

Nghiên cứu sự làm việc đồng thời của đất nền, cọc và bè cọc trong sàn giảm tải

■ TS. LÊ BÁ KHÁNH; KS. TRẦN MINH AN

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT: Sàn giảm tải trên hệ móng cọc là một giải pháp phổ biến trong xử lý nền đất yếu của đường đầu cầu. Hiện nay, trong tính toán sàn giảm tải chỉ xét đến các tải trọng tác dụng trực tiếp lên bè cọc mà chưa xét đến các tải trọng nằm ngoài phạm vi bè cọc cũng như ảnh hưởng của các công trình lân cận và sự chênh lún giữa bè cọc với đất nền dưới đáy bè. Bài báo tiến hành mô phỏng sàn giảm tải trong hai trường hợp có xét và không xét đến tương tác của đất nền - bè cọc ứng với các tổ hợp khác nhau của khoảng cách cọc, số lượng cọc và trạng thái đất nền, đồng thời xét đến ảnh hưởng của các tải trọng và công trình lân cận nằm ngoài phạm vi bè cọc như mố cầu, nền đường đắp đầu cầu bằng phân tích 3D solid để nghiên cứu sự làm việc đồng thời của đất nền, cọc và bè cọc trong sàn giảm tải. Ứng xử chảy dẻo của đất nền tuân theo mô hình Mohr-Coulomb. Kết quả phân tích cho thấy, sự làm việc của sàn giảm tải chịu ảnh hưởng đáng kể của các tải trọng và công trình lân cận cũng như loại đất nền dưới đáy bè.

TỪ KHÓA: Sàn giảm tải, sự làm việc đồng thời, tương tác, chênh lún, Mohr-Coulomb, Abaqus.

ABSTRACT: Supporting slab on a pile foundation is a popular solution in dealing with soft ground of approach road. Currently, when it comes to analyzing behavior of a supporting slab, only the load applied directly on the raft are considered; and those outside the raft, as well as the influence of vicinity buildings and differentiate settlements between the raft and the soil below it are not considered. Using various combinations of the parameters such as pile spacing, pile number and state of soil, and taking the influence of the load from vicinity components and buildings outside the raft which are abutment and embankment into account, this article models the supporting slab with and without contact behavior between the raft and the soil below it in 3D solid analysis to study the co-working between the soils, piles and pile raft in the supporting slab. Plastic flow behaviour

of soil comply with Mohr - Coulomb model rules. From the results, it can be seen that the load and structures in the vicinity area, as well as the state of soil below the raft have a considerably effect on the supporting slab's behavior.

KEYWORDS: Supporting slab, co-working, contact behavior, differentiate settlements, Mohr-Coulomb, Abaqus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sàn giảm tải là hệ móng cọc - đất nền làm việc rất phức tạp, các thành phần chịu lực chính trong hệ làm việc đồng thời và có tương tác qua lại lẫn nhau. Sự thay đổi về độ cứng của bất cứ thành phần nào cũng sẽ dẫn đến thay đổi trạng thái ứng suất, biến dạng của cả hệ. Sàn giảm tải không chỉ chịu tác động của các tải trọng tác dụng trực tiếp lên bè cọc mà còn chịu tác động của các tải trọng và công trình lân cận như mố cầu, nền đường đắp đầu cầu. Do đó, khi tính toán sàn giảm tải cần xem xét đến sự tương tác giữa các thành phần khác nhau trong hệ cũng như ảnh hưởng của các công trình lân cận.

Nội dung bài báo tập trung vào việc nghiên cứu sự làm việc đồng thời của đất nền, cọc và bè cọc trong sàn giảm tải thông qua việc xét đến tương tác qua lại giữa các thành phần trong hệ cũng như ảnh hưởng của các tải trọng và công trình lân cận bằng cách sử dụng phân tích 3D solid trong phần mềm Abaqus.

