

Чисельні дослідження розподільчої здатності суцільної лінійно-деформованої моделі ґрунтової основи великорозмірних плитних фундаментів

Олександр САМОРОДОВ¹, Ольга ГАВРИЛЮК²

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

17, вул. Маршала Бажанова, Харків, Україна, 61002

¹osamorodov@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4395-9417

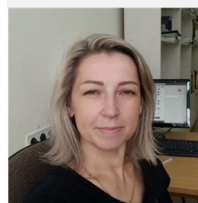
²Olha.Havryliuk@kname.edu.ua, orcid.org/0000-0002-7057-2499

DOI: 10.32347/0475-1132.48.2024.75-85

Анотація. У статті проаналізовано існуючу методику визначення основних розрахункових параметрів моделі у вигляді суцільного лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності (розрахункова товщина шару H_0 та розрахунковий модуль деформації E_0) для моделювання адекватної взаємодії ґрунтових основ з великорозмірними плитними фундаментами. Метою роботи є чисельні дослідження напружено-деформованого стану рівномірно навантаженої гнучкої прямокутної фундаментної плити при зменшенні товщини шару моделі ґрунтової основи у вигляді суцільного лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності. У комплексі SCAD методом скінченних елементів проведено чисельні дослідження впливу товщини шару зазначеної моделі ґрунтової основи, що взаємодіє з великорозмірним гнучким плитним фундаментом, який має різні прямокутні форми у плані. Аналіз результатів чисельних розрахунків показав, що при зменшенні співвідношення H_0/H_ϕ (розрахункової товщі шару моделі ґрунтової основи H_0 до фактичної стисливої товщі ґрунтової основи H_ϕ) зменшуються до 50% максимальні моментні зусилля уздовж ортогональних осей прямокутних фундаментів. Це відбувається за рахунок зменшення розподільчої здатності моделі ґрунтової основи та відповідно крайових реакцій R під плитою при рівних середніх осіданнях s_{cp} плити. Чисельні дослідження показали цікаві результати щодо розподілу моментних зусиль в гнучких прямокутних плитах, де максимум знаходиться поза центром ваги рівномірно навантаженої плити, що підтверджує особливість взаємодії гнучких плит з відносно вузькими стисливими шарами під подошвою. При відповідному натурному експериментальному обґрунтуванні використання моделі ґрунтової основи у вигляді суцільного лінійно-



Олександр Самородов
професор кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва
д.т.н., проф.



Ольга Гаврилюк
ст. викладач та аспірантка кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва

деформованого шару скінченної розподільчої здатності з розрахунковими параметрами (H_0 та E_0) на відміну від фактичних параметрів (H_ϕ та E_ϕ) при розрахунках великорозмірних плитних фундаментів може мати принципове практичне значення при їх раціональному проектуванні, так як армування може бути знижено до 50%.

Ключові слова. плитний фундамент, ґрунтова основа, лінійно-деформована модель, товщина шару, модуль деформації, напружено-деформований стан.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Загальновідомо, що для отримання надійних та достовірних результатів розрахунку напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій фундаментів споруд у системі «основа – фундамент – споруда» («ОФС») необхідно обрати таку модель ґрунтової основи з відповідними параметрами, яка є близькою до поведінки реального ґрунтового середовища під навантаженнями від

конструкцій за двома критеріями: розподільчою здатністю та деформативністю фундаментів споруд.

Так як у дослідженнях розглядаються великорозмірні плитні фундаменти, тому, як правило, тиск по підшві фундаменту не перевищує розрахункового опору ґрунту основи, тому є правомірним застосування моделей лінійно-деформованого середовища, що було запропоновано та обґрунтовано ще Н. М. Герсевановим [1] та В. А. Флорінім [2] і допускається діючими нормами [3].

На практиці модель лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності є найбільше розповсюдженою, так як вимагає завдання лише деформаційних характеристик ґрунту (модуля деформації E та коефіцієнта Пуассона ν). Для плоских задач (плоска деформація) модель має відому назву як модель суцільного шару скінченної ширини [4]. Однак, значна розподільча здатність моделі викликає виникнення надмірних реакцій на краях конструкцій фундаментів та, відповідно, значних моментних зусиль від загального вигину плитних фундаментів, особливо великорозмірних.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ще з минулого сторіччя під час інженерних розрахунків основ та фундаментів широко застосовувалася модель ґрунтової основи у вигляді суцільного лінійно-деформованого шару, так як вона пропонувалася державними будівельними нормами [5] та вимагала завдання лише товщини шару H (стисливої товщі) та деформаційних характеристик ґрунту (модуля деформації E та коефіцієнта Пуассона ν). При цьому, ця аналітична модель не мала обмежень у плані [6]. Сьогодні, унаслідок розвитку інформаційних технологій, при моделюванні та чисельних розрахунках системи «ОФС» у потужних розрахункових комплексах SOFiSTiK, Plaxis, SCAD, Ліра тощо, як правило, у просторовій постановці задачі застосовується модель ґрунтової основи у вигляді суцільного шару скінченної розподільчої здатності (рис. 1), яка, крім обмеження вертикальних деформацій на деякій глибині H , також має

обмеження горизонтальних деформацій на деякій відстані від місця прикладення навантаження у плані ($L_x \times L_y$).

