

TÍNH TOÁN TỔNG THỂ KẾT CẤU GIÀN KHOAN TỰ NÂNG 400 FT TRONG TRẠNG THÁI DI CHUYỂN

Đinh Quang Cường^{a,*}, Vũ Đan Chính^a, Hoàng Tiến Dũng^a

^a*Viện Xây dựng Công trình biển, Trường Đại học Xây dựng,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 20/12/2017, Sửa xong 09/01/2018, Chấp nhận đăng 28/09/2018

Tóm tắt

Công trình biển tự nâng (jackup) trong trạng thái di chuyển là một dạng công trình biển nổi, kích thước lớn. Các tiêu chuẩn hiện nay mới chỉ quy định tính toán với các mô hình tương đương theo phương pháp phần tử hữu hạn mà chưa xét đến sự làm việc đồng thời của các kết cấu như trong mô hình tổng thể. Mặt khác tải trọng sóng tác dụng lên công trình biển tự nâng kích thước lớn trong trạng thái di chuyển bao gồm tải trọng sóng nhiễu xạ, bức xạ và thường được xác định bằng phương pháp phần tử biên. Bài báo này trình bày thuật toán tổng quát kết hợp phương pháp phần tử biên và phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán tổng thể công trình biển tự nâng trong trạng thái di chuyển và áp dụng cụ thể cho một công trình biển tự nâng đang xây dựng trong điều kiện biển Việt Nam.

Từ khoá: giàn khoan tự nâng 400 ft; trạng thái di chuyển; tính toán tổng thể.

GLOBAL ANALYSIS OF JACK-UP 400 FT IN TRANSIT CONDITION

Abstract

In transit condition, Jack-up Rig is a type of floating marine structure with large dimensions. The current standards have just regulated calculating in the equivalent models according to the Finite Element Method (FEM), without consideration of structure's simultaneous work as in the overall model. Wave loads that include diffracted, radiated wave loads acting on large-sized Jack-up Rig in the transit condition are usually determined by the Boundary Element Method (BEM). This article indicates general algorithm combining FEM and BEM so as to compute overall Jack-up Rig in the transit condition and apply specifically for a Jack-up Rig be erecting in Vietnamese sea condition.

Keywords: overall jack-up rig 400 ft; transit condition; global analysis.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12\(6\)-02](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12(6)-02) © 2018 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu

Giàn khoan tự nâng 400 ft (Hình 1) có khối lượng kết cấu và thiết bị khoảng 18.000 tấn và có khả năng chất tải lên tới 2.995 tấn để phục vụ công tác khoan thăm dò và phục vụ các hoạt động của giàn trên biển. Một số thông số chính của giàn khoan tự nâng 400 ft như sau:

Giàn khoan tự nâng 400 ft có khả năng hoạt động trong vùng biển sâu tối đa 400 ft (~ 120 m), chiều dài chân được thiết kế lớn nhất là 167 m (bao gồm đế chân), có thể khoan tới giếng dầu có độ sâu 9000 m. Trong trạng thái vận hành, giàn khoan tự nâng 400 ft có thể hoạt động trong điều kiện môi trường có chiều cao sóng lên tới 22 m, chịu được gió bão cấp 12.

Giàn khoan tự nâng không thể tự hành, để di chuyển giữa các vị trí khác nhau trên biển cần có sự hỗ trợ của tàu kéo (gọi là di chuyển ướt) hoặc sử dụng phương tiện chuyên chở (gọi là di chuyển khô).

*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: cuongdq.vctb@gmail.com (Cường, Đ. Q)



Hình 1. Hình ảnh thực tế giàn khoan tự nâng nổi trên biển



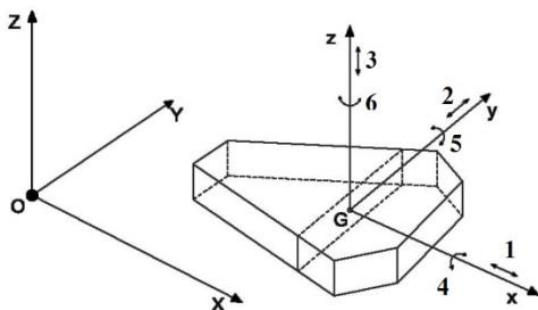
Hình 2. Mô hình tương đương để phân tích giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển [1, 2]

Hiện nay, các tiêu chuẩn tính toán giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển ướ [1, 2] (Hình 2), việc tính toán chỉ được thực hiện cho các cấu kiện riêng lẻ (chân hoặc thân) dựa vào mô hình tương đương mà chưa xét đến sự làm việc đồng thời của cả chân và thân, do đó việc kiểm tra bền cục bộ cho kết cấu thân chịu lực thủy động và tải trọng khác chưa được xét đến. Bài báo dựa vào các lý thuyết sóng nhiễu xạ, bức xạ để xác định lực thủy động và lực quán tính theo phương pháp phần tử biên, sau đây chuyển các lực này vào mô hình tổng thể (bao gồm kết cấu thân, chân, đế chân và các chi tiết liên kết thân với chân) để tính toán và kiểm tra bền kết cấu chân và vỏ theo các tiêu chuẩn hiện hành.

