CÔNG NGHỆ THI CÔNG CỌC KHOAN NHỒI ĐƯỜNG KÍNH LỚN – HÀNH TRÌNH LÀM CHỦ CÔNG NGHỆ THI CÔNG

Tác giả: KS. ***Nguyễn Văn Thanh*** *- Công ty CPXD Hạ Tầng Bắc Trung Nam*
Email: pminhnhat95@gmail.com | Điện thoại: 0867.922.195

TÓM TẮT: Ngày nay, các công trình sử dụng cọc khoan nhồi dần trở nên phổ biến và được áp dụng rộng rãi trong các dự án dân dụng cũng như hạ tầng giao thông. Tuy nhiên với cọc khoan nhồi đường kính lớn (D≥2500mm) vẫn là thử thách đối với các kỹ sư cầu đường Việt Nam khi thi công xây dựng các công trình giao thông trọng điểm. Được áp dụng khá phổ biến với các dự án cầu dây văng vượt nhịp lớn qua sông rộng địa chất phức tạp tại vùng đồng bằng sông Cửu Long, cọc khoan nhồi đường kính lớn hiện là giải pháp móng sâu tối ưu nhất nhưng việc thi công loại cọc này tiềm ẩn nhiều rủi ro kỹ thuật như sạt lở vách hố khoan, lắng đọng sình nền mũi cọc hay khuyết tật bê tông thân cọc dưới nước. Trong bài viết này sẽ phân tích quy trình công nghệ, nhận diện thách thức cốt lõi và giải pháp kiểm soát chất lượng từ thực tiễn thi công cọc đường kính lớn 2500mm tại các siêu dự án giao thông trọng điểm.

1. Đặt vấn đề

Với nhu cầu phát triển kinh tế, tăng cường kết nối vùng cùng xu hướng hiện đại hóa hạ tầng giao thông Việt Nam đòi hỏi việc xây dựng các cầu dây văng, cầu dầm hộp liên tục có nhịp lớn ngày càng cấp thiết và phổ biến đã được triển khai như cầu Mỹ Thuận, cầu Cần Thơ, cầu Vàm Cống, hay gần đây là cầu Đại Ngãi 1. Do tải trọng tập trung tại các trụ tháp hoặc bệ trụ cực kỳ lớn, hệ móng cọc khoan nhồi đường kính siêu lớn D=2500 mm với chiều sâu ngàm vào tầng địa chất chịu lực hơn 100m được lựa chọn làm giải pháp chịu lực chính. Việc thi công móng cọc này được thực hiện trên dòng sông lớn, tuyến hàng hải quan trọng có tàu thuyền qua lại nhiều cùng với ảnh hưởng của dòng chảy theo mùa nước và thủy triều cũng là yếu tố tác động lớn đến quá trình thi công.

Công tác thi công cọc D2500 đòi hỏi thiết bị có công xuất lớn, sự chuẩn bị kỹ lưỡng về nhân lực, vật lực cũng như giải pháp công nghệ thi công phù hợp cho từng khu vực.

2. Hành trình từ tiếp nhận công nghệ đến tự chủ công nghệ khoan cọc đường kính lớn

Trong kết cấu cầu dây văng hiện đại, móng trụ tháp là bộ phận chịu tải trọng lớn nhất của toàn bộ công trình. Các cầu dây văng lớn tại Việt Nam thường được bố trí hệ cọc khoan nhồi đường kính từ 2,0m đến 2,5m với chiều sâu có thể vượt quá 100 m.

Việc thi công cọc khoan nhồi D2500mm trong điều kiện địa chất phức tạp đặt ra hàng loạt yêu cầu kỹ thuật nghiêm ngặt:

- Kiểm soát độ thẳng đứng của cọc.
- Kiểm soát dung dịch giữ thành.
- Kiểm soát độ sạch đáy hố khoan.
- Kiểm soát chất lượng bê tông đổ dưới nước.
- Kiểm soát biến dạng lồng thép có khối lượng hàng trăm tấn.
- Kiểm soát chất lượng thân cọc bằng các phương pháp kiểm tra hiện đại.

