

PHÂN TÍCH SỰ LÀM VIỆC KHÁNG CHẤN CỦA KẾT CẤU BỀN BỆ CỌC LAI GHÉP TRỌNG LỰC

TS. NGUYỄN THÀNH TRUNG

Trường đại học Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Kết cấu bền cọc lai ghép trọng lực là một dạng kết cấu mới với ưu điểm thi công nhanh, kinh tế và khả năng chịu lực tốt, áp dụng tốt cho các công trình bến cảng nước sâu có tầm quan trọng đặc biệt. Vì vậy, trong công tác thiết kế dạng kết cấu này, việc tính toán kháng chấn công trình phải được đầy đủ và chính xác. Trong nghiên cứu này, mô hình số 2D sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để mô phỏng ba dạng kết cấu bền là kết cấu bền cọc lai ghép trọng lực, thùng chìm và bền cọc điển hình. Kết quả phản ứng dưới tác dụng tải trọng động đất biến đổi theo thời gian của các dạng kết cấu này sẽ được so sánh và đánh giá để thể hiện được ưu nhược điểm về khả năng kháng chấn của dạng kết cấu mới lai ghép trọng lực này.

Abstracts: The hybrid gravity type pier structure is a new structural type has some good advantages such as a fast construction, an economical cost and a good behavior. It is applied for deep water berths and is of a special importance. Therefore, in the detail design step, a seismic calculation must be conducted comprehensively and exactly. In this study, 2D numerical models using finite element method for three structural types consist of the hybrid gravity type pier and the typical gravity caisson and pile pier structures were conducted in this study. Their responses under an input ground motion were compared and evaluated to express seismic advantages and disadvantages of this structure.

Keywords: Kết cấu bền cọc lai ghép trọng lực; sự làm việc kháng chấn, chuyển động động đất, phương pháp phân tích mô hình số.

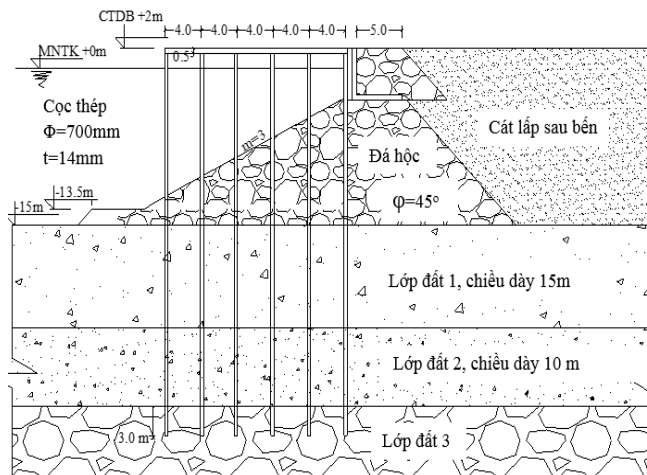
1. Đặt vấn đề

Kết cấu bền cọc lai ghép trọng lực (Hybrid) là tổ hợp của các bản sàn bê tông cốt thép và các cọc

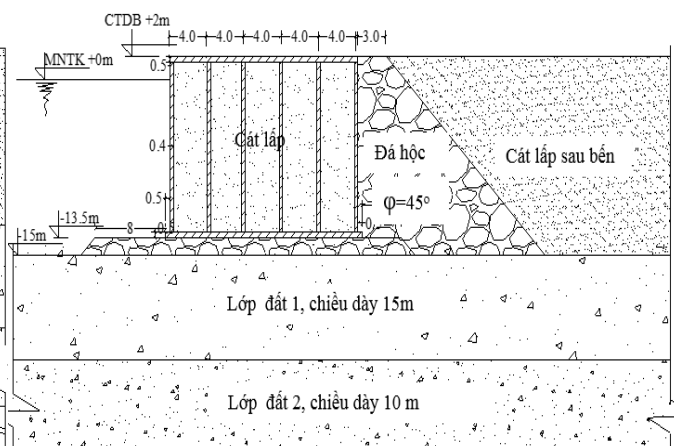
thép đứng liên kết với nhau. Nó là dạng lai ghép giữa kết cấu thùng chìm bê tông cốt thép (Caisson) và kết cấu bền cọc ống thép (Pier), phần kết cấu trên làm việc như bền cọc, phần kết cấu dưới làm việc như kết cấu thùng chìm, xem hình 1. Ưu điểm của kết cấu này là nhẹ hơn kết cấu trọng lực do đó giảm áp lực nền đáy móng và không chịu áp lực đất sau bền nhưng sẽ giảm khả năng chống trượt ngang do lực ma sát dưới đáy móng công trình giảm.

