

ẢNH HƯỞNG CỦA TẢI TRỌNG SÓNG TRÔI DẠT TẦN SỐ THẤP ĐẾN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA HỆ THỐNG DÂY NEO XIÊN CỦA CÔNG TRÌNH BIỂN NỔI

Nguyễn Quốc Hòa¹

Tóm tắt: Lực trôi dạt tần số thấp do sóng bậc 2 gây ra có tần số thấp hơn nhiều so với tần số sóng, thường gây nên các chuyển vị ngang lớn. Bài viết này trình bày và so sánh kết quả nghiên cứu tính toán hệ thống neo dạng turret của công trình nổi bằng bộ 2 phần mềm Hydrostar và Ariane7 của Công ty Bureau Veritas-Cộng hòa Pháp có xét đến ảnh hưởng của tải trọng trôi dạt tần số thấp.

Từ khóa: lực trôi dạt tần số thấp, công trình nổi, hệ thống neo.

Summary: Low frequency drift forces have second-order wave effects with frequencies lower than the frequency of the waves and often cause large horizontal displacements. This paper presents and compares the calculated results of the turret mooring system of floating structures by using two softwares: the Hydrostar and Ariane7 of Company Bureau Veritas - Republic French, taking into account the effect of the low-frequency drift force.

Keywords: the low-frequency drift force, floating structures, mooring systems

Nhận ngày 16/10/2012, chỉnh sửa ngày 28/11/2012, chấp nhận đăng ngày 15/12/2012

1. Mở đầu

Công trình biển nổi có neo giữ dạng neo xiên được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp dầu khí biển làm bể chứa nổi, công trình khoan thăm dò và khoan khai thác. Liên kết dây neo là liên kết mềm, do đó để giảm thiểu chuyển động của công trình nổi do sóng gây ra, công trình nổi được thiết kế sao cho chu kỳ dao động tự do của chúng nằm cách xa miền tần số của lực kích động do sóng và gió.

Căn cứ vào tần số của tải trọng tác động lên công trình nổi được phân chia thành các loại sau:

- Tải trọng có giá trị được coi như không thay đổi theo thời gian như tải trọng của gió, dòng chảy và lực sóng trôi dạt;
- Tải trọng sóng (lực thủy động) thay đổi theo chu kỳ, bao gồm:
 - + Tải trọng tần số thấp hay tải trọng trôi dạt tần số thấp (có ảnh hưởng lớn đối với công trình nổi neo xiên - là loại công trình có liên kết mềm), [12].
 - + Tải trọng tần số cao (có ảnh hưởng lớn đối với công trình nổi neo đứng), [12].
 - + Tải trọng tác động ở tần số sóng.

Các tính toán công trình chịu tác động của tải trọng sóng bậc 1 cho thấy công trình có thể đảm bảo về khả năng chịu lực, [4, 3]. Các tải trọng sóng bậc cao mặc dù có giá trị không lớn so

¹TS, Viện Xây dựng Công trình biển, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: nqhoa2004@gmail.com

với tải trọng sóng bậc 1, nhưng do tác dụng chậm (với tần số thấp) hoặc nhanh (với tần số cao) có thể gây nên sự cộng hưởng làm ảnh hưởng đến khai thác công trình.

Đã có nhiều nghiên cứu xác định tải trọng sóng tần số thấp và tải trọng sóng trôi dạt. Newman và Maruo đã đưa ra công thức tính toán tải trọng sóng trôi dạt trung bình (lý thuyết trường xa), [2,12]. Pinkster và Van Oortmerssen đưa ra công thức tích phân trực tiếp áp lực sóng trên bề mặt ướt công trình nổi (phương pháp trường gần), [15, 19]. Khắc phục những tồn tại của 2 phương pháp trên, Xiao-Bo CHEN đã đề xuất phương pháp trường trung gian và ứng dụng thành công trong phần mềm Hydrostar và Ariane7, [4, 5, 6, 20].

Bài viết này trình bày và so sánh kết quả nghiên cứu tính toán hệ thống neo dạng turret của công trình nổi bằng bộ 2 phần mềm Hydrostar và Ariane7 của Công ty Bureau Veritas-Cộng hòa Pháp có xét đến ảnh hưởng của tải trọng trôi dạt tần số thấp.

