

Một số giải pháp làm giảm phản lực ngang trong tính toán kết cấu khung cầu tàu

ThS. NGUYỄN MINH QUÝ

Công ty Tư vấn xây dựng Cảng - Đường thủy

TÓM TẮT: Trong tính toán kết cấu cầu tàu bệ cọc cao bê tông cốt thép, tải trọng ngang (tải trọng va neo tàu, tải trọng sóng, dòng chảy) tác động lên cầu tàu là rất lớn. Trong một số trường hợp (nhất là đối với bến cảng nước sâu) nó gần như quyết định đến qui mô và kích thước của nền cọc. Biện pháp giảm lực ngang thường được áp dụng là sử dụng các loại đệm cặp tàu tốt hơn. Tuy nhiên, biện pháp này chỉ giải quyết được duy nhất đối với lực va tàu, nhưng kinh phí đầu tư lại tăng lên lớn. Bài viết này xin trình bày 2 giải pháp làm giảm tải trọng ngang tác động lên cầu tàu:

Giải pháp 1: xác định chiều dài phân đoạn bến hợp lý

Giải pháp 2: xác định hiệu quả của liên kết khớp giữa các phân đoạn cầu tàu

ABSTRACT: In calculation of open-type wharf structures, horizontal forces (as mooring and berthing forces, wave and current forces..) are normally very large exerting on the structures. In some cases (particularly for deep water port) the scale and size of piles foundation is decided by these forces. There is a way to reduce the horizontal force is to use bigger fender types. However, this solution is effected for the berthing force only. This paper presents two solution to reduce the force as the follows:

Solution 1: determining a reasonable length of the wharf section.

Solution 2: making the wharf sections together by using of "interlocking deck" and defining its effeteness.

1. Bài toán xác định chiều dài phân đoạn cầu hợp lý

Theo các tiêu chuẩn thiết kế khác nhau, chiều dài một phân đoạn bến cầu tàu được kiến nghị cũng rất khác nhau. Trong hướng dẫn thiết kế của Anh, người ta kiến nghị chiều dài phân đoạn bến có thể lấy từ 80m đến 100m trong trường hợp địa chất tốt, ít biến đổi, một số tiêu chuẩn kiến nghị nên lấy chiều dài bến không quá 50m. Ở Việt Nam, trong tiêu chuẩn thiết kế không đề cập đến qui định chiều dài một phân đoạn bến. Vậy, chiều dài một phân đoạn bến hợp lý là bao nhiêu?

a. Phương trình tổng quát xác định phản lực ngang

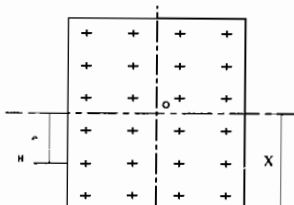
Xét một phân đoạn cầu tàu có n khung ngang và m khung dọc. Tải trọng tác dụng ngang là H theo hướng vuông góc với tuyến mép bến. Phản lực ngang trên đầu cọc nằm trên khung ngang thứ i và khung dọc thứ j được xác định theo công thức:

$$H_{i,j} = \frac{K_{i,j}}{\sum_{i,j=1}^{n,m} K_{i,j}} H + \frac{K_{i,j} x_i}{\sum_{i,j=1}^{n,m} K_{i,j} \cdot x_i^2} e.H \quad (1)$$

Trong đó:

$H_{i,j}$: phản lực ngang của cọc nằm trên khung ngang thứ i và khung dọc thứ j (kN).

$K_{i,j}$: độ cứng ngang (hằng số đàn hồi ngang) của cọc trên khung ngang thứ i và khung dọc thứ j (kN/m).



Hình 1. Mặt bằng phân phối lực ngang.

e: khoảng cách từ điểm đặt lực H đến trọng tâm của cầu theo phương vuông góc với lực tác dụng.

x_i : khoảng cách từ cọc nằm trên khung i đến trọng tâm của cầu theo phương vuông góc với lực tác dụng (m).

