

Một số vấn đề khi lựa chọn giải pháp nền móng cho các tua bin điện gió gần bờ tại Sóc Trăng

Some problems when choosing foundation solution for nearshore wind turbines in Soc Trang

Nguyễn Ngọc Thanh

Tóm tắt

Xu hướng sử dụng năng lượng xanh, năng lượng tái tạo trong đó có điện gió trên biển là tất yếu khi mà các nguồn năng lượng hóa thạch dần cạn kiệt. Nằm trong khu vực cận nhiệt đới gió mùa với bờ biển dài, Việt Nam nói chung và tỉnh Sóc Trăng nói riêng có tốc độ gió lớn, thuận lợi để phát triển năng lượng gió và hiện đang thu hút các nhà đầu tư với các dự án quy mô lớn, trước mắt là khu vực gần bờ. Bài báo này tập trung phân tích ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng của các giải pháp nền móng thường được lựa chọn cho các tua bin điện gió trên biển. Qua đó đề xuất sử dụng phương án hợp lý cho các tua bin điện gió gần bờ tại Sóc Trăng. Giới thiệu các khảo sát, phân tích việc bố trí cọc trong đài cho một công trình điện gió cụ thể nhờ hỗ trợ của mô hình trong Plaxis 3D.

Từ khóa: Móng công trình, Điện gió, Gần bờ, Mô hình hóa 3D, Đất yếu

Abstract

The trend of using green and renewable energy, including offshore wind power, is inevitable when fossil energy sources such as petroleum, gas, and coal are gradually exhausted. Located in the subtropical monsoon region with a long coastline, Vietnam in general, and Soc Trang province in particular, have high wind speeds, making them favorable for wind energy development and are currently attracting projects from investors focus primarily on the nearshore areas. This paper focuses on analyzing the advantages, disadvantages and application scope of foundation solutions commonly selected for offshore wind turbines. There by, a reasonable plan is proposed for nearshore wind turbines in Soc Trang. Introducing surveys and analysis of the pile arrangement in the station of an existing wind power project with the support of the model in Plaxis 3D.

Key words: Foundation, Wind tower, Nearshore, 3D Modelling, Soft soil

TS. Nguyễn Ngọc Thanh

Bộ môn Địa kỹ thuật và Công trình ngầm
Khoa Xây dựng, Đại học Kiến trúc Hà Nội
Email: thanhnn@hau.edu.vn; ĐT: 0943298808

Ngày nhận bài: 12/5/2023
Ngày sửa bài: 16/5/2023
Ngày duyệt đăng: 02/7/2024

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, nước ta đạt được tốc độ phát triển kinh tế khá cao và đang chuyển dịch từng bước hội nhập với kinh tế khu vực và thế giới. Để thực hiện nhiệm vụ công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước nhưng vẫn ưu tiên đảm bảo ứng phó chống biến đổi khí hậu, đáp ứng cho sự phát triển bền vững kinh tế xã hội, thì việc quy hoạch và phát triển các nguồn năng lượng và nhất là năng lượng tái tạo, trong đó có điện gió là hết sức quan trọng và cấp thiết. Điều này cũng phù hợp với thỏa thuận Paris về biến đổi khí hậu và thỏa thuận Net-zero tại Hội nghị Thượng đỉnh khí hậu COP26 do Liên hiệp quốc đề ra.

Trên thế giới, trong khoảng 20 năm qua, điện gió đã có sự phát triển vượt bậc không chỉ về thị phần mà còn về sự phát triển của công nghệ, không chỉ ở trên đất liền mà còn phát triển điện gió ở trên biển. Hiện nay, các trang trại điện gió trên biển chủ yếu phát triển ở các nước Tây Âu, Trung Quốc, Biển Đông và châu Mỹ. Tại khu vực Bắc Biển Đông, xung quanh eo biển Đài Loan là khu vực có nhiều dự án điện gió được triển khai nhất. Khu vực phía Nam Biển Đông, các dự án điện gió của Việt Nam cũng được phát triển mạnh với các trang trại điện gió gần bờ (với chiều sâu nước biển nhỏ hơn 10m) [1,2,4].

Nằm trong khu vực cận nhiệt đới gió mùa với bờ biển dài, Việt Nam có nhiều tiềm năng và điều kiện thuận lợi để phát triển năng lượng gió, đã và đang thu hút các nhà đầu tư với nhiều dự án quy mô lớn (Hình 1). Có thể kể đến một số dự án lớn đang được xúc tiến như dự án điện gió ngoài khơi La Gàn 3,5GW, dự án điện gió ngoài khơi Thăng Long Wind 3,4GW... Với lợi thế đường bờ biển lên tới 72km, tốc độ gió trung bình tại khu vực ven bờ của tỉnh Sóc Trăng khoảng 6,5-7,5 (m/s), đây là một con số rất hấp dẫn để các nhà đầu tư phát triển trang trại tua bin gió có công suất từ 4-8MW. Bên cạnh 1.435MW theo quy hoạch điện VII đã được phê duyệt, với những tiềm năng mà thiên nhiên ban tặng, tỉnh Sóc Trăng đã đề nghị tiếp tục bổ sung 6.358MW điện gió vào quy hoạch điện VIII giai đoạn tới [2].

Các trang trại điện gió trên biển thường có nhiều ưu điểm như được xây dựng trong các vùng nước nơi có tốc độ gió lớn nhằm tạo ra năng lượng nhiều hơn. Mặt khác, tốc độ gió các khu vực này không có giới hạn vật lý như đồi hoặc tòa nhà có thể chặn luồng gió, do đó tốc độ và hướng gió ngoài khơi khá ổn định, có thể cung cấp một nguồn năng lượng đáng tin cậy và hiệu quả hơn. Tua bin gió trên biển có thể được xây dựng lớn hơn và cao hơn nhiều so với các tua bin trên bờ, cho phép thu thập nhiều năng lượng hơn. Hơn thế nữa, trang trại gió trên biển ít gây ra ảnh hưởng về tiếng ồn, che cảnh quan, không chiếm diện tích trên đất liền như các trang trại điện gió trên bờ và có thể có lợi cho hệ sinh thái biển. Nhưng nhược điểm của loại này là kết cấu lớn và thi công lắp đặt phức tạp dẫn đến chi phí xây dựng các trang trại điện gió trên biển thường tốn kém hơn đáng kể so với các trang trại gió trên bờ (ước tính lớn hơn 20%), trong đó chi phí xây dựng kết cấu móng có giá cao hơn 2,5 lần so với một dự án có kích thước tương tự trên bờ. Không những thế các chi phí vận hành và bảo trì cũng cao hơn nhiều so với điện gió trên bờ. Tính cho đến thời điểm hiện tại trọng khai thác nguồn năng lượng gió tại Việt Nam còn khiêm tốn. Một phần lý do đến từ thách thức về công nghệ và kỹ thuật đối với kỹ sư ở Việt Nam còn tương đối mới lạ. Mặt khác, các tiêu chuẩn và tài liệu chỉ dẫn thiết kế, thi công đối với công trình điện gió trên biển hiện chưa cụ thể, các yêu cầu về công tác khảo sát địa chất thủy – hải văn khó khăn hơn rất nhiều so với trên bờ, tải trọng tác động và việc xây dựng mô hình tính toán cho phù hợp với sự làm việc thực tế cũng là một vấn đề lớn. Chính điều này đòi hỏi cần thiết phải nghiên cứu, đưa ra các giải pháp nền móng hợp lý cho các trụ điện gió ngoài biển nhằm tối ưu chi phí đầu tư, giúp góp phần hạ thấp giá bán điện.

