

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH PHẢN ỨNG ĐỘNG CỦA HỆ LIÊN HỢP GIÀN THÉP KHÔNG GIAN - BỂ CHỨA TRÊN NỀN SAN HỒ TẠI ĐẢO SONG TỬ TÂY

Nguyễn Thái Chung*, Trần Văn Bình, Lê Xuân Thùy, Lê Hoàng Anh

Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

*Email: thaichung1271@gmail.com

Ngày nhận bài: 29-9-2014

TÓM TẮT: Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định phản ứng động của hệ liên hợp giàn thép không gian - bể chứa trên nền san hồ thuộc bãi cạn ven đảo Song Tử Tây thuộc quần đảo Trường Sa dưới tác dụng của xung lực va chạm bằng búa lực. Đây là một trong những nội dung đã được thực hiện bởi chuyến khảo sát, thí nghiệm tại đảo Song Tử Tây của đề tài cấp Nhà nước, mã số KC.09.26/11-15. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm được các tác giả so sánh với tính toán lý thuyết theo chương trình tính các tác giả lập và đã công bố ở một công trình nghiên cứu trước đó, nhằm xem xét sự phù hợp của mô hình và phương pháp nghiên cứu lý thuyết, cũng như đưa ra các đánh giá, nhận xét, khuyến cáo có ý nghĩa khoa học và ứng dụng, đặc biệt đối với việc xây dựng các công trình trên các bãi cạn ven đảo san hồ.

Từ khóa: Công trình biển, san hồ, giàn thép không gian, bể chứa, tương tác, thực nghiệm.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Đối với quốc gia biển như Việt Nam, việc nghiên cứu, đầu tư, xây dựng để sử dụng hiệu quả các đảo san hô xa bờ, cũng như các bãi cạn (kể cả bãi cạn ven đảo và các bãi cạn DKI, các đảo chìm) phục vụ quốc phòng, an ninh và phát triển kinh tế biển là vấn đề tất yếu và cần thiết. Các công trình trên bãi cạn thường có kết cấu dạng móng cọc, do nhu cầu sử dụng và điều kiện chật hẹp của các đảo nổi, ngày nay sử dụng các bãi cạn ven đảo để giảm mật độ phân bố công trình trên đảo nổi là cấp thiết, theo đó, một trong những yêu cầu hiện nay là đưa các kho tàng, bể chứa từ đảo nổi ra bãi cạn và giải pháp kết cấu móng cọc là một trong những giải pháp khả thi, trong đó kết cấu dạng liên hợp hệ thanh móng cọc và bể chứa, kho chứa là các dạng khá điển hình. Trước thực tế đó, do sự hiểu biết về nền san hồ tại các bãi cạn còn hạn chế, nên cần phải có những nghiên cứu lý

thuyết, thực nghiệm trên các đối tượng này nhằm có được các giải pháp công trình hợp lý. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu trình bày quá trình thí nghiệm và một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm có được trên kết cấu liên hợp giàn thép không gian - bể chứa làm việc trên nền san hồ tại bãi cạn ven đảo Song Tử Tây - quần đảo Trường Sa, trong đó tải trọng tác dụng là loại xung lực gây ra bởi búa lực, mô phỏng sự tác động va đập của sóng biển trong quá trình hệ làm việc.

ĐỊA ĐIỂM VÀ MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

Thí nghiệm được thực hiện tại bãi cạn phía Tây Nam đảo Song Tử Tây thuộc quần đảo Trường Sa.

