

NGHIÊN CỨU SỰ GIẢM ÁP LỰC ĐẤT ĐÁP TÁC DỤNG LÊN NỀN ĐẤT YẾU ĐƯỢC GIA CỐ BỞI CÁC GIẾNG CÁT

TS. PHẠM ĐỨC TIỆP, ThS. CAO VĂN HÒA, KS. TRẦN VĂN CƯỜNG

Học Viện Kỹ thuật Quân Sự

Tóm tắt: Trên cơ sở nghiên cứu các tiêu chuẩn hiện hành và thu thập số liệu thực tế thi công một số công trình nhóm tác giả đã xác định được phạm vi thay đổi của các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu giếng cát. Ngoài ra nhóm tác giả cũng sử dụng phương pháp số để mô hình hóa sự làm việc của nền đường đắp trên đất yếu được gia cố bởi các giếng cát để thấy rõ hơn phân bố ứng suất trong giếng cát và trong nền đất yếu, từ đó khẳng định tính hiệu quả của giếng cát không chỉ rút ngắn thời gian cố kết mà còn tham gia và phân bố tải theo chiều sâu.

Từ khóa: Phương pháp phần tử hữu hạn, vùng biến dạng dẻo, lún cố kết, giếng cát.

Abstract: In this study, the ranges of mechanical properties of sand drains are observed based on available standards and database in literature. In addition, embankment behavior on weak soils reinforced by sand drains is analyzed with numerical approach (i.e. Finite Element Method) to obtain the stress fields of sand drains and soft soil. Based on the results, the effectiveness of sand drain not only shorten consolidation time but also participate and distribute the load in depth.

Key words: Finite Element Method, plastic deformation zone, consolidation settlement, sand drains.

1. Đặt vấn đề

Khi tính toán thiết kế công trình trên nền đất yếu được gia cố bằng giếng cát thường sử dụng tiêu chuẩn 22TCN-262-2000 “Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu – tiêu chuẩn thiết kế” [1]. Theo tiêu chuẩn này giếng cát chỉ có vai trò thu nước để tăng nhanh quá trình cố kết mà không có ý nghĩa nền chặt đất xung quanh như đối với cọc cát. Bản thân tiêu chuẩn TCVN 11713:2017 “Gia cố nền đất yếu bằng giếng cát - Thi công và nghiệm thu” [2] cũng tập trung vào khả năng thoát nước nên không đề cập đến yêu cầu về mật độ chặt của cát trong giếng ngoài yêu cầu tỷ lệ cỡ hạt và hệ số thấm của cát, mặc dù biện pháp thi công đã tạo ra độ chặt nhất định cho cát trong giếng. Thực tế nếu kết cấu giếng mà độ nền chặt cao thì đảm bảo ổn định hình dạng và yêu cầu đặt ra như sơ đồ làm

việc đối với thoát nước, ngược lại nếu kết cấu giếng toi xốp thì không đảm bảo độ thẳng đứng, dễ thay đổi hình dạng và ảnh hưởng đến khả năng thoát nước. Thường trong các hồ sơ biện pháp thi công xử lý nền đất yếu bằng giếng cát yêu cầu thể tích cát cần sử dụng gấp 1,2 đến 1,3 lần thể tích của giếng cát thiết kế.

$$V_0 = k_{yc} \cdot V_{tk} \quad (1)$$

trong đó:

$$k_{yc} = 1,2 \div 1,3$$

V_0 - thể tích cát cần sử dụng cho một giếng cát, tương ứng có hệ số rỗng ban đầu ε_0 ;

V_{tk} - thể tích giếng cát, cát trong giếng được làm chặt do quá trình rút ống vách và rung ống vách;

