

Phân tích ảnh hưởng của thông số vận hành thiết bị NSV đến chất lượng cọc đất xi măng ở Đồng Bằng Sông Cửu Long

- Trương Đắc Châu
- Trần Nguyễn Hoàng Hùng
- Nguyễn Bình Tiến
- Mai Anh Phương

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bản nhận ngày 28 tháng 07 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 25 tháng 09 năm 2015)

TÓM TẮT

Cường độ và tính đồng nhất của cọc đất xi măng bị ảnh hưởng lớn bởi thiết bị thi công và thông số vận hành. Khoan lấy lõi lấy mẫu thí nghiệm nén nở hông tự do từ hai đoạn đê (1) dài 60 m ở An Giang và (2) dài 30 m ở Đồng Tháp được thi công bằng thiết bị NSV để đánh giá chất

lượng cọc hiện trường. Kết quả nghiên cứu cho thấy cọc đất xi măng đạt cường độ và tính đồng nhất cao khi số lần trộn tối thiểu 650 lần/m, thời gian trộn 2,5-3,5 phút/m, tốc độ xoay cần 40-50 lần/m (xuống) và 70-80 lần/m (lên), tốc độ hạ cần $\leq 0,5$ m/phút và nâng cần $\leq 1,2$ m/phút.

Từ Khóa: cọc đất xi măng, công nghệ trộn sâu, NSV, đê bao, cường độ nén nở hông tự do.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Vỡ đê gây ra nhiều thiệt hại về người và vật chất ở vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) [1, 2]. Đê được xây dựng bảo vệ lúa, hoa màu, và dân cư ngăn lũ, chống ngập, và đảm bảo an toàn cho người dân sinh sống và sản xuất. Trong tháng 10/2011, lũ gây ngập 1.088 căn nhà, sập 1 căn, khoảng 10.000 m đường giao thông bị ảnh hưởng, thiệt hại 292 ha lúa thu đông, và 126 ha cây ăn trái tính đến ngày 14/10/2011, kinh phí gia cố lên đến 70 tỷ đồng [3]. Vỡ đê và sạt lở do nhiều nguyên nhân khác nhau như đất yếu hay giải pháp gia cố tạm. Giải pháp khắc phục hiện nay là dùng tường chắn bê tông cốt thép (BTCT) và cọc bản

BTCT nhưng các giải pháp này đòi hỏi chi phí xây dựng lớn [4].

Công nghệ cọc đất xi măng có nhiều ưu điểm phù hợp với việc gia cố đường đê, nhưng việc ứng dụng công nghệ còn gặp nhiều trở ngại do hạn chế về công nghệ. Gia cố thân đê bằng tường cọc đất xi măng làm tăng tính ổn định và chống thấm, giảm nguy cơ sạt lở, hoặc vỡ đê [5, 6, 7, 8]. Công nghệ cọc đất xi măng bằng cánh trộn kim loại ở nước ta chủ yếu trong các đê gia cố nền móng công trình (như cầu đường, cảng biển, dân dụng, khu công nghiệp, tầng hầm, v.v.) với mục đích giảm lún, giảm sạt lở, tăng ổn định, và chống

thấm [9, 10]. Ứng dụng gia cố đê với mục đích chống sạt lở và chống thấm còn hạn chế do các thiết bị thi công cọc đất xi măng thường có kích thước, trọng lượng lớn so với kích thước đê bao (như bề rộng mặt đê khoảng 3 m).

Công nghệ NSV được ứng dụng rộng rãi trong gia cố nền móng công trình ở Nhật nhưng chưa từng được ứng dụng cho đê bao. Thiết bị và thông số thi công (như tốc độ nâng hạ cần, tốc độ quay, và thời gian trộn) ảnh hưởng đến chất lượng cọc đất xi măng thi công ngoài hiện trường nên việc nghiên cứu ảnh hưởng của thông số vận hành đến chất lượng cọc đất xi măng là cần thiết. Thông số vận hành phù hợp giúp đất được trộn đều với xi măng, tạo ra cọc có chất lượng tốt với năng lượng trộn thấp nhất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu là thực nghiệm hiện trường. (1) Thi công thử nghiệm gia cố hai đoạn đê dài 60 m (ở An Giang) và 30 m (ở Đồng Tháp). (2) Khoan lấy lõi đánh giá sơ bộ lõi, khả năng hình thành cọc và thí nghiệm nén nở hông tự do. (3) Phân tích và xác định mối quan hệ giữa chất lượng cọc đất xi măng với các thông số vận hành.

2.1 Vị trí thử nghiệm

Đoạn kênh Mười Cai, xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang (chiều dài gia cố 60 m) và đoạn kênh 2/9, xã An Hoà, huyện Tam Nông, tỉnh Đồng Tháp (chiều dài gia cố 30 m) (Hình 1). Hai đoạn đê mang đặc trưng của đê bao ĐBSCL là được đắp bằng đất nạo vét từ kênh, mặt đê 3-5 m, và cao 2.5-3 m so với mặt ruộng.

a) Vị trí thi công thử nghiệm (Google Map) và hiện trạng đoạn đê gia cố ở An Giang



b) Vị trí thi công thử nghiệm (Google Map) và hiện trạng đoạn đê gia cố ở Đồng Tháp



Hình 1. Vị trí thi công thử nghiệm hiện trường

2.2 Địa chất vị trí thử nghiệm

Năm và bốn lớp đất dọc theo chiều sâu hố khoan 25 m tại vị trí nghiên cứu ở An Giang và Đồng Tháp. Kết quả thí nghiệm hiện trường và trong phòng của hai vị trí nghiên cứu trong phạm vi gia cố được cho trong Bảng 1.

2.3 Hệ thống thiết bị NSV

Thiết bị NSV thi công cọc đất ximăng theo phương pháp trộn sâu-trộn ướt bằng cánh trộn kim loại của Tập đoàn Something (Hình 2). Quy trình công nghệ NSV được Trung tâm kiến trúc Nhật Bản chứng nhận số BCJ – 149. Thiết bị NSV thích hợp với đất cát, đất sét, và đất bùn [11].

Thiết bị NSV có kích thước (2.5 x 2.0 x 8.38) m, nặng 7,8 tấn, áp lực tiếp đất 65,2 kN/m², và thao tác linh hoạt nên hoạt động dễ dàng trên đường đê có bề rộng hẹp và sức chịu tải thấp. Thiết bị tạo cọc đường kính 600 mm, có moment xoắn lớn nhất 4.0 kN.m, áp lực khoan lớn nhất 29.0 kN, tốc độ nâng hạ cần 0÷9 m/phút, tốc độ quay của cánh trộn 0÷80 vòng/phút. Chiều dài trục trộn tối đa 12.0 m và được lắp ghép bởi các đoạn có chiều dài 2.0 m.

Trạm trộn vữa gồm phễu cấp liệu, bồn trộn, bồn khuấy và buồng điều khiển. Vữa được trộn tự động theo tỷ lệ nước/ximăng được cài đặt từ bảng điều khiển. Vữa sau khi trộn được đổ xuống bồn khuấy (thể tích 1000 lít, có các cánh khuấy giúp cho vữa không bị lắng đọng).

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý hoá các lớp đất tại hai vị trí thử nghiệm

Vị trí thi công / Tên đất	An Giang		Đồng Tháp		
	Sét pha dẻo mềm (4.1 m)	Bùn sét (6.4m)	Sét pha dẻo cứng (4.6 m)	Bùn sét kẹp cát bụi (2.9 m)	Sét pha dẻo cứng (7 m)
Dung trọng tự nhiên, γ_w (kN/m ³)	17.95	15.64	19.36	16.03	20.26
Độ ẩm, W (%)	37.7	65.6	27.6	61.5	22
Hệ số rỗng, e	1.06	1.76	0.77	1.63	0.6
Chỉ số dẻo, PI	28	26.4	14.7	27.5	13
Cường độ nén nở hông tự do, q_u (kN/m ²)	73.95	29.04	151.27	33.92	77.46
Lực dính, c (kN/m ²)	20.05	6.21	23.87	7.64	14.8
Số búa SPT	7	1	9	1	14



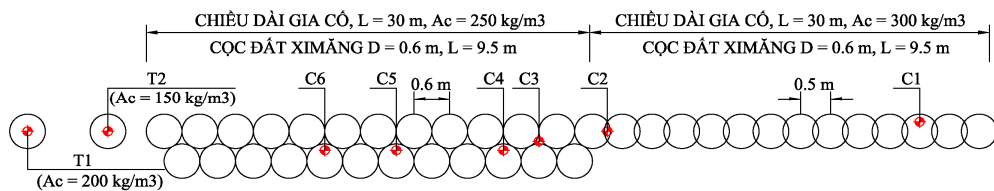
Hình 2. Quy trình thi công cọc đất xi măng

(a) Màn hình điều khiển và hiển thị thông số vận hành thiết bị NSV (b) Bảng điều khiển máy bơm

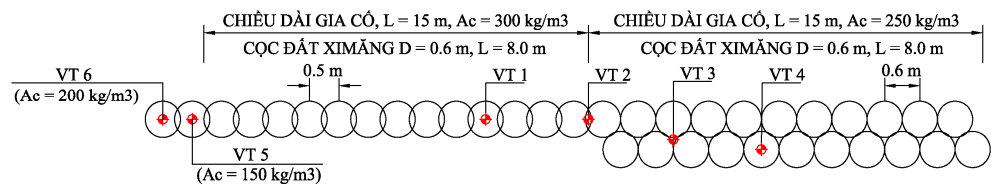


Hình 3. Màn hình theo dõi và điều khiển quá trình thi công cọc đất xi măng của thiết bị NSV

(a) Mặt bằng bố trí cọc đất xi măng và vị trí khoan lấy lõi ở An Giang



(b) Mặt bằng bố trí cọc đất xi măng và vị trí khoan lấy lõi ở Đồng Tháp



Hình 4. Mặt bằng bố trí cọc đất xi măng và vị trí khoan lấy lõi

Hệ thống hiển thị và lưu trữ các thông số vận hành thiết bị NSV được tập đoàn Some Thing nghiên cứu và chế tạo. Các thông số vận hành trong quá trình thi công được ghi lại như: độ sâu thi công (m), tốc độ thanh cần xuống/lên (m/phút), tốc độ quay cánh trộn (vòng/phút), số vòng trộn (vòng/m), lưu lượng vữa (lít/m). Các thông số vận hành được thể hiện trên màn hình điện tử, được kiểm soát nhờ bảng điều khiển và truyền tín hiệu về bộ xử lý trung tâm (Hình 3).

2.4 Vật liệu thử nghiệm

Ximăng sử dụng là ximăng PCB40 theo TCVN 6260:2009. Vữa ximăng có tỷ lệ nước: ximăng là 0.7:1 theo kết quả thí nghiệm trong phòng của đất An Giang và Đồng Tháp gia cố ximăng [12, 13].

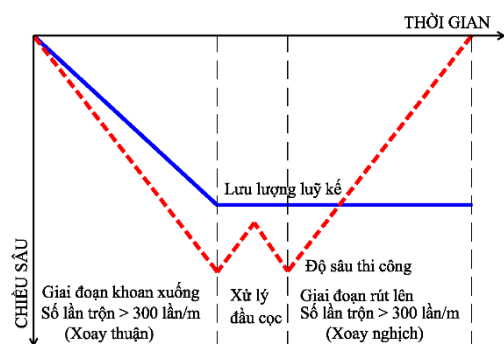
Nước trộn vữa được lấy trực tiếp từ dưới kênh và được lọc qua lưới nhằm loại bỏ tạp chất. Kết quả thử nghiệm hoá nước có độ pH = 7.98 (An Giang) và pH = 7.8 (Đồng Tháp) và không với ăn mòn bê tông và kim loại (TCVN 3994-85).

2.5 Thi công thử nghiệm

Chi tiết gia cố hai đoạn đường đê ở An Giang và Đồng Tháp được thể hiện ở Hình 4. Mỗi cọc soilcrete được thi công theo trình tự “chữ V” (Hình 5). Các thông số thi công cọc và vận hành thiết bị được lưu trữ tự động. Để cọc đạt độ đồng nhất phải đảm bảo số lần trộn xuyên xuống ≥ 240 lần/m, số lần trộn khi rút lên ≥ 360 lần/m và số lần trộn ở mũi cọc (0.5 m gia cố dưới cùng) ≥ 600 lần/m [11].

2.6 Đánh giá chất lượng cọc thử nghiệm

Chất lượng cọc thử nghiệm được đánh giá bằng cách đào lộ đầu cọc, khoan lấy lõi, và thí nghiệm nén nở hông tự do (UCS).



Hình 5. Phương pháp thi công “chữ V” [11]

(1) Đào lộ đầu cọc với chiều sâu đào 1.0 m nhằm kiểm tra kích thước và hình dạng đầu cọc.

(2) Khoan lấy lõi mẫu soilcrete suốt chiều sâu thi công cọc nhằm kiểm tra tính liên tục và đồng nhất của cọc (Hình 6).

(3) Thí nghiệm UCS nhằm xác định cường độ nén nở hông tự do (q_u) của mẫu soilcrete theo tiêu chuẩn ASTM D 2166, ASTM D 1633, và TCVN 9403:2012. Thiết bị TSZ30-2.0 dùng cho UCS (Hình 7) với tốc độ gia tải không quá 1 mm/phút.



Hình 6. Thiết bị khoan lõi lấy mẫu hiện trường



Hình 7. Thí nghiệm UCS mẫu soilcrete

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả phân tích với 56 mẫu tại 8 vị trí ở An Giang và 61 mẫu tại 6 vị trí ở Đồng Tháp thể hiện ở Hình 4.

3.1 Ảnh hưởng của tổng số lần trộn

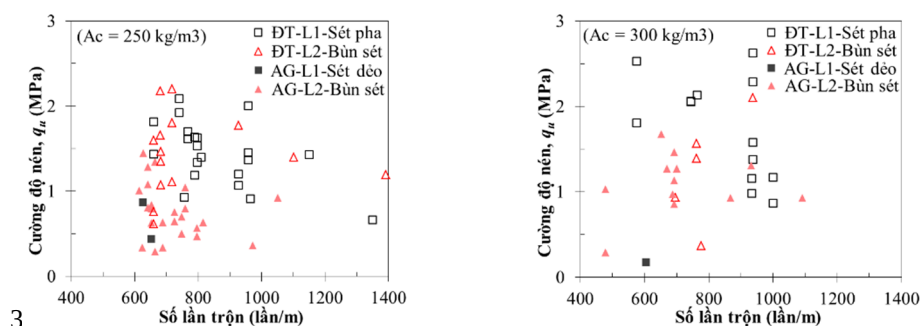
Năng lượng trộn lớn tăng cường độ cao với cùng loại đất và hàm lượng xi măng. q_u ở An Giang nhìn chung thấp hơn Đồng Tháp có thể do năng lượng trộn thấp hơn (Hình 8). Ở Đồng Tháp với số lần trộn từ 800-1000 lần/m, q_u đạt từ 1-2.5

MPa. Ở An Giang, q_u đạt 0.7-1.7 MPa với số lần trộn từ 600-800 lần/m.

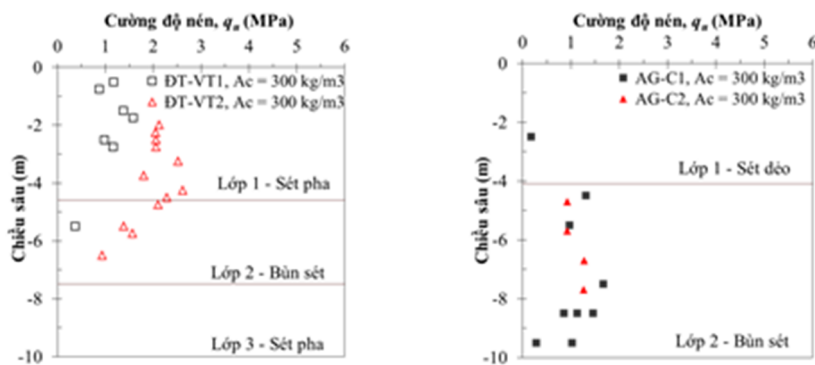
Cường độ UCS tại vị trí chông nổi lớn hơn vị trí tìm cọc do công trộn nhiều hơn. Các cọc có hàm lượng 300 kg/m³ cho cường độ tại vị trí chông nổi giữa hai cọc (C2, VT2) 1.50-2.7 MPa, cao hơn vị trí giữa cọc (C1, VT1) từ 0.8-1.7 MPa (Hình 9).

3.2 Ảnh hưởng của quá trình trộn

Mức độ trộn càng lớn thì cọc có tính đồng nhất và cường độ cao. Mức độ trộn được đánh giá dựa trên tổng số lần cánh trộn đi qua trong 1 m cọc. Cường độ mẫu tăng khi số lần trộn trong quá trình xuống và lên tăng (Hình 10). Với mức độ trộn từ 650-750 lần/m cho một chu kỳ (xuống và lên), cường độ tương đối đồng đều trong khoảng 1-2 MPa với bất kể loại đất và hàm lượng xi măng. Số lần trộn tăng vượt quá mức độ trộn hiệu quả thì cường độ tăng không đáng kể. Kết quả cũng phù hợp với nghiên cứu của Something cho thiết bị NSV [11].



Hình 8. Quan hệ giữa năng lượng trộn và cường độ, q_u với loại đất và hàm lượng xi măng khác nhau



Hình 9. Cường độ, q_u tại vị trí tìm cọc (C1, VT1) và vị trí mối nối giữa hai cọc (C2, VT2)

Với số lần trộn từ 450-550 lần/m cho mỗi chu kỳ xuống/lên sẽ tạo cọc có cường độ cao và ổn định (Hình 11). Sự biến thiên cường độ nhỏ của các mẫu đất xi măng ở lớp sét pha (Đồng Tháp) do công trộn trong lớp đất này lớn. Trong quá trình thi công, lớp đất sét pha có cường độ cao (0.15 MPa), quá trình xuống gặp khó khăn nên lớp đất này được khoan trước nhằm làm tơi đất.

3.3 Ảnh hưởng của tốc độ quay cánh trộn

Tốc độ quay cánh trộn xuống/lên lớn sẽ tăng khả năng tiếp xúc giữa đất và xi măng. Tốc độ quay khi xuống 40-50 vòng/m và lên 70-80 vòng/m giúp trộn đều đất với xi măng (Hình 12, 13). Khi xuống, đất nguyên thổ làm giảm tốc độ cánh trộn nên có thể ước lượng sức kháng thực tế tại vị trí cọc. Khi lên, tốc độ quay cánh tăng giúp trộn đều và rút ngắn thời gian thi công [14].

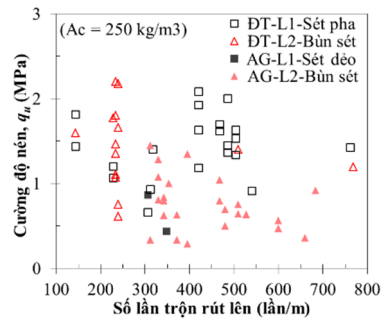
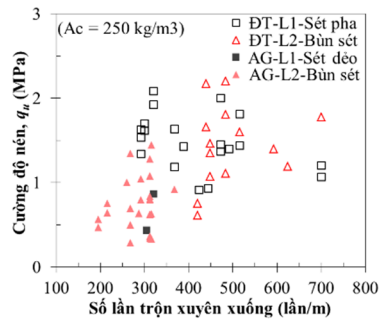
3.4 Ảnh hưởng của tốc độ thanh cần xuống/lên

Tốc độ thanh cần xuống ở khoảng 0.4÷0.6 m/phút và lên từ 1-1.5 m/phút tạo cọc có cường độ cao (Hình 14, 15) [3, 13]. Với cùng năng

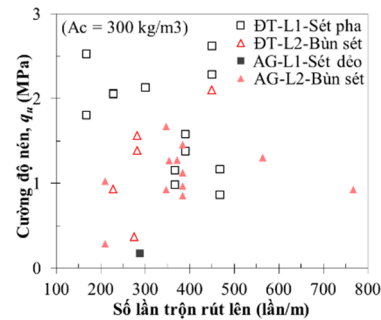
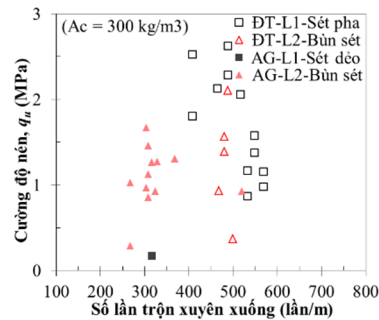
lượng trộn, thanh cần xuống/lên chậm cùng với tốc độ quay chậm thì mức độ trộn đều của hỗn hợp thấp. Tuy nhiên, tốc độ xuống/lên của thanh cần còn phụ thuộc vào độ cứng của đất và năng lực thiết bị trộn. Tốc độ xuống ≤ 0.5 m/phút và lên ≤ 1.2 m/phút là phù hợp với thiết bị NSV nhằm tạo ra cọc chất lượng và hiệu quả cao.

3.5 Ảnh hưởng thông số vận hành đến sự tiếp xúc giữa đất và xi măng

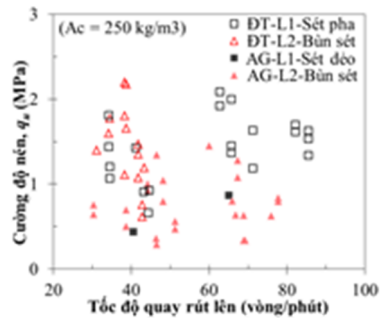
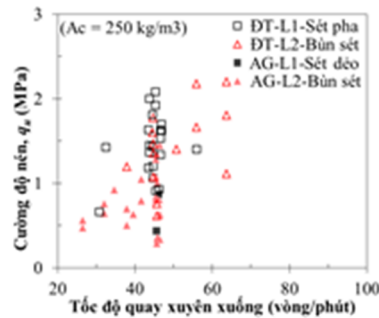
Với cùng số lần trộn, cọc có hàm lượng xi măng lớn (lượng vữa nhiều) thì đất được trộn đều với xi măng hơn. Cọc có hàm lượng 300 kg/m³ (85 lít/m) có cường độ cao hơn cọc có hàm lượng 250 kg/m³ (71 lít/m) (Hình 16). Xi măng tiếp xúc với đất đều giúp cho các phản ứng hóa lý giữa đất và xi măng diễn ra nhanh. Ngoài ra, lượng vữa làm tăng hàm lượng nước ban đầu trong hỗn hợp đất xi măng, tăng tính nhão của hỗn hợp, việc trộn dễ dàng hơn, và cánh trộn có thể đạt được vận tốc cao, dẫn đến hỗn hợp đất xi măng trộn nhiều hơn và tăng khả năng tiếp xúc giữa đất với xi măng [14].



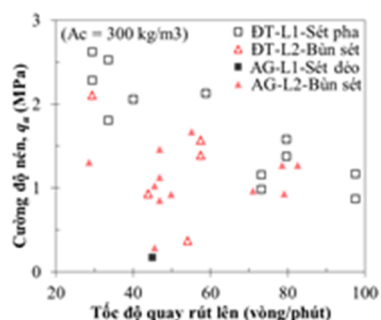
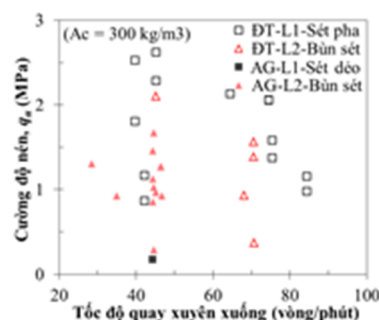
Hình 10. Quan hệ giữa cường độ nén và số lần trộn ($A_c = 250 \text{ kg/m}^3$)



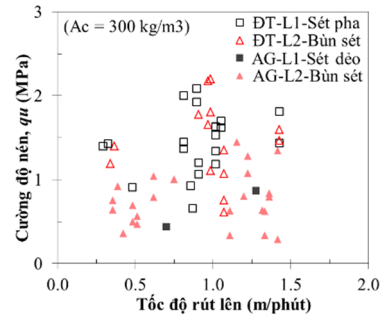
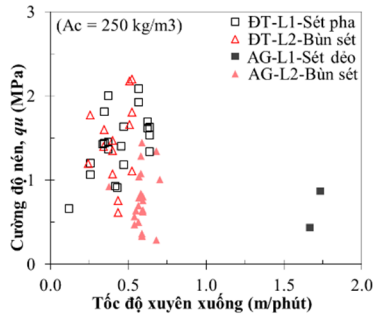
Hình 11. Quan hệ giữa cường độ nén và số lần trộn ($A_c = 300 \text{ kg/m}^3$)



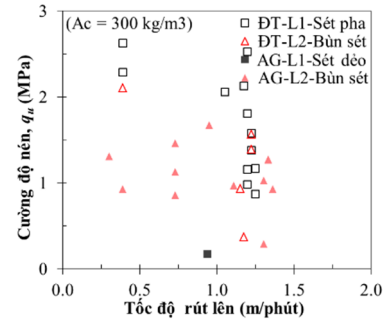
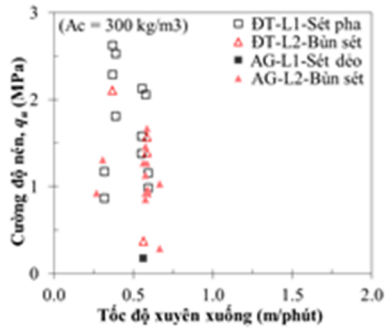
Hình 12. Quan hệ giữa cường độ nén và tốc độ quay của cánh trộn ($A_c = 250 \text{ kg/m}^3$)



Hình 13. Quan hệ giữa cường độ nén và tốc độ quay của cánh trộn ($A_c = 300 \text{ kg/m}^3$)

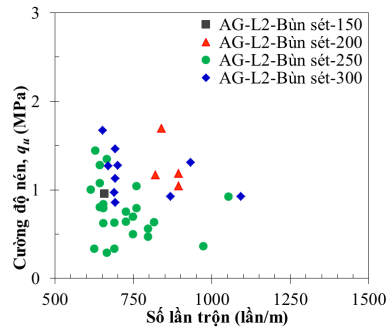
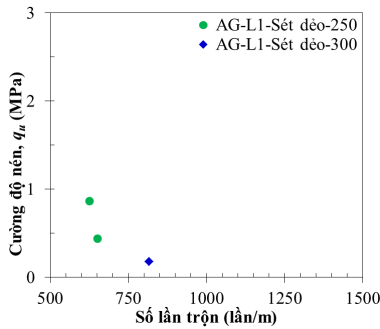


Hình 14. Quan hệ giữa cường độ nén và tốc độ quay của cánh trộn ($A_c = 250 \text{ kg/m}^3$)

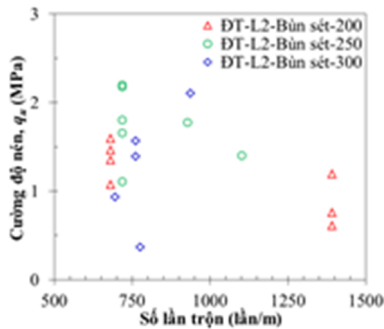
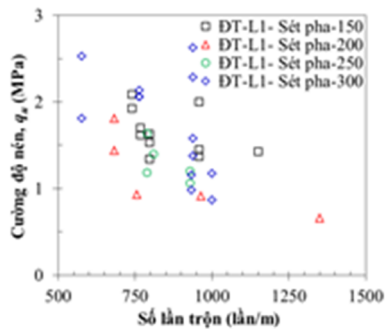


Hình 15. Quan hệ giữa cường độ nén và tốc độ nâng hạ cánh trộn ($A_c = 300 \text{ kg/m}^3$)

a) An Giang



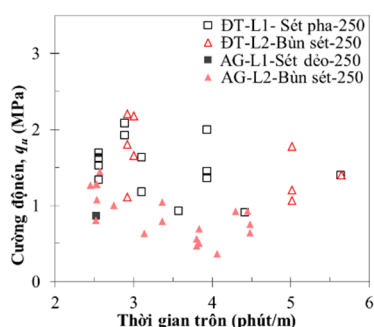
b) Đồng Tháp



Hình 16. Quan hệ giữa cường độ nén, q_u và số lần trộn, hàm lượng xi măng

3.6 Ảnh hưởng của thời gian trộn

Thời gian trộn ảnh hưởng đến tính đồng đều hỗn hợp. Với cùng năng lượng trộn (tổng số lần trộn/m), thời gian trộn tăng dẫn đến tốc độ nâng hạ cần và tốc độ quay cánh trộn giảm, thì cường độ cọc tăng không đáng kể. Thời gian trộn và tốc độ quay cánh tăng sẽ tăng hiệu quả trộn. Cường độ cọc cao ứng với thời gian trộn từ 2.5-3.5 phút/m khi trộn đất An Giang và Đồng Tháp bằng thiết bị NSV (Hình 17).



Hình 17. Quan hệ giữa cường độ và thời gian trộn

4. KẾT LUẬN

Ảnh hưởng của thông số vận hành đến chất lượng cọc đất xi măng thi công bằng thiết bị NSV được đánh giá thông qua thử nghiệm hiện trường hai đoạn đường đê ở An Giang và Đồng Tháp. Các kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Cọc đất xi măng thi công bằng công nghệ NSV có cường độ phù hợp và tính đồng nhất.

- Năng lượng trộn lớn sẽ tạo ra cọc có cường độ và độ đồng nhất cao. Cường độ cọc tại các vị trí chông nổi cho cường độ cao hơn các vị trí trong cọc.

- Tổng số lần trộn ≥ 650 vòng/m sẽ tạo cọc có cường độ tương đối đều từ 1-2 MPa và ổn định.

- Tốc độ quay cánh trộn 40-50 vòng/m (xuống) và 70-80 vòng/m (lên) giúp tăng cường độ đồng đều.

- Thời gian trộn hiệu quả là 2.5-3.5 phút/m đối với công nghệ NSV nhằm tạo ra cọc có chất lượng.

Effects of operating parameters of the NSV system on soilcrete characteristics in the Mekong Delta

- **Truong Dac Chau**
- **Tran Nguyen Hoang Hung**
- **Nguyen Binh Tien**
- **Mai Anh Phuong**

Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT

Unconfined compressive strength (UCS) and uniformity of soilcrete are strongly influenced by deep mixing equipment and its operating parameters. Soilc cement mixing was applied to reinforce the two sections of earth levees (1) 60 m long in An Giang and (2) 30 m long in Dong Thap using the NSV system. Core boring was employed to take field soilcrete samples and UCS tests were conducted to

investigate soilcrete characteristics. The results indicate that the field soilcrete achieved high UCS and uniformity along soilcrete columns with blade rotations of 650 times/m, mixing time of 2.5-3.5 minutes/m, rod rotations of 40-50 times/m (penetration) and 70-80 times/m (lift), penetrating speed of 0.5 m/minute and lifting speed of 1.2 m/minute

Keywords: Soilcrete, deep mixing method, NSV, earth levee, unconfined compressive strength.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Báo Thanh niên Online. “Hàng loạt đê vỡ nghiêm trọng ở An Giang”, <http://www.thanhnien.com.vn>, 28/09/2011.
- [2]. Báo Lao động. “Vỡ đê đầu mùa, nước lũ đe dọa 400 ha lúa đầu nguồn”. <http://www.laodong.com.vn>, 10/08/2014.
- [3]. Cổng thông tin điện tử tỉnh An Giang. “Thường xuyên tổ chức kiểm tra, gia cố đê, đập để bảo vệ sản xuất vụ Thu Đông và tuyên truyền đến hộ gia đình, quan tâm bảo vệ tính mạng trẻ em”. <http://www.angiang.gov.vn>, 15/10/2013.
- [4]. Lê Xuân Việt và Trần Nguyễn Hoàng Hùng. “Nghiên cứu chống sạt lở tại km88+937 trên QL.91, Bình Mỹ, An Giang,” *Tạp chí GTVT*, số 6, trang 17-20, 2011.
- [5]. M.Kitazume and M.Terashi. *The Deep Mixing Method*. CRC Press, Balkema Book, UK, 2013, 405 pp.
- [6]. Lê Khắc Bảo, Lê Phi Long, và Trần Nguyễn Hoàng Hùng. “Ảnh hưởng của tường đất-xi

- măng đến dòng thấm và ổn định của đề bao chống lũ ở Đồng Tháp”. *Tạp chí xây dựng*, số 12, trang 66-70, 12/2014.
- [7]. Lê Phi Long, Lê Khắc Bảo, Trần Nguyễn Hoàng Hùng, và Quách Hồng Chương. “Phân tích chất lượng cọc xi măng - đất hiện trường từ công nghệ trộn sâu - ướt để gia cố đường đề ven sông ở Đồng Tháp”, *Tạp chí Xây dựng*, số 1, trang. 21-28, 1/2015.
- [8]. Nguyễn Quốc Dũng và Phùng Vĩnh An. “Công nghệ trộn sâu tạo cọc xi măng đất và khả năng ứng dụng gia cố nền đề đập”, Viện khoa học thủy lợi, 2005, 7 trang.
- [9]. Bộ Xây dựng. “Gia cố đất nền yếu – Phương pháp trụ đất xi măng.” TCVN 9403:2012, 42 trang, 2012.
- [10]. Đoàn Thế Mạnh. “Phương pháp gia cố nền đất yếu bằng trụ đất-xi măng,” *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, số 19, trang 53-58, 8/2009
- [11]. Kamimura Makoto và Trương Thiên Khang. “Gia cố nền nhà dân dụng bằng cọc xi măng đất tại TP. Hồ Chí Minh-1 Thử nghiệm”, in *Proc. 13th Conference on Science and Technology*, HCMUT Vietnam, 2013, pp. 1-9.
- [12]. Lê Khắc Bảo, Lê Phi Long, Đỗ Thị Mỹ Chinh, và Trần Nguyễn Hoàng Hùng. “Nghiên cứu ứng xử của đất Đồng Tháp trộn xi măng, trộn ướt - sâu ứng dụng gia cố đề bao chống lũ ở Đồng Tháp”, *Tạp chí Xây dựng*, số 6, trang. 77-83, 6/2014.
- [13]. Mai Anh Phương, Nguyễn Bình Tiên, Trương Đắc Châu, và Trần Nguyễn Hoàng Hùng. “Nghiên cứu ứng xử của đất ở An Giang trộn xi măng bằng công nghệ trộn ướt và trộn sâu”, *Tạp chí Địa Kỹ Thuật*, số 2, trang 34-43, 7/2014.
- [14]. Stefan Larsson. “Mixing Processes for Ground Improvement by Deep Mixing,” Swedish Deep Stabilization Research Centre, Report 12, 2004, 244 p.
- [15]. S.Horpibulsuk, R.Rachan, A.Suddeepong, and A.Chinkulkijniwat. “Strength Development In Cement Admixed Bangkok Clay: Laboratory and Field Investigations,” *Soils and Foundations*. Vol. 51, pp. 239-251, 4/2011.
- [16]. M.Chan, Y.Kikuchi, and T.Mizutani. “Correlation between Unconfined Compressive Strength and Mixing Quality of Solidified Clay,” *International Journal of Civil and Structural Engineering*, vol. 3, pp. 408-417, 10/2012.