

PHÂN TÍCH CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TẢI TRỌNG SÓNG LÊN ĐÊ CHẮN SÓNG DẠNG TƯỜNG ĐỨNG

*Nguyễn Iêng Vũ *, Nguyễn Thế Duy***

TÓM TẮT

Áp lực sóng không vỡ lên tường đứng được tính toán theo các phương pháp từ đơn giản đến phức: theo lý thuyết sóng tuyến tính, các phương pháp theo lý thuyết sóng phi tuyến (Sainflou, Miche – Rundgren), phương pháp tính theo tiêu chuẩn ngành 22TCN 222-95 của Việt Nam, tiêu chuẩn kỹ thuật Công trình cảng Nhật Bản, phương pháp dựa trên lời giải bậc bốn của phương trình Laplace (Goda và Kakikazi) và lời giải của phương trình Navier Stokes (Duy) được sử dụng để tăng độ chính xác cho các giá trị tính toán. Kết quả tính toán được kiểm định với số liệu thực nghiệm của Goda và Kakikazi (1966). Kết quả cho thấy, các phương pháp của Goda và Kakikazi (1966), Duy (1996) và 22TCN 222-95 cho kết quả khá tốt so với số liệu thực nghiệm.

Từ khóa: *tải trọng sóng, đê chắn sóng dạng tường đứng, tiêu chuẩn ngành 22TCN 222-95, Goda and Kakikazi*

ANALYSING METHODS OF CALCULATING THE WAVE LOADS ON VERTICAL WALL BREAKWATER FORM

ABSTRACT

Wave load of non-breaking wave impacts on vertical wall breakwater is computed according to the methods from the simple to the complex, such as: linear wave theory, the methods according to the non-linear wave theory (Sainflou, Miche – Rundgren), the method in 22TCN 222-95 standard, the methods based on quaternary solution of the Laplace equation (Goda and Kakikazi) and the solution of the Navier - Stokes equation (Duy) are used to increase the accuracy of the computed values. The computation results of non-breaking wave impacts on vertical wall are verified by the empiric data of Goda and Kakikazi (1966). It shows that the methods of Goda and Kakikazi (1966), Duy (1996) and 22TCN 222-95 (branch standard) give good result to the empiric data.

Key Word: *wave load, vertical wall breakwater, 22TCN 222-95 standard, Goda and Kakikazi*

* Viện Vật lý thành phố Hồ Chí Minh. Email: vu237@yahoo.com

** Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.

I. GIỚI THIỆU

Tải trọng sóng là yếu tố rất quan trọng trong xây dựng công trình biển, nó là yếu tố quan trọng quyết định sự bền vững và tuổi thọ của công trình. Tải trọng thường được xác định theo 2 cách: theo hình thức kết cấu chịu lực tác động và theo hình thức tác động của sóng đối với kết cấu. Theo hình thức kết cấu chịu lực tác động gồm có: kết cấu công trình trên nền cọc, kết cấu công trình dạng tường và kết cấu công trình dạng đá đổ. Theo hình thức tác động của sóng tác động lên công trình: sóng không vỡ (non-breaking waves), sóng vỡ (breaking waves), sóng đã vỡ (broken waves).

Nghiên cứu này trình bày các phương pháp tính tải trọng sóng không vỡ lên bề mặt chắn sóng dạng tường đứng. Các kết quả tính toán sẽ được so sánh với số liệu thực nghiệm để từ đó đề xuất phương pháp tính toán tải trọng sóng cho kết quả đúng nhất.

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG SÓNG LÊN TƯỜNG ĐỨNG

1. Lý thuyết sóng tuyến tính

Khi độ cao sóng tương đối nhỏ ($H/h \ll 1$ và $H/L \ll 1$), lý thuyết sóng biên độ nhỏ có thể áp dụng để phân tích phân bố áp lực sóng [2]:

$$\frac{p}{\rho g} = -z + \frac{kH^2 \sin^2 \omega t}{\sinh 2kd} \{ \sinh^2 k(d + \eta_0) - \sinh^2 k(d + z) \} + \eta_0 \left\{ 1 + \frac{\cosh k(d + z)}{\cosh kd} - \frac{\cosh k(d + \eta_0)}{\cosh kd} \right\} \quad (1)$$

trong đó: H – chiều cao sóng tới, k – số sóng ($k = 2\pi/L$, L – chiều dài sóng), ω – tần số góc ($\omega = 2\pi/T$, T – chu kỳ sóng), c – vận tốc sóng, t – thời gian, d – chiều sâu nước trước tường, x , z – tọa độ theo phương ngang và phương đứng.

2. Phương pháp Sainflou

Sainflou (1928) đã dựa trên lý thuyết sóng trocoide ở nước cạn để tính tải trọng sóng lên công trình đối với sóng có dao động lớn [4, 6]:

$$\frac{p}{\rho g} = -z_0 + H \left[\frac{\cosh k(h + z_0)}{\cosh kh} - \frac{\sinh k(h + z_0)}{\sinh kh} \right] \cos kx_0 \cos \omega t \quad (2)$$

3. Phương pháp Miche-Rundgren

Phương pháp Sainflou (1928) cho kết quả tính tải trọng sóng lên tường đứng khá tốt đối với sóng có độ dốc thấp, nhưng khi áp dụng cho sóng có độ dốc lớn thì kết quả sai lệch khá nhiều (được Rundgren kiểm định bằng thí nghiệm năm 1958). Năm 1944, Miche đã sử

dụng lý thuyết sóng bậc cao hơn để cải tiến phương pháp của Sainflou. Sau đó, phương pháp này tiếp tục được Rundgren cải tiến vào năm 1958 [1].

Khi đỉnh sóng xuất hiện ngay trước tường, tải trọng tăng lên từ 0 ở mặt thoáng cho tới $\gamma d + p_I$ ở đáy, trong đó p_I được tính như sau:

$$p_I = \frac{1 + \chi}{2} \frac{\gamma H_i}{\cosh(kd)} \quad (3)$$

Khi chân sóng xuất hiện ngay trước tường, tải trọng tăng lên từ 0 ở mặt thoáng cho tới $\gamma d - p_1$ ở đáy. Độ lớn xấp xỉ của tải trọng sóng có thể được xác định nếu áp suất được giả sử tăng tuyến tính từ mặt thoáng xuống đáy. Tuy nhiên, xấp xỉ này có thể sai số lớn khi độ dốc sóng gần

đạt đến giới hạn vỡ của sóng.

4. Tiêu chuẩn thiết kế 22 TCN 222-95

Tiêu chuẩn ngành 22 TCN 222-95 là tiêu chuẩn hướng dẫn tính toán tải trọng và tác động (do sóng và do tàu) lên công trình thủy ở Việt Nam [7].

Bảng 1: Vị trí và tải trọng tương ứng do sóng đứng tác động lên tường đứng

Khi chịu đỉnh sóng		Khi chịu chân sóng	
Độ sâu z	Giá trị áp lực sóng	Độ sâu z	Giá trị áp lực sóng
$-\eta_c$	$p_1 = 0$	0	$p_6 = 0$
0	$p_2 = k_2\gamma H$	η_t	$p_7 = -\gamma\eta_t$
$0.25d$	$p_3 = k_3\gamma H$	$0.5d$	$p_8 = -k_8\gamma H$
$0.5d$	$p_4 = k_4\gamma H$	d	$p_9 = -k_9\gamma H$
d	$p_5 = k_5\gamma H$		

5. Tiêu chuẩn kỹ thuật Công trình cảng Nhật Bản (TCNB)

Khi đỉnh sóng xuất hiện ngay trước tường, áp lực sóng phân bố tuyến tính với giá trị cực

đại p_1 ở mực nước tĩnh, bằng 0 ở chiều cao η^* bên trên mực nước tĩnh và p_2 ở đáy biển, áp lực sóng từ đáy tới đỉnh của tường thẳng đứng được tính như sau [3]:

Vị trí đỉnh sóng tiếp cận công trình:

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta)\lambda_1 H_D \tag{4}$$

Tại mực nước tĩnh, $z = 0$, áp lực sóng lớn nhất tác động lên công trình:

$$p_1 = 0.5(1 + \cos \beta)(\alpha_1\lambda_1 + a_2\lambda_2 + \cos^2 \beta)\rho_w g H_D \tag{5}$$

Tại đáy biển, $z = -d$:

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh kd} \tag{6}$$

Tại đáy công trình hay đỉnh đệm đá, $z = h'$:

$$p_3 = \alpha_3 p_1 \tag{7}$$

trong đó: H_D – chiều cao sóng tính toán, β – góc giữa đường pháp tuyến với tường đứng và hướng tới của sóng, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – các hệ số hiệu chỉnh.

Khi chân sóng xuất hiện ngay trước tường, áp lực sóng bằng 0 ở mực nước tĩnh và có một giá trị không đổi p_n từ một chiều sâu $0.5H_D$ dưới mực nước tĩnh cho

tới chân tường.

$$p_n = 0.5\gamma H_D \tag{8}$$

6. Phương pháp dựa trên lời giải bậc cao của phương trình Laplace (Goda và Kakizaki)

Năm 1960, Tadjbaksh và Keller đã giải bài toán giá trị biên theo phương trình Laplace với xấp xỉ bậc ba. Đến năm 1966, Goda và Kakizaki mở rộng lên thành lời giải bậc bốn

cho kết quả áp lực sóng như sau [8]:

$$p(x, y, t) = -\gamma + \varepsilon p^{(0)} + \varepsilon^2 p^{(1)} + \frac{\varepsilon^3}{2} p^{(2)} + \frac{\varepsilon^4}{6} p^{(3)} \quad (9)$$

7. Phương pháp dựa trên lời giải phương trình Navier – Stokes

Năm 1996, Nguyễn Thế Duy đã tính được phân bố áp lực của sóng đứng lên tường đứng

bằng cách giải hệ phương trình bảo toàn về khối lượng và động lượng của Navier-Stokes trên lưới số le bằng phương pháp sai phân hữu hạn [5].

Các phương trình chủ đạo từ được biến đổi trong miền tính toán như sau:

$$\frac{\partial u}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial u}{\partial \eta} + \eta_z \frac{\partial w}{\partial \eta} = 0 \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial \tau} + \eta_t \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\partial u^2}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial u^2}{\partial \eta} + \eta_z \frac{\partial(uw)}{\partial \eta} = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial P}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial P}{\partial \eta} \right) \\ + \nu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + 2\eta_x \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \eta} + (\eta_x^2 + \eta_z^2) \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} + \left(\frac{\partial \eta_x}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial \eta_x}{\partial \eta} \right) \frac{\partial u}{\partial \eta} \right] \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial \tau} + \eta_t \frac{\partial w}{\partial \eta} + \frac{\partial(uw)}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial uw}{\partial \eta} + \eta_z \frac{\partial w^2}{\partial \eta} = -g - \frac{\eta_z}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \eta} \\ + \nu \left[\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} + 2\eta_x \frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \eta} + (\eta_x^2 + \eta_z^2) \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} + \left(\frac{\partial \eta_x}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial \eta_x}{\partial \eta} \right) \frac{\partial w}{\partial \eta} \right] \end{aligned} \quad (12)$$

III. CÁC TRƯỜNG HỢP TÍNH TOÁN

Các phương pháp trên được tính toán với các trường hợp cụ thể theo số liệu thực

thực nghiệm của Goda và Kakizaki (1966) được trình bày trong bảng 1.

