

# NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP THIẾT KẾ THIẾT BỊ THI CÔNG CỌC ĐÁ TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

Phạm Văn Minh<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>*Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

*Nhận ngày 05/9/2022, Sửa xong 18/9/2022, Chấp nhận đăng 20/12/2022*

---

## Tóm tắt

Thiết bị thi công cọc đá để gia cố nền đất yếu đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới; trong khi đó ở Việt Nam đây là loại thiết bị mới đang được quan tâm đầu tư nghiên cứu và ứng dụng. Bài báo nghiên cứu đề xuất giải pháp thiết kế thiết bị thi công cọc đá trong điều kiện Việt Nam trong đó tận dụng được các trang thiết bị có sẵn ở trong nước hợp thành tổ hợp thiết bị thi công cọc đá. Kết quả của bài báo phục vụ cho công tác tính toán, thiết kế, khai thác sử dụng và làm chủ thiết bị này trong điều kiện nước ta.

*Từ khóa:* cọc đá; thiết bị thi công cọc đá; phương pháp đầm rung sâu; phương pháp thay thế bằng rung động.

STUDYING SOLUTIONS TO DESIGN EQUIPMENT FOR CONSTRUCTION OF STONE COLUMNS IN VIETNAM CONDITIONS

## Abstract

Equipment for construction of stone columns to reinforce soft ground has been widely applied in the world; while in Vietnam this is a new type of equipment that is being interested in research and application investment. The research paper proposes a solution to design equipment for construction of stone columns in Vietnamese conditions in which taking advantage of the equipment available in the country to form a combination of stone pile construction equipment. The results of the paper serve for the calculation, design, exploitation, use and mastery of this equipment in our country's conditions.

*Keywords:* stone columns; equipment for construction of stone columns; vibro compaction method; vibro replacement method.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(5V\)-05](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(5V)-05) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

---

## 1. Giới thiệu

Cọc đá là giải pháp xử lý nền đất được áp dụng để thi công nền móng cho các công trình đường giao thông, bến cảng, công trình công nghiệp, nhà máy, ... Đây là công nghệ gia cố nền được nghiên cứu phát triển trên thế giới từ những năm 30 của thế kỷ 20 và có bước phát triển nhảy vọt vào những năm 70, cho đến nay đã áp dụng rộng rãi ở nhiều nước phát triển trên thế giới (Anh, Pháp, Hà Lan, Đức, Mỹ, ...). Cơ sở tính toán khả năng chịu tải và độ lún của cọc được Priebe đề xuất và phát triển. Trong đó đã phát hành bản thiết kế cọc đá đầu tiên vào năm 1976, đến năm 1995 chỉ dẫn thiết kế cọc đá theo phương pháp của Priebe chính thức được áp dụng vào thực tế. Trong phương pháp Priebe đã cung cấp quy trình thiết kế cùng với những biểu đồ rõ ràng để đánh giá các chỉ tiêu khác nhau bao gồm mức độ giảm lún của nền, sức chịu tải, sức chống cắt, độ lún của móng và khả năng hóa lỏng của

---

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [minhvp@huce.edu.vn](mailto:minhvp@huce.edu.vn) (Minh, P. V.)

nền đất [1]. Năm 2001 Han và Ye đã trình bày lý thuyết đơn giản để dự báo mức độ cố kết của nền gia cố bằng cọc đá trong việc thay đổi hệ số cố kết  $C'_r$  và nhân tố thời gian  $T'_r$  [2].

Phương pháp này tiếp tục được nghiên cứu bởi các tác giả McKelvey, Muir Wood, W. Sondermann, Greenwood, D. A. [3–7] đã sung hoàn thiện phương pháp tính toán, thử nghiệm và đánh giá chất lượng của cọc đơn và sự làm việc của nhóm cọc đá đưa ra kết luận một cọc đá đơn làm việc độc lập sẽ có khả năng chịu tải cho phép nhỏ hơn so với một cọc nằm trong nhóm. Những cọc xung quanh có chức năng hỗ trợ để tạo ra hiệu ứng nhóm cọc, và do đó, nhóm này trở nên cứng hơn nhờ các cọc xung quanh. Kết quả này cho phép làm tăng đáng kể khả năng chịu tải cho phép của cọc.

Các thí nghiệm trên móng cứng cho thấy, đối với nhóm cọc 2-3 hàng thì khả năng chịu tải cho phép trên một cọc sẽ tăng tỷ lệ với số lượng cọc. Đối với loại móng rộng, do nền đất yếu, phần móng phía dưới sẽ dịch chuyển ngang ra phía ngoài mép móng và sự làm việc phối hợp đồng nhất của móng là tương đối tốt. Mặt khác, một nhóm các cọc trong đất yếu có thể xảy ra phá hoại do phình ngang và phá hoại cường độ một cách cục bộ. Sự phá hoại khả năng chịu tải cục bộ đó là hiện tượng chọc thủng của cọc vào trong khu vực đất yếu xung quanh.

