

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

Nguyễn Hoài Sơn

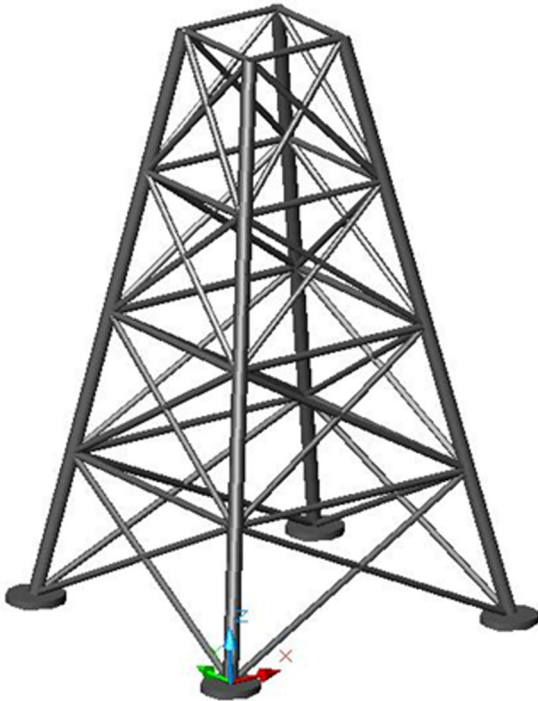
TÓM TẮT

Bài báo này đề cập đến việc xây dựng mô hình tính toán và việc phân tích dao động tháp khoan không gian bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

I. 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.

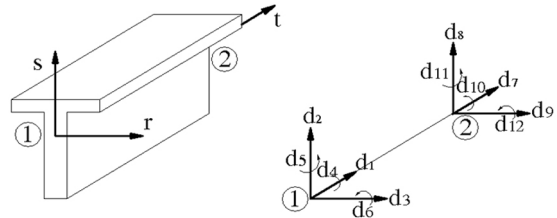
II. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN



Hình 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 2.



Hình 2

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 độc 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]:

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

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

sym

Vector tải cho phần tử:

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

Ma trận khối lượng phần tử khung không gian: (xem 4)

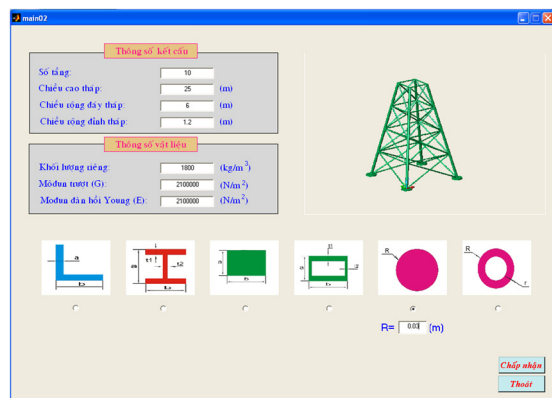
Sau khi thực hiện lắp ghép phương trình toàn cục, hệ phương trình dao động cho tháp không gian có dạng:

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

III. 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 click “Chấp nhận”



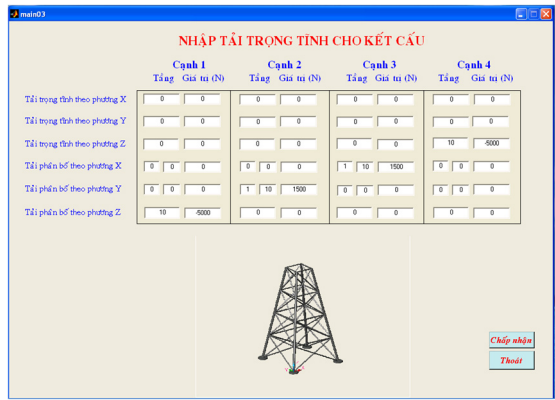
Hình 3

$$[m_c] = \iiint_V r [N][N]^T dV = r A \int_0^L [N][N]^T ds =$$

$$\frac{r A}{420} \begin{bmatrix} \frac{1}{3}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{6}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{13}{35}L & 0 & 0 & 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 & \frac{9}{70}L & 0 & 0 & 0 & -\frac{13}{420}L^2 \\ 0 & 0 & \frac{13}{35}L & 0 & -\frac{11}{210}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{9}{70}L & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{6}L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{11}{210}L^2 & 0 & \frac{1}{105}L^3 & 0 & 0 & 0 & -\frac{13}{420}L^2 & 0 & -\frac{1}{140}L^3 & 0 \\ 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{105}L^3 & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{140}L^3 \\ \frac{1}{6}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{9}{70}L & 0 & 0 & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 & \frac{13}{35}L & 0 & 0 & 0 & -\frac{11}{210}L^2 \\ 0 & 0 & \frac{9}{70}L & 0 & -\frac{13}{420}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{13}{35}L & 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{6}L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3}L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{13}{420}L^2 & 0 & -\frac{1}{140}L^3 & 0 & 0 & 0 & \frac{11}{210}L^2 & 0 & \frac{1}{105}L^3 & 0 \\ 0 & -\frac{13}{420}L^2 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{140}L^3 & 0 & -\frac{11}{210}L^2 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{105}L^3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Bước 2: từ giao diện chính chọn: “Tĩnh tĩnh học”, sau đó chọn “Nhập tải tĩnh”.

