

# SO SÁNH PHÂN BỐ LÝ THUYẾT RAYLEIGH THEO SÓNG QUAN TRẮC TẠI VÙNG BIỂN VỊNH NGHI SƠN, TỈNH THANH HÓA

Hoàng Trường<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo bước đầu phân tích một số hàm thống kê độ cao sóng đang được sử dụng trong các quy trình tính toán, dựa trên ý tưởng của chương trình “Quản lý và kỹ thuật công trình biển và ven bờ (COMEM)” do 5 trường đại học của Châu Âu thực hiện năm 2010. Với 2 chuỗi số liệu quan trắc, đo đạc sóng tại vịnh Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa năm 2017 và 2018, nhận thấy có sự khác biệt nhỏ trong phân bố Rayleigh của độ cao và chu kỳ sóng.

**Từ khóa:** Độ cao sóng, phân bố Rayleigh, vịnh, Nghi Sơn.

Ban Biên tập nhận bài: 26/11/2019 Ngày phản biện xong: 28/12/2019 Ngày đăng bài: 25/02/2020

## 1. Mở đầu

Mọi hoạt động trên biển đều liên quan đến điều kiện thủy động lực biển, trong đó sóng gió mang tính quyết định. Vì vậy, hiểu rõ trạng thái mặt biển là yêu cầu bắt buộc đối với hoạt động này. Ngoài việc quan trắc, đo đạc sóng bằng các thiết bị chuyên dụng, đòi hỏi sự hỗ trợ của các mô hình toán và các mô hình thống kê. Mô hình toán cho phép tái hiện bức tranh sóng trong một khu vực cụ thể phù hợp với những điều kiện biên nhất định; trong khi đó mô hình thống kê, thông qua các hàm phân bố xác suất, cho thấy quy luật xuất hiện của các yếu tố sóng tại từng vị trí mà nghiên cứu quan tâm.

Các đặc trưng thống kê sóng gió có ý nghĩa đặc biệt đối với việc thiết kế các công trình biển, nhất là về mặt quy mô và tuổi thọ công trình. Căn cứ vào chỉ dẫn tính toán sóng của Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) [5], các tổ chức và quốc gia xây dựng quy phạm cho mình [1]. Mặc dù các quy phạm mang tính chuẩn mực cao, tuy nhiên theo thông lệ, các chỉ dẫn hay quy phạm thường được tái thẩm định nhằm nâng cao độ chính xác của tính toán và tăng cường năng lực của công trình. Các sửa đổi bổ sung nếu có, đều xuất phát từ các công trình nghiên cứu hoặc quan trắc trên thế giới, cũng như các kiến nghị khác. Trong chương trình “Quản lý và kỹ thuật

công trình biển và ven bờ (COMEM)” [4] do 5 trường đại học của Na Uy, Hà Lan, Anh và Tây Ban Nha thực hiện năm 2010, người ta đã quan trắc sóng tại 4 vị trí khác nhau: (1) vùng bờ Thái Bình Dương của Costa Rica; (2) vùng bờ Đại Tây Dương của Costa Rica; (3) vùng Địa Trung Hải của Tây Ban Nha; và (4) vùng biển Mexico trong cơn bão Wilma với thời gian từ 7 ngày đến 1 tháng tùy theo vị trí, nhằm tính toán lại các đặc trưng sóng gió và sóng lừng, đối chiếu với các quan hệ lý thuyết đang sử dụng. Kết quả cho thấy một số khác biệt so với phân bố Rayleigh (Bảng 1).

Mục tiêu của Bài báo nhằm kiểm chứng số liệu đo đạc, quan trắc sóng tại hiện trường với hàm phân bố Rayleigh, từ đó có cơ sở hiệu chỉnh một số quan hệ về độ cao sóng mang tính đặc thù của khu vực nghiên cứu.

Trong các năm 2017 và 2018, Viện Nghiên cứu biển và hải đảo, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam đã tổ chức 2 đợt đo đạc sóng tại khu vực biển Vịnh Nghi Sơn, huyện Tĩnh Gia, tỉnh Thanh Hóa phục vụ cho nhiệm vụ của Viện. Nhận thấy nguồn số liệu đo đạc, quan trắc đáng tin cậy, nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê để đối chiếu với phân bố Rayleigh đã thực hiện, nhằm góp một phần trong nghiên cứu sóng.

<sup>1</sup>Viện Nghiên cứu biển và hải đảo

Email: Htruong.visi@gmail.com

Bảng 1. Tỷ số độ cao sóng quan trắc ven bờ Thái Bình Dương của Costa Rica

Thông Tin	$H_{max}/H_{1/3}$	$H_{1/10}/H_{1/3}$	$H_{1/3}/H_{mean}$	$H_{1/3}/H_{rms}$	$T_{max}/T_{1/3}$	$T_{1/10}/T_{1/3}$	$T_{1/3}/T_{mean}$
Giá trị	1,546	1,199	1,545	1,385	1,506	0,964	1,133
Độ lệch chuẩn	0,169	0,059	0,056	0,029	0,179	0,056	0,055

**2. Phương pháp nghiên cứu**

**2.1. Phương pháp thu thập, tổng hợp thông tin tài liệu, số liệu**

Đây là phương pháp xử lý, tổng hợp các thông tin số liệu quan trắc, đo đạc về chiều cao, chu kỳ và hướng sóng do Viện Nghiên cứu biển và hải đảo thực hiện năm 2017 và 2018 có độ tin cậy và chính xác cao.

**2.2. Phương pháp thống kê**

Trên cơ sở nguồn thông tin, số liệu quan trắc, đo đạc sóng được thu thập, tổng hợp ở trên có độ chính xác và tin cậy cao, Bài báo sử dụng phương pháp thống kê để đối chiếu các kết quả quan trắc, đo đạc sóng với phân bố lý thuyết Rayleigh.

**2.3. Phương pháp tổng hợp, phân tích, đánh giá**

Kết quả so sánh giữa số liệu đo đạc, quan trắc sóng với phân bố lý thuyết Rayleigh được tổng hợp, phân tích đánh giá và đưa ra nhận xét về mối tương quan, phù hợp giữa các số liệu đo đạc, quan trắc sóng với phân bố lý thuyết Rayleigh tại vùng biển vịnh Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa.

**3. Kết quả và thảo luận**

**3.1. Các hàm thống kê đặc trưng sóng**

Có 3 loại hàm phân bố được sử dụng để tính toán các yếu tố sóng [5]:

- Trong thời gian dài hàng năm, còn gọi là hàm chế độ;
- Trong thời gian tác động của bão;
- Trong trường hợp sóng ổn định.

Nghiên cứu thống kê sóng trong những năm gần đây cho thấy, tất cả các loại phân bố đều có thể quy về phân bố Weibull:

$$F(x) = \exp \left[ -\alpha \left( \frac{x}{\bar{x}} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

Trong đó  $\bar{x}$  là giá trị trung bình của yếu tố sóng bất kỳ;  $\alpha$ ,  $\beta$  là các tham số xác định trên cơ sở số liệu thực đo.

Giá trị lý thuyết các tham số trên cho những phân bố các yếu tố sóng khác nhau dẫn ra trong Bảng 2.

Bảng 2. Tham số của hàm phân bố Weibull

Yếu tố sóng	$\beta$	$\alpha$
Độ cao sóng	2	0,785
Chu kỳ sóng	4	0,654
Bước sóng	2,3	0,757

**3.1.1 Các hàm phân bố chế độ**

Loại hàm này đóng vai trò lớn trong thiết kế các loại công trình khác nhau trên thềm lục địa hoặc bờ biển và cần có chuỗi đo đạc sóng nhiều năm. Các hàm phân bố chế độ của độ cao sóng được mô tả bằng quy luật lôga chuẩn:

$$F(\ln H) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma^2(\ln H)}} \exp \left[ \frac{[\ln H - M(\ln H)]^2}{2\sigma^2(\ln H)} \right] \quad (2)$$

Trong đó  $F(\ln H)$  là mật độ lôgarit xác suất độ cao sóng;  $M(\ln H)$  là kỳ vọng toán học độ cao sóng;  $\sigma^2(\ln H)$  là độ lệch lôgarit.

