

ПІДВИЩЕННЯ ОПОРУ ҐРУНТІВ ОСНОВИ ФУНДАМЕНТІВ НЕГЛИБОКОГО ЗАКЛАДЕННЯ

*Л. Козачок к.т.н., Ю. Фабрика к.т.н.
Львівський державний аграрний університет*

Ключові слова: фундамент, основа, несучий шар, контактний прошарок, місцеве посилення, розрахунковий опір.

Key words: foundation, base, carrying layer, contact layer, local tension, calculated resistance.

The article describes method of artificial tension of contact layer of soils of base of shallow putting foundation. It also defines fundamentals of constructing and calculation of such bases and conditions of their rational application.

Постановка проблеми. У сучасному будівництві промислових, цивільних і сільськогосподарських об'єктів найчастіше застосовують фундаменти неглибокого закладення на природній основі. Влаштуваючи такі фундаменти, під ними часто виконують тонку підготовку товщиною до 100 мм, яка не впливає на опір основи, а це означає, що розміри подошви фундаментів цілком залежать від спроможності природних ґрунтів несучого шару сприймати вертикальне навантаження [1; 5].

Якщо природні ґрунти надто слабкі для сприйняття навантаження, тоді вимушено застосовують фундаменти неглибокого закладення на штучній основі, в якій несучим елементом є штучно насипана подушка з сипких міцних в ущільненому стані мінеральних матеріалів [3]. Улаштування подушки суттєво підвищує опір основи (приблизно в 2 - 2,5 раза), внаслідок чого розміри подошви та об'єм фундаменту помітно зменшуються. Але це досягається за рахунок збільшення обсягу земляних робіт і укладення привізного сипкого матеріалу для створення подушки значних розмірів з тим, щоб у її обширах розпорощувався той вертикальний тиск, який передається через подошву фундаменту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Щоб зменшити обсяг робіт з улаштування штучного несучого елемента в основі фундаментів, запропоновано замість подушки виконувати стовщену підготовку [2]. Особливістю стовщеної підготовки є те, що вона за своїми розмірами, зокрема висотою, є проміжною між тонкою контактною підготовкою і товстою несучою подушкою. Влаштувати стовщену підготовку можна трьома методами: або внаслідок ущільнення природних ґрунтів із додаванням гравію чи щебеню, або насипанням привізних сипких мінеральних матеріалів (грубозернистий пісок, піщано-гравійна суміш), чи поєднуючи гравій і щебінь. Особливістю роботи штучної основи зі стовщеною підготовкою є те, що опір її залежить не лише від міцнісних властивостей матеріалу підготовки, а й від властивостей природних ґрунтів, що залягають безпосередньо під підготовкою. Отож, опір основи суттєво залежить від висоти підготовки.

Постановка завдання. Метою дослідження було виявити, як саме впливає висота підготовки на опір основи під час передачі на неї вертикального тиску через подошву фундаментів неглибокого закладення, бо це питання сьогодні залишається недостатньо вивченим. Дослідження проводилися теоретичним методом таким чином. Спочатку визначався за нормативними документами розрахунковий опір R природної основи. Відтак у складі основи передбачали влаштування стовщеної підготовки, висота якої поступово збільшувалася, також визначали розрахунковий опір R_s штучної основи й порівнювали його з опором природної основи. Визначаючи R_s основу зі стовщеною підготовкою, умовно розглядали як відомий з літературних

джерел випадок природної основи з міцним несучим і слабким підстилковим шаром. За розрахунковий опір R , такої основи брали менше з двох значень, а саме: опір підготовки і підстилкового природного ґрунту під нею або опір природного ґрунту під стовщеною підготовкою.

Виклад основного матеріалу. Для влаштування ефективних за техніко-економічними показниками штучних основ із підвищеними можливостями сприймати вертикальне навантаження запропоновано виконувати місцеве посилення контактного прошарку ґрунтів несучого шару. За місцевого посилення:

- різко зменшується обсяг робіт з влаштування штучних основ;
- застосовуються дешеві підручні матеріали (піщано-гравійна суміш, грубозернистий пісок, гравій, щебінь тощо).