Khác với việc chuyển giao thiết bị đơn thuần, chuyển giao công nghệ trong ngành xây dựng cầu là quá trình chuyển giao toàn diện bao gồm:

- Kiến thức kỹ thuật.
- Biện pháp thi công.
- Hệ thống quản lý chất lượng.
- Công nghệ chế tạo thiết bị phụ trợ.
- Quy trình kiểm soát an toàn.
- Kinh nghiệm xử lý các tình huống thi công thực tế.

Năm (1997-2000), cầu Mỹ Thuận được đưa vào khai thác, đánh dấu cột mốc quan trọng của ngành xây dựng cầu Việt Nam khi lần đầu tiên một công trình cầu dây văng hiện đại được xây dựng tại Việt Nam. Tuy nhiên, toàn bộ công nghệ thi công cốt lõi như thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn do các chuyên gia và nhà thầu nước ngoài đảm nhận. Công trình được thi công với sự tham gia chủ đạo của nhà thầu và chuyên gia Australia. Đội ngũ kỹ sư Việt Nam tham gia với vai trò phối hợp thi công tiếp nhận quy trình kĩ thuật công nghệ, tiêu chuẩn chất lượng và học hỏi kinh nghiệm thi công.

Đối với công tác thi công móng cầu Mỹ Thuận, cọc khoan nhồi đường kính 2,5m sâu gần 100m được thi công bằng máy khoan xoay (Rotary Drilling Rig) kết hợp ống vách và dung dịch Bentonite để ổn định thành hố khoan. Đây là công nghệ tiên tiến tại thời điểm đó và đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của công trình.

Tương tự, tại dự án cầu Rạch Miễu, mặc dù tỷ lệ nội địa hóa trong công tác thi công đã tăng lên đáng kể, song các công nghệ then chốt vẫn cần sự hỗ trợ của các chuyên gia quốc tế. Cầu Rạch Miễu đánh dấu bước tiến lớn khi các kỹ sư và doanh nghiệp Việt Nam tham gia sâu hơn vào công tác thiết kế và thi công. Đây được xem là một trong những công trình cầu dây văng đầu tiên do người Việt Nam từng bước làm chủ công nghệ.

Có thể nói, giai đoạn này đóng vai trò như một "trường học thực tế" đối với đội ngũ kỹ sư Việt Nam. Việc được tham gia vào các dự án cầu lớn đã giúp các doanh nghiệp xây dựng trong nước từng bước tiếp cận và học hỏi các công nghệ thi công tiên tiến nhất của thế giới.

Bước phát triển tiếp theo của công nghệ thi công móng cọc được ghi nhận tại dự án cầu Cần Thơ (2004-2007). Khi quy mô cầu dây văng ngày càng lớn, chiều sâu cọc tăng lên và điều kiện địa chất dưới lòng sông trở nên phức tạp hơn, phương pháp khoan xoay truyền thống bộc lộ một số hạn chế như hiệu quả làm sạch đáy hố khoan chưa cao, thời gian vệ sinh hố khoan kéo dài và khả năng kiểm soát lớp cặn đáy còn hạn chế đối với các cọc có đường kính và chiều sâu lớn. Những yêu cầu mới này đặt ra nhu cầu phát triển các công nghệ khoan có khả năng kiểm soát chất lượng móng tốt hơn. Để giải quyết bài toán trên công nghệ khoan tuần hoàn ngược (Reverse Circulation Drill – RCD) do nhà thầu Bachy Soletanche huy động từ Hồng Kông được áp dụng trong thi công cọc khoan nhồi trụ tháp cầu Cần Thơ đã đáp ứng mọi yêu cầu kỹ thuật của công trình.

Khác với phương pháp khoan xoay truyền thống, RCD sử dụng cơ chế tuần hoàn ngược để hút liên tục mùn khoan từ đáy hố thông qua lòng cần khoan, giúp giảm đáng kể chiều dày lớp cặn đáy trước khi đổ bê tông. Công nghệ này được lựa chọn nhằm đáp ứng yêu cầu thi công các cọc khoan nhồi đường kính lớn (D = 2,5m), chiều sâu gần 100m trong điều kiện địa chất lòng sông có các lớp cát, bùn và cuội sỏi dày, đồng thời nâng cao chất lượng móng của các trụ tháp cầu dây văng.

