Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng NUCE 2019. 13 (1V): 46–55

ẢNH HƯỞNG CỦA HIỆU ỨNG P-Δ KHI PHÂN TÍCH ĐỘ BỀN KẾT CẤU CHÂN GIÀN KHOAN TỰ NÂNG

Đặng Đình Tuấn[a,*], Phạm Hiền Hậu[a], Vũ Đan Chỉnh[a], Hoàng Đức Niên[b]

[a] *Khoa Xây dựng Công trình biển và Dầu khí, Trường Đại học Xây dựng, 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*
[b] *Phòng Công trình Biển, Cục Đăng kiểm Việt Nam, 18 đường Phạm Hùng, quận Nam Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 25/02/2019, Sửa xong 28/03/2019, Chấp nhận đăng 29/03/2019

Tóm tắt

Trong trạng thái khai thác, giàn khoan tự nâng có đặc điểm khác biệt với các giàn khoan cố định là phần thân có kích thước lớn với tải trọng rất nặng được đỡ trên hệ thống các chân dài và mảnh. Khi chịu các tải trọng môi trường thiết kế, với chuyển vị ngang khá lớn, hiệu ứng P-Δ trên kết cấu chân do trọng lượng của phần thân gây ra cần được kể đến. Vấn đề này đã được quy định trong các tiêu chuẩn hiện hành, tuy nhiên hiện nay vẫn đang tiếp tục được nghiên cứu nhằm tiếp cận đến lời giải chính xác hơn, đặc biệt khi ảnh hưởng động của tải trọng sóng lên kết cấu giàn là đáng kể. Bài báo đặt mục tiêu phân tích, đánh giá, so sánh ảnh hưởng của hiệu ứng P-Δ đến độ bền của kết cấu chân giàn khoan tự nâng trong trạng thái khai thác dựa trên phương pháp phân tích kết cấu biến dạng lớn và các phương pháp gần đúng trong tiêu chuẩn hiện hành, giới hạn trong phạm vi bài toán tựa tĩnh. Kết quả nghiên cứu của bài báo được áp dụng cụ thể cho giàn tự nâng Tam Đảo 05, làm căn cứ đánh giá sơ bộ về mức độ ảnh hưởng của hiệu ứng này tương ứng với từng phương pháp trong tính toán thực tế.

Từ khoá: hiệu ứng P-Δ; độ bền; kết cấu chân giàn khoan tự nâng.

P-Δ EFFECTS ON STRENGTH ANALYSIS OF JACK-UP LEGS STRUCTURES

Abstract

In operating status, the most different feature between a jack-up platform and a fixed platform is a large hull with heavy loads supported by slender and long legs. When jack-up platforms are impacted by designed environmental loading, due to large lateral displacements P-Δ effects on jack-up legs structures caused by hull weight should be considered. The effects have been specified in current standards, however the problem is still being studied to approach to the more accuracy results, especially in case dynamic effects of wave loads on the structures are significant. This article aims to analyse, assess and compare the P-Δ effects on the legs strength in operation of the platforms based on method of structural large strain analysis and method of current standards with quasi-static limitation. The research results are applied for Tam Dao 05 jack-up platform to evaluate preliminary on degree of influence of the effects corresponding to each method in actual calculations.

Keywords: P-Δ effects; strength; jack-up legs structures.

https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(1V)-05 © 2019 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu

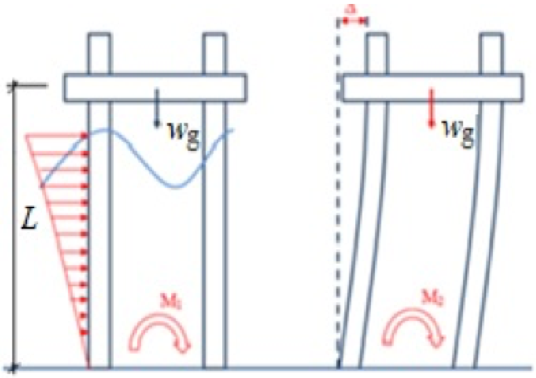
Giàn khoan tự nâng là một công trình biển di động, có khả năng hoạt động ở nhiều trạng thái (khai thác, nâng hạ, di chuyển) và ở nhiều vùng biển khác nhau. Để đáp ứng được yêu cầu hoạt động phức

*Tác giả chính. *Địa chỉ e-mail:* tuandangdinh@gmail.com (Tuấn, Đ. Đ.)

tạp, kết cấu giàn bao gồm ba phần chính: Kết cấu thân, kết cấu chân và đế chân. Kết cấu thân được cấu tạo dạng khối lớn, rỗng, chia làm nhiều khoang để đỡ toàn bộ tải trọng công nghệ và phụ trợ phục vụ hoạt động của giàn. Kết cấu thân có thể di chuyển lên xuống dọc theo hệ thống dẫn hướng đặt trên các chân. Giàn tự nâng thông thường bao gồm 3 hoặc 4 chân, mỗi chân có thể cấu tạo bởi một ống lớn hoặc dạng giàn không gian. Kết cấu đế chân gắn với chân, làm nhiệm vụ như các móng nông để giữ ổn định cho giàn trong trạng thái khai thác khi chân giàn được cắm xuống đáy biển ở độ sâu thiết kế (Hình 1).

Trong trạng thái khai thác, thân giàn với tải trọng lớn được nâng lên cao, tựa trên các chân dài và mảnh. Khi chịu tải trọng môi trường bao gồm gió, sóng và dòng chảy, do có chuyển vị ngang, trọng lượng giàn gây ra hiệu ứng gia tăng mô men cho các chân theo hiệu ứng P-Δ (Hình 2). Về bản chất, hiệu ứng này là do ảnh hưởng biến dạng lớn của kết cấu giàn, đã được phân tích trong một số nghiên cứu trên thế giới [1, 2]. Để đơn giản hóa, các tiêu chuẩn hiện nay đang hướng dẫn kể đến hiệu ứng P-Δ theo hai phương pháp chính: (1) Mô hình hóa thông qua các liên kết lò xo có độ cứng âm đặt tại trọng tâm thân giàn theo tiêu chuẩn ABS của Mỹ [3]; (2) Mô hình hóa thông qua một tải trọng ngang đặt tại cao độ thân giàn theo tiêu chuẩn DnV của Na Uy [4].

Hình 1. Hình ảnh giàn khoan tự nâng [5]



Hình 2. Minh họa hiệu ứng P-Δ của giàn khoan tự nâng trong trạng thái khai thác

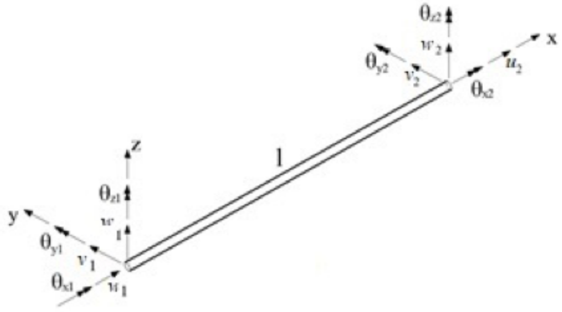
Bài báo đặt vấn đề đánh giá ảnh hưởng của hiệu ứng P-Δ đến độ bền của kết cấu chân giàn tự nâng khi phân tích tựa tĩnh kết cấu theo lý thuyết biến dạng lớn và theo hai phương pháp gần đúng theo quy phạm nên trên, áp dụng cụ thể cho giàn Tam Đảo 05. Dựa trên kết quả nghiên cứu đưa ra nhận xét về ảnh hưởng của hiệu ứng và mức độ phù hợp của từng phương pháp khi áp dụng trong tính toán thực tế.

2. Phân tích kết cấu biến dạng lớn theo phương pháp phần tử hữu hạn [6]

Khi phân tích kết cấu biến dạng lớn, quan hệ giữa biến dạng dọc trục (ε_{xx}) và chuyển vị dọc trục (u) tuân theo công thức Green. Với kết cấu thanh, giả thiết biến dạng dọc trục là nhỏ, do đó ε_{xx} được biểu diễn theo công thức (1) như sau:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2\right] \tag{1}$$

Lưu ý là đối với kết cấu tuyến tính không xét đến hiệu ứng P-Δ, công thức (1) chỉ xét đến số hạng thứ 1.