Як наголошувалося, масивні штучні основи фундаментів неглибокого закладення застосовують вимушено на будівництві в несприятливих ґрунтових умовах. Запропонований метод влаштування штучних основ місцевим посиленням ґрунтів несучого шару використовують для будівництва у звичайних (без специфічних властивостей) ґрунтах, які допускають і без посилення передачу на них вертикального тиску. Мета місцевого посилення полягає в тому, щоб унаслідок його застосування отримати техніко-економічний ефект за рахунок зменшення об'єму фундаменту.

Беручи до уваги, що напружено-деформований стан ґрунтів несучого шару, який знаходиться безпосередньо під подошвою жорстких фундаментів, надто неоднорідний, посилення виконують у зонах, де передусім очікують розвиток небезпечних деформацій вичавлювання ґрунтів основи. Враховуючи зазначене, ми розробили конструкції штучних основ: зі стовщеною підготовкою під подошвою (рис. 1).

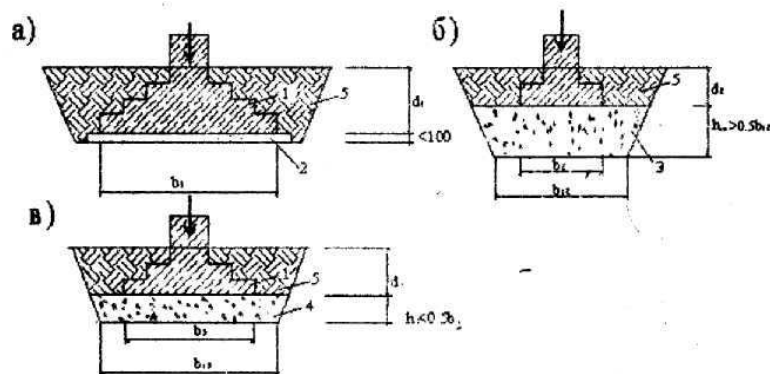


Рис. 1. Конструктивні схеми фундаментів неглибокого закладення:

- а – на природній основі; б – на масивній штучній основі; в – на штучній основі зі стовщеною підготовкою; 1 – фундамент; 2 – тонка підготовка під фундамент; 3 – подушка; 4 – стовщена підготовка; 5 – зворотна засипка пазух.

Тонка підготовка 2 фундаментів неглибокого закладення слугує для покращання умов контакту подошви з ґрунтами основи. Її товщина не перевищує 100 мм і як надто тонкий контактний прошарок вона участі в перерозподілі вертикального тиску на ґрунти основи практично не бере. Подушки 3 мають набагато більшу товщину, яка може сягати декількох метрів. Призначення подушки полягає в тому, щоб розсіяти вертикальний тиск у межах її обширу до безпечних значень на контакті між подошвою подушки і природними слабкими підстильними ґрунтами основи.

Проведеним дослідженням виявлено, що в певних випадках доцільно, крім зазначених двох видів контактних елементів, застосовувати третій, який названо стовщеною підготовкою. Стовщениу підготовку 4 виконують з місцевих ґрунтів і сипких мінеральних відходів виробництва таким же чином, як і контактну підготовку чи подушку. Різниця полягає в товщині елементів, а отже, і в умовах їх роботи. Ми пропонуємо таку класифікацію проміжних елементів за їх товщиною: тонка контактна підготовка – до 100 мм; стовщена підготовка – від $0,15b$ до $0,5b$, де b – ширина подошви

фундаменту; груба подушка – понад $0,5b$. На відміну від тонкої контактної, стовщена підготовка бере участь у розсіюванні вертикального тиску, що споріднює її роботу з роботою подушки. Водночас робота стовщеної підготовки, грубої подушки збігається не у всьому. Зокрема, розрахунковий опір матеріалу подушки є відносно сталим за своїм значенням, щодо стовщеної підготовки це значення опору суттєво змінюється залежно від grubизни підготовки h_s . Тому призначаючи розміри підосви фундаментів, які спирають на подушку, беруть до уваги міцнісні характеристики тільки матеріалу грубої подушки, у разі застосування стовщеної підготовки – також характеристики природних ґрунтів підстильного шару.

