

# **PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG THÁP KHOAN KHÔNG GIAN BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN**

**Nguyễn Hoài Sơn, Nguyễn Duy Hùng, Trần Thị trà Mi**

*Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh*

## **TÓM TẮT**

Phương pháp giải tích khó đáp ứng cho việc phân tích dao động của một kết cấu trong thực tế. Do đó, phương pháp số là một công cụ mạnh mẽ để hỗ trợ cho quá trình tính toán này, và phương pháp phần tử hạn là một trong những phương pháp số đáp ứng được yêu cầu này. Trong nội dung của bài báo này đề cập đến việc xây dựng mô hình tính toán và việc phân tích dao động tháp khoan không gian bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Từ khóa: Tần số tự nhiên, Phương pháp phần tử hữu hạn, Lý thuyết khung dầm, Phân tích động học.

## **ABSTRACT**

Analytic solutions are not meet for most practical cases. Thus, numerical method is an efficient tool which support strongly for these cases and the Finite Element Method (FEM) is one of the method which meet this requirement. In this paper, we present the way of building modeling and calculation the dynamic of a 3D Frame by Finite Element Method.

Key words: Finite Element Method, Frame Theory.

### **1. Giới thiệu**

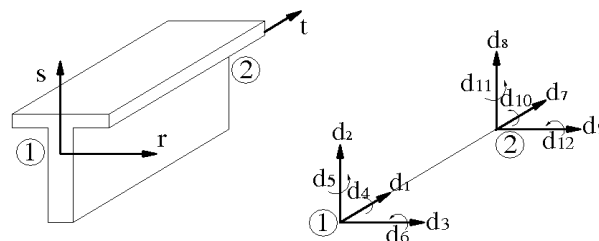
Việc nghiên cứu tính toán hiệu ứng dao động lên kết cấu tháp khoan không gian quan trọng nhằm đưa ra các giải pháp phân tích sự ổn định và cộng hưởng của kết cấu khi chịu tác động ngẫu nhiên [1], [2], [3]. Vấn đề này thể hiện một mô hình toán phức tạp và phi tuyến. Hiện nay, nhiều nghiên cứu khá triệt để và toàn diện về kết cấu này bằng nhiều phương pháp khác nhau [4], [5]. Trong đó phân tích phần tử hữu hạn cho bài toán dao động là một ưu điểm.

### **2. Mô hình tính toán**



Hình 3.1 mô hình tháp khoan không gian.

Đối với phần tử khung không gian, hệ tọa độ địa phương có 12 bậc tự do như trình bày ở hình 3-2. Chiều dương quy ước của các chuyển vị tịnh tiến và các lựa chọn tại nút là giống nhau, các moment tập trung và các chuyển vị xoay tại nút là giống nhau như chiều quy ước trên hình vẽ.



Hình 3-5. Các bậc tự do của phần tử dầm không gian

Các bậc tự do trong hệ địa phương được ký hiệu như sau:

- $d_1, d_2, d_3$  : chuyển vị tại nút 1.
- $d_4, d_5, d_6$  : góc xoay tại nút 1.
- $d_7, d_8, d_9$  : chuyển vị tại nút 2.
- $d_{10}, d_{11}, d_{12}$  : góc xoay tại nút 2.

Các ký hiệu thuộc tính vật liệu và đặc trưng mặt cắt ngang:

- $E$  : modun đàn hồi Young.
- $G$  : modun đùn đàn hồi trượt trượt.
- $A$  : diện tích mặt cắt ngang.
- $J$  : hằng số chống xoắn.
- $I_p$  : moment quán tính độ cực.
- $I_s = I_{\min}$  : moment quán tính tiết diện ngang đối với trục s (trục yếu).
- $I_y = I_{\max}$  : moment quán tính tiết diện ngang đối với trục s (trục yếu).

$L$  : chiều dài phần tử.

