

Nghiên cứu móng nông bán lắp ghép sử dụng ống cống trên nền địa chất yếu có cát san lấp

Research on semi-assembled shallow foundation using sewer pipes on weak geology with sand leveling

> TS NGUYỄN SỸ HÙNG

GV, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
Email:sihung.nguyen@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu giải pháp sử dụng ống cống như một dạng móng bán lắp ghép cho nhà ở thấp tầng trong điều kiện đất yếu có cát san lấp. Các thí nghiệm nén tĩnh được thực hiện trên ống cống rỗng được bịt đáy và ống cống không được bịt đáy lên đầy đất cát, nằm trong lớp cát san lấp. Kết quả các thí nghiệm nén tĩnh được so sánh với kết quả thí nghiệm bàn nén hiện trường trên đất tự nhiên cho thấy hiệu quả giảm lún tốt, đặc biệt với móng rỗng sử dụng ống cống bịt đáy. So với móng ống cống không bịt đáy có đổ cát lên chập trong lòng cống, sức chịu tải móng rỗng ống cống bịt đáy lớn hơn 3 lần và độ lún ít hơn 5 lần. Móng bán lắp ghép sử dụng ống cống bịt đáy và không bịt đáy đều có thể đưa vào ứng dụng trong thực tế, tùy thuộc vào tải trọng công trình mà lựa chọn loại móng thích hợp. Với móng có bịt đáy có thể được xem như một loại móng nổi. Tuy nhiên, với móng không bịt đáy chưa có tài liệu nào hướng dẫn tính toán sức chịu tải. Tác giả đưa phương án dùng các công thức áp dụng cho cọc rỗng để áp dụng. Kết quả cho thấy công thức của AIP hay của FinnRA là những công thức khá đơn giản và cho kết quả phù hợp với thí nghiệm nén tĩnh khi điều chỉnh một số hệ số.

Từ khóa: Ống cống; móng nổi; cát san lấp; đất yếu; thí nghiệm bàn nén.

ABSTRACT

The article studies the solution of using sewer pipes as a semi-assembled foundation for low-rise houses in the condition of soft soil with sand leveling. Static compression tests are carried out on bottom-sealed sewer pipes (closed-end hollow pipe) and unsealed sewer pipes tightly filled with sandy soil (open-ended pipe), located in the leveling sand layer. The results of static compression tests on pipes are compared with the ones on natural ground, showing a good settlement reduction effect, especially with closed-end pipes. Compared with the open-ended pipe with sand filled into it, the bearing capacity of the closed-end pipe is three times greater, and the settlement is five times less. The semi-assembled foundation using bottom-sealed and non-bottom-sealed pipes can be put into practical application. Depending on the workload, we can choose the appropriate foundation type. With a closed-end hollow pipe foundation, it can be considered a floating foundation. However, with the open-ended pipe foundation, there are no documents guiding the load capacity calculation. The author has given the solution to use the formulas applied to the piles. The results show that the formulas of AIP or FinnRA are quite simple and give consistent results with static compression experiments when adjusting some coefficients accordingly.

Keywords: Sewer pipe; floating foundation; filling sand; weak soil; static load test.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, vùng Đồng bằng sông Cửu Long đang xây dựng và lập quy hoạch nhiều vùng làm tái định cư, khu dân cư mới, khu công nghiệp, ..., trên nền đất yếu có cát san lấp. Cát san lấp trên đất yếu vừa có mặt thuận lợi vừa có mặt khó khăn cho công tác xây dựng. Lớp cát này là một loại tải trọng và là một biên thoát nước làm cho lớp đất yếu phía dưới lún cố kết. Độ lún các vùng cát san lấp sau 2 năm có thể đạt từ vài chục cm đến hơn 100 cm tùy vào chiều dày san lấp. Lún cố kết có thể làm cho công trình có móng

nông bên trên bị lún theo hoặc gây xuất hiện ma sát âm cho công trình móng cọc [1,2]. Tuy nhiên, nếu đất nền đã được san lấp lâu ngày, lún cố kết còn lại không đáng kể, thì lớp đất cát san lấp phía trên lại rất thuận lợi để đặt móng nông.

Qua khảo sát của tác giả, một số các giải pháp nền móng thường được áp dụng cho nhà ở thấp tầng các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long như: móng cọc ép bê tông cốt thép thông thường (có kích thước từ 200 mm trở lên) ép vào các lớp đất tương đối tốt ở độ sâu 20 đến 40m; móng cọc ép đường kính nhỏ từ 100 đến 150

mm, có chiều dài dưới 10m; gia cường, làm chặt đất bằng cọc đá chẻ, cạnh cọc khoảng 100 đến 150 mm, dài dưới 2m thì công bằng phương pháp xói nước; gia cường làm chặt đất bằng cọc cừ tràm. Các phương án này đều có các ưu và nhược điểm riêng [3].

Gần đây, Nguyễn cùng cộng sự đã tiến hành thử nghiệm phương án gia cường nền đất yếu có cát san lấp bằng một số các phương pháp như: bằng đệm cọc xi măng - đất có chiều dài ngắn [3], bằng túi đất D-BOX [4], bằng sợi PP [5]. Các kết quả ban đầu cho thấy các phương pháp trên có hiệu quả về tăng sức chịu tải và giảm lún tốt, có thể tiết kiệm được nhiều công lao động và vật liệu, do đó sẽ giảm được chi phí gia cường, phù hợp cho xây nhà thấp tầng hoặc đường giao thông nông thôn.