2. Tổng quan về các giải pháp nền móng thông dụng cho tua bin gió trên biển

Để lựa chọn giải pháp nền móng hợp lý ta có thể phân tích lựa chọn dựa trên các giải pháp nền móng thông dụng cho các tua bin điện gió trên biển như sau [1,3,4,5]:

• Giải pháp móng cọc

Đây là phương án phổ biến và thường được các kỹ sư lựa chọn với chủ yếu là móng cọc dài cao (Hình 2). Các loại cọc thông dụng thường được lựa chọn là cọc ống thép, cọc bê tông cốt thép hoặc bê tông cốt thép dự ứng lực có thể chế tạo sẵn để đẩy nhanh tiến độ thi công. Đài cọc chủ yếu có các dạng hình tròn hoặc hình bát giác, các cọc được bố trí thành vòng tròn đảm bảo vấn đề cường độ, ổn định và biến dạng cho phép. Một số trường hợp đặc biệt có thể dùng giải pháp tua bin được đặt trên một kết cấu móng gồm nhiều chân, mỗi chân là một móng cọc để tối ưu khối lượng bê tông cốt thép và cọc. Giải pháp này thường áp dụng cho các công trình gần bờ (độ sâu mực nước biển dưới 10m). Giải pháp này có nhiều ưu điểm như tận dụng được nguồn vật liệu sẵn có, phù hợp với khả năng của các nhà thầu trong nước. Tuy nhiên lại có một số nhược điểm như: thời gian thi công có thể kéo dài do phải thi công số lượng cọc lớn trên biển, quá trình thi công có thể ảnh hưởng tới môi trường và sinh vật biển. Một số dự án đã áp dụng thành công giải pháp móng cọc dài cao như nhà máy Điện gió Sóc Trăng 7 gần bờ (29MW- mỗi tua bin 4,2MW): sử dụng móng bê tông cốt thép trên hệ 39 cọc PHC D800, chiều dài cọc khoảng 60m; nhà máy Điện gió Hòa Bình 1 gần bờ (50MW): sử dụng móng bê tông cốt thép với đường kính 22m trên hệ cọc PHC D800, cọc được ngâm sâu vào trong đất với chiều dài khoảng 52m.

• Giải pháp móng trọng lực

Móng trọng lực (hình 3) là kết cấu có chân đế làm bằng bê tông cốt thép hoặc bê tông dự ứng lực để đảm bảo sự ổn định, ở giữa thông thường là trụ thép để liên kết với tháp tua bin. Chiều rộng chân đế có thể được điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện thực tế của nền đất. Móng dựa trên nguyên lý trọng lực cân bằng, bên trong móng có thể được làm đầy bằng cát, sỏi và đá. Loại móng này thích hợp cho công trình xây dựng trên nền được cấu tạo từ các lớp đất đá có cường độ cao như đá, đất dính trạng thái cứng,... Phù hợp với các dự án nằm trong vùng ít chịu ảnh hưởng của những cơn bão lớn và độ sâu nhỏ hơn 30m nước. Ưu điểm nổi bật của giải pháp này là sử dụng vật liệu có chi phí thấp hơn như cát, đá và sỏi. Móng đã được đúc sẵn nên sẽ hạn chế được rủi ro về chất lượng bê tông và cốt thép trong quá trình thi công. Tuy nhiên nhược điểm là móng chiếm diện tích khá lớn có thể làm tăng sự ảnh hưởng của tua bin gió đến môi trường. Quá trình thi công, dọn dẹp đáy biển sẽ ảnh hưởng đến môi trường biển và cần phải dùng các máy móc thiết bị chuyên dụng để thi công.

