

## GIẢI PHÁP XỬ LÝ ĐẤT YẾU BẰNG ĐẤT TRỘN XI MĂNG

Đậu Văn Ngọ

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 29 tháng 05 năm 2008, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 10 tháng 11 năm 2008)

**TÓM TẮT:** Bài viết trình bày sơ lược về giải pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc xi măng đất, phương pháp tính toán và thiết kế cấp phối đất trộn xi măng. Đồng thời bài báo cũng chỉ ra được mối quan hệ giữa cường độ chịu nén 28 ngày của mẫu được chế tạo trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường đại lộ Đông Tây Thành phố Hồ Chí Minh.

**Từ khóa:** Đất yếu, đất trộn xi măng, trộn ướt dưới sâu, trộn khô dưới sâ, cọc xi măng - đất

## 1. GIỚI THIỆU

Một số công trình cầu đường trong quá trình khai thác đã và đang tồn tại hiện tượng khá phổ biến là lún lệch hai bên đầu cầu, hai bên cống hộp, ... Sự lún lệch này là trở ngại lớn trong lưu thông, gây nên hiện tượng này, xóc đột ngột rất dễ xảy ra tai nạn. Mức độ nguy hiểm tùy thuộc vào độ lún lệch tại mỗi công trình. Đồng thời phát sinh hàng loạt các vấn đề khác như làm giảm năng lực khai thác của công trình do phải giảm tốc độ khi đi qua những vị trí lún lệch, làm tăng mức độ hao phí (xăng dầu, hao mòn máy móc, ...) của các phương tiện giao thông. Những biện pháp đối phó thông thường để giảm thiểu sự lún lệch chỉ mang tính chất là một loại giải pháp tình thế (như bù lún bằng bê tông nhựa), đòi hỏi chi phí cao làm tăng tổng vốn đầu tư xây dựng và mất thời gian lâu dài. Mặt khác vấn đề mỹ quan của công trình cũng không thể nào đảm bảo yêu cầu. Trong xây dựng tầng hầm các công trình nhà cao tầng, nhất là các tầng hầm có chiều sâu lớn việc chống ổn định thấm bằng các phương pháp cọc bari hoặc tường cừ lá sen thường không đạt hiệu quả, nhiều công trình dẫn đến sự cố do xói ngầm (điển hình như công trình tòa nhà cao tầng Pacific 45-47 Nguyễn Thị Minh Khai thành phố Hồ Chí Minh) và một số công trình khác.

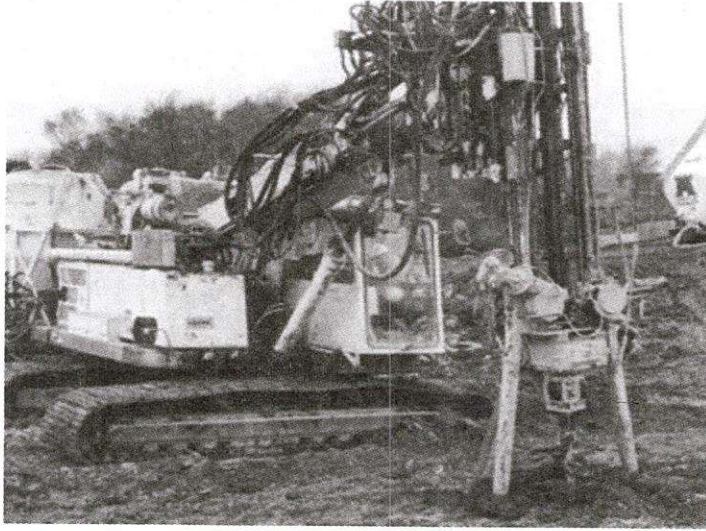
Để giải quyết những vấn đề trên, hiện nay trên thế giới và ở nước ta đã ứng dụng công nghệ đất trộn xi măng bằng phương pháp trộn sâu. Phương pháp này có nhiều ưu điểm:

- Phạm vi áp dụng rộng, thích hợp mọi loại đất từ bùn sét đến sỏi cuội.
- Có thể xử lý lớp đất yếu một cách cục bộ, không ảnh hưởng đến lớp đất tốt.
- 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.
- Rất sạch sẽ và giảm thiểu vấn đề ô nhiễm môi trường.
- Thiết bị nhỏ gọn, có thể thi công trong không gian có chiều cao hạn chế.
- Và đặc biệt là thi công nhanh, thời gian đạt đạt yêu cầu kỹ thuật xử lý ngắn, đẩy nhanh được tiến độ cải tạo đất nền.



Hình 1. Phương pháp trộn ướt dưới sâu





Hình 2. Phương pháp trộn khô dưới sâu

Phương pháp trộn dưới sâu là một kỹ thuật cải tạo đất để gia tăng cường độ, kiểm soát biến dạng, và giảm thấm nhờ đất được trộn với xi măng và các vật liệu khác. Những vật liệu này có liên quan đến chất kết dính và dưới dạng lỏng hoặc khô. Điều đó được thực hiện bằng các cọc đất-xi măng. Các cọc đất-xi măng được thực hiện bởi các mũi khoan; các mũi khoan được gắn với cần khoan. Các cần khoan được đưa vào trong đất, vữa hoặc xi măng khô được bơm qua các lỗ ở mũi khoan và được phụt vào đất nhờ hệ thống áp lực lớn (có khi tới hàng trăm atmôtfê). Nhóm các mũi khoan và lưỡi trộn trên cần pha trộn đất với vữa/xi măng khô giống hình thức máy trộn đất sét. Phương pháp này nhờ một loạt các phản ứng hóa học – vật lý xảy ra giữa chất đóng rắn với đất, làm cho đất sét yếu đóng rắn lại thành một thể cộc có tính chỉnh thể, tính ổn định và có cường độ nhất định. Phương pháp mà bột xi măng khô được sử dụng như là tác nhân chính làm ổn định được gọi là phương pháp trộn khô dưới sâu; Còn tác nhân làm ổn định là hình thức vữa được gọi là phương pháp trộn ướt dưới sâu. Đường kính cọc xi măng – đất thường từ 0.6 – 1.5m và có thể đạt đến 40m chiều sâu.

Các ứng dụng của đất trộn xi măng:

- Cải tạo nền đất yếu dưới nền đường vào cầu: việc thi công công trình trên nền đất sét mềm hoặc hữu cơ có những khó khăn và phức tạp rất lớn. Nhất là sự cố do biến dạng thẳng đứng và biến dạng ngang lớn. Bằng cách sử dụng cọc xi măng - đất thì các đặc trưng độ bền và biến dạng của đất có thể được cải thiện một cách rất đáng kể và nhanh chóng.

- Làm chặt lại nền đất yếu phục vụ các công trình giao thông, các bãi container, các nền công trình thủy lợi...

- Gia cố mái taluys công trình: khi mái dốc công trình có độ ổn định kém, đất chịu ứng suất cắt lớn, hệ số an toàn về phá hoại có thể được cải thiện bằng cách gia cố các lớp đất có sự chịu tải phù hợp thông qua các cọc xi măng - đất.

- Làm móng vững chắc cho công trình nhà cao tầng, công trình công nghiệp, làm tường chắn đất, làm bờ kè.

- Gia cố thành hố đào, đặc biệt là những hố đào sâu, yêu cầu chống thấm cao.

## 2. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CỌC XI MĂNG - ĐẤT

### 2.1 Phương pháp tính toán theo quan điểm cọc xi măng – đất làm việc như cọc [4]

#### 2.1.1 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.

#### 2.1.2 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.

#### 2.1.3 Phương pháp tính toán theo quan điểm như nền tương đương [4]

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

$$a_s = \frac{A_p}{A_s}$$

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

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

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

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.

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

### 2.2.1 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 [3]:

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

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 ngăn ngừa do cọc bị phá hoại ở độ sâu  $z$ , theo Bergado:

$$Q_{ult,col} = A_{col} (3.5C_{u,col} + K_{bch})$$

Trong đó:

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

### 2.2.2 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:

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

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.

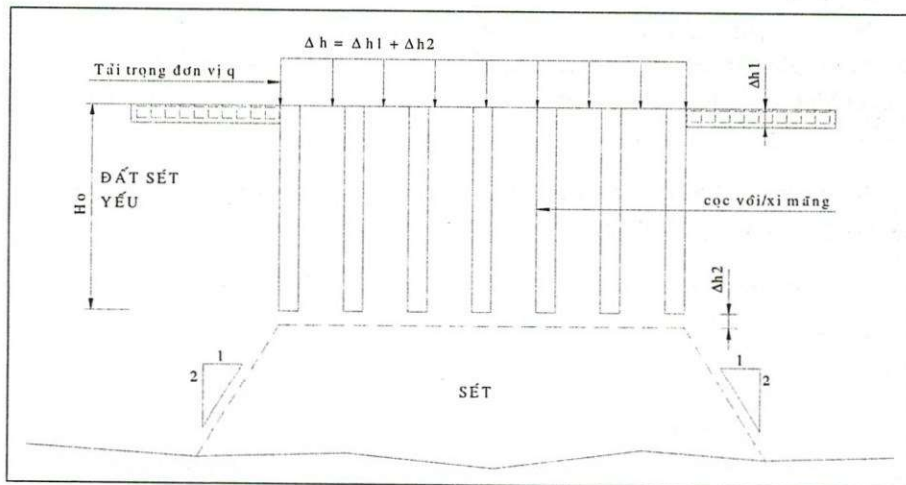
Trong tính toán thiết kế, kiến nghị hệ số an toàn là 2.50 (theo D.T.Bergado, [3]).

Độ lún tổng cộng của gồm 2 thành phần là độ lún cục bộ của khối đờng gia cố ( $\Delta h_1$ ) và độ lún của đất không ổn định nằm dưới khối đờng 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 rão.

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

♦ Trường hợp A:



Hình 3. Mô hình tính lún trường hợp A

Độ lún cục bộ phần cọc vôi – xi măng  $\Delta h_1$  được xác định theo giả thiết độ tăng ứng suất  $q$  không đổi suốt chiều cao khối và tải trọng trong khối không giảm:

$$\Delta h_1 = \sum \frac{\Delta h.q}{aE_{col} + (1-a)E_{soil}}$$

Độ lún của lớp đất yếu bên dưới đáy khối đờng gia cố được tính toán theo phương pháp cộng lớp phân tổ với công thức sau: (trường hợp tổng quát)

$$\Delta h_2 = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left( C_r^i . \lg \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} + C_c^i . \lg \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma'_v}{\sigma'_p} \right)$$

Trong đó:

$h_i$  - bề dày lớp đất tính lún thứ  $i$ .

$e_{oi}$  - hệ số rỗng của lớp đất  $i$  ở trạng thái tự nhiên ban đầu.

$C_{ri}$  - chỉ số nén lún hồi phục ứng với quá trình dỡ tải.

$C_{cr}$  - chỉ số nén lún hay độ dốc của đoạn đường cong nén lún.

$\sigma'_{vo}$  - ứng suất nén thẳng đứng do trọng lượng bản thân các lớp đất tự nhiên nằm trên lớp  $i$ .

$\Delta\sigma'_v$  - gia tăng ứng suất thẳng đứng.

$\sigma_p$  - ứng suất tiền cố kết.

Tỷ số giảm lún  $\beta$  là tỷ số giữa độ lún tổng cộng ở dưới đáy khối đã được gia cố với độ lún khi không có cọc vôi - xi măng và được tính theo quan hệ sau:

$$\beta = \frac{E_{soil}}{aE_{col} + (1-a)E_{soil}}$$

♦ Trường hợp B

Trong trường hợp này, tải trọng tác dụng quá lớn nên tải trọng dọc trục tương ứng với giới hạn rã. Tải trọng tác dụng được chia ra làm 2 phần, phần  $q_1$  truyền cho cọc và  $q_2$  truyền cho đất xung quanh. Phần  $q_1$  được quyết định bởi tải trọng rã của cọc và tính theo biểu thức: [3]

$$q_1 = \frac{n.A_{col}.\sigma_{creep}}{B.L}$$

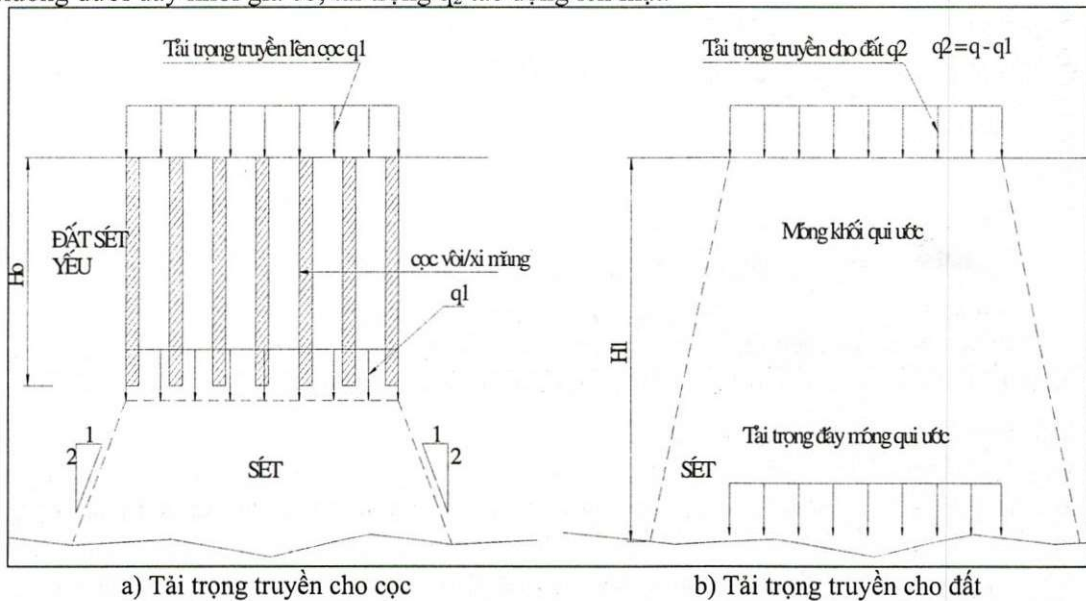
Giá trị  $q_1$  có thể được xác định gần đúng như sau:

$$q_1 = \frac{A_{col}.\sigma_{creep}}{c^2} \quad \text{với } c \text{ là khoảng cách cọc}$$

Độ lún cục bộ phần cọc tính theo biểu thức:

$$\Delta h_1 = \sum \frac{\Delta h.q_1}{a.M_{col}}$$

Độ lún  $\Delta h_2$  dưới đáy khối gia cố được tính cho cả  $q_1$  và  $q_2$ , với giả thiết tải trọng  $q_1$  truyền xuống dưới đáy khối gia cố, tải trọng  $q_2$  tác động lên mặt.



Hình 4. Mô hình tính lún cho trường hợp B



### 3. THIẾT KẾ CẤP PHỐI

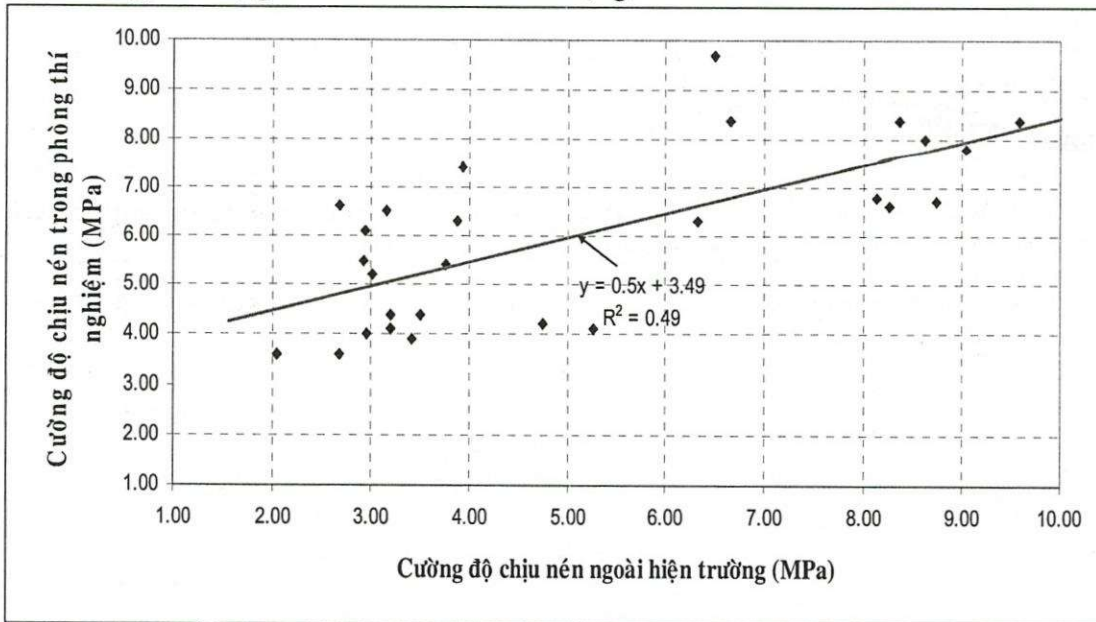
Việc thiết kế hỗn hợp xi măng đất yêu cầu phải có được những thông tin về tính chất của đất và các điều kiện khác của vùng đất dự án. Các yêu cầu kỹ thuật của cọc xi măng đất chi phối trong thiết kế cấp phối. Người kỹ sư thường chú ý đến các yêu cầu về cường độ, modul đàn hồi, khả năng thấm và các yêu cầu cần thiết để xác định được tính liên tục và đồng nhất trong suốt chiều sâu cọc. Việc thiết kế cấp phối thường được xác định bởi nhà thầu chuyên về kỹ thuật trộn sâu. Cấp phối cuối cùng được khẳng định tại đất hiện trường, loại thiết bị sử dụng, qui trình lắp đặt, yêu cầu chất lượng và tính kinh tế của dự án.

#### 3.1 Cường độ thiết kế

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến cường độ cuối cùng của xi măng đất ở ngoài thực tế, chẳng hạn như công nghệ thi công, môi trường ninh kết, kích thước khối đất xử lý bị ảnh hưởng bởi nhiệt tỏa ra từ quá trình hydrat hóa. Vì vậy, cùng với sự thay đổi các điều kiện trên mặt đất, một vấn đề cần chú ý là chất lượng của xi măng đất trên thực tế sẽ khác với chất lượng các mẫu chế tạo trong phòng với môi trường hoàn toàn khống chế được.

Từ rất nhiều thí nghiệm ở của tác giả cho thấy rằng, cường độ của xi măng đất ngoài thực tế chỉ bằng khoảng 1/2 cho đến 1/3 cường độ mẫu trong phòng như trên hình 5.

Những sai khác như vậy có thể là do ảnh hưởng bởi sự phân tán của mẫu được lấy từ nhiều dự án đã làm ở Việt Nam. Rõ ràng là cường độ thiết kế thực tế phải dựa trên những kinh nghiệm xét đến ảnh hưởng của loại đất vùng dự án, loại chất kết dính, các thử nghiệm trước khi thi công, mức độ giám sát và bảo đảm chất lượng.

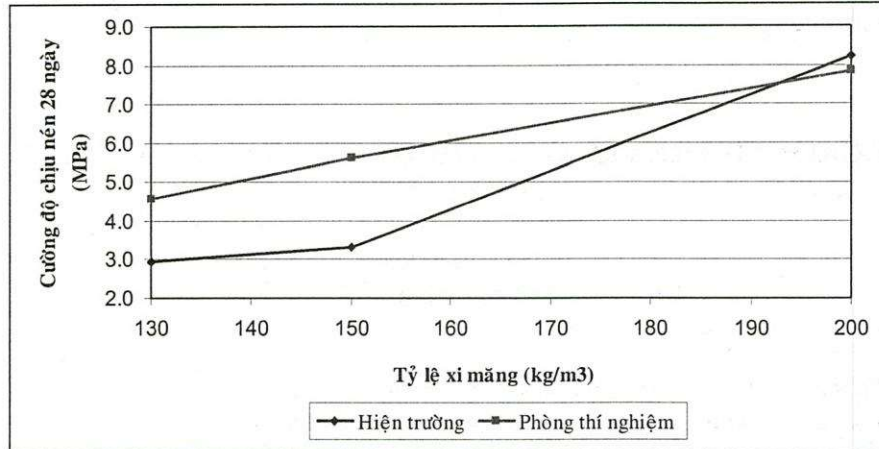


Hình 5. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường

#### 3.2 Thiết kế hỗn hợp xi măng đất

Đầu tiên đất được lấy ở những độ sâu khác nhau mang về phòng thí nghiệm, với mục đích gia cố là tăng cường độ thì thiết kế cấp phối với các hàm lượng xi măng khác nhau và xác định cường độ xi măng đất ở tuổi 7 ngày, 28 ngày. Nhằm phối hợp ảnh hưởng của hiện trường, tùy thuộc vào qui mô và mức độ quan trọng của dự án, các thí nghiệm hiện trường trước khi khởi công thường tiến hành chọn ít nhất là 2 vị trí trên công trình. Với dự án nhỏ thì có thể sử dụng

các tài liệu đã có để thiết kế. Tỷ lệ cuối cùng của hỗn hợp xi măng đất được thiết kế dựa trên yêu cầu về cường độ (trên nguyên tắc bảo đảm cường độ nằm trong phạm vi cho phép), các kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường, ảnh hưởng của môi trường và thiết bị thi công. Theo kinh nghiệm, hàm lượng xi măng trong khoảng 50 ~ 300 kg/m<sup>3</sup> đất. Theo thống kê hàm lượng xi măng thay đổi theo từng loại đất.



Hình 6. Mối quan hệ giữa hàm lượng xi măng với cường độ chịu nén 28 ngày tại đại lộ Đông Tây Tp. HCM.

#### 4. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Trong những năm gần đây công nghệ cải tạo đất nền bằng cọc xi-măng đất đã được ứng dụng khá nhiều ở nước ta. Như đại lộ Đông Tây Thành phố Hồ Chí Minh, dự án cải tạo môi trường thành phố Hồ Chí Minh, tầng hầm công trình cao tầng Tamsquaer Đồng Khởi Tp Hồ Chí Minh nhà máy điện Ô môn Cần Thơ và một số công trình cảng ở Bà Rịa - Vũng Tàu, v.v. Nhưng các nhà thầu phần lớn là của Nhật, Trung Quốc, Đài loan. Vì chúng ta chưa có kinh nghiệm, các qui trình về thiết kế thi công của nước ta cũng đang ở giai đoạn soạn thảo sơ lược, chưa cụ thể và đầy đủ. Vì vậy bài viết này hy vọng giới thiệu cho người đọc tiếp cận với công nghệ cải tạo nền đất-xi măng rất nhanh chóng và đạt hiệu quả cao. Tuy rằng công nghệ này mới ở giai đoạn bước đầu sử dụng tại một số công trình ở nước ta. Sau đây là một số nhận xét và kiến nghị của tác giả:

\* Trong hai phương pháp trộn khô và trộn ướt; phương pháp trộn ướt có nhược điểm là thiết bị đắt tiền hơn nhưng khi áp dụng vào thực tiễn thì đạt hiệu quả cao hơn nhiều so với phương pháp trộn khô.

\* Qua các phương pháp tính toán vừa trình bày trên, tác giả nhận thấy rằng 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. Trong trường hợp trụ đất xi-măng không đưa được vào tầng đất chịu lực thì dùng phương pháp tính như đối với trụ ma sát; Chính vì vậy mà quan điểm này có nhiều hạn chế khi đưa vào tính toán cho địa tầng đất yếu ở khu vực thành phố Hồ Chí Minh. 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. Phương pháp tính toán theo quan điểm hỗn hợp của viện kỹ thuật châu Á (AIT) có nhiều ưu điểm hơn và phù hợp với thực tế hơn.



\* Tỷ lệ xi măng có ảnh hưởng tuyến tính đến cường độ chịu nén nở hông của xi măng-đất. Điều này cho thấy rằng chúng ta có thể dùng dự đoán được lượng xi măng cần dùng trong sản phẩm xi măng đất ngoài thực tế.

\* Mỗi quan hệ giữa cường độ chịu nén trong phòng thí nghiệm-hiện trường có thể biểu thị dưới dạng hàm quan hệ như sau:  $q_{pm} = (3-5)q_{hr}$ . Tỷ lệ này biến đổi phụ thuộc vào loại đất và môi trường sử dụng.

## SOFT GROUND TREATING METHODS BY USING SOIL – CEMENT COLUMN

Đau Van Ngo

University of Technology, VNU-HCM

*ABSTRACT: This paper gives an overview of soft ground treating methods which are used soil-cement columns, calculated methods and geomaterial designs. It also shows the relationship between Laboratory and in-situ compressive strength at 28-day age of Sai Gon East West high way project.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Quý An, Nguyễn Công Mẫn, Nguyễn Văn Quỳ, *Cơ học đất*, Nhà xuất bản Giáo dục, năm (1995).
- [2]. Châu Ngọc Ân, *Cơ học đất*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Tp.HCM, năm (2004).
- [3]. 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).
- [4]. 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).
- [5]. Trung Tâm Nghiên Cứu Công Nghệ và Thiết Bị Công Nghiệp trường Đại học Bách Khoa-Đại học Quốc Gia Tp.Hồ Chí Minh - *Kết quả thí nghiệm cấp phối cọc đất- xi măng đại lộ Đông Tây Tp. Hồ Chí Minh*.