

PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG CẦU CẢNG THỌ QUANG CHỊU VA ĐẬP CỦA TÀU THỦY

VIBRATION ANALYSIS OF THOQUANG PORT-PIERS DUE TO THE IMPACT OF SHIPS

Nguyễn Xuân Toản

*Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng
nguyennxuantoan2007@gmail.com*

Đặng Nguyễn Uyên Phương

Đại học Duy Tân

TÓM TẮT

Cảng Thọ Quang thành phố Đà Nẵng được thiết kế và xây dựng để tiếp nhận tàu có trọng tải 20000DWT. Cảng gồm có kho bãi tiếp nhận hàng, cầu tàu, trụ neo và các trụ chống va. Tác động của lực va tàu khi cập bến thường rất lớn và chưa được nghiên cứu kỹ. Hiện nay các kỹ sư chỉ phân tích dựa trên phương pháp tĩnh mà chưa xem xét theo phương pháp động. Kết quả phân tích theo phương pháp tĩnh còn hạn chế và chưa đánh giá được tác động động lực do lực va đập của tàu khi cập bến. Để có thêm thông tin đánh giá về mức độ an toàn của kết cấu công trình cầu cảng Thọ Quang khi chịu va đập của tàu thủy, các tác giả đã nghiên cứu xây dựng mô hình trên máy tính và giải bài toán dao động của trụ chống va số 1 và 2 chịu va đập của tàu thủy. Kết quả nghiên cứu cho thấy trụ chống va số 1 và 2 có chuyển vị nằm trong giới hạn khi tàu cập bến trong điều kiện bình thường.

Từ khóa: Phân tích; dao động; trụ chống va; cảng Thọ Quang; va đập; tàu thủy

ABSTRACT

Tho Quang Port of Danang City has been designed and built to accommodate ships with 20,000 tonnages, including the warehouses that receive and access paths, anchor piers, anti-collision piers and so on. The collision of ship force against the board is very powerful. However, this has not been studied. Currently, some engineers only analyze it statically, but not dynamically. The analytical results conducted by the static method is limited and not based on the impact assessment of the ships when they are docked. For more information about the safety of Tho Quang Port structures during ship collision, the authors have studied the model on the computer to solve the vibration problem of the collision with piers number 1 and 2. The results of the research show that the movement of anticollision piers number 1 and 2 is set within normal limits.

Key words: Analysis; vibration; anti-collision pier; Tho Quang port; shock; ships

1. Giới thiệu chung

Cảng Thọ Quang thành phố Đà Nẵng được thiết kế và xây dựng để tiếp nhận tàu có trọng tải 20000DWT. Cảng gồm có kho bãi tiếp nhận hàng, cầu tàu, trụ neo và các trụ chống va. Khi tàu cập bến, va đập của tàu có tải trọng lớn vào kết cấu cầu cảng thường rất nguy hiểm, nó có thể dẫn đến phá hoại một phần hoặc toàn bộ công trình. Trong tính toán, các kỹ sư thiết kế thường phân tích gần đúng theo các phương pháp tĩnh với hệ số an toàn rất cao do không đánh giá hết sự làm việc thực tế của công trình khi chịu va đập của tàu. Điều đó đã làm tăng chi phí xây dựng công trình. Để có những tham số chính xác hơn trong thiết kế và có giải pháp thích hợp đảm bảo công trình vừa bền vững với chi phí xây dựng hợp lý, cần có những nghiên

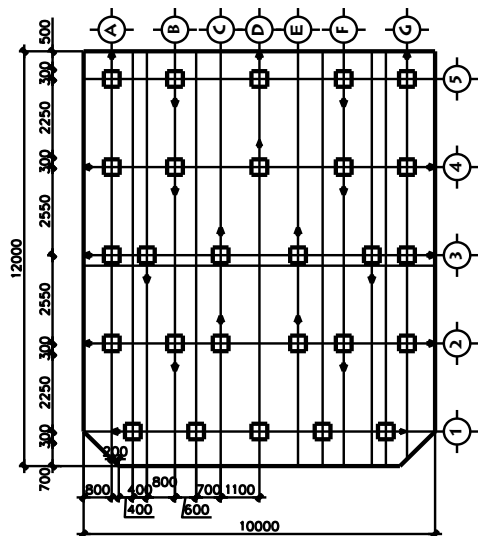
cứu đầy đủ hơn theo mô hình tương tác động lực [1], [3]÷[7].

Bài toán phân tích hiệu ứng va đập của tàu vào kết cấu cầu cảng Thọ Quang dưới đây đã được các tác giả áp dụng định lý biến thiên động lượng và nguyên lý d'Alembert để xây dựng phương trình vi phân chuyển động của toàn hệ và giải phương trình này bằng các phương pháp số [2], [8], [9].

