

УДК 624.131.3

РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТНИХ ПЛИТ СПОРУД ЧИСЕЛЬНИМИ МЕТОДАМИ З УРАХУВАННЯМ ПРУЖНИХ ТА ПЛАСТИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ОСНОВИ

Трегуб О. В., канд. техн. наук; Кірічек Ю. О., докт. техн. наук, проф.;

Давтян Д. Е., маг.

Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка проблеми. При проектуванні фундаментних плит споруд на ґрунтовій основі виникає потреба у забезпеченні достовірності параметрів моделей та методів розрахунку [1]. Розрахункову схему у вигляді плити на пружній основі приймають при розрахунках фундаментних плит каркасних та безкаркасних будівель, плит покриття аеродромів, автомобільних доріг та інших конструкцій транспортних споруд.

При підвищених та складних навантаженнях нерівномірність деформацій основи призводить до пошкоджень споруд. Характер деформацій не завжди відповідає розрахунковій моделі пружної основи, що найчастіше приймається в розрахунках за нормативними методиками. Сучасний рівень розвитку обчислювальної техніки дозволяє вирішувати складні задачі чисельними методами за допомогою розрахункових програмних комплексів. Дослідження присвячені методиці розрахунку фундаментних залізобетонних плит чисельними методами з урахуванням пружних та пластичних деформацій основи.

Мета дослідження – удосконалення методики розрахунку фундаментних плит споруд з урахуванням пружних та пластичних деформацій основи. Для цього передбачається: дослідження взаємодії плити з пружною та пружно-пластичною основою, а також порівняння з результатами випробувань залізобетонних плит; аналіз випробувань ґрунтових основ штампами, визначення коефіцієнтів жорсткості; розробка алгоритму розрахунку фундаментних плит споруд з урахуванням пружних та пластичних деформацій основи.

Результати дослідження. Чисельними методами виконане моделювання взаємодії залізобетонних плит з ґрунтовою основою. Визначенні контактні напруження, згинальні моменти та деформації. У якості вихідних даних прийняті результати натурних випробувань залізобетонної плити з розмірами у плані 3,0×1,75 м, товщиною 0,17 м, на піщаній основі [2]. Навантаження на конструкцію створювались двома домкратами. Розглянуто два випадки навантаження: по осі та по краю плити.

Розрахункова модель – плита на пружній напівпросторовій основі. Розрахунки велись методом ітерацій з визначенням коефіцієнтів постелі пружної основи у комплексі КРОСС. Після цього виконане порівняння результатів моделювання з натурними спостереженнями. Розрахунок залізобетонної плити з використанням моделі пружної основи виконано чисельним методом за допомогою програмного комплексу SCAD. Прийнята методика дозволила дослідити роботу конструкції при різних навантаженнях, визначити напруження та деформації, необхідне армування, ураховуючи ґрунтові умови.

Порівняння результатів розрахунків з експериментальними даними дозволили отримати наступні висновки. При навантаженні краю плити зафіксовано в експерименті осідання від 1 до 6 мм. За розрахунком в SCAD вертикальні деформації країв залізобетонної плити становили 17,4 мм, а з протилежної сторони – 3,1 мм, що свідчить

про нерівномірну деформацію та відрив підошви від основи. Контактні напруження зростають по краях підошви плити. При навантаженні по осі плити в експерименті зафіксовано осідання плити від 0 до 6 мм. За розрахунком в SCAD отримали вертикальні деформації від 4 до 10 мм. За результатами моделювання плити з пружно-пластичною основою у геотехнічному комплексі PLAXIS також отримали нерівномірні осідання та розвиток пластичних деформацій в ґрунті по краях конструкції.

Таким чином, є розбіжності у осіданнях, що обумовлює необхідність удосконалення методики визначення вихідних даних до розрахункових моделей. Загальна схема розподілу деформацій, що отримана чисельними методами подібна до натурних даних. Невідповідність розрахункових та натурних даних пов'язані з відсутністю достовірних вихідних даних до параметрів деформаційних моделей. Також може мати місце розвиток пластичних деформацій, що відповідає моделі пружно-пластичної основи. При цьому, як відомо, залежність деформацій від напружень є нелінійною. Слід зазначити, що під час експлуатації фундаменти споруд зазнають складних навантажень. Якщо основа зазнає часткового або повного розвантаження, а потім знову повторно завантажується, то діаграма деформування має вигляд ламаних ліній, а подібний характер навантаження називається складним [3]. Зазначені параметри до розрахунків можна отримувати натурними випробуваннями основи штампом.

При багаторазовому навантаженні ґрунту залишкові деформації зростають. Для практичних рішень необхідно використовувати розрахункову нелінійну залежність $p-s$, яка встановлюється для кожного об'єкту. Пропонується у розрахунках використовувати коефіцієнти жорсткості основи що нелінійно деформується, які ураховують пружні та пластичні деформації при складних навантаженнях. Коефіцієнти жорсткості необхідно визначати натурними випробуваннями та нелінійними розрахунками.

Деформації основи під навантаженням визначаються коефіцієнтом жорсткості, який залежить від характеристик ґрунту, розмірів конструкцій і тривалості навантаження. Для визначення коефіцієнтів жорсткості необхідно отримати переміщення основи при навантаженні [3]: $K = p/\delta$, де p – навантаження прикладене до основи; δ – переміщення поверхні основи. Коефіцієнти жорсткості визначаються виходячи з очікуваних осідань від навантаження.

Запропоновану методику було перевірено розрахунками залізобетонних плит з розмірами у плані 2×6 м, товщиною 0,2 м, за моделлю пружної основи та за моделлю з коефіцієнтами жорсткості з урахуванням пластичних деформацій. Коефіцієнти жорсткості отримані за результатами випробувань піщаної основи штампом при циклічному навантаженні [4]. За графіком випробувань встановлена апроксимуюча залежність: $k = 79,493P + 1710,7$ (P – тиск, т/м^2 ; k – коефіцієнт жорсткості т/м^3).

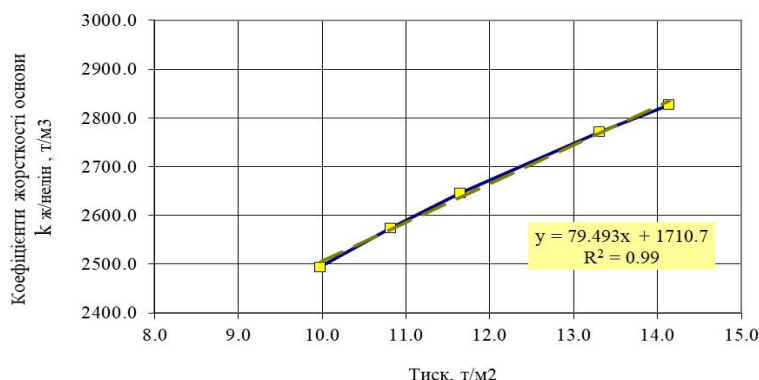


Рис. 1. Залежність коефіцієнтів жорсткості основи від тиску

Розрахунок залізобетонної плити виконано за допомогою програмного комплексу SCAD, що передбачає можливість зміни коефіцієнтів постелі. Для першої розрахункової моделі – плити на пружній основі, коефіцієнти постелі визначенні програмою КРОСС у комплексі SCAD. Для другої розрахункової моделі використані коефіцієнти жорсткості основи з урахуванням пластичних деформацій, що визначені випробуваннями штампом у відповідному діапазоні навантажень (рис. 1).

Після виконаних розрахунків деформацій основи та напружень задане армування та міцність бетону конструкції. Розрахунки фундаментної плити за моделлю з коефіцієнтами жорсткості ураховують фактичні деформаційні характеристики основи, що дозволило отримати більш обґрунтоване та надійне конструктивне рішення.

Проведені дослідження дозволили запропонувати алгоритм розрахунків фундаментних плит споруд з урахуванням пружних та пластичних деформацій основи (рис. 2).



Рис. 2. Алгоритм розрахунку фундаментних плит з урахуванням пружних та пластичних деформацій основи

Штампові випробування основи необхідно проводити з поступовим завантаженням і розвантаженням для побудови діаграми складного навантаження, за якою слід визначати розрахунковий діапазон напружень та коефіцієнти жорсткості до моделі.

Висновок. Для розрахунку конструкцій плит на ґрунтовій основі пропонується використання моделі з коефіцієнтами жорсткості основи, що нелінійно деформується з урахуванням пружних та пластичних деформацій при складних навантаженнях.

Список використаних джерел

1. Kirichek Y., Tregub A. The parameters of nonlinear models for shallow foundation. *Challenges in Geotechnical Engineering : Proceedings of the Third International Conference*. Zielona Gora, 2019. P. 18.
2. Семенюк С. Д., Кумашов Р. В. Железобетонные плиты покрытия автомобильных дорог на упругом полупространстве. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2018. № 14 (2). С. 149–157.
3. Клепиков С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. Киев : НИИСК, 1996. С. 60–85.
4. Леденёв В. В. Основания и фундаменты при сложных силовых воздействиях (опыты) : монография. Т. 1. Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. С. 112–113.