Bằng phân tích phần tử hữu hạn ta xác định ma trận độ cứng  $k$  cho phần tử khung không gian [2]:

$$[k] = \iiint_V [B][C][B]^T dV \quad (1)$$

$$[k] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_x}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_x}{L^2} & 0 & -\frac{12EI_x}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_x}{L^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{L^3} & 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_x}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_x}{L^2} & 0 & \frac{2EI_x}{L} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 & -\frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_y}{L} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI_x}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_x}{L^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_x}{L} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_y}{L} \end{bmatrix} \quad (2)$$

sym

Vectơ tải cho phần tử:

$$\{f_q\}^T = \left\{ 0 \quad \frac{q_s L}{2} \quad \frac{q_L L}{2} \quad 0 \quad -\frac{q_L L^2}{12} \quad \frac{q_s L^2}{12} \quad 0 \quad \frac{q_s L}{2} \quad \frac{q_L L}{2} \quad 0 \quad \frac{q_L L^2}{12} \quad -\frac{q_s L^2}{12} \right\} \quad (3)$$

ma trận khối lượng phần tử khung không gian:

$$[m] = \iiint_V \rho [N][N]^T dV = \rho A \int_0^L [N][N]^T ds = \frac{\rho A}{420} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{6}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{13}{35}L & 0 & 0 & 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 & \frac{9}{70}L & 0 & 0 & 0 & -\frac{13}{420}L^2 \\ 0 & 0 & \frac{13}{35}L & 0 & -\frac{11}{210}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{9}{70}L & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{6}L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{11}{210}L^2 & 0 & \frac{1}{105}L^2 & 0 & 0 & 0 & -\frac{13}{420}L^2 & 0 & -\frac{1}{140}L^2 & 0 \\ 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{105}L^2 & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{140}L^2 \\ \frac{1}{6}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{9}{70}L & 0 & 0 & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 & \frac{13}{35}L & 0 & 0 & 0 & -\frac{11}{210}L^2 \\ 0 & 0 & \frac{9}{70}L & 0 & -\frac{13}{420}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{13}{35}L & 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{6}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3}L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 & -\frac{1}{140}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 & \frac{1}{105}L^2 & 0 \\ 0 & -\frac{13}{420}L^2 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{140}L^2 & 0 & -\frac{11}{210}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{105}L^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

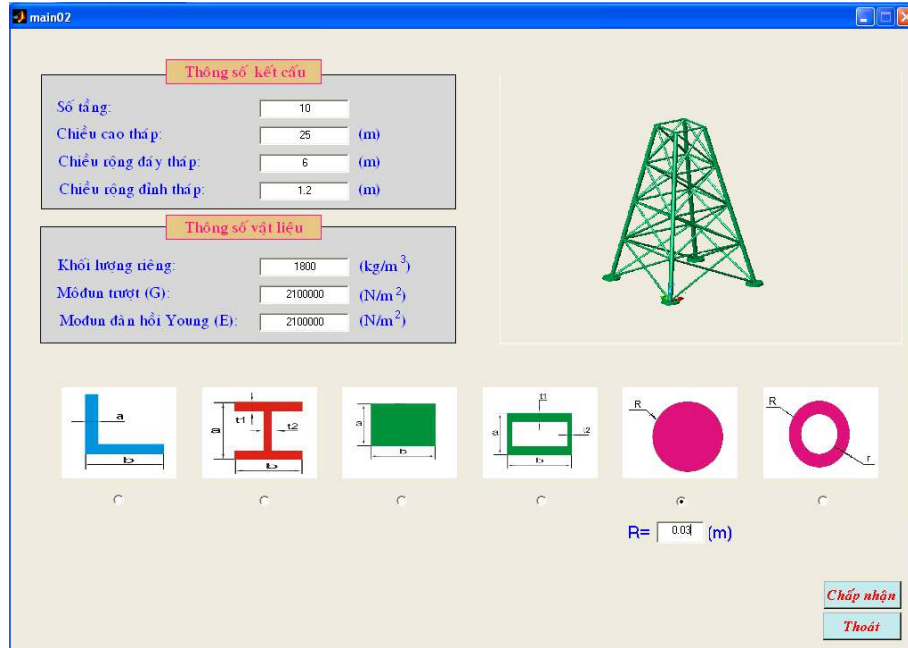
Sau khi thực hiện lắp ghép phương trình toàn cục, hệ phương trình dao động cho tháp không gian có dạng:

$$[M] \{\ddot{d}\} + [K] \{d\} = \{R\} \quad (5)$$

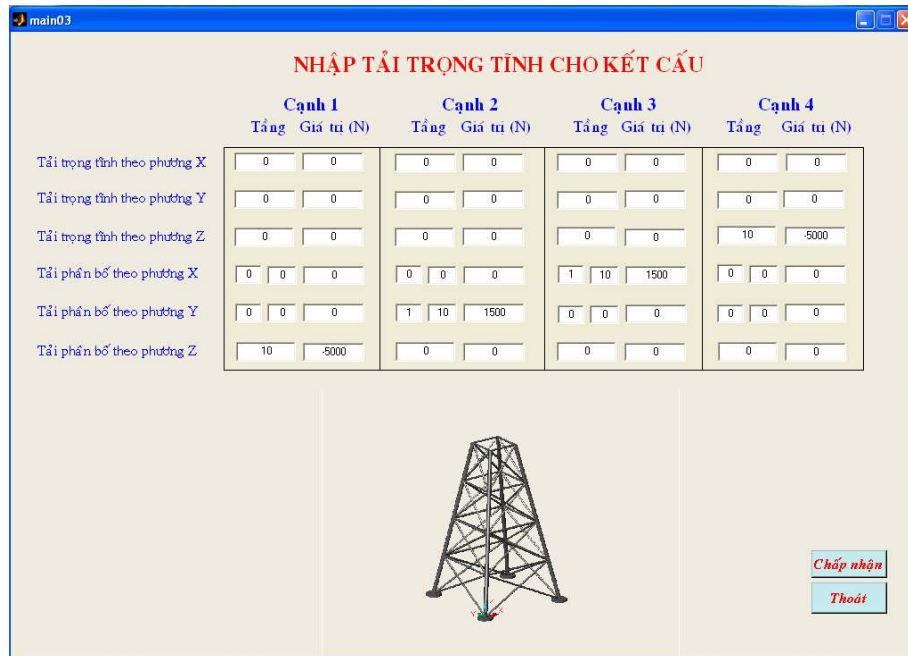
### 3. Ứng dụng

Kết quả tính tĩnh, tần số dao động riêng, mô phỏng và tính động lực học. Bài báo này, chọn tháp 10 tầng, cao 25m, tiết diện tròn, chiều rộng đáy 6x6m, chiều rộng đỉnh 1.2x1.2m. Chịu tác dụng lực vừa phân bố vừa tập trung.

