
PHƯƠNG PHÁP GIA CỐ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG TRỤ ĐẤT – XIMĂNG

STABILIZATION OF SOFT SOIL BY THE SOIL CEMENT COLUMN METHOD

ThS. ĐOÀN THẾ MẠNH

Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Một trong các phương pháp gia cố nền đất mới được đưa vào ứng dụng ở Việt nam là gia cố nền đất bằng cọc đất-ximăng. Tuy vậy, sự hiểu biết và mạnh dạn áp dụng phương pháp gia cố này trong thực tế còn có nhiều hạn chế, kết quả thi công nhiều khi còn chưa đáp ứng được yêu cầu đề ra. Bài báo này giới thiệu về công nghệ thi công xử lý nền đất yếu bằng cọc đất-ximăng

Abstract

Soil-cement column method is one of the newest applied stabilization methods of soft-soil in Vietnam. However, the knowledge and the application experiences of this method still meet with difficulties. The achieved result sometimes does not match the requirements. This article introduces the technology of stabilization for soft-soil using soil-cement column method.

1. Giới thiệu chung

Cọc đất-ximăng(Đ-XM) là một trong những giải pháp xử lý nền đất yếu với khả năng ứng dụng tương đối rộng rãi như: làm tường hào chống thấm cho đê đập, gia cố nền móng cho các công trình xây dựng, ổn định tường chắn, chống trượt mái dốc, gia cố đất yếu xung quanh đường hầm, gia cố nền đường, mố cầu dẫn...So với một số giải pháp xử lý nền hiện có, công nghệ cọc Đ-XM có ưu điểm là khả năng xử lý sâu (đến 50m), thích hợp với các loại đất yếu (từ cát thô cho đến bùn yếu), thi công được cả trong điều kiện nền ngập sâu trong nước hoặc điều kiện hiện trường chật hẹp, trong nhiều trường hợp đã đưa lại hiệu quả kinh tế rõ rệt so với các giải pháp xử lý khác.

1.1. Ứng dụng của cọc đất – ximăng

- Làm giảm độ lún và tăng độ ổn định của nền đất đắp.
- Làm tăng độ ổn định của mái dốc, gia cố hố đào móng nông.
- Nền và móng cho công trình.
- Giảm áp lực đất chủ động, tăng áp lực đất bị động lên tường cừ ở hố đào sâu.

1.2. Các công trình thông dụng sử dụng công nghệ cọc đất – ximăng:

- Công trình giao thông: nền đắp của đường bộ, đường sắt, đường dẫn đầu cầu, bến bãi đỗ xe, cảng container.....
- Móng bồn bể chứa. Nền móng nhà công nghiệp
- Các loại hố đào.
- Các vùng đất lấn biển, san lấp ven sông.

1.3. Hiệu quả từ việc sử dụng công nghệ gia cố đất nền bằng cọc đất – ximăng:

- Kinh tế, thời gian xử lý nhanh.
- Không gây ảnh hưởng tới các công trình lân cận.

1.4. Tình hình nghiên cứu, ứng dụng phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc ximăng - đất trên thế giới .

Tại Châu Âu, công nghệ cọc Đ-XM được nghiên cứu và ứng dụng bắt đầu ở Thụy Điển và Phần Lan bắt đầu từ năm 1967. Nước ứng dụng công nghệ Đ-XM nhiều nhất là Nhật Bản và các

nước vùng Scandinaver. Theo thống kê của hiệp hội CDM (Nhật Bản), tính chung trong giai đoạn 1980-1996 có 2345 dự án, sử dụng 26 triệu m³ BTD. Riêng từ 1977 đến 1993, lượng đất gia cố bằng xi măng ở Nhật vào khoảng 23,6 triệu m³ cho các dự án ngoài biển và trong đất liền, với khoảng 300 dự án. Hiện nay hàng năm thi công khoảng 2 triệu m³.

Tại Trung Quốc, công tác nghiên cứu bắt đầu từ năm 1970, tổng khối lượng xử lý bằng cọc Đ-XM ở Trung Quốc cho đến nay vào khoảng trên 1 triệu m³.

1.5. Tình hình nghiên cứu, ứng dụng phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc xi măng - đất ở Việt Nam:

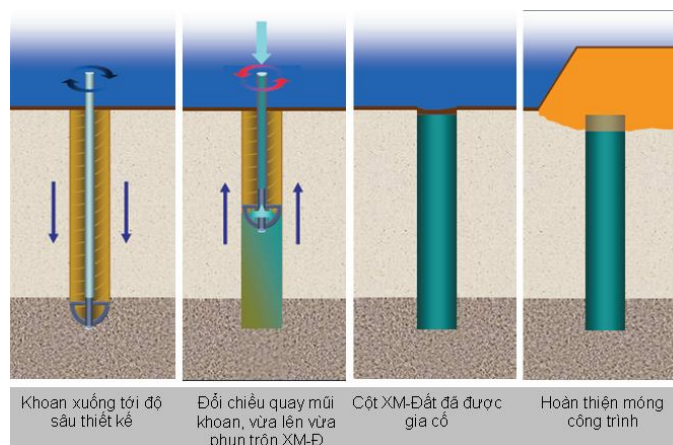
Tại Việt nam, việc áp dụng thi công đại trà gia cố nền đất sử dụng công nghệ khô trộn sâu – thi công cọc Đ-XM bắt đầu được tiến hành từ những năm đầu thế kỷ 21. Năm 2001, tập đoàn Hercules của Thụy điển hợp tác với Công ty CP Phát triển kỹ thuật xây dựng(TDC) thuộc Tổng công ty xây dựng Hà nội đã thi công xử lý nền móng cho 08 bể chứa xăng dầu có đường kính 21m, cao 9m (dung tích 3000m³ / bể) của công trình Tổng kho xăng dầu Cần thơ bằng cọc đất xi măng. Từ năm 2002 đến 2005 đã có một số dự án bắt đầu ứng dụng cọc Đ-XM vào xây dựng các công trình trên nền đất, như: Dự án cảng Ba Ngòi (Khánh Hòa) đã sử dụng 4000m cọc Đ-XM có đường kính 0,6m , gia cố nền móng cho nhà máy nước huyện Vụ Bản (Hà Nam), xử lý móng cho bồn chứa xăng dầu ở Đình Vũ (Hải Phòng), dự án thoát nước khu đô thị Đồ Sơn - Hải Phòng, dự án sân bay Cần Thơ, dự án cảng Bạc Liêu, các dự án trên đều sử dụng công nghệ trộn khô, độ sâu xử lý trong khoảng 20m.

Năm 2004, Viện Khoa học Thủy lợi đã tiếp nhận chuyển giao công nghệ khoan phụt cao áp (Jet-grouting) từ Nhật Bản. Đề tài đã ứng dụng công nghệ và thiết bị này trong nghiên cứu sức chịu tải của cọc đơn và nhóm cọc, khả năng chịu lực ngang, ảnh hưởng của hàm lượng XM đến tính chất của cọc Đ-XM,... nhằm ứng dụng cọc Đ-XM vào xử lý đất yếu, chống thấm cho các công trình thủy lợi. Nhóm đề tài cũng đã sửa chữa chống thấm cho Cống Trại (Nghệ An), cống D10 (Hà Nam), Cống Rạch C (Long An)... Tại thành phố Đà Nẵng, cọc Đ- XM được ứng dụng ở Plaza Vĩnh Trung dưới 2 hình thức: Làm tường trong đất và làm cọc thay cọc nhồi.

Tại Tp. Hồ Chí Minh, cọc Đ-XM được sử dụng trong dự án Đại lộ Đông Tây, building Saigon Times Square.. Hiện nay, các kỹ sư hãng Orbitec đang đề xuất sử dụng cọc Đ-XM để chống mất ổn định công trình hồ bán nguyệt – khu đô thị Phú Mỹ Hưng, dự án đường trục Bắc – Nam (giai đoạn 3) cũng kiến nghị chọn cọc Đ-XM xử lý đất yếu.

2. Nguyên tắc gia cố đất nền

Cọc Đ-XM được gia cố là hỗn hợp giữa đất nguyên trạng nơi gia cố với hỗn hợp xi măng được phun xuống thông qua thiết bị khoan trộn. Cột gia cố tạo thành bởi hỗn hợp đất tại chỗ và chất kết dính, mà thông thường là vôi và xi măng. Mũi trộn được đưa xuống đất bằng cách khoan xoay, khi tới độ sâu thiết kế, mũi trộn đảo chiều ngược lại và đồng thời rút dần lên, trộn đất tại chỗ với chất gia cố. Trong suốt quá trình rút lên, hỗn hợp chất gia cố được phun vào bằng khí nén ở đầu mũi trộn, tới cao độ đầu cột thì dừng lại.



Hình 1- Công nghệ thi công cọc xi măng - đất

Việc hình thành cường độ xảy ra thông qua quá trình ninh kết của hỗn hợp Đ- XM. Khi xi măng được trộn với đất, xi măng phản ứng với nước tạo ra Canxi hydroxit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ từ đó kết hợp với đất nền tạo ra keo ninh kết CSH, đây là quá trình Hydrat hoá. Phản ứng này diễn ra nhanh và mạnh toả ra một nhiệt lượng lớn và giảm bớt lượng nước có trong đất gia cố. Hợp chất Hydrat này tạo ra một hỗn hợp liên kết các thành phần hạt trong đất gia cố hình thành lên khoáng chất nền bền vững, cứng.



3. Công nghệ thi công

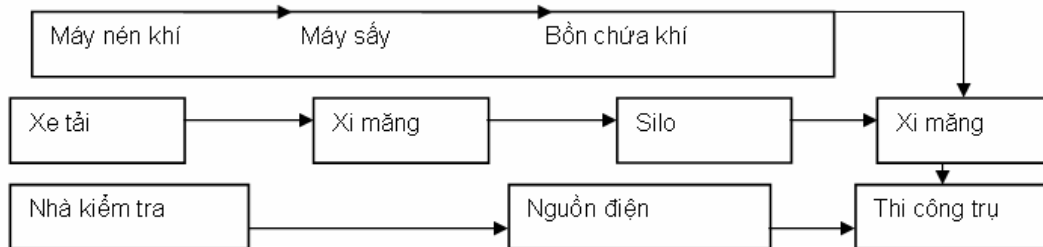
Hiện nay phổ biến hai công nghệ thi công cọc Đ-XM là: Công nghệ trộn khô (Dry Jet Mixing) và Công nghệ trộn ướt (Wet Mixing hay còn gọi là Jet-grouting).

Trong phương pháp trộn khô, không khí dùng để dẫn xi măng bột vào đất (độ ẩm của đất cần phải không nhỏ hơn 20%). Trong phương pháp trộn ướt, vữa xi măng là chất kết dính. Trộn khô chủ yếu dùng cải thiện tính chất của đất dính, trong khi phun ướt thường dùng trong đất rời.

3.1 Công nghệ thi công trộn khô

Nguyên tắc chung của phương pháp trộn khô được thể hiện trên hình.1. Khí nén sẽ đưa xi măng vào đất. Quy trình thi công gồm các bước sau:

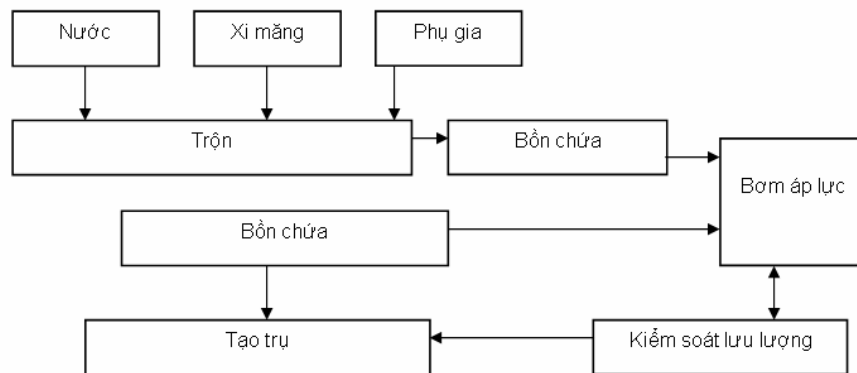
- Định vị thiết bị trộn
- Xuyên đầu trộn xuống độ sâu thiết kế đồng thời phá toai đất;
- Rút đầu trộn lên, đồng thời phun xi măng vào đất
- Đầu trộn quay và trộn đều xi măng với đất
- Kết thúc thi công.



Hình 2 - Sơ đồ thi công trộn khô

3.2 Công nghệ thi công trộn ướt

Nguyên lý trộn ướt được mô tả trong hình.2.



Hình 3 - Sơ đồ thi công trộn ướt

Trộn ướt dùng vữa xi măng. Khi cần có thể cho thêm chất độn (cát và phụ gia). Khối lượng vữa thay đổi được theo chiều sâu. Khi chế tạo trụ trong đất rời dùng khoan guồng xoắn liên tục có cánh trộn và cánh cắt hình dạng khác nhau, có đủ công suất để phá kết cấu đất và trộn đều vữa.

Cường độ và tính thấm phụ thuộc vào thành phần và đặc tính của đất (hàm lượng hạt mịn, hàm lượng hữu cơ, loại sét, thành phần hạt...), khối lượng và chủng loại vữa và quy trình trộn.

Có thể ngưng trộn khi vữa chưa bắt đầu đông cứng, khởi động trộn lại tại độ sâu ít nhất 0.5 m trong đất đã xử lý.

Bơm để chuyển vữa đến lỗ phun cần phải có đủ công suất (tốc độ truyền và áp lực) để truyền lượng vữa thiết kế an toàn.

Được biết hiện nay ở Việt Nam, Trung tâm Công nghệ Máy xây dựng và Cơ khí thực nghiệm thuộc Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải đã nghiên cứu và chế tạo thành công thiết bị điều khiển và định lượng xi măng để thi công cọc đất gia cố. So với sản phẩm cùng loại của CHLB Đức, thiết bị do Trung tâm chế tạo có tính năng kỹ thuật tương đương nhưng giá thành chỉ bằng 30%. So với thiết bị của Trung Quốc, thiết bị có nhiều tính năng ưu việt hơn hẳn: Do sử dụng máy cơ sở là loại búa đóng cọc di chuyển bằng bánh xích, nên tính cơ động cao, tốc độ làm việc của thiết bị khoan lớn, năng suất gấp 1,5-2 lần. Đặc biệt, tổ hợp thiết bị được trang bị hệ thống điều khiển hiện đại, toàn bộ các thao tác thi công cọc gia cố được tự động hóa theo các chương trình, các số liệu về lượng xi măng sử dụng trên từng mét cọc được hiển thị, lưu giữ và in thành bảng kết quả thi công cho từng cọc. Đây chính là những chỉ tiêu rất quan trọng đánh giá chất lượng của thiết bị cũng như chất lượng của cọc gia cố được thi công.

4. Công tác khảo sát, thí nghiệm phục vụ tính toán và thiết kế cải tạo, gia cố nền bằng công nghệ trộn sâu cột đất – xi măng.

4.1 Công tác khảo sát hiện trường

Mục đích: làm rõ các yếu tố về địa hình, địa mạo, tính chất cơ lý của nền đất tự nhiên, các tầng lớp địa chất, tính chất thủy văn, mực nước ngầm...qua đó xác định các chỉ tiêu:

- + Địa hình khu vực cần gia cố.
- + Lát cắt địa chất.
- + Các thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý của đất tự nhiên.
- + Các điều kiện địa chất thủy văn, mực nước ngầm.
- + Các hồ sơ, tài liệu các công trình lân cận.

4.2. Công tác thí nghiệm trong phòng

Mục đích: thông qua thí nghiệm xác định được hàm lượng chất kết dính và phụ gia cần thiết để tạo ra được một loại đất gia cố có các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật hợp lý, phục vụ cho tính toán thiết kế.

Giá trị cường độ thiết kế của đất gia cố là kết quả của mẫu thí nghiệm ở tuổi 28 ngày. Để xác định giá trị này ta phải thực hiện với nhiều tổ mẫu với hàm lượng xi măng khác nhau. Với mỗi loại tổ hợp không nhỏ hơn 3 mẫu. Mỗi tổ hợp mẫu được thí nghiệm để xác định các chỉ tiêu ở độ tuổi 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày. Cần xác định các chỉ tiêu:

- + Chỉ tiêu cơ lý ($\gamma_c, \omega_c, \Delta_c, \epsilon_c \dots$).
- + Chỉ tiêu cường độ (chịu cắt, chịu nén...).
- + Môđun biến dạng của đất trộn xi măng E_c .

4.3. Thí nghiệm hiện trường

Mục đích: kiểm tra chất lượng, quá trình phát triển cường độ, khả năng chịu tải của cọc Đ-XM tại hiện trường để kiểm tra giá trị thiết kế, qua đó có thể điều chỉnh lại thiết kế cho phù hợp với điều kiện thực tế. Cường độ của cọc nói riêng và các chỉ tiêu cơ lý nói chung chịu ảnh hưởng rất

lớn của điều kiện địa chất thủy văn ở ngoài thực tế. Công tác thí nghiệm hiện trường được tiến hành trước khi thi công đại trà, ở khu vực thí công.

Các thí nghiệm thường hay được sử dụng gồm có:

a. Thí nghiệm xuyên cắt thuận, xuyên cắt nghịch.

Tiến hành thí nghiệm trước và sau khi gia cố để đánh giá chất lượng đồng đều của cọc Đ-XM và hiệu quả gia cố khi so sánh với đất nền không được gia cố. Thông qua thí nghiệm xác định được: sức kháng xuyên q_{uc} từ đó xác định được cấu tạo địa tầng khu vực thí nghiệm, các chỉ tiêu cơ lý, cường độ trước và sau khi gia cố, sức chịu tải của cọc Đ-XM. Hiện nay thí nghiệm này được dùng phổ biến. Tuy nhiên, với phương pháp trộn ướt, thí nghiệm này không thực hiện được.

b. Thí nghiệm khoan lấy lõi.

Trong trường hợp dùng phương pháp trộn ướt để gia cố nền móng, không thể thực hiện được thí nghiệm xuyên cắt thì tiến hành khoan lấy lõi. Dùng thiết bị chuyên dụng khoan lấy lõi của cọc Đ-XM. Mẫu nguyên dạng được mang về phòng thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý mà thiết kế yêu cầu để kiểm tra đánh giá được hiệu quả gia cố.

c. Thí nghiệm nén tải trọng tĩnh (cọc đơn hoặc nhóm cọc)

Xác định sức chịu tải nén của cọc đơn, của cụm cọc. Qui trình gia tải, dỡ tải tuân theo các tiêu chuẩn của TCVN. Căn cứ vào yêu cầu tính toán thiết kế mà người thiết kế cần xác định các thông số tương ứng phục vụ cho công tác của mình. Tuy nhiên hầu hết các trường hợp cần xác định các chỉ tiêu cơ lý, cường độ chịu nén R_{nc} , sức kháng cắt q_{uc} , môđun biến dạng hỗn hợp Đ-XM E_c , mức độ biến dạng của cọc và đất.