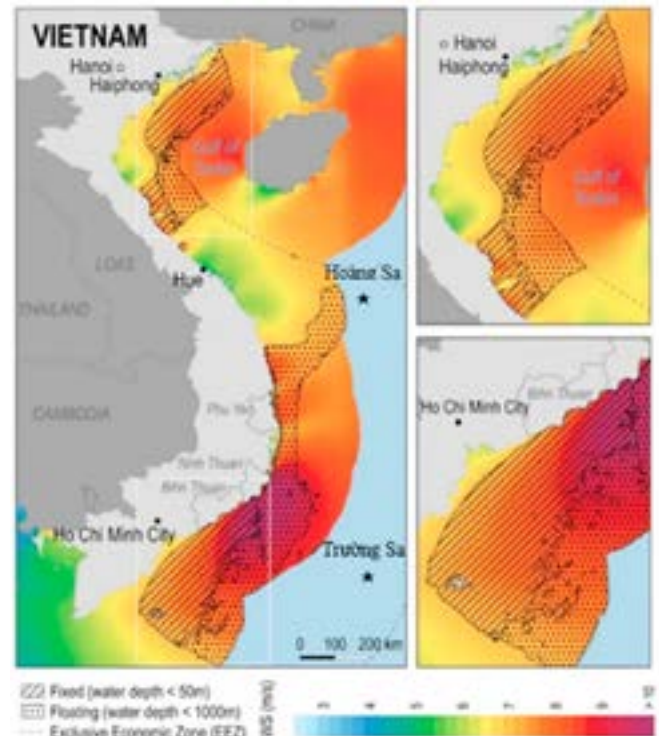
• Giải pháp móng monopile



Hình 2. Móng cọc dài cao



Hình 3. Móng trọng lực



Hình 1. Bản đồ tiềm năng gió ngoài khơi tại Việt Nam

Móng monopile (hình 4) là dạng móng có một cọc dạng ống thép vừa làm trụ đỡ phần dưới vừa làm móng cọc cho công trình. Độ cứng của ống thép và chiều dài của cọc phải được thiết kế đủ để tiếp nhận, ổn định kết cấu các tải trọng tác động vào công trình, nhất là các tải trọng ngang. Hiện nay, trên thế giới đã sản xuất ra các tua bin gió cỡ lớn đến 15MW, đường kính roto lên đến 240m dẫn tới việc thiết kế cọc ống thép monopile với đường kính đáy từ 8 – 11m, chiều dài tới 120m, bề dày thành ống đến 150mm và đặt ở độ sâu lên đến 65m. Khối lượng của các cọc ống thép đó có thể lên tới 2400 tấn. Tuy nhiên loại phổ biến thường sử dụng có đường kính khoảng trên dưới 6m và độ dày cũng lên đến 150mm. Khi chiều sâu nước tăng lên việc kết cấu monopile sẽ đòi hỏi đường kính và độ dày trụ lớn, dẫn tới chi phí sẽ tăng lên. Đây là giải pháp được lựa chọn phổ biến nhất trên thế giới ở độ sâu nhỏ hơn 40m nước (chiếm tới gần 75% tổng thị trường). Tại Việt Nam, giải pháp này còn vẫn còn tương đối mới, cho đến thời điểm hiện tại chỉ có duy nhất một dự án điện gió ngoài khơi ở độ sâu khoảng 6m sử dụng loại móng này (Nhà máy điện gió V1-2 (40MW) tại tỉnh Trà Vinh sử dụng móng monopile đường kính 5,5m). Loại móng này có ưu điểm là thi công nhanh, qua đó giúp đẩy nhanh tiến độ. Nhược điểm chính của giải pháp này là giá thành cao, cần có trang thiết bị siêu trường siêu trọng, nhân lực công nghệ

cao, thiết kế và thi công tương đối phức tạp, phải nhập khẩu cũng như thuê máy móc toàn bộ là ở nước ngoài. Bên cạnh đó, cũng có một hạn chế nữa là yêu cầu tàu vận chuyển lớn nên khó có thể vào được những vùng nước cạn.

• Giải pháp móng Tripod

Cấu tạo gồm có phần ống trục chính, với phần thân ống trên được nối với 3 chân và phần



Hình 4. Trang trại điện gió sử dụng móng cọc monopile



Hình 5. Móng Tripod



Hình 6. Móng Jacket



Hình 7. Móng phao nổi

thân dưới của ống trục chính nối với 3 ống giằng (hình 5). Cả 3 chân và 3 ống giằng được nối với ống nối cọc. Tùy vào công suất tua bin cũng như chiều sâu vùng biển đặt trụ điện gió, các kết cấu của móng ba chân sẽ có yêu cầu về chiều dày khác nhau, cũng như yêu cầu khác nhau về mức vật liệu. Phần lớn khu vực điện gió ngoài khơi ở Châu Âu sử dụng các loại vật liệu thép, thông dụng là nhóm S235, S275 và S355. Phần lớn các kết cấu thép sử dụng trong điện gió và kết cấu móng ba chân đều có chiều dày lớn, dao động từ 40-150mm. Giải pháp này rất thích hợp cho những vị trí có đất dính trạng thái cứng hoặc cát chặt vừa đến chặt, cũng có thể được sử dụng ở những loại đất mềm hơn. Đây là giải pháp hay được áp dụng cho các tua bin điện gió đặt ở vị trí có độ sâu dưới 50m so với mực nước biển. Ưu điểm chính là đáy biển không cần chuẩn bị trước khi lắp đặt, thi công lắp đặt nhanh. Nhược điểm là tiềm ẩn rủi ro liên quan đến chế tạo, lắp đặt và vận chuyển. Chi phí xây dựng và bảo trì chân đế có thể cao hơn so với các loại chân đế khác.

• Giải pháp móng Jacket

Kết cấu của loại móng này có nét tương đồng với các kết cấu giàn khoan ngoài khơi nhưng được tối ưu hóa cho phù hợp với các công trình điện gió ngoài khơi. Kết cấu gồm ba hoặc bốn chân, liên kết với hệ giằng làm bằng thép ống và được neo vào đất thông qua các cọc (hình 6). Chiều rộng đế và chiều sâu xuyên cọc có thể được điều chỉnh để phù hợp với điều kiện môi trường và thực tế. Thường áp dụng

cho các tua bin điện gió đặt ở vị trí có độ sâu dưới 60m so với mực nước biển. Ưu điểm chính của giải pháp này là có thể được lắp đặt bằng cách sử dụng cọc ngầm trong đất loại sét cứng hoặc cát có độ chặt trung bình đến chặt. Là sự lựa chọn kinh tế bằng cách sử dụng các phương pháp sản xuất lắp ráp đơn giản; có thể di chuyển bằng xà lan; lết cấu thép có thể tái sử dụng vào các mục đích khác. Nhược điểm chính liên quan đến chất lượng mối nối, rủi ro liên quan đến chế tạo, lắp đặt và vận chuyển. Chi phí xây dựng và bảo trì chân đế có thể cao hơn so với các loại chân đế khác.

• Móng phao nổi

Công nghệ phao nổi (hình 7) đã được sử dụng thành công ở những nước như Scotland và Bồ Đào Nha, nhiều dự án ở châu

Âu cũng đang được quan tâm và phát triển. Loại móng này có cấu tạo như một chiếc phao và được neo lại bằng dây cáp nối với các cọc đã được thi công sẵn ở dưới đáy biển. Thường áp dụng cho các tua bin điện gió đặt ở vị trí có độ sâu dưới 200m so với mực nước biển. Ưu điểm chính của giải pháp này là tận dụng tài nguyên gió ngoài khơi ở vùng nước sâu nằm ở nơi mà các loại móng truyền thống không thể tiếp cận. Tua bin và đế có thể được lắp ráp tại cảng, sau đó được kéo đến địa điểm để lắp đặt. Công tác bảo dưỡng có thể được thực hiện tại cảng, hoặc nếu cần thiết có thể kéo tua bin trở lại cảng. Trong khi đó nhược điểm của giải pháp này là hệ thống cáp để cố định các móng vào vị trí yêu cầu phải kiểm tra và bảo trì liên tục. Neo và dây cáp có thể ảnh hưởng đến môi trường biển, gây cản trở cho các loài cá lớn.

3. Cơ sở lý thuyết lựa chọn móng cọc cho các tua bin điện gió gần bờ tạo tỉnh Sóc Trăng

Để đánh giá sự phù hợp của một giải pháp nền móng với dự án phụ thuộc vào nhiều yếu tố [1,5,8], tuy nhiên cần phải đáp ứng các tiêu chí cơ bản như sau:

- Phù hợp điều kiện địa tầng, cấu tạo địa chất và thủy hải văn, sóng, bão khu vực xây dựng;

- Giải pháp kết cấu an toàn, ổn định cao: Với các công trình phải chịu tải trọng ngang, mô-men uốn và xoắn lớn

Bảng 1: Bảng tổng hợp chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất

Lớp đất	Chiều dày (m)	Trọng lượng riêng của đất γ_w (kN/m ³)	Trọng lượng riêng của hạt đất γ_k (kN/m ³)	Mô đun đàn hồi E (kN/m ²)	Lực dính c (kN/m ²)	Góc ma sát trong φ (°)	ψ (°)
Lớp 1	9,00	15,80	26,95	1881	17,57	9,50	0
Lớp 2	1,80	18,84	26,56	2100	2,00	10,00	0
Lớp 3	8,20	19,13	27,14	7584	75,90	16,00	0
Lớp 4	9,90	18,74	26,62	13000	18,20	37,00	7
Lớp 5	21,1	18,61	27,01	7423	49,32	25,00	0
Lớp 6a	2,90	19,75	26,70	15000	29,25	28,50	0
Lớp 6b	3,90	22,00	26,93	94000	30,00	40,00	10
Lớp 7	4,90	19,08	27,09	13000	62,97	26,50	0
Lớp 9	17,30	18,97	27,12	11620	47,51	25,00	0

cần phải sử dụng giải pháp móng có độ cứng theo phương ngang lớn, có khả năng chống lật tốt đảm bảo tính khả thi, tận dụng năng lực máy móc, thiết bị và con người, phù hợp năng lực của nhà thầu thiết kế và thi công xây dựng.

- Thời gian thi công nhanh: thời gian thi công móng là yếu tố quyết định đến tiến độ dự án do thiết bị và tháp gió được chế tạo sẵn;

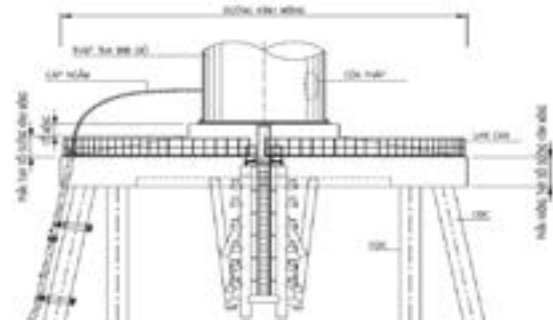
- Bảo trì và bảo dưỡng trong quá trình vận hành dễ dàng, chi phí thấp;

- Chi phí đầu tư thấp: đây là yếu tố mà chủ đầu tư rất quan tâm đến. Việc đưa ra giải pháp nền móng vừa tiết kiệm chi phí vừa đảm bảo các yêu cầu về chịu lực và ổn định trong quá trình vận hành là rất quan trọng. Vì phần thiết bị, công nghệ đã chế tạo sẵn nên chỉ còn lại là tối ưu phần móng;

- Ít ảnh hưởng đến môi trường: quá trình thi công có thể gây ảnh hưởng đến môi trường và hệ sinh thái biển. Vì vậy, khi thiết kế cần phải có giải pháp phù hợp để hạn chế ảnh hưởng tới môi trường xung quanh.

a) Lựa chọn giải pháp nền móng cho tua bin điện gió gần bờ tại tỉnh Sóc Trăng

Căn cứ vào điều kiện địa chất ở tỉnh Sóc Trăng nói chung, các lớp đất phía trên trong khoảng 15 tới 30m chủ yếu các lớp đất yếu (có sức kháng xuyên tiêu chuẩn NSPT < 50), các giải pháp nền móng ngoài khơi như móng trọng lực là không

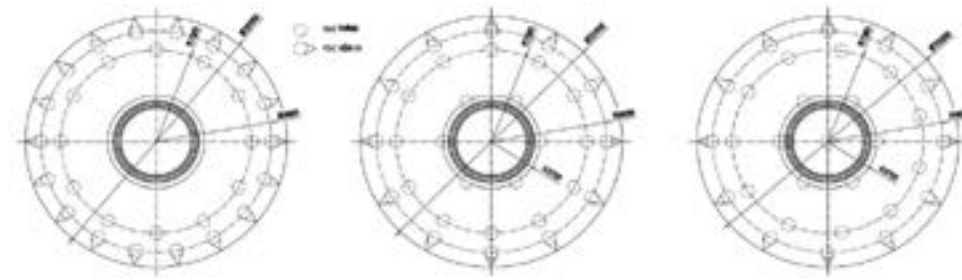


Hình 8. Cấu tạo móng tua bin gió

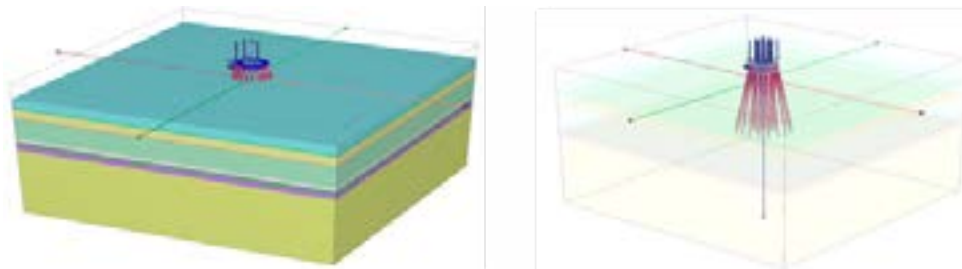
phù hợp. Để áp dụng loại móng này cần phải gia cố đáy biển, đây là việc rất khó khăn và gây tốn kém. Các dự án điện gió gần bờ thường có độ sâu nhỏ hơn 10m nước, đồng thời chế độ bán nhật triều tại khu vực ảnh hưởng đến sự ổn định của kết cấu như phao nổi nên đối với giải pháp móng phao nổi là không phù hợp. Loại móng này chỉ sử dụng cho các dự án điện gió xa bờ, ở các vị trí có độ sâu trên 60m, đây là những nơi có đủ áp lực đáy nổi để giữ thăng bằng cho kết cấu phao nổi và ảnh hưởng bởi chế độ thủy triều là không đáng kể đến sự ổn định của kết cấu.

Giải pháp móng cọc monopile đáp ứng được về mặt kết cấu, tuy nhiên qua tính toán sơ bộ thì cần phải sử dụng loại cọc có đường kính khoảng 5-7m, dày 150mm và chiều sâu mũi cọc là 63m so với cao độ đáy biển. Do độ mảnh của loại móng này lớn cộng thêm điều kiện địa chất 15-30m là các lớp đất yếu. Vì vậy cần phải tăng đường kính móng và chiều dày để đáp ứng yêu cầu về chuyển vị, dẫn đến việc cần nhiều chi phí hơn cho loại kết cấu này. Hiện tại, ở Việt Nam chưa có nhà thầu thi công nào có đủ năng lực và máy móc để thi công. Đồng thời tại Việt Nam chưa có nhà máy để sản xuất ra loại cọc này nên điều này cũng sẽ làm phát sinh chi phí để nhập khẩu thiết bị và thuê các đơn vị nước ngoài. Do đó, giải pháp móng cọc monopile là chưa phù hợp với điều kiện trong nước ở thời điểm hiện tại nên sẽ không được xem xét.

Với giải pháp nền móng như Tripod và Jacket: Đây là hai giải pháp kết cấu tương đối phù hợp cho tua bin điện gió tại các khu vực có điều kiện địa chất yếu, do có độ cứng tổng thể lớn, ổn định về mặt kết cấu. Tuy nhiên, do chúng thường được chế tạo sẵn một khối nên có khối lượng cực lớn, các tàu vận chuyển và thi công loại kết



Hình 9. Bố trí 2 vòng, 3 vòng và 4 vòng cọc (từ trái sang)



Hình 10. Mô hình phân tích bằng phần mềm Plaxis 3D CE

Bảng 2. Bảng thông số hình học

STT	Đài cọc			Cọc			
	Đường kính móng	Đường kính cổ móng	Chiều cao móng	Đường kính cọc	Độ sâu mũi cọc	Số vòng cọc	Số lượng cọc
	m	m	m	m	m	vòng	cái
1	20	7,4	4	1	-50	2	30
2	20	7,4	4	1	-50	3	30
3	20	7,4	4	1	-50	4	30
4	20	7,4	4	1,2	-50	2	30
5	20	7,4	4	1,2	-50	3	30
6	20	7,4	4	1,2	-50	4	30

cầu này không thể tiếp cận vào khu vực gần bờ. Trên thế giới thường áp dụng giải pháp này cho các tua bin gió ở xa bờ, những nơi có độ sâu trên 30m nước. Vì vậy, hai giải pháp này cũng sẽ không phù hợp ở địa điểm này.

Đối với giải pháp móng cọc dài cao: giải pháp này có độ cứng tổng thể lớn, rất phù hợp với các địa điểm gần bờ có điều kiện địa chất yếu như tỉnh Sóc Trăng. Đồng thời việc thi công loại móng này sử dụng các vật liệu của địa phương và nhiều các nhà thầu thi công trong nước có đủ năng lực để triển khai. Cho đến thời điểm hiện tại thì hầu hết các dự án điện gió gần bờ tại Việt Nam sử dụng loại móng này.

Khảo sát công trình tại thị xã Vĩnh Châu, thuộc ở phía Đông Nam của tỉnh Sóc Trăng, cách thành phố Sóc Trăng 38km. Vị trí nghiên cứu nằm ở tọa độ X = 1016749,472, Y = 542361,55 (hệ tọa độ VN2000); kinh tuyến trực 105o30', múi chiều 3o. Địa tầng khu vực xây dựng gồm 9 lớp đất, phân bố theo thứ tự từ trên xuống dưới như sau [2]:

- Lớp 1 (0,00-9,00m): Sét béo, màu xám xanh, xám đen, trạng thái chảy;
- Lớp 2: (9,00-10,80m): Cát bụi, cát sét, màu xám trắng;
- Lớp 3: (10,80-19,00m): Sét béo/ sét gầy, màu xám trắng, nâu vàng, nâu hồng, trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng;
- Lớp 4 (19,00-19,90m): Cát bụi/ cát sét, màu nâu vàng, kết cấu chặt vừa;
- Lớp 5 (19,90-41,00m): Sét béo/ sét gầy lẫn cát, màu xám xanh, xám đen, trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng;
- Lớp 6a (41,00-43,90m): Cát sét, màu xám xanh, kết cấu chặt vừa đến chặt;
- Lớp 6b: (43,90-47,80m): Cát bụi, cát sét, lẫn kết vón cứng kích thước 1-3cm, màu xám xanh, kết cấu rất chặt;
- Lớp 7 (47,80-52,70m): Sét gầy, màu xám nâu, trạng thái nửa cứng đến cứng;
- Lớp 9 (52,70-70,00m): Sét béo/ sét gầy, màu xám xanh, xám đen, trạng thái dẻo cứng đến nửa cứng.

Từ các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất ở Bảng 1 ta chọn độ sâu mũi cọc là - 50m, ngàm sâu vào lớp đất tốt số 7 có sức kháng xuyên tiêu chuẩn trung bình là NSPT = 50. Mô hình nền đất được lựa chọn là mô hình Mohr-Coulomb, với các thông số cơ bản nêu trong bảng 1.

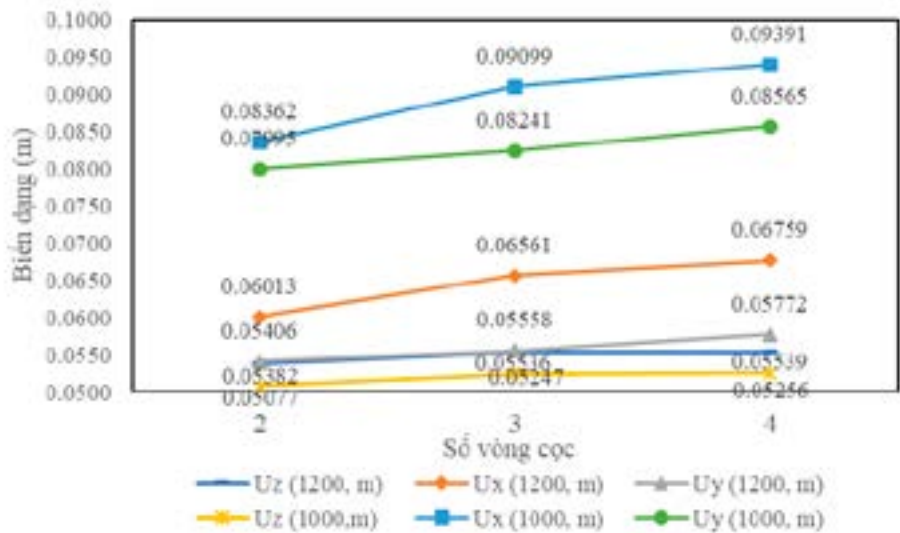
b) Lựa chọn sơ bộ tiết diện đài và cọc

Tải trọng từ tua bin gió truyền xuống móng đây được xem là tải trọng không thường xuyên chính, bảo

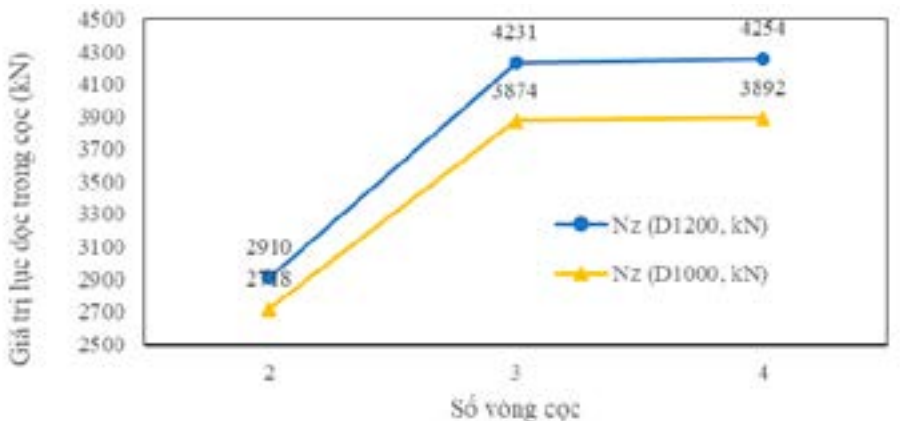
gồm trọng lượng phần kết cấu bên trên móng và tải trọng gió truyền xuống đỉnh móng do nhà sản xuất tua bin cung cấp với lực cắt: $N = 1345\text{kN}$, lực dọc 7178kN , mô-men xoắn 14013kNm , mômen uốn 139320kNm .

Hoạt tải sử dụng bên trên mặt móng là trường hợp móng không sử dụng (?) có giá trị là $13,5\text{kN/m}^2$, tải trọng như bậc gạch và lan can lấy bằng 4kN/m^2 . Tải trọng gió: áp lực gió tiêu chuẩn là $W_o = 0,83\text{kN/m}^2$ tương ứng $Q_x = 21,5\text{kN}$. Tải trọng va tàu: $Q_x = 34,56\text{kN}$. Tải trọng sóng, dòng chảy và hà biển bám $N_z = 6,25\text{kN}$ và $Q_x = 20,4\text{kN}$.

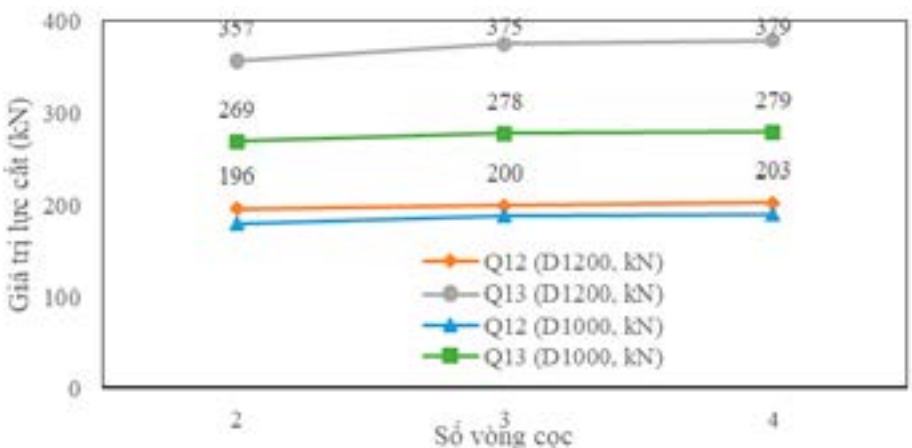
Tải trọng tác động lên đỉnh móng tua bin gió đối xứng



Hình 11. Quan hệ giữa số vòng cọc và chuyển vị



Hình 12. Quan hệ giữa số vòng cọc và lực dọc trong cọc



Hình 13. Quan hệ giữa số vòng cọc và lực cắt trong cọc

qua các phương nền móng thường có tiết diện hình chữ nhật hoặc hình tròn hoặc hình bát giác vát dần về phía đỉnh móng để tối ưu hóa về tiết diện, móng thường có đường kính từ 18 - 25m cho tua bin khoảng 4MW. Thông thường, chiều dài phần không thay đổi đường kính móng là 1,5 - 2m. Chiều dài phần thay đổi đường kính móng là 1,2 - 2m, phần này được ràng buộc bởi đường kính móng (đường kính phần không thay đổi) và đường kính cổ móng; chiều dài phần cổ móng là 0,5 - 0,8m; đường kính cổ móng mở rộng ra từ chân cột tua bin gió từ 0,5 - 0,7m. Chiều dài dài có thể được xác định dựa trên điều kiện kiểm tra chọc thủng.

Công trình chịu tải ngang và mô-men rất lớn nên cọc sẽ được bố trí 2 - 4 vòng về phía mép đài. Vòng ngoài cùng thường bố trí cọc xiên để chịu tải ngang tốt hơn và tăng độ cứng tổng thể của hệ móng. Số lượng cọc được xác định sơ bộ qua mối liên hệ giữa sức chịu tải của cọc và lực truyền xuống đỉnh cọc thông qua móng. Việc tính toán bố trí cọc tương tự như móng cọc đài cao, thông thường với số lượng cọc được tính toán sơ bộ thông qua biểu thức số 1.

$$n \geq \frac{\gamma P}{R} \quad (1)$$

Với: n là số lượng cọc; γ là hệ số an toàn; P là tổng lực dọc tác dụng xuống đỉnh cọc; R là sức chịu tải của cọc.