Hình 3. Quy ước hệ tọa độ và các chuyển vị của phần tử thanh

Thiết lập các hàm hình dáng $\Phi_u(x), \Phi_v(x), \Phi_w(x)$ tại hai đầu nút phần tử dựa trên phương trình đường đàn hồi của các phần tử phân biệt theo trạng thái chịu kéo và chịu nén tương ứng như sau (Hình 3):

- Đối với thanh chịu kéo:

$$\begin{aligned} v(x) &= A_1 e^{k_v x} + A_2 e^{-k_v x} + A_3 \frac{x}{l} + A_4 \\ w(x) &= B_1 e^{k_w x} + B_2 e^{-k_w x} + B_3 \frac{x}{l} + B_4 \\ u(x) &= C_1 e^{k_u x} + C_2 e^{-k_u x} + C_3 \frac{x}{l} + C_4 \end{aligned} \tag{2}$$

- Đối với thanh chịu nén:

$$\begin{aligned} v(x) &= A_1 \cos k_v x + A_2 \sin k_v x + A_3 \frac{x}{l} + A_4 \\ w(x) &= B_1 \cos k_w x + B_2 \sin k_w x + B_3 \frac{x}{l} + B_4 \\ u(x) &= C_1 \cos k_u x + C_2 \sin k_u x + C_3 \frac{x}{l} + C_4 \end{aligned} \tag{3}$$

trong đó

$$k_v^2 = \frac{|N|}{EI_z}; \quad k_w^2 = \frac{|N|}{EI_y}; \quad k_u = \sqrt{k_v^2 + k_w^2 - k_v k_w} \tag{4}$$

trong đó N là lực dọc của phần tử thanh; E là mô đun đàn hồi vật liệu; I_y, I_z lần lượt là các mô men quán tính của tiết diện quanh trục y và z. Các hệ số $A_1 \div A_4, B_1 \div B_4, C_1 \div C_4$ của phương trình được xác định theo các điều kiện biên chuyển vị tại các đầu nút thanh. Chi tiết được trình bày trong [6].

- Thiết lập ma trận độ cứng đàn hồi phi tuyến của phần tử kết cấu:

$$K^e = \begin{bmatrix} k_{\overline{uu}} & k_{\overline{uv}} & k_{uw} \\ k_{\overline{vu}} & k_{vv} & k_{vw} \\ k_{wu} & k_{wu} & k_{ww} \end{bmatrix} \tag{5}$$

trong đó, các ma trận con nằm trên đường chéo chính, có kể đến góc xoay lớn:

$$k_{\overline{uu}} = \int_0^1 EA \left(\frac{\partial \Phi_u}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial \Phi_u}{\partial x}\right)^T dx \tag{6}$$

$$k_{\overline{vv}} = \int_0^1 \left[EI_z \left(\frac{\partial^2 \Phi_v}{\partial x^2}\right)\left(\frac{\partial^2 \Phi_v}{\partial x^2}\right)^T - \frac{N}{EI_z}\left(\frac{\partial \Phi_v}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial \Phi_v}{\partial x}\right)^T \right] dx + \int_0^1 EA \left(\frac{\partial \Phi_v}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 \left(\frac{\partial \Phi_v}{\partial x}\right)^T dx \tag{7}$$

$$k_{\overline{ww}} = \int_0^1 \left[EI_y \left(\frac{\partial^2 \Phi_w}{\partial x^2}\right)\left(\frac{\partial^2 \Phi_w}{\partial x^2}\right)^T - \frac{N}{EI_y}\left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial x}\right)^T \right] dx + \int_0^1 EA \left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 \left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial x}\right)^T dx \tag{8}$$

trong đó A là diện tích tiết diện phần tử.

Các ma trận con liên hệ giữa các chuyển vị dọc trục và chuyển vị ngang, tuyến tính với chuyển vị xoay:

$$k_{\overline{uv}} = k_{\overline{vu}}^T = \int_0^1 EA \left(\frac{\partial \Phi_u}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial \Phi_v}{\partial x}\right)^T dx \tag{9}$$

$$k_{\overline{uw}} = k_{\overline{wu}}^T = \int_0^1 EA \left(\frac{\partial \Phi_u}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial x}\right)^T dx \tag{10}$$

Ma trận con liên hệ giữa các chuyển vị theo hai phương ngang tương ứng:

$$k_{\overline{wv}} = k_{\overline{vw}}^T = \int_0^1 EA \left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial \Phi_v}{\partial x}\right)^T dx \tag{11}$$

- Phân tích kết cấu theo phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH):

Kết cấu được phân tích theo từng bước gia tăng của tải trọng. Tại mỗi bước, số gia phản ứng của kết cấu ΔV được xác định theo phương trình cân bằng tĩnh học:

$$K^e \Delta V = \Delta F \tag{12}$$

trong đó số gia véc tơ tải trọng ΔF bao gồm các thành phần lực nút và lực phân bố trên thanh được gia tăng tương ứng với từng trường hợp tải trọng. Dựa trên sự thay đổi trạng thái của kết cấu mà các tải trọng này cũng được thay đổi tương ứng.

