

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

Nguyễn Văn Chinh

**PHÂN TÍCH ĐỘNG LỰC HỌC CÔNG TRÌNH BIÊN CỐ ĐỊNH
TRÊN NỀN SAN HỒ CHỊU TÁC DỤNG
CỦA TẢI TRỌNG SÓNG VÀ GIÓ**

Chuyên ngành: Cơ học vật thể rắn

Mã số : 62.44.21.01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2013

Công trình được hoàn thành tại:
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Nguyễn Thái Chung

2. GS.TS Hoàng Xuân Lượng

Phản biện 1: GS.TS Lê Xuân Huỳnh

Phản biện 2: GS.TS Phạm Ngọc Khánh

Phản biện 3: PGS.TS Đinh Quang Cường

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Học viện
hợp tại Học viện Kỹ thuật quân sự

.....
vào hồi giờ ngày tháng năm 2013

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Học viện Kỹ thuật quân sự
- Thư viện Quốc gia

CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Nguyễn Văn Chỉnh, Đỗ Anh Cường (2009), *Ảnh hưởng của TMD đối với ổn định động của một số cơ hệ chịu kích động tuần hoàn*, Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học Kỹ niệm 30 năm Viện Cơ học và 30 năm Tạp chí Cơ học năm 2009, tr.201-208.
2. Nguyễn Văn Chỉnh (2009), *Ổn định của con lắc kép có điểm treo di động*, Tuyển tập công trình Hội nghị Khoa học các nhà nghiên cứu trẻ – Học viện Kỹ thuật Quân sự, tháng 04 năm 2009, tr.66-71.
3. Nguyễn Văn Chỉnh (2010), *Nghiên cứu ảnh hưởng của nền san hô đối với các tần số riêng của công trình biển dạng hệ thanh*, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật – Học viện Kỹ thuật Quân sự số 135, tháng 7 năm 2010, tr.109-115.
4. Nguyễn Thái Chung, Nguyễn Văn Chỉnh (2012), *Nghiên cứu tương tác giữa kết cấu hệ thanh phẳng và nền san hô dưới tác dụng của tải trọng động đất*, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật – Học viện Kỹ thuật Quân sự số 146, năm 2012, tr.23-33.
5. Nguyễn Thái Chung, Nguyễn Văn Chỉnh (2012), *Nghiên cứu tương tác giữa kết cấu dàn phẳng và nền san hô dưới tác dụng của tải trọng sóng biển*, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật – Học viện Kỹ thuật Quân sự số 151, tháng 12 năm 2012, tr.23-33.
6. Hoàng Xuân Lượng, Nguyễn Thái Chung, Nguyễn Trang Minh, Nguyễn Văn Chỉnh (2012), *Tương tác giữa công trình biển hệ thanh và nền san hô chịu tác dụng đồng thời của tải trọng sóng và gió*, tuyển tập các công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc năm 2012, tr.115-123.
7. Nguyễn Thái Chung, Nguyễn Văn Chỉnh (2013), *Ảnh hưởng của một số yếu tố đến phản ứng động của công trình biển hệ thanh dưới tác dụng đồng thời của tải trọng sóng và gió*, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Công trình biển, T4 (Quý II-2013).

công trình biển cố định, sử dụng mô hình kết cấu và nền làm việc đồng thời mặc dù phức tạp nhưng phản ánh sát với sự làm việc thực của hệ, cho nên mô hình này cần được dùng. Nội dung được phản ánh trong các công trình [5], [6], [7] của tác giả.

- Giải nhiều bài toán trên hai mô hình tính mô phỏng kết cấu DKI/14 với các thông số tải trọng, vật liệu, kích thước hình học, điều kiện liên kết thay đổi cho thấy sự ảnh hưởng của các đại lượng này đến phản ứng động của hệ và đưa ra các khuyến cáo kỹ thuật có ý nghĩa thực tế. Nội dung được phản ánh trong các công trình [4], [6], [7] của tác giả.

2. Một số kiến nghị

- Do tính phân tán của vật liệu san hô và nền san hô nên kết quả của luận án chỉ mới có ý nghĩa thiết kế cơ sở. Vì vậy ứng với một vị trí cụ thể xây dựng công trình biển hệ thanh, để tăng mức độ chính xác của kết quả tính cũng như nâng cao hiệu quả kinh tế, hiệu quả sử dụng công trình, cần phải có khảo sát xác định tính chất nền san hô tại vị trí đó.

- Tính toán kết cấu hệ thanh và nền san hô làm việc đồng thời trên cơ sở sử dụng phần tử tiếp xúc mô tả tính chất liên kết của nền là khó, song cho thấy sự khác biệt về phản ứng động của hệ và phản ánh sát thực hơn sự làm việc của hệ so với mô hình tính truyền thống (mô hình thay thế nền bằng ngàm cứng). Do đó cần phát triển theo hướng này.

- Với mô hình hình học của công trình DKI/14 và tải trọng tính như trong bài toán khảo sát, xét theo điều kiện bền và điều kiện cứng, mô đun đàn hồi cọc chính và cọc phụ nên chọn trong khoảng $0,966 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ đến $2,1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ là hợp lý. Đối với cọc chính: đường kính ngoài của cọc nên chọn từ 1,03m đến 1,50m, chiều dày thành ống cọc chính nên chọn từ 1,8cm đến 2,6cm. Đối với thanh giằng: đường kính ngoài nên chọn từ 0,5m đến 0,7m và chiều dày thành ống nên chọn từ 2,5cm đến 3,3cm. Nếu tính theo mô hình kết cấu và nền không tương tác, chiều sâu ngàm tính toán từ 5D đến 6D là hợp lý; còn tính toán theo mô hình kết cấu và nền tương tác cho thấy chiều sâu đóng cọc chính từ 20m đến 30m là hợp lý.

- Nội dung nghiên cứu của luận án có thể phát triển theo các hướng sau:

+ Tính tương tác giữa kết cấu công trình biển hệ thanh chịu tác dụng đồng thời của tải trọng sóng, gió theo mô hình không gian với quan niệm công trình và nền san hô làm việc đồng thời.

+ Giảm dao động cho kết cấu công trình biển hệ thanh theo quan niệm kết cấu và nền cùng làm việc.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài:

Công trình biển cố định dạng móng cọc được dùng rộng rãi ngoài khơi, đây là một hệ cơ học phức tạp gồm kết cấu đàn hồi đặt trong môi trường chất lỏng chịu tác dụng của sóng, gió, dòng chảy ... Điển hình ở Việt Nam là các nhà giàn DKI của Quốc phòng, các giàn khoan dầu khí. Hiện nay, vẫn có các công trình bị hư hỏng trong quá trình khai thác, sử dụng, có những công trình bị nghiêng, đổ. Vì vậy đề tài "**Phân tích động lực học công trình biển cố định trên nền san hô chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió**" có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. Đối tượng, phạm vi và mục tiêu nghiên cứu của luận án

Đối tượng nghiên cứu: Kết cấu công trình biển cố định hệ thanh trên nền san hô (mô phỏng công trình DKI) chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió.

Phạm vi nghiên cứu:

- Về kết cấu: Công trình biển cố định hệ thanh phẳng (mô phỏng công trình DKI).

- Về nền: Nền san hô khu vực quần đảo Trường Sa.

- Về tải trọng: Tải trọng sóng biển và tải trọng gió

Mục tiêu nghiên cứu: Xác định phản ứng động của hệ theo hai mô hình bài toán (mô hình không tương tác và mô hình tương tác).

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu bằng lý thuyết, sử dụng phương pháp PTHH. Lập trình tính toán trong môi trường Matlab.

4. Cấu trúc của luận án

Luận án gồm phần mở đầu, bốn chương, phần kết luận chung, tài liệu tham khảo, với 138 trang thuyết minh, trong đó có 20 bảng, 84 hình vẽ, đồ thị, 73 tài liệu tham khảo và 28 trang phụ lục.

Mở đầu: Trình bày tính cấp thiết của đề tài luận án và bố cục luận án.

Chương 1: Trình bày tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Chương 2: Phân tích động lực học công trình biển cố định chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió.

Chương 3: Phân tích động lực học công trình biển cố định chịu tác dụng của tải trọng sóng, gió và tương tác với nền san hô.

Chương 4: Khảo sát ảnh hưởng của một số thông số đến phản ứng động của công trình biển cố định trên nền san hô chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió.

NỘI DUNG CHÍNH CỦA LUẬN ÁN

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Trình bày các kết quả nghiên cứu trong nước và nước ngoài về san hô, nền san hô, công trình biển, tải trọng tác dụng lên công trình biển và tính toán công trình biển. Từ các công trình đã công bố, trên cơ sở các vấn đề cần được tiếp tục nghiên cứu và phát triển, tác giả luận án tập trung nghiên cứu: **“Phân tích động lực học công trình biển trên nền san hô chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió”**. Theo đó, luận án sẽ tập trung giải quyết các nội dung chủ yếu sau:

- 1) Nghiên cứu tổng quan về san hô và sự tương tác giữa công trình và nền, làm cơ sở giải quyết bài toán tương tác giữa công trình và nền san hô.
- 2) Nghiên cứu phương pháp giải bài toán công trình biển cố định trên nền san hô (mô phỏng nhà giàn DKI) chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió..
- 3) Thiết lập thuật toán và chương trình tính phân tích hai lớp bài toán với hai mô hình tính: mô hình kết cấu và nền không tương tác và mô hình kết cấu và nền làm việc đồng thời, chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió.
- 4) Khảo sát ảnh hưởng của một số thông số về tải trọng, hình học, vật liệu, liên kết đến phản ứng động của hệ dưới tác dụng của tải trọng sóng và gió.

CHƯƠNG 2. PHÂN TÍCH ĐỘNG LỰC HỌC CÔNG TRÌNH BIỂN CỐ ĐỊNH CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG SÓNG VÀ GIÓ

2.1. Đặt vấn đề

Trong chương này tác giả thiết lập thuật toán và chương trình tính phân tích động lực học kết cấu công trình biển hệ chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió với mô hình kết cấu và nền không tương tác.

