

## NGHIÊN CỨU VỀ KHẢ NĂNG CHỊU TẢI TRỌNG NHỎ CỦA CỌC VÍT ATT

### STUDY ON UPLIFT RESISTANCE CAPACITY OF ATT COLUMN

Phạm Hoàng Kiên

*Viện Kỹ thuật xây dựng Trường Đại học Giao thông Vận tải*

Daisuke Ito

*AsahiKasei Construction Materials Corporation*

Eijiro Mizoguchi

*Tenox Corporation*

**TÓM TẮT:** Cọc vít ATT là một loại cọc phức hợp được cấu tạo bởi ngoài là trụ đất - xi măng, trong là ống thép có cánh. Bài viết này giới thiệu về thí nghiệm tải trọng lặp thẳng đứng đã được tiến hành tại Nhật Bản để đánh giá khả năng chịu tải trọng nhỏ của cọc vít ATT. Tiêu chuẩn thí nghiệm được áp dụng là tiêu chuẩn của Hiệp hội nền móng Nhật Bản. Kết quả thí nghiệm cho thấy sức chịu nhỏ cực hạn của cọc lớn hơn gấp 3 lần so với sức chịu nhỏ thiết kế được tính toán theo các công thức trong quy trình. Do ảnh hưởng của việc giảm áp lực có hiệu  $\sigma'_v$  và tác dụng của tải trọng lặp đổi dấu, ở phạm vi gần bề mặt đất, ma sát thành trong trường hợp cọc chịu nhỏ sẽ có giá trị nhỏ hơn so với trường hợp cọc chịu nén.

**ABSTRACT:** ATT column is the hybrid pile made of steel pipe with spiral wings installed in soil cement column. In this paper, alternately cyclic vertical loading test which was performed in Japan to confirm uplift resistance capacity of ATT column is introduced. The test was performed following test specification specified by Japanese geotechnical society. The test results shown that ultimate uplift resistance capacity of ATT column is larger than 3 times of uplift resistance design value calculated according to formula of design specification. It is also noted that due to effects of decrease of effective overburden pressure and alternately cyclic vertical loading, in the area near ground surface skin friction of uplift ATT column will have smaller value than that of compression ATT column.