Thiết kế thường lựa chọn cọc chế tạo sẵn, thông dụng là cọc ống thép hoặc cọc BTCT dự ứng lực (PHC) đường kính là D800 – D1200mm. Vòng ngoài thường bố trí cọc xiên 1:6 tới 1:9;

c) Nguyên tắc lựa chọn cao độ đáy đài cọc

Việc tính toán lựa chọn cao độ đáy đài cọc thông thường cao hơn mực nước dâng do sóng gây ra, có thể tham khảo tiêu chuẩn DNVGL-ST-0126-2018: "Support Structure for Wind Turbine" [6]:

$$H_{tk} \geq HSWL_{50} + HSSL_{50} + C_{max,50} + A + T + G \quad (2)$$

$$H_{tk} \geq 2,36 + 0,9 + 3,6 + 1 + 0,1 + 0,3 \approx 8,3m$$

Trong đó:

$HSWL_{50}$: mực nước tĩnh cao nhất trong vòng 50 năm là 2,36m;

$HSSL_{50}$: mực nước dâng do bão trong vòng 50 năm lấy bằng 0,9m;

$C_{max,50}$: chiều cao sóng cao nhất trong vòng 50 năm là 3,6m;

A: khoảng an toàn, $\max(0,2.H_s, 50; 1m)$ là 1m;

$H_{s,50}$: chiều cao sóng đáng kể trong vòng 50 năm là $0,2.3,6/3 = 0,33m$;

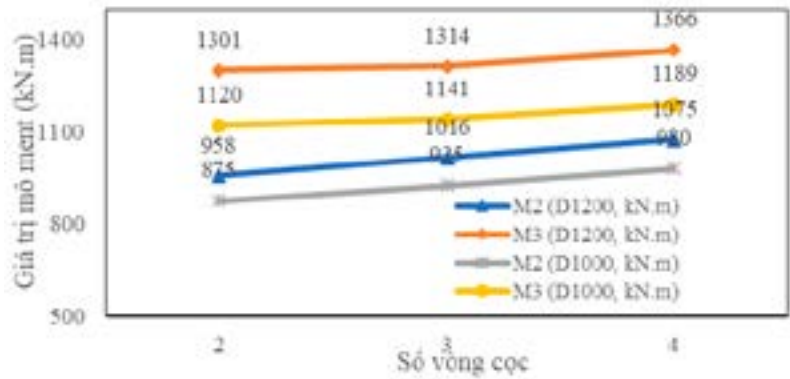
T: dung sai khi thi công và lắp đặt lấy bằng 0,1m;

G: chiều cao mực nước dâng toàn cầu do biến đổi khí hậu lấy bằng 0,3m.

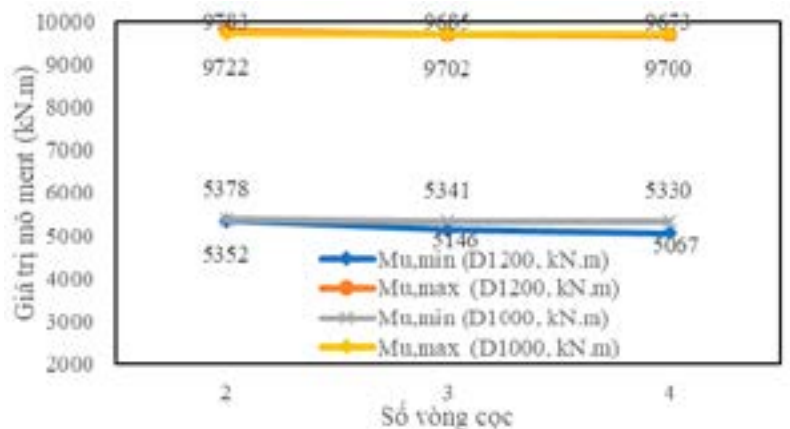
Độ sâu mực nước biển tại vị trí nghiên cứu theo Hải đồ là 6,7m. Vậy cao trình đáy móng là 15m.

d) Yêu cầu về biến dạng cho phép của kết cấu

Hiện nay, chưa có quy định vào cụ thể đối với yêu cầu



Hình 14. Quan hệ giữa số vòng cọc và mô men



Hình 15. Quan hệ giữa số vòng cọc và mô men trong đài

về chuyển vị và góc xoay tại đỉnh móng. Tuy nhiên, theo yêu cầu của một số nhà sản xuất thì độ lệch của mặt bích kết nối móng tua bin gió với trụ tua bin là 3mm/m và độ lún cổ kết cho phép là 25cm. Chuyển vị ngang cho phép có thể tham khảo tiêu chuẩn về công trình cảng biển TCVN 11820:2021, cho phép chuyển vị tại mặt bên không quá 10cm và $H/300$ (với H là chiều cao bến).

4. Khảo sát tính toán móng tua bin điện gió bằng mô hình 3D

Hiện nay các phần mềm chuyên dụng cho công trình biển như Sacs, Sesam được sử dụng nhiều ở các nước trên thế giới. Ngoài ra, các phần mềm phổ biến với các kỹ sư Việt Nam như Sap2000, Midas cũng có thể xử lý các bài toán này, tuy nhiên sẽ phải tính toán các thông số đầu vào một cách thủ công nhiều hơn nhưng lại giúp người dùng có thể kiểm soát số liệu đầu vào tốt hơn. Các phần mềm trên đều có những ưu điểm và hạn chế khác nhau, tùy vào mục đích sử dụng của người dùng. Trong nội dung bài viết này tác giả sử dụng phần mềm Plaxis 3D CE để mô phỏng ứng xử của kết cấu móng và hệ cọc để làm móng cho tua bin điện gió trên biển [7]. Đây là phần mềm 3D sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng, phân tích ổn định và biến dạng của kết cấu đất, đá trong lĩnh vực địa kỹ thuật công trình với nhiều tùy chọn mô hình đất nền phi tuyến (Hình 10). Để nghiên cứu ảnh hưởng của việc bố trí cọc và đường kính cọc, thực hiện khảo sát 6 trường hợp với các cách bố trí số vòng cọc và đường kính cọc khác nhau, riêng vòng cọc ngoài cùng được thiết kế với độ nghiêng là 9 độ, các thông số hình học được tổng hợp Bảng 2 và Hình 9.

Hình 11 chỉ ra việc tăng số vòng cọc có xu hướng làm

(Xem tiếp trang 24)

4. Kết luận

Kết cấu thép có hệ số tiết diện cao phản ứng nhanh hơn với tải trọng nhiệt và lửa nên có giới hạn chống cháy thấp hơn. Kết cấu thép có hệ số tiết diện thấp thì khối lượng lớn hơn và có quán tính lớn hơn để làm nóng toàn bộ kết cấu, do đó chúng có giới hạn chịu lửa cao hơn.

