# MỞ ĐẦU

**1. Tính cấp thiết của đề tài**

Sóng bất đối xứng là sóng có hình răng cưa nghiêng về phía trước. sóng bất đối xứng thường gây ra hiện tượng bùn cát dịch chuyển vào phía bờ, tạo ra xu hướng bồi đắp bờ biển trong điều kiện thời tiết bình thường. Hầu hết các nghiên cứu về sóng bất đối xứng có thể ứng dụng được đều là những công thức bán thực nghiệm. Trong khi đó, việc tính toán hiệu chỉnh và kiểm tra các công thức đó còn rất hạn chế do thiếu số liệu đo đạc. Do vậy, việc nghiên cứu về tính toán sóng bất đối xứng vẫn còn tồn tại những thách thức đối với các nhà khoa học.

## 2. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu chính của đề tài là tính toán được các tham số sóng bất đối xứng như vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ và vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng ra ngoài khơi để tính toán tốc độ vận chuyển bùn cát ngang bờ do sóng bất đối xứng.

## 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- *Đối tượng nghiên cứu*: loại sóng có tần số cao, bất đối xứng vùng ven bờ biển.

- *Phạm vi nghiên cứu*: trong vùng sóng đổ, nơi cách bờ biển từ vài mét đến vài trăm mét.

## 5. Phương pháp nghiên cứu

- *Phương pháp số trị*:

Trong nghiên cứu này, mô hình EBED cải tiến được sử dụng để tính toán lan truyền sóng ngẫu nhiên vùng ven bờ biển. Sau đó, các tham số sóng bất đối xứng được xác định dựa theo 2 phương pháp bao gồm: (i) theo những nghiên cứu của Grasmeijer và Ruessink (2003) và Isobe và Horikawa (1982); và (ii) theo những nghiên cứu của Abreu và nnk (2010) và Ruessink và nnk (2012). Cuối cùng, các tham số sóng bất đối xứng nhận được có thể được áp dụng để tính toán tốc độ vận chuyển bùn cát ngang bờ.

- *Phương pháp thống kê*:

Bên cạnh phương pháp số trị, các chỉ số thông kê cũng được sử dụng để so sánh đánh giá kết quả tính toán với số liệu đo đạc.

## 6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Sóng bất đối xứng đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình vận chuyển bùn cát theo hướng ngang bờ, đặc biệt trong việc hình thành những ba cát trong vùng sóng đổ và phục hồi địa hình đáy biển sau những cơn bão. Do đó, nghiên cứu về sóng bất đối xứng là cần thiết trong lĩnh vực kỹ thuật bờ biển, đặc biệt là mô phỏng sự thay đổi địa hình đáy biển do sóng và dòng chảy.

Việt Nam là một quốc gia có đường bờ biển dài và có tiềm năng phát triển kinh tế, du lịch biển rất lớn. Tính toán được tốc độ bùn cát ngang bờ đóng vai trò quan trọng trong tính toán xói mòn và bồi tụ bùn cát vùng ven bờ biển. Trong khi đó, sóng bất đối xứng lại là một trong những tác nhân gây ra vận chuyển bùn cát ngang bờ. Do đó, nghiên cứu về sóng bất đối xứng có ý nghĩa cao về mặt khoa học và thực tiễn.

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ SÓNG BẤT ĐỐI XỨNG VÙNG VEN BỜ BIỂN

## 1.1. Định nghĩa về sóng bất đối xứng vùng ven bờ biển

Ở ngoài khơi nơi có độ sâu lớn, sóng thường có dạng đối xứng. Tuy vậy, khi lan truyền vào vùng ven bờ, do độ sâu giảm và sóng bị vỡ nên sóng không bảo toàn được hình dạng đối xứng. Sóng khi đó có dạng bất đối xứng với đỉnh sóng nhọn hơn, có chu kỳ ngắn và bụng của sóng bị dẹt hơn, có chu kỳ dài. Tính bất đối xứng của sóng càng thể hiện rõ khi sóng tiến tới gần bờ

Tính bất đối xứng đó dẫn tới sự chênh lệch của vận tốc quỹ đạo sóng hướng vào bờ và hướng ra ngoài khơi. Độ chênh vận tốc quỹ đạo sóng được biểu diễn qua hệ số *R* sau (Ribberink và Al-Salem, 1994):

 (1.1)

Độ chênh gia tốc quỹ đạo sóng được tính bởi công thức sau:

 (1.2)

Dựa vào một số lượng lớn số liệu đo đạc hiện trường ở vùng ven bờ, Elfrink và nnk (2006) đã đưa ra giới hạn của thông số phi tuyến *R* nằm trong khoảng sau:

 (1.5)

Số Ursell được tính bởi công thức:

 (1.9)

## 1.2. Vai trò của sóng bất đối xứng trong tính toán vận chuyển bùn cát

Trong trường hợp sóng đối xứng, thì tổng lượng bùn cát dịch chuyển trong một chu kỳ sóng là bằng 0. Tuy vậy, ở vùng gần bờ, sóng thường có dạng bất đối xứng dẫn đến chênh lệch vận tốc quỹ đạo sóng. Do đó, sự vận chuyển bùn cát trong vùng này sẽ là sự chênh lệch giữa lượng dịch chuyển bùn cát xảy ra dưới đỉnh sóng và dưới bụng sóng.

*t*

*u*

*ut*

*uc*



*Tc*

*Tt*

*T*

**Hình 1.1: Vận tốc quỹ đạo sóng vùng ven bờ biển**

# CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH TÍNH TOÁN SÓNG BẤT ĐỐI

# XỨNG VÙNG VEN BỜ BIỂN

Chương 2 trình bày cách xác định các tham số sóng bất đối xứng bởi 2 phương pháp: (i) theo phương pháp của Isobe và Horikawa (1982) và sau đó được cải tiến bởi Grasmeijer và Ruessink (2003), và (ii) theo phương pháp của Abreu và nnk (2010) và sau đó được tham số hóa bởi Ruessink và nnk (2012).

## 2.1. Tính toán theo phương pháp 1 (Isobe và Horikawa, 1982; Grasmeijer và Ruessink, 2003)

Theo nghiên cứu của Grasmeijer và Ruessink (2003), tổng đại lượng vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ và hướng ra biển () được xác định như sau:

 (2.1)

Vận tốc quỹ đạo sóng tại sát đáy được tính toán bởi công thức sau:

 (2.2)

Dựa theo các số liệu đo đạc trong phòng thí nghiệm và hiện trường, Grasmeijer và Ruessink (2003) đã xác định được hệ số ** phụ thuộc chặt chẽ vào độ cao sóng (*H)* và độ sâu mực nước (*d*):

 (2.3)

Vận tốc quỹ đạo sóng hướng vào bờ cực đại được xác định theo công thức của Isobe và Horikawa (1982):

 (2.4)

Nghiên cứu của Isobe và Horikawa (1982) cho thấy độ chênh vận tốc quỹ đạo sóng cực đại phụ thuộc vào độ dốc đáy biển. Tuy vậy, dựa trên số liệu đo đạc, Grasmeijer và Ruessink (2003) đã cho thấy ảnh hưởng của độ dốc đáy biển tới đại lượng đó là rất nhỏ. Cũng từ số liệu đo đạc, các tác giả đó đã tìm thấy độ chênh vận tốc quỹ đạo sóng cực đại phụ thuộc chặt chẽ vào chiều dài bước sóng (*L*) và độ sâu mực nước (*d*) như sau:

 (2.11)

với điều kiện:

 (2.12)

Giả sử tổng vận tốc quỹ đạo sóng hướng vào bờ và hướng ra ngoài khơi trong một chu kỳ sóng là bằng 0. Từ đó, ta có thể rút ra công thức tính thời gian ứng với sóng lan truyền đỉnh sóng và bụng sóng như sau:

 (2.13)

 (2.14)

## 2.2. Tính toán theo phương pháp 2 (Abreu và nnk, 2010; Ruessink và nnk, 2012)

Abreu và nnk (2010) đã phát triển một công thức tổng quát tính toán vận tốc quỹ đạo sóng lớp sát đáy như sau:

 (2.15)

trong đó: *Uw* là biên độ vận tốc quỹ đạo sóng, *r* là hệ số phi tuyến, *f* là hệ số không thứ nguyên xác định theo hệ số *r* như sau: ,  là tần số góc, và  là tham số xác định hình dạng sóng.