Cùng với sự phát triển của lý thuyết tính toán thiết kế cọc đá thì công nghệ chế tạo cơ khí phát triển chế tạo thiết bị đầm rung sâu chuyên dùng để gia cường đất yếu xuất hiện vào những năm 1930 của hãng Keller. Phát triển thành phương pháp đầm rung sâu để thi công cọc vật liệu rời (cọc cát, sỏi, ...), trong đó có cọc đá. Và dần được hoàn thiện và phát triển thành tiêu chuẩn sử dụng của các quốc gia, Hiệp hội nghiên cứu giao thông của Đức năm 1979 (FGFS, 1979); Bộ giao thông Mỹ đã ban hành hướng dẫn “thiết kế và thi công cọc đá” (USDT, 1983); năm 2000, tổ chức BRE đã ban hành “Chỉ dẫn cọc đá”; đến năm 2003, cộng đồng châu Âu đã ban hành “Xử lý nền bằng kỹ thuật đầm rung sâu” (Tiêu chuẩn châu Âu WG12, 2003). Đây là các cơ sở pháp lý và kỹ thuật góp phần thúc đẩy sự phát triển của công nghệ thi công cọc đá cho đến như ngày nay.

Ở Việt Nam công nghệ sử dụng cọc đá để thi công móng mới được áp dụng để thi công các công trình công nghiệp tương đối muộn từ sau năm 2008 ở một số công trình nhà máy công nghiệp cảng biển và hóa lọc dầu: Nhà máy Inter Flour, nhà máy Vifon, bãi đóng giàn khoan PTSC, nhà máy hóa lọc dầu Nghi Sơn và đã cho thấy phương án có nhiều ưu điểm trong công tác gia cố nền (thời gian nhanh, giá thành cạnh tranh, vật liệu sẵn có, ...). Nền sau khi gia cố có thể chịu được tải trọng cao (lên đến  $50 \text{ T/m}^2$  ở dự án PTSC) và có độ lún dư và lún lệch nhỏ (móng bồn dầu cho dự án hóa lọc dầu Nghi Sơn cho phép lún lệch  $13 \text{ mm}/10 \text{ m}$  theo chu vi) [8]. Đặc biệt trong giai đoạn hiện nay thì công nghệ thi công cọc đá càng có ưu thế phát triển ở nước ta, do các ưu điểm lớn như: cải tạo được nền đất cho chất lượng tốt hơn các công nghệ tương tự (cọc cát, đệm cát, ...); sử dụng nguồn vật liệu sẵn có rẻ tiền (đá dăm 2-8 mm); thời gian thi công nhanh; ...

Do những đặc điểm nêu trên vấn đề nghiên cứu giải pháp thiết kế thiết bị thi công cọc đá trong điều kiện Việt Nam có ý nghĩa kinh tế và kỹ thuật cao góp phần làm chủ công nghệ, giảm giá thành đầu tư ban đầu đáp ứng yêu cầu phát triển của công nghệ thi công cọc đá trong điều kiện nước ta.

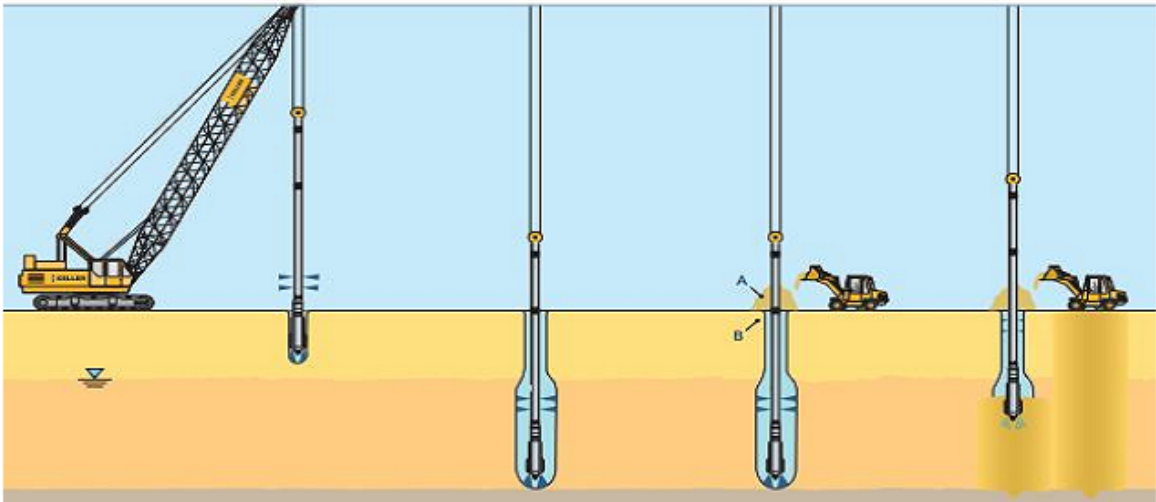
## 2. Công nghệ và thiết bị thi công cọc đá

