

УДК 624.131

РОЗРАХУНОК ОСНОВ, АРМОВАНИХ МЕТОДОМ ЦЕМЕНТАЦІЇ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ

д.т.н. Головка С. І. ,

ДВНЗ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Проблема поліпшення будівельних властивостей основ будинків і споруд виникає при усуненні їх властивостей до просідання, карстоутворення, зміні призначення і реконструкції зведених об'єктів, усуненні наслідків відмов та аварій основ в процесі експлуатації будівель і споруд при зміні властивостей ґрунту, вирішенні геотехнічних та екологічних проблем. Для вирішення цих завдань застосовується метод цементациї основ під високим тиском, однією з переваг якого є можливість підсилення ґрунтових основ як вище, так і нижче рівня підземних вод, отримання достатньо швидкого ефекту при підсиленні.

Актуальність роботи.

Експериментально встановлено, що у ряду способів перетворення будівельних властивостей ґрунтових основ метод цементациї під високим тиском слід класифікувати як комбінований, оскільки: цементация супроводжується фізико-хімічними процесами, в результаті яких відбувається утворення нових і зміцнення старих зв'язків між частинками ґрунту і має місце процес закріплення ґрунтів; під впливом підвищеного надлишкового тиску відбувається ущільнення основи, при проникненні розчину створюється просторова структура, яка включає регулярно розташовані вертикальні армуючі елементи підвищеної міцності з цементної суміші та хаотично розташовані вертикальні, горизонтальні і похилі прошарки, що властиво конструктивним методам армування основи.

Однією із головних переваг методу цементациї є технічна простота, зручність використання та надійність отриманого результату. Для цілей практичного використання недостатньо даних щодо визначення характеристик підсиленої основи, а також потребують подальшого розвитку методи розрахунку основ після підсилення. На вирішення окресленої проблеми направлені виконані матеріали досліджень

Наукова та практична новизна

Розроблені теоретичні основи ін'єкційного закріплення ґрунтових оснований високим тиском [1,2,3] дозволяють на стадії проектування розрахунковим шляхом визначити параметри процесу а також контури закріпленої зони в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунтового масиву.

Сутність науково-прикладної проблеми полягає в обґрунтуванні і розширенні сфери використання методу підсилення основ будівель та споруд

ін'єкцією цементних та цементно-силікатних розчинів під високим тиском на базі розробки аналітичних рішень із розрахунку основи після підсилення

На основі теоретичних результатів запропоновані інженерні рішення для проектування підсилення основ цементацією під високим тиском, удосконалено та адаптовано методику розрахунку армованих основ, підсилення методом цементації для використання при проектуванні.

Основні результати

Методика підсилення основ з заданими параметрами по кроку свердловин та зонах закріплення детально розроблена в роботах [1,2,3]. На стадії проектування основ закріплених ін'єкцією цементних розчинів слід враховувати ефект армування та значного підсилення природних основ.

Суть методики розрахунку підсилених з використанням методу високонадірної цементації основ полягає в наступному.

1. Формуються вихідні дані та загальні відомості.

1.1. Підсилену ґрунтову товщу слід розглядати як армоване середовище, що складається із заповнених міцним матеріалом свердловин, через які здійснюється ін'єктування (арматури) і ущільненого ґрунту (матриці).

1.2. Слід розрізнити характеристики міцності і деформаційні властивості ґрунту і арматури. Їх необхідно визначити стандартними методами після завершення процесу ін'єктування і набору цементним каменем (арматурою) розрахункової міцності.

1.3. За розташуванням в ґрунтовій товщі слід виділяти вертикальні та похилі армуючі елементи (рис. 1).

1.4. Зміцнену армуючими елементами основу слід розраховувати за першою (міцністю) і другою (деформаціями) групами граничних станів.

1.5. Розрахунок за першою групою граничних станів полягає у визначенні несучої здатності і міцності основи, а також армуючих елементів.

Розрахунок за другою групою граничних станів полягає у визначенні деформацій армованої основи і їх зіставленні з граничними для проектованої споруди.

2. Розрахунок армованих основ за несучою здатністю.

2.1. Несучу здатність основ, підсилених методом високонадірної цементації, слід визначити експериментально, шляхом їх статичних випробувань дослідними штампами. В цьому випадку немає необхідності визначати несучу здатність армуючих елементів за матеріалом. Випробування масиву штампами є найбільш доцільним методом, при цьому рекомендуються дослідження штампами площею 5000 см^2 і більше.