Dựa trên các bộ số liệu hiện trường, Ruessink và nnk (2012) đã cho thấy hệ số *r* phụ thuộc chặt chẽ vào số Ursell (Malarkey và Davies, 2012, Doering và Bowen, 1995):

 (2.17)

Tham số xác định hình dạng sóng  cũng phụ thuộc chặt chẽ vào số Ursell (Ruessink và nnk, 2012; Doering và Bowen, 1995):

 (2.21)

# CHƯƠNG 3: SỐ LIỆU ĐO ĐẠC TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM VÀ TẠI HIỆN TRƯỜNG

## 3.1. Số liệu đo đạc trong phòng thí nghiệm của trường ĐHCN Delft, Hà Lan

Số liệu thu thập được của Grasmejer và Van Rijn (1999) được thực hiện trong phòng thí nghiệm bể sóng cỡ nhỏ của trường Đại học Công nghệ Delft, Hà Lan. Bể sóng có kích thước chiều dài 50 m, chiều rộng 0.8 m, và chiều cao 1 m. Địa hình đáy của bể sóng được phủ bởi cát với kích cỡ hạt trung bình là 0.095 mm, trong đó có tồn tại một ba cát ở ngoài khơi với đỉnh ba cát tại vị trí x = 12m. Từ vị trí 0 m  x  6 m, độ sâu đáy biển là 0.6m. Từ vị trí x = 6 m tới đỉnh ba cát có độ sâu 0.3 m, độ dốc đáy biển là 1:20. Sau đó độ sâu đáy biển tăng dần tới đáy của ba cát (có độ sâu 0.5 m) với độ dốc 1:25. Từ đáy ba cát tới bờ, độ sâu giảm dần với độ dốc 1:63. Phổ sóng thiết lập là JONSWAP với độ cao sóng ngoài khơi cho các thí nghiệm B1và B2 tương ứng lần lượt là 0.16 m và 0.19 m. Chu kỳ sóng là 2.3 giây, và hướng sóng truyền vuông góc với bờ cho cả hai thí nghiệm B1 và B2. Tổng cộng có 10 vị trí đo đạc số liệu sóng và dòng chảy cho các thí nghiệm trên

## 3.2. Số liệu đo đạc tại hiện trường vùng biển Egmond, Hà Lan

Bộ số liệu đo đạc hiện trường vùng biển Egmond, Hà Lan là một phần công việc của dự án châu Âu COAST3D

(http://pcwww.liv.ac.uk/civilcrg/COAST3D.htm).

Vị trí đo đạc cách địa điểm Egmond ann Zee của Hà Lan khoảng 1km về phía Nam (Hình 3.2). Địa hình đáy vùng ven bờ tại vùng biển này tồn tại hai ba cát song song với nhau (Ruessink và nnk, 2000). Quá trình đo đạc các tham số sóng, dòng chảy ngang bờ, dòng chảy dọc bờ, vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng bờ và hướng ra ngoài khơi, mực nước và địa hình đáy được thực hiện liên tục trong thời gian từ ngày 15/10/1998 đến 20/11/1998.



Vị trí đo đạc

Biển Bắc

Hình 3.1: Vị trí đo đạc tại bãi biển Egmond aan Zee, Hà Lan (Ruessink và nnk, 2000)

**CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN CÁC THAM SỐ SÓNG**

**BẤT ĐỐI XỨNG VÀ SO SÁNH VỚI SỐ LIỆU ĐO ĐẠC**

## 4.1. Các chỉ số đánh giá

* Sai số tương đối trung bình quân phương (*rel.rmse*)
* Chỉ số độ rộng phân tán (*s.i*)
* Độ lệch tương đối (*rel.bias*)
* Hệ số tương quan bình phương (*r2*)

## 4.2. Tính toán và so sánh với số liệu đo đạc của trường ĐHCN Delft, Hà Lan



Hình 4.1. So sánh kết quả tính toán độ cao sóng hữu hiệu (a), vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ (b): đường nét liền (phương pháp 1), đường nét đứt đoạn (phương pháp 2), vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng ra ngoài khơi (c) với số liệu đo đạc thí nghiệm B1, và địa hình đáy biển (d)

Thông qua việc tính toán và so sánh với số liệu đo đạc của thí nghiệm B1 cho thấy, kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng ra ngoài khơi (*ut*) ở vùng ven bờ giữa 2 phương pháp có sự chênh lệch không nhiều. Tuy vậy, kết quả tính toán nhận được từ 2 phương pháp đối với vận tốc quỹ đạo sóng hướng vào bờ (*uc*) đã có sự khác biệt rõ rệt ở vùng ven bờ biển.



