

УДК 624.1

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ЗБАЛАНСОВАНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК СЛАБКИХ ҐРУНТІВ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

С. Ю. Кураш, Ю. И. Калюх, О. К. Хавкін, Т. Ю. Калюх

В основу теорії ризику покладена концепція про те, що в процесі експлуатації, будь-який будинок, споруда або конструкція піддається ризику і якщо цей ризик занадто великий, то й цей будинок, споруда або конструкція може бути зруйнована. Теорія збалансованого ризику дозволяє оцінити достовірність динамічних характеристик слабких ґрунтів, покладених в основу розрахунку стійкості основи.

За допомогою теорії ризику можна встановити ступінь вірогідності характеристик ґрунтів, покладених в основу розрахунку будинку або споруди. Таким чином, можна прийняти більш правильне рішення щодо проектування фундаментів.

В основу теорії ризику покладена концепція про те, що в процесі експлуатації, будь-який будинок, споруда або конструкція піддається ризику і якщо цей ризик занадто великий, то й цей будинок, споруда або конструкція може бути зруйнована. Теорія збалансованого ризику дозволяє оцінити достовірність динамічних характеристик слабких ґрунтів, покладених в основу розрахунку стійкості основи.

С допомогою теорії ризику можна встановити ступінь достовірності характеристик ґрунтів, покладених в основу розрахунку будинку або споруди. Таким чином, можна прийняти більш правильне рішення щодо проектування фундаментів.

The basis of the concept of risk theory that during operation, any house, building or structure is at risk and if this risk is too great, that this house, building or structure may be destroyed. Theory of a balanced risk to evaluate the accuracy of dynamic characteristics of weak soils, underpin the stability of the calculation basis.

Using the theory of risk you can set the degree of probability characteristics of soils used as the basis of calculation of house or building. Thus, we can take better decisions on the design of foundations.

Вступ

На сьогоднішній день відомо багато фактів погіршення технічного стану або навіть руйнування існуючих будинків і споруд через вплив провалів ґрунту або техногенних суфозійних процесів. Тому, що багато в чому довговічність будинків і споруд залежить від міцності їхніх основ, будівельні роботи, особливо підземні, проведені без ретельної геологічної експертизи території, приводять до активізації несприятливих природних процесів і призводять до катастроф – провалів ґрунту, деформацій, ушкоджень, обвалення будинків.

Метою роботи є – розробка теорії збалансованого ризику для визначення ймовірності руйнування основ будівель в умовах щільної міської забудови.

Ризики виникнення провалів у слабких ґрунтах в умовах щільної міської забудови

До слабких ґрунтів відносяться зв'язні ґрунти, що мають міцність на зсув в умовах природного залягання при випробуванні приладом обертального зрізування менше 75 кПа, питомий опір статичному зондуванню конусом з кутом при вершині 30° менш 20 кПа або модуль осадки при навантаженні 250 кПа більше 50 мм/м (модуль деформації нижче 5000 кПа). При відсутності даних випробувань до слабких ґрунтів треба відносити: торф і торф'яні ґрунти, мулисті ґрунти, глинисті ґрунти з коефіцієнтом консистенції більше 0,5, ґрунти мокрих солончаків.

Провали в слабких ґрунтах стали відбуватися в великих містах із загрозливою регулярністю. Провали – досить часте явище в районі із розвиненою гірничодобувною промисловістю, а також на закарстованих територіях. Провали раптові, на їхньому місці утворюються воронки діаметром до 3-5 м і більше, а на поверхні виникають невідомі деформації.

Причина більшості провалів ґрунту – розмивання м'яких порід. Ми говоримо, що в нас під ногами "земля", а насправді на різних глибинах залягають дуже різні породи: і дуже тверді (камінь, мармур) і м'які (крейда, гіпс). Гіпс – легко розмивна порода, про крейду й говорити нема чого, тому різні підземні річки або вода з водопровідних труб, що прорвалися, легко вимивають у такій породі печери й тунелі. Коли підземна печера стає досить великою, її дах, природно, провалюється. Так і відбуваються провали ґрунту, які геологи називають карстовими. [1]

Активне освоєння підземного міського простору (будівництво паркінгів, метрополітенів і інших промислових і соціальних об'єктів під землею) порушує природний гідрогеологічний режим. Штучні перешкоди на шляху фільтрації ґрунтових вод викликає підтоплення, тобто підйом рівня ґрунтових вод. У результаті підвальні приміщення виявляються затопленими, прискорюється корозія бетонних конструкцій, скорочується термін служби будинків, не забезпечуються санітарні норми їхньої експлуатації. Це розповсюджене явище. Так само будівництво споруд нерідко ведеться із відставанням або затримками після влаштування котловану. Внаслідок цього, ґрунти, на яких зводиться фундамент, виявляються неодноразово проморожені, що знижує міцнісні властивості. Однак споруда була запроектована на їх початкові, більш високі фізико-механічні показники, тому промерзлі ґрунти можуть не витримати необхідного навантаження.

Існуюча щільна забудова в кожному випадку нового будівництва може створити ризик ушкодження або порушення нормальної експлуатації існуючих будинків, внаслідок впливу таких факторів [2]:

- а) порушення ґрунтів основи при проведенні робіт із влаштуванням котловану;
- б) додаткові напруження в активній зоні основи внаслідок додаткових навантажень;
- в) динамічні навантаження на основу будинків внаслідок влаштування огорожуючих конструкцій котловану (шпунтового огороження, паль);
- г) деструктивні процеси в ґрунтах: ерозія, суфозія, промерзання, осідання, зміна гідрогеологічних умов і т.д.);
- д) вібраційні й динамічні навантаження від роботи будівельної й транспортної техніки;
- е) вплив будівельної й транспортної техніки, а особливо вантажопідйомної техніки;
- є) порушення нормальних умов інсоляції, вентиляції, інженерного забезпечення, благоустрою існуючих будинків;

На рис.1 показано як можуть виникати провали ґрунту в умовах щільної міської забудови. Позиції рисунка наведені нижче.

1. Колодязь, в який з будівельного котловану перекачується вода, що надходить до нього. В результаті деформації самого колодязя вода надходить назад, в порожнину провалу, що формується.
2. Відкачування з будівельного котловану води з під вуличної, і можливо, підбудинкової порожнини.
3. Витікання води з водопроводів, що лопнули, та інших комунікацій в зоні провалу, що формується.
4. Небезпечне відтікання води утворює порожнину і тим самим прискорює обвалення перевантаженої асфальтом і транспортним потоком території на значній площі.
5. Порожнина під частиною вулиці (або – поряд з краєм стіни будинку), що не провалилася, поряд з краєм котловану уздовж його слабо закріпленої стіни в ґрунті.
6. Окремі порожнини, які ще не включені в загальний процес формування провалу.
7. Ґрунтові водонесучі шари, новосформовані геологічні канали.
8. Осідання стіни будівлі і вертикальні розривні тріщини, що сигналізують про підземний процес під об'єктом.
9. Зменшення товщини стелі можливої порожнини й прогинання в неї деформованої фундаментної плити.
10. Можлива порожнина процесу провалоутворення
11. Водостічні-дренажні колектори, у тому числі підземні ріки, узяті в підземні бетонні тубінги або цеглу. Тут відбувається порушення за рахунок загальної усадки товщі ґрунту.
12. Труби напірного водопроводу на головних магістралях і чисельні вводи - врізки в будинковий водопровід, каналізаційні колектори з накопичувачами з підвальних стояків.
13. Вертикальні труби в ґрунті, що кріплять стінки котловану.
14. Котлован з фундаментом майбутньої будівлі.

Застосування теорії ризику до визначення властивостей ґрунтів

Якщо характеристики ґрунту були визначені експериментально для даної площадки будівництва за допомогою натурних і лабораторних випробувань, то за цими даними можна побудувати функцію розподілу й обчислити величину медіани R – опір основи навантаженням і знайти дисперсію σ_R , що відповідає фактичному розподілу даних експерименту. Також за цими даними можна обчислити стандарт відхилень δ_R . Ризик обчислюється за формулами § 2.7 [3]. Ризик залежить не тільки від стандарту відхилення, що отриманий при визначенні характеристик основи, але й від очікуваного стандарту δ_S , що відповідає зовнішнім силам S , які діють на основу.

У таблиці 2.4 [3] наведені значення ризику залежно від узагальненого стандарту

$$\delta = \sqrt{\delta_S^2 + \delta_R^2}$$

Стандарт зовнішніх сил δ_S не залежить від характеристик основи, тому подаємо:

$$\delta = \delta_R \sqrt{1 + (\delta_S / \delta_R)^2} = \alpha \delta_R \quad (1)$$

$$\alpha = \sqrt{1 + (\delta_S / \delta_R)^2} \quad (2)$$

Коефіцієнт α у залежить від характеристик ґрунту основи δ змінюється від 0.5 до 1.2, що відповідає зміні α від $0,5/\delta_R$ до $1,2/\delta_R$ або змінюється від $\delta_R = 0,5/\alpha$ до $\delta_R = 1,2/\alpha$.

Обчислимо значення δ при $\alpha=1$, $\delta=\delta_R$, що відповідає зовнішньому впливу. Зі зменшенням α узагальнений стандарт δ збільшується, тому відповідно до формули (7.10) [3] і таблиці 2.4 [3] ризик збільшується. Для визначення максимального ризику приймається умова $\delta=\delta_R$.

Ризик знаходимо з таблиці 2.4 [3] залежно від $\vartheta_0 = R/S$. Так, наприклад, при $\vartheta_0 = 2$ і $\delta = 1.2$ маємо $\text{risk} = 10^{-2}$, тобто, занадто великий і тому вірогідність характеристик незадовільна. Вірогідність покладена в основу розрахунку характеристик прийнятна при $\text{risk} = 10^{-5}$; це відповідає значенню $\delta = 0,5$.

Для оцінки вірогідності покладених в основу розрахунку характеристик слабких ґрунтів необхідно побудувати їх функції розподілу й знайти стандарт δ_R . Якщо при $\vartheta_0 = 2$ цей стандарт δ_R буде менше 0,5, то статична вірогідність характеристик основи буде достатньою.

При перевірці статичної вірогідності динамічних характеристик основи складного об'єкта, що складається з декількох споруд різного ступеня відповідальності, розрахованих із використанням збалансованого ризику, необхідно зробити аналіз для кожної споруди окремо. Для цього використовується покладений в основу методу збалансованого ризику критерій однакового ризику для всіх споруд даного об'єкта. Ця умова приводить до того, що для кожної споруди визначається своє розрахункове значення зовнішніх сил S_i .

Таким чином, коефіцієнт надійності ϑ_0 буде мати різні значення для кожної споруди: $\vartheta_{0i} = R/S_i$ за рахунок зміни S_i . Ризик підвищується зі зменшенням ϑ_{0i} , тому найбільш невігідний випадок буде відповідати $(\vartheta_{0i})_{\min} = R/(S_i)_{\max}$.

Із цього виходить, що оцінку статичної вірогідності динамічних характеристик основи варто робити за найбільшою розрахунковою інтенсивністю роботи зовнішніх сил.

Нижче розглянутий приклад аналізу отриманих експериментальних даних, викладених в авторефераті [4]. В авторефераті розглянуто складське приміщення під резервуар, зерносковище, магазин меблів. У даній роботі були отримані характеристики ґрунтів з певним стандартом δ (табл. 1). Коефіцієнт надійності ϑ_0 різний для різних класів будинків і споруд, а також залежно від категорії відповідальності конструкції відповідно до табл. 5 [5]. Відповідно й ризик R_f буде різний, у таблиці 1 показана залежність ризику від стандарту й класу споруди.

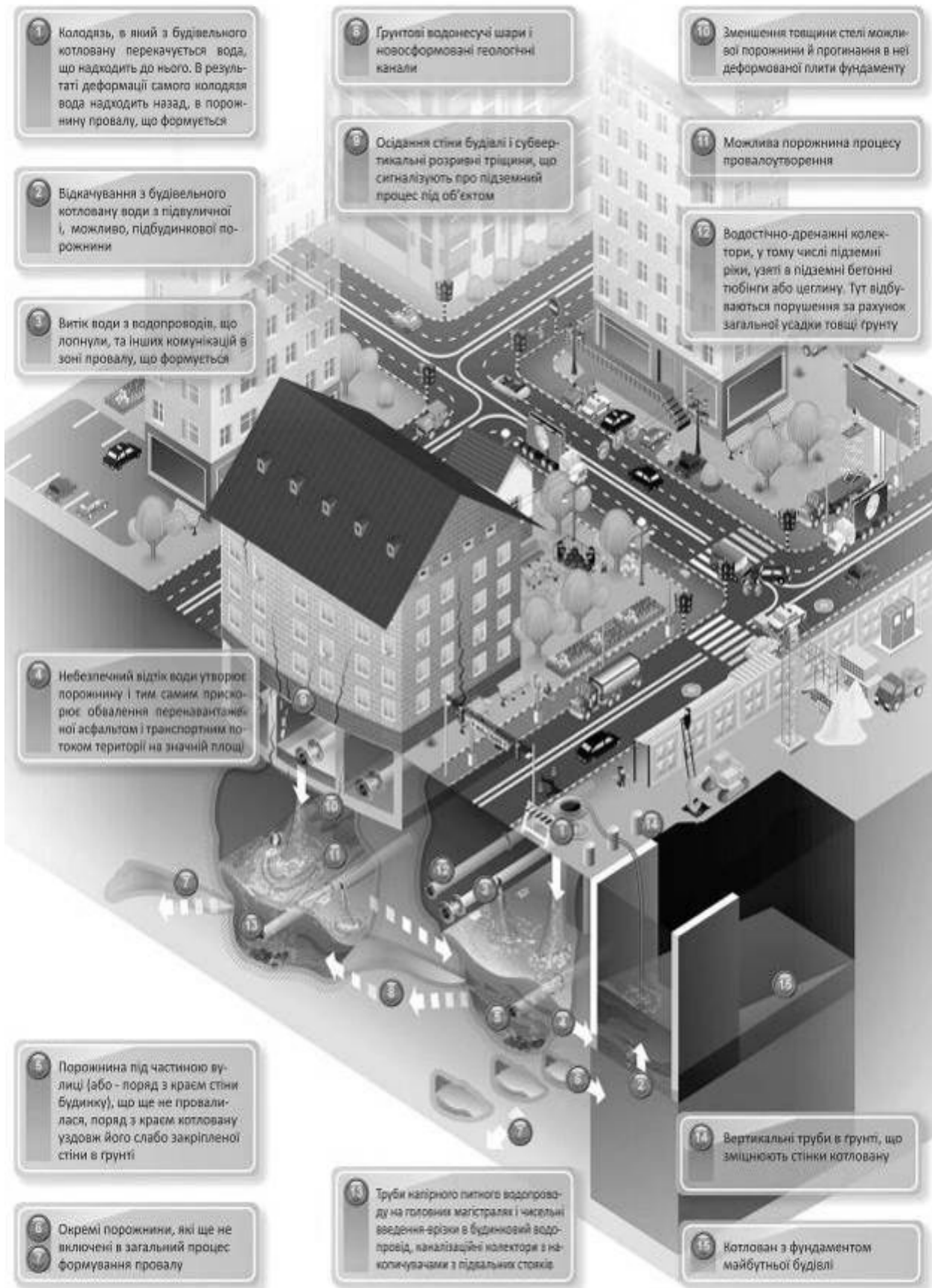


Рис. 1. Виникнення провалів ґрунту в умовах щільної міської забудови

Залежність ризику від стандарту, класу споруди та коефіцієнта надійності

клас будинку або споруди	Категорія відповідальності конструкції	Коефіцієнт відповідальності γ_n	Коефіцієнт надійності ϑ_0	Стандарт δ	Ризик P_f
СС3	А	1,250	1,30	0,1	10^{-6}
	Б	1,200	1,25	0,1	10^{-5}
	В	1,150	1,15	0,1	10^{-4}
СС2	А	1,100	1,33	0,2	10^{-3}
	Б	1,050	1,26	0,2	5×10^{-3}
	В	1,000	1,20	0,2	10^{-2}
СС1	А	1,00	1,30	0,3	4×10^{-3}
	Б	0,975	1,26	0,3	10^{-2}
	В	0,950	1,15	0,3	10^{-1}

Висновки

- Існуюча щільна забудова в кожному випадку нового будівництва може створити ризик ушкодження або порушення нормальної експлуатації існуючих будинків, який необхідно прораховувати.
- Величина ризику залежить від узагальненого стандарту δ і коефіцієнта надійності ϑ_0 . У такий спосіб зі збільшенням коефіцієнта надійності ϑ_0 зменшується величина ризику, а зі збільшенням узагальненого стандарту δ підвищується ризик.
- Оцінку статичної вірогідності динамічних характеристик основи необхідно робити за найбільшою розрахунковою інтенсивністю роботи зовнішніх сил. Коефіцієнт надійності ϑ_0 буде мати різні значення для кожної споруди: $\vartheta_{0i} = R/S_i$ за рахунок зміни S_i . Ризик підвищується зі зменшенням ϑ_{0i} , тому найбільш невігідний випадок буде відповідати $(\vartheta_{0i})_{\min} = R/(S_i)_{\max}$.
- Оцінку статичної вірогідності динамічних характеристик основи варто робити за найбільшою розрахунковою інтенсивністю роботи зовнішніх сил.
- Величини ризику 10^{-1} - 10^{-2} і менші є неприпустимими. Для зменшення ризику в цьому випадку необхідно більш ретельно досліджувати фізико-механічні характеристики слабких ґрунтів для зменшення варіації їхніх параметрів (зменшення стандарту δ), а також збільшити запас по R – опорі навантаженням.

Список літератури

1. Kurash S. Yu. Soil Sinkholes in Conditions of Compact City Planning / Kurash S. Yu. // Geotechnical Engineering. – 2010. – P.16-22.
2. ДБН В.1.21-12-2008. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. – К. : Мінрегіонбуд, 2008. – 34 с.
3. Сеницын А. П. Расчет конструкций на основе теории риска / А. П. Сеницын – М.: Стройиздат, 1985. – 304 с.
4. Харченко М. О. Оцінка неоднорідності ущільнених ґрунтів штучних основ: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / М. О. Харченко – Полтава, 2010. – 24 с.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд, 2009. – 37 с.

Кураш Сергій Юрійович - молодший науковий співробітник лабораторії підземних будівельних конструкцій. Державне підприємство Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій.

Калюх Юрій Іванович – д.т.н., проф. завідувач лабораторії моніторингу й системних досліджень будинків і споруд. Державне підприємство Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій.

Хавкін Олександр Климентійович – к.т.н., с.н.с. завідувач відділом автоматизації й сейсмостійкості будинків і споруд. Державне підприємство Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій.

Калюх Тарас Юрійович – головний фахівець. Дочірнє підприємство Науково-дослідний інститут "Нафтогаз України".