2. Bài toán tương tác động lực học của công trình biển nổi có neo giữ và sóng biển

2.1 Phương trình động lực học công trình nổi có neo giữ

Giả thiết rằng công trình nổi tuyệt đối cứng, khi đó có thể coi công trình nổi có 6 bậc tự do. Phương trình động lực học công trình nổi có neo giữ chịu tác động của sóng có dạng tổng quát sau [9]:

$$M \frac{d^2 U(t)}{dt^2} + C \frac{dU(t)}{dt} + KU(t) = F_{\text{wavefreq}} + F_{\text{slowdrift}} + F_{\text{mooring}} = F(t) \quad (1)$$

trong đó: M - ma trận quán tính của công trình nổi; C - ma trận hệ số lực cản trong của kết cấu công trình nổi; K - ma trận lực phục hồi thủy tĩnh; U(t) - véc tơ chuyển vị của công trình nổi theo 6 bậc tự do.

F_{wavefreq} - tải trọng sóng tác động lên công trình nổi với tần số sóng

$$F_{\text{wavefreq}} = F_I + F_D + F_R \quad (2)$$

với F_I - tải trọng sóng tới; F_D - tải trọng sóng nhiễu xạ; F_R - tải trọng sóng bức xạ.

$F_{\text{slowdrift}}$ - tải trọng sóng trôi dạt chậm

F_{mooring} - lực giữ của dây neo

2.2 Tải trọng sóng tác dụng lên công trình nổi có neo giữ

Tải trọng thủy động F(t) tác dụng lên công trình nổi bao gồm tải trọng sóng bậc 1, $F^{(1)}(t)$, và tải trọng sóng bậc 2, $F^{(2)}(t)$ tác dụng lên công trình nổi tương ứng với 6 bậc tự do được xác định theo lý thuyết hàm thế, [2, 3, 4, 8, 13, 18] cho trường hợp sóng đơn tần và sóng đa tần.

2.2.1 Trường hợp sóng đơn tần (monochromatic wave):

- Tải trọng sóng bậc 1:

trong đó $F_I^{(1)}(t)$, $F_D^{(1)}(t)$, $F_R^{(1)}(t)$ - tương ứng là tải trọng do sóng tới, sóng nhiễu xạ và sóng bức xạ, được xác định theo công thức sau:

$$F_{(I,D,R)j}^{(1)}(t) = \begin{cases} \iint_{S_B} \rho \frac{\partial \Phi_{(I,D,R)j}^{(1)}(x, y, z, t)}{\partial t} n_j dS & j = 1, 2, 3 \\ \iint_{S_B} \rho \frac{\partial \Phi_{(I,D,R)j}^{(1)}(x, y, z, t)}{\partial t} (r \times n)_j dS & j = 4, 5, 6 \end{cases} \quad (3)$$

với S_B - mặt ướt lấy cho trạng thái công trình nổi nằm trên nước tĩnh. $j = 1 \div 6$ - chỉ số các dạng dao động lắc theo 6 bậc tự do của công trình nổi ($j = 1 \div 3$ tương ứng với các chuyển vị dọc trục ox, oy và oz; $j = 4 \div 6$ tương ứng với các chuyển vị xoay quanh các trục ox, oy và oz); r - bán kính véc tơ của điểm xét nằm trên mặt ướt S_B so với gốc tọa độ tính toán; n_j - cosin chỉ phương tương ứng với 6 bậc tự do của công trình nổi. $\Phi_j^{(1)}$ - hàm thế vận tốc sóng bậc 1.

$$\Phi_j^{(1)}(x, y, z, t) = \Phi_{Ij}^{(1)}(x, y, z, t) + \Phi_{Dj}^{(1)}(x, y, z, t) + \Phi_{Rj}^{(1)}(x, y, z, t) \quad (4)$$

trong đó $\Phi_{Ij}^{(1)}(x, y, z, t)$, $\Phi_{Dj}^{(1)}(x, y, z, t)$, $\Phi_{Rj}^{(1)}(x, y, z, t)$ - tương ứng là hàm thế vận tốc sóng tới, sóng nhiễu xạ và sóng bức xạ.