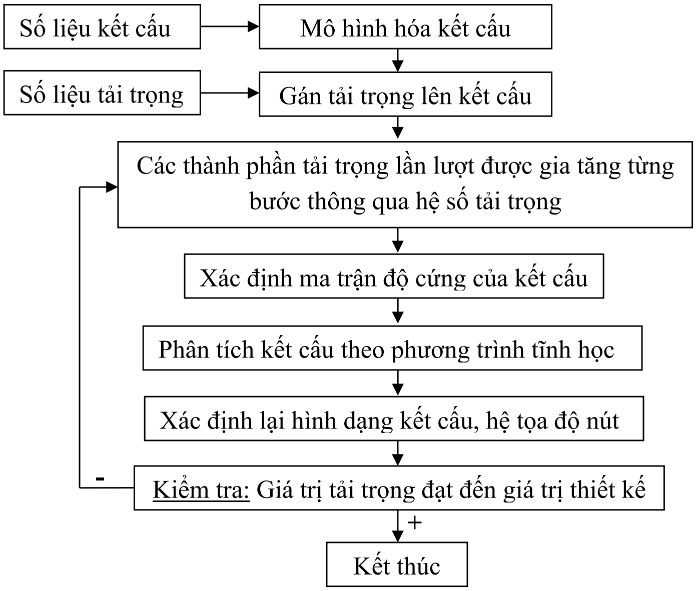
Quy trình phân tích kết cấu biến dạng lớn theo phương pháp PTHH được hệ thống theo các bước như Hình 4.

3. Xác định hiệu ứng P-Δ theo tiêu chuẩn hiện hành

3.1. Theo tiêu chuẩn ABS [3]

Hiệu ứng P-Δ được kể đến qua một lò xo theo phương tương ứng với hướng sóng có độ cứng âm, được đặt tại trọng tâm phần thân của kết cấu. Độ cứng lò xo được xác định theo công thức (13).

$$K_{pd} = -\frac{W_g}{L} \tag{13}$$



Hình 4. Quy trình phân tích kết cấu biến dạng lớn theo phương pháp PTHH

trong đó W_g là trọng lượng của toàn bộ phần thân, phần chân tính từ vị trí liên kết từ thân trở lên; L là khoảng cách từ điểm đế chân tiếp đất đến trọng tâm phần thân của kết cấu (Hình 2).

3.2. Theo tiêu chuẩn DnV [4]

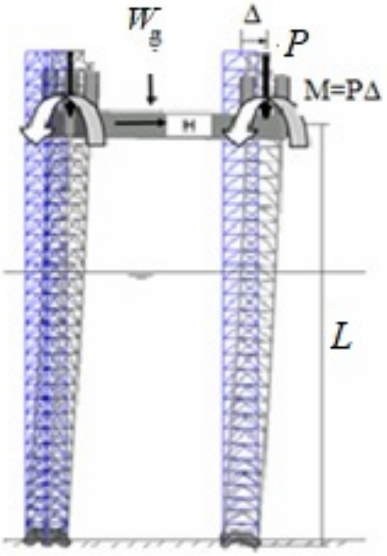
Hiệu ứng P-Δ được kể đến như một lực ngang đặt tại trọng tâm phần thân của kết cấu, xác định theo công thức (14) (Hình 5).

$$H = \frac{W_g \Delta}{L} \tag{14}$$

trong đó Δ là tổng chuyển vị ngang tương ứng với hướng sóng được xác định theo công thức (15):

$$\Delta = \alpha(e_0 + e) \tag{15}$$

trong đó e_0 là chuyển vị ngang kể đến các biến dạng cưỡng bức, trong trường hợp không đủ số liệu thì giá trị của e0 có thể lấy bằng 0,005L; e là chuyển vị ngang do tổ hợp tải trọng môi trường tương ứng gây ra, được xác định theo kết quả phân tích kết cấu; α là hệ số hiệu ứng phi tuyến, được xác định theo công thức (16):



Hình 5. Hiệu ứng P-Δ theo DnV RP C104

$$\alpha = \frac{1}{\left(1 - \frac{P}{P_e}\right)} \tag{16}$$

trong đó P là tổng lực dọc lên 1 chân; P_e là lực dọc gây mất ổn định theo Euler của chân, xác định theo phụ lục A2 của tiêu chuẩn DnV RP C104 [4].