Hiện nay, dạng kết cấu bền cọc lai ghép trọng lực đã được nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm từ năm 2012 do Viện Nghiên cứu Cảng và Sân bay, Pari [1]. Katsuya Ikeno et al. 2013 [2] đã đánh giá sự thể hiện kháng chấn cho kết cấu này, tuy nhiên chưa có sự phân tích, so sánh với dạng kết cấu bền cọc điển hình.

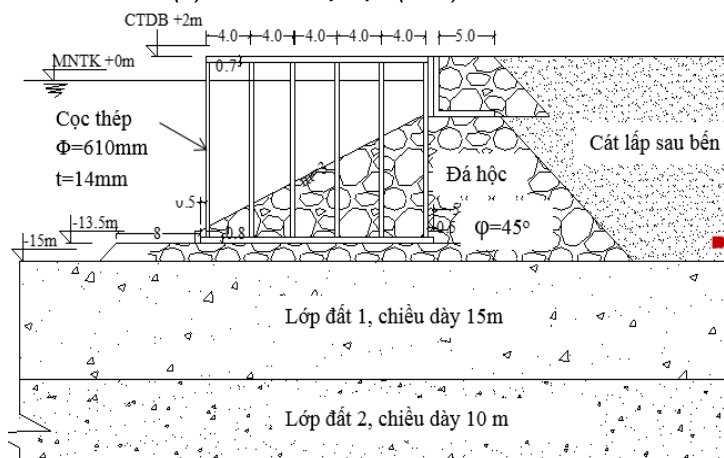
Với đặc điểm lai ghép riêng giữa hai dạng kết cấu thùng chìm và bền cọc nên sự làm việc kháng chấn của kết cấu bền cọc lai ghép trọng lực này sẽ khá phức tạp [3]. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện để đánh giá, so sánh sự khác biệt về khả năng kháng chấn của kết cấu lai ghép này so với hai dạng kết cấu thùng chìm và bền cọc. Sự làm việc kháng chấn của các dạng kết cấu này được thể hiện qua ba mô hình tính toán số sử dụng phần mềm Plaxis chuyên dụng. Các phản ứng của các dạng kết cấu này như chuyển vị và gia tốc biến thiên theo thời gian sẽ kết cấu và các giá trị mô men uốn của cấu kiện chính sẽ được so sánh đánh giá để làm rõ ưu nhược điểm của kết cấu bền cọc lai ghép. Ngoài ra, sự làm việc của đất nền tương ứng các dạng kết cấu cũng được so sánh qua sự biến thiên áp lực nước lỗ rỗng. Các biến thiên áp lực nước lỗ rỗng trong suốt quá trình động đất xảy ra ảnh hưởng lớn đến mô đun biến dạng hay sức chịu tải của đất nền.



(a) Kết cấu bệ cọc (Pier)

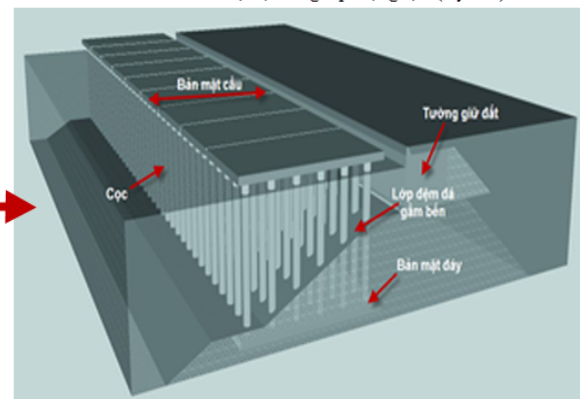


(b) Kết cấu trọng lực BTCT (Caisson)



(c) Kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực (Hybrid)

Bên kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực (Hybrid)



Hình 1. Mặt cắt ngang của ba dạng kết cấu trong nghiên cứu

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là ba dạng kết cấu áp dụng cho bến cảng nước sâu tiếp nhận tàu 50.000 DWT là bến thùng chìm bê tông cốt thép (BTCT), bến bệ cọc ống thép và bến bệ cọc lai ghép trọng lực, xem hình 2, 3 và 4.

2.2 Số liệu đầu vào

Số liệu đầu vào cho ba dạng kết cấu trên, bao gồm:

a) Số liệu thủy văn: Mức nước tính toán: +0,0 m

b) Kích thước cơ bản và vật liệu kết cấu bến:

- Cao độ mặt bến: +2m và cao độ đáy bến: -13,5m. Chiều rộng bến bằng 20 m.
- Vật liệu của bến: bê tông cốt thép cho dầm bản: mô đun đàn hồi, $E = 2,4.10^7 \text{ KN/m}^2$.
- Bến thùng chìm: bản sàn đáy và trên dày 0,45 m, bản thành ngoài 0,4 m và thành trong 0,3 m;
- Bến bệ cọc: bản dày 0,4 m và dầm ngang kích thích bxxh: 800x1200mm;
- Bến bệ cọc lai ghép trọng lực: bản sàn và đáy dày 0,5 m;
- Cọc ống thép: Đường kính cọc: $\Phi = 650 \text{ mm}$; Chiều dày cọc: $t = 22 \text{ mm}$; Mô đun đàn hồi: $E = 2.10^8 \text{ KN/m}^2$.