Hình 4.3: So sánh kết quả tính toán độ cao sóng hữu hiệu và số liệu đo đạc của thí nghiệm B1 và B2



 

Hình 4.**4**: So sánh kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ và hướng ra ngoài khơi bởi phương pháp 1 (a) và phương pháp 2 (b) với số

**4.3. Tính toán và so sánh với số liệu đo đạc vùng biển Egmond, Hà Lan**

*4.3.1. Tính toán lan truyền sóng ngẫu nhiên*

Mô hình đã được hiệu chỉnh với số liệu đo đạc hiện trường tại bãi biển Egmond của Hà Lan trong thời gian từ ngày 15/10/1998 đến ngày 20/11/1998. Nhìn chung, kết quả tính toán hiệu chỉnh thu được phù hợp tốt với số liệu đo đạc tại hầu hết các vị trí đo đạc, đặc biệt trong vùng ven bờ nơi xảy ra hiện tượng sóng đổ 2 lần do có 2 ba cát trong địa hình vùng biển này. Ở vị trí đo đạc E3, độ cao sóng hữu hiệu tính toán có những thời điểm lớn hơn giá trị đo đạc đối với các sóng nhỏ. Tại các vị trí đo đạc khác, kết quả tính toán độ cao sóng hữu hiệu phù hợp rất tốt với số liệu đo đạc.



Hình 4.7: Độ cao sóng hữu hiệu tính toán và số liệu đo tại trạm ven bờ E3

Hình 4.11 mô tả sự so sánh giữa kết quả tính toán độ cao sóng hữu hiệu và số liệu đo đạc tại 6 vị trí thuộc bãi biển Egmond, Hà Lan. Sai số tương đối trung bình quân phương chỉ khoảng 10.3 %.



Hình 4.11: So sánh kết quả tính toán độ cao sóng hữu hiệu và số liệu đo đạc tại bãi biển Egmond, Hà Lan

### *4.3.2. Tính toán các tham số sóng bất đối xứng theo phương pháp1*



Hình 4.14: So sánh kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ và hướng ra ngoài khơi với số liệu đo đạc tại trạm đo E3, bãi biển Egmond, Hà Lan

Nhìn chung, kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ và hướng ra ngoài khơi phù hợp khá tốt với số liệu đo đạc. Tuy vậy, kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng hướng bờ (*uc*) thường lớn hơn số liệu đo đạc tại 4 trạm đo gần bờ E1, E2, E3 và E4, đặc biệt trong thời gian từ ngày 25 - 28 tháng 10, năm 1998

### *4.3.3. Tính toán các tham số sóng bất đối xứng theo Phương pháp2*

Về mặt định tính, các kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ (*uc*) và hướng ra ngoài khơi (*ut*) phù hợp rất tốt với số liệu đo đạc tại các vị trí đo E1, E2, E3, và E4. Có thể nhận thấy các kết quả tính toán (*uc*) bởi phương pháp này phù hợp với số liệu tốt hơn so với phương pháp 1. Kết quả tính toán (*ut*) cũng phù hợp rất tốt với số liệu đo, đặc biệt tại các vị trí đo đạc E3 trong khoảng thời gian từ 22-25/10/1998 (Hình 4.20).



Hình 4.1: So sánh kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng vào bờ và hướng ra ngoài khơi với số liệu đo đạc tại trạm đo E3, bãi biển Egmond, Hà Lan

# CHƯƠNG 5: ỨNG DỤNG CÁC KẾT QUẢ NHẬN ĐƯỢC

# ĐỂ TÍNH TOÁN VẬN CHUYỂN BÙN CÁT

# VÙNG VEN BỜ DO SÓNG BẤT ĐỐI XỨNG

## 5.1. Vận chuyển bùn cát đáy:

Vận chuyển bùn cát đáy được tính toán dưới dạng sau:

 (5.1)

## 5.2. Vận chuyển bùn cát lơ lửng:

Tốc độ vận chuyển bùn cát lơ lửng do sóng bất đối xứng được tính toán bởi công thức sau dựa trên cơ sở của nghiên cứu trước đây bởi Camenen và Larson (2008):

 (5.17)

## 5.4. Kết quả tính toán vận chuyển bùn cát

### *5.4.1. Tính toán cho các thí nghiệm*



Hình 5.1. Kết quả tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát đáy (a), bùn cát lơ lửng (b) và bùn cát tổng cộng (c) do sóng bất đối xứng tính toán dựa theo phương pháp 1 và 2 cho thí nghiệm B1

Hình 5.1c mô tả thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng cho trường hợp thí nghiệm B1. Giá trị thông lượng này bằng tổng các giá trị thông lượng vận chuyển bùn cát đáy và bùn cát lơ lửng. Quan sát trên hình vẽ có thể nhận thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các kết quả tính toán dựa theo hai phương pháp 1 và 2 tại các vị trí lân cận ba cát và vùng sóng đổ ven bờ. Kết quả tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng theo phương pháp 1 lớn hơn gần 2 lần so với phương pháp 2 tại những vị trí đó.



Hình 5.2. Kết quả tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát đáy (a), bùn cát lơ lửng (b) và bùn cát tổng cộng (c) do sóng bất đối xứng tính toán dựa theo phương pháp 1 và 2 cho thí nghiệm B2

### *5.4.2. Tính toán cho vùng ven bờ biển Egmond, Hà Lan*



Hình 5.1 : kết quả tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát đáy (a), bùn cát lơ lửng (b), bùn cát tổng cộng (c) do sóng bất đối xứng tính toán dựa theo phương pháp 1 và phương pháp 2 cho vùng biển Egmond, Hà Lan, tại thời điểm T1

Quan sát trên hình 5.3a và b có thể thấy thông lượng vận chuyển bùn cát đáy chiếm ưu thế rõ rệt so với thông lượng vận chuyển bùn cát lơ lửng. Thông lượng vận chuyển bùn cát đáy tập trung chủ yếu ở lân cận đỉnh của hai ba cát, trong khi đó thông lượng bùn cát lơ lửng khá nhỏ. Thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng tại ba cát gần bờ mạnh hơn đáng kể so với ba cát phía ngoài khơi. Có thể nhận thấy kết quả tính toán nhận được theo hai phương pháp có sự khác nhau rõ rệt trong vùng lân cận đỉnh của hai ba cát và vùng gần bờ. Tại đỉnh ba cát gần bờ, thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng theo phương pháp 1 lớn xấp xỉ 3 lần so với phương pháp 2. Trong khi đó tại đỉnh ba cát ngoài khơi, thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng theo phương pháp 1 lớn gần gấp đôi so với phương pháp 2.

Hình 5.7 biểu thị kết quả tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng trung bình tại 5 trạm E1, E2, E3, E4, và E6 trong khoảng thời gian hơn 1 tháng (từ 15/10/1998-21/11/1998). Kết quả tính toán cho thấy, tại các trạm E1, E2 và E3, thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng trung bình theo phương pháp 1 thường lớn hơn khoảng gấp đôi so với phương pháp 2. Tại các trạm E4 và E6, thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng trung bình theo phương pháp 1 lớn gấp khoảng 1.6 lần so với theo phương pháp 2. Điều đó cho thấy kết quả tính toán vận chuyển bùn cát rất nhạy đối với các tham số sóng bất đối xứng.



5.2: Kết quả tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát trung bình tại 5 trạm trong khoảng thời gian từ 15/10/1998 - 21/11/1998 tại vùng biển Egmond, Hà Lan.

# Kết luận và kiến nghị

Sóng bất đối xứng có vai trò quan trọng trong tính toán vận chuyển bùn cát ngang bờ, hình thành các ba cát trong vùng sóng đổ, và khôi phục địa hình đáy biển sau các cơn bão. Sóng đối xứng cùng với dòng chảy ngang bờ (*undertow*) là những tác nhân chính tạo nên mối cân bằng động địa hình mặt cắt đáy biển. Do đó, việc tính toán các tham số sóng bất đối xứng và thông lượng vận chuyển bùn cát do sự bất đối xứng sóng đóng vai trò quan trọng trong tính toán mô phỏng sự thay đổi địa hình đáy biển.

Trong luận văn này, tác giả đã thực hiện được những nhiệm vụ chính sau:

1. Giới thiệu về sóng bất đối xứng và vận chuyển bùn cát do sóng bất đối xứng.
2. Lựa chọn được 2 phương pháp tính toán các tham số sóng bất đối xứng phù hợp bao gồm:
   1. Phương pháp dựa theo nghiên cứu Isobe và Horikawa (1982) và sau đó được cải tiến bởi Grasmeijer và Ruessink (2003)
   2. Phương pháp dựa theo nghiên cứu của Abreu và nnk (2010) và được tham số hóa các hệ số bởi Ruessink và nnk (2012).
3. Áp dụng công thức của Camenen và Larson (2005) để tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát đáy do sóng bất đối xứng.
4. Áp dụng công thức của Camenen và Larson (2008) để tính toán thông lượng vận chuyển bùn cát lơ lửng do sóng bất đối xứng.
5. Viết mã chương trình bằng ngôn ngữ chuẩn FORTRAN 90 để tính toán các tham số sóng bất đối xứng, tính toán dòng thông lượng vận chuyển bùn cát đáy, bùn cát lơ lửng do sóng bất đối xứng.
6. Tính toán kiểm nghiệm với số liệu đo đạc phòng thí nghiệm của Trường Đại học Công nghệ Delft, Hà Lan và số liệu đo đạc hiện trường tại bãi biển Egmond, Hà Lan.

Qua quá trình tính toán và so sánh với số liệu đo đạc có thể khẳng định mô hình tính toán lan truyền sóng ngẫu nhiên cho kết quả phù hợp rất tốt với số liệu đo đạc. Do đó, mô hình này đã tạo ra các tham số đầu vào đáng tin cậy để tính toán các tham số sóng bất đối xứng vùng ven bờ biển.

Đối với mô hình tính toán sóng bất đối xứng, kết quả tính toán nhận được theo 2 phương pháp đều phù hợp khá tốt với số liệu đo đạc. Nếu tính toán theo phương pháp 1 (Isobe và Horikawa, 1982; Grasmeijer và Ruessink, 2003), vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng bờ (*uc*) phù hợp tốt với số liệu đo đạc tại phòng thí nghiệm của trường ĐHCN Delft, Hà Lan. Tuy vậy, kết quả tính toán (*uc*) thường có xu hướng lớn hơn số liệu số liệu đo đạc hiện trường tại bãi biển Egmond, Hà Lan. Nhìn chung, các kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng ra ngoài khơi (*ut*) phù hợp tốt với số liệu đo đạc hiện trường. Sai số tương đối trung bình quân phương cho *uc* và *ut* lần lượt là 26.04 % và 22.91 %

Trong trường hợp tính toán theo phương pháp 2 (Abreu và nnk, 2010; Ruessink và nnk, 2012), kết quả tính toán vận tốc quỹ đạo sóng cực đại hướng bờ (*uc*) và hướng ra ngoài khơi (*ut*) nhỏ hơn số liệu đo đạc phòng thí nghiệm. Kết quả tính toán *uc* và *ut* cho vùng biển Egmond, Hà Lan phù hợp khá tốt với số liệu đo đạc. Sai số tương đối trung bình quân phương đối với *uc* và *ut* lần lượt là 21.07 % và 23.16 %.

Tính toán vận chuyển bùn cát rất nhạy cảm đối với các tham số sóng bất đối xứng. Các tính toán đối với các thí nghiệm B1, B2 và bãi biển Egmond cho thấy, thông lượng vận chuyển bùn cát tổng cộng do sóng bất đối xứng tính toán theo phương pháp 1 thường lớn hơn đáng kể so với tính toán theo phương pháp 2. Điều đó có thể dẫn đến kết quả tính toán dự báo sự thay đổi địa hình đáy biển dựa theo 2 phương pháp này sẽ khác nhau rõ rệt. Do đó, việc lựa chọn mô hình tính toán các tham số sóng bất đối xứng là rất quan trọng trong tính toán mô phỏng vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy biển.

Trong thời gian tới, tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu về các quá trình thủy động lực và vận chuyển bùn cát vùng ven bờ biển. Cụ thể, những hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài này là:

* Nghiên cứu về dòng chảy ven bờ do sóng bao gồm dòng chảy ngang bờ và dọc bờ do sóng.
* Nghiên cứu về vận chuyển bùn cát và tính toán hiệu chỉnh kiểm tra mô hình tính toán vận chuyển bùn cát.
* Nghiên cứu về sự phát triển và dịch chuyển ba cát trong vùng sóng đổ.

# Danh mục công trình của tác giả liên quan đến luận văn

1. Phạm Thành Nam, Nguyễn Thị Thảo, *Mô hình tính toán sóng bất đối xứng vùng ven bờ*, Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2015, trang 487-493.

2. Pham Thanh Nam, Do Thi Thu Ha, Nguyen Thi Thao, Truong Manh Chien, *A numerical model of beach morphological evolution due to waves and currents*, The 8th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics – Aphydro 2016 September 20 – 23, Hanoi, Vietnam, pp. 59-66.