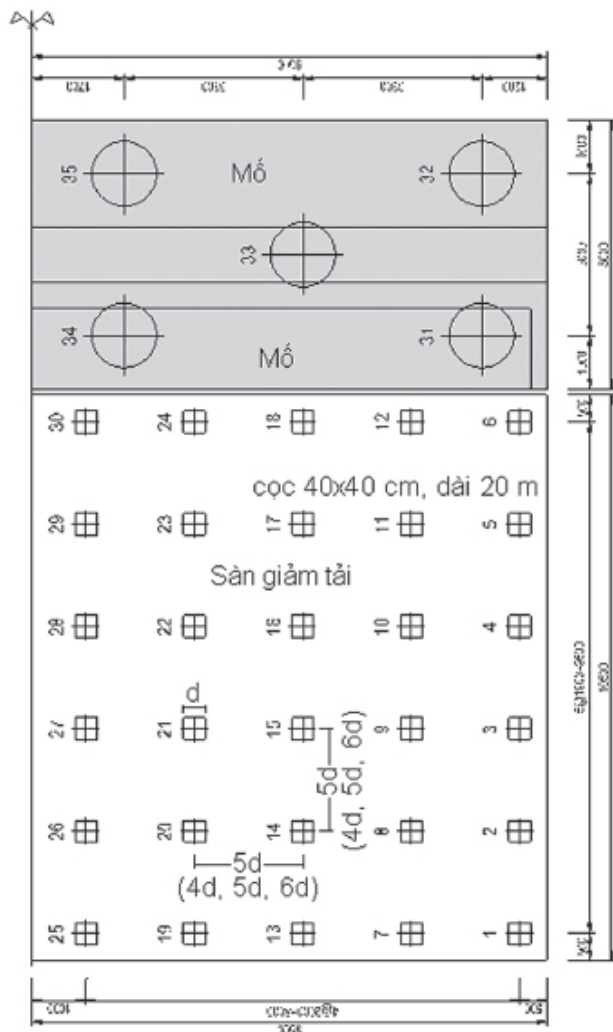
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT - MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU

2.1. Kích thước hình học

Bài báo cố định tham số của kích thước bè cọc, loại cọc, chiều dài cọc, chỉ thay đổi tham số về khoảng cách cọc trong bè.

Bè cọc của sàn giảm tải có chiều dày 0,4m, rộng 19,0m, dài 10,5m.

Mố cầu tiếp giáp với sàn giảm tải sử dụng 10 cọc khoan nhồi đường kính 1,2m, bệ mố dày 1,4m, thân mố dày 1,5m, cao 2,0m, tường ngực mố dày 0,5m, cao 1,0m, tường cánh mố dày 0,3m, cao 3,0m.



Hình 2.1: Mặt bằng 1/2 sàn giảm tải và mố cầu

2.2. Tổ hợp tính toán

Tổng cộng sẽ có 18 trường hợp được phân tích.

Bảng 2.1. Thống kê các trường hợp phân tích

STT	Tên trường hợp	Tương tác đất nền - bề cọc
1	4d_A_1	Có
2	4d_A_0	Không
3	4d_B_1	Có
4	4d_B_0	Không
5	4d_C_1	Có
6	4d_C_0	Không
7	5d_A_1	Có
8	5d_A_0	Không
9	5d_B_1	Có
10	5d_B_0	Không
11	5d_C_1	Có
12	5d_C_0	Không
13	6d_A_1	Có
14	6d_A_0	Không
15	6d_B_1	Có
16	6d_B_0	Không
17	6d_C_1	Có
18	6d_C_0	Không

Trong đó:

4d - Khoảng cách cọc;

A - Trạng thái của lớp sét (A - Dẻo chảy; B - Dẻo mềm; C - Nửa cứng); lớp 2 - Cát chặt (không đổi).

1 - Tương tác đất nền - Bề cọc (0 - không; 1 - có)

2.3. Thông số vật liệu của mô hình

Cọc, bề cọc của sàn giảm tải và mố cầu sử dụng bê tông $f'_c = 30$ MPa.

Mô hình đàn hồi - dẻo lý tưởng Mohr-Coulomb được dùng để mô tả ứng xử của đất.

Bảng 2.2. Thông số vật liệu

Vật liệu	Thông số	A	B	C
Lớp đất 1 - Sét	E'_{50} , Pa	2,50E+6	5,00E+6	8,30E+6
	μ	0,32	0,28	0,28
	ϕ	15,85	20,83	23,25
	ψ	0,00	0,00	0,00
Lớp đất 2 - Cát	C, Pa	1,40E+4	1,21E+4	2,38E+4
	E'_{50} , Pa	5,80E+7		
	μ	0,30		
	ϕ	31,27		
Bê tông	ψ	1,27		
	C, Pa	1,08E+4		
	E_c	2,77E+10		
	μ	0,15		

E'_{50} - Mô-đun đàn hồi (biến dạng) của đất; μ - Hệ số Poisson;

ϕ - Góc ma sát trong; ψ - Góc giãn nở; C - Lực dính.

E_c - Mô-đun đàn hồi (biến dạng) của bê tông.