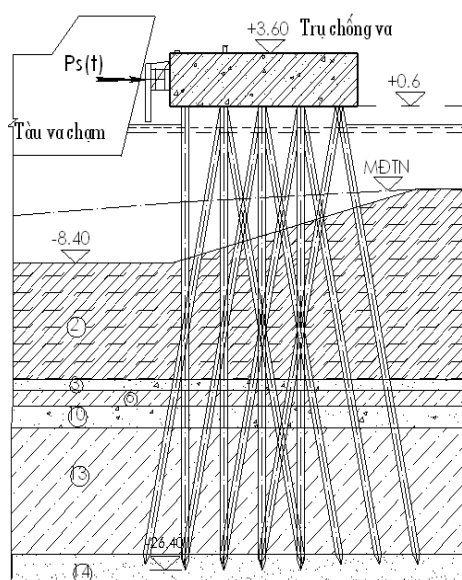
2. Cơ sở tính toán

2.1. Phân tích mô hình tính toán

Mặt bằng bố trí cọc và cắt ngang trụ chống va số 1 của Cảng Thọ Quang như hình 1 và 2, tham khảo tài liệu [1].



Hình 1. Mặt bằng bố trí cọc trụ chống va số 1

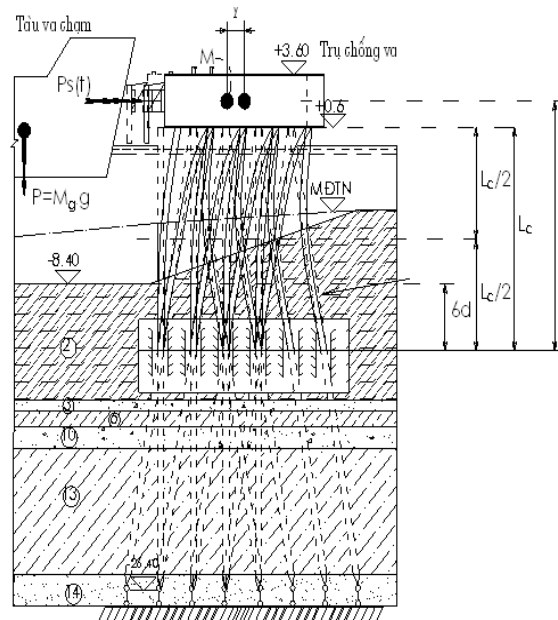


Hình 2. Mặt cắt ngang trụ chống va số 1

Cấu tạo địa chất và các tham số thiết kế như tài liệu [1]. Căn cứ vào cấu tạo hệ thống trụ chống va, khối lượng lớn nhất của hệ tập trung tại trọng tâm của đỉnh trụ. Để đơn giản, ta mô hình hóa hệ theo mô hình một khối lượng và sơ đồ tính như hình 3. Khối lượng tương đương bao gồm toàn bộ khối lượng kết cấu phần trên và phần cọc tính từ $L_c/2$ trở lên được tập trung về trọng tâm của đỉnh trụ chống va.

Vị trí va đập tàu vào trụ tại tâm của ụ giảm chấn, nằm trên trục nằm ngang đi qua tâm của đỉnh trụ như hình 3. Khi tàu va đập vào trụ, toàn bộ lực va sẽ truyền qua ụ giảm chấn và truyền

vào khối tâm của đỉnh trụ, (xem hình 3). Trong phạm vi bài báo này các tác giả chỉ xét hệ làm việc trong giai đoạn đàn hồi, bỏ qua năng lượng bị mất mát do biến dạng không phục hồi, ma sát, nhiệt...



Hình 3. Sơ đồ phân tích va đập tàu vào trụ số 1

2.2. Lực va đập tàu vào trụ cầu

Lực va đập tàu vào trụ cầu được xác định theo 22TCN 272-05 và AASHTO [3]:

$$P_s(t) = 1,2 \cdot 10^5 \cdot v \cdot \sqrt{DWT} \quad (1)$$

Trong đó:

$P_s(t)$: lực va đập tĩnh tương đương (N)

DWT : tần trọng tải của tàu (Mg)

v : vận tốc va đập (m/s)

2.3. Xây dựng phương trình vi phân dao động của hệ

Xét tàu có khối lượng M_g di chuyển với vận tốc v tại thời điểm chuẩn bị va đập vào trụ chống va. Khi đó trụ vẫn đứng yên nên ta có động lượng của hệ (gồm tàu và trụ) được xác định theo công thức (2):

$$Q_{0x} = M_g \cdot v \quad (2)$$

Khi tàu va đập vào trụ cầu, xét tại thời điểm hệ ở trạng thái cân bằng và không chuyển động, động lượng của hệ:

$$Q_{1x} = 0 \quad (3)$$

Xung lượng của hệ khi va đập tính theo

giá trị trung bình của lực $P_s(t)$:

$$S = -P_s(t) \cdot \Delta t \quad (4)$$

Áp dụng định lý biến thiên động lượng ta có:

$$Q_{1x} - Q_{0x} = S \quad (5)$$

Thay (2), (3) và (4) vào (5) ta có:

$$P_s(t) = \frac{M_g \times v}{\Delta t} \quad (6)$$

Hoặc thời gian va đập:

$$\Delta t = \frac{M_g \times v}{P_s(t)} \quad (7)$$

Trong đó:

$P_s(t)$: lực va trung bình của tàu vào trụ

v : vận tốc tàu trước khi va đập

Δt : thời gian duy trì va đập

M_g : khối lượng tàu

Xét mô hình kết cấu như hình 3, áp dụng nguyên lý d'Alembert ta có phương trình vi phân dao động của kết cấu trụ chống va:

$$M \cdot \ddot{y} + C \cdot \dot{y} + K \cdot y = P_s(t) \quad (8)$$

Trong đó:

M : khối lượng của trụ chống va

K : độ cứng trụ chống va

C : hệ số cản nhớt của trụ chống va

$\ddot{y}, \dot{y}, y$: lần lượt là gia tốc, vận tốc và biên độ dao động của khối lượng M

$P_s(t)$: lực va tàu tác dụng vào hệ xác định theo công thức (6).

Để phân tích dao động của hệ, trước hết ta phải xác định các tham số của phương trình (8) và sau đó giải phương trình này bằng các phương pháp số.

2.4. Xác định các tham số của phương trình vi phân dao động

2.4.1. Độ cứng của hệ K

Phân tích sơ đồ không gian bằng phần mềm Sap2000 v.14 ta tìm được độ cứng của trụ chống va:

Trụ số 1: $K=380,807(\text{KN/mm})$

Trụ số 2: $K=366,032(\text{KN/mm})$

2.4.2. Khối lượng tương đương của hệ M

Khối lượng tương đương của trụ chống va gồm toàn bộ khối lượng kết cấu phần trên và phần cọc tính từ $L_c/2$ trở lên.

Trụ số 1: $M = 892,5 (\text{T})$

Trụ số 2: $M = 892,5 (\text{T})$

2.4.3. Hệ số cản C

Để xác định hệ số cản C ta phân tích dao động riêng của hệ không cản (9):

$$M \cdot \ddot{y} + K \cdot y = 0 \quad (9)$$

Xác định tần số dao động riêng ω_i và sau đó xác định hệ số cản C theo công thức của Rayleigh (10), [8]:

$$C = \alpha \cdot M + \beta \cdot K \quad (10)$$

Các hệ số α và β được xác định dựa trên phương trình (11):

$$\xi_i = \frac{\alpha}{2 \cdot \omega_i} + \frac{\beta \cdot \omega_i}{2} \quad (i = 1, 2) \quad (11)$$

Trường hợp hệ có một bậc tự do $\xi_i \equiv \xi$ và $\omega_i \equiv \omega$ khi đó các hệ số α và β được xác định theo công thức (12):

$$\alpha = \xi \cdot \omega ; \quad \beta = \frac{\xi}{\omega} \quad (12)$$

Áp dụng các công thức trên, ta xác định được hệ số cản C của kết cấu tương ứng với $\xi = 5\%$ như (Bảng 1):

Bảng 1. Hệ số cản của trụ chống va

S T T	Trụ va số	K/ thời gian (s)	vòng / phút	Tần số vòng	α	β	C
1	1	0-60	1,97	0,2066	0,010	0,242	184,356
2		60-120	1,97	0,2066			
1	2	0-60	1,93	0,2025	0,010	0,247	180,744
2		60-120	1,93	0,2025			

2.4.4. Xác định lực va tàu thuyền

Áp dụng công thức (1) và (7) ta xác định Δt như Bảng 2:

Bảng 2. Thời gian và đập dọc tàu vào trụ

Loại tải trọng	Vtt (m/s)	Mg (DWT)	Ps(t) (kN)	ΔT (s)
Tàu 20000 (DWT)	6,1	20000	103520,4	0,118
Tàu 10000 (DWT)	6,1	10000	73200,0	0,083
Tàu 1000 (DWT)	5,3	1000	20112,1	0,026
Sà lan	4,4	500	11806,4	0,019

Xác định $P_s(t)$ theo công thức (6) và thay vào (8) ta có phương trình vi phân dao động.

3. Áp dụng tính toán

Tính toán cho tàu có trọng tải $M_g=20000$ DWT, vận tốc cập cảng thiết kế $V^t=6,1$ (m/s).

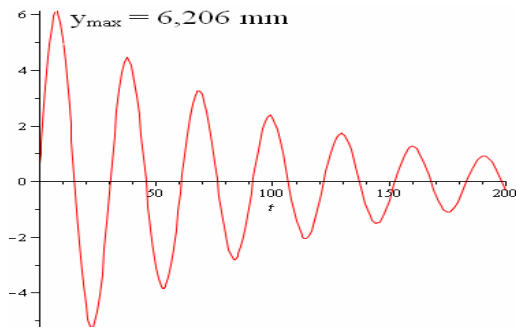
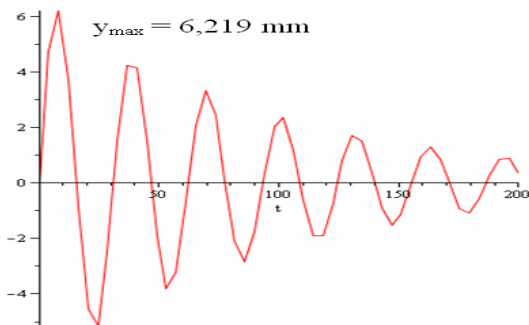
Phương trình dao động của trụ chống va 1:

$$8925.\ddot{y} + 184,358.\dot{y} + 380,807.y = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 103520,4 & 0 < t < 0,118 \text{ (13)} \\ 0 & t \geq 0,118 \end{cases}$$

Phương trình dao động của trụ chống va 2:

$$8925.\ddot{y} + 180,744.\dot{y} + 366,032.y = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 103520,4 & 0 < t < 0,118 \text{ (14)} \\ 0 & t \geq 0,118 \end{cases}$$

Giải phương trình (13) và (14) bằng phương pháp số trên phần mềm Maple v.13 ta nhận được kết quả như hình 4 và 5.

**Hình 4.** Biên độ dao động của trụ chống va số 1**Hình 5.** Biên độ dao động của trụ chống va số 2

Kết quả chuyển vị lớn nhất tương ứng với tàu có trọng tải $M_g=20000$ DWT, vận tốc cập cảng thiết kế $V^t=6,1$ (m/s) của trụ chống va số 1 là 6,206 (mm) và trụ chống va số 2 là 6,219 (mm). Đối với các trường hợp tàu có trọng tải và vận tốc cập cảng khác ta cũng tính toán tương tự như trên.

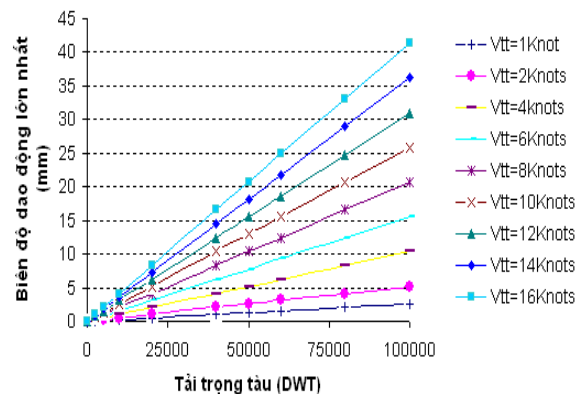
Chuyển vị cho phép theo qui trình 22TCN-272-05 là 38 (mm). Do vậy khi tàu 20000 DWT cập cảng trong điều kiện bình thường, theo qui trình 22TCN-272-05 thì kết cấu có chuyển vị ngang nằm trong giới hạn cho phép.

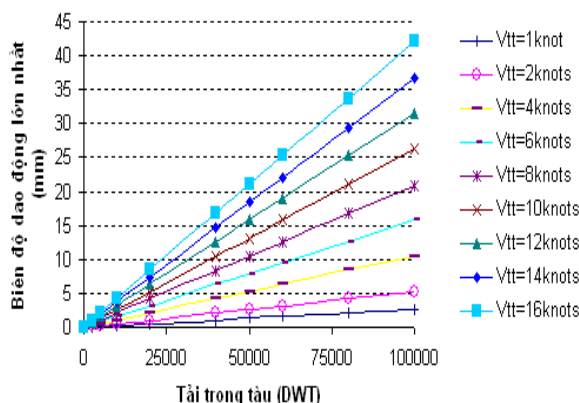
4. Phân tích quan hệ giữa biên độ dao động với tải trọng tàu và vận tốc tàu

Tính toán tương tự cho các trường hợp tải trọng tàu và vận tốc va tàu khác nhau ta lập được các biểu đồ quan hệ giữa tải trọng tàu và vận tốc va tàu với biên độ dao động lớn nhất của trụ như hình (6) và (7).