Такі граничні умови моделі ґрунтуються на тому, що при дії зовнішніх навантажень на ґрунтову основу утворюється просторова область деформування, за межами якої деформаціями ґрунту можна знехтувати, так як додаткове навантаження на межах ґрунтового масиву не перевищує структурної міцності ґрунту [4]. При цьому для самої моделі можуть задаватися будь-які закономірності деформування ґрунтів під навантаженнями, в тому числі й у часі.

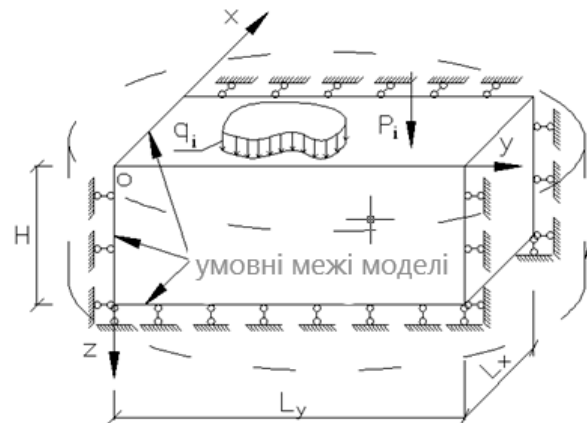


Рис.1. Модель ґрунтової основи у вигляді суцільного шару скінченної розподільчої здатності (для просторових задач)

Fig.1. Soil base model in the form of a continuous layer of finite distribution capability (for three-dimensional problems)

Аналізуючи деякі рекомендації по призначенню характеристик стисливого шару, слід зазначити, що вони виходять з умови близької відповідності фактичних осідань фундаментних плит розрахунковим. Це дозволяє призначити або умовну товщину шару H_0 , або умовний модуль деформації E_0 . Однак, використання лише цієї умови не дає можливості знизити реальну розподільчу здатності лінійно-деформованої моделі ґрунтової основи, що призводить до значної концентрації реактивних тисків на краях великорозмірних фундаментів.

Звичайно, що розподільча здатність ідеалізованого лінійно-деформованого шару вища, ніж у природних ґрунтових основах.

Тому, для забезпечення близької відповідності розрахункових осідань фактичним, розрахункова товщина шару H_0 повинна бути більшою за фактичну стисливу товщу H_ϕ (за умови однакового розрахункового модуля деформації E_0), а для забезпечення відповідності епюри контактних тисків – меншою за фактичну, що збігається з висновками вчених І.К. Самаріна і Г.В. Крашенинникової [7].

Отже, варіюючи лише одним параметром E_0 або H_0 моделі лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності, не можна вирішити два основні завдання розрахунку: домогтися відповідності розрахункових осідань і зусиль у великорозмірних плитних фундаментах фактичним. Використання нелінійних моделей саме для великорозмірних фундаментів більш ніж з двома параметрами тільки призводить до труднощів проведення спеціальних випробувань ґрунтів з інтерпретацією результатів та ще більшої невизначеності щодо моделювання.

У роботі професорів І.Я. Лучковського та О.В. Самородова [8] було запропоновано методику (див. рис. 2) визначення основних розрахункових параметрів (див. рис. 3) суцільного лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності (розрахункова товщина шару H_0 та розрахунковий модуль деформації E_0) для моделювання ґрунтових основ великорозмірних фундаментів, яка має наступний алгоритм:

- визначається фактична (реальна) глибина стисливої товщі H_ϕ при середньому тиску p по підшві фундаменту;
- обчислюється середнє осідання s_{cp} фундаментної плити з урахуванням визначеної фактичної глибини стисливої товщі H_ϕ ;
- визначається величина A за формулою:

$$A = \frac{pH_\phi(1-\nu^2)}{s_{cp}E_\phi} \quad (1)$$

- за знайденим значенням A і співвідношенням сторін фундаментної плити l/b за графіком на рис. 2 знаходиться співвідношення $2H_0/b$ і K_{cp} ;

- обчислюються значення основних параметрів моделі:

$$\left. \begin{aligned} H_0 &= \left(\frac{2H_0}{b} \right) \frac{b}{2}; \\ E_0 &= \frac{pb(1-\nu^2)}{s_{cp}} K_{cp}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

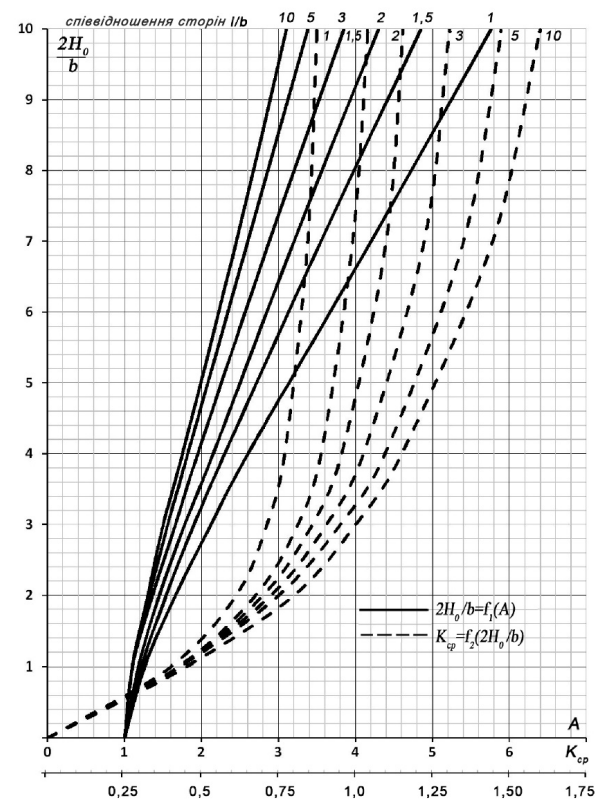


Рис.2. Графіки залежностей $2H_0/b$ від A та коефіцієнта K_{cp} для прямокутних плит