2.2. Giới thiệu bài toán và các giả thiết

Khảo sát công trình biển cố định hệ thanh chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió. Kết cấu có kích thước, liên kết và chịu lực như trên hình 2.1.

Bài toán được thực hiện trên cơ sở các giả thiết: Vật liệu kết cấu làm việc trong giới hạn đàn hồi tuyến tính; Biến dạng và chuyển vị của hệ là bé; Kết cấu làm việc trong điều kiện biến dạng phẳng; Liên kết giữa kết cấu và nền được xem là ngàm cứng tuyệt đối; Không xét đến tính rối và tương tác giữa sóng, gió, bỏ qua ảnh hưởng của dòng chảy và lực đẩy nổi của nước, không xét hiện tượng cộng hưởng.

4.4. Kết luận chương 4

Kết quả chính đạt được trong chương này:

- Đã nghiên cứu bằng số trên hai lớp bài toán mô phỏng công trình biển hệ thanh DKI/14 chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió với hai mô hình tính khác nhau. Xác định được phản ứng động của hệ và đưa ra được các nhận xét có ý nghĩa thực tế cho việc tính toán công trình biển trên nền san hô dưới tác dụng của tải trọng sóng và gió.

- Khảo sát số với hai lớp bài toán, trong đó các thông số kết cấu, nền thay đổi cho thấy ảnh hưởng của chúng đến phản ứng động của hệ. Các nhận xét có tính định lượng trên cả hai mô hình tính, có thể làm cơ sở cho việc định hướng trong tính toán, thiết kế và thi công công trình biển cố định hệ thanh chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió.

Từ kết quả khảo sát, nhận thấy tính toán theo mô hình không tương tác có lợi khi khuyến cáo theo điều kiện mềm, còn theo mô hình tương tác có lợi khi khuyến cáo theo điều kiện cứng. Theo tác giả sử dụng mô hình tính có xét đến tương tác kết cấu và nền để tính toán, thiết kế công trình biển hệ thanh chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió là phù hợp.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Những đóng góp mới của luận án

- Xây dựng thuật toán PTHH và chương trình tính FRAME_W1_2012 phân tích động lực học kết cấu công trình biển cố định hệ thanh phẳng chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió, với quan niệm thay thế nền bằng ngàm cứng (mô hình kết cấu và nền không tương tác). Chương trình tính đã được kiểm tra bảo đảm độ tin cậy. Nội dung được phản ánh trong các công trình [1], [2], [3], [4] của tác giả.

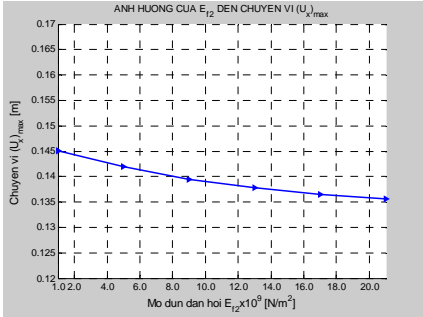
- Xây dựng thuật toán PTHH và chương trình tính FRAME_W2_2012 phân tích động lực học kết cấu công trình biển cố định hệ thanh phẳng chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió, với quan niệm kết cấu và nền san hô làm việc đồng thời (mô hình kết cấu và nền tương tác). Chương trình tính đã được kiểm tra bảo đảm độ tin cậy. Nội dung được phản ánh trong các công trình [4], [5], [6], [7] của tác giả.

- So sánh phản ứng động của hệ với hai mô hình tính khác nhau, cho thấy nền san hô có ảnh hưởng lớn đến các đáp ứng động của hệ. Từ đó chỉ ra rằng, tính toán theo mô hình kết cấu và nền không tương tác là giải pháp tốt khi cảnh báo theo điều kiện mềm, còn theo mô hình kết cấu và nền có tương tác là giải pháp tốt khi cảnh báo theo điều kiện cứng. Khi tính toán

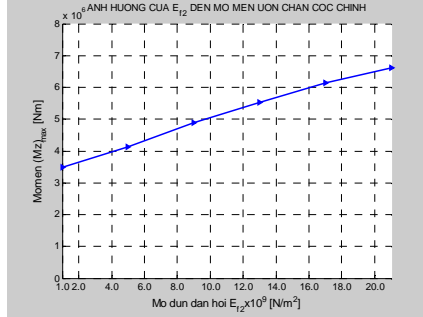
Nhận xét: Với bài toán khảo sát, chuyển vị ngang lớn nhất U_x^{\max} tại đỉnh giảm 19,79%, mô men uốn lớn nhất M_z^{\max} tại chân cọc chính tăng 1,85 lần và mô men uốn lớn nhất M_z^{\max} tại chân cọc phụ tăng 17,88%.

4.3.7.2. Ảnh hưởng của mô đun đàn hồi lớp nền thứ hai

Khảo sát bài toán với mô đun đàn hồi E_{f2} của lớp nền thứ hai (lớp số 2 – hình 3.1) thay đổi từ $1,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ đến $16,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Kết quả trên hình 4.60 và 4.61 là biến thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo E_{f2} .



Hình 4.60. Quan hệ $U_x^{\max} - E_{f2}$

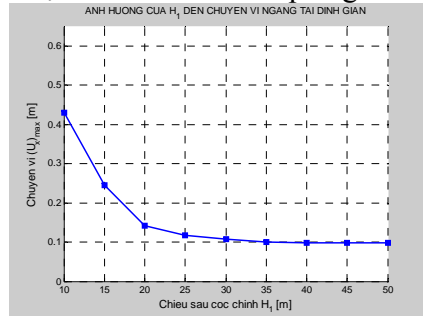


Hình 4.61. Quan hệ $M_z^{\text{ch}} - E_{f2}$

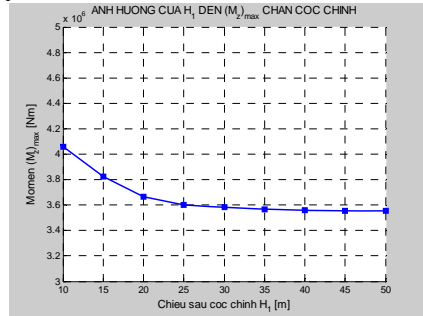
Nhận xét: Với bài toán khảo sát, chuyển vị ngang lớn nhất U_x^{\max} tại đỉnh giảm 6,49%, mô men uốn lớn nhất M_z^{\max} tại chân cọc chính tăng 1,92 lần và mô men uốn lớn nhất M_z^{\max} tại chân cọc phụ tăng 3,42%.

4.3.8. Ảnh hưởng của chiều sâu cọc chính trong nền

Giải bài toán với chiều sâu H_1 của cọc chính biến thiên từ 10m đến 50m, bước thay đổi $\Delta H_1 = 5\text{m}$. Kết quả trên hình 4.63 và 4.64 là biến thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo H_1 .

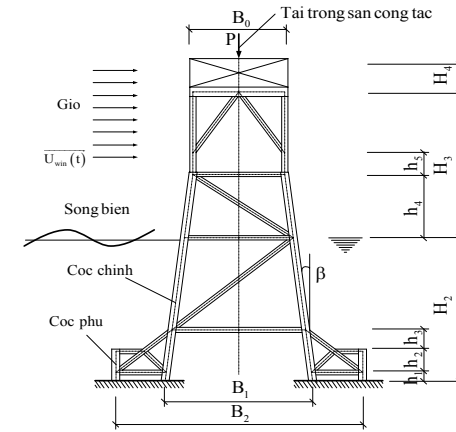


Hình 4.63. Quan hệ $U_x^{\max} - H_1$



Hình 4.64. Quan hệ $M_z^{\text{ch}} - H_1$

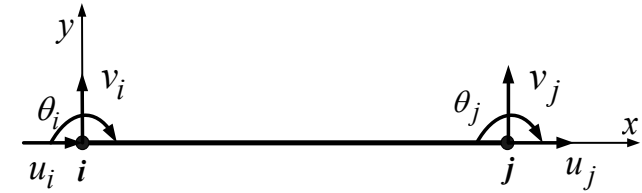
Nhận xét: Với điều kiện của bài toán, chiều sâu đóng cọc chính H_1 tốt nhất từ 20m đến 30m.



Hình 2.1. Mô hình bài toán (không tương tác)

2.3. Cơ sở PP PTHH phân tích động lực học công trình biển cố định chịu tác dụng của sóng và gió, quan niệm kết cấu và nền không tương tác

Kết cấu được rời rạc hóa bằng các PTHH thanh phẳng (Hình 2.2).



Hình 2.2. Phần tử thanh 2 nút với hệ trục tọa độ cục bộ

2.3.1. Các hệ thức biểu diễn mối tương quan trong PTHH

Chuyển vị của một điểm thuộc phần tử: $\{u\}_e = [N]_e \{u\}_e$ (2.1)

Ma trận độ cứng phần tử: $[K]_e = \int_{V_e} [B]_e^T [D] [B]_e dV_e$ (2.3)

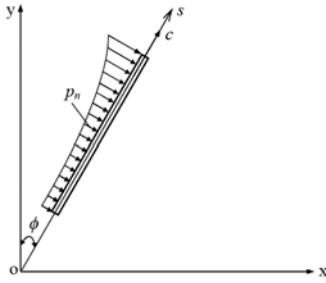
Ma trận khối lượng phần tử: $[M]_e = \int_{V_e} \rho [N]_e^T [N]_e dV_e$ (2.4)

Véc tơ tải trọng nút phần tử: $\{F\}_e = \int_{V_e} [N]_e^T q(x) dV$ (2.7)

2.3.2. Xây dựng véc tơ tải trọng phần tử do sóng và gió gây ra

2.3.2.1. Véc tơ tải trọng do sóng tác dụng lên phần tử thanh

Xét phần tử thanh hình trụ trong mặt phẳng oxy (Hình 2.3).



Hình 2.3. Mô hình phân tử thanh chịu tác dụng của tải trọng sóng biển
Tải trọng sóng phân bố lên phần tử thanh được xác định theo:

$$\{p_n\} = 0,5\rho_w C_D D \left\{ \dot{V}_n \right\} - \left\{ \dot{u}_n \right\} \left(\left\{ V_n \right\} - \left\{ \dot{u}_n \right\} \right) + 0,25\pi C_1 D^2 \left(\left\{ \dot{V}_n \right\} - \left\{ \dot{u}_n \right\} \right), \quad (2.9)$$

Véc tơ tải trọng nút phần tử do sóng gây ra:

$$\{P(t)\}_e^w = \int_0^L [N]_e^T [T] \{p_n(x, y, t)\} ds \quad (2.27)$$

2.3.2.2. Véc tơ tải trọng do gió tác dụng lên phần tử thanh

Áp lực gió tác dụng lên một đơn vị diện tích chắn gió:

$$p_{win}(t) = \frac{1}{2} C_p \rho_{air} [U_{win}(t)]^2 \cos\psi \quad (2.28)$$

Lực gió phân bố theo chiều dài của thanh:

$$q_{win}(t) = \frac{1}{2} B C_p \rho_{air} [U_{win}(t)]^2 \cos\phi \quad (2.29)$$

Véc tơ tải trọng nút của phần tử thanh do áp lực gió gây ra:

$$\{P\}_e^{win} = \left\{ \int_0^L [N]_e^T \{p_{win}(t)\} ds \right\} \quad (2.32)$$

2.3.3. Phương trình chuyển động của phần tử trong hệ tọa độ cục bộ

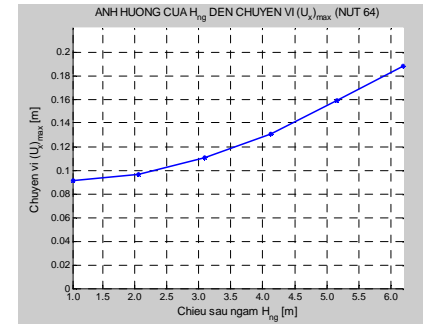
$$[M]_e \{\ddot{U}\}_e + [C]_e \{\dot{U}\}_e + [K]_e \{U\}_e = \{P\}_e^w + \{P\}_e^{win}, \quad (2.33)$$

2.3.4. Phương trình chuyển động của phần tử trong hệ tọa độ tổng thể

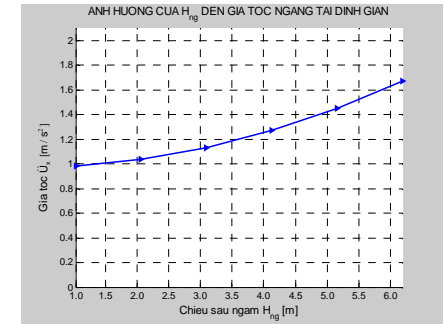
$$[\bar{M}]_e \{\ddot{\bar{U}}\}_e + [\bar{C}]_e \{\dot{\bar{U}}\}_e + [\bar{K}]_e \{\bar{U}\}_e = \{\bar{P}\}_e^w + \{\bar{P}\}_e^{win}, \quad (2.34)$$

2.3.5. Ghép nối các ma trận phần tử vào ma trận chung của toàn hệ

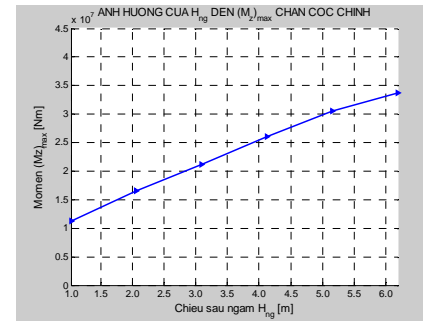
Sau khi chuyển từ hệ tọa độ cục bộ phần tử về hệ tọa độ tổng thể, việc ghép nối các ma trận, véc tơ tải phần tử tạo thành ma trận, véc tơ tải tổng thể được thực hiện theo thủ tục chung của phương pháp PTHH.



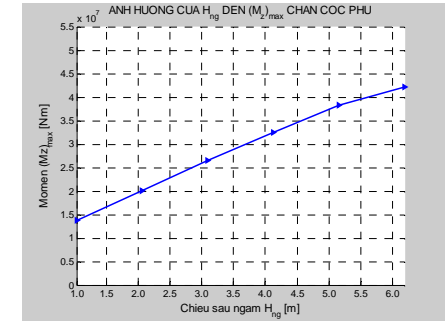
Hình 4.52. Quan hệ $U_x^{\max} - H_{ng}$



Hình 4.54. Quan hệ $\ddot{U}_x^{\max} - H_{ng}$



Hình 4.55. Quan hệ $M_z^{ch} - H_{ng}$



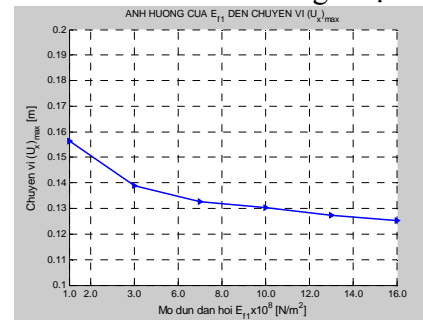
Hình 4.56. Quan hệ $M_z^{ph} - H_{ng}$

Nhận xét: Với bài toán cụ thể đã xét, chiều sâu ngầm tính toán nên chọn từ 5D đến 6D là hợp lý.

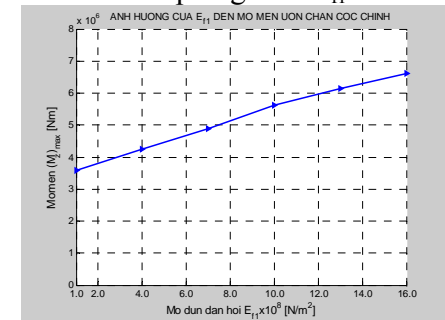
4.3.7. Ảnh hưởng của nền san hô

4.3.7.1. Ảnh hưởng của mô đun đàn hồi lớp nền trên cùng

Khảo sát bài toán với mô đun đàn hồi E_{f1} của lớp nền trên cùng (lớp số 1 - hình 3.1) thay đổi từ $1,0 \times 10^8 \text{N/m}^2$ đến $16,0 \times 10^8 \text{N/m}^2$. Kết quả trên hình 4.57 và 4.58 là biến thiên giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo E_{f1} .



Hình 4.57. Quan hệ $U_x^{\max} - E_{f1}$

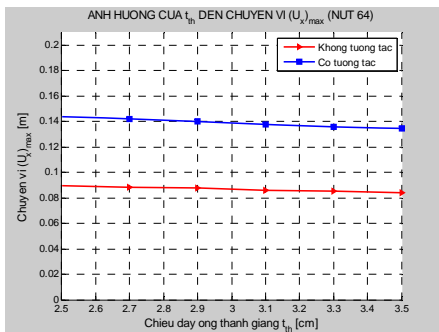


Hình 4.58. Quan hệ $M_z^{ch} - E_{f1}$

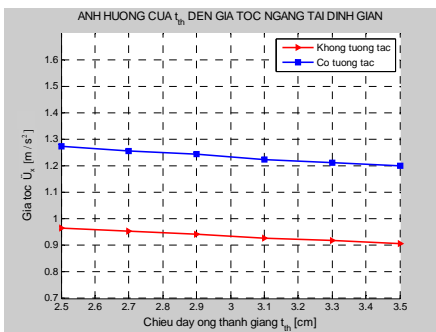
Nhận xét: Với bài toán cụ thể đã xét, đường kính ngoài D_{th} của thanh giằng nên chọn từ 0,5m đến 0,7m.

4.3.5.2. Ảnh hưởng của chiều dày thành ống thanh giằng

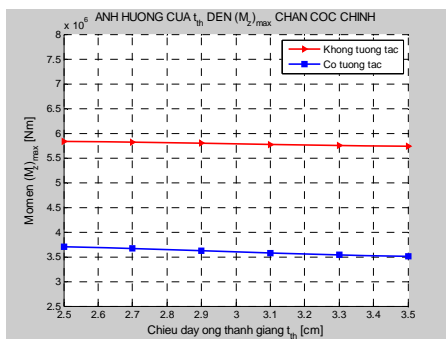
Khảo sát bài toán với chiều dày ống thanh giằng t_{th} thay đổi từ 2,5cm đến 3,5cm. Kết quả trên hình 4.47, 4.49, 4.50 và 4.51 là biến thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo t_{th} .



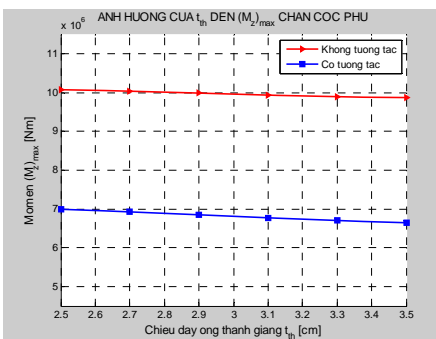
Hình 4.47. Quan hệ $U_x^{max} - t_{th}$



Hình 4.49. Quan hệ $\ddot{U}_x^{max} - t_{th}$



Hình 4.50. Quan hệ $M_z^{ch} - t_{th}$



Hình 4.51. Quan hệ $M_z^{ph} - t_{th}$

Nhận xét: Với kết quả tính trên bài toán cụ thể như đã xét cho thấy chiều dày t_{th} của thành ống thanh giằng nên chọn từ 2,5cm đến 3,3cm.

4.3.6. Ảnh hưởng của chiều sâu ngàm

Khảo sát bài toán theo mô hình KTT, với chiều sâu ngàm H_{ng} từ 1D đến 6D (D là đường kính cọc chính). Kết quả trên hình 4.52, 4.54, 4.55 và 4.56 là biến thiên giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo H_{ng} .