2. Cơ sở lý thuyết để tính toán kết cấu giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển

2.1. Tải trọng sóng và lực quán tính

a. Định nghĩa các chuyển động (Hình 3)



Hình 3. Định nghĩa hệ trục tọa độ và các phương chuyển động

Dịch chuyển

1. Dịch dọc (theo phương X)
2. Dịch ngang (theo phương Y)
3. Dao động đứng (theo phương Z)

Xoay

4. Lắc dọc (quanh trục X)
5. Lắc ngang (quanh trục Y)
6. Xoay kết cấu (quanh trục Z)

b. Phương trình chuyển động

Phương trình chuyển động tổng quát có dạng [3]:

$$(M + A) \ddot{U} + C \dot{U} + K_{hys} U = F(t) \quad (1)$$

trong đó M là ma trận khối lượng kết cấu trong tọa độ tổng thể; A là ma trận khối lượng nước kèm với các thành phần A_{ij} tương ứng được tính theo hàm thể sóng bức xạ φ_{rj} và n_i là véc tơ pháp tuyến của phần tử có diện tích dS trên bề mặt ngập nước S_0 của kết cấu:

$$A_{ij} = \text{Re} \left\{ \rho \iint_{S_0} \varphi_{rj} n_i dS \right\} \quad (2)$$

trong đó C là ma trận cản với các thành phần C_{ij} được xác định theo hàm thể sóng bức xạ φ_{rj} (bỏ qua ảnh hưởng cản nhớt của môi trường và cản nội kết cấu) được xác định theo công thức sau:

$$C_{ij} = \text{Im} \left\{ \omega \rho \iint_{S_0} \varphi_{rj} n_i dS \right\} \quad (3)$$

trong đó ω là tần số sóng có kể đến ảnh hưởng của dòng chảy thông qua hiệu ứng Doppler phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy và góc hợp bởi chiều của dòng chảy và ảnh hưởng của vận tốc chuyển động công trình và ρ là khối lượng riêng của nước biển.

K_{hys} là ma trận độ cứng thủy tĩnh, được thiết lập bởi các lực phục hồi hay lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt ướt S_0 khi kết cấu thực hiện các dao động lắc. Các lực phục hồi này có xu hướng đưa công trình trở lại trạng thái cân bằng ban đầu. Cụ thể:

$$K_{hys} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K_{33} & K_{34} & K_{35} & 0 \\ 0 & 0 & K_{43} & K_{44} & K_{45} & K_{46} \\ 0 & 0 & K_{53} & K_{54} & K_{55} & K_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

trong đó

$$\begin{aligned} K_{33} &= -\rho g \int_{S_0} n_3 dS; & K_{45} &= K_{54} = -\rho g \int_{S_0} (X - X_g)(Y - Y_g) n_3 dS \\ K_{34} &= -\rho g \int_{S_0} (Y - Y_g) n_3 dS; & K_{44} &= -\rho g \int_{S_0} (Y - Y_g)^2 n_3 dS + \rho g (Z_B - Z_g) \nabla \\ K_{35} &= -\rho g \int_{S_0} (X - X_g) n_3 dS; & K_{55} &= -\rho g \int_{S_0} (X - X_g)^2 n_3 dS + \rho g (Z_B - Z_g) \nabla \\ K_{46} &= -\rho g (Z_B - Z_g) \nabla; & K_{56} &= -\rho g (Y_B - Y_g) \nabla \end{aligned} \quad (5)$$

$\bar{U}$, $\bar{U}$ lần lượt là véc tơ thành phần vận tốc và gia tốc chuyển động của hệ.

$F(t)$ là véc tơ tải trọng sóng tác động lên thân nổi của kết cấu, bao gồm lực sóng tới (F_I) và lực sóng nhiễu xạ (F_D). Bỏ qua ảnh hưởng của các yếu tố thủy động bậc cao, thành phần chuyển động thứ j của véc tơ lực sóng bậc 1 tác dụng lên kết cấu được đặc trưng bởi hàm thể vận tốc $\varphi(\bar{X})$ tại điểm $\bar{X} = (X, Y, Z)$ được xác định như sau:

$$F_j = F_{Ij} + F_{Dj} \quad (6)$$

trong đó Lực sóng tới Froude-Krylov, xác định theo:

$$F_{Ij} = -i\omega\rho \int_{S_0} \varphi_I(\bar{X}) n_j dS \quad (7)$$

Lực sóng nhiễu xạ, xác định theo:

$$F_{dj} = -i\omega\rho \int_{S_0} \varphi_d(\bar{X}) n_j dS \quad (8)$$

trong đó φ_I, φ_d lần lượt là hàm thế sóng tới, nhiễu xạ sẽ được xác định ở mục c dưới đây.

c. Xác định thế vận tốc [3, 4]

Sóng được đặc trưng bởi hàm thế vận tốc $\varphi(\bar{X})$ để tính toán giá trị sóng nhiễu xạ, bức xạ và các hệ số trong phương trình (1) được giả thiết với các điều kiện dưới đây trong hệ trục tọa độ gốc (OXYZ, Hình 3):

Công thức Laplace:

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial Z^2} \quad (9)$$

Áp dụng cho mọi miền ướt trên kết cấu.

