

В. Б. Швець, доктор технічних наук, професор кафедри основ та фундаментів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури
О. А. Рубан, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних систем та технологій Академії митної служби України
В. В. Ковальов, асистент кафедри основ та фундаментів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ФУНДАМЕНТІВ, ЩО МІСТЯТЬСЯ НА ШТУЧНІЙ ОСНОВІ

У статті наведено результати лоткового моделювання стійкості фундаментів, що знаходяться на армованій основі.

In paper results trays modelling of stability of the foundations which are on the reinforced basis are resulted.

Ключові слова. Лоткове моделювання, стійкість фундаментів, армована основа.

Вступ. Визначення ступеня стійкості фундаментів, розташованих поблизу схилів, є актуальним завданням у сучасному проектуванні та зведенні будівель [1]. Для виконання цього завдання необхідно, по-перше, застосовувати сучасні способи підвищення стійкості будівель, що містяться поблизу схилів, по-друге, застосовувати сучасні методики визначення стійкості, які б давали можливість розраховувати коефіцієнт стійкості фундаменту з урахуванням утримуючих споруд.

© **В. Б. Швець, О. А. Рубан, В. В. Ковальов, 2009**

Один із сьогочасних способів підвищення стійкості будівель – армування геотекстилем чи георешіткою основ під фундаментами. На жаль, у сучасній нормативній документації України немає методики визначення стійкості фундаменту на армованій основі у разі виникнення глибокого зсуву. Таку методику розроблено та запропоновано авторами [2]. У цій методиці для досягнення стійкості фундаменту поєднується метод планування експерименту (метод Бокса–Вілсона) з методами розрахунку стійкості схилів, які розроблені Ю. І. Соловйовим, К. Терцагі, А. Г. Дорфманом, Г. М. Шахунянцем.

Постановка завдання. Для комплексного вирішення питання стійкості будівлі необхідно також з'ясувати якісну картину формування втрати стійкості фундаментом, розташованим поблизу схилу, і визначити форму втрати стійкості залежно від схеми, висоти схилу, відстані між фундаментом і брівкою схилу, а також від армування.

На першому етапі проведено лоткові дослідження стійкості фундаменту, що міститься на природній основі [3]. На наступному етапі необхідно було визначити якісні картини та форми втрати стійкості фундаментом, розташованим на армованій основі.

Результати дослідження. Моделювання проводилися в лотку конструкції НІЛ механіки ґрунтів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту.

Під час лоткового експерименту варіація параметрів моделі відповідала діапазону зміни вихідних даних при розробці авторами методом планування експерименту методики розрахунку коефіцієнта стійкості фундаменту [1].

На рис. 1 наведено загальний вигляд лотка. Висота лотка 300 мм, розміри в плані 800×120 мм. Для спостереження за розвитком деформацій передню стінку лотка виготовлено з прозорого оргскла.

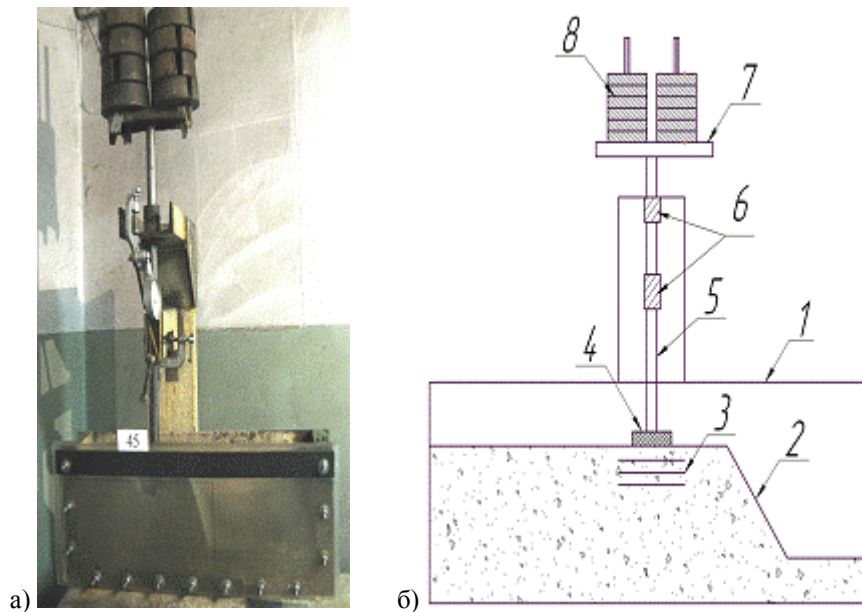


Рис. 1. Загальний вигляд лотка (а) й обладнання (б) для модельних лоткових випробувань:

- 1 – лоток; 2 – модель укосу; 3 – штучна основа (армований ґрунт);
- 4 – штамп, що моделює фундамент; 5 – стійка; 6 – напрямні переміщень стійки;
- 7 – площадка для створення вертикального навантаження;
- 8 – важки для створення навантаження

При лоткових випробуваннях моделювання поведінки фундаменту створювалося за допомогою металевих штампів. Довжина і товщина штампів 100×7 мм відповідно. Ширина штампа залежала від масштабу і ширини фундаменту, що моделюється. Було обрано чотири ширини штампа залежно від висоти насипу і масштабу моделювання.

Навантаження на штамп створювалися за допомогою важків, що уклалися на горизонтальну площадку (рис. 1б). Для виключення виникнення перекосів навантаження на штамп прикладалися через металеву кульку, розташовану безпосередньо в лунці штампа. Для контролю можливого перекосу з обох країв штампа двома прогиномірами вимірялося осідання. Прогиноміри встановлювалися симетрично щодо вертикальної площини симетрії штампа.

Зняттям відліків за прогиномірами і фотографуванням деформування моделі фіксувалися переміщення штампа після прикладання кожного ступеня навантаження. Переміщення армованої основи фіксувалися також за деформаціями сітки, нанесеної через 20 мм з боку прозорої стінки моделі.

Відповідно до програми випробувань і масштабом у лотку моделювалася мінімальна висота схилу $h = 7$ м у масштабі 1:50 і максимальна висота схилу $h = 17$ м у масштабі 1:100. Ухил схилу становив $i = 1:0$ та $i = 1:0,5$.

Для стабілізації структури модель витримувалася 1 добу.

Перед початком випробувань ґрунт укладався пошарово в лоток і ущільнювався ручним трамбуванням. Згідно з програмою випробувань на заданій відстані укладалися геотекстиль чи георешітка (KORTEX® GT чи ARMATEX® G). Ґрунт армувався згідно зі схемами, наведеними на рис. 2.

Після створення (з урахуванням масштабу) потрібної моделі схилу на заданій у вихідних даних відстані від брівки встановлювався штамп. Потім встановлювалися прогиноміри, і створювалося початкове вертикальне зусилля на штамп 50 Н. Після стабілізації деформації (відповідно до нормативних документів) від початкового зусилля прикладалися наступні ступені навантажень із кроком 50 Н. Осадка штампа від кожного ступеня навантаження фіксувалася з точністю 0,01 мм. Для виключення впливу стінок лотка на характер деформування основи його стінки змазувалися технічним мастилом.

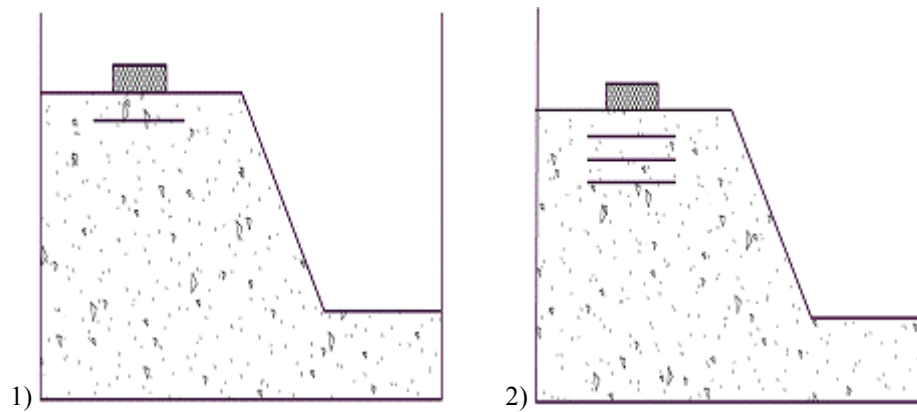


Рис. 2. Схеми зміцнення основ: 1 – одношарове армування; 2 – багатошарове армування

Зроблені згідно з програмою випробувань варіанти моделювання стійкості фундаменту, розташованого на армованій основі, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Варіанти моделювання стійкості фундаменту

№ з/п	Висота схилу h , м	Ухил i	Відстань від торця фундаменту до брівки схилу a , м	Ширина фундаменту b , м	Кількість шарів армування, шт.	Довжина арматури в утримуючому шарі, м	Масштаб моделі
1	7	1:0,5	4	2	3	1	1:50
2	7	1:0,5	4	2	3	3	1:50
3	7	1:0	4	2	3	1	1:50
4	7	1:0	4	2	3	3	1:50
5	17	1:0,5	4	3	3	3	1:100
6	17	1:0	4	3	3	3	1:100
7	17	1:0,5	4	3	3	1	1:100
8	17	1:0	4	3	3	1	1:100
9	7	1:0,5	4	2	1	1	1:50
10	7	1:0	4	2	1	1	1:50
11	7	1:0	4	2	1	3	1:50
12	17	1:0,5	4	3	1	3	1:100
13	17	1:0	4	3	1	1	1:100

Результати дослідження. При моделюванні втрата стійкості фундаментом, розташованим на армованій основі, відбувалася як при виникненні глибокого зсуву, так і через втрату стійкості розташованого перед фундаментом схилу.

Приклад втрати стійкості фундаментом через виникнення глибокого зсуву при випробуваннях наведено на рис. 3. На цьому рисунку в масштабі 1:50 наведено результати експериментального моделювання втрати стійкості фундаментом шириною 2 м, що розташований на армованій основі. Армowana основа складається з трьох шарів тканого геотекстилю KORTEX® GT, відстань між прошарками геоматеріалу 1 м. Висота схилу в даному прикладі 7 м, ухил – 1:0,5.

На початковому етапі (рис. 3) під дією прикладеного навантаження (від 100 до 300 Н) штамп, що моделює фундамент, опускався вертикально. При подальшому збільшенні навантаження ($P = 400$ Н) починав значно згинатися геотекстиль, поміщений в армованій основі. При вигині геоматеріалу, розташованого під штампом, прогинався (переміщувався вниз) сильніше, ніж сторони геоматеріалу, що виходили за межі ширини штампа. І при цьому середина геоматеріалу, переміщувався вниз, тягла за собою і притягала до штампа сторони геотекстилю, що виходили за межі ширини штампа. Відповідно, ґрунт, розташований між армуючим геоматеріалом, також переміщувався вниз (як єдиний моноліт). У місцях закінчення сторін геотекстилю ґрунт сприймав розтягувальні напруження, через які при навантаженні $P = 500$ Н у ґрунті виникали тріщини з двох сторін штучної основи.

Збільшення навантаження призвело до утворення і збільшення тріщин в укосі, що моделювався.

При навантаженні на штамп $P = 600$ Н значно збільшилися тріщини, як в укосі, так і по краях армованої основи, і потім відбулася різка втрата стійкості (штамп нахилився) – відбувся глибокий зсув фундаменту (рис. 3, етапи 6 і 7).

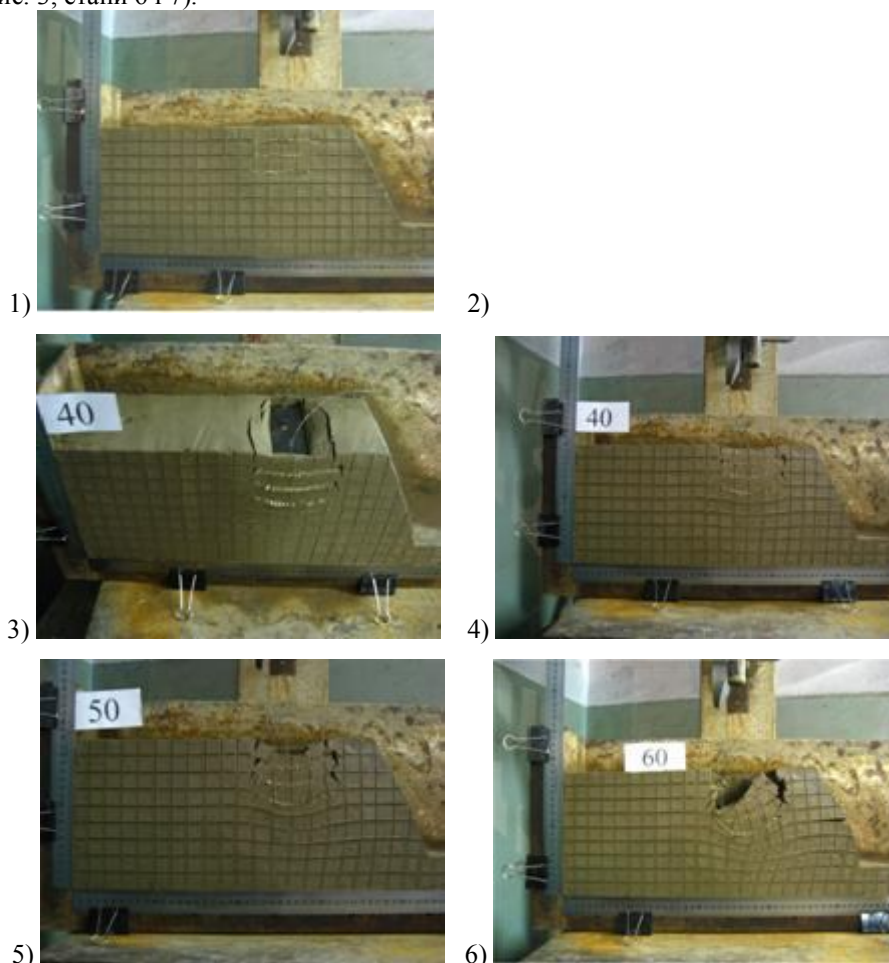


Рис. 3. Результати експериментального моделювання втрати стійкості фундаменту шириною 2 м, розташованого на армованій основі (три шари геоматеріалу KORTEX® GT) на відстані 4 м від брівки укосу з ухилом $i = 1:0,5$, висота якого $h = 7$ м (масштаб моделювання 1:50)

У результаті проведених експериментальних досліджень втрати стійкості фундаментом, що міститься на штучній основі і розташований поблизу схилу, зроблено такі висновки.

Висновки. 1. У результаті проведених лоткових випробувань отримано якісні картини втрати стійкості фундаментом, що міститься на армованій основі. Результати моделювання показали, що втрата стійкості фундаментом, розташованим на армованій основі, може відбуватися як при виникненні глибокого зсуву (рис. 3), що нормується чинними нормативними документами, так і при втраті стійкості схилом, що розташований перед фундаментом, з боку розташування укисної частини ґрунтового масиву.

2. При одношаровому армуванні основи спостерігається незначне підвищення жорсткості основи, що обумовлюється незначним кушовим ефектом роботи прошарку, та приєднаної до неї маси ґрунту, які працюють сумісно і можуть розглядатися суцільним елементом при роботі балки на пружній основі в розрахункових схемах за граничними станами.

3. Робота геоматеріалу і ґрунту, укладеного між геотекстильними елементами, характеризується спільністю деформацій, і, таким чином, армовану основу необхідно розглядати в розрахункових схемах як балку на пружній основі, характеристики жорсткості якої визначаються на основі механічних закономірностей деформування.

4. Ґрунт, що лежить між армуючими шарами геоматеріалу, при збільшенні вертикального навантаження на штамп стискається значно менше, ніж ґрунт, що міститься безпосередньо над верхнім прошарком і під нижнім прошарком композитної основи. Це пов'язано зі збільшеною щільністю композитної основи через застосування прошарків геоматеріалу, з тим, що армуючий матеріал змінює напружено-деформований стан основи, збільшує компресійний ефект стосовно роботи ґрунтової матриці.

Література

1. Швець В. Б. Усиление и реконструкция фундаментов [Текст] / В. Б. Швець, В. И. Феклин, Л. К. Гинзбург. – М. : Стройиздат, 1985. – 204 с.

2. Швец В. Б. Оценка устойчивости основания сооружения при возможности глубокого сдвига методом планирования эксперимента [Текст] / В. Б. Швец, О. А. Рубан, В. В. Ковалёв // Сб. “Дороги і мости” : у 2-х т. – К. : ДерждорНДЦ, 2007. – Вип. 7. – Т. 2. – С. 263–273.

3. Швец В. Б. Модельные экспериментальные исследования устойчивости фундамента при возможности глубокого сдвига [Текст] / В. Б. Швец, В. В. Ковалёв // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава : ПолтНТУ, 2008. – Вип. 22. – С. 160–164.