2.3.6. Phương trình chuyển động của toàn hệ

Sau khi ghép nối, phương trình vi phân chuyển động của toàn hệ:

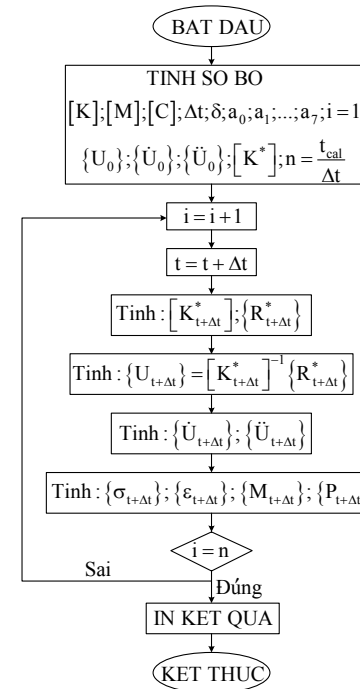
$$[\bar{M}]\{\ddot{U}\} + [\bar{C}]\{\dot{U}\} + [\bar{K}]\{U\} = \{\bar{R}\}, \quad (2.40)$$

2.4. Thuật toán giải phương trình chuyển động của hệ

Sau khi đưa vào điều kiện biên, hệ phương (2.40) có dạng sau:

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = \{R\} = \{R_w\} + \{P_{win}\}, \quad (2.47)$$

Để giải hệ phương trình (2.47) tác giả dùng phương pháp tích phân trực tiếp Newmark với sơ đồ thuật toán như trên hình 2.4.



Hình 2.4. Sơ đồ thuật toán của phương pháp Newmark

2.5. Chương trình tính và kiểm tra độ tin cậy của chương trình

2.5.1. Chương trình tính

Trên cơ sở thuật toán trong mục 2.4, tác giả lập chương trình tính có tên FRAME_W1_2012 được viết bằng ngôn ngữ lập trình Matlab có khả năng phân tích động lực học kết cấu công trình biển hệ thanh phẳng chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió.

2.5.2. Kiểm tra độ tin cậy của chương trình

- Bài toán 1: So sánh kết quả tính về tần số riêng với công trình DKI/14M:

Bảng 2.2. So sánh tần số riêng, kiểm tra độ tin cậy của chương trình

Đại lượng	Phương pháp		Sai số (%)
	DKI/14M [31], [32]	FRAME_W1_2012	
Tần số riêng f_1 [Hz]	1,062	0,994	6,84

- Bài toán 2: So sánh kết quả tính về chuyển vị với công trình của các tác giả Po-Yen Chang và Pei-Yin Chung (2010):

Bảng 2.3. So sánh chuyển vị, kiểm tra độ tin cậy của chương trình tính

Đại lượng	Phương pháp		Sai số (%)
	Po-Yen Chang [57]	FRAME_W1_2012	
Chuyển vị [cm]	9,017	8,685	3,68

Nhận xét: Từ kết quả tính toán và so sánh với sai số như trên cho thấy thuật toán và chương trình tính FRAME_W1_2012 đã lập là đủ tin cậy.

2.6 Kết luận

- Xây dựng thuật toán PTHH giải bài toán phân tích động lực kết cấu công trình dạng hệ thanh chịu tác dụng của tải trọng sóng biển và gió theo mô hình bài toán phẳng, với quan niệm kết cấu và nền không tương tác (liên kết giữa công trình và nền là cứng tuyệt đối).

- Xây dựng chương trình tính FRAME_W1_2012 có khả năng giải bài toán dao động riêng và bài toán dao động cưỡng bức của kết cấu hệ thanh chịu tác dụng của sóng và gió theo mô hình không tương tác. Chương trình có đủ độ tin cậy.

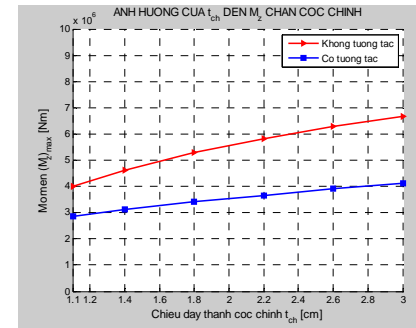
CHƯƠNG 3. PHÂN TÍCH ĐỘNG LỰC HỌC CÔNG TRÌNH BIỂN CỐ ĐỊNH CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG SÓNG, GIÓ VÀ TƯƠNG TÁC VỚI NỀN SAN HỒ

3.1. Đặt vấn đề

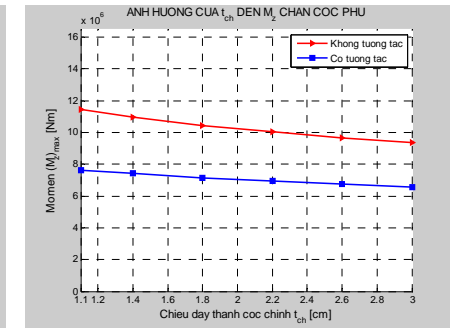
Trong chương này, tác giả tập trung nghiên cứu phân tích tương tác động lực học giữa kết cấu công trình biển cố định hệ thanh và nền san hồ chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió theo mô hình bài toán phẳng, trong đó sử dụng PTTX để mô tả sự làm việc một chiều của nền san hồ.

3.2. Giới thiệu bài toán và các giả thiết

Khảo sát công trình biển hệ thanh phẳng trên nền san hồ, chịu tác dụng của sóng và gió như hình 3.1.



Hình 4.40. Quan hệ $M_z^{ch} - t_{ch}$



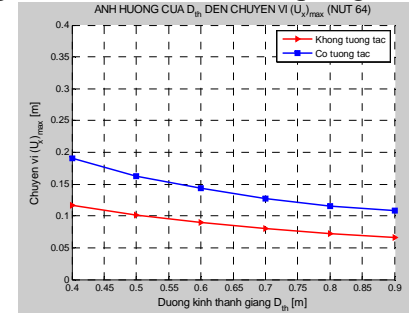
Hình 4.41. Quan hệ $M_z^{ph} - t_{ch}$

Nhận xét: Với kết quả tính trên bài toán cụ thể như đã xét cho thấy chiều dày t_{ch} của thành cọc chính nên chọn từ 1,8cm đến 2,6cm.

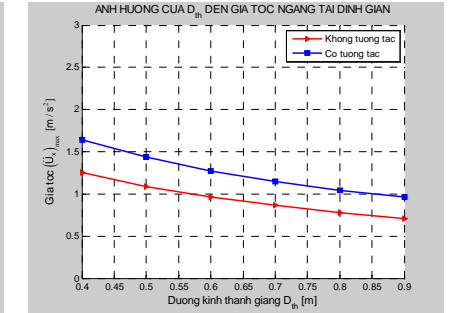
4.3.5. Ảnh hưởng của kích thước thanh giằng

4.3.5.1. Ảnh hưởng của đường kính ngoài thanh giằng

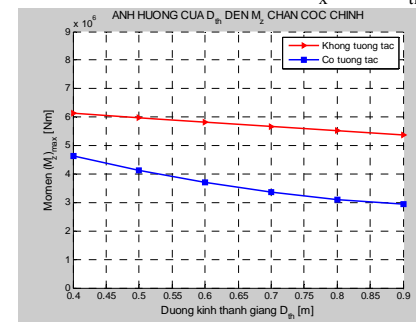
Khảo sát bài toán với đường kính ngoài thanh giằng D_{th} thay đổi từ 0,4m đến 0,9m. Kết quả trên hình 4.42, 4.44, 4.45 và 4.46 là biến thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo D_{th} .



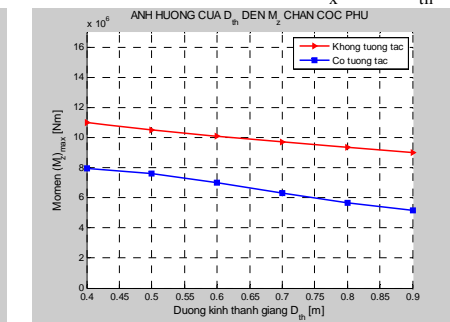
Hình 4.42. Quan hệ $U_x^{max} - D_{th}$



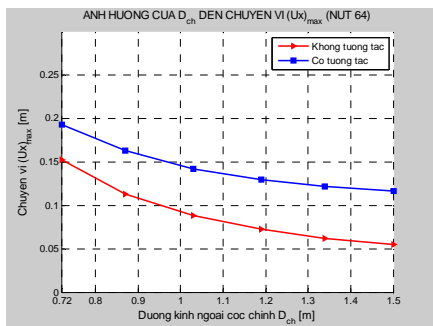
Hình 4.44. Quan hệ $\ddot{U}_x^{max} - D_{th}$



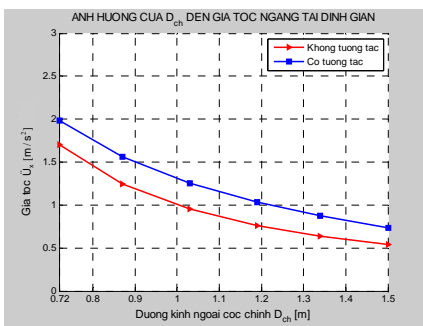
Hình 4.45. Quan hệ $M_z^{ch} - D_{th}$



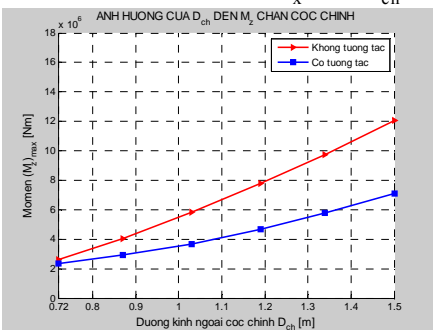
Hình 4.46. Quan hệ $M_z^{ph} - D_{th}$



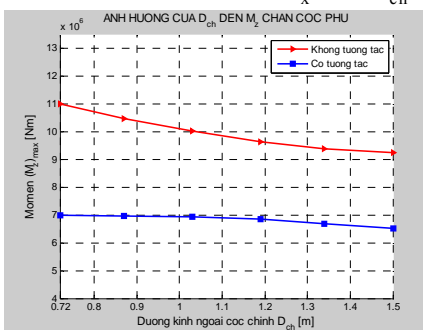
Hình 4.32. Quan hệ $U_x^{\max} - D_{ch}$



