

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

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

TS. Nguyễn Xuân Toản⁽¹⁾, ThS. Đặng Nguyễn Uyên Phương⁽²⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng, ⁽²⁾Đại học Duy Tân

⁽¹⁾nguyensexuantoan2007@gmail.com

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 Da Nang city has been designed and built to accommodate ships with 20000 tonnages. Including the warehouse receiving, accessing path, anchor pier, anti-collision piers and so on. Attack of the ships force against the board are very large, that has not been studied. Currently, Engineers have been analyzed statically only, but not analyzed dynamically. The results analyzed by the static method is limited and not considered the impact assessment of the ship when docked. For more the informations about the safety of Tho Quang port structures, while ship collision, the authors have studied the model on computer to solve the vibration of the collision piers number 1 and 2. Results of the research show that the movement of anticollision piers number 1 and 2 within the limits regulation.

Keywords: 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

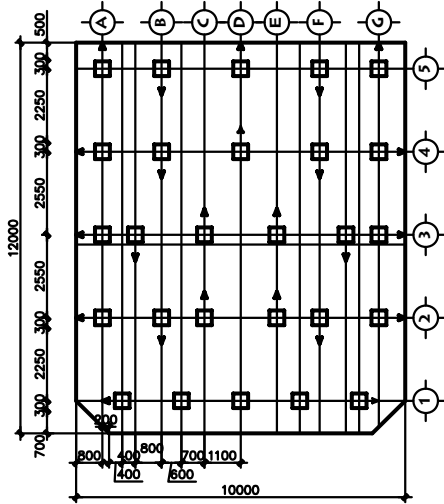
công trình. Để có những tham số chính xác hơn trong thiết kế và có giải pháp thích hợp đảm bảo công trình vừa bền vững với chi phí xây dựng hợp lý, cần có những nghiên cứu đầy đủ hơn theo mô hình tương tác động lực [1], [3]-[7].

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].

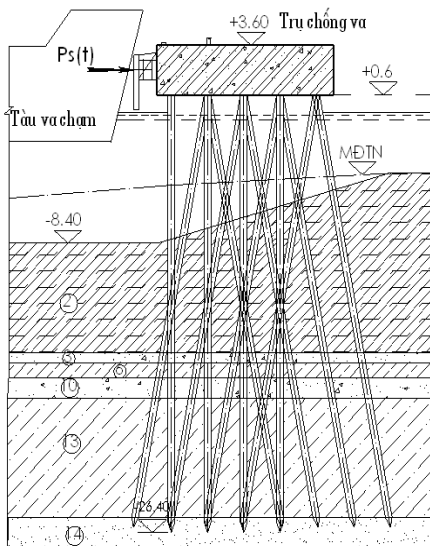
2. Cơ sở tính toán:

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

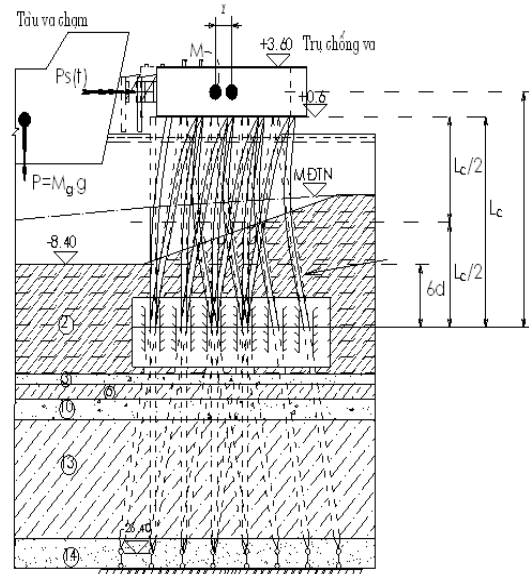


Hình 2. Mặt cắt ngang trụ chống va số 1

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 và 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 tàu vào trụ số 1

2.2. Lực va tàu vào trụ cầu:

Lực va 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 tàu tính tương đương (N)

DWT : tấn trọng tải của tàu (Mg)

v : vận tốc va tàu (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):

$$Q_{ox} = M_g \times v \quad (2)$$

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:

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

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 áp dụng các phương pháp số để giải.

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: $M = 892.5 (T)$

Trụ số 2: $M = 892.5 (T)$.

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):

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

α và β xác định theo công thức (11):

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

Áp dụng (12-41) trang 236 tài liệu [9] cho kết quả

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 và bảng 3:

Bảng 2. Thời gian va đập dọc tàu vào trụ

Loại tải trọng	V _{tt} (m/s)	M _g (DWT)	P _s (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

Bảng 3. Thời gian va đập ngang tàu vào trụ

Loại tải trọng	V _{tt} (m/s)	M _g (DWT)	P _s (t) (KN)	ΔT (s)
Tàu 20000 (DWT)	6,1	20000	51571,7	0,236
Tàu 10000 (DWT)	6,1	10000	36466,7	0,167
Tàu 1000 (DWT)	5,3	1000	10013,9	0,053
Sà lan	4,4	500	5873,4	0,037

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

Lực va chạm ngang tàu bằng 50% lực va chạm theo chiều dọc tàu.

3. Áp dụng tính toán:

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

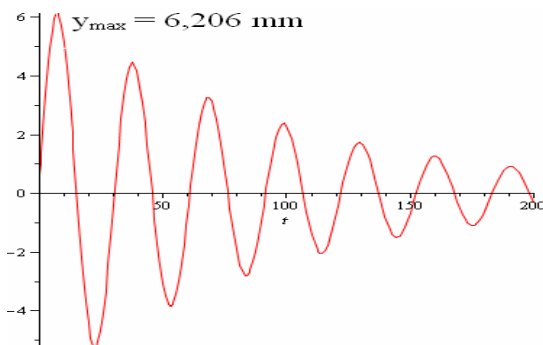
Phương trình dao động của trụ chống va 1:
 $8925.\ddot{y} + 184,358.\dot{y} + 380,807.y =$

$$\begin{cases} 0 & t < 0 \\ 103520,4 & 0 < t < 0,118 \\ 0 & t \geq 0,118 \end{cases} \quad (9)$$

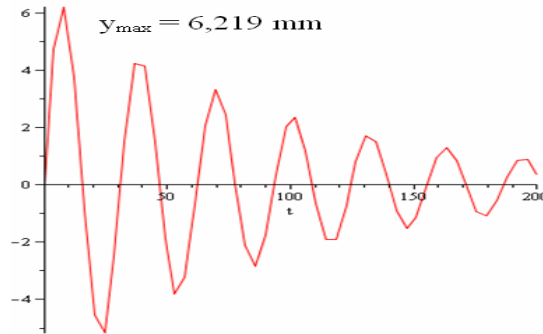
Phương trình dao động của trụ chống va 2:
 $8925.\ddot{y} + 180,744.\dot{y} + 366,032.y =$

$$\begin{cases} 0 & t < 0 \\ 103520,4 & 0 < t < 0,118 \\ 0 & t \geq 0,118 \end{cases} \quad (10)$$

Giải phương trình (9) và (10) bằng phần mềm Maple v.13 cho kết quả:



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^{tt}=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 cũng tính toán tương tự như trên cho phép chúng ta phân tích quan hệ giữa biên độ dao động, tải trọng tàu và vận tốc tàu cập bến.

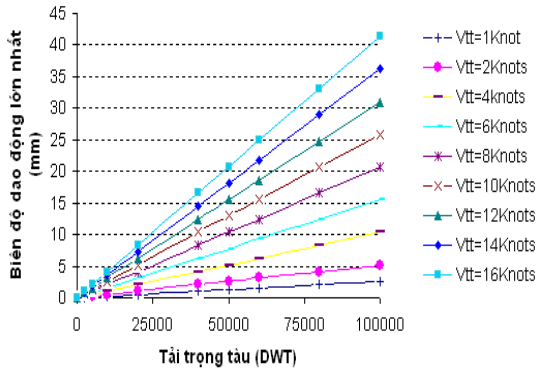
4. Phân tích quan hệ giữa biên độ dao động với tải trọng tàu và vận tốc tàu:

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).

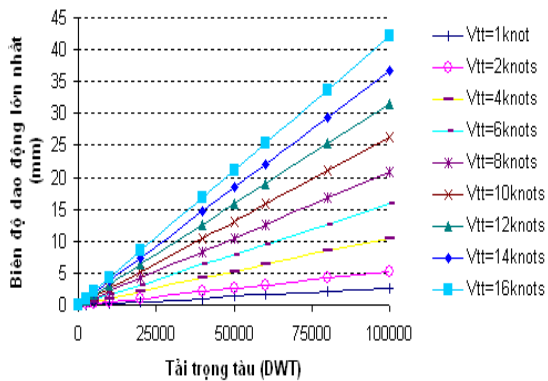
Theo kết quả phân tích trên hình (6) và (7) cho thấy biên độ dao động lớn nhất của trụ tăng gần như tỉ lệ thuận với tải trọng và vận tốc va của tàu. Các quan hệ này gần như tuyến tính nên có thể xấp xỉ tuyến tính, ta có thể áp dụng để tra cứu ngược biên độ dao động của trụ chống va số 1 và 2 tương ứng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

cấp cảng.



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



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

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 va của 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, Tổng Danh Đạo, Lê Thị Hoàng Yến (2001). *Cơ học cơ sở - Phần động lực học*. NXB. KHKT, 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]. Steven C. Chapra, Raymond P. Canale (1998). *Numerical Methods for Engineers*. Mc Graw-Hill International Edition.
- [9]. Ray W. Clough and Joseph Penzien (1995). *Dynamics of structures*. third edition, Computers & Structures, Inc. University Ave.Berkeley, CA 94704. USA.

Kính gửi: Ban biên tập Tạp chí KHCN Đại học Đà Nẵng,

Các tác giả xin gửi Ban biên tập Tạp chí KHCN Đại học Đà Nẵng bản thảo của bài báo *được định dạng theo mẫu 2013* thay cho bản thảo cũ đã gửi ngày 02/08/2013 *được định dạng theo mẫu 2012*.

Các tác giả chân thành cảm ơn ban biên tập Tạp chí KHCN Đại học Đà Nẵng.

Thông tin cụ thể:

1. Họ và tên: NGUYỄN XUÂN TOÀN
2. Học hàm, học vị: Tiến sĩ
3. Tên cơ quan: Trường Đại học bách khoa – Đại học Đà Nẵng
4. Liên hệ: số mobile : 0973779988, email: nguyexuantoan2007@gmail.com