Vietnam Journal of Marine Science and Technology; Vol. 21, No. 4; 2021: 471–480
DOI: https://doi.org/10.15625/1859-3097/15784
https://www.vjs.ac.vn/index.php/jmst

Effect of tide to storm surge in Do Son coastal zone, Hai Phong

Nguyen Thanh Co, Dinh Van Manh, Nguyen Van Moi

Institute of Mechanics, VAST, Vietnam
*E-mail: ntco.imech@gmail.com

Received: 16 October 2020; Accepted: 1 June 2021

©2021 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

Abstract
The magnitude of storm surge depends on many factors: The intensity, direction, and speed of the storm, coastal topography, tidal height, etc. This paper presents the study results of the influence of tide on storm surge in Do Son coatal zone, Hai Phong City, based on the calculating results of storm surge in cases tidal and non-tidal storms landed into this coastal area from 1951 to 2020. The numerical model is used to calculate storm surge in this study is the TSIM11 model. This model can calculate wave, tide and storm surge and it was constructed by the Institute of Mechanics, Vietnam Academy of Science and Technology. The numerical model has been calibrated and validated using measurement data from stations in the study area.

Keywords: Tide, storm surge, Do Son, TSIM11 model.

Citation: Nguyen Thanh Co, Dinh Van Manh, Nguyen Van Moi, 2021. Effect of tide to storm surge in Do Son coastal zone, Hai Phong. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, *21*(4), 471–480.

Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, Tập 21, Số 4; 2021: 471–480
DOI: https://doi.org/10.15625/1859-3097/15784
https://www.vjs.ac.vn/index.php/jmst

Ảnh hưởng của thủy triều đến nước dâng do bão ở vùng biển Đồ Sơn, Hải Phòng

Nguyễn Thanh Cơ*, Đinh Văn Mạnh, Nguyễn Văn Mơi

Viện cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam
*E-mail: ntco.imech@gmail.com

Nhận bài: 16-10-2020; Chấp nhận đăng: 1-6-2021

Tóm tắt
Độ lớn nước dâng do bão phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Cường độ, hướng và tốc độ di chuyển của bão, địa hình vùng bờ nơi bão đổ bộ, độ cao thủy triều,... Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của thủy triều đến độ cao nước dâng do bão ở vùng biển Đồ Sơn, Hải Phòng, trên cơ sở tính toán nước dâng do bão trong các điều kiện có thủy triều và không có thủy triều của các cơn bão đổ bộ trực tiếp vào vùng biển này trong thời gian từ năm 1951 đến năm 2020. Mô hình tính toán nước dâng do bão được sử dụng trong nghiên cứu là mô hình tính toán sóng, thủy triều và nước dâng bão TSIM11 do Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam, xây dựng. Mô hình số đã được hiệu chỉnh và kiểm chứng bằng các số liệu ở các trạm đo trong vùng biển nghiên cứu.

Từ khóa: Thủy triều, nước dâng bão, Đồ Sơn, mô hình TSIM11.

MỞ ĐẦU

Theo thống kê của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), từ năm 1989 đến 2011, trung bình mỗi năm ở Việt Nam có 567 người chết và mất tích do thảm họa thiên nhiên, trong đó chủ yếu là do bão. Thiệt hại về kinh tế là khoảng 1,9 tỉ USD tổng sản phẩm quốc nội theo sức mua GDP (PPP), tương đương 1,3% GDP [1].

Khi bão đổ bộ vào bờ, sức gió và nước dâng do bão (hay còn gọi là nước dâng bão (NDB)) là những yếu tố chính gây ra thiệt hại cho các vùng bờ. Độ lớn NDB phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Cường độ, hướng và tốc độ di chuyển của bão; địa hình vùng bờ nơi bão đổ bộ; độ cao thủy triều;…

Nước ta có vùng bờ biển dài trên 3.000 km với chế độ thủy triều hết sức đa dạng và phong phú, độ cao thủy triều khá lớn (có nơi trên 4,5 m). Vì vậy sự tác động của chế độ thủy triều đến NDB sẽ là đáng kể và phức tạp [2].

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của thủy triều đến độ cao NDB ở vùng biển Đồ Sơn - Hải Phòng trên cơ sở tính toán NDB trong các điều kiện có thủy triều và không có thủy triều của các cơn bão đổ bộ trực tiếp vào vùng biển này trong thời gian từ năm 1951–2020. Đây là các cơn bão đã gây ra sức gió từ cấp 8 trở lên ở vùng biển nghiên cứu.

Mô hình số tính toán NDB được sử dụng trong nghiên cứu là mô hình tính toán sóng, thủy triều và nước dâng bão TSIM11 do Phòng Cơ học và Môi trường biển, Viện Cơ học xây dựng và phát triển. Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm chứng kỹ lưỡng bằng các số liệu mực nước và NDB đo đạc ở các trạm thủy-hải văn trong vùng biển nghiên cứu.

