

# Công nghệ xử lý nền đất yếu khu vực Đồng bằng sông Cửu Long

## Technology for soft ground treatment in the Mekong Delta

> TS ĐỖ THỊ MỸ DUNG<sup>1</sup>; TS LÂM THANH QUANG KHAI<sup>2</sup>

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

<sup>1</sup>Email: dothimydung1983@gmail.com

<sup>2</sup>Email: lamthanhquangkhai@gmail.com

### TÓM TẮT:

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có đất nền thường là các lớp trầm tích mềm yếu, có độ ẩm cao, có hàm lượng hữu cơ lớn. Đất yếu được hiểu là các loại đất có sức chống cắt nhỏ và tính biến dạng (ép lún) lớn, do vậy công trình xây dựng trên đất yếu, nếu không có các biện pháp xử lý thích hợp thường dễ bị mất ổn định toàn khối hoặc lún nhiều, lún kéo dài ảnh hưởng đến công trình bên trên và các công trình lân cận. Xử lý nền đất yếu nhằm mục đích làm tăng sức chịu tải của nền đất, cải thiện một số tính chất cơ lý của nền đất yếu như: Giảm hệ số rỗng, giảm tính nén lún, tăng độ chặt, tăng trị số modun biến dạng, tăng cường độ chống cắt của đất... Bài báo này các tác giả trình bày một số công nghệ xử lý nền đất yếu khu vực ĐBSCL, kết quả nghiên cứu góp phần làm phong phú thêm nguồn tài liệu tham khảo cho các đơn vị liên quan.

**Từ khóa:** Nền đất yếu; ĐBSCL; đặc tính cơ học; đất trầm tích; mô đun biến dạng...

### ABSTRACT:

The Mekong Delta with the soft ground and soft sedimentary layers with high humidity, high organic content. Soft ground are understood as soils with small shear strength and large deformation, so construction works placed on soft ground often lose stability, much subsidence, affecting the works above and neighboring works if no measures are taken. Soft ground treatment aims to increase the bearing capacity of the ground, improve some mechanical properties of the soft ground such as: Reducing porosity coefficient, reducing compaction, increasing compaction, increasing deformation modulus, increasing soil shear strength.... In this paper, the authors present some technologies to treat soft ground in the Mekong Delta, the research results contribute to enriching reference sources for relevant units.

**Keywords:** Soft ground; Mekong Delta; mechanical properties; sedimentary layers; deformation modulus....

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Địa chất xây dựng ĐBSCL thường là á sét, sét trạng thái dẻo cứng, dẻo mềm, dẻo chảy phân bố từ mặt đất tự nhiên xuống độ sâu khoảng 5- 15 m, thậm chí đến 35-40m tùy từng vùng, góc ma sát trong của lớp này thay đổi trong biên độ từ 2<sup>o</sup>-10<sup>o</sup>, lực dính từ 0,025 đến 0,06 kg/cm<sup>2</sup>. Do đó khi xây dựng công trình trên nền đất này thường gặp sự cố lún. Trong thời gian gần đây xuất hiện nhiều công trình xây dựng gặp sự cố do lún gây ra làm tổn kém và ảnh hưởng đến đời sống của người dân. Một trong những nguyên nhân sụt lún công trình trong vùng đất yếu này là do giải pháp xử lý nền không phù hợp, không kiểm soát được quá trình lún của đất nền theo thời gian. Việc xử lý khi xây dựng công trình trên nền đất yếu phụ thuộc vào điều kiện như: đặc điểm công trình, đặc điểm của nền đất... Với từng điều kiện cụ thể mà người thiết kế sẽ tính toán lựa chọn đưa ra các biện pháp xử lý nền đất yếu một cách hợp lý. Do đó, trong bài báo này, các tác giả trình bày một số công nghệ xử lý nền đất yếu khu vực ĐBSCL là rất cần thiết.