Призначення стовщеної підготовки полягає в тому, щоб простим способом посилити основу і тим самим зменшити розміри підосви фундаментів, а інколи й глибину їх закладення. Відповідні розрахунки показують, що у разі застосування стовщеної підготовки розрахунковий опір ґрунтів основи можна суттєво збільшити (в деяких випадках у 1,5 раза (рис. 2)), а це свідчить про доцільність їх запровадження в певних випадках у практиці будівництва.

Основи зі стовщеною підготовкою розраховують насамперед методом деформацій у такій послідовності: спочатку призначають глибину закладення фундаменту, визначають розміри його підосви, а також відповідні розміри стовщеної підготовки, потім перевіряють, чи деформації основи не перевищують граничних значень. У другу чергу виконують перевірковий розрахунок стійкості основи з тим, щоб унеможливити розвиток глибинного зсуву від дії підвищеного вертикального навантаження [4].

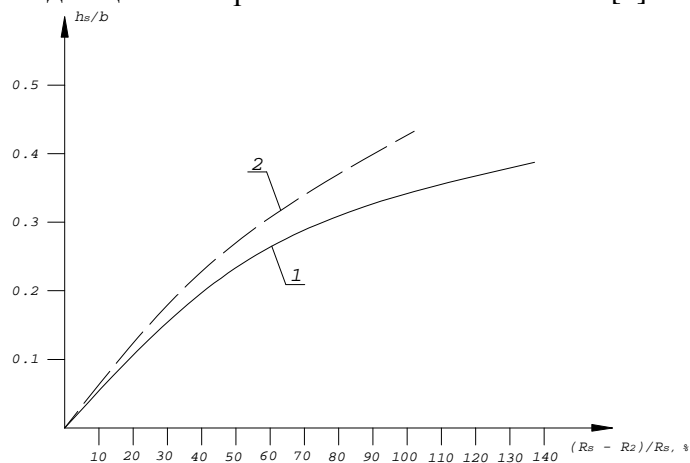


Рис. 2. Збільшення розрахункового опору м'якопластичного суглинку залежно від відносної товщини щебеневої підготовки: 1 – для окремих фундаментів; 2 – для стрічкових фундаментів.

Вказану послідовність реалізують за унормованими методами з використанням розрахункової схеми (рис. 1) і з урахуванням наступних особливостей. По-перше, якщо стовщену підготовку виконують із нездимного при промерзанні матеріалу, то глибина закладення фундаменту може бути меншою від розрахункової глибини промерзання на товщину підготовки. По-друге, визначаючи розрахунковий опір ґрунтів R_s штучної основи, приймають середньозважені значення їх міцнісних характеристик (γ , ϕ , c) та коефіцієнтів умов роботи γ_{c1} і γ_{c2} . Якщо взяти узагальнене позначення зазначених характеристик і коефіцієнтів x , то:

$$x = \frac{x_1 h_s + x_2 (0,5b - h_s)}{0,5b}, \quad (1)$$

де x_1 , x_2 – значення міцнісних характеристик або коефіцієнтів умов роботи матеріалу стовщеної підготовки і ґрунту підстильного шару відповідно;

h_s – товщина підготовки.

Товщину підготовки h_s призначають такою, щоб на рівні її підосви виконувалась умова:

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z, \quad (2)$$

де σ_{zp} і σ_{zg} – нормальні вертикальні напруження в ґрунті на глибині h_s від подошви фундаменту відповідно від додаткового вертикального тиску, що передається через подошву фундаменту і від власної ваги ґрунту;

R_z – розрахунковий опір підстильного ґрунту на глибині h_s від подошви фундаменту.

Ширину b_s і довжину l_s подошви підготовки визначають за формулами:

$$b_s = b + 2 \cdot h_s \cdot \operatorname{tg} \varphi_s; \quad (3)$$

$$l_s = l + 2 \cdot h_s \cdot \operatorname{tg} \varphi_s, \quad (4)$$

де b і l – ширина і довжина подошви фундаменту;

φ_s – кут внутрішнього тертя матеріалу підготовки.

