ hơn cấp 10 (hình 3a). Tuy nhiên, tổng số các cơn bão có cấp gió từ cấp 10 trở lên cũng chiếm hơn 50%.



Hình 2. Số lượng cơn bão hàng năm ảnh hưởng trực tiếp tới vùng biển Cô Tô



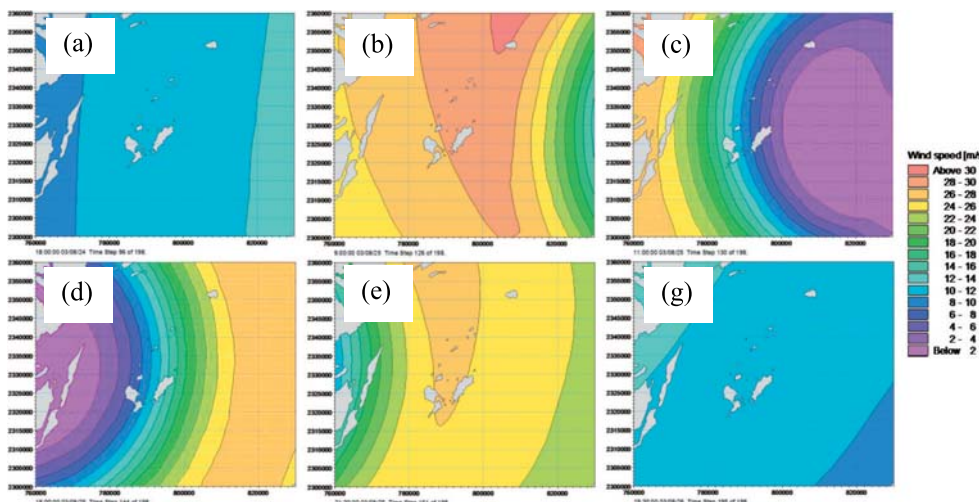
Hình 3. Số lượng cơn bão (a) theo cấp bão và (b) theo thời gian đổ bộ

4 Trường sóng và trường ứng suất trượt đáy do sóng trong bão Koravanh 2003

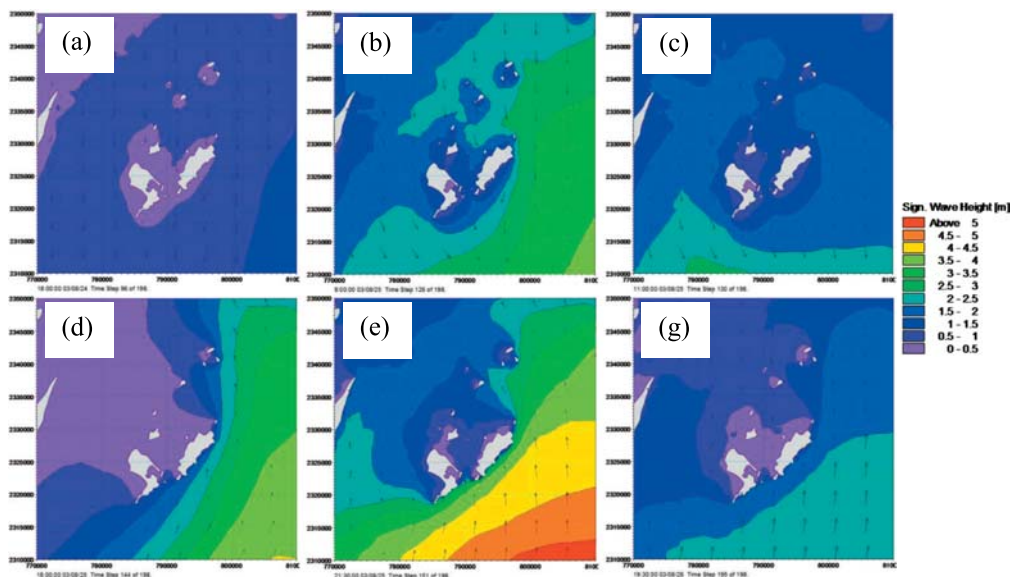
Các kết quả tính toán trường gió, sóng và ứng suất trượt đáy do sóng trong bão Koravanh 2003 được thực hiện trong thời gian từ 18 giờ ngày 22/08/2003 đến 21 giờ ngày 26/08/2003. Trường gió bão, trường sóng và trường ứng suất trượt đáy do sóng tại những thời điểm trước khi bão đổ bộ, khi bão đổ bộ và sau khi đi vào đất liền được thể hiện trên hình 4a-4g, hình 5a-5g và hình 6a-6g tương ứng.