c) Điều kiện địa chất: xem trong bảng 1

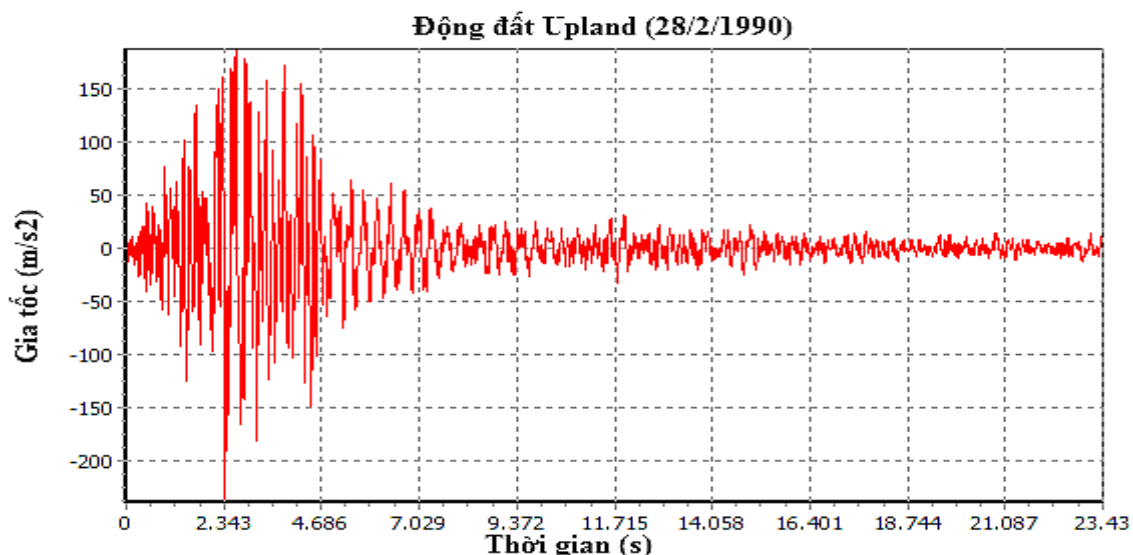
Bảng 1. Số liệu các lớp địa chất

Lớp đất	h(m)	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	$k_x=k_y$ (m/day)	ϕ (độ)	E_{ref} (kN/m^2)	ν	C_{ref} (kN/m^2)
Lớp 1	15	18	15	10^{-4}	15	6400	0.33	10
Lớp 2	10	20	16	0,001	37	8000	0.33	1
Lớp 3 (bệ cọc)	10	21	18	0,001	40	12000	0.33	2

d) Tải trọng tác động

- Tải trọng hàng hóa (HH): phân bố đều trước bến: 4 T/m^2 phân bố đều sau bến: 2 T/m^2 ;
- Tải trọng tàu: Neo tàu (NEO): 18T; Tải trọng va tàu (VA): 80T;
- Tải trọng cầu cần trục (CT): quy về tập trung tại hai đầu ray, $F = 34\text{T}$;

- Trong nghiên cứu này, tải trọng động đất thay đổi theo thời gian được là trận động đất Upland năm 1990 với biên độ gia tốc lớn nhất 240 cm/s^2 . Thời gian xem xét trong tính toán động đất 10 s với bước thời gian 0,001 s (hình 2). Tác động của hàm sóng động đất được kích thích tại đáy lớp đất cuối cùng.

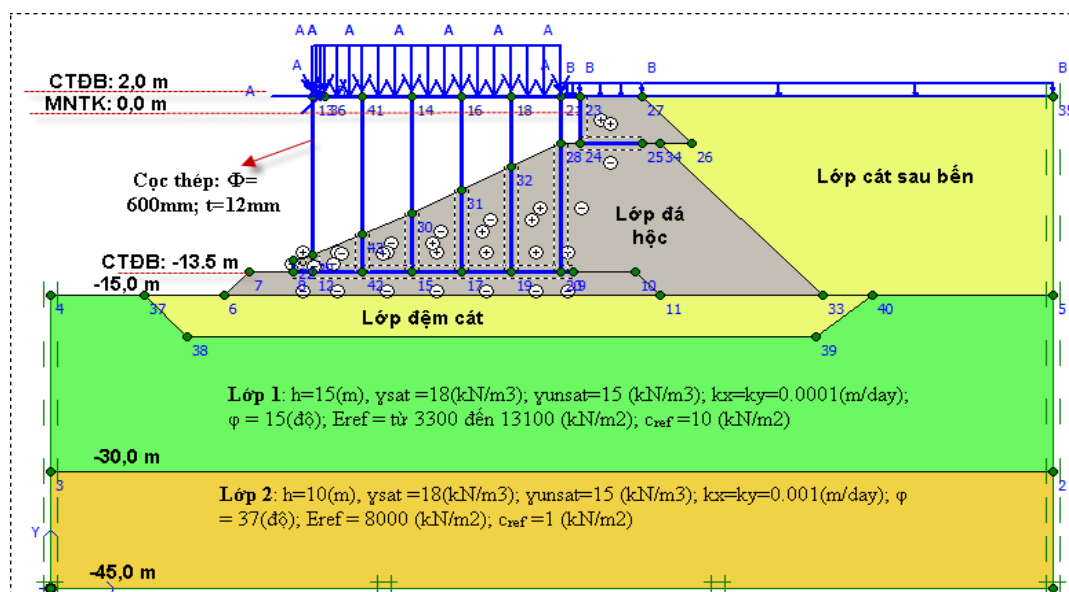


Hình 2. Hàm gia tốc theo thời gian của động đất Upland năm 1990 (hơn 23 s)

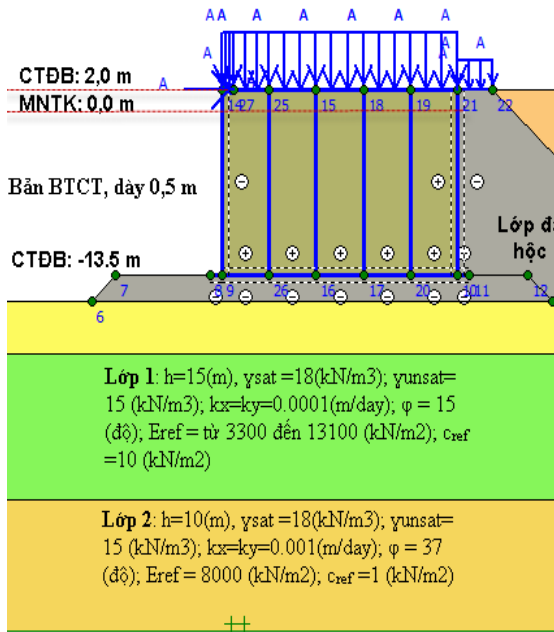
2.3 Mô hình tính

Trong nghiên cứu này, phần mềm chuyên dụng Plaxis được sử dụng để mô phỏng ba dạng kết cấu. Các thông số cơ bản về kết cấu

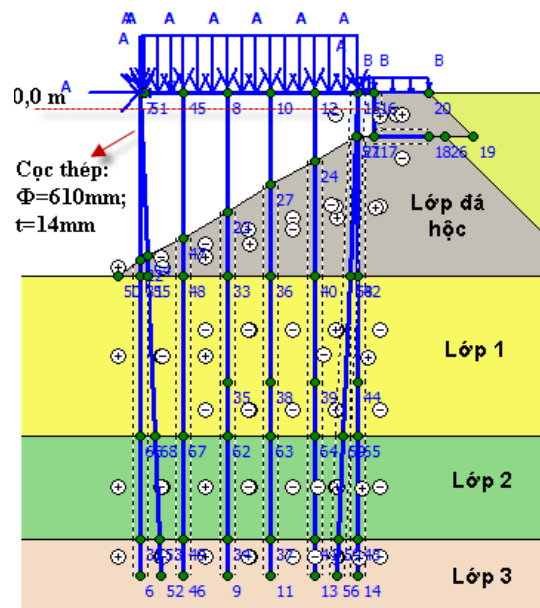
và các lớp đất của ba dạng kết cấu bến bệ cọc lai ghép trọng lực, bến thùng chìm BTCT và bến bệ cọc thép được chỉ lần lượt trong hình 3, 4 và 5.



Hình 3. Mô hình tính bến bệ cọc lai ghép trọng lực



Hình 4. Mô hình tính bến thùng chìm BTCT



Hình 5. Mô hình tính bến bệ cọc thép

2.4 Phương pháp đánh giá và trình tự tính toán

Phương pháp đánh giá là so sánh sự làm việc kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực so với hai dạng kết cấu bến điển hình là bến trọng lực BTCT và bến bệ cọc trong điều kiện chịu tải

trọng đặc biệt động đất. Mô đun biến dạng của lớp đất chịu lực chân công trình được tính toán từ giá trị chỉ số SPT, $N=15$. Đây cũng là trường hợp kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực trên nền đất tương đối tốt.