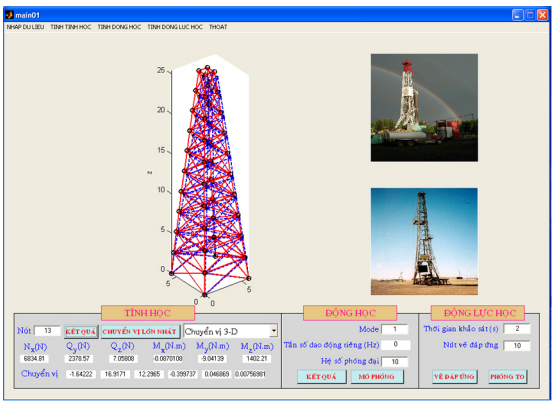
Nhập xong click “Chấp nhận”



Hình 4

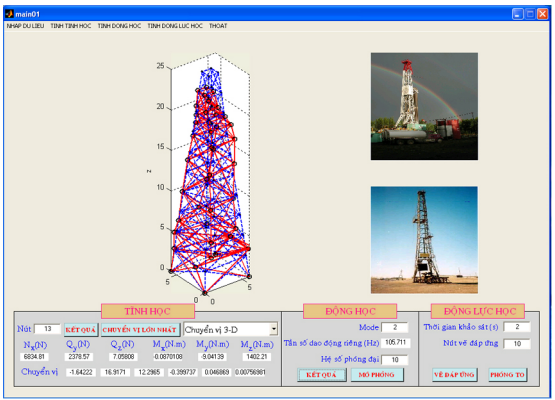
Bước 3: từ giao diện chính chọn: “Tĩnh tĩnh học” sau đó chọn “Phân tích”.

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.



Hình 5

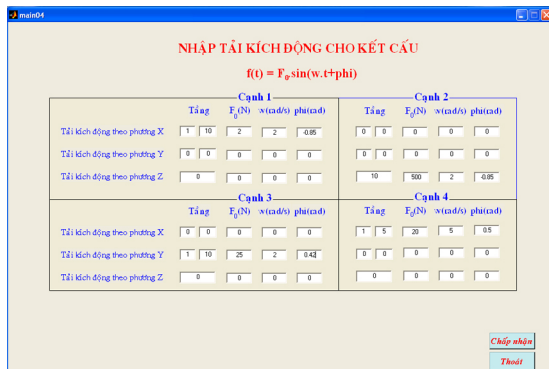
Bước 4: từ giao diện chính chọn: “Tĩnh động học” sau đó chọn “Phân tích”.



Hình 6

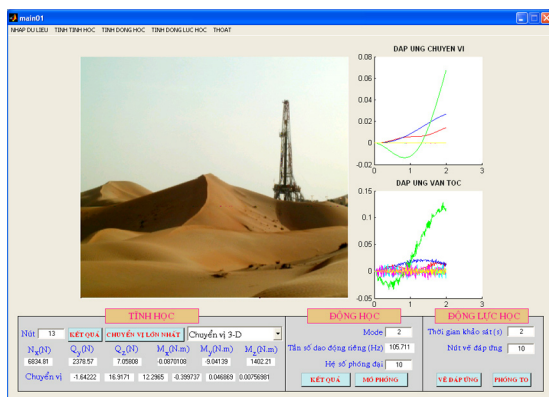
Ta có thể xem tần số dao động riêng của mode nào ta chọn.

Bước 5: từ giao diện chính chọn: “Tính động lực học” sau đó chọn “Nhập tải kích động”. Nhập xong click “Chấp nhận”



Hình 7

Bước 6: từ giao diện chính chọn: “ Tính động lực học” sau đó chọn “Phân tích”



Hình 8

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

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 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 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 - 2007.

[2] Nguyễn Hoài Sơn, Đỗ Thanh Việt, Bùi Xuân Lâm – Matlab ứng dụng trong tính toán khoa học – kỹ thuật. Nhà xuất bản ĐH Quốc Gia TP.HCM - 2000.

[3] Mating of the Molikpaq Drilling Rig, Frank Van Hoorn, 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.