Осідання неоднорідної багатшарової штучної основи знаходять, застосовуючи спрощену методику, за формулою:

$$S = \frac{0,35 \cdot p_0 \cdot b \left(1 - \frac{b}{2l}\right)}{E_{mt}} \cdot \left(1 + \frac{H_c}{b}\right), \quad (5)$$

де p_0 – додатковий вертикальний тиск, що передається через подошву фундаменту на основу;

b і l – ширина і довжина подошви фундаменту відповідно;

H_c – грубизна стисливої товщі основи, наближено:

для стрічкових фундаментів

$$H_c = K_1 \sqrt{N_1}; \quad (6)$$

для окремих фундаментів квадратної в плані форми

$$H_c = K_2 \sqrt[3]{N_2}, \quad (7)$$

де K_1 і K_2 – коефіцієнти, що дорівнюють $0,4 \frac{M}{\kappa H^{\frac{1}{2}}}$ і $0,5 \frac{M}{\kappa H^{\frac{1}{3}}}$ відповідно;

N_1, N_2 – розрахункове вертикальне навантаження на основу, кН/м і кН відповідно;

E_{mt} – приведений модуль деформації ґрунтів у межах H_c ,

$$E_{mt} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot E_i, \quad (8)$$

де n – кількість шарів ґрунтів у межах H_c ;

E_i – модуль деформації ґрунту i -го шару,

$$K_i = \frac{2h_i}{H_c} \left(1 - \frac{H_i}{H_c}\right), \quad (9)$$

де h_i – грубизна i -го шару ґрунту у межах H_c ;

H_i – відстань по вертикалі від подошви фундаменту до середини i -го шару ґрунту;

H_c – грубизна стисливої товщі основи.

Задача підбору глибини закладення, розмірів подошви фундаменту, розмірів стовщеної підготовки багатоваріантна. Наприклад, під час спорудження в м'якопластичних суглинках стрічкового фундаменту, на який діє вертикальне навантаження 360 кН/м, розрахунком підібрано такі ширини подошви: $b = 2,8$ м на природній основі без підготовки; $b = 2,4$ м у разі застосування підготовки з середньозернистого піску товщиною $h_l = 0,1$ м; $b = 2,0$ м при $h_l = 0,3$ м; $b = 1,6$ м при $h_l = 0,45$ м; $b = 1,4$ м при $h_l = 0,5$ м; $b = 1,2$ м при $h_l = 0,55$ м. Зважаючи на це, виникає можливість досить широкого вибору серед зазначених доцільного варіанта. Крім того, за

потреби можна застосовувати фундаменти з однаковими розмірами підшви під час передачі на них неоднакових вертикальних навантажень.

Висновки. За результатами дослідження можна зробити такі висновки:

1. Влаштування стовщеної підготовки є одним із простих і водночас ефективних засобів підвищення опору основи на дію вертикального тиску, що передається через підшву фундаментів неглибокого закладання.

2. Зі збільшенням висоти підготовки опір основи зростає за показниковою залежністю і в окремих випадках може перевищувати опір природної основи в 1,5 раза.

3. Виявлені закономірності впливу стовщення підготовки на опір основи дозволяють виділити три такі різновиди конструктивних елементів.

- тонка підготовка за відносної висоти $h_s/b < 0,15$, наявність якої не підвищує відчутно опір основи;

- стовщена підготовка за відносної висоти $0,15 \leq h_s/b \leq 0,5$ суттєво впливає на опір основи, при чому із збільшенням h_s/b опір стрімко зростає;

- подушка за відносної висоти $h_s/b > 0,5$, яка має значний об'єм, забезпечує досить високий опір основи, зумовлений головним чином механічними властивостями матеріалу підготовки, причому збільшення висоти подушки мало впливає на підвищення опору, якщо підстилкові природні ґрунти не є слабкими.

4. Проектуючи штучні основи, доцільно призначати висоту стовщеної підготовки, розглядаючи техніко-економічні показники декількох варіантів, у яких h_s/b є різною, і вибирати серед них раціональний.

Бібліографічний список

1. Ганичев И.А. Устройство искусственных оснований и фундаментов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 543 с.

2. Козачок Л.Д., Фабрика Ю.М. Місцеве посилення основ фундаментів неглибокого закладання // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди – 2001. – Вип.7. – С.260-266.

3. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений /Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.

Сорочан Е.А. Фундаменты промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1986. – 286 с.