Phương trình điều kiện biên mặt thoáng:

$$-\omega^2\varphi + g\frac{\partial\varphi}{\partial Z} = 0, \quad \text{với } z = 0 \quad (10)$$

Điều kiện biên tiếp xúc:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n} = \begin{cases} -i\omega n_i & \text{cho hàm thế sóng bức xạ} \\ -\frac{\partial\varphi}{\partial n} & \text{cho hàm thế sóng nhiễu xạ} \end{cases} \quad (11)$$

Phương trình điều kiện biên đáy biển độ sâu d :

$$\frac{\partial\varphi}{\partial z} = 0, \quad \text{với } z = d \quad (12)$$

Với điều kiện biên xa vô cùng thì điều kiện $\sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty$ cần đưa vào phương trình bức xạ.

Để xác định hàm thế vận tốc sóng. Sử dụng phương trình Laplace, các điều kiện biên nêu trên và Hàm Green's [3, 4], khi đó hàm thế được viết như sau:

$$\varphi(\bar{X}) = \frac{1}{4\pi} \int_{S_0} \sigma(\bar{\xi}) G(\bar{X}, \bar{\xi}, \omega) dS \quad (13)$$

Thay công thức (13) vào các công thức (2), (3), (7), (8) thu được các giá trị $A_{ij}, C_{ij}, F_{Ij}, F_{dj}$ để giải phương trình chuyển động (1).

d. Lực quán tính

Sau khi có các thành phần chuyển động lắc của trọng tâm hệ được xác định từ phương trình chuyển động (1), các thành phần này gây ra lực quán tính tại điểm đặt khối lượng thứ i của các kết cấu của thuộc hệ được xác định theo các phương trình sau [5]:

Lực quán tính dọc trục x :

$$F_{iax} = -m_i a_{ix}, \quad \text{với } a_{ix} = a \cos \beta \quad (14)$$

Lực quán tính li tâm:

$$F_{i\theta_x} = -m_i (r_i \dot{\theta}_{ix}) \quad (15)$$

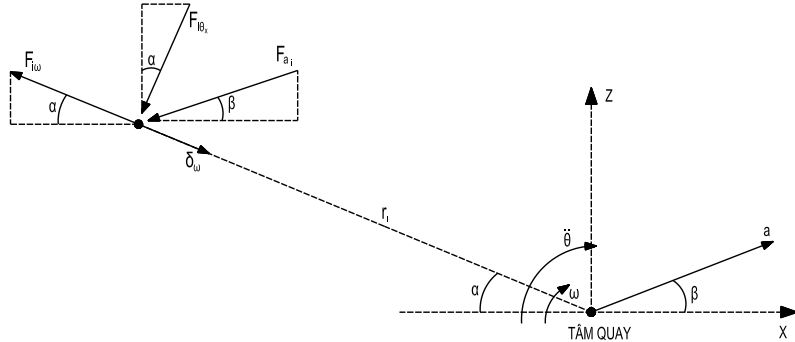
Lực quán tính tiếp tuyến:

$$F_{i\omega} = -m_i (r_i \omega^2) \quad (16)$$

Lực quán tính theo trục x do các thành phần gia tốc tịnh tiến và gia tốc xoay gây nên:

$$F_{ix} = -m_i (a_{ix} + r_i \dot{\theta}_{ix} \sin \alpha + \omega^2 r_i \cos \alpha) \quad (17)$$

trong đó θ_{ix} là góc nghiêng do chuyển động lắc của khối lượng thứ i quay quanh trục x (rad) (Hình 4). Lực quán tính theo trục y được biểu diễn tương tự như trục x .



Hình 4. Lực quán tính trong hệ trục tọa độ cầu

2.2. Phân tích tổng thể kết cấu giàn khoan tự nâng sử dụng phương pháp PTHH

Mô hình tổng thể giàn khoan tự nâng bao gồm các kết cấu thân, chân và đế chân. Các kết cấu này được mô hình bằng phần tử tấm vỏ và thanh liên kết với nhau tại nút. Phương trình phần tử hữu hạn trong hệ tọa độ tổng thể của kết cấu giàn khoan tự nâng có dạng:

$$[K] \{X_N\} = \{P\} \quad (18)$$

trong đó $[K]$ là ma trận độ cứng tổng thể của kết cấu; $\{X_N\}$ là véc tơ chuyển vị các nút kết cấu; $\{P\}$ là véc tơ lực nút; $\{P\} = \sum P_i$, trong đó P_i bao gồm: Lực sóng, dòng chảy tại các nút thuộc mặt ướt của thân: được xác định trong mục 2.1 và chuyển sang mô hình PTHH sẽ được trình bày ở mục 2.3; Tải trọng gió lên chân và thân: Được tính toán theo tiêu chuẩn [2]; Phản lực của các kết cấu phụ: được tính toán riêng từng kết cấu và nhập vào vị trí liên kết giữa chúng và thân; Tải trọng công nghệ, thiết bị: công nghệ và thiết bị đặc trưng bởi giá trị và tọa độ trọng tâm được cho trong [6], tải trọng này được nhập vào các vị trí tương ứng trên mặt bằng công nghệ; Lực quán tính: được tính toán trong mục 2.1.