Vì hàm này khá phức tạp, trong thực hành thường sử dụng phân bố Gumbel, GEV (*Generalized Extreme Value*), Frechet hoặc các phân bố khác.

**3.1.2 Sóng trong bão**

Theo Matusevsky, hàm phân bố độ cao sóng có dạng tích phân của hàm phân bố khi sóng ổn định với mật độ phân bố độ cao sóng trung bình trong cơn bão đã biết:

$$\Phi(H) = \int_0^{H_{max}} F(H, \bar{H}, h) f(\bar{H}) d\bar{H} \quad (3)$$

Trong đó  $H_{max}$  là độ cao sóng lớn nhất trong bão;  $h$  là độ sâu đáy biển.

Mục đích của bài báo là đánh giá phân bố Rayleigh, thích hợp đối với chuỗi sóng quan trắc, vì vậy mối quan tâm dẫn ra dưới đây.

**3.1.3 Sóng ổn định**

Vilensky và Glukhovsky trên cơ sở tổng hợp

một số lớn số liệu đo đặc sóng trong nước nông đưa ra hàm phân bố độ cao sóng có xét đến độ sâu biển:

$$F(H) = \exp \left[ -\frac{\pi \left( \frac{H}{\bar{H}} \right)^{\frac{2}{1-H/h}}}{4 \left( 1 + \frac{1}{2\pi} \left( \frac{H}{h} \right) \right)} \right] \quad (4)$$

Trong đó  $h$  là độ sâu đáy biển.

Hàm phân bố chu kỳ sóng trong nước sâu không phụ thuộc vào độ sâu đáy biển và có dạng:

$$F(T) = \exp \left[ -\frac{\pi}{4.8} \left( \frac{T}{\bar{T}} \right)^4 \right] \quad (5)$$

Trong đó  $\bar{T}$  là chu kỳ sóng trung bình. Theo tài liệu nghiên cứu [2] áp dụng cho vùng biển sâu có dạng:

$$F(T) = \exp \left[ -\frac{\pi}{4.8} \left( \frac{T}{\bar{T}} \right)^4 \right] \quad (6)$$

Trong đó  $\bar{H}$  là độ cao sóng trung bình. Quy luật phân bố này được gọi là Rayleigh, áp dụng cho sóng đều. Cùng với sự tăng độ sâu, tỷ số  $H/h$  giảm và tiến tới không, công thức (4) chuyển thành công thức (6).

Theo Longuet-Higgins, lấy  $H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum H_i^2}$

làm tham số điển hình, vì độ cao sóng này thể hiện năng lượng trong trường sóng chính xác nhất, ta có:

$$F(H) = \frac{2H}{H_{rms}^2} e^{-(H/H_{rms})^2} \quad (7)$$

Xác suất mà độ cao sóng riêng biệt vượt quá một giá trị chỉ định  $H^*$  (xác suất vượt) cho bằng:

$$F(H > H_*) = \int_{H_*/H_{rms}}^{\infty} F(H) d(H/H_{rms}) = e^{-(H_*/H_{rms})^2} \quad (8)$$

Như vậy,  $H_{1/3}$  (trung bình của 1/3 độ cao sóng lớn nhất), bằng độ cao sóng vượt quá 13,5% sóng. Áp dụng phân bố Rayleigh, có thể liên hệ những tham số sóng tiêu biểu  $H_{1/100}$  (trung bình của 1/100 độ cao sóng lớn nhất),  $H_{1/10}$  (trung bình của 1/10 độ cao sóng lớn nhất),  $H_{1/3}=H_s$  (độ cao sóng có nghĩa) với  $H_{rms}$  cho ta những mối quan hệ ngoài vùng sóng đò [3]:

$$H_{1/100}=2,4 H_{rms} \quad (9)$$

$$H_{1/10}=1,8 H_{rms} \quad (10)$$

$$H_{1/3}=\sqrt{2} H_{rms}=1,41 H_{rms} \quad (11)$$

$$\bar{H} = \frac{1}{2} \sqrt{\pi} H_{rms} = 0.89 H_{rms} \quad (12)$$

Theo tài liệu nghiên cứu [2] cho thấy:

$$H_{1/10}=1,6 H_{rms} \quad (13)$$

$$H_{1/3}=1,3 H_{rms} \quad (14)$$

$$H_{1/10}=1,2 H_{1/3} \quad (15)$$

$$\text{và } T_{1/10}=T_{1/3} \quad (16)$$

Trong một bản ghi, sóng có độ cao nhỏ thường có chu kỳ ngắn. Trong khi đó, sóng có độ cao lớn hơn độ cao trung bình không tương quan rõ ràng với chu kỳ sóng mà thường thể hiện bằng một sơ đồ “phân tán” (*scatter diagram*), cho thấy độ cao sóng trong một nhóm nhất định có chu kỳ trong phạm vi nào đó. Với sóng nước nông có thể lấy:  $T_z = 11 \left( \frac{H_s}{g} \right)^{1/2}$ . Tuy nhiên, phân tích bản ghi sóng trong biển Bắc cho thấy  $T=4H^{0,4}$ , Địa Trung Hải:  $T=4+2H_s^{0,7}$ . Mô hình sóng *Sverdrup-Munk-Bretschneider* cho  $T=5H^{0,4}$ .

Nhưng chu kỳ của sóng gió riêng lẻ cho thấy nằm trong phạm vi từ 0,5 đến 2 lần chu kỳ sóng trung bình ( $0,5\bar{T} < T_i < 2\bar{T}$ ). Theo [2] thấy rằng:

$$T_{max} = (0,6-1,3)T_{1/3} \quad (17)$$

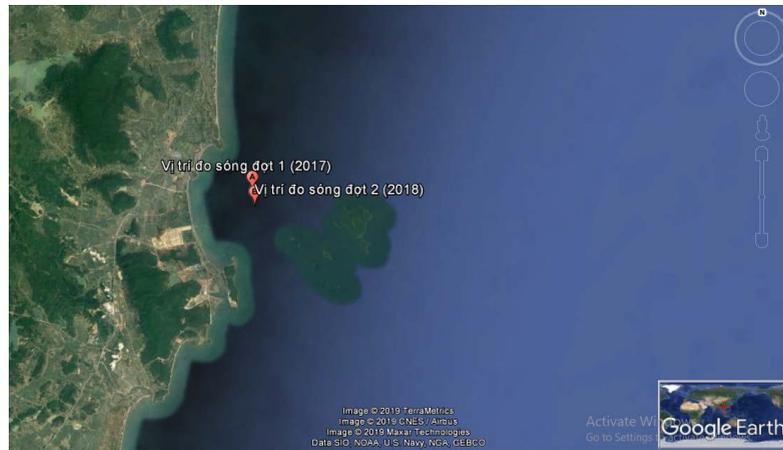
$$T_{1/10} = (0,6-1,3)T_{1/3} \quad (18)$$

$$\bar{T} = (0,7-1,1)T_{1/3} \quad (19)$$

### 3.2. Kiểm định với số liệu sóng đo đặc tại Vịnh Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa

Đợt 1 đo đặc sóng tại vịnh Nghi Sơn, huyện Tĩnh Gia, tỉnh Thanh Hóa được thực hiện 10 ngày từ ngày 16/10/2017 đến 26/10/2017 vị trí thả máy tại tọa độ 105.838219°; 19.393285°, là nơi biển hở, độ sâu thả máy 8,5m, thời gian này trên Biển Đông gió mùa Đông Bắc đang thịnh hành. Đợt 2 tiến hành từ ngày 13/6/2018 đến 23/6/2018, vị trí thả máy có tọa độ: 105.840431°; 19.381723°, là nơi biển hở, độ sâu thả máy 10m, thời gian này trên Biển Đông gió mùa Tây Nam đang thịnh hành (Vị trí đo sóng, đợt 1, đợt 2 xem trên Hình 1).

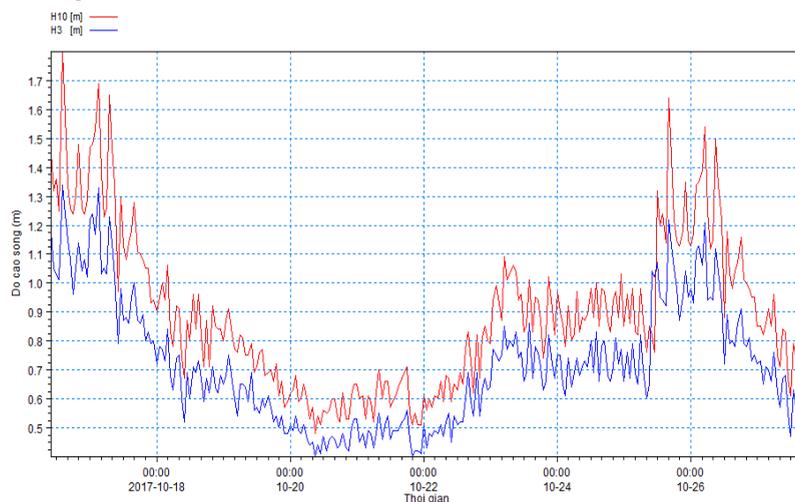
Theo tài liệu nghiên cứu [2] áp dụng cho vùng biển sâu có dạng:



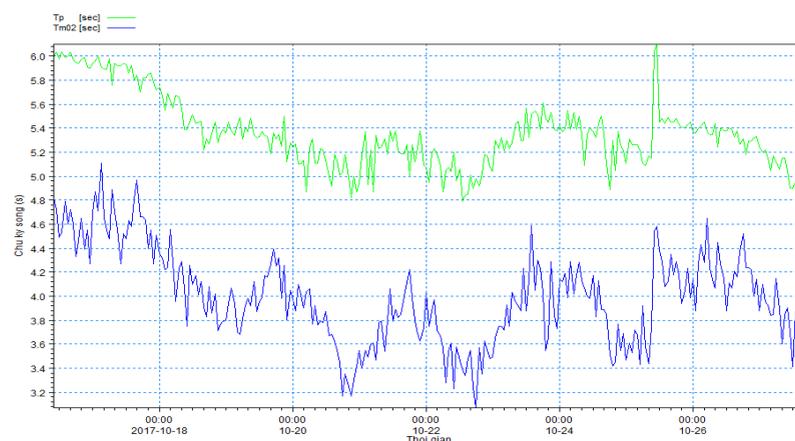
Hình 1. Vị trí thả máy đo sóng đợt 1 và đợt 2

Có thể xác định nước nông hay nước sâu, trong hay ngoài vùng sóng đổ. Với các điều kiện trên, dự kiến sóng thuộc loại chuyển tiếp giữa nước nông và nước sâu ( $0,05 < h/L < 0,5$ , với  $L$  - bước sóng), nằm ngoài vùng sóng đổ; do đó trong nghiên cứu này sẽ sử dụng các công thức 9÷12 để tính toán sóng.

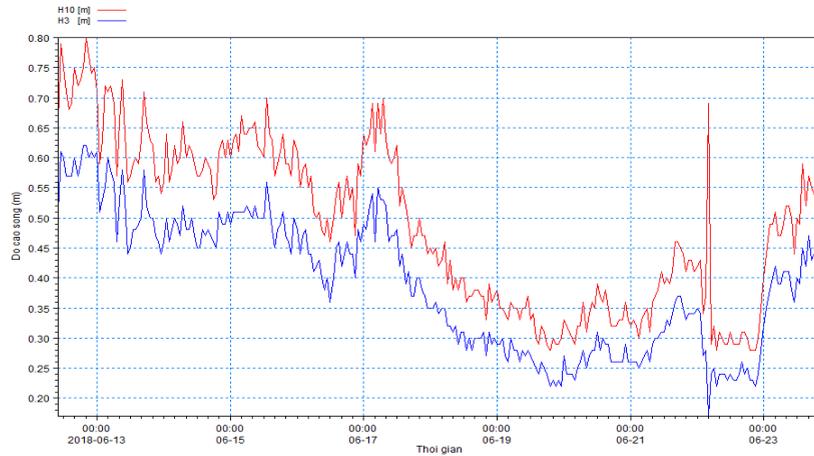
Dữ liệu đo đạc tại 02 đợt đảm bảo độ tin cậy. Các yếu tố đo đạc gồm:  $H_{m0} = 1,05H_{1/3}$ ,  $H_{1/10}$ ,  $H_{max}$ ,  $T_p$ ,  $T_{m02}$  (chu kỳ sóng tương đương lý thuyết với chu kỳ cắt không  $T_z$ ),  $DirT_p$  (hướng của  $T_p$ ),  $SprT_p$  (độ mở  $T_p$ ),  $MainDir$  (hướng chính).



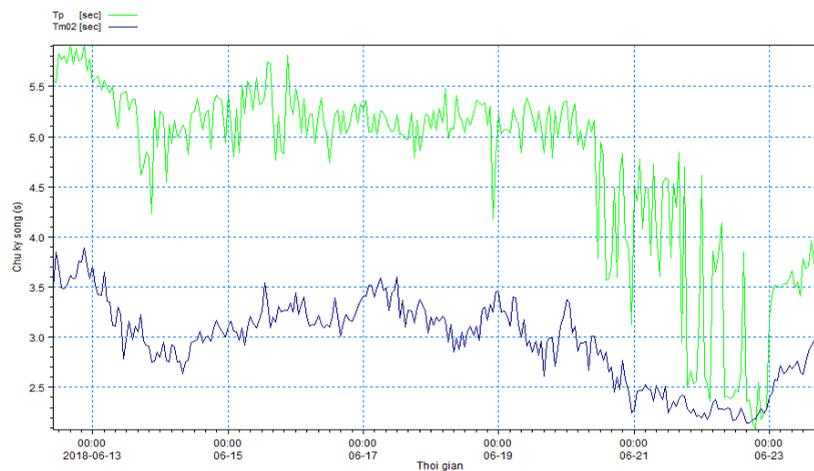
Hình 2. Độ cao sóng đo đạc tại trạm Nghi Sơn, Thanh Hóa đợt 1



Hình 3. Chu kỳ sóng đo đạc tại trạm Nghi Sơn, Thanh Hóa đợt 1



Hình 4. Độ cao sóng đo đặc tại trạm Nghi Sơn, Thanh Hóa đợt 2

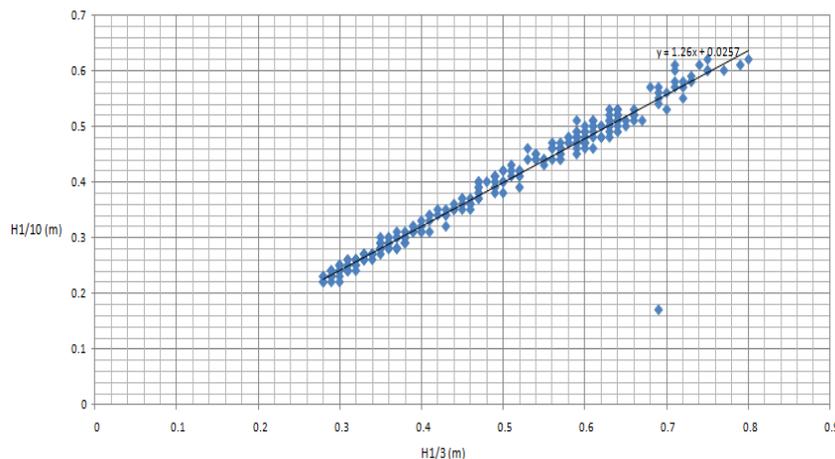


Hình 5. Chu kỳ sóng đo đặc tại trạm Nghi Sơn, Thanh Hóa đợt 2

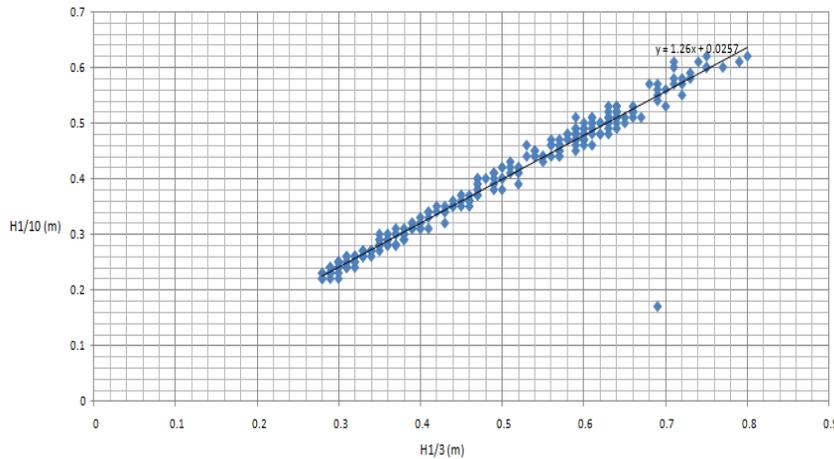
Độ cao sóng trung bình toàn chuỗi đo đợt 1 là 1,12m, đợt 2 là 0,62m, chu kỳ sóng trung bình khoảng 5,3s (đợt 1) và 4,7s (đợt 2), nằm trong khoảng xác định của công thức Địa Trung Hải  $T=4+2H_s^{0.7}$  và Sverdrup-Munk-Bretschneider

$$T=5H^{0.4}$$

Trong Bài báo này chọn quan hệ độ cao sóng  $H_{1/10}$  với  $H_{1/3}$  của 02 đợt đo làm ví dụ. Trên cơ sở đó thiết lập được tương quan giữa  $H_{1/10}$  và  $H_{1/3}$  theo phương pháp bình phương nhỏ nhất:



Hình 6. Tương quan chiều cao sóng  $H_{1/10}$  và  $H_{1/3}$  đợt 1 tại vịnh Nghi Sơn



Hình 7. Tương quan chiều cao sóng  $H_{1/10}$  và  $H_{1/3}$  đợt 2 tại vịnh Nghi Sơn

Trong 02 quan hệ nêu trên, dạng phương trình  $y=ax+b$  được sử dụng, tuy nhiên giá trị  $b$  khá nhỏ có thể bỏ qua. Đối chiếu với quan hệ này thấy rằng thực đo sóng gió ở Vịnh Nghi Sơn xấp xỉ

gần hơn với công thức lý thuyết của Rayleigh:  $H_{1/10} = 1,28H_{1/3}$ , so với công thức thực đo ở Costa Rica:  $H_{1/10} = 1,199H_{1/3}$ . Cuối cùng ta rút ra bảng sau:

Bảng 3. Các hàm quan hệ theo lý thuyết và thực nghiệm

Thông tin	Nghi Sơn (đợt 1)	Nghi Sơn (đợt 2)	Phân bố Rayleigh
Hàm quan hệ	$H_{1/10} = 1,25H_{1/3}$	$H_{1/10} = 1,26H_{1/3}$	$H_{1/10} = 1,28H_{1/3}$
Độ cao sóng trung bình	1,12m	0,62m	Không hạn chế
Chu kỳ sóng trung bình	5,3s	4,7s	Không hạn chế

Từ kết quả nêu trên có thể thấy với độ cao sóng trung bình 1,12m tại Thanh Hóa, quan hệ đang xét thiên nhỏ, còn với độ cao sóng trung bình 0,62m, quan hệ này thiên lớn và có xu hướng gần với giá trị độ cao sóng theo phân bố lý thuyết Rayleigh. Tuy vậy, vẫn thấy phân bố Rayleigh khá phù hợp với các số liệu đo đạc đã có và có thể sử dụng phân bố này khi thiếu số liệu hoặc chỉ có một giá trị đặc trưng như  $H_s$ .

#### 4. Kết luận

Hàm phân bố lý thuyết Rayleigh khá phù hợp với các kết quả đo đạc, quan trắc sóng trong thực tế và rất hữu ích trong thiết kế công trình biển khi thiếu số liệu. Phân bố này được kiểm chứng

rất tốt với các sóng đều thực nghiệm trong máng sóng và được kiến nghị sử dụng trong điều kiện tự nhiên sau khi đã so sánh với số liệu đo đạc, quan trắc hiện trường. Số liệu đo đạc, quan trắc sóng tại vịnh Nghi Sơn, tỉnh Thanh Hóa cho thấy sự khác biệt nhỏ, do vậy các quan trắc là cần thiết để hiệu chỉnh một số quan hệ về độ cao và chu kỳ sóng, mang tính đặc thù khu vực.

Các phân bố trên chỉ thực hiện tại một khu vực ven biển thuộc tỉnh Thanh Hóa và mới xem xét đến quan hệ độ cao sóng  $H_{1/10}/H_{1/3}$ , cần xem xét thêm tại nhiều khu vực biển khác và xem xét đến nhiều quan hệ giữa các độ cao sóng khác, kết hợp với phân tích phổ sóng.

### Tài liệu tham khảo

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2002), *Hướng dẫn thiết kế đê biển*, Tiêu chuẩn ngành 14TCN 130:2002.
2. Nguyễn Mạnh Hùng, Nguyễn Thọ Sáo (2005), *Mô hình tính sóng vùng ven bờ*, NXB Đại Học Khoa Học Tự Nhiên - Đại Học Quốc Gia Hà Nội, 123 trang.
3. Leo, C. van R. (1989), *Các nguyên lý của dòng chảy chất lỏng trong sông, cửa sông, biển và đại dương*, Biên dịch: Nguyễn Thọ Sáo, 2004, Hà Nội.
4. Mauricio Alberto Wesson Vizacaino (2011), *Analysis of spectral, Wave Grouping and Long Wave Phenomena of Real Measured Wind Waves in Coastal Waters*. Coastal and Marine Engineering and Management CoMEM.
5. World Meteorological Organization (1998), *Guide to Wave Analysis and Forecasting*. WMO-No.702, Geneva, Switzerland.

## THE COMPARISON OF RAYLEIGH WAVE HEIGHTS DISTRIBUTION WITH OBSERVED WAVE DATA AT GULF OF NGHI SON

Hoang Trung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vietnam Institute of Seas and Island

**Abstract:** *This paper describes the comparison of wave height distributions by Rayleigh function and observed data at gulf of Nghi Son, Thanh Hoa province, Vietnam in 2017 and 2018. In general, the Rayleigh distribution of wave heights could fit for observed data but it needs some corrections for specific regions.*

**Keywords:** *Wave heights, Rayleigh distribution, Gulf, Nghi Son.*