Hình 4.34. Quan hệ $\ddot{U}_x^{\max} - D_{ch}$



Hình 4.35. Quan hệ $M_z^{\max} - D_{ch}$

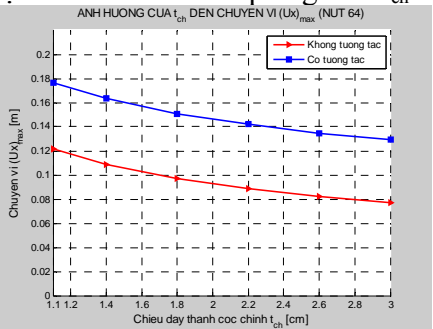


Hình 4.36. Quan hệ $M_z^{ph} - D_{ch}$

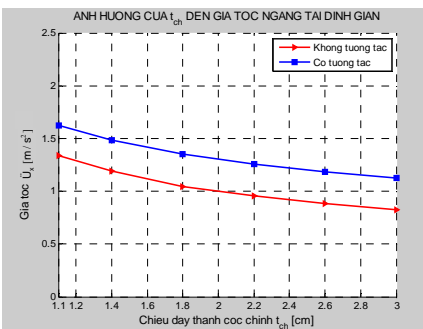
Nhận xét: Với bài toán khảo sát, từ kết quả tính cho thấy đường kính ngoài D_{ch} của cọc chính nên chọn trong khoảng từ 1,03m đến 1,50m.

4.3.4.2. Ảnh hưởng của chiều dày thành ống cọc chính

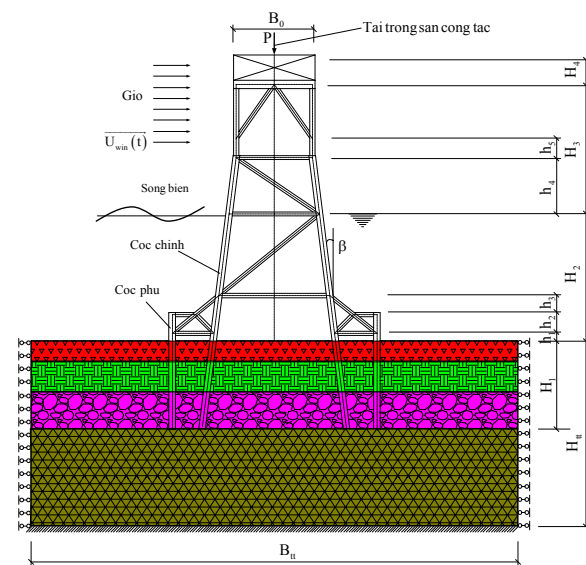
Khảo sát bài toán với chiều dày thành cọc chính t_{ch} thay đổi từ 1,1cm đến 3,0cm. Kết quả trên hình 4.37, 4.39, 4.40 và 4.41 là biên thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo t_{ch} .



Hình 4.37. Quan hệ $U_x^{\max} - t_{ch}$



Hình 4.39. Quan hệ $\ddot{U}_x^{\max} - t_{ch}$



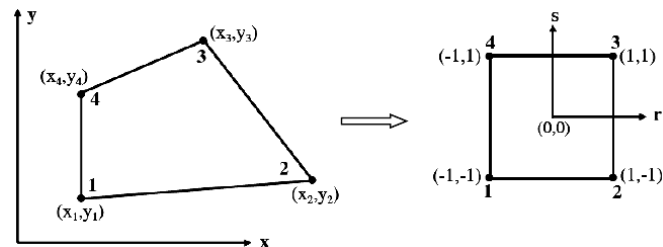
Hình 3.1. Mô hình bài toán công trình biển chịu tác dụng của tải trọng sóng, gió

Ngoài các giả thiết đã nêu trong chương 2, bài toán được giải trên cơ sở các giả thiết sau: Mỗi lớp nền là vật liệu đồng chất, đẳng hướng, đàn hồi tuyến tính. Liên kết giữa các lớp nền xem như bám dính tuyệt đối. Hệ kết cấu và nền làm việc trong điều kiện biến dạng phẳng. Liên kết giữa các cọc chính, cọc phụ và nền là liên kết một chiều, được thay thế bằng liên kết nút giữa các phần tử thanh dầm và phần tử biến dạng phẳng thông qua PTTX.

3.3. Cơ sở phương pháp PTHH phân tích động lực học công trình biển cố định chịu tác dụng của tải trọng sóng, gió và tương tác với nền san hô

3.3.1. Các hệ thức đối với phần tử thuộc nền

3.3.1.1. Phần tử tứ giác phẳng có bốn điểm nút



Hình 3.2. Sơ đồ phần tử tứ giác phẳng bốn điểm nút

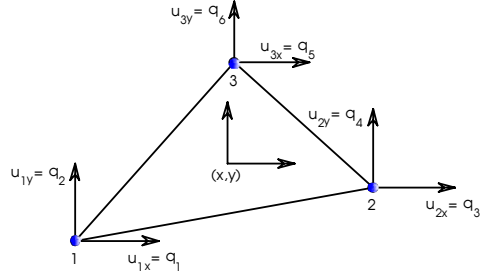
Véc tơ chuyển vị nút của phần tử trong hệ tọa độ tổng thể:

$$\{U\}_e = [U_{1x} \ U_{1y} \ U_{2x} \ U_{2y} \ \dots \ U_{4x} \ U_{4y}]^T \quad (3.7)$$

Chuyển vị của một điểm có tọa độ (x,y) trong hệ tọa độ tổng thể:

$$\{U\} = [U_x \ U_y]^T = [N]\{U\}_e \quad (3.9)$$

3.3.1.2. Phần tử tam giác phẳng có ba điểm nút



Hình 3.3. Sơ đồ phần tử tam giác phẳng ba điểm nút

Véc tơ chuyển vị nút của phần tử trong hệ tọa độ tổng thể:

$$\{U\}_e = [U_{1x} \ U_{1y} \ U_{2x} \ U_{2y} \ U_{3x} \ U_{3y}]^T \quad (3.12)$$

Chuyển vị của một điểm có tọa độ (x,y) trong hệ tọa độ tổng thể:

$$\{U\} = [U_x \ U_y]^T = [N]\{U\}_e \quad (3.14)$$

3.3.1.3. Quan hệ biến dạng – chuyển vị

$$\{\varepsilon\} = [\varepsilon_x \ \varepsilon_y \ \varepsilon_z]^T = [B]_e \{U\}_e \quad (3.17)$$

3.3.1.4. Ma trận độ cứng của phần tử

$$[K]_e = \int_{A_e} h [B]_e^T [D] [B]_e dA_e \quad (3.20)$$

3.3.1.5. Ma trận khối lượng phần tử

$$[M]_e = \int_{A_e} \rho h [N]^T [N] dA_e \quad (3.21)$$

3.3.1.6. Véc tơ tải trọng nút

a, Tải trọng nút do lực khối gây ra

$$\{P_g\} = \int_{V_e} [N]^T \{g\} dV \quad (3.23)$$

b, Tải trọng nút do lực phân bố trên cạnh jk và kl :

$$\{P_p\} = \{P\}_e^{jk} + \{P\}_e^{kl} \quad (3.24)$$

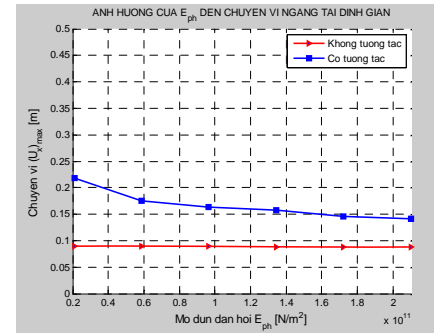
3.3.1.7. Véc tơ nội lực quy nút phần tử:

$$\{F\}_e = \int_{V_e} [B]_e^T \{\sigma\} dV_e = h \int_{A_e} [B]_e^T \{\sigma\} dA_e \quad (3.25)$$

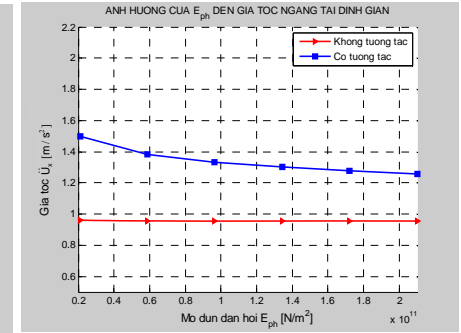
Nhận xét: với bài toán khảo sát, từ kết quả trên cho thấy mô đun đàn hồi cọc chính chọn trong khoảng $0,966 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ đến $2,1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ là hợp lý

4.3.3.2. Ảnh hưởng của mô đun đàn hồi cọc phụ

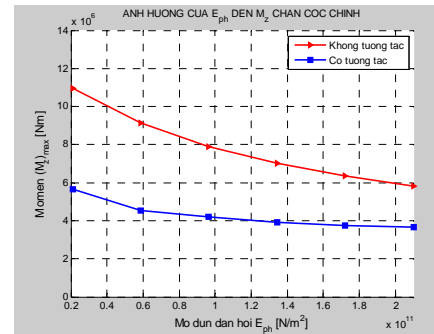
Khảo sát bài toán với mô đun đàn hồi E_{ch} của vật liệu cọc chính thay đổi từ $2,1 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ đến $2,1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$. Kết quả trong trên hình 4.27, 4.29, 4.30 và 4.31 là biến thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo E_{ph} .



