

TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC CÔNG TRÌNH BIỂN CỐ ĐỊNH HỆ THANH KHÔNG GIAN CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG SÓNG VÀ GIÓ VỚI MÔ HÌNH LÝ THUYẾT SÓNG STOKE BẬC 2

Nguyễn Thái Chung*, Lê Hoàng Anh

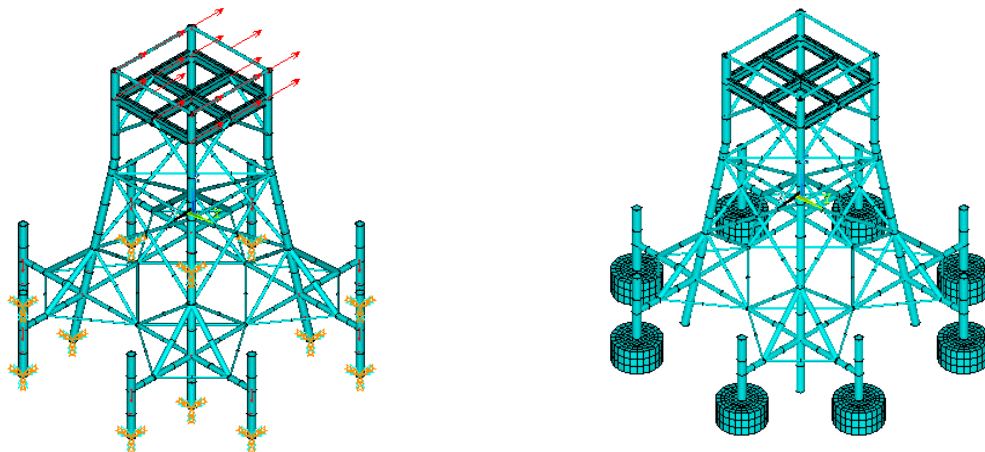
Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn
*E-mail: thaichung1271@gmail.com

Ngày nhận bài: 19-12-2014

TÓM TẮT: Bài báo trình bày thuật toán phân tử hữu hạn và một số kết quả tính toán số đáp ứng động lực học của kết cấu công trình biển hệ thanh, quan tâm chính vào các công trình DKI, với mô hình tính 3D, kết cấu và nền không tương tác (thay thế nền bằng ngàm cứng) chịu tác động của tải trọng sóng và gió. Trong đó, tải trọng gió tính toán theo giản đồ vận tốc gió theo thời gian, tải trọng sóng được tính toán theo lý thuyết sóng Stoke bậc 2. Kết quả bài báo là cơ sở khoa học cho việc tính toán thiết kế và lựa chọn các thông số hợp lý, góp phần vào việc nghiên cứu tối ưu các công trình biển cố định như các công trình DKI, phục vụ quốc phòng, an ninh và góp phần nâng cao năng lực bảo vệ chủ quyền biển đảo.

Từ khóa: DKI, sóng, gió, Morison, Stoke bậc 2.

ĐẶT VẤN ĐỀ



a) Kết cấu không có khối gia tải (Type_2) b) Kết cấu có khối gia tải liên kết cứng với cọc phụ (Type_3)

Hình 1. Mô hình tính của kết cấu công trình biển hệ thanh DKI có 8 cọc phụ

Các công trình biển ngoài khơi đóng một vai trò hết sức quan trọng trong lĩnh vực quốc phòng - an ninh và phát triển kinh tế biển. Trong các loại công trình đó, cần phải kể đến công trình

DKI - cột mốc chủ quyền biển, đảo của Việt Nam. Với công trình biển hệ thanh, các công bố của các tác giả gần đây chủ yếu sử dụng mô hình bài toán phẳng, tải tính toán tải trọng sóng theo lý thuyết sóng Airy và tải trọng gió tính toán theo vận tốc gió trung bình, cho nên chưa phản ánh sát thực sự làm việc của hệ [1-3]. Thực tế cho thấy, độ sâu mực nước biển ở vùng xây dựng các công trình biển cố định như nhà giàn DKI thường xuyên thay đổi, gió tác động lên công trình cũng biến đổi độ lớn theo thời gian, nên tính toán tải trọng sóng theo lý thuyết sóng Airy và tải trọng gió tính toán theo vận tốc gió trung bình tỏ ra chưa thật phù hợp và bộc lộ nhiều nhược điểm [4]. Do vậy, trong nghiên cứu này các tác giả xây dựng thuật toán và khảo sát số trên một số lớp bài toán công trình biển hệ thanh DKI, trong đó tải trọng sóng được tính theo lý thuyết sóng Stoke bậc 2, mô hình kết cấu và nền không tương tác (hình 1).

Mô hình tính của bài toán được xây dựng dựa trên cơ sở các giả thiết: Vật liệu kết cấu đẳng hướng, đàn hồi tuyến tính. Chuyển vị và biến dạng của kết cấu là bé. Chỉ tính đến tải trọng do sóng và gió gây ra, bỏ qua ảnh hưởng của dòng chảy, lực đẩy nổi, rôi của nước và tác động khác của môi trường.

Bài toán được giải quyết trên cơ sở lý thuyết phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH).

THIẾT LẬP PHẦN TỬ HỮU HẠN VÀ CÁC PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN

Xét kết cấu công trình DKI với kết cấu dạng 4 cọc chính, 8 cọc phụ, mỗi cọc phụ có khối gia tải chịu tác dụng của tải trọng sóng biển và gió. Trong đó tải trọng sóng được tính theo lý thuyết sóng Stoke's bậc 2, tải trọng gió tính theo giản đồ đáp ứng vận tốc gió theo thời gian. Trong bài toán sử dụng 2 loại phần tử, đó là phần tử thanh không gian (mô tả kết) và phần tử khối (mô tả khối gia tải chân cọc phụ).

Quan hệ biến dạng - chuyển vị

Trong không gian 3 chiều, chuyển vị theo 3 phương trục giao nhau x, y, z ở một điểm thuộc vật rắn biến dạng tại thời điểm t tương ứng là $u = u(x,y,z,t)$, $v = v(x,y,z,t)$, $w = w(x,y,z,t)$.

Biến dạng tỷ đối tại điểm đó được xác định theo các biểu thức sau [5]:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}, \quad (1)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}, \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}, \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}$$

Viết dưới dạng ma trận:

$$\{\varepsilon\} = [B] \{q\} \quad (2)$$

$\begin{matrix} 6 \times 1 & & 6 \times 3 & 3 \times 1 \end{matrix}$

Trong đó [B] là ma trận quan hệ biến dạng - chuyển vị, {q} là véc tơ chuyển vị.

Quan hệ ứng suất - biến dạng

Xét trường hợp kết cấu có biến dạng ban đầu, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng tại một điểm thuộc hệ:

$$\{\sigma\} = [D] \left(\{\varepsilon\} + \{\varepsilon_0\} \right) \quad (3)$$

$\begin{matrix} 6 \times 1 & & 6 \times 6 & 6 \times 1 \end{matrix}$

Trong đó: {σ} là véc tơ ứng suất, {ε₀} là véc tơ biến dạng ban đầu, {ε} là véc tơ biến dạng trong quá trình kết cấu chịu lực, [D] là ma trận các hệ số đàn hồi.

Mô hình phần tử hữu hạn

Phần tử thanh 3 chiều (3D) mô tả kết cấu công trình hệ thanh [5]

Ma trận độ cứng $[K]_b^e$ của phần tử:

$$[K]_b^e = \int_{V_e} [B^e]^T [D^e] [B^e] dV \quad (4)$$

$\begin{matrix} 12 \times 12 & & V_e \end{matrix}$

Ma trận khối lượng $[M]_b$ của phần tử:

$$[M]_b^e = \int_{V_e} \rho_b [N^e]_b [N^e]_b dV \quad (5)$$

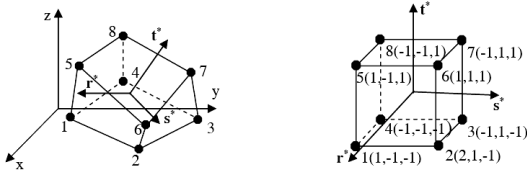
$\begin{matrix} 12 \times 12 & & V_e \end{matrix}$

Với $[B^e]_b$, $[D^e]_b$ tương ứng là ma trận quan hệ biến dạng - chuyển vị và ma trận các hằng số đàn hồi và ρ_b là khối lượng riêng phần tử.

Phần tử khối 8 nút mô tả khối gia tải [5]

Phần tử khối lực diện 8 nút đẳng tham số được dùng để mô tả khối gia tải tại các chân cọc phụ, trong đó tại mỗi nút của phần tử có 3 bậc tự do là các chuyển vị dài theo các phương X, Y, Z của hệ trục tọa độ tổng thể. Hình 2 mô

tả phân tử trong hệ tọa độ tổng thể và hệ tạo độ cục bộ sau khi đã chuẩn hóa đơn vị.



a) Trong hệ tọa độ tổng thể b) Trong hệ tọa độ cục bộ

Hình 2. Phần tử lục diện 8 điểm nút

Hình dạng hình học của phần tử được cho bởi:

$$X = \sum_{i=1}^8 N_i x_i, \quad Y = \sum_{i=1}^8 N_i y_i, \quad Z = \sum_{i=1}^8 N_i z_i \quad (6)$$

Viết lại (6) dưới dạng ma trận:

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = [N]_s \begin{Bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ \dots \\ z_8 \end{Bmatrix} \quad (7)$$

Trong đó $[N]_s$ là ma trận hàm dạng của phần tử khối 8 nút, x_i , y_i và z_i là các tọa độ của nút i trong hệ tọa độ cục bộ.