### 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU.

#### 2.1. Tổng quan về nền đất yếu

Nền đất yếu là nền đất không đủ sức chịu tải, không đủ độ bền và biến dạng nhiều, do vậy không thể làm nền thiên nhiên cho công trình xây dựng. Khi xây dựng công trình tại khu vực ĐBSCL có đất nền thường là đất mềm yếu, tùy thuộc vào mặt cắt địa chất, chỉ tiêu cơ lý, đặc điểm cấu tạo của công trình mà ta sử dụng phương pháp xử lý cho phù hợp nhằm tăng sức chịu tải của nền đất, đảm bảo công trình xây dựng trên đó giữ được ổn định lâu dài, hạn chế đến mức thấp nhất các sự cố, hư hỏng khi xây dựng công trình trên nền đất yếu.

Kết quả thí nghiệm của rất nhiều mẫu đất thuộc các tỉnh khu vực ĐBSCL cho các đặc trưng về biến dạng, lịch sử chịu tải, khả năng thoát nước cũng như đặc trưng sức kháng cắt của đất cho thấy đặc điểm của nền đất yếu thường là đất sét có lẫn nhiều hữu cơ; sức chịu tải bé (0,5-1kg/cm<sup>2</sup>); đất có tính nén lún lớn ( $a > 0,1 \text{ cm}^2/\text{kg}$ ); hệ số rỗng  $e$  lớn ( $e > 1,0$ ); độ sệt lớn ( $B > 1$ ); mô đun biến dạng bé ( $E < 50 \text{ kg/cm}^2$ ); khả năng chống cắt ( $C$ ) bé, khả năng thấm nước bé; hàm lượng nước trong đất cao, độ bão hòa nước  $G > 0,8$ , dung trọng bé. [1]

Để đảm bảo an toàn trong quá trình thi công cũng như trong giai đoạn khai thác, sử dụng cần đề ra những biện pháp xử lý nền

đất yếu thích hợp với từng điều kiện cụ thể cho khu vực đó. Chúng ta đã và đang có những biện pháp xử lý nền đất yếu như: Phương pháp xử lý nền bằng đệm cát, phương pháp gia tải trước, phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thẳm, phương pháp gia cường nền đất yếu bằng cọc bê tông cốt thép tiết diện nhỏ, phương pháp Cọc tre và củ tràm, phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát, Phương pháp xử lý nền bằng cọc vôi và cọc xi măng đất, Gia cố nền đất yếu bằng phương pháp hút chân không ...

## 2.2. Một số biện pháp xử lý nền đất yếu

### 2.2.1. Phương pháp xử lý nền bằng đệm cát

Phương pháp xử lý nền bằng đệm cát là phương pháp thay lớp đất yếu trên bề mặt bằng cát làm tăng tốc độ cố kết của nền công trình, từ đó tăng khả năng chịu tải của đất nền.

Phương pháp thi công: Đào bỏ một phần hoặc toàn bộ lớp đất yếu (trường hợp lớp đất yếu có chiều dày bé) và thay vào đó bằng cát hạt trung, hạt thô, mỗi lớp cái rải khoảng 20cm sau đó sử dụng đầm lăn hoặc đầm rung đầm chặt.



Hình 1- Nền công trình được thay bằng cát (Công trình Khu B Trường ĐHXD Miền Tây)

### 2.2.2. Phương pháp gia tải trước

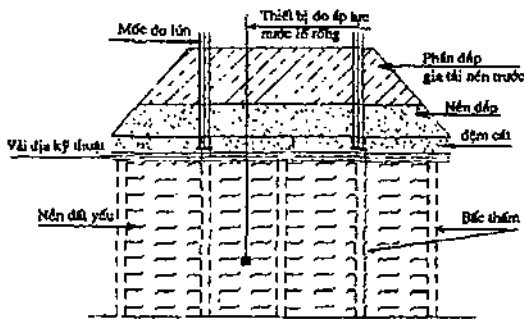
Phương pháp gia tải trước là phương pháp làm cho nền đất có kết cấu trước khi đặt công trình lên đó.