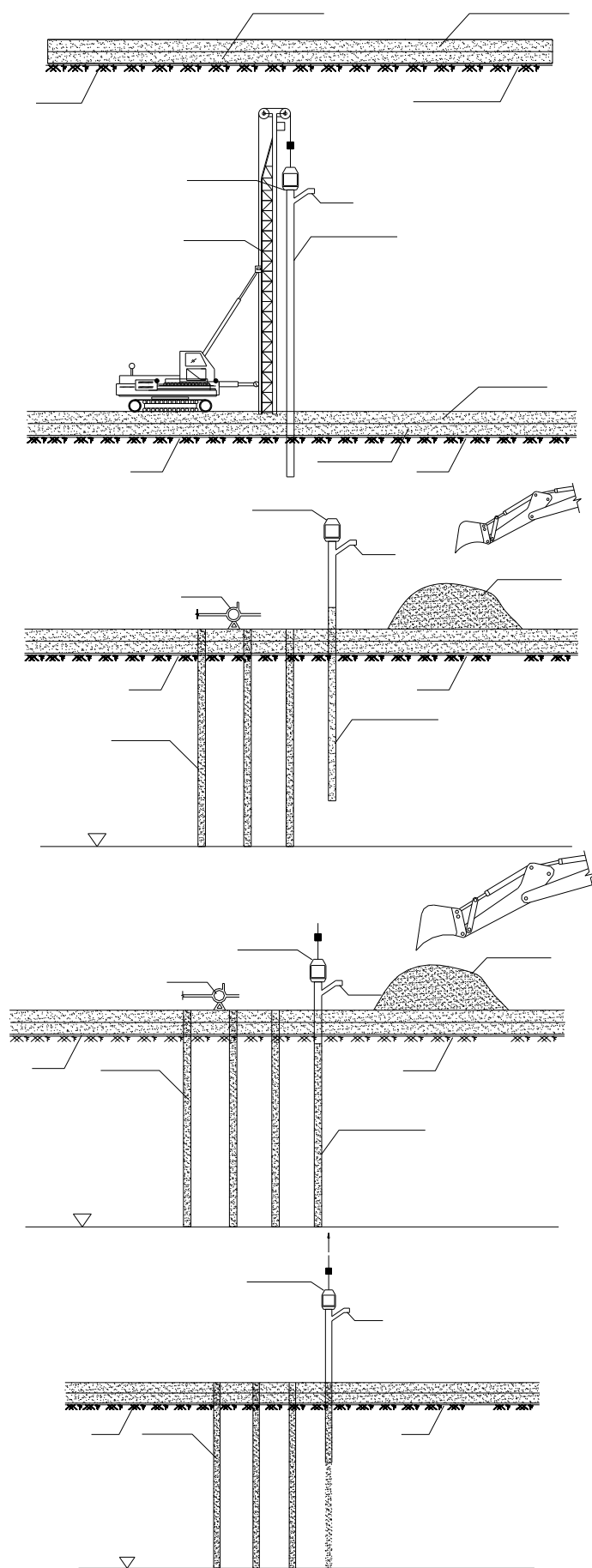
ε_{tk} - hệ số rỗng của cát trong giếng sau khi thi công xong.

Căn cứ vào công thức (1) ta có thể thiết lập được mối liên hệ của ε_{tk} và ε_0 như sau:

$$\varepsilon_{tk} = \frac{\varepsilon_0 - (k_{yc} - 1)}{k_{yc}} \quad (2)$$

Thực tế khi thiết kế thoát nước bao gồm thoát nước đơn thuần hoặc thoát nước kết hợp gia cố. Đối với việc thoát nước đơn thuần đã có nhiều nghiên cứu. Bài báo này các tác giả đánh giá về tính hiệu quả thoát nước và gia cố khi sử dụng giếng cát.

Vật liệu sử dụng làm giếng thường là cát hạt trung hoặc cát hạt thô, giả sử cát ban đầu ở trạng thái rời có $\varepsilon_0 = 0,7 \div 1,0$; thay vào (2) ta xác định được phạm vi thay đổi hệ số rỗng của cát trong giếng sau khi thi công xong: $\varepsilon_{tk} = 0,31 \div 0,67$. Khoảng biến đổi này cho thấy sau khi thi công xong cát trong giếng ở trạng thái chặt vừa đến chặt. Căn cứ vào khoảng biến đổi của ε_{tk} và bảng B.1 – Phụ lục B của tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 “Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình” [3] ta xác định được các thông số đặc trưng về tính biến dạng ($E_c = 30000 \div 50000$ kPa) và cường độ của vật liệu cát (góc ma sát trong $\varphi_c = 35 \div 40^\circ$, lực dính $c_c = 1 \div 3$ kPa).



Bước 1: Chuẩn bị mặt bằng

- Định vị các giếng cát;
- Dọn dẹp mặt bằng.

Bước 2:

- Lắp đặt búa rung lên đầu ống vách, sử dụng giá dẫn hướng nâng ống vách đúng vị trí thi công;
- Dưới tác dụng của phản lực đất, mũi ống vách được đóng lại;
- Đóng ống vách bằng búa rung.

Bước 3:

- Cho cát vào ống vách qua phễu được gắn chặt trên ống vách;
- Trong quá trình cho cát vào, cho nước vào ống vách bằng máy bơm, nước làm cát chặt hơn;
- Sau khi cho cát vào ống vách xong, sử dụng búa rung để rung. Cát sẽ được nén chặt dưới tác dụng của nước và lực rung.

Bước 4:

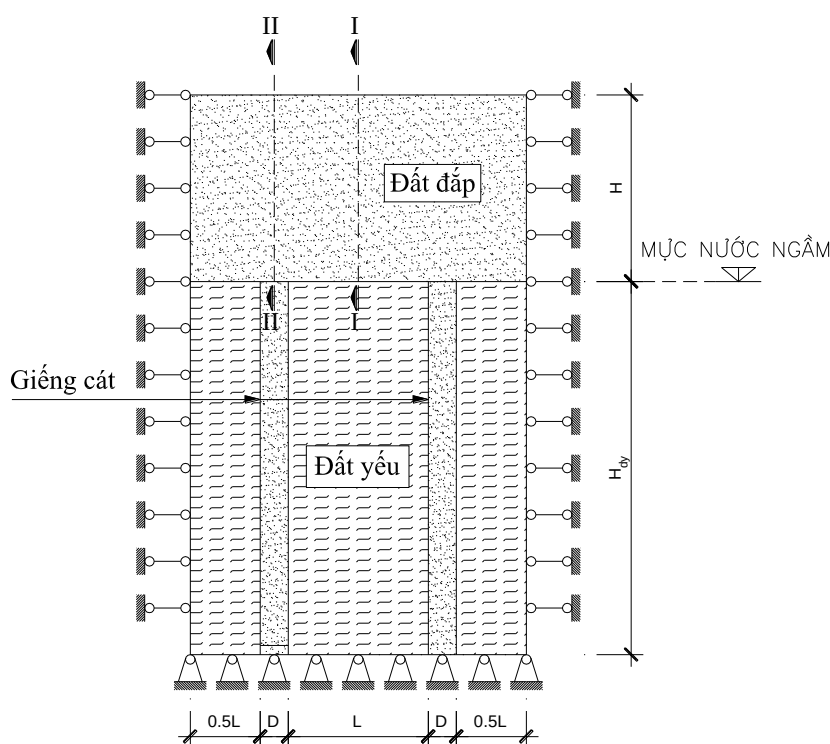
- Khi ống vách đạt tới cao độ thiết kế sử dụng nhân công và máy xúc cho cát vào ống vách lần 2;
- Sau khi cho cát vào ống vách xong, sử dụng búa rung để rung.

Bước 5:

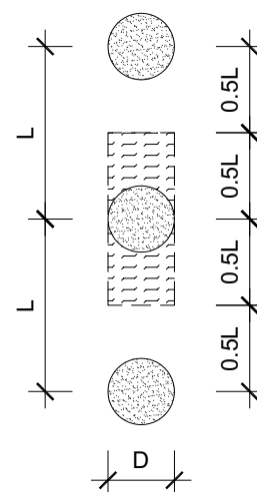
- Rút ống vách lên bằng búa rung thì cát đi ra khỏi ống vách;
- Cùng lúc với ống vách được rút lên dưới trọng lượng của cát và nước đầu dưới của ống vách sẽ được mở ra để cát đi ra;
- Khi rút ống vách tránh để cát đóng cục;
- Khi cát chui khỏi hết ống vách, cát sẽ được tiếp tục cho vào phễu.

Hình 1. Trình tự thi công giếng cát

Đối với đất yếu thì mô đun biến dạng thường rất nhỏ ($E_{đy} \leq 5000 \text{ kPa}$). Hệ nền đất yếu và giếng cát làm việc đồng thời với nhau dưới tác dụng của tải trọng bản thân của lớp đất đắp bên trên và tải trọng thi công cũng như phương tiện giao thông. Sự chênh lệch giữa mô đun biến dạng của giếng và đất yếu sẽ xuất hiện hiện tượng tập trung ứng suất rất lớn ở đầu các giếng, chính vì vậy áp lực tác dụng lên đất yếu sẽ giảm. Tuy vậy theo 22TCN262-2000 khi tính toán nền đất yếu được gia cường giếng cát, phần áp lực gây lún của đất đắp đơn giản được xác định theo quy luật của áp lực thủy tĩnh theo phương thẳng đứng. Vì vậy độ lún cổ kết của đất yếu tính ra sẽ lớn hơn so với thực tế và công tác tính toán dự báo lún theo thời gian có sai khác lớn. Việc mô hình hóa sự làm việc công trình nền đắp trên nền đất yếu được gia cố bởi giếng cát bằng phương pháp phần tử hữu hạn sẽ đáp ứng được sự làm việc phù hợp của mô hình, phương pháp tiếp cận được tiến hành như sau:



Hình 2. Sơ đồ mô hình hóa hệ nền đắp, đất yếu và giếng cát



Hình 3. Mặt bằng 1 hàng giếng cát (sơ đồ quy đổi bài toán không gian về bài toán phẳng)

- Phương pháp 1: mô tả độc lập đất yếu và giếng cát theo các giá trị đặc trưng cơ lý riêng của chúng;

- Phương pháp 2: thay thế các đặc trưng cơ lý của nền đất yếu được gia cố bởi các giếng cát bằng các đặc trưng cơ lý lớp đất tương đương. Khi đó các giá trị đặc trưng cơ lý lớp đất tương đương phụ thuộc vào đặc trưng cơ lý của đất yếu, vật liệu giếng cát và mật độ giếng cát (khoảng cách giữa các giếng cát).

Nếu mô phỏng theo phương pháp 2 thì hiện tượng tập trung ứng suất không được biểu hiện, nên không thấy rõ sự giảm áp lực đất đắp lên nền đất yếu. Vì vậy để thấy rõ được sự giảm áp lực đất đắp lên nền đất yếu do hiện tượng tập trung ứng suất đối với giếng cát trong bài báo này nhóm tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng thứ 1 để đánh giá giếng cát về mặt chịu lực.

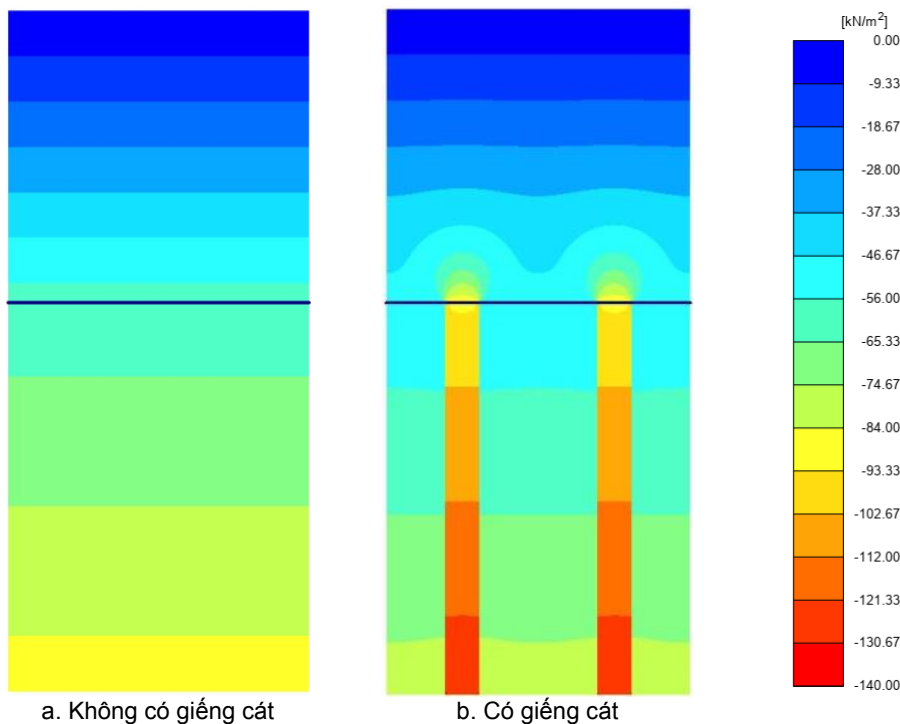
2. Đánh giá khả năng chịu lực nền độc lập và giếng cát theo đặc trưng cơ lý