### 2.1. Công nghệ thi công cọc đá

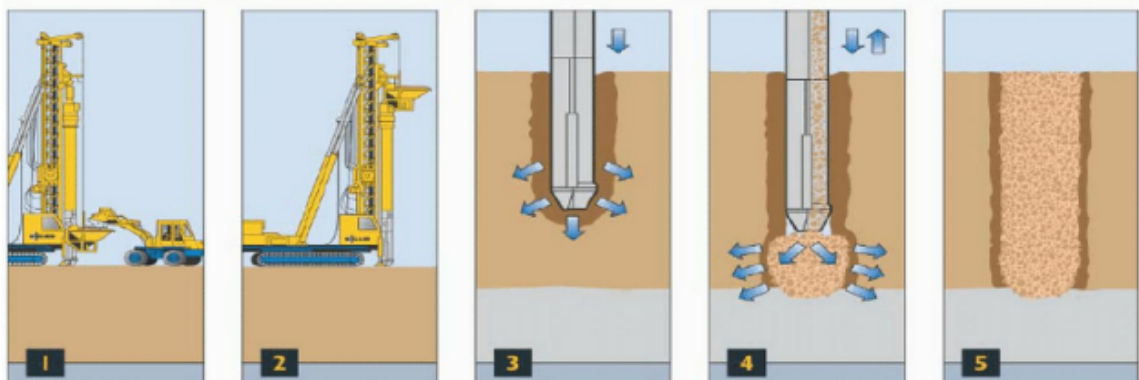
Hiện nay, trên thế giới phát triển hai phương pháp thi công cọc đá thông thường dựa trên các điều kiện đất đã được xử lý: Phương pháp nạp vật liệu từ chân cọc (Phương pháp cấp liệu khô - Dry displacement bottom feed method) và Phương pháp nạp vật liệu từ đỉnh (phương pháp ướt - Wet vibro replacement method) Hình 1 và Hình 2 [9]. Trong đó quy trình công nghệ chủ yếu gồm các bước chính:

- Thi công tạo lỗ cọc: trong bước này nhờ lực rung động của đầm rung tạo ra rung động làm giảm ma sát giữa đất và thiết bị công tác, nhờ trọng lượng của thiết bị (đôi khi chất thêm trọng lượng vật liệu trong thiết bị công tác) mà thiết bị được hạ xuống tạo thành lỗ cọc đá;

- Cấp vật liệu đá dăm và đầm chặt: Đối với phương pháp nạp liệu từ trên thì đá dăm được nhồi trực tiếp xuống lỗ cọc và đầm chặt theo từng đoạn cọc (mỗi đoạn đầm từ 2-3 m), ở phương pháp này độ chặt của cọc đá khó kiểm soát và do đó chất lượng cọc có độ tin cậy thấp hơn phương pháp khô. Trong phương pháp khô vật liệu được nạp xuống đáy lỗ cọc thông qua ống cấp liệu của thiết bị công tác đồng thời là quá trình đầm chặt bằng rung động theo từng đoạn cọc cứ như vậy cọc được thi công đến đoạn trên cùng, ở phương pháp khô cho chất lượng và độ tin cậy của cọc đảm bảo.



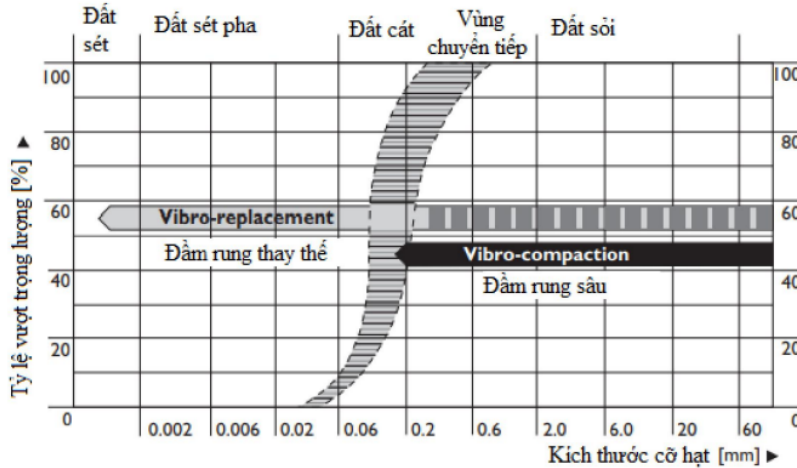
Hình 1. Sơ đồ công nghệ thi công cọc đá bằng Phương pháp nạp vật liệu từ đỉnh (Phương pháp ướt - Wet vibro replacement method)



Hình 2. Sơ đồ công nghệ thi công cọc đá bằng phương pháp nạp vật liệu từ chân cọc (Phương pháp khô - Dry displacement bottom feed method)

Cọc đá được ứng dụng rộng rãi do tính chất linh động và phạm vi sử dụng rộng. Phù hợp để gia cố cho nền đất cát bột rời, đất sét mềm, đất bụi rất mềm, bùn sét và than bùn. McKelvey và cộng sự chứng minh rằng chiều dài của những cọc này có thể dễ dàng đạt tới 15m và trong những trường hợp

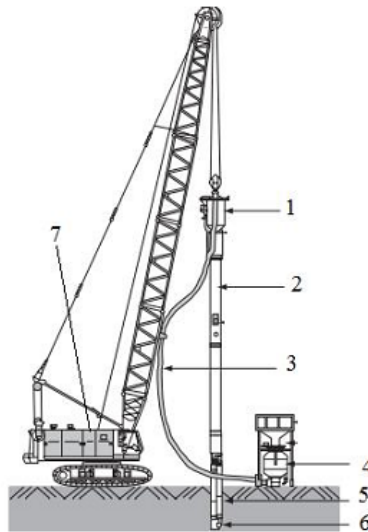
điển hình, cột sẽ chiếm không gian (thể tích) của 10–35% đất trong nền [3, 4]. Chính vì thế gia cố nền bằng phương pháp đầm rung sâu sử dụng đá dăm có kích thước từ 2÷6 mm, cho hiệu quả cải thiện nền đất với sức chịu tải đơn vị đến 100 MPa [6, 10]. Hiệu quả này cho kết quả lớn hơn nhiều so với các phương pháp gia cố nền móng bằng cọc cát, đệm cát, ... (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ mô tả khả năng ứng dụng cọc đá cho các loại nền đất [4]

## 2.2. Thiết bị được sử dụng trong kỹ thuật thi công cọc đá bằng đầm rung sâu

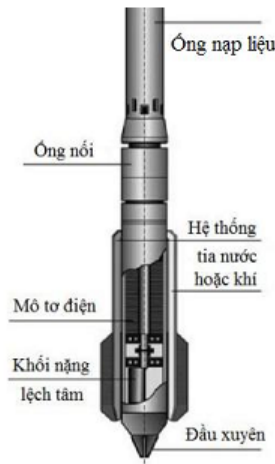
Tổ hợp thiết bị thi công cọc đá (Hình 4) gồm có cần trục phục vụ; thiết bị công tác đầm rung sâu bao gồm đầm rung tiêu chuẩn, thùng chứa liệu, ống nạp liệu, hệ thống tạo tia nước áp lực cao nếu được yêu cầu.



1 - Thùng chứa vật liệu, 2 - Ống nạp liệu, 3 - đường ống tia nước áp lực cao, 4 - Hệ thống tạo tia nước áp lực cao, 5 - Nửa ống cấp liệu, 6 - Mũi côn đầm rung, 7 - Cần trục phục vụ

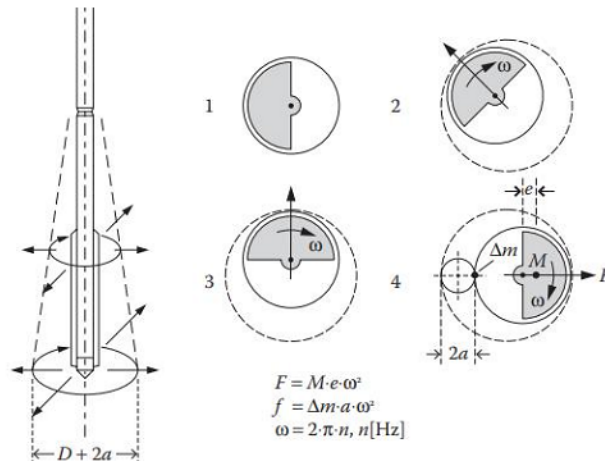
Hình 4. Tổ hợp thiết bị thi công cọc đá bằng đầm rung sâu [11]

Thiết bị chính được sử dụng trong thi công cọc đá đầm rung sâu Hình 5 [12]. Nó có hình dạng ngư lôi với đường kính từ 0,3 – 0,6 m, dài từ 2–5 m và trọng lượng dao động từ 2-4 tấn, tùy theo mục đích và phương án đường kính cọc thi công. Bộ rung sâu có một quả nặng lệch tâm gắn vào một trục gần đáy để tạo ra dao động rung. Khi máy rung quay quanh trục thẳng đứng của nó, quả nặng lệch tâm sẽ phát ra một dao động nằm ngang tác dụng trực tiếp lên bề mặt đất. Bộ rung này được kết nối kèm theo với các ống để dẫn vật liệu. Khi làm việc chúng được treo trên cần trục, Hình 5. Các vây được cố định trên đầu của bộ rung để ngăn nó quay trong lỗ cọc [11, 13–15].



Hình 5. Đầm rung sâu thi công cọc đá

Trên Hình 6 trình bày sơ đồ cấu tạo nguyên lý của đầm rung sâu chuyên dùng để thi công cọc đá. Khi làm việc đầm sẽ thực hiện dao động vô hướng để tác dụng lên nền đất, trong đó có các thông số kỹ thuật cơ bản sau:



$e$  = Eccentricity of bob weight – Khoảng cách lệch tâm;  $M$  = Mass of bob weight – Khối lượng lệch tâm;  
 $a$  = Vibration amplitude – Biên độ dao động của đầm rung;  $D$  = Vibrator diameter – Đường kính dao động đầm rung

Hình 6. Nguyên lý và gia tốc của đầm rung trong mặt phẳng ngang [9]

Chiều rộng của dao động ngang là  $2a$  (biên độ dao động là  $a$ ), được phân bố tuyến tính trên chiều dài của bộ rung (xem Hình 6). Nó bằng không tại khớp nối bộ rung với phần ống nối dài và đạt cực đại ( $10 \div 50$  mm) tại mũi côn của đầm. Đây cũng là điểm có gia tốc cực đại  $a\omega^2$  tại bề mặt máy rung, có thể lên tới hơn  $50g$  ( $500 \text{ m/s}^2$ ).

Lực ly tâm  $F = M\omega^2 e$  là kết quả của tốc độ quay  $\omega$  của quả nặng lệch tâm với khối lượng  $M$  và độ lệch tâm  $e$ , tác dụng lực theo phương ngang lên khối đất xung quanh để thực hiện quá trình đầm chặt của quả đầm. Tùy theo loại đầm mà giá trị lực ly tâm  $F$  nằm trong khoảng từ  $150 \div 700$  kN. Trong Bảng 1 giới thiệu tổng quan về đặc tính máy rung và động cơ của máy rung sâu của một số hãng trên thế giới đang được sử dụng trong công nghệ thi công cọc đá hiện nay.

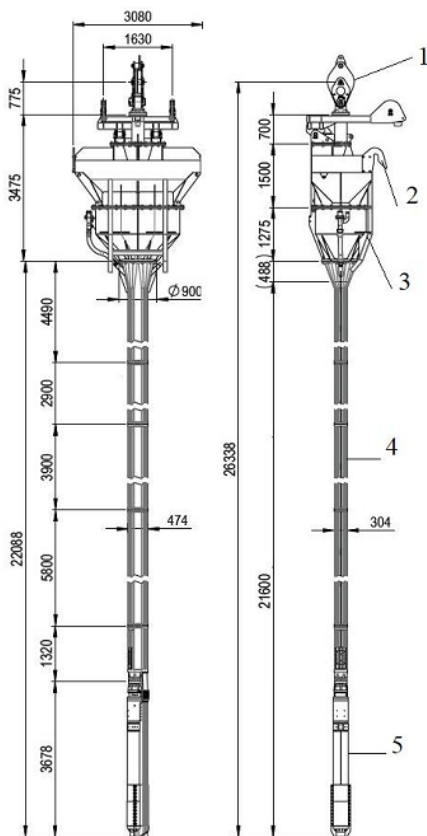
Bảng 1. Đặc tính kỹ thuật đầm rung chuyên dùng trong công nghệ thi công cọc đá

Hãng	Kiểu máy	Đường kính (mm)	Công suất kW	Tần số Hz	Lực kích rung max (kN)	Hai lần biên độ	Loại hình dẫn động
Betterground	B12	292	94	50	170	9	Thủy lực
	B27	354	140	30	270	24	Thủy lực, Điện
	B41	390	210	30	410	42	Điện
	B54	460	360	30	842	54	Điện
Keller Group	MB 1670	315	70	50-60	157-226	7	Điện
	LB 20/00	315	100	60	201	5	Điện
	S 203/34	421	120	30	340	29	Điện
	S 700	490	290	25-30	742-690	50/45	Điện
	N-Alpha	259	60	60	130	6	Thủy lực

Cần trục sử dụng trong tổ hợp thiết bị thi công cọc đá thường là cần trục sử dụng trong các máy thi công thông dụng như: máy khoan cọc nhồi, máy đóng cọc, ... trong đó yêu cầu tối thiểu có trang bị hai cơ cấu nâng, một cơ cấu nâng chính để nâng hạ thiết bị thi công và một cơ cấu nâng phụ để nâng hạ gầu nạp đá cốt liệu cho thiết bị, ... Là các loại máy của hãng nổi tiếng trên thế giới như Liebherr với seri máy cơ sở (LBR 125; LBR 155; LBR 255; seri máy: HS 833 HD; HS 855; HD HS 885; HD R625; R825; R930, ...); Bauer với seri máy cơ sở (BG18; BG28; BG32; BG39; BG40; BG44; BG46; dòng BF); Hitachi với Series KH (KH100, 125, 150, 165, 180, 200, 230, 250, 300, 500, 800, ...); Kobeco serie (BM400 ÷ BM1500). Đây là các thiết bị đang được sử dụng phổ biến trên thị trường Việt Nam hiện nay.

Thiết bị công tác Hình 7 gồm các bộ phận: ống dẫn vật liệu, bộ phận liên kết với tời nâng, bộ phận liên kết với đầm rung chuyên dùng và các bộ phận phụ trợ khác.

Nhận xét, tổ hợp thiết bị thi công cọc đá có các thiết bị chính là cần trục phục vụ, kết cấu thép bộ phận công tác hoàn toàn có thể mua sắm hoặc chế tạo ở trong nước với giá thành rẻ. Còn đầm rung chuyên dùng là thiết bị yêu cầu trình độ công nghệ cao phải đi nhập khẩu từ nước ngoài [16, 17].



1 - Bộ phận liên kết với cần trục; 2 - Bộ phận dẫn hướng cho gầu nạp liệu; 3 - Thùng chứa vật liệu; 4 - Ống nạp liệu; 5-Đảm rung chuyên dùng

Hình 7. Sơ đồ thiết bị công tác thi công cọc đá

### 3. Tính toán thiết kế thiết bị thi công cọc đá trong điều kiện Việt Nam

Như đã phân tích ở trên, giải pháp thiết kế và chế tạo tổ hợp thiết bị thi công cọc đá trong điều kiện Việt Nam được đề xuất theo phương án:

- Mua đảm rung chuyên dùng có sẵn của các hãng trên thế giới và chế tạo phần kết cấu thép của thiết bị đồng bộ với đảm để tổ hợp thành thiết bị công tác;
- Tính toán lựa chọn cần trục phục vụ cho tổ hợp thiết bị.

Với phương án này sẽ góp phần làm giảm giá thành đầu tư mua sắm ban đầu, do tận dụng được các thiết bị có sẵn ở trong nước; cùng với việc chế tạo phần kết cấu thép đồng bộ với đảm rung chuyên dùng nhập khẩu để tổ hợp thành thiết bị công tác sẽ cho phép chủ động trong công tác khai thác sử dụng, nâng cao trình độ cán bộ ở trong nước, đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao [16, 17].

#### 3.1. Tính toán xác định các thành phần lực cần công tác

Trong quy trình thi công cọc đá có công đoạn thi công tạo lỗ và rút thiết bị công tác đồng thời với quá trình đầm chặt. Trong các công đoạn này sẽ phát sinh lực cản tác dụng lên thiết bị công tác thi công cọc đá làm cơ sở để tính toán lựa chọn tải trọng nâng của cơ cấu nâng cần trục phục vụ trong quá trình thi công.



a. Lực hạ thiết bị khi thi công tạo lỗ

Trong quá trình thi công tạo lỗ cọc đá, bộ phận rung chuyên dùng làm việc tạo ra dao động và đồng thời được hạ xuống bởi tời nâng của cần trục. Lực rung động của đầm rung chuyên dùng làm giảm ma sát giữa thành bên của thiết bị công tác và nền đất; nhờ trọng lượng bản thân của thiết bị mà thiết bị công tác gồm đầm rung chuyên dùng và ống thép hạ xuống thâm nhập vào nền đất tạo thành một khoảng trống hình khuyên xung quanh bộ rung và ống thép đến độ sâu thiết kế. Trong trường hợp gặp nền đất cứng có lực cản lớn thì sử dụng tia nước áp lực cao phun ở mũi cọc để giảm lực cản hạ thiết bị xuống.

Như vậy, lực cản phát sinh trong quá trình tạo lỗ cọc đá chủ yếu là sức kháng ở mũi cọc, được tính toán theo sức kháng mũi của đầu cọc [18],

$$Q_{ch} = q_b A_b \quad (1)$$

trong đó  $A_b$  là tiết diện ngang mũi thiết bị;  $q_p$  là sức kháng mũi đơn vị cực hạn của cọc, được tính theo công thức sau:

$$q_b = k_c q_c \quad (2)$$

trong đó  $q_c$  là cường độ sức kháng mũi xuyên trung bình của đất tra theo loại đất Bảng G2 tài liệu [18];  $k_c$  là hệ số chuyển đổi sức kháng mũi xuyên thành sức kháng mũi cọc, tra theo loại đất Bảng G2 tài liệu [18].

Tải trọng trong quá trình hạ tác dụng lên bộ phận nâng tải của máy cơ sở là trọng lượng của thiết bị công tác gồm:

$$N_h = G_{dr} + G_{ct} \quad (3)$$

trong đó  $G_{dr}$  trọng lượng của đầm rung chuyên dùng, KN;  $G_{ct}$  trọng lượng kết cấu thép của thiết bị công tác, KN.

Trong trường hợp cần thiết có thể bổ sung thêm phần gia tải là trọng lượng cốt liệu cọc vào trong thùng chứa và ống nạp vật liệu, khi này  $N_h$ , được xác định như sau:

$$N_h = G_{dr} + G_{ct} + G_{vl} \quad (4)$$

trong đó  $G_{vl}$  là trọng lượng cốt liệu chứa trong thiết bị thi công, KN; được tính theo công thức:  $G_{vl} = V_{vl} \gamma$ , KN; với  $V_{vl}$  là dung tích danh nghĩa của thùng và phần ống nạp chứa vật liệu,  $m^3$ ;  $\gamma$  là trọng lượng riêng của vật liệu,  $kN/m^3$ .

Điều kiện để thiết bị thi công tạo được lỗ khoan là:

$$N_h > Q_{ch} \quad (5)$$

b. Lực nâng thiết bị khi thi công

Trọng lượng thiết bị công tác thi công cọc đá và vật liệu trong quá trình thi công được xác định theo công thức:

$$G_n = G_{dr} + G_{ct} + G_{vl} \quad (6)$$

trong đó  $G_{dr}$  là trọng lượng của đầm rung chuyên dùng, KN;  $G_{ct}$  là trọng lượng kết cấu thép của thiết bị công tác, KN và  $G_{vl}$  là trọng lượng cốt liệu chứa trong thiết bị thi công, KN được lấy theo công thức (4).

Ngoài ra do quá trình nâng kèm với quá trình làm việc của đầm rung để giảm ma sát giữa thành bên của thiết bị và nền đất, kể đến ảnh hưởng này ta lấy giá trị lực nâng thiết bị công tác được tính như sau:

$$N_n = k_n G_n \quad (7)$$



trong đó  $k_n = 1,5 \div 2$  hệ số kể đến ảnh hưởng của quá trình rung động và lực ma sát thành bên thiết bị và nền đất đến lực nâng thiết bị.

c. Lực nâng hạ gầu nạp liệu

Trong quá trình thi công, thiết bị phục vụ cần trục có tời nâng phụ để nâng hạ gầu nạp vật liệu đá cấp vào phễu của ống thép của thiết bị công tác để chuyển vật liệu xuống hố cọc.

Tải trọng nâng  $Q_{np}$  sẽ được tính theo công thức:

$$Q_{np} = V_0\gamma + G_m, \quad \text{kN} \quad (8)$$

trong đó  $V_0$  là dung tích danh nghĩa của gầu vận chuyển vật liệu,  $\text{m}^3$ ;  $\gamma$  là trọng lượng riêng của vật liệu,  $\text{kN}/\text{m}^3$ ;  $G_m$  trọng lượng gầu chứa vật liệu,  $\text{kN}$ .

