

# NGHIÊN CỨU HIỆU QUẢ CHỊU TẢI TRỌNG NGANG CỦA CỌC ỐNG THÉP CÓ CÁNH XOẮN

STUDY ON THE LATERAL LOAD-BEARING CAPACITY OF HELICAL STEEL PIPE PILE

TS. Nguyễn Thanh Sang\* - PGS.TS. Phạm Văn Thoan - Học viện Kỹ thuật quân sự.

\*Email: thanhsang.ktqs@qdtu.edu.vn

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về giải pháp nâng cao khả năng chịu lực của cọc ống thép bằng cách bổ sung hai cánh xoắn. Tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) trên phần mềm PLAXIS 3D để mô hình hoá tương tác giữa cọc đơn cánh xoắn và nền san hô được thu thập tại khu vực đảo trên Biển Đông của Việt Nam. Kết quả mô phỏng số cho thấy, việc bổ sung các cánh xoắn giúp tăng rất lớn sức chịu tải của cọc khi tác dụng đồng thời của tải trọng ngang và tải trọng dọc trục so với cọc ống thép trơn truyền thống.

**Từ khóa:** Cọc ống thép; Cánh xoắn; Cát san hô; Sức chịu tải ngang.

**Abstract:** The study presents an effective solution to enhance the bearing capacity of steel pipe piles by incorporating two helical blades. Utilizing the finite element method (FEM) via the geotechnical analysis software PLAXIS 3D, the numerical interaction between a single helical steel pipe pile and the characteristic coral sand foundations in the East Sea of Vietnam. The numerical results indicate that the addition of helical blades significantly improves the pile's resistance under simultaneous lateral and axial loading compared to conventional smooth pipe piles.

**Keywords:** Steel pipe pile; Helical plate; Coral sand; Lateral bearing capacity.

## 1. MỞ ĐẦU

Nhiều nghiên cứu, công trình ứng dụng trong thực tiễn đã và đang được các nhà khoa học, các kỹ sư đề xuất các giải pháp khác nhau nhằm tăng khả năng chịu tải của móng cọc nói chung, cọc ống thép nói riêng. Trong đó, việc sử dụng các cánh xoắn nằm ngang ở mặt ngoài của cọc ống thép trơn trơn truyền thống với các khoảng cách nhất định là một giải pháp đã được chứng minh rất hiệu quả, bởi vì cánh xoắn bổ sung này giúp tăng cường diện tích tương tác của cọc với đất nền với đất nền, từ đó nâng cao đáng kể sức chịu tải của cọc, đặc biệt là khả năng kháng nhổ khi cọc chịu tải trọng nằm ngang và dọc trục đồng thời.

Kết quả nghiên cứu từ đề tài nghiên cứu khoa học cho thấy, trong điều kiện địa chất phù hợp, khi áp dụng cọc hỗn hợp lõi cứng ống thép có cánh xoắn có thể tiết kiệm tới 50% chi phí xây dựng so với giải pháp cọc khoan nhồi truyền thống [1].

Tại Việt Nam, tiêu chuẩn thiết kế và thi công móng cọc vít hiện nay ở nước ta đã được xây dựng và áp dụng trong thực tiễn như “TCVN 11520: 2016: Móng cọc vít có cánh đơn ở mũi - Yêu cầu thiết kế” và tiêu chuẩn “TCVN 12111: 2018: Móng cọc vít có cánh đơn ở mũi - Yêu cầu thi công và nghiệm thu” làm cơ sở pháp lý cho các kỹ sư thiết kế và thi công các giải pháp cấu hình cọc khác nhau [3]. Trên cơ sở đó, các kỹ sư đã thiết kế và thi công hiệu quả, được đánh giá cao tại công trình cầu vượt Hoàng

Minh Giám ở thủ đô Hà Nội và cầu Rạch Tôm tại thành phố Hồ Chí Minh. Tuy nhiên, việc sử dụng giải pháp cọc có cánh xoắn này đến nay vẫn chưa được quan tâm đúng mức và chưa được áp dụng tại các công trình trên biển Đông, khu vực thường xuyên chịu các tải trọng theo phương ngang.

Trên thế giới, một số nước đã sử dụng các giải pháp khác nhau để tăng cường sức kháng của cọc, điển hình nhất là Nhật Bản, phân tích hiệu quả sử dụng cọc khoan nhồi có đường kính D1000, dài 35m thì thời gian thi công hoàn thành 160 cọc là 240 ngày. Nhưng khi thi công theo giải pháp cọc ống thép có cánh vít đường kính D800, dài 30m, tổng có 160 cọc thì thời gian thi công hoàn thành giảm còn 120 ngày [2]. Đây là ưu điểm có ý nghĩa rất lớn trong thực tiễn triển khai các dự án, đặc biệt là các công trình xây dựng trên vùng biển đảo xa bờ của Việt Nam khi phải thi công trong điều kiện thời tiết, thủy hải văn rất phức tạp.

Có thể khái niệm cọc ống thép có cánh xoắn là cọc được cải tiến từ cọc trơn trơn truyền thống bằng cách tăng diện tích tiếp xúc của thân cọc hoặc mũi cọc với nền, do đó cho phép tăng sức kháng của cọc. Để có thể nghiên cứu đầy đủ về giải pháp móng cọc trong nền san hô cần tiếp tục đầu tư của nhà nước và nỗ lực của nhiều tổ chức và cá nhân khác nhau. Trong phạm vi bài báo khoa học, tác giả chọn vấn đề nghiên cứu về sự làm việc trong nền cát san hô của cọc đơn ống thép có cánh xoắn

nhằm góp phần bổ sung, hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc thiết kế móng cọc công trình trên các vùng biển đảo ở Việt Nam.

## 2. MÔ HÌNH SỐ BÀI TOÁN NGHIÊN CỨU

### 2.1. Các giả thiết

Trong bài toán này, để đơn giản hoá bài toán, tác giả xét ứng xử tương tác của cọc ống thép có cánh xoắn với nền cát san hô ứng xử theo các giả thiết sau:

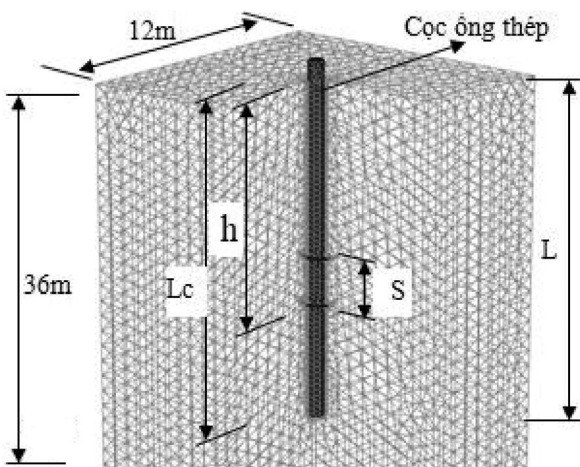
- Cọc ống thép không bị phá hoại, vật liệu kết cấu cọc ống thép ứng xử đàn hồi, biến dạng tuyến tính. Cọc liên kết vào nền theo phương thẳng đứng và đã ổn định.

- Nền cát san hô xung quanh cọc không bị phá hoại, tính chất của lớp vật liệu nền được coi đồng nhất, đẳng hướng, đàn dẻo phi tuyến. Trong quá trình làm việc không xem xét thay đổi các tham số nền cát san hô có thể xảy ra do sự lan truyền của sóng chấn động [5].

### 2.2. Mô hình tổng quát

Bài báo nghiên cứu trường hợp cọc ống thép có cánh xoắn đã hạ ổn định vào nền cát san hô, cọc có phương thẳng đứng trong nền và chịu tác dụng của lực dọc trục khi kéo hoặc nén đồng thời với tải trọng ngang tác dụng tại đầu cọc, lòng cọc rỗng và mũi cọc bịt kín.

Mô hình số tương tác tổng quát được ứng dụng là mô hình 3 chiều của cọc ống thép có cánh xoắn làm việc đồng thời với nền cát san hô. Tác giả tiến hành phân tích và giải bài toán tương tác theo phương pháp PTHH. Cấu tạo mô hình và một số tham số cơ bản của cọc đơn ống thép có cánh xoắn được thể hiện trên hình 1 sau:



Hình 1. Mô hình cọc ống thép có 02 cánh xoắn trong nền san hô nghiên cứu

Trong đó:

- + h: Chiều sâu vị trí cặp cánh xoắn,  $h = 9,0\text{m}$ ;
- + S: Khoảng cách giữa 2 cánh xoắn;  $S = 2,4\text{m}$ ;

- + L: Chiều dài cọc ống thép trong nề,  $L = 11\text{m}$ ;
- + Lc: Chiều dài của cọc nghiên cứu,  $L_c = 12\text{m}$ ;
- + Chiều rộng mô hình nền:  $12,0\text{m}$ ;
- + Chiều sâu mô hình nền:  $36,0\text{m}$ .

Đặc trưng chống cắt của nền cát san hô gồm có góc ma sát trong và lực dính đơn vị biểu kiến [4], các tham số này khá cao so với nền trầm tích thông thường nên khi một phần nền bị dịch chuyển theo cánh sẽ bị ngăn cản bởi sức kháng ma sát của bản thân vật liệu nền, giá trị này lớn hơn đáng kể so với sức kháng ma sát giữa vật liệu cọc với nền cát san hô.