- Tải trọng sóng bậc 2: Tải trọng sóng bậc 2 gồm các thành phần sau:

$$F^{(2)}(t) = F_{EX}^{(2)}(t) + F_R^{(2)}(t) = F_p^{(2)}(t) + F_q^{(2)}(t) + F_R^{(2)}(t) \quad (5)$$

trong đó các véc tơ $F_{EX}^{(2)}(t)$, $F_R^{(2)}(t)$ - tương ứng là tải trọng sóng kích động bậc 2, tải trọng sóng bức xạ bậc 2.

Tải trọng sóng kích động bậc 2, $F_{EX}^{(2)}(t)$ (gồm tải trọng sóng tới và sóng nhiễu xạ) xác định theo công thức sau:

$$F_{EX}^{(2)}(t) = F_p^{(2)}(t) + F_q^{(2)}(t) \quad (6)$$

trong đó $F_p^{(2)}(t)$ và $F_q^{(2)}(t)$ - là các lực sinh ra từ thế vận tốc sóng bậc 2 và tích toàn phương của thế sóng bậc 1.

Các tải trọng sóng bậc 2, $F_p^{(2)}(t)$ và $F_q^{(2)}(t)$, được xác định theo các công thức sau:

$$F_p^{(2)}(t) = -\rho \iint_{S_B} \frac{\partial \Phi^{(2)}}{\partial t} \mathbf{n} dS \quad (7)$$

$$\begin{aligned} F_q^{(2)}(t) = & -\rho \iint_{S_B} \left[\frac{1}{2} (\nabla \Phi^{(1)})^2 + (U^{(1)} + \alpha^{(1)} \times \mathbf{r}) \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \Phi^{(1)}) \right] \mathbf{n} dS \\ & + \frac{1}{2} \rho g \int_{WL} \left[\eta_r^{(1)} - (\xi_3^{(1)} + y \alpha_1^{(1)} - x \alpha_2^{(1)}) \right] \mathbf{N} dl + \alpha_1^{(1)} \times \mathbf{F}^{(1)} \\ & - \rho g A_w \left[\alpha_2^{(1)} (x_f \alpha_1^{(1)} + y_f \alpha_2^{(1)}) \right] \mathbf{k} \end{aligned} \quad (8)$$

trong đó $\eta_r^{(1)}$ - là chiều cao sóng bậc 1, $\mathbf{n}$ - véc tơ pháp tuyến mặt ướt công trình nổi; $\bar{\mathbf{N}} = \bar{\mathbf{n}} / \sqrt{(1 - n_3^2)}$, $\mathbf{k}$ - véc tơ đơn vị theo hướng z. WL - chu tuyến đường mặt nước thân công trình nổi; A_w - diện tích mặt đường nước; ξ_j , α_j - các chuyển vị lắc của công trình nổi;

2.2.2 Trường hợp sóng lưỡng tần (bi-chromatic wave):

Trường hợp sóng lưỡng tần, lực sóng kích động bậc 2 có dạng sau:

$$F_{EX}^{(2)} = \text{Re} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \left[A_j A_k f_{jk}^+ e^{-i\omega^+ t} + A_j A_k^* f_{jk}^- e^{-i\omega^- t} \right] \quad (9)$$

$$\text{với } f_{jk}^\pm = f_{pjk}^\pm + f_{qjk}^\pm \quad (10)$$

trong đó $f_{jk}^\pm$ là hàm truyền bậc 2 (QTF - Quadratic Transfer Function) của lực sóng kích động đối ứng với tổng và hiệu của các tần số sóng. A_j và A_k là biên độ sóng. Dấu "*" biểu thị số phức liên hợp.

Các lực bậc 2, $F_p^{(2)}(t)$ và $F_q^{(2)}(t)$, được xác định theo lý thuyết trường xa của Maruo và Newman, [2, 12], tức là xét với biên chất lỏng bao quanh và nằm rất xa công trình nổi hoặc lý thuyết trường gần của Pinkster và van Oortmerssen, [15, 19], bằng phép tích phân trực tiếp trên biên mặt ướt của thân công trình nổi tiếp xúc với chất lỏng.

Tải trọng sóng bức xạ bậc 1, $F_R^{(1)}(t)$ và bậc 2, $F_R^{(2)}(t)$ được biểu diễn thông qua ma trận khối lượng nước kèm và ma trận hệ số lực cản, [2, 12, 15, 18, 19].