Theo kết quả phân tích trên hình (6) và (7) cho thấy biên độ dao động lớn nhất của trụ tăng gần như tỉ lệ thuận với tải trọng và vận tốc va của tàu. Các quan hệ này gần như tuyến tính nên có thể xấp xỉ tuyến tính, ta có thể áp dụng để tra cứu ngược biên độ dao động của trụ chống va số 1 và 2 tương ứng với tải trọng và tốc độ thiết kế của tàu khác nhau.

Khi thiết kế các kết cấu tương tự, thay vì phân tích cho nhiều tốc độ và tải trọng tàu khác nhau, ta có thể phân tích xác định chuyển vị động tương ứng với 2 cấp tải trọng và tốc độ khác nhau để nội suy ra các giá trị chuyển vị động tương ứng với các cấp tải trọng và tốc độ thiết kế hoặc tải trọng và tốc độ thực tế của tàu cập cảng.

**Hình 6.** Quan hệ giữa biên độ dao động của trụ chống va số 1 với tải trọng và vận tốc tàu



Hình 7. Quan hệ giữa biên độ dao động của trụ chống và số 2 với tải trọng và vận tốc tàu

5. Kết luận

Bài báo giới thiệu mô hình và kết quả phân tích hiệu ứng va đập của tàu vào kết cấu cầu cảng Thọ Quang trên cơ sở áp dụng định lý biến thiên động lượng, nguyên lý d'Alembert và các phương pháp số. Mô hình nghiên cứu có xét

đến độ cứng đàn hồi của kết cấu theo sơ đồ không gian được xác định bằng phần mềm phân tích kết cấu SAP2000. Hệ số cản được xác định theo phương pháp Rayleigh. Đây là mô hình nghiên cứu đơn giản có thể áp dụng phân tích cho các kết cấu cầu cảng tương tự chịu va đập của tàu khi xét hệ làm việc trong miền đàn hồi.

Theo kết quả nghiên cứu trên các trụ chống và cửa cầu cảng Thọ Quang cho thấy biên độ dao động của trụ tăng gần như tỉ lệ thuận với tải trọng và vận tốc va của tàu. Các quan hệ này có thể xấp xỉ tuyến tính. Do vậy khi phân tích cho các kết cấu cầu cảng tương tự có thể phân tích xác định chuyển vị động tương ứng với 2 cấp tải trọng và tốc độ khác nhau để nội suy ra các giá trị chuyển vị động tương ứng với các cấp tải trọng và tốc độ thiết kế hoặc tải trọng và tốc độ thực tế của tàu cập cảng. Như vậy có thể giảm được khối lượng tính toán mà vẫn chủ động trong nghiên cứu thiết kế và quản lý khai thác công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hồ sơ thiết kế thi công Công trình thủy công thuộc dự án Kho cảng xăng dầu - LPG - Nhựa đường Thọ Quang (2009).
- [2] Nguyễn Trọng, Tống Danh Đạo, Lê Thị Hoàng Yến (2001). *Cơ học cơ sở - Phần động lực học*. NXB. KHK, Hà Nội.
- [3] AASHTO (2005). *Standard specifications for highway bridges 17th Ed.*, Washington, D.C.
- [4] Francesco Freddi, Michel Fremoud (2010). "Collision and Fractures: A predictive theory". *European Journal of Mechanics A/Solids* 29, pp 998-1007.
- [5] Jonas Jansson, Fredrik Gustafson (2008). *A framework and automotive application of collision avoidance decision making*. *Automatica* 44, pp 2347-2351.
- [6] P.C. Chang, C.P.Heins (1985). "Seismic study of curved bridges using the Rayleigh -ritz method" *Computer & Structure* Vol.21 No.6, pp 1095-1104.
- [7] R.A. Ibrahim (2009). *Vibro-Impact Dynamics. Model. Map. & Appl.*, LNACM 43, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 217-232.
- [8] Ray W. Clough and Joseph Penzien (1995). *Dynamics of structures*. third edition, Computers & Structures, Inc. University Ave.Berkeley, CA 94704. USA.
- [9] Steven C. Chapra, Raymond P. Canale (1998). *Numerical Methods for Engineers*. Mc Graw-Hill International Edition.

(BBT nhận bài: 12/08/2013, phản biện xong: 01/09/2013)