Fig.2. Graphs of the dependence of $2H_0/b$ on A and the coefficient K_{cp} for rectangular plates

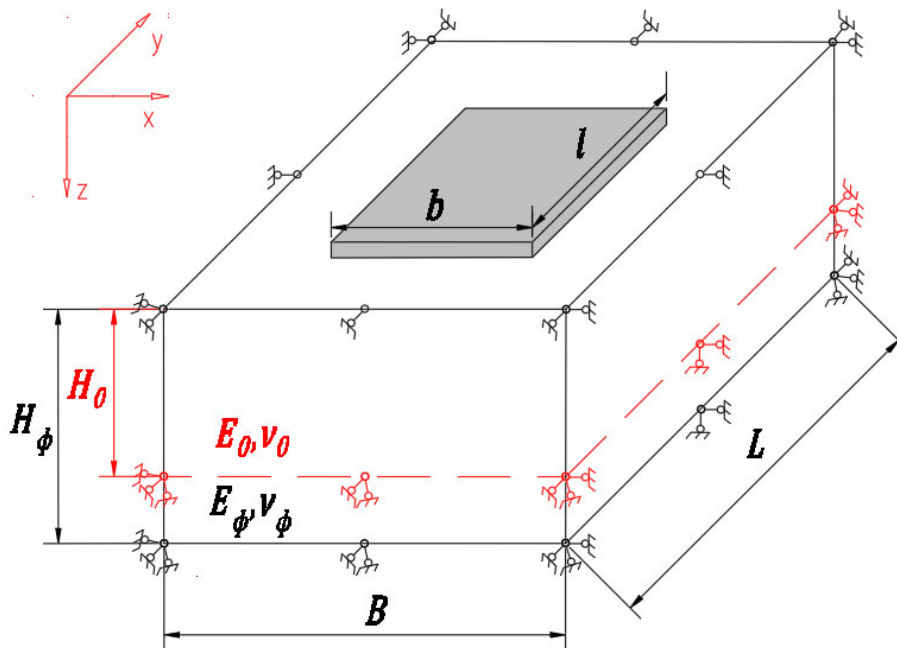


Рис.3. Загальний вигляд моделі ґрунтової основи з прямокутної плитою на поверхні
Fig.3. General view of the soil base model with a rectangular plate on the surface

На рис. 3 згідно з попередніми розрахунками [8] видно, що розрахункова товщина лінійно-деформованого шару H_0 менша за фактичну величину стисливої товщі H_ϕ та розрахунковий модуль деформації лінійно-деформованого шару E_0 також менший за фактичний (наведений) модуль деформації ґрунту E_ϕ . Тому модель ґрунтової основи з розрахунковими параметрами (H_0 та E_0) на відміну від фактичних параметрів (H_ϕ та E_ϕ) потребує додаткових досліджень впливу зменшення товщини шару на розподіл згинальних моментних зусиль у плиті при інших рівних умовах, що є актуальною задачею механіки ґрунтів та проектування великорозмірних плитних фундаментів.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є чисельні дослідження НДС рівномірно навантаженої гнучкої прямокутної фундаментної плити при зменшенні товщини шару моделі ґрунтової основи у вигляді суцільного лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для чисельних досліджень впливу товщини шару моделі суцільного лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності на розподіл моментних зусиль у рівномірно навантаженому гнучкому плитному фундаменті обрано просторову постановку задачі (рис. 3).

За допомогою комплексу SCAD Office 21.1 (ліц. №17280) створено скінчено-елементну модель взаємодії ґрунтової основи з плитним фундаментом. Гнучкий прямокутний плитний фундамент замодельований пластинчастими скінченими елементами (тип 21), який сприймає вертикальне рівномірно розподілене навантаження $p=300$ кПа. Фундамент має товщину $h=1,0$ м та механічні властивості, що відповідають бетону класу C20/25. Характеристики моделі «ґрунтова основа - фундамент» з фактичними параметрами представлено у табл. 1.

Табл. 1. Фактичні параметри моделі «грунтова основа - фундамент».
Table 1. Actual parameters of the «soil base – foundation» model.

Параметри фундаменту та основи	Дослідні форми фундаментів у плані		
	Квадратний	Прямокутний-2	Прямокутний-3
l	2	3	4
Ширина фундаменту, b , м	16	16	16
Довжина фундаменту, l , м	16	32	48
Співвідношення, l/b , од.	1	2	3
Фактична стислива товща ґрунтової основи, H_ϕ , м	16	16	16
Фактичний (наведений) модуль деформації ґрунту, E_ϕ , кН/м ²	25000	25000	25000
Коефіцієнт Пуассона ґрунту, $\nu = \nu_\phi$, од.	0,3	0,3	0,3

У плані розміри моделі ґрунтової основи (рис. 3) були прийняті більшими на 32 м за розміри фундаменту у плані відповідно: $B=b+32$ м та $L=l+32$ м, тобто з кожної сторони від краю фундаменту приймалася відстань, що дорівнює фактичній стисливій товщі $H_\phi=16$ м.

На рис. 4 показано загальний вигляд скінчено-елементної розрахункової моделі взаємодії ґрунтової основи з плитним фундаментом у програмі SCAD.