THU THẬP VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU

Số liệu bão

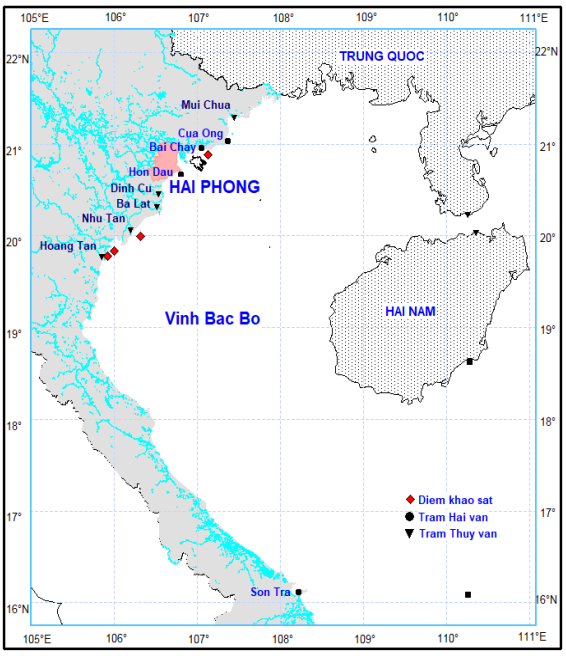
Để xác định các cơn bão tác động trực tiếp đến vùng biển nghiên cứu, các số liệu quan trắc

bão hoạt động ở Biển Đông và bờ tây Thái Bình Dương trong khoảng thời gian 1951–2020 đã được thu thập và xử lý. Số liệu này do Trung tâm Khí tượng Nhật Bản JMA (Japan Meteorological Agency) công bố, bao gồm các giá trị vị trí tâm bão và áp suất khí quyển cực tiểu ở tâm bão (P_{min}) được đo đạc 4 lần/ngày vào các thời điểm 0 h, 6 h, 12 h và 18 h (GMT) của toàn bộ các cơn bão [3, 4].

Số liệu mực nước

Số liệu mực nước bao gồm

Mực nước thực đo tại 9 trạm thủy-hải văn ven biển: Mũi Chùa, Cửa Ông, Bãi Cháy, Hòn Dấu, Đình Cư, Ba Lạt, Phú Lễ, Như Tân và Hoàng Tân (hình 1). Đây là các chuỗi số liệu được đo đạc liên tục 1 h, 1 số liệu với độ dài của chuỗi quan trắc trong nhiều năm và trong 7 ngày có 10 cơn bão được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình hoạt động (có ít nhất 2 ngày sau khi bão đổ bộ): Dinah (1974), Vera (1983), Georgia (1983), Dot (1989), Chuck (1992), Frankie (1996), Niki (1996), Koni (2003), Damrey (2005), Washi (2005).



Hình 1. Vị trí các trạm thủy-hải văn

Mực nước quan trắc 1 h, 1 lần tại trạm khảo sát hiện trường Hải Hậu (Nam Định), trong thời gian 9 ngày, từ 9 h/26/8–6 h/3/9/1997. Mục đích của việc thu thập và xử lý số liệu mực nước là để xác định NDB thực đo và các hằng số điều hòa thủy triều (HSĐH) gồm biên độ và pha của các sóng triều thành phần tại các trạm được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình.

Xác định nước dâng bão và thông số bão

NDB được xác định bằng công thức:

$$\varsigma(t) = \xi_{dd}(t) - \zeta(t) \quad (1)$$

trong đó: t: thời điểm tính toán; ς: nước dâng bão; ξ_{dd}: mực nước tổng hợp đo đạc; ζ: độ cao thủy triều được xác định như sau:

$$\zeta = A_0 + \sum_{i=1}^{n} f_i H_i \cos[q_i t + (V_0 + u) - g_i] \quad (2)$$

với: A_0: mực nước biển trung bình; q_i: vận tốc góc; H_i và g_i: biên độ và pha của HSĐH của sóng triều thành phần thứ i của trạm; V_0 và u: các hằng số thiên văn của trạm; n: số sóng triều thành phần. Các HSĐH thủy triều thực đo của trạm đạc xác định từ phân tích điều hòa thủy triều các chuỗi mực nước đo đạc.

Trong nghiên cứu này, phương pháp tính toán và dự báo thủy triều được sử dụng là phương pháp bình phương tối thiểu với n = 8. Các sóng triều thành phần bao gồm 4 sóng nhật triều (K_1, O_1, P_1, Q_1); 4 sóng bán nhật triều (M_2, S_2, N_2, K_2). Các sóng triều thành phần này đã được xác định là các sóng có đóng góp chủ yếu trong mực nước triều tổng cộng ở vùng bờ Hải Phòng [5].

Trên cơ sở các số liệu quan trắc quỹ đạo bão và áp suất khí quyển cực tiểu ở tâm bão thu thập được, các thông số bão như vận tốc gió cực đại ổn định, cấp gió, hướng và vận tốc di chuyển của bão, thời gian và vị trí đổ bộ của bão,... của từng cơn bão sẽ được xác định.