Thí nghiệm nhằm các mục đích sau:

Xác định đáp ứng gia tốc, chuyển vị tại một số vị trí thuộc giàn thép trong hệ liên hợp

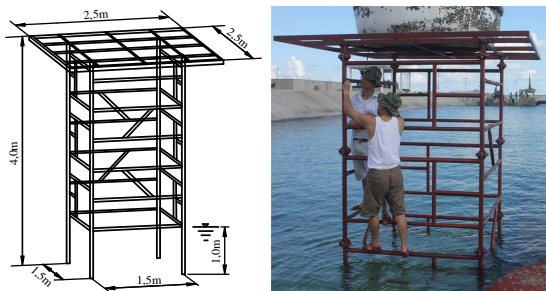
giàn thép - bể chứa và nền san hô làm việc đồng thời;

Xác định đáp ứng biên độ - tần số của hệ, từ đó xác định tần số riêng của hệ bằng thực nghiệm.

So sánh kết quả nghiên cứu thực nghiệm với kết quả tính toán lý thuyết bởi chương trình tính do các tác giả lập trong môi trường Ansys (đã được công bố trong công trình nghiên cứu của các tác giả), đưa ra các nhận xét, khuyến cáo về mô hình, điều kiện tính của hệ.

MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

Mô hình sử dụng trong thí nghiệm là hệ liên hợp giàn thép không gian, liên kết với phần thượng tầng là bể có khả năng chứa chất lỏng, đây là hệ kết cấu mô phỏng công trình bể chứa nước đặt trên giàn thép tại bãi cạn, ý tưởng bố trí lại các công trình trên một số đảo san hô thuộc quần đảo Trường Sa. Giàn thép không gian có hình chiếu bằng vuông, được cấu tạo bởi 4 cọc chính và các thanh giằng, trong đó gồm: khối chân đế và khối thượng tầng, trên khối thượng tầng được liên kết bể chứa, với kết cấu dùng trong thí nghiệm, qua tính toán sơ bộ, bể chứa composite có khả năng chứa tối đa 4 m³ nước (hình 1).



Hình 1. Kết cấu thí nghiệm

Kích thước hình bao của khối chân đế: 1,5 × 1,5 × 4,0 m, trong đó 4 cọc chính là thép ống: Φ50 × 3,0 mm, các thanh giằng có kích thước Φ42 × 3,0 mm. Kích thước sàn công tác: 2,5 × 2,5m, sàn được làm từ thép hộp, tiết diện ngang: 50 × 50 × 3 mm.

THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

Thiết bị dùng trong thí nghiệm bao gồm: máy đo động đa kênh, búa lực, cảm biến gia

tốc. Máy đo động sử dụng loại LMS cung cấp bởi hãng LMS - Bi (hình 2), là một hệ thống có thể đo, phân tích, với tổng số 16 kênh độc lập, tốc độ lấy mẫu tối đa 102,4 kHz, chịu được điều kiện làm việc khắc nghiệt lên đến 55°C và rung xóc. Kèm theo máy là các đầu đo gia tốc dùng để thu thập tín hiệu đáp ứng gia tốc theo thời gian của các điểm bất kỳ thuộc kết cấu. Búa lực PCB Piezotronics của Mỹ, có khả năng tạo xung lực, búa được kết nối với bộ xử lý lực của hệ thống đo động LMS, đáp ứng giá trị xung lực của các lần thí nghiệm được ghi lại bởi bộ nhớ máy (hình 3).



Hình 2. Hệ thống đo động 16 kênh LMS và màn hình làm việc của máy



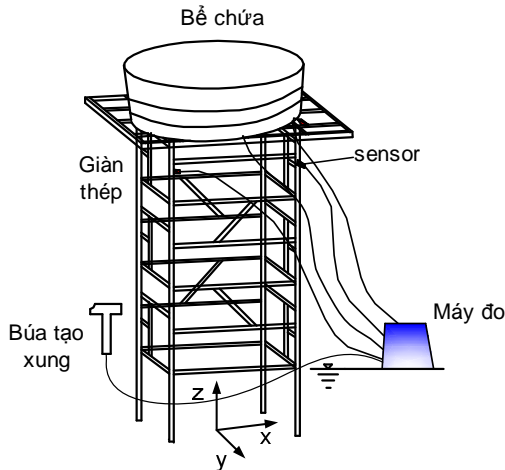
Hình 3. Búa lực và cảm biến gia tốc sử dụng trong thí nghiệm

Máy tính là thiết bị tích hợp phần mềm hiển thị kết quả được truyền từ khối tổng hợp, xử lý tín hiệu bằng phần mềm chuyên dụng. Nhờ có máy tính, số liệu, hình ảnh kết quả thí nghiệm được lưu giữ và hiển thị một cách chính xác, trực quan và thuận lợi. Với bộ phần mềm hiện có đi kèm, từ kết quả đáp ứng gia tốc, qua phân tích cho ta đáp ứng vận tốc, chuyển vị theo thời gian và đáp ứng biên độ - tần số tại điểm đo.

SƠ ĐỒ BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM

Chân đế của giàn thép được đóng sâu 1,0 m vào nền san hô trên bãi cạn ven đảo bởi búa tạ. Sau khi hạ đặt, cân chỉnh ổn định, mặt sàn công tác của giàn cao so với thềm san hô là 3,0 m, phần cọc chìm trong nước là 0,8 m. Bể chứa được đặt trên sàn công tác, thể tích nước trong bể chứa khi thí nghiệm là 2,0 m³. Tại 4 vị trí cần đo thuộc giàn (điểm K₁, K₂:

thuộc cọc chính, cách mặt dưới sàn công tác 0,3 m; điểm K_3 : điểm giao giữa đỉnh cọc chính và sàn công tác; điểm K_4 : điểm giữa, phía trên giàn công tác), tiến hành gá lắp 4 đầu đo gia tốc bởi keo dán chuyên dùng và băng dán để đo đáp ứng gia tốc theo thời gian theo các phương x , y (xOy - mặt phẳng ngang, xOz và yOz - mặt phẳng đối xứng) - hình 4.



Hình 4. Sơ đồ thí nghiệm

Tải trọng do búa lực sinh ra, tác dụng lên hệ liên hợp giàn thép không gian - bể chứa là tải trọng xung và chạm tại chính giữa thanh ngang, cách nền san hô 1,2 m (là điểm thường chịu tác dụng của sóng và đập mạnh nhất khi thủy triều lên) lần lượt theo phương x và phương y . Để kiểm chứng với kết quả nghiên cứu thực nghiệm và thuận lợi trong lập trình tính, với bài toán lý thuyết, tải trọng xung gây ra được phân rã và lưu trữ dưới dạng file số liệu rời rạc ($P_i(t)-i\Delta t$), trong đó $P_i(t)$ là biên độ xung lực tại bước thứ i , Δt là bước thời gian (lấy bằng bước thời gian tích phân khi giải bài toán đáp ứng động của hệ).

THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ THU ĐƯỢC

Tiến hành thí nghiệm với xung lực và chạm theo các phương x và phương y , với mỗi phương lực tác dụng, tiến hành thực hiện 10 lần tạo xung để xác định 1 chỉ tiêu. Kết quả thu được đáp ứng gia tốc tại các điểm gắn cảm biến gia tốc bởi 4 kênh khác nhau (K_1, K_2, K_3, K_4) và tương ứng là đáp ứng biên độ - tần số.



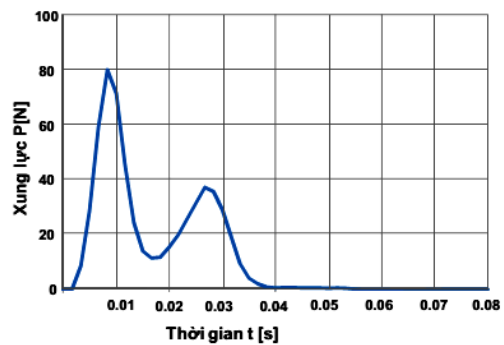
Hình 5. Tạo xung lực và chạm theo các phương

Trong tính toán lý thuyết, các tác sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn với thuật toán và chương trình tính *Offshore_Structures* [1] do chính các tác giả lập trong môi trường Ansys, trong đó:

Về kết cấu: Sử dụng phần tử beam3D mô hình hóa giàn thép không gian, phần tử shell63 mô hình hóa bể chứa đặt trên sàn công tác của giàn thép.

Về nền san hô: Sử dụng phần tử khối 8 điểm nút mô hình nền, phần tử tiếp xúc 3D của Goodman mô tả tính chất liên kết một chiều của nền. Tính chất cơ lý của nền san hô được lấy là tính chất cơ lý của lớp nền thứ 2 theo lỗ khoan sâu 54,6 m tại đảo Song Tử tây đã được đề tài KC.09.07/06-10 công bố [2].

Về tải trọng: Tải trọng do nước trong bể chứa xem là tải trọng tĩnh phân bố đều do lực khối gây ra, tác dụng lên đáy bể chứa, theo phương đứng. Tải trọng xung do búa lực tác dụng theo phương x và phương y của các lần thử nghiệm được xử lý thống kê và có được biểu đồ lực theo thời gian. Trên hình 6 là biểu đồ xung lực tác dụng theo phương x .

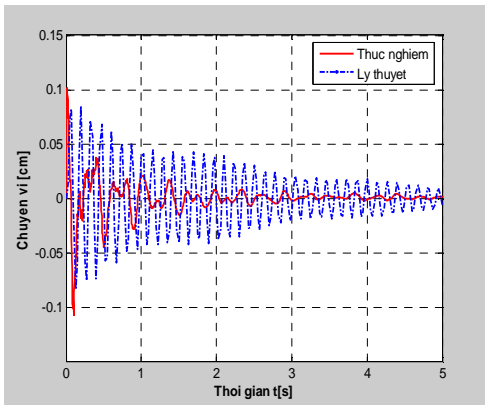


Hình 6. Xung lực do búa tác dụng theo phương x

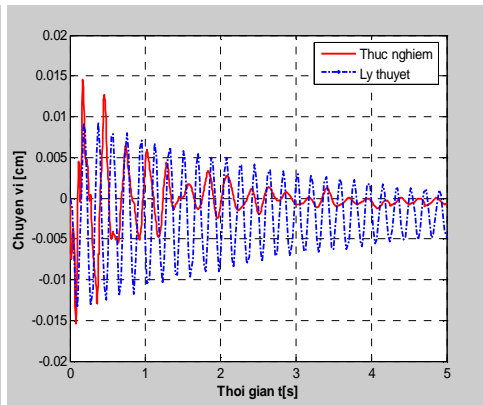
Khi tính, bỏ qua tác dụng của nước lên phần cọc ngập nước. Thời gian tính $t_{\text{calc}} = 5s$, bước thời gian tích phân $\Delta t = 0,001s$.

Bộ số liệu thực nghiệm được các tác giả phân tích, xử lý thống kê và ứng dụng phần mềm Matlab [1, 3-6], kết quả thí nghiệm được so sánh với tính toán lý thuyết do nhóm nghiên

cứu thực hiện. Hình 7, 8, 9, 10 là đáp ứng gia tốc theo thời gian của các điểm đo với các phương tác dụng lực khác nhau bằng thực nghiệm và tính toán lý thuyết.

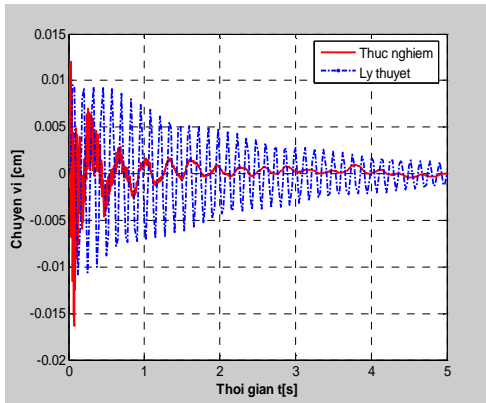


a) Chuyển vị theo phương x

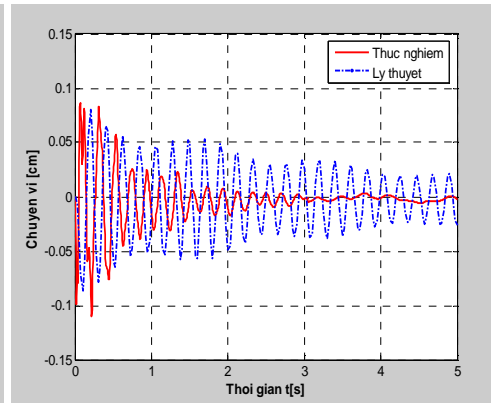


b) Chuyển vị theo phương y

Hình 7. Đáp ứng chuyển vị tại điểm đo K_1 khi lực tác dụng theo phương x

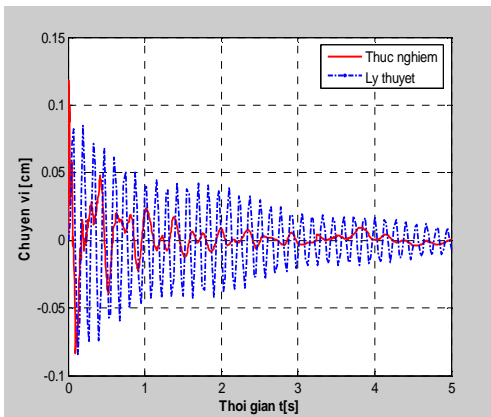


a) Chuyển vị theo phương x

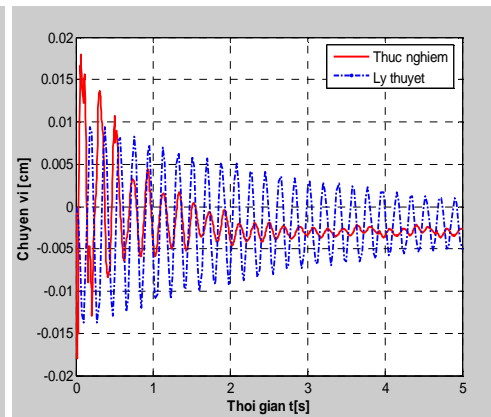


b) Chuyển vị theo phương y

Hình 8. Đáp ứng chuyển vị tại điểm đo K_2 khi lực tác dụng theo phương y

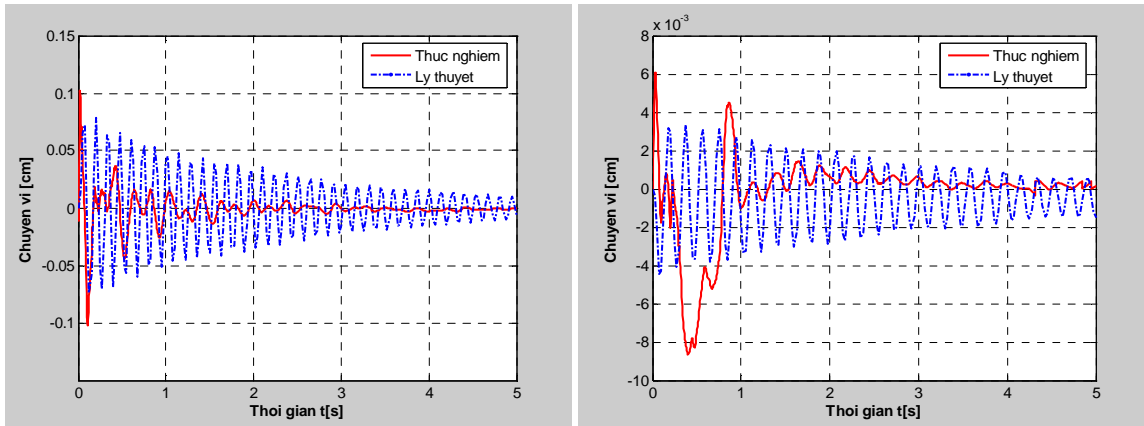


a) Chuyển vị theo phương x



b) Chuyển vị theo phương y

Hình 9. Đáp ứng chuyển vị tại điểm đo K_3 khi lực tác dụng theo phương x



a) Chuyển vị theo phương x

b) Chuyển vị theo phương y

Hình 10. Đáp ứng chuyển vị tại điểm đo K₄ khi lực tác dụng theo phương x

Bảng 1. Giá trị lớn nhất của chuyển vị tại các điểm đo

Chuyển vị đo tại sensor K ₁ [cm] khi lực tác dụng theo phương x					
Chuyển vị theo phương x			Chuyển vị theo phương y		
Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)	Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)
0,1071	0,0801	25,2	0,0154	0,0134	12,9
Chuyển vị đo tại sensor K ₂ [cm] khi lực tác dụng theo phương y					
Chuyển vị theo phương x			Chuyển vị theo phương y		
Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)	Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)
0,0161	0,0109	32,3	0,1102	0,0860	21,9
Chuyển vị đo tại sensor K ₃ [cm] khi lực tác dụng theo phương x					
Chuyển vị theo phương x			Chuyển vị theo phương y		
Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)	Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)
0,1183	0,0846	28,5	0,0179	0,0137	23,4
Chuyển vị đo tại sensor K ₄ [cm] khi lực tác dụng theo phương x					
Chuyển vị theo phương x			Chuyển vị theo phương y		
Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)	Thực nghiệm	Lý thuyết	Sai số (%)
0,1023	0,0785	23,3	0,0061	0,0045	26,2

Sử dụng phương pháp phân tích FFT bằng phần mềm tích hợp theo bộ thiết bị đo động đa kênh nêu trên, các tác giả có được kết quả đáp ứng biên độ - tần số tại các điểm đo của hệ. Hình 11, 12, 13 tương ứng là kết quả đáp ứng biên độ - tần số của hệ tại điểm đo K₁, K₂, K₃ theo tính toán lý thuyết và kết quả nghiên cứu thực nghiệm. Và tương ứng, bảng 2 là kết quả 7 tần số dao động riêng đầu tiên của hệ theo tính toán lý thuyết và thực nghiệm.

Nhận xét:

Khi lực tác dụng theo phương x (hoặc phương y) thì theo phương còn lại (phương y hoặc phương x), các điểm trên kết cấu vẫn có chuyển vị, tuy nhiên giá trị nhỏ hơn nhiều so với khi đo chuyển vị theo phương tác dụng lực - đây là sự phản ánh hiện tượng làm việc thực của hệ, chỉ có được khi tính toán theo mô hình không gian.

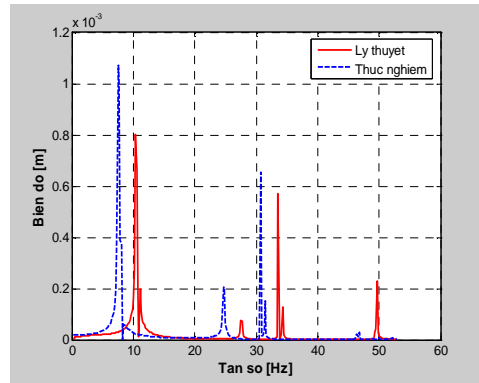
Theo kết quả thực nghiệm và tính toán lý thuyết, các tần số riêng có được bởi kết quả thực nghiệm (7 tần số riêng đầu tiên) là bé hơn tần số riêng có được khi tính toán theo lý thuyết, điều này chứng tỏ mô hình tính lý thuyết “cứng hơn” hệ kết cấu thực và qua đây cũng cho phép giải thích lý do biên độ dao động của hệ tại các điểm đo bằng thực nghiệm lớn hơn khi tính theo lý thuyết.

Giá trị chuyển vị tại điểm đo trong cả hai trường hợp, tính theo lý thuyết nhỏ hơn so với kết quả thực nghiệm. Sai số lớn nhất giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm là: 28,5% (lực tác dụng theo phương x) và 32,3% (lực tác dụng theo phương y), đối với điều kiện thực nghiệm hiện trường ngoài đảo, theo các tác giả là có thể chấp nhận được.

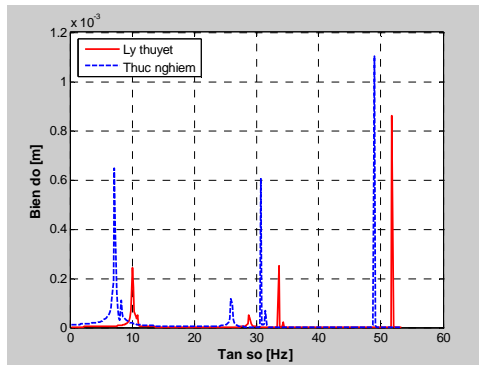
Trong nghiên cứu trên, có hiện tượng mà nhóm tác giả nhận thấy, đó là thời gian duy trì dao động của các điểm đo có được khi nghiên cứu thực nghiệm là nhỏ hơn khi tính toán theo lý thuyết. Điều này theo các tác giả nguyên nhân có thể là khi tính lý thuyết đã bỏ qua tác động (cản) của phần nước ngập cọc và tính chất cơ lý của nền san hô tham khảo là nền san hô khô trên đảo, không hoàn toàn là đá san hô đặc sít như nền san hô ở bãi cạn ngập nước ven đảo như khu vực thí nghiệm (nền tại vị trí thí nghiệm cứng hơn lớp nền số 2 tham khảo). Các hiện tượng, nhận xét này bước đầu chỉ mới mang định tính và định hướng nghiên cứu, để có được số liệu định lượng, cần phải có các nghiên cứu thí nghiệm xác định các tính chất cơ lý của nền san hô tại vị trí thí nghiệm - đây là nội dung đang được đề tài KC.09.26/11-15 triển khai thực hiện thí nghiệm trên các mẫu san hô tại lỗ khoan sâu 52,2 m ở vị trí thí nghiệm này (đã được thực hiện trong chuyến khảo sát tháng 5, 6/2014 vừa qua) để có được bộ số liệu cơ lý về nền san hô làm thông số đầu vào tính toán.

Bảng 2. Các tần số dao động riêng đầu tiên của hệ tính theo lý thuyết và thực nghiệm

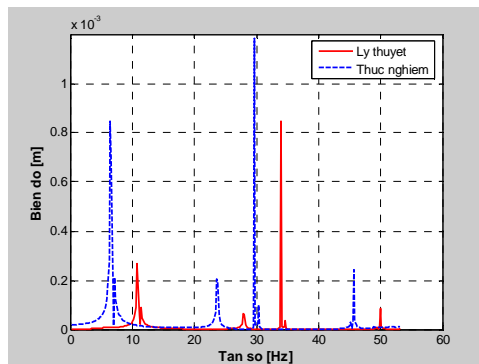
Tần số riêng f[Hz]	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇
Thực nghiệm (lấy trung bình các giá trị)	7,28	7,62	8,18	22,73	30,11	30,94	44,41
Lý thuyết	10,06	10,22	10,56	26,81	33,82	34,95	49,86
Sai số [%]	27,63	25,44	22,54	15,22	10,97	11,47	10,93



Hình 11. Đáp ứng biên độ - tần số tại điểm đo K₁ (lực tác dụng theo phương x)



Hình 12. Đáp ứng biên độ-tần số tại điểm đo K₂ (lực tác dụng theo phương y)



Hình 13. Đáp ứng biên độ-tần số tại điểm đo K₃ (lực tác dụng theo phương x)

KẾT LUẬN

Bài báo đạt được các nội dung chính sau:

Xây dựng mô hình, lựa chọn phương pháp thí nghiệm hợp lý xác định các đặc trưng phản ứng động của hệ liên hợp giàn thép không gian - bệ chứa trên nền san hô dưới tác dụng của xung lực va chạm.

Các kết quả nghiên cứu lý thuyết được so sánh với tính toán lý thuyết bởi thuật toán và chương trình tính do chính nhóm tác giả lập, cho thấy sai số giữa các phương pháp trong phạm vi chấp nhận được.

Qua kết quả nghiên cứu, đưa ra những đánh giá, nhận xét nhằm khuyến cáo việc nghiên cứu đối với nền san hô trên các bãi cạn ven đảo để có được bộ chỉ tiêu kỹ thuật phù hợp của nền san hô làm số liệu tính toán công trình trên các bãi cạn này.

Lời cảm ơn: Các tác giả trân trọng cảm ơn Ban chủ nhiệm đề tài cấp Nhà nước, mã số KC.09.26/11-15 và nhóm khảo sát hiện trường đảo Song Tử Tây tháng 5,6/2014 đã hỗ trợ và tạo điều kiện thuận lợi cho các tác giả thực hiện nội dung nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thái Chung, Lê Hoàng Anh, Đào Như Mai, 2013. Phân tích, đánh giá hiệu quả một số giải pháp kết cấu công trình biển DKI chịu tác dụng của tải trọng sóng và gió theo mô hình bài toán không gian. Tuyên tập công trình Hội nghị toàn quốc Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ XI, Tp. Hồ Chí Minh 7-9/11/2013.
2. 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.
3. Nguyễn Minh Tuyền, 2005. Quy hoạch thực nghiệm. Nxb. Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
4. Đặng Văn Giáp, 1997. Phân tích dữ liệu khoa học bằng chương trình MS-EXCEL. Nxb. Giáo dục. Hà nội.
5. Võ Văn Thảo, 2001. Phương pháp khảo sát - nghiên cứu thực nghiệm công trình. Nxb. Khoa học kỹ thuật. Hà nội.
6. Bendat, J. S., and Piersol, A. G., 2011. Random data: analysis and measurement procedures (Vol. 729). John Wiley & Sons.
7. Khiem, N. T., Son, D., Luong, H. X., Thu, N. V., and Tien, P. H., 2004. Assessment of Base-Structure Connection by Using the Modal Testing Method for Offshore Structures. In The Fourteenth International Offshore and Polar Engineering Conference. International Society of Offshore and Polar Engineers.

EXPERIMENTAL STUDY OF DYNAMIC RESPONSE OF THREE-
DIMENSIONAL STEEL FRAME ON CORAL FOUNDATION
AT THE SONG TU TAY ISLAND

Nguyen Thai Chung, Tran Van Binh, Le Xuan Thuy, Le Hoang Anh

Le Quy Don Technical University

ABSTRACT: *This paper presents some results of experimental study of dynamic response of three- dimensional steel frame on coral foundation at the Song Tu Tay Island subjected to pulsed loads. This is one of the contents of the project with code KC.09.26/11-15 carried out by the survey, experiments on the Song Tu Tay island of the Truong Sa archipelago of Vietnam. The findings by the authors were compared with the results of theoretical calculations to examine the appropriateness of the model and theoretical research methods, to give assessments, comments having scientific and applied meanings, especially for the construction of structures on the Shoals around atolls of the Truong Sa archipelago.*

Keywords: *Marine structures, coral, three dimensional steel frame, tank, interaction, experimental.*