Khi bão tiến gần đến vùng biển Cô Tô, trường gió trên toàn vùng tăng, hướng gió chủ yếu là bắc, trường độ cao sóng cũng tăng dần với hướng sóng trùng với hướng gió, độ cao sóng cực đại khoảng 1-1,5 m, tại vùng ven bờ phía bắc và tây bắc các đảo độ cao sóng nhỏ dưới 0,5 m (hình 4a và 5a), trường ứng suất trượt đáy đạt cực đại khoảng từ 0,5-1 N/m² tại ven bờ phía bắc và tây bắc các đảo (hình 6a). Khi bão áp sát dần khu vực Cô Tô, độ cao sóng tăng mạnh đạt cực đại từ 3,5-4 m tại vùng ngoài khơi, tại các khu vực ven bờ độ cao sóng tăng lên khoảng từ 1-1,5 m, hướng sóng chủ đạo là bắc trùng với hướng gió (hình 4b và 5b), trường ứng suất trượt đáy tại đây tăng mạnh đạt cực đại từ 3,5-4,5 N/m²

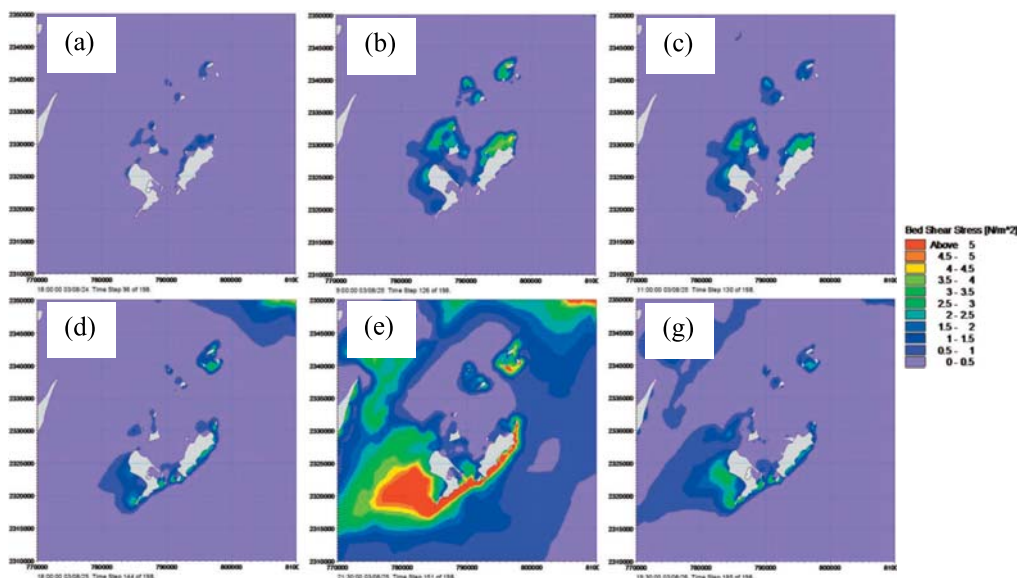
(hình 6b). Khi tâm bão nằm gần trên vùng biển Cô Tô, do sự thay đổi hướng gió bão theo vòng tròn từ tâm bão hướng sóng cũng dịch chuyển dần theo hình vòng cung ôm lấy quần đảo Cô Tô (hình 4c-4d và hình 5c-5d), tuy nhiên độ cao sóng giảm do tốc độ gió tại vùng tâm bão giảm, trường ứng suất trượt đáy cũng giảm và dịch chuyển từ khu vực phía bắc các đảo xuống phía nam các đảo (hình 6c-6d). Khi tâm bão đi dần ra khỏi khu vực biển Cô Tô, vùng bán kính gió cực đại lại bao phủ toàn khu vực với hướng gió chủ đạo là nam làm độ cao sóng tăng mạnh, độ cao sóng tại vùng khơi đạt tới hơn 5 m, tại các ven bờ đảo Cô Tô và Thanh Lân độ cao sóng cũng đạt tới hơn 3 m, hướng sóng chủ yếu là nam trùng với hướng gió (hình 4e và 5e). Trong khi đó, trường ứng suất trượt đáy tại phía nam đảo Cô Tô và đông nam đảo Thanh Lân đạt tới hơn 5,5 N/m² (hình 6e). Khi bão đi ra khỏi vùng nghiên cứu, trường độ cao sóng cũng giảm dần do trường gió giảm dẫn đến trường ứng suất trượt đáy cũng giảm dần (hình 4g, 5g và 6g). Trong hầu hết các trường hợp, vùng độ sâu chịu ảnh hưởng nhỏ hơn 10 m, trừ trường hợp khi sóng nam cực đại, tại độ sâu 15 m ứng suất trượt đáy vẫn đạt hơn 4 N/m² tại phía đông nam các đảo Cô Tô và Thanh Lân.



Hình 4. Trường gió trong bão Koravanh 2003 tại vùng biển Cô Tô



Hình 5. Trường sóng trong bão Koravanh 2003 tại vùng biển Cô Tô



Hình 6. Trường ứng suất trượt đáy do sóng trong bão Koravanh 2003 tại vùng biển Cô Tô

Các kết quả tính toán cho thấy những vùng đáy biển bị tác động mạnh chủ yếu nằm gần ven bờ có độ sâu nhỏ hơn 10 m. Hướng chịu tác động phụ thuộc chủ yếu vào hướng sóng. Vì vậy, với các hướng bão đổ bộ khác nhau, vùng chịu tác động cũng thay đổi. Trong tính toán ở trên, sóng nam có tác động mạnh hơn rất nhiều so với hướng sóng từ phía bắc chủ yếu là do độ dài đà sóng khác nhau trong cùng một điều kiện gió. Theo nghiên cứu của Storlazzi và nnk (2002, 2008), ứng suất trượt đáy do sóng tỷ lệ nghịch theo cấp số mũ với chiều rộng của các mặt bằng rạn san hô tại các địa điểm khác nhau

dọc theo bờ biển phía nam của Molokai, Hawaii. Storlazzi và nnk cũng đã chỉ ra rằng tại những vùng ứng suất trượt đáy do sóng lớn hơn $0,51 \text{ N/m}^2$ độ phủ của san hô được quan trắc giảm xuống còn nhỏ hơn 20% đến không có cấu trúc san hô được phát hiện. Theo nghiên cứu của Soulsby (1997), ngưỡng ứng suất trượt đáy để các hạt trầm tích với kích thước hạt $D_{50} = 0,22 \text{ mm}$ dịch chuyển là lớn hơn $0,115 \text{ N/m}^2$ và với ứng suất trượt đáy bằng $5,5 \text{ N/m}^2$ có thể làm dịch chuyển các hạt trầm tích có kích thước hạt $D_{50} = 8 \text{ mm}$. Như vậy, sóng trong bão có khả năng ảnh hưởng rất lớn đến quá trình vận