Phương pháp tính toán đơn giản theo điều kiện chịu lực xét đến sự suy giảm của mô đun đàn hồi cho phép xác định sự mất ổn định của kết cấu trong điều kiện cháy nên thiên về an toàn hơn so với tính toán theo nhiệt độ tới hạn.

Bài báo đã giới thiệu phương pháp và trình tự tính toán dầm thép chữ I không có lớp bảo vệ chống cháy sử dụng phương pháp đơn giản hóa theo điều kiện chịu lực theo Tiêu chuẩn châu Âu EN 1993 -1 -2 cùng với ví dụ minh họa. Hiện tại Việt Nam, chưa có tiêu chuẩn, hướng dẫn quy định đầy đủ cho kết cấu thép, do vậy việc nghiên cứu, giới thiệu quy trình tính toán cấu kiện thép chịu lửa theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1993 -1-2 là cần thiết và có ý nghĩa thực tế, bổ sung nguồn tài liệu tham khảo trong công tác thiết kế đảm bảo an toàn cho các công trình thép./.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Lưu Văn Trường, *Kết cấu thép – Cấu kiện cơ bản*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
2. EN 1993 -1- 2: Eurocode 3 Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design
3. EN 1991-1-2: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire.
4. EN 1990: Eurocode - Basis of structural design
5. EN 1993-1-1: Eurocode 3: Design of Steel Structures Part 1-1:

General rules and rules for buildings

6. Andersson, Lucas. "Shadow effects in open cross-sections : An analysis of steel temperatures with COMSOL Multiphysics, TASEF and Eurocode." Thesis, Luleå tekniska universitet, Bygghälsan och brand, 2018.
7. QCVN 06:2022/BXD: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình
8. EN 13381-4: Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members - Part 4: Applied passive protection to steel members

Một số vấn đề khi lựa chọn giải pháp nền móng...

(tiếp theo trang 14)

tăng các giá trị biến dạng, việc tăng từ 2 vòng lên 3 vòng cọc làm tăng khoảng 9% và tăng từ 3 vòng lên 4 vòng cọc làm tăng khoảng 0,3%. Việc tăng đường kính cọc làm giảm đáng kể các giá trị biến dạng (giảm gần 40%).

Đối với lực dọc ở thân cọc (Hình 12): Việc thay đổi từ 2 vòng lên 3 vòng làm tăng đáng kể lực nén lớn nhất ở cọc (khoảng 45%); việc tăng từ 3 vòng cọc lên 4 vòng cọc lại tăng không đáng kể lực nén lớn nhất (khoảng 0,5%). Ngoài ra, việc tăng đường kính cọc từ PHC D1000 lên PHC D1200 tương ứng với số vòng cọc sẽ làm tăng lực dọc ở thân cọc (khoảng 7%).

Hình 13 chỉ ra đối với lực cắt (Q12 và Q13) trong thân cọc cũng có xu hướng tăng khi tăng số vòng cọc tuy nhiên không đáng kể (khoảng 2%). Hình 14 thể hiện mô-men (M2 và M3) lớn nhất trong cọc, việc tăng số vòng cọc sẽ làm tăng các giá trị này lên khoảng 9% và tăng đường kính cọc thì sẽ giúp giảm lực cắt trong thân cọc.

Kết quả phân tích mô-men trong đài của 2 phương án sử dụng cọc PHC D1000 và sử dụng cọc D1200 (Hình 15) cho thấy việc tăng số vòng cọc có xu hướng làm giảm không đáng kể các giá trị nội lực trong móng (khoảng 0,08% - 0,4%);

Như vậy, các phương án trên đều thỏa mãn chuyển vị và biến dạng cho phép. Tuy nhiên, phương án bố trí 2 vòng cọc cho kết quả lực dọc trong cọc nhỏ hơn 45% so với các phương án bố trí 3 vòng và 4 vòng. Cho thấy, bố trí 2 vòng cọc sẽ phân phối lực lên các cọc đồng đều hơn so với 2

phương án còn lại. Mặc dù phương án bố trí 2 vòng cọc cho độ nghiêng tại mặt bích lớn hơn so với phương án bố trí 3 vòng và 4 vòng nhưng xét về giá trị thì con số này là không đáng kể.

5. Kết luận

Bài viết đã nêu được tổng quan về các giải pháp nền móng, phân tích các ưu nhược điểm và phạm vi áp dụng các giải pháp nền móng cho tua bin điện gió gần bờ. Với điều kiện địa chất và đặc thù của các nhà thầu trong nước thì dạng kết cấu móng được xem là khả thi cho vùng biển gần bờ của tỉnh Sóc Trăng nói riêng, cũng như ở Việt Nam nói chung là giải pháp móng cọc đài cao, móng monopile và móng Jacket. Xem xét tổng hợp mọi khía cạnh thì ở thời điểm hiện tại, móng cọc đài cao là giải pháp móng phù hợp nhất cho tua bin điện gió gần bờ tại tỉnh Sóc Trăng.

Qua khảo sát mô hình bằng phần mềm Plaxis 3D CE cho thấy: đây phần mềm này có ưu điểm là thao tác chỉnh sửa nhanh, mô phỏng tốt sự làm việc giữa cọc - đất nền tùy biến theo các mô đun khác nhau, mô phỏng ứng xử của đất nền một cách trực quan khi kết cấu móng cọc dưới tác dụng của tải trọng và cho kết quả đáng tin cậy. Do đó, hoàn toàn có thể sử dụng phần mềm này trong phân tích thiết kế bài toán móng cọc đài cao cho các tua bin điện gió trên biển.

Việc bố trí cọc trong đài là hết sức quan trọng, đề xuất nên bố trí cọc thành 2 đến 3 vòng về phía biên của đài, với vòng cọc phía ngoài biên nên bố trí cọc xiên./.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Anh Dân (2022), *Thiết kế công trình điện gió biển*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
2. Viện Năng lượng (2020), *Báo cáo khí tượng thủy văn Dự án nhà máy điện gió Sóc Trăng 1A & 1B*, Hà Nội.
3. TCVN 10304:2014 (2014), *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*. Bộ khoa học công nghệ công bố

4. IEC 61400-1:2019 (2019), *Wind Turbine Generator Systems - Part 1: Design requirements*.
5. IEC 61400-3-1:2019 (2019), *Wind energy generation systems - Part 3-1: Design requirements for fixed offshore wind turbines*.
6. DNVGL-ST-0126 (2021), *Support structures for wind turbines*, DNV.
7. Plaxis 3D Conect Edition V22 Manual.
8. DNV/Risø, *Guidelines for Design of Wind Turbines*.