2.4. Tải trọng

Sàn giảm tải chịu tác dụng của 4 loại tải trọng:

- Tải trọng đứng do đất đắp thân đường - EV: Phân bố trong phạm vi nền đường và do sự giảm dần của trục dọc đường nên giá trị tải trọng giảm dần từ 54.000 N/m² tại mố cầu đến 32.040 N/m² tại vị trí cách mố cầu 40 m;

- Tải trọng đứng do ta-luy nền đường EV_TL: Phân bố trong phạm vi ta-luy đường và giảm dần từ mép đường (giá trị bằng với tải trọng EV tại cùng vị trí) về 0 N/m² tại chân ta-luy đường;

- Tải trọng ngang do đất đắp thân đường tác dụng lên thân mố, tường ngực và tường cánh mố - EH: Giá trị tải trọng thay đổi từ 0 N/m² tại đỉnh tường ngực về 17.820 N/m² tại chân thân mố;

- Tải trọng do kết cấu nhịp cầu: Tải trọng này tác dụng lên đỉnh thân mố trong phạm vi bố trí đá kê gối với giá trị 237.500 N/m².

Hệ số tải trọng được lấy bằng 1.0 cho tất cả các tải trọng tác dụng.

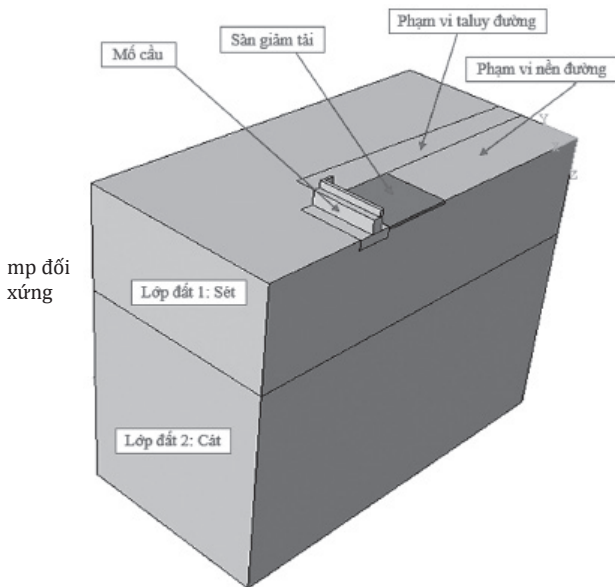
2.5. Mô hình hóa kết cấu bằng phân tích 3D solid

Trong bài báo chỉ xét trường hợp đặt tải đối xứng. Kết cấu sàn giảm tải cũng đối xứng, do đó có thể xét 1/2 kết cấu.

Tiếp xúc cọc đất có một số đặc điểm: Type = Surface-to-surface (Standard); Normal Behavior = "Hard" contact,

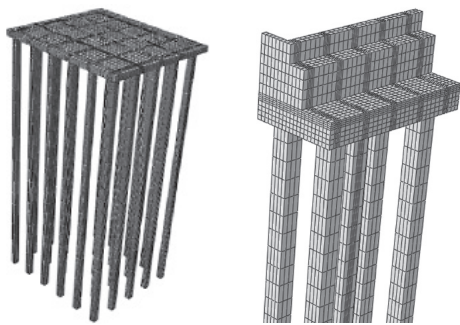
to allow separation after contact; Tangential Behavior = Penalty. Trong đó, bề mặt thuộc bê cọc và cọc đóng vai trò là “master”, bề mặt thuộc đất đóng vai trò là “slave”.

Khi mô hình hóa, các cọc tròn được thay bằng cọc vuông tương đương về diện tích tiếp xúc ở mặt hông. Khi đó, diện tích mũi cọc có chênh lệch một ít.



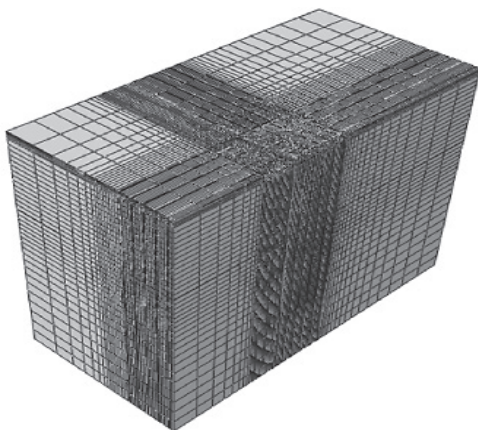
Hình 2.2: Bố trí chung của 1/2 mô hình hình học

Việc phân chia lưới phần tử được thực hiện trên cơ sở chia lưới mịn tại những vùng cần phân tích và chia lưới thô tại những vùng ít có nhu cầu phân tích. Loại phần tử được sử dụng là C3D8R.



a) - 1/2 sàn giảm tải

b) - 1/2 mố cầu

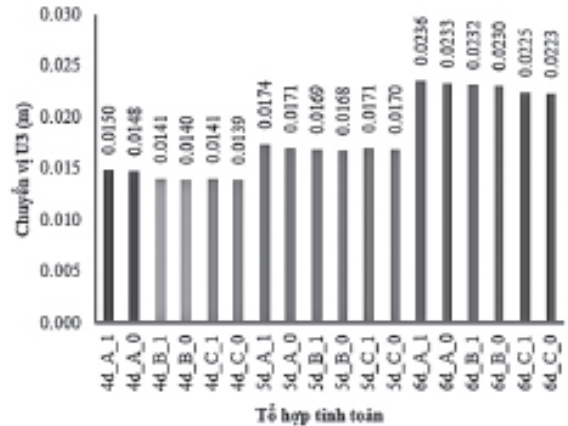


c) - 1/2 nền đất hai lớp

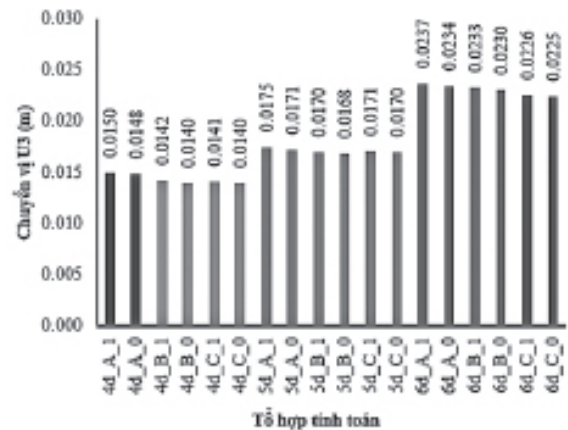
Hình 2.3: Chia lưới phần tử

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chuyển vị đứng

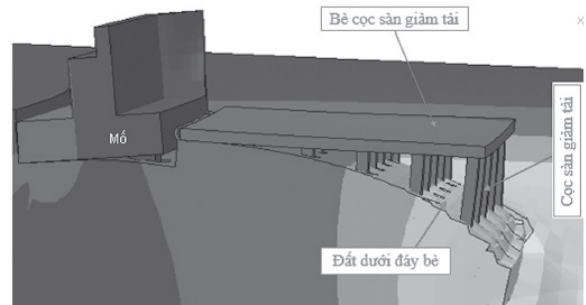


Hình 3.1: Chuyển vị đứng U3 lớn nhất của bê cọc



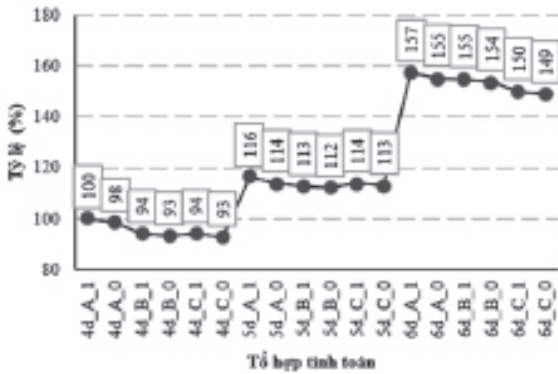
Hình 3.2: Chuyển vị đứng U3 lớn nhất của đầu cọc

Chuyển vị đứng lớn nhất của bê cọc và đầu cọc trong trường hợp có xét tương tác đất nền - bê cọc lớn hơn so với khi không xét đến tương tác đất nền - bê cọc. Nguyên nhân gây ra sự khác biệt này là do dưới tác dụng của tải trọng nền đường đắp đầu cầu và ta-luy nền đường làm cho đất nền dưới đáy bê bị lún và tách rời khỏi bê cọc trong khi mặt bên bê cọc vẫn có tương tác với đất nền và chính tương tác này đã kéo bê cọc và đầu cọc chuyển vị xuống nhiều hơn so với khi không xét tương tác đất nền - bê cọc. Tuy nhiên, lực kéo này không lớn nên dẫn đến sự chênh lệch về chuyển vị giữa trường hợp có xét tương tác và không xét tương tác đất nền - bê cọc là không nhiều (thay đổi từ 0,50% đến 2,16%).

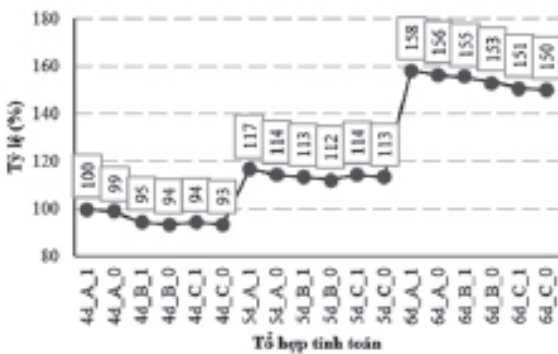


Hình 3.3: Đất nền dưới đáy bê cọc bị tách rời khi có xét tương tác đất nền - bê cọc

Kết quả tính toán cũng cho thấy sự chênh lệch chuyển vị đứng lớn nhất là không nhiều khi thay đổi trạng thái đất của lớp đất số 1 (dẻo chảy, dẻo mềm và nửa cứng) trong cùng một loại khoảng cách cọc và số lượng cọc nhưng có sự chênh lệch lớn khi thay đổi khoảng cách cọc và số lượng cọc trong đài.

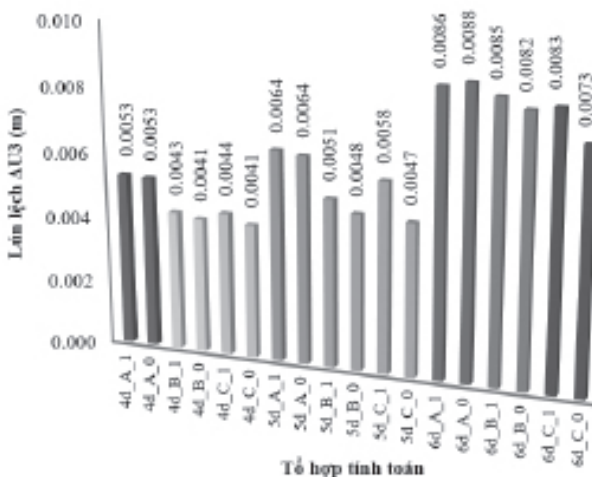


Hình 3.4: Tỷ lệ % về chuyển vị đứng lớn nhất của bè cọc so với tổ hợp 4d_A_1

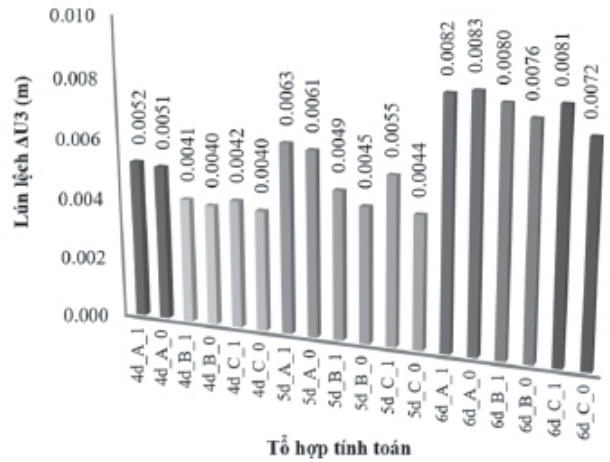


Hình 3.5: Tỷ lệ % về chuyển vị đứng lớn nhất của đầu cọc so với tổ hợp 4d_A_1

Giá trị lún lệch (sự chênh lệch về độ lún lớn nhất và nhỏ nhất) của bè cọc và đầu cọc trong sàn giảm tải giảm khi giảm khoảng cách cọc, tăng số lượng cọc và tăng khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc trong bè. Giá trị này lớn nhất đối với loại đất nền dẻo chảy và có xu hướng giảm khi tăng cường độ của đất nền.

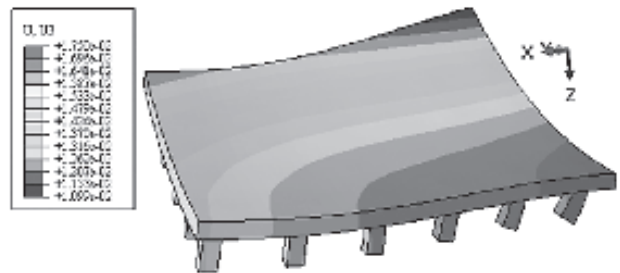


Hình 3.6: Lún lệch ΔU3 của bè cọc



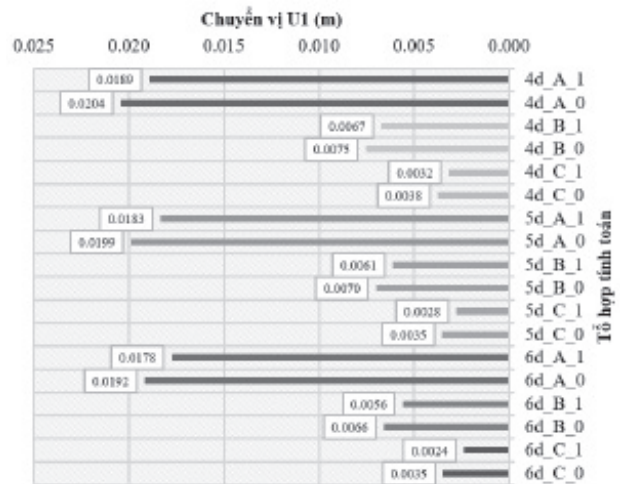
Hình 3.7: Lún lệch ΔU3 của đầu cọc

Chuyển vị đứng của cọc và bè cọc lớn nhất tại tim đường phía tiếp giáp với nền đường đắp đầu cầu.



Hình 3.8: Chuyển vị đứng của 1/2 bè cọc và đầu cọc

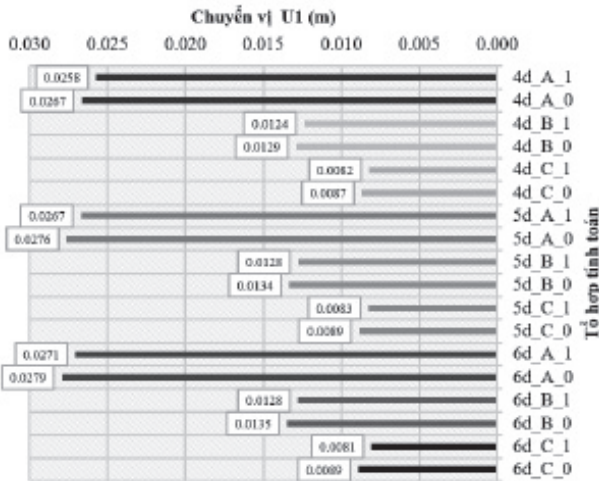
3.2. Chuyển vị ngang



Hình 3.9: Chuyển vị ngang U1 lớn nhất của bè cọc

Trường hợp có xét tương tác đất nền - bè cọc cho kết quả chuyển vị ngang theo phương song song tim đường U1 nhỏ hơn so với khi không xét tương tác đất nền bè cọc vì lực tương tác giữa đất nền với bè cọc tại các mặt bên của bè cọc và lực tương tác giữa phần đất nền dưới đáy bè cọc trong phạm vi chuyển vị bè cọc lớn hơn chuyển vị của đất nền sẽ cản trở chuyển vị của bè cọc. Giá trị chuyển vị ngang này giảm đáng kể khi tăng độ cứng của đất nền nhưng giảm ít khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc trong bè. Khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc thì độ cứng của sàn giảm tải sẽ giảm đi nhưng chuyển

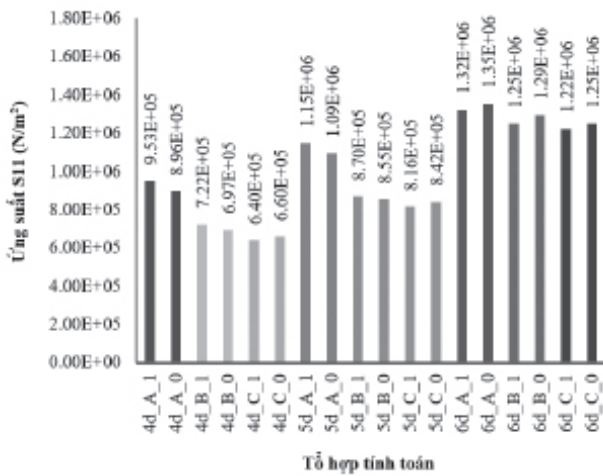
vị ngang lại giảm vì khi số lượng cọc ít đi thì diện tích chịu áp lực đất ngang sẽ giảm dẫn đến lực đẩy ngang giảm nên chuyển vị ngang cũng sẽ giảm theo.



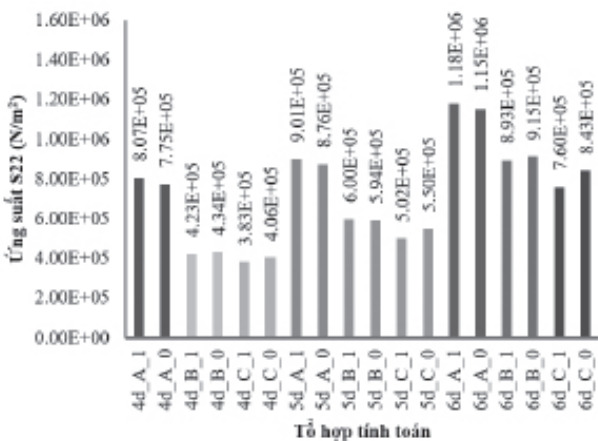
Hình 3.10: Chuyển vị ngang U1 lớn nhất của thân cọc

Chuyển vị ngang của thân cọc tăng khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc. Tuy nhiên, sự thay đổi này là không nhiều mà giá trị chuyển vị ngang chỉ thay đổi nhiều khi thay đổi loại đất nền dưới bề cọc.

3.3. Ứng suất trong bề cọc



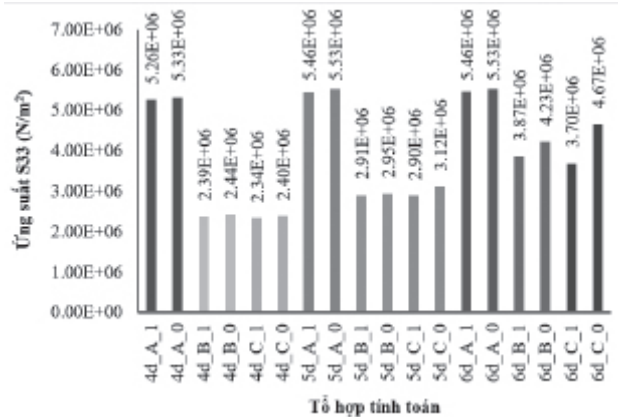
Hình 3.11: Ứng suất S11 lớn nhất trong bề cọc



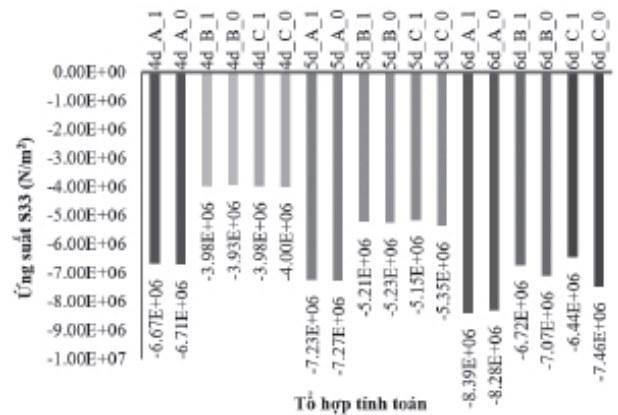
Hình 3.12: Ứng suất S22 lớn nhất trong bề cọc

Ứng suất kéo trong bề cọc theo cả hai phương ngang đều tăng khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc và đều giảm khi tăng độ cứng của đất nền dưới đài cọc.

3.4. Ứng suất trong thân cọc



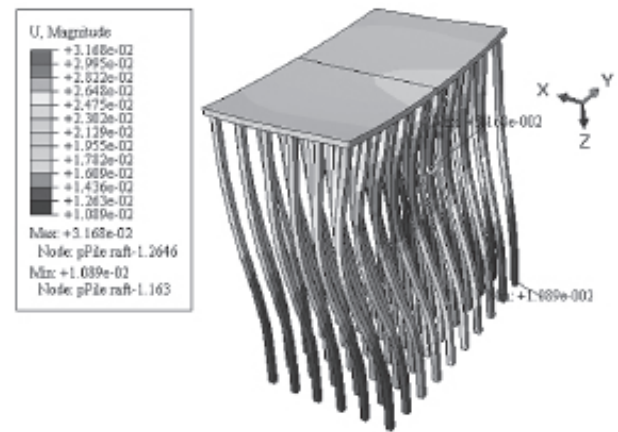
Hình 3.13: Ứng suất kéo S33 lớn nhất trong thân cọc



Hình 3.14: Ứng suất nén S33 lớn nhất trong thân cọc

Ứng suất kéo và nén trong thân cọc đều tăng khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc trong sàn giảm tải, trong đó mức độ gia tăng của ứng suất nén lớn hơn của ứng suất kéo. Cả hai ứng suất này đều giảm khi tăng độ cứng của đất nền dưới đài cọc.