chuyển trầm tích và hệ sinh thái san hô tại khu vực. Tuy nhiên, để định lượng những tác động này cần có những nghiên cứu sâu hơn về tương tác của cả sóng và dòng chảy cũng như phân bố trầm tích và đặc điểm phân bố san hô tại khu vực.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, hoạt động của các cơn bão có tác động trực tiếp tới vùng biển Cô Tô giai đoạn từ 1977 đến 2012 đã được phân tích thống kê. Trường sóng (độ cao và hướng) và ứng suất trượt đáy do sóng trong cơn bão Koravanh 2003 được tính toán phân tích bằng mô hình Mike 21/3 FM Couple. Một số kết quả đạt được có thể tóm tắt như sau:

- Trung bình có khoảng hơn 1 cơn bão/năm ảnh hưởng trực tiếp tới vùng biển Cô Tô. Mùa bão thường bắt đầu vào tháng 6 và kết thúc vào tháng 11, tháng 7 và 9 có số lượng bão đổ bộ vượt trội so với các tháng còn lại. Do có sự che chắn của đảo Hải

Nam, các cơn bão đổ bộ từ phía đông vào khu vực này đều suy giảm đáng kể về cấp độ.

- Trường sóng trong bão Koravanh 2003 thay đổi mạnh phụ thuộc vào vị trí của tâm bão. Độ cao sóng Nam đạt cực đại tới hơn 5 m tại vùng khơi và đạt tới hơn 3 m tại vùng ven bờ các đảo Cô Tô và Thanh Lâm trước khi bão đổ bộ.

- Trường ứng suất trượt đáy do sóng lớn chủ yếu lại vùng ven bờ nơi có độ sâu nhỏ hơn 10 m và biến động chủ yếu theo hướng sóng và độ cao sóng. Vùng chịu tác động mạnh nhất là vùng biển ven bờ phía nam đảo Cô Tô và đông nam đảo Thanh Lâm, ứng suất trượt đáy do sóng đạt tới hơn 5,5 N/m². So sánh kết quả tính toán trường ứng suất đáy do sóng với những nghiên cứu trước đây cho thấy sóng trong bão có khả năng ảnh hưởng rất lớn đến quá trình vận chuyển trầm tích và hệ sinh thái san hô tại khu vực.

Tài liệu tham khảo

1. Cơ quan Khí tượng Nhật Bản (JMA). <http://www.jma.go.jp/en/typh/>
4. Fredsoe J and Deigaard R, 1992, *Mechanics of coastal sediment transport, Vol 3, World Scientific Publishing, Singapore, 369p.*
3. Jonsson, I. G., 1966, *Wave boundary layers and friction factors, Proc. Coastal Eng. Conf Ioth, 1, 127-148.*
4. Mike21/3 FM couple – User guide - DHI software, 2007.
5. Soulsby, R., 1997. *Dynamics of marine sands - A manual for practical applications: London, Thomas Telford Publications.*
6. Storlazzi, C., Field, M., Dykes, J., Jokiel, P., and Brown, E., 2002. *Wave Control on Reef Morphology and Coral Distribution: Molokai, Hawaii. Ocean Wave Measurement and Analysis, p. 784-793.*
7. Storlazzi, C, Field, M., Brown, E., and Jokiel, P., 2008, *Waves and their impact on reef growth, Chapter 11 of The coral reef of south Molokai, Hawaii; portrait of a sediment-threatened fringing reef: U.S. Geological Survey Scientific Investigations, p. 105-108.*
8. Vũ Hải Đăng, Nguyễn Hồng Lâm, Nguyễn Ngọc Tiến, Đỗ Ngọc Thực, Nguyễn Thanh Trang, 2013. *Nghiên cứu các đặc trưng thủy - thạch động lực trong mùa gió đông bắc tại vùng biển Cô Tô bằng mô hình MIKE21/3 FM COUPLE. Tạp chí Khí tượng thủy văn, Số 634, Tháng 10 năm 2013, trang 28-33.*