Bảng 1. Đặc trưng cơ lý của vật liệu khi mô hình hóa

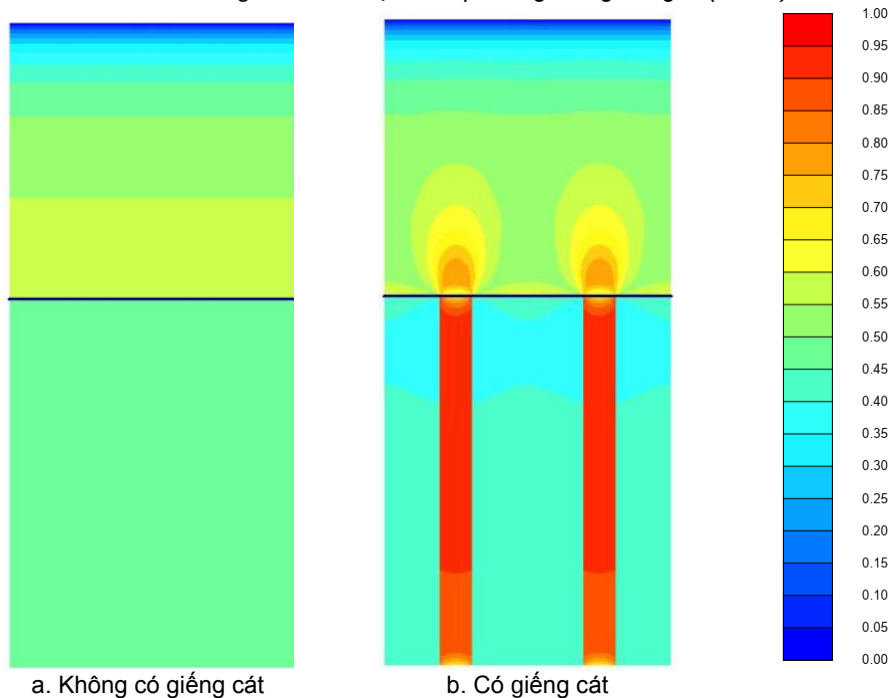
Tên lớp đất	Dung trọng tự nhiên γ (kN/m^3)	Góc ma sát trong φ (độ)	Lực dính C (kN/m^2)	Mô đun biến dạng E (kN/m^2)	Mô hình
Đất đắp	20	40	3	50 000	Mohr - Coulomb
Cát trong giếng	19	38	2	40 000	Mohr - Coulomb
Đất yếu	17	14	20	4100	Mohr - Coulomb

Để xác định mức độ giảm áp lực nền đắp bên trên tác dụng lên đất yếu tác giả mô hình hóa hệ đất đắp, đất yếu và giếng cát làm việc đồng thời bằng phần mềm Plaxis 2D (hình 2). Mô hình chỉ xem xét đại diện trong phạm vi 2 giếng cát (giếng cát có đường kính $D=0,35\text{m}$ và khoảng cách giữa 2 giếng là $L=1,20\text{m}$). Các đặc trưng thông số đầu vào của vật liệu như bảng 1.

Kết quả tính toán thấy rõ hiện tượng tập trung ứng suất ở đầu các giếng cát (hình 4). Ứng suất hữu hiệu thẳng đứng tăng lên rõ rệt ở trong giếng, còn trong miền đất yếu xung quanh ứng suất này lại giảm đi, chính vì vậy những điểm biến dạng dẻo chủ yếu tập trung vào giếng cát và diện tích miền biến dạng dẻo trong đất yếu cũng giảm đi rất nhiều so với trường hợp nền không có giếng cát (hình 5).



Hình 4. Ứng suất hữu hiệu theo phương thẳng đứng σ'_z (kN/m^2)



Hình 5. Ứng suất cắt tỷ đối (đánh giá mức độ ổn định của điểm)

Khảo sát sự thay đổi ứng suất thẳng đứng theo chiều sâu trong nền đất đắp tại mặt cắt I-I (mặt cắt nằm chính giữa phạm vi 2 giếng cát) và mặt cắt II-II (đi qua tim giếng cát) từ kết quả hình 6 cho thấy:

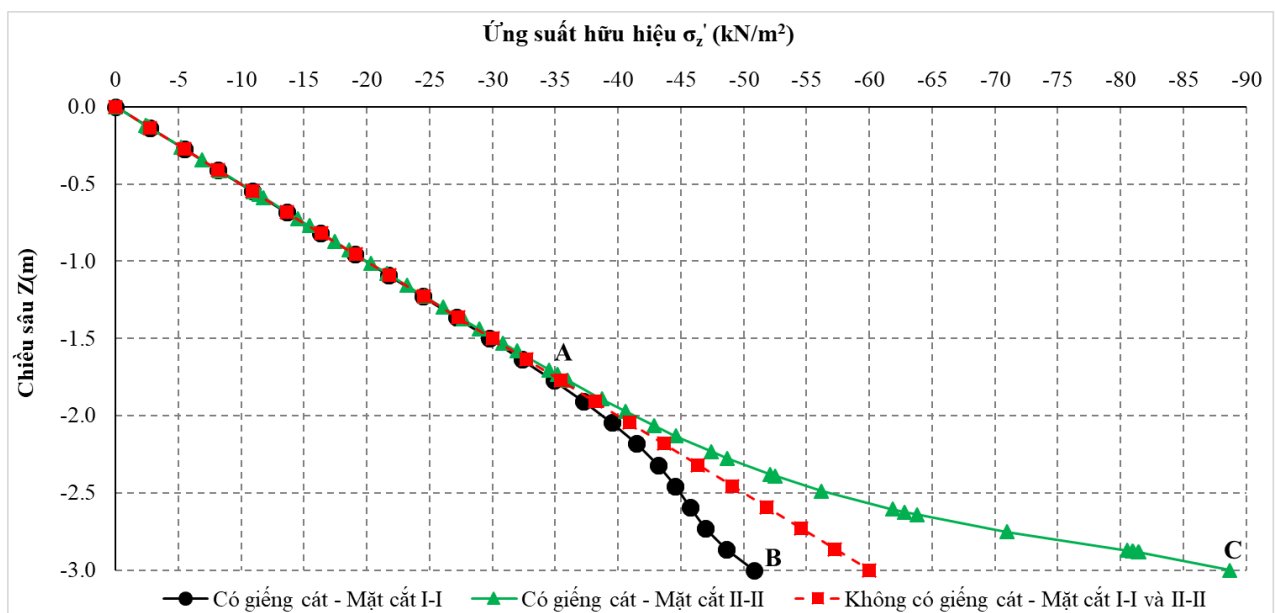
- Khi không có giếng cát: đường thay đổi ứng suất thẳng đứng theo chiều sâu tuân theo quy luật áp lực thủy tĩnh ở mọi mặt cắt.

- Khi có giếng cát:

+ Tại mặt cắt I-I, đường thay đổi ứng suất theo chiều sâu chia làm 2 phần với quy luật khác nhau: phần đầu tiên thay đổi theo quy luật áp lực thủy tĩnh (đoạn thẳng OA) – tuyến tính theo chiều sâu; phần

thứ 2 (đoạn cong AB) lệch khỏi quy luật áp lực thủy tĩnh, trong phạm vi này giá trị áp lực tính toán được sẽ nhỏ hơn tính toán theo quy luật thủy tĩnh. Bởi vậy áp lực tác dụng lên nền đất yếu (áp lực gây lún) bị giảm đi;

+ Tại mặt cắt II-II, đường thay đổi ứng suất theo chiều sâu cũng chia làm 2 phần: phần đầu tiên cũng như đoạn OA (tương tự mặt cắt I-I); phần thứ 2 (đoạn cong AC) lệch khỏi quy luật áp lực thủy tĩnh, tuy nhiên trong phạm vi này giá trị áp lực tính toán lớn hơn rất nhiều giá trị tính toán theo quy luật thủy tĩnh (do tập trung ứng suất vào vùng có độ cứng cao hơn).



Hình 6. Sự thay đổi ứng suất thẳng đứng σ'_z trong nền đắp theo chiều sâu tại mặt cắt chính giữa I-I và tim giếng cát II-II (cốt 0.00 – tại vị trí bề mặt lớp đất đắp)

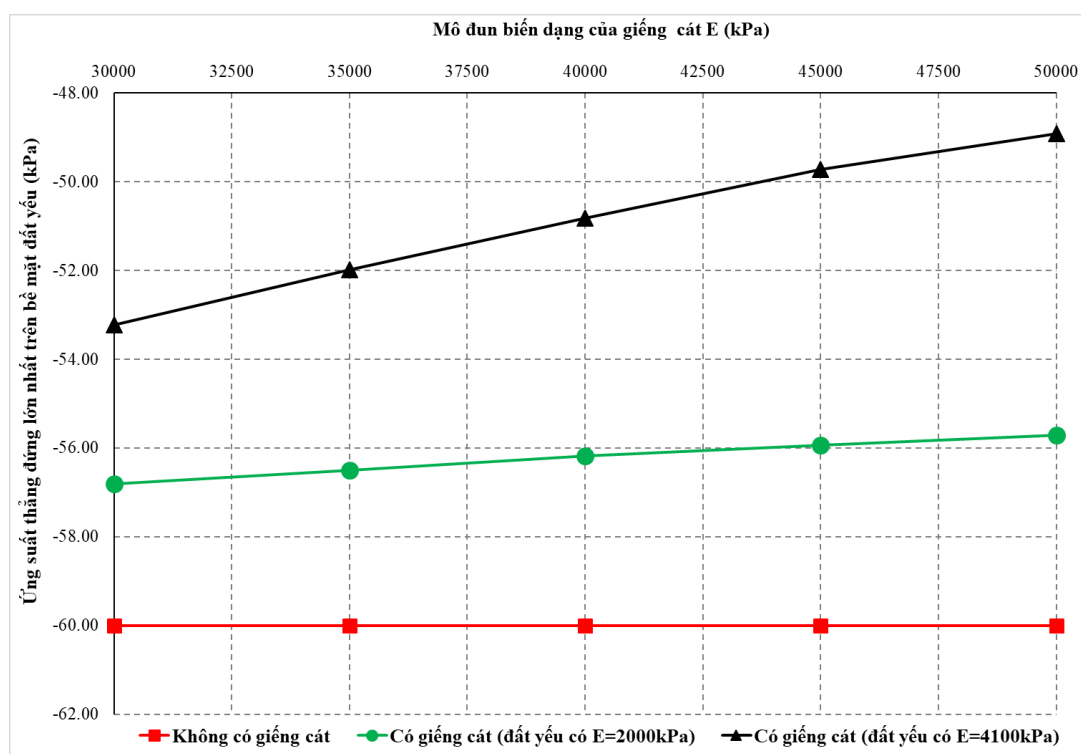
3. Áp lực gây lún của đất đắp tác dụng lên nền đất yếu được gia cường giếng cát

a) Ảnh hưởng của mô đun biến dạng giếng cát

Kết quả khảo sát được thể hiện qua bảng 2 và hình 7:

Bảng 2. Khảo sát sự ảnh hưởng mô đun biến dạng giếng cát đến giá trị áp lực gây lún lớn nhất

STT	Đặc trưng cơ lý giếng cát [3]			Đường kính giếng D	Khoảng cách giữa trục các giếng L	Đặc trưng cơ lý đất yếu vùng Hải Phòng [4]			Ứng suất thẳng đứng lớn nhất trên bề mặt đất yếu		Sai lệch giữa 2 phương pháp
	E_c	φ_c	c_c			E_d	φ_d	c_d	Tính theo Plaxis 2D	Tính theo quy luật thủy tĩnh $\sigma_{\max}^z = \gamma \cdot H_{\text{đắp}}$	
	kPa	độ	kPa			kPa	độ	kPa	kPa	kPa	
1	30000	35.0	1.0	0.35	1.55	2000	8.3	8	-56.81	-60	5.3
2	35000	36.5	1.5	0.35	1.55	2000	8.3	8	-56.50	-60	5.8
3	40000	38.0	2.0	0.35	1.55	2000	8.3	8	-56.17	-60	6.4
4	45000	39.0	2.5	0.35	1.55	2000	8.3	8	-55.94	-60	6.8
5	50000	40.0	3.0	0.35	1.55	2000	8.3	8	-55.71	-60	7.2
6	30000	35.0	1.0	0.35	1.55	4100	14	20	-53.22	-60	11.3
7	35000	36.5	1.5	0.35	1.55	4100	14	20	-51.98	-60	13.4
8	40000	38.0	2.0	0.35	1.55	4100	14	20	-50.81	-60	15.3
9	45000	39.0	2.5	0.35	1.55	4100	14	20	-49.73	-60	17.1
10	50000	40.0	3.0	0.35	1.55	4100	14	20	-48.92	-60	18.5



Hình 7. Mối tương quan độ cứng giếng cát và ứng suất gây lún lớn nhất

Nhận xét:

- Càng tăng mô đun biến dạng giếng cát (càng nèn chặt) thì ứng suất thẳng đứng lớn nhất trên bề mặt đất yếu càng giảm;

- Hai trường hợp được gia cố giếng cát có cùng mô đun biến dạng, cùng đường kính giếng, cùng khoảng cách và cùng chiều cao đất đắp, đất tự nhiên càng yếu (mô đun biến dạng nhỏ) thì áp lực gây lún trên mặt đất yếu càng lớn;

- Đất càng yếu thì mức độ ảnh hưởng của mô đun biến dạng giếng cát đến sự giảm áp lực gây lún tác dụng lên đất yếu không đáng kể.

b) Ảnh hưởng khoảng cách giữa các giếng cát

Mức độ xa hay gần của các giếng cát được thể hiện qua tỷ số $n=L/D$. Kết quả khảo sát được thể hiện ở bảng 3:

Bảng 3. Khảo sát sự ảnh hưởng khoảng cách giữa các giếng cát đến giá trị áp lực gây lún lớn nhất

STT	Đường kính giếng D	L/D	Khoảng cách các giếng L	Khoảng cách giữa tìm 2 giếng L^*	Đặc trưng giếng cát [3]			Đặc trưng đất yếu vùng Hải Phòng [4]			Ứng suất thẳng đứng lớn nhất trên bề mặt lớp đất yếu		Sai lệch giữa 2 phương pháp
					E_c	φ_c	c_c	E_d	φ_d	c_d	Tính theo Plaxis 2D	Tính theo quy luật thủy tĩnh $\sigma_{\max}^z = \gamma \cdot H_{\text{đắp}}$	
	m		m	m	kPa	độ	kPa	kPa	độ	kPa	kPa	kPa	%
1	0.35	3	1.05	1.40	40000	38	2	4100	14	20	-49.12	-60	18.13
2	0.35	4	1.40	1.75	40000	38	2	4100	14	20	-52.58	-60	12.38
3	0.35	6	2.10	2.45	40000	38	2	4100	14	20	-56.12	-60	6.47
4	0.35	8	2.80	3.15	40000	38	2	4100	14	20	-57.74	-60	3.77
5	0.35	10	3.50	3.85	40000	38	2	4100	14	20	-58.59	-60	2.34
6	0.35	12	4.20	4.55	40000	38	2	4100	14	20	-59.08	-60	1.53

Nhận xét:

- Giếng cát càng bố trí xa nhau (n càng lớn) thì áp lực gây lún lên đất yếu càng tăng;

- Nếu $L > 6D$ thì có thể bỏ qua ảnh hưởng của giếng cát đến sự giảm áp lực gây lún, nghĩa là chỉ tính toán giếng cát đóng vai trò tăng nhanh quá trình cố kết.

4. Kết luận

Trên cơ sở thu thập các hồ sơ thi công và nghiệm thu giếng cát cho thấy cát trong giếng đạt độ chặt từ chặt vừa đến chặt, với mức độ nén chặt như vậy mô đun biến dạng của giếng cát lớn hơn đất yếu một cách đáng để xem xét. Sự khác biệt về modun biến dạng như vậy sẽ xuất hiện hiện tượng tập trung ứng suất ở đầu các giếng, kết quả làm giảm áp lực tác dụng lên nền đất yếu, giảm vùng ảnh hưởng lún, dẫn đến giảm độ lún cố kết.

Qua kết quả nghiên cứu nhóm tác giả xin đưa ra 2 kiến nghị như sau:

- Khi tính toán giếng cát tùy thuộc vào khoảng cách hay độ chặt của vật liệu giếng cần xem xét đồng thời 2 yếu tố: tham gia chịu lực cùng đất yếu và hiệu quả quá trình cố kết cho đất yếu;

- Cần nghiên cứu tiếp về tương tác và hiệu quả của mô hình làm việc đồng thời khi tính toán giếng cát.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu 22TCN262-2000.
- [2] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11713:2017 “Gia cố nền đất yếu bằng giếng cát - Thi công và nghiệm thu”.
- [3] TCVN 9362:2012 “Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình”.
- [4] Hoàng Văn Tân, Trần Đình Ngô, Phan Xuân Trường, Phạm Xuân, Nguyễn Hải (1997). Những phương pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu. *Nhà Xuất bản Xây dựng*.
- [5] Добров Э.М., Нгуен Ны Бао (2017). Учет эффекта зависания насыпного грунта при устройстве гибких ростверков на слабых основаниях. *Жур-л «Наука и техника в дорожной отрасли», №1, 21-23с.*
- [6] Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах, *Минтранс России № ОС-1067-р от 03.12.2003.*

Ngày nhận bài: 12/12/2018.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 19/4/2019.