

УДК 624.131

**ПІДГОТОВКА ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ В СИСТЕМАХ
МАЛОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА**

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, набрякання, суфозії, вирішенні ряду геотехнічних та екологічних проблем. Для вирішення цих завдань застосовується метод ущільнення та армування основ вертикальними та похилими елементами підвищеної жорсткості в комбінації з водозахисними екранами та горизонтальним армуванням геотекстилем, що має достатньо високу ефективність в малоповерховому будівництві.

Актуальність роботи.

Експериментально встановлено, що у ряду способів перетворення будівельних властивостей ґрунтових основ метод ущільнення та армування слід класифікувати як комбінований. Процес влаштування штучної основи дозволяє створювати масив ґрунту в якому відбувається утворення нових і зміцнення старих зв'язків між частинками і має місце процес закріплення ґрунтів, створюється просторова структура, яка включає регулярно розташовані вертикальні або похилі армуючі елементи підвищеної міцності з цементної суміші, що властиво конструктивним методам підготовки основи.

Однією із головних переваг методу ущільнення та армування 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 комбінованих основ. На вирішення окресленої проблеми направлені виконані матеріали досліджень

Наукова та практична новизна

Розроблені теоретичні основи ущільнення, бурозмішувального та ін'єкційного закріплення ґрунтових основ 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 методом армування в комбінації з ущільненням на базі розробки аналітичних рішень із розрахунку основи після підсилення.

На основі теоретичних результатів запропоновані інженерні рішення та адаптовано методику розрахунку армованих основ, підсилених методом

армування вертикальними та похилими елементами для використання при проектуванні.

Основні результати

При створенні штучних основ методом пошарового ущільнення або трамбування найбільш суттєвим є досягнення оптимальної щільності глинистого ґрунту, при якій він в процесі подальшої експлуатації буде знаходитися в твердому стані, виконуючи функції несучого та протифільтраційного шару. В частині визначення глибини ущільнення розроблені достатньо апробовані методики, які закладені в основу чинних нормативних документів. Очевидно вирішення задачі в частині достатньої щільності може бути отримано з рівняння визначення ступеню вологості

$$S_r = w \rho_s / (e \rho_w), \quad (1)$$

Де S_r – ступінь вологості; w – вагова вологість ґрунту; e – коефіцієнт пористості ґрунту; ρ_w – щільність води.

В залежності від виду глинистого ґрунту та в визначальній мірі від вологості на нижній границі пластичності (границі розкочування) слід визначати щільність ґрунту в сухому стані та відповідний коефіцієнт пористості. Для того щоб ґрунт завжди знаходився в твердому стані слід призначити таке ущільнення щоб при максимальному ступені водонасичення $S_r=0,95$ вагова вологість не перевищувала вологість на границі розкочування. Цілком зрозуміло, що оптимальна вологість та максимальна щільність ґрунту повинна визначатись стандартними методами.

В частині армування основ найбільш оптимальним може бути підхід який базується на двох чинниках, а саме визначенні достатньої глибини армування основи по критерію міцності підстилаючих ґрунтів, а в частині забезпечення параметрів міцності та деформативності несучого шару по кроку свердловин та відповідних приведених характеристиках основи.

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

Суть методики розрахунку армованих основ полягає в наступному.

- формуються вихідні дані та загальні відомості.
- підсилену ґрунтову товщу слід розглядати як армоване середовище, що складається із заповнених міцним матеріалом свердловин, через які здійснюється ін'єктування і ущільнення ґрунту.
- слід розрізняти характеристики міцності і деформаційні властивості ґрунту і армуючих елементів. Їх необхідно визначати стандартними методами після завершення процесу армування або ін'єктування і набору цементним каменем розрахункової міцності.

- за розташуванням в ґрунтовій товщі необхідно виділяти вертикальні та похилі армуючі елементи (рис. 1). При новому будівництві основним є виконання вертикальних елементів.

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

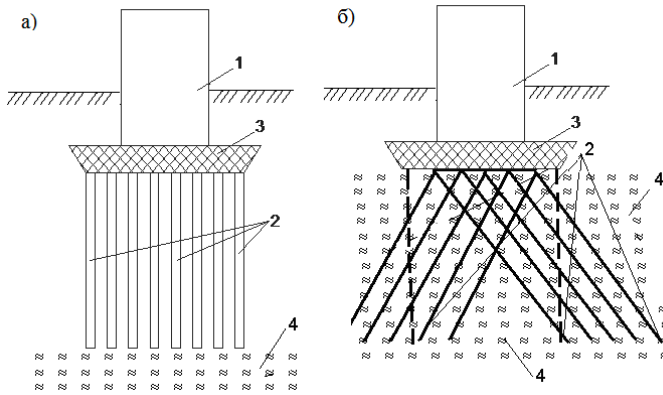


Рис. 1. Армування ґрунтових основ вертикальними (а) і похилими (б) армуючими елементами: 1 - будівля; 2 - армуючі елементи; 3 - розподільча подушка; 4 - основа природної структури.

Найбільш доцільно несучу здатність основ визначати експериментально, шляхом їх статичних випробувань дослідними штампами. В цьому випадку немає необхідності визначати несучу здатність армуючих елементів за матеріалом. Випробування масиву штампами є найбільш рекомендованим методом, при цьому дослідження слід виконувати штампами площею 5000 см² і більше.

Не залежно від вигляду і розташування в просторі жорстких елементів, несучу здатність основи по першій групі граничних станів можливо визначати розрахунковим шляхом при використанні як розрахункових характеристик міцності неармованої основи.

Розрахунковий опір фіктивної (R_a) та неармованої (R_r) основ фундаменту, а також розрахунковий опір умовного фундаменту R_{y2} може бути визначеним згідно з методикою, викладеною в ДБН В.2.1-10-2009.

В частині визначення деформацій в результаті розрахунку необхідно добитися виконання умов:

$$\left. \begin{aligned} S &\leq S_u; \\ \chi \cdot R_a + (1-\chi) \cdot R_z &\geq P; \\ R_z^y &\geq P^y. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де S - розрахункове осідання; S_u - граничне значення сумісної деформації основи та будівлі для даного класу будівель; $\chi = V_{арм}/V_{зр}$ - коефіцієнт, що характеризує долю армуючих елементів у даному об'ємі ґрунту; $V_{арм}$ - об'єм арматури у даному об'ємі ґрунту; $V_{зр}$ - об'єм ґрунту у межах заармованої товщі; R_z - розрахунковий опір неармованого ґрунту під подошвою фундаменту; R^y - те саме, під подошвою умовного фундаменту на рівні нижніх кінців армуючих елементів; R_a - розрахунковий опір під подошвою фундаменту фіктивної основи, яка має властивості матеріалу армуючих елементів; P - середній тиск під подошвою фундаменту; P^y - те саме, під подошвою умовного фундаменту на рівні нижніх кінців армуючих елементів; $S = S_z + S_a$ - розрахункове осідання основи; S_z - осідання неармованої частини основи, яка входить в стиснену товщу основи; S_a - те саме, армованої частини основи.

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

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

Питома вага фіктивного трансверсально-ізотропного середовища незалежно від розташування армуючих елементів може бути визначена за формулою:

$$\gamma^* = \chi \cdot \gamma_a + (1-\chi) \cdot \gamma_z \quad (3)$$

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

$$\left. \begin{aligned} E_{\epsilon}^* &= \chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z; \\ E_z^* &= \frac{E_a \cdot E_z}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}; \\ \lambda &= \frac{E_z^*}{E_{\epsilon}^*} = \frac{E_a \cdot E_z}{[\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a] \cdot [\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z]} \end{aligned} \right\}, (4)$$

де E_{ϵ}^* - значення приведенного модуля загальної деформації у вертикальному напрямку; E_z^* - значення приведенного модуля загальної деформації у горизонтальному напрямку; χ - див. пояснення до формули (2); E_z - модуль загальної деформації ґрунту; E_a - модуль загальної деформації арматури; χ - показник анізотропії.

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:

$$\left. \begin{aligned} E_{\epsilon}^* &= [\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \sin \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \cos \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}; \\ E_z^* &= [\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \cos \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \sin \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}; \\ \lambda &= \frac{E_z^*}{E_{\epsilon}^*} = \frac{[\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \cos \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \sin \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}}{[\chi \cdot E_a + (1 - \chi) \cdot E_z] \cdot \sin \beta + \frac{E_a \cdot E_z \cdot \cos \beta}{\chi \cdot E_z - (1 - \chi) \cdot E_a}} \end{aligned} \right\}, (5)$$

де β - кут нахилу армуючого елемента до горизонту.

Осідання неармованої частини ґрунтової товщі може бути визначене за формулою (Д.1) ДБН В.2.1-10-2009 як для умовного фундаменту.

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

$$\alpha = \frac{2 \cdot \sqrt{\lambda}}{\pi \cdot (\sqrt{\lambda} - 1)} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \arctg \left(\frac{\eta}{\xi \cdot \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + 1}} \right) - \\ - \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \cdot \arctg \left(\frac{\eta}{\sqrt{\lambda} \cdot \xi \cdot \sqrt{\lambda \cdot \xi^2 + \eta^2 + 1}} \right) \end{array} \right\}, \quad (6)$$

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

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

Висновок

Результати досліджень дозволяють зробити такі загальні висновки:

1. На основі теоретичних результатів запропоновані інженерні рішення для проектування штучних основ комбінованого типу з екранами та армуванням масиву елементами високої жорсткості та адаптовано методику розрахунку армованих основ.

2. При армуванні 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 армування та улаштування ущільнених шарів може бути успішно використаний для усунення просадних властивостей ґрунту в заданій області основи, підвищення міцності та зниження деформацій слабких ґрунтів в малоповерховому будівництві.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Головка 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. Головка С.И. Напряженно-деформированное состояние основания в процессе высоконапорного инъектирования. В сб. «Будівельні конструкції», вып.61, Киев, НДІБК, 2004,-с.42...47.
3. Головка 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.