

NGHIÊN CỨU CÁC SỰ CỐ THƯỜNG GẶP VÀ GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC KHI THI CÔNG CỌC LY TÂM ỨNG SUẤT TRƯỚC

Trần Thị Phương Lan

Khoa Xây Dựng

Email: lanntp@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 19/3/2019

Ngày PB đánh giá: 19/4/2019

Ngày duyệt đăng: 29/4/2019

TÓM TẮT:

Cọc bê tông ly tâm ứng suất trước là cọc được chế tạo với bê tông mác cao từ 60Mpa đến 85 Mpa trong nhà máy, với dây chuyền công nghệ cao. Mặc dù được thiết kế, tính toán và công tác chuẩn bị thi công kỹ lưỡng, nhưng các sự cố khi thi công vẫn có thể xảy ra do các nguyên nhân chủ quan và khách quan. Trên cơ sở thực tế thi công, bài báo đưa ra một số sự cố thường gặp và giải pháp khắc phục nhằm nâng cao chất lượng của công trình khi sử dụng phương án cọc ly tâm ứng suất trước.

Từ khóa: Cọc ống bê tông ly tâm ứng suất trước, nứt dọc, gãy ngang thân, chỗi giả, mặt bích, sức chịu tải, nghiêng lệch, phá hoại.

A STUDY ON THE FREQUENTLY-PROBLEMED PROBLEMS AND SOLUTIONS TO REMOVE WHEN APPLICATION OF PRIORITY REPARATIONS

ABSTRACT: The prestressed centrifugal concrete pile is a pile made of high grade concrete from 60Mpa to 85 Mpa in a factory, with a high technology line. Although designed, calculated and carefully prepared, the construction problems can still occur due to subjective and objective reasons. Based on the actual construction, the article presents some common problems and solutions to improve the quality of the project when using prestressed centrifugal pile plan.

Keywords: Pre-stressed centrifugal concrete pipe piles, longitudinal cracks, horizontal fractures, rejection of false, flanges, load-bearing capacity, tilting deviation, sabotage.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với điều kiện thực tế xây dựng hiện nay đại đa số các công trình đều sử dụng phương án cọc bê tông cho xử lý nền đất nhất là cọc ống bê tông ly tâm ứng suất trước. Bằng các ứng dụng công nghệ hiện đại vào thi công cọc bê tông ly tâm ứng suất trước

đã đạt hiệu quả cao hơn cọc bê tông thông thường với những ưu điểm vượt trội.

Ưu điểm:

- Cọc được sản xuất trong nhà máy bằng quy trình khép kín nên chất lượng cọc

ổn định, dễ kiểm soát khi thi công và đảm bảo chất lượng.

- Do bê tông ứng suất trước nên cọc bê tông ly tâm ứng suất trước sẽ không bị biến dạng, bị nứt trong quá trình vận chuyển, lắp dựng và sử dụng.

- Do bê tông ứng suất trước, kết hợp với quay ly tâm đã làm cho bê tông của cọc đặc chắc chịu được tải trọng cao, không nứt, tăng khả năng chống thấm, chống ăn mòn cốt thép, ăn mòn sulphate trong giai đoạn khai thác công trình.

- Do sử dụng bê tông và thép cường độ cao nên giảm tiết diện bê tông và cốt thép dẫn đến trọng lượng cọc giảm thuận lợi cho việc vận chuyển, thi công lên hiệu quả kinh tế cao hơn cọc thông thường.

- Cọc có chiều dài lớn hơn cọc bê tông cốt thép thường nên có ít mối nối hơn.

- Sức chịu tải theo đất nền tăng do: Với cùng tiết diện thì cọc tròn có diện tích ma sát nhiều hơn cọc vuông vì thế tăng khả năng chịu tải.

- Do cọc có hình dạng tròn nên cọc có khả năng chịu tải đều.

- Theo Terzaghi tính toán về sức kháng mũi của cọc thì. Sức kháng mũi của cọc tròn tăng so với cọc vuông vì tăng hệ số từ 0,4 lên 0,6.

- Việc sử dụng bê tông cường độ cao sẽ làm giảm kích thước ngang của cấu kiện, giảm trọng lượng của cấu kiện, sẽ làm tăng hiệu quả kinh tế, kỹ thuật.

- Có độ cứng lớn hơn do đó có độ võng và biến dạng bé hơn.

Nhược điểm:

- Khả năng chịu cắt của cọc tương đối kém.

- Khả năng chịu tải trọng do đập kém.

- Cọc chỉ nên được ứng dụng tại những địa điểm có điều kiện địa chất tương đối ổn định mềm có thể đóng ép trực tiếp được, nhưng vùng có lớp đá phong hóa hoặc cát chặt phải dùng biện pháp khoan dẫn.

- Kinh phí đầu tư nhà máy lớn.

Tuy nhiên thực tế thi công các cọc ống BTCT UST đang diễn ra ở nước ta đã gặp phải một số bất ổn, do rất nhiều nguyên nhân từ phía các đơn vị tư vấn khảo sát, tư vấn thiết kế, nhà thầu và năng lực cũng như tay nghề của tổ thợ... có thể làm cho kết cấu công trình làm việc không như mong muốn của người thiết kế, như tình trạng cọc bị gãy, nứt dọc, vỡ đầu, nghiêng lệch trên mặt bằng, liên kết không tốt với kết cấu bên trên, cọc đã ép đến độ sâu thiết kế mà áp lực chưa đạt, cọc chưa ép đến độ sâu thiết kế mà áp lực đã đạt...

Bài báo này đề cập chi tiết đến các vấn đề trên, đi sâu vào phân tích nguyên nhân, từ đó đề xuất các giải pháp nhằm khắc phục các sự cố có thể xảy ra trong quá trình thi công.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Các sự cố thường gặp khi thi công cọc ly tâm ứng suất trước

2.1.1. Cọc bị nứt dọc theo thân

Trong quá trình ép cọc, thấy có hiện tượng cọc bị nứt dọc theo thân cọc, các khe nứt này rộng ra khi lực ép tăng dần, nước bên trong trào ra theo các khe nứt này mỗi khi búa nện vào đầu cọc.



Hình 1: Vết nứt dọc (nhìn bên ngoài và bên trong lòng cọc)

(Nguồn: Công trình xây dựng 654-656 Huỳnh Tấn Phát-TP HCM)

2.1.2. Cọc bị vỡ đầu trong quá trình ép cọc

Hiện tượng này thường gặp phổ biến, sau khi cọc đã ép sâu vào nền, mức độ vỡ từ nhẹ (chỉ bị vỡ một phần bê tông đầu cọc) đến nặng (toàn bộ đầu cọc vỡ nát, thậm chí bung cả vòng thép tấm đầu cọc).



Hình 2 : Cọc bị vỡ đầu sau khi đóng ép

(Nguồn: Công trình xây dựng 654-656 Huỳnh Tấn Phát-TP HCM)

2.1.3. Cọc bị nghiêng lệch quá mức cho phép trong quá trình đóng cọc

Trường hợp này thường xảy ra đối với các cọc được tổ hợp từ nhiều phân đoạn trong quá trình đóng, càng về giai đoạn cuối của quá trình đóng cọc càng lệch nhiều, cả về tọa độ đầu cọc trên mặt bằng và về độ nghiêng của trục cọc có thể làm cọc gãy ngang thân như trong hình vẽ này.



Hình 3: Cọc bị gãy ngang thân khi ép

(Nguồn: Khu nhà ở - văn phòng - dịch vụ Goldmark City)

2.1.4. Cọc gặp vật cản

- Đang ép cọc xuống bình thường, chưa đạt được độ sâu thiết kế bỗng nhiên xuống chậm hẳn lại hoặc không xuống.

- Cọc bị dịch chuyển trong mỗi hành trình ép.

- Ép cọc vào tầng đá nghiêng, mũi cọc bị chạy nghiêng đi. Có thể là do gãy cọc hoặc là cọc bị nghiêng chệch rồi gãy.

2.1.5. Hiện tượng chối giả

Cọc chưa đạt tới độ sâu thiết kế (thường còn rất cao) mà lực ép của cọc đã đạt lực ép thiết kế thậm chí vượt lực thiết kế.

Sự cố này thường xảy ra với các vùng địa chất mà mũi cọc chống vào lớp cát chặt hoặc chặt vừa có chỉ số SPT thường từ 24 búa chày lên ở độ sâu lớn hơn ≥ 30 , các lớp phía trên là đất yếu, sau khi thi công cọc xong xây dựng công trình lên quan trắc vẫn thấy lún.

2.1.6. Cọc bị phá hoại do vượt quá khả năng chịu tải

Cọc chịu mômen quá lớn gây nên hiện tượng gãy cọc hoặc chịu lực dọc lớn gây nên lún công trình trong giai đoạn sử dụng. Sự cố này thường xảy ra với các vùng địa chất là sét cứng với mật độ ép cọc dày và tải trọng đóng ép cao khi đóng ép xong cây cọc kiểm tra thấy bình thường, sau khi đóng ép một lượng cọc lớn khác xuống thì cọc này thấy bị nứt gãy thân cọc ở phần giữa và mối nối thân cọc.

2.2. Nguyên nhân và giải pháp khắc phục

2.2.1. Cọc bị nứt dọc theo thân

- Nguyên nhân:

Hiện tượng này thường gặp ở các cọc có mũi hở, thân cọc chìm trong nước hoặc trong quá trình thi công nước rò rỉ vào lòng cọc ở các mối nối không đủ kín. Trường hợp này cho thấy cốt đai xoắn cấu tạo trong cọc không đủ khả năng chịu tác động của các ngàm kẹp của Robot do lực kẹp cọc quá cao hoặc do trong quá trình sản xuất ván khuôn cọc không kín khít lên khi quay ly tâm cọc bị mất nước xi măng tạo thành các khe rỗng không chịu được lực lên khi ép bị phá hoại.

- Giải pháp:

+ Trong quá trình sản xuất phải kiểm tra độ hở của ván khuôn nếu hở phải dùng đệm thêm vào ván khuôn cho kín tránh cho cọc bị mất nước xi măng.

+ Điều chỉnh lực kẹp cọc cho phù hợp với từng loại cọc (trên mỗi Robots ép cọc đều có van điều chỉnh lưu lượng dầu và van

điều chỉnh áp lực dầu cho mỗi bộ phận của máy) và thử đi thử lại vài lần nếu thấy được mới tiến hành ép cọc.

+ Theo 22TCN 289-02 – điều 7.6.9. có nêu “Để giảm áp lực thủy động bên trong cọc ống, cần hút nước ra khỏi lòng cọc bằng các bơm sâu hoặc các phương pháp khác. Cho phép sử dụng phương pháp giảm áp lực thủy động bằng cách truyền khí nén vào phần dưới của cột nước trong lòng cọc ống, có áp lực 0,6 đến 0,8MPa.

Tuy nhiên, thực hiện các biện pháp này khá khó khăn trong khi đang đóng cọc. Tác giả kiến nghị các giải pháp sau:

1. Thay mũi cọc hở bằng mũi cọc kín để nước không thể vào trong lòng cọc trong quá trình đóng cọc (giải pháp này phải can thiệp vào thiết kế, có thể cần tính toán kiểm tra lại chiều dài cọc thiết kế hoặc sức chịu tải của cọc theo đất nền), đồng thời kiểm tra độ kín nước của các mối nối cọc.

2. Trong trường hợp vẫn sử dụng mũi cọc hở, theo kinh nghiệm nên bố trí lỗ trên thân cọc với đường kính tối thiểu 30mm để giảm áp lực thủy động trong lòng cọc đồng thời bố trí máy bơm hút nước trong lòng cọc trong khi đóng hạ cọc. Bên cạnh các lưu ý về biện pháp thi công thì chất lượng của các vật liệu chế tạo cọc như thành phần bê tông, đường kính sợi thép căng, số lượng sợi thép căng, lực căng, v.v, quy trình dưỡng hộ cọc cũng cần phải được quan tâm kiểm soát.

3. Sau khi dựng cọc xuống nền (nhưng chưa đóng) thì tiến hành lấp đầy lòng cọc (bằng các vật liệu thích hợp) để không cho nước chiếm chỗ. Giải pháp này phù hợp với điều 7.4.8. và 7.4.9. của 22TCN 289-02 [4].

4. Tăng khả năng chịu lực của cốt đai (tăng đường kính cốt đai hoặc tăng dày bước đai,...).

2.2.2. Cọc bị vỡ đầu trong quá trình ép cọc

- Nguyên nhân:

Vỡ đầu cọc khi đóng là hiện tượng phổ biến không những của cọc ống BTCT UST mà còn của tất cả các loại cọc BTCT, tuy nhiên qua phân tích từ thực tế cấu tạo cọc và giải pháp thi công hạ cọc, nhận thấy ở cọc ống BTCT UST có một số đặc điểm riêng nên dễ bị vỡ đầu hơn, mặc dù bê tông và cốt thép của chúng có cường độ cao hơn so với cọc BTCT thông thường nhiều:

+ Bề dày không lớn so với đường kính ngoài, đường kính ngoài của cọc càng lớn thì kết cấu cọc thuộc loại càng mỏng (tham khảo ở bảng 1). Đường kính ngoài càng lớn thì ma sát hông và sức kháng mũi càng lớn, dẫn đến sức chịu tải của cọc theo đất nền lớn.

+ Do trong quá trình ép cọc dùng cọc dẫn ép dẫn cọc xuống đất người vận hành cần thả không căn chỉnh hai mặt đầu cọc dẫn và cọc ép tiếp xúc hết vào nhau làm cho cọc chịu lực không đều gây ra vỡ đầu cọc.

+ Đầu cọc không có cấu tạo đặc biệt để chịu ứng suất phát sinh do lực ép bị lệch tâm ngoài vòng thép tấm quanh miệng cọc. Tuy nhiên vòng thép này có chiều cao (theo phương trục cọc) không lớn (khoảng 150-200mm) so với phạm vi ảnh hưởng của lực xung kích nên hiệu quả không cao. Mặt khác thiếu các chi tiết neo để liên kết vòng thép này vào phần bê tông cọc nên nhiều

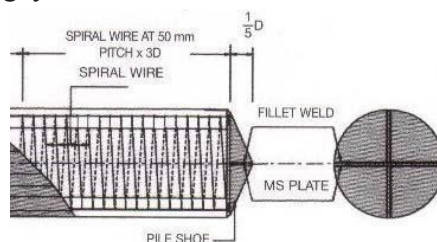
trường hợp vòng thép bị tách ra khỏi phần bê tông trong quá trình thi công cũng như khai thác.



Hình 4: Vòng thép đầu cọc chưa có chi tiết liên kết vào bê tông đầu cọc

(Nguồn: Công trình xây dựng 654-656 Huỳnh Tấn Phát-TP HCM)

+ Cấu tạo mũi cọc điển hình của các nhà sản xuất cọc ống cũng chưa thật sự hợp lý vì đều làm loại mũi bằng (hình 2.4), không thấy khuyến cáo nên dùng cho trường hợp nào, dễ dẫn đến việc đơn vị thiết kế nghĩ rằng mũi cọc này thích hợp cho mọi trường hợp địa chất. Theo TCXD 205:1998 “Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế” – điều 3.3.3. thì loại mũi bằng chỉ nên dùng trong nền đất sét đồng nhất. Thực tế cho thấy mũi cọc loại bằng làm cho việc ép cọc khó khăn hơn mũi loại nhọn nhiều và đầu cọc dễ bị lệch khỏi phương hạ cọc (đây là một nguyên nhân dễ dẫn đến lệch cọc sau khi đóng đến độ sâu thiết kế), cọc khó xuống khi độ chối nhỏ, lực ép lớn rất dễ gây vỡ đầu cọc.





Hình 5: Chi tiết mũi cọc loại bằng của nhà sản xuất và thực tế chế tạo

(Nguồn: Cọc bê tông ly tâm Phan Vũ)[5]

- Giải pháp: Ta cần thực hiện những việc sau:

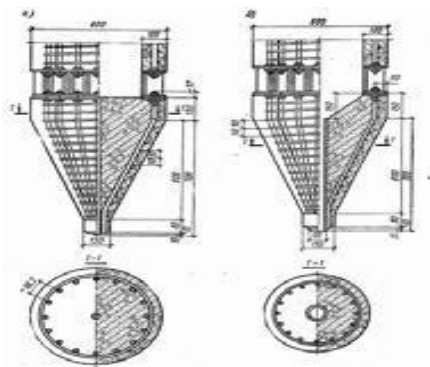
+ Chỉ nên dùng lực ép vừa đủ khoảng 70% theo sức chịu tải vật liệu của cọc để hạ cọc, không lựa chọn cọc có đường kính nhỏ mà ép sâu dẫn đến độ mảnh lớn (đường kính cọc càng lớn thì độ mảnh của thành cọc càng lớn).

+ Khi dùng cọc dẫn để ép cọc xuống âm mặt đất phải căn chỉnh sao cho mặt cọc dẫn và mặt cọc ép phải khít tiếp xúc hết vào nhau tránh ép lệch cọc.

+ Cấu tạo lại đầu cọc cho hợp lý hơn trong việc chịu các tải xung lực, đảm bảo bê tông và thép (thép cốt, thép hình) thành một khối thống nhất, khó bị tách rời (như thêm các râu thép neo vành thép vào bê tông).

+ Sử dụng đệm đầu cọc thích hợp (không quá cứng cũng như không quá mềm).

+ Cấu tạo mũi cọc loại nhọn thay cho loại bằng.



Hình 6: Mũi cọc ống loại nhọn

(Nguồn: Cọc bê tông ly tâm Phan Vũ)[5]

2.2.3. Cọc bị nghiêng lệch quá mức cho phép trong quá trình đóng cọc

- Nguyên nhân: Những nguyên nhân chủ quan gây nghiêng lệch cọc khi đúc cọc như mũi cọc bị lệch, trục cọc bị cong, mặt phẳng đầu cọc không vuông góc trục cọc,... gặp rất phổ biến ở các cọc đúc tại công trường nhưng hầu như rất ít khi gặp ở cọc ống BTCT UST vì được đúc tại nhà máy trong những điều kiện khá chuẩn. Trừ việc đóng cọc trên mái đất nghiêng là nguyên nhân khách quan gây nghiêng lệch đối với mọi loại cọc (không thể khắc phục) thì trong thực tế cọc ống BTCT UST bị nghiêng lệch chủ yếu là do dùng mũi cọc loại bằng và công tác nối cọc thực hiện không chuẩn (nối cọc trên giá búa dễ gây lệch trục hơn nối trên mặt bằng), phân đoạn cọc càng ngắn thì cọc có càng nhiều mối nối, khả năng lệch khỏi trục chính của cọc càng nhiều.

- Giải pháp:

+ Khi chọn cấu tạo mũi cọc nếu không vì những lý do đặc biệt thì nên dùng mũi cọc loại nhọn, về mặt kỹ thuật thì càng nhọn càng

tốt (tuy nhiên chi phí lớn).

+ Chiều dài đoạn cọc chọn càng lớn càng tốt. Điều này còn giúp rút ngắn thời gian hạ cọc, tăng độ tin cậy về khả năng chịu lực theo vật liệu của cọc.

+ Khi cọc đã bị xiên, hàn nối đoạn tiếp theo có thể đệm thêm mặt bích để giảm độ xiên hoặc phải ép xiên theo đoạn trước và không cố lấn cho cọc thẳng rồi ép sẽ làm cọc bị gãy ngang thân.

2.2.4. Cọc gắp vật cản

- Nguyên Nhân: Có thể cọc gắp vật cản như đá mồ côi, hay một lớp đá mỏng, hoặc các vật cản khác trong quá trình san lấp mặt bằng không loại bỏ...

- Giải pháp:

- Giải pháp: Ngừng ép, nhổ cọc lên và phá vật cản bằng cách ép một cọc dẫn bằng ống thép đầu nhọn, khoan dẫn hoặc nổ mìn để vật cản. Sau đó tiếp tục ép cọc tới khi đạt yêu cầu.

Thực tế thì có nhiều cách để kiểm tra cọc đã đạt yêu cầu mà đề nghị dừng ép, nếu ép cố thì có thể vỡ cọc, mất tim, tổn cọc bù, tốn thời gian chờ.

2.2.5. Hiện tượng chối giả

- Nguyên Nhân:

+ Do ép cọc quá nhanh, đất xung quanh cọc bị lún ép quá chặt gây nên ma sát lớn giữa cọc và đất.

+ Hoặc địa chất công trình có xen lẫn lớp cát chặt, hoặc lớp sét Laterit... Nói chung là do sức kháng ở mũi quá lớn.

+ Do mũi cọc mới chỉ chớm chạm vào lớp cát chứ chưa ngàm vào lớp cát chặt, trong quá trình các cọc khác đã làm đất bị chiếm thể tích không kịp thoát nước lỗ rỗng đã đẩy cọc chồi.

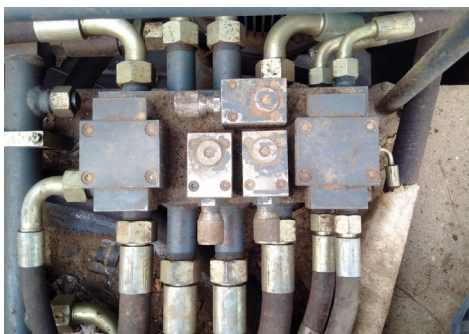
- Giải pháp:

+ Tạm ngừng ép trong 2 ngày để đất xung quanh cọc nở lại rồi mới tiếp tục ép.

+ Trong thực tế có hiện tượng bó đất, đất sau khi bị xáo động quanh thân sẽ giãn nở lại gần trạng thái cũ, thời gian chờ càng lâu chờ càng tốt. Trường hợp lớp cứng là cát, nếu lực ép cao thì nghỉ chừng 30 – 60 phút sau đó ép tiếp.

+ Khi ép cọc đến lực ép đã quy định trước khi đã đạt chiều sâu thiết kế vẫn phải ép làm lại 3 lần mỗi lần giữ tải ở lực quy định khoảng 3 phút để mũi cọc được ngàm sâu vào lớp đất cứng.

Hiện nay các máy Robot ép cọc của các đơn vị thi công thường không giữ được tải do máy thiết kế không có hệ thống ngắt van cấp dầu thủy lực để giữ tải và người thợ vận hành cũng không lắm rõ được nguyên lý hoạt động của bơm cung cấp dầu áp lực. Với kinh nghiệm của tác giả đã đưa ra biện pháp khắc phục nhược điểm trên là khi ép cọc đến lực ép cần thiết thì điều chỉnh van áp lực cấp dầu chính sao cho áp lực chỉ vừa đủ với lực cần ép, khi ép cọc đến lực ép đó máy sẽ không thể lên được áp lực thêm và dừng lại nên có thể giữ được lực theo thời gian cần thiết [1].



Hình 7: Hình ảnh van điều chỉnh áp lực ép cọc trên máy Robot ép cọc

(Nguồn: Cọc bê tông ly tâm Phan Vũ)[5]

2.2.6. Cọc bị phá hoại do vượt quá khả năng chịu tải

- Nguyên nhân:

+ Do cọc đóng ép với tải trọng lớn và sâu, mật độ cọc dày nên khi đóng cọc xuống đã làm đất xô nén những cây cọc đã đóng trước làm gãy thân cọc hoặc bung mối hàn hoặc đứt thép, điểm đứt thường tiếp giáp với bích cọc.

+ Do lựa chọn chủng loại cọc chưa đủ cứng để kháng được sự dồn đất

+ Do tay nghề công nhân hàn cọc chưa tốt hoặc cầu thả trong công tác hàn nối cọc.

- Giải pháp:

+ Không tập trung máy ép cọc quá nhiều và ép cọc quá nhanh trên một phần vùng ép cọc làm dồn đất dẫn đến xô gãy cọc, tập trung nhiều máy ép sẽ làm khu vực này chịu thêm nhiều tải trọng cũng tự nén đất xuống tạo áp lực dồn đất sang các vùng đất đã ép cọc, đất đã bị phá vỡ và chảy dẻo [2].

+ Lựa chọn chủng loại cọc đủ cứng để kháng lại lực do dồn đất gây ra (Cọc ly tâm

hiện nay có 3 loại phân theo khả năng chịu lực nén dọc trục và lực chịu uốn của cọc) [2].

+ Lựa chọn thợ hàn có tay nghề cao và loại cọc thiết kế mối hàn có bản mã nổi thêm bên ngoài như hình dưới đây [2].



Hình 8: Hàn nối cọc có bản mã nổi



Hình 9: Hàn nối cọc không có bản mã nổi

(Nguồn: Công trình xây dựng triển khai Nhà máy X46/QCHQ[2])

3. KẾT LUẬN

Cọc ống BTCT UST ngày càng được sử dụng rộng rãi trong nhiều loại công trình. Việc hiểu rõ những nguyên nhân gây nên các sự cố liên quan đến cấu kiện cọc, đặc biệt là trong giai đoạn thi công sẽ giúp chúng ta phòng tránh một cách hiệu quả những hiện tượng trên. Các biện pháp phòng tránh mà tác giả đề xuất chỉ là một số trong rất nhiều những giải pháp hợp lý đã và đang được áp dụng, xuất phát từ nghiên cứu lý thuyết hoặc từ thực tiễn thi công, hoặc kết hợp cả hai.

Qua nghiên cứu lý thuyết và thực tế sản xuất thi công cọc bê tông ly tâm ứng

suất tác giả bài báo đã đưa ra được các vấn đề sau:

- Nêu lên được các hiện tượng xuất hiện khi xảy ra các sự cố thường gặp trong thực tế sản xuất thi công cọc bê tông ly tâm ứng suất trước.

- Phân tích nguyên nhân của các sự cố.

- Đề xuất giải pháp khắc phục và phòng ngừa các sự cố trong thực tế thi công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Khúc Văn Ngân (2015), *Nghiên cứu giải pháp thi công cho cọc ống ly tâm ứng suất trước bằng Robots ép cọc*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Dân Lập Hải Phòng.
2. Liên danh Cienco1, Trung Chính, Hồng Hà, Dự án đầu tư xây dựng hạ tầng kỹ thuật khu đô thị mới bắc sông Cẩm, Thành phố Hải Phòng.
3. TCXD 205:1998 – Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế, Việt Nam.
4. 22TCN 289-02 – Quy trình kỹ thuật thi công và nghiệm thu công trình bến cảng, Việt Nam.
5. Thông số kỹ thuật sản phẩm của Công ty CP Đầu tư Phan Vũ, Việt Nam (2009).