3.5. Hình dạng biến dạng



Hình 3.15: Hình dạng biến dạng của sàn giảm tải

Sàn giảm tải chuyển vị hướng về phía mố cầu vì tải trọng đất đắp trên bề cọc lớn nhất tại vị trí tiếp giáp mố

cầu và nhỏ nhất tại vị trí tiếp giáp nền đắp đường đầu cầu, đồng thời chính tải trọng của nền đắp đường đầu cầu tạo ra áp lực ngang đẩy sàn giảm tải dịch chuyển hướng về phía mố. Hình dạng biến dạng này phản ánh đúng thực tế làm việc của sàn giảm tải.

4. KẾT LUẬN

Dựa vào kết quả phân tích có thể rút ra được một số kết luận như sau:

- Về sự làm việc đồng thời của đất nền, cọc và bè cọc trong sàn giảm tải:

+ Chuyển vị đứng lớn nhất của bè cọc và đầu cọc trong trường hợp có xét tương tác đất nền - bè cọc lớn hơn so với khi không xét đến tương tác đất nền - bè cọc, sự chênh lệch này thay đổi từ 0,50% đến 2,16%. Sự chênh lệch là không nhiều nên để giảm sự phức tạp trong mô phỏng, tính toán có thể bỏ qua tương tác đất nền - bè cọc khi tính toán chuyển vị đứng.

+ Chuyển vị đứng lớn nhất của bè cọc và đầu cọc thay đổi không nhiều khi thay đổi trạng thái của đất ngay dưới bè cọc (dẻo chảy, dẻo mềm và nửa cứng) trong cùng một loại khoảng cách cọc và số lượng cọc nhưng có sự chênh lệch lớn khi thay đổi khoảng cách cọc và số lượng cọc trong bè. Do đó, để đảm bảo yêu cầu về chuyển vị đứng cần quan tâm đến cách bố trí cọc trong bè.

+ Lún lệch của bè cọc và đầu cọc trong sàn giảm tải giảm khi giảm khoảng cách cọc, tăng số lượng cọc và tăng khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc trong bè. Giá trị này lớn nhất đối với loại đất nền dẻo chảy và có xu hướng giảm khi tăng cường độ của đất nền.

+ Chuyển vị ngang của bè cọc, thân cọc theo phương song song tim đường khi có xét tương tác đất nền - bè cọc nhỏ hơn so với khi không xét tương tác đất nền - bè cọc. Giá trị chuyển vị ngang này giảm đáng kể khi tăng độ cứng của đất nền nhưng giảm ít khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc trong bè. Do đó, cần xét đến tương tác đất nền - bè cọc khi tính toán chuyển vị ngang.

+ Ứng suất kéo trong bè cọc theo cả hai phương ngang đều tăng khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc và đều giảm khi tăng độ cứng của đất nền dưới bè cọc.

+ Ứng suất kéo và nén trong thân cọc đều tăng khi tăng khoảng cách cọc, giảm số lượng cọc trong sàn giảm tải, trong đó mức độ gia tăng của ứng suất nén lớn hơn của ứng suất kéo. Cả hai ứng suất này đều giảm khi tăng độ cứng của đất nền dưới đài cọc.

- Về hình dạng sau biến dạng của sàn giảm tải: Toàn bộ sàn giảm tải có xu hướng dịch chuyển về phía mố cầu. Chuyển vị đứng và chuyển vị ngang của bè cọc và cọc lớn nhất tại tim đường phía tiếp giáp nền đường đắp đầu cầu

Tài liệu tham khảo

[1]. C. Coulomb, *Sur une application des regles maximis et minimis a quelques problems de statique, relatives a l'architecture*, Acad Sci Paris Mem Math phys, pp.343-382, 1776.

[2]. O. Mohr, *Welche Umstände bedingen die Elastizitätsgrenze und den Bruch eines Materials?*, Zeit des Ver Deut Ing, pp.1524-1530, 1900.

[3]. A.S Chehadeh (2014), *Analysis and design of circular shafts using finite element method*, M.A. thesis, American University of Sharjah, United Arab Emirates.

Ngày nhận bài: 14/4/2020

Ngày chấp nhận đăng: 30/5/2020

**Người phản biện: TS. Nguyễn Anh Tuấn
TS. Huỳnh Ngọc Thi**