

ПІДВАЛИНИ ТА ФУНДАМЕНТИ

УДК 624.131

СУЧАСНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ФУНДАМЕНТІВ У ПРОБИТИХ СВЕРДЛОВИНАХ

М.Л.ЗОЦЕНКО – д. т. н., проф.,

Ю.Л.ВИННИКОВ – к. т. н., доц., Полтавський ДТУ

Фундаменти в пробитих свердловинах (ФПС) відрізняються високим ступенем використання несучої здатності основи, а спосіб їх зведення відноситься до найбільш ефективних, технологічних та універсальних. ФПС влаштовують у попередньо пробитих чи продавлених свердловинах спеціальним обладнанням. Для підвищення несучої здатності ФПС в їх нижній частині втрамбовуванням щебеню влаштовують розширення [1-3].

Параметри розширених та ущільнених зон ФПС [4] визначають з урахуванням розмірів і маси трамбівок, характеристик жорсткого матеріалу, його об'ємів, кількості одиничних засипок, фізичних властивостей ґрунту природного складу. Несучу здатність ФПС визначають для випадку повного замокання основи як найменшу з трьох розрахункових значень: фундаменту за жорстким матеріалом, втрамбованим в дно свердловини; ґрунту в межах ущільненої зони; ґрунту природного складу, що підстилає ущільнену зону. При цьому опір ґрунту за бічною поверхнею ФПС з розширенням враховують лише на ділянці h від верху стовбура до місця його перетину з поверхнею умовного конусу, що має за утворюючу лінію, яка є дотичною до розширення під кутом $\varphi/4$ до осі фундаменту, де φ - середнє арифметичне значення кута внутрішнього тертя ґрунту, що залягає в межах цього конусу.

Осідання одиночного ФПС визначають за схемою двошарової основи згідно додатку 4 СНиП 2.02.03-85. Для випадку, коли ФПС працює в складі стрічкових фундаментів і зони достатнього ущільнення сусідніх ФПС перетинаються, осідання таких фундаментів визначають як для стрічкових шириною, що дорівнює діаметру розширення, та глибиною, що відповідає його низу, наприклад методами пошарового підсумовування, І.О.Розенфельда, тощо. Осідання групи ФПС знаходять як для умовного фундаменту з підшвою в

площині низу розширень і з площею підшови цього фундаменту, обмеженою дотичними до розширень кожного ФПС.

Критерієм несучої здатності ФПС за результатами їх статичних випробувань [5] є осідання фундаментів (см), що визначають за емпіричними формулами: для несучої здатності F_{d1} , яка відповідає нормативному опору ґрунту, в залежності від коефіцієнту пористості e та показника текучості I_L ґрунту; а для несучої здатності F_{d2} , яка відповідає граничному критичному навантаженню на ґрунт, - це й від площі поперечного перерізу розширення ФПС A_{cr} (м²). Наприклад для лесових суглинків і супісків центрального регіону України ці формули мають вигляд:

$$S_1 = 5.88 - 4.69e - 1.15I_L; \quad (1)$$

$$S_2 = 4.46 - 3.72e - 0.74I_L + 2.16A_{cr}. \quad (2)$$

Відносна похибка методу не перевищує 20% від результатів експериментів. Використання цього підходу дозволяє збільшувати навантаження на фундаменти до 35% у порівнянні зі СНиП 2.02.03-85.

Несучу здатність ФПС F_{d1} та F_{d2} за даними статичного зондування ґрунту розширеним наконечником визначають відповідно за формулами:

$$F_{d1} = \theta_1 q_s^0 A_{cr} \lambda_0 + 0.0117u \sum_{i=1}^n q_s^i \lambda_i h_i \theta_{si} + 6u \sum_{i=1}^n h_i \theta_{si}; \quad (3)$$

$$F_{d2} = \theta_2 q_s^0 A_{cr} \lambda_0 + 0.0117u \sum_{i=1}^n q_s^i \lambda_i h_i \theta_{si} + 6u \sum_{i=1}^n h_i \theta_{si}; \quad (4)$$

де θ_1 , θ_2 , θ_s – коефіцієнти, що враховують характер деформацій в основі ФПС, значення яких встановлені за статистичним аналізом результатів статичних випробувань ФПС та зондування ґрунту, і які дорівнюють:

$$\theta_1 = 764 / (4405 + q_s^0); \quad (5)$$

$$\theta_2 = 1005 / (4213 + q_s^0); \quad (6)$$

$$\theta_{si} = 4328 / (3850 + q_s^i); \quad (7)$$

q_s^0 та q_s^i – відповідно опір ґрунту конусу на рівні низу розширення та кожного шару в межах ділянки h , кПа; λ_0 та λ_i – відповідно перехідні коефіцієнти для кожного шару ґрунту на рівні розширення та в межах h , що залежать від значення q_s і типу ґрунту; u - пе-

риметр поперечного перерізу стовбура, м; h_i - потужність кожного шару в межах h , м.

Відносна похибка методу не перевищує 20-25%

Динамічний метод визначення несучої здатності ФПС з позиції закону збереження енергії встановлює зв'язок між роботою по заглибленню трамбівки в ґрунт та його опором занурюванню фундаменту від статичної сили. Несуча здатність ФПС за даними динамічних випробувань дорівнює:

$$F_d = k_p \frac{QH_p}{S_{ap}} + k_s \frac{QH_s}{S_{as}} \frac{uh}{A_0}, \quad (8)$$

де k_p та k_s – коефіцієнти ефективності удару трамбівки відповідно при втрамбовуванні останньої порції щебеню в розширення та при пробиванні свердловини на ділянці h ($k_p = k_{p1}$ для значення F_{d1} та $k_p = k_{p2}$ для F_{d2}), які встановлюють за емпіричними формулами в залежності від відповідних значень ефективності удару трамбівки (QH_p / S_{ap}) та (QH_s / S_{as}):

$$k_{p1} = 13.8(QH_p / S_{ap})^{-0.55}; \quad (9)$$

$$k_{p2} = 12.18(QH_p / S_{ap})^{-0.49}; \quad (10)$$

$$k_s = 6.22(QH_s / S_{as})^{-0.78}, \quad (11)$$

де Q – вага трамбівки, кН; H_p та H_s – висоти скидання трамбівки відповідно при втрамбовуванні щебеню в розширення й при пробиванні свердловини, м; S_{ap} та S_{as} – відкази трамбівки при втрамбовуванні останньої порції щебеню в розширення та при пробиванні свердловини на глибину h , м; $A_0 = 1$ м².

Метод дозволяє швидко контролювати несучу здатність ФПС на будівельному майданчику з відносною похибкою до 25-35%.

Для рішення задач про напружено-деформований стан основи при влаштуванні й роботі ФПС розроблено програмний модуль "PRIZ-Pile" для ПЕОМ, що реалізує метод кінцевих елементів (МКЕ) у фізично та геометрично нелінійній постановці [6]. Використовуються восьми вузлові ізопараметричні КЕ з квадратичним описом геометрії та поля переміщень за перерізом. Це дозволяє використовувати окрім прямокутної сітки КЕ ще й криволінійну. Фізична ос-

нова методу - деформаційна пружно-пластична модель ґрунту, яка дозволяє описувати його стан при широкому діапазоні часу прикладення навантажень, характерних як для процесу влаштування, так і роботи ФПС. За вихідні параметри використовують закономірності деформування ґрунту в залежності від швидкості його завантаження, залежність опору ґрунту зрізуванню від нормальної напруги, характеристики анізотропії, тощо. Параметри моделі встановлюють за стандартними лабораторними випробуваннями ґрунту. При моделюванні враховують також: природні та наведені фізико-механічні характеристики ґрунту; його ущільнення та розущільнення; перехід ґрунту в пластичний стан (з досягненням межі міцності відповідно до умови Мізеса-Шлейхера-Боткіна); геометричні розміри та технологію влаштування ФПС; проковзування його бічної поверхні за ґрунтом. Результатом етапу є: залежність осідання ФПС від навантаження; напруги (ізобари σ_z , розпори σ_r тощо) в масиві на кожному із ступенів навантаження; зміни модуля деформації ґрунту навколо ФПС, які подаються в табличній і графічній формах.

Вищенаведені методи розрахунку ФПС апробовані при проектуванні та зведенні більш, ніж 50 дев'яти- та п'ятиповерхових житлових будівель, а також близько 200 інших об'єктів. Геометричне нівелювання II класу точності поверхневих марок будинків на ФПС, протягом понад 15 років показало, що деформації цих споруд не перевищили їх граничні значення згідно СНиП 2.02.01-83*.

Література:

1. Зоценко Н.Л. Фундаменты в пробитых скважинах (ФПС)// Материалы симпозиума Строй-экспо-98. Одесса, 1998.- С.26-30.
2. Зоценко Н.Л., Винников Ю.Л. Опыт использования эффективных фундаментов уплотнения в грунтовых условиях I типа по просадочности// «Современные проблемы строительства и защиты зданий, сооружений на просадочных грунтах» - Материалы заседания межведомственного координационного науч.-техн. Совета - Запорожье: НИИСК, 1999.-С.40-42.
3. Винников Ю.Л. Нові напрями вдосконалення фундаментів і штучних основ із зміцненням ґрунту// Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)/ Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка.- Вип. 3.- Полтава: ПДТУ, 1998.- С.80-93.
4. Посібник з проектування та спорудження фундаментів у пробитих свердловинах (до СНиП 2.02.03-85)/ Державний комітет України у справах містобудування й архітектури.-К.-1997.-72 с.
5. Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Гергель О.М. Нові пропозиції по визначенню несучої здатності фундаментів у пробитих свердловинах за результатами польових випробувань// Будівництво України.-1998.- №6.- С.45-46.
6. Винников Ю.Л., Зоценко Н.Л. Численные исследования напряженно-деформированного состояния оснований при устройстве и работе фунда-

ментов уплотнения// Геотехника Поволжья–99: Сборник трудов. – Йошкар-Ола: Салика, 1999.- С. 58-64.

УДК 626.823.2

ПРО ВПЛИВ НЕГАТИВНОГО ТЕРТЯ НА ВЕЛИЧИНУ ОСІДАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ

В.С.КОРЯКІН – к.т.н., доц., Херсонський ДАУ

У практиці будівництва цивільних, промислових та гідромеліоративних споруд широко використовуються пальові фундаменти усіх видів.

У льосових просідаючих ґрунтах на півдні України усе частіше застосовуються фундаменти із буронабивних паль із розвитою площею опирання (п'ятою) на несучий непросідаючий прошарок.

Як правило, несуча здатність таких паль визначається сумою сил розрахункових опорів ґрунтів основи під нижнім кінцем (п'ятою) палі та на її бічній поверхні. У просідаючих ґрунтах II-го типу, коли розмір осідання, що виявляється, більше 5см від впливу замочування, ґрунт нависає на бічну поверхню пальдодатково пригружає їхньою власною вагою навколишнього ґрунту. Обсяг навислого ґрунту буде залежати від довжини, діаметра і п'яти палі, рогу внутрішнього тертя ґрунту. Додаткове навантаження на палю зростає на розмір сил негативного тертя. У цих випадках БНіП 2.02.03-85 рекомендує, що якщо на бічну поверхню паль можливо прояв негативних сил тертя, то осідання пальового фундаменту з висячих паль варто визначити як для умовного фундаменту, що приймається обмеженим із боків вертикальними площинами, віддаленими від зовнішніх граней крайніх рядів вертикальних паль на відстань:

$$h_{mt} = \operatorname{tg} \varphi_{II,mt} \cdot L_{CB}$$

де h_{mt} – відстань від нижніх кінців до глибини h_{sl} ;

$\varphi_{II,mt}$ - обчислені значення кутів внутрішнього тертя, обумовлене в межах прошарків на глибині.

У світлі останніх даних [1] обсяг умовного масива ґрунта має циліндричну форму, по висоті рівній просадочному шару з зоною нависання ґрунту $2,85 \dots 4d$ (де d – діаметр буронабивної палі). Тоді, використовуючи це положення, наші дослідження показують, що