



hưởng của hiện tượng hạ mực nước ngầm... Ma sát âm biến động theo thời gian, phụ thuộc tốc độ cố kết của đất và tốc độ lún của cọc.

### Nguyên nhân

Thông thường hiện tượng ma sát âm xảy ra trong trường hợp cọc xuyên qua đất có tính cố kết và độ dày lớn hoặc khi có phụ tải tác dụng trên mặt đất xung quanh cọc.

a) Khi nền công trình được tôn cao, gây ra tải trọng phụ tác dụng xuống lớp đất phía dưới làm xảy ra hiện tượng cố kết cho lớp nền bên dưới; hoặc chính bản thân lớp nền đắp dưới tác dụng của trọng lượng bản thân cũng xảy ra quá trình cố kết. Ta có thể xem xét cụ thể trong các trường hợp sau:

- Trường hợp 1: khi có một lớp đất sét đắp phía trên một tầng đất rời mà cọc sẽ xuyên qua nó, tầng đất đắp sẽ cố kết dần dần, quá trình cố kết này sẽ sinh ra ma sát âm tác dụng vào cọc trong suốt quá trình cố kết.

- Trường hợp 2: khi có một tầng đất rời đắp ở phía trên một tầng đất sét yếu, nó sẽ gây ra quá trình cố kết trong tầng đất sét và tạo ra ma sát âm tác dụng vào cọc.

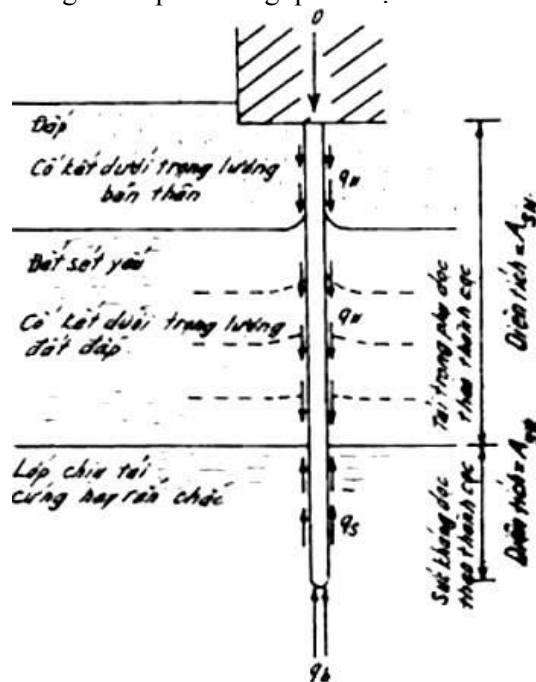
- Trường hợp 3: khi có một tầng đất dính đắp ở phía trên một tầng đất sét yếu, nó sẽ gây ra quá trình cố kết trong cả tầng đất đắp và trong tầng đất sét yếu do đó tạo ra ma sát âm.

Trong trường hợp các cọc được tựa trên nền đất cứng và có tồn tại tải trọng bề mặt, có thể xảy ra các trường hợp sau:

- Trường hợp 4: với tầng cát xốp sẽ có biến dạng lún tức thời, đặc biệt khi đất nền chịu sự rung động hoặc sự dao động của mực nước ngầm; sự tác động của tải trọng bề mặt sẽ tạo ra sự biến dạng lún.

b) Cọc làm việc trong nền chưa kết thúc cố kết: thực tế rất hay gặp trường hợp này đặc biệt là các khu vực đang gia tải, nền đất chưa cố kết hết, độ lún của đất lấp lớn kéo theo ảnh hưởng là xuất hiện lực ma sát âm tác dụng lên cọc, làm giảm sức chịu tải của cọc.

Ngoài ra, việc hạ thấp mực nước ngầm làm tăng ứng suất thẳng đứng hiệu quả tại mọi điểm của nền đất. Vì vậy, làm tăng nhanh tốc độ lún cố kết của nền đất, lúc đó tốc độ lún của đất xung quanh cọc vượt quá tốc độ lún của cọc dẫn đến xảy ra hiện tượng kéo cọc đi xuống của lớp đất xung quanh cọc.



**Hình 2.** Sơ đồ các vùng phát sinh ma sát âm trong sự làm việc của cọc

Theo tiêu chuẩn TCVN 205-1998: hiện tượng ma sát âm nên được xét đến trong các trường hợp sau [4]:

- Sự cố kết chưa kết thúc của trầm tích hiện đại và trầm tích kiến tạo;
- Sự tăng độ chặt của đất dưới tác dụng của lực động;
- Sự lún ướt của đất khi bị ngập nước;
- Mực nước ngầm hạ thấp làm cho ứng suất hiệu quả trong đất tăng lên, làm tăng nhanh tốc độ cố kết của nền đất;
- Nền công trình được nâng cao với chiều dày lớn hơn 1m trên đất yếu;
- Phụ tải trên nền với tải trọng lớn từ  $2T/m^2$  trở lên;
- Sự giảm thể tích đất do chất hữu cơ trong đất bị phân hủy...

### TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC CÓ ẢNH HƯỞNG CỦA MA SÁT ÂM

Khi cọc ở trong đất thì sức chịu tải của cọc được thể hiện qua thành phần ma sát (dương) xung quanh cọc và sức kháng mũi cọc. Khi cọc bị ảnh hưởng ma sát âm thì sức chịu tải giảm do nó phải gánh chịu một lực kéo xuống, lúc này khả năng chịu tải của cọc bị giảm xuống do thành phần ma sát đất - cọc trong đoạn cọc xuất hiện ma sát âm có xu hướng ngược với phần ma sát dương.

Việc tính toán ma sát âm lên cọc đặt ra hai vấn đề như sau:

#### Xác định phạm vi tồn tại ma sát âm

Bề dày có vùng ma sát âm (giả thiết là  $h$ ) thường không phải là toàn bộ lớp đất yếu mà là vùng có độ lún lớn hơn độ lún của cọc. Trong thực tế tính toán tùy theo loại đất nền chiều dày  $h$  được chọn theo hai cách [1]:

- Đất nền có biến dạng lớn:  $h$  bằng  $h_1$  với  $h_1$  là chiều sâu mà tại đó có ứng hữu hiệu thẳng đứng  $\sigma'_v(z)$  có xét đến ảnh hưởng treo của đất lên cọc bằng với ứng suất hữu hiệu thẳng đứng do trọng lượng bản thân khi chưa có tải trọng đắp và không có cọc ( $\gamma \cdot z$ )

- Đất nền có biến dạng ít:  $h = h_2$  với  $h_2$  là độ sâu mà tại đó chuyển vị đứng của lớp đất yếu bằng với độ lún của cọc, độ lún của cọc ở đây thường được tính bằng các phương pháp thông thường hoặc chọn một cách gần đúng bằng  $0.01B$  hay  $0.02R$  (với  $B$  là cạnh cọc vuông hoặc  $R$  là bán kính cọc tròn)

#### Xác định cường độ ma sát âm

Hiện nay áp dụng một trong hai cách sau:

- Coi cường độ ma sát âm trên một đơn vị diện tích cọc bằng cường độ ma sát dương, khi tính toán sức chịu tải của cọc chỉ cần đổi dấu các giá trị thành phần lực ma sát  $\tau_i$  (được xác định theo các phương pháp thông thường như thống kê, xuyên CPT, xuyên SPT...)

- Cường độ ma sát âm xác định theo nguyên lý ma sát đất - cọc theo biểu thức sau (công thức của Vesic', 1977) [3].

$$\tau_i = N_0 \cdot \sigma'_v(z) \quad (3.1)$$

Trong đó:

$\sigma'_v(z)$  : ứng suất lớp phủ hữu hiệu theo phương thẳng đứng tại độ sâu đang xét.

$N_0$  : Hệ số không thứ nguyên lấy như sau

**Bảng 1.** Hệ số  $N_0$  theo Vesic'

Đất và điều kiện cọc	$N_0$
Cọc không son phủ bề mặt	
- Trong các lớp phù sa, sét mềm	0.15 – 0.30
- Trong đất cát rời, sét rắn	0.30 – 0.80

**Bảng 2.** Hệ số  $N_0$  theo Garlanger (1982)

Loại đất	$N_0$
- Cát	0.35 – 0.50
- Đất phù sa	0.25 – 0.35
- Đất sét	0.20 – 0.25

### CÁC BIỆN PHÁP LÀM GIẢM MA SÁT ÂM

Để giảm ảnh hưởng của ma sát âm lên cọc có thể sử dụng các phương pháp xử lý như sau:

#### Biện pháp làm tăng nhanh mức độ cố kết và làm giảm tối đa độ lún còn lại của nền

Đối với công trình có thời gian thi công gấp, công trình có hệ móng cọc trong đất yếu chưa cố kết, có thể bố trí các vật thoát nước theo phương thẳng đứng (giếng cát hoặc bắc thấm) nên nước cố kết ở các lớp sâu trong đất yếu dưới tác dụng tải trọng đắp sẽ có điều kiện để thoát nhanh (thoát theo phương nằm ngang vào vật thoát nước đứng rồi theo chúng thoát lên mặt đất tự nhiên). Tuy nhiên, để đảm bảo phát huy được hiệu quả thoát nước này thì chiều cao nền đất đắp tối thiểu nên 4m, do đó nếu nền đắp không đủ lớn hơn thì ta kết hợp với gia tải trước để phát huy hiệu quả các đường thấm thẳng đứng.

Khi sử dụng các giải pháp thoát nước cố kết thẳng đứng nhất thiết phải bố trí tầng cát đệm. Giếng cát chỉ nên dùng loại có đường kính từ 35 đến 45cm, bố trí kiểu hoa mai với khoảng cách giữa các giếng bằng 8 đến 10 lần đường kính giếng. Nếu dùng bắc thấm thì nên bố trí kiểu hoa mai với cự ly không nên dưới 1.3m và không quá 2.2m. Khi sử dụng các giải pháp thoát nước cố kết thẳng đứng nên kết

hợp với các biện pháp gia tải trước và trong mọi trường hợp thời gian duy trì tải trọng đắp không dưới 6 tháng. Ưu điểm này có thể áp dụng cả cho cọc đóng ép và cọc khoan nhồi, tuy nhiên cần thời gian thi công lâu và mặt bằng lớn (nếu có gia tải).

#### **Biện pháp làm giảm ma sát giữa đất và cọc trong vùng chịu ma sát âm [5]**

Tạo lớp phủ mặt ngoài để ngăn ngừa tiếp xúc trực tiếp giữa cọc và đất xung quanh làm giảm ma sát thành bên giữa cọc và lớp đất nền xung quanh cọc. Bitum thường được dùng để phủ xung quanh cọc bởi vì đặc tính dẻo nhớt của nó. Những thành công sử dụng bitum để làm giảm lực kéo xuống phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố như loại và tính chất của bitum, mức độ thâm nhập của hạt đất vào bitum, sự phá hỏng của bitum khi đóng cọc và nhiệt độ môi trường.

Theo kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của lớp phủ bitum làm giảm ma sát âm trong cọc của Brons (1969), kết quả nghiên cứu cho thấy lực ma sát âm giảm khoảng 90% so với trường hợp không dùng lớp phủ mặt ngoài.

Theo kết quả nghiên cứu của Bjerrum (1969), đối với cọc dùng lớp phủ bitum và dùng betonite để giữ ổn định thì lực kéo xuống giảm 75%. Tuy nhiên, nếu không có bentonite khi hạ cọc thì tác dụng của bitum chỉ còn khoảng 30% mà thôi do lớp phủ bitum bị phá hỏng trong quá trình hạ cọc do đó chiều dày của lớp phủ bitum nên vào khoảng 4-5mm để ngăn ngừa trường hợp lớp phủ bitum bị xước khi hạ cọc.

Ưu điểm của biện pháp này là thi công đơn giản, kinh phí thấp. Tuy nhiên chỉ có thể áp dụng cho cọc đóng, ép. Không áp dụng được cho cọc khoan nhồi.

Ngoài ra, người ta còn có thể khoan tạo lỗ có kích thước lớn hơn kích thước cọc trong vùng chịu ma sát âm, sau đó khi thi công vẫn giữ nguyên khoảng trống xung quanh và được lấp đầy bằng bentonite.

#### **Dùng sàn giảm tải có xử lý cọc làm giảm tải trọng tác dụng vào đất nền [5]**

Đối với các công trình có phụ tải là hàng hóa, vật liệu, container... tải trọng phụ trên mặt nền có giá trị lớn thì dùng các sàn bê tông có xử lý cọc để đặt phụ tải.

Trong công trình giao thông, sàn giảm tải bố trí cho nền đường đắp cao sau mố cầu ngày càng được sử dụng rộng rãi, đất đắp nền được đắp lên sàn giảm tải chứ không tác dụng trực tiếp lên nền đất yếu bên dưới. Thực tế các dự án lớn ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long đã sử dụng giải pháp sàn giảm tải cho kết quả tốt như: Cầu Hưng Lợi, cầu Mỹ Thanh ... thuộc dự án xây dựng tuyến đường Nam Sông Hậu.

Trong trường hợp này, lực ma sát âm giảm đáng kể do phụ tải được truyền xuống tầng đất tốt có khả năng chịu lực. Như vậy tải trọng phụ sẽ ít ảnh hưởng đến lớp đất có tính nén lún cao từ đó làm giảm độ lún của đất nền dẫn đến giảm ma sát âm lên cọc.

Biện pháp này dễ thi công, làm giảm đáng kể lực kéo xuống của cọc, an toàn về kỹ thuật nhưng xét về mặt kinh tế thì khá tốn kém. Biện pháp này đặc biệt thích hợp với các công trình được xây dựng trên nền cao trên nền đất rất yếu.

#### **KẾT LUẬN**

- Ma sát âm là hiện tượng phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như sự cố kết, độ lún của đất sau khi thi công cọc, độ lún của cọc, qui luật phân bố ứng suất hiệu quả xung quanh cọc...

- Mọi quan hệ giữa biến dạng lún của nền và biến dạng lún của cọc là nền tảng cơ bản để lực ma sát âm xuất hiện. Ma sát âm phát triển ở phần trên của mặt phẳng trung hòa, vì vậy khi tính sức chịu tải của cọc chỉ được tính thành phần ma sát từ mặt trung hòa trở xuống đồng thời phải trừ đi ma sát âm ở phần trên mặt trung hòa.

- Khi có ma sát âm xuất hiện, sự phân bố tải trọng dọc theo thân cọc cũng thay đổi, lực dọc lớn nhất có thể sẽ xuất hiện tại vị trí mặt phẳng trung hòa. Như vậy cần phải bố trí cốt thép cho phù hợp khi kiểm tra khả năng làm việc của cọc theo vật liệu.

- Khi tiến hành các biện pháp xử lý giảm thiểu ma sát âm phải xem xét cả chỉ tiêu kinh tế và tiến độ thi công. Nếu điều kiện thời gian cho phép nên ưu tiên sử dụng các phương pháp xử lý theo nhóm thứ nhất và thứ hai vì tiết kiệm kinh phí. Ngoài ra, ảnh hưởng của ma sát âm giảm dần theo thời gian đến khi đất nền cố kết hoàn toàn thì vùng chịu ma sát âm lại chuyển thành ma sát dương, khi đó khả năng chịu tải của móng cọc sẽ lớn hơn so với tính toán và gây ra lãng phí, do đó cần chọn hệ số an toàn không quá lớn trong trường hợp tính sức chịu tải của cọc có xét đến ma sát âm.

#### SUMMARY

#### STUDY ON EFFECTS OF NEGATIVE FRICTION ON PILE BEARING CAPACITY AND MEASURES TO MINIMIZE NEGATIVE FRICTION

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Châu Ngọc Ân, 2009, *Nền móng công trình*, Nxb Xây dựng.
2. Vũ Công Ngữ, 2006, *Thí nghiệm đất hiện trường và ứng dụng trong phân tích nền móng*, Nxb Khoa học và kỹ thuật.
3. Phan Hồng Quân, 2008, *Nền và móng*, Nxb Giáo dục.
4. TCXDVN 205 : 1998, *Móng cọc tiêu chuẩn thiết kế*.
5. Đậu Văn Ngo, 2009, Nghiên cứu ảnh hưởng của ma sát âm đến công trình và các biện pháp làm giảm thiểu ma sát âm, *Tạp chí Phát triển KH & CN* tập 12.

**Tran Khai Hoan, Lai Ngoc Hung\***  
*College of Technology - TNU*

In pile design, the evaluation of interactions between piles and ground is essential, especially for soft soil or pile charging by a large load because of the impact of pile negative friction phenomena appeared. Therefore, the consideration and taking into account negative friction component in calculating the pile bearing capacity is a demand. This research presents a method of determining the negative friction in pile bearing capacity and measures to minimize the negative impact of such friction by accelerating consolidation of soft soil or reduce soil-pile friction.

**Keywords:** *pile bearing capacity, negative friction, soft soil*

Ngày nhận bài: 03/10/2014; Ngày phản biện: 17/10/2014; Ngày duyệt đăng: 25/11/2014

**Phản biện khoa học:** TS. Vũ Minh Tân – Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

\* Tel: 0988 906921, Email: ngochungkcn@gmail.com