

PHÂN TÍCH KẾT CẤU THÁP NÂNG TÀU TRỰC ĐỨNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP FSI

Khúc Hồng Vân¹

Tóm tắt: *Kết cấu tháp nâng tàu trực đứng là một hình thức kết cấu mới nhằm đảm bảo cho yêu cầu giao thông thủy áp dụng cho việc điều hướng tàu thuyền tại các đập có chiều cao lớn. Ưu điểm của hình thức kết cấu này là cấu trúc đơn giản, hoạt động kinh tế, tiết kiệm thời gian. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành khi nâng tàu đến một độ cao nhất định cabin tàu sẽ bị nghiêng, lắc, sinh ra mô men dẫn đến lật tàu gây hậu quả nghiêm trọng. Trên thực tế, tương tác giữa nước trong tháp trực đứng và kết cấu tháp; tương tác giữa nước trong cabin tàu với kết cấu chứa nó dưới tác động của động đất là những vấn đề nghiên cứu quan trọng quyết định trực tiếp đến khả năng chịu lực an toàn và sử dụng bình thường của kết cấu tháp nâng tàu. Bài báo sẽ phân tích mối quan hệ giữa độ sâu mực nước trong tháp trực đứng và vị trí của cabin nâng tàu đến dao động riêng, chuyển vị và ứng suất của kết cấu tháp nâng tàu trực đứng trong các điều kiện vận hành khác nhau dưới tác dụng của động đất bằng phương pháp tương tác khối chất rắn và chất lỏng (FSI) từ đó cảnh báo các vị trí bất lợi trong quá trình vận hành.*

Từ khóa: Tương tác kết cấu tháp nâng và nước, Tháp nâng tàu trực đứng, Động đất.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, yêu cầu đồng bộ hóa hệ thống công trình thủy lợi nhằm đảm bảo yêu cầu lưu thông giao thông đường thủy đang là yêu cầu bức thiết đặt ra đối với ngành Thủy lợi. Phần lớn các công trình ngăn sông lớn hiện đang sử dụng hệ thống âu thuyền đặt cạnh cống còn các công trình đập thủy lợi cao tại Việt Nam nếu được xây dựng thì đồng nghĩa với việc giao thông thủy chỉ dừng lại trong khu vực thượng nguồn của lòng hồ dẫn đến giao thông thủy bị ngừng trệ. Hệ thống tháp nâng tàu trực đứng là một dạng hình thức kết cấu mới áp dụng cho việc điều hướng tàu sử dụng cho đập cao đang rất phát triển trên thế giới giúp đảm bảo lưu thông tàu thuyền tại các công trình đập cao là một trong những giải pháp rất hữu ích để chúng ta nghiên cứu áp dụng vào thực tiễn ở nước ta.

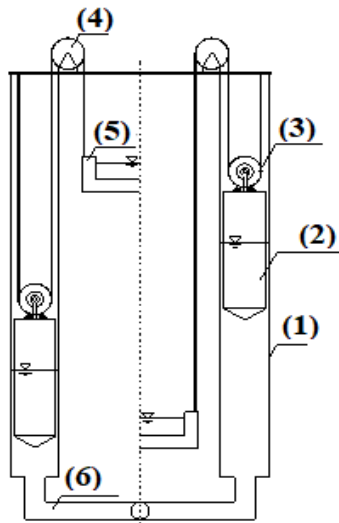
Cấu tạo của kết cấu tháp nâng tàu trực đứng Hình 1 được bố trí hệ thống tháp trực đứng đối xứng(1), trong trục bố trí thiết bị phao đối trọng (2) có ròng rọc chuyển động (3), một hệ thống

đồng bộ cơ học (4) được bố trí trên tháp để đồng bộ trong hoạt động của phao đối trọng và cân bằng mômen khi tàu bị mất cân bằng do độ nghiêng của cabin nâng tàu (5) gây ra. Hệ thống đồng bộ cơ khí (6) chủ yếu bao gồm trục quay, trục truyền động, hộp giảm tốc và các thành phần khác. Một đầu của dây cáp đi xung quanh tang trống được nối với cabin tàu, đầu còn lại vòng qua ròng rọc động trên thiết bị phao và được nối với thiết bị treo trên cùng của kết cấu tháp nâng. Tổng khối lượng của tất cả các phao (kể cả các ròng rọc động) phải lớn hơn khối lượng của cabin nâng tàu. Các phao chứa đầy nước và trọng lượng của nước trong phao tương đương với hai lần trọng lượng của nước trong tàu.

Hệ thống dẫn hướng của tàu thủy bao gồm ray dẫn hướng được lắp đặt trên kết cấu tháp nâng và các thiết bị dẫn hướng được phân bố ở 4 góc của khoang tàu có chức năng dẫn hướng dọc và ngang, có thể ngăn chặn hiệu quả độ nghiêng dọc và ngang của cabin nâng tàu. Trong phạm vi bài báo này, tác giả giới thiệu nghiên cứu sự thay dao động riêng của khối nước trong tháp và chuyển vị

¹ Bộ môn Kết cấu công trình, Khoa Công trình

của kết cấu tháp nâng tàu dưới tác dụng của động đất có xét đến sự tương tác với khối nước trong tháp với trục tháp, khối nước trong cabin nâng tàu với cabin chứa nó để phân tích ứng suất biến dạng quá của tháp nâng tàu trong điều kiện vận hành thực tế. Phương pháp FSI cho phép phân tích được cùng một lúc hai chiều sự tác động qua lại giữa kết cấu tháp nâng tàu và khối nước trong tháp; kết cấu cabin và khối nước



(1): Trụ tháp; (2): Phao; (3): Puli dẫn hướng;

(4): Ray dẫn hướng; (5): Cabin nâng tàu;

Hình 1. Cấu tạo kết cấu tháp nâng tàu thẳng đứng

2. PHƯƠNG PHÁP TƯƠNG TÁC GIỮA KẾT CẤU VÀ KHỐI NƯỚC FSI

Hiện nay, phương pháp truyền thống phân tích ứng suất và chuyển vị của kết cấu làm việc trong môi trường nước đều dựa trên nguyên tắc tính toán trị số áp lực nước trước sau đó sẽ gán áp lực đó lên bề mặt tiếp xúc của khối nước và kết cấu. Tuy nhiên, cách tính này chỉ phân tích được một chiều sự tác động của khối nước lên kết cấu mà không xét tới sự tác động trở lại của kết cấu lên khối nước. Với phương pháp FSI (Dohmen. H.J., 2011), khi kết cấu dao động với khối nước, khối nước tương tác với kết cấu sẽ có cùng gia tốc, vận tốc và chuyển vị với kết cấu và lực quán tính, lực cản, lực đàn hồi của khối nước được gán lên kết cấu làm cho khối lượng, độ cứng của hệ thống dao động bị thay đổi từ đó dẫn đến sự thay đổi đặc

tính dao động kết cấu theo. Phương pháp này không chỉ cho phép phân tích chuyển vị và ứng suất của kết cấu mà còn xét tới sự tương tác trở lại của kết cấu lên khối nước, từ đó đánh giá được những ảnh hưởng bất lợi của điều kiện ngoại cảnh lên công trình.

3. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN TƯƠNG TÁC GIỮA KHỐI NƯỚC VÀ KẾT CẤU

Chuyển vị và ứng suất của kết cấu tại mỗi bước tính toán được xác định theo phương pháp “step-by-step” được Newmark phát triển (Clough. R.W., 2003) dựa trên hệ thống kết hợp hai phương trình của khối nước và kết cấu dưới đây:

$$M\ddot{u} + K\dot{u} = f_1 - M\dot{u}' + Qp \quad (1)$$

$$M_p \ddot{p} + K'p = F - \rho Q^T (\ddot{u} + \ddot{u}') \quad (2)$$

trong đó: M là ma trận khối lượng của kết cấu, K là ma trận độ cứng của kết cấu. M_p and K' lần lượt là ma trận khối lượng và ma trận độ cứng của khối nước. f_1 là véc tơ tải trọng, u véc tơ chuyển vị, $\dot{u}$ véc tơ gia tốc của kết cấu, $\ddot{u}'$ là gia tốc trọng trường, p là véc tơ của áp lực nước theo thời gian, $\ddot{p}$ là hàm vi phân bậc 2 tương ứng của áp lực nước theo thời gian. Q là ma trận kết hợp của khối nước và kết cấu (Taylor. R.L., 2000). Cuối cùng, F là lực tương tác tác động lên kết cấu do gia tốc của khối nước, ρ trọng lượng riêng của nước. Ma trận cản nhớt C của nước được bỏ qua trong tính toán.

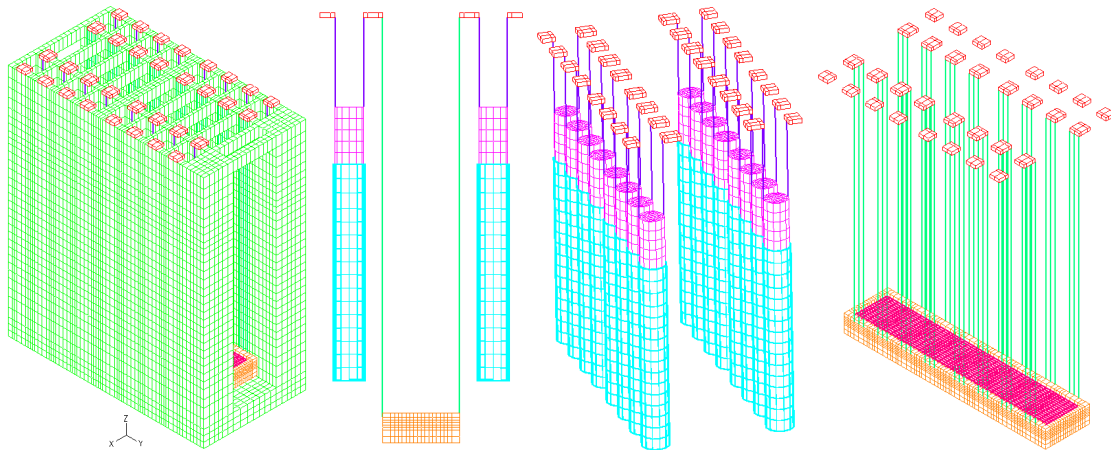
4. VÍ DỤ ÁP DỤNG

Kết cấu tháp nâng tàu trục đứng (Hình 2) cao 92m đặt ở cao trình cao trình đáy +522.0m, cao trình đỉnh +614.0m, hướng thượng lưu và hạ lưu dài 76,6m, hướng ngang sông rộng 40m. Hai trục tháp đứng được bố trí đối xứng, mỗi tháp có bề rộng 11.6m, được bố trí 8 trục đứng có gắn phao dọc theo chiều dài của kết cấu tháp nâng. Trục tháp có mặt cắt hình tròn đường kính 6.5m, cao trình của đáy trục tháp +542,0m và cao trình trục tháp +594.5m, phía trên cao trình +594.5 là mặt cắt hình vuông 7.2m × 7.2m. Khoảng giữa hai trục tháp là không gian di chuyển của cabin nâng tàu,

rộng 16.8m. Trên đỉnh tháp, kết cấu hai trục tháp hai bên liên kết với nhau bằng 10 thanh dầm, phía dưới liên kết với nhau bằng một tấm đáy chiều dày 6.5m. Trong các điều kiện vận hành khác nhau của tháp nâng tàu dưới tác động của trận động đất giả định trong thời gian 20s, bài báo sẽ phân tích các đặc điểm rung động tự nhiên của tháp khi xét đến khối nước trong trục tháp và đặc điểm về chuyển vị và ứng suất chính của kết cấu tháp nâng tàu khi xét đến tương tác giữa khối chất lỏng – chất rắn bao gồm nước trong trục tháp với kết cấu trục tháp; nước trong cabin chứa tàu với cabin tàu sử dụng phương pháp lịch sử thời gian bằng mô hình phân tích tương tác FSI so sánh kết quả tính toán với mô hình phân tích theo phương pháp truyền thống None-FSI.

4.1. Mô hình tính toán

Mô hình phần tử hữu hạn ba chiều của hệ thống kết cấu tháp nâng tàu trục đứng được sử dụng phần tử khối 8 nút thể hiện trên Hình 2, trong đó một khối hình chữ nhật được sử dụng trên đỉnh của kết cấu cột tháp để gần đúng là cơ cấu trục nâng tàu. Trong mô hình, trục X là hướng ngang sông nằm ngang chiều dương hướng sang bờ trái; trục Y là hướng dòng chảy của sông và chiều dương hướng đến đầu công trình; trục Z là hướng thẳng đứng chiều dương hướng lên trên. Dây cáp dùng để treo phao và nối với kết cấu chở tàu được mô phỏng bằng các phần tử thanh 2 nút. Nước trong trục và nước trong khoang cabin nâng tàu được mô phỏng bởi các phần tử khối chất lỏng 8 nút.



Cấu trúc không gian tháp nâng tàu Khối nước trong tháp - Phao - Cáp - Cabin - Nước
 Hình 2. Mô hình phân tử hữu hạn ba chiều của hệ thống tháp nâng tàu trục đứng

4.2. Điều kiện biên

Liên kết giữa khối nước và kết cấu tháp nâng được thiết lập dựa trên liên kết chất lỏng - chất rắn (FSI) và bề mặt của khối nước được thiết lập là bề mặt tự do, phần đáy của kết cấu cột tháp được mô phỏng bởi liên kết ngàm. Sự làm việc của các bánh xe dẫn hướng trên thiết bị phao và hệ thống dẫn hướng trên khoang cabin tàu được thể hiện bởi một liên kết ngang giữa phao, khoang cabin tàu và kết cấu cột tháp nâng. Vì vậy, đỉnh phao, khoang cabin tàu và kết cấu cột tháp nâng theo phương ngang không xảy ra dịch chuyển tương

đối mà vẫn duy trì các chuyển động tương ứng của chúng theo phương thẳng đứng.

4.3. Tải trọng tác dụng

Phao, khoang tàu, tang trống, dây cáp và nước trong trục tháp và khoang tàu được xem xét trong mô hình phần tử hữu hạn được xem là tải trọng bản thân đối với tải trọng tĩnh. Ngoài việc xem xét tất cả các tải trọng trong tính toán tĩnh, mô hình kết cấu tháp nâng tàu có thêm tính toán động với trận động đất giả định xảy ra trong thời gian 20(s), gia tốc theo phương ngang là 0,23g và gia tốc theo phương dọc bằng 2/3 gia tốc theo phương ngang.

4.4. Thông số vật liệu

Thông số của các loại vật liệu được sử dụng trong mô hình được thống kê tại Bảng 1. Trong đó (*) được tính trên nguyên tắc là tổng khối lượng

của tất cả các phao bằng hai lần tổng khối lượng của tàu và khối nước trong cabin tàu chia trung bình cho 16 phao được thiết kế trong tháp.

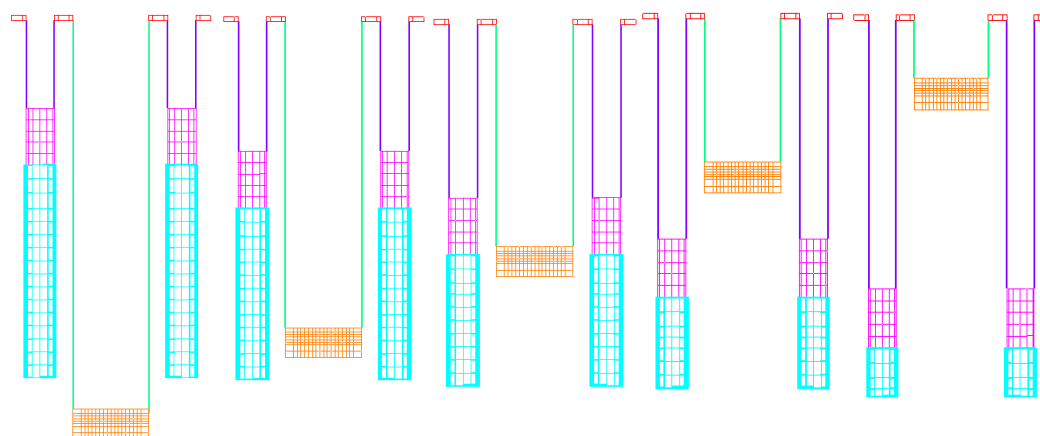
Bảng 1. Thông số vật liệu

TT	γ (kg/m ³)	E (GPa)	μ
Trụ bê tông	2400	25	0.167
Phao	713.6(*)	300	0.3
Vận chuyển	195.9	300	0.3
Dây cáp	7500	300	0.3
Cuộn trên	3579.2	300	0.3
Nước	1000	—	—

4.5. Điều kiện vận hành của kết cấu tháp nâng tàu

Độ sâu nước trong trục tháp và vị trí của cabin nâng tàu liên tục thay đổi trong quá trình vận hành của hệ thống nâng tàu trục đứng. Bảng 2 và Hình 3 thể hiện năm điều kiện vận hành của tháp

nâng tàu ở các độ sâu nước khác nhau trong tháp tương ứng với các vị trí của cabin nâng tàu để tìm ra vị trí bất lợi nhất của quá trình vận hành cũng như xem xét ảnh hưởng của khối nước trong trục tháp đến ứng suất và chuyển vị của kết cấu tháp nâng tàu.



(a) TH1 (b) TH2 (c) TH3 (d) TH4 (e) TH5

Hình 3. Các trường hợp vận hành của kết cấu nâng tàu

Bảng 2. Các trường hợp vận hành của kết cấu nâng tàu trục đứng

TH	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5
TT					
Độ cao cột nước trong trục (m)	585	576.6	568.2	559.8	551.4
Độ sâu cột nước (m)	43	34.6	26.2	17.8	9.4
Độ cao của đáy bể (m)	529.7	546.5	563.3	580.1	596.9
Cột nước trong khoang tàu	2.5m	2.5m	2.5m	2.5m	2.5m

5. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

5.1. Tần số dao động của kết cấu nâng tàu trực đứng

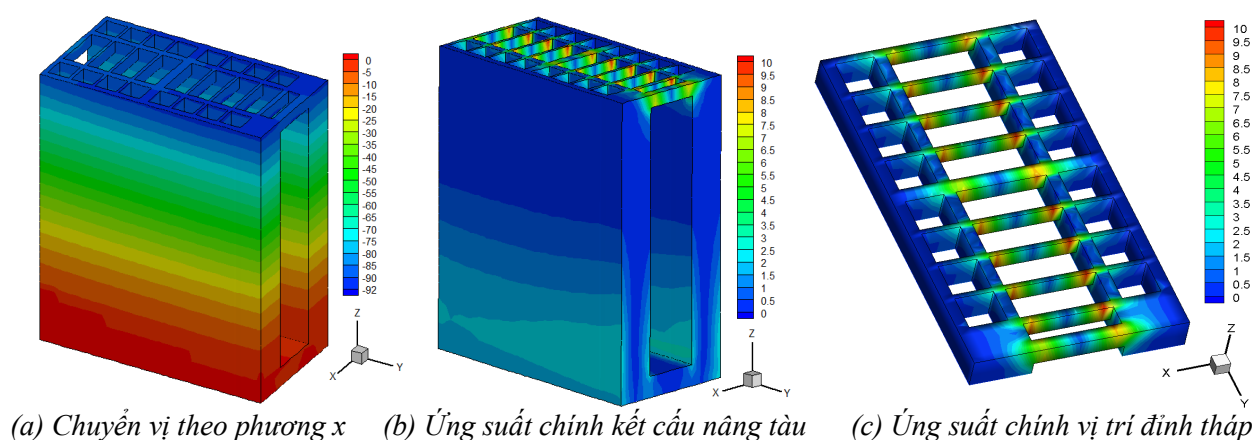
Theo các điều kiện vận hành tháp nâng Bảng 2, tần số dao động của kết cấu nâng tàu được tính toán trong hai điều kiện: (1) Tần số dao động có xét đến tương tác chất lỏng - rắn của nước trong trực tháp và kết cấu tháp; (2) Tần số dao động tự nhiên của trực tháp không xét đến ảnh hưởng của khối nước trong tháp. Hai điều kiện được tính toán riêng biệt, và kết quả tần số

dao động riêng từ bậc 1 đến bậc 3 được so sánh trong Bảng 3. Độ sâu của nước trong trực tháp tỉ lệ nghịch với tần số dao động riêng của tháp. Trong đó, khi độ sâu mực nước của trực lớn nhất là 43m, tần số riêng bậc nhất của kết cấu cột tháp giảm 1,64% so với điều kiện khô, và tần số bậc ba là mức giảm lớn nhất, tần số này giảm đi 4.9% so với điều kiện khô. Có thể thấy rằng khi độ sâu của nước trong trực tăng lên, tần số tự nhiên bậc nhất của cấu trúc cột tháp giảm dần phi tuyến tính.

Bảng 3. Tần số dao động của kết cấu tháp nâng tàu trong điều kiện vận hành

TH	TH1 H=43m	TH2 H=34.6m	TH3 H=26.2m	TH4 H=17.8m	TH5 H=9.4m	khô
Tần số	f(Hz)	f(Hz)	f(Hz)	f(Hz)	f(Hz)	f(Hz)
1	1.202	1.211	1.217	1.22	1.222	1.222
2	2.599	2.617	2.628	2.635	2.639	2.64
3	4.036	4.098	4.158	4.205	4.234	4.245

5.2. Phân tích chuyển vị và ứng suất chính của kết cấu nâng tàu trực đứng



Hình 4. Biểu đồ đường bao giá trị cực trị chuyển vị và ứng suất chính của kết cấu tháp nâng tàu bằng phương pháp FSI

5.2.1. Chuyển vị của tháp nâng tàu trực đứng trong điều kiện vận hành

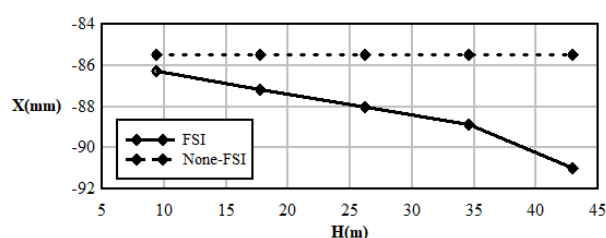
Chuyển vị lớn nhất của kết cấu cột tháp theo ba hướng thể hiện một sự đối xứng. Giá trị cực trị của chuyển vị thẳng đứng của kết cấu cột tháp xuất hiện tại vị trí đỉnh tháp. Bảng 4 cho thấy các giá trị cực trị của chuyển vị của kết cấu tháp nâng tàu trong các điều

kiện vận hành ở độ sâu cột nước trong tháp khác nhau bằng phương pháp FSI và cực trị chuyển vị lớn nhất của kết cấu cột tháp ứng với 5 trường hợp vận hành bằng phương pháp None-FSI. Chuyển vị của tháp nâng tàu bằng phương pháp tương tác FSI theo các phương tăng lên khi độ sâu của cột nước trong trực tháp trực tăng lên.

Bảng 4. So sánh chuyển vị của kết cấu nâng tàu trong điều kiện vận hành

Trường hợp Phương	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	None-FSI
X max/min (mm)	76.3/-91.9	76.2/-88.9	75.7/-88.0	75.05/-87.2	74.02/-86.3	73.9/-85.5
Vị trí	Đỉnh của kết cấu tháp nâng tàu					
Y max/min (mm)	8.6/-8.9	8.4/-8.7	8.3/-8.6	8.2/-8.5	8.2/-8.5	8.1/-8.4
Vị trí	Xuất hiện ở giữa dầm trên đỉnh của kết cấu tháp nâng tàu					
Z max/min (mm)	7.0/-11.1	6.7/-10.9	6.5/-10.7	6.4/-10.5	6.3/-10.5	6.0/-10.2
Vị trí	Xuất hiện trên đỉnh tháp vị trí giao cắt giữa dầm và cột tháp					

Mối quan hệ giữa giá trị cực trị của chuyển vị theo phương X ở đỉnh của kết cấu tháp nâng tàu và độ sâu cột nước trong trục tháp bằng phân tích FSI so sánh với cực trị chuyển vị lớn nhất ứng với 5 trường hợp vận hành bằng phương pháp None-FSI được thể hiện trong Hình 5. Độ sâu mực nước trong trục tháp tăng lên, giá trị cực trị của dịch chuyển theo phương X của đỉnh tháp tăng dần theo quan hệ phi tuyến. Đặc biệt, khi độ sâu mực nước trong trục tháp lớn nhất là 43m, giá trị cực trị của dịch chuyển theo phương X của đỉnh tháp cũng đạt cực đại, 91,96mm, lớn hơn 7,52% so với độ dịch chuyển theo phương cực X của cột tháp khi tính toán bằng phương pháp None-FSI.



Hình 5. Quan hệ giữa chuyển vị lớn nhất (theo phương x) của đỉnh cột tháp với độ sâu mực nước trong trục bằng phương pháp tương tác FSI và phương pháp None-FSI

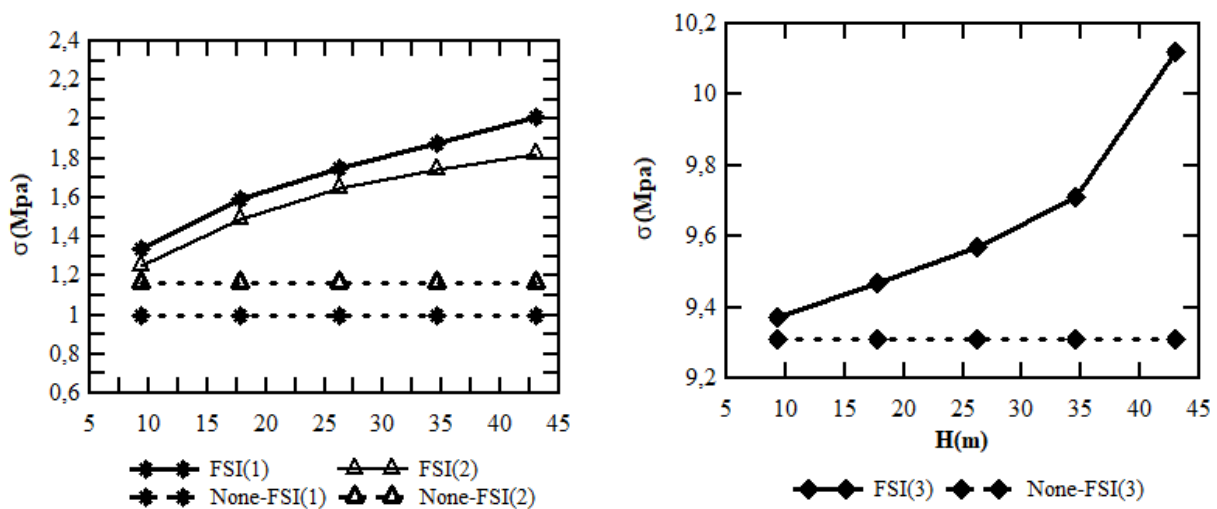
Bảng 5. Ứng suất chính kết cấu tháp nâng trong điều kiện vận hành so sánh với PP. None-FSI

Trường hợp Vị trí	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	None-FSI
(1) Bên trong tháp nâng (MPa)	2.01	1.88	1.75	1.59	1.34	1
(2) Bản đáy tháp (MPa)	1.82	1.74	1.65	1.49	1.25	1.16
(3) Đỉnh tháp (dầm nối cột) (MPa)	10.12	9.71	9.57	9.47	9.37	9.31

Kết quả cho thấy, độ sâu mực nước lớn nhất trong trục (lúc này cabin tàu đang ở vị trí thấp nhất) là điều kiện vận hành bất lợi nhất của kết cấu tháp nâng tàu dưới tác dụng của động đất. Kết quả phân tích cũng cho thấy, phương pháp tính toán tĩnh không thể phân tích chính xác chuyển vị của kết cấu tháp nâng tàu trực đứng trong điều kiện vận hành.

5.2.2. Phân tích ứng suất của kết cấu nâng tàu trực đứng trong điều kiện vận hành

Kết quả phân tích tương tác FSI trong Bảng 5 cho thấy sự có mặt của nước trong trục làm tăng ứng suất chính của kết cấu tháp nâng và khi độ sâu nước của trục tăng lên, ứng suất chính tại cả ba vị trí bên trong trục kết cấu cột tháp (1), bản đáy (2) và vị trí nối giữa dầm và cột tháp (3) đều tăng dần. Trong đó, khi độ sâu mực nước trong trục là 43m, giá trị cực hạn của ứng suất chính tại vị trí tiếp giáp giữa dầm và cột tháp (3) lớn hơn 8,7% so với kết quả tính toán cực trị ứng suất chính lớn nhất của 5 trường hợp vận hành tháp nâng tàu bằng phương pháp None-FSI.



Hình 6. Ứng suất chính của kết cấu đỉnh tháp nâng tàu trực đứng trong điều kiện vận hành bằng phương pháp FSI và phương pháp Non-FSI

Mối quan hệ giữa giá trị cực trị ứng suất chính của từng bộ phận của kết cấu tháp nâng và độ sâu cột nước trong trục tháp nâng được thể hiện trên hình Hình 6. Khi độ sâu của nước trong trục tăng lên, ứng suất chính lên thành trong của trục tháp (1) và bản đáy (2) tăng dần, và tốc độ tăng ứng suất cho thấy xu hướng tăng nhẹ. Tuy nhiên, ứng suất chính tại vị trí nối của dầm đỉnh và cột tháp (3) tăng mạnh khi độ sâu của nước trong trục tháp tăng đến giá trị lớn nhất. Do sự gia tăng chuyển vị ngang của đỉnh tháp làm cho ứng suất chính tại vị trí nối của dầm đỉnh và cột tháp (3) tăng theo quy luật phi tuyến. Có thể thấy, độ sâu mực nước lớn nhất trong trục (lúc này tàu cabin nâng tàu đang ở vị trí thấp nhất) là điều kiện vận hành bất lợi nhất dưới tác động của động đất.

6. KẾT LUẬN

Thông qua các tính toán và phân tích tương tác đồng thời giữa khối nước trong trục tháp và kết cấu tháp và khối nước trong cabin tàu với khoang chứa dưới tác dụng của động đất kéo dài 20s trên mô hình phần tử hữu hạn ba chiều của kết cấu tháp nâng tàu trực đứng có xét đến các vị trí của cabin nâng tàu trong quá trình vận hành thu được một số kết luận như sau:

- Sự tồn tại của nước trong trục tháp nâng làm tăng tần số dao động của tháp nâng tàu theo quan hệ phi tuyến.

- Khi độ sâu mực nước trong trục tháp tăng dần thì phản ứng động của kết cấu tháp nâng tàu cũng tăng dần đến chuyển vị ngang xuất hiện ở đỉnh của kết cấu tháp tăng đến giá trị cực hạn và kéo theo ứng suất chính của bê tông trụ tháp nâng cũng tăng theo. Sự gia tăng giá trị cực trị tuân theo quan hệ phi tuyến.

- Điều kiện vận hành cột nước cao nhất trong trục tháp nâng tàu thẳng đứng là vị trí bất lợi tương ứng với vị trí thấp nhất của cabin chở tàu khi tàu bắt đầu rời khỏi ngưỡng đỡ.

Phân tích tương tác giữa khối chất lỏng và chất rắn (FSI) giữa nước trong tháp và kết cấu tháp nâng trục đứng có giá trị thực tế kỹ thuật mà phương pháp truyền thống tĩnh không thể phản ánh hết được. Nghiên cứu cũng cung cấp cơ sở và tài liệu tham khảo khoa học, hợp lý cho các thiết kế kỹ thuật kết cấu nâng tàu trực đứng khi áp dụng vào thực tế các đập cao tại Việt Nam thì không thể bỏ qua ảnh hưởng của khối nước trong tháp trong quá trình vận hành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- BATHE. K.J, "ADINA Theory and Modeling Guide- Volume 3: ADINA CDF & FSI", ADINA R & D, Inc. 1987-2012 (2012)
- AESDEN A.A. HIRT C.W., COOK H.K, "An Arbitrary Lagrangian-Eulerian Method for All Flow Speeds", Journal of computational Physics (1974), **14**: 227-253.
- Taylor. R.L., (2000), and Zienkiewicz. O.C., "The Finite Element Method", (5th Edition). Oxford: Butterworth- Heinemann.
- CHessa. J, LEGAY. A, BELYTSCHKO..T, "An Eulerian–Lagrangian method for fluid–structure interaction based on level sets", Comput Methods Appl Mech Eng (2006), **195**: 2070-2087.

Abstract:

ANALYSIS VERTICAL LIFTING TOWER STRUCTURE BASE ON FSI METHOD

The vertical lifting tower is a new type of structure which ensure ship traffic requirements at height dams. The advantages of this structural form are simple structure, economic operation, and time-saving. However, during manufacturing, when the ship lift to a certain height, the cabin will tilt, shake and generate torque leading to overturning, causing serious consequences. Specailly, research on interaction between the water in the tower shaft and the tower structure, the water in the cabin and the structure which contain it under the impact factor of earthquakes is an important rule that directly determines the safe bearing capacity and normal use of the lifting tower structure. Base on FSI method between solid and water, the article will analyze the relationship between the water depth in the tower shaft and the position of the lift cabin to reusults of vibrations, displacements and stresses of the vertical lifting tower structure under different operating conditions. Thereby warning of unfavorable locations of cabin lift ship during operation should be paid attention in the design calculation process.

Keyword: FSI (Fluid and Structure Interaction), Vertical lifting tower structure, Earth-quake.

Ngày nhận bài: 30/9/2021

Ngày chấp nhận đăng: 07/11/2021