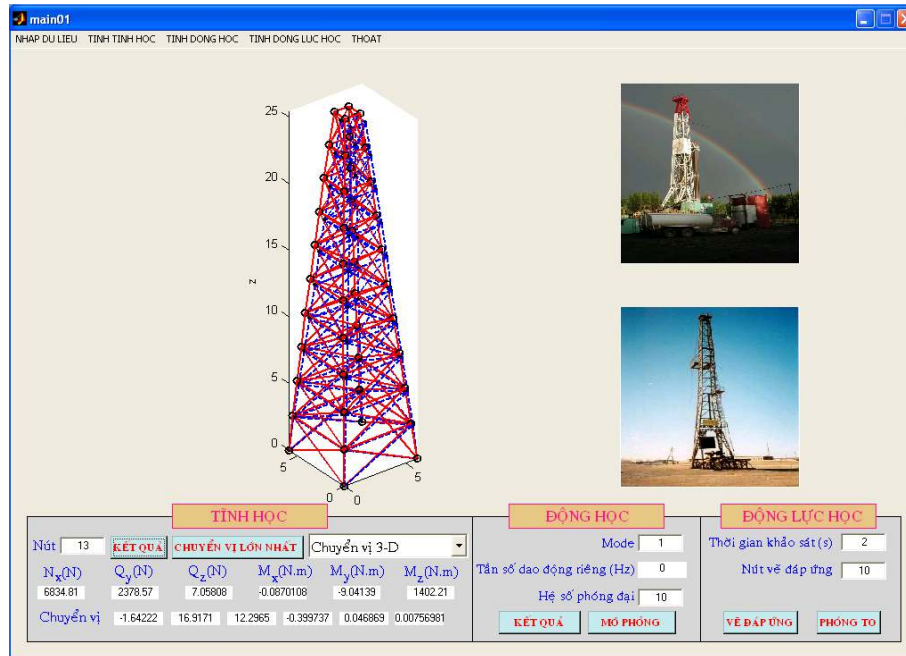
➤ **Bước 1** : từ giao diện chính ta chọn “Nhập dữ liệu” để nhập các thông số ban đầu cho tháp. Nhập xong → “Chấp nhận”



➤ **Bước 2** : từ giao diện chính chọn: “ Tính tĩnh học” → “Nhập tải tĩnh”. Nhập xong → “Chấp nhận”

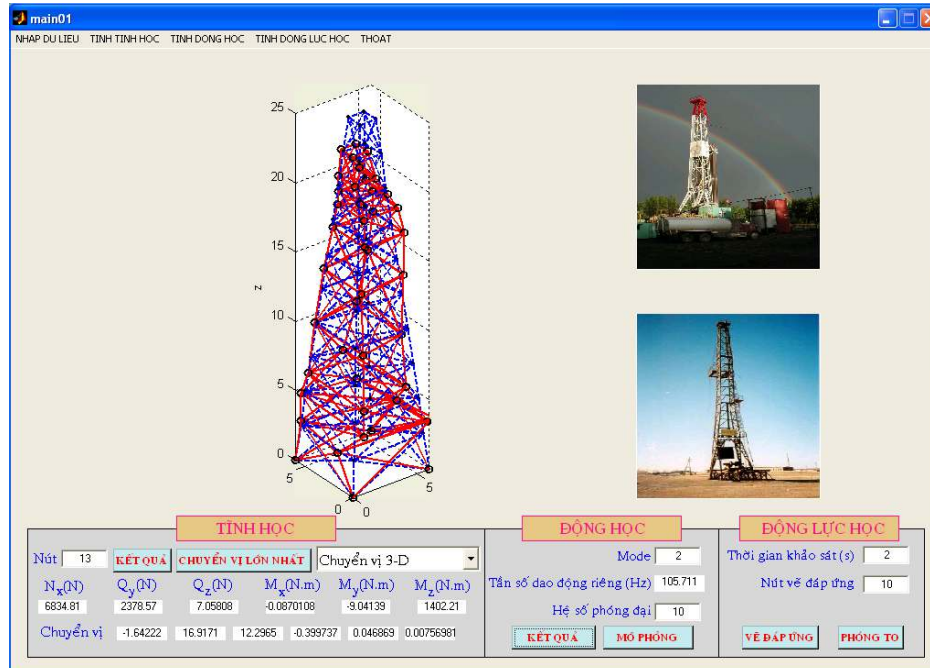


➤ Bước 3 : từ giao diện chính chọn: “ Tính tĩnh học” → “Phân tích”.



Ta có thể xem kết quả của từng nút khi chọn nút hay của cả tháp khi chọn các biểu đồ : lực cắt, lực dọc, moment.