Ґрунтова основа змодельована об'ємними ізопараметричними скінченими елементами (тип 36) з відповідними деформаційними характеристиками (табл. 2).

У комплексі SCAD методом скінчених елементів проведено чисельні розрахунки НДС гнучких плитних фундаментів, що взаємодіють з моделлю ґрунтової основи у вигляді лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності. При цьому плита сприймає рівномірно розподілене вертикальне навантаження $p_{cp}=300$ кПа.

Параметри моделі та відповідні результати розрахунків у вигляді максимальних моментних зусиль представлені у табл. 2 та на рис. 5-7 (для квадратного фундаменту ($l/b=1$) при значенні середнього осідання

$s_{cp}\approx 9,34$ см; для прямокутного-2 фундаменту ($l/b=2$) при значенні середнього осідання $s_{cp}\approx 10,3$ см; для прямокутного-3 фундаменту ($l/b=3$) при значенні середнього осідання $s_{cp}\approx 10,5$ см.

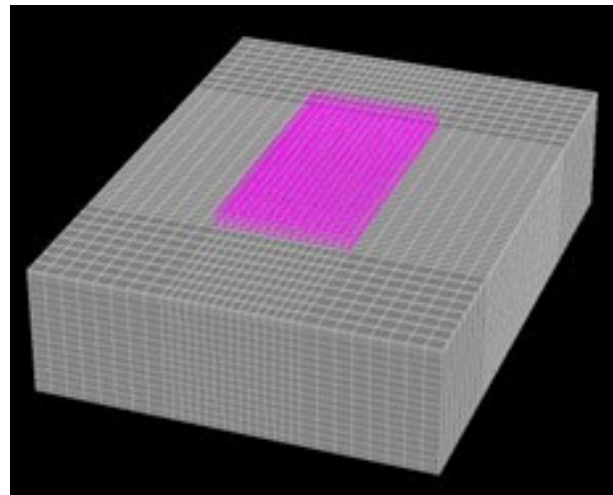


Рис. 4. Загальний вигляд скінчено-елементної моделі у програмі SCAD з рівномірно розподіленим навантаженням на плитний фундамент (прямокутний-2)

Fig. 4. General view of the finite-element model in the SCAD program with a uniformly distributed load on the plate foundation (rectangular-2)

Табл. 2. Параметри моделі ґрунтової основи та максимальні моментні зусилля у плиті.
Table 2. Soil base model parameters and maximum moment forces in the plate.

Фундамент	Параметри моделі ґрунтової основи				Максимальні моментні зусилля			
	Фактична величина стисливої товщі (або розрахункова товщина шару), H_f , м	Співвідношення, H_0 / H_f , од.	Фактичний (або розрахунковий) модуль деформації, E_i , кПа	Коефіцієнт Пуассона, ν_i , од.	$M_{max,x}$, кН·м	$M_{max,y}$, кН·м	Зниження $M_{max,x}$, %	Зниження $M_{max,y}$, %
1	2	3	4	5	6		8	9
Квадратний	$H_f=H_0=16$	1,00	$E_f=25000$	$\nu_f=0,3$	1707	1707	-	-
Квадратний	$H_0=12$	0,75	$E_0=21600$	$\nu_0=0,3$	1659	1659	3	3
Квадратний	$H_0=8$	0,50	$E_0=16500$	$\nu_0=0,3$	1494	1494	12	12
Квадратний	$H_0=4$	0,25	$E_0=9250$	$\nu_0=0,3$	1077	1077	37	37
Прямокутний-2	$H_f=H_0=16$	1,00	$E_f=25000$	$\nu_f=0,3$	1869	1340	-	-
Прямокутний-2	$H_0=12$	0,75	$E_0=20800$	$\nu_0=0,3$	1789	1285	4	4
Прямокутний-2	$H_0=8$	0,50	$E_0=15300$	$\nu_0=0,3$	1559	1143	17	15
Прямокутний-2	$H_0=4$	0,25	$E_0=8500$	$\nu_0=0,3$	1084	829	42	38
Прямокутний-3	$H_f=H_0=16$	1,00	$E_f=25000$	$\nu_f=0,3$	2556	3121	-	-
Прямокутний-3	$H_0=12$	0,75	$E_0=20600$	$\nu_0=0,3$	2350	2791	8	11
Прямокутний-3	$H_0=8$	0,50	$E_0=15200$	$\nu_0=0,3$	1956	2265	23	27
Прямокутний-3	$H_0=4$	0,25	$E_0=8400$	$\nu_0=0,3$	1300	1514	49	51

Аналіз результатів розрахунків (табл. 2 та рис. 5) показує, що при зменшенні співвідношення $H_0/H_f=0,25$ (розрахункової товщі шару моделі ґрунтової основи $H_0=4$ до фактичної (реальної) стисливої товщі ґрунтової основи фундаменту $H_f=16$) зменшуються максимальні моментні зусилля уздовж ортогональних осей прямокутних фундаментів за рахунок зменшення розподільчої здатності моделі ґрунтової основи та відповідно реакцій R під плитою при рівних середніх

осіданнях s_{cp} плити, що відображено на рис. 8-9. Це може мати принципове практичне значення при раціональному проектуванні великорозмірних плитних фундаментів, де армування може бути знижено до 50%, при відповідному натурному експериментальному обґрунтуванні.

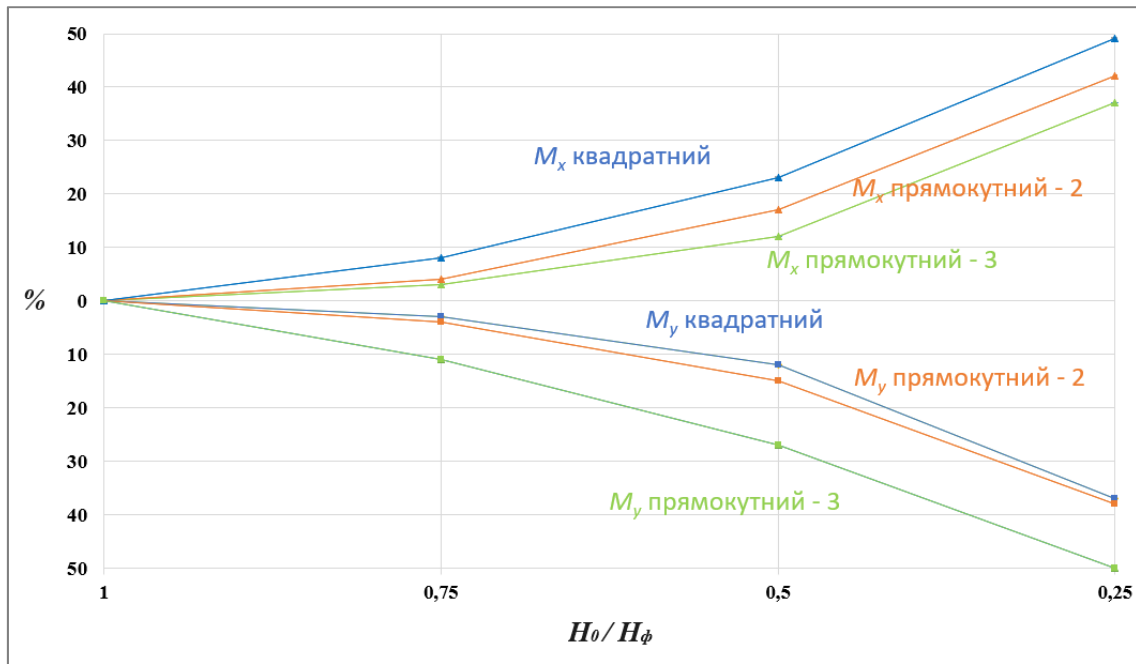


Рис. 5. Зменшення (%) максимальних моментних зусиль у гнучких прямокутних плитах в залежності від зменшення співвідношення H_0/H_ϕ
 Fig.5. Reduction (%) of the maximum moment forces in flexible rectangular plates depending on the decrease in the H_0/H_ϕ ratio

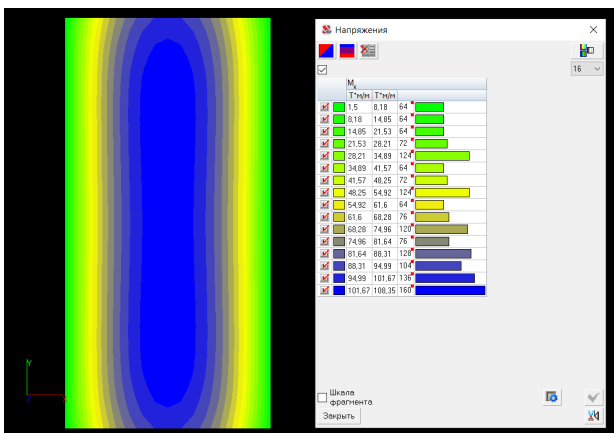


Рис.6 Розподіл моментних зусиль M_x уздовж осі x у гнучкій прямокутній плиті (прямокутник-2) при $H_0/H_\phi=0,25$
 Fig.6. Distribution of moment forces M_x along the x -axis in a flexible rectangular slab (rectangle-2) at $H_0/H_\phi=0,25$

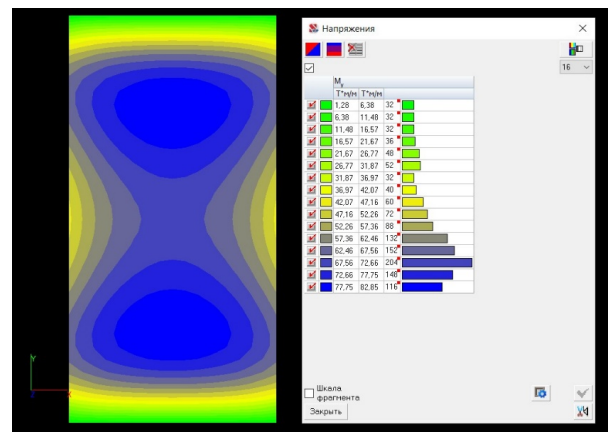


Рис. 7 Розподіл моментних зусиль M_y уздовж осі y у гнучкій прямокутній плиті (прямокутник-2) при $H_0/H_\phi=0,25$
 Fig.7. Distribution of moment forces M_y along the y -axis in a flexible rectangular slab (rectangle-2) at $H_0/H_\phi=0,25$

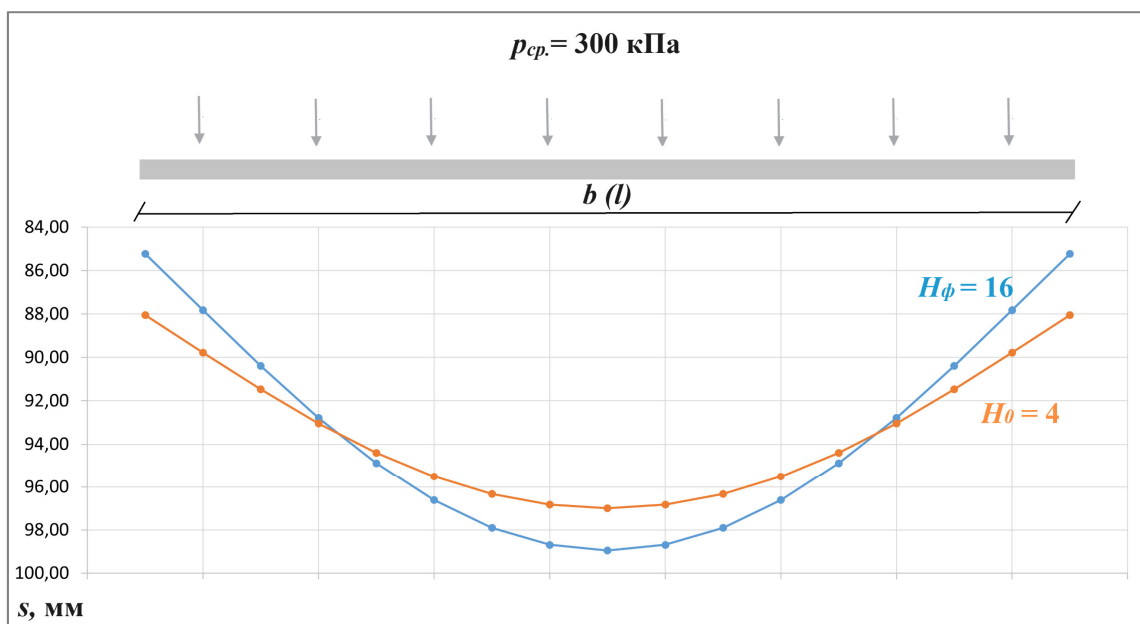


Рис. 8. Епюра осідань плити квадратного фундаменту уздовж ортогональних осей x або y
 Fig. 8. Diagram of settlement of a square foundation slab along orthogonal x or y axes

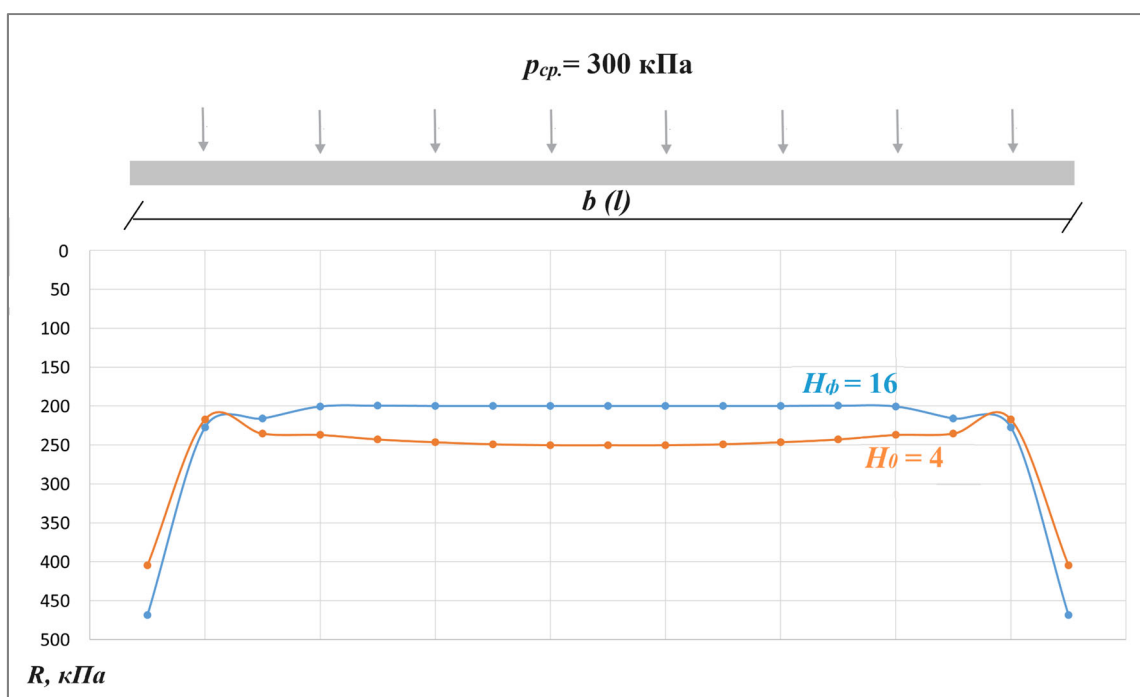


Рис. 9. Епюра реакцій під квадратною плитою уздовж ортогональних осей x або y
 Fig. 9. Diagram of reactions under a square slab along orthogonal x or y axes

Чисельні дослідження показали також цікаві результати щодо розподілу моментних зусиль у гнучких прямокутних плитах, де максимум знаходиться поза центром ваги рівномірно навантаженої плити (рис. 6-7). Це

ще раз підтверджує особливість взаємодії гнучких плит з відносно вузькими стисливими шарами під подошвою, що відмічалось раніше у нашій роботі [9] та інших вчених. Звертаємо увагу на те, що помилки у

моделюванні виключено: взаємодія вказаних скінченних елементів плити та ґрунтової основи виключала можливість виникнення кутів повороту у крайових зонах плити та розтягуючих зусиль між плитою та моделлю ґрунтової основи.

Однак, при реальних умовах взаємодії ґрунтової основи з плитними фундаментами багатопверхових будівель цей ефект зникає, так як фундамент у системі «ОФС» можна вважати абсолютно жорстким, і максимальні моменти зусиль виникають саме у центрі плити (див. рис. 10, де прийнято значну товщину плити $h=100,0$ м) зі значним підвищенням максимального значення згинального моменту (у даному випадку у 3-и рази) за рахунок значної концентрації реакцій по краях плити. При цьому відмічаємо ще більше зниження максимальних моментних зусиль у жорстких плитах, якщо приймати ті ж самі умови, що наведені у табл. 2, у порівнянні з гнучкими плитами.

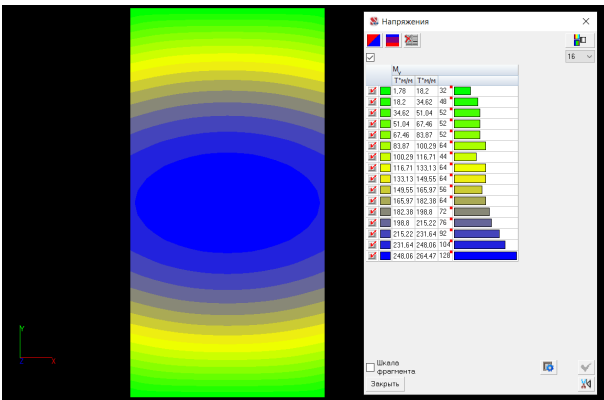


Рис. 10. Розподіл моментних зусиль M_y уздовж осі y в абсолютно жорсткій прямокутній плиті (прямокутник-2) при $H_0/H_\phi=0,25$

Fig. 10. Distribution of moment forces M_y along the y axis in an absolutely rigid rectangular slab (rectangle-2) at $H_0/H_\phi=0,25$

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведено чисельні дослідження впливу товщини шару моделі ґрунтової основи у вигляді суцільного лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності, що взаємодіє з великорозмірним гнучким плитним фундаментом за допомогою програми SCAD.

Аналіз результатів чисельних розрахунків показав, що при зменшенні співвідношення H_0/H_ϕ (розрахункової товщі шару моделі ґрунтової основи H_0 до фактичної (реальної) стисливої товщі ґрунтової основи фундаменту H_ϕ) зменшуються до 50% максимальні моментні зусилля уздовж ортогональних осей прямокутних фундаментів за рахунок зменшення розподільчої здатності моделі ґрунтової основи та відповідно крайових реакцій R під плитою при рівних середніх осіданнях s_{cp} плити.

Чисельні дослідження показали цікаві результати щодо розподілу моментних зусиль в гнучких прямокутних плитах, де максимум знаходиться поза центром ваги рівномірно навантаженої плити, що підтверджує особливість взаємодії гнучких плит з відносно вузькими стисливими шарами під підошвою.

При відповідному натурному експериментальному обґрунтуванні використання моделі ґрунтової основи у вигляді суцільного лінійно-деформованого шару скінченної розподільчої здатності з розрахунковими параметрами (H_0 та E_0) на відміну від фактичних параметрів (H_ϕ та E_ϕ) при розрахунках великорозмірних плитних фундаментів може мати принципове практичне значення при їх раціональному проектуванні, так як армування може бути знижено до 50%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герсеванов Н.М. Опыт применения теории упругости к определению допускаемых нагрузок на грунт на основе экспериментальных работ / Н. М. Герсеванов // *Труды МИИТ*. – 1930. – Вып. XV. – С. 4–11.
2. Флорин В.А. Основы механики грунтов / В.А. Флорин // – Ленинград, Москва: Госстройиздат, 1959. – Т. 1. – 357 с.
3. Основы і фундаменти будівель та споруд ДБНВ.2.1-10:2018 – [Чинний від 2019-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 36 с.
4. Лучковский И.Я. Взаимодействие конструкций с основанием / И.Я. Лучковский. – Харків: ХДАГХ (Бібліотека журналу ІТЕ), 2000. – Том 3. – 264 с.
5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-

- 83)/НИИОСП им. Герсееванова. — М.: Стройиздат, 1986. — 415 с.
6. Егоров К.Е. К вопросу деформации основания конечной толщины / К.Е. Егоров // *Механика грунтов: сб. тр. НИИОСП.* — 1958. — Вып. 34. — С. 5-33.
 7. Самарин И.К. Взаимодействие конструкций гидротехнических сооружений с основанием / И.К. Самарин // — М.: Стройиздат, 1978. — 136 с.
 8. Lutchkovsky I.J. Definition of the parameters of an elastic finite layer / I.J. Lutchkovsky, O.V. Samorodov // *Proceedings of the XVI European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development.* — Edinburgh, Scotland, 2015. — P. 3711-3715.
 9. Самородов А.В. Внецентренно нагруженные фундаменты с вырезами по подошве: *дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.02* / А.В. Самородов; ПГАСА. — Днепропетровск, 2005. — 203 с.
 10. Бойко І. П. Вплив послідовності зведення суміжних секцій висотного будинку на перерозподіл зусиль у пальових фундаментах / І.П. Бойко, В.С. Носенко // *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво.* — 2012. — Вип. 4(1). — С. 54–60.
 11. Носенко В.С. Вплив жорсткості несучих конструкцій будинку зі збірного залізобетону на напружено-деформований стан фундаментів із бурюін'єкційних паль / В.С. Носенко, О.А. Кривенко // *Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник.* — К.: КНУБА. — 2020. — Вип. 40. — С. 48-57.
- konstruktsiy s osnovaniyem [Interaction of structures with the base]. Kharkiv: KHDAKH (Library of the ITA journal), vol. 3, 264 p. (in Russian).
5. Posobiye po proyektirovaniyu osnovaniy zdaniy i sooruzheniy (k SNiP 2.02.01-83) (1986). [Guide for design of bases of buildings and structures (supplement to SNiP 2.02.01-83)]. NIIOSP named after N.M. Gersevanov. M.: Stroyizdat, 415 p.
 6. Egorov K.E. (1958). K voprosu deformatsii osnovaniya konechnoy tolshchiny [More on the deformation of the soil base of finite thickness]. *Soil Mechanics: Proceedings of the Scientific Research Institute for Foundations and Underground Structures*, vol. 34, 5-33.
 7. Samarin I.K. (1978). Vzaimodeistvie konstruktsii gidrotekhnicheskikh sooruzhenii s osnovaniem [Interaction of hydraulic structures with the foundation]. M.: Stroyizdat, 136 p. (in Russian).
 8. Lutchkovsky, I.J., Samorodov, O.V. (2015). Definition of the parameters of an elastic finite layer. *Proceedings of the XVI European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development.* Edinburgh, Scotland: 2015, pp. 3711-3715.
 9. Samorodov O.V. (2005). Vnetsentrenno nagruzhennye fundamenti s virezami po podoshve [Eccentrically loaded foundations with cutouts on the sole]. *Kandydats'ka dysertatsiia [Candidate's dissertation]*. Dnepropetrovsk, 203 p. (in Russian).
 10. Boyko, I.P., Nosenko, V.S. (2012). Vplyv poslidoynosti zvedennya sumizhnykh sektsiy vysotnoho budynku na pererozpodil zusyly u palovykh fundamentakh [The influence of the sequence of construction of adjacent sections of a high-rise building on the redistribution of forces in pile foundations]. *Zbirnyk naukovykh prats. Seriya: Haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo. Poltava: PoltNTU*, (1), 54-60. (in Ukrainian).
 11. Nosenko, V.S., Krivenko, O.A. (2020). Vplyv zhorstkosti nesuchykh konstruktsiy budynku zi zbirnoho zalizobetonu na napruzheno-deformovanyy stan fundamentiv iz buroynektsiynykh pal [The influence of the stiffness of the bearing structures of a precast concrete building on the stress-strain state of foundations made of augercast piles]. *Osnovu i fundamenty: Mizhvidomchyj naukovotekhnichnyj zbirnyk*, 40, 48-57 (in Ukrainian).

REFERENCES

1. Gersevanov N.M. (1930). Opit primeneniya teorii uprugosti k opredeleniyu dopuskaemikh nagruzok na grunt na osnove eksperimentalnikh rabot. [Experience in applying the theory of elasticity to determining permissible loads on soil based on experimental work]. *Proceedings of MIIT*, Vol. XV, pp. 4-11 (in Russian).
2. Florin V.A. (1959). *Osnovi mehaniki gruntov* [Fundamentals of soil mechanics]. L.-M.: Stroyizdat, 357 p. (in Russian).
3. *Osnovy i fundamenty budivel' ta sporud DBN V.2.1-10:2018.* (2018) — [Chynnyu vid 2019-01-01]. — Kyiv: Minrehionbud Ukrayiny, 36 (in Ukrainian).
4. Lutchkovsky I.Ya. (2000) *Vzaimodeystviye*

Numerical studies of the distribution capability of a continuous linear strain soil base model for large-sized raft foundations

*Oleksandr SAMORODOV,
Olha HAVRYLIUK*

Summary. The paper examines the existing methodology for determining the main design parameters of the model in the form of a continuous linearly strained layer of finite distribution capability (the design thickness of the layer H_0 and design stress-strain modulus E_0) to simulate the adequate interaction between soil bases and large-size slab foundations. The aim of this work is to numerically study the stress-strain state of a uniformly loaded flexible rectangular foundation slab when the thickness of the soil base model layer is reduced in the form of a continuous linearly deformed layer of finite distribution capacity. Numerical studies of the effect of the thickness of the layer of the specified soil base model that interacts with a large-size flexible slab foundation of various rectangular shapes in plan were conducted in the SCAD package using the finite element method. The numerical study results have shown that when the ratio H_0/H_a (the design thickness of the layer of the soil base model H_0 to the actual compressible thickness of the soil base H_a) decreases, the maximum moment forces along the orthogonal axes of rectangular foundations decrease to 50% because of the decrease in the distribution capability of the soil base model and, accordingly, in the edge reactions R under the slab at equal average settlements of the slab s_{aver} . Numerical studies have shown interesting results on the distribution of moment forces in flexible rectangular slabs, where the maximum is outside the center of gravity of a uniformly loaded raft, which confirms the peculiarity of the interaction of flexible slabs with relatively narrow compressible layers under the sole. With an appropriate in-situ experimental justification, the use of the soil base model in the form as a continuous linearly strained layer of finite distribution capability with the design parameters (H_0 and E_0) rather than with the actual parameters (H_a and E_a) in calculations of large-size slab foundations can be of fundamental practical importance in their rational design, as the reinforcement can be reduced to 50%.

Keywords: slab foundation, soil base, linear strain model, layer thickness, stress-strain modulus, stress-strain state.