Nguyên lý hoạt động: Khác với công nghệ khoan xoay thông thường (Kelly Drilling), công nghệ RCD sử dụng nguyên lý tuần hoàn ngược của dung dịch khoan:

- Dung dịch bentonite được cấp vào hố khoan từ phía ngoài cần khoan.
- Đầu khoan sẽ cắt phá đất đá ở đáy hố khoan.
- Đất đá sau khi bị phá sẽ được hút lên bên trong cần khoan bằng áp lực chân không hoặc bơm hút công suất lớn.
- Vật liệu khoan được đưa lên hệ thống tách cát và tuần hoàn lại dung dịch khoan.

Sau thành công tại cầu Cần Thơ, công nghệ RCD tiếp tục được nghiên cứu, hoàn thiện và áp dụng tại nhiều dự án cầu lớn ở Việt Nam như cầu Bình Lợi (2010-2012), cầu Vàm Cống (2014-2017).

Các kỹ sư Việt Nam đã được trực tiếp tham gia vào toàn bộ quá trình thi công cọc của các công trình cầu lớn, từ đó từng bước làm chủ công nghệ thông qua thực tiễn.

3. Làm chủ và đổi mới công nghệ thi công cọc đường kính lớn

Đội ngũ kỹ sư Việt Nam không chỉ học hỏi công nghệ mà còn từng bước nghiên cứu, cải tiến và phát triển các giải pháp phù hợp với điều kiện thi công tại Việt Nam.

Đến nay, các doanh nghiệp Việt Nam đã hoàn toàn làm chủ công nghệ thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn và có thể triển khai thi công tại những vị trí có điều kiện địa chất đặc biệt phức tạp như:

- Vượt sông lớn.
- Cửa biển.
- Vùng đất yếu.
- Khu vực có thủy triều lớn.
- Địa tầng xen kẹp nhiều lớp địa chất khác nhau.

Ngoài việc học tập công nghệ, việc tự chủ trang bị các thiết bị lớn cũng là bước ngoặt trong công tác thi công cọc khoan nhồi hiện nay. Nhiều doanh nghiệp trong nước đã mạnh dạn đầu tư các thiết bị thi công chuyên dụng phục vụ thi công cọc có giá trị rất lớn như: Máy khoan cọc nhồi Sany SR405R, Bauer BG-36, BG-40, … cùng các cần cẩu 350 tấn, 550 tấn đi kèm với các xà lan lớn hơn 3000 tấn dần trở nên phổ biến ở nước ta là mơ ước của các doanh nghiệp cầu đường ngày trước.

Bên cạnh đầu tư thiết bị, các doanh nghiệp cũng tập trung xây dựng đội ngũ kỹ sư có trình độ chuyên môn cao thông qua đào tạo, tham gia trực tiếp vào các dự án lớn và tiếp nhận chuyển giao công nghệ từ các chuyên gia quốc tế. Trên cơ sở đó, nhiều biện pháp thi công đã được nghiên cứu, cải tiến và điều chỉnh để phù hợp với điều kiện địa chất, thủy văn và môi trường thi công tại Việt Nam.

Một yếu tố quan trọng khác là sự phát triển của năng lực quản lý kỹ thuật. Các doanh nghiệp không chỉ thực hiện thi công mà còn từng bước đảm nhiệm công tác lập biện pháp thi công, mô phỏng trình tự thi công, kiểm soát hình học kết cấu, quản lý chất lượng, quản lý rủi ro và ứng dụng các công nghệ số như BIM.

Đây là tiền đề quan trọng để các doanh nghiệp trong nước có đủ năng lực thi công các công trình cầu quy mô lớn mà không phụ thuộc vào các nhà thầu nước ngoài.

Một trong những dấu mốc quan trọng thể hiện năng lực sáng tạo và làm chủ công nghệ của các doanh nghiệp xây dựng cầu Việt Nam là quá trình thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn tại dự án cầu Mỹ Thuận 2.

Khác với các dự án cầu thông thường, khu vực xây dựng cầu Mỹ Thuận 2 có điều kiện địa chất và thủy văn đặc biệt phức tạp. Các cọc khoan nhồi của trụ cầu chính có đường kính lên tới 2,5m và chiều sâu khoảng 115m, xuyên qua nhiều tầng địa chất khác nhau,

đồng thời chịu ảnh hưởng trực tiếp của dòng chảy, thủy triều và điều kiện thi công trên sông. Đây được xem là một trong những hạng mục khó khăn nhất của dự án.

Ban đầu, công nghệ khoan tuần hoàn ngược (RCD) được lựa chọn để thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn. Tuy nhiên, trong quá trình triển khai thực tế, những điều kiện địa chất đặc thù của khu vực cầu Mỹ Thuận 2 đã đặt ra nhiều thách thức kỹ thuật vượt ngoài các giả định ban đầu. Chủ đầu tư, Tư vấn giám sát và các nhà thầu đã phải tổ chức nhiều cuộc họp kỹ thuật với sự tham gia của các chuyên gia đầu ngành trong lĩnh vực xây dựng cầu đường nhằm tìm kiếm giải pháp tối ưu cho bài toán thi công cọc khoan nhồi siêu sâu trong điều kiện địa chất phức tạp.

Trước yêu cầu cấp thiết của dự án, nhà thầu thực hiện đã mạnh dạn đề xuất thay đổi biện pháp tổ chức thi công. Thay vì sử dụng công nghệ RCD, nhà thầu đã nghiên cứu và áp dụng giải pháp thi công bằng máy khoan cần Kelly đặt trên hệ sàn đạo chuyên dụng được thiết kế bám trực tiếp vào hệ ống vách chính của các cọc khoan nhồi.

Giải pháp này mang tính đột phá về mặt kỹ thuật khi tạo ra một hệ kết cấu thi công ổn định trên mặt nước, giúp máy khoan hoạt động độc lập với các tác động bất lợi của thủy triều, sóng và dòng chảy tại khu vực công trình. Hệ sàn đạo không chỉ bảo đảm khả năng chịu tải cho thiết bị thi công có trọng lượng lớn mà còn nâng cao độ chính xác trong quá trình khoan tạo lỗ đối với các cọc có chiều sâu trên 100m.

Việc thay đổi biện pháp thi công không chỉ là sự điều chỉnh về thiết bị mà còn là minh chứng cho năng lực nghiên cứu, sáng tạo và khả năng thích ứng công nghệ của đội ngũ kỹ sư Việt Nam. Bằng sự quyết tâm và tinh thần không ngừng đổi mới, đội ngũ kỹ sư, chuyên gia và công nhân lành nghề đã từng bước làm chủ công nghệ thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn bằng máy khoan Kelly trên hệ sàn đạo nổi, mở ra hướng tiếp cận mới cho các công trình cầu có điều kiện thi công tương tự trong tương lai.

Bên cạnh công tác khoan tạo lỗ, việc thi công lồng cốt thép của cọc khoan nhồi cũng là một thách thức rất lớn. Mỗi lồng cốt thép có trọng lượng vượt quá 100 tấn, đòi hỏi phải huy động đồng thời nhiều thiết bị nâng hạ có sức nâng đặc biệt lớn. Nhà thầu đã sử dụng hệ cẩu 500 tấn bố trí trên sà lan 3.000 tấn kết hợp với một hệ cẩu 200 tấn trên sà lan phụ trợ để thực hiện công tác hạ lồng thép vào hố khoan. Toàn bộ quá trình nâng hạ được tính toán và kiểm soát nghiêm ngặt nhằm bảo đảm độ thẳng đứng, tránh biến dạng lồng thép và đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của công trình.

Không dừng lại ở đó, công tác đổ bê tông cho các cọc khoan nhồi siêu trường, siêu trọng cũng đặt ra những yêu cầu đặc biệt khắt khe về tổ chức thi công. Để đáp ứng tiến độ và bảo đảm chất lượng bê tông liên tục trong quá trình thi công, nhà thầu đã tổ chức một hệ thống trạm trộn bê tông đặt trên hệ nổi, kết hợp với nhiều sà lan chuyên dụng phục vụ công tác dự trữ, vận chuyển và cấp phối cốt liệu. Việc tổ chức dây chuyền thi

công đồng bộ trên mặt nước đã góp phần bảo đảm quá trình đổ bê tông diễn ra liên tục, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với các cọc khoan nhồi có chiều sâu lớn.

Có thể khẳng định rằng, thành công trong công tác thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn tại dự án cầu Mỹ Thuận 2 không chỉ đơn thuần là việc làm chủ một công nghệ thi công mới, mà còn là minh chứng rõ nét cho khả năng sáng tạo, nghiên cứu và đột phá về giải pháp kỹ thuật của doanh nghiệp xây dựng Việt Nam. Từ việc tiếp nhận công nghệ của thế giới, các kỹ sư Việt Nam đã từng bước biết lựa chọn, cải tiến và sáng tạo ra những giải pháp phù hợp với điều kiện thực tế của công trình, góp phần nâng cao năng lực tự chủ công nghệ của ngành xây dựng cầu Việt Nam.

Tiếp nối thành công từ dự án Mỹ Thuận 2, nhiều cây cầu lớn đã áp dụng và thi công thực tế công nghệ khoan cọc đường kính lớn bằng máy khoan cần Kelly trên hệ sàn đạo cứng như cầu Đại Ngãi 1, cầu Phước An, cầu Hòa Sơn…. Và công nghệ này đang được ứng dụng rộng rãi cho những cây cầu sắp tới của cả nước. Đây chính là bước chuyển quan trọng từ "làm chủ công nghệ" sang "sáng tạo công nghệ", khẳng định bản lĩnh và trí tuệ của đội ngũ kỹ sư xây dựng cầu Việt Nam trong hành trình chinh phục những công trình hạ tầng quy mô lớn và có yêu cầu kỹ thuật đặc biệt phức tạp.

Kết luận

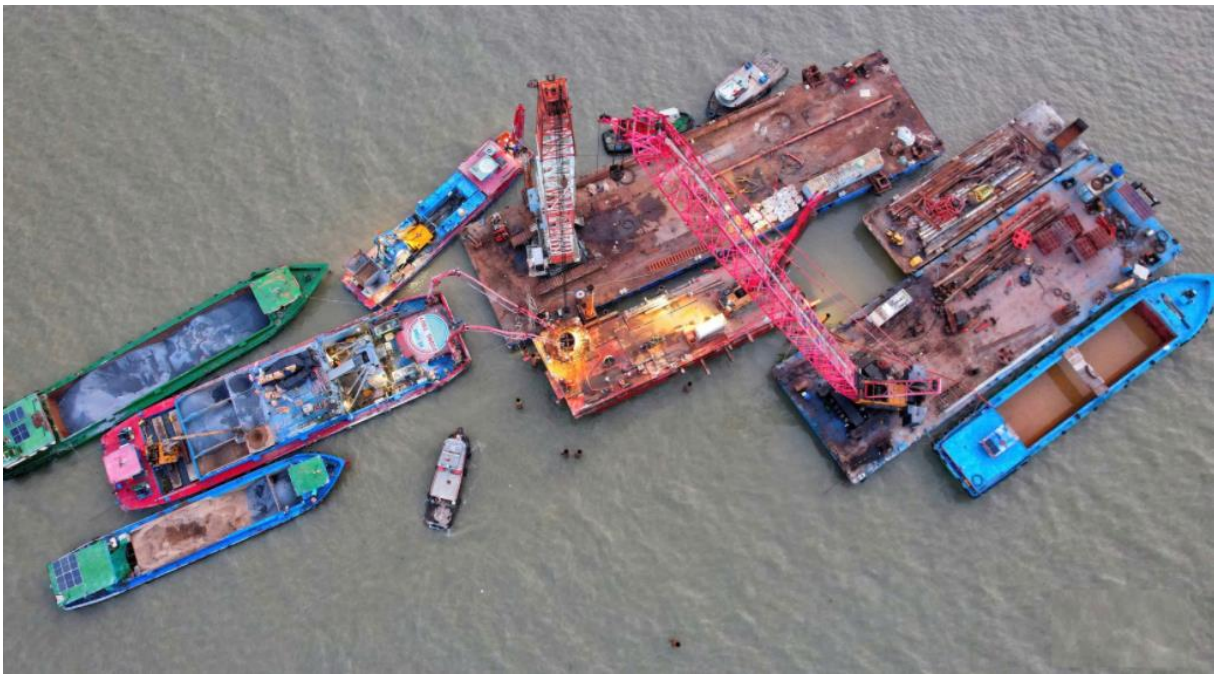
Hành trình từ chỗ phải học hỏi và tiếp nhận công nghệ đến việc hoàn toàn làm chủ công nghệ và đổi mới trong thi công hệ móng cọc cầu dây văng là minh chứng rõ nét cho sự trưởng thành của ngành xây dựng cầu Việt Nam. Công nghệ thi công cọc khoan nhồi đường kính lớn được xem là đặc biệt phức tạp hiện nay đã trở thành năng lực cốt lõi của nhiều doanh nghiệp trong nước.

Việc làm chủ các công nghệ này không chỉ khẳng định trình độ của đội ngũ kỹ sư Việt Nam mà còn mở ra cơ hội để doanh nghiệp Việt Nam chủ động đảm nhận vai trò tổng thầu thi công các công trình cầu hiện đại trong tương lai. Đó là nền tảng quan trọng để ngành xây dựng cầu Việt Nam tiếp tục vươn xa, từng bước khẳng định vị thế của mình trong khu vực và trên thế giới.

4. Một số hình ảnh thi công thực tế



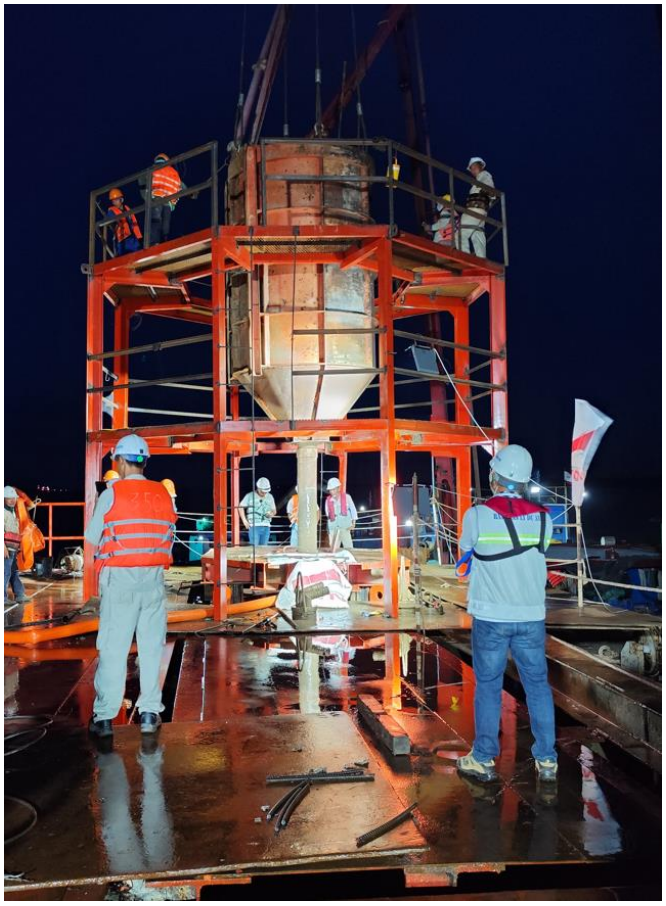
Thi công CKN trụ chính dự án cầu Đại Ngãi 1



Đổ bê tông CKN trụ chính dự án cầu Đại Ngãi 1



Khoan tạo lỗ CKN trụ chính dự án cầu Đại Ngãi 1



Đổ bê tông CKN trụ chính dự án cầu Đại Ngãi 1