3.2. Tính toán lựa chọn cần trục và máy cơ sở có sẵn

Cần trục và máy cơ sở là cụm thiết bị có giá trị khá lớn trong tổ hợp thiết bị thi công cọc đá. Vì vậy việc chọn cần trục có sẵn sẽ làm giảm đáng kể giá thành đầu tư thiết bị và chủ động thi công theo phương pháp đã chọn. Cần trục chỉ dùng để nâng hạ thiết bị công tác khi thi công cọc đá, không cung cấp năng lượng để dẫn động đầm rung chuyên dùng. Vì vậy có thể sử dụng các máy thi công thông dụng có sẵn tại các đơn vị thi công như cần trục tự hành, máy khoan cọc nhồi, máy đóng cọc, ... có trang bị cần đảm bảo tầm với cùng chiều cao nâng theo yêu cầu và hai cơ cấu nâng; cơ cấu nâng chính để nâng hạ thiết bị công tác khi thi công và cơ cấu nâng phụ để nâng hạ gầu nạp liệu cho thiết bị.

Trình tự các bước tính chọn cần trục có sẵn:

- Điều kiện về tải trọng nâng [19]: Trên cơ sở thiết bị công tác đã tính toán thiết kế ở trên, ta xác định lực nâng thiết bị khi thi công  $N_n$  theo công thức (6), (7) và lực nâng gầu nạp liệu yêu cầu  $Q_{np}$  theo công thức (8). Cần trục phải có tải trọng nâng của cơ cấu nâng chính  $Q_{nch}$  và cơ cấu nâng phụ  $Q_{np}$  thỏa mãn điều kiện:

$$Q_{nch} \geq N_n; \quad Q_{ph} \geq Q_{np}, \quad \text{kN} \quad (9)$$

- Điều kiện về chiều cao nâng và tầm với [19]:

Theo sơ đồ Hình 8, cần trục phải có chiều cao tối thiểu từ mặt nền máy đứng đến trục cụm pully đầu cần  $H$  là

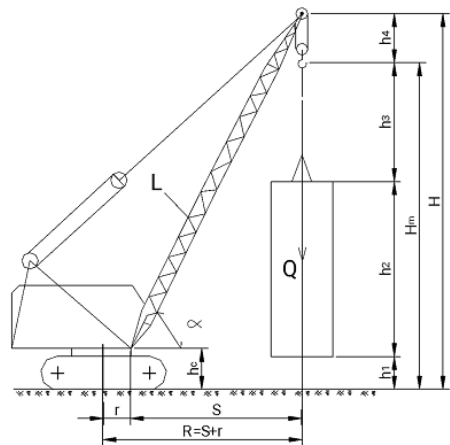
$$H = H_m + h_4 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad \text{m} \quad (10)$$

trong đó  $h_1 = (0,5 \div 1)$  m, khoảng cách từ nền đến đáy thiết bị công tác khi nâng khối mặt đất;  $h_2$  là chiều cao thiết bị công tác gồm kết cấu thép và đầm rung chuyên dùng (xem Hình 7), m;  $h_3$  là chiều cao thiết bị treo buộc (bộ phận mang thiết bị công tác), m;  $h_4$  là khoảng cách tối thiểu từ tâm móc treo đến trục cụm pully đầu cần.

Chiều dài cần nhỏ nhất được xác định theo công thức:

Để nâng cao độ ổn định và khả năng chịu tải, cần ở vị trí có tầm với nhỏ nhất  $R_{\min} = S + r$  ứng với góc nghiêng  $\alpha_{\max} = 750 \div 800$ , khi đó cần có chiều dài:

$$L = \frac{H - h_c}{\sin \alpha_{\max}}, \quad \text{m} \quad (11)$$



Hình 8. Sơ đồ tính toán lựa chọn cần trục phục vụ thiết bị công tác thi công cọc đá

trong đó  $r = (1 \div 1,5)$  m là khoảng cách từ trục quay của cần trục đến chốt chân cần;  $S$  là khoảng cách từ tâm móc treo đến chốt chân cần, m.

Trong trường hợp cần trục có sẵn của đơn vị thi công không đáp ứng được các điều kiện (9) và (10), có thể xử lý theo 2 phương án sau:

- Thiết kế cải tạo cần trục có sẵn: với phương châm tận dụng tối đa tài nguyên về thiết bị của đơn vị thi công nhằm giảm chi phí và chủ động trong thi công, có thể nghiên cứu thiết kế cải tạo cần trục có sẵn song không ảnh hưởng đến tính nguyên bản của cần trục theo hướng tăng tải trọng nâng của máy bằng cách tăng bội suất pa lăng cáp của cơ cấu nâng (khi đó tốc độ nâng của máy giảm song không ảnh hưởng tới quá trình thi công cọc đá vì tốc độ nâng yêu cầu rất nhỏ); tính toán khả năng chịu tải của cần và tính toán kiểm tra ổn định máy.

- Chọn loại máy thỏa mãn các điều kiện (9), (10), (11) và đi thuê máy nếu đơn vị thi công không có sẵn. Phương án này có chi phí lớn hơn song vẫn chủ động trong thi công.