Để bài toán đơn giản, xét với trường hợp độ cứng của các khung ngang là như nhau, khi đó ta có, tổng phản lực ngang trên khung ngang thứ i là H_i bằng:

$$H_i = \sum_{j=1}^m H_{i,j} = \frac{\sum_{j=1}^m K_{i,j}}{\sum_{i,j=1}^{n,m} K_{i,j}} H + \frac{\sum_{j=1}^m K_{i,j} \cdot x_i}{\sum_{i,j=1}^{n,m} K_{i,j} \cdot x_i^2} e.H \quad (2)$$

Đặt K_i là độ cứng của khung ngang thứ i, K là độ cứng của khung cầu tàu, khi đó ta có:

$$K_i = \sum_{j=1}^m K_{i,j} \quad (3)$$

$$K = \sum_{i,j=1}^{n,m} K_{i,j} = n \cdot \sum_{j=1}^m K_{i,j} = n \cdot K_i \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m K_{i,j} \cdot x_i = x_i \cdot \sum_{j=1}^m K_{i,j} = K_i \cdot x_i$$

$$\sum_{i,j=1}^{n,m} K_{i,j} \cdot x_i^2 = n \cdot K_i \cdot \sum_{j=1}^m x_j^2 \quad (6)$$

Thay (3), (4), (5) và (6) vào biểu thức (2) ta được:

$$H_i = \frac{K_i}{nK_i} H + \frac{K_i \cdot x_i}{n \cdot K_i \cdot \sum_{j=1}^m x_j^2} e.H = \frac{1}{n} H + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^m x_j^2} e.H$$

$$H_i = \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j^2} \cdot e \right) \quad (7)$$

Biểu thức (7) là dạng phương trình tổng quát xác định phản lực va trên các khung ngang trong trường hợp độ cứng của các khung cầu tầu là như nhau.

Ta có thể nhận thấy $x_i \cdot e \leq x_1^2$ với mọi i.

(x_1 : khoảng cách từ trọng tâm cầu đến khung ngoài cùng). Khi đó:

$$H_i = \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j^2} \cdot e \right) \leq \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{1}{\sum_{j=2}^n x_j^2} \right) \quad (8)$$

Từ biểu thức trên ta dễ dàng thấy rằng, nếu chiều dài phân đoạn bến tăng lên, tức là số khung ngang tăng lên \Rightarrow n tăng lên. Đồng thời, khoảng cách từ mọi khung ngang đến trọng tâm cầu đều tăng lên \Rightarrow x_j tăng lên, dẫn đến phản lực ngang trên mọi khung ngang đều giảm đi.

Nhận xét: Trong trường hợp độ cứng khung ngang của phân đoạn cầu tầu như nhau thì:

Phản lực ngang trên các khung giảm dần khi chiều dài phân đoạn bến tăng dần.

Giá trị phản lực ngang trong mọi khung ngang không phụ thuộc vào độ cứng của khung.

b. Xác định chiều dài phân đoạn cầu hợp lý

-Xác định chiều dài phân đoạn cầu tối thiểu

Chiều dài phân đoạn cầu tối thiểu (L_{min}) được xác định từ điều kiện về tải trọng ngang tối hạn cho phép. Xuất phát từ các yêu cầu về khai thác như chuyển vị ngang lớn nhất cho phép, sức chịu tải của cọc, chiều rộng mặt cầu đảm bảo điều kiện khai thác, ta có thể xác định được tải trọng ngang tối hạn H_0 của khung ngang cầu trên cơ sở bố trí nền cọc sơ bộ. Như vậy, chiều dài tối thiểu của phân đoạn cầu được xác định sao cho phản lực ngang lớn nhất trên khung ngang phải nhỏ hơn tải trọng ngang tối hạn H_0 . Tức là:

$$H_{i,max} = \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j^2} \cdot e \right) \leq H_0 \quad (9)$$

Đặt a (m) là khoảng cách giữa các khung ngang, x_j có thể xác định qua a như sau:

$$x_j = (n-1) \cdot a/2 - (j-1) \cdot a$$

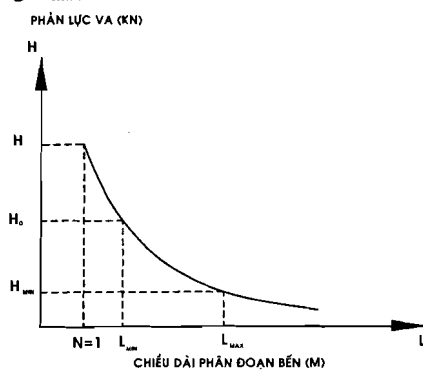
Vậy tương ứng với cặp số n và a (số lượng khung ngang trong một phân đoạn và khoảng cách giữa các khung ngang) ta có thể xác định được L_{min} để thỏa mãn biểu thức (9).

-Xác định chiều dài phân đoạn cầu tối đa L_{max}

Phương trình (7) có dạng đường cong nghịch biến với n và x_j (tức là a) và có các đường tiệm cận ngang là trục hoành và $H_{i,max} = H$ khi $n=1$ (xem hình 2).

