

# Nghiên cứu, tính toán nước dâng tổng cộng trong bão cho khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng

Nguyễn Xuân Hiền<sup>1,\*</sup>, Trần Thực<sup>1</sup>, Đinh Văn Ưu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 23/62 Nguyễn Chí Thanh, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 15 tháng 7 năm 2012

**Tóm tắt.** Nước dâng tổng cộng trong bão là một trong những nguyên nhân gây ra ngập lụt và ảnh hưởng đến an toàn của các công trình ven biển, đặc biệt trong thời kỳ triều cường. Tại Việt Nam, mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về nước dâng do bão nhưng nước dâng do sóng và đóng góp của nó trong nước dâng tổng cộng chưa được quan tâm đúng mức. Nghiên cứu này đề xuất quy trình sử dụng bộ mô hình số trị và công thức thực nghiệm để nghiên cứu, tính toán nước dâng tổng cộng trong bão tại khu vực ven biển Thành phố Hải Phòng. Kết quả cho thấy, độ lớn của nước dâng do sóng trong các cơn bão đã xảy ra chiếm khoảng 16% đến 18% độ cao sóng có nghĩa ngoài khơi và đóng góp đáng kể vào nước dâng tổng cộng trong bão. Nước dâng tổng cộng trong bão lớn nhất theo hồi kỳ 1000 năm có thể đạt xấp xỉ 500 cm và có nguy cơ gây ngập lụt cho khu vực sau đê.

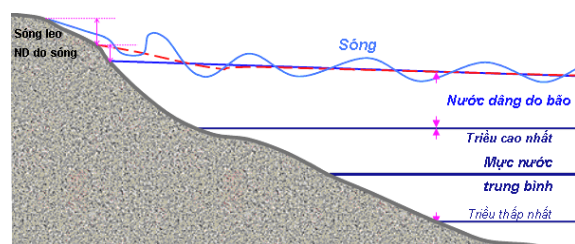
**Từ khóa:** nước dâng tổng cộng trong bão, nước dâng do bão, nước dâng do sóng, thủy triều.

## 1. Mở đầu

Nước dâng tổng cộng trong bão (Storm Tide) là hiện tượng mực nước biển dâng cao hơn mức bình thường (mực nước thủy triều, Astronomical Tide) dưới tác động tổng hợp của nhiều nhân tố khi có bão. Mặc dù tần suất xuất hiện không nhiều nhưng nó lại rất nguy hiểm do mực nước thường dâng cao và bất ngờ gây ngập lụt cho khu vực ven biển.

Harris (1963) đã tổng kết rằng có năm yếu tố khác nhau có thể gây nên sự thay đổi mực nước ở các khu vực ven biển trong một cơn bão là: (a) ảnh hưởng của áp suất, (b) ảnh hưởng trực tiếp của gió, (c) ảnh hưởng của chuyển động

quay của trái đất, (d) ảnh hưởng của sóng, và (e) ảnh hưởng của mưa. Pore (1965) đã bổ sung hai thành phần là: (a) ảnh hưởng của độ lớn thủy triều và (b) ảnh hưởng của hình dạng đường bờ và độ sâu biển.



Hình 1. Sự biến đổi mực nước trong bão.

Các nghiên cứu về nước dâng tổng cộng trong bão ( $h_{total}$ ) trên thế giới gần đây có xu hướng sử dụng kết hợp nhiều mô hình gồm mô

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-37730409.  
E-mail: nguyentuanhien@imh.ac.vn

hình khí tượng, mô hình thủy động lực và mô hình sóng với việc bổ sung các thành phần ứng suất phát xạ gây ra do sóng vào trong mô hình thủy động lực. Funakoshi và cộng sự (2008) sử dụng kết hợp mô hình Advanced Circulation Model (ADCIRC) và mô hình sóng SWAN để tính toán nước dâng tổng cộng [1] trong bão và sự đóng góp của nước dâng do sóng ( $h_{ws}$ ). Nghiên cứu này chỉ ra rằng,  $h_{ws}$  có thể đóng góp từ 10–15% vào nước dâng tổng cộng. Chenetal (2008) cho rằng, trong cơn bão Katrina năm 2005 tại Mỹ,  $h_{ws}$  chiếm tới 80%  $h_{total}$  trong khi các ảnh hưởng khác như thủy triều và nước dâng do bão (storm surge,  $h_{ss}$ ) chỉ đóng góp 20% [2].

Theo một cách tiếp cận khác, các nghiên cứu về nước dâng tổng cộng trong bão tại các khu vực thường xuyên chịu ảnh hưởng của bão như tại khu vực Florida của Hoa Kỳ [3] và vùng Queensland của Úc [4] xét đến tần suất xuất hiện của mực nước cực trị trong các cơn bão thông qua việc tính toán riêng rẽ mực nước dâng do bão ( $h_{ss}$ ) cộng với thủy triều ( $h_{tidal}$ ) và nước dâng do sóng. Các nghiên cứu này còn tính nước biển dâng do biến đổi khí hậu vào trong nước dâng tổng cộng [4].

Đã có nhiều nghiên cứu về nước dâng do bão [5, 6], tuy nhiên, vẫn còn khá ít các nghiên cứu về nước dâng tổng cộng trong bão và chưa đánh giá được mức độ đóng góp của nước dâng do sóng. Do vậy, nghiên cứu và tính toán nước dâng tổng cộng trong bão phục vụ đánh giá khả năng gây ngập lụt cho những vùng đất sau đê tại một khu vực thường xuyên phải chịu tác động của bão và áp thấp nhiệt đới như Thành phố Hải Phòng là vấn đề quan trọng và cần thiết.

## 2. Phương pháp tính toán

Các hợp phần tạo ra nước dâng tổng cộng trong bão như nước dâng do bão, thủy triều và nước dâng do sóng có mối quan hệ chặt chẽ với

nhau, từng thành phần ảnh hưởng và bị ảnh hưởng bởi thành phần khác. Các mối quan hệ này được cho là phi tuyến và về nguyên lý, quy trình tính toán  $h_{total}$  cần kết hợp các mô hình sóng, triều và nước dâng bão trong một thể thống nhất. Hiện nay, việc kết hợp các mô hình số đã được tiến hành với nhiều loại mô hình khác nhau với kết quả khả quan. Tuy nhiên, việc cung cấp đầu vào như gió, địa hình thường chưa đảm bảo độ chi tiết và đảm bảo cần thiết, đặc biệt việc bổ sung thêm thành phần ứng suất sóng vào mô hình thủy động lực để mô phỏng nước dâng do sóng. Do vậy, cách tiếp cận tổng hợp các hợp phần cơ bản của mực nước, được tính toán theo các mô hình đơn, có thể cho kết quả gần với thực tế hơn vì chúng thường được kiểm chứng độc lập theo từng quá trình.

Nếu chỉ tính đến yếu tố tương tác phi tuyến giữa thủy triều và nước dâng do bão mà bỏ qua yếu tố tương tác phi tuyến với nước dâng do sóng thì nước dâng tổng cộng trong bão ( $h_{total}$ ) được tính bằng tổng của mực nước có tính đến nước dâng do bão và thủy triều ( $h_{wpi}$ ) cộng với nước dâng do sóng ( $h_{ws}$ ). Trong khuôn khổ bài báo này, nước dâng tổng cộng trong bão được tính toán thông qua các hợp phần như đã nêu trên.

Hình 2. Quy trình tính nước dâng tổng cộng.

$$h_{wpt} = h_{ss} + h_{tidal} \quad (1)$$

$$h_{total} = h_{wpt} + h_{ws} \quad (2)$$

Số liệu về 64 cơn bão và áp thấp nhiệt đới ảnh hưởng đến khu vực ven biển Hải Phòng được thu thập từ Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia với các thông số chính được xét đến theo từng thời điểm là: 1) Vị trí tâm bão; 2) Hướng di chuyển của bão; 3) Tốc độ di chuyển của bão; 4) Vận tốc gió cực đại; 5) Bán kính gió cực đại.

Để tính toán trường gió và trường áp trong bão, nghiên cứu này phát triển mô hình tính trường gió và áp dựa trên công thức của Boose và cộng sự (1994) trên cơ sở phân tích và tổng hợp các lực để mô phỏng và tính toán phân bố trường gió trong bão. Mô hình ADCIRC của Mỹ được sử dụng để tính toán thủy động lực cho khu vực ven biển, dưới tác động của lực tạo triều, gió và áp suất khí quyển. Đây là thủy động lực hai hoặc ba chiều áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn, lưới phi cấu trúc có tính linh hoạt cao, rất phù hợp để áp dụng cho các khu vực cửa sông ven biển có địa hình nông và đường bờ phức tạp như khu vực Thành phố Hải Phòng. Mô hình SWAN của đại học DELTS, Hà Lan được áp dụng để tính toán trường sóng. Mô hình dựa trên nguyên tắc các sóng được mô tả bằng phổ mật độ của tác động sóng hai chiều sẽ được sử dụng để mô phỏng trường sóng trong bão. Lý thuyết và khả năng sử dụng các mô hình đã được mô tả trong các nghiên cứu trước [7-9].

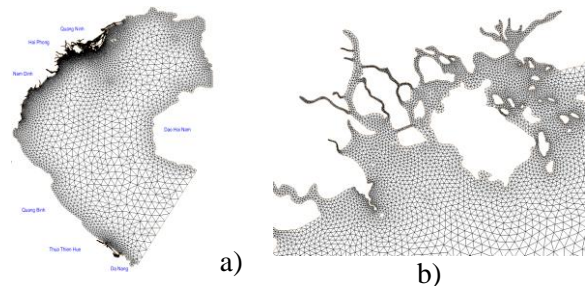
Công thức thực nghiệm của Hanslow và Nielson (1993) [10] được dùng để tính  $h_{ws}$  cho các điểm ven bờ. Công thức này được đưa ra dựa trên kết quả đo đạc độ cao nước dâng do sóng tại 4 bãi biển trong các điều kiện sóng khác nhau, trong đó có nhiều thời điểm, độ cao sóng có nghĩa ngoài khơi lớn hơn 4,2 m. Độ cao nước dâng do sóng tại một vị trí sát bờ được tính toán như sau:

$$h_{ws} = 0.048 \sqrt{H_0 L_0} \quad (3)$$

Trong đó:  $H_{rms0}$  là độ cao sóng nước sâu và  $L_0$  là độ dài sóng nước sâu.

Miền tính là toàn bộ vịnh Bắc Bộ với lưới phi cấu trúc gồm 13332 nút lưới, chiều dài của cạnh mắt lưới nhỏ nhất là 50 m (khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng), lớn nhất khoảng 25 km (khu vực giữa vịnh).

Địa hình miền tính được lấy từ hải đồ tỷ lệ khác nhau do Bộ tư lệnh Hải quân cung cấp, biên ngoài khơi được lấy theo hằng số điều hòa từ bộ hằng số điều hòa trên toàn cầu của mô hình ADCIRC. Mô hình trường gió trong bão của Boose và cộng sự đã được kiểm nghiệm tại một số nghiên cứu trước đây [9], kết quả kiểm nghiệm cho một số cơn bão ảnh hưởng đến khu vực Hải Phòng cho thấy có sự tương đồng cao về độ lớn và pha với số liệu thực đo. Phần dưới đây trình bày kết quả kiểm nghiệm cho mô hình tính nước dâng do bão + thủy triều và mô hình tính sóng.



Hình 3. Miền tính a) toàn vịnh Bắc bộ a) và b) vùng biển Hải phòng.

*Kiểm nghiệm mô hình tính nước dâng bão và thủy triều*

Trường gió và áp trong bão tính từ mô hình trên được sử dụng làm đầu vào cho mô hình thủy động lực. Kết quả so sánh giữa số liệu tính toán và thực đo mực nước dâng do bão và thủy triều tại trạm hải văn Hòn Dấu trong hình 4 cho thấy, mô hình có khả năng mô phỏng tốt, có sự tương đồng cao về độ lớn và pha giữa kết quả mô phỏng và số liệu thực đo.

*Kiểm nghiệm công thức nước dâng do sóng*

Hiện nay, việc đo nước dâng do sóng trong bão khó thực hiện do việc đo đạc trong điều kiện thời tiết nguy hiểm là rất khó khăn. Để có được giá trị nước dâng do sóng, mực nước và các thông số sóng tại các điểm ven bờ và ngoài khơi được đo đạc đồng thời và tách nước dâng do sóng qua sự chênh lệch mực nước giữa điểm ven bờ và ngoài khơi [11]. Ở Việt Nam nói chung và khu vực ven biển Hải Phòng chưa có những thực nghiệm và đo đạc nước dâng so sóng, tuy nhiên, đã có những kết quả điều tra khảo sát sau bão để xác định độ cao nước dâng lớn nhất tại các điểm sát bờ [12]. Các giá trị mực nước tại các điểm ven bờ này được coi là đã bao gồm cả nước dâng do sóng.

Trong khuôn khổ của đề tài “Hợp tác Việt - Trung về Nghiên cứu dự báo sóng biển và nước dâng do bão bằng phương pháp số” [12], một số chuyến khảo sát về nước dâng tổng cộng trong bão cho các điểm ven bờ Việt Nam đã được thực hiện. Kết quả điều tra, khảo sát trong cơn bão Washi, 2005 cho thấy, tồn tại sự khác biệt đáng kể về độ cao nước dâng tại một số điểm ven bờ so với độ cao nước dâng được tách ra từ trạm Hòn Dấu và đánh giá sự khác biệt này là do nước dâng do sóng gây ra, chênh lệch giữa nước dâng do bão lên tới hơn 70 cm giữa các điểm ven bờ và điểm quan trắc mực nước tại đảo Hòn Dấu (bảng 2).

Bảng 2. Nước dâng khu vực Hải Phòng, trong bão Washi, 2005

STT	Địa điểm	Nước dâng do bão (m)	Ghi chú
1	Hòn Dấu	1.21	Từ mực nước đo đạc
2	Đình Vũ	1.93	Vết do Ban Phòng chống lụt bão đánh dấu và
3	Đê Đồ Sơn	1.95	đoàn khảo sát, kiểm tra, cao đạc

(Nguồn: Đề tài Hợp tác Việt - Trung về nghiên cứu dự báo sóng biển và nước dâng do bão bằng phương pháp số)

a)

b)

Hình 4. Kiểm nghiệm mô hình thủy động lực trong bão a) Kate, 1973 và b) Damrey, 2005

*Kiểm nghiệm mô hình sóng*

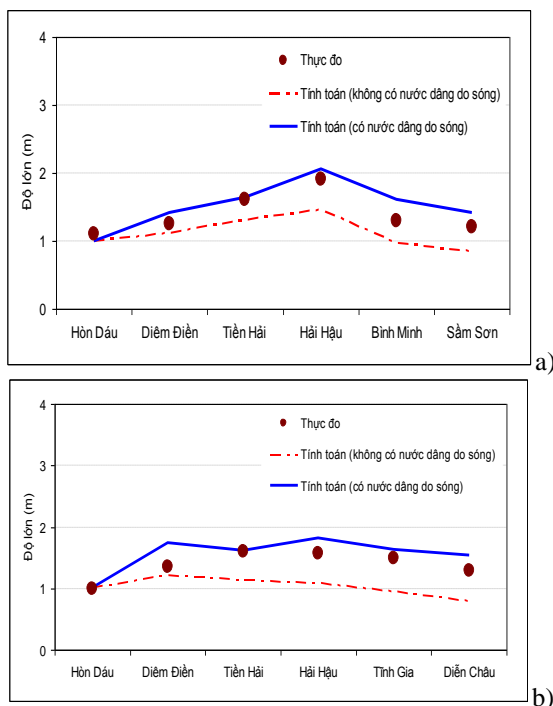
Kết quả tính gió và áp trong bão tiếp tục được sử dụng làm đầu vào cho mô hình tính sóng trong bão SWAN, mô hình được kiểm nghiệm với 2 cơn bão có số liệu thực đo tại các trạm phao năm 2005. Các kết quả kiểm nghiệm đưa ra ở hình 5 cho thấy có sự phù hợp khá tốt của giá trị độ cao sóng cực đại tính toán và đo đạc từ các trạm phao theo thời gian.

a)

b)

Hình 5. Kiểm nghiệm mô hình tính sóng trong bão a) Frankie, 1996 và b) Wulong, 2005

Tính toán  $h_{total}$  theo quy trình trên cho các điểm ven bờ biển Hải Phòng và các tỉnh lân cận cho một số cơn bão để so sánh với số liệu khảo sát cho thấy, nếu không tính tới  $h_{ws}$ , kết quả tính toán đường bao nước dâng tổng cộng trong bão tính từ mô hình ADCIRD đạt giá trị thấp hơn đáng kể tại các điểm ven bờ trong khi vẫn đạt được giá trị gần đúng tại Hòn Dấu. Trong khi đó, nếu tính thêm  $h_{ws}$  cho các điểm sát bờ thì đường bao nước dâng tiệm cận gần và thiên cao hơn so với số liệu khảo sát (Hình 6).



Hình 7. Kiểm nghiệm mô hình tính nước dâng tổng cộng trong bão a) Damrey và b) Vicente

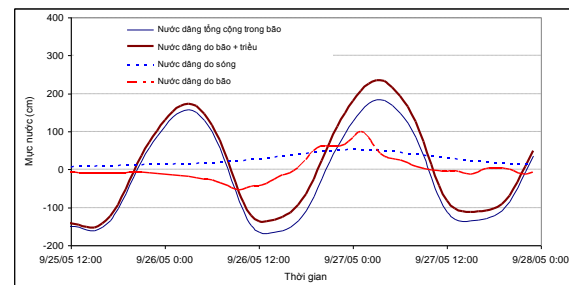
### 3. Kết quả và thảo luận

Phương pháp tính  $h_{total}$  được kiểm nghiệm ở trên được sử dụng để mô phỏng cho 64 cơn bão ảnh hưởng đến khu vực Hải Phòng, các kết quả tính toán được trích suất cho 7 vị trí đại diện cho các điểm ven bờ biển Thành phố Hải Phòng (Hình 7).



Hình 8. Các vị trí tính nước dâng tổng cộng trong bão: P1: Bờ biển Cát Hải, P2: Đê Đình Vũ, P2: Đê An Hải, P4: Đê Đồ Sơn, P5: Bãi Đồ Sơn, P6: Đê Kiến Thụy, P7: Đê Tiên Lãng.

Đường quá trình mực nước  $h_{wpt}$ ,  $h_{ws}$  được tính riêng cho từng cơn bão trong thời kỳ bão đổ bộ sau đó sẽ được sử dụng để tính  $h_{total}$ . Hình 8 dưới đây đưa ra ví dụ về biến trình của  $h_{total}$ ,  $h_{wpt}$ ,  $h_{ws}$ , và  $h_{wps}$  cho cơn bão Damrey, 2005 cho vị trí đê biển Đồ Sơn.



Hình 9. Biến trình mực nước tại đê biển Đồ Sơn (P4) trong bão Damrey, 2005.

Có thể thấy rằng nước dâng do sóng có đóng góp đáng kể vào nước dâng tổng cộng trong bão, mực nước nếu không tính đến nước dâng do sóng  $h_{wpt}$  thì chỉ đạt khoảng 78% so với mực nước có tính đến nước dâng do sóng  $h_{total}$ .

Bảng 2 dưới đây đưa ra giá trị độ cao sóng có nghĩa lớn nhất ( $H_{0max}$ ) và các giá trị lớn nhất của nước dâng tổng cộng trong bão ( $h_{totalmax}$ ), nước dâng do bão kết hợp với triều ( $h_{wptmax}$ ), nước dâng do sóng ( $h_{wsmax}$ ) trong 64 cơn bão đã xảy ra tại khu vực ven biển Hải Phòng.

Bảng 3. Một số đặc trưng sóng, mực nước trong các cơn bão tại Hải Phòng

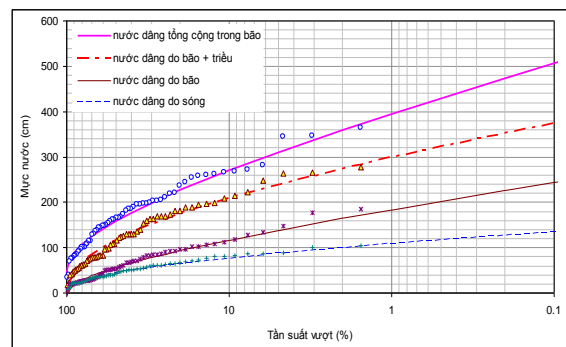
TT	Khu vực	$H_{0max}$ (cm)	$h_{wptmax}$ (cm)	$h_{wsmax}$ (cm)	$h_{totalmax}$ (cm)
1	P1	642	355	97	427
2	P2	645	323	103	398
3	P3	623	311	89	392
4	P4	507	275	85	343
5	P5	674	262	101	344
6	P6	683	278	103	344
7	P7	704	307	107	398