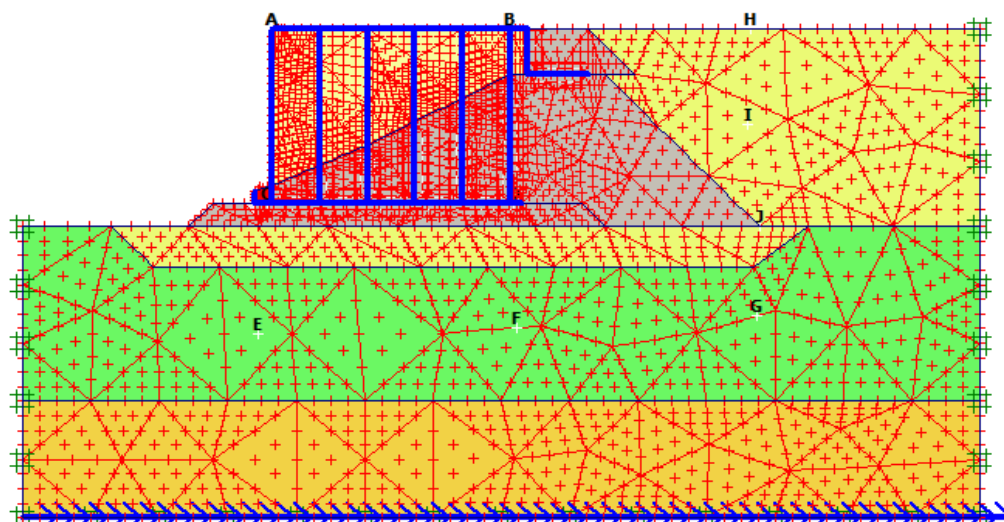
Bảng 2. Các trường hợp phân tích tải trọng động đất

STT	Các trường hợp tải trọng		Hệ số tổ hợp tải trọng			
	Kí hiệu	Mô đun biến dạng E_{ref} (lớp 1) (kN/m^2)	TT bản thân	TT hàng hóa	TT động đất	TT cản trực
1	THC	6400 (SPT=15)	1,0	1,0	1,0	1,0
2	THH	6400 (SPT=15)	1,0	1,0	1,0	1,0
3	THP	6400 (SPT=15)	1,0	1,0	1,0	1,0

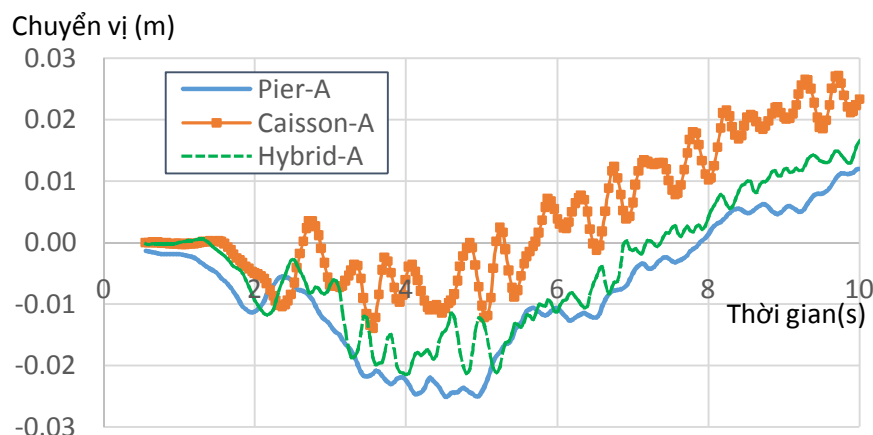
3. Kết quả tính toán

3.1 Chuyển vị kết cấu

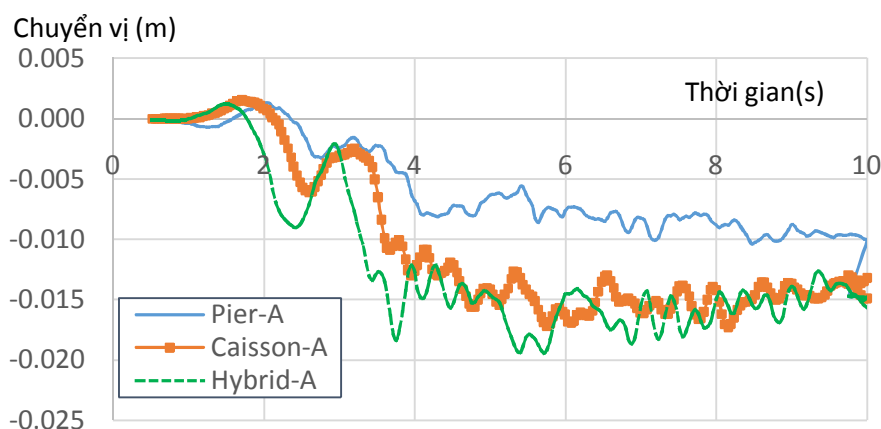
Hình 6 chỉ ra vị trí một số điểm xác định phản ứng kết cấu được xem xét trong nghiên cứu này.



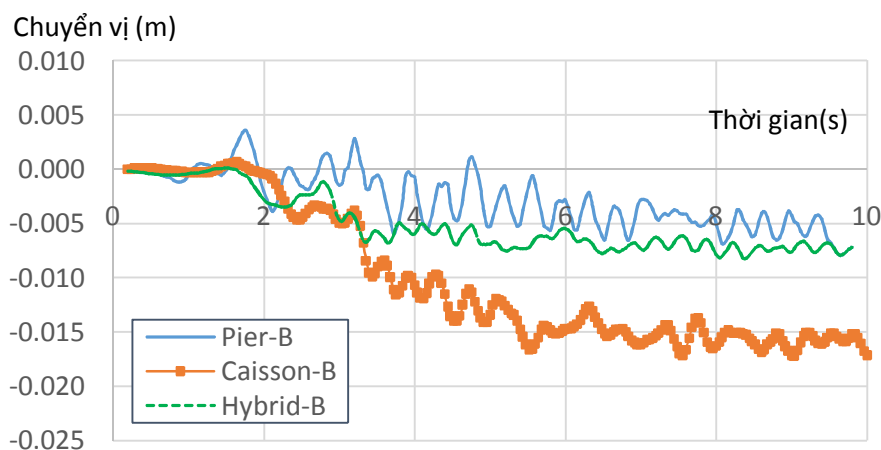
Hình 6. Vị trí các điểm tính toán phản ứng kết cấu (bến bệ cọc lai ghép điển hình)



Hình 7. Chuyển vị ngang tại điểm A đỉnh của ba dạng kết cấu



Hình 8. Chuyển vị đứng tại điểm A của ba dạng kết cấu



Hình 9. Chuyển vị đứng tại điểm B của ba dạng kết cấu

Hình 7 thể hiện hàm biến đổi chuyển vị ngang theo thời gian tại điểm A đỉnh của ba dạng kết. Có thể thấy rằng, chuyển vị ngang kết cấu thùng chìm BTCT là lớn nhất và của bến bệ cọc là nhỏ nhất trong suốt tác động của động đất.

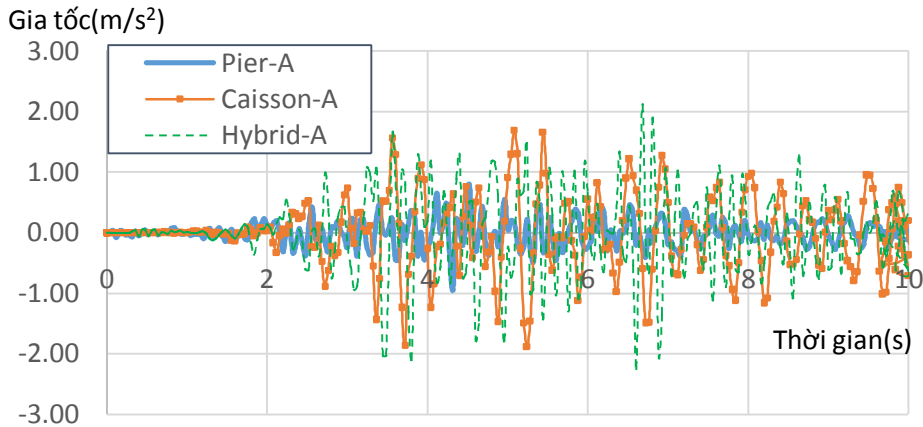
Hình 8 và 9 chỉ ra chuyển vị đứng của hai điểm A và B tại đỉnh của ba dạng kết cấu theo thời gian. Có thể thấy rằng, chuyển vị đứng trung bình tại đỉnh của kết cấu thùng chìm là lớn nhất, và của kết cấu bến bệ cọc là nhỏ nhất. Tuy nhiên, chuyển vị đứng của

hai điểm A và B của kết cấu thùng chìm BTCT là xấp xỉ bằng nhau, trong khi đó sự khác biệt về chuyển vị hai điểm này của bến bệ cọc lại ghép trọng lực là khá lớn, cao hơn so với bến bệ cọc. Điều này có nghĩa là độ lún lệch và nghiêng của kết cấu bến bệ cọc lại ghép trọng lực lớn.

3.2 Gia tốc ngang

Hình 10 chỉ gia tốc ngang tại điểm A đỉnh của ba dạng kết cấu. Có thể thấy rằng, gia tốc của hai dạng kết cấu bến bệ cọc lại ghép và thùng chìm là khá tương

đồng, trong khi gia tốc ngang của kết cấu bệ cọc là khá nhỏ.