2.2.3 Trường hợp sóng ngẫu nhiên

Sóng ngẫu nhiên thường được biểu diễn dưới dạng phổ sóng. Trong tính toán công trình nổi có neo giữ do tính chất phi tuyến của bài toán (do chuyển động của sóng bề mặt và chuyển động của công trình nổi) phổ sóng được phân tích thành tập hợp các sóng cơ bản dạng sóng Airy dạng vô hướng, theo công thức sau:

$$\eta(x, t) = \sum_{j=1}^N A_j \cos(k_j x - \omega_j t + \varepsilon_j) = \text{Re} \left[\sum_{j=1}^N A_j e^{i(k_j x - \omega_j t + \varepsilon_j)} \right] \quad (11)$$

trong đó biên độ sóng $A_j = \sqrt{2S_{\eta\eta}(\omega_j) \Delta\omega}$, $\Delta\omega$ - số gia tần số góc của sóng, N - số lượng sóng thành phần; k_j , ω_j , ε_j - tương ứng là số sóng, tần số góc và pha ngẫu nhiên của con sóng thứ j .

Việc tính toán (11) được thực hiện theo phương pháp tích phân nhanh Furiê.

3. Giới thiệu phần mềm HydroStar và ARIANE7 tính toán động lực học công trình biển nổi có neo giữ

Hai phần mềm Hydrostar và Ariane 7 là bộ phần mềm chuyên dụng của Công ty Bureau Veritas - Cộng hòa Pháp cho phép tính toán tương tác thủy động của các yếu tố môi trường biển và công trình nổi, tính toán hệ thống dây neo cho các công trình nổi neo xiên ở độ sâu nước không vượt quá 450m, [4, 5, 6, 7].

- Kết quả tính toán thủy động công trình nổi bằng Hydrostar cho các thông tin sau:

+ Chuyển động của trọng tâm vật thể, áp lực lên các điểm cần xem xét nằm mặt ướt thân công trình nổi, lực tương tác bậc 1 và bậc 2, khối lượng nước kèm và lực cản thủy động dưới tác động của sóng có chiều cao đơn vị theo các hướng sóng tính toán đã chọn dưới dạng file RAO (Response Amplitude Operator - toán tử biên độ phản ứng, hay hàm truyền phản ứng bậc 1) và đồ thị;

+ Các file làm số liệu đầu vào cho phần mềm Ariane phục vụ tính toán khả năng làm việc của hệ thống neo giữ gồm ma trận khối lượng nước kèm, RAO, hàm truyền tải trọng bậc 2 (QTF).

- Phần mềm ARIANE 7 cho phép lựa chọn loại tính toán (Calculation type) và loại tải trọng trôi dạt chậm (Drift type definition) [6], sau:

3.1 Loại tính toán

- *Tần số thấp* (Low frequency): loại hình tính toán này cho phép người sử dụng thực hiện mô phỏng hai chiều. Đây là loại mô phỏng sẽ sử dụng các hàm truyền bậc 2 (QTF0 hoặc QTF0+QTF1) được khai báo trong mục trường hợp tải trọng, tùy thuộc vào loại tính toán trôi dạt chậm được lựa chọn;

- *3D tần số thấp + Tần số sóng* (3D Low + Wave freq.): loại hình tính toán này cho phép người sử dụng để thực hiện một mô phỏng ba chiều. Đây là loại mô phỏng sử dụng cả hàm truyền bậc 2 (QTF) và toán tử biên độ phản ứng (RAO) được khai báo trong mục trường hợp tải trọng, cùng với lực căng trong dây neo theo phương đứng.

- *Chuyển động cưỡng bức* (Imposed motions): loại hình tính toán này chỉ sử dụng các chuyển động cưỡng bức của tàu được người sử dụng khai, và lực căng trong dây neo tương ứng với các chuyển động cưỡng bức đó của tàu sẽ được tính toán.

3.2 Các phương án tính toán tải trọng trôi dạt chậm (Drift type definition):

- *Không có tải trọng sóng tần số thấp* (No low frequency wave loads): Trường hợp này không xét đến tải trọng tần số thấp. Tuy nhiên, nếu chọn loại tính toán “3D Low+ Wave freq.” thì chương trình sẽ xét đến các chuyển động với tần số sóng.