4. Kiểm tra bền kết cấu chân giàn tự nâng theo tiêu chuẩn AISC

Các phần tử kết cấu chân giàn khoan tự nâng chịu các tổ hợp lực nén uốn hoặc kéo uốn, điều kiện bền được kiểm tra theo tiêu chuẩn AISC [7]. Công thức kiểm tra bền được tóm tắt như sau:

- Với phần tử kết cấu chịu tổ hợp lực nén uốn thì kiểm tra đồng thời hai điều kiện sau:

$$UC_1 = \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \dfrac{f_a}{F'_{ex}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \dfrac{f_a}{F'_{ey}}\right) F_{by}} \leq 1{,}0 \tag{17}$$

$$UC_2 = \frac{f_a}{0{,}6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1{,}0 \tag{18}$$

- Với phần tử kết cấu chịu tổ hợp lực kéo uốn:

$$UC = \frac{f_a}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1{,}0 \tag{19}$$

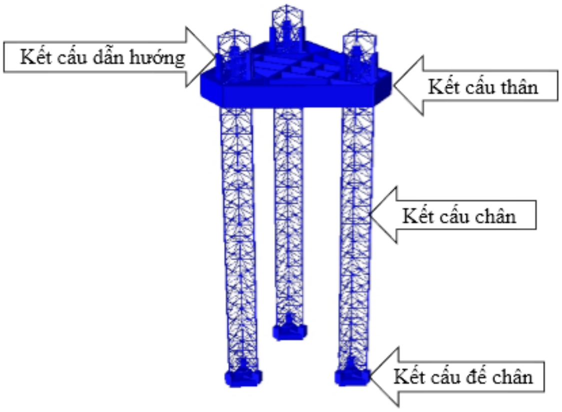
trong đó f_a, f_{bx}, f_{by} lần lượt là ứng suất gây ra do lực dọc, mô men uốn quanh trục x và trục y của tiết diện thanh; F_y là giới hạn chảy của vật liệu; F_a và F_t lần lượt là ứng suất cho phép chịu nén và chịu kéo của thanh; F_{bx}, F_{by} lần lượt là ứng suất cho phép chịu mô men uốn quanh trục x và trục y của tiết diện thanh; F'_{ex} và F'_{ey} là ứng suất giới hạn mất ổn định của thanh theo trục x và trục y; C_{mx} và C_{my} là các hệ số ảnh hưởng của mô men uốn quanh trục x và trục y của tiết diện thanh. Chi tiết cách xác định các đại lượng trong các công thức trên được trình bày trong [7].

5. Ứng dụng kết quả nghiên cứu

Tính toán giàn khoan tự nâng Tam Đảo 05 với các số liệu đầu vào được tóm tắt như sau:

5.1. Số liệu kết cấu

Kết cấu giàn khoan tự nâng Tam Đảo 05 (Hình 6) bao gồm: Đế chân (spudcan), kết cấu chân (leg structure), kết cấu thân giàn (hull structure), kết cấu dẫn hướng (liên kết thân và chân) với các số liệu đầu vào tính toán theo [5, 8, 9] được tóm tắt trong Bảng 1.



Hình 6. Sơ đồ tính kết cấu giàn Tam Đảo 05 bằng phần mềm SACS

Bảng 1. Các thông số chính của giàn Tam Đảo 05

Thông số chính kích thước giàn	Giá trị
Độ sâu nước (m)	122
Chiều dài chân (m)	167
Kích thước chân giàn (L × B × D), (m)	70,4 × 76,0 × 9,4
Kiểu chân giàn	Δ
Khoảng cách chân (dọc × ngang), (m)	47,6 × 45,7
Hoạt tải chức năng trạng thái khai thác (T)	3.766
Hoạt tải chức năng trạng thái bão cực hạn (T)	2.995
Tải trọng thân giàn (T)	8.500
Tải trọng đế chân (T)	1.082,56

5.2. Số liệu môi trường

Số liệu sóng mỏ Thiên Ưng [10]: Chiều cao sóng ở hai hướng SE (180°) và NE (270°) với chu kỳ lặp 1 năm và 100 năm là lớn nhất nên được chọn để tính toán. Số liệu sóng và dòng chảy điển hình áp dụng để tính toán được cho trong Bảng 2.