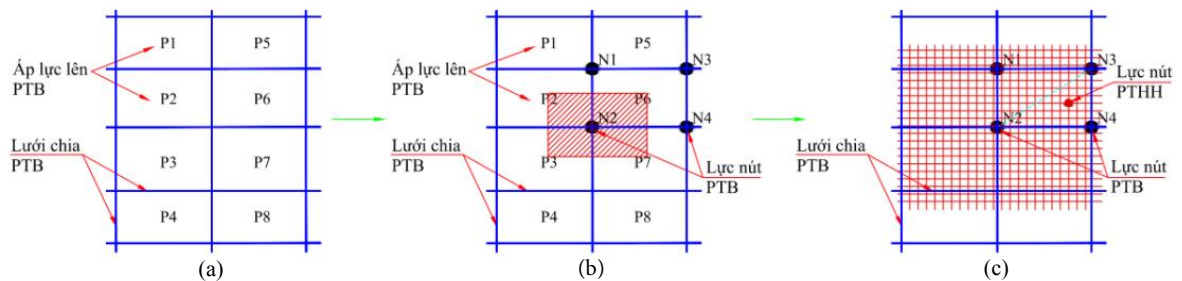
2.3. Chuyển các lực thủy động, thủy tĩnh vào mô hình PTHH [3]

Kết quả từ phương pháp phần tử biên cần chuyển sang phần tử hữu hạn để tính toán kết cấu bao gồm lực thủy động, thủy tĩnh do sóng và lực quán tính do dao động lắc. Sự khác biệt lớn nhất giữa 2 phương pháp phần tử biên (PTB) và phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) là việc lưới chia không giống nhau làm cho quá trình chuyển lực sóng từ lưới chia phần tử biên sang lưới chia phần tử hữu hạn trở nên phức tạp hơn. Để giải quyết vấn đề này ta có thể dùng 1 thuật toán để chuyển đổi chúng như sau:

Bước 1: Kết quả đầu ra của phương pháp phần tử biên là áp lực lên lưới chia phần tử biên: $P_1, P_2, \dots, P_n$ (Hình 5(a)). Lưới chia PTB thường thô, có kích thước lớn (cạnh lớn nhất từ 2-5 m);

Bước 2: Quy áp lực tại các phần tử trên lưới chia PTB về giá trị áp lực tại các nút trong lưới chia PTB từ các diện tích quy đổi quanh nút PTB (Hình 5(b));

Bước 3: Từ các vị trí và tọa độ đã xác định từ 2 mô hình, chuyển giá trị áp lực nút trong lưới chia PTB sang giá trị áp lực nút trong lưới chia phần tử hữu hạn theo phương pháp trọng số trung bình (Hình 5(c));



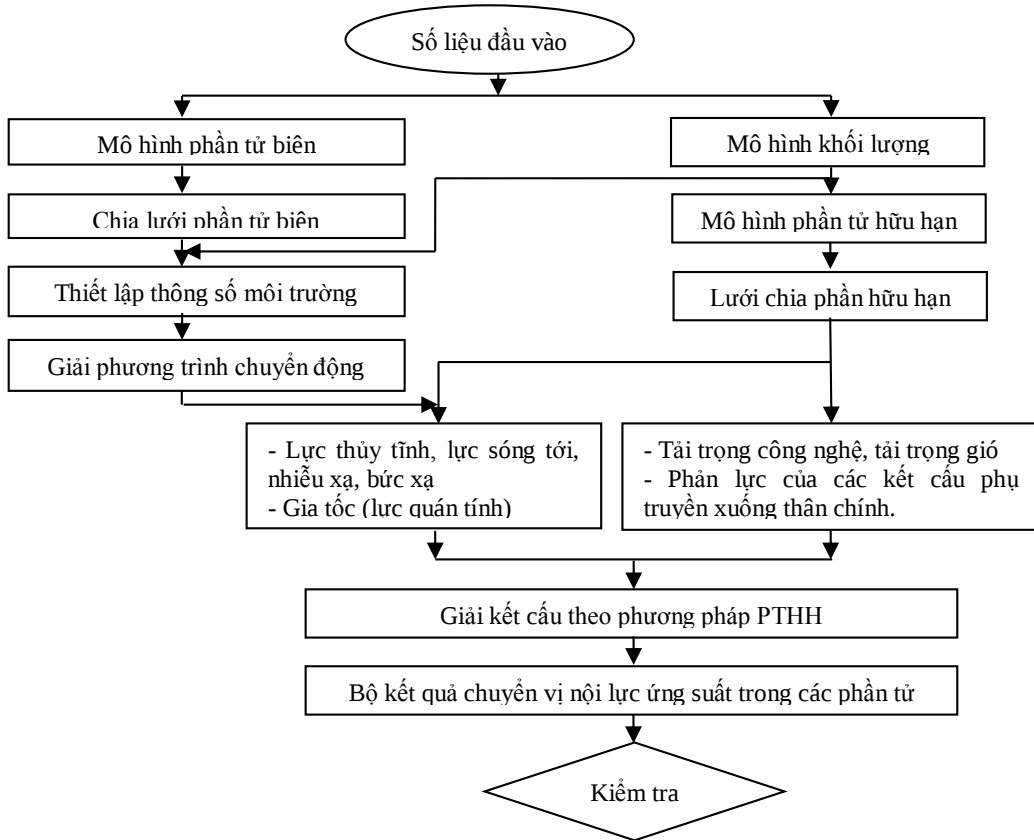
Hình 5. Minh họa các bước chuyển lực sóng từ mô hình PTB sang mô hình PTHH

3. Thuật toán tổng quát kết hợp giữa phần tử biên và phần tử hữu hạn để tính toán tổng thể giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển

Hình 6 là thuật toán tổng quát để tính toán tổng thể kết cấu giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển kết hợp giữa phương pháp PTB và PTHH. Ngoài ra, bài báo còn làm rõ sự khác nhau giữa mô hình PTB và PTHH.

