

GIỚI THIỆU CÔNG NGHỆ THI CÔNG TRỤ ĐẤT XI MĂNG TRỘN SÂU ĐƯỜNG KÍNH LỚN TRONG XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU

Nguyễn Giang Nam

Viện Khoa học công nghệ xây dựng
Email: namibst@gmail.com, 0906 002 626

DOI: <https://doi.org/10.59382/hnkh17-ibst.2025.ses3-9>

TÓM TẮT: Bài báo trình bày về công nghệ trụ xi măng đất trộn sâu đường kính lớn (RAS) áp dụng trong xử lý nền đất yếu. Phương pháp này được đánh giá cao về khả năng gia cố đất nền nhanh và hiệu quả trong điều kiện địa chất đặc thù của nhiều khu vực tại Việt Nam.

TỪ KHOẢ: Trụ đất xi măng, Đất yếu, Gia cố nền.

ABSTRACT: This paper presents the large-diameter Deep Cement Mixing (RAS) technology applied for soft ground improvement. The method is highly valued for its capability to rapidly and effectively stabilize soft soils under the specific geological conditions of many regions in Vietnam.

KEYWORDS: Deep cement mixing, Soft soil, Ground Improvement.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam có đường bờ biển kéo dài và mạng lưới sông ngòi dày đặc với diện tích đất yếu phân bố rộng rãi, đặc biệt tại các khu vực ven biển, Đồng bằng sông Cửu Long và những vùng trũng thuộc các đô thị lớn như Thủ đô Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh. Sự hiện diện phổ biến của nền đất yếu đặt ra nhiều rủi ro nghiêm trọng đối với công trình xây dựng, bao gồm hiện tượng lún không đều, sụt trượt và suy giảm tuổi thọ công trình. Trước thách thức này, các kỹ sư đã và đang nghiên cứu, áp dụng nhiều giải pháp nhằm gia cố và cải thiện nền đất một cách hiệu quả.

Các phương pháp xử lý nền truyền thống như bấc thấm hay cọc cát thường mất nhiều thời gian và không thể đáp ứng yêu cầu của các dự án lớn. Kỹ thuật trộn sâu (CDM), sử dụng máy để trộn vật liệu kết dính với đất nền tại chỗ đã trở thành một giải pháp hiệu quả được ứng dụng rộng rãi. Tuy nhiên, các kỹ thuật trộn sâu thông thường có một số nhược điểm đó là sự phân bố không đều của vật liệu xi măng dẫn đến sự giảm sút cường độ của trụ theo chiều sâu, làm giảm hiệu quả gia cố tổng thể.

Kỹ thuật trộn hai chiều đã được phát triển, sử dụng nguyên lý trộn đồng thời trong cả quá trình hạ và nâng mũi khoan. Phương pháp này đảm bảo vật liệu kết dính được phân bố đều hơn, cải thiện đáng kể cường độ và độ đồng nhất của trụ.

Bài báo này cung cấp cái nhìn tổng quan và những điểm khác biệt chính của công nghệ của trụ RAS so với trụ đất xi măng thông thường trong xử lý nền đất yếu góp phần nâng cao năng lực xây dựng, đáp ứng hiệu quả nhu cầu phát triển bền vững của ngành Xây dựng.

2. CÔNG NGHỆ TRỤ ĐẤT XI MĂNG TRỘN SÂU ĐƯỜNG KÍNH LỚN RAS

Trụ RAS được phát triển dựa trên công nghệ trộn sâu hai chiều bởi công ty RAITO KOGYO CO., Ltd. của Nhật Bản và đã được Hiệp hội khoa học vật liệu Nhật Bản chứng nhận chất lượng vào năm 2001. Từ đó đến nay, công nghệ này đã được áp dụng thi công cho hơn 600 công trình với tổng khối lượng trụ đất được cải tạo trên 9,6 triệu m³.

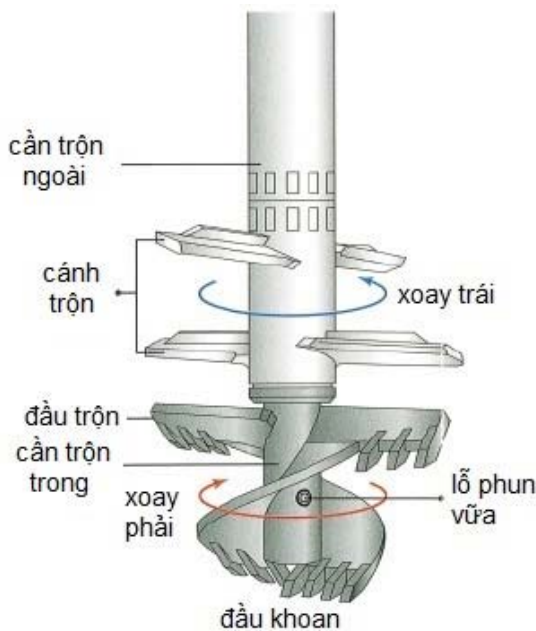
Đây là một loại trụ đất xi măng đường kính lớn (1.400 mm đến 2.500 mm) có tính kinh tế được áp dụng nhiều để cải tạo đất trên diện tích rộng cho các công trình xây dựng, khối đắp, tường chắn, khối đắp, ổn định mái dốc, công trình phụ trợ và hạ tầng kỹ thuật.