### 3.3. Nguyên tắc tính toán phần kết cấu thép của thiết bị công tác

Phần kết cấu thép của bộ phận công tác thiết bị thi công cọc đá khi làm việc không chịu các thành phần tải trọng phức tạp, chủ yếu là chịu tải trọng do trọng lượng bản thân của thiết bị trong quá trình thi công, có giá trị lớn nhất là  $N_n$  tính theo công thức (7). Qua quá trình khảo sát máy mẫu của các hãng trên thế giới và thiết bị của công ty Fecon nhận thấy, giá trị tải trọng này nhỏ so với khả năng chịu tải của phần kết cấu ống nạp liệu (thường được làm từ thép SS400 và có chiều dày thành ống 14 mm). Do đó, việc tính toán thiết kế được thực hiện như những kết cấu thép dạng ống thông thường, trong đó chủ yếu đảm bảo các điều kiện về vật liệu và công nghệ chế tạo với các yêu cầu gia công phù hợp với trình độ công nghệ gia công chế tạo ở Việt Nam.

## 4. Kết luận

Bài báo đã trình bày sự cần thiết của việc áp dụng công nghệ thi công cọc đá trong công tác gia cố nền móng các công trình công nghiệp, đường giao thông, bến cảng, ... đây là một công nghệ mới có hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao đã được áp dụng ở nhiều nước trên thế giới. Trên cơ sở nghiên cứu về công nghệ và thiết bị thi công cọc đá, cùng với việc khảo sát trình độ, trang thiết bị sẵn có ở trong nước đề xuất được giải pháp thiết kế tổ hợp thiết bị thi công cọc đá phù hợp với điều kiện trong nước.

Bài báo cũng trình bày được các tính toán cơ bản để lựa chọn được thiết bị của tổ hợp thiết bị thi công cọc đá gồm: cần trục và máy cơ sở phục vụ, thiết kế tiến tới chế tạo phần kết cấu thép của bộ phận công tác. Qua đó góp phần nội địa hóa một phần thiết bị và giảm giá thành mua sắm các bộ phận trong tổ hợp thiết bị thi công cọc đá, tăng khả năng sử dụng chung của các thiết bị trong nước có sẵn và đồng thời nâng cao trình độ khai thác sử dụng và làm chủ thiết bị thi công cọc đá ở Việt Nam.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Priebe, H. (1976). Abschätzung des Setzungsverhaltens eines durch Stopfverdichtung verbesserten Baugrundes. *Bautechnik*, 53(5).
- [2] Han, J., Ye, S.-L. (2001). Simplified method for consolidation rate of stone column reinforced foundations. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(7):597–603.
- [3] McKelvey, D., Sivakumar, V., Bell, A., Graham, J. (2004). A laboratory model study of the performance of vibrated stone columns in soft clay. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 152: 1–13.
- [4] McKelvey, D., Sivakumar, V., Bell, A., Graham, J. (2004). [Modelling vibrated stone columns in soft clay](#). *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering*, 157(3):137–149.

- [5] Greenwood, D. A. (2001). Discussion: Group effects in stone column foundations: model tests. *Geotechnique*, 51(7):649–649.
- [6] Sondermann, W., Wehr, W. (2004). “Deep vibro techniques” in ground improvement. 2nd edition, New York: Spon press.
- [7] Greenwood, D. A. (2001). Discussion: Group effects in stone column foundations: model tests. *Geotechnique*, 51(7):649–649.
- [8] <https://vssmge.org/ung-dung-coc-da-de-gia-co-nen-dat-yeu-o-viet-nam/>.
- [9] Kirsch, K., Kirsch, F. (2010). *Ground Improvement By Deep Vibratory Methods*. CRC Press.
- [10] Degebo (1942). *Gutachten über die Tragfähigkeit des nach dem Kellerverfahren verfestigten Untergrundes in Roringheten/Heroen*.
- [11] Greenwood, D. A., Kirsch, K. (1984). Specialist ground treatment by vibratory and dynamic methods. *Piling and ground treatment*, Thomas Telford Publishing, 17–45.
- [12] <https://www.keller.co.uk/sites/keller-uk/files/2019-03/vibro-techniques-brochure-keller-uk.pdf>.
- [13] Brauns (1978). Initial bearing capacity of stone column and sand piles. *Proc. Symp. "Soil Reinforcing and Stabilizing Techniques in Engineering Practise"*, Sydney.
- [14] Baumann, V., Bauer, G. E. A. (1974). The Performance of Foundations on Various Soils Stabilized by the Vibro-compaction Method. *Canadian Geotechnical Journal*, 11(4):509–530.
- [15] Degen, W. (1997). *Vibroflotation ground improvement*. Altendorf.
- [16] Minh, P. V., Dũng, P. Q. (2018). Nghiên cứu xác định chế độ làm việc hợp lý của thiết bị công tác hạ ống vách thép thi công cọc nhồi bằng phương pháp ép xoay. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 12(6):1–7.
- [17] Pham, V., Pham, Q. (2022). Method for determining working regimes with reasonableness of equipment casing pipes by rotary press - in. *Journal of Applied Engineering Science*, 20(2):447–454.
- [18] TCVN 10304:2014. *Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [19] Thành, T. Q. (2012). *Máy nâng và cơ giới hóa công tác lắp ghép*. Nhà xuất bản Xây dựng.