2.2. Не залежно від вигляду і розташування в просторі армуючих елементів, несучу здатність основи по першій групі граничних станів допускається визначати розрахунковим шляхом при використанні як розрахункових характеристик міцності неармованої основи. В цьому випадку також немає необхідності визначати несучу здатність армуючих елементів за матеріалом.

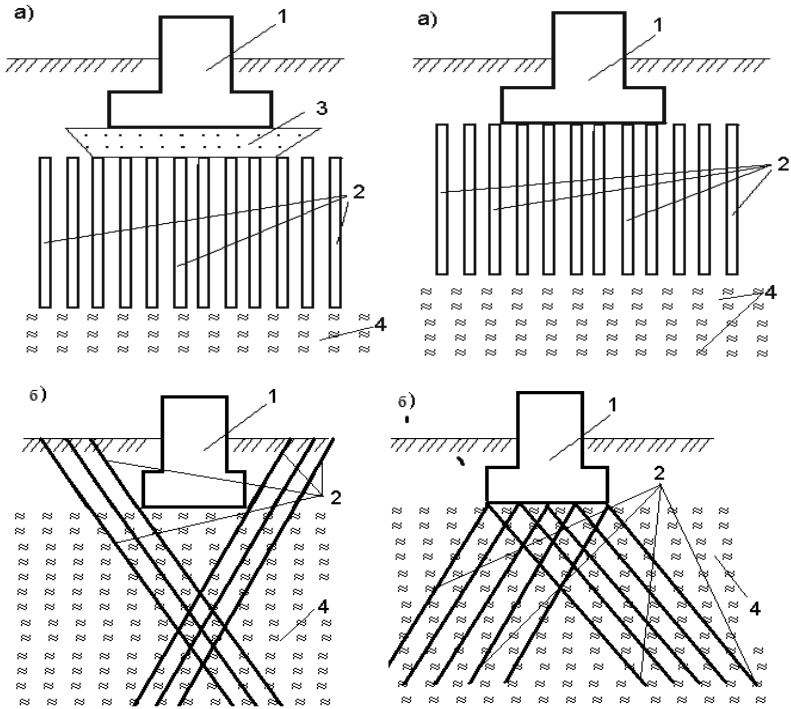


Рис. 1. Армування ґрунтових основ вертикальними (а) і похилими (б) армуючими елементами: 1 - фундамент; 2 - армуючі елементи; 3 - розподільча подушка; 4 - основа природної структури.

3.2. Розрахунковий опір фіктивного (R_a) та неармованого (R_r) основ фундаменту, а також розрахунковий опір умовного фундаменту R_{yz} слід визначати згідно з методикою, викладеною в ДБН В.2.1-10-2009.

3.3. Розміри підшви на рівні нижніх кінців армуючих елементів слід визначати як для пальових фундаментів відповідно до вимог норм для умовного фундаменту з умовною шириною та глибиною закладення на рівні низу армуючих елементів.

3.4. При розрахунку осідань армовану основу слід розглядати як фіктивне трансверсально-ізоотропне середовище з відмінними один від одного модулями деформації у вертикальному (E_v^*) і горизонтальному (E_g^*) напрямку та приведеними характеристиками.

3.5. Питому вагу фіктивного трансверсально-ізотропного середовища незалежно від розташування армуючих елементів слід визначати за формулою:

$$\gamma^* = \chi \cdot \gamma_a + (1 - \chi) \cdot \gamma_z \quad (1)$$

3.6. В разі армування основи вертикальними елементами модулі загальної деформації фіктивного трансверсально-ізотропного середовища і його коефіцієнт анізотропії слід визначати або експериментально, або за формулами:

$$\left. \begin{aligned} E_\theta^* &= \chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z; \\ E_z^* &= \frac{E_a \cdot E_z}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}; \\ \lambda &= \frac{E_z^*}{E_\theta^*} = \frac{E_a \cdot E_z}{[\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a] \cdot [\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z]} \end{aligned} \right\} (2)$$

де E_θ^* - значення приведенного модуля загальної деформації у вертикальному напрямку;

E_z^* - значення приведенного модуля загальної деформації у горизонтальному напрямку;

χ - див. пояснення до формули (8);

E_z - модуль загальної деформації ґрунту;

E_a - модуль загальної деформації арматури;

χ - показник анізотропії.

3.7. У випадку армування основи похилими елементами, кут нахилу яких до горизонту дорівнює β , модулі загальної деформації фіктивного трансверсально-ізотропного середовища і його коефіцієнт анізотропії слід визначати або експериментально, або за формулами:

3.8. Осідання неармованої частини ґрунтової товщі слід визначати за формулою (Д.1) ДБН В.2.1-10-2009 як для умовного фундаменту.

$$\left. \begin{aligned}
 E_6^* &= [\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \sin \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \cos \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}; \\
 E_z^* &= [\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \cos \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \sin \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}; \\
 \lambda &= \frac{E_z^*}{E_6^*} = \frac{[\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \cos \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \sin \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}}{[\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \sin \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \cos \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}}.
 \end{aligned} \right\} (3)$$

де β - кут нахилу армуючого елементу до горизонту.

3.9. При розрахунку осідань армованої частини ґрунтової товщі коефіцієнт загасання напруги на вертикалі, що проходить через центр фундаменту, слід визначати за формулою:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \sqrt{\lambda}}{\pi \cdot (\sqrt{\lambda} - 1)} \cdot \left\{ \begin{aligned}
 &\arctg \left(\frac{\eta}{\xi \cdot \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + 1}} \right) - \\
 &-\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \cdot \arctg \left(\frac{\eta}{\sqrt{\lambda} \cdot \xi \cdot \sqrt{\lambda \cdot \xi^2 + \eta^2 + 1}} \right)
 \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

де b та L - відповідно ширина і довжина завантаженої розподіленним навантаженням прямокутної області; $\eta = L/b$, $\xi = 2z/b$.

Розроблена розрахункова методика була використана при проектуванні більш ніж 100 об'єктів різного призначення при підсиленні основ на лесових, насипних та пісчаних пухких ґрунтах. В умовах діючих підприємств та складних умовах, щільній міській забудові метод ін'єктування та подальшій роботі армованої основи має більш низьку вартість, в порівнянні з іншими існуючими методами підсилення основ. Довгострокові спостереження за будівлями та спорудами після підсилення показали високу ефективність розробленого теоретичного апарату та методу підсилення для вирішення практичних завдань по підготовці ґрунтових основ, їх підсиленню та ліквідації в окремих випадках аварійних ситуацій.

Слід наголосити, що в розробленій відносно закріпленого та армованого масиву розрахунковій методиці використовуються характеристики ґрунту, які можливо отримати при вишукуваннях на основі діючих будівельних норм та державних стандартів.

Висновки

Результати досліджень дозволяють зробити такі загальні висновки:

1. На основі теоретичних результатів запропоновані інженерні рішення для проектування підсилення основ цементацією під високим тиском, удосконалено та адаптовано методику розрахунку армованих основ, підсилених методом цементації.

2. Зроблено висновки, що при високонапірній цементації ґрунтової основи її міцність зазвичай підвищується на 20...50%, а модуль деформації зростає на 70...200%, при цьому існує можливість усунення просадкових властивостей ґрунту, зміцнення ґрунту в основі або її локальній зоні.

3. Метод високонапірної цементації може бути успішно використаний для улаштування армованих основ і вирішення таких завдань механіки ґрунтів і фундаментобудування: підсилення основ фундаментів; стабілізація кренів і нерівномірних деформацій будівель і споруд; усунення просадних властивостей ґрунту в заданій області основи; усунення аварійних відмов ґрунтових основ, зміна жорсткості основ з метою зміни частот власних коливань фундаментів під машини і обладнання

4. Отримані дані довготривалих спостережень за осіданням та кренами інженерних будівель та споруд в процесі підсилення та на підсилених основах дають задовільні результати в порівнянні з даними теоретичних досліджень

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Головки С.И. Физическая и математическая формализация процесса инъектирования грунтовых оснований. Сб. науч. тр.: Строительство, Материаловедение, Машиностроение; Вып. №21.-Дн-ск: ПГАСиА, 2002, С.92-96.
2. Головки С.И. Напряженно-деформированное состояние основания в процессе высоконапорного инъектирования. В сб. «Будівельні конструкції», вып.61, Киев, НДБК, 2004,-с.42...47.
3. Головки С.И. Теория и практика усиления грунтовых оснований методом высоконапорной цементации. Монография. - Дн-ск: Пороги, 2010 – 247 с.
4. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ, 2009, -104с.