Công nghệ thi công trụ RAS sử dụng chuyển động quay thuận và nghịch, trong đó đầu khoan trộn và cánh trộn quay theo hai hướng ngược nhau. Đất khi đó được cắt, trộn và làm mịn cường bức bằng phương pháp xoay thuận nghịch nên ngăn ngừa được hiện tượng dính bám đồng quay của đất thường thấy trong các công nghệ

CDM thông thường có cánh trộn quay theo một hướng. Do đó, cải thiện được mật độ và tăng tính đồng nhất.

Phương pháp thi công trụ RAS nhờ cơ chế quay thuận/ngược và khả năng tạo mô men xoắn cao nên độ rung lắc của trục nhỏ, độ thẳng đứng tối ưu cùng với sử dụng đầu khoan công suất lớn nên có thể thực hiện thi công xuyên qua các lớp đất cứng xen kẽ.

Máy móc thiết bị sử dụng là máy khoan cọc nhồi cỡ lớn dạng bánh xích, có mô-men xoắn và lực ép cao, ổn định trên nền đất yếu, tích hợp hệ thống bơm vữa và giám sát tự động, đáp ứng yêu cầu thi công các cọc đất - xi măng đường kính lớn, chiều sâu lớn, trong điều kiện địa chất phức tạp. Ngoài ra, còn có thiết bị trộn hai chiều chuyên dụng (Hình 1).

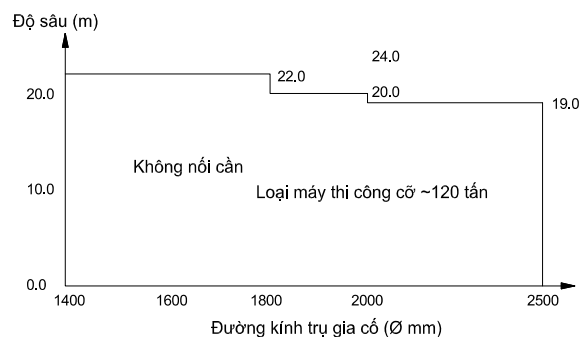
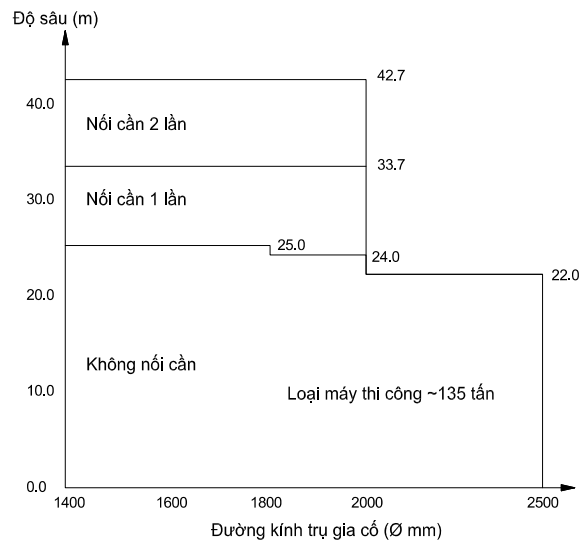
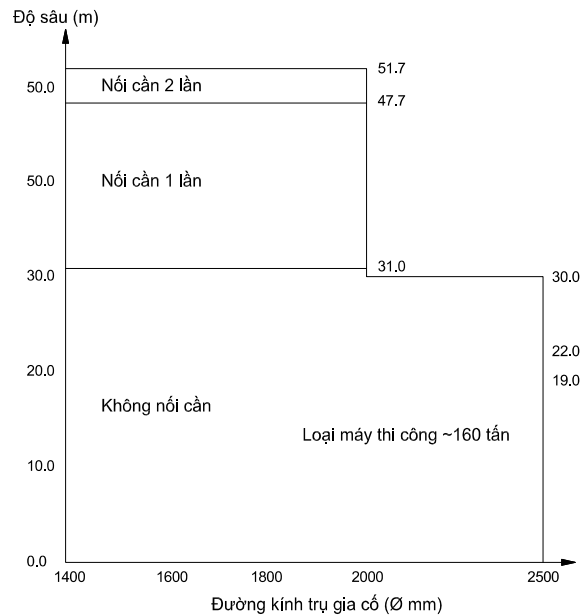


Hình 1: Thiết bị trộn của công nghệ thi công trụ RAS

2.1. Độ sâu thi công

Công nghệ thi công trụ RAS nhờ cơ chế quay thuận/ngược và khả năng tạo mô men xoắn cao nên độ rung lắc của trục nhỏ và độ thẳng đứng tối ưu, cùng với sử dụng đầu khoan công suất lớn nên có thể thực hiện thi công xuyên qua các lớp đất cứng xen kẽ.

Độ sâu thi công có thể thay đổi tùy thuộc vào loại máy thi công và đường kính trụ RAS, độ sâu tiêu chuẩn với một số loại máy cơ sở tham khảo trong Hình 2.



Hình 2: Quan hệ giữa độ sâu thi công và đường kính trụ đất xi măng [2]

2.2. Khả năng áp dụng đối với các loại đất nền

Thiết bị thi công trụ RAS có đầu khoan/trộn công suất cao nên có thể áp dụng cho nhiều loại đất nền. Phạm vi áp dụng của thiết bị thi công tùy thuộc vào đường kính thể hiện trong Bảng 1.

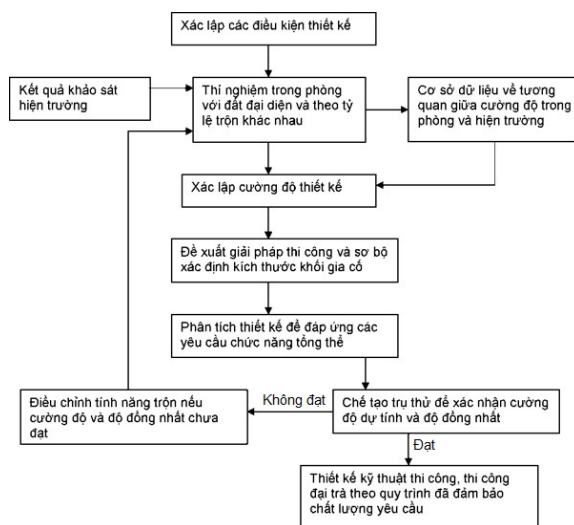
Bảng 1: Phạm vi áp dụng của thiết bị thi công cho các loại đất [3]

Đường kính (mm)	Loại đất	
	Đất loại sét	Đất cát và sỏi sạn
$D \leq 1.600$	$N_{SPT} \leq 20$	$N_{SPT} \leq 50$
$D \leq 1.800$	$N_{SPT} \leq 15$	$N_{SPT} \leq 50$
$D \leq 2.000$	$N_{SPT} \leq 10$	$N_{SPT} \leq 40$
$D \leq 2.500$	$N_{SPT} \leq 7$	$N_{SPT} \leq 30$

3. QUY TRÌNH THIẾT KẾ, THI CÔNG GIA CỐ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG TRỤ RAS

Thiết kế, thi công gia cố nền đất yếu bằng trụ RAS cần tuân theo quy trình sau (Hình 3):

- Khảo sát địa chất công trình, thí nghiệm xác định hàm lượng xi măng thích hợp trong phòng thí nghiệm;
- Thiết kế sơ bộ nền gia cố theo điều kiện tải trọng tác dụng của kết cấu bên trên (căn cứ vào kết quả thí nghiệm trong phòng và kinh nghiệm tích lũy);
- Thi công trụ thử bằng thiết bị dự kiến sử dụng;
- Tiến hành các thí nghiệm kiểm tra hiện trường (xuyên cánh, xuyên tĩnh, nén tĩnh, lấy mẫu...);
- So sánh với các kết quả thí nghiệm trong phòng, đánh giá lại các chỉ tiêu cần thiết;
- Điều chỉnh thiết kế (hàm lượng xi măng, tỷ lệ phụ gia, chiều dài hoặc khoảng cách giữa các trụ...);
- Thi công đại trà theo công nghệ đã đạt yêu cầu và tiến hành kiểm tra chất lượng phục vụ nghiệm thu.



Hình 3: Quy trình chung về thiết kế, thi công [1]

Tuy cùng một tỷ lệ pha trộn nhưng luôn có sự khác nhau giữa mẫu chế bị trong phòng và thực tế thi công bằng các thiết bị ngoài hiện trường, cho nên

việc thi công trụ thử, tìm hiệu quả gia cố tối ưu là quy định bắt buộc. Trụ thử phải thi công ngoài công trình để có thể tiến hành thí nghiệm kiểm tra.