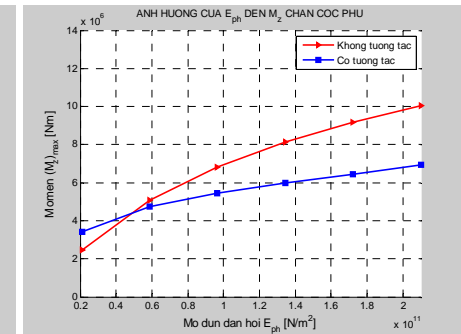
Hình 4.27. Quan hệ $U_x^{\max} - E_{ph}$



Hình 4.29. Quan hệ $\ddot{U}_x^{\max} - E_{ph}$



Hình 4.30. Quan hệ $M_z^{\text{ch}} - E_{ph}$



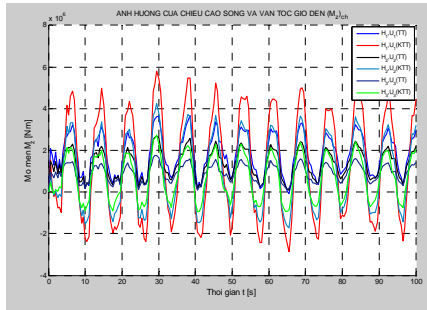
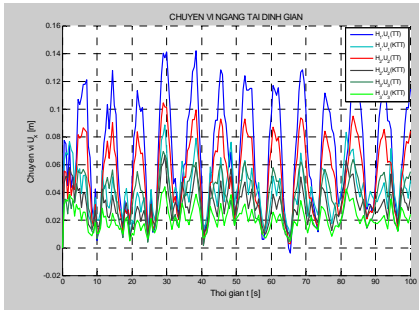
Hình 4.31. Quan hệ $M_z^{\text{ph}} - E_{ph}$

Nhận xét: với bài toán khảo sát, từ kết quả trên cho thấy mô đun đàn hồi cọc phụ chọn trong khoảng $0,966 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ đến $2,1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ là hợp lý.

4.3.4. Ảnh hưởng của kích thước cọc chính

4.3.4.1. Ảnh hưởng của đường kính ngoài cọc chính

Khảo sát bài toán với đường kính ngoài cọc chính D_{ch} thay đổi từ 0,72m đến 1,50m. Kết quả trong trên hình 4.32, 4.34, 4.35 và 4.36 là biến thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo D_{ch} .

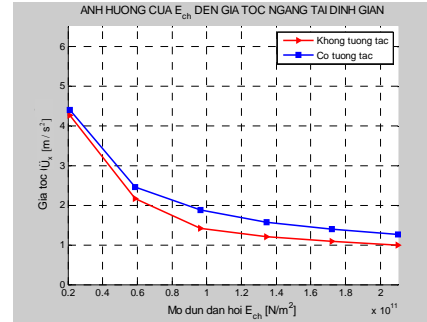
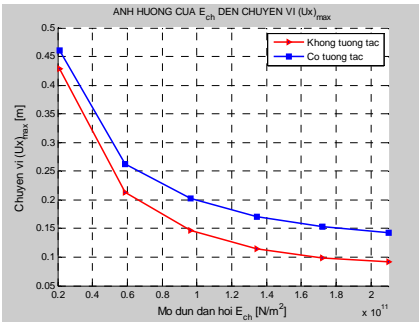


Hình 4.19. Đáp ứng U_x tại đỉnh giàn **Hình 4.20.** Đáp ứng M_z chân cọc chính
 $(U_{win}^{(1)}(t), H_w^{(1)} = 16,56m; U_{win}^{(2)}(t), H_w^{(2)} = 12,45m; U_{win}^{(3)}(t), H_w^{(3)} = 8,28m)$

4.3.3. Ảnh hưởng của vật liệu kết cấu

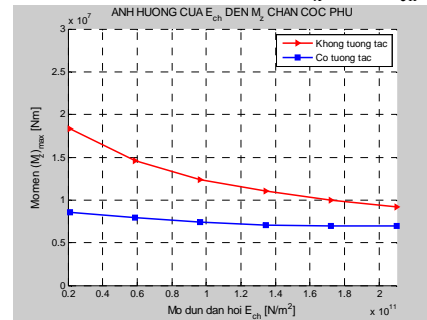
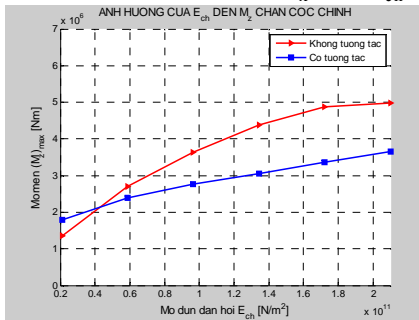
4.3.3.1. Ảnh hưởng của mô đun đàn hồi cọc chính:

Khảo sát bài toán với mô đun đàn hồi E_{ch} của vật liệu cọc chính thay đổi từ $2,1 \times 10^{10} N/m^2$ đến $2,1 \times 10^{11} N/m^2$. Kết quả trong trên hình 4.22, 4.23, 4.25 và 4.26 là biến thiên các giá trị lớn nhất của các đáp ứng theo E_{ch} .



Hình 4.22. Quan hệ $U_x^{max} - E_{ch}$

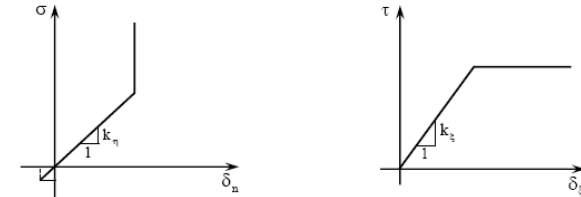
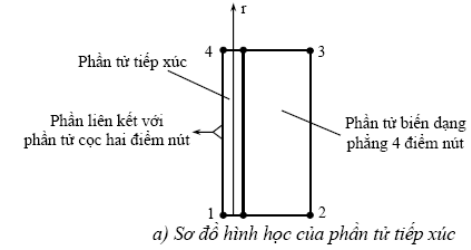
Hình 4.23. Quan hệ $\dot{u}_x^{max} - E_{ch}$



Hình 4.25. Quan hệ $M_z^{ch} - E_{ch}$

Hình 4.26. Quan hệ $M_z^{ph} - E_{ch}$

3.3.2. Các hệ thức trong phần tử tiếp xúc



b) Quan hệ ứng suất và biến dạng pháp tuyến c) Quan hệ ứng suất và biến dạng tiếp tuyến

Hình 3.4. Sơ đồ phần tử tiếp xúc

Véc tơ số gia chuyển vị nút phần tử $\{\Delta U_{se}\}$ được định nghĩa như sau:

$$\{\Delta U_{se}\} = \{(u_4 - u_1) \quad (v_4 - v_1) \quad \theta_4 \quad (u_3 - u_2) \quad (v_3 - v_2) \quad \theta_3\}^T = [T]\{\delta\}, \quad (3.32)$$

Với: $\{\delta\} = \{u_4 \quad v_4 \quad \theta_4 \quad u_3 \quad v_3 \quad \theta_3 \quad u_1 \quad v_1 \quad u_2 \quad v_2\}^T$.

Véc tơ số gia biến dạng tại điểm bất kỳ của phần tử được xác định:

$$\{\Delta \epsilon_{se}\} = \frac{1}{t_{se}} [N]\{\Delta U_{se}\} = \frac{1}{t_{se}} [N][T]\{\delta\} = [B_{se}]\{\delta\} \quad (3.38)$$

Quan hệ số gia ứng suất và số gia biến dạng trong phần tử tiếp xúc:

$$\{\Delta \sigma_{se}\} = [D_{se}]\{\Delta \epsilon_{se}\} \quad (3.39)$$

Trường hợp bài toán biến dạng phẳng, ma trận $[D_{se}]$ được xác định:

$$[D_{se}] = \begin{bmatrix} k_s & 0 & 0 \\ 0 & k_n & 0 \\ 0 & 0 & k_s \end{bmatrix} \quad (3.41)$$

Ma trận độ cứng của phần tử tiếp xúc trong hệ tọa độ tổng thể:

$$[K_{se}] = \iint [B_{se}]^T [R]^T [D_{se}] [R] [B_{se}] dx dy \quad (3.42)$$

$$\text{Hay: } [K_{se}] = \int_{-1}^1 [B_{se}]^T [R]^T [D_{se}] [R] [B_{se}] \det |J| d\xi \quad (3.44)$$

Việc kiểm tra điều kiện tách và trượt trên bề mặt tiếp xúc giữa kết cấu với nền được thực hiện theo tiêu chuẩn bền Mohr – Coulumb.

3.3.3. Phương trình chuyển động của toàn hệ

Sau khi khử điều kiện biên, phương trình chuyển động của hệ có dạng:

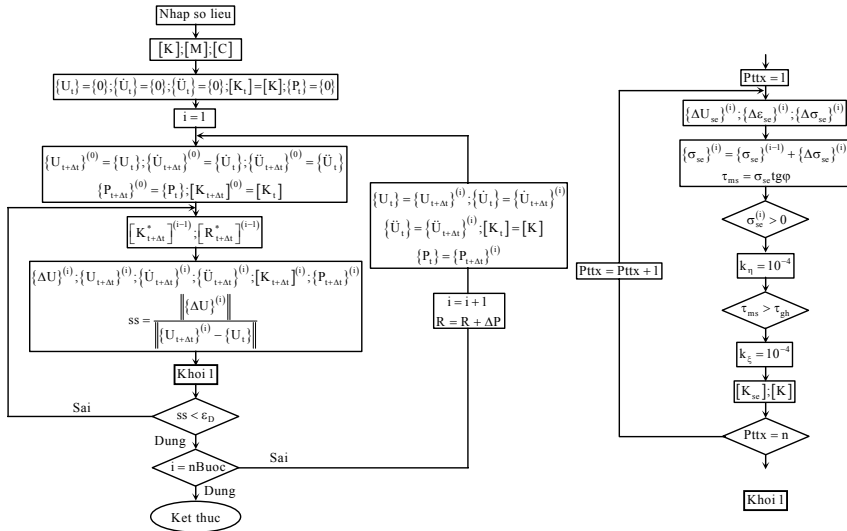
$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = \{P_w\} + \{P_{win}\} = \{R\} \quad (3.48)$$

Do xuất hiện sự tách hoặc trượt cục bộ giữa kết cấu và nền, ma trận $[K_{se}]$ sẽ phụ thuộc vào ứng suất $[K_{se}] = [K_{se}(\{\sigma\})]$. Do $\{\sigma\} = \{\sigma(\{U\})\}$ nên $[K_{se}] = [K_{se}(\{U\})]$, dẫn đến: $[K] = [K(\{U\})]$, $[C] = [C(\{U\})]$. Do đó hệ phương trình (3.48) được viết lại dưới dạng sau:

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C(\{U\})]\{\dot{U}\} + [K(\{U\})]\{U\} = \{P_w\} + \{P_{win}\} = \{R\} \quad (3.49)$$

3.4. Thuật toán giải hệ phương trình vi phân chuyển động của hệ

Hệ (3.49) là hệ phương trình vi phân phi tuyến. Để giải (3.49) tác giả kết hợp phương pháp tích phân trực tiếp Newmark và lặp Newton-Raphson.