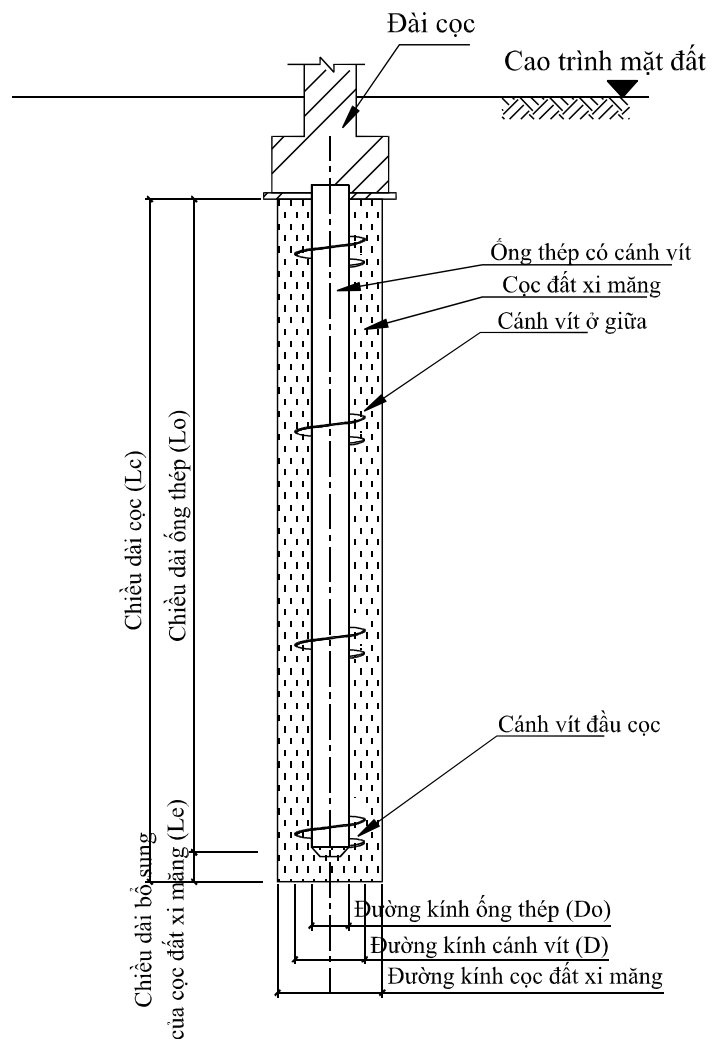
## 1. MỞ ĐẦU

Cọc vít ATT là công nghệ đã được nghiên cứu khai phát ở Nhật Bản. Nó là một loại cọc phức hợp giữa trụ đất- xi măng (được tạo ra bằng phương pháp cải tạo nền tầng sâu (cement deep mixing method)) và ống thép có cánh (steel pipe with spiral wings, các cánh thép được bố trí một cách không liên tục dọc theo chiều dài ống thép). Cọc vít ATT có khả năng chịu lực cao cả theo phương thẳng đứng (nén và nhổ) và phương ngang. Hơn nữa, trong quá trình thi công chỉ làm phát sinh một lượng bùn đất thải rất nhỏ, độ ồn và rung động thấp, nên nó còn là công nghệ thân thiện với môi trường. Cọc vít ATT còn có ưu điểm là dễ dàng kiểm soát cao độ đầu cọc, việc thi công không gây ảnh hưởng đến các công trình xung quanh, có thể thi công ở cả những nơi mặt bằng chật hẹp. Cọc vít ATT cũng sẽ là một giải pháp rất thích hợp cho trường hợp nhà xây chen trong các khu đô thị. Cho đến nay cọc Vít ATT đã được áp dụng cho khoảng gần 5.000 công trình ở Nhật Bản. Có thể nói cọc Vít ATT là công nghệ sử dụng ống thép có đường kính nhỏ tiêu biểu của Nhật Bản.

Nhật Bản là nước có các công nghệ xử lý nền đất yếu tiên tiến. Tuy nhiên trên thực tế, có rất nhiều trường hợp nền đất chịu lực nằm khá sâu, điều này làm cho chiều dài cọc lớn và do đó làm tăng giá thành của kết cấu phần dưới. Cọc vít ATT (Hình 1) đã được nghiên cứu khai phát để giải quyết vấn đề này. Cọc vít ATT là loại cọc ma sát do tạo ra được lực ma sát lớn xung quanh thân cọc nên không nhất thiết phải chống xuống nền đất tốt và như vậy nó sẽ là một giải pháp có tính kinh tế cao, đặc biệt trong điều kiện nền đất yếu.

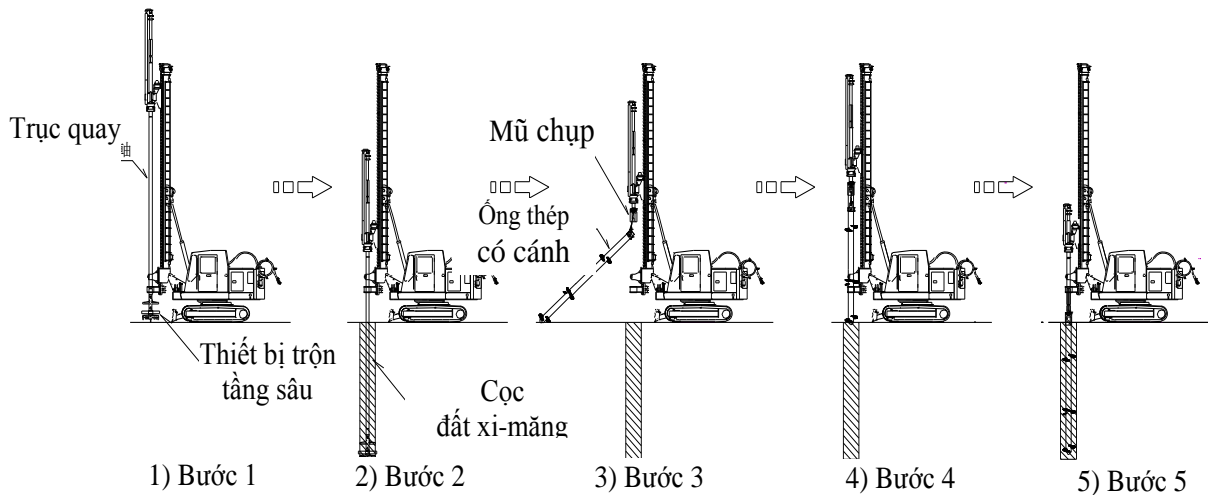
Trình tự thi công cọc vít ATT (Hình 2) có thể chia thành hai giai đoạn như sau: giai đoạn 1 - thi công trụ đất-xi măng; giai đoạn 2 - thi công ống thép có cánh để hạ nó vào trong thân trụ đất - xi măng. Đặc điểm của công nghệ là có thể dùng một máy cơ sở để thi công trong cả hai giai đoạn.

Bài viết này giới thiệu về thí nghiệm tải trọng lặp thẳng đứng đã được tiến hành tại Nhật Bản để đánh giá khả năng chịu tải trọng nhổ của cọc vít ATT. Kết quả thí nghiệm cho thấy



Hình 1: Cấu tạo của cọc vít ATT

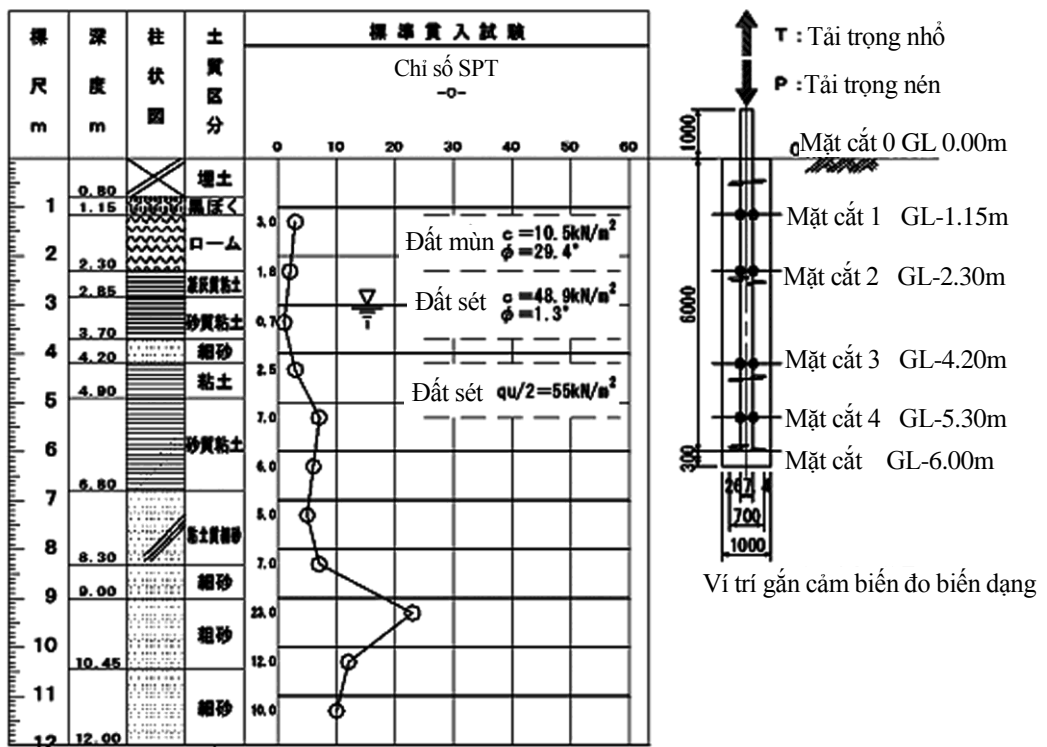
sức chịu nhỏ cực hạn của cọc lớn hơn gấp 3 lần so với sức chịu nhỏ thiết kế được tính toán theo các công thức trong quy trình. Ở phạm vi gần bề mặt đất, ma sát thành trong trường hợp cọc chịu nhỏ sẽ có giá trị nhỏ hơn so với trường hợp cọc chịu nén do ảnh hưởng của việc giảm áp lực cố hiệu  $\sigma'_v$  và tác dụng của tải trọng lặp đôi đầu.



Hình 2: Trình tự thi công cơ bản

## 2. ĐIỀU KIỆN NỀN ĐẤT TẠI HIỆN TRƯỜNG VÀ CÁC THÔNG SỐ VỀ CỌC THÍ NGHIỆM

### 2.1. Điều kiện nền đất tại hiện trường thí nghiệm



Hình 3: Hình trụ hố khoan khảo sát địa chất và độ sâu hạ cọc thí nghiệm

Địa điểm tiến hành thí nghiệm thuộc thành phố Tsukuba, tỉnh Ibaraki. Kết quả khảo sát địa chất cho thấy các lớp đất được phân bố như sau: phía trên cùng là lớp đất đắp, đến độ sâu GL-2.9m là lớp đất mùn và đất sét pha màu xám có chỉ số SPT từ 2 đến 3, đến độ sâu GL-6.8m là lớp đất sét (được xen ở giữa bởi một lớp cát mịn mỏng) với chỉ số SPT từ 1 đến 7, tiếp theo là lớp đất cát có chỉ số SPT từ 5 đến 23. Độ sâu của mực nước ngầm là khoảng GL-2.0m. Hình trụ hồ khoan khảo sát địa chất, độ sâu hạ cọc thí nghiệm và sơ đồ bố trí cảm biến đo biến dạng được thể hiện trong Hình 3. Các đặc trưng cơ lý của nền đất cũng được thể hiện trong Hình 3.

## 2.2. Các thông số về cọc thí nghiệm

Bảng 1 thể hiện các thông số của cọc thí nghiệm. Cọc thí nghiệm được thi công bằng cách đầu tiên tạo trụ đất- xi măng có đường kính  $\Phi 1000\text{mm}$ , sau đó xoay để hạ ống thép có cánh vào trong thân trụ đất- xi măng. Với mục đích để kiểm tra chất lượng, một trụ đất- xi măng được thi công bên cạnh cọc thí nghiệm. Kết quả nén các mẫu thí nghiệm được lấy từ trụ đất- xi măng này cho thấy cường độ trung bình của phần trụ đất - xi măng là  $1,71 \text{ N/mm}^2$ .

**Bảng 1: Thông số cọc thí nghiệm**

No	Đường kính ống thép Do (mm)	Đường kính cánh vít D (mm)	Đường kính trụ đất - xi măng Dc (mm)	Chiều dày ống thép t (mm)	Diện tích mặt cắt ngang Ao ( $\text{m}^2$ )	Vật liệu ống thép	Chiều dài ống thép Lp (m)	Chiều sâu hạ cọc (GL-m)
1	267,4	700	1,000	12,7	10,162	STK490	7,0	6,5

## 3. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM TẢI TRỌNG LẬP THẲNG ĐỨNG

### 3.1. Tiêu chuẩn thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành theo “Phương pháp tải trọng lập thẳng đứng, được quy định trong tiêu chuẩn "Phương pháp thí nghiệm tải trọng thẳng đứng đối với kết cấu cọc" của Hiệp hội nền móng Nhật Bản (Tháng 5/2002).

### 3.2. Phương pháp gia tải

Tải trọng lập được tăng dần từ 300kN đến tải trọng thí nghiệm dự kiến (1,300kN đối với tải trọng nén và -700kN đối với tải trọng nhỏ). Giá trị của tải trọng thí nghiệm dự kiến được lấy là 3 lần sức chịu tải thiết kế. Nếu đến tải trọng thí nghiệm dự kiến mà khả năng chịu nhỏ vẫn chưa đạt được giá trị cực hạn, tải trọng sẽ được tăng dần lần lên đến khi đạt được giá trị cực hạn.

### 3.3. Các nội dung đo

Giá trị của tải trọng được quản lý bằng cảm biến đo tải trọng (Load Cell). Chuyển vị thẳng đứng tại đầu và mũi cọc được đo bằng chuyển vị kế có độ chính xác là 0,01mm. Ngoài ra, để xác định sự truyền của tải trọng theo độ sâu, 2 cảm biến đo biến dạng được gắn tại mỗi mặt cắt từ 1 đến 4 của ống thép có cánh (Hình 3).

### 3.4. Điều tra sau thí nghiệm

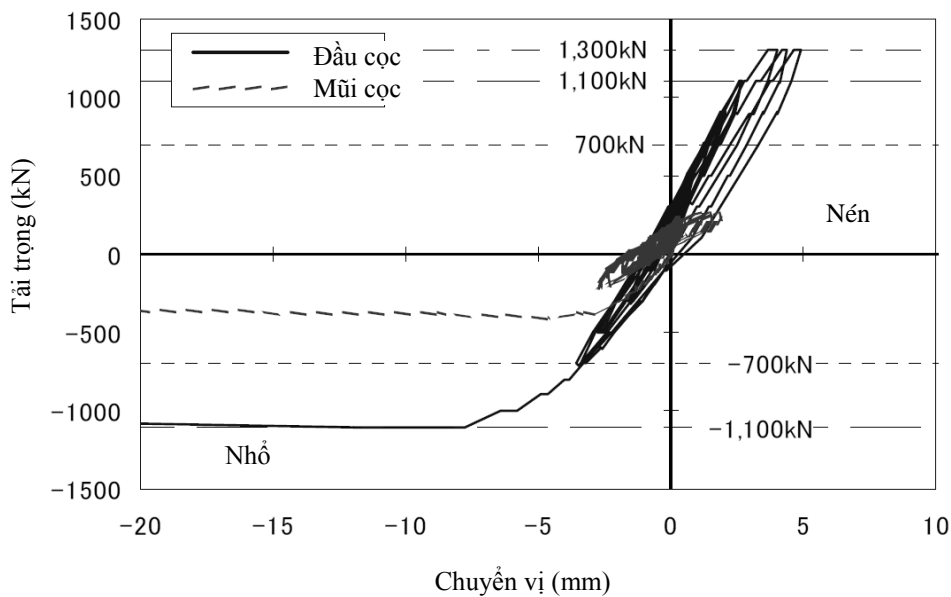
Sau khi kết thúc thí nghiệm, nền đất xung quanh cọc được đào lên bằng máy xúc. Đất bám xung quanh cọc cũng được dỡ bỏ một cách cẩn thận bằng chổi cứng. Nhờ đó có thể quan sát được trạng thái của cọc và nền đất xung quanh. Phạm vi đào đất là đến độ sâu GL-3m.

## 4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

### 4.1. Quan hệ tải trọng - chuyển vị

Quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị tại đầu cọc và mũi cọc được thể hiện trong Hình 4. Đối với tải trọng nén, đường cong quan hệ tải trọng - chuyển vị cho thấy đến giá trị tải trọng nén 1100kN, quan hệ ứng xử vẫn mang tính đàn hồi, chưa thấy xuất hiện biến dạng dẻo. Khi tải trọng nén đạt đến giá trị tải trọng thí nghiệm 1300kN, chuyển vị ở đầu cọc cũng vẫn rất nhỏ 4.88mm (0,007D), như vậy tải trọng nén chưa đạt đến giá trị cực hạn.

Mặt khác, đối với tải trọng nhỏ, đường cong quan hệ tải trọng - chuyển vị cho thấy đến giá trị tải trọng nhỏ -700kN, quan hệ ứng xử có tính đàn hồi. Sức kháng nhỏ cực hạn là -1100kN ứng với chuyển vị đầu cọc là 12,01mm.



Hình 4: Quan hệ tải trọng - chuyển vị

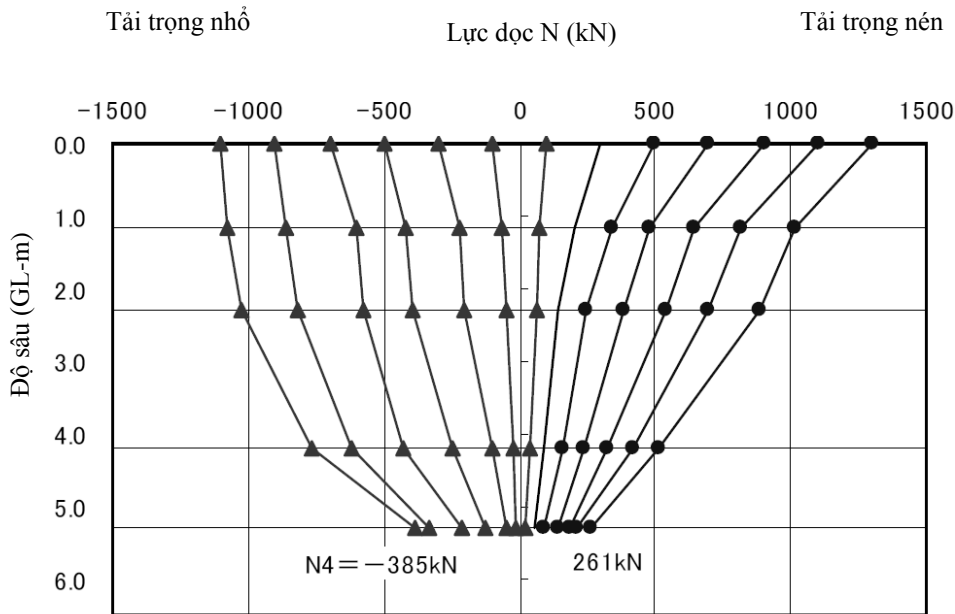
### 4.2. Phân bố lực dọc và độ lớn của ma sát thành

Phân bố của lực dọc được thể hiện trên Hình 5. Quan hệ giữa ma sát thành và chuyển vị tương đối được thể hiện trong Hình 6. Trong đó, lực dọc N được tính bằng cách nhân diện tích mặt cắt ngang của ống thép A<sub>0</sub> với môđun đàn hồi E<sub>s</sub> và với giá trị biến dạng ε. Độ lớn của ma sát thành được tính toán tại vị trí mặt tiếp xúc giữa trụ đất xi măng và nền đất xung quanh.

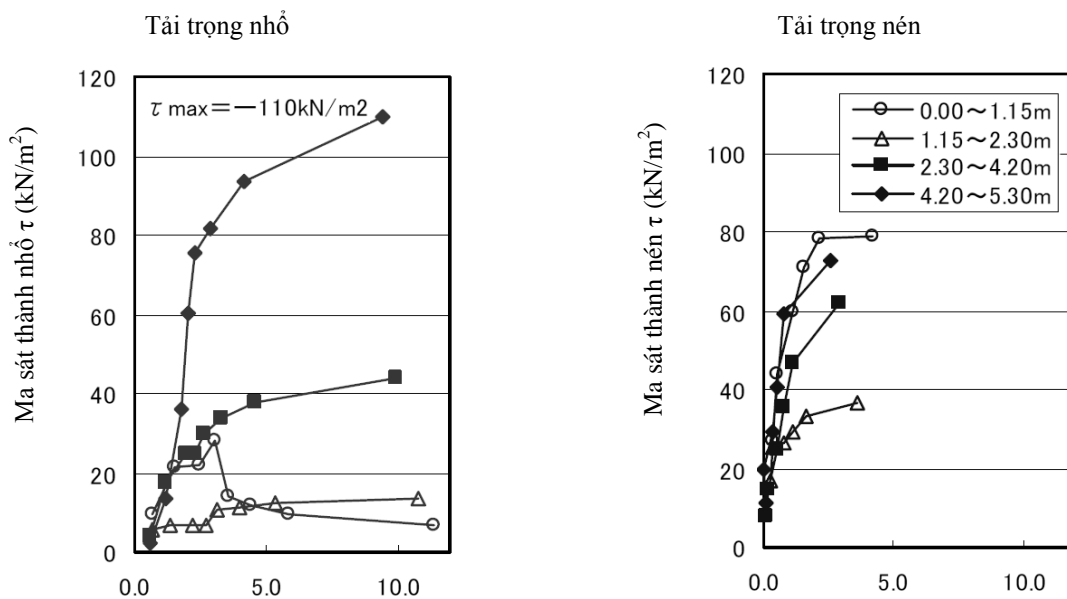
Sự phân bố của lực dọc trong hai trường hợp tải trọng nén và nhỏ là khác nhau (Hình 5). Xét về tổng thể, lực dọc được truyền xuống trong trường hợp tải trọng nhỏ sẽ có giá trị lớn hơn. Với cùng một cấp tải trọng ± 1.100kN, so sánh giá trị lực dọc được truyền xuống tại mặt cắt 4

(GL-5,3m), lực dọc trong trường hợp tải trọng nhỏ (-385kN) lớn gấp khoảng 1,5 lần so với tải trọng nén (261kN).

Nếu so sánh về trị số của ma sát thành (Hình 6), chúng ta thấy tại những vị trí có độ sâu nhỏ (GL-2,3m trở lên), ma sát thành khi cọc chịu nhỏ có giá trị nhỏ hơn khi cọc chịu nén, đồng thời cũng quan sát được việc xuất hiện của “hiện tượng mềm hóa... Ngược lại, tại những vị trí có độ sâu lớn hơn GL-2,3m, chúng ta không thấy có sự khác biệt quá lớn giữa ma sát thành trong hai trường hợp cọc chịu nén và chịu nhỏ, tương tự như khi cọc chịu nén ma sát thành khi cọc chịu nhỏ cũng có xu hướng tăng cùng với sự tăng lên của tải trọng.



Hình 5: Phân bố lực dọc



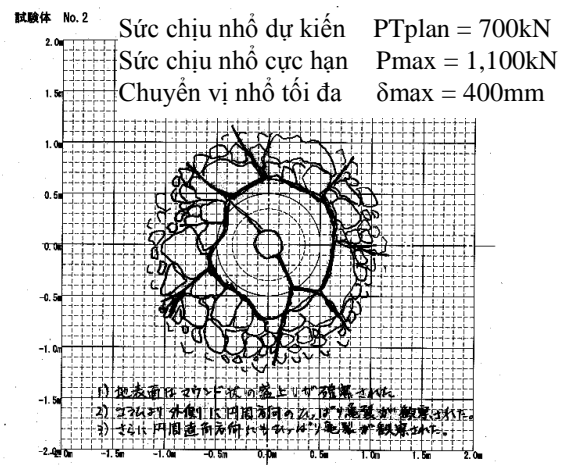
Hình 6: Quan hệ giữa ma sát thành và chuyển vị tương đối

### 4.3. Điều tra sau thí nghiệm

Sau khi kết thúc thí nghiệm, tiến hành đào đất xung quanh cọc đến độ sâu GL-3m, các nội dung sau được quan sát và điều tra: 1) Trạng thái của cọc thí nghiệm và đất nền xung quanh; 2) Trạng thái của ống thép có cánh và trụ đất- xi măng.