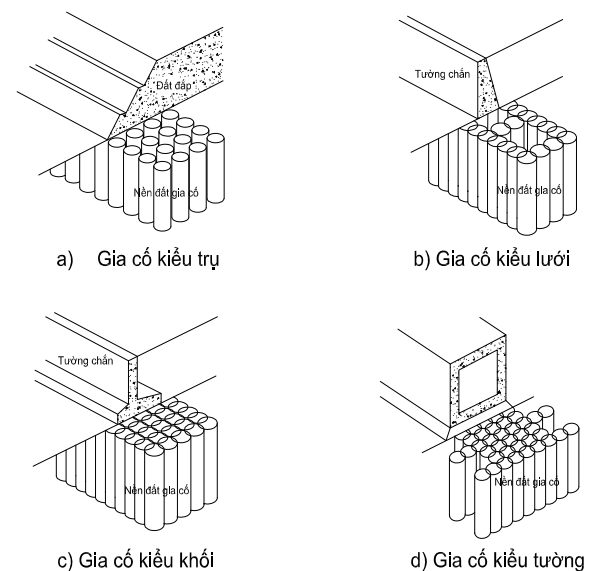
Dự án trụ RAS được tiến hành theo quy trình lập, quyết định thi công đại trà chỉ có thể đưa ra sau khi đã thi công và thí nghiệm trụ thử đạt yêu cầu.

Tất cả các thông tin cần thiết để phục vụ dự án cần được cung cấp cho thiết kế, trong đó kinh nghiệm tích lũy của nhà thầu thi công và tư vấn thiết kế có vai trò quan trọng.

4. CÁC HÌNH THỨC GIA CỐ

Thiết kế gia cố sử dụng trụ RAS dựa trên đặc điểm chịu lực của nền có thể phân ra thành gia cố kiểu trụ và gia cố dạng khối (Hình 4). Gia cố kiểu trụ (gồm có: kiểu trụ đơn, kiểu trụ tiếp xúc) là khi xem xét sự làm việc của nền dưới dạng nền hỗn hợp giữa đất và trụ RAS dựa trên cường độ trung bình còn gia cố dạng khối (gồm có: kiểu tường, kiểu lưới và kiểu khối) khi nền gia cố tạo thành một kết cấu đồng nhất gồm các trụ RAS.

Tùy thuộc vào đặc điểm của công trình có thể lựa chọn các hình thức gia cố như trong Hình 4.



Hình 4: Các hình thức gia cố

5. YÊU CẦU KHI THI CÔNG

Công nghệ trụ RAS yêu cầu một lượng vữa xi măng tối thiểu dựa trên điều kiện ở hiện trường để hỗ trợ quá trình trộn và tăng cường chất lượng.

Bảng 2: Xác định lượng vữa xi măng tối thiểu

Đường kính trụ RAS	Lượng vữa xi măng tối thiểu
$D1400 \div D1600$	$> 130 \text{ l/m}^3$
$D1600 \div D2000$	$> 150 \text{ l/m}^3$
$D2000 \div D2500$	$> 200 \text{ l/m}^3$

6. NHỮNG LƯU Ý KHI THIẾT KẾ

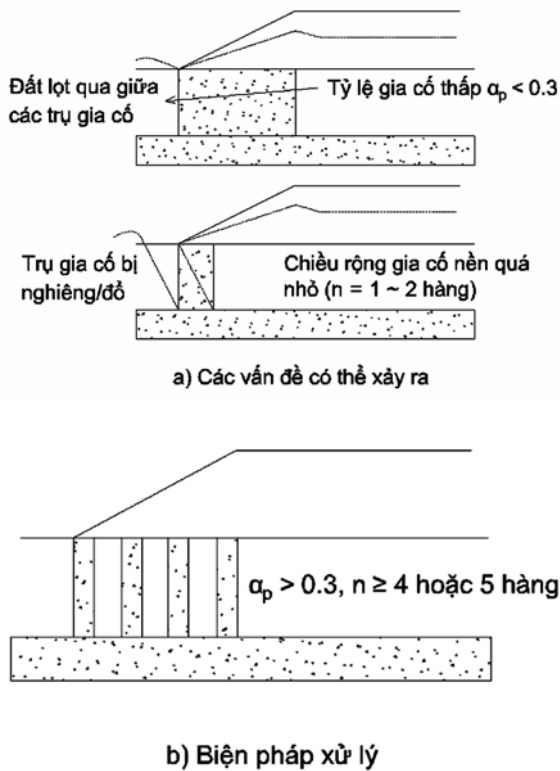
Thiết kế gia cố bằng công nghệ trụ RAS cần xem xét quy mô của công trình, tải trọng tác dụng lên kết cấu chính, mô hình tính toán, đặc điểm và điều kiện của đất nền, các vấn đề về hoá lỏng (nếu có), chuyển vị, độ lún... để có thể áp dụng phương án gia cố.

Tỷ số giữa chiều rộng gia cố (B) chiều sâu gia cố (D) nhỏ có thể gây ra biến dạng dưới tác động của tải trọng ngang do áp lực đất hoặc trượt.

Việc sử dụng trụ RAS cường độ cao để thu hẹp chiều rộng khối gia cố hoặc sử dụng tỷ lệ gia cố thấp dưới 30% có thể làm trụ bị uốn cong hoặc xô lệch.

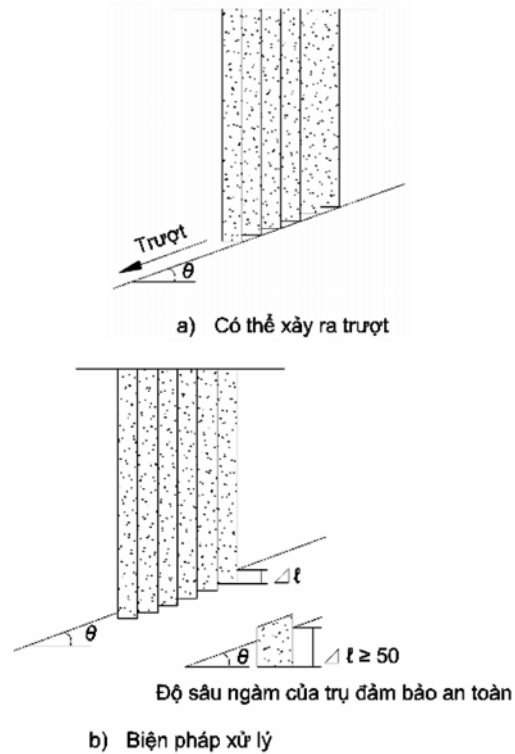
Tỷ lệ gia cố thấp do khoảng cách giữa các trụ lớn khi tải trọng bên trên lớn có thể dẫn đến bề mặt nền gia cố bị lồi lõm do lún không đều.

Độ đồng nhất của trụ kém sẽ ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của khối gia cố.



Hình 5: Các lưu ý khi thiết kế trụ RAS

Khi lớp đất cứng bên dưới đáy khối gia cố có độ dốc lớn và độ sâu gia cố chỉ chạm đến bề mặt nền đất cứng thì có thể dẫn đến khả năng bị trượt. Vì vậy, cần thi công trụ ngập vào trong lớp đất cứng tối thiểu 50 cm. Trường hợp lớp đất quá cứng hoặc đá gốc, không xuyên vào được thì phải tính toán đến khả năng trượt trên mặt dốc và thực hiện các biện pháp mở rộng khối gia cố (Hình 6).



Hình 6: Giải pháp gia cố cho trường hợp nền đất cứng bên dưới dốc

7. KẾT LUẬN

Công nghệ trụ đất xi măng trộn sâu đường kính lớn (RAS) là một giải pháp hiệu quả và tiên tiến cho việc xử lý nền đất yếu, đặc biệt phù hợp với điều kiện địa chất phức tạp ở Việt Nam. Khác với các phương pháp truyền thống, RAS sử dụng máy móc chuyên dụng để trộn hai chiều thuận/nghịch chất kết dính (xi măng) với đất nền tại chỗ, tạo thành các cột trụ có đường kính lớn. Điều này không chỉ giúp tăng cường đáng kể khả năng chịu tải và giảm độ lún của nền đất mà còn rút ngắn thời gian thi công, giảm thiểu chi phí và tác động đến môi trường xung quanh.

Công nghệ RAS đã và đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới và cho thấy tiềm năng to lớn trong các dự án phát triển cơ sở hạ tầng tại Việt Nam, bao gồm xây dựng đường, cảng biển và các công trình dân dụng công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 9403:2012 Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng.
- [2] TCCS 94:2025/IBST Gia cố nền đất bằng trụ đất xi măng, công nghệ trộn sâu đường kính lớn trụ RAS - Yêu cầu thiết kế, thi công và nghiệm thu.
- [3] Sổ tay hướng dẫn thiết kế thi công trụ RAS. Hiệp hội nghiên cứu trụ RAS, Nhật Bản.