Khi $n \rightarrow \infty$ thì $H_i \rightarrow 0$, nhưng điều này không thể xảy ra trên thực tế. Tuy nhiên, có thể xác định L_{max} từ điều kiện về giãn nở nhiệt của bản mặt cầu. Theo ý

kiến chuyên gia, chiều dài đảm bảo yêu cầu giãn nở nhiệt khoảng $L_{max} = 70m-80m$.



Hình 2. Quan hệ giữa phản lực va và chiều dài phân đoạn cầu.

Qua khảo sát một số trường hợp cho thấy, khi chiều dài bến tăng đến một giá trị nào đó thì phản lực va giảm rất chậm. Giá trị này biến đổi trong khoảng từ 60m đến 100m tùy thuộc vào độ cứng của khung cầu tầu. Khi đó, quan hệ giữa phản lực ngang thông qua n như sau: $H_{n+1} \leq (0,9 \div 0,95) H_n$ Trong đó:

H_n, H_{n+1} là phản lực ngang lớn nhất tương ứng với chiều dài phân đoạn có n và n+1 khung ngang.

Như vậy chiều dài phân đoạn cầu hợp lý là chiều dài nằm trong khoảng $\{L_{min}, L_{max}\}$.

2. Giải pháp giảm phản lực ngang bằng liên kết khớp giữa các phân đoạn cầu

Trong điều kiện địa chất xấu, có nhiều biến động về địa tầng, để hạn chế ảnh hưởng lún không đều gây nứt cầu, thì phân đoạn bến phải được thiết kế ngăn lại sao cho phù hợp với điều kiện địa chất. Khi đó có thể xảy ra trường hợp phản lực ngang $H_i > H_0$. Trong trường hợp này, giải pháp kinh tế và hiệu quả nhất là liên kết các phân đoạn với nhau. Để xác định hiệu quả của việc liên kết khớp giữa các phân đoạn với nhau, có thể sử dụng phương pháp phân phối lực ngang theo mô hình gối đàn hồi như sau:

❖ Xác định hệ số đàn hồi của cầu:

Cho tải trọng H tác dụng lên khung ngoài cùng của phân đoạn cầu, ta xác định được chuyển vị lớn nhất y_{max} , hệ số đàn hồi ngang của phân đoạn cầu được xác định bằng công thức:

$$K_k = \frac{H}{y_{max}} \quad (\text{kN/m})$$

❖ Xác định phản lực ngang trên các khung:

Đặt các gối đàn hồi theo phương lực tác dụng H vào vị trí khung ngoài cùng của các phân đoạn. Khi đó phản lực ngang tại các khung được xác định như sau:

Đối với hai phân đoạn ngoài cùng:

$$H_i = \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j^2} \cdot e \right) - K_k \cdot y_n \quad (10a)$$

$$H_i = \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j^2} \cdot e - \frac{y_n \cdot n}{y_{max}} \right) \quad (10b)$$

Đối với các phân đoạn bên trong:

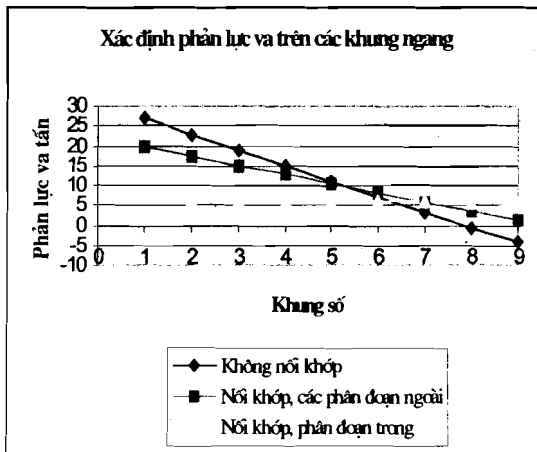
$$H_i = \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j^2} \cdot e \right) - K_k (y_1 + y_n) \quad (11a)$$

$$H_i = \frac{1}{n} H \left(1 + \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j^2} \cdot e - \frac{(y_1 + y_n) \cdot n}{y_{\max}} \right) \quad (11b)$$

Trong đó: y_1 và y_n lần lượt là các chuyển vị ngang tại khung thứ nhất và khung cuối cùng ở các vị trí liên kết khớp giữa các phân đoạn.