Các hàm chuyển vị theo các phương X , Y và Z trong hệ trục tổng thể được biểu diễn:

$$u = \sum_{i=1}^8 N_i u_i, \quad v = \sum_{i=1}^8 N_i v_i, \quad w = \sum_{i=1}^8 N_i w_i \quad (8)$$

Với u_i , v_i và w_i là các bậc tự do của nút i .

$$V_x = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh[k(z+h)]}{\sinh(kh)} \cos(kx - \Omega t) + \frac{3(\pi H)^2}{4TL} \cdot \frac{\cosh[2k(z+h)]}{\sinh^4(kh)} \cos 2(kx - \Omega t), \quad (12)$$

$$V_z = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\sinh[k(z+h)]}{\sinh(kh)} \sin(kx - \Omega t) + \frac{3(\pi H)^2}{4TL} \cdot \frac{\sinh[2k(z+h)]}{\sinh^4(kh)} \sin 2(kx - \Omega t)$$

$$a_x = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\cosh[k(z+h)]}{\sinh(kh)} \sin(kx - \Omega t) + \frac{3\pi^3 H^2}{T^2 L} \cdot \frac{\cosh[2k(z+h)]}{\sinh^4(kh)} \sin 2(kx - \Omega t), \quad (13)$$

$$a_z = -\frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\sinh[k(z+h)]}{\sinh(kh)} \cos(kx - \Omega t) - \frac{3\pi^3 H^2}{T^2 L} \cdot \frac{\sinh[2k(z+h)]}{\sinh^4(kh)} \cos 2(kx - \Omega t).$$

Ma trận độ cứng phần tử:

$$[K]_s^e = \int_{V_e} [B]_s^T [D]_s [B]_s dV \quad (9)$$

Trong đó $[B]_s$, $[D]_s$ tương ứng là ma trận quan hệ biên dạng - chuyển vị và ma trận các hằng số đàn hồi của phần tử khối 8 điểm nút.

Ma trận khối lượng phần tử được xác định bởi:

$$[M]_s^e = \int_{V_e} \rho_s [N]_s^T [N]_s dV \quad (10)$$

Với ρ_s là khối lượng riêng phần tử.

Véc-tơ tải trọng

Véc-tơ tải trọng sóng lên phần tử thanh

Áp dụng phương trình Morison, tải trọng tác dụng lên phần tử thanh theo phương x , y và z xác định bởi [3, 4, 6]:

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{1}{2} \rho C_D D |V_x| V_x + \rho C_1 \frac{\pi D^2}{4} a_x, \\ f_y &= \frac{1}{2} \rho C_D D |V_y| V_y + \rho C_1 \frac{\pi D^2}{4} a_y, \\ f_z &= \frac{1}{2} \rho C_D D |V_z| V_z + \rho C_1 \frac{\pi D^2}{4} a_z \end{aligned} \quad (11)$$

Trong đó ρ là khối lượng riêng của nước, C_D và C_1 lần lượt là hệ số cản và hệ số quán tính, D là đường kính thanh, V_x , a_x , V_y , a_y và V_z , a_z lần lượt là chuyển vị, gia tốc hạt nước theo các phương x , y và z (giả thiết vôi trò tác dụng của sóng theo phương x và phương y là như nhau). Theo lý thuyết sóng Stoke bậc 2, các thành phần vận tốc và gia tốc được xác định bởi [4, 6]:

Trong đó: H - chiều cao sóng, L - chiều dài sóng, T - chu kỳ sóng, k - số sóng, Ω - tần số sóng, h - độ sâu tĩnh của nước (tính từ đáy biển đến mặt trung bình của sóng).

Thay (11), (12) vào (10), véc tơ tải trọng sóng phân bố trên chiều dài thanh như sau:

$$\{f^e\}^w = \{f_x \quad f_y \quad f_z\}^T \quad (14)$$

Theo phương pháp PTHH, véc tơ tải trọng quy nút tác dụng lên phần tử thanh được xác định bởi [5]:

$$\{P^e\}^w = \int_0^{l_e} [N]_e^T \{f^e\}^w dl \quad (15)$$

Trong đó $[N]_e$ - ma trận hàm dạng phần tử thanh 3D, l_e - chiều dài phần tử.

Véc tơ tải trọng gió

Với cấu tạo của các công trình DKI nói riêng và của kết cấu công trình biển dạng hệ thanh nói chung, tải trọng gió tác động vào hai phần chủ yếu của kết cấu: phần diện tích chắn gió tổng cộng của phần công tác và phần diện tích chắn gió của các thanh thành phần.

Trong trường hợp tổng quát, áp lực gió tác dụng lên một đơn vị diện tích chắn gió của kết cấu được xác định theo biểu thức sau [7]:

$$p_{win}(t) = \frac{1}{2} C_p \rho_{air} [U_{win}(t)]^2 \cos\psi \quad (16)$$

Trong đó: $p_{win}(t)$ là hàm áp lực gió phân bố, C_p là hệ số áp lực gió, ρ_{air} là khối lượng riêng không khí, $U_{win}(t)$ là hàm vận tốc gió theo thời gian, ψ là góc hợp bởi $\vec{U}_{win}(t)$ và pháp tuyến của mặt chắn gió.

Và từ đây véc tơ tải trọng $\{f^e\}_{td}^{win}$ do tải áp

lực gió $p_{win}(t)$ tác dụng lên diện tích A_w quy đổi lên nút phần tử được xác định theo phương pháp chung của lý thuyết PTHH [5].

Lực gió phân bố theo chiều dài thanh:

$$q_{win}(t) = \frac{1}{2} B C_p \rho_{air} [U_{win}(t)]^2 \cos\phi_{win} \quad (17)$$

Trong đó B là bề rộng mặt cắt ngang của thanh, trường hợp thanh hình trụ thì $B = D$ (đường kính mặt cắt ngang thanh), ϕ_{win} là góc lệch của trục thanh với trục y trong hệ tọa độ tổng thể.

Lúc này, véc tơ tải trọng nút của phần tử được xác định theo biểu thức sau [5]:

$$\{f^e\}_b^{win} = \int_0^{l_e} [N]_b^T \{p_{win}(t)\} dl \quad (18)$$

Và lúc này, véc tơ tải trọng gió tác động lên phần tử thanh trong trường hợp tổng quát là:

$$\{P^e\}^{win} = \{f^e\}_{td}^{win} + \{f^e\}_b^{win} \quad (19)$$

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

Áp dụng nguyên lý Hamilton cho phần tử [5]:

$$\delta H_e = \delta \int_{t_0}^{t_1} (T_e - U_e + W_e) dt = 0 \quad (20)$$

Trong đó: T_e - động năng của phần tử, U_e - thế năng toàn phần của phần tử, W_e - công gây ra bởi ngoại lực và $H_e = T_e - U_e + W_e = H_e(\{q^e\}, \{\dot{q}^e\}, t)$ là hàm tác dụng Hamilton, $\{q^e\}, \{\dot{q}^e\}$ tương ứng là véc tơ chuyển vị, véc tơ vận tốc vận tốc nút của phần tử.

Phương trình vi phân mô tả dao động của phần tử hệ thanh - khối như sau:

$$\begin{aligned} & \left([M_s^e] + [M_0^e] \right) \{\ddot{q}^e\} + \left([C_s^e] + [C_0^e] \right) \{\dot{q}^e\} + \\ & \left([K_s^e] + [K_0^e] \right) \{q^e\} = \{P^e(t)\}^w + \{P^e(t)\}^{win} \quad (21) \\ & = \{P^e(t)\} \end{aligned}$$

Trong đó: $[M_s^e], [M_0^e], [C_s^e], [C_0^e], [K_s^e], [K_0^e]$ lần lượt là ma trận khối lượng, ma trận cản và ma trận độ cứng của phần tử thanh và phần tử khối (mô tả các khối gia tải).

Sử dụng phương pháp độ cứng trực tiếp, ma trận chỉ số và sơ đồ Skyline [5], [8], sau khi ghép nối ma trận, véc tơ tải trọng phần tử thành

ma trận, véc tơ tải trọng tổng thể, thu được phương trình vi phân mô tả dao động của hệ như sau:

$$[M]\{\ddot{q}\} + [C]\{\dot{q}\} + [K]\{q\} = \{P(t)\} \quad (22)$$

Với:

$$[M] = \sum_e ([M_s^e] + [M_c^e]),$$

$$[K] = \sum_e ([K_s^e] + [K_b^e]),$$

$$[C] = \alpha_r [M] + \beta_r [K]$$

α_r và β_r là các hằng số cản Rayleigh, xác định thông qua 2 tần số riêng đầu tiên và tỷ số cản ξ của hệ [9].

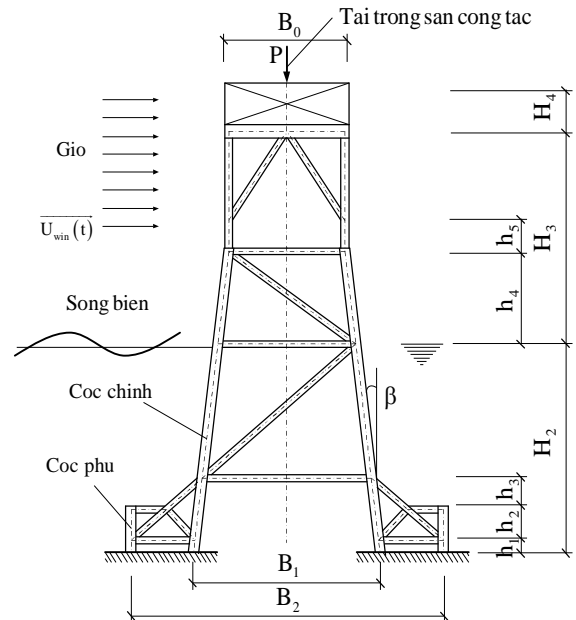
Phương trình vi phân tuyến tính (22) được tác giả giải bằng phương pháp tích phân trực tiếp Newmark. Thuật toán PTHH được tác giả cụ thể hóa bằng việc lập trình tính trong môi trường Matlab, chương trình tính có tên Stoke_wave_offshore_2014 (SWO_2014).

KHẢO SÁT SỐ

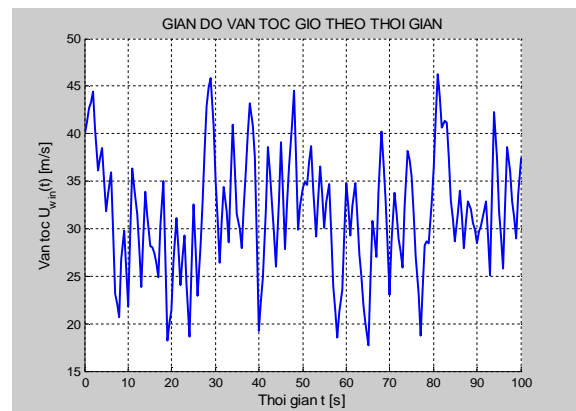
Tính toán công trình biển hệ thanh dạng DKI, với các thông số kết cấu: $H_2 = 20,1$ m, $H_3 = 20,5$ m, $H_4 = 4$ m, $h_1 = 1,5$ m, $h_2 = 3,2$ m, $h_3 = 2,7$ m, $h_4 = 8,9$ m, $h_5 = 2,7$ m, $B_0 = 16$ m, $B_1 = 26$ m, $B_2 = 35$ m, góc nghiêng của cọc chính $\beta = 8^\circ$, tổng diện tích phần chắn gió quy đổi của sàn công tác là 12 m². Các cọc chính, cọc phụ, thanh ngang và thanh xiên có mặt cắt ngang hình vành khăn, trong đó: cọc chính có đường kính ngoài $D_{ch} = 1,346$ m, chiều dày thành ống $t_{ch} = 3,5$ cm; cọc phụ có đường kính ngoài $D_{ph} = 1,48$ m, chiều dày thành ống $t_{ph} = 6,0$ cm; thanh xiên và thanh ngang có đường kính ngoài $D_{th} = 0,610$ m, chiều dày thành ống $t_{th} = 2,7$ cm. Vật liệu kết cấu bằng thép, có mô đun đàn hồi $E = 2,1 \times 10^{11}$ N/m², hệ số Poisson $\nu = 0,3$; khối lượng riêng $\rho = 7.800$ kg/m³. Khối gia tải $\varnothing 8,0 \times 3$ m bằng bê tông: $E = 2,4 \times 10^6$ N/m², hệ số Poisson $\nu = 0,35$; khối lượng riêng $\rho = 3.000$ kg/m³.

Tải trọng: sóng biển có chiều cao $H = 16,56$ m, độ sâu tính của nước $h = 20$ m, khối lượng riêng nước $\rho = 1.000$ kg/m³, chu kỳ sóng $T = 7,83$ s, hệ số lực cản $C_D = 0,75$, hệ số quán tính $C_1 = 2,0$, hệ số áp lực gió $C_p = 1$, khối lượng riêng không khí $\rho_{air} = 1,225$ kg/m³. Khối

lượng tổng cộng của sàn công tác, phần thượng tầng và vật dụng trên sàn công tác quy đổi là $P = 600$ tấn. Sử dụng giản đồ vận tốc gió $U(t)$ như trên hình 4 để tính tải trọng gió tác dụng lên kết cấu, bằng cách phân rã giản đồ thành file số liệu $U_i(t) - \Delta t_i$, với Δt_i bằng bước thời gian tích phân.



Hình 3. Mô hình bài toán (hình chiếu cạnh)

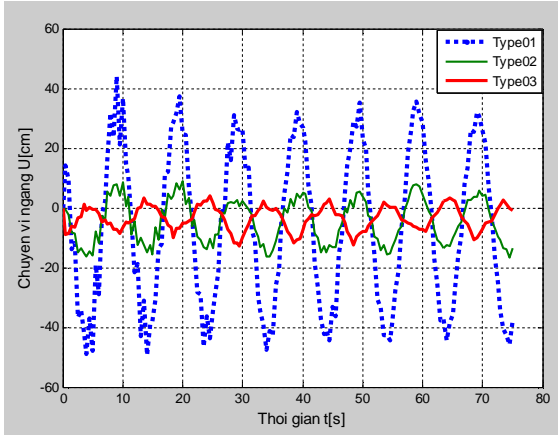


Hình 4. Giản đồ vận tốc gió $U(t)$ với $U_{max} = 46,35$ m/s

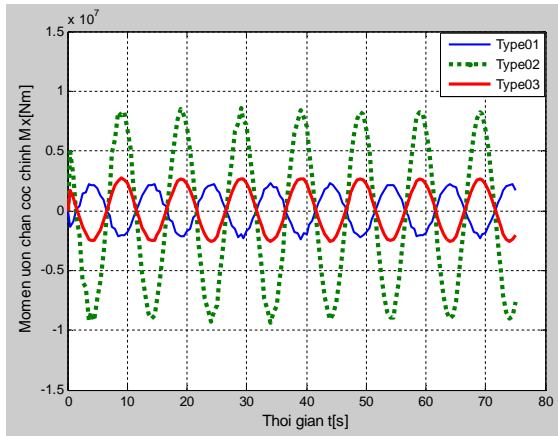
Với chương trình đã lập, tính cho 3 loại kết cấu DKI: 4 cọc chính, không có cọc váy (type_1), 4 cọc chính và 8 cọc váy (type_2), 4 cọc chính và 8 cọc váy kèm theo 8 khối gia tải

(type_3), phương gió và sóng tác dụng vuông góc với 1 mặt của kết cấu (phương y).

Hình 5 và hình 6 là đáp ứng chuyển vị ngang tại đỉnh giàn và đáp ứng mô men uốn tại mặt cắt chân cọc chính cho 3 trường hợp, bảng 1 là các giá trị lớn nhất tương ứng.



Hình 5. Đáp ứng chuyển vị ngang u theo t của đỉnh giàn



Hình 6. Đáp ứng mô men uốn M_x theo t tại mặt cắt chân cọc chính

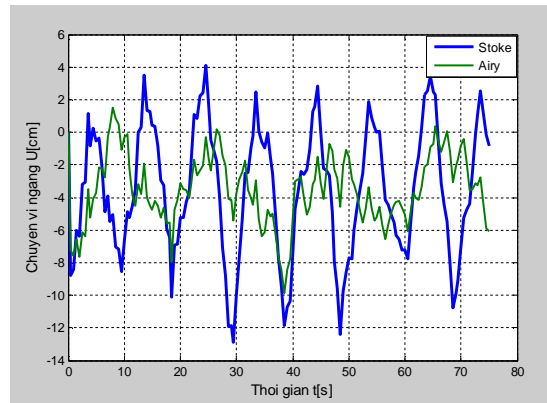
Bảng 1. Giá trị lớn nhất về chuyển vị tại đỉnh giàn và mô men uốn tại chân cọc chính

Kiểu kết cấu	Giá trị lớn nhất	
	u_{\max} [cm]	$M_x^{\max} \cdot 10^6$ [Nm]
Type_1	49,42	2,37
Type_2	16,70	9,38
Type_3	12,89	2,72

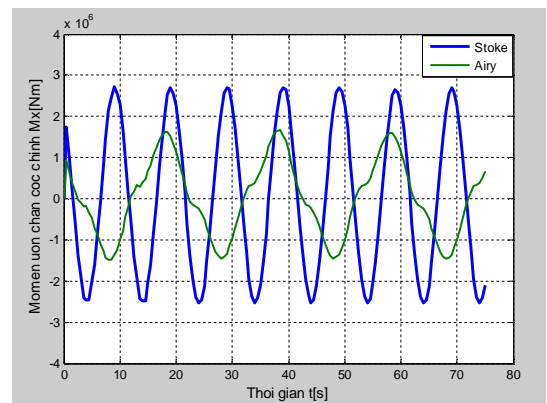
Nhận xét: Trong 3 dạng kết cấu đã nêu thì dạng kết cấu 3 (loại có 8 khối gia tải bố trí tại chân của 8 cọc phụ - Type_3) cho thấy chuyển vị là nhỏ nhất, kèm theo đó là mô men uốn tại mặt cắt chân cọc chính cũng bé. Và theo kết quả khảo sát ở trên, xét về quan niệm độ bền và độ cứng thì kết cấu công trình DKI loại chỉ có 4 cọc chính (type_1) chịu tải kém nhất, tiếp đến là loại kết cấu 4 cọc chính kèm theo 8 cọc vẩy (cọc phụ) và loại 4 cọc chính, 8 cọc vẩy kèm theo 8 khối gia tải là loại kết cấu có khả năng chịu lực tốt nhất - đây cũng là loại kết cấu được sử dụng hiện nay và thực tế đã chứng tỏ được điều này.

Tiếp theo, để tập trung kết quả và tiện lợi trong nhận xét, khuyến cáo, các khảo sát số bài toán tác giả tiến hành sau đây với loại kết cấu có 4 cọc chính, 8 cọc vẩy kèm theo 8 khối gia tải (type_3).

Ảnh hưởng của mô hình tải trọng sóng



Hình 7. Đáp ứng chuyển vị ngang u theo t của đỉnh giàn theo 2 phương pháp



Hình 8. Đáp ứng mô men uốn M_x theo t tại mặt cắt chân cọc chính theo 2 phương pháp

Tiến hành phân tích bài toán với 2 lý thuyết sóng: lý thuyết sóng Stoke bậc 2 (Stoke_2) và lý thuyết sóng Airy (Airy), kết quả đáp ứng chuyển vị ngang u tại đỉnh giàn và mô men uốn M_x tại mặt

cắt chân cột chính theo thời gian thể hiện như trên hình 7, 8. Và bảng 2 so sánh các giá trị lớn nhất về chuyển vị và nội lực của giàn tại các điểm tính.

Bảng 2. Giá trị lớn nhất về chuyển vị tại đỉnh giàn và mô men uốn tại chân cọc chính

$u_{max}[cm]$		Sai số [%]	$M_x^{max} \cdot 10^6 [Nm]$		Sai số [%]
Stoke_2	Airy		Stoke_2	Airy	
12,89	9,87	23,47	2,72	1,67	38,60

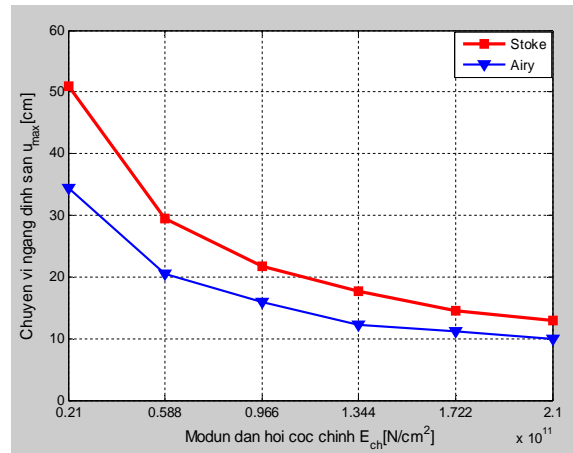
Nhận xét: Lý thuyết sóng dùng để tính toán tải trọng sóng có ảnh hưởng lớn đến phản ứng động của kết cấu công trình biển hệ thanh. Với bài toán khảo sát, sai lệch kết quả chuyển vị, nội lực tại các điểm tính giữa 2 phương pháp, với 2 lý thuyết tính tải trọng sóng (lý thuyết sóng Stoke bậc 2: Stoke_2 và lý thuyết sóng Airy) là khá lớn: 23,47% - chuyển vị, 38,60% - mô men uốn tại chân cọc chính. Trong đó tính toán theo lý thuyết sóng Stoke bậc 2 cho kết quả lớn hơn tính toán theo lý thuyết sóng Airy.

Ảnh hưởng của mô đun đàn hồi cọc chính

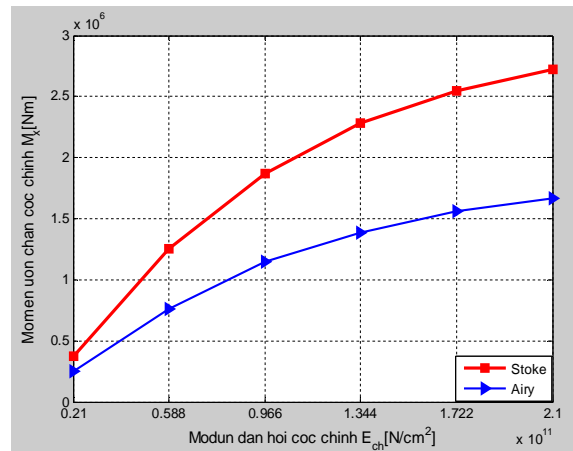
Phân tích bài toán, trong đó mô đun đàn hồi vật liệu cọc chính biến thiên từ $2,1 \cdot 10^{10} N/cm^2$ đến $21 \cdot 10^{10} N/cm^2$, kết quả biến thiên chuyển vị ngang lớn nhất u_{max} tại đỉnh giàn và mô men uốn lớn nhất M_x^{max} tại mặt cắt chân cọc chính thể hiện như đồ thị hình 9, 10 và trong bảng 3.

Nhận xét: Khi mô đun đàn hồi của vật liệu cọc chính tăng, chuyển vị lớn nhất ở đỉnh giàn giảm và mô men uốn lớn nhất tại mặt cắt chân cọc chính tăng, cả 2 sự biến thiên này thay đổi một cách phi tuyến. Với bài toán cụ thể đã xét, với mô đun đàn hồi E_{ch} của vật liệu cọc chính trong khoảng $1,344 \times 10^{11} N/cm^2$ đến $2,1 \times 10^{11} N/cm^2$ cho thấy chuyển vị đỉnh giàn gần như cực tiểu, mô men uốn chân cọc chính có giá trị khá lớn, song qua khảo sát các hư hại loại kết cấu này trong thực tế thì kết cấu bị hỏng do chuyển vị vượt giá trị cho phép là phổ biến hơn phá hủy bền. Do đó có thể lựa chọn

khoảng mô đun đàn hồi của vật liệu cọc như trên cho thiết kế là hợp lý.



Hình 9. Quan hệ $u_{max} - E_{ch}$



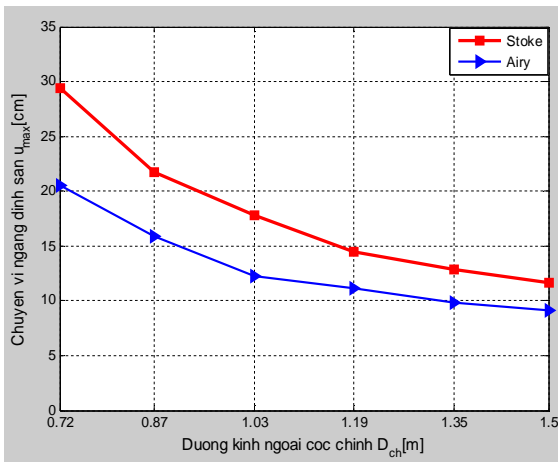
Hình 10. Quan hệ $M_x^{max} - E_{ch}$

Bảng 3. Biến thiên giá trị lớn nhất về chuyển vị đỉnh giàn và mô men uốn chân cọc chính theo mô đun đàn hồi vật liệu cọc chính

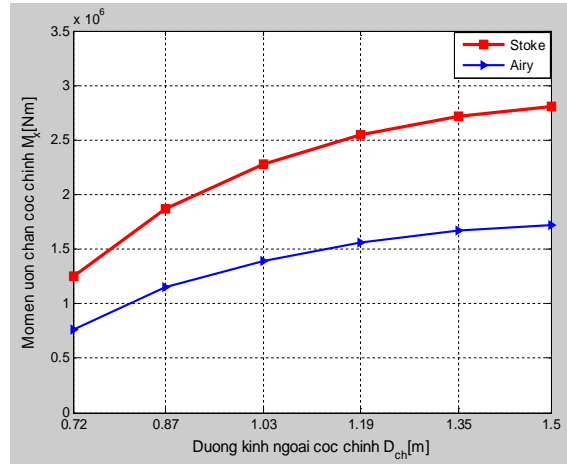
$E_{ch} \times 10^{10} [N/cm^2]$		2,10	5,88	9,66	13,44	17,22	21,00
$u_{max}[cm]$	Airy	34,44	20,52	15,86	12,27	11,10	9,87
	Stoke	50,87	29,39	21,70	17,76	14,43	12,89
$M_x^{max} \times 10^6 [Nm]$	Airy	0,25	0,76	1,15	1,39	1,56	1,67
	Stoke	0,37	1,25	1,87	2,28	2,55	2,72

Ảnh hưởng của đường kính ngoài cọc chính

Giải bài toán với 2 trường hợp: lý thuyết sóng Stoke bậc 2 và lý thuyết sóng Airy, trong đó đường kính ngoài D_{ch} của cọc chính thay đổi từ 0,72 m đến 1,50 m, trong khi chiều dày thành ống $t_{ch} = 3,5$ cm, kết quả biến thiên chuyển vị ngang lớn nhất u_{max} tại đỉnh giàn và mô men uốn lớn nhất M_x^{max} tại mặt cắt chân cọc chính theo D_{ch} thể hiện như trong bảng 4 và đồ thị hình 11, 12.



Hình 11. Quan hệ $u_{max} - D_{ch}$



Hình 12. Quan hệ $M_x^{max} - D_{ch}$

Bảng 4. Biến thiên giá trị lớn nhất về chuyển vị đỉnh giàn và mô men uốn chân cọc chính theo đường kính ngoài cọc chính

$D_{ch} [m]$		0,72	0,87	1,03	1,19	1,35	1,50
$u_{max}[cm]$	Airy	20,52	15,86	12,27	11,10	9,87	9,12
	Stoke	29,39	21,70	17,76	14,43	12,89	11,62
$M_x^{max} \times 10^6 [Nm]$	Airy	0,76	1,15	1,39	1,56	1,67	1,72
	Stoke	1,25	1,87	2,28	2,55	2,72	2,81

KẾT LUẬN

Một số kết quả chính bài báo đạt được:

Xây dựng thuật toán và chương trình tính

phân tích động lực học kết cấu công trình biển cố định hệ thanh không gian dưới tác động của tải trọng sóng và gió, trong đó tải trọng sóng được tính toán theo lý thuyết sóng Stoke bậc 2 và tải trọng gió được xác định theo giản đồ vận tốc gió.

Nghiên cứu cho thấy sự khác biệt về kết quả đối với 2 phương pháp tính tải trọng sóng ứng dụng cho công trình biển hệ thanh.

Khảo sát số trên một số thông số thay đổi, đưa ra các nhận xét có tính định lượng và các khuyến cáo có cơ sở ứng dụng vào thực tiễn nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng đối với kết cấu công trình biển cố định hệ thanh như nhà giàn DKI phục vụ quốc phòng, an ninh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Noorzaei, J., Bahrom, S. I., Jaafar, M. S., Thanoon, W. A. M., and Mohammad, S., 2005. Simulation of Wave and Current Forces on Slender Offshore Structural Members. Proceeding of ICCES, 5, 1-10.
2. Bargi, K., Hosseini, S. R., Tadayon, M. H., and Sharifian, H., 2011. Seismic response of a typical fixed jacket-type offshore platform (SPD1) under sea waves. Open Journal of Marine Science, 1(02), 36.
3. Raaij, K. V., 2005. Dynamic behaviour of jackets exposed to wave-in-deck forces.
4. Ali, A. A. M., Al-Kadhimi, A., and Shaker, M., 2012. Dynamic Behavior of Jacket Type Offshore Structure. Jordan Journal of Civil Engineering, 6(4): 418-435.
5. Bathe, K. J., and Wilson, E. L., 1976. Numerical methods in finite element analysis.
6. Journée, J. M. J., and Massie, W. W., 2000. Offshore hydromechanics. First Edition, Delft University of Technology.
7. Kim, B. W., Kim, W. H., and Lee, I. W., 2002. Three-dimensional Plate Analyses of Wind-loaded Structures., Department of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 373-1 Guseong-dong, Yuseong -gu, Daejeon, 305-701, Korea.
8. Nguyễn Thái Chung, Nguyễn Văn Chinh, 2013. Ảnh hưởng của một số yếu tố đến phản ứng động của công trình biển dưới tác dụng của tải trọng sóng và gió. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, 13(2): 33-40.
9. Wolf, J. P. (1988). Dynamic soil-structure interaction analysis in time domain, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.07632.

DYNAMIC ANALYSIS OF JACKET TYPE OFFSHORE STRUCTURE UNDER IMPACT OF WAVE AND WIND USING STOKE'S SECOND ORDER WAVE THEORY

Nguyễn Thái Chung, Lê Hoàng Anh

Le Quy Don Technical University

ABSTRACT: This paper presents finite element algorithms and dynamic analysis of the jacket type offshore structure under water wave and wind impact by using stoke's second order wave theory. The result of the paper is the scientific basis for the calculation, design and selection of the appropriate parameters, the study contributes to the optimization of fixed offshore structures such as buildings DKI, serving defense, security and contributing to improving the capacity to defend Vietnam's sovereignty over seas and islands.

Keywords: DKI, Wave, Wind, Morison, Stoke's second order wave.