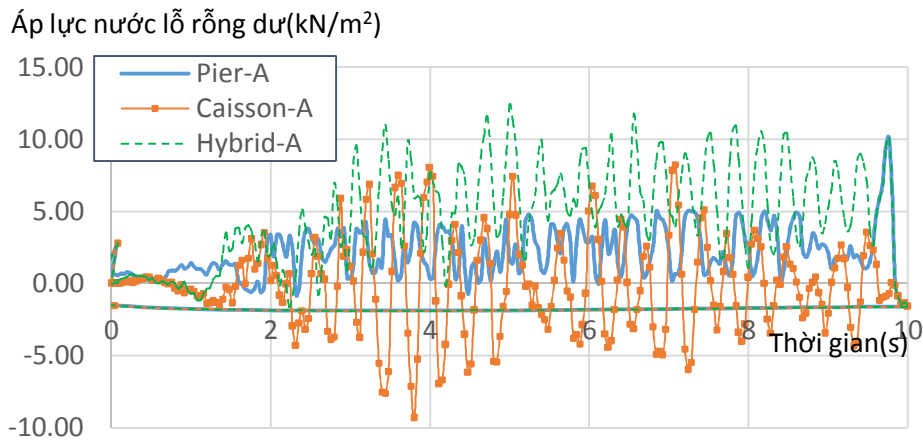


Hình 10. Gia tốc ngang tại điểm A của ba dạng kết cấu

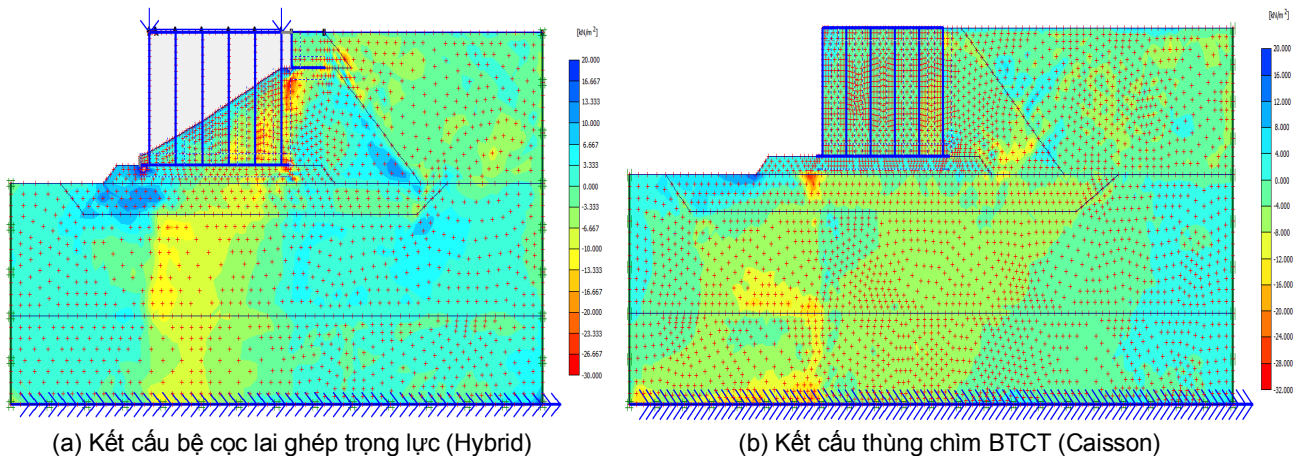
3.3 Áp lực nước lỗ rỗng dư

Hình 11 chỉ ra áp lực nước lỗ rỗng dư theo thời gian tại điểm G (lớp đất nền chịu lực) của ba dạng kết cấu. Có thể thấy rằng, áp lực nước lỗ rỗng dư của kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực là lớn nhất tại điểm G so với hai dạng kết cấu còn lại. Sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng của kết

cấu bệ cọc lai ghép trọng lực và thùng chìm được thể hiện trong hình 12, vị trí áp lực nước lỗ rỗng âm phân bố chủ yếu vùng dưới đáy móng công trình do chịu tải trọng nén của tải trọng bên trên. Sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng trong suốt tải trọng động của hai dạng kết cấu này khá tương đồng.



Hình 11. Áp lực nước lỗ rỗng dư của kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực (hybrid)

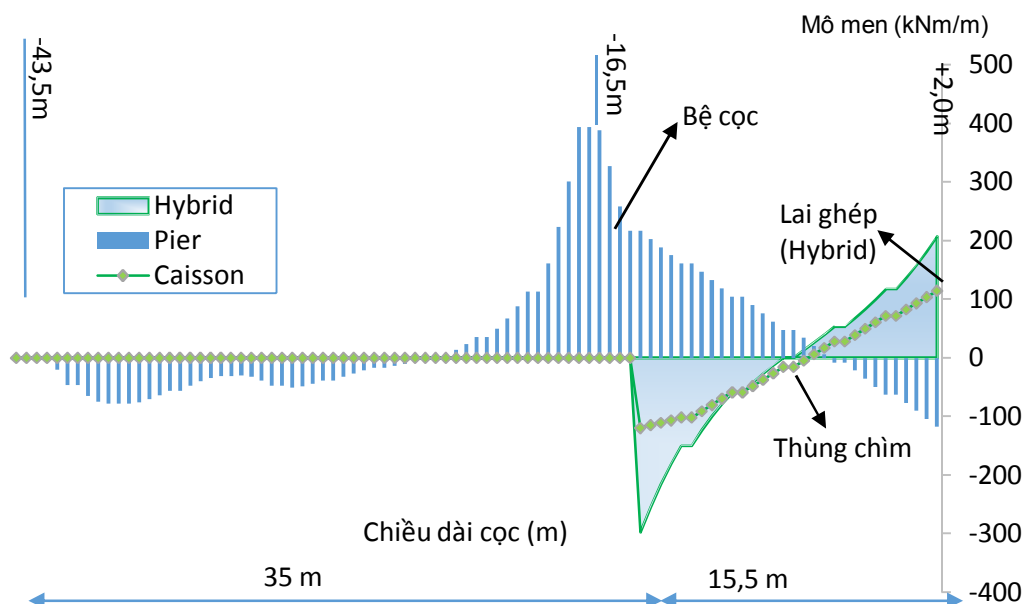


Hình 12. Phân bố áp lực nước lỗ rỗng dư

3.4 Mô men uốn ngang

Phần tử thành của bển thùng chìm khai báo giống phần tử dầm có độ cứng tương đương. Phần tử cọc đỡ của kết cấu bệ cọc và bệ cọc lai ghép trọng lực được khai báo làm việc giống phần tử dầm có bệ rộng 1 m có độ cứng tương đương, bỏ qua ảnh hưởng của đất nằm trong vùng cọc. Do vậy, có thể so sánh giá trị nội lực của ba dạng kết cấu. Hình 13 chỉ ra biểu đồ phân bố mô men uốn ngang của kết cấu trụ đỡ của ba

dạng kết cấu dưới tác dụng của tải trọng động đất. Thấy rằng, mô men uốn ngang của kết cấu bệ cọc ống thép lớn nhất tại cao độ -16,5 mm, trong đó mô men uốn ngang của kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực, lớn hơn gần 3 lần so với bển bệ cọc và nhỏ bằng 0,7 lần so với kết cấu thùng chìm. Mô men uốn lớn nhất âm và dương khá đều suốt chiều dài cọc của bển bệ cọc lai ghép trọng lực, trong khi đó có sự chênh lệch lớn đối với kết cấu bệ cọc.



Hình 13. Mô men uốn ngang của trụ cọc và thành bản của ba dạng kết cấu

4. Kết luận và khuyến nghị

Các nghiên cứu về sự làm việc của ba dạng kết cấu bển là thùng chìm BTCT, bệ cọc ống thép và bệ cọc lai ghép trọng lực dưới tác dụng tải trọng động đất đã được thực hiện trong nghiên cứu này. Kết quả nghiên cứu đã làm nổi bật một số đặc điểm sự làm việc kháng chấn của kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực so với các dạng kết cấu điển hình khác. Sau đây là một số kết luận chính:

- Dưới tác dụng của tải trọng động đất biến đổi theo thời gian, chuyển vị ngang và đứng của kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực đều nhỏ hơn so với kết cấu trọng lực nhưng lớn hơn so với kết cấu bệ cọc. Tuy nhiên, mô men uốn ngang của trụ cọc của nó lại nhỏ hơn so với kết cấu bệ cọc. Do vậy, đường kính cọc thép của bển bệ cọc lai ghép trọng lực nên khuyến nghị chọn nhỏ hơn so với kết cấu bển bệ cọc.
- Sự phát triển áp lực nước lỗ rỗng của nền đất giữa kết cấu bệ cọc lai ghép trọng lực và thùng

chìm BTCT trong suốt tác động của tải trọng động đất là khá tương đồng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] EIJI KOHAMA, TAKAHIRO SUGANO, KATSUYA IKENO, MOTOHISA HARA, MAKOTO YOSHIDA, MASAOKI MITOU (2012). *Technical note of the Port and Airport Research Institute*.
- [2] Katsuya Ikeno, Motohisa Hara, Makoto Yoshida, Eiji Kohama (2012). Proposition of new gravity-type pier and evaluation of its aseismic performance. *Journal of JSCE*. Vol. 68. Nguyễn Thành Trung (2016), *Thiết kế kháng chấn công trình cảng, Nhà Xuất bản Xây dựng, ISBN 978-604-82-1797-6, Hà Nội*.
- [3] Analysis of Seismic Behavior of Hybrid Gravity Type Pier Structure for Quay Wall.

Ngày nhận bài: 20/6/2017.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 27/7/2017.