Phương pháp thi công có hai cách:

Cách 1: Tạo áp lực cho nền bằng cách chất lên nền 1 tải trọng lớn, tải đó có thể là đất, cát, khối bê tông, thép...

Cách 2: Tạo điều kiện cho nước bên dưới đất nền thoát ra ngoài dễ dàng, có thể dùng bắc thẳm, giếng cát, giếng bơm nước.

Hai cách này có thể thi công độc lập từng cách, tuy nhiên khi kết hợp hai phương pháp này cùng lúc thì tốc độ cố kết nền đất sẽ nhanh hơn, rút ngắn thời gian chờ hơn.



Hình 2- Phương pháp gia tải trước (kết hợp gia tải và thoát nước bên dưới đất nền)

### 2.2.3. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thẳm

Là phương pháp kỹ thuật thoát nước thẳng đứng bằng bắc thẳm kết hợp với gia tải trước. Khi chiều dày đất yếu rất lớn hoặc khi độ thấm của đất rất nhỏ thì có thể bố trí đường thẳm thẳng đứng để tăng tốc độ cố kết. Phương pháp này thường dùng để xử

lý nền đường đắp trên nền đất yếu. Quy trình thi công bắc thẳm bao gồm 6 bước:

Bước 1: Chuẩn bị mặt bằng;

Bước 2: Chuẩn bị vật tư và công nghệ thi công;

Bước 3: Định vị mặt bằng thi công: Định vị tất cả các điểm phải cắm bắc thẳm bằng máy đo đạc theo hàng dọc và hàng ngang đúng với sơ đồ thiết kế.

Bước 4: Thi công cắm bắc thẳm

- Đưa máy cắm bắc thẳm vào đúng vị trí theo đúng hành trình đã định trước. Xác định trục xuất phát trên trục tâm để tính chiều dài bắc thẳm được cắm vào đất kiểm tra độ thẳng đứng của bắc thẳm.

- Lắp bắc thẳm vào trục tâm và điều khiển máy, chiều dài bắc thẳm được gấp lại tối thiểu 30cm và đưa đầu trục đến vị trí cắm bắc thẳm.

- Gắn đầu neo vào đầu dưới của bắc thẳm và được ghi lại bằng ghim thép. Các đầu neo có kích thước phù hợp với đầu bắc thẳm thông thường bằng thép có kích thước 85x150mm dày 0,5mm.

- Cắm trục tâm đã được gắn bắc thẳm đến độ sâu thiết kế với tốc độ đều trong phạm vi 0,2-0,6m/s. Sau khi cắm xong kéo trục tâm lên lúc này đầu neo giữ bắc thẳm ở lại trong đất. Khi trục tâm đã được kéo lên hết, dùng kéo cắt đứt bắc thẳm sao cho còn lại ít nhất 20cm đầu bắc thẳm nhô trên lớp cát và quá trình lặp lại với vị trí khác.



Hình 3- Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thẳm

Bước 5: Kiểm tra kỹ thuật thi công;

- Bắc thẳm phải đảm bảo yêu cầu về chất lượng ghi trong mục 5.3 của [2];

- Mỗi lô hàng phải có chứng chỉ xuất xưởng và kiểm tra chất lượng kèm theo. Khối lượng kiểm tra trung bình 10000 m thi nghiệm một mẫu hoặc khi thay đổi lô hàng nhập;

- Phải ghi lại chiều dài mỗi cuộn bắc thẳm và quan sát bằng mắt thường xem bắc có bị gãy lõi không

- Khi di chuyển, máy không được đề lên những đầu bắc thẳm đã được thi công.

- Hành trình di chuyển của máy là ít nhất.

- Trước khi thi công chính thức, đơn vị thi công phải tổ chức thi công thí điểm trên một phạm vi đủ để máy di chuyển 2 - 3 lần khi thực hiện các thao tác ấn bắc thẳm.

- Việc thí điểm phải có sự chứng kiến của Tư vấn giám sát và trong quá trình thí điểm phải có theo dõi, kiểm tra.