Trong đó, cấp gió được phân theo bảng cấp gió Beaufort và phân loại của Việt Nam. Tốc độ di chuyển của bão được xác định bởi 2 vị trí tâm bão quan trắc liền kề, hướng của bão trùng với hướng của đoạn thẳng nối hai vị trí này. Vị trí đổ bộ của bão được xác định bằng công cụ GIS (điểm giao cắt giữa quỹ đạo bão với đường bờ). Áp suất và vận tốc gió ở điểm xem xét được xác định bằng các công thức của Fujitt (1952) [6–8]:

$$P = P_\infty - \frac{P_\infty - P_{\min}}{\sqrt{1+(r/R)^2}} \quad (3)$$

$$W = W_{\max}\frac{2\sqrt{r/R}}{1+(r/R)} \quad (4)$$

với: P_∞: áp suất tại rìa bão; $P_{\min}$: áp suất tại tâm bão; R: bán kính gió cực đại; r: khoảng cách từ điểm đang xét đến tâm bão; $W_{\max}$: tốc độ gió cực đại được xác định bằng mối quan hệ thực nghiệm với độ giảm áp ở tâm bão.

Tuy nhiên, ngoài quy luật cân bằng xoáy, phân bố áp suất và gió còn chịu ảnh hưởng của chuyển động tịnh tiến của tâm bão, độ lệch vectơ gió so với đường tiếp tuyến của đường đẳng áp cũng như ảnh hưởng của địa hình khi bão đến vùng gần bờ. Do vậy, mô hình bão bất đối xứng có thể được biểu diễn như sau:

$$\vec{W}_0 = \vec{W} + \vec{W}_\phi + \vec{W}_c + \vec{W}_{ac} \quad (5)$$

ở đây: $\vec{W}$: biểu diễn bão tròn xoay, được xác định bằng công thức (4); $\vec{W}_\phi = \vec{W}\cos(\phi)$: phần hiệu chỉnh vận tốc do ma sát; φ: góc lệch của véc tơ vận tốc gió với đường đẳng áp; $\vec{W}_c$: vận tốc tịnh tiến của tâm bão và $\vec{W}_{ac}$: hiệu chỉnh do ảnh hưởng của lục địa.

Kết quả xử lý số liệu bão là thu được các thông số bão như vị trí và thời gian đổ bộ, cấp gió bão ở vùng biển Đồ Sơn và độ cao thủy triều khi bão đổ bộ, quỹ đạo bão, áp suất tâm bão tại các ốp quan trắc bão của 42 cơn bão đổ bộ trực tiếp vào vùng biển Đồ Sơn, Hải Phòng trong khoảng thời gian 1951–2020.

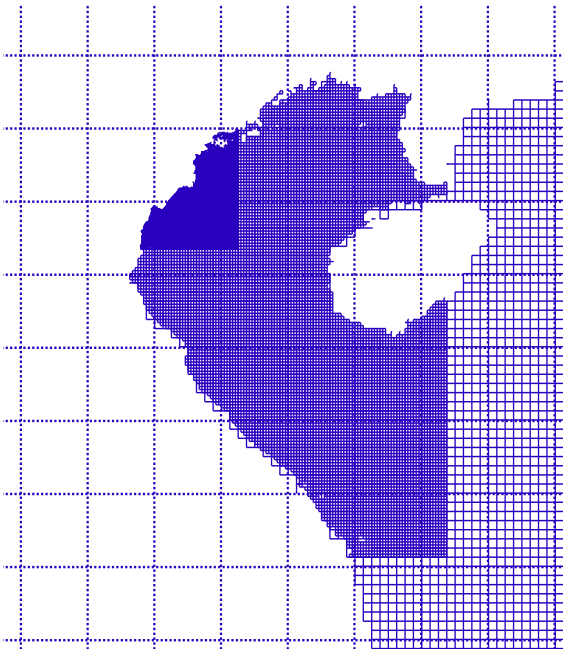
MÔ HÌNH SỐ TÍNH TOÁN NƯỚC DÂNG BÃO

Thiết lập mô hình

Mô hình số tính toán NDB trong nghiên cứu này được thiết lập trên cơ sở phần mềm TSIM11 do phòng Cơ học và Môi trường biển, Viện Cơ học xây dựng. Đây là phần mềm tính toán thủy triều và nước dâng do bão dựa trên hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều trong hệ tọa độ cầu [9, 10].

Lưới tính và miền tính

Lưới tính của mô hình bao gồm 3 lưới ghép lồng (hình 2). Trong đó, lưới thứ nhất là lưới thô nhất, có bước lưới 10 km × 10 km. Lưới này bao trùm toàn bộ miền tính là toàn bộ Biển Đông được giới hạn bởi Eo biển Đài Loan ở phía bắc, eo biển Luzon ở phía đông và eo biển Malacca (Indonesia) ở phía nam. Lưới thứ 2 có bước lưới là 2,5 km × 2,5 km độ, lưới này được giới hạn bởi đường bờ, kinh độ 110°E và vĩ độ 16°N. Lưới thứ 3 (lưới tinh) có bước lưới là 800 m × 800 m, lưới này bao trùm khu vực biển quan tâm là vùng biển ven bờ Đồ Sơn, Hải Phòng.



Hình 2. Sơ đồ lưới tính

Điều kiện biên

Biên lỏng: Tại các biên lỏng eo Đài Loan, eo Luzon và eo Malacca cho HSDH của 8 sóng K_1, O_1, P_1, Q_1, M_2, S_2, N_2, K_2.

Biên cứng: Sử dụng điều kiện không thấm.

Biên mặt thoáng: Cho trường áp suất khí quyển.

Hiệu chỉnh mô hình

Hiệu chỉnh mô hình tính toán thủy triều

Số liệu được lựa chọn để hiệu chỉnh mô hình tính toán thủy triều là các HSĐH thủy triều được phân tích từ các số liệu thực đo ở 5

trạm thủy-hải văn Mũi Chùa, Cửa Ông, Hòn Dấu, Ba Lạt và Như Tân. Các bảng 1–5 là các sai số tính toán của các HSĐH thủy triều tại các trạm thủy-hải văn này.

Bảng 1. Sai số của HSĐH tại trạm Mũi Chùa

Sóng triều	Δ_H (cm)	Δ_H (%)	Δ_g (h)
M_2	-3,69	-26,7	0,65
S_2	-0,21	-4,3	-1,10
K_1	4,63	5,6	-0,04
O_1	1,51	1,7	0,77
N_2	0,38	8,6	0,92
K_2	-0,92	-30,0	-0,71
P_1	1,88	7,8	0,51
Q_1	-2,32	-14,0	0,35

Bảng 2. Sai số của HSĐH tại trạm Cửa Ông

Sóng triều	Δ_H (cm)	Δ_H (%)	Δ_q (h)
M_2	-3,22	-33,7	1,66
S_2	0,36	8,1	-1,09
K_1	3,23	4,0	0,63
O_1	2,32	2,8	1,24
N_2	0,87	30,5	1,94
K_2	-0,96	-33,4	-0,77
P_1	2,16	9,2	0,37
Q_1	-0,16	-1,1	0,46

Bảng 3. Sai số của HSĐH tại trạm Hòn Dấu

Sóng triều	Δ_H (cm)	Δ_H (%)	Δ_q (h)
M_2	0,29	5,2	-0,22
S_2	0,42	9,7	0,35
K_1	1,02	1,5	0,05
O_1	-0,98	-1,3	0,06
N_2	0,08	11,2	-0,55
K_2	0,35	15,5	0,45
P_1	-0,26	-1,2	0,22
Q_1	0,34	2,3	-0,17

Bảng 4. Sai số của HSĐH tại trạm Ba Lạt

Sóng triều	Δ_H (cm)	Δ_H (%)	Δ_q (h)
M_2	-2,87	-25,9	0,85
S_2	0,57	9,6	2,25
K_1	6,87	11,3	0,33
O_1	0,35	0,5	0,71
N_2	0,58	33,7	0,13
K_2	-1,04	-35,0	2,06
P_1	3,32	18,5	1,53
Q_1	1,21	10,7	0,41

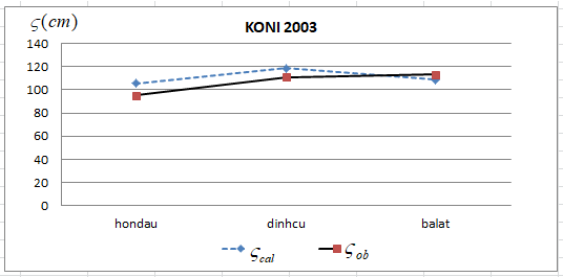
Bảng 5. Sai số của HSĐH tại trạm Ba Lạt

Sóng triều	Δ_H (cm)	Δ_H (%)	Δ_g (h)
M_2	-0,75	-4,4	-0,67
S_2	1,40	22,7	1,34
K_1	0,95	1,6	-0,66
O_1	3,04	5,4	-0,56
N_2	-0,27	-10,2	-0,31
K_2	-1,47	-27,3	-0,04
P_1	2,43	17,6	0,57
Q_1	2,08	21,3	0,77

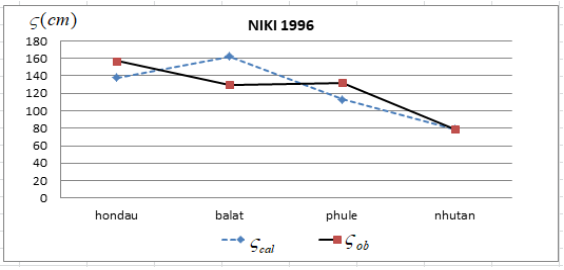
Như vậy, tuy có một vài sai khác giữa thực đo và tính toán nhưng nhìn chung, mô hình tính cho giá trị HSĐH thủy triều khá trùng với giá trị thực đo cả về biên độ và pha.

Hiệu chỉnh mô hình tính toán nước dâng bão

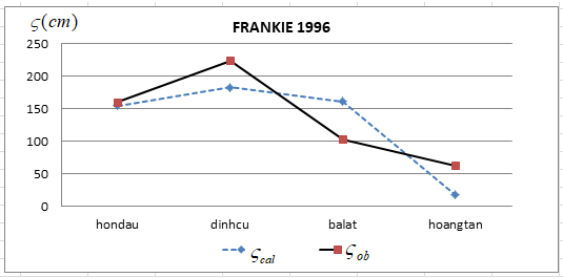
Số liệu sử dụng hiệu chỉnh mô hình là giá trị NDB thực đo ở các trạm thủy-hải văn ven bờ của 5 cơn bão: Frankie (1996), Niki (1996), Koni (2003), Damrey (2005), Washi (2005). Đây là các cơn bão mạnh, có thể gây ra NDB lớn và có số liệu đồng bộ về thủy triều và NDB. Các hình 3–6 là các biểu đồ so sánh giá trị NDB cực đại tính toán (ς_{cal}) với giá trị NDB cực đại thực đo (ς_{ob}) ở các trạm thủy-hải văn của các cơn bão này.



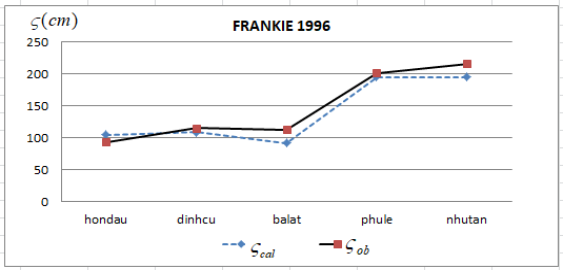
Hình 3. So sánh NDB cực đại của bão Koni



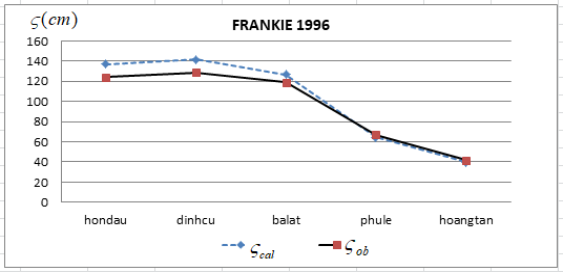
Hình 4. So sánh NDB cực đại của bão Niki



Hình 5. So sánh NDB cực đại của bão Frankie



Hình 6. So sánh NDB cực đại của bão Damrey

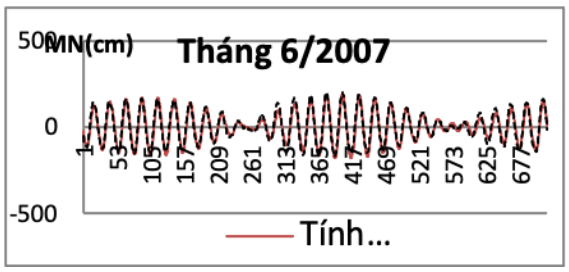


Hình 7. So sánh NDB cực đại của bão Washi

Các biểu đồ so sánh cho thấy kết quả tính toán của mô hình khá trùng hợp với số liệu thực đo.

Kiểm chứng mô hình

Kiểm chứng mô hình tính toán mực nước



Hình 8. So sánh mực nước tính toán với số liệu đo đạc

Để kiểm chứng độ tin cậy của mô hình, mô hình sau khi hiệu chỉnh đã được kiểm chứng bằng các số liệu mực nước thực đo ở trạm Hòn Dấu trong thời gian tháng 6/2007.

Kết quả tính toán kiểm tra cho thấy, sai số trung bình của mô hình tính toán mực nước là khoảng 3–5 cm, lớn nhất là khoảng ±12 cm (hình 8).

Kiểm chứng mô hình tính toán nước dâng bão

Số liệu sử dụng kiểm chứng mô hình là giá trị NDB thực đo ở trạm hải văn Hòn Dấu của 5 cơn bão mạnh, có khả năng gây NDB khá lớn ở các vùng bờ đó là các cơn bão Dinah (1974), Dot (1989), Georgia (1983), Vera (1983) và Chuck (1992). Sai số tính toán của mô hình đối với các cơn bão này ở Hòn Dấu được trình bày trong bảng 6.

Bảng 6. Sai số tính toán của các cơn bão

TT	Tên bão	ς_{ob} (cm)	ς_{cal} (cm)	Δ_ς (cm)	Δ_ς (%)
1	Dot	119	130	11	9
2	Georgia	86	96	10	12
3	Dinah	85	90	5	6
4	Vera	106	112	6	5
5	Chuck	96	104	8	8

Các kết quả tính toán kiểm chứng cho thấy giá trị tính toán khá phù hợp với giá trị thực đo (Δ_ς < 12%). Điều này cho thấy mô hình số đã được thiết lập và hiệu chỉnh khá tốt và như vậy có thể áp dụng mô hình để tính toán NDB ở vùng biển nghiên cứu.

TÍNH TOÁN ẢNH HƯỞNG CỦA THỦY TRIỀU ĐẾN NƯỚC DÂNG BÃO

Tính toán ảnh hưởng của thủy triều đến nước dâng bão của các cơn bão lịch sử

Với mỗi cơn bão trong lịch sử đã ảnh hưởng đến vùng biển nghiên cứu sẽ được tính toán với 2 trường hợp sau:

Trường hợp thứ nhất: Tính NDB cực đại không có thủy triều, ς_{KT}: Phương án tính toán này tính NDB cực đại do gió bão và áp suất khí quyển trong bão (không tính đến dao động thủy triều).

Trường hợp thứ hai: Tính NDB cực đại trên nền thủy triều (NDB thực tế) ς_{CT}: Trong phương án này tính NDB cực đại do gió bão, khí áp và dao động thủy triều.

Bảng 7. Ảnh hưởng của thủy triều đến nước dâng do bão của các cơn bão lịch sử

STT	Tên bão	Thời gian đổ bộ	ζ_T (cm)	ς_{KT} (cm)	ς_{CT} (cm)	$\Delta\varsigma$ (cm)	$\Delta\varsigma$ (%)	ΔT (h)
1	Lois	23,5 h 28/8/1952	-95	132	139	7	5	0,00
2	Ophelia	5,1 h 16/8/1953	-105	102	104	7	7	0,00
3	Betty	4,7 h 3/11/1953	-31	51	54	3	6	0,00
4	B0255	4,9 h 28/6/1955	-9	30	32	2	6	0,50
5	Charlotte	16,2 h 22/9/1962	31	105	103	-2	-2	0,00
6	Faye	6,0 h 9/9/1963	32	44	43	-1	-2	0,00
7	Winnie	4,4 h 3/7/1964	3	55	55	0	0	0,00
8	Phyllis	23,0 h 2/8/1966	43	37	36	-1	-3	-0,25
9	Rose	18,8 h 13/8/1968	41	138	135	-3	-2	-0,25
10	Jean	9,3 h 18/7/1971	41	148	144	-4	-3	0,00
11	Cora	2,1 h 30/8/1972	18	64	63	-1	-2	0,00
12	Marge	7,5 h 15/9/1973	-29	81	83	2	2	0,00
13	Dinah	5,8 h 14/6/1974	-31	88	90	2	2	0,25
14	Sarah	14,5 h 21/7/1977	2	139	139	0	0	0,00
15	Joe	7,8 h 23/7/1980	-21	139	145	6	4	0,00
16	Ruth	4,9 h 17/9/1980	14	147	146	-1	-1	0,00
17	Kelly	0,5 h 5/7/1981	2	72	72	0	0	0,00
18	Vera	6,4 h 19/7/1983	-2	110	112	2	2	0,00
19	Georgia	9,6 h 1/10/1983	118	105	96	-9	-9	-0,25
20	Wayne	1,2 h 6/9/1986	-40	66	68	2	3	0,25
21	Pat	7,2 h 23/10/1988	-67	41	43	2	5	0,25
22	Dot	14,6 h 11/6/1989	-44	128	130	2	2	0,25
23	Chuck	10,7 h 29/6/1992	30	106	104	-2	-2	-0,50
24	Eli	1,7 h 15/7/1992	-97	82	87	5	6	0,00
25	Frankie	1,7 h 25/7/1996	-34	152	155	3	2	0,00
26	Niki	23,4 h 22/8/1996	-60	135	140	5	4	0,25
27	Sally	16,7 h 9/9/1996	75	47	44	-3	-7	0,00
28	Zita	2,7 h 24/8/1997	16	40	39	-1	-3	-0,25
29	Koni	14,1 h 22/7/2003	-7	104	106	2	2	0,00
30	Washi	9,6 h 31/7/2005	55	139	133	-6	-5	-0,25
31	Damrey	9,2 h 27/9/2005	88	107	100	-7	-7	0,00
32	Conson	20,1 h 17/7/2010	52	47	45	-2	-4	-0,25
33	Haima	17,7 h 24/6/2011	24	95	94	-1	-1	-0,25
34	Kai-tak	21,2 h 17/8/2012	55	40	38	-2	-5	0,00
35	Son-tinh	0,0 h 29/10/2012	17	134	132	-2	-2	0,00
36	Bebinca	19,2 h 23/6/2013	117	87	80	-7	-9	-0,50
37	Haiyan	4,3 h 12/11/2013	-46	45	46	1	2	0,25
38	Kujira	14,2 h 24/6/2015	-33	35	36	1	3	0,00
39	Mirinae	23,5 h 27/7/2016	-2	124	125	1	1	0,00
40	Dianmu	11,5 h 19/8/2016	-12	140	143	3	2	0,00
41	Bebinca	3,9 h 18/8/2018	9	50	50	0	0	0,00
42	Mun	2,2 h 4/7/2019	-84	42	44	2	5	0,25

Sự sai khác giữa NDB cực đại không triều (NDB thuần túy) và NDB cực đại thực tế có thể xem như là tương tác phi tuyến giữa thủy triều và NDB hay còn gọi là ảnh hưởng của thủy triều đến NDB (ký hiệu là $\Delta\varsigma$).

$$\Delta\varsigma = \varsigma_{CT} - \varsigma_{KT} \quad (10)$$

Kết quả tính toán sự ảnh hưởng của thủy triều đến độ cao NDB cực đại và thời điểm NDB cực đại của các cơn bão ở vùng biển Đồ Sơn trong thời kì 1951–2020 được trình bày trong bảng 7. Trong đó ζ_T là biên độ dao động thủy triều (hiệu độ cao thủy triều và mực nước biển trung bình), ΔT là sự sai khác thời điểm NDB cực đại khi có triều và không triều.

Các kết quả tính toán cho thấy rằng đối với các các cơn bão đổ bộ khi triều thấp ($\zeta_T < 0$), NDB cực đại do bão gây ra lớn hơn so với khi không có thủy triều và ngược lại, các cơn bão đổ bộ vào thời kỳ triều cao ($\zeta_T > 0$), NDB cực đại giảm đi so với không có dao động thủy triều. Tuy nhiên, hầu hết các cơn bão ở vùng biển nghiên cứu đổ bộ vào thời điểm biên độ dao động triều nhỏ nên sự ảnh hưởng của thủy triều đến NDB cực đại là không lớn, trừ cơn bão Ophelia (7%), Giorgia (-9%), Bebinca (-8%), phần đa số các cơn khác là nhỏ hơn ±4% (31 cơn, chiếm 73%).

Dáng điệu của đường biến trình NDB trong cả hai trường hợp có triều và không có triều khá tương đồng nhau. Tuy nhiên, dao động thủy triều đã làm thời điểm NDB cực đại của các cơn bão xảy ra chậm hơn hoặc nhanh hơn. Tùy thuộc vào độ cao của thủy triều, thời điểm xảy ra NDB cực đại có thể xảy ra chậm hoặc nhanh hơn từ 0,0–0,5 h, trong đó phần lớn các cơn bão có thời điểm NDB cực đại xảy ra thay đổi không đáng kể, hầu hết nhỏ hơn ±0,25 h (bảng 7).

Tính toán ảnh hưởng cực đại của thủy triều đến nước dâng bão

Tính toán ở trên cho thấy, khi độ cao mực nước thủy triều tăng đã làm giảm độ cao của NDB cực đại. Như vậy đối với mỗi cơn bão, nếu đổ bộ vào thời điểm mực nước thủy triều lớn nhất thì NDB cực đại do bão gây ra là nhỏ nhất ($\varsigma_{\min}$). Ngược lại, nếu bão đổ bộ vào thời điểm mực nước thủy triều nhỏ nhất thì NDB cực đại do bão gây ra sẽ là lớn nhất có thể ($\varsigma_{\max}$).

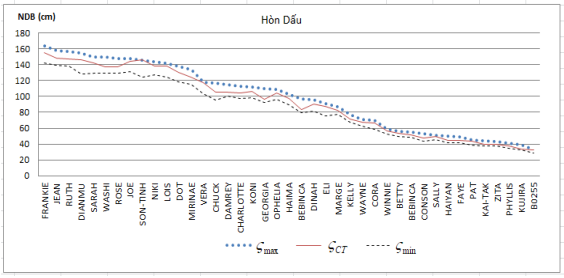
Để tính toán ảnh hưởng cực đại của thủy triều đến NDB, với mỗi cơn bão lịch sử sẽ được tính toán với 2 kịch bản giả định là các cơn bão này đổ bộ vào thời điểm mực nước thủy triều đạt giá trị lớn nhất và nhỏ nhất trong mùa bão hoạt động (từ tháng 6 đến tháng 10). Ảnh hưởng cực đại của thủy triều được xác định bằng biểu thức:

$$\Delta\varsigma_{\max} = \varsigma_{\max} - \varsigma_{\min} \quad (11)$$

Các kết quả tính toán (bảng 8) cho thấy ảnh hưởng cực đại của thủy triều đến NDB cực đại ở vùng biển Đồ Sơn, Hải phòng trung bình là khoảng 13 cm (15%), lớn nhất là 27 cm (bão Dianmu năm 2016) tương ứng với giá trị tương đối là 18%. Trong đó, giá trị ảnh hưởng cực đại tương đối trung bình không phụ thuộc nhiều vào cường độ bão (cấp bão) mà chủ yếu phụ thuộc vào độ cao thủy triều ở vùng biển nghiên cứu (bảng 9).

Đối với thời điểm xảy ra NDB cực đại, sự thay đổi là không nhiều (lớn nhất chỉ là 0,75 h).

Hình 9 là biểu đồ NDB cực đại của các cơn bão ở trạm Hòn Dấu (Đồ Sơn). Trong đó, đường liền nét (màu đỏ) là NDB cực đại thực tế, đường nét chấm là NDB cực đại trong trường hợp giả thiết là bão đổ bộ vào thời điểm thủy triều nhỏ nhất, đường nét gạch là NDB cực đại khi bão đổ bộ vào thời điểm thủy triều lớn nhất. Như vậy, phần diện tích giữa 2 đường nét chấm và nét gạch là ảnh hưởng cực đại thủy triều đến NDB.



Hình 9. Biểu đồ NDB cực đại

Bảng 8. Ảnh hưởng cực đại của thủy triều đến nước dâng do bão

STT	Tên bão	ζ_{min} (cm)	ζ_{max} (cm)	ς_{max} (cm)	ς_{min} (cm)	$\Delta\varsigma_{max}$ (cm)	$\Delta\varsigma_{max}$ (%)	ΔT_{max} (h)
1	Lois	86	405	142	124	18	14	0,00
2	Ophelia	95	400	109	97	12	12	0,00
3	Betty	80	402	56	50	6	12	0,00
4	B0255	84	399	33	29	4	13	0,75
5	Charlotte	127	355	113	98	15	14	0,00
6	Faye	113	377	49	41	8	18	0,00
7	Winnie	65	425	59	53	6	11	0,25
8	Phyllis	70	375	41	35	6	16	0,25
9	Rose	101	392	148	129	19	14	0,25
10	Jean	66	425	158	140	18	12	0,00
11	Cora	92	396	70	59	11	17	0,25
12	Marge	100	383	87	77	10	12	0,00
13	Dinah	69	419	96	81	15	17	0,25
14	Sarah	101	390	150	129	21	15	0,00
15	Joe	101	389	148	132	16	12	0,00
16	Ruth	134	355	157	138	19	13	0,00
17	Kelly	81	398	77	68	9	13	0,25
18	Vera	92	396	118	104	14	13	0,25
19	Georgia	102	385	110	93	17	16	0,25
20	Wayne	92	390	71	63	8	12	0,25
21	Pat	74	398	45	38	7	17	0,75
22	Dot	62	426	138	119	19	15	0,25
23	Chuck	80	395	117	96	21	20	0,50
24	Eli	85	410	91	75	16	20	0,25
25	Frankie	102	388	164	142	22	14	0,00
26	Niki	123	369	144	128	16	12	-0,25
27	Sally	132	352	51	45	6	13	-0,25
28	Zita	125	394	43	38	5	13	-0,25
29	Koni	82	410	112	98	14	13	0,00
30	Washi	86	405	150	130	20	14	0,25
31	Damrey	79	394	115	101	14	13	0,25
32	Conson	86	403	53	43	10	21	0,25
33	Haima	82	406	103	90	13	14	0,25
34	Kai-tak	110	378	44	38	6	15	0,00
35	Son-tinh	115	363	146	124	22	16	0,00
36	Bebinca	82	408	97	80	17	20	0,50
37	Haiyan	109	372	50	42	8	18	0,25
38	Kujira	98	389	39	33	6	17	0,25
39	Mirinae	106	382	134	116	18	15	0,00
40	Dianmu	126	364	155	128	27	19	0,00
41	Bebinca	129	361	55	48	7	14	0,00
42	Mun	65	403	45	39	5	15	0,25

Bảng 9. Ảnh hưởng cực đại của thủy triều trung bình theo cấp bão

STT	Cấp bão	$\overline{\Delta_\varepsilon}$ (%)
1	Cấp 8	14,0
2	Cấp 9	16,0
3	Cấp 10	14,8
4	Cấp 11	15,3
5	Cấp 12 & 13	14,8

KẾT LUẬN

Từ các kết quả tính toán, nghiên cứu đưa ra một số kết luận sau:

Đối với một cơn bão khi đổ bộ vào bờ, độ cao NDB cực đại tỷ lệ nghịch với biên độ dao động thủy triều khi bão đổ bộ vào thời điểm mực nước lớn hơn mực nước trung bình. Ngược lại, độ cao NDB cực đại tỷ lệ thuận với biên độ dao động thủy triều khi bão đổ bộ vào thời điểm mực nước nhỏ hơn mực nước trung bình.

Vùng biển Đồ Sơn, Hải Phòng có độ cao thủy triều khá lớn (khoảng 4,5 m) nên ảnh hưởng của dao động thủy triều đến NDB là đáng kể. Sự ảnh hưởng cực đại có thể lên tới 20% độ cao NDB cực đại. Tuy nhiên, trong thực tế, các cơn bão đổ bộ vào vùng biển này chủ yếu là vào thời điểm mực nước xấp xỉ mực nước trung bình nên độ cao NDB cực đại không khác nhiều so với trường hợp không có dao động thủy triều.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] http://www.wpro.who.int/vietnam/topics/-emergencies/factsheet/vi/index.html, accessed April 25, 2016.

[2] Nguyễn Bá Thủy, 2017. Ảnh hưởng của thủy triều và sóng tới nước dâng bão tại ven biển Bắc Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 673*, 36–42.

[3] Chester P. Jelesnianski, 1992. Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes. *Techniques Development Laboratory Office of Systems Development National Weather Service, NOAA.*

[4] http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html, accessed March 28, 2021.

[5] Nguyễn Thanh Cơ và Đinh Văn Mạnh, 2018. Các đặc trưng bão và nước dâng do bão ở các vùng bờ nước ta. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 18*(1), 1–9.

[6] Đinh Văn Mạnh (chủ biên), 2018. Nước dâng do bão vùng biển ven bờ Việt Nam. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*.

[7] Lưu Trí Anh, 2018. Xây dựng mô hình trường gió trong bão và ứng dụng mô hình mô phỏng cơn bão Fritz. *Tạp chí Kinh tế Kỹ thuật*, 96–102.

[8] T. Fujita, 1952. Pressure distribution within typhoon. *Geophysical Magazine, 23*, 437–451.

[9] Đinh Văn Mạnh, 2010. Mô hình tổng hợp tính đồng thời sóng biển nước dâng và thủy triều trong vịnh Bắc Bộ. *Tuyển tập các công trình cơ học thủy khí toàn quốc 2009*, 303–315.

[10] Đinh Văn Mạnh, 2010. Mô hình số trị dự bão nước dâng do bão vùng ven biển Việt Nam. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học, Công nghệ Dự báo và phục vụ dự báo KTTV*, 91–101.