#### 4.3.1. Trạng thái bề mặt đất

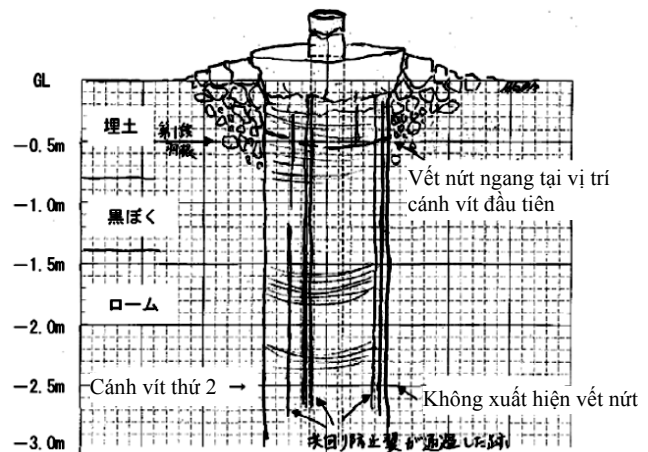
Chúng ta quan sát thấy có hiện tượng mặt đất xung quanh cọc thí nghiệm bị trồi lên. Nếu đào đất xung quanh cọc sẽ quan sát thấy hiện tượng phá hoại theo dạng hình nón tại khu vực nằm gần mặt đất (GL-0,0~1,0m). Tại những khu vực nằm sâu hơn độ sâu GL-1,0m, không quan sát thấy các mặt trượt hoặc hiện tượng nền đất bị xáo trộn.



Hình 7: Trạng thái bề mặt đất

#### 4.3.2. Quan sát sau khi đào đất

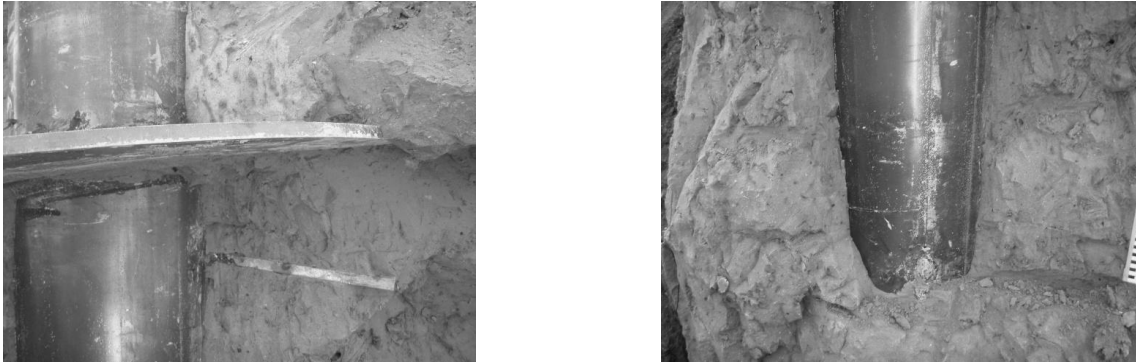
Các vết nứt theo phương ngang xuất hiện trên trụ đất - xi măng tại khu vực gần cánh vít đầu tiên (GL-0.5m). Độ sâu của vết nứt này chạy từ mặt ngoài của trụ đất - xi măng đến đường kính của cánh vít. Tuy nhiên, tại vị trí gần cánh vít thứ 2 (GL-2.5m), trụ đất - xi măng hoàn toàn bình thường và không thấy xuất hiện các vết nứt.



Hình 8: Mặt ngoài của cọc thí nghiệm

### 4.3.3. Ống thép có cánh và trụ đất- xi măng

Trụ đất- xi măng và ống thép có cánh (cả ở phần ống thép và cánh vít) vẫn đảm bảo sự làm việc mật thiết với nhau.



