

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

**VŨ VĂN KHÁNH**

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CỌC ĐẤT XI MĂNG  
THEO CÔNG NGHỆ TẠO CỌC BẰNG THIẾT BỊ  
TRỘN KIỂU TIA PHUN XI MĂNG (JET –  
GROUTING) CHO ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HẢI  
PHÒNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ  
CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH DÂN  
DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP**

**Người hướng dẫn khoa học:**

***GS.TSKH Nguyễn Văn Quảng***

**Hải Phòng, tháng 01 năm 2017**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan toàn bộ nội dung của Luận văn là do chính tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của GS. TSKH Nguyễn Văn Quảng. Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả Luận văn

Vũ Văn Khánh

## LỜI CẢM ƠN

Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật chuyên ngành Kỹ thuật công trình xây dựng với đề tài **“Nghiên cứu ứng dụng cọc đất xi măng theo công nghệ tạo cọc bằng thiết bị trộn kiểu tia phun xi măng (Jet-grouting) cho địa bàn thành phố Hải Phòng.”** là thành quả của những kiến thức đã thu nhận được của Học viên trong những năm học tại Trường đại học Dân lập Hải Phòng.

Học viên xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến GS.TSKH Nguyễn Văn Quảng - người đã trực tiếp hướng dẫn, chỉ bảo tận tình trong suốt thời gian nghiên cứu và hoàn thành Luận văn; Ban lãnh đạo Nhà trường và toàn thể các thầy cô thuộc khoa Xây dựng - Trường đại học Dân lập Hải Phòng, những người đã giúp đỡ cổ vũ và tạo mọi điều kiện cho Học viên trong suốt quá trình học tập, định hướng nghiên cứu cũng như thực hiện Luận văn.

Học viên cũng xin cảm ơn sự ủng hộ, động viên tinh thần nhiệt tình của gia đình, bạn bè, đồng nghiệp trong thời gian thực hiện Luận văn.

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài:

Đất nước ta đang trên con đường công nghiệp hóa, hiện đại hóa trong điều kiện nền kinh tế thị trường, ngành xây dựng tất yếu cần phải phát triển không ngừng và ngày càng lớn mạnh. Tiếp cận các công nghệ tiên tiến của thế giới và đưa vào ứng dụng trong nước để tạo ra sản phẩm có chất lượng, đạt hiệu quả kinh tế cao là một phần chiến lược phát triển khoa học công nghệ của Quốc gia hiện nay.

Để nâng cao chất lượng trong lĩnh vực xử lý nền các công trình xây dựng, thủy lợi, giao thông có rất nhiều công nghệ mới được đưa vào ứng dụng rộng rãi như bác thám, vải địa kỹ thuật, công nghệ xử lý nền đất yếu theo phương pháp ổn định toàn khối...và không thể không nói đến công nghệ khoan phụt cao áp (Jet - Grouting).

Tuy ra đời muộn nhưng công nghệ khoan phụt cao áp đã được các nhà chuyên môn đón nhận và đánh giá rất cao vì những ưu điểm nổi bật của nó, đặc biệt để giải quyết những khó khăn trong thi công.

Việc sử dụng phương pháp gia cố nền bằng cọc đất xi măng theo công nghệ Jet - grouting tại Hải Phòng chưa được áp dụng rộng rãi vì lý thuyết, phương pháp tính toán cũng như giá thành máy móc, chưa có những nghiên cứu nâng cao chất lượng trong quá trình thi công. Đặc biệt là chưa có những nghiên cứu ứng dụng chuyên sâu công nghệ này tại Hải Phòng.

Với những đặc điểm và yêu cầu nêu trên, đề tài “**Ứng dụng cọc đất xi măng theo công nghệ tạo cọc bằng thiết bị trộn kiểu tia phun xi măng (Jet Grouting) cho địa bàn thành phố Hải Phòng**” mang ý nghĩa thiết thực, cần thiết. Cọc đất xi măng thi công theo công nghệ Jet Grouting với các ưu điểm như giá thành rẻ hơn các công nghệ khác do không tốn nhiều vật liệu, tận dụng được vật liệu tại chỗ, thiết bị thi công không quá phức tạp... nếu tính toán áp dụng thành công thì sẽ đạt được hiệu quả rất lớn.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài:

- Một là, nắm được đặc điểm kỹ thuật của cọc đất xi măng và quy trình thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet – Grouting để có giải pháp quản lý đảm bảo chất lượng công trình;
- Hai là, nghiên cứu phạm vi áp dụng cọc đất xi măng cho các công trình xây dựng tại Hải Phòng; nghiên cứu khả năng áp dụng biện pháp xử lý nền bằng cọc đất xi măng cho các dạng đất yếu khác nhau trong khu vực thành phố Hải Phòng;
- Ba là, nghiên cứu tính toán, thiết kế cọc đất xi măng để ứng dụng cho các công trình xây dựng;
- Bốn là, áp dụng giải pháp hợp lý để quản lý tổ chức thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet - Grouting vào xử lý nền đất yếu tại Hải Phòng;
- Năm là, đề xuất giải pháp để đảm bảo chất lượng và kiểm tra đánh giá chất lượng trong quá trình thi công và nghiệm thu.

### **3. Hướng nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu**

- Thu thập các tài liệu và nghiên cứu lý thuyết: Tiêu chuẩn thiết kế trong và ngoài nước, tài liệu, báo cáo khoa học, giáo trình hướng dẫn tính toán thiết kế xử lý nền đất bằng cọc đất xi măng theo công nghệ tạo cọc bằng thiết bị trộn kiểu tia phun xi măng (Jet Grouting).
- Thu thập và phân tích số liệu các kết quả thí nghiệm và thi công các dự án đầu tư xây dựng có sử dụng giải pháp cọc đất xi măng gia cố nền đất yếu đã và đang được triển khai.
- Nghiên cứu ứng dụng cọc đất xi măng theo công nghệ tạo cọc bằng thiết bị trộn kiểu tia phun xi măng (Jet Grouting) cho địa bàn thành phố Hải Phòng
- Để áp dụng cọc đất xi măng một cách phổ biến trong xây dựng các công trình ở Việt Nam nói chung và Hải Phòng nói riêng, nội dung nghiên cứu của đề tài tập trung nghiên cứu làm rõ những vấn đề sau đây: cơ sở lý thuyết tính toán kết cấu cọc, sức chịu tải của cọc, quy trình công nghệ thi công cọc đất xi măng bằng thiết bị trộn kiểu tia phun xi măng (Jet Grouting) cho địa bàn thành phố Hải Phòng.

- Thu thập số liệu về địa chất các khu vực thuộc địa bàn thành phố Hải Phòng, từ đó nghiên cứu, tính toán áp dụng cho từng khu vực.

#### **4. Kết quả dự kiến đạt được**

Tổng quan về thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet – Grouting đã ứng dụng vào các công trình ở Việt Nam và trên thế giới. Từ đó, đề xuất giải pháp hợp lý trong việc ứng dụng công nghệ Jet Grouting để xử lý nền đất yếu cho địa bàn thành phố Hải Phòng.

Các kết quả nghiên cứu của Luận văn có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo, nghiên cứu và áp dụng cho chuyên ngành địa kỹ thuật, thi công và xây dựng công trình hạ tầng đô thị, và nếu được hoàn thiện thêm, sẽ là cơ sở khoa học để kiến nghị sử dụng rộng rãi phương pháp gia cố nền bằng cọc xi măng đất trong thực tiễn xây dựng các công trình ở Hải Phòng.

# **CHƯƠNG I**

## **TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CỘT ĐXM THEO CÔNG NGHỆ JET GROUTING**

Jet Grouting là một kỹ thuật gia cố nền bằng cách sử dụng tia nước/vữa/khí với áp lực cao để cắt đất, sau đó trộn vữa với đất vừa bị cắt tạo thành hỗn hợp đất – xi măng (soilcrete) có cường độ tốt hơn và hệ số thấm thấp hơn (Choi 2005, Essler & Yoshida 2004, Xanthakos et al. 1994). Trong hệ thống các phương pháp xử lý nền, Jet Grouting là phương pháp được sử dụng khá linh hoạt cho nhiều mục đích khác nhau như: gia cường móng cho các công trình, làm tường chống thấm, làm giảm và kiểm soát chuyển vị cho các hố đào hay trong quá trình thi công hầm, v.v. (Choi 2005, Essler & Yoshida 2004).

Phương pháp Jet Grouting có thể tạo ra khối soilcrete đảm bảo về cường độ với các hình dạng khác nhau thông qua các yếu tố như tốc độ xoay, tốc độ nâng cần, cách sắp xếp, bố trí các lỗ khoan, v.v. để phục vụ cho các mục đích cụ thể (Choi 2005). Hình dạng phổ biến nhất của Jet Grouting là dạng cột vữa, hình dạng này được tạo ra bằng xoay và nâng cần trong quá trình phụt vữa, khi cần tạo kết cấu dạng bản thì trong quá trình rút cần nhưng không xoay cần (Choi 2005). Các kết cấu dạng phức tạp khác như tường dạng màng, móng băng, tường trọng lực có thể tạo thành bằng cách kết hợp cấu trúc cơ bản dạng cột đã đề cập bên trên. Các kết cấu này tạo nên các khối soilcrete được ứng dụng trong địa kỹ thuật để giải quyết nhiều vấn đề. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi khắt khe về kỹ thuật trong thiết kế và trong thi công, nếu sai sót trong thiết kế hay sự cố trong thi công cũng sẽ dẫn đến sản phẩm soilcrete không đạt chất lượng (Essler & Yoshida 2004).

### **1. TÌNH HÌNH CÔNG NGHỆ JET GROUTING TRÊN THẾ GIỚI**

#### *a. Lịch sử ra đời*

Khả năng xói của tia nước đã được sử dụng cho mục đích đào đất từ rất sớm, đặc biệt là trong công nghiệp khai thác mỏ, thậm chí có một số tài liệu cho rằng kỹ thuật này được áp dụng từ thời Trung Cổ (Essler & Yoshida 2004). Kỹ thuật Jet Grouting sớm

được phát minh ở Anh vào thập niên 50, nhưng được ứng dụng đầu tiên ở Nhật vào thập niên 70 (Essler & Yoshida 2004). Những nghiên cứu và phát triển ban đầu sử dụng nguyên lý về cát và xói đất vào khoảng năm 1965 bởi Yamakado và cộng sự (Xanthakos et al. 1994 từ nguồn Miki & Nikanishi 1984). Trong giai đoạn này Jet Grouting được sử dụng đầu tiên chỉ để tạo tường ngăn nước (Essler & Yoshida 2004) (hình 1.1).



Hình 1.1: Jet Grouting được áp dụng ban đầu để tạo tường ngăn nước (Essler & Yoshida 2004).

Vào đầu những năm thập niên 70, phụt vữa cao áp kết hợp xoay cần xuất hiện ở Nhật vì kết cấu dạng bản khó tạo với các bê dày khác nhau và có cường độ yếu (Essler & Yashida 2004). Cuối những năm của thập niên 70, hầu hết các kỹ thuật cơ bản về Jet Grouting đã được tìm ra và được chấp nhận trên khắp thế giới, nhưng trước tiên chủ yếu là ở Đức, Pháp, Singapore và Brazil (Xanthakos et al. 1994). Phạm vi này được mở rộng đáng kể trong các thập kỷ sau.

Ở Nam Mỹ, ý tưởng về Jet Grouting được đề cập lần đầu tiên vào năm 1979, cho đến 1984 một số ít các dự án nhỏ sử dụng các hệ thống thi công phương pháp này (Xanthakos et al. 1994). Sự chấp nhận chậm công nghệ này do các hạn chế gồm: rủi ro khi sử dụng biện pháp mới, tính pháp lý của một phương pháp mới, tính không phù hợp của phương pháp đối với địa phương, hay các vấn đề về kỹ thuật dẫn đến tính kém hiệu quả của phương pháp, và đơn giản vì kỹ thuật này đắt tiền (Xanthakos et al. 1994 từ nguồn Andromalos and Pettit 1986). Tuy nhiên, trong các năm sau này số lượng các nhà thầu thi công được công nghệ này nhiều hơn và có kinh nghiệm hơn, đặc biệt trong mục



đích chống đỡ cho công trình trong đất cát hay sỏi sạn (Xanthakos et al. 1994). Cho đến năm 1987 thì Jet Grouting mới được dùng ở Mỹ (Choi 2005 từ nguồn Schaefer 1997).

Vào cuối thập niên 80, một ý tưởng mới cho phương pháp Jet Grouting, đó là dùng hai tia giao nhau để hạn chế khả năng cắt của tia vữa áp lực cao – Crossjet Grouting. Phương pháp này cho đường kính cọc chính xác như mong muốn và áp dụng cho mọi loại đất (Essler & Yoshida 2004).

Đầu thập niên 90, phương pháp mới hơn về Jet Grouting, Supperjet Grouting, có khả năng gia tăng đường kính cọc được phát triển. Phương pháp này tạo ra cọc có đường kính lớn hơn 5m thậm chí lên đến 9m trong nền đất yếu (Essler & Yoshida 2004). Hình 2 cho thấy cột vữa thi công bằng công nghệ Supper Jet Grouting với đường kính trên 4 m.



Hình 1.2: Cột vữa thi công bằng công nghệ SupperJet Grouting với đường kính trên 4m (Kazemian&Huat 2009 từ nguồn Ratio 2006)

### *b. Ứng dụng cọc đất xi măng trên thế giới*

Những nước ứng dụng công nghệ trộn sâu nhiều nhất là Nhật Bản và các nước vùng Scandinaver (Bắc Âu). Theo thống kê của hiệp hội cọc trộn sâu (Cement deep mixing methods – CDM-Nhật Bản), tính chung trong giai đoạn 80~96 có 2345 dự án, sử dụng 26 triệu m<sup>3</sup> hỗn hợp xi măng - đất. Riêng từ 1977 đến 1993, lượng đất gia cố bằng trộn sâu ở Nhật vạm khoảng 23.6 triệu m<sup>3</sup> cho các dự án ngụy biển vạm trong đất liền, với khoảng 300 dự án. Hiện nay hàng năm thi công khoảng 2 triệu m<sup>3</sup>. Đến 1994, hãng SMW Seiko đã thi công 4000 dự án trên toàn thế giới với 12.5 triệu m<sup>2</sup> (7 triệu m<sup>3</sup>).

Tạp chí Tin tức kỹ thuật (ENR) thường xuyên thông báo các thành tựu của công nghệ trộn sâu (Deep mixing - DM) ở Nhật Bản, chẳng hạn số 1983 đăng kết quả ứng dụng cho các công trình nền móng thi công trong nước, số 1989 về tác dụng chống động đất, số 1986 về các tường chống thấm. Hàng năm, các hội nghị về các công nghệ gia cố nền được tổ chức tại Tokyo, trong hội nghị nhiều thành tựu mới nhất về khoan phục và DM đã được trình bày.

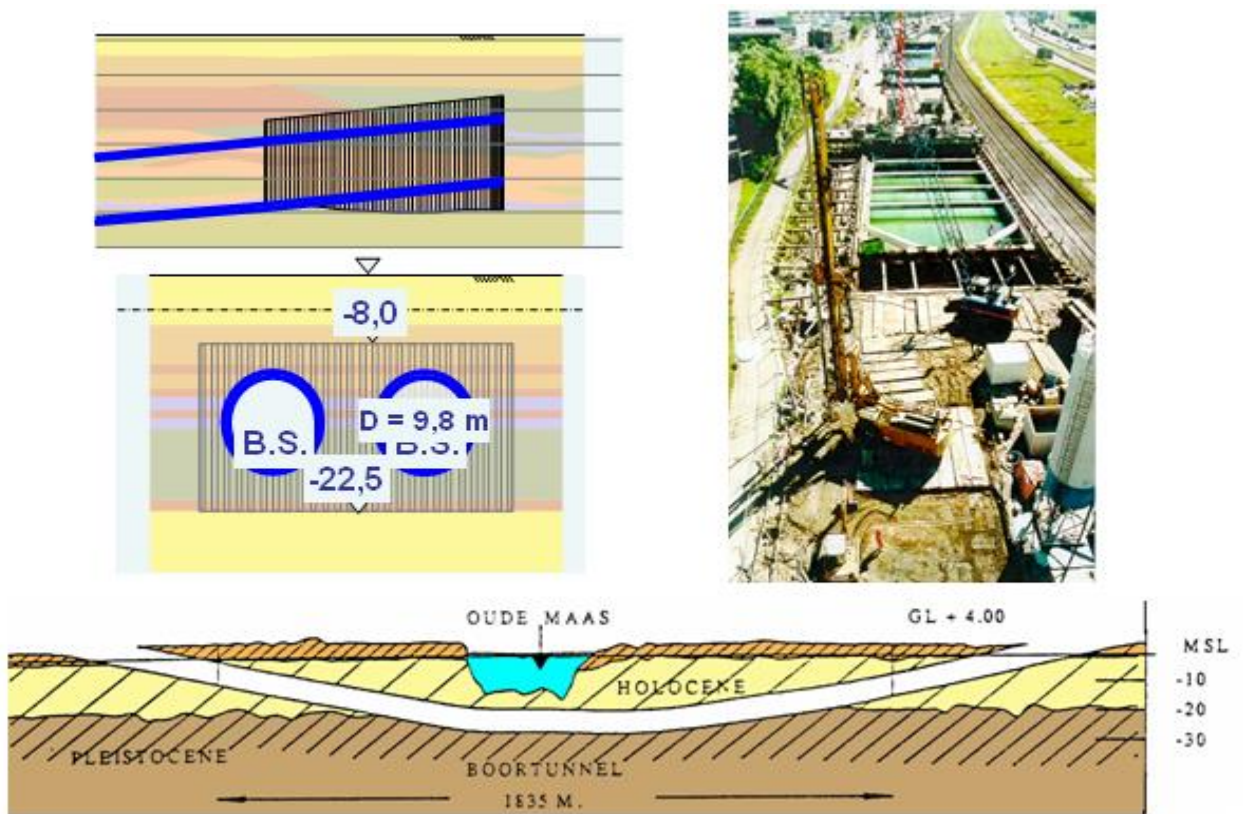
Tại Trung Quốc, công tác nghiên cứu bắt đầu từ năm 1970, mặc dù ngay từ cuối những năm 1960, các kỹ sư Trung Quốc đã học hỏi phương pháp trộn vôi dưới sâu và CDM ở Nhật Bản. Thiết bị trộn sâu dùng trên đất liền xuất hiện năm 1978 và ngay lập tức được sử dụng để xử lý nền các khu công nghiệp ở Thượng Hải. Tổng khối lượng xử lý bằng trộn sâu ở Trung Quốc cho đến nay vào khoảng trên 1 triệu m<sup>3</sup>. Từ năm 1987 đến 1990, công nghệ trộn sâu đã được sử dụng ở Cảng Thiên Tân để xây dựng 2 bến cập tàu và cải tạo nền cho 60 ha khu dịch vụ. Tổng cộng 513000m<sup>3</sup> đất được gia cố, bao gồm các móng kê, móng của các tường chắn phía sau bến cập tàu.

Một số nghiên cứu khác liên quan tới trộn sâu ở Đông Nam Á như sử dụng các cột vôi đất xử lý đất hữu cơ ở Trung Quốc (Ho, 1996), các hố đào sâu ở Đài Loan (Woo, 1991) và một số dự án khác nhau ở Singapore (Broms, 1984).

Tại Châu Âu, nghiên cứu và ứng dụng bắt đầu ở Thụy Điển và Phần Lan. Trong năm 1967, Viện Địa chất Thụy Điển đã nghiên cứu các cột vôi (SLC) theo đề xuất của Jo. Kjeld Páue sử dụng thiết bị theo thiết kế của Linden- Alimak AB (Rathmayer, 1997). Thử nghiệm đầu tiên tại sân bay Ska Edeby với các cột vôi có đường kính 0.5m và chiều sâu tối đa 15m đã cho những kinh nghiệm mới về các cột vôi cứng hoá (Assarson và nnk, 1974). Năm 1974, một đê đất thử nghiệm (6m cao 8m dui) đã được xây dựng ở Phần Lan sử dụng cột vôi đất, nhằm mục đích phân tích hiệu quả của hình dạng và chiều dài cột về mặt khả năng chịu tải (Rathmayer và Liminen, 1980).



Hình 1.3: Trộn sâu ở Nhật Bản



Hình 1.4: Trộn sâu ở Hà Lan



*Hình 1.5: Trộn sâu ở Đức*

*c. Tổng quan về công nghệ Jet- grouting.*

*c.1. Jet-grouting* tạo ra cột đất gia cố từ vữa phun và đất nền. Nhờ tia nước và vữa phun ra với áp suất cao (200 - 700 atm), vận tốc lớn ( $\geq 100\text{m/s}$ ), các phần tử đất xung quanh lỗ khoan bị xói toả ra và hoà trộn với vữa phun, sau khi đông cứng tạo thành một khối đồng nhất gọi là Soilcrete (tạm dịch là bê tông đất).

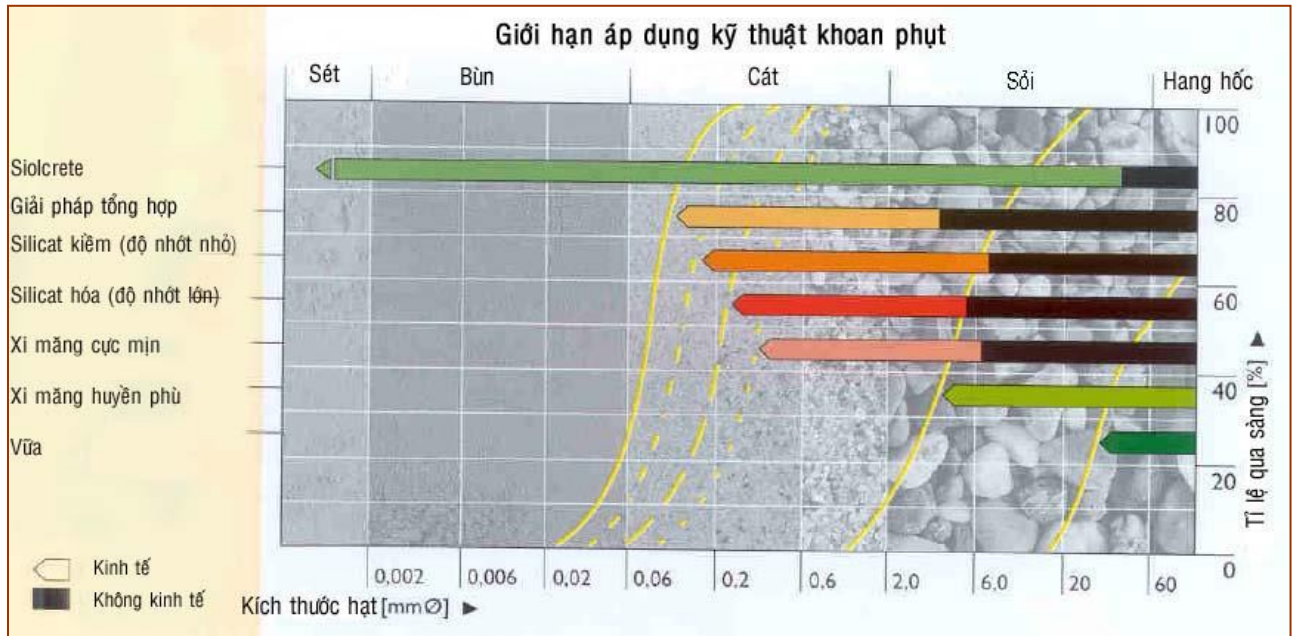
*c.2. Bản chất của Soilcrete:*

Soilcrete trong đất đóng vai trò ổn định nền và chống thấm.

- Cường độ chịu nén của Soilcrete từ  $20 \div 250 \text{ kg/cm}^2$ , phụ thuộc vào:
  - + Loại vữa, nếu là vữa xi măng thì phụ thuộc hàm lượng xi măng và tỷ lệ đất còn lại trong khối Soilcrete .
  - + Loại đất nền, nếu nền bùn có thể đạt  $20 \div 50 \text{ kg/cm}^2$ , nếu nền cuội sỏi có thể đạt  $150 \div 250 \text{ kg/cm}^2$ .
- Hiệu quả chống thấm của Soilcrete đạt được bằng cách lựa chọn loại vữa thích hợp, trong trường hợp cần thiết phải cho thêm Bentonite.

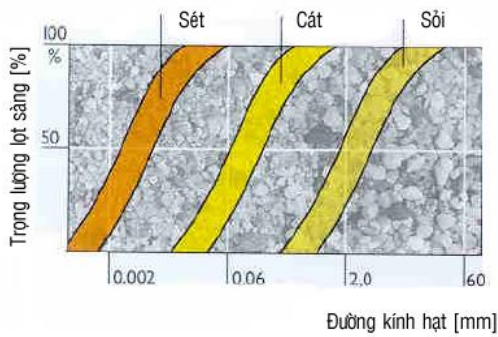
*c.3. Phạm vi ứng dụng:*

Phạm vi ứng dụng các hình thức khoan phụt phụ thuộc vào từng loại đất, được thể hiện trong hình 1.6.

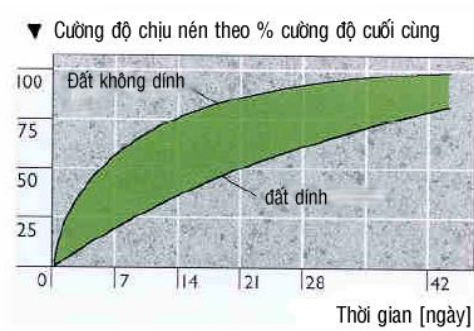


Hình 1.6. Phạm vi ứng dụng hiệu quả của các loại công nghệ khoan phụt.

Đối với công nghệ Jet-grouting, giá trị và sự phát triển cường độ chịu nén của Soilcrete thể hiện trong hình 1.7 và hình 1.8



Hình 1.7. Sự phát triển cường độ nén của Soilcrete



Hình 1.8. Cường độ nén của Soilcrete

#### c.4. Miêu tả công nghệ Jet-grouting (H.1.9)

Hiện nay trên thế giới đã phát triển ba công nghệ Jet-grouting, đầu tiên là công nghệ S, tiếp theo là công nghệ D, và gần đây là công nghệ T.

- Công nghệ đơn pha-Soilcrete S (H.1.9a):

Vữa phun ra với vận tốc 100m/s, vừa cắt đất vừa trộn vữa với đất một cách đồng thời, tạo ra cột Soilcrete đồng đều với độ cứng cao và hạn chế đất trào ngược lên. Công nghệ đơn pha dùng cho các cột Soilcrete có đường kính vừa và nhỏ 0,4 ~1,2m.

- **Công nghệ hai pha – Soilcrete D (H.1.9b):**

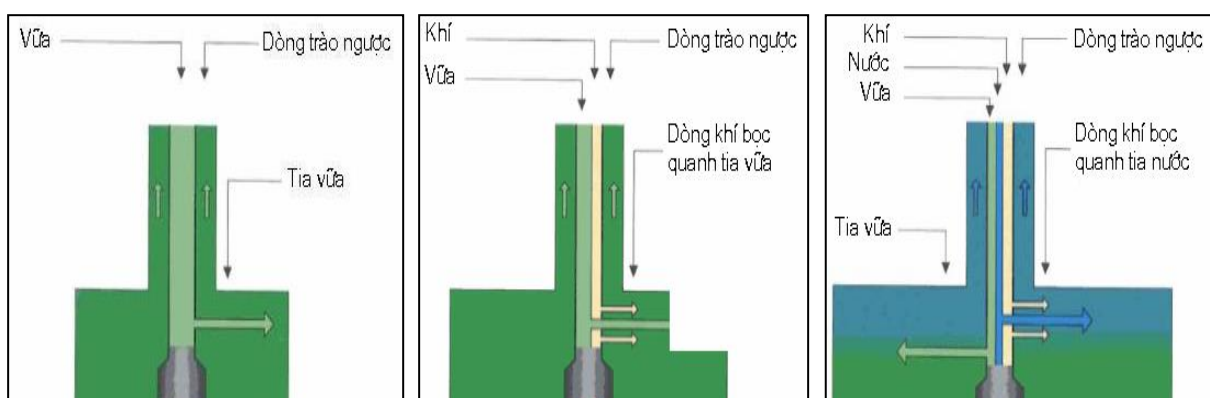
Đây là hệ thống phun vữa kết hợp vữa với không khí. Hỗn hợp vữa đất-ximăng được bơm ở áp suất cao, tốc độ 100m/s và được bao bọc bởi một tia khí nén. Dòng khí nén sẽ làm giảm ma sát và cho phép vữa xâm nhập sâu vào trong đất, do vậy tạo ra cột Soilcrete có đường kính lớn. Tuy nhiên, dòng khí lại làm giảm độ cứng của Soilcrete so với phương pháp phun đơn pha và đất bị trào ngược nhiều hơn.

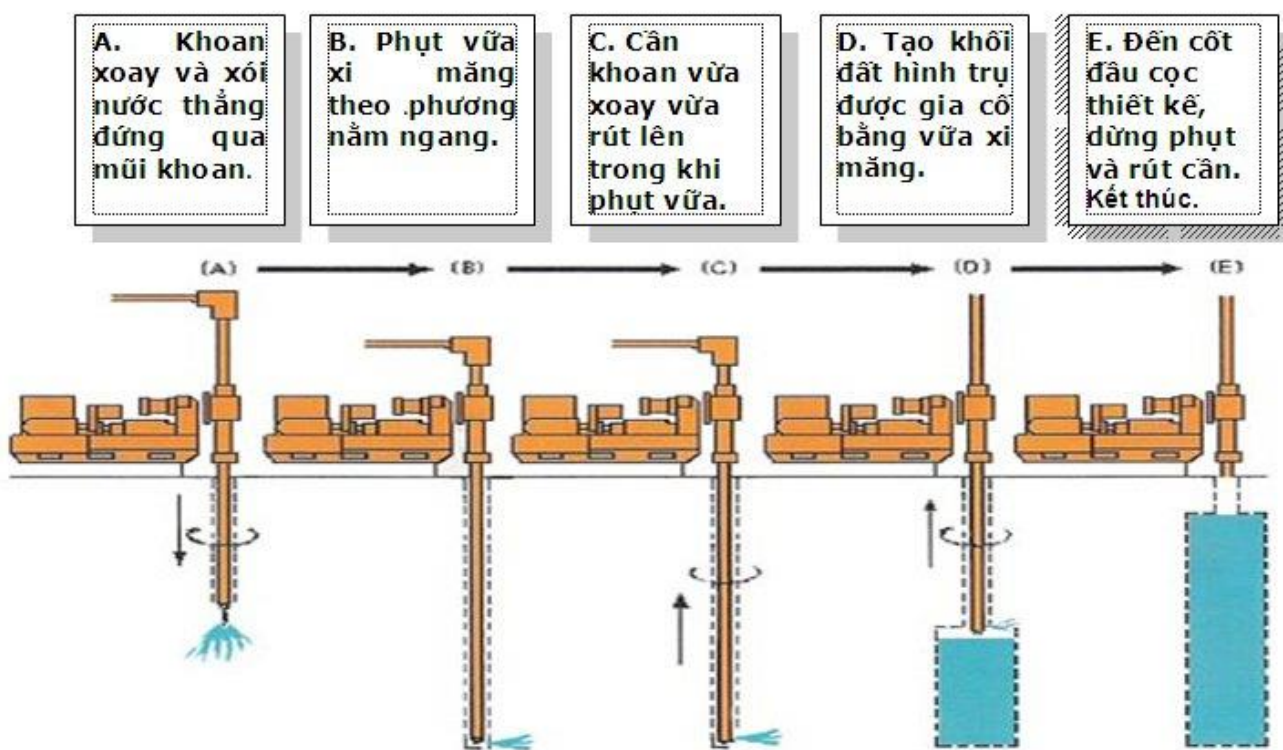
Công nghệ này chủ yếu dùng để thi công các tường chắn, cọc và hào chống thấm.

- **Công nghệ ba pha-Soilcrete T(H.1.9c):**

Quá trình phun có cả vữa, không khí và nước. Không giống phun đơn pha và phun hai pha, ban đầu nước được bơm với áp suất cao kết hợp với dòng khí nén bao bọc xung quanh dòng nước để đẩy khí ra khỏi đất. Sau đó vữa được bơm qua một vòi riêng biệt nằm dưới vòi khí-nước để lấp đầy khoảng trống của khí. Phun ba pha là phương pháp thay thế đất mà không xáo trộn đất.

Công nghệ Soilcrete T sử dụng để làm các cọc, các tường ngăn chống thấm, có thể tạo ra cột Soilcrete đường kính đến 3m





Hình 1.10. Sơ đồ nguyên lý công nghệ Jet Grouting

## 2. TÌNH HÌNH ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ JET GROUTING Ở VIỆT NAM

Tình hình áp dụng công nghệ Jet Grouting ở Việt Nam còn rất hạn chế. Tháng 5 năm 2004, nhà thầu Nhật bản lần đầu tiên sử dụng Jet Grouting để sửa chữa khuyết tật cho các cọc nhồi của cầu Thanh Trì (Hà Nội), cũng năm 2004, Viện Khoa học Thủy lợi đã tiếp nhận chuyển giao công nghệ khoan phụt cao áp (Jet-grouting) từ Nhật Bản, Viện Khoa học Thủy lợi bắt đầu ứng dụng công nghệ Jet-grouting trong khuôn khổ đề tài độc

lập cấp Nhà nước: "Nghiên cứu công nghệ nâng cấp, sửa chữa cống dưới đê sông Hồng và sông Thái Bình". Hiện nay, ở Việt Nam, công nghệ Jet Grouting cũng được áp dụng trong ngành thủy lợi và đã đem lại các thành công nhất định như (Nguyễn Quốc Dũng 2011): dùng Jet Grouting chống thấm cho cống cống D10 - Thị xã Phú lý - Hà nam, chống thấm cho Cống Trại (Nghệ An), chống thấm cho cống vùng triều ở sông Cũ - tỉnh Long An, thi công tường chống thấm nền đập Đá Bạc ở Hà Tĩnh, chống thấm cho đê quai giai đoạn II - Nhà máy thủy điện Sơn La, sử dụng Jet Grouting cho mục đích gia cố nền bên dưới đập Trà Linh ở tỉnh Thái Bình, ngoài ra Jet Grouting cũng được sử dụng thành công cho mục đích gia cố nền ở các tỉnh như Quảng Bình, Nam Định, sử dụng cho mục đích làm tường chắn cho các công trình lân cận trong quá trình thi công như tòa nhà Pacific ở thành phố Hồ Chí Minh, v.v..

Năm 2010 Viện Khoa học Thủy lợi đã có Báo cáo về kết quả thực hiện đề tài cấp Nhà nước "Hoàn thiện công nghệ khoan phụt vữa áp lực cao (Jet – Grouting) nhằm tăng khả năng chống thấm cho công trình thủy lợi. Năm 2014, PGS.TS. Nguyễn Quốc Dũng đã cho xuất bản cuốn sách "Hướng dẫn thiết kế thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet Grouting".

Một số hình ảnh về ứng dụng công nghệ cọc xi măng đất tại Việt Nam xem Hình 1.11a; Hình 1.11b; Hình 1.11c.