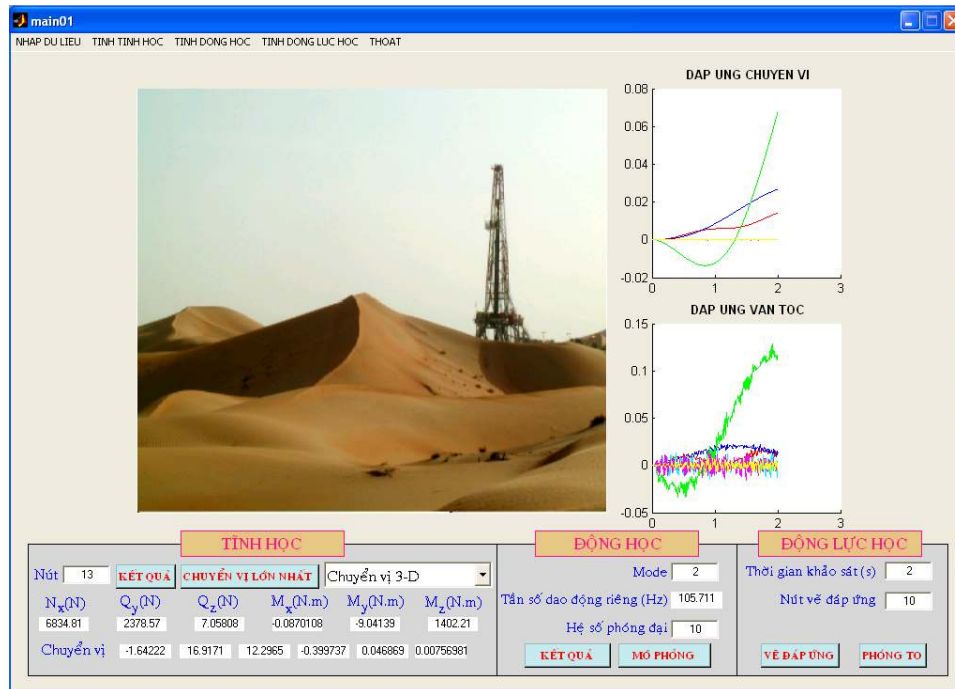
➤ Bước 4 : từ giao diện chính chọn: “ Tính động học” → “Phân tích”.



- Ta có thể xem tần số dao động riêng của mode nào ta chọn.
- **Bước 5** : từ giao diện chính chọn: “TÍNH ĐỘNG LỰC HỌC” → “NHẬP TẢI KÍCH ĐỘNG”.  
 Nhập xong → “Chấp nhận”



- **Bước 6** : từ giao diện chính chọn: “TÍNH ĐỘNG LỰC HỌC” → “PHÂN TÍCH”



Vẽ đáp ứng chuyển vị và vận tốc với thời gian tương ứng và tại nút tương ứng.

## **5. 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 4%.
- Việc xây dựng mô hình toán và tổ chức cấu trúc dữ liệu hợp lý, chương trình tính toán gọn tạo tiền đề cho việc phát sinh tự động lưới với các phần tử bậc cao các thanh.
- Trong phân tích trạng thái tới hạn cho thấy khi động hoạt động với công suất khoảng 1000 – 1500 (W), số vòng quay đạt 3000 vòng/ phút kết cấu ổn định. Nếu tăng công suất lên 1.5 lần chuyển vị lớn nhất của tháp khoảng 1 – 1.5 (cm) hệ mất ổn định cục bộ.
- 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. NGUYỄN QUỐC BẢO, TRẦN NHẤT DŨNG – Phương pháp phần tử hữu hạn lý thuyết và lập trình – Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
2. NGUYỄN HOÀI SƠN, LÊ THANH PHONG, MAI ĐỨC ĐÃI – Ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn trong tính toán kết cấu– Nhà xuất bản ĐH Quốc Gia TP.HCM.
3. Mating of the Molikpaq Drilling Rig, Frank Van Hoom, Argonautics Marine Engineering – Sausalito, CA, USA.
4. Design of the Baldpate Compliant Tower. Will S. A., Edel J. C., 1999 OTC No 10915.
5. Compliant Towers: the next generation. Will S. A., the third generation of the compliant tower for the US Gulf of Mexico.