Hình 3.5. Sơ đồ khối thuật toán

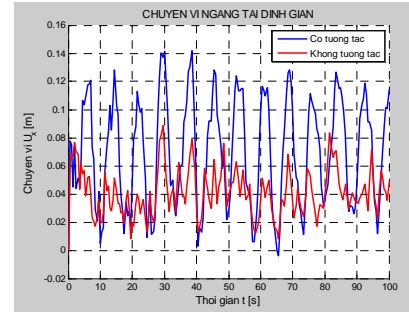
3.5. Chương trình tính và kiểm tra độ tin cậy của chương trình

3.5.1. Giới thiệu chương trình tính

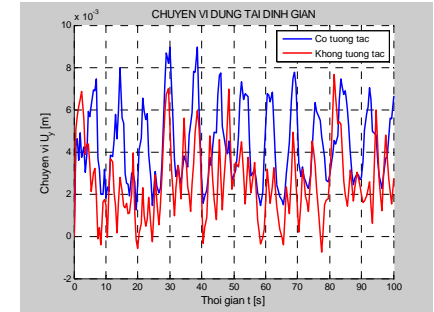
Chương trình tính có tên FRAME_W2_2012 có khả năng phân tích động lực học kết cấu công trình biển cố định hệ thanh phẳng trên nền san hô chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió.

3.5.2. Kiểm tra độ tin cậy của chương trình

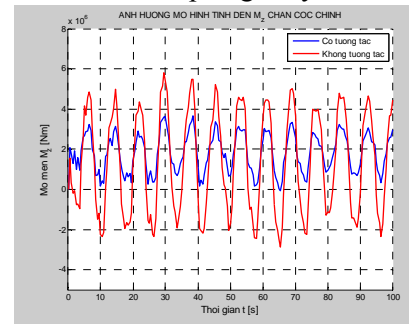
Bài toán so sánh: công trình công bố của Wistan Carswell (2012), trong công trình này, tác giả sử dụng phương pháp PTHH để giải bài toán dao động riêng kết cấu cột tuabin quạt gió và nền làm việc đồng thời.



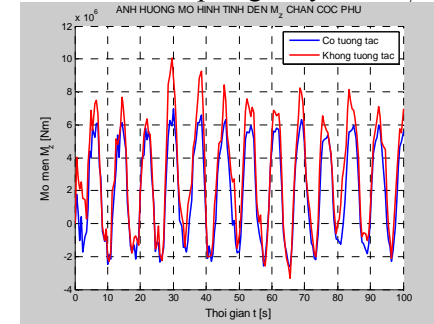
Hình 4.15. Đáp ứng chuyển vị U_x



Hình 4.16. Đáp ứng chuyển vị U_y



Hình 4.17. Đáp ứng mô men M_z^{ch}



Hình 4.18. Đáp ứng mô men M_z^{phu}

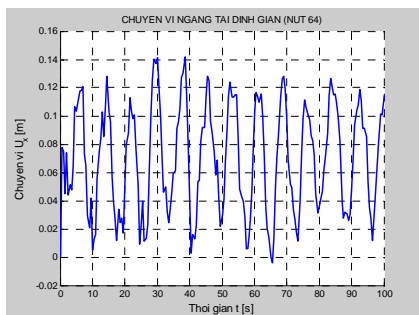
Bảng 4.4. Giá trị lớn nhất của các đáp ứng động (mô hình KTT và TT)

Mô hình	Giá trị lớn nhất					
	Chuyển vị [cm]		Gia tốc [m/s^2]		Mô men [kNm]	
	U_x^{max}	U_y^{max}	\ddot{U}_x^{max}	\ddot{U}_y^{max}	M_z^{Chinh}	M_z^{Phu}
KTT	8,8580	0,7664	0,9538	0,0997	5809,50	10342,8
TT	14,196	0,8972	1,2570	0,0208	3663,58	6932,85

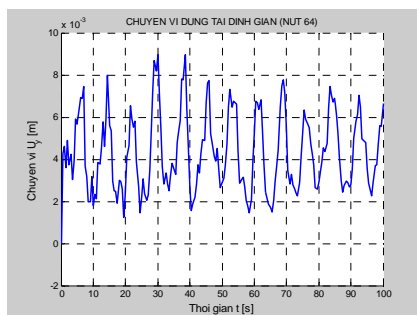
Nhận xét: Như vậy nếu tính theo mô hình KTT sẽ thiên về điều an toàn theo kiện bền (do kết quả tính có nội lực lớn hơn), còn tính theo mô hình TT sẽ thiên về an toàn theo điều kiện cứng (do kết quả tính có chuyển vị lớn hơn). Theo tác giả, khi tính toán, thiết kế các công trình biển trên nền san hô dưới tác dụng của tải trọng sóng và gió nên tính theo mô hình làm việc đồng thời của kết cấu và nền, trong đó xem xét đến tính chất làm việc một chiều của nền san hô.

4.3.2. Ảnh hưởng của tải trọng tác dụng

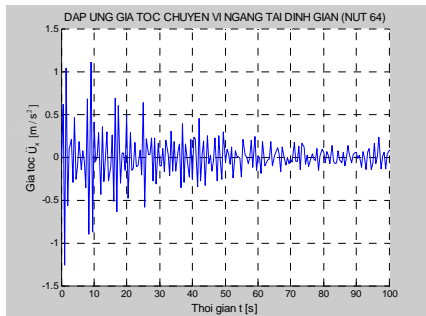
Trong phần này, tác giả khảo sát trên 3 lớp bài toán với 3 cặp tải trọng sóng và gió khác nhau cho 2 mô hình tính (mô hình KTT, mô hình TT). Trên hình 4.19 và 4.20 là đáp ứng chuyển vị U_x và mô men M_z^{ch}



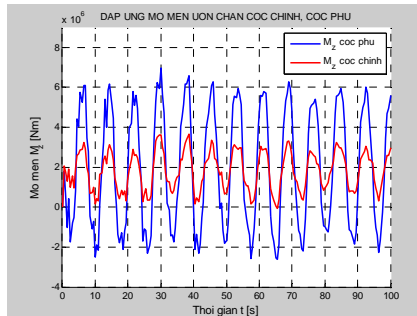
Hình 4.10. Đáp ứng chuyển vị ngang U_x



Hình 4.11. Đáp ứng chuyển vị đứng U_y



Hình 4.12. Đáp ứng gia tốc ngang \ddot{U}_x



Hình 4.14. Đáp ứng mô men uốn M_z chân cọc chính, cọc phụ

Bảng 4.3. Giá trị lớn nhất của các đáp ứng động (mô hình TT)

Giá trị lớn nhất					
Chuyển vị [cm]		Gia tốc [m/s^2]		Mô men uốn chân cọc [kNm]	
U_x^{max}	U_y^{max}	\ddot{U}_x^{max}	\ddot{U}_y^{max}	M_z^{Chinh}	M_z^{Phu}
14,196	0,8972	1,2570	0,0208	3663,58	6932,85

Nhận xét: Với bài toán khảo sát, chuyển vị ngang lớn nhất gấp 15,8 lần chuyển vị đứng lớn nhất, gia tốc chuyển vị ngang lớn nhất gấp 60,4 lần gia tốc chuyển vị đứng lớn nhất. Mô men uốn lớn nhất tại mặt cắt chân cọc phụ gấp 1,9 lần giá trị mô men uốn lớn nhất tại chân cọc chính.

4.3. Khảo sát ảnh hưởng của một số thông số đến phản ứng động của hệ

4.3.1. Ảnh hưởng của mô hình tính

Trên cơ sở giải hai lớp bài toán với hai mô hình tính khác nhau, tác giả khảo sát phản ứng động của hệ với thông số về tải trọng, kết cấu trong hai mô hình là như nhau. Kết quả đáp ứng động của hệ như trên các hình vẽ 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 và giá trị lớn nhất của các đáp ứng được thể hiện trong bảng 4.4.

Bảng 3.2. So sánh kết quả kiểm tra độ tin cậy của chương trình tính

Phương pháp	Tần số dao động riêng f_1 [Hz]
<i>Wystan Carswell [73]</i>	0,2132
<i>FRAME_W2_2012</i>	0,2096
Sai số (%)	1,69

Từ kết quả tính toán và so sánh, với sai số 1,69% như trên cho thấy thuật toán và chương trình tính FRAME_W2_2012 đã lập là đủ tin cậy.

3.6. Kết luận chương 3

Nội dung chương này đã đạt được một số kết quả chính như sau:

- Xây dựng thuật toán PTHH giải bài toán phân tích động lực học kết cấu công trình biển hệ thanh chịu tác dụng của tải trọng sóng biển và gió theo mô hình bài toán phẳng.
- Xây dựng chương trình tính trong môi trường Matlab giải hệ phương trình vi phân chuyển động phi tuyến của hệ.
- Kiểm tra độ tin cậy của chương trình tính bằng việc giải bài toán với các dữ liệu và điều kiện như trong công trình công bố của tác giả nước ngoài. Kết quả cho thấy chương trình tính đảm bảo độ tin cậy.

CHƯƠNG 4. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ

THÔNG SỐ ĐẾN PHẢN ỨNG ĐỘNG CỦA CÔNG TRÌNH BIỂN CỐ ĐỊNH CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG SÓNG VÀ GIÓ

4.1. Đặt vấn đề

Trên cơ sở thuật toán và chương trình tính đã lập trong hai chương 2 và 3 với hai mô hình tính: mô hình không tương tác và mô hình tương tác giữa kết cấu và nền san hô, tác giả tiến hành khảo sát ảnh hưởng của một số thông số đến sự làm việc của công trình biển cố định hệ thanh (mô hình hóa công trình DKI/14) dưới tác dụng của tải trọng sóng và gió.

4.2. Bài toán xuất phát

4.2.1. Bài toán 1: Phân tích động lực học công trình biển cố định chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió

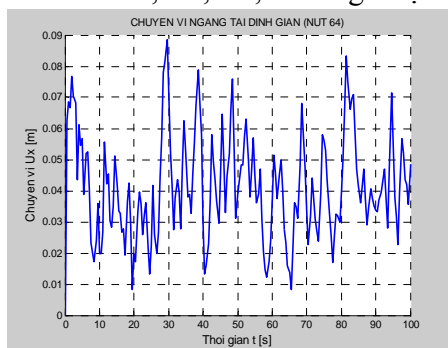
Mô hình bài toán được thể hiện như trên hình 2.1.

Thông số kết cấu: $H_2 = 20,1m$, $H_3 = 20,5m$, $H_4 = 4m$, $h_1 = 1,5m$, $h_2 = 3,2m$, $h_3 = 2,7m$, $h_4 = 8,9m$, $h_5 = 2,7m$, $B_0 = 12m$, $B_1 = 26m$, $B_2 = 35m$, $\beta = 8^0$, tổng diện tích phần chắn gió quy đổi của sàn công tác là $12m^2$. $D_{ch} = 1,031m$, $t_{ch} = 2,2cm$; $D_{ph} = 0,914m$, $t_{ph} = 4,4cm$; $D_{th} = 0,610m$, $t_{th} = 2,7cm$. Vật liệu giàn bằng thép, có mô đun đàn hồi $E = 2,1 \times 10^{11} N/m^2$, hệ số Poisson $\nu = 0,3$, khối lượng riêng $\rho = 7800kg/m^3$.

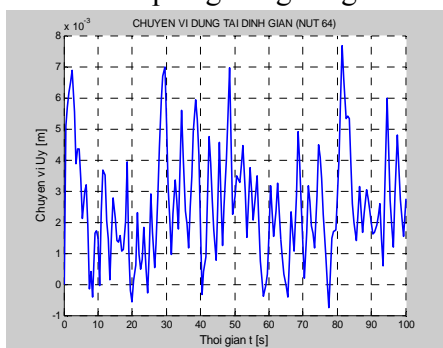
Thông số tải trọng: chiều cao sóng $H_w = 16,56\text{m}$, độ sâu nước $d_w = 20\text{m}$, khối lượng riêng nước $\rho_w = 1000\text{kg/m}^3$, chu kỳ sóng $T_w = 7,83\text{s}$, hệ số lực cản $C_D = 0,75$, hệ số quán tính $C_1 = 2,0$, hệ số áp lực gió $C_p = 1$, khối lượng riêng không khí $\rho_{\text{air}} = 1,225\text{kg/m}^3$. Tải trọng gió được cho dưới dạng gián đồ vận tốc gió $U_{\text{win}}^{(1)}(t)$. Khối lượng tổng cộng của sàn công tác, phần thượng tầng và vật dụng trên sàn công tác quy đổi là $P = 600$ tấn.

Bài toán dao động riêng: Giải bài toán dao động riêng, nhận được 10 tần số riêng đầu tiên (Hz): $f_1 = 0,9663$, $f_2 = 4,2772$, $f_3 = 5,4838$, $f_4 = 11,5889$, $f_5 = 13,1661$, $f_6 = 20,0800$, $f_7 = 21,4838$, $f_8 = 26,0670$, $f_9 = 26,8422$, $f_{10} = 32,2125$.

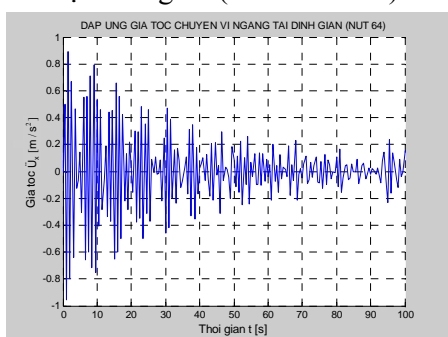
Bài toán dao động cưỡng bức: Sử dụng chương trình FRAME_W1_2012 đã lập, giải bài toán với các thông số đã cho. Kết quả, đáp ứng động của hệ trên hình 4.4, 4.5, 4.6, 4.8 và giá trị lớn nhất của đáp ứng trong bảng 4.1.



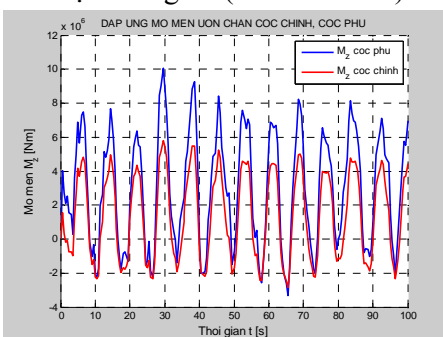
Hình 4.4. Đáp ứng chuyển vị ngang U_x tại đỉnh giàn (mô hình KTT)



Hình 4.5. Đáp ứng chuyển vị đứng U_y tại đỉnh giàn (mô hình KTT)



Hình 4.6. Đáp ứng gia tốc ngang \ddot{U}_x tại đỉnh giàn (mô hình KTT)



Hình 4.8. Đáp ứng mô men uốn M_z chân cọc chính, cọc phụ (mô hình KTT)

Bảng 4.1. Giá trị lớn nhất của các đáp ứng động (mô hình KTT)

Giá trị lớn nhất					
Chuyển vị [cm]		Gia tốc [m/s ²]		Mô men uốn chân cọc [kNm]	
U_x^{max}	U_y^{max}	\ddot{U}_x^{max}	\ddot{U}_y^{max}	M_z^{Chinh}	M_z^{Phu}
8,8580	0,7664	0,9538	0,0997	5809,50	10342,8

Nhận xét: Với bài toán khảo sát, tại đỉnh giàn: chuyển vị ngang lớn nhất gấp 11,6 lần chuyển vị đứng lớn nhất, gia tốc chuyển vị ngang lớn nhất gấp 9,5 lần gia tốc chuyển vị đứng lớn nhất. Mô men uốn lớn nhất tại mặt cắt chân cọc phụ gấp 1,78 lần mô men uốn lớn nhất tại chân cọc chính.

4.2.2. Bài toán 2: Phân tích động lực học công trình biển cố định chịu tác dụng của tải trọng sóng, gió và tương tác với nền san hô

Trong phần này, tác giả tiến hành giải bài toán động lực học kết cấu hệ thanh trên nền san hô theo quan niệm kết cấu và nền làm việc đồng thời (mô hình tương tác). Mô hình bài toán được mô tả như trên hình 3.1. Các thông số về kết cấu, tải trọng giống như bài toán xuất phát trong mục 4.2.1, chiều sâu cọc trong nền san hô $H_1 = 20\text{m}$ (Hình 3.1).

Thông số nền: Nền san hô gồm bốn lớp, đặc trưng cơ lý của nền được lấy theo kết quả thí nghiệm tại Trường Sa như trong bảng 4.2.

Bảng 4.2. Đặc trưng vật liệu các lớp nền san hô

Lớp	Độ sâu (m)	E_f (N/cm ²)	ν_f	ρ_f (kg/m ³)	Hệ số ma sát với thép f_{ms}	Tỷ số cản ξ
1	2	$2,83 \times 10^4$	0,22	$2,55 \times 10^3$	0,21	0,05
2	10	$2,19 \times 10^5$	0,25	$2,60 \times 10^3$	0,32	
3	20	$2,03 \times 10^6$	0,22	$2,95 \times 10^3$	0,33	
4	50	$2,71 \times 10^5$	0,25	$2,00 \times 10^3$	0,35	

Với sai số lặp biên miền nghiên cứu $\varepsilon_{tt} = 0,5$, sau khi giải lặp, kích thước miền nghiên cứu: bề rộng $B_{tt} = 135\text{m}$, chiều cao $H_{tt} = 50\text{m}$.

Điều kiện biên: Liên kết ngàm tại biên đáy, gờ di động tại hai biên bên và biên tự do tại mặt trên của miền nghiên cứu.

Thời gian tính $t_{\text{cal}} = 100\text{s}$, sai số tính $\varepsilon_D = 0,25\%$.

Bài toán dao động riêng: Giải bài toán dao động riêng, nhận được 10 tần số riêng đầu tiên (Hz): $f_1 = 0,7350$, $f_2 = 3,3978$, $f_3 = 3,4588$, $f_4 = 7,4617$, $f_5 = 8,7305$, $f_6 = 11,0934$, $f_7 = 12,6612$, $f_8 = 13,6235$, $f_9 = 17,3183$, $f_{10} = 20,4727$.

Bài toán dao động cưỡng bức: Sử dụng chương trình FRAME_W2_2012 đã lập, giải bài toán với các thông số đã cho. Kết quả, đáp ứng động của hệ trên hình 4.10, 4.11, 4.12, 4.14 và giá trị lớn nhất của đáp ứng trong bảng 4.3.