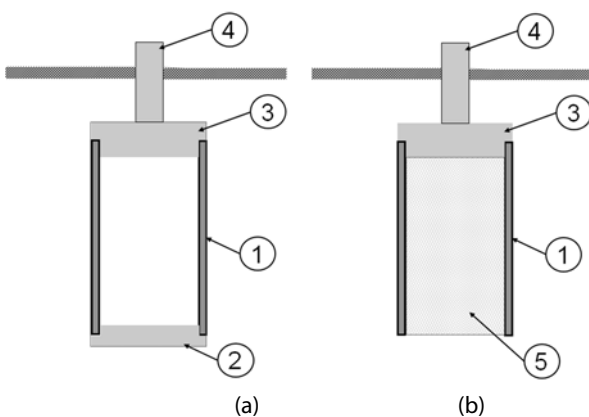
Tiếp nối các nghiên cứu nêu trên, trong nghiên cứu này, tác giả thử nghiệm sử dụng ống cống chiều dài ngắn để làm móng nông bán lắp ghép cho nhà thấp tầng. Trong trường hợp móng sử dụng ống cống rỗng bịt đáy, nó được xem như một loại móng nổi. Kết quả thí nghiệm nén tĩnh cho thấy móng nổi này đạt hiệu quả tốt về kỹ thuật, giảm độ lún, tăng cường sức chịu tải [6]. Đây cũng là một giải pháp tốt khi đánh giá về yếu tố môi trường và kinh tế.

Với trường hợp móng sử dụng ống cống không bịt đáy và được lèn chặt đất bên trong lòng cống, khả năng chịu tải sẽ bé hơn so với trường hợp bịt đáy. Tuy nhiên, giá thành của móng sẽ rẻ hơn và vẫn phù hợp với các công trình có tải trọng bé. Hiện tại chưa có nhiều nghiên cứu về loại móng sử dụng ống cống không bịt đáy cũng như hướng dẫn tính toán về loại móng này. Tác giả đề xuất sử dụng các công thức đơn giản dành cho cọc ống để áp dụng cho loại móng này. Trong đó, kết quả tính theo các công thức của AIP và FinnRA được đưa ra để so sánh với kết quả nén tĩnh.

2. CÁC PHƯƠNG ÁN SỬ DỤNG ỐNG CỐNG LÀM MÓNG NÔNG

2.1. Sử dụng ống cống làm móng nông bán lắp ghép

Móng ống cống bán lắp ghép có cấu tạo như Hình 1. Ống cống sản xuất sẵn được đưa đến vị trí xây dựng, chôn vào đất bằng phương pháp moi đất trong lòng ống hoặc đào hố cho đến khi đạt cao độ thiết kế.



Hình 1. Cấu tạo móng bán lắp ghép sử dụng ống cống

(a) móng ống cống bịt đáy, (b) móng ống cống không bịt đáy. (1) : Ống cống sản xuất sẵn, (2): tấm bê tông bịt đáy cống, (3) : Nắp cống đóng thời là đài móng, (4): cở cột, (5) : đất cát lèn đầm chặt.

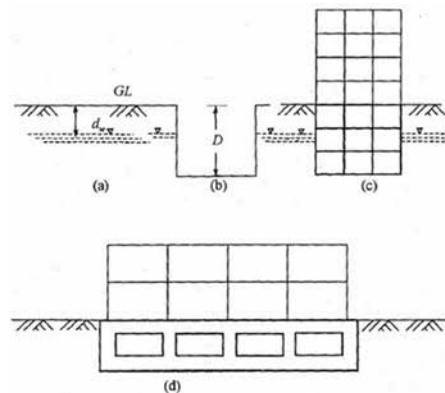
Với ống cống có bịt đáy (Hình 1a), đáy cống được bịt lại bằng tấm bê tông cốt thép. Sau đó, tiến hành đổ nắp ống cống bằng bê tông cốt thép. Nắp ống cống có chiều dày đủ lớn để liên kết với kết cấu bên trên của công trình. Loại móng ống cống này bên trong rỗng, nhẹ, làm giảm trọng lượng móng và được xem như một dạng móng nổi. Việc thi công bằng cách moi đất ở phía trong lòng

ống đơn giản, không cần đào hố, ít gây xáo trộn đất xung quanh và đất bên dưới đáy hố. Tùy theo tải trọng công trình mà có thể làm móng đơn hoặc móng băng, móng bè trên nhiều ống cống xếp cạnh nhau.

Một dạng móng khác sử dụng ống cống cũng được đưa ra trong nghiên cứu này là móng cống không bịt đáy (Hình 1b). Thay vì bịt đáy, lòng ống được lèn chặt hoàn toàn bằng cát. Tương tự như móng ống cống có bịt đáy, sau đó móng được đổ nắp bằng bê tông cốt thép.

2.2. Tổng quan về móng nổi

Móng nổi được định nghĩa là dạng móng mà trọng lượng của công trình xấp xỉ bằng trọng lượng đất và nước trong đất được đào đi để làm móng [5,6]. Nguyên lý của móng nổi thể hiện như hình 2.



Hình 2. Nguyên lý móng nổi và móng bè nổi (d)

Như trên hình vẽ 2, nếu trọng lượng công trình bằng với lượng đất và nước được đưa lên thì ứng suất thẳng đứng tổng cộng ở độ sâu D không thay đổi với điều kiện công trình xây dựng xong (Hình 2c) và trước khi đào móng (Hình 2a). Do mực nước ngầm không thay đổi, do vậy không có sự thay đổi về ứng suất hữu hiệu và công trình hoàn toàn không bị lún nếu có thể chuyển trạng thái từ Hình 2a qua Hình 2c mà không trải qua giai đoạn trung gian 2b.

Móng nổi có thể được sử dụng cho các trường hợp :

Trường hợp 1: nếu đất dưới móng đủ khả năng chịu lực, tuy nhiên độ lún hoặc lệch vượt quá mức cho phép, trong trường hợp này móng nổi được sử dụng để giảm độ lún xuống dưới một mức có thể chấp nhận được;

Trường hợp 2: đất dưới đáy móng yếu, cường độ kháng cắt của đất dưới đáy móng rất nhỏ và đất có nguy cơ bị phá hoại, trong khi lớp đất tốt nằm ở độ sâu lớn. Trong trường hợp này, móng nổi được sử dụng để giảm ứng suất dưới đáy móng xuống dưới mức có thể chấp nhận được.

Móng nổi có thể sử dụng dưới dạng móng đơn, móng bè, móng hộp, móng cọc, móng trụ hoặc móng tổ hợp các dạng trên. Để tạo sự nổi của móng, ta có thể tạo rỗng cho móng hoặc dùng các loại vật liệu tái chế nhẹ như dạng hộp nhựa rỗng, bóng rỗng hoặc xốp cho vào trong khối móng [7].

Terzaghi (1943) đã đề nghị công thức sau để tính độ sâu chôn móng D_c cho trường hợp 2:

$$D_c = \frac{5.7s}{\gamma - \left(\frac{s}{B}\right) \cdot \sqrt{2}} \quad (1)$$

Trong đó, γ : trọng lượng riêng của đất, s : sức kháng cắt của đất $=qu/2$, B : bề rộng móng, L : chiều dài móng.

Skempton (1951) để nghị công thức sau để tính D_c dựa trên sự phá hoại hố đào [8]:

$$D_c = N_c \frac{s}{\gamma D + p} \quad (2)$$

Trong đó, N_c : hệ số sức chịu tải Skempton, p : hoạt tải.

Móng nổi có thể được sử dụng cho nhà thấp tầng hoặc cao tầng. Trên thế giới, có nhiều nhà cao tầng (15-25 tầng) sử dụng móng nổi một cách hiệu quả [9]. Móng nổi thường được cấu tạo theo kiểu hộp rỗng hay móng hộp (hình 1d), móng vừa nhẹ và vừa có độ cứng lớn [7]. Ở Việt Nam, móng nổi đã được áp dụng một cách bài bản ở dự án nhà ở Bắc Hà, Hà Nội [10]. Các ngôi nhà phố quy mô 4-5 tầng, xây dựng trên nền địa chất rất yếu, các lớp bùn và sét rất yếu ở trên bề mặt dày hơn 30m. Giải pháp là dùng móng hộp bê tông cốt thép trên nền cọc tre, đáy móng đặt ở độ sâu 2.5m. Phương án móng nổi ở dự án này cho thấy hiệu quả cao, công trình lún ít, ít ảnh hưởng đến công trình xung quanh.

2.3. Tổng quan về tính toán cọc không bịt đáy

Với cọc ống không bịt đáy, người ta đưa ra hai chỉ số (Hình 3):

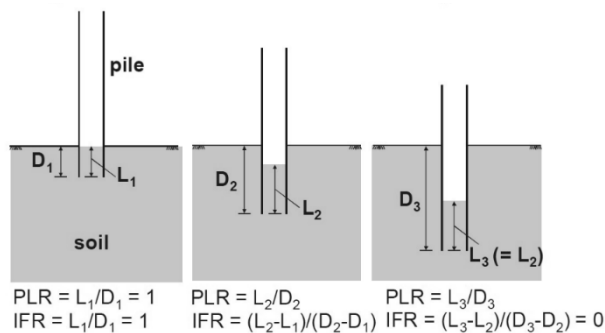
$$PLR=L/D \tag{3}$$

$$IFR=dL/dD \tag{4}$$

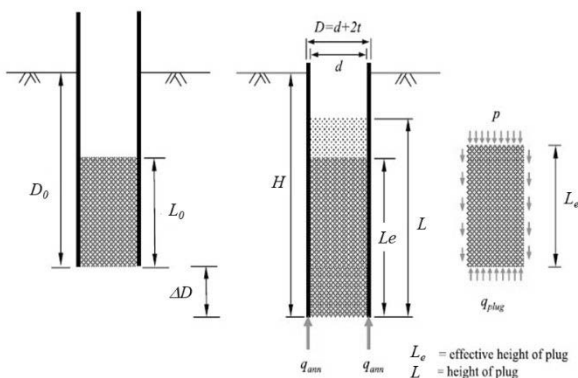
Trong đó, D: độ xuyên sâu của cọc (ống) trong đất, L: Chiều dài đất lên trong lòng cọc (ống). dL: số gia chiều dài đất lên lòng ống tương ứng với độ xuyên sâu của cọc dD. Nói một cách khác IFR là độ dốc của đường cong (L-D).

Trường hợp đất được điền đầy trong cọc ta có PLR =1, và trường hợp nếu đất không thể tiếp tục chui vào cọc khi cọc xuyên vào đất ta có IFR=0. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sức chịu tải của cọc (ống) sẽ gia tăng khi chỉ số PLR giảm [13]. Sức chịu tải của cọc ống bịt đáy sẽ lớn hơn cọc không bịt đáy; khi IFR =0, cọc ống không bịt đáy sẽ làm việc như cọc bịt đáy, có sức chịu tải bằng hoặc hơn cọc bịt đáy [14,15].

Về mặt vật lý, sức chịu tải cọc không bịt đáy được chia thành hai phần, phần thành ống và phần đất lên trong ống (Hình 4). Sức chịu tải phần đáy ống bằng bê tông tỷ lệ nghịch với độ mảnh của cọc H/D, trong khi sức chịu tải phần đất chèn tỷ lệ nghịch với PLR [16].



Hình 3. Minh họa định nghĩa PLR và IFR



Hình 4. Các thành phần sức chịu tải của cọc (ống) không bịt đáy.

Việt Nam chưa có tiêu chuẩn thiết kế về cọc rỗng không bịt đáy. Việc tính toán cọc rỗng không bịt đáy có thể tham khảo các

phương pháp của nước ngoài. Các phương pháp này có thể tính từ các thí nghiệm trong phòng hoặc tính từ các thí nghiệm hiện trường. Tuy nhiên, trong khuôn khổ bài báo chỉ chọn ra các công thức tổng quát hoặc các công thức có thể tính toán từ thí nghiệm trong phòng, và có thể áp dụng cho móng ống cống. Nhìn chung có thể chia ra hai nhóm phương pháp tính toán khi xem xét ảnh hưởng của sự diễn đầy đất trong lòng ống (plug): 1) phần vành khuyên + phần đất trong lòng cọc; 2) phương pháp sức kháng mũi tương đương. Trong các phương pháp giới thiệu dưới đây AIP và FHWA thuộc nhóm 1, trong khi phương pháp FinnRA và Trung Quốc thuộc nhóm 2.

2.3.1. Phương pháp API

Phương pháp của Viện dầu mỏ Hoa Kỳ [17] được sử dụng rộng rãi trong các công trình dầu mỏ cũng như công trình dân dụng. Sức chịu tải của cọc không bịt đáy được chia thành hai thành phần bao gồm sức kháng xung quanh cọc và sức kháng mũi.