- *Phương pháp xấp xỉ Newman* (Newman approximation): phương pháp này chỉ tính toán tải trọng trôi dạt chậm trung bình do sóng tác động lên tàu tương ứng với số hạng xấp xỉ bậc không, tức là chỉ xét các số hạng nằm trên đường chéo của ma trận của hàm truyền bậc hai (QTF0).

- *Phương pháp xấp xỉ của Bureau Veritas* (BV approximation): phương pháp này tính toán tải trọng trôi dạt chậm với hàm truyền bậc hai (QTF0 + QTF1) kể đến các số hạng xấp xỉ bậc 1 không nằm trên đường chéo của ma trận của hàm QTF áp dụng cho tàu theo phương pháp xấp xỉ của Bureau Veritas. Công thức này dành cho các hệ thống neo mềm ở độ sâu nước bất kỳ;

Phương pháp xấp xỉ của Bureau Veritas (phương pháp miền trung gian) do Xiao-Bo CHEN xây dựng năm 2004, [5, 20].

Tùy chọn loại tính toán (Calculation type) và loại tải trọng trôi dạt chậm (Drift type definition) sẽ cho 3 trường hợp tính toán sau:

- Trường hợp tính toán No1: Tần số thấp và không có tải trọng tần số thấp (Low Frequency + No Low Frequency Load). Lựa chọn này cho phép tính toán hệ thống neo chịu tác động của tải trọng tần số sóng (tải trọng bậc 1) ;

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

- Trường hợp tính toán No2: 3D Low + WF và Newman Approximation. Lựa chọn này cho phép tính toán hệ thống neo chịu tác dụng của tải trọng sóng trôi dạt trung bình theo xấp xỉ Newman, tức là chỉ xét đến các số hạng nằm trên đường chéo của ma trận hàm truyền bậc 2 QTF.

- Trường hợp tính toán No3 : 3D Low + BV Approximation. Lựa chọn này cho phép tính toán hệ thống neo chịu tác dụng của tải trọng sóng tần số thấp có xét đến QTF0 và QTF1 theo phương pháp xấp xỉ của Bureau Veritas.

3.3 Phương pháp giải bài toán tương tác thủy động giữa công trình nổi có neo giữ và các yếu tố môi trường biển là phương pháp tựa động, [7].

4. Ví dụ tính toán

Ảnh hưởng của lực trôi dạt tần số thấp đến lực căng trong dây neo của một công trình nổi có neo giữ được xem xét thông qua ví dụ tính toán hệ thống dây neo của FPSO (Floating Production Storage Offloading Systems) dạng Turret - một kho nổi để chứa đựng, xử lý và rót dầu trên biển tại mỏ Tê Giác Trắng, thềm lục địa Nam Việt Nam cho trường hợp công trình nguyên vẹn (không có dây neo bị đứt)..

- Phần mềm HydroStar được sử dụng để tính toán tác động của sóng lên công trình nổi để chuẩn bị số liệu đầu vào cho việc tính toán hệ thống neo giữ của công trình nổi có neo giữ, gồm ma trận khối lượng nước kèm, ma trận hệ số lực cản, các hàm truyền tải trọng bậc 1 (RAO) và các hàm truyền bậc 2 (QTF).

- Phần mềm ARIANE 7 được sử dụng để tính toán và kiểm tra khả năng làm việc của hệ thống đường dây neo của công trình nổi có neo giữ cho 3 trường hợp tính toán đã nêu trên (mục 3).

Các thông số tính toán gồm có:

4.1 Các thông số cơ bản của FPSO mỏ Tê Giác Trắng

Chiều dài lớn nhất:	$L_{\max} = 274 \text{ m}$
Chiều dài tính toán:	$L_{pp} = 264 \text{ m}$
Chiều rộng tàu:	$B = 48 \text{ m}$
Chiều cao mạn tàu:	$H = 23,9 \text{ m}$
Mớn nước:	$T = 16 \text{ m}$
Lượng choán nước:	$D = 169789 \text{ T}$
Vận tốc chuyển động của tàu:	$V_{\text{tau}} = 0,0 \text{ m/s}$

4.2 Số liệu môi trường biển

4.2.1 Thông số của sóng

- Phổ sóng tính toán là phổ JONSWAP có các thông số sau :

+ Chiều cao sóng đáng kể	:	$H_s = 10,0 \text{ m}$
+ Chu kỳ đỉnh phổ	:	$T_p = 16,0 \text{ s}$
+ Hệ số của phổ sóng	:	$\gamma = 1,45$; $\sigma_1 = 0,092$; $\sigma_2 = 0,102$
Hướng sóng chủ đạo	:	Đông - Bắc

- Dải tần số sóng tính toán :

+ Tần số nhỏ nhất :

$$\omega_{\min} = 0,2 \text{ rad/s}$$

+ Tần số lớn nhất :

$$\omega_{\max} = 1,3 \text{ rad/s}$$

+ Bước tính toán :

$$\Delta\omega = 0,05 \text{ rad/s}$$

- Hướng sóng tính toán (so với trục dọc tàu): tất cả các hướng sóng theo quy ước của phần mềm Hydrostar, với bước chia các hướng sóng tính toán là 10° một bước.

4.2.2 Thông số của gió

- Vận tốc gió trung bình :

$$V_{tb} = 40,3 \text{ m/s}$$

- Phổ gió : phổ gió lấy theo quy phạm API

+ Các thông số dòng chảy : Vận tốc dòng chảy mặt :

$$V_{mat} = 1,27 \text{ m/s}$$

4.2.3 Thông số của thủy triều :

- Biên độ thủy triều :

$$+2.82 \text{ m}$$

4.2.4 Độ sâu và mật độ nước biển

- Độ sâu nước biển tại vị trí xây dựng:

$$d = 42,60 \text{ m}$$

- Mật độ nước biển :

$$\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$$

4.3 Các thông số của xích neo :

- Số lượng neo : 12 neo, được bố trí thành 4 cụm (Hình 1)

- Số lượng dây neo : 12 dây neo được bố trí thành 4 cụm, mỗi cụm gồm 3 dây, (Hình 1).

- Loại dây neo được sử dụng : dây xích loại có ngang.

+ Mác xích : R3 Studlink

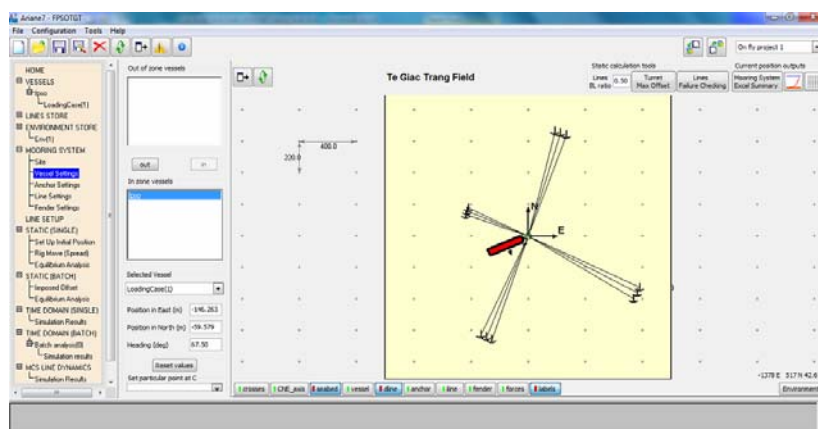
+ Đường kính dây xích : 175mm

+ Lực kéo đứt tối thiểu : 25174 kN

Các dây neo được đánh số thứ tự từ 1 đến 12 (3 dây neo/1 cụm) như sau :

Cụm	Số hiệu dây neo	Ghi chú
No1	1 - 2 - 3	Nằm trong góc phần 4 thứ 3 giữa hướng Tây và Nam
No2	4 - 5 - 6	Nằm trong góc phần 4 thứ 4 giữa hướng Đông và Nam
No3	7 - 8 - 9	Nằm trong góc phần 4 thứ 1 giữa hướng Đông và Bắc
No4	10 - 11 - 12	Nằm trong góc phần 4 thứ 2 giữa hướng Tây và Bắc

- Các tổ hợp sóng - gió - dòng chảy : Hướng sóng tính toán được chọn là hướng Đông-Bắc (45°). Theo hướng dẫn của mục 3.1.3, [5], tổ hợp các hướng sóng - gió - dòng chảy theo các hướng 45° , $45^\circ-22,5^\circ$ và $45^\circ+22,5^\circ$ sẽ có 135 trường hợp tính toán cho một trạng thái biển ngắn hạn trong 3 giờ tương ứng với 01 cơn bão.