5. Các phương pháp tính toán và thiết kế cải tạo gia cố đất nền bằng công nghệ trộn sâu cọc đất – xi măng.

Việc tính toán thiết kế của nền đất gia cố bằng phương pháp trộn sâu dựa trên nhiều giả thiết với các quan điểm khác nhau, nhưng có thể khái quát thành 3 quan điểm chính:

- Quan điểm xem cọc Đ-XM và nền đất tự nhiên chưa được gia cố cùng làm việc đồng thời như một nền tương đương. Tính toán và thiết kế như đối với nền thông thường(có cùng chung các tính chất cơ lý).
- Quan điểm cọc Đ-XM làm việc như một cọc đơn chịu lực. Tính toán thiết kế như móng cọc.
- Quan điểm hỗn hợp: tính sức chịu tải của nền như là tính với móng cọc, còn tính biến dạng thì tính toán theo nền tương đương.

Tuy nhiên các phương pháp này phụ thuộc rất nhiều vào công nghệ thi công cũng như điều kiện làm việc của cọc, điều kiện địa chất, tính chất cơ lý... của nền được gia cố, việc tính toán thiết kế cần đề cập đến các hệ số kinh nghiệm.

Ưu điểm của công nghệ trộn sâu cọc đất – xi măng.

- Lượng chất gia cố được trộn trong cọc chính xác.
- Có chất lượng tốt với đất có độ ẩm cao(> 75%).
- Cải thiện cơ bản kết cấu đất nền trong khu vực được gia cố.

6. Kiểm soát chất lượng

Bao gồm 3 quá trình chủ yếu sau đây:

- Kiểm soát trong quá trình thiết kế hàm lượng trộn được thực hiện trong phòng, bước này đưa ra được hàm lượng trộn và cách thức trộn một cách hợp lý.
- Kiểm soát trong quá trình thi công: số vòng quay của mũi trộn, số lần trộn/ mét cọc, lượng xi măng sử dụng.
- Kiểm soát sau khi thi công cọc: tiến hành các thí nghiệm kiểm tra chất lượng cọc như: đào lộ đầu cọc, khoan lấy mẫu để thí nghiệm, xuyên cắt cây cọc, thí nghiệm bèn nén nền hỗn hợp.

7. Thiết bị thi công

Tổ hợp thiết bị thi công bao gồm:

- Máy khoan, máy phát điện, máy nén khí và bình tích áp, máy sấy khí.
- Bình trộn xi măng, chứa xi măng, téc cung cấp xi măng.
- Thiết bị định lượng (cân khối lượng, đo độ sâu).

Thiết bị điện tử tích hợp trên máy khoan kiểm soát chặt chẽ việc bơm phun gia cố: các thông số của một cây cọc Đ-XM được lưu vào thiết bị và được in ra dưới dạng phiếu có đầy đủ các thông tin về cây cọc đó: chiều sâu khoan, chiều sâu bơm phun, lượng xi măng được phun ra trên từng mét dài cọc, khối lượng xi măng bơm phun cho toàn cây cọc, thời gian bắt đầu và kết thúc cho từng cây cọc.

Tổ hợp thiết bị cơ giới hoá cao, vận chuyển và lắp dựng được thực hiện nhanh chóng, và có thể di chuyển trên nền đất có cường độ thấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] TCXDVN 385 : 2006 Tiêu chuẩn thiết kế - thi công - nghiệm thu cọc đất- xi măng.

[2] Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công Hạng mục gia cố kè sau cầu Cầu tàu 20.000DWT của Công ty cổ phần cảng dịch vụ dầu khí Đình Vũ.

[3] Http:// www.orbitec.vn: xử lý đất yếu bằng cọc đất – xi măng. *Ths. Nguyễn Duy Liêm.*

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Văn Ngọc