Sức kháng ma sát được tính theo công thức:

$$\text{Cho đất sét: } f(z) = \alpha \cdot S_u \tag{5}$$

$$\text{Cho đất cát: } f(z) = \beta \cdot p'_0(z) \tag{6}$$

Sức kháng mũi được tính theo công thức:

$$\text{Cho đất sét: } q = 9 \cdot S_u \tag{7}$$

$$\text{Cho đất cát: } q = N_q \cdot p'_{0,tip} \tag{8}$$

Trong đó Su là sức kháng cắt không thoát nước của đất. Nq là hệ số không thứ nguyên nằm trong khoảng từ 12 đến 50 phụ thuộc vào loại đất và độ chặt của đất. p0(z) là ứng suất hữu hiệu ở độ sâu z, p0,tip là ứng suất hữu hiệu ở mũi cọc. Hệ số không thứ nguyên β nằm trong khoảng từ 0,29 đến 0,56, phụ thuộc vào loại đất và độ chặt của đất. Hệ số α được tính như sau:

$$\alpha = 0,5 \cdot \left(\frac{S_u}{p'_0(z)} \right)^{-0,5} \quad \text{nếu } \frac{S_u}{p'_0(z)} \leq 1$$

$$\alpha = 0,5 \cdot \left(\frac{S_u}{p'_0(z)} \right)^{-0,25} \quad \text{nếu } \frac{S_u}{p'_0(z)} > 1 \text{ và } \alpha \leq 1$$

Ma sát giữa đất và lòng cọc được xem bằng với ma sát giữa đất và bề mặt ngoài của cọc và được sử dụng để xác định độ lên đất trong lòng cọc (plug). Nếu sức chịu tải phần đất lòng cọc lớn hơn sức chịu tải của đất nền ở mũi cọc, lúc này cọc được xem như được điền đầy đất và sức chịu tải mũi cọc được xác định bởi sức chịu tải của đất ở mũi cọc. Nói một cách khác, sức chịu tải đầu cọc là sức chịu tải tổng cộng bao gồm qan và qplug.

2.3.2. Phương pháp FHWA

Sự lên đất trong lòng cọc phụ thuộc rất lớn vào phương pháp hạ cọc (đóng, ép tĩnh, ép động, ...vv). Theo công thức của Liên đoàn đường cao tốc Hoa Kỳ (FHWA) [18], sức chịu tải tới hạn của cọc không bịt đáy trong đất rời là trị số nhỏ hơn khi cọc diễn đầy đất và khi cọc không được diễn đầy đất.

Trường hợp cọc diễn đầy đất:

$$Q_u = f_{so} \cdot A_s + q_t \cdot A_t \tag{9}$$

Trường hợp cọc không diễn đầy đất:

$$Q_u = f_{so} \cdot A_s + f_{si} \cdot A_{si} + q_t \cdot A_{ann} \tag{10}$$

Trong đó fso là sức kháng ma sát đơn vị phía mặt ngoài cọc; fsi là sức kháng ma sát đơn vị phía mặt trong lòng cọc; qt là sức kháng mũi cọc. As, At, Aann lần lượt là diện tích bề mặt xung quanh cọc, mũi cọc, phần vành khuyên bê tông mũi cọc.

2.3.3. Phương pháp FinnRA

Theo công thức của Cục đường bộ quốc gia Phần Lan (FinnRA) [19], sức chịu tải tới hạn của cọc không bịt đáy trong đất bao gồm sức kháng ma sát và sức kháng mũi được xác định bằng thí nghiệm trong phòng hoặc thí nghiệm hiện trường. Sức chịu tải của cọc không bịt đáy được tính theo công thức:

$$Q_u = \int_0^z \pi d \cdot f_s \cdot dz + \mu q_t \cdot A_t \tag{11}$$

Trong đó d là đường kính ngoài của cọc, z là chiều dài cọc trong đất, f_s là sức kháng ma sát đơn vị phía mặt ngoài cọc; μ là hệ số mức độ điên đầy đất trong lòng cọc phụ thuộc vào tỷ lệ z/d . Trong trường hợp cọc nằm trong cát hoặc sỏi $\mu = 0,8$ nếu $z/d = 15$. Khi z/d giảm, hệ số μ giảm một cách tuyến tính. q_t là sức kháng mũi của cọc đặc tương đương.

2.3.4. Phương pháp theo tiêu chuẩn Trung Quốc

Tiêu chuẩn thiết kế cọc Trung Quốc (The Technical Code for Building Pile Foundations) [20] có phần về cọc ống thép và có nhiều điểm tương tự cách tính của FinnRA, thể hiện qua hệ số điên đầy đất λ_p :

$$Q_u = \pi d \sum f_{s0,i} \cdot l_i + \lambda_p q_t \cdot A_t \quad (12)$$

$$\lambda_p = 0,16 h_b / d \text{ nếu } \frac{h_b}{d} < 5;$$

$$\lambda_p = 0,8 \text{ nếu } \frac{h_b}{d} \geq 5;$$

Trong đó l_i là chiều dày của các lớp đất; $\lambda_p = 1$ nếu là cọc bịt đáy; h_b là chiều dài cọc trong đất; d là đường kính ngoài của cọc. Nếu $h_b/d \geq 5$, cọc được xem như điên đầy đất.

2.3.5. So sánh các phương pháp

Trong các phương pháp AIP và FHWA, sức chịu tải phần vành khuyên + phần đất trong lòng cọc được tính trước tiên, sau đó được so sánh với sức chịu tải đất nền ở độ sâu mũi cọc, giá trị nhỏ hơn được lấy để áp dụng cho sức kháng mũi cọc. Trong phương pháp AIP, ma sát bên đơn vị bên trong và bên ngoài cọc được xem như bằng nhau. Trong phương pháp FHWA, ma sát bên đơn vị trong lòng ống được lấy từ $1/2$ đến $1/3$ ma sát bên ngoài lòng ống, và sức kháng phần vành khuyên cũng nhỏ hơn. Với phương pháp FinnRA và Trung Quốc, sức kháng mũi cọc được xem như sức chịu tải đất nhân cho một hệ số điên đầy đất lòng ống. Hệ số này phụ thuộc vào tỷ lệ chiều dài cọc trong đất/ đường kính cọc (z/d). Phương pháp theo tiêu chuẩn Trung Quốc cho sức chịu tải lớn hơn so với phương pháp FHWA. Cả hai phương pháp này không xét đến sự phức tạp của các đặc tính của đất, với giả thiết quan hệ tuyến tính giữa hệ số điên đầy với tỷ lệ z/d . Điều này làm cho các phương pháp dễ sử dụng, trong đó bỏ qua các cơ chế của sự điên đầy đất.

3. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

3.1. Điều kiện địa chất

Vị trí thí nghiệm tại tỉnh An Giang thuộc Đồng bằng sông Cửu Long. Địa chất trong độ sâu khảo sát bao gồm 2 lớp. Lớp đất 1 là bùn sét xen kẹp cát màu xám nâu dày từ 4 đến 8m, lớp đất 2 là cát hạt trung màu xám, trạng thái chặt vừa có độ dày từ 8 đến 18,5m. Đến thời điểm thực hiện thí nghiệm (tháng 7 năm 2018), khu đất đã được san nền hoàn thành bằng cát dày từ 2 m đến 4m được hơn 10 năm, có thể xem lún cố kết do san nền đã kết thúc. Tại vị trí thí nghiệm, mực nước ngầm ổn định cách bề mặt 1,5m.

Các chỉ tiêu cơ lý cơ bản của lớp đất san nền và lớp đất 1 tại vị trí thí nghiệm thể hiện trong Bảng 1.

3.2. Chương trình thí nghiệm hiện trường

Loại ống cống đưa vào thí nghiệm có đường kính 600mm. Chiều dài các ống cống là 1.5m, chiều dày thành ống 2cm. Các thí nghiệm được chuẩn bị như sau:

Ống cống được đưa xuống đất bằng phương pháp moi đất trong lòng ống. Hạ ống xuống độ sâu 1.5m so với mặt đất tự nhiên, tức miệng cống sau khi đưa cống xuống đất có cao độ bằng mặt đất tự nhiên (Hình 5). Khoảng cách từ đáy cống đến lớp đất yếu bên dưới là $4-1.5 = 2.5$ m.

Trường hợp ống cống không bịt đáy:

- Cho đất cát lấy tại vị trí thí nghiệm cho vào lòng cống, đầm chặt theo từng lớp 25cm, độ chặt $k=0.9$ đến khi đất lấp đầy miệng

cống. Miệng cống sau đó được bịt kín bằng tấm thép có chiều dày 5cm để tiến hành gia tải tĩnh.

Trường hợp ống cống có bịt đáy:

- Làm phẳng đáy lỗ, đổ lớp bê tông lót mỏng dày 3cm, sau đó bịt đáy bằng tấm bê tông cốt thép dày 10 cm. Đáy cống được bịt kín để đảm bảo nước không thấm vào bên trong. Tương tự trường hợp ống cống không bịt đáy, miệng cống sau đó được bịt kín bằng tấm thép có chiều dày 5cm để tiến hành gia tải tĩnh.

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của đất nền

| | | |
|---|---|--------|
| Lớp cát san lấp, hạt trung. Chiều dày 4m | Độ ẩm W (%) | 26,2 |
| | Dung trọng tự nhiên γ_w (kN/m ³) | 17,69 |
| | Dung trọng khô γ_d (kN/m ³) | 14,01 |
| | Hệ số rỗng e_0 | 0,871 |
| | Tỷ trọng G_s | 2,672 |
| | Góc ma sát trong φ (°) | 23°24' |
| | Modul biến dạng E_{1-2} (kN/m ²) | 8930,5 |
| N (SPT) | 6 | |
| Lớp 1 : Bùn sét xen kẹp cát màu xám nâu. Chiều dày 8m | Độ ẩm W (%) | 41 |
| | Dung trọng tự nhiên γ_w (kN/m ³) | 17,17 |
| | Dung trọng khô γ_d (kN/m ³) | 12,18 |
| | Tỷ trọng G_s | 2,667 |
| | Góc ma sát trong φ (°) | 6°27' |
| | Lực dính c (kN/m ²) | 6 |
| | Modul biến dạng E_{1-2} (kN/m ²) | 1946,6 |
| N (SPT) | 2÷3 | |



Hình 5. Quá trình lắp đặt ống giếng

Ống cống được đưa xuống đất bằng phương pháp moi đất trong lòng ống. Hạ ống xuống độ sâu 1.5m so với mặt đất tự nhiên, tức miệng cống sau khi đưa cống xuống đất có cao độ bằng mặt đất tự nhiên (Hình 6). Khoảng cách từ đáy cống đến lớp đất yếu bên dưới là $4-1.5 = 2.5$ m.

Trường hợp ống cống không bịt đáy:

- Cho đất cát lấy tại vị trí thí nghiệm cho vào lòng cống, đầm chặt theo từng lớp 25cm, độ chặt $k=0.9$ đến khi đất lấp đầy miệng cống. Miệng cống sau đó được bịt kín bằng tấm thép có chiều dày 5cm để tiến hành gia tải tĩnh.

Trường hợp ống cống có bịt đáy:

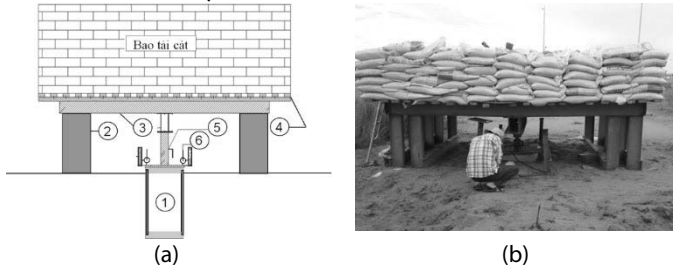
- Đầm chặt và làm phẳng đáy lỗ, đổ lớp bê tông lót mỏng dày 3cm, sau đó bịt đáy bằng tấm bê tông cốt thép dày 10 cm. Đáy cống được bịt kín để đảm bảo nước không thấm vào bên trong. Tương tự trường hợp ống cống không bịt đáy, miệng cống sau đó được bịt kín bằng tấm thép có chiều dày 5cm để tiến hành gia tải tĩnh.

3.3. Kết quả thí nghiệm

Quy trình gia tải tĩnh áp dụng cho nền tự nhiên và móng ống giếng tham khảo TCVN 9354:2012 - Đất xây dựng - Phương pháp xác định mô đun biến dạng tại hiện trường bằng tấm nén phẳng [21].

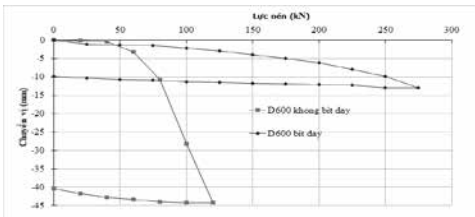
Kết quả thí nghiệm bán nén hiện trường trên đất tự nhiên, móng sử dụng ống cống D600 không bịt đáy, móng sử dụng ống cống D600 có bịt đáy được tập hợp, thể hiện trong Hình 7. Từ biểu đồ áp lực - độ lún, lấy điểm tới hạn về khả năng chịu lực ứng với điểm có độ cong thay đổi đột ngột, ta có sức chịu tải tới hạn của nền đất chưa gia cố là $P_{gho} = 160$ kN/m² (Hình 8). So sánh biểu đồ áp lực- độ lún khi của móng ống cống D600 không bịt đáy và ống cống D600 có bịt đáy, sự khác nhau rất rõ rệt. Với móng cống

không bịt đáy, sức chịu tải của móng chỉ là 75 kN, tương ứng với điểm thay đổi độ dốc đường cong đột ngột trên biểu đồ lực nén - chuyển vị. Với móng có bịt đáy, trong khoảng lực nén thí nghiệm, chưa có điểm thay đổi độ cong biểu đồ lực nén - chuyển vị một cách rõ rệt, một cách gần đúng, có thể lấy điểm tương ứng lực nén bằng 200 kN như là sức chịu tải của móng (Bảng 2). Như vậy sự khác nhau về sức chịu tải là 4 lần.



Hình 6. Sơ đồ thí nghiệm (a) và hình ảnh thực tế (b).

1: ống giếng, 2: gối kê tải, 3: hệ dầm chính, 4: hệ dầm phụ, 5: kích thủy lực, 6: đồng hồ đo chuyển vị.



Hình 7. So sánh biểu đồ quan hệ lực nén - chuyển vị móng D600 bịt đáy và không bịt đáy

Để có thể so sánh với sức chịu tải với đất nền tự nhiên, một cách tương đối, quy đổi lực tác dụng lên các móng ống cống thành áp lực phân bố: $p=N/A$. Trong đó N: lực nén tác dụng lên móng, $A = \pi \cdot D^2/4$ là diện tích tiết diện ngang đáy móng với $D=600$ mm là đường kính ống cống.

Các đường cong áp lực - độ lún của đất nền tự nhiên và của móng ống cống có bịt đáy và không bịt đáy được thể hiện trên Hình 8.

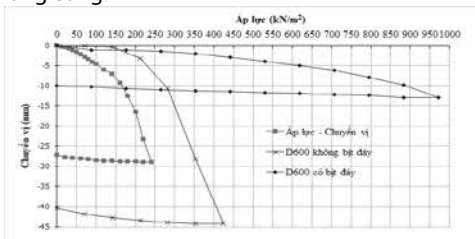
Ở Bảng 2, ta so sánh độ lún ở mức tải trọng 240 kN/m², tức mức tải trọng tối đa áp dụng lên đất chưa gia cố trong nghiên cứu này. Ở mức tải này, hiệu quả giảm lún lớn, đặc biệt cho trường hợp ống cống có bịt đáy, và trường hợp ống cống không bịt đáy, độ lún cũng giảm rất đáng kể.

Như vậy, mặc dù đất dưới đáy móng và đất cát trong lòng móng của móng ống cống không bịt đáy đã được đầm chặt nhưng sức chịu tải so với móng ống cống có bịt đáy là nhỏ đáng kể bởi các lý do sau:

Nếu so với móng đặc bằng bê tông cốt thép có cùng kích thước đường kính và chiều sâu, móng ống cống rỗng có bịt đáy sẽ chịu được một lực nhiều hơn đúng bằng phần trọng lượng nhẹ hơn:

$$\Delta P = \Delta V \cdot \gamma_{bt} = (\pi D^2/4) \cdot H \cdot 25 = 9.2 \text{ kN} \quad (13)$$

Trong đó ΔP : sự gia tăng sức chịu tải giữa móng ống cống rỗng bịt đáy và móng bê tông đặc, ΔV : sự khác nhau về thể tích bê tông giữa móng ống cống rỗng bịt đáy và móng bê tông đặc, γ_{bt} : trọng lượng riêng của bê tông, D : đường kính trong của ống cống, H : chiều cao ống cống.



Hình 8. So sánh biểu đồ quan hệ lực nén - chuyển vị móng D600 bịt đáy và không bịt đáy

Bảng 2: Bảng so sánh hiệu quả giảm lún nền tại cấp tải $P = 240 \text{ kN/m}^2$

| Nội dung thí nghiệm nén tĩnh | Độ lún tuyệt đối S_i tại cấp tải 240 kN/m ² | Hiệu quả hạn chế lún so với đất tự nhiên |
|------------------------------|--|--|
| Đất tự nhiên | - 28,88 mm | 0 % |
| Ống cống không bịt đáy | - 6,5 mm | 78 % |
| Ống cống có bịt đáy | - 1,3 mm | 96 % |

Sức chịu tải của móng ống giếng không bịt đáy nhỏ hơn rất nhiều so với móng bịt đáy. Như vậy trong trường hợp này mặc dù đất đã được đầm chặt và đầm chặt thể tích lòng ống tức $PLR = 1$, nhưng IRF còn lớn hơn 0. Đất tiếp tục chui vào lòng cống trong quá trình gia tải và móng ống giếng không bịt đáy chưa làm việc được giống như móng bịt đáy.

4. CÁC KIẾN NGHỊ VỀ TÍNH TOÁN VÀ SỬ DỤNG MÓNG BÁN LẤP GHÉP SỬ DỤNG ỐNG CỐNG

4.1. Tính toán khả năng chịu tải

4.1.1. Móng ống cống bịt đáy

Việc tính toán sức chịu tải đơn móng sử dụng 1 ống cống bịt đáy được tính toán tương tự như móng đơn tròn. Ví dụ có thể sử dụng công thức của Terzaghi:

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,3\gamma BN_\gamma \quad (14)$$

Với trường hợp của móng trong bài báo, với góc ma sát trong của đất dưới đáy móng sau đầm chặt là $\phi = 30^\circ$, lực dính $c = 0$, từ đó $q_u = 668 \text{ kN/m}^2$.

Sức chịu tải của móng là:

$$Q_u = A \cdot q_u = 189 \text{ kN}$$

Kết quả này tương đối sát với kết quả của thí nghiệm nén tĩnh. Trong trường hợp tính toán áp lực dưới đáy móng, móng sử dụng ống cống rỗng bịt đáy có lợi về lực so với móng bê tông cốt thép đặc do nhẹ hơn.

4.1.2. Móng ống cống không bịt đáy lên đáy đất

a) Tính toán theo công thức AIP

Sức chịu tải của móng ống giếng không bịt đáy bao gồm 3 phần:

$$Q_u = Q_{f,c} + Q_{ann} + Q_p \quad (15)$$

Trong đó $Q_{f,c}$ là sức kháng ma sát xung quanh ống, Q_{ann} là sức kháng đất dưới vùng vành khuyên của ống cống, và Q_p là sức kháng phần đất dưới mũi ống.

Do thành ống rất mỏng so với đường kính ống, do vậy có thể bỏ qua Q_{ann} . Theo phương pháp AIP, trong trường hợp của nghiên cứu, với đất cát hạt trung chặt vừa, lấy $\beta = 0.37$ và $N_q = 20$, từ đó tính được sức chịu tải của móng trong trường hợp ống không bịt đáy và lên đáy đất là:

$$Q_u = A_s \cdot f_z + A \cdot q \approx A \cdot q = 86 \text{ kN}$$

Như vậy kết quả tính toán theo AIP hơi lớn hơn so với thí nghiệm nén tĩnh.

b) Tính toán theo công thức FinnRA

Trong công thức 11, giá trị μ phụ thuộc vào z/d đối với cọc ống thi công dạng đóng hoặc ép. Tỷ lệ z/d càng lớn, khả năng đất lên chặt trong lòng cọc càng lớn. Tuy nhiên trong trường hợp nghiên cứu, đất trong ống giếng được đầm chặt bằng cách cho đất vào và đầm chặt. Như vậy hệ số μ phụ thuộc vào độ đầm chặt của đất dưới đáy ống và trong lòng ống.

$$q = N_q \cdot p'_{0,tip} \quad (16)$$

Trong đó N_q phụ thuộc vào góc ma sát trong ở mũi cọc (đáy móng). Với $\phi = 30^\circ$, $N_q = 37$.

Lấy lực ma sát ở giữa độ cao móng áp dụng cho toàn bộ chiều cao móng:

$$f_s = K_s \cdot \sigma'_v \cdot \tan(\phi_a) \quad (17)$$

Lấy $K_s = 0.5$ tương ứng với góc ma sát trong của phần đất cát xung quanh cọc $23,24^\circ$, $\tan(\Phi_a) = 0.7 \tan(23,24^\circ) = 0.3$

Thay vào công thức 11, nếu lấy $\mu=0.8$ ta có $Q_u = 230$ kN, giá trị này cao hơn nhiều so với kết quả nén tĩnh. Tác giả đề nghị lấy $\mu=0.3$, lúc này ta có $Q_u = 86$ kN, kết quả xấp xỉ với kết quả thí nghiệm nén tĩnh.

4.2. Một số dạng móng bán lắp ghép tiềm năng sử dụng ống cống

Tùy thuộc vào tải trọng công trình mà móng bán lắp ghép sử dụng ống cống có thể được sử dụng ở các dạng khác nhau như sau:

Trường hợp tải trọng công trình bé, ta có thể sử dụng móng ống cống không bịt đáy. Trong trường hợp này đất dưới đáy ống và trong lòng ống cần được đầm chặt để tăng hiệu quả về mặt chịu lực. Đất cát dùng để lèn vào lòng ống có thể dùng đất cát tại chỗ hoặc phế thải xây dựng. Trong trường hợp đất lèn vào đáy ống là chất thải xây dựng, ngoài việc được đầm chặt cần có vải địa kỹ thuật lót ở đáy ống để ngăn cách hai loại vật liệu khác nhau, tránh đất cát dưới đáy ống xâm nhập vào phế thải xây dựng có cỡ hạt lớn hơn làm giảm hiệu quả về khả năng chịu tải.

Trường hợp tải trọng công trình lớn hơn, có thể sử dụng móng bán lắp ghép sử dụng ống cống bịt đáy ở dạng móng đơn, móng băng hoặc móng bè. Trong trường hợp này, do móng rộng, nhẹ, có thể được xem như một dạng móng nổi. Tuy nhiên, mặc dù được bịt đáy nhưng theo thời gian, nước vẫn có thể ngấm qua các vết nứt, kẽ hở, và lúc này móng bị mất đi lợi thế về giảm trọng lượng. Do vậy để tránh nước thấm vào lòng ống, cần chèn các vật liệu nhẹ không thấm nước vào lòng ống, ví dụ như xốp. Cũng cần lưu ý về hiện tượng đẩy nổi có thể gây ra các hiệu ứng bất lợi cho công trình.

Sức chịu tải của móng phụ thuộc vào loại đất dưới và xung quanh đáy móng. Do vậy trong trường hợp móng sử dụng ống cống có bịt đáy và không bịt đáy, khuyến cáo nên đặt đáy ống cống cách lớp đất yếu một khoảng ít nhất bằng đường kính của ống.

5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, tác giả đã đưa ra giải pháp móng nông bán lắp ghép sử dụng ống cống cho nhà thấp tầng trong điều kiện nền đất yếu có cát san lấp. Bài báo trình bày các kết quả thí nghiệm nén tĩnh lên móng bán lắp ghép sử dụng ống cống bịt đáy và không bịt đáy, cũng như một số lý thuyết và công thức tính toán liên quan. Các kết quả cho thấy:

Việc sử dụng móng bán lắp ghép làm giảm đáng kể độ lún của đất nền dưới tải trọng dù đó là ống cống bịt đáy hay không bịt đáy. Tuy nhiên hiệu quả của móng ống cống bịt đáy là vượt trội. Một mặt ống cống bịt đáy có đáy móng cứng, mặt khác trọng lượng móng nhẹ do rỗng ở bên trong. Để tránh thấm nước, rò rỉ nước vào trong lòng ống, có thể chèn vào lòng ống các hộp nhựa rỗng tái chế hoặc xốp lèn đầy lòng cống.

Trường hợp công trình có tải trọng nhỏ có thể sử dụng móng ống cống không bịt đáy. Tuy nhiên, để tăng sức chịu tải của móng cần đầm chặt đất trong lòng cống càng chặt càng tốt. Có thể sử dụng các chất thải rắn như bê tông, gạch vỡ, dăm sạn trộn cùng cát để cho vào lòng ống. Có thể tiến hành thêm các thí nghiệm để xác định tương quan giữa mức độ đầm chặt đất trong lòng ống và sức chịu tải của móng. Việc tính toán sức chịu tải của loại móng này có thể dùng các công thức của AIP hoặc FinnRA.

Phương pháp móng bán lắp ghép sử dụng ống cống có thể tiết kiệm thời gian thi công, và chi phí. Tùy tải trọng công trình mà móng đơn, móng băng hay móng bè sử dụng ống cống bịt đáy hay không bịt đáy được sử dụng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này thuộc đề tài mã số T2021-108TD được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM năm 2021.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trịnh Việt Cường (2005). Ma sát âm trên cọc và ảnh hưởng của nó tới công trình xây dựng, Hội nghị Khoa học Toàn quốc Lần III về Sự cố và Hư hỏng Công trình Xây dựng.
2. Dương Diệp Thúy, Phạm Quang Hưng (2015). Kiểm nghiệm phương pháp mặt trung hòa trong tính toán lún của nhóm cọc, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 23, tháng 3, 2015, trang 62-68.
3. Hùng, N. S., & Thạch, V. H. (2019). Gia cường nền đất yếu có cát san lấp bằng cọc xi măng - đất. Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng (KHCNXD) - ĐHXD, 13(4V), 159-168. [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13\(4V\)-15](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(4V)-15)
4. Nguyễn Sỹ Hùng, Hoàng Anh, "Nghiên cứu thực nghiệm giải pháp gia cố nền đất yếu có cát san lấp bằng túi đất D - BOX", Tạp chí Xây dựng, số 622, tháng 3, 2012, trang 85-89.
5. Sy Hung Nguyen, Experimental Study on Behaviour of Clayey Sand Reinforced by Polypropylene Fibre, ICGOS 2021, Emerging Technologies and Applications for Green Infrastructure, Lecture Notes in Civil Engineering 203, https://doi.org/10.1007/978-981-16-7160-9_107
6. Nguyen Sy Hung, experimental study on semi-assembled floating foundation using sewer pipes for low-rise buildings on weak soil with filling sand layer, Material and Construction, 2021
7. V. N. S. Murthy, "Advanced Foundation Engineering," CBS Publishers and Distributors, 2007.
8. N.N. Som, S.C. Das, "Theory and Practice of Foundation Design (2004, Prentice-Hall of India Pvt. Ltd).
9. Aminu Ibrahim, Bujang B.K. Huat, Afshin Asadi, Haslinda Nahazanan, "Foundation and Embankment Construction in Peat: An Overview", Electronic Journal of Geotechnical Engineering Vol. 19, January 2014, pp 10079-10094.
10. Skempton, A. W. The Albion Mill Foundation, Geotechnique 21, No.3, 1971
11. S. Mohsenian1, A. Eslami2 and A. Kasae3, "Geotechnical Aspects for Design and Performance of Floating Foundations", Geo-Frontiers 2011 © ASCE 2011, pp 56-65.
12. Trịnh Việt Cường, Nguyễn Ngọc Thuyết, Nguyễn Văn Đông, "Kinh nghiệm áp dụng giải pháp móng nổi cho công trình xây dựng trên nền đất yếu tại dự án Bắc Hà, Hà Nội", Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (IBST), số 23, tháng 3, 2015, trang 62-68.
13. Gudavalli S.R., Safaqaq O., Seo H, "Effect of Soil Plugging on Axial Capacity of Open-Ended Pipe Piles in Sands", Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013, pp. 1487- 1490.
14. Mohammed Y. Fattah & Wissam H.S. Al-Soudani, "Bearing capacity of closed and open-ended pipe piles installed in loose sand with emphasis on soil plug", Indian Journal of Geo-Marine Science Vol.45 (5), May 2016, pp. 703-724.
15. Kyuho Paik, Rodrigo Salgado, Junhwan Lee, "Design Lessons from Load Tests on Open- and Closed-Ended Pipe Piles", International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering.
16. Feng Yu and Jun Yang, M. ASCE, "Base Capacity of Open-Ended Steel Pipe Piles in Sand", J. Geotech. Geoenviron. Eng. 2012.138:1116-1128.
17. American Petroleum Institute. ANSI/API Recommended Practice 2GEO. Geotechnical and Foundation Design Considerations, 2011, ISO 19901-4:2003
18. Paikowsky S G, Whitman R V. The effects of plugging on pile performance and design. Canadian Geotechnical Journal, 1990, 27 (4): 429-440
19. Finnish National Road Administration. Steel Pipe Piles, Helsinki, 2000, 951-726-617-0
20. China's Ministry of Construction. Technical Code for Building Pile Foundations. Beijing, JG J94-2008
21. TCVN 9354:2012- Đất xây dựng - Phương pháp xác định mô đun biến dạng tại hiện trường bằng tấm nén phẳng, Bộ Xây dựng.