Nước dâng do sóng tại khu vực ven biển Hải Phòng phụ thuộc vào độ cao sóng có nghĩa ngoài khơi và địa hình tại các điểm cần tính. Tính cho tất cả các cơn bão, độ lớn nước dâng do sóng đạt khoảng từ 16% đến 18% độ cao của sóng có nghĩa ngoài khơi.  $h_{wptmax}$  tại các vị trí khu vực ven biển Hải Phòng có sự khác biệt đáng kể, tại đê biển An Hải và Đê Đồ Sơn,  $h_{wptmax}$  đạt giá trị cao hơn các vị trí khác. Trong khi đó,  $h_{wsmax}$  tại khu vực đê biển Đồ Sơn lại có giá trị thấp hơn các khu vực còn lại, điều này là do  $h_{ws}$  phụ thuộc nhiều vào địa hình đáy mà địa hình đáy tại đê biển Đồ Sơn có độ dốc lớn hơn các khu vực còn lại. Ngược lại, tại đê biển Tiên Lãng,  $h_{wsmax}$  đạt giá trị cao hơn do địa hình đáy biển tại nơi đây thoải hơn.

Từ chuỗi số liệu của  $h_{totalmax}$ ,  $h_{wptmax}$ ,  $h_{ssmax}$ ,  $h_{wsmax}$  trong tất cả các cơn bão ở trên, chúng tôi đã sử dụng phương pháp tính tần suất theo hàm phân bố Pearson III để tính toán theo suất đảm bảo năm P (0.1%, 1%, 2%) và chu kỳ lặp lại tương ứng là 1000, 100, 50 năm. Ví dụ về đường tần suất của  $h_{totalmax}$ ,  $h_{wptmax}$ ,  $h_{ssmax}$ ,  $h_{wsmax}$  tại vị trí đê biển Kiến Thụy được đưa ra trong hình 10. Các đặc trưng mực nước theo tần suất khác nhau cho các vị trí tại khu vực ven biển Hải Phòng được đưa ra trong bảng 4.

Kết quả cho thấy,  $h_{totalmax}$  hồi kỳ 1000 năm tại khu vực Hải Phòng trong khoảng từ 489 đến

549 cm. Nếu xét đến tần suất 1% tức hồi kỳ 100 năm, thì  $h_{totalmax}$  tại tất cả các điểm cũng đạt từ 493 cm tới 542 cm. Như vậy, trong trường hợp này,  $h_{totalmax}$  với tần suất 1‰ đã đạt gần tới cao trình đê biển Hải Phòng (khoảng 5.5 m) và có nguy cơ gây ngập lụt cho khu vực dân cư sau đê. Trong đó, đóng góp của  $h_{ws}$  chiếm khoảng từ 100 cm đến 130 cm, tức khoảng từ 20% đến 30% vào  $h_{total}$ .



Hình 10. Đường tần suất mực nước lớn nhất trong bão tại đê biển Kiến Thụy, Hải Phòng.

Bảng 4. Mực nước cực trị theo hồi kỳ

Đặc trưng	Hồi kỳ (năm)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
$H_{totalmax}$ (cm)	1000	549	528	542	489	507	505	526
	100	426	409	421	380	388	393	403
	50	387	372	382	346	351	358	364
$h_{ssmax}$ (cm)	1000	264	264	264	264	264	264	264
	100	204	204	204	204	204	204	204
	50	185	185	185	185	185	185	185
$h_{totalmax}$ (cm)	1000	139	140	127	114	137	136	135
	100	110	111	102	92	110	109	110
	50	101	101	94	84	101	101	101

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu này đề xuất quy trình tính nước dâng tổng cộng trong bão với bộ công cụ là các mô hình, công thức thực nghiệm đã được kiểm chứng với số liệu thực tế. Kết quả nghiên cứu

nước dâng tổng cộng từ 64 cơn bão trong quá khứ cho thấy, tại các điểm ven bờ, nước dâng tổng cộng trong bão có sự đóng góp của nhiều yếu tố, trong đó có thủy triều; nước dâng do gió và áp suất khí quyển và nước dâng do sóng. Nước dâng do sóng tại các điểm ven bờ Hải Phòng có đạt khoảng từ 16% đến 18% độ cao của sóng có nghĩa ngoài khơi. Nước dâng tổng cộng trong bão lớn nhất theo hồi kỳ 1000 năm có thể đạt tới xấp xỉ 500 cm và có khả năng gây ảnh hưởng mạnh đến an toàn của tuyến đê biển và nguy cơ gây ngập lụt cho khu vực dân cư sau đê. Nước dâng do sóng chiếm từ 20% đến 30% vào nước dâng tổng cộng trong bão.

Với kết quả và phương pháp nghiên cứu đã đạt được, nên sử dụng quy trình trên cho các khu vực khác cho phép và kiến nghị sử dụng nước dâng tổng cộng trong bão có tính đến nước dâng do sóng trong thiết kế công trình đê biển và đánh giá khả năng gây ngập lụt tới vùng ven biển. Đồng thời, trong tương lai, các đánh giá về nước dâng tổng cộng có thể tính thêm các hiệu ứng như nước lũ trong sông, mưa và mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Funakoshi, Y., Hagen, S.C., Bacopoulos, P. Coupling of hydrodynamic and wave models: case study for Hurricane Floyd (1999) Hindcast. *J. Waterw. Port Coast Ocean Eng*, 2008.
- [2] Bowen A. J., Inman D. L., Simmons V. P. Wave set-down and set-up. *J. Geophys. Res.* Vol. 73. N 8.( 1968.) 2569-2577.
- [3] Yang. S. W et al. *Combined total storm tide frequency restudy for Dog Island in Franklin County, Florida*, Florida State University, 2007.
- [4] Happer B.A. et. al. *Queensland Climate Change and Coastal Vulnerability to Tropical cyclones, Stage 3*. Queensland Government, 2001.
- [5] Đinh Văn Mạnh và nnk. *Phát triển và hoàn thiện mô hình dự báo sóng bão, nước dâng do bão, thủy triều cho dải ven biển Việt Nam*. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Cơ học, Hà Nội, 2011.
- [6] Đinh Văn Ưu và nnk. *Đánh giá biến động mực nước biển cực trị do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu phục vụ chiến lược kinh tế biển*. Báo cáo tổng kết đề tài KC-09.23/06-10, Chương trình biển, Hà Nội, 2010.
- [7] Nguyễn Xuân Hiền, Phạm Văn Tiến, Dương Ngọc Tiến, Đinh Văn Ưu. Ứng dụng mô hình ADCIRC tính toán nước dâng do bão tại khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng trong cơn bão Damrey 2005. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và công nghệ*, 25, số 3S (2009) 431.
- [8] Longuet-Higgins, M.S., Stewart, R.W. A note on wave setup. *J.Mar. Res.* 21 (1963) 4.
- [9] Nguyen Xuan Hien, Pham Van Tien, Duong Ngoc Tien, Dinh Van Uu. Using ADCIRC model for simulation of storm surge in coastal and estuaries of Hai Phong during typhoon Damrey 2005. *VNU Journal of Science, Natural Sciences and Technology*, Vol. 25, No. 3 (2009) 431 – 438.
- [10] Hanslow, D. J. and Nielsen, P., Wave setup on beaches and in river entrances. *Proceedings of 23rd International Conf. on Coastal Engineering*, 1992, 240-252.
- [11] Hitoshi Tanaka, Nguyen Xuan Tinh, Wave Setup at River Mouths in Japan. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, No. 23, 2008.
- [12] Nguyễn Thế Tường, Trần Hồng Lam. *Hợp tác Việt - Trung về nghiên cứu dự báo sóng biển và nước dâng do bão bằng phương pháp số*. Báo cáo tổng kết đề tài, Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, Hà Nội, 2007.

## Study on storm tide along the coast of Hai Phong city

Nguyen Xuan Hien<sup>1</sup>, Tran Thuc<sup>1</sup>, Dinh Van Uu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, MONRE, Vietnam*

<sup>2</sup>*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

The storm tide is one of cause's makes inundations in coastal areas and dyke breakage, particularly when storm surge coincides with high tide. In Viet Nam, although some researches have been done in the past on the storm surges but approach on wave setups and assessments of its roles on total surge are not clear yet. This study proposes a method to study and compute storm tide along the coast of Hai Phong city by using numerical models and empirical model. Results show that values of wave setup on storms of the past get about 12% - 15% of significant wave height and contribute significant on storm tide. Maximum of storm tide for return period 100 years can be achieved about 500 centimes approximately and it's caused damage for sea dyke safety also risk inundation.

*Keywords:* storm tide, storm surge, wave setup, astronomical tide.