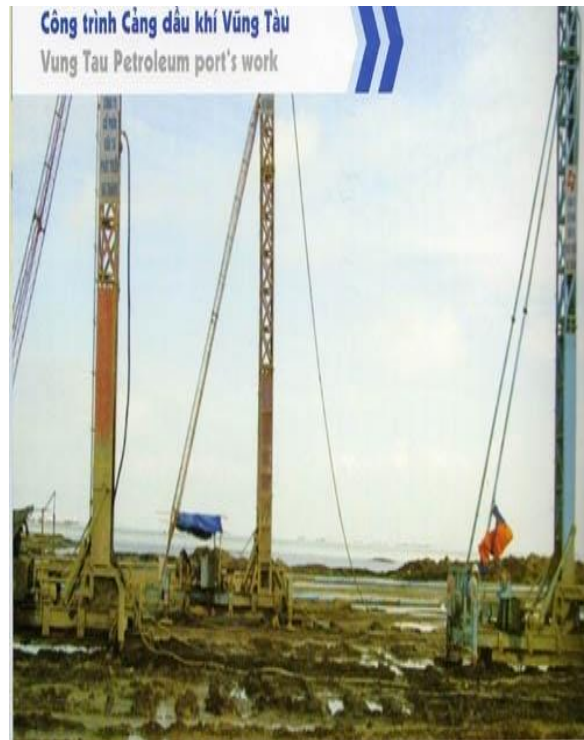




*Hình 1.11a. Gia cố cọc xi măng đất tại sân bay Cần Thơ.*



*Hình 1.11b. Gia cố cọc xi măng đất móng bồn dầu tại Cần Thơ*



*Hình 1.11c. Gia cố cọc xi măng đất tại Cảng dầu khí Vũng Tàu.*

### **3. TÌNH HÌNH ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ JET GROUTING Ở HẢI PHÒNG**

Tình hình áp dụng công nghệ cọc đất xi măng tại Hải Phòng, đặc biệt là công nghệ thi công Jet Grouting còn rất hạn chế. Tuy cọc đất xi măng đã được áp dụng cho

Dự án kho xăng dầu Đình Vũ – Hải Phòng gia cố nền 06 bể xăng dầu (dung tích 5000m<sup>3</sup>/bể) từ năm 2004. Nhưng từ đó cho đến nay chỉ mới có thêm 02 dự án tại Hải Phòng ứng dụng công nghệ cọc đất xi măng, đó là: Dự án án thoát nước khu đô thị Đồ Sơn – Hải Phòng; Dự án gia cố nền Cảng hàng không Cát Bi-Hải Phòng



*Hình 1.12. Thi công cọc ĐXM tại Cảng hàng không Cát Bi – Hải Phòng (theo công nghệ trộn khô)*

(Cọc xi măng D800-hàm lượng xi măng 220kg/m<sup>3</sup>, khối lượng: 100.000 md. Chiều dài 6m – 13.5m.)

Những dự án đã thi công cọc đất xi măng tại Hải Phòng đều là do các nhà thầu (các đơn vị thi công) từ các tỉnh, thành khác mang thiết bị đến để triển khai. Hơn nữa, các dự án này mới chỉ sử dụng công nghệ trộn khô. Hiện tại, ở Hải Phòng chưa có dự án và thiết bị để thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet Grouting. Khái niệm về

cọc đất xi măng, công nghệ Jet Grouting còn khá mới mẻ không chỉ với người dân mà còn là khá mới mẻ đối với các kỹ sư xây dựng ở Hải Phòng.

#### **4. PHẠM VI ÁP DỤNG CỦA JET GROUTING**

Ứng dụng của Jet Grouting có thể phân theo từng nhóm như sau (Essler & Yshida 2004):

Kiểm soát nước ngầm:

- Ngăn không cho dòng nước ngầm thấm qua hay vào trong hố đào.
- Chống thấm ở đường hầm.
- Ngăn chặn hay hạn chế thấm nước ở các công trình ngăn nước, giữ nước như đập hay công trình chống lũ.
- Ngăn chặn hay hạn chế chất thải thấm xuống đất là ảnh hưởng đến mực nước ngầm.

Kiểm soát chuyển vị công trình:

- Hạn chế chuyển vị ngang trong quá trình thi công hố đào hay thi công hầm.
- Chống đỡ cho mặt, vách hầm trong quá trình thi công hay trong quá trình khai thác.
- Làm tăng hệ số ổn định của nền đường, hố đào.
- Ngăn chặn hay hạn chế chuyển vị ngang ở kết cấu cọc, tường chắn.
- Dùng trong gia cố mái dốc.
- Tránh hiện tượng hóa lỏng của nền.

Dùng cho mục đích chịu tải trọng công trình:

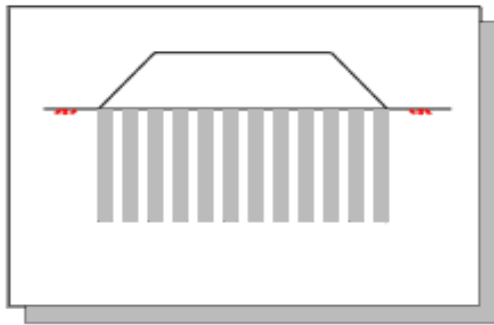
- Gia cố móng các công trình lân cận trong quá trình thi công hố đào hay thi công hầm, gia tăng khả năng chịu lực của móng các công trình do khả năng chịu tải giảm theo thời gian, hay trong trường hợp tải trọng tác dụng gia tăng so với thiết kế ban đầu.
- Gia cường nền đất nhằm ngăn không cho nền bị phá hoại trong trường hợp tải trọng tác dụng vượt quá giới hạn cho phép.
- Làm việc như móng cọc để truyền tải trọng của công trình xuống lớp đất tốt.

Dùng trong các mục đích bảo vệ môi trường:

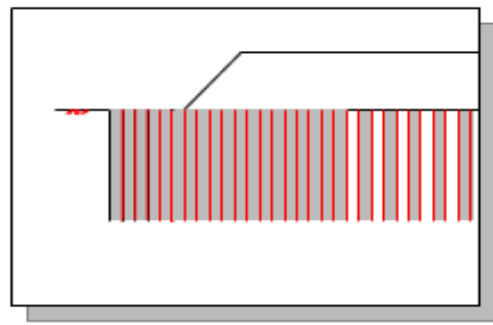
- Tạo tường bao kín trong đất chứa chất thải ngăn chặn, hạn chế các chất ô nhiễm thấm vào trong đất ảnh hưởng đến nước ngầm

- Tạo các tường theo phương đứng hay ngang để ngăn dòng thấm chất gây ô nhiễm.

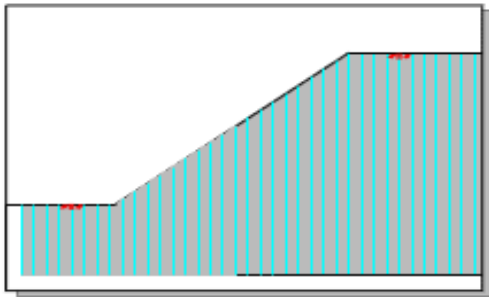
Hình 1.13 thể hiện một số phạm vi áp dụng của công nghệ Jet Grouting.



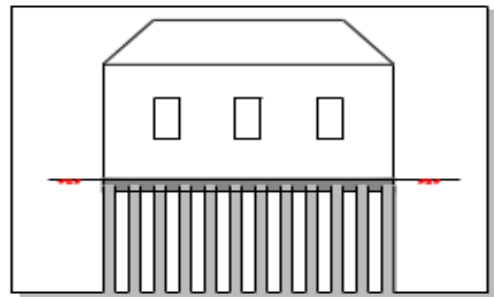
*Làm giảm độ lún ở nền đất đắp*



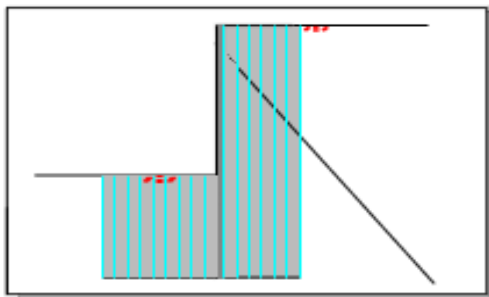
*Làm giảm độ lún và tăng độ ổn định của nền đất đắp cao*



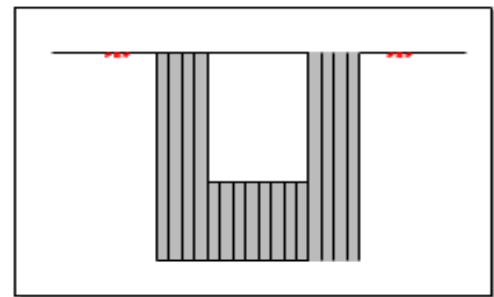
*Làm tăng độ ổn định của mái dốc*



*Nén và móng cho công trình*



*Giảm áp lực chủ động, tăng áp lực bị động lên tường cứ ở hố đào sâu*



*Gia cố hố đào nông*

Hình 1.13. Các ứng dụng của công nghệ Jet Grouting.

## 5. ƯU ĐIỂM VÀ KHUYẾT ĐIỂM CỦA JET GROUTING

Công nghệ Jet Grouting có nhiều ưu điểm nổi bật như sau:

- Có thể áp dụng cho mọi loại đất khác nhau (Choi 2005)

- Có thể thi công trong các không gian hạn chế (Choi 2005)
- Trong thi công ít tạo ra tiếng ồn, chấn động (Choi 2005, Xanthakos et al. 1994).
- Có khả năng vượt qua các chướng ngại bên dưới nền, hay không làm ảnh hưởng đến các công trình ngầm (Choi 2005, Xanthakos et al. 1994).
- Có thể thực hiện gia cường và xử lý theo phương xiên, phương đứng, phương ngang, ở trên hay bên dưới mực nước ngầm (Xanthakos et al.1994, Hayward Baker Inc.).
- Tốc độ thi công nhanh so với các phương pháp xử lý khác (Hayward Baker Inc.).
- Không cần phí duy tu bảo dưỡng cho công trình sau khi xử lý (Hayward Baker Inc.).
- Có khả năng tạo ra các kết cấu chống thấm tốt (Choi 2005, Hayward Baker Inc.).
- Gia cố các công trình ngầm, các công trình đang sử dụng vì gia tăng tải trọng trong quá trình khai thác (Xanthakos et al. 1994, Choi 2005, Essler & Yashida 2004).
- Khả năng kiểm soát chất lượng, tự động hóa cao (Choi 2005).
- Xử lý ở bất kỳ chiều sâu nào mà không cần đào đến cao trình xử lý do chỉ cần tạo hồ khoan đường kính  $\square 100 - 200$  mm (Trần Nguyễn Hoàng Hùng 2011).
- Giảm thiểu tác động xáo trộn đến môi trường xung quanh phạm vi xử lý (Choi 2005, Xanthakos et al. 1994).

### **Công nghệ Jet Grouting có các nhược điểm như sau:**

- Jet Grouting có chi phí đắt và phụ thuộc vào mức độ phức tạp của việc xử lý, loại địa chất, và chiều sâu cần xử lý (Choi 2005, Townsend & Brian Anderson 2004).
- Quá trình phụt vữa phải thực hiện liên tục (Choi 2005). Nếu sự cố tắc nghẽn xảy ra, áp lực có thể nhanh chóng tạo nên hiện tượng đẩy trời và sụp đổ trong đất. Ngoài ra Jet Grouting với hệ thống phun với tốc độ cao, một khối lượng lớn đất bùn trào lên phải được kiểm soát tốt.
- Jet Grouting tạo ra lượng đất bùn trời lên cần phải xử lý.

### **Kết luận Chương I**

Trong chương này học viên đã nêu được tổng quan về công nghệ Jet Grouting, lịch sử phát triển công nghệ, khả năng ứng dụng. Đồng thời khái quát tình hình nghiên cứu cọc đất xi măng theo công nghệ tạo cọc Jet Grouting, tình hình ứng dụng cọc đất xi

măng trong Nước và trên thế giới, kết quả đạt được cùng những ưu nhược điểm của cọc đất xi măng trong lĩnh vực gia cố nền đất yếu.

Cọc đất xi măng là một giải pháp xử lý nền đất yếu rất khả thi trong các công trình xây dựng và nhiều ngành khác. Với sự phát triển của khoa học và công nghệ, cọc đất xi măng ngày càng hoàn thiện và đáp ứng ngày càng tốt các yêu cầu thực tiễn.

Cọc đất xi măng còn là mới ở Việt Nam và đặc biệt là trong ngành xây dựng dân dụng và công nghiệp. Tuy nhiên, với những tính năng phù hợp và ưu việt trong nhiều trường hợp nêu trên đặc biệt là thi công nhanh, nền yếu, địa hình phức tạp, .... Chính vì vậy cần thiết đầu tư nghiên cứu ứng dụng, giải pháp tổ chức thi công loại cọc này theo công nghệ Jet – grouting một cách hợp lý để áp dụng trong các công trình xây dựng.

Qua những đặc điểm, thực tế xây dựng và làm việc của cọc đất xi măng ở các nước trên thế giới, cho thấy loại cọc này là một giải pháp hợp lý đối với công tác xử lý nền móng, nơi có địa hình địa chất phức tạp, mặt bằng thi công không lớn, ít chấn động, ít tiếng ồn, hạn chế tối đa ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Đồng thời, có thể thi công nhanh, phù hợp với mọi loại đất, đảm bảo độ bền, mỹ thuật và an toàn môi trường.

Trong xây dựng cơ sở hạ tầng, giao thông ở Nước ta hiện nay, nhu cầu sử dụng cọc đất xi măng có đường kính lớn ngày càng phổ biến. Đặc biệt, đối với công trình xây dựng, điều kiện về địa hình và địa chất thay đổi nhiều, cũng như có những công trình đòi hỏi xử lý móng và kết cấu hiện hữu mà không ảnh hưởng đến công trình lân cận và công trình hiện có.

Ở Hải Phòng hiện tại, Học viên thấy đối với các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp việc xử lý, gia cố nền móng chủ yếu bằng các phương pháp sau: cọc tre, đệm cát, cọc bê tông cốt thép, cọc khoan nhồi, đặc biệt gần đây trên thị trường xuất hiện khá phổ biến trong các công trình nhà ở dân dụng loại cọc khoan nhồi có đường kính nhỏ (400-600mm), được thi công, nghiệm thu không theo quy chuẩn, tiêu chuẩn hiện hành, đó là việc đáng lo ngại. Học viên thấy, đối với những công trình dân dụng có số tầng từ 1 đến 2 tầng xây dựng trên nền đất yếu thì việc gia cố bằng cọc tre hoặc đệm cát là hợp lý, nhưng đối với các công trình công nghiệp hoặc những công trình dân dụng có số tầng từ 3 đến 5 tầng (có tải trọng không lớn) thì việc gia cố nền móng bằng cọc tre

hoặc đệm cát là không đảm bảo, còn xử lý bằng cọc khoan nhồi hoặc cọc bê tông thì quá tốn kém. Với nhiều ưu điểm nổi bật thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet – grouting đang là sự giải pháp hợp lý cho việc xử lý nền móng cho các công trình mà những giải pháp truyền thống như cọc tre và đệm cát chưa đáp ứng được và cọc khoan nhồi, cọc bê tông là chưa cần thiết (là lãng phí).

Phân tích trên cho thấy việc sử dụng giải pháp cọc đất xi măng vào các công trình xây dựng (công trình dân dụng, công nghiệp có số tầng  $\leq 5$ ) ở Hải Phòng là hoàn toàn khả thi.

Từ nghiên cứu tổng quan, tác giả chọn vấn đề nghiên cứu giải pháp hợp lý trong ứng dụng cọc đất xi măng theo công nghệ Jet - grouting làm hướng nghiên cứu của Luận văn. Trong điều kiện thời gian quy định, Luận văn của Học viên chưa đề cập được toàn diện các vấn đề về thiết kế, thi công... cọc đất xi măng theo công nghệ Jet - grouting mà chỉ tập trung vào cơ sở lý luận và khả năng ứng dụng tại Hải Phòng. Luận văn sẽ vận dụng kết quả nghiên cứu để đưa ra giải pháp hợp lý trong thiết kế, thi công cọc đất xi măng theo công nghệ Jet - grouting áp dụng cho một công trình xây dựng cụ thể.

## **CHƯƠNG II**

### **ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH HẢI PHÒNG**

#### **2.1. Đặc điểm điều kiện địa chất công trình khu vực Hải Phòng**

##### *2.1.1. Đặc điểm điều kiện vị trí địa lý và địa chất tự nhiên*

###### *a. Đặc điểm về vị trí địa lý, dân cư, kinh tế*

Thành phố Hải Phòng có tọa độ địa lý từ 20030' đến 21001' vĩ độ Bắc; 106025' đến 107010' kinh độ Đông, cách thủ đô Hà Nội 102km về phía Đông Nam. Diện tích tự nhiên

thành phố là 1.519km<sup>2</sup>, gồm 7 quận Nội Thành và 8 huyện, trong đó có 2 huyện đảo. Trung tâm đô thị Thành phố phát triển chủ yếu dọc theo hai bên các sông Cẩm, sông Lạch Tray, sông Tam Bạc. Dân số thành phố là trên 1.837.000 người, trong đó số dân thành thị là trên 847.000 người và số dân ở nông thôn là trên 990.000 người. Mật độ dân số 1027 người/km<sup>2</sup>.

*b. Địa hình:*

*Đặc điểm địa hình:* Hải Phòng là một thành phố ven biển được hình thành từ đồng bằng sông Thái Bình, có địa hình đa dạng, chủ yếu là đồng bằng có xen đồi núi thấp, núi đá vôi, đá cát kết và các bãi ngập triều.

Địa hình thành phố Hải Phòng có tính phân bậc rất rõ rệt và có xu hướng thấp dần về phía nam, bao gồm 4 dạng địa hình chính: địa hình Karst, địa hình đồi núi thấp, địa hình đồi núi sót, địa hình đồng bằng và đảo ven biển.

- Địa hình Karst: tạo bởi các hang hốc đá vôi, diện tích khoảng 200km<sup>2</sup>, phân bố chủ yếu ở bắc Thủy Nguyên và phần lớn trên đảo Cát Bà.

- Địa hình đồi núi thấp: phân bố ở bắc Thủy Nguyên, diện tích khoảng 80km<sup>2</sup>. Các dãy núi thấp chạy dài gần theo hướng tây nam, độ cao thay đổi từ 10m đến 110m, được tạo thành bởi các đá lục nguyên xen cacbonat. Đá bị phong hóa mạnh, thảm thực vật đã bị phá hủy hoàn toàn, nhiều rãnh, mương xói mới đang phát triển.

- Địa hình đồi núi sót: nằm rải rác ở Kiến An, Thủy Nguyên, có độ cao tuyệt đối từ 15 đến 40m chạy dài theo hướng Tây – Đông, Tây Nam – Đông Bắc, được cấu thành từ các đá trầm tích lục nguyên, đá vôi. Đá cũng bị phong hóa mạnh, thảm thực vật bị phá hủy rất mạnh.

- Địa hình đồng bằng và đảo ven biển: chiếm diện tích khoảng 1100km<sup>2</sup>, có độ cao từ 2 đến 10m ở phía Tây Bắc, Bắc và thấp dần về phía Nam, Đông Nam tới bờ biển.

## **2.2. Đặc điểm địa chất, địa tầng**

Khu vực nghiên cứu được cấu tạo bởi các trầm tích hệ thứ Tư phủ lên trên các đá gốc trầm tích có tuổi khác nhau như Neogen, Carbon, Devon, Jura.

### *2.2.1. Đất, đá trầm tích thuộc hệ Đệ tứ*

Đặc điểm của trầm tích hệ thứ Tư ở đây là có bề dày lớn và biến đổi mạnh từ phía Đông sang phía Tây Nam Thành phố. Các lớp đất phía trên thường là đất có thành phần và tính chất đặc biệt. Đây là các lớp đất yếu bất lợi trong xây dựng công trình.



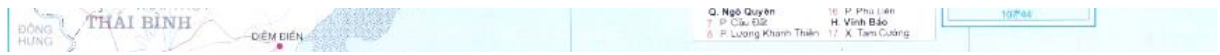
Hệ thứ Tư khu vực thành phố Hải Phòng có mặt các trầm tích sau:

- Tầng - sườn tích không phân chia (e - dQ).
- Hệ tầng Thái Bình, gồm: Trầm tích sông – biển - đầm lầy ( $amb Q_{IV}^3 tb_2$ ); Trầm tích sông biển ( $am Q_{IV}^3 tb_1$ )
- Hệ tầng Hải Hưng, gồm: Trầm tích biển ( $m Q_{IV}^{1-2} hh_2$ ); Trầm tích biển - đầm lầy ( $mb Q_{IV}^{1-2} hh_1$ )
- Hệ tầng Vĩnh Phúc chủ yếu là trầm tích sông - biển ( $am Q_{III}^2 vp$ ) thành phần gồm: Đất dính ( $am Q_{III}^2 vp_2$ ); Đất rời ( $am Q_{III}^2 vp_1$ )
- Hệ tầng Hà Nội, gồm: Trầm tích sông ( $a Q_{II-III}^1 hn$ ) ; Trầm tích sông - biển ( $am Q_{II-III}^1 hn$ )

### *2.2.2. Đá gốc trầm tích thuộc các hệ trước hệ thứ tư*

Nằm ngay phía dưới các trầm tích hệ thứ tư là các đá gốc trầm tích. Đặc điểm nền đá gốc ở khu vực nghiên cứu là tạo bởi nhiều loại đá thuộc các hệ tầng khác nhau và có tuổi khác nhau gồm:

- Hệ tầng Đồ Sơn ( $D_3 đs$ )
- Hệ tầng Hà Cối ( $J_{1-2} hc$ )
- Hệ tầng Cát Bà ( $C_1 cb$ )



ĐÔNG  
HƯNG

THÁI BÌNH

ĐIỂM ĐIỂN

Q. Ngô Quyền  
7. P. Cầu Đúc  
8. P. Lương Khánh Thiện

10. P. Phú Liên  
H. Vĩnh Bảo  
12. X. Tam Cường

10KM



### 2.3. Tính chất cơ lý

Tính chất cơ lý của các loại đất đá thuộc các hệ tầng được trình bày tại các Bảng 2.1; 2.2; 2.3; 2.4.

**Bảng 2.1. Tính chất cơ lý của đá hệ tầng Thái Bình và hệ tầng Hải Hưng**

<b>Các chỉ tiêu cơ lý</b>	<b>Bùn cát pha (<math>amb Q_{IV}^3 tb_2</math>)</b>	<b>Bùn sét pha (<math>am Q_{IV}^3 tb_1</math>)</b>	<b>Bùn sét pha (<math>m Q_{IV}^{1-2} hh_2</math>)</b>	<b>Bùn sét (<math>mb Q_{IV}^{1-2} hh_1</math>)</b>
Độ ẩm tự nhiên, W, %	40,5	42,7	44,7	52,7
Khối lượng thể tích, $\gamma_w, g/cm^3$	1,75	1,75	1,72	1,68
Khối lượng thể tích khô, $\gamma_c, g/cm^3$	1,26	1,23	1,17	1,10

Khối lượng riêng, $\Delta$ , g/cm <sup>2</sup>	2,68	2,69	2,69	2,70
Hệ số rỗng tự nhiên, e	1,176	1,19	1,329	1,45
Độ rỗng, n, %	52,9	54,22	56,5	59,12
Độ bão hòa, G, %	91,7	95,97	93,5	98,31
Độ ẩm giới hạn chảy, $W_{ch}$ , %	37,1	40,37	45,3	51,87
Độ ẩm giới hạn dẻo, $W_d$ , %	23,4	24,50	27,4	28,23
Chỉ số dẻo, $I_p$ , %	13,7	15,87	16,6	23,60
Độ sệt, B	1,27	1,21	1,21	1,03
Lực dính kết, C, kG/cm <sup>2</sup>	0,079	0,037	0,061	0,020
Góc ma sát trong, $\varphi$ , độ	7 <sup>0</sup> 12'	6 <sup>0</sup> 33'	4 <sup>0</sup> 27'	2 <sup>0</sup> 00'
Hệ số nén lún, $a_{1-2}$ , cm <sup>2</sup> /kG	0,078	0,079	0,093	0,110
Sức chịu tải qui ước, $R_0$ , kG/cm <sup>2</sup>	0,53	0,41	0,41	0,26
Mô đun biến dạng, $E_0$ , kG/cm <sup>2</sup>	24,5	15,66	35,3	10,4
Hệ số cố kết, $C_v$ , cm <sup>2</sup> /s (n.10-4)	4,41	3,48	2,78	0,60
Giá trị xuyên tiêu chuẩn $N_{30}$	3	1	1	2

**Bảng 2.2. Tính chất cơ lý của đất hệ tầng Vĩnh Phúc**

<b>Các chỉ tiêu cơ lý</b>	<b>Bùn sét (ma <math>Q_{III}^3</math> vp<sub>2</sub>)</b>	<b>Cát pha (ma <math>Q_{III}^3</math> vp<sub>2</sub>)</b>	<b>Sét pha (ma <math>Q_{II}^{-2}</math> vp<sub>2</sub>)</b>	<b>Sét (ma <math>Q_{III}^2</math> vp<sub>2</sub>)</b>
Độ ẩm tự nhiên, W, %	49,0	27,3	25,7	28,3
Khối lượng thể tích, $\gamma_w$ , g/cm <sup>3</sup>	1,70	1,83	1,93	1,90
Khối lượng thể tích khô, $\gamma_c$ , g/cm <sup>3</sup>	1,14	1,44	1,53	1,48
Khối lượng riêng, $\Delta$ , g/cm <sup>2</sup>	2,70	2,68	2,68	2,71
Hệ số rỗng tự nhiên, e	1,373	0,862	0,756	0,83
Độ rỗng, n, %	57,8	46,0	42,9	45,42
Độ bão hòa, G, %	96,4	84,8	91,3	92,15

Độ ẩm giới hạn chảy, $W_{ch}, \%$	50,1	29,8	36,0	39,20
Độ ẩm giới hạn dẻo, $W_d, \%$	27,1	23,5	21,0	21,30
Chỉ số dẻo, $I_p, \%$	23,0	6,3	15,0	17,90
Độ sệt, B	0,95	0,59	0,31	0,39
Lực dính kết, C, $kG/cm^2$	0,044	0,104	0,163	0,183
Góc ma sát trong, $\varphi$ , độ	$3^043'$	$16^042'$	$16^015'$	$15^037'$
Hệ số nén lún, $a_{1-2}$ , $cm^2/kG$	0,085	0,045	0,031	0,035
Sức chịu tải qui ước, $R_0$ , $kG/cm^2$	0,31	0,97	1,14	1,42
Mô đun biến dạng, $E_0$ , $kG/cm^2$	37,7	89,9	112,5	146
Hệ số cố kết, $C_v$ , $cm^2/s$ (n.10-4)	1,26			
Giá trị xuyên tiêu chuẩn $N_{30}$	1	14	15	9

**Bảng 2.3. Tính chất cơ lý của đất hệ tầng Vĩnh Phúc và hệ tầng Hà Nội**

<b>Các chỉ tiêu cơ lý</b>	<b>Cát (ma <math>Q_{III}^3</math> vp1)</b>	<b>Sét pha (am <math>Q_{II-III}^1</math> hn)</b>	<b>Cuội sỏi (a <math>Q_{II-III}^1</math> hn)</b>
Độ ẩm tự nhiên, W, %	12,90	17,4	
Khối lượng thể tích, $\gamma_w$ , $g/cm^3$		2,10	
Khối lượng thể tích khô, $\gamma_c$ , $g/cm^3$		1,79	
Khối lượng riêng, $\Delta$ , $g/cm^2$	2,65	2,70	2,64
Góc nghỉ khi khô, $\varphi$ , độ	$31^007'$		
Góc nghỉ khi ướt, $\varphi$ , độ	$28^040'$		
Hệ số rỗng tự nhiên, e		0,515	
Độ rỗng, n, %		33,7	

Độ bão hòa, G, %		91,3	
Độ ẩm giới hạn chảy, $W_{ch}$ , %		35,8	
Độ ẩm giới hạn dẻo, $W_d$ , %		19,9	
Chỉ số dẻo, $I_p$ , %		15,9	
Độ sệt, B		-0,16	
Lực dính kết, C, $kG/cm^2$		0,326	
Góc ma sát trong, $\varphi$ , độ	42 <sup>0</sup> 30'	20 <sup>0</sup> 31'	46 <sup>0</sup> 09'
Hệ số nén lún, $a_{1-2}$ , $cm^2/kG$		0,017	
Sức chịu tải qui ước, $R_0$ , $kG/cm^2$	6,2	2,21	
Mô đun biến dạng, $E_0$ , $kG/cm^2$	346	258,8	1132
Hệ số cố kết, $C_v$ , $cm^2/s$ (n.10-4)			
Giá trị xuyên tiêu chuẩn $N_{30}$	62	56	>100

**Bảng 2.4. Tính chất cơ lý của đá hệ tầng Đồ Sơn, hệ tầng Hà Cối và hệ tầng Cát Bà**

<i>Các chỉ tiêu cơ lý</i>	<i>Cát kết (<math>D_3</math> đs)</i>	<i>Sét kết (<math>J_{1-1}</math> hc)</i>	<i>Đá vôi (<math>C_1</math> cb)</i>
Dung trọng ẩm, $\gamma_w$ , $g/cm^3$	2,535	2,010	2,60
Khối lượng riêng, $\Delta$ , $g/cm^3$	2,66	2,47	2,70
Cường độ kháng nén $\sigma_n$ , $kg/cm^2$			
Tự nhiên	745	187	416
Bão hòa	523	166	388

## 2.4. Đặc điểm địa chất thủy văn

Trong khu vực nghiên cứu nước ngầm tồn tại trong các loại đất đá có nguồn gốc và tuổi khác nhau.

Loại thứ nhất nước tồn tại trong lỗ hổng của các đất sét pha, cát pha hệ tầng Thái Bình và các trầm tích cát hạt nhỏ đến hạt trung thuộc hệ tầng Vĩnh Phúc, lớp cuội, sạn hệ tầng Hà Nội.

Loại thứ hai nước nằm trong các hệ thống khe nứt của đới vỏ phong hoá vật lý của đá cát kết, sạn kết, cuội kết, và trong các hệ thống hang động Karster của đá vôi hệ tầng Cát Bà, hệ tầng Đồ Sơn.

## **2.5. Phân vùng địa chất công trình khu vực thành phố Hải Phòng**

Phân vùng địa chất công trình là sự phân chia lãnh thổ điều tra nghiên cứu ra các phần riêng biệt có sự thống nhất về điều kiện địa chất công trình. Theo nguyên tắc của UNESCO (1976), thành phố Hải Phòng được chia ra các đơn vị phân vùng địa chất công trình như sau:

*a. Miền địa chất công trình (sự đồng nhất của đơn vị cấu trúc địa kiến tạo) gồm:*

- Miền I: đới Duyên Hải.
- Miền II: đới Hà Nội.

*b. Vùng địa chất công trình (sự đồng nhất của các đơn vị địa mạo khu vực) gồm:*

- Miền I: có hai vùng:
  - I-A: vùng xâm thực tích tụ thoải.
  - I-B: vùng đồi núi sót có sườn xâm thực bóc mòn.
- Miền II: có hai vùng:
  - II-C: cùng sườn xâm thực – tích tụ thoải.
  - II-D: cùng đồng bằng tích tụ.

*c. Khu địa chất công trình (sự đồng nhất của đơn vị phức hệ thạch học) gồm:*

Vùng II-D được chia thành 9 khu:

- Khu II-D-1: đồng bằng cao 5 – 7m, tích tụ Pleistocen muộn, hệ tầng Vĩnh Phúc ( $maQ_{III}^2 vp_2$ ), kiểu thạch học chính là sét.
- Khu II-D-2: đồng bằng cao 2 – 4m, tích tụ Holocen sớm – giữa, thạch học chủ yếu là sét, sét pha, hệ tầng Hải Hưng ( $mQ_{IV}^{1-2} hh_2$ ).
- Khu II-D-3: đê cát biển cao 3 – 5m, gồm cát pha lẫn vỏ sò, tuổi Holocen muộn, phụ hệ tầng Thái Bình dưới ( $mQ_{IV}^3 tb_1$ ).
- Khu II-D-4: đồng bằng tích tụ sông – biển bằng phẳng, thạch học chủ yếu là sét pha, sét tuổi Holocen muộn, phụ hệ tầng Thái Bình dưới ( $amQ_{IV}^3 tb_1$ ).
- Khu II-D-5: bãi bồi cao, tích tụ sông 1 – 3m, thành phần sét pha, cát pha tuổi Holocen muộn, phụ hệ tầng Thái Bình trên ( $aQ_{IV}^3 tb_2$ ).

- Khu II-D-6: bãi bồi ven sông, khá bằng phẳng, có kiểu thạch học chủ yếu là sét pha, cát pha, tuổi Holocen muộn, phụ hệ tầng Thái Bình trên ( $aQ_{IV}^3tb_2$ ).

- Khu II-D-7: các khoáng trũng thấp tích tụ sông – đầm lầy, có kiểu thạch học chủ yếu là sét pha, bùn, tuổi Holocen muộn, phụ hệ tầng Thái Bình trên ( $mbQ_{IV}^{1-2}hh_1$ ).

- Khu II-D-8: bãi triều cao, tích tụ sông – biển – đầm lầy, có kiểu thạch học chủ yếu là sét pha, cát pha, bùn, tuổi Holocen muộn, phụ hệ tầng Thái Bình dưới ( $ambQ_{IV}^3tb_1$ ).

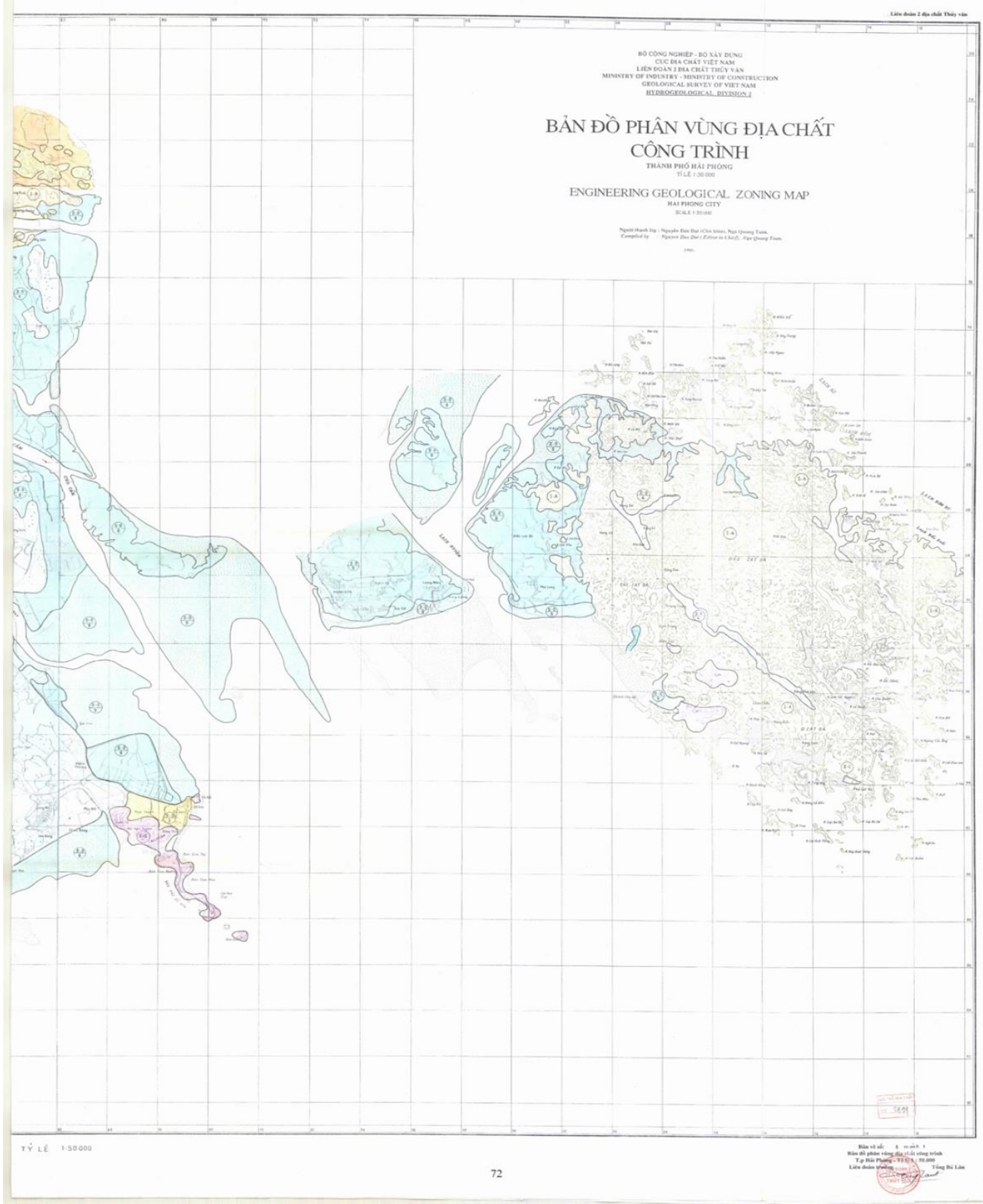
- Khu II-D-9: bãi triều thấp tích tụ biển hiện đại có chỗ lầy thụt, kiểu thạch học chủ yếu là cát, cát pha, tuổi Holocen, phụ hệ tầng Thái Bình trên ( $mQ_{IV}^3tb_2$ ).

Sự phân bố vùng, khu địa chất công trình được biểu diễn trên **Hình 2.3**.





Hình 2.3(tờ 1): Bản đồ phân vùng địa chất công trình thành phố Hải Phòng tỷ lệ 1:50000 (Cục Địa chất Việt Nam).

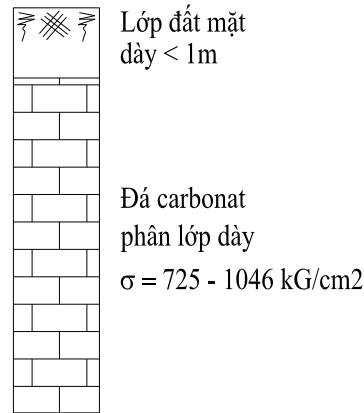


Hình 2.3 (tờ 2): Bản đồ phân vùng địa chất công trình thành phố Hải Phòng tỷ lệ 1: 50000 (Cục Địa chất Việt Nam).

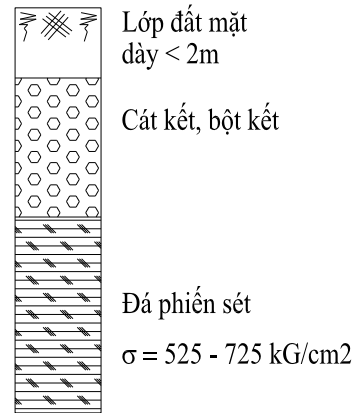
d. Xây dựng địa tầng tiêu biểu cho các phân vùng địa chất công trình thành phố Hải Phòng.

- Vùng I-A: Đây là vùng núi Karst bóc mòn cao 200 – 400m, sườn lởm chởm vách đứng, địa hình bị chia cắt mạnh. Phân bố chủ yếu ở huyện đảo Cát Bà, bắc Thủy Nguyên. Trầm tích carbonat gồm đá vôi, đá vôi silic, vôi sét, sét vôi. Như vậy địa tầng tiêu biểu ở đây chủ yếu là đá carbonat phân lớp dạng khối, cường độ kháng nén trung bình ở khoảng  $\sigma = 725 - 1046 \text{ kG/cm}^2$ . (**Hình 2.4**)

- Vùng I-B: đây là vùng đồi, núi sót có sườn xâm thực – bóc mòn, bị chia cắt cao 30 – 100m, dốc 20%. Phân bố chủ yếu ở bắc Thủy Nguyên, một số điểm thuộc Kiến Thụy. Địa tầng tiêu biểu ở vùng này chủ yếu là đá cát kết, bột kết và đá phiến sét, cường độ kháng nén trung bình khoảng  $\sigma = 525 - 725 \text{ kG/cm}^2$ . (**Hình 2.5**)



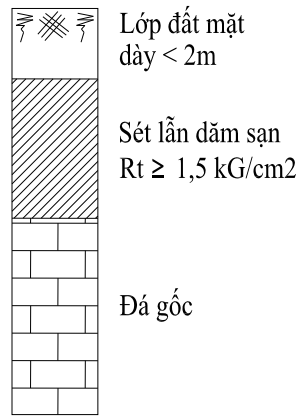
Hình 2.4: Địa tầng vùng I-A



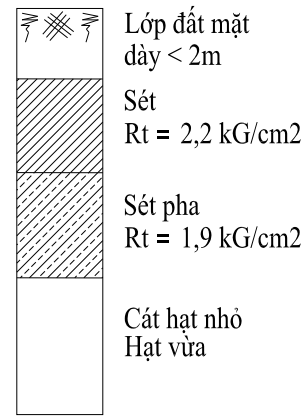
Hình 2.5: Địa tầng vùng I-B

- Vùng II-C: đây là vùng sườn xâm thực tích tụ thoải, dốc  $10^0 - 20^0$ . Phân bố rải rác ở Kiến Thụy, Thủy Nguyên, Chủ yếu ở Đồ Sơn. Địa tầng tiêu biểu ở vùng này gồm lớp sét lẫn dăm vụn dày từ 1 – 5m, phủ lên trên lớp đá gốc. Sức chịu tải của nền đất  $R_0 \geq 1,5 \text{ kG/cm}^2$ . (**Hình 2.6**)

- Khu II-D-1: đồng bằng cao 5 – 7m tích tụ Pleistocen muộn bị bóc mòn rửa trôi, địa hình bằng phẳng, bị chia cắt yếu. Chủ yếu phân bố tại phía tây nam và bắc huyện Thủy Nguyên. Địa tầng tiêu biểu gồm hai lớp: trên là sét hoặc sét pha, dưới là cát hạt nhỏ hoặc hạt vừa. Cột địa tầng điển hình ( $maQ_{III}^2vp_2$ ). (**Hình 2.7**)



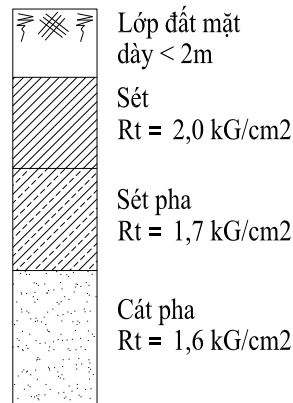
Hình 2.6: Địa tầng vùng II-C



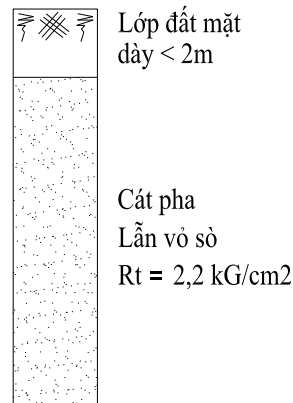
Hình 2.7: Địa tầng khu II-D-1

- Khu II-D-2: đồng bằng cao 2 – 4m, tích tụ Holocen sớm – giữa, địa hình bằng phẳng, phân bố tại An Dương và rải rác ở Thủy Nguyên. Địa tầng tiêu biểu gồm 3 lớp: trên là sét, sét pha, dưới là cát pha. Cột địa tầng tổng hợp ( $mQ_{IV}^{1-2}hh_2$ ). (Hình 2.8)

- Khu II-D-3: đê cát biển, tuổi Holocen muộn, cao 3 – 5m, địa hình bị chia cắt yếu, phân bố nam huyện Vĩnh Bảo, thị trấn Minh Đức, huyện Thủy Nguyên. Địa hình tiêu biểu chủ yếu là cát pha có lẫn vỏ sò. Cột địa tầng tổng hợp ( $mQ_{IV}^3tb_1$ ). (Hình 2.9)



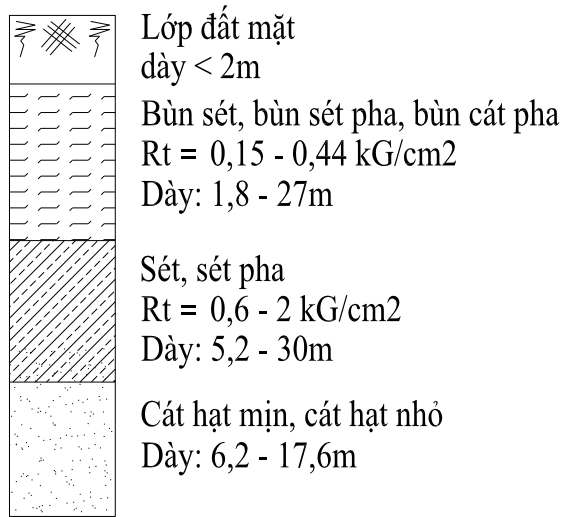
Hình 2.8: Địa tầng khu II-D-2



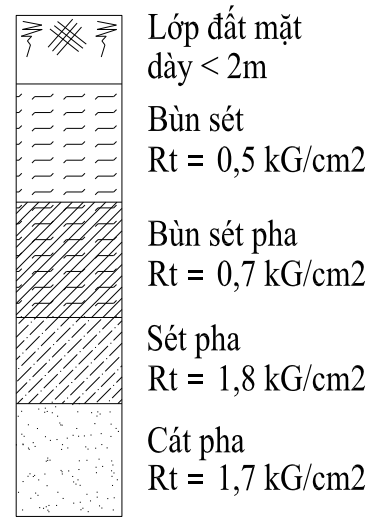
Hình 2.9: Địa tầng khu II-D-3

- Khu II-D-4: đồng bằng tích tụ sông – biển, tuổi Holocen muộn, địa hình bằng phẳng, xuất hiện trên toàn bộ quận, huyện, đảo của Hải Phòng. Địa tầng tiêu biểu bao gồm: trên là bùn sét, bùn sét pha, dưới là sét, sét pha, cát hạt mịn, hạt nhỏ hoặc cát pha ( $amQ_{IV}^3tb_1$ ). (Hình 2.10)

- Khu II-D-5: bãi bồi cao, tích tụ sông, tuổi Holocen muộn, địa hình bằng phẳng, cao 1 – 3m, phân bố ở Tiên Lãng, Vĩnh Bảo, phía bắc huyện An Dương. Địa tầng tiêu biểu bao gồm: trên là bùn, bùn sét, dưới là sét, sét pha, cát pha ( $aQ_{IV}^3tb_2$ ). (Hình 2.11)



Hình 2.10: Địa tầng khu II-D-4

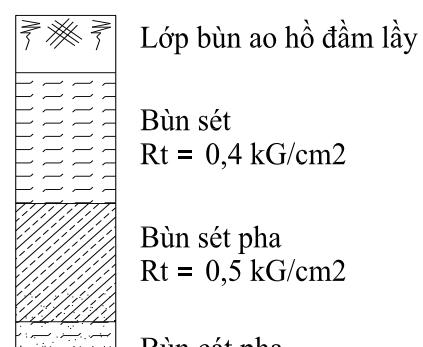
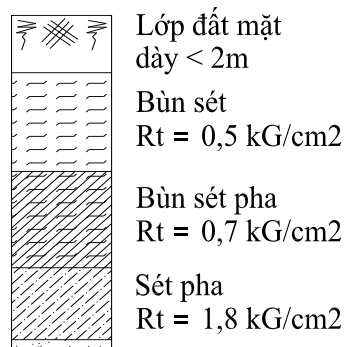


Hình 2.11: Địa tầng khu II-D-5

- Khu II-D-6: bãi bồi ven sông, địa hình khá bằng phẳng, cao 3 – 5m, phân bố ven sông Thái Bình, sông Văn Úc. Địa tầng tiêu biểu bao gồm: trên là bùn, bùn sét, dưới là sét, sét pha, cát pha ( $aQ_{IV}^3tb_2$ ). (Hình 2.12)

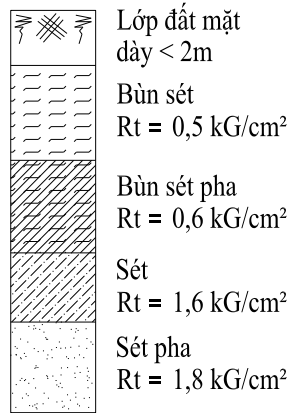
- Khu II-D-7: các khoảng trũng thấp tích tụ sông đầm lầy, bề mặt không bằng phẳng, lầy thụt, phân bố ở bắc Thủy Nguyên, phía tây An Lão và một dải khá rộng kéo từ phía đông huyện An Lão sang huyện Kiến Thụy. Địa hình tiêu biểu bao gồm: trên là đất yếu, dưới là bùn sét pha, bùn cát pha ( $mbQ_{IV}^{1-2}hh_1$ ). (Hình 2.13)

- Khu II-D-8: bãi triều cao, tích tụ sông – biển – đầm lầy, tuổi Holocen muộn, địa hình không bằng phẳng có chỗ lầy thụt, phân bố phía đông nam Thủy Nguyên, phía đông một dải ăn sâu vào thành phố, đảo Đình Vũ, Cát Bà, đông nam Kiến Thụy, nam Tiên Lãng. Địa tầng tiêu biểu bao gồm: trên là đất yếu, dưới là sét pha, cát pha, bùn ( $amQ_{IV}^3tb_1$ ). (Hình 2.14)



Hình 2.12: Địa tầng khu II-D-6

Hình 2.13: Địa tầng khu II-D-7



Hình 2.14: Địa tầng khu II-D-8

- Khu II-D-9: bãi tiêu thấp, tích tụ biển hiện đại, mặt địa hình hơi nghiêng ra biển, có chỗ bị lầy thụt. Phân bố chủ yếu ở cửa sông Lạch Tray, cửa sông Văn Úc, cửa sông Cấm. Tuy nhiên đây là khu vực bãi triều, không tập trung dân cư, khu công nghiệp nên việc xây dựng ở đây rất hạn chế. Tác giả không xây dựng cột địa tầng tại khu vực này.

## 2.6. Phạm vi nghiên cứu của bài toán xử lý nền đất yếu bằng cọc đất xi măng cho công trình tại Hải Phòng.

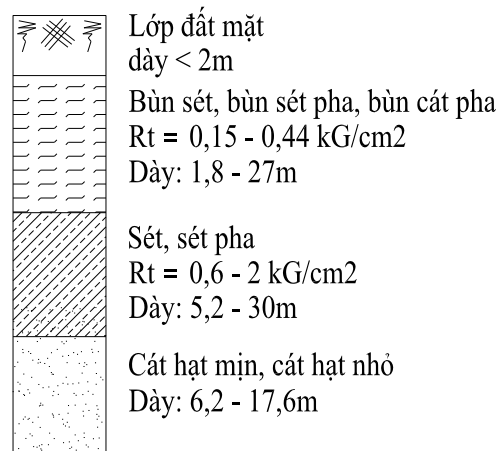
Trong phạm vi lãnh thổ Hải Phòng phân bố rất nhiều loại đất có tuổi và nguồn gốc khác nhau. Cấu trúc nền đất Hải Phòng rất phức tạp, hầu hết diện tích Thành phố có kiểu nền nhiều lớp và đều có mặt lớp đất yếu. Với đặc điểm về điều kiện địa chất công trình phức tạp, tác giả tiến hành phân chia khu vực nghiên cứu thành 12 khu chính như sau:

- Khu I-A, I-B, II-C: là vùng đồi núi (phân bố ở khu vực Kiến An, Thủy Nguyên, Đồ Sơn, đảo Cát Bà). Địa tầng chủ yếu là cát kết, bột kết, phiến sét, sét lẫn dăm sạn phủ lên đá gốc. Là điển hình cho cấu trúc nền 1 lớp. Khu địa chất này khi có công trình xây dựng thì không cần thiết sử dụng các biện pháp xử lý, gia cố nền móng nên trong phạm vi nghiên cứu của luận văn của mình, tác giả không xét đến các khu này.

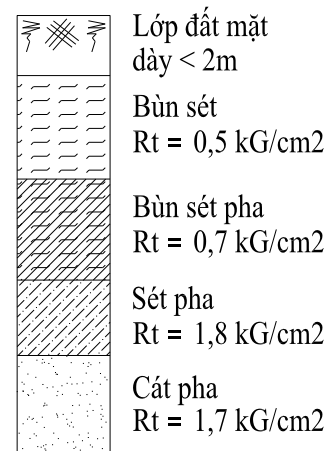
- Khu II-D-1,2,3: địa hình chủ yếu là đồng bằng cao từ 2 – 7m. Địa tầng chủ yếu là sét, sét pha, cát pha, cát hạt nhỏ, cát pha lẫn vỏ sò. Phân bố trên diện tích nhỏ hẹp tại các huyện ngoại thành như Thủy Nguyên, An Dương, Vĩnh Bảo. Đại diện cho cấu trúc nền 2 – 3 lớp và là khu vực có điều kiện địa chất khá tốt. Khu địa chất này khi có công trình xây dựng thì không cần thiết sử dụng các biện pháp xử lý, gia cố nền móng nên trong phạm vi nghiên cứu của luận văn cũng không xét đến khu này.

- Khu II-D-4,8: là khu vực đồng bằng tích tụ sông – biển, khu vực bãi triều cao tích tụ sông, biển, đầm lầy, tuổi Holocen muộn. Đây là một khu vực rất bất lợi cho việc xây dựng các công trình. Ngoài lớp đất mặt (thường là đất lấp, đất tôn nền thành phần phức tạp), ngay phía dưới là một lớp đất yếu (bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha) phân bố rất rộng, dày từ 1,8 – 27m; sức chịu tải quy ước  $R_0 = 0,15 - 0,44 \text{ kG/cm}^2$ . Vì vậy khi xây dựng công trình cần chú ý sử dụng các biện pháp xử lý, gia cố nền móng công trình. Trong nội dung Luận văn coi đây là nền đất yếu dạng I. (**Hình 2.15**)

- Khu II-D-5,6,7: là vùng bãi bồi cao, bãi bồi thấp ven sông Cửa Cấm, Văn Úc, Lạch Tray, các khoảng trũng thấp, bãi triều cao, bãi triều thấp ven biển. Địa tầng chủ yếu là đất lộ ra trên mặt dày > 2m, trên là bùn, sét, sét pha, dưới là cát pha. Đây là vùng có điều kiện địa chất là các lớp đất yếu, vì vậy khi xây dựng công trình cần chú ý sử dụng các biện pháp xử lý, gia cố nền móng công trình. Trong nội dung Luận văn coi đây là nền đất yếu dạng II. (**Hình 2.16**)



Hình 2.15: Nền đất yếu dạng I



Hình 2.16: Nền đất yếu dạng II

- Khu II-D-9: Đây là khu vực bãi triều thấp không có dân cư sinh sống, không có các khu công nghiệp, việc xây dựng công trình ở đây rất hạn chế. Trong nội dung Luận văn Tác giả không xét đến vùng này.

Với đặc điểm điều kiện địa chất công trình ở Hải Phòng tạo bởi các lớp đất yếu có tính thấm nhỏ, bề dày lớn như đã trình bày tại phần địa chất thì các phương pháp cải tạo sâu như bác thấm, giếng cát, cọc cát, trụ đá, cọc đất xi măng là thích hợp. Trong số các phương pháp này thì phương pháp xử lý bằng cọc đất xi măng có thể rút ngắn được thời gian thi công, chi phí hợp lý.

Hiệu quả của nó cũng đã được minh chứng ở nhiều nước trên thế giới như Nhật, Đức, Pháp, Mỹ, Singapore ... Nhưng ở khu vực Hải Phòng cũng như ở Việt Nam cho đến nay thì việc áp dụng phương pháp cọc đất xi măng trong gia cố nền đất yếu còn hạn chế.

## **CHƯƠNG III**

### **CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN CỌC ĐẤT XI MĂNG VÀ CÔNG NGHỆ THI CÔNG JET – GROUTING**

#### **I- PHẦN LÝ THUYẾT**

##### **1- Tổng quan về công nghệ jet grouting**

Công nghệ jet grouting là một công nghệ trộn sâu dạng ướt (wet mixing). Hiện nay nước ta còn được gọi là "khoan phụt vữa cao áp", để phân biệt với các công nghệ khoan phụt sử dụng áp suất thấp hơn (2-10 atm) và cơ chế nút bịt đã có mặt ở nước ta từ nhiều năm nay.



Công nghệ khoan phụt vữa cao áp (KPVCA) được phát minh ở Nhật Bản. Sau đó các công ty của Ý, Đức đã mua lại phát minh trên và đến nay nhiều công ty xử lý nền móng hàng đầu thế giới hiện nay như Công ty Layne Christensen (Mỹ), Bauer (Đức), Keller (Anh), Frankipile (Úc) đều có sử dụng công nghệ này. Trải qua hơn ba mươi năm hoàn thiện và phát triển, đến nay công nghệ này đã được thừa nhận rộng khắp, được kiểm nghiệm và đưa vào tiêu chuẩn ở các nước phát triển trên thế giới.

Khoan phụt vữa cao áp là một quá trình bê tông hoá đất. Nhờ có tia nước và tia vữa phun ra với áp suất cao (200- 400 atm), vận tốc lớn ( $\geq 100$  m/s), các phần tử đất xung quanh lỗ khoan bị xói toi ra và hòa trộn với vữa phụt đông cứng tạo thành một khối đồng nhất “Xi măng- đất”.

Ưu điểm của công nghệ KPVCA:

- Phạm vi áp dụng rộng, thích hợp mọi loại đất, từ bùn sét đến sỏi cuội
- Có thể xử lý các lớp đất yếu một cách cục bộ, không ảnh hưởng đến các lớp đất tốt.
- Có thể xử lý dưới móng hoặc kết cấu hiện có mà không cần ảnh hưởng đến công trình.
- Thi công được trong nước
- Mặt bằng thi công nhỏ, ít chấn động, ít tiếng ồn, hạn chế tối đa ảnh hưởng đến các công trình lân cận.
- Thiết bị nhỏ gọn, có thể thi công trong không gian có chiều cao hạn chế, nhiều chướng ngại vật.

Nhược điểm của công nghệ KPVCA:

- Có thể gây ra trương nở nền và gây ra các chuyển vị quá giới hạn trong lòng đất. Áp lực siêu cao còn có khả năng gây nên rạn nứt nền đất lân cận và tia vữa có thể lọt vào các công trình ngầm sẵn có như hố ga, tầng hầm lân cận.
- Đối với nền đất chứa nhiều túi bùn hoặc rác hữu cơ thì axit humic trong đất có thể làm chậm hoặc phá hoại quá trình ninh kết của hỗn hợp xi măng đất.

**Tính chất của Xi măng- đất:**

- Xi măng- đất trong đất đóng vai trò ổn định đất và chống thấm.

- Cường độ chịu nén của Xi măng- đất từ  $2 \div 25 \text{ N/mm}^2$ , phụ thuộc vào hàm lượng xi măng và tỷ lệ đất còn lại trong khối Xi măng- đất.
- Hiệu quả chống thấm của Xi măng- đất đạt được bằng cách lựa chọn loại vữa thích hợp, trong trường hợp cần thiết phải cho thêm bentonite.
- Loại vật liệu làm vữa và khối lượng vữa bơm vào, cũng như loại đất và lượng đất còn lại trong khối Xi măng- đất sẽ quyết định tính chống thấm của nó.

## 2- Các đặc tính kỹ thuật

Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả gia cố đất bằng khoan phụt cao áp là:

- Loại đất;
- Sức chịu tải;
- Dung trọng;
- Cấp phối hạt;
- Hàm lượng nước;
- Giới hạn Atterbug.

Các thông số cần xác định trong công tác khoan phụt là đường kính cột đất gia cố; tốc độ thi công; tính chất cơ lý của cột đất mới tạo ra; hiệu quả kinh tế. Mỗi thông số ứng với một loại đất ở một vị trí nhất định xác định được qua tính toán. Tuy nhiên, cần phải tiến hành các thử nghiệm tại chỗ nhằm tìm được các thông số thích hợp. Có thể tham khảo Bảng 3.1 dưới đây:

Bảng 3.1- Các thông số kỹ thuật thông dụng

Kiểu khoan phụt		1 pha		2 pha		3 pha	
Thông số	Đơn vị	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Áp suất tia vữa	MPa	20	60	30	60	3	7
Lưu lượng vữa	l/phút	40	120	70	150	70	150
Áp suất tia khí	MPa			0,6	1,2	0,6	1,2
Lưu lượng khí	l/phút			2000	6000	2000	6000
Áp suất tia nước	MPa					20	50
Lưu lượng nước	l/phút					70	150
Đường kính lỗ phụt vữa	mm	1,5	3	1,5	3	4	8
Đường kính lỗ phụt nước	mm					1,5	3

Đường kính lỗ phụt khí	mm			1	2	1	2
Tốc độ vòng quay	v/phút	10	25	5	10	5	10
Tốc độ rút cần	cm/phút	10	50	7	30	5	30

### 3. Nguyên lý làm việc của Jet - Grouting

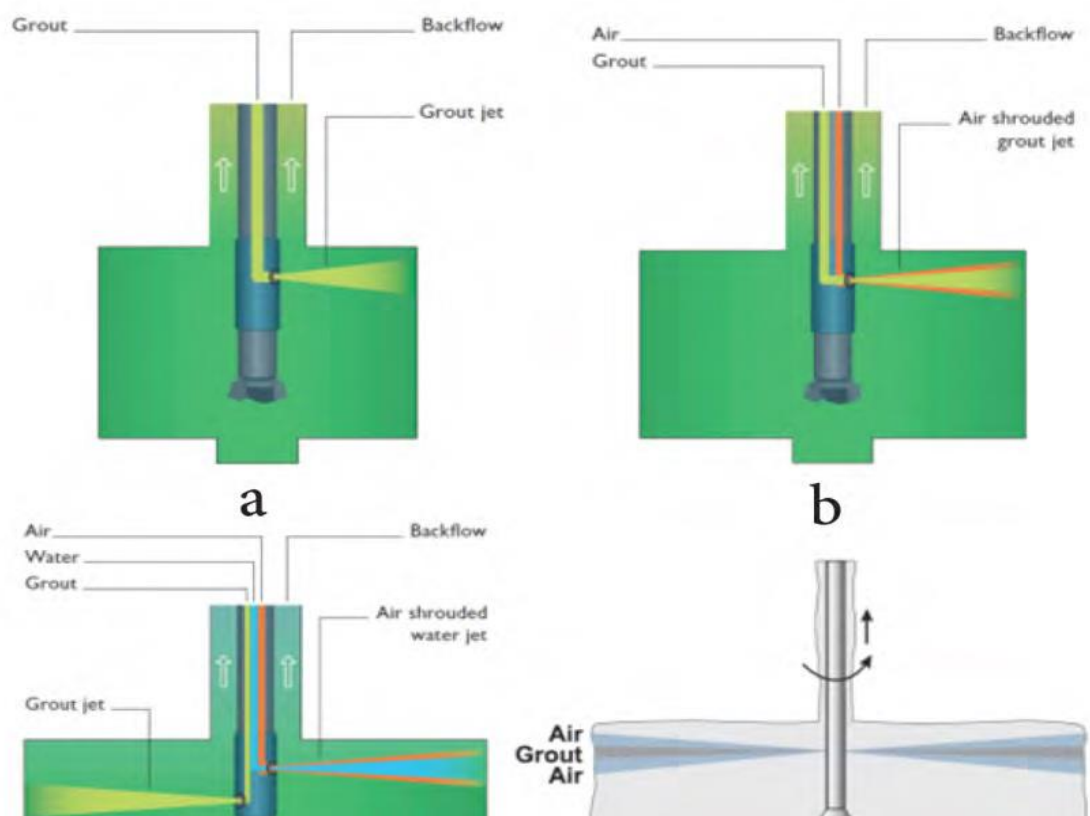
Trong công nghệ Jet Grouting hỗn hợp soilcrete có thể được tạo ra dựa trên các nguyên lý như Bảng 3.2.

Bảng 3.2: Nguyên lý phụt vữa cao áp (Keller Group, Hayward Baker, Inc.)

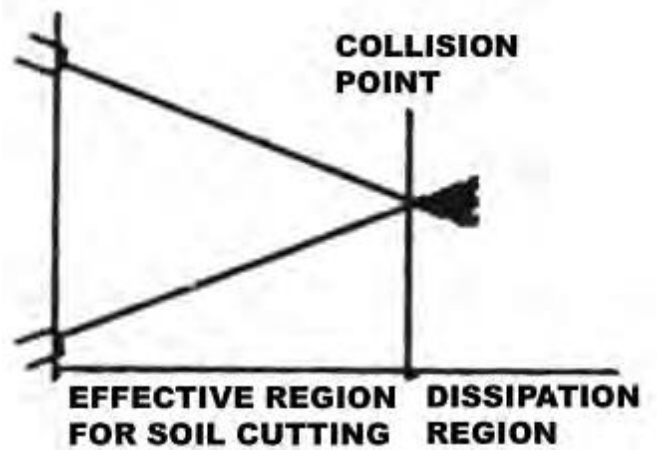
Hệ thống	Nguyên lý hoạt động
Phun đơn (Single-fluid system)	Vữa được phụt trực tiếp để cắt và kết hợp trộn với đất tại chỗ (Choi 2005). Phương pháp này sử dụng áp lực 30-60 MPa, vận tốc khoảng 200 m/s để tạo các cọc có đường kính khoảng 0.4–1.2 m (Townsend & Brian Anderson 2004). Hệ thống đơn cho đường kính cọc nhỏ nhất, nhưng cọc có cường độ tốt nhất so với các loại khác khi dùng cùng lượng xi măng (Choi 2005). Phun đơn sử dụng ít hiệu quả trong đất dính hơn sử dụng trong đất rời (Townsend & Brian Anderson 2004).
Phun đôi (Double-fluid system)	Hệ thống phun đôi hiệu quả hơn hệ thống phun đơn, hiệu quả xói đất được gia tăng nhờ bổ sung khí màn che với áp lực cao quanh tia vữa (Townsend & Brian Anderson 2004). Đầu phun đôi làm tăng khả năng cắt của tia vữa bằng cách làm giảm mất mát năng lượng, ma sát được giảm khi tia vữa được bao bởi khí màn che (Choi 2005). Hệ thống có thể tạo cọc có đường kính trên 1m trong đất chặt, trên 1.5 m trong đất rời (Townsend & Brian Anderson 2004).
Phun ba (Triple-fluid system)	Hệ thống phun ba là sự kết hợp của tia khí màn che bên ngoài tia nước để tăng hiệu quả xói đất của tia nước, ngoài ra còn có thêm vòi phun vữa (Townsend & Brian Anderson 2004). Trong quá trình thi công, đầu phun nước và khí trước tiên sẽ làm nhiệm vụ cắt đất, trong khi đó vữa sẽ được phun từ đầu phun thấp hơn để trộn vữa với đất vừa bị cắt (Choi 2005). Trong hệ thống này cọc có thể đạt đường kính từ 0.9m đến 1.4 m. Hệ

	thống phun ba hiệu quả nhất trong đất dính (Townsend & Brian Anderson 2004).
Siêu Jet Grouting (Super Jet Grouting)	Trong hệ thống này tia vữa bắt đầu phụt với vận tốc cao, tia vữa và khí đồng trục xói đất và trộn đất tại chỗ (Townsend & Brian Anderson 2004). Phương pháp tạo cọc có đường kính khoảng 3 -5 m, thậm chí lên đến 9 m trong nền đất yếu (Townsend & Brian Anderson 2004, Essler & Yashida 2004), và có thể gia cường một thể tích đất lớn gấp 20 lần so với các hệ thống khác do sử dụng vận tốc phun lớn, áp lực cao (Essler & Yashida 2004). Hệ thống đặc biệt hiệu quả xử lý khối lượng lớn, trên diện rộng (Townsend & Brian Anderson 2004).
Phun giao cắt (CrossingJet)	Trong công nghệ CrossingJet thay vì chỉ dùng 1 tia nước để cắt đất thì trong công nghệ này sử dụng hai tia nước có độ nghiêng vì vậy chúng giao nhau tại một khoảng cách cần một đoạn (Choi 2005, Essler & Yashida 2004). Tại điểm cắt nhau đó, năng lượng của tia xói tiêu tán nhanh và phương pháp này hiệu quả trong việc kiểm soát đường kính cọc phù hợp cho mọi loại đất (Essler & Yashida 2004)

Hình 3.1 và Hình 3.2 thể hiện các nguyên lý hoạt động của công nghệ Jet Grouting.



Hình 3.1: Nguyên lý hoạt động của công nghệ Jet Grouting  
 a - Phun đơn (Single-fluid system), b- Phun đôi (Double-fluid system)  
 c - Phun ba (Triple-fluid system), d - Siêu Jet Grouting (SuperJet Grouting)



Hình 3.2: Nguyên lý làm việc của CrossingJet (Choi 2005, Essler & Yashida 2004)

#### 4. Các thông số của Jet - Grouting

Thông số của Jet Grouting bao gồm hai phần chính là các thông số về thiết bị, vận hành và các thông số về sản phẩm soilcrete. Bảng 3.3 tổng hợp chi tiết các thông số của Jet Grouting khi sử dụng ba hệ thống: phun đơn, phun đôi, và phun ba.

- Các thông số về thiết bị, vận hành bao gồm: áp lực vữa, lưu lượng vữa, áp lực nước, lưu lượng nước, áp lực khí, lưu lượng khí, tốc độ nâng cần, tốc độ xoay cần.

- Các thông số của sản phẩm soilcrete bao gồm: cường độ nén một trục của soilcrete, đường kính cọc, cường độ chịu cắt, môđun đàn hồi, hệ số thấm.

Bảng 3.3: Các thông số cơ bản của Jet Grouting (Trần Nguyễn Hoàng Hùng 2011 tổng hợp từ Choi 2005, Burke 2004, và Xanthakos et al. 1994)

Thông số phụ	Đơn vị	Công nghệ Jet Grouting		
		Đầu phun đơn	Đầu phun kép	Ba đầu phun

Áp suất phun				
Nước	MPa	-	-	30-40
Khí nén	MPa	-	0.7-1.7	0.7-1.7
Vữa	MPa	30-60	30-60	1-4
Tốc độ phun				
Nước	L/phút	-	-	70-100
Khí nén	L/phút	-	1-3	1-3
Vữa	L/phút	100-300	100-600	120-250
Kích thước vòi phun				
Nước	mm	-	-	1.8-2.6
Vữa	mm	1.8-4.0	2.4-7.0	3.5-10
Nước	Cái	-	-	1-2
Vữa	Cái	1-6	1-2	1-3
Xi măng (XM)				
XM/nước		0.8-2.0	0.8-2.0	0.8-2.0
Hàm lượng XM	Kg/m <sup>3</sup>	400-1000	150-500	150-650
Cần/thanh dẫn				
Tốc độ rút	cm/phút	10-30	10-30	3-8
Tốc độ xoay	vòng/phút	3-8	3-10	10-25

Xanthakos et al. (1994) đã đưa ra bảng thống kê các thông số của quá trình thi công bằng công nghệ Jet Grouting, các thông số này được tổng hợp từ các kinh nghiệm thi công Jet Grouting ở các công trình khác nhau như bảng 3.4.

Bảng 3.4: Tổng hợp từ các kinh nghiệm thi công Jet Grouting ở các công trình (Xanthakos et al. 1994)

Original Japanese Name	Principle of Operation	Jetting Pressure (MPa)	Jetting Nozzle Diameter (mm)	Rotation Rate (rpm)	Anticipated Column Diameter (cm)	Notes
Jet Grout (JG)	Upper water and lower grout jet	20	?	None	—	Panels only, soon obsolete
Chemical Churning Pile (CCP)	Single grout jet	20–40	1.2–3.0	20	30–60	1. Chemicals now replaced by cement 2. Similar to Rodinjet 1 (F1)
Jumbo Special Grout (JSG)	Single jet of grout enveloped in air	20	3–3.2	6	80–200	1. Originally called “jumbo special pile” (JSP) but name changed for patent reasons 2. Similar to Rodinjet 2 (F2)
Column Jet Grout (CJG)	Upper water and air jet and lower grout jet	40–50	1.8–3.0 (upper) 3.0–5.0 (lower) (8–9 mm in Kajima system)	5	150–300	1. Referred to as “half replacement” 2. Similar to Rodinjet 3 or Kajima/GKN Keller system (F3)
Mini Max (MM)	Like CCP but uses special “chemicolime” cement	20	1.2	20	80–160	Specially for very weak soil and organics (e.g., soft peaty clays under water)
Jumbo Mini Max (JMM)	As for MM except for addition of 20–40 cm wing jet	20	1.2	20	200	Specially for very weak soil and organics (e.g., soft peaty clays under water)
Super Soil Stabilization Management (SSS-Man)	Air water jet used to excavate volume completely underwater; this is then surveyed ultrasonically; if OK, then tremied full of desired material	20–60	2–2.8	3–7	200–400	1. To provide absolute control over shape and composition of column 2. Effective to over 70-m depth 3. “Complete replacement” 4. Most expensive technique, but ensures desired performance

Ngoài các thông số đã liệt kê trên còn có các thông số quan trọng khác như tỷ lệ nước: xi măng trong vữa, số lượng đầu phun và kích thước đầu phun, góc phun, v.v., là các thông số cũng cần xem xét.

Theo BS EN12716:2001 các thông số của quá trình thi công Jet Grouting thay đổi tùy theo các biện pháp thi công khác nhau thể hiện như Bảng 3.5.

Bảng 3.5: Các thông số của quá trình thi công Jet Grouting (BS EN12716:2001)

Jet grouting parameters	Single fluid	Double fluid (air)	Double fluid (water)	Triple fluid
Grout pressure (MPa)	30 to 50	30 to 50	> 2	> 2
Grout flow rate (l/min)	50 to 450	50 to 450	50 to 200	50 to 200
Water pressure (MPa)	N/A	N/A	30 to 60	30 to 60
Water flow rate (l/min)	N/A	N/A	50 to 150	50 to 150
Air pressure (MPa)	N/A	0,2 to 1,7	N/A	0,2 to 1,7
Air flow rate (m <sup>3</sup> /min)	N/A	3 to 12	N/A	3 to 12
N/A Not applicable.				

Với một hệ thống thi công nhất định, các thông số quá trình phụ vữa xác định dựa trên điều kiện địa chất và đường kính cọc thiết kế, các nguyên tắc lựa chọn các thông số như sau (nguồn Bachy Soletanche):

- Đất có dung trọng càng cao thì phải dùng năng lượng càng cao.
- Khác nhau giữa phụt vữa trong đất sét và đất cát không chỉ về đường kính cọc mà còn về cường độ của vật liệu vữa (trong đất sét cần sử dụng các thông số để phụt vữa chứa lượng xi măng cao hơn để thu cọc có cường độ tương tự khi phụt trong đất cát).

## 5. Các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng Jet - Grouting

Theo Kauschinger & Welsh (1989) (từ nguồn Xanthakos et al. 1994) cường độ soilcrete có liên quan đến các nhân tố sau:

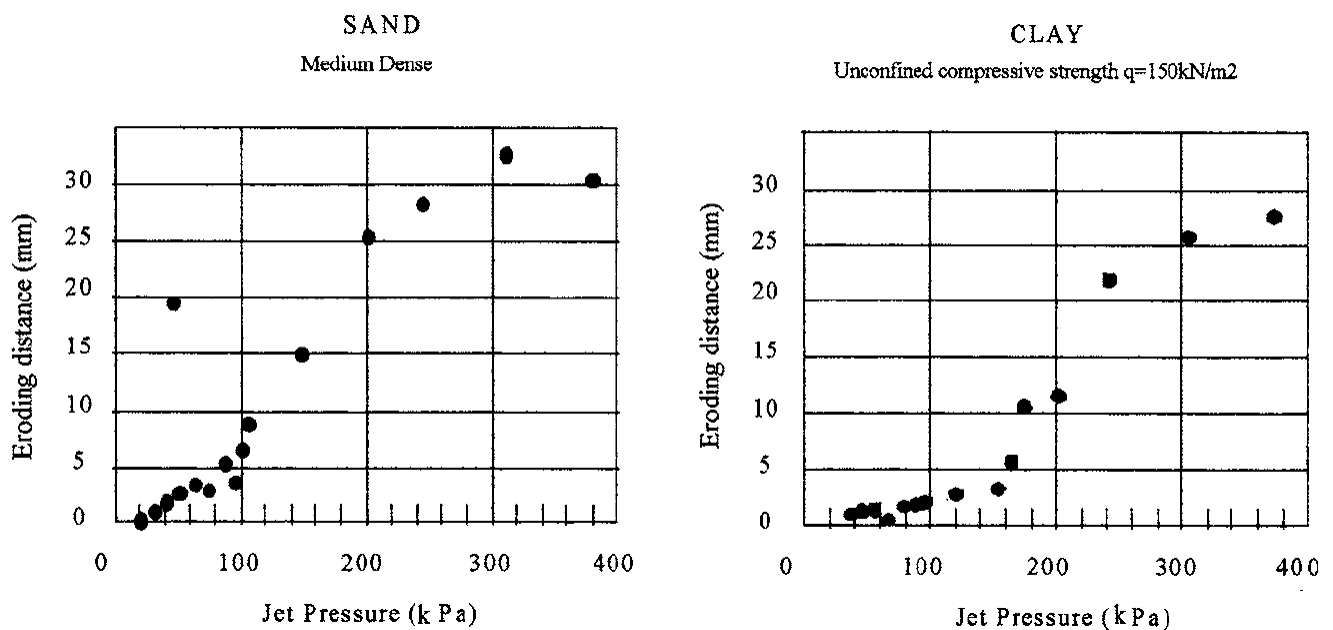
1. Điều kiện địa đất ở hiện trường.
2. Lượng nước còn lại trong khối soilcrete. Yếu tố này bị tác động bởi 4 nhân tố sau:
  - Lượng nước trong đất ở hiện trường.
  - Tỷ lệ nước/xi măng (w:c) của vữa dùng trong phụt vữa.
  - Tính thấm của nước ra khỏi soilcrete, áp lực còn dư trong quá trình phụt vữa tạo ra chênh áp đẩy nước trong cọc ra. Nhân tố này rất quan trọng đối với đất cát.
  - Quá trình cố kết trong soilcrete có độ ẩm cao dưới tác dụng của tải trọng bản thân nó, điều này là nguyên nhân giảm tỷ lệ nước: xi măng (w:c) trong soilcrete.
3. Tỷ lệ w:c của soilcrete và hàm lượng xi măng ở hiện trường.
4. Tính không đồng nhất của sản phẩm soilcrete. Yếu tố này có thể do nhiều nguyên nhân:
  - Không kiểm soát tốt các thông số của quá trình phụt vữa như thay đổi áp lực phun, hư hỏng đầu phun, tốc độ rút cần, không kiểm soát tốt bước rút cần v.v.
  - Không trộn đều đất với vữa. Trộn không đều sẽ tạo nên soilcrete có cường độ cao ở lõi nhưng lại thấp ở phía ngoài chu vi cọc.
  - Tính không đồng nhất của đất nền.

Theo Bruce et al. (1987) chất lượng của sản phẩm soilcrete tạo thành phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Độ nhớt của vữa nên thấp để làm tăng tính đồng nhất của sản phẩm, tỷ số w:c theo khối lượng thường thì nhỏ hơn 1. Trong các loại đất rời có tính thấm cao thì cần phun nhiều nước để thoát nước trong đất và trong vữa, còn trong đất dính có tính thấm thấp thì ngược lại (Bruce et al.1987). Đây cũng là nguyên nhân chính giải thích tại sao cường độ của cọc vữa phụ thuộc chủ yếu vào tỷ số w:c, trong đất sét cường độ thấp khoảng 0.5 – 3.0MPa, còn trong đất cát và các loại đất rời cường độ soilcrete khoảng 5 đến 20MPa, còn các nhân tố khác thì không đổi (Bruce et al. 1987).

### 5.1. Áp lực phun



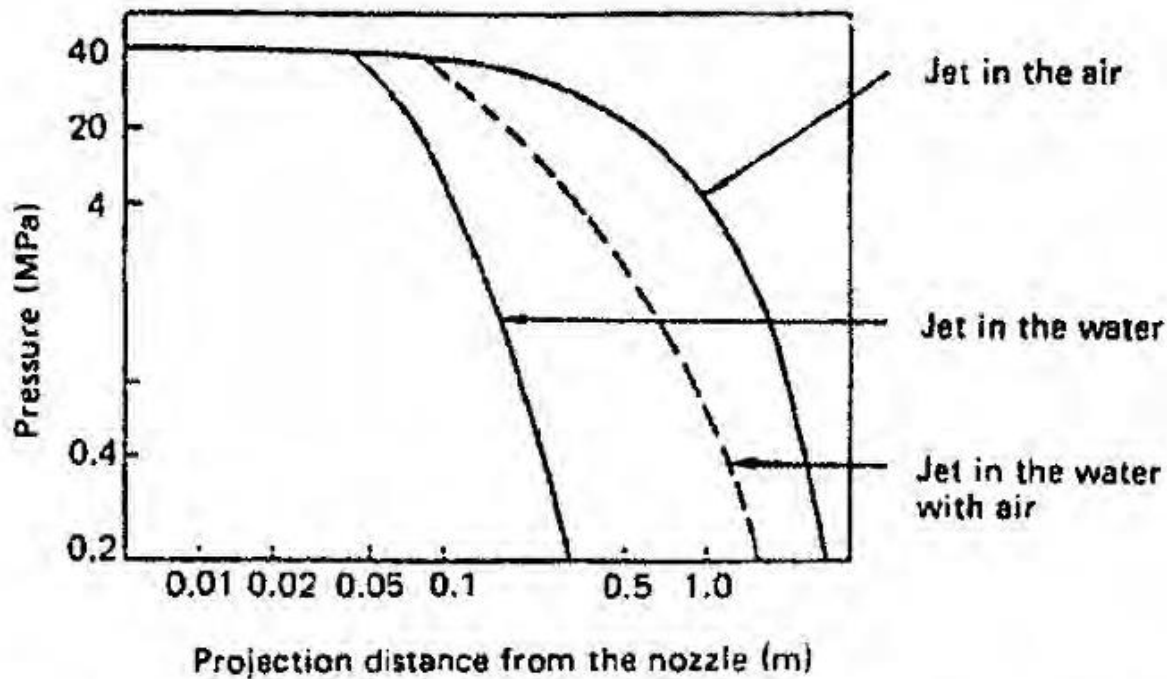
Khi tiến hành xói đất với áp lực cao, khoảng cách xói sẽ gia tăng tối đa khi áp lực phun vượt quá cường độ nén có nở hông của đất (Essler & Yshida 2004). Như vậy thì với áp lực cao sẽ rút ngắn thời gian thi công. Cụ thể áp lực vào khoảng 1 đến 60 MPa cho các loại đất bùn, cát, v.v., và áp lực có thể trên 200MPa cho đá (Essler & Yshida 2004). Biểu đồ hình 3.3 thể hiện mối quan hệ giữa khoảng cách xói và áp lực phun đối với cát với áp lực phun từ 0 đến 100 KPa thì khoảng cách xói tăng còn chậm, tuy nhiên khi tăng áp lực lên trên 100 KPa thì khoảng cách xói tăng nhanh, còn đối với đất sét với cấp áp lực từ 0 đến 180 kPa thì khoảng cách xói tăng rất chậm, nhỏ hơn so với cát, tuy nhiên khi tăng áp lực này lên trên 180 kPa thì khoảng cách xói bắt đầu tăng nhanh hơn, sở dĩ có trường hợp như vậy là vì cường độ nén có nở hông của đất sét cao hơn.



Hình 3.3- Quan hệ giữa khoảng cách xói và áp lực phun (Essler & Yshida 2004)

Khi phụt vữa bên dưới mực nước ngầm, tiêu hao năng lượng của tia nước là vấn đề cần xem xét (Choi 2005). Shibazaki và Ohta (1982) (từ nguồn Choi 2005) đã chứng minh rằng việc bổ sung thành phần khí màn che sẽ làm gia tăng hiệu quả cắt của tia nước. Với khí màn che bên ngoài tia vữa có thể gia tăng khoảng cách có hiệu quả tia nước lên 5 lần so với khi phụt trong nước (Choi 2005). Hình 3.4 thể hiện mối quan hệ giữa áp lực phun và khoảng cách phun của tia vữa tính từ đầu phun trong các trường hợp phụt trong không khí, phụt trong nước, và phụt trong nước có khí màn che. Theo quan sát thấy rằng tia nước có khoảng cách hiệu quả trong phạm vi 2m trong không khí,

nhưng khoảng cách này giảm đáng kể khi phụt trong nước. Với khí màn che bên ngoài tia vữa có thể gia tăng khoảng cách xói của tia nước lên 5 lần so với khi phụt trong nước (Choi 2005).



Hình 3.4- Quan hệ giữa khoảng cách theo phương ngang tính từ đầu phun với áp lực vữa (Choi 2005 từ nguồn Shibazaki & Ohta 1982)

Áp lực khí nén nên dùng khoảng 0.7 MPa để làm việc chiều sâu nhỏ hơn 20m, nhưng cần áp lực cao chống lại áp lực nước ngầm khi chiều sâu công tác lớn (Essler & Yshida 2004).

## 5.2. Thể tích, lưu lượng phun

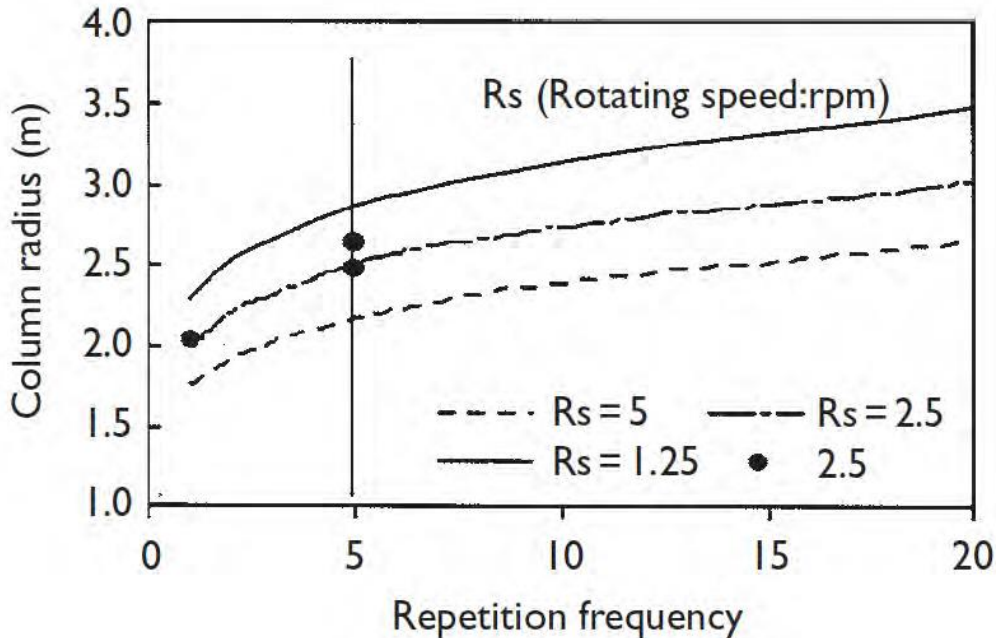
Nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến kích thước của cọc là động lượng của tia phụt ra (Choi 2005 từ nguồn Covil & Skinner 1994). Động lượng được tạo ra phụ thuộc vào khối lượng và vận tốc của các thành phần, vì vậy có hai cách để nâng cao động lượng của tia phụt được đưa ra (Choi 2005). Trước tiên là tập trung vào thành phần vận tốc bằng cách tăng áp lực phun, thứ hai là tập trung thành phần khối lượng bằng cách tăng lưu lượng phun (Choi 2005). Shroff và Shah (1999) (từ nguồn Choi 2005) cho rằng cách tiếp cận thứ hai an toàn hơn vì tránh được những nguy hiểm khi làm việc với áp lực lớn. Covil và Skinner (1994) (từ nguồn Choi 2005) cũng cho rằng phương pháp gia

tăng lưu lượng phun sẽ hiệu quả hơn, nhưng cách này lại có nhược điểm như lãng phí và cần xử lý khối lượng lớn đất thải.

### 5.3. Tốc độ rút cần, tốc độ xoay cần

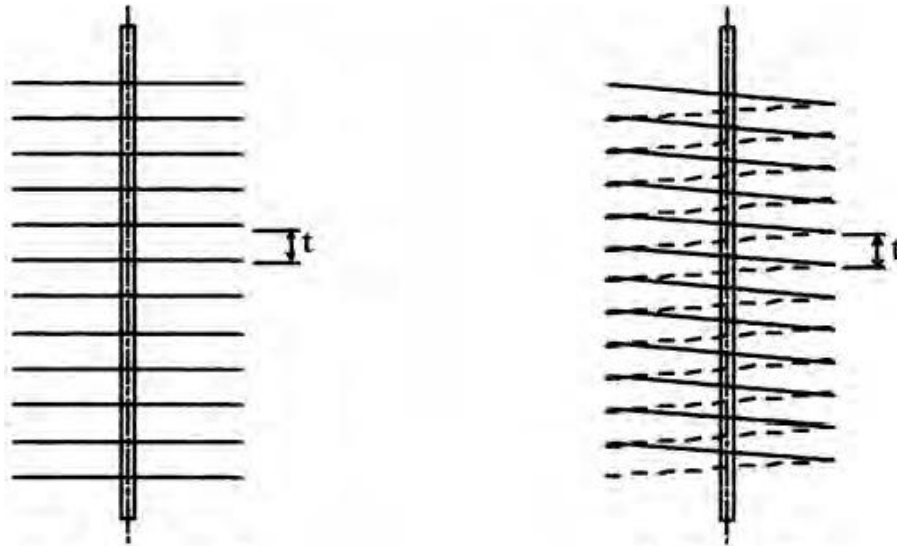
Các thí nghiệm hiện trường đã chỉ ra cần phải xoay cần từ 4 đến 6 vòng đủ để trộn đất và vữa (Xanthakos et al. 1994 từ nguồn Kauschinger & Welsh 1989).

Hình 3.5 cung cấp kết quả thí nghiệm số lần lặp tia xói, chỉ ra rằng tăng số lặp lớn hơn 5 ít làm tăng đường kính cọc.



Hình 3.5: Tốc độ xoay và chu kỳ lặp lại ảnh hưởng đường kính xói (Essler & Yoshida 2004)

Có hai cách rút và xoay cần, một là xoay cần đủ chu kỳ lặp mong muốn rồi nâng cần, hai là kết hợp vừa nâng cần vừa xoay cần (hình 3.6) (Essler & Yoshida 2004). Mỗi bước tương ứng với một đường kính cọc mong muốn, nhưng theo kinh nghiệm nâng cần với bước 50 mm khi cọc có đường kính 2 m, nâng cần mỗi bước 100 mm khi cọc có đường kính 4 m (Essler & Yshida 2004).



Hình 3.6- Phương pháp rút cần (Essler & Yoshida 2004)

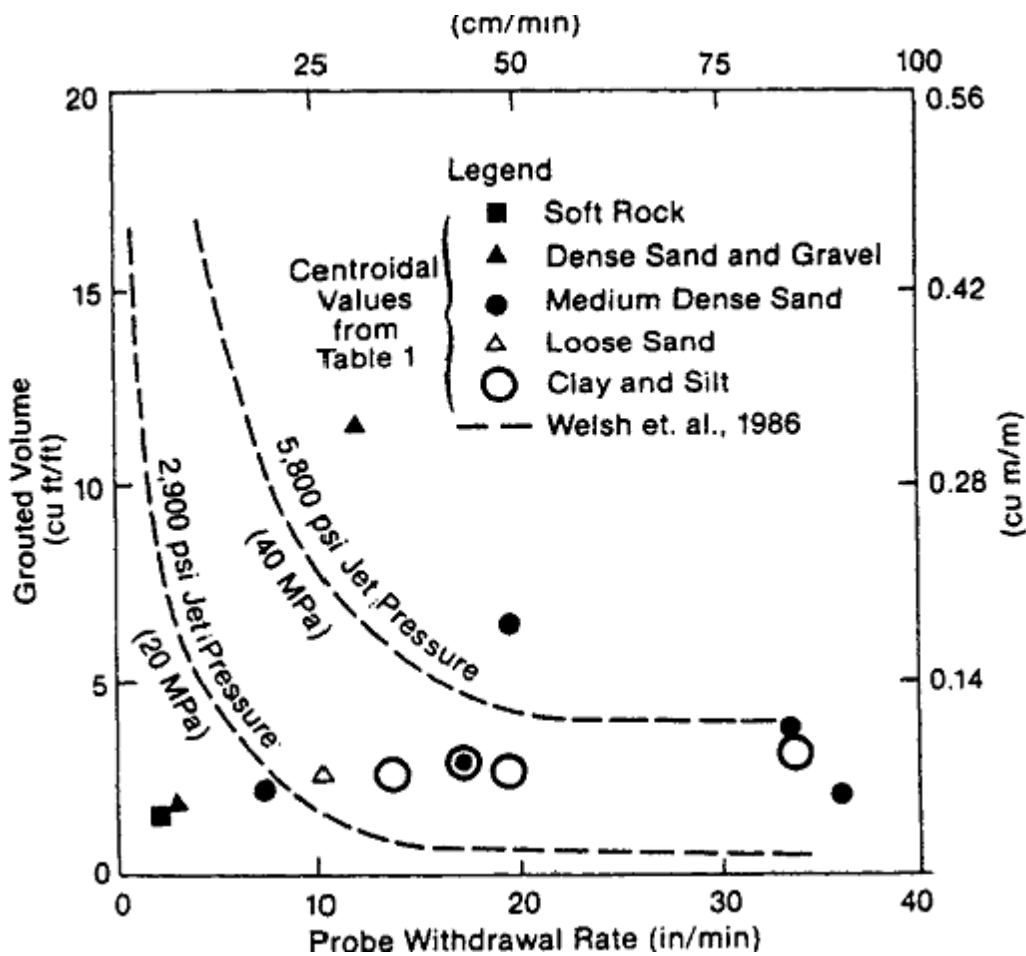
Yahiro & Yoshida 1973 (từ nguồn Xanthakos et al. 1994 ) chỉ ra sự thay đổi tốc độ rút cần cho các loại đất với chỉ số SPT khác nhau được thể hiện trong hình 3.7.

$N$  = blows/ft from Standard Penetration Test

Description of soil, rock	Lifting velocity cm/minute				
	10	20	30	40	50
Clay					$N < 10$ [ ]
Silt					$N < 10$ [ ]
Sand		$N > 50$ [ ]	$50 > N > 30$ [ ]	$N < 30$ [ ]	
Sand and gravel		$N > 50$ [ ]	$N < 50$ [ ]		
Mudstone		$N > 50$ [ ]			

Hình 3.7- Quan hệ giữa tốc độ rút cần với chỉ số SPT (Xanthakos et al. 1994 từ nguồn Yahiro & Yoshida 1973)

Hình 3.8 thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ rút cần, thể tích đất xử lý, và các giá trị áp lực phun.



Hình 3.8- Quan hệ giữa tốc độ rút cần và thể tích đất xử lý (Xanthakos et al. 1994 từ nguồn ASCE 1987)

#### 5.4. Loại xi măng, vữa

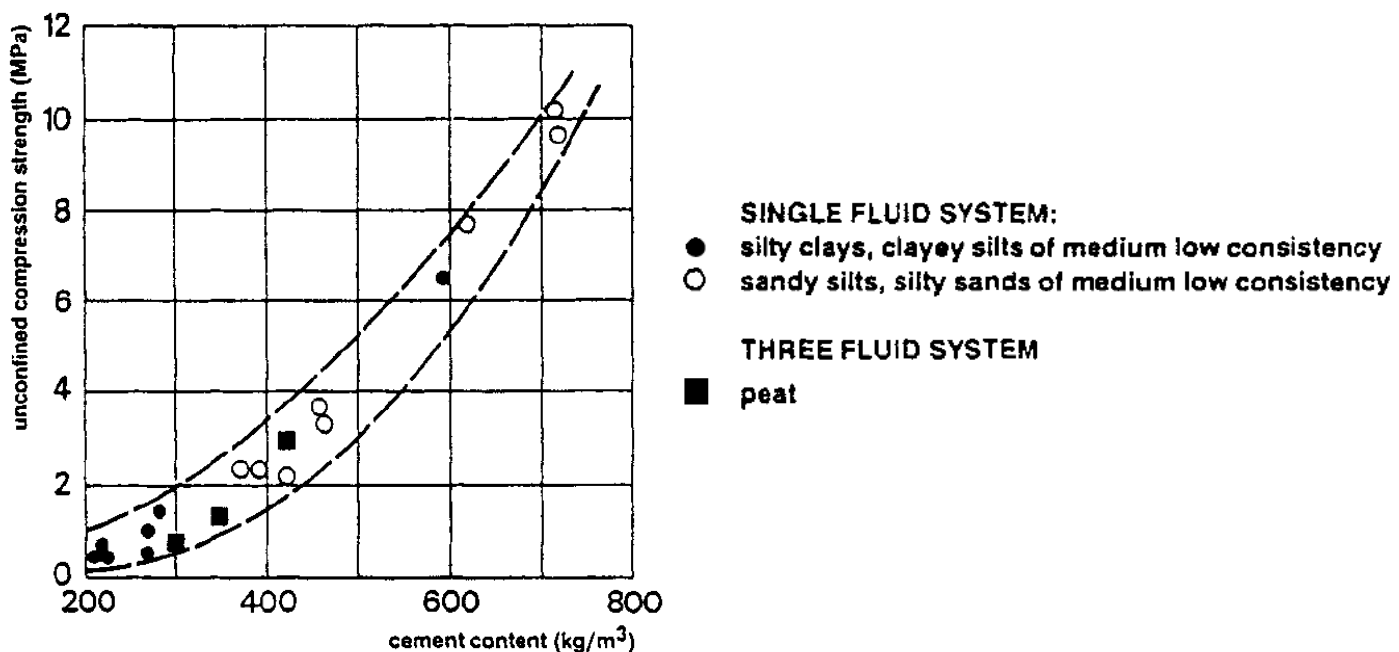
Vữa và tỉ lệ phù hợp (w:c) được lựa chọn sao cho đạt yêu cầu về cường độ và tính thấm (Xanthakos et al. 1994). Cường độ chịu nén của soilcrete vào khoảng 1-25 MPa và được xác định bởi lượng xi măng và một phần đất còn lại trong khối soilcrete, tính chống thấm của soilcrete ngăn không cho nước thấm vào bằng cách lựa chọn loại vữa phù hợp và nếu cần có thể bổ sung thêm bentonite (Keller Group).

Nếu muốn tạo soilcrete có cường độ cao, tỉ lệ w:c dùng giá trị vào khoảng 0.6 – 1.2 (thường lấy bằng 1) và dựa trên cấp phối hạt đất, tính thấm của đất, độ ẩm đất, khối lượng trung bình của lượng vữa trong 1 m<sup>3</sup> đất (Xanthakos et al. 1994). Trong trường hợp cho mục đích chống thấm và soilcrete không cần cường độ cao đặc biệt trong đất rời, khi đó có thể bổ sung Bentonite (hơn 5% trọng lượng đất). Coomber (1985b) (từ

nguồn Xanthakos et al. 1994) đề nghị dùng tro bay (fly ash) với tỷ lệ xi măng: tro bay = 1:1 đến 1:10.

Cường độ chịu nén là đặc trưng chủ yếu của soilcrete, phụ thuộc chủ yếu vào loại xi măng và thời điểm thí nghiệm. Đối với đất cát lẫn sỏi sạn, và với xi măng cường độ cao, cường độ từ 10 MPa đến 30 MPa đối với thi công bằng hệ thống 1 đầu phun (Xanthakos et al.1994). Đối với đất có tính dẻo cao, rất khó đạt được cường độ trên 3MPa nếu không dùng lượng lớn xi măng (Xanthakos et al.1994). Trong hầu hết các loại đất, nếu dùng các hệ thống phun đôi, phun ba thành phần cho cọc có đường kính lớn hơn, nhưng cường độ thì lại thấp hơn.

Hình 3.9 cung cấp dữ kiện thí nghiệm về mối quan hệ giữa lượng xi măng sử dụng và cường độ nén của soilcrete.



Hình 3.9- Quan hệ giữa cường độ và hàm lượng xi măng sử dụng (Xanthakos et al.1994 từ nguồn Gallavresi, 1992)

Có thể trộn thêm các phụ gia làm giảm lượng nước, tăng ổn định, tăng tính dẻo, chống thấm hay chất chống rửa trôi vào trong vữa. Các vật liệu khác như bentonite, chất phụ gia, tro bay (flyash) cũng có thể bổ sung vào trong hỗn hợp.

Chỉ số cường độ  $R_o$  là đặc trưng chủ yếu của soilcrete, phụ thuộc chủ yếu vào loại xi măng và thời điểm thí nghiệm sau khi thi công được Gallavresi 1992 (từ nguồn Xanthakos et al.1994) đưa ra như sau:

$$R_o = R/(c:w)^n \quad (1)$$

Trong đó n thường lấy từ 1.5 đến 3, đối với đất không lẫn hữu cơ lấy  $n = 2$ .

Đối với đất cát lẫn sỏi sạn, và với xi măng cường độ cao,  $R_o$  có thể phát triển từ 10 MPa đến 30 MPa đối với thi công bằng hệ thống đơn (Xanthakos et al.1994). Đối với đất có tính dẻo cao, rất khó đạt được cường độ trên 3 MPa nếu như không dùng lượng lớn xi măng vì tỷ số  $w:c$  của vật liệu soilcrete sẽ lớn hơn đối với vữa (Xanthakos et al.1994).

### **5.5. Ảnh hưởng của vòi phun, vòi**

Rất nhiều nghiên cứu về thiết kế đầu phun để nâng cao khả năng cắt đất của tia vữa/nước (Xanthkos et al. 1994). Kauschinger & Perry (1986), và Kauschinger & Welsh (1989) (từ nguồn Xanthakos et al. 1994) tính toán với tỷ lệ  $w:c$  là 1:1 bơm qua đầu phun có đường kính 2 mm, với vận tốc phun 250 m/s sẽ tạo ra lưu lượng vào khoảng 75 lít/phút khi đó đòi hỏi phải có năng lượng 100HP.

### **5.6. Ảnh hưởng loại đất tại hiện trường**

Jet Grouting có thể xử lý với hầu hết các loại đất từ đất yếu, đất rời, đất sét trừ sỏi cuội hạt lớn (Hình 3.9).

## **6- Trình tự tính toán sơ bộ các thông số khoan phụt như sau:**

1. Bước đầu tiên là sơ bộ chọn cường độ cốt đất sau xử lý. Với thông số đã chọn, kết hợp với biểu đồ kinh nghiệm để hiệu chỉnh lượng xi măng, sau đó xác định lượng xi măng trên một m<sup>3</sup> đất phải xử lý. Nếu là vữa khác chứ không phải vữa xi măng thì phải căn cứ vào kết quả thí nghiệm trong phòng.
2. Chọn đường kính cột đất sẽ tạo ra và tính toán lượng xi măng sẽ dùng.
3. Chọn cấp phối vữa. Cần chú ý đến các thông số cơ bản của vữa phải phù hợp với bơm. Trong trường hợp hỗn hợp chỉ là nước và xi măng, tỉ lệ này sẽ ảnh hưởng đến khả năng bơm cũng như cường độ cốt đất gia cố. Tỉ lệ N/X càng cao thì càng dễ bơm nhưng cường độ đạt được lại thấp. Khi chọn cấp phối vữa cần quan tâm đến các yếu tố: điều kiện tự nhiên của đất; cấp phối hạt; khả năng thấm và hàm lượng nước.
  - Trong vùng đất có tính thấm lớn, nước trong vữa có thể thoát ra khỏi vùng xử lý, tỉ lệ N/X cần chọn tăng lên.
  - Với đất dính, độ thấm nước nhỏ thì chọn tỉ lệ N/X nhỏ để đạt cường độ cao hơn.

- Với đất có độ thấm cao, mà yêu cầu về cường độ không cao lắm, có thể pha thêm Bentonite vào vữa để giảm mất nước.
  - Tỷ lệ N/X thông thường chọn từ 1 đến 1,5.
4. Từ (1), (2), (3) tính toán số lượng vữa cần bơm cho một cột đất cần tạo ra.
  5. Chọn áp suất phun (thông thường từ 40 đến 50 atm). Lý tưởng nhất là xác định bằng kinh nghiệm kết hợp với thí nghiệm hiện trường. Thông số này đồng thời cũng là hàm số giữa năng lực của bơm áp lực cao và điều kiện thực tế của đất. áp suất bơm vữa càng cao, năng lực của tia phun ra càng lớn và kết quả là hiệu quả phá đất càng cao. Áp suất càng cao đường kính cột đất càng lớn. Đường kính cột đất còn phụ thuộc vào thời gian bơm, tức là thời gian giữ cần khoan cố định tại một chỗ để bơm và lượng vữa bơm ra tại vị trí đó.
  6. Chọn kích thước và số lỗ phù hợp với cần khoan từ biểu đồ “*áp suất – lưu lượng*” để xác định vữa bơm.
  7. Từ (4) và (6) tính toán thời gian bơm vữa cho một mét cột đất cần tạo ra.
  8. Chọn mức độ rút cần khoan lên (thông thường 3 đến 8cm/phút) và tính toán thời gian cần thiết để bơm một lượng vữa cần thiết cho mỗi đoạn.
  9. Chọn tốc độ quay của cần khoan khi rút lên. Ít nhất là 1 đến 2 vòng cho mỗi đoạn.

Sử dụng các thông số tính toán qua bước 9 nói trên, tiến hành một số thí nghiệm hiện trường. ít nhất phải làm tại bốn vị trí, mỗi vị trí làm ba cột, mỗi vị trí cần thay đổi giá trị cấp phối vữa, lưu lượng và bước thời gian.

Sau khi thiết lập xong các thông số cần thiết, tiến hành đào kiểm tra cột đất để xem lại đường kính của nó, thí nghiệm kiểm tra cường độ, hệ số thấm. Nếu cột đất nằm quá sâu, có thể khoan lấy mẫu để thí nghiệm.

## **7- Tính toán, thiết kế cọc đất xi măng**

### **7.1. Các quan điểm tính toán đối với cọc ĐXM gia cố nền đất yếu**

Trong nền đất được gia cố bằng cọc ĐXM, dưới tác dụng của tải trọng đứng và áp lực đẩy ngang trong nền bất buộc cọc ĐXM trong nền có những ứng xử khác nhau



đối với từng dạng tải trọng. Hiện nay theo rất nhiều nghiên cứu của các tác giả có những quan điểm tính toán khác nhau.

**7.1.1. Quan điểm cọc đất xi măng làm việc như cọc** (Nguyễn Quốc Dũng, Phùng Vĩnh An, Nguyễn Quốc Huy, *Công nghệ khoan phụt cao áp trong xử lý nền đất yếu*)

**\* Đánh giá ổn định cọc xi măng – đất theo trạng thái giới hạn 1**

Để móng cọc đảm bảo an toàn cần thỏa mãn các điều kiện sau:

Nội lực lớn nhất trong một cọc:  $N_{\max} < Q_{ult}/F_s$

Moment lớn nhất trong một cọc:  $M_{\max} < [M]$  của vật liệu làm cọc.

Chuyển vị của khối móng:  $\Delta y < [\Delta y]$

Trong đó:

$Q_{ult}$  – Sức chịu tải giới hạn của cọc xi măng – đất.

$[M]$  – Moment giới hạn của cọc xi măng – đất.

$F_s$  – Hệ số an toàn.

**\* Đánh giá ổn định cọc xi măng – đất theo trạng thái giới hạn 2**

Tính toán theo trạng thái giới hạn 2, đảm bảo cho móng cọc không phát sinh biến dạng và lún quá lớn:  $\Sigma S_i < [S]$

Trong đó:

$[S]$  – Độ lún giới hạn cho phép.

$\Sigma S_i$  – Độ lún tổng cộng của móng cọc.

Nói chung, trong thực tế quan điểm này có nhiều hạn chế và có nhiều điểm chưa rõ ràng.

Chính vì những lý do đó nên ít được dùng trong tính toán.

**7.1.2. Phương pháp tính toán theo quan điểm như nền tương đương** (Nguyễn Quốc Dũng, Phùng Vĩnh An, Nguyễn Quốc Huy, *Công nghệ khoan phụt cao áp trong xử lý nền đất yếu*)

Nền cọc và đất dưới đáy móng được xem như nền đồng nhất với các số liệu cường độ  $\varphi_{tđ}$ ,  $C_{tđ}$ ,  $E_{tđ}$  được nâng cao. Gọi  $a_s$  là tỉ lệ giữa diện tích cọc xi măng – đất thay thế trên diện tích đất nền.

$$a_s = A_p/A_s$$

$$\varphi_{tđ} = a_s \varphi_{cọc} + (1-a_s) \varphi_{nền}$$

$$C_{đđ} = a_s C_{cọc} + (1-a_s) C_{nền}$$

$$E_{đđ} = a_s E_{cọc} + (1-a_s) E_{nền}$$

Trong đó:  $A_p$  – Diện tích đất nền thay thế bằng cọc xi măng - đất.

$A_s$  – Diện tích đất nền cần thay thế.

Theo phương pháp tính toán này, bài toán gia cố đất có 2 tiêu chuẩn cần kiểm tra: tiêu chuẩn về cường độ và tiêu chuẩn về biến dạng.

### **7.1.3. Phương pháp tính toán theo quan điểm hỗn hợp của Viện Kỹ Thuật Châu Á**

#### **\* Khả năng chịu tải của cọc đơn**

Khả năng chịu tải giới hạn ngắn hạn của cọc đơn trong đất sét yếu được quyết định bởi sức kháng của đất sét yếu bao quanh (đất phá hoại) hay sức kháng cắt của vật liệu cọc (cọc phá hoại), theo tài liệu của D.T.Bergado:

$$Q_{ult.soil} = (\pi d L_{col} + 2.25 \pi d^2) C_{u.soil}$$

Trong đó:

$d$ : đường kính cọc

$L_{col}$ : chiều dài cọc

$C_{u.soil}$ : độ bền cắt không thoát nước trung bình của đất sét bao quanh, được xác định bằng thí nghiệm ngoài trời như thí nghiệm cắt cánh hoặc thí nghiệm xuyên côn.

Khả năng chịu tải giới hạn ngắn ngày do cọc bị phá hoại ở độ sâu  $z$ , theo Bergado:

$$Q_{ult.col} = A_{col} (3.5 C_{u.col} + K_b \sigma_h)$$

Trong đó:

$K_b$ : hệ số áp lực bị động;  $K_b = 3$  khi  $\phi_{ult.col} = 30^\circ$ .

#### **\* Khả năng chịu tải giới hạn của nhóm cọc**

Khả năng chịu tải giới hạn của nhóm cọc xi măng - đất được tính theo công thức:

$$Q_{ult.group} = 2 C_{u.soil} H (B + L) + k C_{u.soil} B L$$

Trong đó:

$B, L, H$  – chiều rộng, chiều dài và chiều cao của nhóm cọc xi măng – đất.

$k = 6$ : khi móng hình chữ nhật.

$k = 9$ : khi móng hình vuông, tròn.

Trong tính toán thiết kế, kiến nghị hệ số an toàn là 2.50 (theo D.T.Bergado).

Độ lún tổng cộng của gồm 2 thành phần là độ lún cục bộ của khối được gia cố ( $\Delta h_1$ ) và độ lún của đất không ổn định nằm dưới khối gia cố ( $\Delta h_2$ ). Có 2 trường hợp xảy ra:

Trường hợp A: tải trọng tác dụng tương đối nhỏ và cọc chưa bị rã.

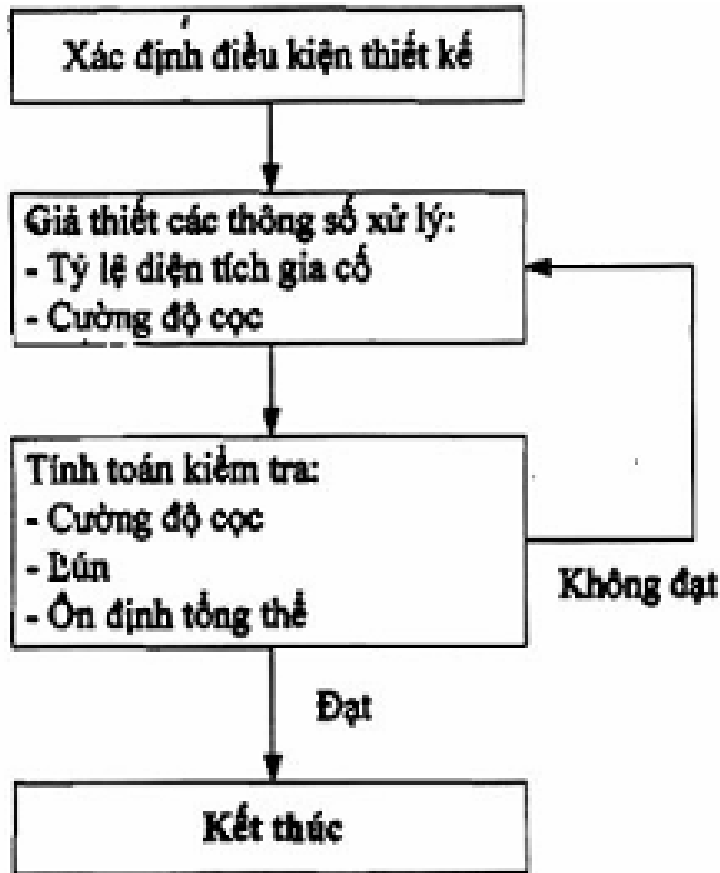
Trường hợp B: tải trọng tương đối cao và tải trọng dọc trục tương ứng với giới hạn rã của cọc.

Sở dĩ các quan điểm trên chưa thống nhất vì bản thân vấn đề phức tạp, những nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm còn hạn chế. Quan điểm xem trụ đất-xi măng làm việc như trụ có nhiều hạn chế. Theo quan điểm này thì đòi hỏi trụ đất-xi măng phải có độ cứng tương đối lớn và các mũi trụ phải đưa vào tầng đất chịu tải. Khi đó tải trọng truyền vào móng chủ yếu truyền vào trụ đất-xi măng. Với chất lượng thi công hiện có trong Nước, cường độ vật liệu cọc ĐXM trong gia cố theo công nghệ trộn ước thường nằm trong khoảng 200-1000 kPa nên nhiều chuyên gia nền móng cho rằng quan điểm tính toán cọc ĐXM như cọc cứng là chưa được hợp lý. Quan điểm xem cọc đất-xi măng và đất là mô hình nền tương đương cũng có nhiều hạn chế. Vì theo quan điểm này xem nền trụ và đất dưới đáy móng là nền đồng nhất trường hợp này có thể được áp dụng khi mật độ cọc xi măng thiết kế khá dày. Quan điểm “tính toán nền đất hỗn hợp” cho kết quả tương đối sát với thực tế, đã được kiểm chứng qua nhiều công trình thi công trong Nước. Mặt khác quan điểm “tính toán nền đất hỗn hợp” được đề cập đến trong Tiêu chuẩn TCVN 9403-2012, nên trong khuôn khổ của Luận văn, Học viên lựa chọn tính toán theo quan điểm này.

## **7.2. Thiết kế cọc đất xi măng**

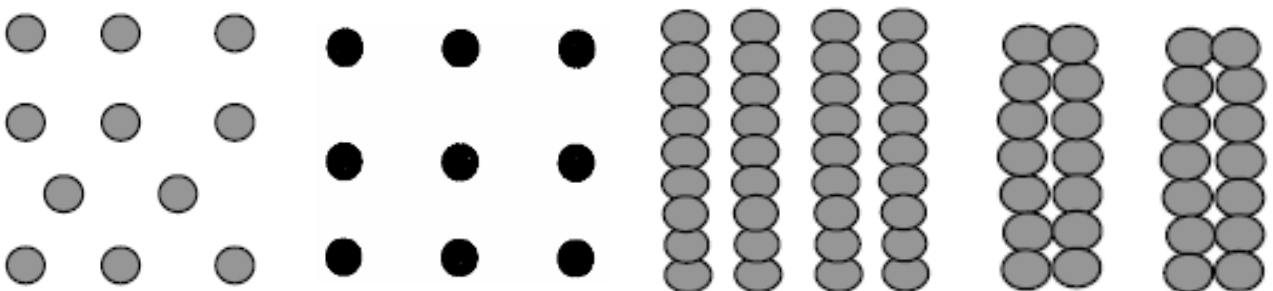
### **7.2.1. Nguyên lý thiết kế**

Để xử lý trộn sâu được thiết kế sao cho công trình xây dựng đạt các yêu cầu về tính khả thi, kinh tế và lâu dài, chịu được các tác động và ảnh hưởng trong quá trình thi công và sử dụng, tức là thỏa mãn các điều kiện về trạng thái cực hạn và trạng thái giới hạn sử dụng. Thiết kế thường theo phương pháp lặp, trong đó kết quả của nhiều phương pháp thí nghiệm kiểm tra là một phần quan trọng. Thiết kế sơ bộ dựa trên kết quả thí nghiệm mẫu trộn trong phòng. Tương quan cường độ nén không hạn chế nở hông giữa mẫu thân trụ hiện trường và mẫu trộn trong phòng có thể chọn theo kinh nghiệm từ 0.2 đến 0.5 tùy theo loại đất và tỷ lệ trộn. Nếu kết quả thí nghiệm hiện trường không đáp ứng yêu cầu thì phải điều chỉnh thiết kế công nghệ và khi cần thiết điều chỉnh cả thiết kế chức năng.



Hình 3.10- Tóm tắt trình tự thiết kế cọc ĐXM để xử lý nền đất yếu (TCVN 9906: 2014)

Hiện nay các thiết bị thi công trên thế giới có đường kính cọc ĐXM ( $d=0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.5; 1.6\dots$ ), tuy nhiên việc ứng dụng phổ biến tại Việt Nam hiện nay trong một số công trình thi công bằng cọc ĐXM ( $d=0.6; 0.8; 1.0; 1.2m$ ). Tùy theo điều kiện và khả năng thi công trong thiết kế chọn đường kính cọc phù hợp. Về sơ đồ bố trí nền cọc ĐXM theo mặt bằng thì tùy thuộc vào đường kính cọc, chỉ tiêu cơ lý của đất, cường độ thiết kế của cọc ĐXM, yêu cầu về tải trọng trong quá trình khai thác mà ta sẽ đưa ra sơ đồ bố trí mặt bằng phù hợp. Căn cứ vào yêu cầu xử lý nền cho công trình mà bố trí cọc xi măng đất theo các mô hình khác nhau. Để giảm độ lún bố trí cọc xi măng đất theo lưới tam giác hoặc ô vuông, để làm tường chắn thường bố trí các cọc xi măng đất thành dãy....



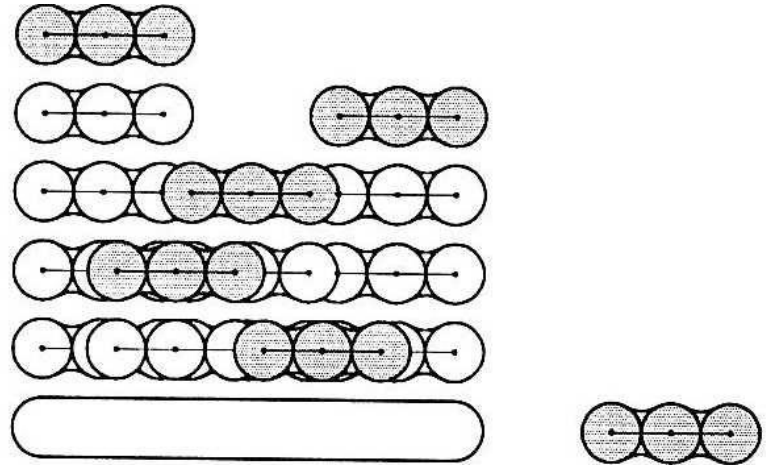
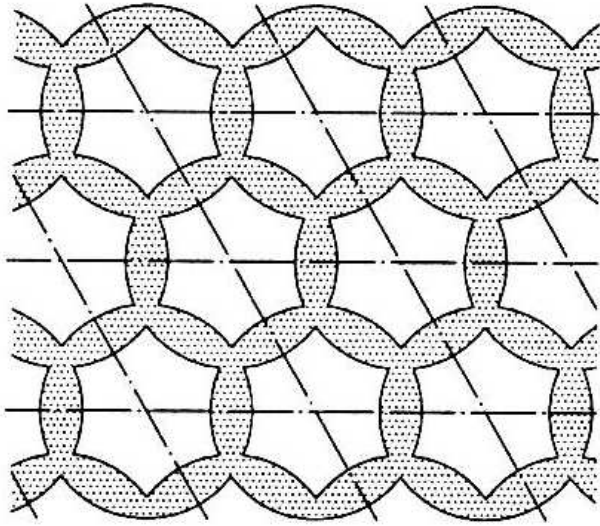
(a)

(b)

(c)

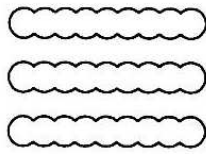
(d)

Hình 3.11 – (a) bố trí theo lưới tam giác (hoa thị);  
(b) bố trí theo lưới ô vuông; (c): bố trí theo hàng đơn; (d): bố trí theo hàng đôi

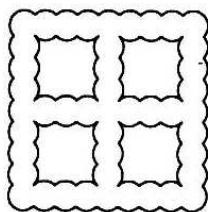


Hình 3.12- Bố trí cọc trùng nhau theo khối

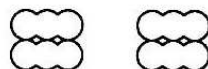
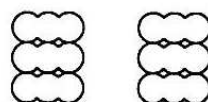
Hình 3.13-Bố trí cọc trùng nhau, thứ tự thi công



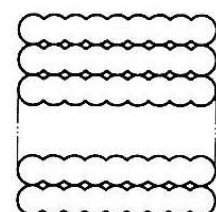
1



2

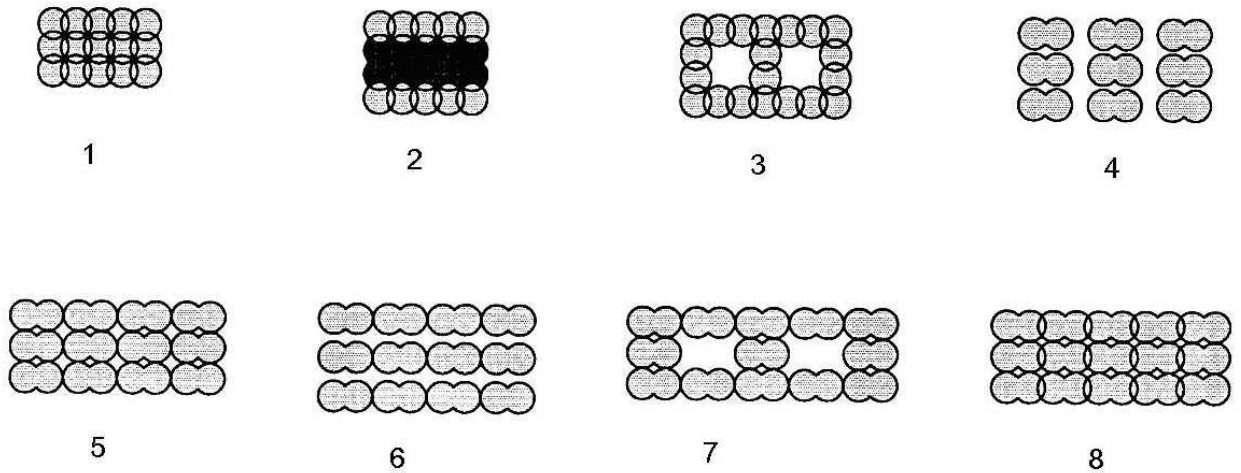


3



4

Hình 3.14- Bố trí cọc trên mặt đất: 1 Kiểu tường, 2 Kiểu kẻ ô, 3 Kiểu khối, 4 Kiểu diện



Hình 3.15- Bố trí cọc trên biển: 1 Kiểu khối, 2 Kiểu tường, 3 Kiểu kẻ ô, 4 Kiểu cột, 5 Cột tiếp xúc, 6 Tường tiếp xúc, 7 Kẻ ô tiếp xúc, 8 Khối tiếp xúc

Thứ tự thi công của từng cọc, từng phân đoạn phải phù hợp với điều kiện, tiến độ thực tế công trường:

- Đối với các công trình xử lý nền mà bố trí cọc xi măng đất theo lưới tam giác (hoa thị) hoặc ô vuông thì quá trình thi công các cọc xi măng đất theo trình tự từng cọc một.

- Đối với công trình xử lý nền mà bố trí cọc xi măng đất theo dạng dải hoặc các dạng khác mà các cọc xi măng đất bố trí gần nhau thì các cọc được khoan so le với nhau, trong đó các cọc nằm xen giữa chỉ được thực hiện sau một thời gian chỉ định để đảm bảo cọc xi măng đất sau thi công tiếp giáp với cọc xi măng đất đã thi công và đã đạt sự ngưng kết bê tông và bắt đầu có cường độ.

### 7.2.2. Tính toán thiết kế

#### a, Tính toán Cọc xi măng đất thi công theo phương pháp Jet - Grouting

\* Sơ bộ lựa chọn cường độ cọc xi măng đất theo công thức sau (TCVN 9906: 2014):

$$q_u = F_s \frac{p_a}{a_p}$$

Trong đó:

$q_u$  là cường độ cọc xi măng đất tính toán, tính bằng  $\text{kN/m}^2$ ;

$a_p$  là tỷ lệ diện tích gia cố tính bằng %,  $a_p = n \cdot A_p / A$  (trong đó  $n$  là số cọc;  $A_p$  là diện tích cọc;  $A$  là diện tích đáy móng)

$P_a$  là tổng ngoại lực thẳng đứng tác dụng vào bản đáy công trình tính bằng kN;

$F_s$  là hệ số an toàn về ứng suất trong thân cọc (sức chịu tải của cọc)

Cường độ tính toán của cọc xi măng đất phải nhỏ hơn cường độ cho phép của vật liệu xi măng đất  $q_u < [q_u]$

Trong đó:  $[q_u]$  là cường độ cho phép của vật liệu xi măng đất

### \* **Tính toán theo tiêu chuẩn Trung Quốc DBJ -08-40-94**

- Tính sức chịu tải cọc theo vật liệu cọc:

$$P_a = \eta * q_u * A_p$$

Trong đó:

$P_a$  - sức chịu tải cho phép của cọc đơn (T)

$q_u$  - cường độ kháng nén của cọc

$\eta$  - hệ số chiết giảm cường độ thân cọc

$A_p$  - diện tích mặt cắt cọc

- Tính sức chịu tải theo điều kiện đất nền:

$$P_a = U_p \sum q_{si} * l_i + \alpha * A_p * q_p$$

Trong đó:

$U_p$  - chu vi cọc

$q_{si}$  - lực ma sát cho phép của lớp thứ  $i$  xung quanh cọc.

$l_i$  - chiều dày của lớp đất thứ  $i$

$\alpha$  - hệ số chiết giảm lực chịu tải của đất móng thiên nhiên ở mũi cọc

$q_p$  - sức chịu tải của đất ở mũi cọc

### **b, Kiểm tra điều kiện biến dạng**

Độ lún của nền đất ( $\Delta h$ ) bao gồm độ lún của nền đã xử lý ( $\Delta h_1$ ) và độ lún của nền đất bên dưới khối xử lý ( $\Delta h_2$ ).

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2$$

Trong đó:

$\Delta h_1$  là độ lún cục bộ của khối đất nền sau khi được gia cường;

$\Delta h_2$  là độ lún cục bộ của tầng đất nằm dưới mũi cọc xi măng đất.

Tính toán như sau:

$$\Delta h = \frac{qxH}{a_p E_p + (1-a_p)E_s} + \frac{Q_c}{1+e_0} H' \lg \frac{\sigma'_0 + q'}{\sigma'_0} \text{ đối với kiểu cọc treo}$$

$$q' = \frac{qB}{B + \frac{H'}{2}}$$

Trong các công thức trên:

$\Delta h$  là tổng độ lún tính toán của nền gia cố bằng cọc xi măng đất, tính bằng m;

$q$  là tải trọng đơn vị tác dụng, tính bằng kN/m;

$a_p$  là tỷ lệ diện tích gia cố, tính bằng %;

$H$  là chiều dày lớp đất yếu được gia cố, tính bằng m;

$E_p$  là mô đun biến dạng của cọc, tính bằng kN/m<sup>2</sup>;

$E_s$  là mô đun biến dạng của đất nền xung quanh cọc, tính bằng kN/m<sup>2</sup>;

$q'$  là tải trọng tác dụng lên lớp đất yếu không được gia cố dưới mũi cọc, tính bằng kN/m<sup>2</sup>;

$H'$  là chiều dày lớp đất yếu không được gia cố dưới mũi cọc, tính bằng m;

$Q_c$  là chỉ số nén của lớp đất yếu dưới mũi cọc;

$e_0$  là hệ số rỗng tự nhiên của lớp đất yếu dưới mũi cọc;

$\sigma'_0$  là ứng suất hiệu quả, tính bằng kN/m<sup>2</sup>;

## II- PHẦN THI CÔNG

### 1- Thiết bị thi công Jet grouting

Thiết bị thi công Jet Grouting chia làm 2 phần (Choi 2005): trạm cố định làm nhiệm vụ chuẩn bị vữa và bộ phận khoan di động thực hiện nhiệm vụ phụt vữa. Một trạm điển hình có thể bao gồm nhà kho chứa xi măng, máy trộn, bơm cao áp. Với thiết bị phun hai hay ba thành phần, có thêm thành phần là khí và nước vì vậy cần có thêm thiết bị như: bồn chứa nước, máy nén khí, v.v.. Về thiết bị thi công phụt vữa bao gồm xe di chuyển với cần gắn bên trên. Trên cần có các đường ống để truyền vữa, khí, và nước với



áp lực cao. Cuối cùng của đường ống là các đầu phun với các vòi phun. Hình 3.16 là sơ đồ bố trí các thiết bị của công nghệ Jet Grouting.

### Hình 3.16- Sơ đồ công nghệ Jet - grouting

Các thiết bị chính dùng trong công nghệ Jet – Grouting bao gồm:

- Thiết bị khoan: Máy khoan SI-15S II, đường kính cần khoan 60.5mm, chiều sâu khoan phụ thuộc tối đa 45m, sản xuất tại Nhật.
- Máy bơm vữa: SG-75 III, áp lực bơm lớn nhất 400 atm, lưu lượng lớn nhất 120l/phút, sản xuất tại Nhật.
- Máy trộn vữa: YGM-4, khả năng trộn lớn nhất 400 l/phút, sản xuất tại Nhật.
- Máy phát điện 175 KVA;

Ngoài các thiết bị chính nêu trên còn có những thiết bị khác như: máy bơm nước, cầu, máy nâng chuyên, ô tô vận chuyên, máy toàn đạc điện tử, v.v.

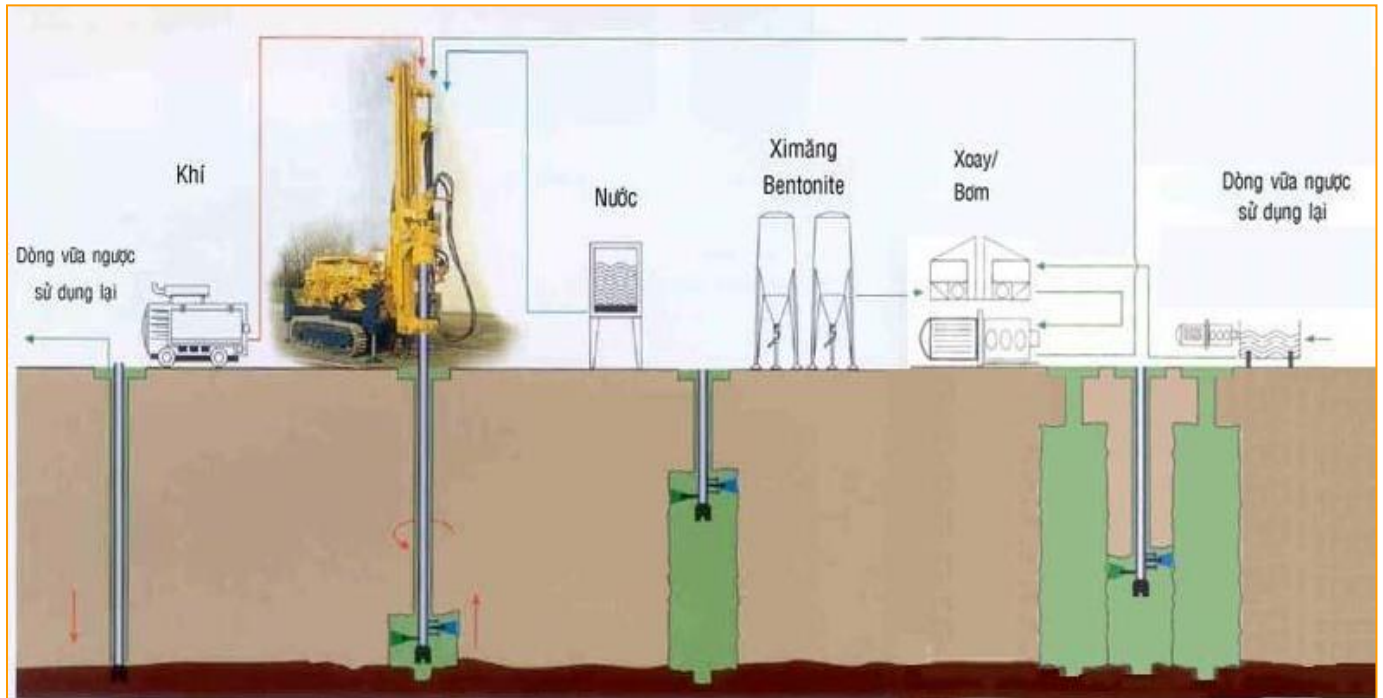
Để các thông số của quá trình thi công Jet Grouting đảm bảo đúng như thiết kế đưa ra thì các thiết bị phải đảm bảo các yếu tố sau (BS EN12716:2001):

- Tốc độ nâng hạ cần, tốc độ xoay cần phải đảm bảo theo tốc độ thiết kế.
- Quá trình chuyển vữa, nước từ các máy đến cần phải đảm bảo áp lực và lưu lượng yêu cầu.

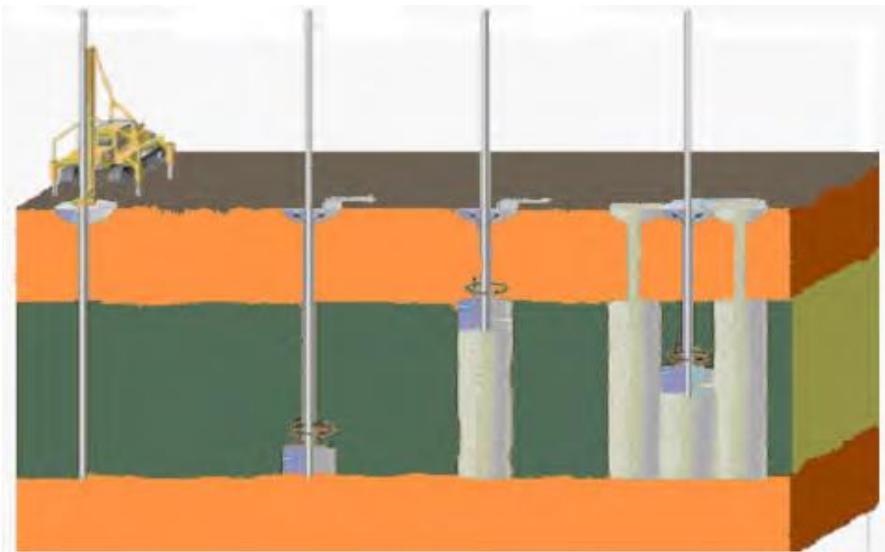
Thiết bị thi công Jet grouting được thiết kế để chịu được áp lực cao, sử dụng các loại vật liệu đặc biệt và được bịt kín cẩn thận tại các vị trí khớp nối trên cần. Phía trên

lưỡi cắt đất là các đầu phun, bộ phận này có chứa các vòi phun là van tự động để kiểm soát tốt quá trình phun và phun tự động.

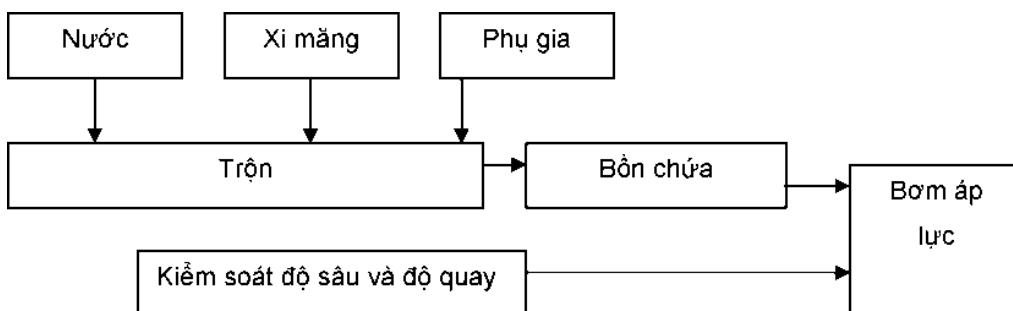
## 2. Quá trình thi công Jet Grouting



Hình 3.18. Mô tả quá trình thi công.



Hình 3.19- Công tác thi công Jet Grouting (Pleşcan&Rotaru2010).



Hình 3.20 - Sơ đồ thi công (TCVN 9403: 2012)

- **Phương pháp khoan**

Công tác khoan thực hiện bằng công nghệ khoan xoay và xói nước bằng tia thẳng đứng (phân biệt với cơ chế phụt vữa: tia vữa đi ra theo phương nằm ngang), sử dụng loại cần khoan và mũi khoan chuyên dụng.

- **Phương pháp phụt vữa**

Sau khi đưa mũi khoan đến cao độ thiết kế, quá trình phụt vữa bắt đầu. Vữa được phụt qua lỗ phun nằm ở bên thành mũi khoan. Áp suất và vận tốc cao của tia vữa làm phá vỡ kết cấu của đất và tạo thành thể đất – xi măng. Nhiều kết cấu và kích thước hình học có thể đạt được bằng cách thay đổi các chỉ tiêu phun.

Quá trình nói ở trên tạo thành cột đất bằng cách xoay liên tục ở tốc độ cần thiết và nhắc cần khoan lên dần.

Quá trình phun vữa được thực hiện từ dưới lên trên, vừa phun vừa xoay và rút cần khoan lên. Hỗn hợp đất – nước – xi măng thừa sẽ trào lên mặt đất theo khe hở bên thành hố khoan. Dòng trào ngược là một trong những yếu tố quan trọng phản ánh chất lượng của vật liệu xi măng đất – tạo thành, và do đó cần được lấy mẫu theo một quy trình nhất quán để phân tích, thí nghiệm. Ngoài ra, trong quá trình phụt phải liên tục theo dõi các thông số thiết kế khác như áp suất phụt vữa, lưu lượng vữa tiêu hao...

- **Hỗn hợp vữa**

Với tất cả các công nghệ S, D và T thì vữa đều có tác dụng phá hủy đất. Sự hỗn loạn do tia vữa gây ra trong vùng ảnh hưởng có tác dụng trộn đều đất với dung dịch phụt. Trong khi chưa bắt đầu phụt thì phải rót dung dịch giữ vách vào trong lỗ khoan và bổ sung liên tục.

- **Ưu và nhược điểm của các hệ thống thi công Jet Grouting**

Bảng 3.6 thể hiện các ưu, nhược điểm của các hệ thống thi công Jet Grouting.

Bảng 3.6- Ưu và nhược điểm các hệ thống thi công Jet Grouting (Trần Nguyễn Hoàng Hùng 2011 từ nguồn Burke 2004)

Hệ thống	Ưu điểm	Nhược điểm
Đầu	- Thiết bị đơn giản, vận hành dễ dàng	- Tạo ra cột đất-xi có đường kính nhỏ.

phun đơn	- Thích hợp thi công chống thấm đứng - Thích hợp cho các loại đất rời	- Rất khó khăn để khống chế phình trồi. - Khó kiểm tra chất lượng cho đất dính.
Đầu phun kép	- Kinh tế - Hệ thống hữu dụng - Các thiết bị và công cụ có sẵn trên thị trường - Có năng lượng cao và tạo ra kích thước xử lý lớn. - Tính khả thi cao	- Rất khó kiểm soát phình trồi trong đất dính. - Rất khó kiểm soát khối lượng đất thải ra trong quá trình thi công - Không nên sử dụng cho gia cường bên dưới móng hiện hữu.
Ba đầu phun	- Dễ kiểm tra nhất. - Đạt chất lượng cao nhất cho các loại đất khó thi công. - Rất thích hợp cho việc gia cường bên dưới móng hiện hữu - Dễ dàng kiểm soát phình trồi và lượng đất thải ra.	- Hệ thống phức tạp về điều khiển và thiết bị. - Đòi hỏi nhiều kinh nghiệm trong quá trình vận hành.
Siêu Jet Grouting	- Giá thành thấp nhất trên thể tích xử lý. - Vật liệu trộn tốt nhất.	- Thiết bị và phụ tùng đặc biệt. - Khó kiểm soát phình trồi trong đất sét. - Khó kiểm soát lượng đất thải. - Khó thi công ở gần mặt đất. - Rất khó điều hành cho chất lượng tốt nhất.

- **Lưu ý trong quá trình thi công Jet Grouting**

Khi phụt trong đất sét yếu, cần lưu ý (nguồn Bachy Soletanche):

- Trường hợp không có bùn dư trào lên, công tác phụt vừa phải dừng ngay, hồ phụt cần được thổi bùn tắt nghẽn trong phạm vi giữa cần và thành hồ, vị trí trên đầu phun công tác phụt vừa không có dòng chảy tràn tự do của bùn dư ở vành hồ sẽ gây sụp đất nhanh, khả năng xảy ra các chuyển vị đột ngột).

- Nếu tắt nghẽn thường xuyên xảy ra, cần điều chỉnh các thông số phụt vừa để tạo ra bùn dư có độ nhão ít, bùn dư có độ nhão cao là nguyên nhân gây ra tắc nghẽn.

- Việc cắt đất trước bằng nước có thể tiến hành trước khi bắt đầu phụt vừa trong đất nhạy để giảm bùn nhão, đặc biệt trong lớp sét mịn.

### **3. Tổ chức kiểm tra giám sát chất lượng thi công và nghiệm thu cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet - Grouting**

#### **3.1. Tổ chức kiểm tra giám sát chất lượng thi công**

##### **3.1.1. Những vấn đề cần lưu ý khi giám sát và kiểm tra (TCVN 9906: 2014)**

\* Yêu cầu đối với giám sát:

- Tổ chức giám sát và cán bộ giám sát phải có đủ kinh nghiệm qua các công trình

tương tự; có chứng chỉ hành nghề về giám sát;

- Nhà thầu thi công phải có đội ngũ cán bộ kỹ thuật, công nhân có kinh nghiệm qua các công trình tương tự. Thiết bị phải có đủ số lượng và chủng loại như trong hồ sơ dự thầu;

- Khi phát sinh các tình huống chưa lường trước hoặc các thông tin khác với thiết kế cần báo cáo kịp thời cho chủ đầu tư và tư vấn thiết kế.

\* Đồng hồ đo áp lực, lưu lượng và các đồng hồ khác cần phải được kiểm định theo quy định. Đối với các công trình có thời gian thi công dài thì phải hiệu chỉnh thiết bị định kỳ để đảm bảo tính chính xác.

\* Áp lực phụt thông thường được lấy là áp lực trên đồng hồ máy bơm. Trong trường hợp đường dây cao áp dẫn dài hoặc thi công ở độ sâu lớn thì cần phải tính đến tổn thất áp lực dọc ống.

\* Trong quá trình thi công vị trí tọa độ cọc, cao độ đáy, đỉnh cọc, góc nghiêng của cần khoan- phụt phải được đo và ghi lại.

\* Dòng trào ngược cần phải được quan sát, ghi chép và báo cáo đầy đủ.

\* Nếu cần thiết, chiều dài của một cọc có thể kiểm tra được bằng phương pháp khoan lấy nõi hoặc xuyên dọc trực. Khi tiến hành khoan lấy nõi, độ nghiêng của trục khoan phải được đo đạc. Vị trí và độ nghiêng của một cọc phải được xác định từ trước đó. Khoan lấy nõi chỉ được tiến hành sau khi cọc có đủ thời gian ninh kết.

### **3.1.2. Kiểm tra cọc đất xi măng cho mục đích xử lý nền đất yếu (TCVN 9906: 2014)**

\* Đánh giá hình dạng và đường kính cọc: Đường kính cọc được kiểm tra bằng phương pháp đào lộ đầu cọc bằng thủ công, chiều sâu đào kiểm tra khoảng từ 1 đến 2 m kể từ đỉnh cọc. Khi cần thiết có thể yêu cầu đào sâu hơn hoặc đào toàn bộ chiều sâu cọc.

\* Thí nghiệm nén tĩnh hiện trường tiến hành theo yêu cầu của thiết kế. Đề cương do thiết kế lập với các nội dung sau:

- Mục tiêu thí nghiệm;
- Tiêu chuẩn thí nghiệm;
- Số lượng và vị trí thí nghiệm;
- Dụng cụ và thiết bị thí nghiệm;
- Trình tự chất tải và điều kiện dừng thí nghiệm.

\* Thí nghiệm xuyên cắt cánh có thể xác định chính xác độ đồng đều của cọc trên toàn chiều dài và cung cấp những thông tin về sức chống cắt của vật liệu cọc. Thí nghiệm xuyên cắt cánh chỉ thực hiện được khi hàm lượng xi măng nhỏ hơn  $150 \text{ kg/m}^3$ .

\* Kiểm tra khoan lấy nõi

- Khoan lấy nồn để xác định cường độ cọc là biện pháp phổ biến nhất cho công nghệ xử lý nền bằng cọc đất xi măng;

- Khoan lấy nồn được tiến hành sau khi cọc có đủ thời gian ninh kết, ít nhất là 14 ngày tuổi. Thông thường cọc xi măng đất được khoan lấy nồn ở 28 ngày tuổi. Trong những trường hợp đặc biệt có thể đào lấy nguyên cả một đoạn cọc chở về phòng thí nghiệm để khoan mẫu hoặc nén cả đoạn cọc. Nếu nén cả cọc thì phải dùng vữa xi măng cát trát phẳng hai đầu cắt, sau khi vữa cứng thì đưa lên máy nén;

- Thiết bị khoan lấy mẫu loại nòng đôi. Đường kính không nhỏ hơn 70 mm;

- Lỗ khoan đặt tại tim cọc;

- Thí nghiệm nén mẫu phải tuân theo tiêu chuẩn quy định hiện hành. Riêng về tốc độ gia tải do tính đặc thù của mẫu lấy trong khoảng từ 10 N/s đến 15 N/s;

- Mẫu dùng cho thí nghiệm cơ học phải được bảo dưỡng trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm kiểm soát chặt chẽ;

- Chỉ tiêu cơ học của XMĐ xác định qua chỉ tiêu thí nghiệm nén nở hông ( $q_u$ ) ở tuổi 90 ngày (trừ khi thiết kế có chỉ định khác). Để phục vụ tính toán ứng suất-biến dạng trong nền, người thí nghiệm cần cung cấp đường cong nén lún  $q_u \sim \varepsilon$  và kiến nghị các thông số đưa vào tính toán bao gồm:  $q_u$ ;  $\gamma$ ;  $\varphi$ ;  $C$ ;  $E$  với những nhận xét, lưu ý cần thiết.

\* Loại và số lượng thí nghiệm được quy định như sau:

- Thí nghiệm theo phương pháp khoan lấy mẫu: từ 2% đến 5% số cọc đã thi công.

- Thí nghiệm theo phương pháp nén tĩnh cọc đơn:

*Bảng 3.7 - Số lượng cọc thí nghiệm nén tĩnh cọc đơn*

Số cọc thi công đại trà	$\leq 100$ cọc	$\leq 500$ cọc	$\leq 1000$ cọc	$\leq 2000$ cọc
Số cọc thí nghiệm nén tĩnh cọc đơn	2	5	10	15

c. Thí nghiệm theo phương pháp nén tĩnh cụm cọc:

*Bảng 3.8 - Số lượng cọc thí nghiệm nén tĩnh cụm cọc*

Số cọc thi công đại trà	100 cọc đến 500 cọc	$\leq 1000$ cọc	$\leq 2000$ cọc
Số cọc thí nghiệm nén tĩnh cụm cọc	2	3	5

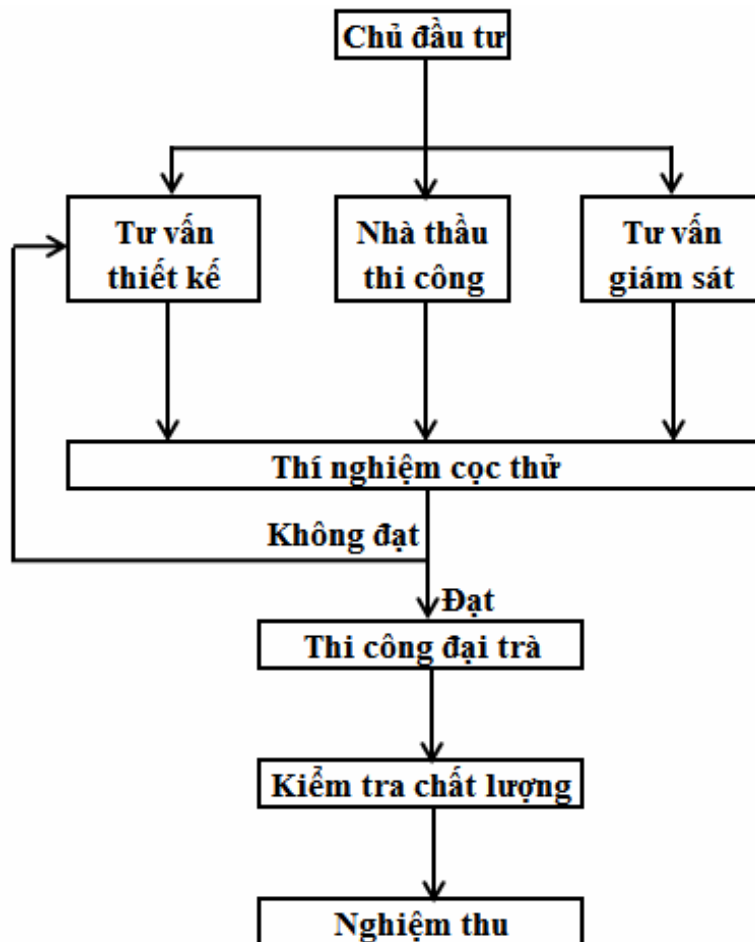
### **3.1.3. Tổ chức quản lý chất lượng thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet – Grouting**

Nhà thầu là tổ chức nhận nhiệm vụ thi công, chịu trách nhiệm đảm bảo chất lượng cọc xi măng đất theo thiết kế; chịu sự giám sát của chủ đầu tư, của tư vấn giám sát, tư vấn thiết kế và cơ quan giám định chất lượng của Nhà nước. Nhà thầu thi công được tổ

chức thành các đơn vị phối hợp để thi công cọc xi măng đất bao gồm: trắc địa, điện nước, khoan, phụt v.v... Nhà thầu thi công phải tổ chức theo dõi, điều hành từ công ty có phòng thiết kế, phòng thi công, phòng kỹ thuật kiểm tra chất lượng. Ngoài ra, Nhà thầu thi công cần xây dựng phòng thí nghiệm đủ tiêu chuẩn để tiến hành thí nghiệm đánh giá chất lượng trước, trong và sau khi thi công xong.

Chủ đầu tư phải thành lập tổ giám sát thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet - Grouting gồm các kỹ sư, kỹ thuật viên có đủ trình độ chuyên môn thường xuyên giám sát công tác thi công, có mặt cả 3 ca trên hiện trường để giám sát quy trình đảm bảo chất lượng thi công và nghiệm thu từng cọc xi măng đất với đơn vị thi công, tư vấn thiết kế để cho chuyển giai đoạn thi công.

Ngoài ra, chủ đầu tư nên thuê một tổ chuyên gia độc lập (tư vấn giám sát) để đánh giá chất lượng của công tác thi công. Các kết quả của tổ chuyên gia được thông báo để công trường điều chỉnh công nghệ và có tài liệu nghiệm thu công tác khoan phụt.



Hình 3.21- Mô hình về sự chịu trách nhiệm của Chủ đầu tư về chất lượng thi công cọc xi măng đất thông qua các đơn vị và thí nghiệm hiện trường

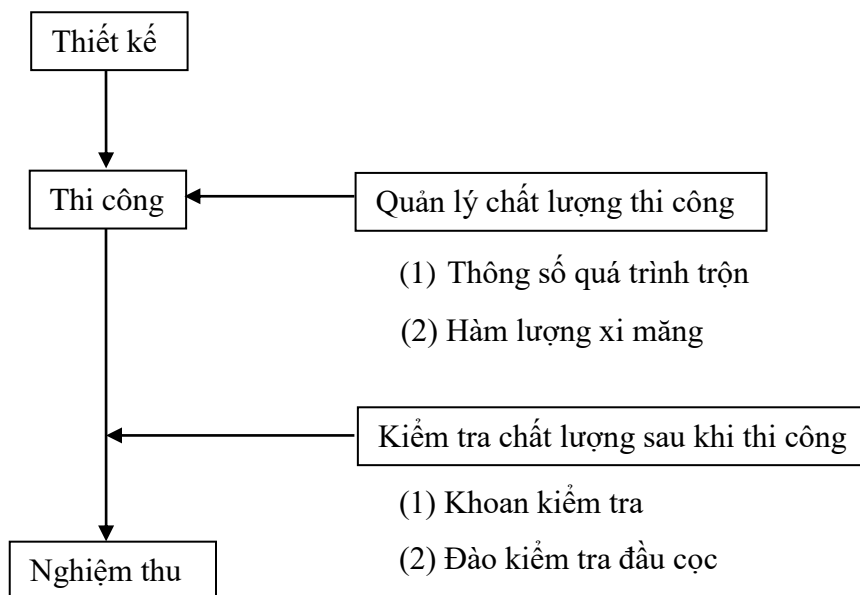
### 3.3. Quản lý nghiệm thu cọc xi măng đất

#### a. Các căn cứ để nghiệm thu

Để quản lý chất lượng thi công cọc xi măng đất theo công nghệ Jet – Grouting một cách đầy đủ, chính xác cần phải căn cứ vào các yếu tố sau:

- Các tiêu chuẩn, quy phạm trong thiết kế, thi công cọc xi măng đất;
- Kết quả khảo sát đánh giá địa chất công trình, địa chất thủy văn;
- Kết quả thi công cọc thử, các kết quả thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm và kiểm tra ngoài hiện trường;
- Hồ sơ thiết kế, các bản vẽ thi công do tư vấn thiết kế lập;
- Giám sát hiện trường, nhật ký thi công thực tế ngoài hiện trường;
- Hồ sơ hoàn công của nhà thầu thi công;

#### b. Quy trình kiểm tra, nghiệm thu



Hình 3.22- Sơ đồ quản lý chất lượng

#### c. Kiểm tra đánh giá về đặc trưng hình học (BS EN12716:2001)

Kiểm tra bằng mắt và đo đạc trực tiếp là cách hiệu quả nhất để kiểm tra kích thước hình học. Tốt nhất là đào xuống hết chiều sâu của kết cấu. Trường hợp không đào được, thông số về kích thước đường kính cọc có thể thu được bằng khoan lấy mẫu hình trụ hay bằng khoan kết hợp với xác định độ nghiêng so với trục của kết cấu.



Chiều dài của sản phẩm có thể xác định bằng khoan lấy mẫu hay thí nghiệm xuyên dọc theo trục của kết cấu. Cách làm này khó thực hiện đối với kết cấu có độ mảnh lớn, và thực tế không thực hiện được nếu tỷ lệ về chiều dài và đường kính cọc lớn hơn 15.

Khoan lấy mẫu chỉ nên tiến hành sau thời gian sản phẩm đã hình thành cường độ. Trong phương pháp khoan lấy mẫu, thiết bị sử dụng và kích thước của mẫu nên đảm bảo thu được mẫu đại diện. Cần có các đề phòng đặc biệt khi khoan lấy mẫu trong đất sét, bùn hay trong đất không đồng nhất (ví dụ có chứa sỏi, cuội) hay nếu vật liệu thi công có cường độ thấp.

#### ***d. Kiểm tra các đặc trưng về mặt cơ học (BS EN12716:2001)***

Thí nghiệm nén nên được tiến hành trên mẫu có tỷ số giữa chiều cao và đường kính bằng 2. Cường độ chịu nén của kết cấu nên được xác định bằng thí nghiệm trên 4 mẫu thu từ công trình cho mỗi 1000 m<sup>3</sup> thể tích của kết cấu.

Khi các đặc trưng cơ học được xác định từ thí nghiệm trên mẫu hình trụ, bảo dưỡng mẫu để tránh tác động của lấy mẫu, chế bị mẫu và quá trình thí nghiệm.

Các thông số về cường độ, mô đun có xu hướng gia tăng theo thời gian và phụ thuộc đáng kể vào loại đất, đối với loại đất có hàm lượng hạt mịn cao thì thời gian phát triển sẽ dài hơn.

Thí nghiệm kéo và cắt mẫu có thể được yêu cầu trong các trường hợp đặc biệt.

Thí nghiệm chất tải cần tiến hành khi kết cấu Jet grouting làm việc như móng cọc.

Các thí nghiệm cơ học nên tiến hành tại các thời điểm định trước sau thi công, kể đến cả yêu cầu thi công và ảnh hưởng của đất tự nhiên đến thời gian hình thành cường độ của soilcrete. Cường độ chịu nén của kết cấu nên được xác định bằng thí nghiệm trên 4 mẫu thu từ công trình cho mỗi 1000 m<sup>3</sup> thể tích của kết cấu, nếu như có qui định khác thì phải chỉ rõ trong thiết kế.

Mẫu thu cho thí nghiệm cơ học nên được bảo quản dưới điều kiện độ ẩm và nhiệt độ phù hợp.

### **4. Chi phí tài chính, hiệu quả kinh tế kỹ thuật**

#### ***4.1. Chi phí tài chính***

Để tính toán chi phí cho các công tác thi công thì cần phải dựa vào đơn giá, định mức. Việc ứng dụng công nghệ Jet – grouting ở Nước ta còn chưa nhiều, đặc biệt là các ngành xây dựng dân dụng – công nghiệp, giao thông... Vì vậy hiện tại ở nước ta mới chỉ có ngành Thủy lợi là có định mức để áp dụng. Các ngành khác, để tính toán dự toán chi phí cho công tác thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet – grouting đang sử dụng định mức 3222/QĐ-BNN-XD ngày 25/12/2012 của ngành Thủy lợi.

#### ***4.1.1. Định mức áp dụng trong thi công cọc xi măng đất theo công nghệ Jet - grouting***

Định mức dự toán công tác thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet – grouting là định mức kinh tế kỹ thuật quy định mức hao phí cần thiết về vật liệu, nhân công và máy thi công để hoàn thành một đơn vị khối lượng công tác xây dựng (10m khoan, phụt) từ khâu chuẩn bị đến khâu kết thúc công tác xây dựng, kể cả những hao phí cần thiết do yêu cầu kỹ thuật và tổ chức sản xuất nhằm đảm bảo thi công liên tục, theo đúng yêu cầu kỹ thuật, chất lượng.

Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn đã công bố Định mức dự toán công tác thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet – grouting theo quyết định số 3222/QĐ-BNN-XD ngày 25/12/2012. Định mức này là cơ sở để các cơ quan, tổ chức, cá nhân có liên quan tham khảo, vận dụng trong việc lập, thẩm định, phê duyệt dự toán chi phí cho công tác thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet – grouting xử lý nền công trình thủy lợi.

#### ***4.1.2. Nội dung của định mức***

a. Mức hao phí vật liệu: Là số lượng vật liệu chính, vật liệu phụ cần thiết để hoàn thành một đơn vị khối lượng công tác. Hao phí vật liệu phụ khác được tính bằng tỷ lệ % so với chi phí vật liệu chính.

b. Mức hao phí lao động: Là số ngày công lao động của công nhân trực tiếp thực hiện khối lượng công tác xây dựng và công nhân phục vụ xây dựng. Số lượng ngày công đã bao gồm cả lao động chính, phụ để thực hiện và hoàn thành một đơn vị khối lượng công tác xây dựng từ khâu chuẩn bị đến khâu kết thúc, thu dọn hiện trường thi công.

Cấp bậc công nhân trong định mức là cấp bậc bình quân của các công nhân tham gia thực hiện một đơn vị công tác xây dựng

c. Mức hao phí máy thi công: Là số ca sử dụng máy và thiết bị thi công chính trực tiếp thực hiện kể cả máy và thiết bị phụ phục vụ để hoàn thành một đơn vị khối lượng công tác xây dựng. Hao phí máy khác phục vụ thi công như máy toàn đạc, mia để xác định vị trí tim cọc...được tính bằng tỷ lệ % so với hao phí máy thi công.

#### **4.1.3. Hướng dẫn áp dụng**

+ Định mức dự toán công tác thi công cọc xi măng đất bằng công nghệ Jet – grouting được tính trong điều kiện bình thường (phổ biến) như: sử dụng xi măng PCB30 với hàm lượng xi măng 350kg/m<sup>3</sup>, thi công ở trên cạn và khoan tạo lỗ qua các lớp đất cấp I, cấp II; cọc xi măng đất có chiều dài trong phạm vi từ 20 đến 30m.

Khi thi công ở các hiện trường khác với điều kiện trên thì định mức được điều chỉnh như sau:

a. Khi hàm lượng xi măng trong 1 m<sup>3</sup> khác với điều kiện chuẩn thì hao phí xi măng trong định mức được nhân với hệ số điều chỉnh sau đây:

TT	Hàm lượng xi măng trong 1 m <sup>3</sup> (Xi măng PCB30)	Hệ số điều chỉnh
1	300 kg/m <sup>3</sup>	0,857
2	350 kg/m <sup>3</sup>	1
3	400 kg/m <sup>3</sup>	1,143
4	450 kg/m <sup>3</sup>	1,286

*Bảng 3.9- Hệ số điều chỉnh hao phí xi măng trong 1 m<sup>3</sup>*

Nếu sử dụng xi măng khác với loại PCB30, hoặc hàm lượng xi măng trong 1m<sup>3</sup> khác với mức quy định ở bảng trên thì căn cứ vào hồ sơ thiết kế để tính toán xác định.

b. Khi khoan qua lớp đất cấp III, cấp IV thì các thành phần hao phí trong định mức khoan tạo lỗ nhân với hệ số điều chỉnh  $K = 1,25$  (cấp đất áp dụng theo bảng phân cấp đất cho công tác đào, vận chuyển và đắp đất bằng máy trong tập Định mức dự toán xây dựng công trình do Bộ Xây dựng công bố).

c. Thi công cọc xi măng đất có chiều dài ngoài phạm vi quy định ở trên thì hao phí nhân công trong định mức khoan tạo lỗ nhân với hệ số điều chỉnh như sau:

TT	Chiều dài cọc xi măng đất (m)	Hệ số điều chỉnh
1	<10m	1,25
2	10m ÷ <20m	1,10
3	20m ÷ 30m	1,00
4	> 30m	0,90

*Bảng 3.10 Hệ số điều chỉnh hao phí nhân công*

+ Khi thi công ở các hiện trường có mái nghiêng yêu cầu phải làm sàn đạo, giàn giáo thì các hao phí làm sàn đạo, giàn giáo được tính riêng theo các quy định hiện hành.

+ Khi thi công khoan phụt thử nghiệm (trước khoan đại trà) thì mức hao phí nhân công và máy thi công được nhân với hệ số  $K = 1,2$ .

Tuy nhiên, định mức 3222/QĐ-BNN-XD ngày 25/12/2012 chỉ áp dụng cho các công trình thi công trên cạn, các công trình thi công dưới nước chưa có định mức cụ thể. Do đó, chủ đầu tư cùng nhà thầu thi công, tổ chức tư vấn căn cứ yêu cầu kỹ thuật, biện pháp thi công, điều kiện thi công và phương pháp xây dựng định mức để xác định định mức cho những công trình này hoặc vận dụng các định mức tương tự đã sử dụng ở các công trình khác làm cơ sở xác định chi phí xây dựng.

#### **4.2. Hiệu quả kinh tế - kỹ thuật**

Hiện nay trên thế giới, ngoài những nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết nhằm phát triển công nghệ Jet Grouting, Jet Grouting ngày càng được áp dụng nhiều trong các dự án vì có phạm vi ứng dụng rộng như: kiểm soát nước ngầm, kiểm soát chuyển vị, dùng chịu tải trọng công trình, dùng cho mục đích bảo vệ môi trường... Jet Grouting cũng được ứng dụng vì các ưu điểm nổi bật:

- Khả năng xử lý sâu (đến 50m), trong những điều kiện hiện trường phức tạp (trong nhà, trên mặt nước, ...), tính linh hoạt để đạt được ý đồ của người thiết kế (ví dụ: nhiều khi chỉ gia cố cục bộ tại một vùng dưới sâu,...).

- Độ cứng của cọc XMD linh hoạt theo yêu cầu và ý đồ người thiết kế. Không cần xử lý đến tầng đất cứng. Vì thế phù hợp với kết cấu đập Xà Lan và các dạng công trình thông.

- Thi công nhanh, kỹ thuật thi công không phức tạp, không có yếu tố rủi ro cao. Tiết kiệm thời gian thi công đến hơn 50% do không phải chờ thời gian đúc cọc và đạt đủ cường độ. Tốc độ thi công cọc rất nhanh, một bộ thiết bị JG có thể thi công 100 m/ngày.

- Sử dụng vật liệu xi măng sẵn có ở mọi nơi và phù hợp với chủ trương kích cầu của Nhà nước.

- Hiệu quả kinh tế cao, giá thành hạ hơn nhiều phương án cọc khác, phù hợp trong tình hình kinh tế như hiện nay (Giá thành giảm 30% và thời gian giảm đến 45% so với các phương án xử lý nền khác).

- Năng lực thiết bị của các nhà thầu trong nước hầu như đã đáp ứng được nhu cầu của các dự án trong ngành xây dựng, giao thông và thủy lợi.

- Rất thích hợp cho công tác xử lý nền, xử lý móng cho các công trình ở các khu vực nền đất yếu như bãi bồi, ven sông, ven biển.

- Thi công được trong điều kiện mặt bằng chật hẹp, mặt bằng ngập nước.

- Địa chất nền là cát rất phù hợp với công nghệ gia cố cọc xi măng đất, độ tin cậy cao.

- Biến dạng nền đất gia cố rất nhỏ vì vậy giảm thiểu ảnh hưởng của lún đối với các công trình lân cận; tăng sức kháng cắt ổn định nền móng công trình.

- Dễ quản lý chất lượng thi công.

- Hạn chế ô nhiễm môi trường.

Vì vậy, Jet Grouting phù hợp với mọi điều kiện thi công mà công nghệ khác không đáp ứng được. Do đó, nếu công nghệ Jet Grouting được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam nói chung và ở Hải Phòng nói riêng, công nghệ này sẽ mang lại hiệu quả cao về kinh tế lẫn kỹ thuật.

### **Kết luận Chương III**

Cọc xi măng đất thi công theo công nghệ Jet – Grouting ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong việc xử lý nền đất yếu cho các công trình xây dựng.

Nhờ các ưu điểm nổi bật mà nó là sự lựa chọn lý tưởng cho chống thấm và xử lý nền đất yếu ở một số công trình đạt kết quả cao. Tuy nhiên, công nghệ này còn mới ở Việt Nam nói chung và ở Hải Phòng nói riêng, thi công tương đối phức tạp nên việc tổ chức công tác kiểm tra chất lượng phải được thực hiện ở tất cả các khâu từ giám sát kỹ thuật, thiết bị, vật liệu, thí nghiệm, trắc địa,... đến lập tài liệu, hồ sơ kỹ thuật, nghiệm thu từng khâu, từng giai đoạn phải được tiến hành chặt chẽ ở hiện trường và các hội đồng nghiệm thu.

Trong Chương III, tác giả đã trình bày phân lý thuyết tính toán và quy trình thi công, quản lý chất lượng thi công cọc xi măng đất theo công nghệ Jet – grouting phù hợp với thực tế và tuân theo các tiêu chuẩn, quy định hiện hành của Nhà nước nhằm bảo đảm chất lượng cao. Từ đó, có thể áp dụng công nghệ này vào công trình cụ thể ở Chương IV.

## CHƯƠNG IV

# ỨNG DỤNG XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG CỌC ĐẤT XI MĂNG THEO CÔNG NGHỆ THI CÔNG JET – GROUTING CHO CÔNG TRÌNH CỤ THỂ TẠI HẢI PHÒNG

## I- TÌNH HÌNH ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ THI CÔNG JET – GROUTING TẠI HẢI PHÒNG

### 1. Tổng quan

Ở Hải Phòng, cho tới thời điểm hiện tại (theo Tác giả biết) thì mới có 3 dự án sử dụng cọc đất xi măng, đó là Dự án kho xăng dầu Đình Vũ – Hải Phòng gia cố nền 06 bể xăng dầu; Dự án án thoát nước khu đô thị Đồ Sơn – Hải Phòng; Dự án gia cố nền Cảng hàng không Cát Bi-Hải Phòng. Cả 3 dự án trên đều tạo cọc bằng công nghệ trộn khô, chưa có dự án nào thi công theo công nghệ Jet – Grouting.

Tuy ở Hải Phòng chưa có dự án ứng dụng công nghệ Jet – Grouting nhưng đã có công trình nghiên cứu của NCS Phùng Vĩnh An (Luận án tiến sĩ) *Nghiên cứu các yếu tố liên quan đến sức chịu tải cọc XMĐ thi công theo phương pháp Jet – Grouting*, tác giả Phùng Vĩnh An đã thi công và làm thí nghiệm cọc XMĐ thi công theo phương pháp Jet – Grouting ở trên đường từ thành phố Hải Phòng xuống Đồ Sơn. Nội dung, các kết quả thí nghiệm của NCS Phùng Vĩnh An trình bày ở mục 2.

### 2. Nội dung nghiên cứu, các kết quả thí nghiệm của NCS Phùng Vĩnh An tại Hải Phòng

#### a. Đặc điểm địa chất vị trí thí nghiệm

Địa điểm để nghiên cứu được chọn là khu vực đất yếu nằm trên đường từ thành phố Hải Phòng xuống Đồ Sơn. Trong đó, lớp 1 là lớp đất lấp có chiều dày  $2 \div 2,4$  m (lớp này không nghiên cứu vì vậy không thí nghiệm đặc tính cơ lý). Lớp 2 là lớp sét pha-trạng thái chảy có chiều dày  $7,6 \div 8$  m, đây là lớp đất yếu chính để thực hiện thí nghiệm. Lớp 3 là lớp sét xám – trạng thái dẻo mềm.

### *b. Đặc điểm của nước ngầm*

Mức nước và chất lượng nước ngầm trong khu vực thay đổi theo mùa. Tại thời điểm khảo sát mức nước ngầm nằm cách mặt đất tự nhiên 1,5 m.

Từ kết quả phân tích, có được tên nước là Clorua Bicacbonat Natri Manhe, độ  $pH_{tb} = 7$ , lượng ion sunfat  $SO_{42-tb} = 0$  (mg/l), lượng ion clorua  $Cl^- = 976,65$  (mg/l) đều đảm bảo yêu cầu đối với xi măng. Còn lượng muối tan trong nước là 2406 (mg/l) > 10000 (mg/l) so với TCVN 4506:1987, như vậy nước ở đây là nước bị nhiễm mặn và có ảnh hưởng đến khả năng thủy hóa của xi măng.

### *c. Đặc điểm của vật liệu kết dính*

Vật liệu kết dính sử dụng là xi măng PCB 40.

#### **2.1.1. Kết quả thí nghiệm**

2.1.1 Sự sai lệch về cường độ giữa mẫu trong phòng và mẫu trên hiện trường



Hình 4.1- Mẫu chế tạo trong phòng



Hình 4.2- Mẫu lấy ở hiện trường

Kết quả thí nghiệm ở Hải Phòng cho thấy, các mẫu XMD chế tạo trong phòng có sự đồng nhất vật liệu tương đối rõ. Trong khi đó với các mẫu lấy ở các cọc XMD trên hiện trường quan sát bằng mắt thường cũng thấy rõ sự không đồng nhất. Với cùng hàm lượng xi măng gia cố, giữa các mẫu chế tạo trong phòng và các mẫu lấy ngoài hiện trường có sự chênh lệch cường độ nén lớn. Ví dụ lấy mẫu 15\* và mẫu D3 ở tuổi 21 ngày và 56



ngày mức độ chênh cường độ nén lần lượt là 54,2% và 91,1%. Nguyên nhân là do điều kiện tạo mẫu trong phòng và ngoài hiện trường khác nhau về vật liệu trộn, phương pháp trộn...vv. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước. Hiện nay trong các tiêu chuẩn thiết kế xử lý nền bằng cọc XMD, để loại bỏ sai số giữa mẫu trong phòng và mẫu thi công trên hiện trường, các tiêu chuẩn quy định cường độ cọc thiết kế =  $\frac{1}{2}$  cường độ cọc từ mẫu thí nghiệm trong phòng ( $q_{uTK} = \frac{1}{2} q_{uTN}$ ).

### **2.1.2 Tính đồng đều của vật liệu XMD thi công trên hiện trường**

Kết quả thí nghiệm các mẫu XMD trên hiện trường cho thấy có sự phân tán về cường độ cọc XMD trong cùng một cọc. Sự phân tán này không tuân theo một quy luật nhất định nào. Ở một số cọc, mẫu XMD trên đầu cọc có cường độ nén lớn hơn so với mẫu phía dưới cọc. Tuy nhiên, ở một số cọc khác thì xu hướng lại diễn ra ngược lại.

Quy luật chung là khi hàm lượng xi măng tăng thì cường độ kháng nén cũng tăng. Tuy nhiên do tính chất phức tạp của đất không phải là vật liệu đồng nhất, đẳng hướng và ảnh hưởng trong quá trình thi công cọc cũng như sai số khi lấy mẫu, một số kết quả thí nghiệm không theo quy luật trên. Đây cũng là lý do vì sao các mẫu trong phòng có độ đồng nhất cao hơn nhiều so với các mẫu thi công trên hiện trường.

**Kết quả thí nghiệm** nén nở hông trên các mẫu của 1 cọc ở tuổi 28 lấy trên hiện trường ở **Hải Phòng** bằng phương pháp xác suất thống kê cho kết quả ở phụ lục 2.14. Kết quả này cho thấy với độ lệch chuẩn 407,79 (kN/m<sup>2</sup>) so với cường độ nén trung bình, mức độ phân tán của vật liệu cọc XMD trong bản thân 1 cọc XMD rất lớn.

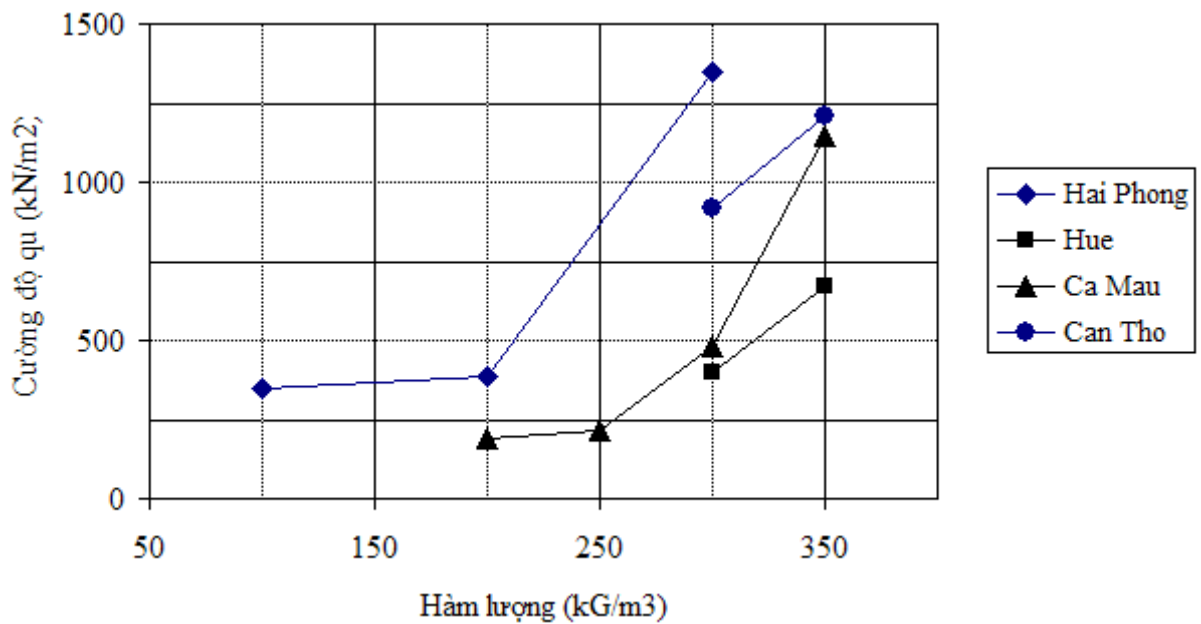
### **2.1.3 Ảnh hưởng của loại đất tại các vị trí nghiên cứu**

Bản chất hóa lý của đất như thành phần hạt, hàm lượng ngậm nước, hàm lượng hữu cơ, độ mặn ....vvv đều ảnh hưởng đến tính chất vật liệu XMD. Theo các kết quả nghiên cứu ở nước ngoài những loại đất có chứa thành phần hạt thô càng lớn thì cường độ kháng nén của vật liệu XMD so với cùng hàm lượng gia cố sẽ càng cao. Ngược lại đối với những loại đất có hàm lượng hữu cơ lớn. Lượng muối trong đất, đặc biệt là muối Sun phát cũng có thể ngăn cản quá trình hydrat hóa của xi măng làm kéo dài thời gian cứng hóa và phần nào đó cũng làm giảm cường độ XMD.

Quan hệ giữa hàm lượng xi măng và cường độ kháng nén tại các vị trí nghiên cứu xem bảng 4.1.

Bảng 4.1 Tổng hợp thành phần hạt của đất

Địa điểm	Đơn vị	Hạt Cát	Hạt Bụi	Hạt Sét	Độ mặn	Hữu cơ
Hải Phòng	(%)	70.14	8.27	21.98	Có	-

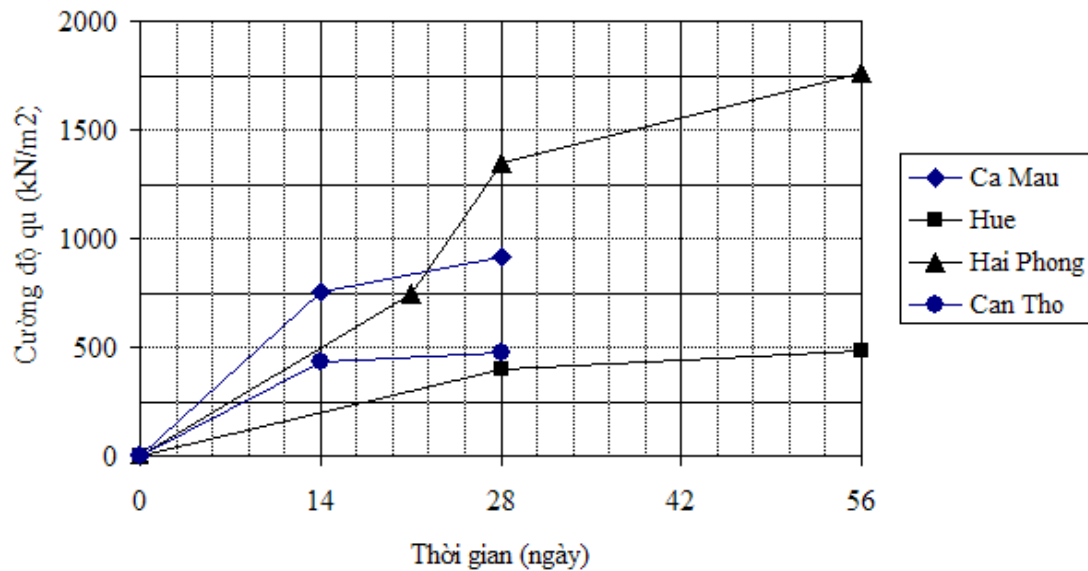


Hình 4.3 Quan hệ hàm lượng xi măng gia cố và cường độ nén nở hông qu tại các vị trí nghiên cứu

Hình 4.3 cho thấy, thứ tự cường độ kháng nén ở Hải Phòng lớn nhất, sau đó đến Cần Thơ, Cà Mau và cuối cùng là Huế. Về cơ bản, thì thành phần hạt cát của các địa điểm nói trên cũng tương tự như vậy.

#### 2.1.4 Quan hệ hàm lượng xi măng và $q_u$ với thời gian $t$

Các kết quả thí nghiệm chứng tỏ rằng, quy luật nói chung là cường độ nén nở hông của vật liệu XMD tăng cùng với thời gian. Thời gian càng dài, cường độ vật liệu càng lớn. Mặc dù vậy, tại các vị trí thí nghiệm khác nhau thì sự gia tăng về cường độ cũng không hoàn toàn giống nhau. Hình 4.4 Sự phát triển cường độ theo tuổi ngày ở các địa điểm nghiên cứu của hàm lượng 300 kG/m<sup>3</sup>.



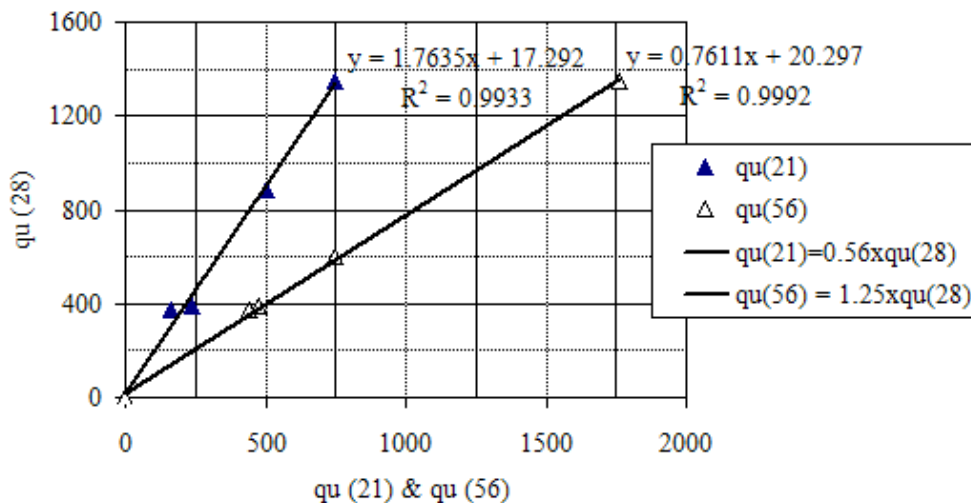
Hình 4.4 Sự phát triển cường độ của vật liệu XMD hàm lượng 300 kg/m<sup>3</sup> theo thời gian tại các vị trí nghiên cứu

Hình 4.4 cho thấy với cùng hàm lượng gia cố, tốc độ gia tăng cường độ kháng nén theo thời gian tại các vị trí thí nghiệm khác nhau thì cũng khác nhau. Tốc độ gia tăng tại Hải Phòng là lớn nhất, tiếp theo lần lượt là Cà Mau, Cần Thơ, Huế.

### 2.1.5 Tương quan cường độ nén $q_u$ giữa các ngày tuổi của vật liệu XMD

Dựa trên tài liệu về cường độ nén nở hông giữa các ngày tuổi ở các địa điểm nghiên cứu trên, việc nghiên cứu tương quan về cường độ giữa các ngày tuổi đã được tiến hành như sau:

**- Kết quả nghiên cứu tương quan ở Hải Phòng như trên hình 4.5:**



Hình 4.5 Tương quan cường độ nén nở hông  $q_u^{56}/q_u^{28}$ ,  $q_u^{21}/q_u^{28}$  của các mẫu hiện trường

Tỷ lệ giữa  $q_u^{21}/q_u^{28}$  của các mẫu thí nghiệm biến đổi  $0,44 \div 0,6$ . Giá trị thu được từ đường hồi quy tuyến tính tỷ lệ này là 0,56. Tương tự tỷ lệ giữa  $q_u^{56}/q_u^{28}$  của các mẫu thí nghiệm biến đổi  $1,18 \div 1,3$ . Giá trị thu được từ đường hồi quy tuyến tính tỷ lệ này là 1,25. Công thức tính tương quan giữa cường độ nén nở hông giữa các tuổi ngày như sau:

$$q_u^{21} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 0,56 q_u^{28} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_u^{56} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 1,25 q_u^{28} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

### 2.1.6 Sự phát triển $\varphi$ , $c$ theo $t$ và tương quan $q_u$ với $\varphi$ , $c$

Từ điều kiện cân bằng Mohr – Coulomb có được công thức:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \text{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) + 2c \text{tg}(45^\circ + \varphi/2)$$

Trong đó:

$\sigma_1$  - ứng suất pháp theo phương  $y$  ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma_3$  - ứng suất pháp theo phương  $x$  ( $\text{kN/m}^2$ )

$\varphi$ ,  $C$  - Góc ma sát trong (độ) và lực dính đơn vị ( $\text{kN/m}^2$ )

Với thí nghiệm nén một trục nở hông thì  $\sigma_3 = 0$ . Khi đó biểu thức trên trở

$$\text{thành:} \quad \sigma_1 = q_u = 2c \text{tg}(45^\circ + \varphi/2) \quad (2.10)$$

Biểu thức trên cho thấy:

- Giữa cường độ cọc XMD và các đặc tính độ bền của vật liệu XMD ( $\varphi$ ,  $c$ ) có một mối quan hệ chặt chẽ. Theo thời gian cường độ cọc XMD tăng, khi đó các đặc tính về độ bền cũng tăng.

- Giữa cường độ nén nở hông  $q_u$  và lực dính  $c$  có mối quan hệ tuyến tính, rõ ràng nếu  $c=0$  thì  $q_u=0$ ;

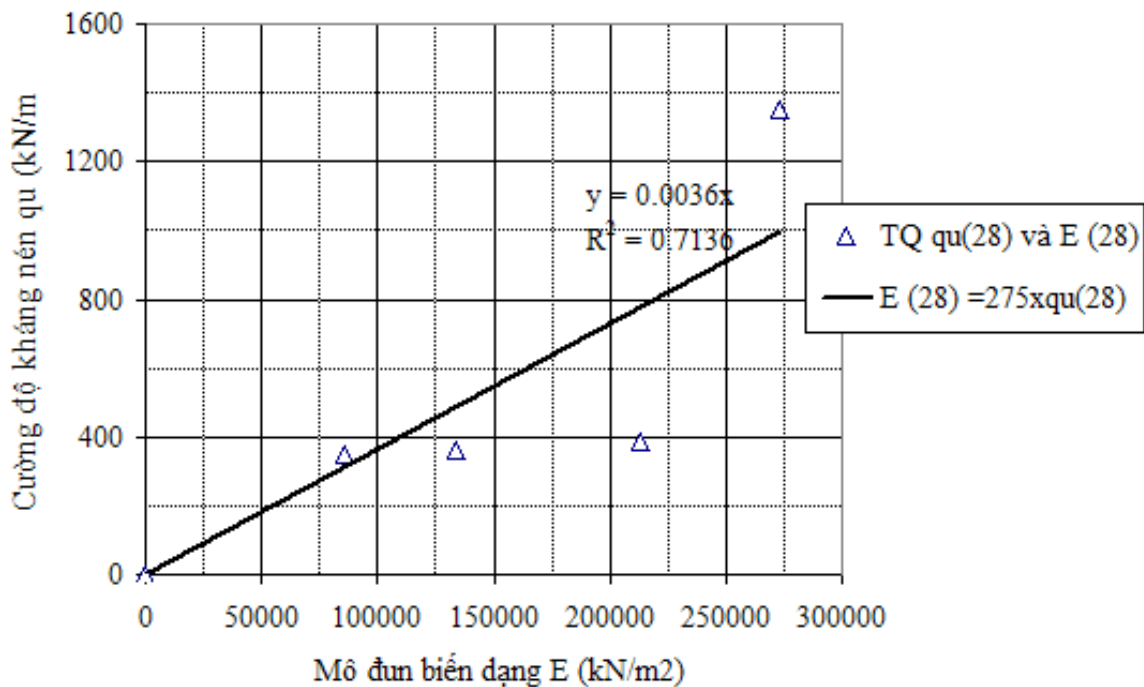
- Từ biểu thức (2.10) nếu ta biết  $q_u$  và  $c$  ta có thể tính được  $\varphi$ . Như vậy, chỉ cần thiết lập mối tương quan  $q_u$  và lực dính  $C$ . Sau đó dùng biểu thức (2.11) như sau để tính toán  $\varphi$ .

$$\varphi = 2 \arctan \left( \frac{q_u}{2c} \right) - 90 \quad (2.11)$$

### 2.1.7 Quan hệ $q_u$ và Mô đun biến dạng $E_p$

Cũng như đối với cường độ kháng nén nở hông (UCS)  $q_u$ , Mô đun biến dạng (E) về cơ bản cũng biến đổi theo hàm lượng xi măng gia cố. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm cho thấy Mô đun biến dạng E cũng rất phân tán. Sự phân tán đó không tuân theo quy luật nhất định ngay trong cùng một cọc. Giá trị phổ biến mức độ biến dạng từ 0,5% ÷ 2,8 %.

**- Kết quả nghiên cứu ở Hải Phòng**



Hình 4.6 Tương quan  $q_u$  và Mô đun biến dạng (E) của mẫu hiện trường

Phân tích tương quan giữa cường độ và mô đun biến dạng ở tuổi 28 ngày các mẫu XMD lấy từ cọc trên hiện trường cho thấy tỷ lệ giữa  $E(28)/q_u(28)$  biến đổi từ 202 ÷ 547,3.

Giá trị thu được từ đường hồi quy tuyến tính tỷ lệ này là 275. Từ đó thiết lập được công thức tính tương quan giữa mô đun biến dạng với cường độ nén nở hông ở tuổi 28 ngày:

$$E_{28} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 275 q_u \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

**2.1.8 KẾT LUẬN**

Vật liệu XMD có tính chất không đồng nhất hoàn toàn trên cùng một cọc XMD, phân tán về cường độ lớn dọc theo chiều dài cọc. Mức độ phân tán phụ thuộc vào điều kiện địa chất đất nền nơi thi công cọc và kinh nghiệm thi công cọc. Các kết quả thí nghiệm cũng chứng tỏ rằng khi cọc XMD đi qua các địa tầng khác nhau, thì đặc tính độ cứng của cọc XMD tạo ra trong các tầng cũng khác nhau. Đây là điều cần lưu ý cần nhắc khi quyết định cường độ cọc XMD thiết kế.

Khi hàm lượng xi măng gia cố tăng, xu hướng chung là cường độ nén qu của vật liệu XMD cũng tăng. Tuy nhiên do ảnh hưởng của loại đất, tại các khu vực khác nhau thì mức độ tăng về cường độ cũng khác nhau. Kết quả thí nghiệm cho thấy các khu vực như Hải Phòng, Hải Dương thuộc đồng bằng sông Hồng như có mức độ gia tăng lớn nhất, cường độ cọc XMD thí nghiệm có mẫu đạt tới  $> 20 \text{ kg/cm}^2$ . Tiếp đến là khu vực như Cần Thơ, Cà Mau thuộc đồng bằng sông Cửu Long. Khu vực đất yếu như ở Quảng Bình, Huế thuộc vùng đồng bằng ven biển Miền Trung là khu vực có độ gia tăng cường độ ít nhất.

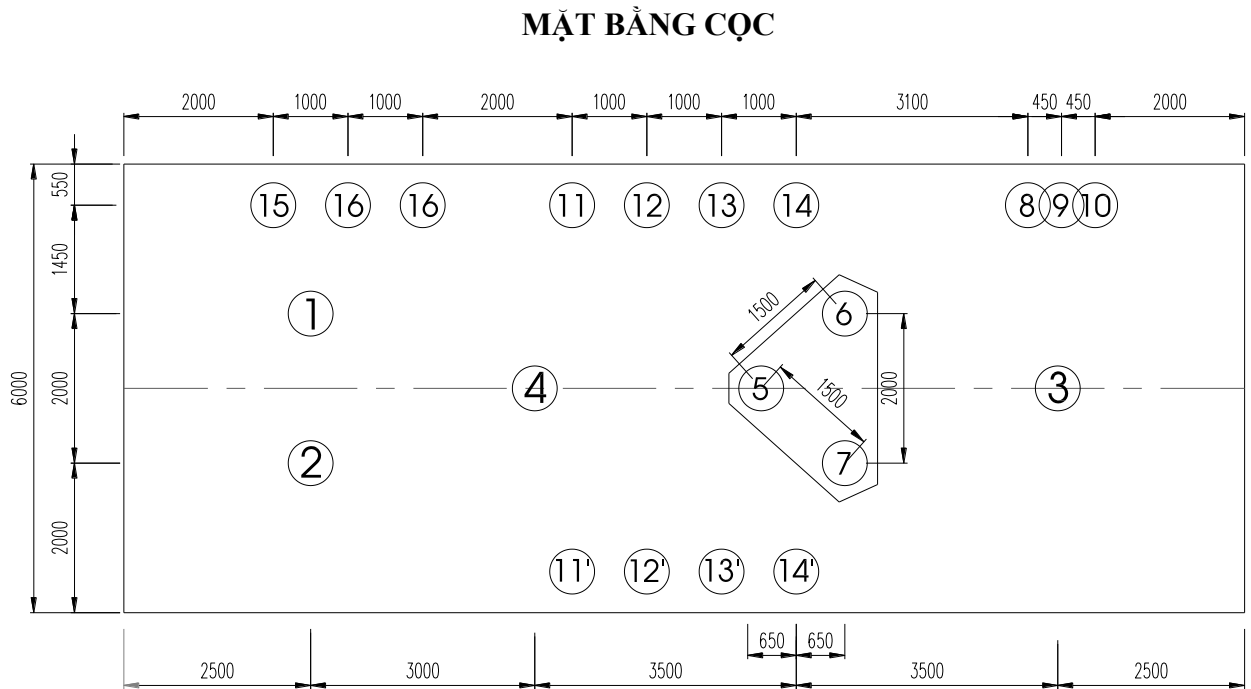
Cường độ của vật liệu XMD cũng thay đổi theo thời gian, thời gian càng dài cường độ của vật liệu XMD cũng càng tăng. Tuy nhiên, mức độ gia tăng này cũng có những sự khác biệt. Đối với vùng đất yếu Hải Phòng, Hải Dương thuộc đồng bằng sông Hồng có xu hướng tăng rất nhanh ở tuổi dưới 14 ngày. Ở độ tuổi 28 ngày cường độ vật liệu vẫn phát triển nhưng có xu hướng chậm lại. Ở vùng đất yếu Quảng Bình, Huế thuộc đồng bằng ven biển Miền Trung thì sự phát triển cho đến tuổi 56 ngày có xu hướng chậm hơn so với vùng Hải Phòng và Hải Dương thuộc vùng đồng bằng sông Hồng. Tuy nhiên kết quả thí nghiệm cho thấy là sau 56 ngày sự phát triển cường độ vẫn tiếp tục xảy ra với cường độ lớn hơn so với sự phát triển cường độ vật liệu XMD ở các vùng khác đã nêu trên trong cùng thời điểm.

Thành phần hạt trong đất nền quyết định rất lớn đến cường độ cọc XMD tạo ra. Điều này còn bao hàm cả hàm lượng hữu cơ trong đất, vì hàm lượng hữu cơ cao chứng tỏ lượng hạt mịn lớn. Do vậy, hàm lượng hữu cơ trong đất đương nhiên có ảnh hưởng lớn đến cường độ cọc XMD. Kết quả thí nghiệm cho thấy yếu tố này còn ảnh hưởng lớn hơn so với ảnh hưởng do tính mặn.

## 2.2.1 Địa điểm, đặc điểm địa chất và các thông số của cọc thí nghiệm

### Thí nghiệm Hải Phòng

Địa điểm nghiên cứu là đất yếu vùng Hải Phòng, tại Trung tâm Thủy lợi và Môi trường Ven biển, Hải đảo nằm trên đường đi Đồ Sơn. Đây là vùng đất yếu ven biển có đặc trưng là lớp sét pha cát, dẻo chảy. Sơ đồ bố trí các cọc thí nghiệm xem hình 4.7.



Hình 4.7 Sơ đồ bố trí cọc thí nghiệm

*Ghi chú:* (1) Số 1, 2 thí nghiệm nén dọc trục cọc đơn XMD; (2) Số 5, 6, 7 Thí nghiệm nén dọc trục nhóm cọc XMD; (3) Các số còn lại thực hiện các thí nghiệm khác...vv.

Cọc thí nghiệm được thi công bằng công nghệ tạo cọc XMD kiểu tia (Jet-Grouting). Các thông số về cọc thí nghiệm xem bảng 4.2.

Bảng 4.2 Thông số cọc XMD thí nghiệm tại Hải Phòng

Thông số	Nén dọc trục nhóm cọc	Nén dọc trục cọc đơn	
		D1	D2

Tiết diện cọc	60cm	60cm	60cm
Vị trí cọc TN	5 + 6 + 7	1	2
Ngày thi công	01-02/9/2004	2/9/2004	2/9/2004
Ngày thí nghiệm	4/10/2004	6/10/2004	6/10/2004
Cốt đầu cọc	-1.2m	-1.25m	-1.25m
Chiều dài cọc	8.0m	8.0m	8.0m
Tải trọng Thiết kế	45 tấn	12 tấn	12 tấn
Tải trọng thí nghiệm	Nén phá hoại		

## 2.2.2 Các thiết bị chuẩn bị cho thí nghiệm

### *Thí nghiệm nén tĩnh Hải Phòng*



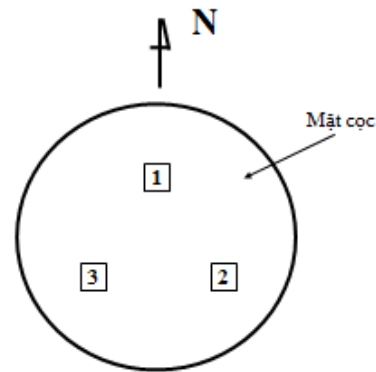
*Hình 4.8 Thực hiện chất tải thí nghiệm*

Các thiết bị chuẩn bị cho công tác thí nghiệm đánh giá sức chịu tải gồm:

- Đánh giá sự thay đổi tiết diện cọc theo chiều sâu: Hệ thống “IM-system with Stereo IT-Application” do IFCO (Hà Lan) chế tạo gồm:
  - + Đầu đo gia tốc.



- + Búa gõ.
- + Bộ phân tích số liệu hiện trường có khả năng chuyển và xử lý dữ liệu tín hiệu số.



Hình 4.9 Vị trí thực hiện kiểm tra biến dạng nhỏ PIT

- Đánh giá sức chịu tải:



Hình 4.10 Bố trí đồng hồ và dầm chất tải

- + Kích thủy lực 100 tấn kiểu Liên xô (cũ) có hiệu chỉnh của cơ quan có thẩm quyền giám định.
- + Đồng hồ áp lực loại 600 Kg/cm<sup>2</sup> - kích và đồng hồ áp lực được hiệu chỉnh đồng bộ tại cơ quan đo lường tiêu chuẩn.
- + Hai đồng hồ đo chuyên vị có độ chính xác 0.01mm, đồng hồ được dùng do Liên xô cũ chế tạo có khả năng đo chuyên vị 50mm, đã được cấp giấy chứng chỉ kiểm định quốc gia.
- + Hệ thống dầm thép có khả năng chịu tải theo yêu cầu của thiết kế.
- + Các giá đỡ mốc chuẩn đặt cách các cọc thí nghiệm một khoảng theo quy định trong quy phạm hiện hành.
- + Hệ dầm và giàn chất tải có khả năng nén được tải trọng theo yêu cầu thiết kế.

## 2.2.3 Phương pháp thí nghiệm

### *Thí nghiệm biến dạng nhỏ và nén tĩnh Hải Phòng:*

Sau thời gian 28 ngày kể từ khi bắt đầu thi công cọc XMD, tiến hành thí nghiệm biến dạng nhỏ. Dựa trên lý thuyết truyền sóng ứng suất theo một phương trong thanh đàn hồi, trong đó việc thay đổi kháng trở trong cọc và sức kháng của đất sẽ tạo ra sóng phản hồi trở lại đỉnh cọc. Vì vậy, khi cọc XMD có kháng trở cơ học không đổi, trên biểu đồ không quan sát thấy sóng phản hồi. Việc phân tích kết quả đo được thực hiện bằng chương trình máy tính chuyên dùng PITSTOP, cho phép đánh giá sự thay đổi kháng trở cơ học hoặc tiết diện cọc theo độ sâu.

Việc thực hiện thí nghiệm nén tĩnh cọc cũng được tiến hành cùng thời điểm với thí nghiệm biến dạng nhỏ. Tại vị trí cọc thí nghiệm, một hố hình chữ nhật kích thước 1x1x0,5m đã được đào để làm lộ đầu cọc và bố trí thiết bị. Đầu cọc xi được làm phẳng và trát một lớp vữa M150. Sau khi lắp đặt hệ thống giá đỡ, kích thủy lực và tiến hành bố trí đồng hồ đo, công tác kiểm tra được tiến hành một lần cuối cùng. Sau đó, việc tiến hành nén tải bắt đầu bằng cách đặt tải lên hệ dầm chính.

## 2.3 Quy trình thí nghiệm

### 2.3.1 Quy trình tăng tải

*Chu kì 1:*

\* Tăng tải theo các cấp sau:

0% → 10% → 20% → 30% → 40% → 50% → 60% → 70% → 80% → 90% → 100%

\* Giảm tải theo các cấp sau: 100% → 80% → 60% → 40% → 20% → 0%

*Chu kì 2:*

\* Tăng tải theo các cấp sau:

0% → 20% → 40% → 60% → 80% → 100% → 110% → 120% → 130% → 140% → 150%  
→ 160% → 170% → 180% → 190% → 200%

\* Giảm tải theo các cấp sau:

200% → 180% → 160% → 140% → 120% → 100% → 80% → 60% → 40% → 20% → 0%

*Chu kì 3:*

\* Tăng tải theo các cấp sau:

0% → 20% → 40% → 60% → 80% → 100% → 120% → 140% → 160% → 180% → 200%  
→ 210% → 220% → 230% → 240% → 250% → ....(tăng mỗi cấp 10% đến khi phá hoại)

### 2.3.2 Qui trình đo

Qui trình đo được thực hiện trong quá trình thí nghiệm bao gồm ghi chép các số đọc độ lún, tải trọng và thời gian qua ba chu kỳ: chu kỳ I - 100% tải, chu kỳ II – 200% tải, chu kỳ III – nén phá hoại.

### 2.3.3 Quy định về ổn định quy ước

- Khi một cấp tải đạt độ ổn định qui ước thì tăng tiếp cấp sau, cứ như vậy cho đến khi cấp tải lớn nhất ổn định và tiến hành giảm tải.

- Một cấp tải được coi là ổn định qui ước khi theo dõi cấp tải đó liên tục trong thời gian 60 phút mà sai số độ lún của cọc không vượt quá 0,1mm ( $\Delta s [ 0,1\text{mm})$ ).

- Cọc được xem là phá hoại khi độ lún của cấp sau lớn hơn 5 lần độ lún của cấp trước ( $\Delta S_n \geq 5\Delta S_{n-1}$  trong đó n là cấp tải).

- Hoặc cọc được xem là phá hoại khi tổng độ lún đạt 10% đường kính cọc ( $S_n > 80\text{mm}$ ).

### 2.3.4 Quy định về dừng thí nghiệm

Cọc được coi là đạt tải trọng phá hoại và cho phép tiến hành dỡ tải để kết thúc thí nghiệm khi:

- Tải trọng nén gây phá hoại cọc.
- Biến dạng của cọc vượt quá quy định.
- Biến dạng của cọc không đạt ổn định quy ước.
- Đầu cọc bị phá huỷ.

### 2.4.1 Kết quả thí nghiệm ở Hải Phòng

- Tính toán vện của cọc XMD:

Việc đánh giá sự thay đổi tiết diện cọc XMD theo chiều sâu được thực hiện trên 4 cọc XMD trên hiện trường nhằm 4 mục tiêu khác nhau, như là đánh giá sự thay đổi trên đỉnh cọc, thân cọc qua các tầng địa chất khác nhau...vv. Trong khuôn khổ luận án chỉ đề cập đến kết quả thí nghiệm của cọc có kí hiệu HP – XD 02, là cọc có chiều dài 8 m và nằm hoàn toàn trong lớp đất yếu 2 giống hoàn toàn như các cọc thí nghiệm nén tĩnh.

Việc đo đạc bằng các thiết bị trên cho thấy, cọc đơn XMD tạo ra tròn đều, phân định rõ ràng với đất xung quanh. Các cọc XMD không bị gãy, nứt, chất lượng thân cột thay đổi đồng đều. Tiết diện cọc thay đổi nhẹ theo độ cứng của đất.

- Sức chịu tải:

Các cọc XMD được thí nghiệm đến phá hoại.

Dựa vào các biểu đồ quan hệ độ lún - tải trọng của cọc đơn và nhóm cọc thí nghiệm. Sức chịu tải tính toán của cọc thí nghiệm được tính như sau:

$$P_{tt} = \frac{P_{gh}}{F}$$

Trong đó:

$P_{gh}$  - tải trọng giới hạn của cọc lấy tương ứng với tải trọng thí nghiệm khi cọc bị phá hoại, ứng với độ lún bằng 10 % đường kính cọc;

$P_{tt}$  - sức chịu tải tính toán của cọc đơn hoặc nhóm cọc;

$F$  - hệ số an toàn, với cọc thí nghiệm nén tĩnh lấy  $F = 2.0$ .

Kết quả nén tĩnh cọc đơn và nhóm cọc xem Bảng 4.3

*Bảng 4.3 Kết quả nén tĩnh cọc và nhóm cọc*

Thông số	Nhóm cọc	Cọc nén dọc trục	
		Cọc D1	Cọc D2
Tiết diện cọc	60cm	60cm	60cm
Vị trí cọc TN	5 + 6 + 7	1	2
Ngày thi công	02/9/2004	02/9/2004	02/9/2004
Ngày thí nghiệm	04/10/2004	06/10/2004	06/10/2004
Cốt đầu cọc	-1.2m	-1.25m	-1.25m
Chiều dài cọc	8.0m	8.0m	8.0m
Tải trọng đo được (tấn)	85	24	22
Sức chịu tải tính toán	42,5	12	11

#### **2.4.2 So sánh kết quả thí nghiệm ở Hải Phòng với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn Trung Quốc DBJ -08-40-94**

- Tính sức chịu tải cọc theo vật liệu cọc:

$$P_a = \eta * q_u * A_p = 39,56$$

Trong đó:

$P_a$  - sức chịu tải cho phép của cọc đơn (T)

$q_u$  - cường độ kháng nén của cọc,  $q_u = 400(T/m^2)$

$\eta$  - hệ số chiết giảm cường độ thân cọc,  $\eta = 0,35$

$A_p$  - diện tích mặt cắt cọc,  $A_p = 0,2826 (m^2)$

- Tính sức chịu tải theo điều kiện đất nền:

$$P_a = U_p \sum q_{si} * l_i + \alpha * A_p * q_p = 38,90$$

Trong đó:

$U_p$  - chu vi cọc,  $U_p = 1,884$  (m)

$q_{si}$  - lực ma sát cho phép của lớp thứ  $i$  xung quanh cọc. Theo DBJ -08-40-94:

Đối với đất bùn,  $q_{si} = 5 \div 8$  (kPa) =  $0,5 \div 0,8$  (T/m<sup>2</sup>)

Đất lầy bùn,  $q_{si} = 8 \div 12$  (kPa) =  $0,8 \div 1,2$  (T/m<sup>2</sup>)

Đất sét,  $q_{si} = 12 \div 15$  (kPa) =  $1,2 \div 1,5$  (T/m<sup>2</sup>)

Trong tính toán này lấy  $q_{si} = 1,4$  (T/m<sup>2</sup>)

$l_i$  - chiều dày của lớp đất thứ  $i$ ,  $l_i = 8$  (m)

$\alpha$  - hệ số chiết giảm lực chịu tải của đất móng thiên nhiên ở mũi cọc,  $\alpha = 0,6$

$q_p$  - sức chịu tải của đất ở mũi cọc,  $q_p = 105$  (T/m<sup>2</sup>)

- Chọn sức chịu tải cọc đơn:  **$P_a = 38,90$  (T)**

Tính toán theo tiêu chuẩn của Trung Quốc DBJ-08-40-94 cọc đơn XMD có đường kính 0.6 m, dài 8 m có sức chịu tải giới hạn là 25,71 (T). Trong khi đó, kết quả thí nghiệm nén tĩnh trên hiện trường là 24 (T) đối với cọc D1 và 22 (T) đối với cọc D2, ứng với độ lún phá hoại lần lượt là 70 (mm) và 80 (mm). Độ sai lệch về kết quả sức chịu tải giữa thí nghiệm hiện trường đối với cọc D1 và D2 và công thức tính toán theo tiêu chuẩn DBJ -08-40-94 lần lượt là **76,82 %** và **62,08%**.

Sở dĩ có sai số lớn đến như vậy là do việc quy định giá trị sức kháng mặt bên và đầu mũi chưa rõ ràng. Rất khó phân biệt đất bùn khác đất lầy bùn và đất sét như thế nào?. Mặt khác trong cùng 1 loại đất thì khoảng để lựa chọn các giá trị rất lớn dẫn đến khi lắp vào công thức với cách lựa chọn khác nhau sẽ dẫn đến kết quả khác nhau.

## 2.5 Kết luận

Trong thí nghiệm nén tĩnh ở Hải Phòng do thời gian hạn chế, nên phải tiến hành chất tải thí nghiệm ở tuổi 28 ngày. Trong quá trình tiến hành thí nghiệm, việc thí nghiệm đã dừng lại theo điều kiện dừng tải. Theo phán đoán ban đầu, có thể nguyên nhân cọc XMD bị phá hoại là do bị hỏng vì ép mặt đầu cọc. Tuy nhiên, từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh xác định được mô đun biến dạng cọc XMD

$$E_p^{nt} = \frac{q_u}{\epsilon\%} = \frac{849,2569}{10\%} = 84,92 \text{ (kN/m}^2\text{)}. \text{ Nếu liên hệ với mô đun biến dạng}$$

cọc XMD  $E_p = 275q_u = 371250$ (kN/m<sup>2</sup>) thì  $E_p > E_p^{nt}$  như vậy ta có thể sơ bộ đi đến kết

luyện vật liệu XMĐ vẫn đang làm việc trong miền biến dạng đàn hồi. Do đó có thể kết luận, biến dạng đột ngột xảy ra là do đất nền ở đạt trạng thái cực hạn và bị phá hoại khi tải trọng tăng lên.

Đối với trường hợp nhóm cọc XMĐ thí nghiệm ở Hải Phòng, sức chịu tải của nhóm 3 cọc là 85 (T) lớn hơn sức chịu tải lớn nhất của 3 cọc đơn cộng lại là 72 (T). Khả năng chịu tải tăng là do nguyên nhân có sự huy động thêm sức chịu tải của đất nền giữa các cọc XMĐ.

So sánh kết quả nén tĩnh cọc đơn XMĐ D1 và D2 trên hiện trường, cọc D1 có sức chịu tải 24 (T) và cọc D2 có sức chịu tải 22 (T) so với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn DBJ -08-40-94 là 25,71 (T). Độ sai lệch về kết quả sức chịu tải giữa thí nghiệm hiện trường và công thức tính toán là **76,82 %** và **62,08%**.

### **3. Hiệu quả áp dụng và những bài học kinh nghiệm**

Tuy ở Hải Phòng chưa có công trình sử dụng cọc đất xi măng thi công theo công nghệ Jet-Grouting nhưng đã có công trình nghiên cứu của tác giả Phùng Vĩnh An, Tác giả đã nghiên cứu, làm thí nghiệm tại địa bàn huyện Kiến Thụy. Trong Luận văn, Học viên đã phân vùng địa chất khu vực này là Khu II-D-8 (bãi triều cao, tích tụ sông – biển – đầm lầy, có kiểu thạch học chủ yếu là sét pha, cát pha, bùn, tuổi Holocen muộn, phụ hệ tầng Thái Bình dưới-  $ambQ_{IV}^3tb_1$ ), đây cũng là khu vực có điều kiện địa chất khá phổ biến ở khu vực Đông – Nam của Hải Phòng, sức chịu tải của đất kém, điều kiện địa chất công trình phức tạp. Qua kết quả nghiên cứu, thí nghiệm và tính toán của Tác giả Phùng Vĩnh An về cọc XMĐ thi công theo công nghệ Jet-Grouting tại địa bàn Hải Phòng, Học viên nhận thấy như sau:

- Tác giả Phùng Vĩnh An đã nghiên cứu, làm thí nghiệm tại khu vực có nền đất yếu khá đặc trưng của Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc áp dụng cọc XMĐ thi công theo công nghệ Jet-Grouting tại địa bàn Hải Phòng là hoàn toàn khả thi;

- Kết quả thí nghiệm cho thấy khả năng chịu tải trọng của cọc, nhóm cọc đảm bảo để xây dựng những công trình có tải trọng không quá lớn;

- Là phương án rất kinh tế để gia cố nền móng cho công trình (có tải trọng yêu cầu trung bình). Có thể nghiên cứu để áp dụng rộng rãi trên địa bàn Thành phố;

- Có thể thay thế cọc XMĐ cho một số phương án gia cố móng truyền thống để tiết kiệm chi phí.

## II- ỨNG DỤNG XỬ LÝ NỀN MÓNG CHO CÔNG TRÌNH CỤ THỂ

### 1- Giới thiệu công trình

#### 1.1. Kết cấu công trình

Nhà làm việc 5 tầng Trung tâm Dịch vụ việc làm Hải Phòng, có kết cấu bằng khung bê tông cốt thép.



Hình 4.11 Phối cảnh công trình

#### 1.2. Điều kiện tải trọng

- Chiều dài công trình: 45m; Chiều rộng: 11,1m; Chiều cao: 20,95m
- Tính toán cho 1 móng có giá trị nội lực lớn nhất. Tải trọng phân bố tác dụng lên móng tính toán  $10,4 \text{ T/m}^2$
- Tổng tải công trình (sơ bộ): 20.929 tấn

#### 1.3. Điều kiện địa chất công trình

Công trình được xây dựng nằm trong cụm công nghiệp Vĩnh Niệm, nằm trên đường Nguyễn Văn Linh, thành phố Hải Phòng. Hiện trạng địa chất công trình được lập trên cơ sở Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình do Công ty CP Tư vấn thiết kế CTXD Hải Phòng lập tháng 6/2016. Nền đất khu vực xây dựng bao gồm các lớp đất với đặc điểm cơ lý như sau:

**Lớp san lấp:** Cát hạt mịn màu xám nâu, xám đen lẫn gạch, bê tông, dày 2m.

**Lớp số 1:** Bùn sét pha màu xám, xám ghi, xám đen, lẫn vỏ sò, trạng thái chảy. Lớp này phân bố cục bộ tại một số hố khoan, chiều dày lớp thay đổi từ  $9.2 \div 10.3\text{m}$ . Lớp có khả năng chịu tải rất kém, tính nén lún cao. Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau:



Dung trọng tự nhiên:  $1.74 \text{ g/cm}^3$ ; Hệ số rỗng:  $1.157$ ; Góc ma sát trong:  $6.03^\circ$ ; Lực dính kết:  $0.037 \text{ kg/cm}^2$ ; Hệ số nén:  $0.06$ .

**Lớp số 2:** Lớp sét màu xám nâu, xám ghi, xám xanh, trạng thái dẻo chảy, có chỗ chảy. Lớp này có chiều dày lớp thay đổi từ  $10.1 \div 13.2 \text{ m}$ . Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau: Dung trọng tự nhiên:  $1.7 \text{ g/cm}^3$ ; Hệ số rỗng:  $1.363$ ; Góc ma sát trong:  $4^\circ 30'$ ; Lực dính kết:  $0.055 \text{ kg/cm}^2$ ; Hệ số nén:  $0.071$

**Lớp số 3:** Sét màu xám nâu, xám nhạt, nâu đỏ đến nhiều màu, trạng thái dẻo cứng. Lớp này có chiều dày lớp thay đổi từ  $0.3 \div 2.87 \text{ m}$ . Lớp có khả năng chịu tải và tính nén lún trung bình. Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau: Dung trọng tự nhiên:  $1.93 \text{ g/cm}^3$ ; Hệ số rỗng:  $0.799$ ; Góc ma sát trong:  $10^\circ 52'$ ; Lực dính kết:  $0.19 \text{ kg/cm}^2$ ; Hệ số nén:  $0.034 \text{ cm}^2/\text{kg}$ ; Modul biến dạng:  $116.41 \text{ kg/cm}^2$ .

**Lớp số 4:** Sét màu xám ghi, xám nâu, trạng thái dẻo chảy; lẫn chất hữu cơ. Lớp này phân bố tại tất cả các hố khoan, chiều dày lớp thay đổi từ  $2.6 \div 3.3 \text{ m}$ . Một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp như sau: Dung trọng tự nhiên:  $1.78 \text{ g/cm}^3$ ; Hệ số rỗng:  $1.117$ ; Góc ma sát trong:  $6^\circ 15'$ ; Lực dính kết:  $0.068 \text{ kg/cm}^2$ ; Hệ số nén:  $0.049$ ; Modul biến dạng:  $67.4 \text{ kg/cm}^2$ .

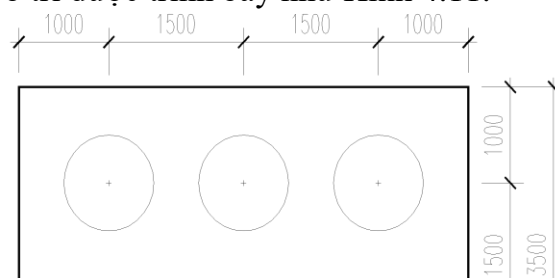
## 2. Tính toán thiết kế

### 2.1. Thông số cọc đất xi măng

Căn cứ vào tải trọng khai thác, điều kiện địa chất công trình, kết quả thi công cọc thử và thực tế thi công cọc đất xi măng tại các các dự án trong khu vực lân cận, chọn các thông số thiết kế cọc đất xi măng như sau:

- + Đường kính trụ ĐXM:  $1,0 \text{ m}$ ;
- + Chiều dài trụ ĐXM:  $10,0 \text{ m}$ ;
- + Khoảng cách giữa các trụ:  $1,5 \text{ m}$ ;
- + Cường độ kháng nén trụ:  $15 \text{ kG/cm}^2$ ;
- + Hụm l-îng xi măng tÿnh to,n :  $65 \text{ kg/m}$  đui cãc ;
- + Cường độ kháng cắt:  $7.5 \text{ kG/cm}^2$ ;

Cọc được bố trí dựa theo điều kiện cân bằng về chuyển vị sao cho tải trọng phân bố vào cọc và vào đất nền không vượt quá sức chịu tải của vật liệu cọc và phần đất nền chưa được gia cố. Cọc bố trí được trình bày như Hình 4.11.



Hình 4.11 Mặt bằng bố trí cọc trên móng điển hình

## 2.2. Tính toán Cọc xi măng đất thi công theo phương pháp Jet - Grouting

### \* Tính toán theo tiêu chuẩn Trung Quốc DBJ -08-40-94

- Tính sức chịu tải cọc theo vật liệu cọc:

$$P_a = \eta * q_u * A_p = 0,35 * 400 * 0,785 = 109,9 \text{ (T)}$$

Trong đó:

$P_a$  - sức chịu tải cho phép của cọc đơn (T)

$q_u$  - cường độ kháng nén của cọc,  $q_u = 400 \text{ (T/m}^2\text{)}$

$\eta$  - hệ số chiết giảm cường độ thân cọc,  $\eta = 0,35$

$A_p$  - diện tích mặt cắt cọc,  $A_p = 0,785 \text{ (m}^2\text{)}$

- Tính sức chịu tải theo điều kiện đất nền:

$$P_a = U_p \sum q_{si} * l_i + \alpha * A_p * q_p = 3,14 * 1,4 * 10 + 0,6 * 0,785 * 150 = 114,61 \text{ (T)}$$

Trong đó:

$U_p$  - chu vi cọc,  $U_p = 3,14 \text{ (m)}$

$q_{si}$  - lực ma sát cho phép của lớp thứ  $i$  xung quanh cọc. Theo DBJ -08-40-94:

Đối với đất bùn,  $q_{si} = 5 \div 8 \text{ (kPa)} = 0,5 \div 0,8 \text{ (T/m}^2\text{)}$

Đất lẫn bùn,  $q_{si} = 8 \div 12 \text{ (kPa)} = 0,8 \div 1,2 \text{ (T/m}^2\text{)}$

Đất sét,  $q_{si} = 12 \div 15 \text{ (kPa)} = 1,2 \div 1,5 \text{ (T/m}^2\text{)}$

Trong tính toán này lấy  $q_{si} = 1,4 \text{ (T/m}^2\text{)}$

$l_i$  - chiều dày của lớp đất thứ  $i$ ,  $l_i = 10 \text{ (m)}$

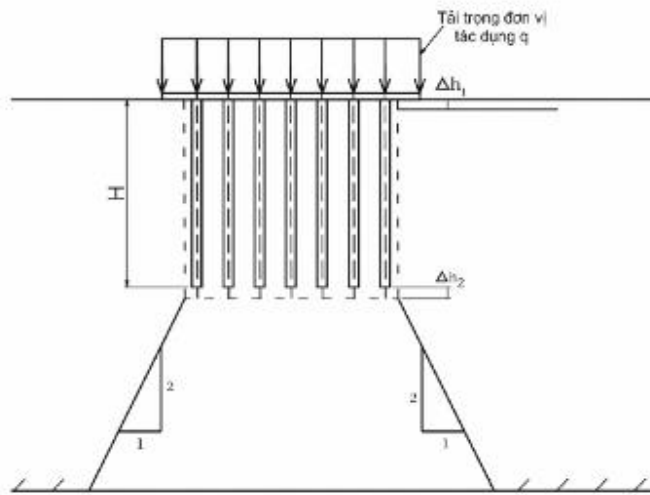
$\alpha$  - hệ số chiết giảm lực chịu tải của đất móng thiên nhiên ở mũi cọc,  $\alpha = 0,6$

$q_p$  - sức chịu tải của đất ở mũi cọc,  $q_p = 150 \text{ (T/m}^2\text{)}$  [10, tr 141] (bảng

4.4, sách Nền vụn măng, Lê Anh Hoàng, Nhà xuất bản Xây dựng)

- Chọn sức chịu tải cọc đơn:  **$P_a = 109,9 \text{ (T)}$**

## 2.3 Kiểm tra điều kiện biến dạng



Hình 4.12 - Sơ đồ tính toán biến dạng

Độ lún của nền đất ( $\Delta h$ ) bao gồm độ lún của nền đã xử lý ( $\Delta h_1$ ) và độ lún của nền đất bên dưới khối xử lý ( $\Delta h_2$ ).

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2$$

### 2.3.1 Độ lún của nền xử lý cọc đất xi măng

- Độ lún của nền đất xử lý được tính theo công thức:

$$\Delta h_1 = \frac{qH}{a_p E_p + (1 - a_p) E_s}$$

Trong các công thức trên:

$\Delta h$  là tổng độ lún tính toán của nền gia cố bằng cọc xi măng đất, tính bằng m;

$q$  là tải trọng tác dụng, tính bằng  $T/m^2$ ;

$a_p$  là tỷ lệ diện tích gia cố tính bằng %,  $a_p = n \cdot A_p / A = 6 \cdot 0,785 / 17,5 = 27\%$  (trong đó  $n$  là số cọc;  $A_p$  là diện tích cọc;  $A$  là diện tích đáy móng)

$H$  là chiều dày lớp đất yếu được gia cố, tính bằng m;

$E_p$  là mô đun biến dạng của cọc, tính bằng  $kN/m^2$ ;

$E_s$  là mô đun biến dạng của đất nền xung quanh cọc, tính bằng  $kN/m^2$ ;

Thay số vào công thức trên được kết quả như dưới đây:

d (m)	$a_p$	$E_p$ ( $T/m^2$ )	$E_s$ ( $T/m^2$ )	q ( $T/m^2$ )	H (m)	$S_1$ (mm)
1,0	0,27	7500	229,4	10,4	10	<b>47,4</b>

- Độ lún của nền đất dưới khối xử lý được tính theo công thức:

$$\Delta h_2 = \frac{Q_c}{1 + e_0} H' \lg \frac{\sigma'_0 + q'}{\sigma'_0} = \frac{0,071}{1 + 1,363} * 3 \lg \frac{13,2 + 7,28}{13,2} = 0,017m = 1,7cm$$

$$q' = \frac{qB}{B + \frac{H'}{2}} = \frac{10,4 * 3,5}{3,5 + \frac{3}{2}} = 7,28 \text{ T/m}^2$$

Trong các công thức trên:

$q'$  là tải trọng tác dụng lên lớp đất yếu không được gia cố dưới mũi cọc, tính bằng  $\text{T/m}^2$ ;

$H'$  là chiều dày lớp đất yếu không được gia cố dưới mũi cọc, tính bằng m;  $H' = 3\text{m}$

$Q_c$  là chỉ số nén của lớp đất yếu dưới mũi cọc;  $Q_c = 0,071$

$e_0$  là hệ số rỗng tự nhiên của lớp đất yếu dưới mũi cọc;  $e_0 = 1,363$

$\sigma_0'$  là ứng suất hiệu quả tại đáy khối gia cố, tính bằng  $\text{T/m}^2$ ;  $\sigma_0' = 11,5 * 1,147 = 13,2 \text{ T/m}^2$

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = 4,74 + 1,7 = 6,44\text{cm} < 8\text{cm}$$

### 3. Thi công cọc đất xi măng

#### 3.1. Yêu cầu vật liệu và thiết bị thi công

##### a. Xi măng

Xi măng dùng thi công thử cọc đất xi măng phải đạt mác PCB40 theo tiêu chuẩn TCVN 6260-1997. Chất lượng xi măng phải được thí nghiệm kiểm tra theo các tiêu chuẩn TCVN 6016-1995, TCVN 679-1989. Kết quả thí nghiệm phải đạt yêu cầu kỹ thuật và được đánh giá theo các chỉ tiêu sau:

- Cường độ chịu nén (TCVN 6016-1995) không nhỏ hơn  $400\text{kg/cm}^2$  (R28 ngày)
  - Thời gian đông kết: TCVN 6017-1995 (ISO 9597-1989)
    - + Bắt đầu đông kết: không dưới 45 phút
    - + Kết thúc đông kết: không dưới 170 phút
  - Độ ổn định thể tích đo theo phương pháp LeChatelier  $< 10\text{mm}$
  - Hàm lượng  $\text{SO}_3$  (TCVN 141-86) : không lớn hơn 3.5%
  - Hàm lượng mất khi nung (TCVN 141-86): không lớn hơn 5%
  - Độ nghiền mịn (TCVN 4030-03): phần còn lại trên sàng 0.09 không lớn hơn 10%
- Không được sử dụng xi măng vón cục, xi măng đã lưu kho trên 3 tháng. Các lô xi măng đến công trường phải được thí nghiệm đầy đủ trước khi sử dụng.

##### b. Nước

Nước sử dụng trộn vữa xi măng phải đạt yêu cầu kỹ thuật tiêu chuẩn TCXDVN 302-2004 theo các chỉ tiêu sau đây:

- Nước không có váng dầu mỡ;

- Lượng tạp chất hữu cơ không vượt quá 15mg/l;
- Độ pH không nhỏ hơn 6.5 và không lớn hơn 12.5;
- Lượng muối hòa tan  $\leq 10\text{g/l}$ ;
- Lượng  $\text{SO}_4 \leq 2.7\text{g/l}$ ;
- Lượng  $\text{Cl}^- \leq 3.5\text{g/l}$ ;
- Hàm lượng cặn không tan  $\leq 0.3\text{g/l}$ .

### c. **Thiết bị thi công**

Thiết bị phải có năng lực thi công phù hợp với yêu cầu về chất lượng, kích thước cọc thiết kế và tiến độ dự án. Không sử dụng các máy thi công cọc đất xi măng tự chế.

Các thông số cơ bản của máy như chiều sâu khoan phun, đường kính cọc, hàm lượng phun xi măng trên mét dài cọc, áp lực phun, tốc độ quay đầu trộn, tốc độ đi xuống và đi lên của cần khoan phải được kiểm soát tự động bằng thiết bị điện tử và in ra cho mỗi cọc thi công thử.

### 3.2. **Trộn mẫu thử trong phòng thí nghiệm**

Theo quy trình thiết kế, để xác định hàm lượng xi măng cần thiết để khi thi công trụ đất xi măng đảm bảo đạt cường độ thiết kế, trước tiên phải lấy mẫu đất hiện trường trộn thử với xi măng với các hàm lượng khác nhau để xác định hàm lượng xi măng trộn tối ưu. Các mẫu thử sẽ được thí nghiệm nén nở hông để xác định cường độ kháng nén sau khi trộn 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày.

### 3.3. **Thi công thử cọc đất xi măng**

Công tác thi công cọc đất xi măng phải được tiến hành trước khi triển khai thi công đại trà nhằm mục đích:

- Kiểm tra hoạt động và sự thích ứng của các thiết bị thi công như: máy khoan, đầu trộn, thiết bị cấp và phun vữa xi măng, các thiết bị định lượng tự động...; xác lập quy trình thi công hợp lý như: tốc độ quay đầu trộn, tốc độ xuyên xuống, tốc độ rút lên, tốc độ phun vữa xi măng, áp lực phun, lượng xi măng sử dụng...; xác lập các thông số thí nghiệm kiểm tra và nghiệm thu chất lượng cọc đất xi măng.
- Thực hiện các thí nghiệm trong phòng và hiện trường để kiểm tra sự phù hợp với thiết kế của các thông số về cường độ kháng nén một trục nở hông ( $q_u$ ), mô đun

biến dạng (E) của cọc đất xi măng ở 14 và 28 ngày tuổi. Từ đó điều chỉnh thiết kế phù hợp trước khi thi công đại trà.

- Đánh giá thực tế các tác động tới môi trường xung quanh (tiếng ồn, độ rung, biến dạng...)

Thi công thử cọc đất xi măng sẽ được tiến hành với các hàm lượng xi măng 220, 240, 260 kg/m<sup>3</sup>. Phương pháp trộn là trộn ướt, khuyến khích sử dụng thiết bị cắt đất bằng thủy lực hoặc các công nghệ hiện đại khác để cọc đất xi măng đạt cường độ thiết kế.

### **3.4. Thi công đại trà cọc đất xi măng**

#### **3.4.1 Khoan xuống**

3.4.1.1. Định vị, định hướng thẳng đứng máy khoan và kê kích để cố định máy khoan

3.4.1.2. Trong quá trình khoan xuống phải theo dõi độ thẳng đứng của cần khoan. Với nền đất cứng cần tăng lưu lượng và áp lực bơm nước trong khi khoan xuống để lỗ khoan đủ rộng không gây ảnh hưởng đến sự định hướng của cần khoan.

3.4.1.3. Sai số tọa độ cọc là  $\pm 5$  cm, cao trình đỉnh cọc là  $\pm 10$  cm, trừ khi thiết kế có chỉ định khác.

3.4.1.4. Trong trường hợp thi công trên xà lan, phải có biện pháp định vị xà lan để đảm bảo thi công cọc theo yêu cầu thiết kế.

3.4.1.5. Khoảng cách giữa vách hố khoan và cần khoan phải đủ để dòng trào có thể di chuyển lên miệng hố, đặc biệt là tầng trên gần mặt đất. Nếu dòng trào ngược không thoát ra được sẽ đẩy trôi nền hoặc ảnh hưởng đến vùng đất xung quanh. Điều chỉnh độ rộng hố khoan bằng cách điều chỉnh áp lực bơm nước khi khoan xuống.

#### **3.4.2 Rút khoan lên và phụt vữa**

3.4.2.1. Trong quá trình rút lên và phụt vữa phải liên tục ghi chép tốc độ rút cần (step) và áp lực bơm.

3.4.2.2. Công tác phụt vữa cao áp và giám sát phải được thực hiện bởi những người có chuyên môn và kinh nghiệm phù hợp.

3.4.2.3. Cần phải duy trì một tầng phản áp (lớp đất nằm giữa đỉnh cọc và mặt đất dày từ 0,6m đến 2m) đủ dày để tránh hiệu ứng rạn nứt cục bộ do thủy lực.

#### **3.4.2. Xử lý kỹ thuật thi công**

3.4.2.1. Khi lượng ăn vữa lớn bất thường (dòng trào ngược bị giảm đi), có thể do một

số nguyên nhân sau:

- Trong quá trình khoan phụt gặp hang rỗng trong lòng đất;
- Độ rỗng của đất lớn;
- Tỷ lệ N/X chưa phù hợp;
- Khe hở dọc ống bị bít kín.

\* Biện pháp xử lý như sau:

- Nếu gặp hang rỗng trong lòng đất, tiến hành cho máy phụt vữa tại chỗ cho đến khi vữa điền đầy hang rỗng. Trong trường hợp nếu lượng vữa tồn thất lớn gấp 2 lần thể tích cọc thì dừng phụt vữa chờ đơn vị tư vấn có biện pháp xử lý;

- Nếu gặp tầng đất có độ rỗng lớn cần điều chỉnh lại tỷ lệ nước/xi măng cho phù hợp (dung dịch vữa đặc hơn); Hoặc cần thay đổi tốc độ rút cần khoan;

- Nếu khe hở dọc ống bị bít kín, phải rút cần khoan lên và tiến hành khoan lại mở rộng hố khoan. Dung dịch vữa quá đặc cũng có thể làm bít khe hở dọc cần khoan, trong trường hợp này cần điều chỉnh tỷ lệ N/X cho phù hợp (làm cho dung dịch loãng hơn).

3.4.2.2. Khi dòng trào ngược lớn bất thường (dòng trào ngược quá mạnh): thì cần phải xem xét lại các thông số khoan phụt hoặc phương pháp thi công. Dòng trào ngược lớn bất thường có thể do nhiều nguyên nhân:

- Trong quá trình khoan phụt gặp phải đá mờ côi;
- Độ rỗng của đất bé;
- Do áp lực nước.

3.4.2.3. Biện pháp xử lý:

- Nếu gặp phải đá mờ côi cần xin ý kiến tư vấn thiết kế để chuyển vị trí;
- Nếu độ rỗng của đất bé, khoan tiếp một số lỗ tiếp theo cũng gặp hiện tượng dòng trào ngược lớn bất thường, cần phải tiến hành khảo sát lại địa chất trong vùng xử lý, để điều chỉnh thiết kế cho phù hợp.
- Nếu gặp nước có áp thì cần các biện pháp khoan có dung dịch hoặc ống chống.

3.4.2.4. Khi có dòng chảy nước ngầm làm trôi vữa phụt

Nếu có hiện tượng dòng chảy nước ngầm làm trôi vữa phụt thì tìm biện pháp hạn chế hoặc phải bổ sung thêm phụ gia đông cứng nhanh.

### **3.4. Giám sát chất lượng và nghiệm thu cọc đất xi măng**

#### **3.4.1. Giám sát, kiểm tra, quan trắc**

##### **a. Khoan lấy mẫu**

Khi cọc đất xi măng  $\geq 28$  ngày tuổi, khoan lấy mẫu để đánh giá chất lượng và độ đồng nhất của cọc. Công tác khoan lấy mẫu được thực hiện theo Quy trình khoan thăm dò địa chất công trình 22TCN 259-2000. Sử dụng mũi khoan có đường kính thích hợp và ống mẫu lòng đôi để lấy được tối đa chiều dài mẫu và mẫu có đường kính tối thiểu 70mm.

Vị trí khoan tại tâm cọc đất xi măng, vị trí lấy mẫu thí nghiệm xuyên suốt chiều dài cọc.

Trong quá trình khoan phải mô tả chi tiết mẫu khoan, thống kê chiều dài các mẫu, xếp lần lượt theo chiều sâu và chụp ảnh toàn bộ mẫu.

Các mẫu thí nghiệm được bảo quản nguyên trạng trong các ống mẫu cho tới khi thí nghiệm theo TCVN 2683-1991.

Khối lượng khoan lấy mẫu kiểm tra là 1% số lượng cọc. Vị trí các cọc khoan kiểm tra sẽ được giám sát Chủ đầu tư và tư vấn giám sát lựa chọn ngẫu nhiên trên tổng số cọc thi công đại trà.

#### ***b. Thí nghiệm nén nở hông***

Các mẫu khoan cọc đất xi măng được thí nghiệm nén nở hông để xác định cường độ kháng nén  $q_u$  và mô đun biến dạng  $E_{50}$ .

Thí nghiệm nén nở hông được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D2166.

Mỗi mét khoan lõi lấy một mẫu thí nghiệm.

#### ***3.4.2. Những vấn đề cần lưu ý khi giám sát và kiểm tra***

\* Yêu cầu đối với giám sát:

- Tổ chức giám sát và cán bộ giám sát phải có đủ kinh nghiệm qua các công trình tương tự; có chứng chỉ hành nghề về giám sát;

- Nhà thầu thi công phải có đội ngũ cán bộ kỹ thuật, công nhân có kinh nghiệm qua các công trình tương tự. Thiết bị phải có đủ số lượng và chủng loại như trong hồ sơ dự thầu;



- Khi phát sinh các tình huống chưa lường trước hoặc các thông tin khác với thiết kế cần báo cáo kịp thời cho chủ đầu tư và tư vấn thiết kế.

\* Đồng hồ đo áp lực, lưu lượng và các đồng hồ khác cần phải được kiểm định theo quy định. Đối với các công trình có thời gian thi công dài thì phải hiệu chỉnh thiết bị định kỳ để đảm bảo tính chính xác.

\* Áp lực phụt thông thường được lấy là áp lực trên đồng hồ máy bơm. Trong trường hợp đường dây cao áp dẫn dài hoặc thi công ở độ sâu lớn thì cần phải tính đến tổn thất áp lực dọc ống.

\* Trong quá trình thi công vị trí tọa độ cọc, cao độ đáy, đỉnh cọc, góc nghiêng của cần khoan- phụt phải được đo và ghi lại.

\* Dòng trào ngược cần phải được quan sát, ghi chép và báo cáo đầy đủ.

\* Nếu cần thiết, chiều dài của một cọc có thể kiểm tra được bằng phương pháp khoan lấy nõi hoặc xuyên dọc trục. Khi tiến hành khoan lấy nõi, độ nghiêng của trục khoan phải được đo đạc. Vị trí và độ nghiêng của một cọc phải được xác định từ trước đó. Khoan lấy nõi chỉ được tiến hành sau khi cọc có đủ thời gian ninh kết.

### **3.4.3. Kiểm tra cọc đất xi măng cho mục đích xử lý nền đất yếu**

\* Đánh giá hình dạng và đường kính cọc: Đường kính cọc được kiểm tra bằng phương pháp đào lộ đầu cọc bằng thủ công, chiều sâu đào kiểm tra khoảng từ 1 đến 2 m kể từ đỉnh cọc. Khi cần thiết có thể yêu cầu đào sâu hơn hoặc đào toàn bộ chiều sâu cọc.

\* Thí nghiệm nén tĩnh hiện trường tiến hành theo yêu cầu của thiết kế. Đề cương do thiết kế lập với các nội dung sau:

- Mục tiêu thí nghiệm;
- Tiêu chuẩn thí nghiệm;
- Số lượng và vị trí thí nghiệm;
- Dụng cụ và thiết bị thí nghiệm;
- Trình tự chất tải và điều kiện dừng thí nghiệm.

\* Thí nghiệm xuyên cắt cánh có thể xác định chính xác độ đồng đều của cọc trên toàn chiều dài và cung cấp những thông tin về sức chống cắt của vật liệu cọc. Thí nghiệm xuyên cắt cánh chỉ thực hiện được khi hàm lượng xi măng nhỏ hơn 150 kg/m<sup>3</sup>.

\* Kiểm tra khoan lấy nõi

- Khoan lấy nõi để xác định cường độ cọc là biện pháp phổ biến nhất cho công nghệ xử lý nền bằng cọc đất xi măng;

- Khoan lấy nõi được tiến hành sau khi cọc có đủ thời gian ninh kết, ít nhất là 14 ngày tuổi. Thông thường cọc xi măng đất được khoan lấy nõi ở 28 ngày tuổi. Trong những trường hợp đặc biệt có thể đào lấy nguyên cả một đoạn cọc chở về phòng thí nghiệm để khoan mẫu hoặc nén cả đoạn cọc. Nếu nén cả cọc thì phải dùng vĩa xi măng cát trát phẳng hai đầu cắt, sau khi vĩa cứng thì đưa lên máy nén;
- Thiết bị khoan lấy mẫu loại nòng đôi. Đường kính không nhỏ hơn 70 mm;
- Lỗ khoan đặt tại tim cọc;
- Thí nghiệm nén mẫu phải tuân theo tiêu chuẩn quy định hiện hành. Riêng về tốc độ gia tải do tính đặc thù của mẫu lấy trong khoảng từ 10 N/s đến 15 N/s;
- Mẫu dùng cho thí nghiệm cơ học phải được bảo dưỡng trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm kiểm soát chặt chẽ;
- Chỉ tiêu cơ học của XMĐ xác định qua chỉ tiêu thí nghiệm nén nở hông (qu) ở tuổi 90 ngày (trừ khi thiết kế có chỉ định khác). Để phục vụ tính toán ứng suất-biến dạng trong nền, người thí nghiệm cần cung cấp đường cong nén lún  $qu \sim \epsilon$  và kiến nghị các thông số đưa vào tính toán bao gồm: qu;  $\gamma$ ;  $\phi$ ; C; E với những nhận xét, lưu ý cần thiết.
- \* Loại và số lượng thí nghiệm được quy định như sau:
  - Thí nghiệm theo phương pháp khoan lấy mẫu: từ 2% đến 5% số cọc đã thi công.
  - Thí nghiệm theo phương pháp nén tĩnh cọc đơn:

**Bảng 4.4 - Số lượng cọc thí nghiệm nén tĩnh cọc đơn**

Số cọc thi công đại trà	$\leq 100$ cọc	$\leq 500$ cọc	$\leq 1000$ cọc	$\leq 2000$ cọc
Số cọc thí nghiệm nén tĩnh cọc đơn	2	5	10	15

- Thí nghiệm theo phương pháp nén tĩnh cụm cọc:

**Bảng 4.5 - Số lượng cọc thí nghiệm nén tĩnh cụm cọc**

Số cọc thi công đại trà	100 cọc đến 500 cọc	$\leq 1000$ cọc	$\leq 2000$ cọc
Số cọc thí nghiệm nén tĩnh cụm cọc	2	3	5

#### **3.4.4. Nghiệm thu**

- \* Trước khi nghiệm thu, đơn vị thi công và tư vấn giám sát cần chuẩn bị:
  - Hồ sơ thiết kế đã được phê duyệt và các văn bản liên quan;
  - Quy mô thí nghiệm và quan trắc đã được quy định trong thiết kế;
  - Quy trình kiểm định, kiểm soát và nghiệm thu được xác lập trước khi triển khai thi công;
  - Hồ sơ mô tả chi tiết địa chất nền trong giai đoạn thiết kế và bổ sung (nếu có).
- \* Báo cáo kết quả kiểm tra:

- Kết quả kiểm tra thi công và thí nghiệm cọc thử: trong đó phải có đánh giá về mức độ đạt yêu cầu theo thiết kế, kết luận về việc cho phép thi công đại trà. Quy mô và phương pháp tiến hành thí nghiệm cọc thử do thiết kế quy định;

- Kết quả kiểm tra mẫu khoan. Kiểm tra chất lượng phân bố theo tiến độ thi công. Số lượng kiểm tra được quy định trong thiết kế phải đủ để xác lập trị số trung bình đáng tin cậy các tính chất của cọc trong mỗi tầng đất đại diện theo chiều dài của cọc;

\* Hồ sơ nghiệm thu

- Nhật ký thi công;

- Chứng chỉ vật liệu xây dựng;

- Các biên bản hiện trường;

- Các kết quả thí nghiệm kiểm tra;

- Bản vẽ hoàn công;

- Các văn bản, giấy tờ có liên quan khác.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Các kết luận chung

Hiện nay đã có rất nhiều giải pháp để gia cường nền đất yếu, việc phải lựa chọn giải pháp gia cường hiệu quả và kinh tế nhất đòi hỏi phải có sự tính toán, so sánh để lựa chọn giải pháp kỹ thuật một cách hợp lý nhất. Với công trình cao tầng có nội lực chân cột lớn, giải pháp thường được chọn là cọc bê tông cốt thép đúc sẵn hoặc cọc khoan nhồi, tuy các phương pháp trên có độ tin cậy cao nhưng giá thành cũng rất cao do vật liệu làm cọc, công nghệ, thiết bị thi công.

Cọc hỗn hợp xi măng - đất thi công bằng công nghệ Jet- Grouting có nhiều ưu điểm khi áp dụng trong xử lý nền móng công trình, đặc biệt cho nền đất yếu không đồng nhất và đã được thực tế chứng minh. Các ưu điểm nổi bật là giá thành thấp so với các phương pháp gia cố khác (cọc thép, cọc bê tông cốt thép, cọc khoan nhồi), không gây ô nhiễm môi trường do tận dụng đất tại chỗ làm vật liệu làm cọc, ít gây chấn động cho công trình liền kề, công nghệ thi công đơn giản, thiết bị thi công không quá đắt.

Cọc xi măng đất thi công theo công nghệ Jet – grouting ra đời và phát triển đã đáp ứng được những khó khăn về thi công các công trình xây dựng trên nền đất yếu, ngoài ra nó còn đáp ứng được các yêu cầu về xử lý nền, chống thấm cho các công trình đã xây dựng đạt hiệu quả cao. Công nghệ này áp dụng rất rộng rãi, thích hợp mọi loại đất, từ bùn sét đến đất dẻo mềm.

Để tạo ra cọc xi măng đất có chất lượng tốt nhất, thi công với quy trình hợp lý nhất thì phải quan tâm từ khâu thiết kế đến quá trình xây dựng, nghiệm thu kiểm tra chất lượng và phải áp dụng giải pháp hợp lý trong quản lý tổ chức thi công một cách nghiêm túc.

Giải pháp hợp lý dựa vào điều kiện thi công cụ thể của từng công trình. Bên cạnh đó chủ đầu tư, các đơn vị tư vấn, nhà thầu thi công và các bên liên quan phải cùng nhau phối hợp chặt chẽ, có trách nhiệm với phần việc của mình.

Trong quản lý kỹ thuật, cần nắm được những yêu cầu phải thực hiện và cách thức thực hiện chúng. Cũng như soạn thảo các văn bản cần thiết để phục vụ quá trình thi công, nghiệm thu. Trong quản lý chất lượng cần phải giám sát, thực hiện quá trình thi

công đúng như thiết kế và có các biện pháp xử lý kịp thời khi gặp sự cố. Quản lý công tác kiểm tra và nghiệm thu cũng như quản lý hồ sơ được thực hiện một cách nghiêm túc đúng theo các tiêu chuẩn, quy định hiện hành.

## **2. Các kết quả đạt được của Luận văn**

Luận văn “**Ứng dụng cọc đất xi măng theo công nghệ tạo cọc bằng thiết bị trộn kiểu tia phun xi măng (Jet Grouting) cho địa bàn thành phố Hải Phòng**” đã hoàn thành với những nội dung sau:

- Đã hệ thống được phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc đất xi măng, công nghệ thi công cọc đất xi măng thi công theo công nghệ Jet - Grouting hiện nay trên thế giới, ở trong Nước và khả năng ứng dụng của cọc đất xi măng thi công theo công nghệ Jet - Grouting vào xử lý nền đất yếu trong xây dựng công trình tại Hải Phòng;
- Tổng hợp cơ sở lý thuyết và nguyên lý tính toán cọc đất xi măng thi công theo công nghệ Jet - Grouting gia cố cho công trình dân dụng và công nghiệp. Đã trình bày ví dụ cụ thể áp dụng cho một công trình ở vùng địa chất cụ thể;
- Đề xuất quy trình thiết kế, quy trình thi công, quy trình kiểm soát chất lượng, các biện pháp xử lý sự cố cụ thể trong ứng dụng cọc đất xi măng thi công theo công nghệ Jet – Grouting cho các công trình dân dụng và công nghiệp xây dựng trên nền đất yếu tại Hải Phòng.

## **3. Những mặt hạn chế**

Do thời gian có hạn nên trong luận văn chưa có những thí nghiệm để đánh giá đầy đủ hơn về mối quan hệ giữa yếu tố kỹ thuật và hiệu quả kinh tế; khả năng chịu lực của cọc XMD gia cố ở các vùng địa chất khác nhau.

Luận văn chưa xét đến các nhóm địa chất khác nhau hay các yếu tố về vùng miền để có thể đưa ra giải pháp thiết kế, quản lý hợp lý hơn. Cũng như chưa xét đến các yếu tố khách quan, chủ quan ảnh hưởng đến quá trình thi công để đưa ra các biện pháp xử lý sự cố.

## **4. Các kiến nghị**

Cần nghiên cứu sâu hơn nữa các giải pháp quản lý chất lượng, quản lý kỹ thuật để xây dựng một quy trình quản lý hoàn thiện;

Cần có những nghiên cứu sâu hơn các biện pháp cải tiến máy móc, giảm nhỏ kích thước thiết bị để có thể thi công được trong các công trình ngầm, có không gian hạn chế và trong vùng đô thị đông dân;

Phát triển phương pháp luận trong thiết kế cấp phối và tỷ lệ phụ gia phù hợp để đạt được hiệu quả kinh tế cao;

Cần có nghiên cứu các chỉ tiêu cơ - lý - hoá của hỗn hợp xi măng - đất cho từng loại đất ở Hải Phòng;

Cần làm rõ hiệu quả làm việc của hệ cọc xi măng đất gia cố nền đất yếu cho công trình dân dụng ở từng khu vực của Hải Phòng;

Cần nghiên cứu sâu hơn về cơ chế làm việc, phá hoại của cọc xi măng đất dưới tác dụng của tải trọng và những ảnh hưởng của môi trường, khí hậu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bergado D.T, Chai J.C, Alfaro M.C, *Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng*. Nhà xuất bản Giáo dục, năm (1996).
2. Nguyễn Quốc Dũng, Phùng Vĩnh An, Nguyễn Quốc Huy, *Công nghệ khoan phụt cao áp trong xử lý nền đất yếu*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, năm (2005).
3. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam chủ trì (2010), Báo cáo tổng kết Dự án sản xuất thử nghiệm độc lập cấp Nhà nước “*Hoàn thiện công nghệ khoan phụt vừa áp lực cao (Jet-grouting) nhằm tăng khả năng chống thấm cho công trình thủy lợi*”
4. Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG TP.HCM chủ trì (2012), Báo cáo chuyên đề Chương trình KHCN trọng điểm cấp Nhà nước “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ phụt vừa cao áp (Jet Grouting) ở Việt Nam và phát triển thiết bị thi công Jet Grouting*”
5. Tiêu chuẩn TCVN 9403:2012 – *Gia cố đất nền yếu – Phương pháp trụ đất xi măng* được chuyển đổi từ TCXDVN 385:2006 do Viện Khoa học công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố
6. Tiêu chuẩn châu Âu EN 12716:2001
7. Tiêu chuẩn TCVN 9906: 2014 – Công trình Thủy lợi – *Cọc xi măng đất thi công theo phương pháp Jet – Grouting – Yêu cầu thiết kế thi công và nghiệm thu cho xử lý nền đất yếu* do Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam biên soạn, Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ khoa học và công nghệ công bố;
8. Nguyễn Quốc Dũng (2014), *Hướng dẫn thiết kế thi công cọc xi măng đất theo công nghệ Jet Grouting*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật;
9. Nguyễn Văn Quảng (2009), *Nền và móng nhà cao tầng*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
10. Choi, R.F.Y. (2005), *Review of the Jet Grouting method*, Bachelor thesis at University of Southern Queensland, 149 pp.
11. Essler, R. và Yoshida, H. (2004), *Jet Grouting, Ground improvement*, Edited by Moseley, M.P. and Kirsch, K., Spon Press, pp. 160-196.
12. Xanthakos, P.P., Abramson, L.W., and Bruce, D.A. (1994), *Jet Grouting, Ground Control and Improvement*, John Willey & Sons, pp. 580-683.
13. Trần Nguyễn Hoàng Hùng (2011), *Đánh giá tiềm năng ứng dụng công nghệ phụt vừa cao áp (Jet Grouting) trong điều kiện Việt Nam*, Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 9/2011, trang 28-31.
14. Kazemian, S., Huat, B.B.K. (2009), *Assessment and coMParison of grouting*

*and injection methods in geotechnical engineering*, European Journal of Scientific Research, Vol.27 No.2 (2009), pp.234-247.

15. Hayward Baker Inc., “*Jet Grouting*”,  
<http://www.haywardbaker.com/WhatWeDo/Tecnhiques/JetGrouting/default.asp> x;

16. Luận án Tiến sĩ của tác giả Phùng Vĩnh An *Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của cọc XMĐ thi công theo phương pháp JG để xử lý đất yếu*;

17. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 11/2012 (trang 17 đến trang 20)

18. Trịnh Ngọc Anh (2015), *Nghiên cứu ứng dụng cọc đất xi măng gia cố nền cho bể chứa xăng dầu xây dựng trên nền đất yếu*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật.