

# PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG KẾT CẤU CẦU DÂY VĂNG BẰNG PHÂN TÍCH PHẦN TỬ HỮU HẠN

Nguyễn Hoài Sơn

## TÓM TẮT

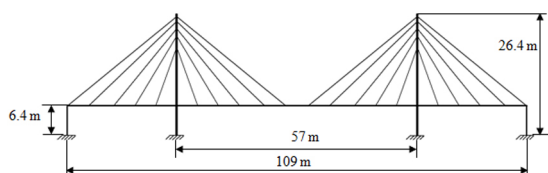
Bài báo này đề cập đến việc xây dựng mô hình tính toán và việc phân tích dao động kết cấu Cầu dây văng bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

## I. GIỚI THIỆU

Cầu dây văng (CDV) là một trong những loại cầu hiện đại nhất hiện nay vì khả năng chịu lực tốt, tính đa dạng về sơ đồ kết cấu, ... và đặc biệt là có tính thẩm mỹ cao. CDV có kết cấu khá thanh mảnh, độ cứng nhỏ nên rất nhạy cảm với tải tác động có chu kỳ. Vì vậy, việc nghiên cứu tính toán hiệu ứng dao động lên kết cấu CDV khá quan trọng nhằm đưa ra các giải pháp phân tích sự ổn định của kết cấu khi chịu tác động [1], [6], [7]. Hiện nay, nhiều nghiên cứu khá triệt để và toàn diện về CDV bằng các nhiều phương pháp khác nhau. Trong đó phân tích phần tử hữu hạn cho bài toán động lực học là một ưu điểm.

## II. MÔ HÌNH TOÁN HỌC

Toàn bộ kết cấu cầu sẽ được rời rạc hoá thành những phần tử cơ bản. Đối với phần tử dầm và cột tháp sẽ được mô tả thành những phần tử khung chịu uốn – kéo – nén, những phần tử cáp sẽ được mô tả thành những phần tử thanh chịu kéo.



Hình 1: Mô hình tính toán Cầu dây văng

## III. THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH DAO ĐỘNG KẾT CẤU BẰNG PHƯƠNG PHÁP PTHH

### 3.1. Ma trận độ cứng PTHH

Ma trận độ cứng của kết cấu được phân tích theo phương pháp PTHH như sau [2]:

- Ma trận độ cứng phần tử chịu kéo nén:

$$[K]_t = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

- Ma trận độ cứng phần tử chịu uốn:

$$[K]_c = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ & & 12 & -6L \\ sym & & & 4L^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

- Ma trận độ cứng phần tử khung phẳng:  
 $[K_e] = [K_e]_{uốn} + [K_e]_{kéo-nén} \quad (3)$

- Thực hiện cộng tác dụng hai trường hợp phần tử chịu biến dạng dọc trục và chịu uốn ta được ma trận độ cứng phần tử của phần tử khung phẳng như sau : (4)

$$[K]_e = \left\{ \begin{array}{cccccc} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & \\ & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & \\ & & \frac{EA}{L} & 0 & 0 & \\ & & & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \\ sym & & & & \frac{4EI}{L} & \end{array} \right\}$$

### 3.2. Ma trận khối lượng của PTHH [2]

• Ma trận khối lượng của phần tử chịu kéo nén:

$$[M_e] = \frac{r AL}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

• Ma trận khối lượng phần tử chịu uốn:

$$[M]_e = \int_{V_e} r [N]^T [N] dV \quad (6)$$

$$\Rightarrow [M_e] = \frac{r AL}{420} \begin{bmatrix} 156 & 22L & 54 & -13L \\ & 4L^2 & 13L & -3L^2 \\ & & 156 & -22L \\ sym & & & 4L^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

• Tương tự, ma trận khối lượng của phần tử khung phẳng sẽ có dạng :

$$[M_e] = r A \int_0^L [N][N]^T dx =$$

$$\frac{r AL}{420} \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 70 & 0 & 0 \\ & 156 & 22L & 0 & 54 & -13L \\ & & 4L^2 & 0 & 13L & -3L^2 \\ & & & 140 & 0 & 0 \\ & & & & 156 & -22L \\ sym & & & & & 4L^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

### 3.3. Vector tải trọng trong PTHH

Các lực tập trung do tải trọng xe trên phần tử sẽ được quy về hai đầu nút.

### 3.4. Phương trình dao động của hệ

Sau khi lắp ghép ma trận độ cứng, ma trận khối lượng, vector tải ta được phương trình dao động của hệ như sau [3] :

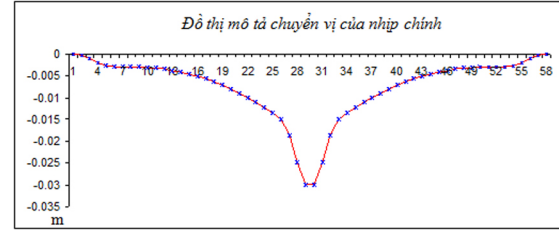
$$[M]\{d\} + [K]\{d\} = \{F(t)\}$$

- $[M]$ ,  $[K]$  : Ma trận khối lượng, ma trận độ cứng của hệ.
- $\{d\}$ ,  $\{d\}$  : Vector thành phần gia tốc, chuyển vị.
- $\{F(t)\}$  : Vector tải trọng ngoài tác dụng lên hệ.

## IV. ỨNG DỤNG SỐ

### 4.1 Kết quả phân tích tĩnh

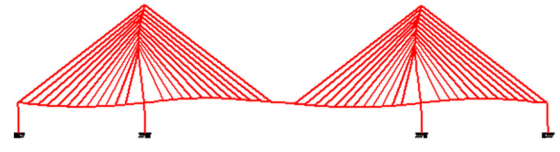
Kết quả chuyển vị của dầm cầu khi thử tải 800 KN tại điểm giữa nhịp chính.



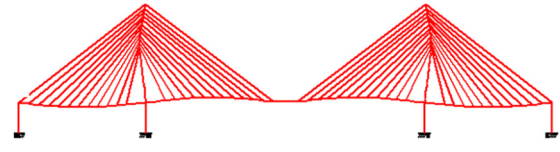
Hình 2: chuyển vị độ võng của nhịp chính

### 4.2. Kết quả phân tích mode

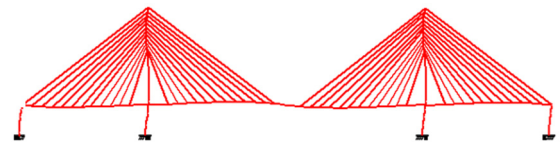
Mode 1 :  $f = 0.0455$  (Hz)



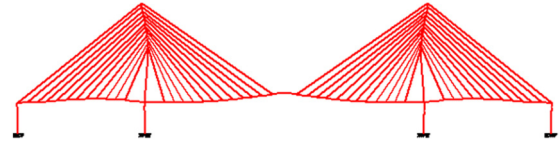
Mode 2 :  $f = 0.0463$  (Hz)



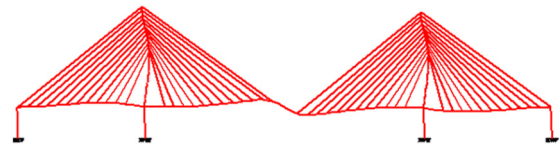
Mode 3 :  $f = 0.33$  (Hz)



Mode 4 :  $f = 0.416$  (Hz)



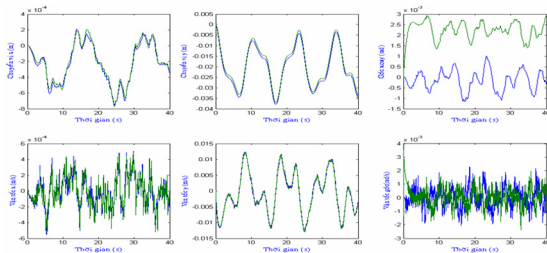
Mode 5 :  $f = 0.775$  (Hz)



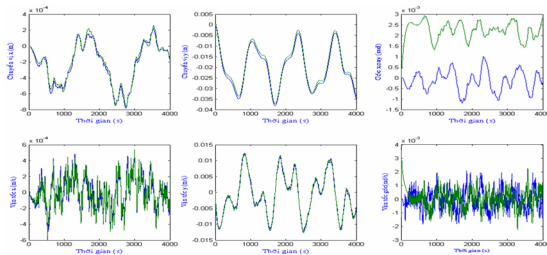
Hình 3: Sáu mode dao động đầu tiên

### 4.3. Kết quả phân tích đáp ứng

Khảo sát tại điểm giữa của nhịp chính với tải 800 KN



**Hình 4: Đồ thị đáp ứng chuyển vị - vận tốc sau khi phân tích bằng phương pháp sai phân trung tâm.**



**Hình 5: Đồ thị đáp ứng chuyển vị - vận tốc sau khi phân tích bằng phương pháp Newmark.**

## V. KẾT LUẬN

- Các kết quả nhận được về chuyển vị cũng như tần số dao động riêng được so sánh với phần mềm SAP đáng tin cậy với sai số 5%.

- Việc xây dựng và tổ chức cấu trúc dữ liệu hợp lý, chương trình tính toán gọn tạo tiền đề cho việc phát sinh tự động lưới và các nhịp của CDV.

- Trong phân tích đáp ứng chuyển vị và vận tốc dưới tác dụng tải động bằng hai sơ đồ sai phân trung tâm và Newmark cho kết quả tương tự. Vấn đề này đảm bảo cho sự mở rộng với các trường hợp tải ngẫu nhiên.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Đình Tâm ( chủ biên ) – Phạm Duy Hòa – Cầu Dây Văng, [2000], Nxb Khoa Học Và Kỹ Thuật.

[2] Nguyễn Hoài Sơn ( chủ biên ) - Ứng dụng PP PTHH trong tính toán kết cấu, [2005], Nxb Đại Học Quốc Gia Tp.HCM.

[3] Nguyễn Hoài Sơn ( chủ biên ) – Phương pháp phần tử hữu hạn với Matlab, [2001], Nxb Đại Học Quốc Gia Tp. HCM.

[4] Newsletter of Engineering (No.1 February, 2006)- Japanese- Vietnamese Engineers Exchange Forum.

[5] Newmark, N. M. – A method of Computation for Structural Dynamics, [1959],ASCE Journal of the Engineering Mechanics Division, Vol. 85 No. EM3.

[6] Some Matters on Application of Cantilever Casting Technology in Cable Stayed Bridge Construction in Our Country – Dr. Dang Gia Nai.

[7] Phase II Benchmark Control Problem for Seismic Response of Cable Stayed Bridges – J.M. Caicedo, S.J. Dyke (Corr. Au.), S.J. Moon, L.A. Bergman, G. Turan and S. Hague.