

## PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐƯỜNG KÍNH, KHOẢNG CÁCH CỦA CÁNH VÍT VÀ CƯỜNG ĐỘ TRỤ ĐẤT XI MĂNG ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA CỌC ATT

TS. NGUYỄN GIANG NAM, TS. PHẠM QUYẾT THẮNG  
Viện KHCN Xây dựng

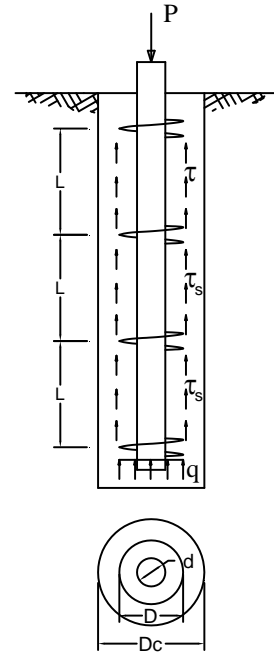
Tóm tắt: *Bài báo phân tích ảnh hưởng của đường kính, khoảng cách của cánh vít và cường độ trụ đất xi măng trong kết cấu cọc vít ATT nhằm tìm ra mối liên hệ giữa chúng để làm căn cứ cho việc lựa chọn thông số kỹ thuật ban đầu của cọc trong tính toán thiết kế.*

Mặc dù ra đời sau các loại cọc khác nhưng cọc vít ATT hiện đang được áp dụng khá rộng rãi ở Nhật Bản. Gần đây, công nghệ này đang được nghiên cứu triển khai áp dụng tại Việt Nam. Tuy nhiên, trong các chứng nhận chất lượng công nghệ của Bộ trưởng Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng, Giao thông và Du lịch Nhật Bản số 2529-1 TACP 0165; số 2528-1 TACP 0166; số 2527-1 TACP 0167 [3] cho cọc vít ATT chỉ đưa ra các thông số kỹ thuật tiêu chuẩn của cọc vít ATT dựa trên kinh nghiệm mà chưa đề cập đến mối liên hệ giữa chúng cũng như những căn cứ cụ thể cho việc lựa chọn các thông số kỹ thuật này. Vì vậy, việc tìm hiểu, xác định quan hệ giữa các thông số kỹ thuật của cọc sẽ giúp cho công tác thiết kế sau này được dễ dàng và hiệu quả hơn.

Cọc vít ATT (Asahi Kasei Tenox Technology Column) là cọc phức hợp được tạo thành sau khi hạ ống thép có cánh vào trong lòng trụ đất xi măng chế tạo theo phương pháp trộn sâu (hình 1). Về cơ bản, cọc là sự kết hợp giữa cọc vít truyền thống và trụ đất xi măng. Với cọc vít truyền thống, nghiên cứu của Zhang D. (1999) [3] và Narasimha Rao (1989) [3],... cho thấy sự làm việc của cọc phụ thuộc vào đường kính và khoảng cách giữa các cánh vít. Narasimha Rao và các cộng sự (1999) [3] cũng đã xác định được khi tỷ số  $S/D < 2$  thì cọc vít làm việc theo mô hình tính toán theo mặt hình trụ bao quanh cánh vít và khi  $S/D > 2$  thì dùng mô hình tính theo sức chịu tải của từng cánh vít (hình 2.)

Từ hình 1 có thể thấy rằng với khoảng cách cánh vít nhỏ, đất xung quanh cọc giới hạn bởi mặt cánh vít vẫn còn nguyên vẹn, mặt phá hoại của cọc là một mặt trụ bao xung quanh cánh vít. Xét đoạn cọc giới hạn bởi hai cánh vít, khi tăng khoảng cách cánh vít, tổng ma sát thành bên của đoạn cọc sẽ tăng lên do chiều dài tăng, trong khi đó cường độ của đất xung quanh cọc không thay đổi, quá một giới hạn nào đó trụ đất bao

quanh ống thép bị phá hoại. Lúc này chỉ còn lại ma sát giữa ống thép và sức chịu tải của cánh vít (hình 3).

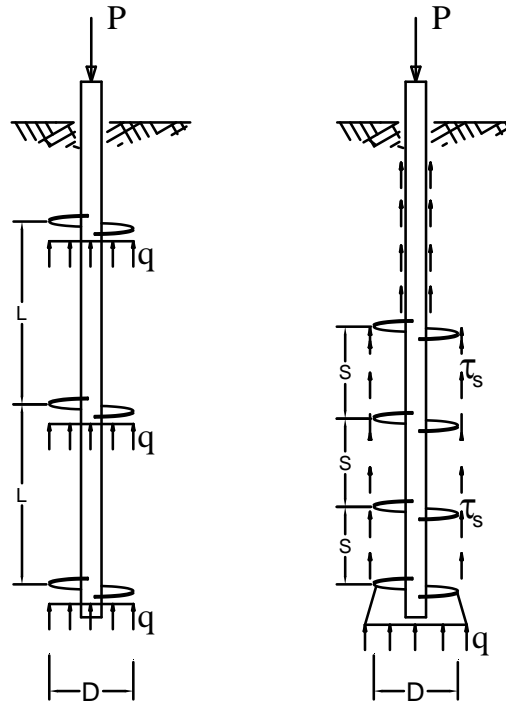


Hình 1. Mô hình cọc vít ATT



Hình 2. Ảnh hưởng của khoảng cách giữa các cánh tới sự làm việc của cọc vít thông thường (Narasimha Rao và cộng sự, 1989)

Ảnh hưởng giữa khoảng cách và đường kính cánh vít cho thấy có thể phân sự làm việc của cọc vít thành hai mô hình tính toán: Mô hình tính toán theo mặt hình trụ bao quanh cánh vít và sức chịu tải của từng cánh vít (hình 2).



**Hình 3.** Mô hình tính toán theo sức chịu tải của từng cánh vít (trái) và mặt hình trụ bao quanh cánh vít (phải) (Narasimha Rao 1991)[3]

Tương tự như cọc vít truyền thống, mô hình sử dụng để tính toán sức chịu tải của cọc vít ATT là mô hình mặt hình trụ bao quanh cánh vít (hình 3). Tuy nhiên, lúc này vật liệu xung quanh ống thép không còn là đất như cọc vít thông thường mà là đất đã gia cố xi măng với các tỷ lệ khác nhau. Gia cố xi măng với các tỷ lệ nhất định làm tăng đáng kể cường độ của vật liệu

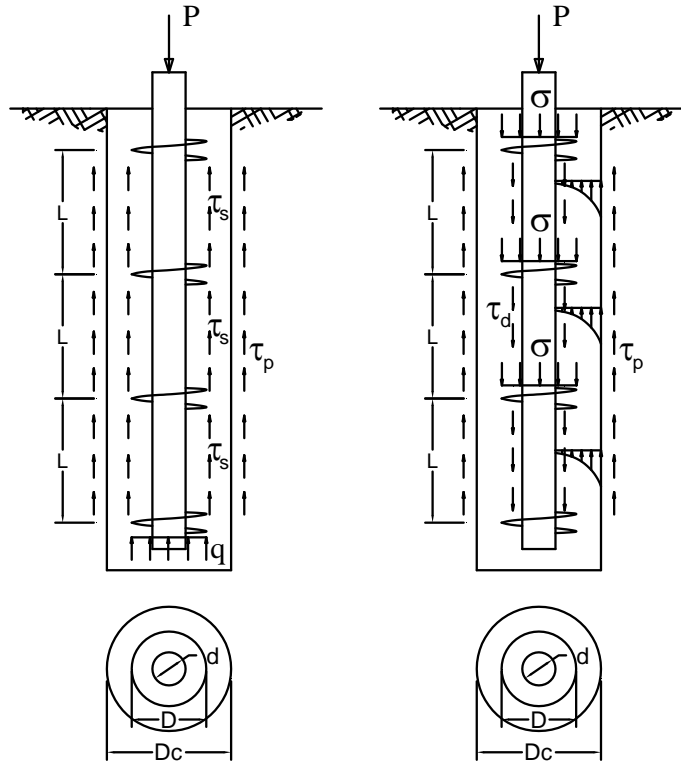
so với đất ban đầu, cường độ sau gia cố có thể tăng từ 10 đến hơn 20 lần tùy theo tỷ lệ xi măng (xem bảng 1). Như vậy, tỷ số  $L/D$  trong trường hợp này cần phải xem xét lại để đảm bảo tận dụng khả năng chịu lực của vật liệu xung quanh cọc đồng thời cũng đảm bảo để cọc làm việc theo đúng mô hình tính toán sức chịu tải sử dụng trong chỉ dẫn thiết kế.

**Bảng 1.** Cường độ chịu nén của một số đất gia cố xi măng (TCVN 9403:2012)[1]

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên						Cường độ kháng nén 1 trục (kG/cm <sup>2</sup> )				
		g <sub>k</sub>	W	LL	LP	IP	c <sub>u</sub>	7% XM		12% XM		
		g/cm <sup>3</sup>	%	%	%		kG/cm <sup>2</sup>	28 ngày	90 ngày	28 ngày	90 ngày	
Sét pha	Hà Nội	1,30	45	37	24	13	0,16	3,36	3,97	4,43	4,48	
Cát pha	Nam Hà	-	41	-	-	-	-	-	2,24	-	-	3,21
Sét pha xám đen	Hà Nội	-	62	36	23	13	0,23	-	-	7,39	9,42	
Sét pha xám nâu	Hà Nội	-	35	35	27	8	0,21	-	-	4,28	4,82	
Sét pha hữu cơ	Hà Nội	-	30	30	19	11	0,23	3,00	4,07	-	-	
Sét pha	Hà Nội	1,60	52	37	24	13	0,10	0,61	0,66	2,13	2,50	
Sét xám xanh	Hà Nội	-	51	-	-	-	0,10	-	-	2,39	2,55	
Đất sét hữu cơ	Hà Nội	-	95	62	40	22	0,21	-	-	0,51	0,82	

Loại đất	Địa điểm	Đặc trưng đất tự nhiên						Cường độ kháng nén 1 trục (kG/cm <sup>2</sup> )			
		g <sub>k</sub>	W	LL	LP	IP	c <sub>u</sub>	7% XM		12% XM	
		g/cm <sup>3</sup>	%	%	%		kG/cm <sup>2</sup>	28 ngày	90 ngày	28 ngày	90 ngày
Sét pha	Hà Nội	1,43	37	30	19	11	0,32	-	-	11,0	19,0
Bùn sét hữu cơ	Hà Nội	g <sub>w</sub> 1,51	74	54	35	19	0,39	-	-	-	1,22
Bùn sét hữu cơ	Hà Nội	g <sub>w</sub> 1,54	-	54	36	18	0,19	-	-	0,42	0,50
Sét pha	Hải Dương	1,35	36	27	18	9	-	6,18	6,50	9,13	9,53
Cát pha	Hải Dương	1,35	26	27	19	6	-	3,55	4,21	6,75	7,92
Sét	Hải Phòng	1,16	50	46	28	18	0,28	1,63	1,85	3,01	3,95

**Phân tích ảnh hưởng của đường kính, khoảng cách của cánh vít và cường độ trụ đất xi măng:**



**Hình 4.** Mô hình làm việc của sức kháng bên thân cọc theo cân bằng lực

a) *Xác định ảnh hưởng giữa đường kính cánh vít và đường kính trụ xi măng đất*

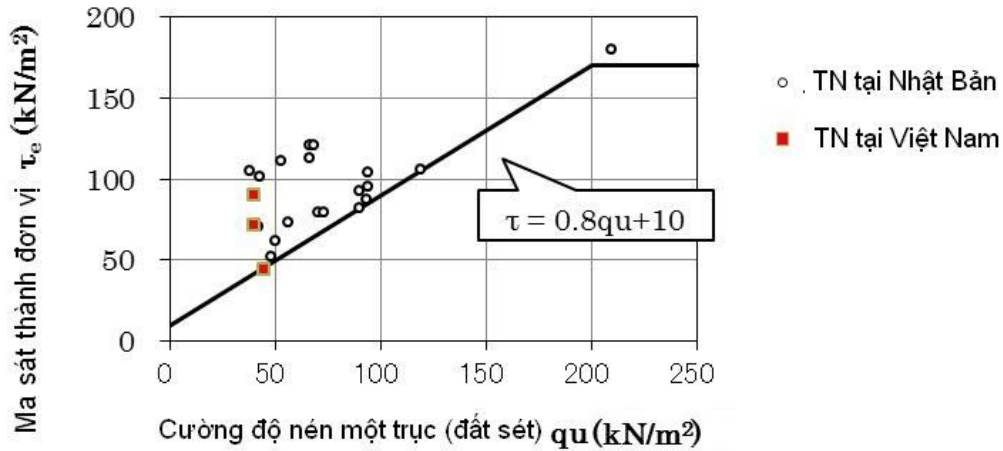
Trong chỉ dẫn thiết kế cọc vít ATT, lực ma sát thành được xác định thông qua quan hệ giữa ma sát thành đơn vị  $\tau_e$  có được từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc với cường độ nén một trục ( $\tau = 0.8q_u + 10$  cho đất sét và  $\tau = 10N + 50$  cho đất cát). Từ mô hình tính toán trong hình 3b có thể nhận thấy sẽ xảy ra các trường hợp sau:

*Trường hợp 1:* Đường kính cánh vít quá nhỏ so với đường kính trụ đất xi măng. Tải trọng tác dụng đạt đến cực hạn thì mặt phá hoại sẽ xảy ra tại mặt trụ bao quanh cánh vít như cọc vít truyền thống trong khi đó mặt tiếp xúc giữa trụ đất xi măng và đất nền vẫn chưa bị phá hoại.

*Trường hợp 2:* Đường kính cánh vít đủ lớn. Lúc này, tổng lực cắt giới hạn giữa mặt trụ bao quanh cánh vít và mặt bên của cọc sẽ gần bằng nhau dẫn đến tận dụng tối đa khả năng chịu lực của vật liệu.

Vì vậy, để tận dụng tối đa khả năng chịu lực của vật liệu xung quanh cọc thì ứng suất trên mặt tính toán quy ước (mặt trụ bao quanh cánh vít) phải thỏa mãn điều kiện sao cho tổng lực ma sát tại mặt quy

ước phải bằng lực ma sát bao quanh cọc (trong trường hợp cánh vít lớn hơn giá trị giới hạn thì khi tính toán sức chịu tải cần lấy giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị trên).



Hình 5. Biểu đồ xác định ma sát thành đơn vị của cọc nằm trong đất sét [2]

$$\tau_s \pi DL = \tau_p \pi D_c L \quad (1)$$

Trong đó:

$\tau_s$  – Lực ma sát đơn vị tại mặt phá hoại hình trụ quy ước bao quanh cánh vít (xem hình 5 và hình 6):

Sét:  $\tau_s = 0.8q_u + 10$  (kN/m<sup>2</sup>);

Cát ( $N_{spt}$  trung bình  $\leq 22.5$ ):  
 $\tau_s = 10\bar{N} + 50$  (kN/m<sup>2</sup>);

$\tau_p$  – Lực ma sát đơn vị giữa cọc và đất:

Sét:  $\tau_p = \alpha_p \frac{q_u}{2}$  (kN/m<sup>2</sup>);

Cát ( $N_{spt}$  trung bình  $\leq 22.5$ ): Theo AIJ 2001[4]  
 $\tau_p = (5.9 \pm 4.5)\bar{N}$  (kN/m<sup>2</sup>) lấy giá trị trung bình

$\tau_p = 5.9\bar{N}$  (kN/m<sup>2</sup>);

$q_u$  – Cường độ nén một trục của đất sét xung quanh thân cọc  $q_u = 2c_u$  (kN/m<sup>2</sup>);

$D$  – Đường kính cánh vít (m);

$D_c$  – Đường kính trụ đất xi măng (m);

$L$  – Khoảng cách giữa các cánh vít (m);

$\bar{N}$  – Chỉ số SPT trung bình;

$\alpha_p$  - Hệ số chiết giảm lực dính giữa trụ đất – xi măng với đất nền xung quanh lấy theo API (1984) cho đất dính như sau:

$C_u \leq 25$  kN/m<sup>2</sup>  $\alpha_d = 1.0$

$C_u \geq 75$  kN/m<sup>2</sup>  $\alpha_d = 0.5$

$25 < C_u < 75$  nội suy.

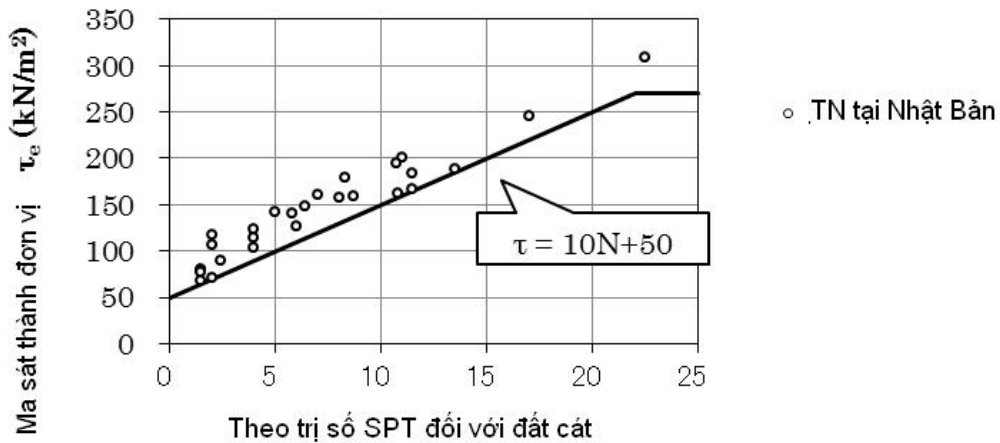
Từ (1) xác định được mối liên hệ giữa  $D$  và  $D_c$ :

**Đất sét:**

$$\frac{D}{D_c} = \frac{\alpha q_u}{2(0.8q_u + 10)} \quad (2)$$

**Đất cát:**

$$\frac{D}{D_c} = \frac{5.9\bar{N}}{(10\bar{N} + 50)} \quad (3)$$



Hình 6. Biểu đồ xác định ma sát thành đơn vị của cọc nằm trong đất cát [2]

Như vậy, công thức (2) và (3) có thể giúp xác định sơ bộ đường kính trụ đất xi măng và đường kính cánh vít để tận dụng tối đa khả năng chịu lực của vật liệu xung quanh cọc, tránh trường hợp chọn đường kính trụ đất xi măng quá to so với khả năng chịu tải thực tế của cọc.

b) *Xác định ảnh hưởng giữa đường kính và khoảng cách cánh vít*

Mô hình tính toán trên hình 4 cho thấy, để đảm bảo cọc làm việc theo đúng mô hình mặt trụ bao quanh cánh vít (mô hình tính toán sức chịu tải của cọc vít ATT) thì vật liệu bao quanh ống thép phải không bị phá hoại. Nghĩa là, tổng lực ma sát gây ra bởi trụ đất xi măng và đất bên ngoài phải nhỏ hơn hoặc bằng lực ma sát giữa ống thép và trụ đất xi măng cộng với lực nén tác dụng lên trụ vật liệu bao quanh ống thép theo mô hình trong hình 3:

$$\sigma \frac{(D^2 - d^2)}{4} \pi + \tau_d \pi d L \geq \tau_p D_c \pi L \quad (4)$$

Triển khai công thức (4):

**Đất sét:**

$$\frac{3(0.8q_u + 10) \frac{(D^2 - d^2)}{4}}{(\alpha_p \frac{q_u}{2} D_c - \alpha_d \frac{3(0.8q_u + 10)}{2} d)} \geq L \quad (5)$$

Trong đó:

$\alpha_d$  - Hệ số chiết giảm lực dính giữa ống thép và hỗn hợp xi măng đất tạm lấy theo API (1984) cho đất dính như sau:

$$C_u \leq 25 \text{ kN/m}^2 \quad \alpha_d = 1.0$$

$$C_u \geq 75 \text{ kN/m}^2 \quad \alpha_d = 0.5$$

25 < C<sub>u</sub> < 75 nội suy.

$\tau_d$  - Lực ma sát đơn vị giữa ống thép và hỗn hợp xi măng đất:

$$\text{Sét: } \tau_d = \alpha_d 3(0.8q_u + 10) / 2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{Cát: } \tau_d = \alpha_d 3(10\bar{N} + 50) / 2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$\sigma$  - Áp lực tác dụng lên cánh vít lấy bằng cường độ yêu cầu của trụ đất xi măng quy định trong chỉ dẫn thiết kế cọc vít ATT.

$$\text{Sét: } \sigma = 3(0.8q_u + 10) \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{Cát: } \sigma = 3(10\bar{N} + 50) \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

d - Đường kính ngoài của ống thép (m);

$\bar{N}$  - Chỉ số SPT trung bình;

Các thông số D, D<sub>c</sub>, L, q<sub>u</sub> lấy như trong công thức (1).

**Đất cát** ( N<sub>spt</sub> trung bình ≤ 22.5):

$$\frac{3(10\bar{N} + 50) \frac{(D^2 - d^2)}{4}}{(5.9\bar{N}D_c - \alpha_d \frac{3(10\bar{N} + 50)}{2} d)} \geq L \quad (6)$$

Công thức (5) và (6) đảm bảo cho trụ vật liệu bao quanh ống thép không bị phá hoại làm thay đổi mô hình tính toán ban đầu. Khoảng cách giữa các cánh vít phụ thuộc vào đất nền xung quanh cọc, phụ thuộc vào đường kính trụ đất xi măng, đường kính cánh vít và đường kính của ống thép.

Thông số kỹ thuật của cánh vít tính theo công thức (2) và (5) cho số liệu địa chất trong bảng 1 được trình bày trong bảng 2.

**Bảng 2. Thông số kỹ thuật của cánh vít ứng với một số loại đất**

Loại đất	Địa điểm	C <sub>u</sub> kG/cm <sup>2</sup>	Cường độ kháng nén một trục (kG/cm <sup>2</sup> )	D/Dc	L (m)
			12% XM 90 ngày		(Dc=0.7m D=0.5m d=0.2m)
Sét pha	Hà Nội	0,16	4,48	0,45	12,29
Sét pha xám đen	Hà Nội	0,23	9,42	0,49	3,70
Sét pha xám nâu	Hà Nội	0,21	4,82	0,48	4,43
Sét pha	Hà Nội	0,32	19,0	0,48	4,43
Bùn sét hữu cơ	Hà Nội	0,39	1,22	0,49	2,59
Bùn sét hữu cơ	Hà Nội	0,19	0,50	0,47	2,39
Sét	Hải Phòng	0,28	3,95	0,47	5,72

**Kết luận và kiến nghị**

Khoảng cách giữa các cánh vít và đường kính cánh vít phụ thuộc vào đất nền xung quanh cọc, phụ thuộc vào cường độ, đường kính của trụ đất xi măng và đường kính ống thép.

Mô hình quyết định kết quả tính toán sức chịu tải của cọc vít truyền thống nói chung và cọc vít ATT nói riêng, để đảm bảo cho cọc vít ATT làm việc đúng theo mô hình trong chỉ dẫn thiết kế cần phải lưu ý đến mối quan hệ đường kính, khoảng cách của cánh vít và cường độ trụ đất xi măng. Các công thức từ (2) đến (6) được thiết lập ở trên có thể sử dụng để chọn sơ bộ các thông số kỹ thuật của cọc khi thiết kế.

Khi thiết kế cần chú ý đến hệ số chiết giảm cường độ tại vị trí tiếp xúc giữa ống thép và trụ xi măng đất ( $\alpha_d$ ) để có độ tin cậy cao hơn.

Do ma sát thành đơn vị của cọc nằm trong đất sét và đặc biệt là cọc nằm trong cát tính theo giá trị SPT dao động trong một miền tương đối lớn nên các thông số về đường kính và khoảng cách cánh vít cũng thay đổi theo. Khi lực ma sát bên của cọc vít ATT ứng với đường kính cánh vít lớn hơn giá trị giới hạn trong công thức (2) và (3) thì sức chịu tải tính toán về lý thuyết sẽ lớn hơn sức chịu tải của cọc có đường kính bằng trụ đất xi măng, điều này rất khó có thể xảy ra. Vì vậy, để an toàn, trong quá trình thiết kế cần kiểm tra cả hai giá trị sức chịu tải của cọc có đường kính

bằng đường kính trụ đất xi măng và cọc vít ATT sau đó chọn giá trị nhỏ nhất.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. TCVN 9403: 2012. Gia cố đất nền yếu - Phương pháp trụ đất xi măng.
2. Báo cáo tổng kết "Kết quả nghiên cứu chung về khả năng chịu lực của cọc vít ATT" do Viện KHCN Xây dựng, Công ty Asahi Kasei, Tập đoàn TENOX và trường đại học Giao thông Vận tải tiến hành năm 2013.
3. Bản dịch chứng nhận chất lượng công nghệ của Bộ trưởng Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng, Giao thông và Du lịch Nhật Bản số 2529-1 TACP 0165; số 2528-1 TACP 0166; số 2527-1 TACP 0167 cho cọc vít ATT.
4. AJI 2001 Recommendations for Design of Building Foundations.
5. R. FRANK. Etude théorique du comportement des pieux sous charge vertical introduction de la dilatance. *Rapport de recherche No. 46. 1975.*
6. ZHANG, D. Predicting capacity of helical screw piles in Alberta soils. M.Sc. thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, *University of Alberta, Edmonton, Alberta, 1999.*
7. U.S. Army Corps of Engineers; Engineer Manual, *EM 1110-1-1905, 1992.*

**Ngày nhận bài: 2/6/2014.**