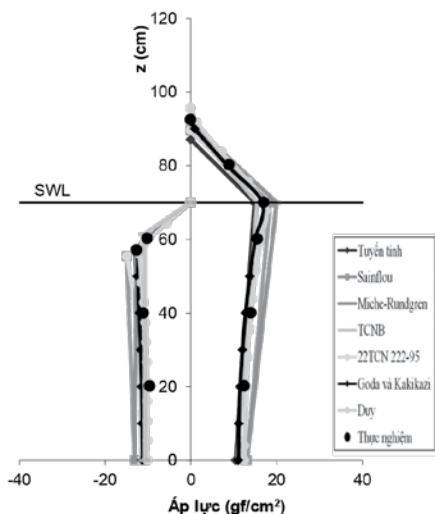
Bảng 1: Thông số thí nghiệm tải trọng sóng của Goda và Kakizaki (1966) [8]

Trường hợp	s	d (cm)	H (cm)	T (s)
TH1	0	70	17.1	2.31
TH2	0	70	26.4	2.33
TH3	0	70	14.4	2.86
TH4	0	70	263	2.88
TH5	0	70	37.6	2.33

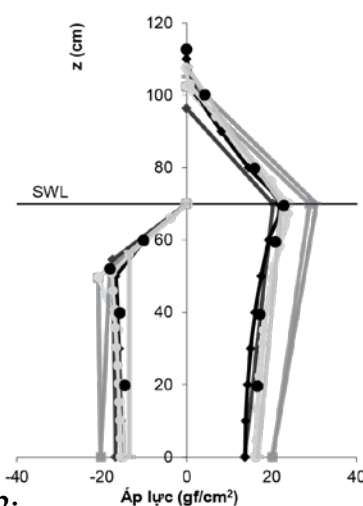
(với: s – độ dốc đáy, d – chiều sâu nước, H – độ cao sóng, T – chu kỳ sóng)

IV. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

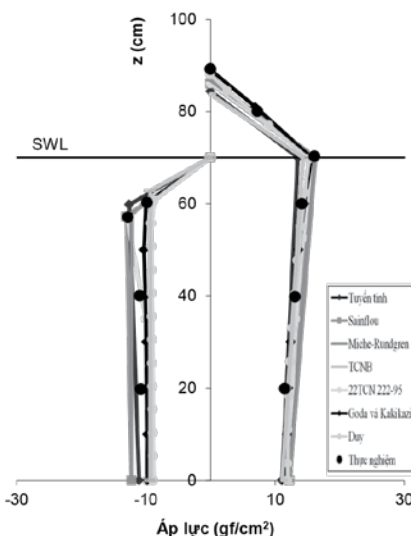
1. Kết quả tính toán theo các trường hợp



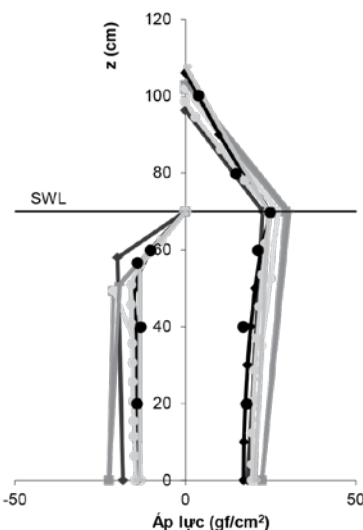
Hình 1:
Phân bố áp lực sóng lên tường đứng trong TH1



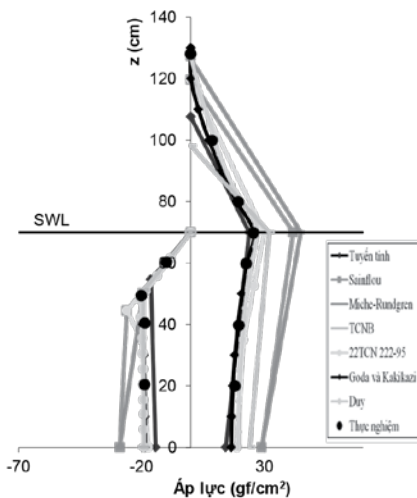
Hình 2:
Phân bố áp lực sóng lên tường đứng trong TH2



Hình 3:
Phân bố áp lực sóng lên tường đứng trong TH3

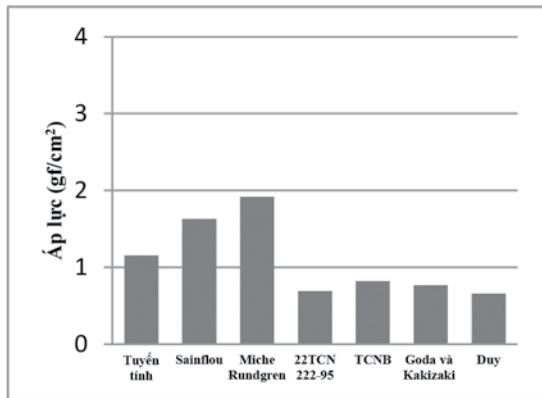


Hình 4:
Phân bố áp lực sóng lên tường đứng trong TH4

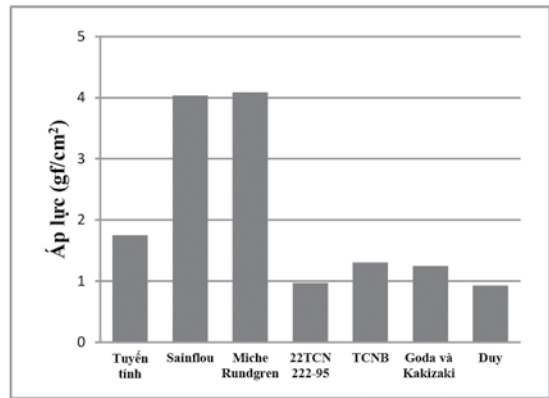


Hình 5:
Phân bố áp lực sóng lên tường đứng trong TH5

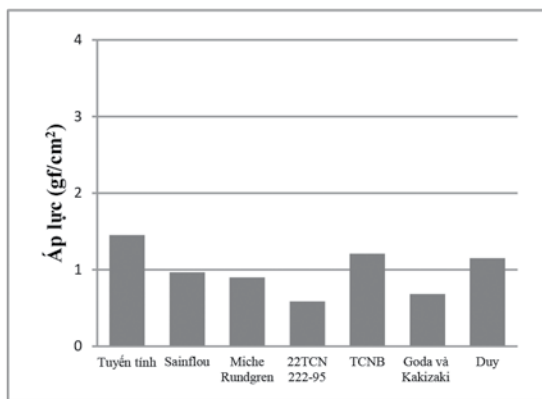
2. Độ lệch của giá trị áp lực sóng tính toán so với thí nghiệm



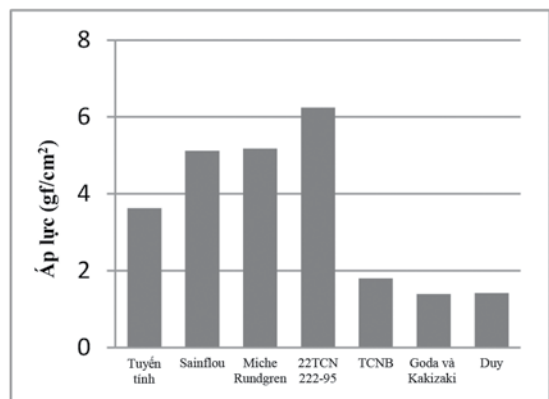
Hình 6: Trường hợp 1



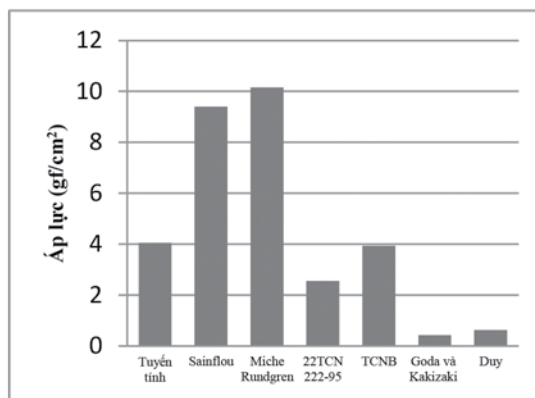
Hình 7: Trường hợp 2



Hình 8: Trường hợp 3



Hình 9: Trường hợp 4



Hình 10: Trường hợp 5

Bảng 2 trình bày giá trị của độ dốc sóng H/L và giá trị tiêu chuẩn cho sóng bề vỡ $(H/L)_b$ theo các trường hợp, trong đó giá trị $(H/L)_b$ được tính theo công thức của Miche (1944) như sau:

$$\left(\frac{H}{L}\right)_b = 0.14 \tanh(kd) \quad (13)$$

Bảng 2: Độ dốc sóng theo các trường hợp thí nghiệm

	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5
H/L	0.031	0.047	0.020	0.037	0.067
$(H/L)_b$	0.093	0.092	0.077	0.077	0.092

Từ các kết quả trên, ta thấy rằng giá trị H/L có ảnh hưởng quan trọng trong việc chọn phương pháp tính toán áp lực sóng lên tường đứng. Nếu H/L nhỏ hơn $0.4(H/L)_b$ các phương pháp Duy, Goda và Kakizaki, 22TCN 222-95 cho kết quả tính toán áp lực sóng lên tường

đứng tốt hơn các phương pháp còn lại. Còn nếu H/L lớn hơn $0.4(H/L)_b$ ta sử dụng các phương pháp Duy, Goda và Kakizaki sẽ cho ra kết quả tính toán tải trọng sóng lên tường đứng tốt nhất. Điều này được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3: Điều kiện sử dụng các phương pháp tính áp lực sóng

Tỉ số H/L và $(H/L)_b$	Phương pháp tính toán
< 0.4	Duy Goda và Kakizaki 22TCN 222-95
> 0.4	Duy Goda và Kakizaki

V. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán và so sánh các phương pháp tính toán tải trọng sóng không vỡ tác động lên đê chắn sóng dạng tường đứng cho thấy độ chính xác của các phương pháp rất chênh lệch. Do đó, cần phải chọn phương

pháp tính phù hợp trong từng điều kiện cụ thể để có kết quả tính toán tốt nhất. Các phương pháp được đề xuất dùng để tính toán tải trọng sóng không vỡ tác động lên đê chắn sóng dạng tường đứng được trình bày trong bảng 3.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Coastal Engineering Research Center (1984). *Shore Protection Manual*. Vol II.
- [2] Đinh Văn Ưu, Nguyễn Thọ Sáo, Phùng Đăng Hiếu (2006). *Thủy lực biển*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [3] Hội Cảng – Đường Thủy và Thềm lục địa Việt Nam (2004). *Tiêu chuẩn Kỹ thuật và Chú giải đối với các công trình Nhật Bản*.
- [4] Kyoshi Horikawa (1978). *Coastal Engineering*. University of Tokyo Press.
- [5] Nguyen The Duy (1996). *A Tubulent Flow and Sand Suspension Model in the Surf Zone*. Ph.D. Dissertation, Dept. Civil Engineering, Yokohama Nation University.
- [6] Trần Minh Quang (2006). *Công trình biển*. NXB Giao thông vận tải.
- [7] Tiêu chuẩn ngành 22TCN 222-95 (1995). *Tải trọng và tác động (do sóng và tàu) lên công trình thủy*.
- [8] Yoshimi Goda, Shusaku Kakizaki (1996). *Study on Finite Amplitude Standing Waves and Their Pressures upon a Vertical Wall*. Report of Port and Harbour Research, Institute Ministry of Transport Japan. Vol. 5, No. 10.



Lễ kỷ niệm 15 năm thành lập trường và khai giảng năm học mới.