- Kiểm tra mỗi thao tác thi công và mức độ chính xác của việc ấn bắc thẳm (độ thẳng đứng, vị trí trên mặt bằng và độ sâu).

- Thi công thí điểm đạt yêu cầu thì mới được phép tiến hành thi công đại trà

Bước 6: Nghiệm thu công trình theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9355:2012 Gia cố nền đất yếu bằng bắc thẳm thoát nước.

**2.2.4. Gia cường nền đất yếu bằng cọc bê tông cốt thép tiết diện nhỏ**

Hiện nay, khi thiết kế các công trình nhà dân dụng trên nền đất yếu khu vực ĐBSCL, phương án gia cố nền móng bằng cọc bê tông cốt thép đúc sẵn tiết diện nhỏ được sử dụng khá phổ biến. Cọc bê tông cốt thép tiết diện nhỏ là một giải pháp tốt để xử lý nền đất yếu vì mang lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật. Công nghệ cọc nhỏ cho phép giảm chi phí vật liệu, thi công đơn giản, đồng thời truyền tải trọng công trình xuống các lớp đất yếu hơn, giảm độ lún tổng cộng và độ lún lệch của công trình.

Cọc tiết diện nhỏ được hiểu là các loại cọc có đường kính hoặc cạnh từ 10 đến 25cm. Ở ĐBSCL hiện nay thường sử dụng cọc được sản xuất đại trà tại nhà máy cấu kiện bê tông An Giang. Cọc nhỏ có thể được thi công chủ yếu bằng công nghệ đóng, ép.



Hình 4- Cọc bê tông cốt thép tiết diện nhỏ

Phương pháp thi công:

Bước 1: Chuẩn bị mặt bằng

Bước 2: Định vị tìm cọc

Bước 3: Đưa máy ép (đóng) vào vị trí, ép cọc đến cos thiết kế, di chuyển dần ép (đóng) đến tìm tiếp theo.

Bước 4: Kiểm tra và nghiệm thu.



Hình 5- Ép cọc bê tông cốt thép gia cố nền đất yếu tại Vinh Long [3]

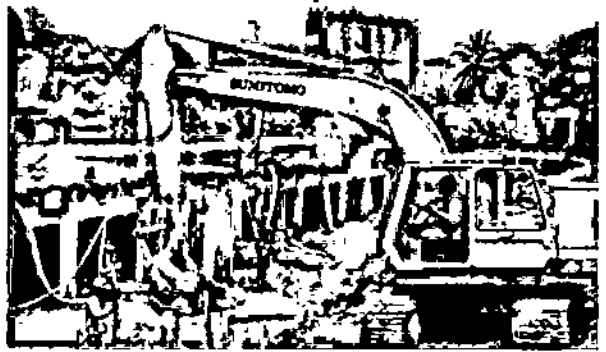
**2.2.5. Cọc tre và củ tràm**

Cọc tre, củ tràm là một phương pháp gia cố nền đất yếu hay dùng trong dân gian thường chỉ dùng dưới móng chịu tải trọng không lớn trong công trình xây dựng. Đóng cọc tre, củ tràm là để nâng cao độ chặt của đất, giảm hệ số rỗng dẫn đến nâng cao sức chịu tải của đất nền.

Chỉ được đóng cọc tre, củ tràm trong đất ngập nước để tre, tràm không bị mục nát, nếu đóng trong đất khô không nước cọc

tre, tràm sẽ bị mục nát tạo ra chất hữu cơ trong đất phản tác dụng làm nền đất yếu đi.

Ở ĐBSCL thường sử dụng củ tràm để gia cường nền đất yếu đối với những công trình chịu tải trọng không lớn. Theo kinh nghiệm, thường 25 củ tràm được đóng cho 1m<sup>2</sup>, đóng theo hình tròn ốc. Phương pháp thi công cũng rất đơn giản, hiện nay đối với công trình đường xá thuận tiện đơn vị thi công thường sử dụng máy đào gầu nghịch để ép củ tràm xuống cos thiết kế.



Hình 6- Đóng củ tràm bằng máy đào gầu nghịch

Đối với công trình thi công ở nơi có đường xá chật hẹp, hiện nay các đơn vị thi công thường dùng dàn đóng tự chế.



Hình 7- Đóng củ tràm dàn tự chế

**2.2.6. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát**

Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát là một trong những phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cơ học. Cọc cát không phải là một bộ phận của kết cấu móng, không tiếp nhận và truyền tải trọng xuống nền đất như những loại cọc cứng khác, cọc cát chỉ tiếp nhận một phần tải trọng truyền xuống nền đất, nhiệm vụ chính của cọc cát là lèn chặt và thoát nước cho nền đất, làm tăng sức chịu tải cho nền.

Quy trình thi công cọc cát:

1. Xác định vị trí: Đặt ống vách đúng vị trí thi công đã thiết kế trước.

2. Đóng ống vách: Dùng búa rung đóng ống vách xuống lòng đất. Vừa đóng vừa kiểm tra áp lực đóng và độ sâu đóng, kiểm tra đóng hồ đo chiều sâu mũi cọc.

3. Đổ cát vào trong ống: Sau khi đóng ống vách xuống độ sâu cần thiết, mở cửa xả phễu để cho cát vào ống. Để đẩy cát xuống một cách liên tục bảo đảm cọc không bị gãy, thiếu đường kính và liên tục từ dưới lên trên. Đặt đồng hồ đo cát ở chế độ làm việc.

4. Rút ống vách lên: tiến hành rút vách và thực hiện mở van xả khí từ máy nén hoặc bơm nước vào ống. Khi rút ống cọc, cần thực hiện song song với việc điều khiển búa rung để lượng cát sẽ nằm lại trong lòng ống. Sau đó thực hiện đo chiều sâu của lớp cát, nếu

không đạt mức nhỏ hơn thiết kế quy định thì phải tiến hành đổ cát thêm cho đến khi đáp ứng đủ.

Cọc cát thì công đơn giản, vật liệu rẻ tiền (cát) nên giá thành rẻ hơn so với dùng các loại vật liệu khác. Cọc cát thường được dùng để gia cố nền đất yếu có chiều dày > 3m.



Hình 8- Công nhân cho cát vào trong ống vách

### 2.2.7. Phương pháp xử lý nền bằng cọc vôi và cọc xi măng đất

Cọc vôi thường được dùng để xử lý, nén chặt các lớp đất yếu như: Than bùn, bùn, sét và sét pha ở trạng thái dẻo nhão. Việc sử dụng cọc vôi có những tác dụng sau:

- Sau khi cọc vôi được đầm chặt, đường kính cọc vôi sẽ tăng lên 20% làm cho đất xung quanh nén chặt lại.

- Khi vôi được tơi trong lỗ khoan thì nó toả ra một nhiệt lượng lớn làm cho nước lỗ rỗng bốc hơi làm giảm độ ẩm và tăng nhanh quá trình nén chặt.

- Sau khi xử lý bằng cọc vôi nền đất được cải thiện đáng kể: Độ ẩm của đất giảm 5-8%; Lực dính tăng lên khoảng 1,5-3 lần.

Cọc xi măng - đất được nghiên cứu và phát triển đầu tiên tại Thụy Điển và Nhật Bản từ những năm 1960, được xem là một trong những công nghệ xử lý nền đem lại hiệu quả kinh tế lớn, và đặc biệt phù hợp với điều kiện địa chất phổ biến trên lãnh thổ Việt Nam, đặc biệt địa chất ĐBSCL. Công nghệ Cọc xi măng - đất có khả năng xử lý sâu đến 50m, thích hợp với các loại đất yếu (từ cát thô cho đến bùn yếu), thi công được trong điều kiện nền ngập sâu trong nước hay điều kiện hiện trường chật hẹp.

Cọc xi măng đất bản chất là hỗn hợp giữa đất nguyên trạng nơi gia cố và xi măng được phun xuống nền đất bởi thiết bị khoan phun. Mũi khoan được khoan xuống làm tơi đất cho đến khi đạt độ sâu lớp đất cần gia cố thì quay ngược lại và dịch chuyển lên. Trong quá trình dịch chuyển lên, xi măng được bơm phun vào nền đất (bằng áp lực khí nén đối với hỗn hợp khô hoặc bằng bơm vữa đối với hỗn hợp dạng vữa ướt).



Hình 9- Thi công cọc xi măng đất

Ở Việt Nam hiện nay phổ biến hai công nghệ thi công cọc xi măng đất là công nghệ trộn khô (Dry Jet Mixing) và công nghệ trộn ướt (Wet Mixing hay Jet-grouting) - là công nghệ của Nhật

Bản. Mỗi công nghệ sẽ có thiết bị và dây chuyền thi công phù hợp khác nhau.

Theo công nghệ trộn ướt có thể thi công theo 6 bước sau:

Bước 1: Định vị máy khoan vào đúng vị trí khoan cọc bằng máy toàn đạc điện tử.

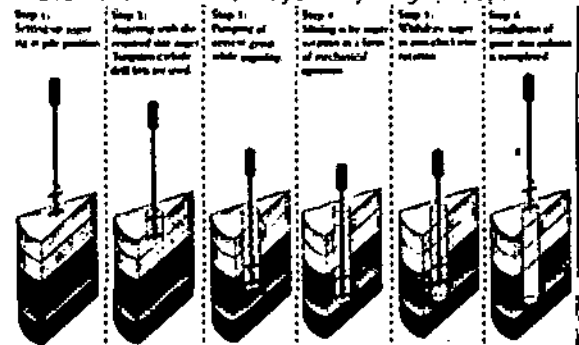
Bước 2: Bắt đầu khoan vào đất, quá trình mũi khoan sẽ đi xuống đến độ sâu theo thiết kế.

Bước 3: Bắt đầu bơm vữa theo quy định và trộn đều trong khi mũi khoan đang đi xuống, tốc độ mũi khoan đi xuống : 0,5m±0,7m/phút.

Bước 4: Tiếp tục hành trình khoan đi xuống, bơm vữa và trộn đều, đảm bảo lưu lượng vữa theo đúng thiết kế.

Bước 5: Khi đến độ sâu mũi cọc, dừng khoan và dừng bơm vữa và tiến hành quay mũi ngược lại và rút cần khoan lên, quá trình rút lên kết hợp trộn đều 1 lần và nén chặt vữa trong lòng cọc, nhờ cấu tạo mũi khoan. Tốc độ rút cần khoan lên trung bình: 0,8m±1,2m/phút.

Bước 6: Sau khi mũi khoan được rút lên khỏi miệng hố khoan, 01 cây cọc vữa được hoàn thành. Thực hiện công tác dọn dẹp phần phối vữa rơi vãi ở hố khoan, chuyển máy sang vị trí cọc mới.



Hình 10- Thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ trộn ướt

Quy trình thi công theo công nghệ trộn khô có thể theo 5 bước sau:

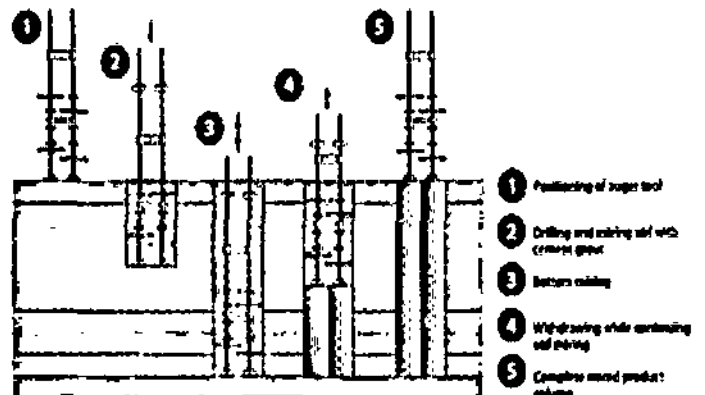
Bước 1: Định vị máy khoan vào đúng vị trí khoan cọc bằng máy toàn đạc điện tử.

Bước 2: Bắt đầu khoan, mũi khoan đi xuống độ sâu theo thiết kế đồng thời phá tơi đất.

Bước 3: Bắt đầu phun xi măng và trộn đều vào đất trong khi mũi khoan đang đi lên.

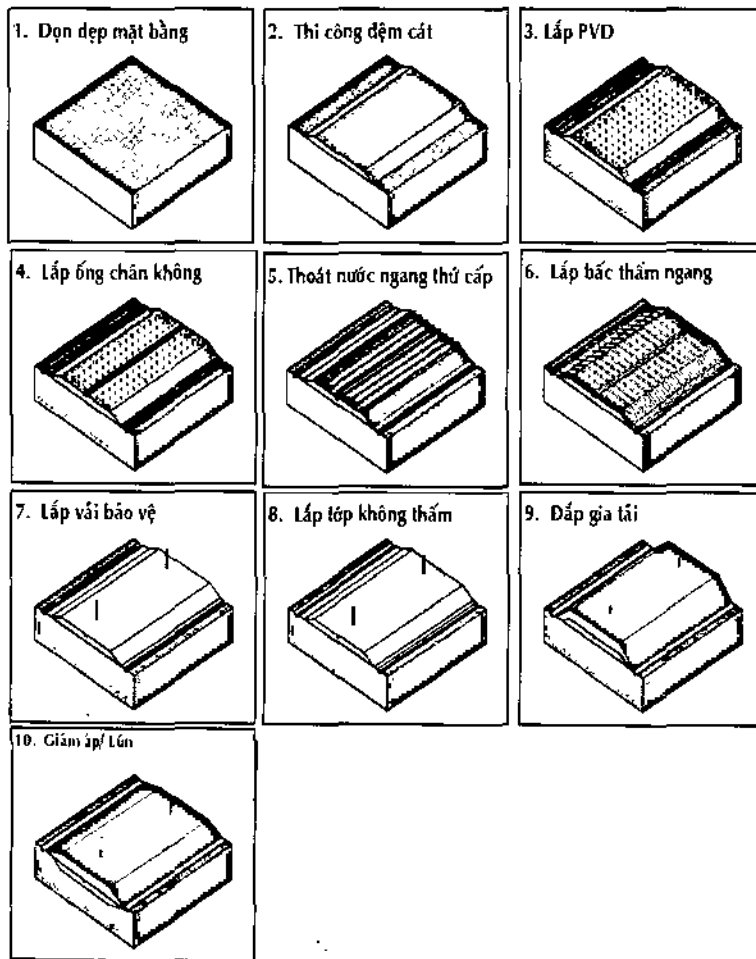
Bước 4: Hành trình khoan xoay bơm và trộn đều xi măng vào đất lưu lượng đúng thiết kế.

Bước 5: Kết thúc thi công cọc xi măng đất theo đúng độ sâu theo thiết kế.



Hình 11- Thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ trộn khô

### 2.2.8. Gia cố nền đất yếu bằng phương pháp hút chân không



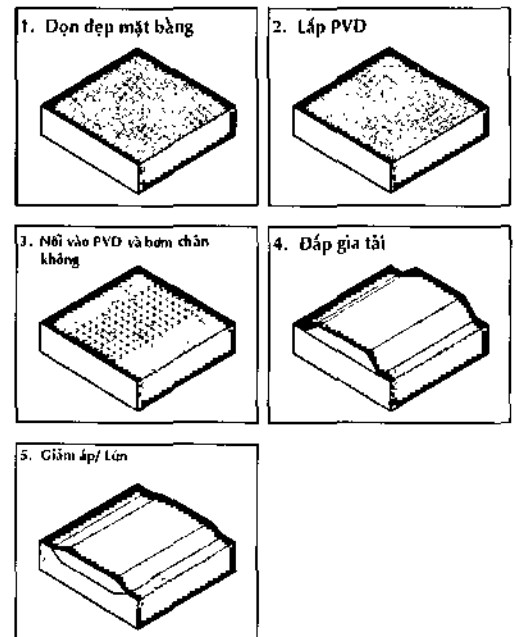
Hình 12. Đây chuyên thi công tiêu biểu của phương pháp cách khí bằng vải

Phương pháp gia cố nền đất yếu bằng chân không là một trong những phương pháp gia cố nền đất sét yếu, theo đó, áp suất chân không được áp dụng lên một diện tích nền được bao bởi các tấm (màng) vật liệu kín khí (airtight membrane), để bơm thoát nước lỗ rỗng chứa trong nền làm cho đất có kết nhanh. Công nghệ này được thực hiện thông qua vài lần làm áp lực bằng chân không kết hợp với số lần biến đổi năng lượng thích hợp để dòng nền từ đó hạ thấp tỷ lệ chứa nước trong đất, nâng cao mật độ đất, sức tải của nền, giảm sự sụt lún sau khi thi công và sự sụt lún sai khác ở nền đất yếu.

Ở Việt Nam sử dụng phương pháp cố kết chân không tại các công trình như: Nhà máy DAP, dự án Long Thành - Dầu Giây, Nhà máy soil Polyester Đình Vũ, Nhà máy điện CTHH Nhơn Trạch Đồng Nai, Cảng Đình Vũ Hải Phòng... Ở ĐBSCL phương pháp này được ứng dụng tại công trình nhà máy khí - điện - đạm Cà Mau

Phương pháp thi công hiện nay có hai phương pháp cố kết chân không là: phương pháp cách khí bằng vải và phương pháp ống hút trực tiếp.

Kỹ thuật cải tạo đất yếu thuộc lĩnh vực địa kỹ thuật, nhằm đưa ra các cơ sở lý thuyết và phương pháp thực tế để cải thiện khả năng tải của đất sao cho phù hợp với yêu cầu của từng loại công trình khác nhau.



Hình 13. Đây chuyên thi công tiêu biểu của phương pháp hút trực tiếp

### 3. KẾT LUẬN

Trong thực tế xây dựng, có rất nhiều công trình bị lún, sập khi xây dựng trên nền đất yếu do không có những biện pháp xử lý nền đất hiệu quả, các đơn vị liên quan không đánh giá chính xác được các tính chất cơ lý của nền đất để làm cơ sở và đề ra các giải pháp xử lý nền móng phù hợp. Đây là một vấn đề hết sức khó khăn, đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa kiến thức khoa học và kinh nghiệm thực tế để giải quyết, giảm được tối đa các sự cố, hư hỏng của công trình khi xây dựng trên nền đất yếu. Với các đặc điểm của đất yếu, muốn đặt móng công trình xây dựng trên nền đất này thì phải có các biện pháp kỹ thuật để cải tạo tính năng chịu lực của nó. Khi quyết định phương pháp sử dụng để gia cố nền đất yếu cần phải có sự tính toán thật kỹ lưỡng để đạt được hiệu quả cao nhất khi xây dựng công trình.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Xuân (chủ Nhiệm) (2020), "Nghiên cứu ảnh hưởng của xâm nhập mặn, triều cường, điều kiện địa chất, môi trường khí hậu tới tuổi thọ công trình tại Đàng bằng Sông Cửu Long, đề xuất các nhiệm vụ nghiên cứu trong 05 năm tới", Nhiệm vụ KHCN cấp Bộ XD, mã số: RD89-18
- [2]. TCVN 9355:2012 Gia cố nền đất yếu bằng bác thấm thoát nước.
- [3]. Huỳnh Hàn Phong (2022), Thi công cọc ép tiết diện nhỏ cho nhà xây chen từ 1 đến 5 tầng địa chất Thành Phố Vĩnh Long, Tạp chí XD, 1/2022.