

## Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ cọc Jet grouting đường kính lớn xử lý nền đất yếu. Lấy ví dụ tại cảng Vĩnh Tân, Đồng Nai

Nguyễn Thành Dương<sup>1,\*</sup>, Phạm Thị Ngọc Hà<sup>1</sup>, Đỗ Như Tùng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>2</sup> Công ty Cổ phần Địa kỹ thuật tiên tiến Raito-Fecon

### TÓM TẮT

Công nghệ cọc Jet grouting (phụt vữa áp lực cao) đường kính lớn (BDJ) đã được ứng dụng trong xử lý, cải tạo nền đất yếu ở nhiều nơi trên thế giới và một số công trình ở Việt Nam. Công nghệ cọc BDJ có thể xử lý nền đất yếu đến độ sâu 40-50m. Nó có ưu điểm là giảm số lượng cọc, giảm thời gian thi công, có hiệu quả rất lớn trong việc nâng cao sức chịu tải, giảm độ lún của nền và thường được áp dụng cho những công trình có tải trọng lớn như nhà ga tàu điện ngầm, cảng, bể chứa, đường ống dẫn. Bài báo này sẽ trình bày kết quả ứng dụng công nghệ cọc Jet grouting đường kính lớn (BDJ) thử nghiệm để xử lý nền đất yếu là bùn sét, sét chảy tại đoạn đường sau cảng trong dự án cảng Vĩnh Tân, Đồng Nai. Kết quả đào lộ đầu cọc, khoan lõi cọc và thí nghiệm nén 1 trục nở hông cho thấy cọc BDJ đảm bảo hình dạng, kích thước, độ đồng nhất và cường độ kháng nén 1 trục theo yêu cầu thiết kế.

*Từ khóa:* xử lý nền đất yếu, Jet grouting, đường kính lớn, cường độ kháng nén 1 trục  $q_u$ .

### 1. Mở đầu

Đất yếu phân bố phổ biến ở Việt Nam, đặc biệt là tại các khu vực đồng bằng như đồng bằng sông Hồng, sông Cửu Long, khu vực miền Đông Nam Bộ (Vũ Ngọc Bình, 2018). Hiện nay, nhu cầu xây dựng các công trình phục vụ phát triển kinh tế xã hội ngày càng gia tăng, trong đó có nhiều công trình phải xây dựng trên nền đất yếu. Khi xây dựng trên nền đất yếu, để đảm bảo công trình ổn định lâu dài, việc xử lý, cải tạo nền đất yếu trước khi xây dựng là rất cần thiết. Ở Việt Nam, các giải pháp truyền thống trong cải tạo, xử lý nền đất yếu đã được sử dụng từ nhiều năm trước như giải pháp thay thế đất, cọc cát, giếng cát, bấc thấm... Trong những năm gần đây, xử lý nền bằng công nghệ cọc đất xi măng (CDM), công nghệ trộn sâu Jet-grouting đã được áp dụng ở nhiều công trình và đem lại hiệu quả đáng kể trong việc nâng cao sức chịu tải, giảm độ lún của nền. Trong đó, công nghệ thi công cọc theo phương pháp Jet-grouting (trộn kiểu tia áp lực cao) ra đời ở Nhật Bản từ những năm 1970s và hiện nay được áp dụng phổ biến trên thế giới, trong đó có Việt Nam (Tạ Đức Thịnh và nkk., 2022). Công nghệ Jet grouting có nhiều ưu điểm như chất lượng cọc đều hơn so với phương pháp thi công cọc đất xi măng truyền thống; thiết bị nhỏ gọn có thể thi công trong điều kiện chật hẹp. Hiện nay, công nghệ Jet-grouting được chia thành 3 loại chính: đơn pha (công nghệ S), hai pha (công nghệ D) và ba pha (công nghệ T). Thi công cọc Jet-grouting theo công nghệ ba pha có thể tạo ra cọc có đường kính lên tới 5m, chiều dài cọc có thể đến 50m. Tại Việt Nam, công nghệ cọc BDJ đã được ứng dụng ở 1 vài dự án như đường hầm Metro line 1 thành phố Hồ Chí Minh, nhiệt điện Duyên Hải 3, nhà máy thép Hòa Phát. Tuy nhiên, cho đến nay việc nghiên cứu về hiệu quả của công nghệ này trong xử lý nền đất yếu vẫn còn hạn chế. Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ giới thiệu về công nghệ cọc Jet grouting đường kính lớn cũng như hiệu quả và khả năng ứng dụng của nó trong xử lý, cải tạo nền đất yếu. Lấy ví dụ xử lý nền tại đoạn đường sau cảng trong cảng Vĩnh Tân, Đồng Nai.

### 2. Công nghệ cọc Jet grouting đường kính lớn (BDJ)

Công nghệ cọc Jet grouting là một công nghệ mới của phương pháp trộn sâu. Công nghệ Jet grouting được coi như là quá trình bê tông hóa đất bằng cách phun các tia nước và vữa với áp suất cao (đến 400 atm), vận tốc lớn ( $\geq 100$  m/s) làm cho các phần tử đất xung quanh lỗ khoan bị vỡ ra, hòa trộn với vữa phụt, sau đó đông cứng tạo thành một khối đồng nhất xi măng - đất. Công nghệ Jet grouting có thể thi công cọc có đường kính lớn lên tới 5m hoặc lớn hơn. Các cọc Jet grouting đường kính lớn (đường kính cọc  $\geq 2$ m) đã được ứng dụng trong xử lý, cải tạo nền đất yếu ở nhiều nơi trên thế giới. Tại Đài Loan, để phục vụ xây

\* Tác giả liên hệ

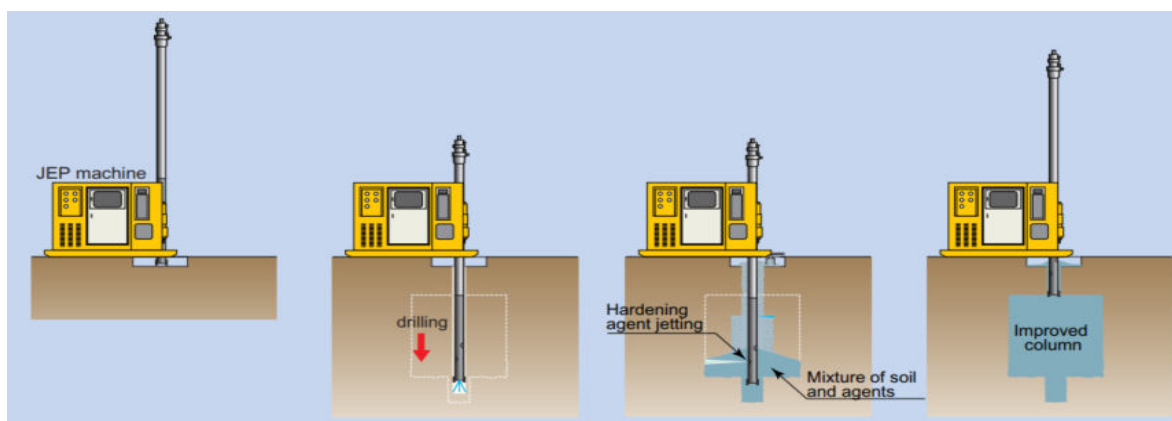
Email: nguyenthanduong@humg.edu.vn

dựng hệ thống tàu điện ngầm Songshan, các cọc đất xi măng đường kính lên đến 3.5m với độ sâu từ 14 đến 20m sử dụng công nghệ phụt vữa nhanh (RJG-Rapid Jet Grout) đã được thi công thử nghiệm. Kết quả thử nghiệm cho thấy công nghệ RJG có thể tạo ra cọc có đường kính lên đến 4.6m (Chu và nnk., 2012). Tại hệ thống tàu điện ngầm ở Bangkok, Thái Lan, tổng cộng 30 cọc đất xi măng đường kính 3.2m đã được thi công ở phần nền của hố đào mở nhằm ngăn chặn hiện tượng bùng nền do áp lực nước dưới đất gây ra (Chao và nnk., 2012). Tại Singapore, để phục vụ cho thiết bị TBM đào hầm qua lớp sét yếu nguồn gốc biển, các cọc đất xi măng đường kính 3m với độ sâu lên tới 46.6m đã được thi công thử nghiệm. Kết quả thử nghiệm cho thấy việc đào hầm qua nền đã được xử lý bằng hệ thống cọc Jet grouting đường kính lớn đảm bảo ổn định, không gây ra độ lún quá giới hạn (Wong và nnk., 2020).

Tại Việt Nam, công nghệ cọc Jet grouting đường kính lớn đã được ứng dụng ở một số công trình như nhà máy thép Hòa Phát, nhiệt điện Duyên Hải, đường hầm Metro line 1 ở thành phố Hồ Chí Minh. Tại nhà máy thép Hòa Phát, 119 cọc Jet grouting đường kính 2m với độ sâu 28m đã được thi công để phục vụ xây dựng bể chứa chất thải. Tại dự án nhiệt điện Duyên Hải 3, để phục vụ xây dựng đường ống dẫn 3800mm đã sử dụng 52 cọc Jet grouting đường kính 3m với độ sâu 28m. Tại tuyến đường Metro line 1, Thành phố Hồ Chí Minh, 27 cọc Jet grouting đường kính 3.5m và 7 cọc đường kính 3m đã được sử dụng để phục vụ việc đào hầm tại nhà ga Ba Son (Vu Minh Ngan và Le Quang Hanh, 2020).

Các dự án đã thực hiện ở trên thế giới cũng như ở Việt Nam cho thấy, cọc Jet grouting đường kính lớn có ưu điểm là giảm số lượng cọc, giảm thời gian thi công, có hiệu quả rất lớn trong việc nâng cao sức chịu tải, giảm độ lún của nền trong thời gian ngắn và thường được áp dụng cho những công trình có tải trọng lớn như nhà ga tàu điện ngầm, bể chứa, đường ống dẫn...

Kích thước và chất lượng của cọc Jet grouting phụ thuộc vào điều kiện địa chất, năng lực và hiệu quả của máy thi công. Ví dụ, với công nghệ “SuperJet” có thể tạo ra cọc có đường kính 5m (Yoshida và nnk., 1996). Các bước thi công cọc Jet grouting được thể hiện trên hình 1, bao gồm các bước: 1) Định vị vị trí máy; 2) Khoan đến độ sâu yêu cầu; 3) Phụt dung dịch vữa áp lực cao; 4) Kéo dần cần khoan lên để tạo thành cọc hỗn hợp.



Hình 1. Các bước thi công cọc BDJ (<https://www.raitoinc.com/technologies/Jet-grouting/>).

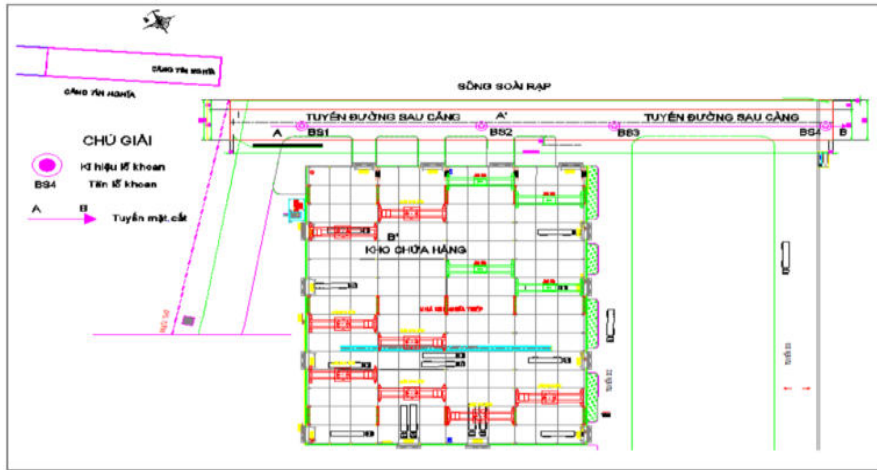
### 3. Ứng dụng cọc Jet grouting đường kính lớn xử lý nền đất yếu tại cảng thủy nội địa Vĩnh Tân, Đồng Nai

#### 3.1. Đặc điểm dự án

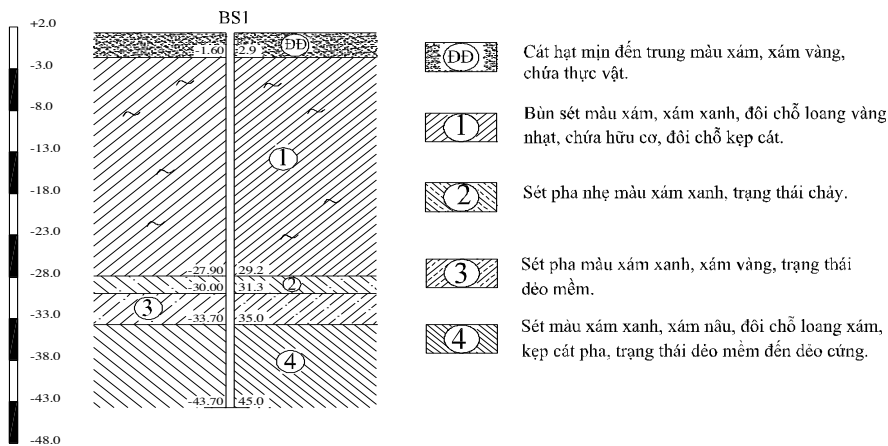
Dự án cảng Vĩnh Tân nằm bên bờ trái sông Soài Rạp, có diện tích khoảng 7ha thuộc xã Long Tân, huyện Nhơn Trạch, tỉnh Đồng Nai. Phía Bắc giáp sông Đồng Nai; phía Đông giáp rạch nước hiện hữu và cảng cát; phía Nam giáp đường quy hoạch; phía Tây giáp cảng Tín Nghĩa. Theo thiết kế, cảng Vĩnh Tân đáp ứng cho việc neo đậu đồng thời 01 tàu đến 5.000 DWT và 01 sà lan 3.000 T (Hình 2).

#### 3.2. Đặc điểm địa chất công trình tuyến đường sau cảng

Theo tài liệu khảo sát công trình (Fecon, 2019), khu xây dựng cảng Vĩnh Tân có các lớp đất yếu (bùn sét và sét pha chảy) phân bố ở ngay gần mặt đất, có chiều dày lớn, biến đổi từ 20 đến 28.4m. Hình 3 là hình trụ hố khoan BS1 - vị trí có bề dày lớp đất yếu lớn nhất (28.4m) trong khu vực xây dựng cảng. Đây cũng là khu vực đầu của tuyến đường sau cảng, giáp cảng Tín Nghĩa. Tuyến đường sau cảng là một trong những hạng mục chịu tải trọng lớn, là nơi ra vào của các xe container có tải trọng lớn. Chính vì vậy, khi xây dựng tuyến đường sau cảng cần phải sử dụng các giải pháp xử lý nền đất yếu phù hợp để cải thiện và nâng cao sức chịu tải của nền đất. Một số chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất được tổng hợp và thể hiện trong bảng 1.



Hình 2. Địa điểm xây dựng cảng thủy nội địa Vinh Tân, Đồng Nai (Fecon, 2019).



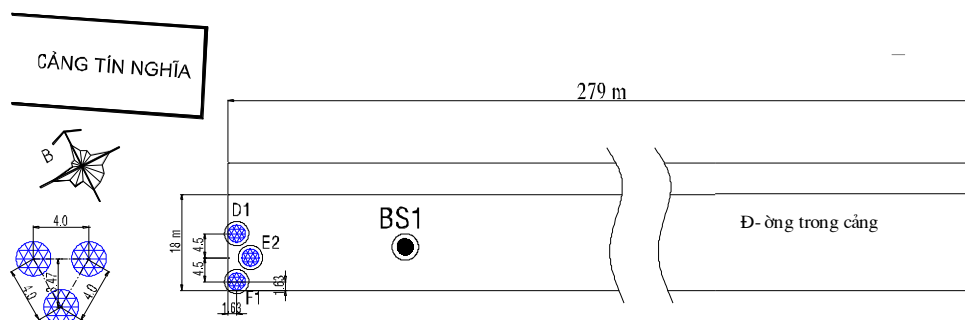
Hình 3. Địa tầng hố khoan BS1 ở vị trí đầu đường sau cảng (Fecon, 2019).

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất (Fecon, 2019).

Chi tiêu	Đơn vị	Lớp đất				
		Lớp ĐĐ	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4
Độ ẩm tự nhiên	%	21.5	72.1	31.3	30.1	30.3
Khối lượng thể tích tự nhiên	g/cm <sup>3</sup>		1.53	1.90	1.92	1.92
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2.65	2.66	2.67	2.68	2.69
Hệ số rỗng	-		2.21	0.893	0.891	0.869
Độ lỗ rỗng	%		68.7	47.1	46.4	42.4
Độ bão hòa	%		86.8	93.6	90.5	91.6
Giới hạn chảy	%		63.9	27.5	36.1	40.3
Giới hạn dẻo	%		32.6	18.2	22.4	21.2
Chỉ số dẻo	-		31.3	9.3	13.7	19.1
Góc ma sát trong	Độ		4°08'	7°39'	12°54'	12°58'
Lực dính kết	kG/cm <sup>2</sup>		0.197	0.127	0.220	0.347
Hệ số nén lún	cm <sup>2</sup> /kG		0.204	0.045	0.033	0.026
Chỉ số xuyên SPT	búa	9	1	3	7	8

### 3.3. Các thông số thiết kế cọc Jet grouting

Đối với đoạn tuyến đường sau cảng, do nền đất có lớp đất yếu phân bố ngay trên mặt và có bề dày lớn nên dưới tác dụng của tải trọng xe container, nền đất sẽ phát sinh vấn đề biến dạng lún gây ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường của công trình. Vì vậy, để hạn chế độ lún và đảm bảo công trình ổn định, việc xử lý nền tuyến đường là bắt buộc trước khi đưa vào hoạt động. Vị trí thiết kế 3 cọc BDJ thử nghiệm D1, E2, F1 được thể hiện trong hình 4. Các cọc đường kính 2m được bố trí cách nhau 4m theo mạng lưới hình tam giác.



Hình 4. Vị trí cọc thử tại đầu tuyến đường sau cảng.

Bảng 2. Trình tự công việc khi thi công cọc thử (Fecon, 2020).

STT	Trình tự	Đơn vị	Số lượng
1	Thi công cọc thử: Đầu cọc cách mặt đất: 1.0m Chiều sâu khoan: 32.8 m/cọc Chiều dài cọc thử: 30.8 m/cọc (xử lý hết bề dày lớp đất yếu)	Cọc	03
2	Khoan lõi để thí nghiệm: bắt đầu tại 21 ngày tuổi, chiều dài lấy mẫu = chiều dài xử lý đối với mỗi cọc, tỉ lệ thu hồi mẫu yêu cầu $\geq 85\%$ .	Hố	09
3	Đào lộ đầu cọc kiểm tra kích thước hình học và đường kính cọc	Cọc	03
4	Thí nghiệm nén để xác định cường độ kháng nén 1 trục nở hông ( $q_u$ ) Thí nghiệm mẫu tại 28 ngày tuổi (45 mẫu/cọc)	Mẫu	135

Bảng 3. Thông số thi công cọc thử (Fecon, 2020).

	Thông số	Đơn vị	D1	E2	F1
1	Đường kính cọc	mm	2500	2500	2500
2	Cường độ kháng nén của vật liệu cọc	kG/cm <sup>2</sup>	$\geq 0.5$	$\geq 0.5$	$\geq 0.5$
3	Tỉ lệ trộn Nước/Vật liệu 0-15m	kg/kg	0.88	0.79	0.79
4	Tỉ lệ trộn Nước/Vật liệu 15m-đáy	kg/kg	1.0	1.0	1.0
5	Cất trộn đất trước bằng nước	Phút/m	6	4	6
6	Chiều dài khoan	m	33.4	33.4	33.4
7	Chiều dài phụt	m	30.8	30.8	30.8
8	Áp suất phụt vữa	MPa	40 $\pm$ 2	40 $\pm$ 2	40 $\pm$ 2
9	Tốc độ xả của dòng vữa	Lít/phút	300 $\pm$ 5	300 $\pm$ 5	300 $\pm$ 5
10	Tốc độ quay	Vòng/phút	8-14	8-14	8-14
11	Tốc độ rút cần 0-29.3m	Phút/ m	4.0	4.0	4.0
12	Tốc độ rút cần 29.3-đáy	Phút/ m	9.0	9.0	9.0
13	Công nghệ thi công	-	3 pha	3 pha	3 pha

Bảng 4. Hàm lượng xi măng và tỷ lệ trộn cho 1 mẻ trộn (Fecon, 2020).

Cọc thử	Nước, kg	Vật liệu (Xi măng PCB40 <sub>BFS</sub> ), kg	Nước/Xi măng (N/X)	Ghi chú
D1	750	850	0.88	1m-15m
	750	750	1.00	15m- đáy
E2	750	950	0.79	1m-15m
	750	750	1.00	15m- đáy
F1	750	950	0.79	1m-15m
	750	750	1.00	15m- đáy



### 3.4. Kiểm tra chất lượng cọc thử

Các yếu tố đánh giá chất lượng thi công cọc thử bao gồm: hình dạng cọc, đường kính cọc, độ đồng nhất cọc và cường độ kháng nén 1 trục nở hông của vật liệu cọc. Các yếu tố này được đánh giá thông qua việc đào lộ đầu cọc, khoan lõi cọc và thí nghiệm nén 1 trục nở hông.

#### 3.4.1. Đào lộ đầu cọc

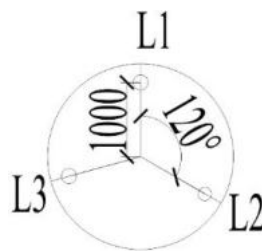
Công tác đào lộ đầu cọc nhằm để kiểm tra hình dạng, kích thước cọc sau khi thi công. Công tác này được tiến hành sau khi thi công cọc 7 ngày, có thể đào thủ công hoặc dùng máy xúc. Chiều sâu kiểm tra khoảng từ  $1 \div 2$  m kể từ đỉnh cọc (Hình 5).



Hình 5. Đào lộ đầu cọc.

#### 3.4.2. Khoan lõi cọc

Công tác khoan lõi cọc nhằm kiểm tra độ đồng nhất của cọc thông qua tỷ lệ thu hồi lõi khoan (chỉ số TCR) và đánh giá cường độ cọc thông qua việc lấy mẫu để nén xác định cường độ kháng nén 1 trục của vật liệu cọc. Công tác khoan lõi cọc được tiến hành sau 21 ngày kể từ khi thi công cọc thử. Mỗi cọc BDJ sẽ khoan ở 3 vị trí (Hình 6). Để đảm bảo độ đồng nhất của cọc, yêu cầu tỷ lệ thu hồi mẫu TCR  $\geq 85\%$  tổng chiều dài mẫu.



Hình 6. Vị trí khoan lõi cọc ở mỗi cọc.

#### 3.4.3. Thí nghiệm nén 1 trục nở hông

Thí nghiệm nén 1 trục nở hông được tiến hành trên các mẫu khoan lõi cọc. Việc khoan lõi sẽ được thực hiện không sớm hơn 21 ngày tính từ ngày hoàn thành cọc. Các thí nghiệm nén 1 trục nở hông sẽ được thực hiện ở tuổi 28 ngày. Ở mỗi độ sâu của mỗi cọc sẽ nén 3 mẫu tương ứng với 3 vị trí khoan lõi. Kết quả cường độ kháng nén 1 trục được lấy trung bình từ 3 mẫu nén. Từ kết quả thí nghiệm nén sẽ đánh giá được chất lượng cọc, đồng thời xây dựng được mối quan hệ giữa cường độ kháng nén 1 trục  $q_u$  và mô đun đàn hồi  $E_{50}$ .

## 4. Kết quả và thảo luận

#### 4.1. Đường kính cọc sau khi thi công

Kết quả đào lộ đầu cọc được thể hiện trong hình 7. Có thể thấy cọc sau khi thi công đảm bảo hình dạng và đường kính theo yêu cầu thiết kế (D=2.5m).



Hình 7. Đầu cọc sau khi thi công.

#### 4.2. Độ đồng nhất của cọc

Kết quả khoan lõi cho thấy tỷ lệ thu hồi lõi khoan (TCR) ở các cọc dao động từ 90.0 % đến 94.7% (>85%). Vì vậy, việc thi công đảm bảo độ đồng nhất của cọc.

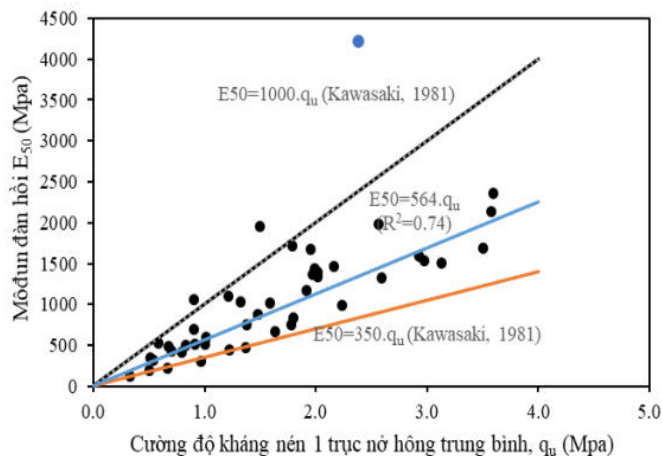
#### 4.3. Cường độ kháng nén 1 trục nở hông của vật liệu cọc BDJ

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm nén 1 trục nở hông ở 28 ngày tuổi.

Độ sâu (m) (Từ...m đến...m)		Cọc D1		Cọc F1		Cọc E2	
		qu (Mpa)	E50 (Mpa)	qu (Mpa)	E50 (Mpa)	qu (Mpa)	E50 (Mpa)
-0.7	-2.7	0.96	305.7	0.67	217.7	0.33	124.7
-2.7	-4.7	0.54	314.2	0.50	199.8	1.22	443.0
-4.7	-6.7	0.79	412.4	0.70	427.0	1.63	668.8
-6.7	-8.7	1.02	601.3	0.83	499.6	1.22	1106.3
-8.7	-10.7	0.51	344.3	0.91	701.7	1.49	1961.5
-10.7	-12.7	0.58	525.5	1.91	1178.4	1.97	1373.3
-12.7	-14.7	0.68	485.0	1.32	1033.8	1.01	518.5
-14.7	-16.7	1.80	838.4	2.02	1340.4	1.78	747.2
-16.7	-18.7	1.95	1669.6	0.91	519.5	1.38	751.3
-18.7	-20.7	1.37	469.8	1.59	1017.6	2.93	1585.9
-20.7	-22.7	2.01	1402.4	0.90	1054.7	2.59	1321.7
-22.7	-24.7	1.79	1713.0	1.99	1433.1	3.50	1684.7
-24.7	-26.7	1.48	880.7	2.24	984.2	2.56	1986.5
-26.7	-28.7	2.38	4222.4	2.16	1471.5	3.13	1503.6
-28.7	-30.7	2.98	1536.0	3.58	2132.3	3.60	2360.0

Kết quả cường độ kháng nén 1 trục và mô đun  $E_{50}$  trung bình của 3 cọc thử D1, F1, và E2 được thể hiện trong bảng 5. Kết quả trong bảng 5 cho thấy cường độ kháng nén 1 trục nở hông trung bình của cọc D1 dao động từ 0.51 Mpa đến 2.98 Mpa; của cọc F1 dao động từ 0.50 Mpa đến 3.58 Mpa và của cọc E2 dao động từ 0.33 Mpa đến 3.60 Mpa. Có thể thấy, giá trị cường độ kháng nén  $q_u$  trung bình của 3 cọc thử đều lớn hơn hoặc bằng giá trị  $q_u$  yêu cầu khi thiết kế cọc ( $\geq 0.5$  Mpa), ngoại trừ cọc E2 ở độ sâu từ 0.7 đến 2.7m (0.33 Mpa). Như vậy, nhìn chung cả 3 cọc thử đều đảm bảo yêu cầu thiết kế về cường độ. Tuy nhiên, xét về mặt kinh tế, cọc D1 có hàm lượng xi măng ít nhất nên có thể sử dụng để thiết kế xử lý đại trà.

Mối quan hệ giữa cường độ kháng nén 1 trục nở hông trung bình  $q_u$  và mô đun đàn hồi  $E_{50}$  được thể hiện trên hình 8. Có thể thấy, quan hệ giữa  $q_u$  và  $E_{50}$  ở 28 ngày tuổi được biểu diễn thông qua biểu thức:  $E_{50}=564.q_u$  ( $R^2=0.74$ ). Đối với xử lý nền đất yếu bằng xi măng ở Nhật Bản, kết quả nghiên cứu của Kawasaki (1981) cho thấy:  $E_{50}=(350\div 1000)q_u$  (28 ngày tuổi). Như vậy, quan hệ giữa  $q_u$  và  $E_{50}$  của vật liệu cọc BDJ ở 28 ngày tuổi nằm trong khoảng theo nghiên cứu của Kawasaki (1981). Tại Việt Nam, theo kết quả nghiên cứu của Vũ Ngọc Bình (2018) dựa trên kết quả thí nghiệm nén 1 trục nở hông của 1182 mẫu hỗn hợp đất-xi măng trộn trong phòng với nhiều loại đất khác nhau cho thấy ở 28 ngày tuổi quan hệ giữa  $q_u$  và  $E_{50}$ :  $E_{50} = (33\div 282)q_u$ . Có thể thấy, mô đun đàn hồi  $E_{50}$  của vật liệu cọc BDJ lớn hơn so với cọc đất-xi măng thông thường. Đối với công nghệ cọc BDJ thi công bằng công nghệ 3 pha nên trong vật liệu cọc phần lớn đất được đẩy ra ngoài và thay thế bằng xi măng, vật liệu cọc gồm chủ yếu là xi măng. Điều này dẫn đến vật liệu cọc BDJ có tính giòn hơn so với vật liệu cọc đất-xi măng thông thường nên mô đun đàn hồi  $E_{50}$  của vật liệu cọc BDJ lớn hơn so với cọc đất-xi măng thông thường.



Hình 8. Quan hệ giữa  $q_u$  và  $E_{50}$

## 5. Kết luận

Bài báo đã trình bày kết quả ứng dụng công nghệ cọc BDJ thử nghiệm tại dự án cảng Vĩnh Tân, Đồng Nai và rút ra một số kết luận sau:

-Việc sử dụng công nghệ Jet grouting 3 pha để thi công cọc đất xi măng đường kính lớn (BDJ) hoàn toàn đáp ứng được trong điều kiện của dự án về hình dạng cọc, đường kính cọc, độ đồng nhất của cọc và cường độ kháng nén 1 trục của vật liệu cọc.

-Vật liệu cọc BDJ có mô đun đàn hồi  $E_{50}$  lớn hơn so với vật liệu cọc đất-xi măng thông thường. Ở 28 ngày tuổi,  $q_u$  và  $E_{50}$  của vật liệu cọc BDJ có thể được biểu diễn qua biểu thức:  $E_{50}=564.q_u$  ( $R^2=0.74$ ).

## Tài liệu tham khảo

Chao, K. C., Seepim, S., Surachet, L., Prasert, C., Wong, R. K. N., Iwakubo, T., Takeshima, H., 2020. Evaluation of large diameter Jet grouting technique used for tunnel construction in Bangkok. Symposium on the Evolution of Jet Grouting Technology 20201001, trang 1-7

Chu, H. C., Wong, K. N., Yu, C. F., Liao, H. J., Cheng, S. H., 2012. Large Diameter Rapid Jet Grouting in Taipei Silty Soil. *Grouting and Deep Mixing 2012*, trang 2132-2141

Fecon, 2019. Báo cáo khảo sát địa chất dự án cảng thủy nội địa Vĩnh Tân, Đồng Nai.

Fecon, 2020. Báo cáo kết quả thi công cọc thử xi măng đất theo công nghệ Jet grouting tại dự án cảng thủy nội địa Vĩnh Tân, Đồng Nai

<https://www.raitoinc.com/technologies/Jet-grouting/>

Kawasaki, T., 1981. Deep mixing method using cement hardening agent, in: *Proc. of 10th Int. Conf. on SMFE*, trang 721-724.

Tạ Đức Thịnh, Phạm Văn Hùng, Nguyễn Văn Phóng, Bùi Trường Sơn, Nguyễn Thành Dương, Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn, Nguyễn Trọng Dũng, Hoàng Đình Phúc, Nguyễn Thị Diệu, 2022. *Đất yếu vùng ven biển Bắc Bộ và công nghệ xử lý*. Sách chuyên khảo, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 294p

Vũ Ngọc Bình, 2018. *Nghiên cứu ảnh hưởng đặc tính xây dựng của đất loại sét yếu vùng đồng bằng sông Cửu Long đến chất lượng gia cố nền bằng xi măng kết hợp với phụ gia trong xây dựng công trình*. Luận án Tiến kỹ Kỹ thuật

Vu Minh Ngan, Le Quang Hanh, 2020. Large soil-cement column applications in Vietnam. *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development, Lecture Notes in Civil Engineering 62*, trang 555-562

Yoshida, H., Jimbo, H., Uesawa, S., 1996. Development and practical applications of large diameter soil improvement method. *Proceedings of the Conf. on Grouting and Deep Mixing, Tokyo, Japan, May 14-17*, trang 721-726.

## ABSTRACT

### Application of big diameter Jet grouting (BDJ) column technology for soft soil improvement at Vinh Tan port, Dong Nai

Nguyen Thanh Duong<sup>1,\*</sup>, Pham Thi Ngoc Ha<sup>1</sup>, Do Nhu Tung<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Hanoi University of Mining and Geology*

<sup>2</sup> *Innovative Geotechnical Engineering J.S.C Raito-Fecon*

Big diameter Jet grouting (BDJ) column technology has been applied for the treatment and improvement of soft soils in many parts of the world and some projects in Vietnam. BDJ column technology has many advantages such as reducing the number of columns, reducing construction time, having great effect in improving the load capacity, and reducing the settlement of the foundation. BDJ columns are often applied to large-load projects such as subway stations, ports, storage tanks, pipelines. This paper will present the results of application of big diameter Jet grouting (BDJ) column technology at Vinh Tan port, Dong Nai province. The results of column head excavation, core drilling and unconfined compression tests show that BDJ columns ensure the shape, size, uniformity and unconfined compressive strength ( $q_u$ ) according to design requirements.

*Keywords:* soft ground improvement, Jet grouting, big diameter, unconfined compressive strength.