- **Mô hình PTB:** Trong phương pháp PTB xem kết cấu là tuyệt đối cứng đặc trưng bởi 1 chất điểm có các trưng về khối lượng (tổng khối lượng, điểm đặt và mô men quán tính khối lượng). Vì vậy trong mô hình PTB chỉ cần quan tâm đến bề mặt ướt của kết cấu mà không cần quan tâm đến các kết cấu khác và hệ thống gia cường bên trong thân chính.

- **Mô hình PTHH:** mô hình PTHH phục vụ cho việc tính toán kết cấu, vì thế các kết cấu trong mô hình cần đầy đủ và chính xác, tùy thuộc vào khả năng xử lý của phần cứng và phần mềm tính toán mà lựa chọn mô hình tổng thể cho phù hợp, thông thường mô hình PTHH tổng thể bao gồm kết cấu chân, thân và đế chân, các kết cấu còn lại được mô hình dưới dạng phản lực đặt vào vị trí liên kết giữa chúng và thân chính.



Hình 6. Thuật toán kết hợp giữa phần tử biên và phần tử hữu hạn để kiểm tra kết cấu nổi kích thước lớn

Bảng 1. Đặc điểm công trình và thông số tính toán

Quy mô kết cấu giàn khoan tự nâng 400 ft	Vật liệu chế tạo giàn khoan tự nâng 400 ft	Tải trọng tính toán
Chiều dài lớn nhất của thân: 70,4 m	Module đàn hồi: $E = 20000 \text{ kN/cm}^2$	Tải trọng thiết bị và công nghệ trên giàn theo Weight Control Report (WCR) của JU-2000E.
Bề rộng lớn nhất của thân: 76 m	Module đàn hồi trượt: $G = 8000 \text{ kN/cm}^2$	Số liệu môi trường:
Chiều cao của thân: 9,5 m	Giới hạn bền: $F_y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$	Chiều cao sóng: $H = 3\text{m}$
Mớn nước tính toán trong quá trình di chuyển : 7320 mm	Khối lượng riêng: $F_y = 7,85 \text{ T/m}^3$	Chu kỳ sóng: $T = 6 \text{ s}$
Tổng khối lượng kết cấu, hàng hóa thiết bị nước giàn: khoảng 24642 tấn		Vận tốc gió: $v = 75 \text{ knots}$

4. Ứng dụng kiểm tra bền kết cấu thân và chân giàn khoan tự nâng 400ft trong trạng thái di chuyển bằng phần mềm chuyên dụng ANSYS/AQWA

4.1. Đặc điểm công trình và số liệu tính toán (Bảng 1)

Phạm vi tính toán: Sử dụng bộ phần mềm ANSYS/AQWA, mô đun Aqwa sử dụng phương pháp phần tử biên tính toán các phản ứng kết cấu, gia tốc lắc và các lực thủy tĩnh cũng như thủy động lên kết cấu vỏ thân giàn khoan tự nâng. Mô đun Ansys static structure sử dụng tính toán nội lực, ứng suất biến dạng của các phần tử kết cấu. Ngoài ra sử dụng các bảng tính bền theo [7] và [8] để kiểm tra bền cho kết cấu chân và thân của giàn khoan tự nâng 400 ft trong trạng thái di chuyển với điều kiện môi trường trong vùng biển Việt Nam.

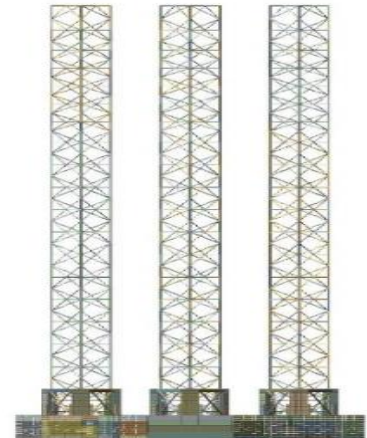
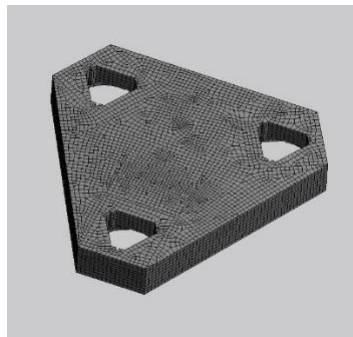
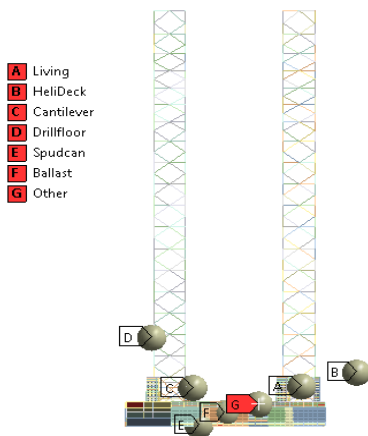
4.2. Các mô hình phục vụ tính toán

Để tính toán kết cấu giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển cần 3 mô hình chính.