### 2.3. Điều kiện biên mô hình

Biên của mô hình được chọn ở phạm vi đủ xa kết cấu cọc sao cho tỷ số giữa ứng suất trên biên khối nền với ứng suất lớn nhất của nền trong vùng khảo sát có giá trị đủ nhỏ chấp nhận để tính toán [7]. Trong phạm vi nghiên cứu, tác giả tham khảo khuyến cáo lựa chọn kích thước khối nền theo các nghiên cứu đã công bố khi xét đến chiều dài cọc trong nền cát san hô (L) và đường kính của cọc (d). Chiều rộng khối nền  $B \geq 20 \cdot d$  và chiều cao khối nền phải đảm bảo  $H_n \geq L + 20 \cdot d$  [8].

### 2.4. Các tham số của cọc và nền nghiên cứu

Cọc ống thép nghiên cứu có ứng xử theo mô hình đàn hồi, phân tích tuyến tính. Tham số của cọc khảo sát được tác giả tổng hợp trên bảng 1 sau:

Bảng 1. Các tham số mô hình cọc khảo sát

Tham số	Cọc tròn trơn	Cọc có 02 cánh
Chiều dài cọc: $L_c$ (m)	12,0	12,0
Đường kính ngoài cọc: d (m)	0,60	0,60
Chiều dày thành cọc: $\delta_1$ (m)	0,016	0,016
Đường kính cánh xoắn: D (m)		1,2
Độ sâu vị trí cánh: h (m)		$h/L = 3/4$

Tham số mô hình nền theo mô hình đàn dẻo lý tưởng Mohr - Coulomb để mô hình hoá vật liệu nền cát san hô được tổng hợp trong bảng 2 sau:

Bảng 2. Các tham số mô hình nền nghiên cứu

$\Psi$ (độ)	$\varphi$ (độ)	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )	Rinter
9,5	46,4	29,8	20,4	30,8E+3	0,56

Theo số liệu bảng trên, nền cát san hô có tham số chống cắt bao gồm góc ma sát trong và lực dính đơn vị biểu kiến [4], [9].

### 2.5. Mô hình tương tác cọc và nền

Tham số tương tác giữa nền cát san hô với cọc ống thép có cánh xoắn là 2 vật liệu có sự làm việc khác nhau được mô phỏng thông qua phần tử tiếp xúc, đây là phần tử ảo có thể có chiều dày hoặc không có chiều dày. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phần mềm phân tích PLAXIS 3D để mô hình hoá tương tác của nền cát san hô đồng nhất với cọc ống thép có cánh xoắn, sử dụng phần tử tiếp xúc không

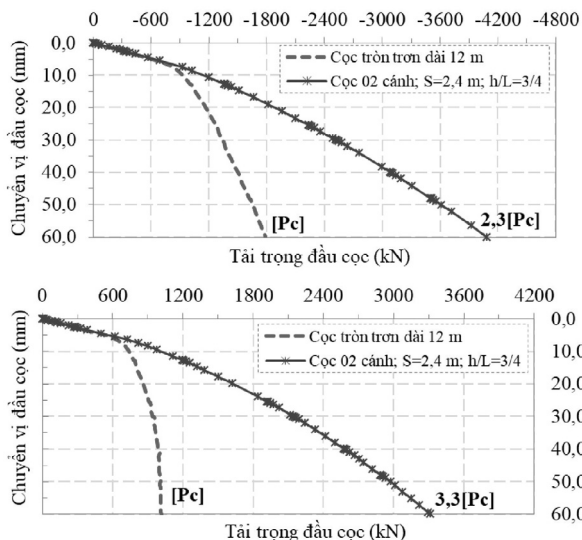
chiều dày thông qua hệ số suy giảm cường độ Rinter phản ánh sự khác nhau giữa mô hình vật liệu cọc bằng thép và vật liệu cát sạn san hô.

Khi cọc chịu tải trọng, trên bề mặt tương tác của cọc ống thép và nền có 2 thành phần độ cứng pháp tuyến và độ cứng tiếp tuyến. Trong trường hợp xảy ra hiện tượng tách giữa kết cấu và nền san hô thì không có sự truyền lực qua lại giữa cọc và nền, khi đó độ cứng pháp tuyến và tiếp tuyến bằng không. Khi mô hình số cọc ống thép theo phương pháp sử dụng phần tử vỏ, toàn bộ thành cọc, nắp cọc, mũi cọc và cánh xoắn đều được chọn dạng phần tử vỏ (Plate) trong PLAXIS 3D.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Xét cọc ống thép theo mô hình trên chịu tác động chuyển vị cưỡng bức đồng thời theo phương ngang và phương dọc trục. Xét chuyển vị ngang giới hạn theo phương ngang là 10mm [10], tác giả xác định được từ kết quả phân tích tải trọng giới hạn theo phương ngang [Pc] tương ứng.

Tổng hợp kết quả khảo sát tương quan giữa tải trọng đầu cọc và chuyển vị đầu cọc được thể hiện theo đồ thị hình 2 sau:



**Hình 2. Tương quan chuyển vị với tải trọng đầu cọc khi chịu tải ngang và dọc trục**

Từ đồ thị tương quan trên cho thấy, trong trường hợp cọc chịu đồng thời nén dọc trục và theo phương ngang thì khả năng chịu tải ứng với chuyển vị cực hạn của cọc ống thép có 02 cánh xoắn tăng 2,3 lần so với cọc tròn trơn có cùng mô hình tính toán. Ngoài ra, khi cọc chịu nhỏ và tải trọng phương ngang đồng thời cho thấy hiệu quả về sức chịu tải cực hạn của cọc ống thép tăng lên rất lớn đến 3,3 lần so với cọc tròn trơn có chiều dài, đường kính tương ứng.

### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả của giải pháp cọc ống thép có 2 cánh xoắn được khẳng định đối với cả 2 vấn đề đánh giá

Xét về khả năng chịu tải: Khi chịu nén dọc trục và ngang đồng thời, sức kháng ở chuyển vị cực hạn của cọc ống thép 2 cánh xoắn tăng gấp 2,3 lần so với cọc tròn trơn. Đặc biệt, khi chịu đồng thời tải trọng nhỏ dọc trục và ngang, hiệu quả này tăng lên tới 3,3 lần.

Xét về yếu tố chuyển vị: Ở cùng cấp tải trọng tác dụng, kết cấu cọc ống thép có 2 cánh xoắn giúp giảm chuyển vị cực hạn ở đầu cọc từ 2,8 đến 6,3 lần so với kết cấu cọc tròn trơn truyền thống tương ứng.

Kết quả này chứng minh cọc ống thép 2 cánh xoắn là giải pháp đặc biệt hiệu quả trong điều kiện nền cát san hô, nơi công trình thường xuyên phải chống chịu tải trọng dọc trục lẫn tải trọng ngang tức thời từ do sóng, gió hoặc dòng chảy.

Thành công của kết quả nghiên cứu trong bài báo không chỉ làm phong phú thêm cơ sở lý luận khoa học, mà còn mở ra định hướng ứng dụng rộng rãi giải pháp này vào thực tiễn xây dựng các công trình hạ tầng giao thông, cảng biển trên các đảo xa bờ của Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hữu Đầu (2014). Nghiên cứu công nghệ cọc hỗn hợp sử dụng trong gia cố và xây dựng công trình trên nền đất yếu. Báo cáo tổng hợp đề tài KHCN cấp Bộ (mã số 144009). Hà Nội.
- [2] Công ty TNHH Ống thép hàn xoắn Nippon Steel Việt Nam. <https://www.nipponsteel.com/vn/news>.
- [3] Bộ Khoa học và công nghệ (2015). Tiêu chuẩn TCVN 108340:2015 - Móng cọc ống thép dạng cọc đơn dùng cho công trình cầu - Yêu cầu thiết kế. Hà Nội.
- [4] Nguyễn Tường Lai (2019). Nghiên cứu ma sát giữa móng cọc với nền san hô và dự báo sự ổn định của công trình dưới tác động của sóng biển. Báo cáo tổng hợp đề tài KHCN cấp quốc gia (mã số ĐTĐL-CN.17/15). Hà Nội.
- [5] Wang X.Z. (2016). Shear characteristics of calcareous gravelly soil. Bulletin of Engineering Geology Environment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [6] Đặng Huy Tú (2003). Nghiên cứu sự lan truyền của sóng chấn động trong môi trường đất khi hạ cọc. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- [7] Nguyễn Thái Chung (2006). Nền san hô và sự làm việc của cọc trong nền san hô. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- [8] Kusumaningsih D.A., Vu A.T., Matsumoto M. (2016). Numerical study on behaviour of single piles in a coral sand. Proc. Soft Soils 2016 Conf., Bandung, pp.D1-1 to D1-6.
- [9] Portions 2019 Bentley Systems Incorporated (2019), Plaxis 3D Reference Manual Connect edition Version 20.1.0.98.
- [10] Vũ Công Ngự, Nguyễn Thái (2014). Móng cọc phân tích và thiết kế. NXB Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội.