

Sử dụng lý thuyết qui hoạch thực nghiệm để điều khiển bộ công tác máy thi công cọc xi măng - đất

Using the design of experimental planning to control mixing tools in making soil - cement columns

Lê Thanh Đức^{*}, Nguyễn Hồng Ngân

Trường Đại học Bách khoa TP HCM

*Email: lethanhduc2009@gmail.com

Mobile: 0914105795

Tóm tắt

Từ khóa:

Cọc; Điều khiển; Thực nghiệm;
Xi măng - đất.

Việc điều khiển bộ công tác máy thi công cọc xi măng đất rất phức tạp, trong đó có hai yếu tố chính là máy và người điều khiển. Khi làm việc, lực cản trên bộ công tác của máy thay đổi liên tục. Tuy nhiên, sự thay đổi này chưa được chú ý đúng mức. Do vậy đã dẫn đến những bất hợp lý về năng suất, công suất, chất lượng và độ bền của máy. Để khắc phục vấn đề này cần chi phí thử nghiệm rất lớn. Sử dụng lý thuyết qui hoạch thực nghiệm kết hợp với việc tạo ra một chương trình toán học điều khiển, có thể thực hiện được việc sử dụng hợp lý hơn các thông số kỹ thuật của máy, nhờ đó tăng cao hiệu quả sử dụng

Abstract

Keywords:

Column; Control; Experiment;
Soil - cement.

Controlling mixing tools in cement deep mixing is a complex problem with two major elements being machinery and human. When the machines are in operation, the appearing drags constantly change. However, when making soil – cement columns, this phenomenon is ignored. Therefore, the problem leads to irrationality in machines' productivity, quality, power and durability. Solving this matter requires a very large expenditure. By using the theory of experimental planning combined with a mathematical control program, it is possible to achieve more appropriate usage of the machines, thus improving the usage effectiveness.

Ngày nhận bài: 27/6/2018

Ngày nhận bài sửa: 08/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi xây dựng công trình trên vùng đất yếu, cần phải gia cố, xử lý nền. Việt Nam có nhiều vùng đất yếu ven sông, biển. Những vùng này lại thường là các vùng dân cư tập trung, có nhiều công trình xây dựng quan trọng.

Có nhiều biện pháp xử lý nền yếu đã được áp dụng, trong đó dùng cọc xi măng đất là một biện pháp có hiệu quả kinh tế cao, có thể gia cố nền đất yếu ven sông, biển, chống trượt mái dốc, làm tường chắn chống sạt lở, xử lý cải tạo đất hữu cơ chống lan tỏa ô nhiễm môi trường....

Gia cố nền yếu bằng cọc xi măng đất đã được sử dụng ở nhiều nước trên thế giới và một số công trình ở Việt Nam. Công nghệ và thiết bị thi công của phương pháp này cũng dần phát triển.

Tuy nhiên, các nghiên cứu trong và ngoài nước thường tập trung nhiều vào công nghệ tạo cọc và sức bền của cọc mà chưa có nghiên cứu đầy đủ về hệ thống máy và thiết bị thi công.

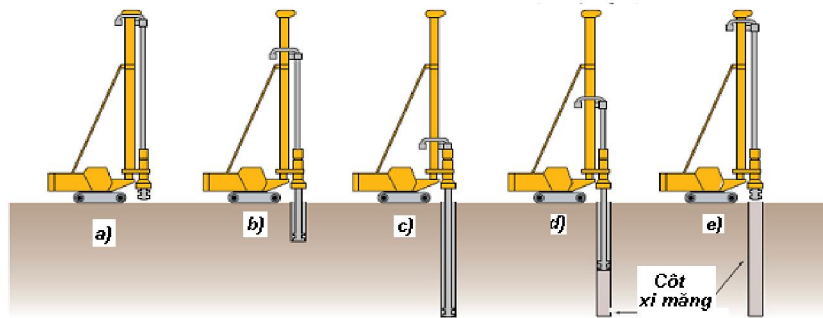
Riêng về máy thi công cọc xi măng đất, việc phối hợp điều khiển và sử dụng hợp lý các thông số kỹ thuật của máy trong quá trình vận hành sẽ làm tăng hiệu quả kinh tế khi gia cố nền bằng cọc xi măng đất.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Đối tượng nghiên cứu

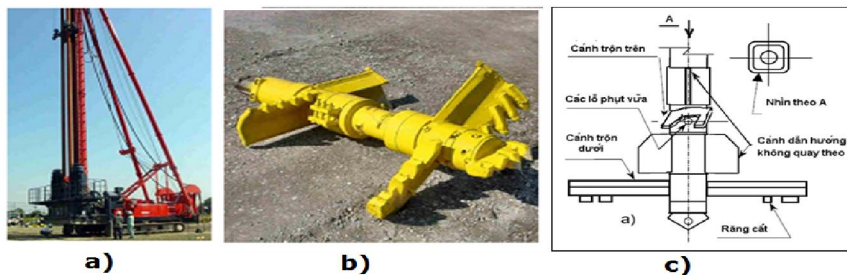
Do công nghệ tạo cọc xi măng đất bao gồm rất nhiều phương pháp. Bộ công tác vì thế cũng rất nhiều chủng loại, ở đây chỉ giới thiệu một loại thường gặp trong phương pháp trộn khô.

2.1.1. Công nghệ thi công tạo cọc xi măng đất theo phương pháp trộn khô



Hình 1. Dây chuyền công nghệ của hệ thống thiết bị trộn sâu khô
a- Định tâm; b,c- Khoan tạo lỗ; d- Rút cần lên - phun xi măng khô; e- Tạo xong cọc - chờ ninh kết

2.1.2. Bộ công tác máy thi công cọc xi măng đất theo phương pháp trộn khô



Hình 2. Sơ lược về bộ công tác của máy thi công tạo cọc xi măng đất kiểu trộn khô (nguồn: 319-321 [3])
a- Máy tạo cọc; b- Mũi trộn (bộ công tác)khô; c- Kết cấu mũi trộn khô

2.1.3. Năng suất của máy tạo cọc

Kỳ vọng chung là năng suất càng cao thì càng tốt. Tất nhiên chi phí phải hợp lý và điều kiện khách quan phải cho phép (ví dụ như: độ sâu thi công không quá lớn, đường kính cọc nằm dưới giới hạn tối đa có thể đạt được, chi phí vận hành máy móc hợp lý). Nếu năng suất cao sẽ dẫn đến chi phí giảm. Các thay đổi trong thực tế của các yếu tố nằm trong khoảng giới hạn, giữa giá trị tối thiểu và giá trị tối đa.

2.1.4. *Chất lượng cọc*

Đã có rất nhiều nghiên cứu và cả trong các tài liệu [1], [2], [3] cho thấy chất lượng cọc phụ thuộc rất nhiều yếu tố: Loại và hàm lượng xi măng, loại nước và tỷ lệ: (nước/xi măng), loại đất nền, hàm lượng các chất hữu cơ trong đất, thành phần hạt của đất, thời gian đông kết...

Tác giả Larsson, S. (trang 70[3]), qua nghiên cứu đã xác định chất lượng cọc còn phụ thuộc rất nhiều vào tham số chất lượng cọc xi măng đất sau:

$$T = \sum M \times \left\{ (N_d / V_d) \times (W_i / W) + (N_u / V_u) \right\} \text{ (lần trộn/mét)}$$

Trong đó :

M: số lượt trộn; N_d : tốc độ quay của dụng cụ trộn khi đi xuống (vòng/phút); V_d : tốc độ hạ của bộ công tác (m/phút); N_u : tốc độ quay khi đi lên, của bộ công tác (vòng/phút); V_u : tốc độ rút của bộ công tác. (m/phút); W_i : lượng chất kết dính đưa ra trong suốt quá trình đi xuống (kg/m^3); W : tổng lượng chất kết dính (kg/m^3); T: số lượt cánh trộn trên một mét dài của cọc khi trộn .

Qua công thức này ta thấy: Nếu xét trong một giới hạn, T càng lớn thì trộn được càng nhiều lần, tạo nên chất lượng cọc càng cao.

2.1.5. *Công suất máy tạo cọc*

Công suất sinh ra cho quá trình tạo cọc là tổng công suất các bộ máy trên máy. Trong đó bộ máy tiêu tốn nhiều nhất là bộ máy vận hành cần khoan - trộn. Trong thiết kế tính toán, người ta thường xuất phát từ lực cản tối đa trên mũi khoan và cần khoan để xác định công suất bộ máy khoan trộn này. Trong khi quá trình vận hành, máy cơ sở được coi là cung cấp năng lượng ở chế độ hoạt động với lực cản tối đa.

2.1.6. *Ứng suất tối đa sinh ra trong bộ công tác*

Lực cản trên mũi trộn là một tham số chính trong khoan trộn tạo cọc. Nó có xu hướng tăng dần theo độ sâu của cần khoan. Khi thiết kế máy lực cản không được vượt quá một trị số lớn nhất, mà ở đó làm cho mũi khoan bị phá hủy. Đó là ứng suất tới hạn của mũi khoan.

Nếu bằng cách nào đó mà duy trì hệ điều khiển, từ lúc bắt đầu đến lúc kết thúc, trên mũi khoan trộn, lực cản (ứng suất) luôn đạt giá trị tới hạn và không đổi, thì sẽ tận dụng được công suất và năng suất của máy tạo cọc.

2.2. *Phương pháp nghiên cứu*

Có thể diễn đạt đề xuất nghiên cứu này một cách tóm tắt như sau:

+ Các thông số xuất phát nghiên cứu của máy thi công tạo cọc xi măng đất là:

- A- Năng suất của máy: Khối lượng cọc xi măng đất tạo được trong một giờ (m^3/h).
- N- Công suất của máy phát ra khi thi công (kW/h).
- T- Số lần cánh trộn quay được tính trên một mét chiều dài cọc xi măng đất (lần/m).
- σ - Ứng suất cho phép trên mũi trộn (N/cm^2).

+ Các thông số này là giả định, nhưng được tính hoặc lấy từ Catalog của máy có trên công trường.

+ Dùng mô hình bài toán qui hoạch thực nghiệm ngược, tính từ trị số tới hạn của ứng suất cho phép của mũi trộn (lấy từ vật liệu làm mũi khoan trộn), tính ngược lại để biết mối tương quan giữa 4 thông số trên.

2.3. Bảng thông số (các nhân tố theo lý thuyết qui hoạch thực nghiệm)

Bảng 1. Giá trị các nhân tố được khảo sát

Thông số	Mức thấp	Mức cơ sở	Mức cao
Công suất (kW)	40	45	50
Năng suất (m ³ /ph)	6,5	6,75	7
Chất lượng (lần/m)	20	40	60

3. KẾT QUẢ

3.1 Mối quan hệ giữa công suất - năng suất (theo tiêu chí cường độ ứng suất tối đa cho phép trong bộ công tác không đổi)

Bảng 2. Thông số thực nghiệm quan hệ công suất và năng suất

STT	Công suất (kW)	Năng suất(m ³ /phút)	Ứng suất (N/cm ²)
1	40	6,5	61856
2	50	6,5	59283
3	40	7	61822
4	50	7	60323
5	40	6,75	60442
6	50	6,75	59001
7	45	6,5	59181
8	45	7	58927

Bảng 3. Ma trận qui hoạch X

X0	X2	X2	X1X2	X1X1	X2X2
1	40	6,5	260	1600	42,25
1	50	6,5	325	2500	42,25
1	40	7	280	1600	49
1	50	7	350	2500	49
1	40	6,75	270	1600	45,5625
1	50	6,75	337,5	2500	45,5625
1	45	6,5	292,5	2025	42,25
1	45	7	315	2025	49

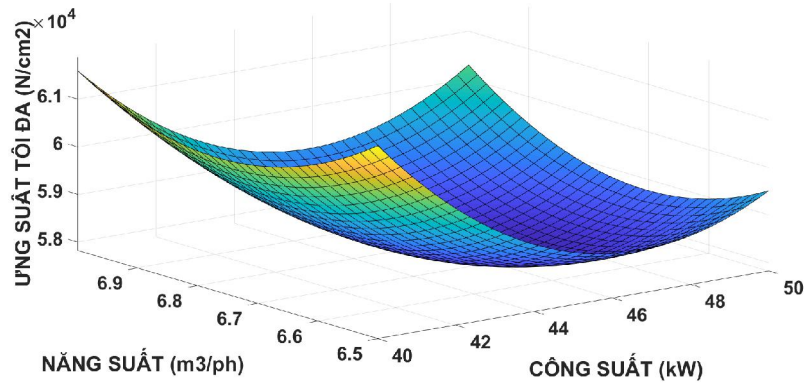
Phương trình hồi qui:

Từ bảng số liệu trên ta có :

$$Y = 1072747,999 - 7994,866663.X1 - 246656,6663.X2 + 214,7999999.X1.X2 + 70,67999997.X1^2 + 17591,99998.X2^2), X1 = 40...50, X2 = 6,5...7$$

Khi Y là thông số tới hạn độ bền của thép làm bộ công tác, chúng ta coi tất cả các thông số thực nghiệm khác đều nên điều chỉnh sao Y không thay đổi. (tức ứng suất sinh ra trong bộ công tác luôn đạt tới giới hạn tối đa cho phép.

Đồ thị biểu diễn như hình 3. Dựa vào đồ thị này có thể thấy để đảm bảo độ bền Y thay đổi ở mức thấp nhất thì 2 thông số công suất, năng suất nên được điều chỉnh theo mặt cong. Trong đó, hợp lý nhất là giữ công suất máy khoảng 45 kW, và năng suất vào khoảng 7 m³ / phút.



Hình 3. Quan hệ giữa công suất và năng suất (với ứng suất trong bộ công tác không đổi)

3.2. Mối quan hệ giữa công suất - chất lượng (theo tiêu chí cường độ ứng suất tối đa cho phép trong bộ công tác không đổi)

Bảng 4. Thông số thực nghiệm công suất và chất lượng trộn .

STT	Công suất (kW)	Chất lượng(lần /m)	Ứ. Suất (N/ cm ²)
1	40	20	59942
2	50	20	59855
3	40	60	61180
4	50	60	60826
5	40	40	59798
6	50	40	60039
7	45	20	60966
8	45	60	60760

Bảng 5. Ma trận qui hoạch X có dạng

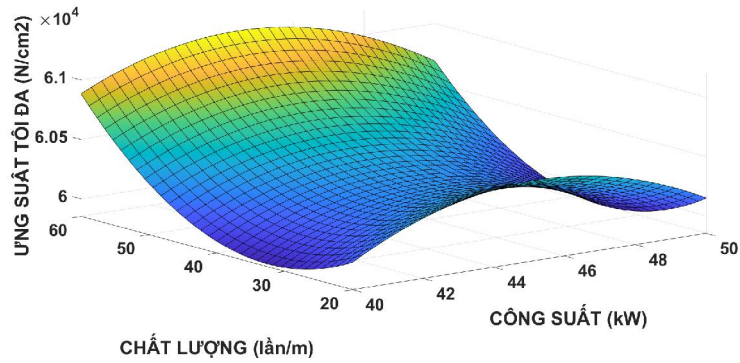
X0	X2	X2	X1X2	X1X1	X2X2
1	40	20	800	1600	400
1	50	20	1000	2500	400
1	40	60	2400	1600	3600
1	50	60	3000	2500	3600
1	40	40	1600	1600	1600
1	50	40	2000	2500	1600
1	45	20	900	2025	400
1	45	60	2700	2025	3600

Phương trình hồi qui:

$$Y = 27498,33333 + 1504,133333.X1 - 59,72083333.X3 - 0,6675.X1.X3 - 16,49.X1^2 + 1,330625.X3^2, X1 = 40...50, X3 = 20...60$$

Đồ thị biểu diễn quan hệ công suất và chất lượng như hình 4.

Để độ bền nằm trong giới hạn, dải điều chỉnh nên như mặt cong đề xuất. Dựa vào đồ thị này có thể đưa ra khuyến cáo là công suất giữ 45 khoảng kW, chất lượng nên giữ ở khoảng 60 vòng phút.



Hình 4. Quan hệ giữa công suất và chất lượng

3.3. Quan hệ giữa năng suất và chất lượng (theo tiêu chí cường độ ứng suất sinh ra trong bộ công tác không đổi)

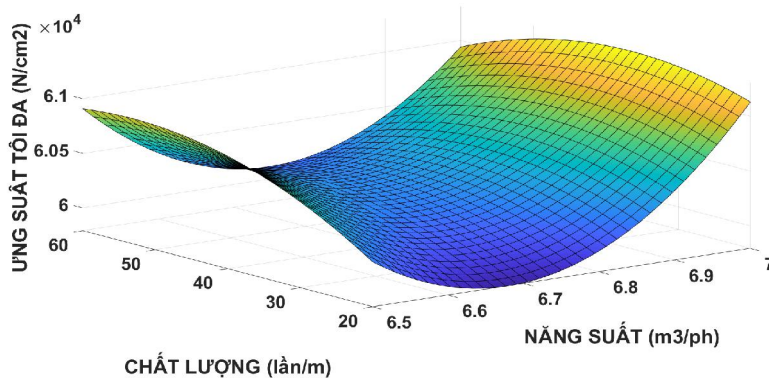
Bảng 6. Thông số thực nghiệm năng suất và chất lượng

STT	Năng suất (m ³ /ph)	Chất lượng(vòng /phút)	Ứng suất (N/cm ²)
1	6,5	20	59157
2	7	20	61260
3	6,5	60	60781
4	7	60	61987
5	6,5	40	61994
6	7	40	60130
7	6,75	20	60778
8	6,75	60	59196

Tiến hành tương tự như trên sẽ có phương trình hồi qui giữa năng suất và chất lượng:

$$Y = 630264,6664 - 172040,6666.X_2 + 362,2958333.X_3 - 44,84999999.X_2.X_3 + 12948.X_2^2 - 0,664375.X_3^2), X_2 = 6,5...7, X_3 = 20...60);$$

Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa năng suất và chất lượng như hình 5.



Hình 5. Quan hệ giữa năng suất và chất lượng

Đề độ bền nằm trong giới hạn hợp lý, dải điều chỉnh nên như mặt cong đề xuất. Dựa vào đồ thị này có thể đưa ra khuyến cáo là chất lượng nên giữ vào khoảng 40 vòng phút, năng suất vào khoảng 6,5 hoặc 7 m³/phút.

4. KẾT LUẬN

1. Việt Nam là một trong những nước có nhiều vùng đất yếu ven sông, biển. Đây cũng là những vùng có mật độ dân cư cao, cần được cải tạo nền móng trước khi xây dựng công trình. Có nhiều biện pháp cải tạo nền móng, từ các biện pháp truyền thống đến các biện pháp hiện đại. Cải tạo nền yếu bằng cọc XMD nhờ trộn tại chỗ chất kết dính với đất yếu là một giải pháp hiện đại và rẻ tiền, đã được nhiều nước trên thế giới áp dụng

2. Các nghiên cứu về việc dùng cọc XMD có rất nhiều, tuy nhiên mới tập trung chủ yếu vào công nghệ thi công, sức chịu tải của cọc nhưng lại hầu như chưa có nghiên cứu đầy đủ về lựa chọn máy và thiết bị cũng như bộ công tác của thiết bị khoan trộn tạo cọc.

3. Việc sử dụng mô hình bài toán ngược của qui hoạch thực nghiệm, nghiên cứu mối tương quan giữa các thông số khai thác của máy: Năng suất, công suất, chất lượng cọc với ứng suất tối hạn trên bộ công tác của máy thi công tạo cọc xi măng đất, có thể giúp cho người người sử dụng và thiết kế máy những tham khảo hữu ích.

4. Bằng cách sử dụng lý thuyết qui hoạch thực nghiệm, với các thông số giả định có thể tiết kiệm chi phí rất lớn mà vẫn đảm bảo hiệu quả. Hàm hồi qui được đưa ra sẽ tạo ra hướng giải quyết trong hệ điều khiển. Nếu đi theo các mặt cong đề xuất sẽ đạt được giá trị mà tại đó tiết kiệm được chi phí và tài nguyên cũng như các yếu tố khác. Ưu điểm của phương pháp này là với chi phí thấp mà vẫn đạt được hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. R. D. V. a. F. W.F. Van Impe, *Underwater embankmentson soft soil: a case histor (tr 97,98)*: University of Ghent, Laboratory of Geotechnics,Zwijnaarde, Belgium. Taylor & Francis Group, London, UK, 2007

[2]. M. Topolnicki, "Ulrich Trunk - Einsatz der Tiefreichenden Bodenstabilisierung im Verkehrswegebau für,Baugrundverbesserung und Gründungen, Keller Holding GmbH, Offenbach," 2006.

[3]. Larsson. S, *Mixing Processes for Ground Improvement by Deep Mixing.*: Institute of Technology Division of Soil and Rock Mechanics,TRITA-JOB PHD 1004, 2003.