Mô hình khối lượng (Hình 7) để xác định các đặc trưng về khối lượng của kết cấu trong trạng thái di chuyển như tổng khối lượng, trọng tâm và mô men quán tính khối lượng của kết cấu làm đầu vào cho mô hình PTB.

Mô hình PTB (Hình 8): chỉ bao gồm kết cấu vỏ thân tiếp xúc trực tiếp với nước, phương pháp PTB xem kết cấu là tuyệt đối cứng với các điều kiện biên nên ở mục 2.1 để xác định lực sóng và quán tính lên kết cấu giàn khoan tự nâng.

Mô hình PTHH (Hình 9) là mô hình tính toán trực tiếp kết cấu bao gồm kết cấu thân, đế chân và chân. Các tải trọng từ môi trường đến công nghệ ... sẽ được mô hình hóa lên mô hình PTHH.



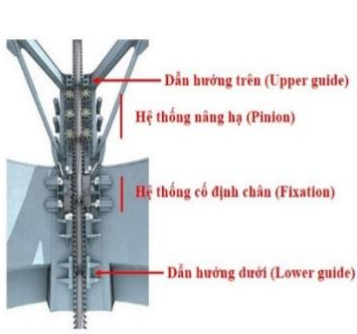
Hình 7. Mô hình khối lượng giàn khoan tự nâng 400 ft

Hình 8. Mô hình và chia lưới PTB giàn khoan tự nâng 400 ft

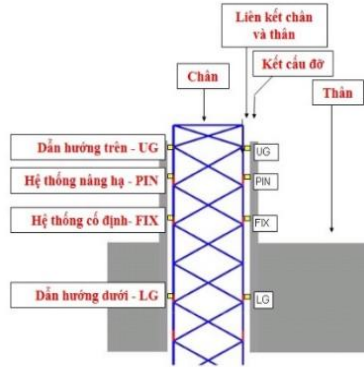
Hình 9. Mô hình phần tử hữu hạn giàn khoan tự nâng 400 ft

4.3. Liên kết giữa chân và thân [1]

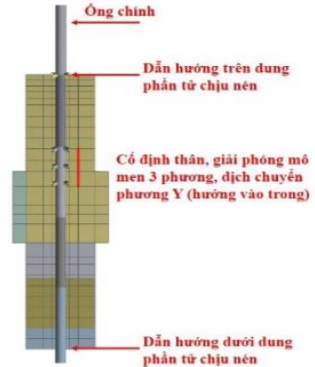
Liên kết giữa chân và thân rất quan trọng ảnh hưởng đến kết quả của bài toán vì thế cần mô tả chính xác các liên kết này. Các vị trí dẫn hướng trên và dưới có khoảng hở từ 8-13 mm giữa bánh răng và thân, sử dụng các phần tử chỉ chịu nén cho 2 liên kết này. Trên thực tế, hệ thống cố định thân chỉ cố định theo phương Z (phương nâng hạ) và X (dịch chuyển sang 2 bên) nên ta sử dụng phần tử có giải phóng mô men cả 3 phương và dịch chuyển theo phương Y (hướng vào). Tại 1 thời điểm nhất định, liên kết nâng hạ (Pin) không hoạt động nên không được mô tả trong sơ đồ tính. Các Hình 10, 11, 12 sau đây mô tả liên kết giữa chân và thân giàn (cấu tạo trên thực tế và mô hình hóa trên phần mềm).



Hình 10. Cấu tạo vị trí liên kết giữa chân và thân giàn khoan tự nâng 400 ft



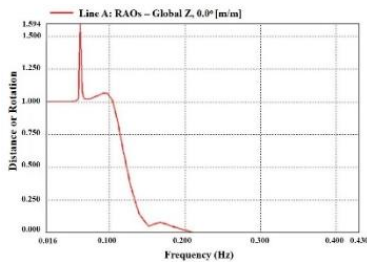
Hình 11. Liên kết giữa thân và chân theo [1]



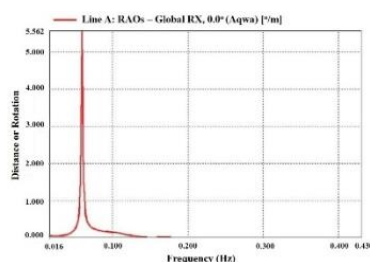
Hình 12. Mô hình hóa liên kết trong phần mềm Ansys

4.4. Kết quả tính toán bằng ANSYS/AQWA

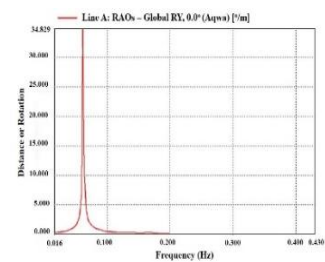
- Phản ứng của kết cấu: Hàm truyền của 3 dạng dao động chính đứng (Heave), dao động quanh trục X (Roll), quay quanh trục Y (Pitch) được thể hiện trên các Hình 13, 14 và 15.



Hình 13. Hàm truyền giữa dao động theo phương Heave (dọc trục Z) và tần số tại hướng sóng 0°



Hình 14. Hàm truyền giữa dao động theo phương Roll (quay quanh trục X) và tần số tại hướng sóng 0°



Hình 15. Hàm truyền giữa dao động theo phương Pitch (quay quanh trục Y) và tần số tại hướng sóng 0°

- Giá trị gia tốc, lực thủy tĩnh, lực sóng tối, lực nhiễu xạ, lực bức xạ tại tâm phần tử hữu hạn được thể hiện trên Hình 16.

- Sử dụng giá trị nội lực trong phần tử thanh của chân giàn khoan tự nâng, ứng suất trong phần tử tấm vỏ, nội lực trong các gia cường tấm kết hợp với tiêu chuẩn kiểm tra bền cho kết cấu chân [7], tiêu chuẩn kiểm tra bền cho thân [8] ta được kết quả kiểm tra bền cho ống chính của kết cấu chân tại các vị trí liên kết giữa chân và thân ở Bảng 2, kết quả kiểm tra bền cho tấm và các gia cường tại một số vị trí có ứng suất lớn ở Bảng 3.

Nhận xét: Các giá trị UC cho chân và tấm tương đối nhỏ (lớn nhất bằng 0,34) và các giá trị này đều nhỏ hơn 1 vì vậy kết cấu giàn khoan tự nâng trong trạng thái di chuyển đảm bảo điều kiện bền theo [7, 8]. Các vị trí có hệ số sử dụng vật liệu lớn nhất trên kết cấu vỏ của thân được thể hiện trên các Hình 17.

```

/TITLE, CASE 1001 'H = 3.0 T = 6.0 D = 0.0 P = 0.0'
! COMPONENT ANSY
SFEDELE,ALL,ALL,PRES
FDELE,ALL
LSCLEAR,INER
SFE, 20901, 2,PRES,0, 3.5935E+03, 2.2967E+03, 1.6852E+03, 2.4961E+03
SFE, 20936, 2,PRES,0, 4.6648E+03, 2.2650E+03, 3.0434E+03, 5.9775E+03
SFE, 20930, 2,PRES,0, 1.4120E+04, 8.1959E+03, 7.9670E+03, 1.3751E+04
SFE, 20934, 2,PRES,0, -1.7578E+04, -1.1843E+04, -1.0743E+04, -1.6016E+04
SFE, 20935, 2,PRES,0, -3.1957E+04, -2.3791E+04, -2.2764E+04, -3.1257E+04
SFE, 20932, 2,PRES,0, -3.1257E+04, -2.2764E+04, -2.1919E+04, -3.0578E+04
.....
SFE, 20931, 2,PRES,0, -2.9801E+04, -2.1150E+04, -2.0504E+04, -2.8949E+04
SFE, 20852, 2,PRES,0, -2.0504E+04, -1.9866E+04, -2.3326E+04, -2.3326E+04
SFE, 20910, 2,PRES,0, -2.3326E+04, -2.8015E+04, -2.8949E+04, -2.0504E+04
SFE, 20860, 2,PRES,0, -1.9647E+04, -1.9409E+04, -2.0878E+04, -2.0878E+04
SFE, 20861, 2,PRES,0, -2.0878E+04, -2.2417E+04, -2.3326E+04, -2.3326E+04
SFE, 20940, 2,PRES,0, -2.2417E+04, -2.6977E+04, -2.8015E+04, -2.3326E+04
SFE, 20941, 2,PRES,0, -2.3326E+04, -1.9866E+04, -1.9647E+04, -2.0878E+04
SFE, 20858, 2,PRES,0, -1.8852E+04, -1.8264E+04, -2.1458E+04, -2.1458E+04
SFE, 20859, 2,PRES,0, -2.5888E+04, -2.6977E+04, -2.2417E+04, -2.2417E+04
SFE, 20857, 2,PRES,0, -2.2417E+04, -2.0878E+04, -2.1458E+04, -2.5888E+04
SFE, 20839, 2,PRES,0, -2.0878E+04, -1.9409E+04, -1.8852E+04, -2.1458E+04
SFE, 20857, 2,PRES,0, -2.4682E+04, -2.5888E+04, -2.1458E+04, -2.1458E+04

```

Thông số môi trường

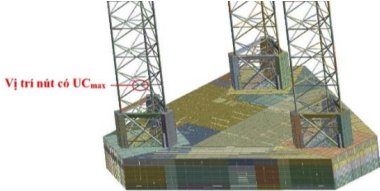
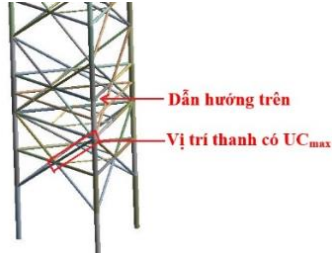
Phần tử **Nút I** **Nút J** **Nút K** **Nút L**

Giá trị áp lực lên phần diện tích tương đương quanh nút

ACEL, -2.5824E-04, -2.0664E-4, -1.3592E-01 **Gia tốc phương X, Y, Z**
CGLOC, 3.9659E+01, -2.4602E-01, 1.3585E+01 **Trọng tâm**
DCGOMG, -3.8495E-01, -3.1193E-01, -4.4480E-04 **Gia tốc phương RX, RY, RZ**
SOLVE

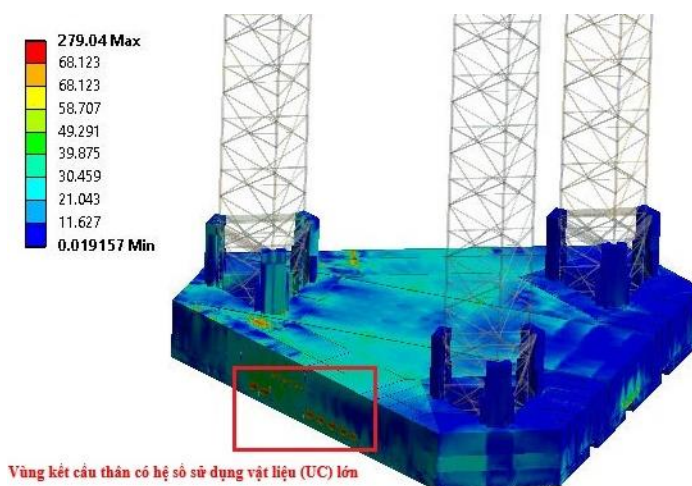
Hình 16. Giá trị gia tốc, lực thủy tĩnh, thủy động được chuyển đổi lên lưới chia PTHH

Bảng 2. Kết quả kiểm tra bền thanh và nút kết cấu chân giàn khoan tự nâng 400 ft

Bài toán	Vị trí có UC lớn nhất	UC _{max}	Kết luận
Bền thanh		0,173	Thỏa mãn điều kiện bền
Bền nút		0,190	Thỏa mãn điều kiện bền

Bảng 3. Kết quả kiểm tra bền cho kết cấu vỏ thân giàn khoan tự nâng 400 ft

STT	Bài toán	UC _{max}	Kết luận
1	Kiểm tra khả năng chịu lực của tấm giữa các gia cường	0,25	Thỏa mãn điều kiện bền
2	Kiểm tra khả năng chịu lực của tấm chịu ứng suất cắt	0,25	Thỏa mãn điều kiện bền
3	Kiểm tra tấm chịu lực cắt	0,01	Thỏa mãn điều kiện bền
4	Kiểm tra tấm chịu áp lực bên	0,34	Thỏa mãn điều kiện bền



Hình 17. Vùng kết cấu vỏ của thân giàn khoan tự nâng 400 ft có hệ số sử dụng vật liệu lớn nhất

5. Kết luận

Bài báo đã đề xuất được thuật toán tổng quát kết hợp giữa PTB và PTHH để tính toán, kiểm tra bền hệ thống kết cấu giàn khoan tự nâng (bao gồm kết cấu thân, kết cấu chân, kết cấu đế chân và các chi tiết liên kết giữa thân và chân) trong trạng thái di chuyển bằng mô hình tổng thể. Các kết quả của phương pháp PTB như lực sóng lên phần thân của công trình tự nâng (là kết cấu nổi kích thước lớn) và lực quán tính là đầu vào cho bài toán phân tích, kiểm tra kết cấu bằng phương pháp PTHH. Mô hình tổng thể theo phương pháp PTHH được sử dụng trong bài báo đã thay thế các mô hình tính toán truyền thống với mô hình kết cấu thân là tương đương. Nhờ mô hình PTHH, bài báo đã giải quyết trọn vẹn bài toán bền của thân trong trạng thái di chuyển.

Bài toán kết hợp giữa PTB và PTHH để kiểm tra bền hệ thống kết cấu nổi kích thước lớn của giàn khoan tự nâng 400 ft trong trạng thái di chuyển theo sơ đồ thuật toán như Hình 6 của bài báo này đã được giải quyết với sự trợ giúp của chương trình phần mềm chuyên dụng ANSYS/AQWA, là phần mềm tính toán bản quyền thuộc Viện Xây dựng Công trình biển.

Các nghiên cứu tiếp theo sẽ đi sâu nghiên cứu phân tích sự làm việc của hệ thống kết cấu giàn khoan tự nâng 400 ft trong các trạng thái khai thác, trạng thái biển cực hạn và trạng thái nâng hạ để đi đến kết luận về độ an toàn của hệ thống kết cấu giàn khoan tự nâng 400 ft trong điều kiện biển Việt Nam.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của đề tài khoa học cấp Nhà nước, mã số SPQG02b.01-01.

Tài liệu tham khảo

- [1] DnV-RP-C104 (2012). *Self-elevating units*. Det Norske Veritas.
- [2] ABS MODU Rule (2001). *ABS rules for building and classing mobile offshore drilling units*. American Bureau of Shipping.
- [3] Ansys Inc (2013). *Aqwa theory manual*. Release 15.0.

- [4] Newman, J. N. (1978). *Advances in applied mechanics*, volume 18. Academic Press, New York.
- [5] Bentley systems, Inc (2012). *SACs User manual*. Version 7.0.
- [6] Friede and Goldman LTD (2013). *F&G JU-2000E Jackup drilling rig specification and JU2000E Weight control report*. Houston, Texas, USA.
- [7] API-RP-2A-WSD. 22th Edition (2014). *Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms—working stress design*. American Petroleum Institute.
- [8] DnV-RP-C201 (2010). *Buckling strength of plated structures*. Det Norske Veritas.