



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0033923

(51)^{2006.01} E02D 27/26; E02D 3/00

(13) B

(21) 1-2018-05988

(22) 08/12/2017

(86) PCT/RU2017/000916 08/12/2017

(87) WO2019/066680 04/04/2019

(30) 2017133868 29/09/2017 RU

(45) 25/11/2022 416

(43) 25/08/2020 389ASC

(73) 1. Joint Stock Company "Rosenergoatom" (RU)

ul. Ferganskaya, d. 25, Moscow, 109507, Russian Federation

2. Joint Stock Company "Science and Innovations" (RU)

Staromonetniy per., d. 26, Moscow, 119180, Russian Federation

(72) TER-MARTIROSYAN Zaven Grigor'evich (RU); TER-MARTIROSYAN Armen Zavenovich (RU); MIRNIY Anatoliy Yur'evich (RU); SOBOLEV Evgeniy Stanislavovich (RU); SIDOROV Vitaliy Valentinovich (RU); ANZHELO Georgiy Olegovich (RU); LUZIN Ivan Nikolaevich (RU).

(74) Công ty Luật TNHH quốc tế BMVN (BMVN INTERNATIONAL LLC)

(54) PHƯƠNG PHÁP NÉN NỀN ĐƯỢC CẤU THÀNH TỪ ĐẤT KHOÁNG YẾU

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp nén chặt nền đất yếu được cấu thành từ những loại đất khoáng yếu, bao gồm việc thi công các giếng, bơm nguyên liệu nén chặt vào từng giếng và tác động bằng thiết bị ống rồng lên vật liệu làm chặt để tạo cọc đất.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực xây dựng, cụ thể là liên quan đến các phương pháp nén chặt đất nền, móng các tòa nhà và công trình, trong đó bao gồm cả các công trình năng lượng điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong thực tế, việc thiết kế nền và móng của các tòa nhà và công trình trên phần xây dựng đã chọn không hiếm gặp nền đất pha sét no nước, tính định hình và độ vững chắc kém. Trong các trường hợp đó cần phải tiến hành nén nền bằng các phương pháp khác nhau, để giúp làm chặt và gia cố lớp đất yếu ban đầu. Trong nhóm các phương pháp cải tạo tính chất của đất có thể làm chặt bằng máy lăn, đầm, bằng vữa lỏng có các thành phần khác nhau, thiết bị tạo cọc bằng các công nghệ khác nhau.

Đã biết đến phương pháp làm chặt đất, bao gồm việc tạo giếng, lay đất của tường giếng này và tác động nén đất này (Giấy chứng nhận tác giả sáng chế Liên Xô số 708010, 30/09/1977). Trong phương pháp đã biết này có tác động nén chặt đất, rung lên thành của giếng. Sau khi ép vào đất này sẽ có mức độ chắc xác định, không thể tăng thêm. Phương pháp này không thu được mức độ chắc theo yêu cầu dưới nền để xây dựng hiện đại.

Phương pháp tương tự gần nhất là nén đất (Bằng sáng chế Liên bang Nga số 2473741), bao gồm việc làm giếng, lấp đầy vật liệu nén xuống giếng và nén bằng thiết bị ống rỗng lên vật liệu nén để tạo các cọc đất.

Nhược điểm của phương pháp tương tự gần nhất này là không thể tính toán để lựa chọn các thông số kỹ thuật nén chặt cột đất phụ thuộc vào tính chất của đất, việc kiểm tra các giá trị nhận được sau khi nén chặt so với các giá trị thiết kế, dẫn đến việc phải tiến hành các thao tác bổ sung khi nén chặt đất, khi lựa chọn số lượng giếng cần thiết.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là nâng cao năng suất thực hiện nén chặt đất, giảm mức độ tiêu thụ vật liệu và khối lượng công việc.

Kết quả kỹ thuật mà sáng chế đạt được là khi thực hiện việc nén chặt nền từ đất khoáng yếu, bằng cách xác định các thông số kỹ thuật thiết kế tối ưu trên toàn diện tích nền.

Sáng chế đề xuất phương pháp nén chặt nền, bao gồm việc làm giếng, bơm vật liệu nén chặt vào mỗi giếng và tác động bằng thiết bị ống rỗng lên vật liệu nén chặt để tạo các cọc đất. Theo đó, trước tiên thực hiện các khảo sát kỹ thuật - địa chất trên diện tích nền và xác định các giá trị của mô-đun biến dạng, hệ số Poisson, góc ma sát trong, độ bám dính riêng, khối lượng riêng, hệ số ban đầu độ rỗng của đất khoáng rỗng, đưa ra mẫu biến dạng

cần thiết của lớp đất nén, sau đó lấy giá trị ε_i biến dạng mở rộng bằng 0,1, tính hệ số rỗng của đất khoáng yếu sau khi nén chặt xung quanh cột đất e_i , theo công thức:

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \cdot \varepsilon_i, \text{ trong đó}$$

e_i là hệ số rỗng của đất khoáng yếu cầu sau khi nén chặt xung quanh cột đất;

e_0 là hệ số rỗng ban đầu của đất khoáng yếu được nén;

ε_i là giá trị biến dạng mở rộng của giếng,

và được xác định trong từng bước giá trị dự đoán chỉ số độ chảy loãng của đất khoáng yếu theo công thức:

$$I_{L2} = I_{L1} \cdot \left(\frac{\frac{e_2}{e_1} \cdot w_1 - w_p}{w_1 - w_p} \right), \text{ trong đó}$$

I_{L1} là giá trị chỉ số độ chảy loãng của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên;

I_{L2} là giá trị chỉ số độ chảy loãng của đất khoáng yếu sau khi nén chặt;

e_1 là giá trị hệ số độ rỗng của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên;

e_2 là giá trị hệ số độ rỗng của đất khoáng yếu sau khi nén chặt;

w_1 là độ ẩm của đất khoáng yếu trong điều kiện tự nhiên;

w_p là độ ẩm của đất khoáng yếu tại ranh giới độ dẻo.

sau đó, theo các giá trị tiêu chuẩn đã biết lấy các giá trị gần nhất của mô-đun biến dạng E_ε bao quanh cột đất của đất khoáng phụ thuộc vào các giá trị hệ số độ rỗng nhận được của đất khoáng yếu sau khi nén chặt xung quanh cột đất e_i và chỉ số độ chảy loãng của đất sau khi nén chặt I_{L2} , sau đó lấy khoảng cách phân bố các cột đất bằng ba lần đường kính của thiết bị làm việc hình ống rỗng và xác định giá trị trung bình thực tế của mô-đun biến dạng trung bình thực tế theo các công thức:

$$\bar{E} = \beta / \bar{m}, \quad \bar{m} = \frac{m_c \cdot m_\varepsilon}{m_\varepsilon \cdot \varepsilon + m_c(1 - \varepsilon)}, \quad m_\varepsilon = \frac{\beta}{E_\varepsilon}, \quad m_c = \frac{\beta}{E_c}, \quad \varepsilon = \frac{a^2}{b^2}, \text{ trong đó}$$

$\bar{E}$ là mô-đun biến dạng trung bình thực tế của nền;

β là hệ số mở rộng cạnh bên, bằng 0,8 đối với khối đất ghép lại;

m_ε là hệ số chịu nén tương đối của đất khoáng;

m_c là hệ số chịu nén tương đối của vật liệu làm giếng đất;

$\bar{m}$ là hệ số chịu nén tương đối khối rắn, từ giếng đất và đất xung quanh nó;

E_s là mô-đun biến dạng cột đất của đất khoáng xung quanh;

E_c là mô-đun biến dạng của vật liệu cột đất;

ε là giá trị biến dạng thể tích của đất khoáng được nén chặt khi mở rộng giếng;

a là bán kính cuối cùng của cột đất;

b là bán kính của khối tạo từ cột đất và môi trường đất khoáng xung quanh nó, bằng một nửa bước theo thiết kế phân bố các cột đất, so sánh nó với mô-đun biến dạng đất theo thiết kế, trong trường hợp nhận được giá trị mô-đun biến dạng đất trồng thực tế trung bình của đáy nhỏ hơn, so với thiết kế, cần phải tăng giá trị ε_i biến dạng của giếng với bước nhảy 0,1 và lặp lại việc tính toán mô-đun biến dạng nền trung bình thực tế đến khi đạt giá trị tính toán hoặc bước đặt các cọc đất bằng giá trị 1,5 đường kính của thiết bị ống rỗng, khi đó việc tăng bán kính giếng, tương ứng với giá trị biến dạng mở rộng cho phép trong quá trình ép, tính theo công thức:

$$r_p = R\sqrt{\varepsilon}, \text{ trong đó}$$

r_p là bán kính của giếng mở rộng;

R là bán kính sự ảnh hưởng của một cọc đất bằng nửa bước mở rộng sự phân bố của cọc đất;

ε là giá trị biến dạng thể tích của đất được nén chặt khi mở rộng giếng,

chiều dài của cọc đất bằng khoảng cách từ mái đến đáy của ít nhất một lớp cần phải nén chặt, sau đó khoan giếng bằng chiều dài của cột đất bằng cách nén dụng cụ rỗng hình ống, bơm vật liệu nén chặt vào giếng thông qua lỗ hở của thiết bị hình rỗng hình ống, còn tác động nén chặt để tạo cột đất được thực hiện bằng cách ấn thiết bị hình rỗng hình ống vào vật liệu nén chặt, sau đó tiến hành khảo sát kỹ thuật-địa chất bổ sung trên diện tích của đáy, trong khi xác định mô-đun biến dạng của đất khoáng nén chặt giữa các cột đất, tính giá trị mô-đun biến dạng thực tế trung bình của đáy nén chặt và so sánh nó với giá trị thiết kế, khi không phù hợp với giá trị mô-đun biến dạng trung bình thực tế của nền so với giá trị thiết kế, tiến hành thiết lập các cột đất bổ sung giữa các cột đã thiết lập.

Có lợi nếu bao bọc đầu dưới của thiết bị ống rỗng bằng van trượt hoặc mũ bịt trước khi nén nó vào đất của đáy, sau khi lấp đầy vật liệu nén chặt vào thiết bị ống rỗng mở van trượt để đổ vật liệu nén chặt vào giếng, nâng thiết bị ống rỗng lên độ cao cho trước của tầng nén chặt, sau đó tiến hành nén thiết bị ống rỗng vào vật liệu nén chặt và hoạt động nén chặt nén chặt được lặp lại theo từng lớp hết chiều dài của cột đất đến khi đạt được độ nén chặt đất khoáng yếu cần thiết.

Vật liệu nén chặt có thể sử dụng đá dăm và/hoặc cát, và/hoặc sỏi, và/hoặc vật liệu tro còn thiết bị ống rỗng được làm đối xứng quanh trục trung tâm của nó.

Điểm khác biệt lớn nhất của phương pháp theo sáng chế, là theo các kết quả của khảo sát địa lý - kỹ thuật trên diện tích của đáy xác định các thông số ban đầu của đất khoáng yếu, khi sử dụng chúng tiến hành việc tính toán để lựa chọn các thông số nén chặt cột đất (bước và bán kính của giếng mở rộng) trên toàn nền. Việc kiểm tra thông số nhận được của đất lên trên phần đáy sau khi nén chặt đáy so với thiết kế cho phép xác định số lượng cần thiết của các cột đất cần thiết lập. Việc bọc đầu dưới của thiết bị ống rỗng bằng van trượt hoặc mũ bịt cho phép thực hiện việc nén vật liệu nén chặt vào giếng. Còn nén theo lớp thiết bị hoạt động vào vật liệu nén chặt cho phép mở rộng giếng, tạo cột đất, còn đất xung quanh cột đất được nén chặt theo hướng xuyên tâm (theo cột đất). Việc nén chặt đất xung quanh cột đất cũng kích hoạt quá trình giữ chặt do xuất hiện các lỗ áp lực lớn. Việc sử dụng chất nén chặt là đá dăm và/hoặc cát, và/hoặc sỏi; và/hoặc bất kỳ vật liệu trơ nào khác cho phép tạo cột đất với các thông số cần thiết phụ thuộc vào tính chất của đất khoáng yếu được nén chặt, chính vì thế, để chặn khả năng các hạt xâm nhập đất được lên thông qua thân của cột đất.

Việc sử dụng thiết bị ống rỗng đối xứng qua trục trung tâm cho phép thực hiện việc nén xuyên tâm đều đất ở đáy.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp theo sáng chế được thực hiện như sau.

Những dữ liệu ban đầu theo kết quả của các thử nghiệm địa chất - kỹ thuật tiêu chuẩn giúp xác định các thông số cơ học - vật lý của đất đáy, cụ thể là, giá trị mô-đun biến dạng, hệ số Poisson, góc ma sát trong, độ bám dính riêng, khối lượng riêng, hệ số độ xốp ban đầu của đất khoáng yếu.

Sau đó cho mô-đun biến dạng thiết kế yêu cầu của lớp đất nén chặt, khi tiếp nhận giá trị ε_i biến dạng mở rộng của mỗi giếng bằng 0,1, tính hệ số độ xốp của đất khoáng yếu sau khi nén chặt xung quanh cột đất e_i , theo công thức:

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \cdot \varepsilon_i, \text{ trong đó}$$

e_i là hệ số độ xốp của đất khoáng yếu sau khi nén chặt xung quanh cột đất;

e_0 là hệ số độ xốp ban đầu của đất khoáng yếu;

ε_i là giá trị biến dạng mở rộng của giếng.

Sau đó xác định trên mỗi bước giá trị chỉ số độ loãng của đất khoáng yếu ban đầu theo công thức:

$$I_{L2} = I_{L1} \cdot \left(\frac{\frac{e_2}{e_1} \cdot w_1 - w_p}{w_1 - w_p} \right), \text{ trong đó}$$

I_{L1} là giá trị chỉ số độ loãng của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên;

I_{L2} là giá trị chỉ số độ loãng của đất khoáng yếu sau khi nén chặt;

e_1 là giá trị hệ số độ xốp của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên;

e_2 là giá trị hệ số độ xốp của đất khoáng yếu sau khi nén chặt;

w_1 là độ ẩm của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên;

w_p là độ ẩm của đất khoáng yếu tại ranh giới của độ dẻo.

Sau đó theo các giá trị tiêu chuẩn đã biết (ví dụ, từ Bảng B.4 của SP 22.13330.2011), thu được giá trị mô-đun biến dạng gần nhất E của đất khoáng xung quanh cọc đất phụ thuộc vào các giá trị hệ số độ xốp của đất khoáng yếu nhận được sau khi nén chặt xung quanh cọc đất e_i và chỉ số độ rỗng của đất sau khi lèn I_{L2} . Sau đó, lấy khoảng cách xếp đặt các cọc đất bằng ba lần đường kính của thiết bị ống rỗng.

Giá trị bước xếp đặt các cọc đất này được lấy từ những giả thiết sau đây:

- ở khoảng cách giữa các ống đất nhỏ hơn ba lần đường kính của thiết bị ống rỗng, giả thiết là sẽ có tác động mạnh của một số cọc đất vào các cọc bên cạnh trong quá trình mở rộng, có thể dẫn đến việc dịch chuyển một phần các cọc đất bên cạnh theo hướng nằm ngang (làm cho chúng lệch khỏi vị trí thẳng đứng) và làm cho việc nén nền không chính xác;

- khi khoảng cách của các cọc lớn hơn ba lần đường kính của thiết bị ống rỗng, xuất hiện các vùng không được nén chặt giữa các cọc đất.

Tiếp theo, xác định giá trị trung bình thực tế của mô-đun biến dạng đáy theo công thức:

$$\bar{E} = \beta / \bar{m}, \quad \bar{m} = \frac{m_c \cdot m_z}{m_z \cdot \varepsilon + m_c(1 - \varepsilon)}, \quad m_z = \frac{\beta}{E_z}, \quad m_c = \frac{\beta}{E_c}, \quad \varepsilon = \frac{a^2}{b^2}, \quad \text{где}$$

$\bar{E}$ là giá trị trung bình thực tế của mô-đun biến dạng đáy;

B là hệ số mở rộng thân bằng 0,8 giành cho đất tổng hợp;

m_z là hệ số nén tương đối của đất khoáng;

m_c là hệ số nén tương đối của chất liệu cọc đất;

$\bar{m}$ là hệ độ nén tương đối của khối rắn được tạo từ cọc đất và đất xung quanh nó;

E_z là mô-đun biến dạng của đất khoáng xung quanh cọc đất;

E_c là mô-đun biến dạng vật liệu của cọc đất;

ε là giá trị nở thể tích của đất khoáng nén chặt khi mở rộng giếng;

a là bán kính cuối cùng của cọc đất;

b là bán kính khối rắn, được tạo từ cột đáy và đất khoáng xung quanh nó, bằng một nửa khoảng cách xếp đặt các cột đất theo thiết kế.

Giá trị mô-đun biến dạng đáy trung bình thực tế so sánh với giá trị mô-đun biến dạng của đất khoáng theo thiết kế, trong trường hợp nhận được giá trị mô-đun biến dạng đất đáy nhỏ hơn so với theo thiết kế, cần tăng giá trị ε_i biến dạng mở rộng của giếng với khoảng cách 0,1 và lặp lại việc tính toán mô-đun biến dạng nền thực tế trung bình đến khi đạt được giá trị theo thiết kế hoặc khoảng cách xếp đặt các cột đất bằng 1,5 đường kính của thiết bị ống rồng.

Khi đó, việc tăng bán kính giếng, tương ứng với giá trị của biến dạng mở rộng trong quá trình nén, được tính theo công thức:

$$r_p = R\sqrt{\varepsilon}, \text{ trong đó}$$

r_p là bán kính giếng mở rộng;

R là bán kính ảnh hưởng của một cột đất bằng nửa khoảng cách xếp đặt các cột đất;

ε là giá trị biến dạng thể tích của đất được nén khi mở rộng giếng.

Chiều dài của cột đất cần nén được lấy bằng khoảng cách từ mái nhà đến đáy của ít nhất một lớp, trong đó các cột đất sẽ được thực hiện với toàn công suất lan truyền đất no nước yếu với mô-đun biến hình nhỏ hơn 10 MPa, các thông số cơ học của chúng cần phải nâng lên. Để xác định chiều dài của cột đất xác định trước độ sâu của tầng nén theo phương pháp tiêu chuẩn CP 22.13330.2011. Nếu như giới hạn dưới của tầng nén vào đất với mô-đun biến dạng dưới 10 MPa, thì khuyến nghị thực hiện các cột đất toàn công suất. Theo khả năng cần phải chọn chiều dài cột đất sao cho, mặt đáy của nó dựa vào đất với các thông số cơ học đủ cao. Khi lớp mái của lớp không nằm ngang (bền và ít biến dạng tương đối), chiều dài của cột đất cần được xác định sao cho, tất cả mặt dưới của các chi tiết được nén chặt đảm bảo lún vào không quá 0,5 m.

Sau đó, khoan giếng tương ứng với chiều dài của cọc đất bằng cách nén thiết bị ống rồng. Trong đó, đầu dưới của thiết bị ống rồng trước khi nén nó vào đất nền cần được phủ bằng van trượt, sau khi bơm vật liệu nén chặt vào lỗ hồng của thiết bị ống rồng cần mở van trượt của thiết bị ống rồng để bơm vật liệu nén chặt vào giếng, nâng thiết bị đến độ cao cho sẵn của lớp nén, sau đó tiến hành nén thiết bị nén vào vật liệu nén. Thao tác nén vật liệu nén được lặp lại theo từng lớp hết chiều dài của cột cho đến khi đạt được độ nén đất khoáng yếu theo yêu cầu.

Cũng có thể bọc đầu dưới của thiết bị hoạt động bằng mũ bịt.

Vật liệu nén có thể sử dụng đá rậm và/hoặc cát, và/hoặc sỏi, và/hoặc vật liệu trơ. Khi đó vật liệu nén giành cho các cột đất có thể sử dụng đất cát hòn to với các thông số tính thấm nước, lớn hơn nhiều so với đất yếu được nén. Các tính chất đàn hồi của vật liệu làm

cột đất nén sau khi nén nó vào giếng được xác định bằng mô-đun biến dạng theo yêu cầu trên diện tích xây dựng.

Khi lắp các cọc đất vào đất, tại đó có thể diễn ra quá trình tràn cơ học, cần phải xem xét sử dụng vật liệu giành cho các cọc đất là vật liệu cát-đá dăm, thành phần của nó được lựa chọn sau cho chống lại việc các hạt của đất nén chặt qua thân của nó.

Khi lắp các cọc đất tại đất pha sét cũng khuyến nghị sử dụng hỗn hợp đá dăm-cát để giảm tốc độ phát triển của quá trình tắc nghẽn thân cọc.

Thiết bị làm việc sử dụng thường được chọn đối xứng qua trục trung tâm của nó. Khi sử dụng dụng cụ làm việc có tiết diện vuông (hoặc tiến diện dưới dạng đa giác đều với số lượng cạnh, lớn hơn bốn) hình dạng của cọc tăng bán kính sẽ gần nhau. Tất cả các việc tính toán được thực hiện cho mẫu cọc tiết diện tròn theo phương pháp đã kể trên. Trên thực tế khi cần thiết sử dụng thiết bị hình vuông cần lấy tiết diện ngang hình vuông với diện tích bằng hoặc lớn hơn diện tích của tiết diện hình tròn. Điều này cần để cho vật liệu bơm và nén vào giếng có thể tích bằng nhau.

Sau đó tiến hành các khảo sát địa chất - kỹ thuật bổ sung trên diện tích đáy, xác định mô-đun biến dạng của đất khoáng nén chặt giữa các cọc đất, tính toán giá trị modin biến dạng trung bình thực tế của nền nén và so sánh nó với giá trị theo thiết kế. Khi giá trị trung bình thực tế của mô-đun biến dạng nền khác với giá trị theo tính toán, cần phải tiến hành thiết lập thêm các cọc đất bổ sung giữa các cọc đã thiết lập.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Sử dụng phương pháp theo sáng chế cho phép thiết kế và thực hiện việc nén nền tòa nhà và các công trình trách nhiệm cao trên phần diện tích xây dựng đã chọn theo các giá trị thiết kế đã cho không cần các chi phí bổ sung.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp nén nền được cấu thành từ đất khoáng yếu, phương pháp này bao gồm:

a) thực hiện các khảo sát địa chất và kỹ thuật trên diện tích nền cần nén này để xác định các giá trị của mô-đun biến dạng, hệ số Poisson, góc ma sát trong, độ bám dính riêng, khối lượng riêng, hệ số xếp ban đầu của đất khoáng yếu, và để tính giá trị hiện thời của mô-đun biến dạng;

b) lấy giá trị biến dạng mở rộng ε_i của mỗi giếng bằng 0,1, tính toán các hệ số xếp của đất khoáng yếu xung quanh cọc đất sau khi được nén e_i theo công thức:

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \cdot \varepsilon_i$$

trong đó

e_i là hệ số xếp của đất khoáng yếu xung quanh cọc đất sau khi được nén,

e_0 là hệ số độ xếp ban đầu của đất khoáng yếu cần được nén,

ε_i là giá trị cho phép của độ biến dạng mở rộng giếng,

xác định giá trị dự đoán của chỉ số độ loãng của đất khoáng yếu theo từng bước theo công thức:

$$I_{L2} = I_{L1} \cdot \left(\frac{\frac{e_2}{e_1} \cdot w_1 - w_p}{w_1 - w_p} \right)$$

trong đó

I_{L1} là giá trị của chỉ số độ loãng của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên,

I_{L2} là giá trị chỉ số độ loãng của đất khoáng yếu sau khi nén,

e_1 là giá trị hệ số độ xếp của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên,

e_2 là giá trị hệ số độ xếp của đất khoáng yếu sau khi nén,

w_1 là độ ẩm của đất khoáng yếu trong các điều kiện tự nhiên, và

w_p là độ ẩm của đất khoáng yếu tại ranh giới của độ dẻo,

sau đó, dựa theo các giá trị tiêu chuẩn đã biết, lấy giá trị mô-đun biến dạng gần nhất E_z của đất khoáng xung quanh cọc đất phụ thuộc vào các giá trị hệ số độ xếp của đất khoáng yếu thu được sau khi nén chặt xung quanh cọc đất e_i và chỉ số độ loãng của đất sau khi nén I_{L2} , sau đó lấy khoảng cách phân bố các cọc đất bằng ba lần đường kính của thiết bị ống rồng và xác định giá trị của mô-đun biến dạng trung bình thực tế của nền theo công thức:

$$\bar{E} = \beta / \bar{m}, \quad \bar{m} = \frac{m_c \cdot m_z}{m_z \cdot \varepsilon + m_c(1 - \varepsilon)}, \quad m_z = \frac{\beta}{E_z}, \quad m_c = \frac{\beta}{E_c}, \quad \varepsilon = \frac{a^2}{b^2}$$

trong đó

$\bar{E}$ là giá trị trung bình thực tế của mô-đun biến dạng nền,

β là hệ số mở rộng thân bằng 0,8 dành cho đất tổng hợp,

m_z là hệ số nén thể tích của đất khoáng;

m_c là hệ số nén thể tích của chất liệu cột đất;

$\bar{m}$ là hệ độ nén thể tích của khối rắn được tạo từ cột đất và đất xung quanh nó,

E_z là mô-đun biến dạng của đất khoáng xung quanh cột đất,

E_c là mô-đun biến dạng vật liệu của cột đất,

ε là giá trị nở thể tích của đất khoáng nén khi mở rộng giếng,

a là bán kính cuối cùng của cột đất,

b là bán kính khối rắn được tạo từ cột đất và đất khoáng xung quanh nó, bằng một nửa khoảng cách phân bố các cột đất theo thiết kế,

sau đó, so sánh giá trị thu được này với giá trị mô-đun biến dạng của đất khoáng theo thiết kế, trong trường hợp nhận được giá trị mô-đun biến dạng đất nền trung bình thực tế nhỏ hơn so với theo thiết kế, cần tăng giá trị ε_i biến dạng mở rộng của giếng với khoảng cách 0,1 và lặp lại việc tính toán mô-đun biến dạng thực tế trung bình cho đến khi đạt được giá trị theo thiết kế hoặc khoảng cách phân bố các cột đất bằng 1,5 đường kính của thiết bị ống rỗng; trong đó việc tăng bán kính giếng tương ứng với giá trị của biến dạng mở rộng cho phép trong quá trình nén, được tính theo công thức:

$$r_p = R\sqrt{\varepsilon}$$

trong đó

r_p là bán kính giếng được mở rộng;

R là bán kính ảnh hưởng của một cột đất bằng nửa khoảng cách xếp đặt các cột đất,

ε là giá trị biến dạng thể tích của đất được nén khi mở rộng giếng,

chiều dài của cột đất được lấy bằng với khoảng cách từ mái đến đáy của ít nhất một lớp cần nén chặt;

c) sau đó làm giếng tương ứng với độ dài của cọc đất bằng cách nén thiết bị ống rỗng, bơm vật liệu bột kín vào giếng thông qua thiết bị ống rỗng này; và

d) nén để tạo cọc đất bằng cách nén thiết bị ống rỗng này vào vật liệu nén, sau đó tiến hành các khảo sát địa chất - kỹ thuật bổ sung trên toàn diện tích nền để xác định mô-đun biến dạng của đất khoáng đã được nén giữa các cọc đất; tính toán giá trị mô-đun trung bình thực tế của nền đã được nén và so sánh nó với giá trị theo thiết kế, khi giá trị của mô-đun biến dạng trung bình thực tế của nền khác với giá trị theo thiết kế, tiến hành lắp đặt thêm các cọc đất bổ sung giữa các cọc đất đã được lắp đặt.

2. Phương pháp nén nền theo điểm 1, khác biệt ở chỗ đầu dưới của thiết bị ống rỗng được bọc bằng mũ bịt hoặc đầu dẫn động tự tiêu trước khi được nén vào đất nền.

3. Phương pháp nén nền theo điểm 2, khác biệt ở chỗ sau khi bơm vật liệu nén vào lỗ hở của thiết bị ống rỗng, mũ bịt của thiết bị ống rỗng được mở để bơm vật liệu nén vào giếng, nâng thiết bị ống rỗng đến độ cao xác định của lớp vật liệu nén này, sau đó ép thiết bị ống rỗng này vào trong vật liệu nén này, sau đó vật liệu nén này lại ép theo từng lớp trên khắp chiều dài của cọc đất cho đến khi đạt được độ nén đất khoáng yếu theo yêu cầu.

4. Phương pháp nén nền theo điểm 1, khác biệt ở chỗ vật liệu nén được sử dụng là đá dăm và/hoặc cát, và/hoặc sỏi, và/hoặc vật liệu trơ.

5. Phương pháp nén nền theo điểm 1, khác biệt ở chỗ thiết bị ống rỗng được chế tạo đối xứng qua trục trung tâm của nó.