Hình 1. Bố trí neo và dây neo của FPSO mở Te Giac Trang

Kết quả tính toán cho thấy lực căng trong dây neo số No7 đạt giá trị lớn nhất. Tương ứng với 3 trường hợp tính toán đã chọn lực căng trong dây neo No7 như sau:

Trường hợp tính toán	No1	No2	No3
Lực căng trong dây neo (kN)	11454	13362	14120
Lực kéo đứt tối thiểu (kN)	25174	25174	25174
Hệ số an toàn	2,20	1,88	1,78
Tỷ lệ tăng của lực căng (%) so với trường hợp No1	-	16,7	23,3
Tỷ lệ giảm của hệ số an toàn của dây neo (%)	-	14,3	18,9

Nhận xét kết quả tính toán

Ở ví dụ đang xét, kết quả tính toán của phần mềm Ariane 7 cho thấy, ở dây neo chịu lực lớn nhất, so với trường hợp chỉ xét đến tải trọng sóng theo tần số sóng (tải trọng sóng bậc 1) khi xét đến tải trọng sóng trôi dạt trung bình thì lực căng trong dây neo tăng 16,66% và hệ số an toàn giảm 14,3%. Khi xét đến cả tải trọng sóng bậc 2 theo xấp xỉ của Bureau Veritas thì lực căng trong dây neo tăng 23,27% và hệ số an toàn của dây neo giảm 18,88%.

5. Kết luận

Kết quả tính toán bằng bộ phần mềm Hydrostar và Ariane7 cho thấy rằng tải trọng sóng trôi dạt chậm - sóng bậc cao có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chịu lực của hệ thống neo giữ công trình nổi. Vì vậy, trong thiết kế hệ thống neo xiên cần có những giải pháp kỹ thuật để giảm thiểu ảnh hưởng của tác động sóng lên công trình.

Tài liệu tham khảo

1. API-RECOMMENDED PRACTICE 2SK THIRD EDITION (October 2005), *Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures*.
2. Bernard Molin (2002), *Hydrodynamique des Structures Offshore*, Edition TECHNIP
3. Brebbia C. A. (1980), *The Boundary Element Method for Engineer*, London.
4. Bureau Veritas - France (March 2011), *Hydrostar for Experts User Manual*.
5. Bureau Veritas - France (May 1998), *NI 461 DTO R00 E: Quasi-Dynamic Analysis of*

Mooring Systems using ARIANE Software - Guidance Note.

6. Bureau Veritas - France (February 2010), *User Guide - ARIANE 7*.
7. Bureau Veritas Software & System - MCS International: *ARIANE-3Dynamic, Version 6.3, Theory Manual: Part1 - General & Time Domain Simulation; Part 2 - Analytical Solution of a Mooring Line*.
8. Gunther Clauss et al. (1992), *Offshore Structures, Vol. I & II*, Springer-Verlag.
9. James F. Wilson (2003), *Dynamics of Offshore Structures*.
10. Minoo H. Patel (1991), *Compliant Offshore Structures*.
11. Minoo H. Patel (1989), *Dynamics of Offshore Structures*
12. N.D.P. Barltrop (1988), *Floating Structures: A guide for design and analysis. Volume 1& Edited by - The Centre for Marine and Petroleum Technology*.
13. O. M. Faltinsen (1991), *Sea Loads on Ships and Offshore Structures*
14. OCIMF (1994) - *Prediction of Wind and Current Loads on VLCCs, 2nd Edition*.
15. Pinkster J.A. (October 1980), *Low Frequency Second Order Wave Exciting Forces on Floating Structures*.
16. Ricardo Barreto Portella et al. (2003), *Practical Overview of Various Calculation Methods - Deepwater Mooring Systems Design and Analysis*.
17. Subrata K. Chakrabarti (2006), *Handbook of Offshore Engineering, Volume 1&2 - Elsevier*
18. Subrata K. Chakrabarti (1986), *Hydrodynamics of Offshore Structures*
19. Van Oortmerssen G. (1976), *The Motions of A Moored Ship in Waves, A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy*.
20. Xiaobo CHEN (1994), *Approximation on The Quadratic Transfer Function of Low-Frequency Loads, Proceeding of 7th BOSS '94, MIT, Vol. 2, pp.208-302*.
21. Yong Bai (2003), *Marine Structural Design, ELSEVIER*