Hình 9: Ống thép có cánh và trụ đất- xi măng

## 4.4. Phân tích kết quả thí nghiệm

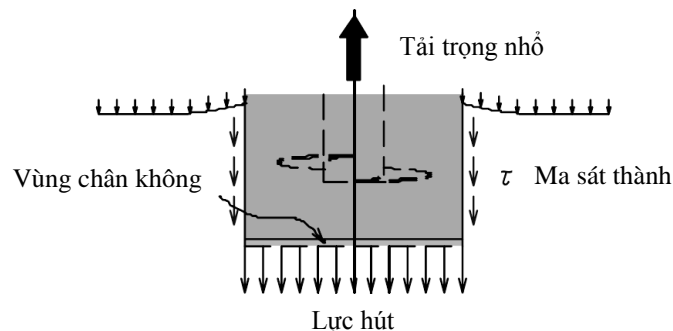
### 4.4.1. Ma sát thành

Tại những khu vực có độ sâu nhỏ, có thể giải thích nguyên nhân dẫn đến việc ma sát thành khi cọc chịu nhỏ có giá trị nhỏ hơn khi cọc chịu nén là do lực nhỏ sẽ làm cho bề mặt đất bị trôi lên, cùng với nó là hiện tượng phá hoại theo dạng hình nón tại khu vực nằm gần mặt đất, điều này làm cho áp lực có hiệu  $\sigma'_v$  sẽ giảm đi. Ngoài ra, dưới tác dụng của tải trọng lặp đôi đầu, biến dạng sẽ được tích lũy trong nền đất, điều này sẽ dẫn đến việc sức kháng cắt sẽ giảm đi.

### 4.4.2. Hiệu ứng hút

Như được minh họa trong Hình 8, khi có lực nhỏ tác dụng ở mũi cọc, ngoài lực ma sát nhỏ  $\tau L \varnothing c'$ , còn có một “lực hút”, tác dụng chống lại sự dịch chuyển của cọc lên phía trên. Nguyên nhân gây ra “lực hút”, này là do xuất hiện một vùng chân không ở phía dưới mũi cọc.

Trong thí nghiệm đã được tiến hành, cường độ ma sát thành khi chịu nhỏ là  $\tau = -110 \text{ kN/m}^2$ , chu vi của trụ đất- xi măng là  $\varnothing = 3,14 \text{ m}$ , chiều dài của phạm vi xét lực ma sát là  $Lc' = 1,0 \text{ m}$ , hiệu ứng hút được tính toán theo công thức  $P_s = 100 \text{ kN/m}^2$  (áp suất khí quyển)  $\times A_c (= 0,785 \text{ m}^2)$ . Như vậy  $\tau \varnothing Lc' + P_s = -424 \text{ kN}$ , giá trị này khá tương thích với giá trị của lực dọc được truyền xuống tại mặt cắt 4 (GL-5.3m)  $N_4 = -385 \text{ kN}$ .



Hình 10: Khái niệm về hiệu ứng hút



## 5. KẾT LUẬN

Sức chịu nhỏ cực hạn của cọc được xác định thông qua thí nghiệm tải trọng lặp thẳng đứng là  $-1100\text{kN}$ . Nếu tính toán sức chịu nhỏ thiết kế theo các công thức trong quy trình và nhân với 3 ta được giá trị  $-700\text{kN}$ . Như vậy, sức chịu nhỏ cực hạn của cọc lớn hơn 3 lần sức chịu nhỏ thiết kế.

Khi đánh giá ma sát thành đối với trường hợp cọc chịu nhỏ ở khu vực gần mặt đất, cần lưu ý là cường độ của ma sát thành sẽ nhỏ hơn so với trường hợp cọc chịu nén do ảnh hưởng của việc giảm áp lực có hiệu  $\sigma'_v$  và ảnh hưởng của tải trọng lặp đối đầu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mizoguchi E., Ito D. And Kuze N., "A study of uplift resistance of steel pipe pile with wings installed in soil cement column at diluvium plateau" [in Japanese], *Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan*. B-1, Structures I, (2010), pp. 635-636.
- [2] Takubo T., Sakai K., Murakami H. and Murayama A., "Horizontal Resistance of a Steel Pipe Pile with Wings Installed in a Soil Cement Column: Part 1. Lateral Load Test at Ichikawa" [in Japanese], *Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan*. B-1, Structures I, (2003), pp. 571-572.
- [3] 玉井俊行, 伊藤大輔, 溝口栄二郎,  
“ソイルセメント羽根付き鋼管杭の原位置載荷試験とその支持力特性の検討”,  
*地盤工学ジャーナル*, Vol. 4, No. 4, (2009), pp. 273-287.  
(Tamai T., Ito D. và Mizoguchi E., “Thí nghiệm gia tải hiện trường đối với cọc vít và xác nhận các đặc tính chịu lực của cọc”, *Tạp chí nền móng Nhật Bản*, Tập 4-4, (2009), tr. 273-287).
- [4] つくば建築試験研究センター・ベターリビング, “ATT  
コラム工法における引抜き方向の許容支持力”, (2009)  
Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living, “Sức chịu tải trọng nhỏ cho phép của cọc vít ATT”, (2009).