Bảng 2. Số liệu sóng tính toán cho 2 hướng nguy hiểm nhất

Chu kỳ lặp	Hướng 180°		Hướng 270°	
	Khai thác	Bão cực hạn	Khai thác	Bão cực hạn
Chiều cao sóng Hmax (m)	6,10	9,40	10,60	15,5
Chu kỳ sóng T (s)	6,20	7,40	8,90	12,40
Vận tốc dòng chảy mặt (m/s)	0,71	0,83	1,06	2,17
Vận tốc dòng chảy tại độ sâu 50 m	0,36	0,47	0,76	1,53

5.3. Kết quả tính toán

Thực hiện mô hình hóa và phân tích kết cấu chân giàn khoan tự nâng TAM ĐẢO 05 bằng phần mềm chuyên dụng SACS 5.8 theo quy trình tính toán được trình bày ở Hình 4 với 4 mô hình: (1) Mô hình tuyến tính không kể đến hiệu ứng P-Δ; (2) Mô hình phân tích kết cấu có biến dạng lớn; (3) Mô hình có kể đến hiệu ứng P-Δ theo tiêu chuẩn ABS; (4): Mô hình có kể đến hiệu ứng P-Δ theo tiêu chuẩn DnV.

Trong phần tính toán áp dụng này chỉ xét bài toán tựa tĩnh. Chu kỳ dao động riêng lớn nhất của kết cấu tương ứng với trạng thái khai thác là 10,421 s và trạng thái bão cực hạn là 10,724 s. Từ đó hệ số động được xác định theo [3] tương ứng với trạng thái khai thác là 2,465 và trạng thái bão cực hạn là 3,577. Các hệ số này được sử dụng để hiệu chỉnh tải trọng sóng như một hệ số vượt tải.

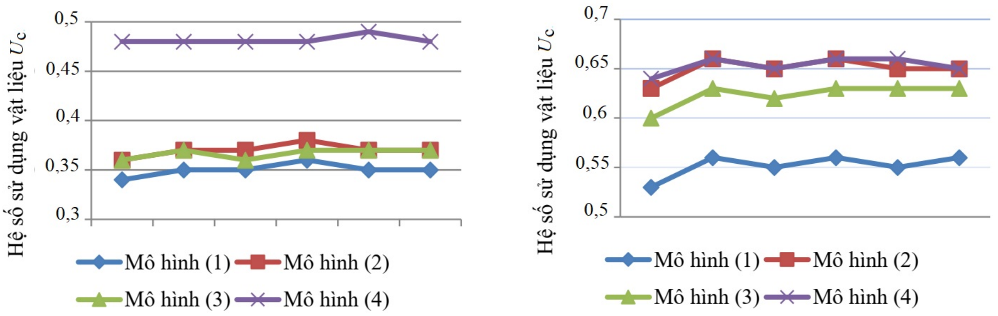
Kết cấu được kiểm tra bền theo tiêu chuẩn AISC, đã được trình bày trong mục 4. Kết quả kiểm tra bền của một số phần tử nguy hiểm nhất của kết cấu chân giàn sử dụng phần mềm SACS được tóm tắt trong Bảng 3, Bảng 4 và được tổng hợp so sánh ở đồ thị Hình 7; kết quả riêng của 01 phần tử (phần tử 0BVJ-0BVV) được thể hiện dưới giao diện hình ảnh ở Hình 8 và Hình 9.

Bảng 3. Kết quả kiểm tra bền kết cấu chân giàn trong trạng thái khai thác

STT	Phần tử	Tiết diện	Tổ hợp	Kết quả *UC*			
				Mô hình (1)	Mô hình (2)	Mô hình (3)	Mô hình (4)
1	0627-0BVJ	CHB	OP02	0,34	0,36	0,36	0,48
2	0BUF-0BUR	CHB	OP02	0,35	0,37	0,37	0,48
3	0BUU-0BVG	CHB	OP02	0,35	0,37	0,36	0,48
4	0BVG-0BUF	CHB	OP02	0,36	0,38	0,37	0,48
5	0BVJ-0BVV	CHB	OP02	0,35	0,37	0,37	0,49
6	0BVV-0BUU	CHB	OP02	0,35	0,37	0,37	0,48

Bảng 4. Kết quả kiểm tra bền kết cấu chân giàn trong trạng thái bão cực hạn

STT	Phần tử	Tiết diện	Tổ hợp	Kết quả *UC*			
				Mô hình (1)	Mô hình (2)	Mô hình (3)	Mô hình (4)
1	0627-0BVJ	CHB	ST02	0,53	0,63	0,60	0,64
2	0BUF-0BUR	CHB	ST02	0,56	0,66	0,63	0,66
3	0BUU-0BVG	CHB	ST02	0,55	0,65	0,62	0,65
4	0BVG-0BUF	CHB	ST02	0,56	0,66	0,63	0,66
5	0BVJ-0BVV	CHB	ST02	0,55	0,65	0,63	0,66
6	0BVV-0BUU	CHB	ST02	0,56	0,65	0,63	0,65



(a) Trạng thái khai thác

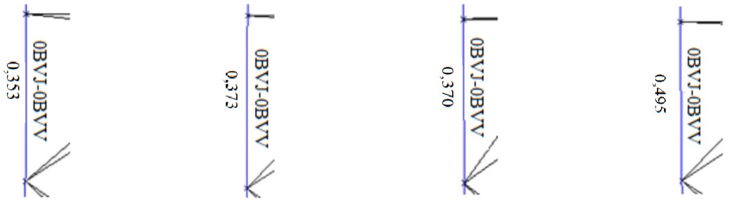
(b) Trạng thái bão cực hạn

Hình 7. Kết quả tính kiểm tra bền kết cấu chân giàn

Đánh giá kết quả tính toán:

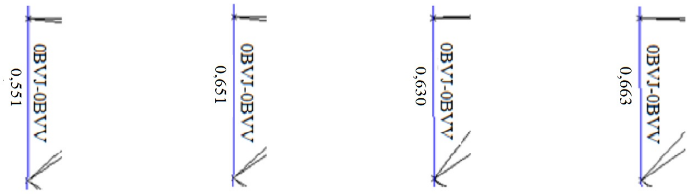
- Kết quả tính toán kiểm tra bền theo lý thuyết phân tích kết cấu biến dạng lớn (Mô hình 2) và theo tiêu chuẩn ABS (Mô hình 3) là khá tương đồng nhau và cùng lớn hơn khi không kể đến ảnh hưởng của hiệu ứng P-Δ (Mô hình 1) khoảng từ 6% đến 18%.

- Kết quả tính toán theo tiêu chuẩn DnV (Mô hình 4) là lớn nhất, chênh từ 20% đến 31% so với khi không kể đến hiệu ứng P-Δ. Nguyên nhân gây ra độ lệch khá nhiều này có thể được lý giải là do một số thông số sử dụng trong tính toán lực ngang H đại diện cho hiệu ứng P-Δ được xác định theo kinh nghiệm của các giàn khai thác trong điều kiện biển Bắc, là khắc nghiệt hơn so với điều kiện biển Việt Nam.



(a) Mô hình 1 (b) Mô hình 2 (c) Mô hình 3 (d) Mô hình 4

Hình 8. Kết quả kiểm tra bền phần tử 0BVJ-0BVV trạng thái khai thác



(a) Mô hình 1 (b) Mô hình 2 (c) Mô hình 3 (d) Mô hình 4

Hình 9. Kết quả kiểm tra bền phần tử 0BVJ-0BVV trạng thái bão cực hạn

6. Kết luận, kiến nghị

Việc kể đến ảnh hưởng của hiệu ứng P-Δ khi phân tích kiểm tra độ bền của giàn khoan tự nâng khai thác trong điều kiện biển Việt Nam, đặc biệt là ở khu vực có độ sâu nước lớn hơn 100 m là cần thiết.

Áp dụng phương pháp phân tích của các tiêu chuẩn là đơn giản hơn và cho kết quả an toàn hơn so với phân tích tổng thể kết cấu theo lý thuyết biến dạng lớn.

Phương pháp phân tích theo lý thuyết biến dạng lớn là phương pháp tổng quát, phản ánh đúng ảnh hưởng của hiệu ứng P-Δ đến từng phần tử, tuy nhiên khi áp dụng trong phân tích động lực học sẽ gặp khó khăn do tính chất phi tuyến của kết cấu.

Phương pháp phân tích theo tiêu chuẩn ABS thay hiệu ứng P-Δ lên kết cấu chân bằng các lò xo có độ cứng âm đặt tại trọng tâm của thân tương ứng với các hướng tác động của điều kiện môi trường, với ý nghĩa là làm giảm độ cứng của kết cấu chân. Do hệ vẫn được coi là tuyến tính nên chưa phản ảnh chính xác sự thay đổi trạng thái chịu lực thực tế trên từng phần tử do hiệu ứng P-Δ gây ra, tuy nhiên phương pháp này có thể áp dụng dễ dàng khi phân tích dao động riêng và phân tích động lực học kết cấu.

Phương pháp phân tích theo tiêu chuẩn DnV thay hiệu ứng P-Δ bằng một tải trọng ngang đặt tại cao độ trọng tâm phần thân. Về ý nghĩa vật lý thì phương pháp này gần giống với tiêu chuẩn ABS, tuy nhiên có khác biệt là đã kể đến hiệu ứng uốn dọc theo Euler và kể đến chuyển vị cưỡng bức do các biến dạng không đồng đều giữa các chân. Nhược điểm của phương pháp là khó xử lý khi phân tích động lực học do tải trọng bổ sung là tải trọng tĩnh. Mặt khác giá trị chuyển vị cưỡng bức khó xác định cụ thể và các giá trị ước lượng là dựa trên điều kiện khai thác ở vùng biển Bắc.

Do kết cấu giàn tự nâng thường có chu kỳ dao động riêng lớn nên việc tính toán theo mô hình động lực học là phù hợp hơn mô hình tựa tĩnh. Nhóm tác giả đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo là phân tích ảnh hưởng của hiệu ứng P-Δ khi phân tích động kết cấu giàn tự nâng.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của trường Đại học Xây dựng cho đề tài mã số 185-2018/KHXD-TĐ. Bài báo có trích dẫn số liệu giàn cho phần tính toán áp dụng số từ Đề tài Cấp Nhà nước do PGS. TS. Đinh Quang Cường chủ nhiệm [5] và tham khảo các tài liệu, các nghiên cứu của các tác giả khác. Xin chân thành cám ơn các tác giả, các cơ quan, tổ chức liên quan.

Tài liệu tham khảo

[1] HSE (2002). *Interpretation of full scale monitoring data from a jack-up rig*. Offshore Technology Report 2001/035, MSL Engineering Ltd, United Kingdom.

[2] Koole, T. (2015). *Morden jack-ups and their dynamic behaviour*. Master of Science Thesis, TU Delf.

[3] ABS (2014). *Guidance notes on dynamic analysis procedure for self-elevation units*. America Bureau of Shipping, Houston.

[4] DNV-RP-C104 (2012). *Self-elavating units*. Det Norske Veritas AS.

[5] Cường, Đ. Q., Chỉnh, V. Đ, L. T. L., Dũng, H. T., Mạnh, M. V., Hằng, P. T. (2015–2017). *Nghiên cứu tính toán, xây dựng quy trình thiết kế cơ sở cho giàn khoan tự nâng 400ft*. Đề tài cấp Nhà nước mã số SPQG 02b.01-01; thuộc Dự án KHCN: "Nghiên cứu thiết kế cơ sở, chi tiết, công nghệ chế tạo, tích hợp giàn khoan tự nâng 400ft phù hợp với điều kiện Việt Nam và nghiên cứu phát triển, hoán cải giàn khoan dầu khí di động phục vụ kinh tế biển, an ninh quốc phòng", mã số SPQG 02b.01.

[6] Søreide, T. H., Amdahl, J., Eberg, E., Holmås, T., Hellan, Ø. (1993). *USFOS - A computer program for progressive collapse analysis of steel offshore structures*. Theory Manual, SINTEF, Trondheim, Norway.

[7] AISC (2005). *Steel construction manual*. Thirteenth Edition, American Institute of Steel Construction, Illinois.

[8] Friede and Goldman LTD (2012). *JU-2000E construction specifications*.

[9] Petro Vietnam Shipyard (2015). *Tam Dao 05 jack-up rig - weight control report*.

[10] Vietsovpetro (2010). *Metocean criteria and statistics 8 to 9°N, 107 to 109°E, Offshore South Vietnam*. V1.0 for the Thien Ung Project Feed Design.