Ví dụ tính toán:

Xác định phản lực ngang lớn nhất trong các khung ngang trong trường hợp bến cầu tàu có 3 phân đoạn, mỗi phân đoạn dài 40m, rộng 30m, các phân đoạn được liên kết khớp với nhau. Nền cọc là các cọc BTCT đường kính 1m, bước cọc theo 2 phương là 5m, chiều dài tính toán là 15m. Tải trọng ngang 100 tấn tác dụng lần lượt lên các khung ngoài cùng của 3 phân đoạn. Kết quả tính toán được thể hiện trong biểu đồ sau:



Khung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TC
TH1	27.0	22.9	18.9	14.9	11.0	7.1	3.1	-0.8	-4.1	100
TH2	19.9	17.4	15.0	12.7	10.3	8.0	5.8	3.5	1.3	93.9
TH3	6.9	6.7	6.5	6.3	6.2	6.0	5.9	5.7	5.3	55.6

(TH1: không nối khớp; TH2 & TH3: nối khớp tương ứng với phân đoạn ngoài và phân đoạn trong).

-Trong trường hợp nối khớp, phản lực và lớn nhất (khung 1) giảm 26,5% đối với phân đoạn ngoài và 74% đối với các phân đoạn trong so với trường hợp nối khớp.

-Tổng lực ngang giảm 6,9 tấn đối với phân đoạn ngoài và 44,4 tấn đối với phân đoạn trong.

[1]. Tiêu chuẩn thiết kế cảng biển 22TCN-207-92

[2]. Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour Facilities in Japan.

TÍNH TOÁN DAO ĐỘNG...

(Tiếp theo trang 33)

$X_i = \phi_i \cdot e^{i\lambda t}$, $i=1,2$ ta thu được $[A] \cdot \phi = [B]$, trong đó $\phi = [A]$ là ma trận đường chéo- ma trận khối lượng- mô men quán tính, $[B]$ là ma trận 2×2 , ma trận độ cứng.

Ta có nghiệm: $I \cdot \lambda = [A]^{-1} \cdot [B]$, trong đó I là ma trận đơn vị, $[A]^{-1}$ là ma trận nghịch đảo của $[A]$.

Nghiệm riêng $\lambda_{1,2}$ sẽ là nghiệm của đa thức triển khai:

$$p_1 \cdot \lambda^2 + p_2 \cdot \lambda + p_3 = 0 \quad (12)$$

Trong ngôn ngữ MATLAB, ta có thể viết: $p = \text{poly}(\text{inv}(A) \cdot B)$; $r = \text{roots}(p)$;

3. Tính dao động cưỡng bức của hệ

3.1. Nguồn gây dao động

Nguồn gây dao động từ động cơ có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận- véc tơ cho các trường hợp vòng quay khai thác khác nhau ($n=2000, 1500, 1000$ và 750 v/ph).

Nguồn bổ sung từ các dạng dao động của tàu được mô phỏng qua các phương trình. Bản thân các dao động tàu là chu kỳ và ta có thể phân tích chúng dưới dạng Fourier.

3.2. Phương pháp giải

Dao động của hệ phương trình con viết cho cặp (u, β) và (v, α) được giải theo phương pháp cổ điển. Tuy nhiên, chúng ta có thể áp dụng MATLAB để giải nhanh và đơn giản hơn. Vấn đề cơ bản để áp dụng phương pháp này là tổ chức số liệu dưới dạng ma trận.

Chương trình tính nghiệm cho hệ phương trình vi phân bậc 2, hai ẩn, tuyến tính được thể hiện như sau:

$$[A] \ddot{X} + [B] \dot{X} = [F]$$

Véc tơ $F_k = [F_{1k}, F_{2k}]^T = [F_{1k0}, F_{2k0}]^T \cdot e^{i\omega k t}$ là véc tơ ngoại lực cưỡng bức, điều hoà bậc k . Nghiệm có dạng:

Thay vào ta thu được:

$$([B] - (k\omega)^2 \cdot [A]) \cdot X_0 = F_0$$

$$X_0 = [X_{10}, X_{20}]^T; F_0 = [F_{1k0}, F_{2k0}]^T$$

$$\text{Đặt } C = [B] - (k\omega)^2 \cdot [A] \text{ ta thu được: } C \cdot X_0 = F_0$$

$$\text{hay } X_0 = [C]^{-1} \cdot F_0$$

Trong MATLAB; $X_0 = \text{inv}(C) \cdot F_0$

Kết quả tính cho từng chế độ vòng quay được cho dưới dạng tập tin. Sử dụng kết quả để tính và thiết kế cân dệm cho động cơ D12 khi lắp xuống xuống đem lại kết quả thực nghiệm phù hợp với tính toán.

LUƠNG CÔNG NHỚ - Nghiên cứu giảm rung cho động cơ D12 Việt Nam sản xuất, giải pháp lắp trên tàu thuyền - Đề tài NCS 2000; N.Minchev-Dinamica na Korabnite Machini-Voenno Izdatelstvo-Sofia-1983; MATLAB-Use's Guide-California-1987.