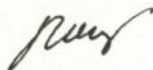


НАУКОВО - ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
(НДІБК)

На правах рукопису
УДК 624.131.54:624.131.23



РОМАНОВ Олег Михайлович

Взаємодія нелінійно - деформованої основи з фундаментами за умов складного навантаження

Спеціальність 05.23.02 - Основи та фундаменти

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ - 1997

Робота виконувалася у Науково - дослідному
інституті будівельних конструкцій

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор
Клепшків Сергій Миколайович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
старший науковий співробітник
Петраков Олександр Олександрович,
кандидат технічних наук,
доцент
Степаненко Галина Петрівна

Захист відбудеться 13 травня 1997 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради Д 01.14.01 Науково - дослідного інституту будівельних конструкцій за адресою: м. Київ - 37, вул. Івана Клименко, 5/2.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано "11" квітня 1997р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 01.14.01
кандидат технічних наук



М.Г.Мар'уков

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00753542 (Q)

Актуальність роботи. Одним з найважливіших напрямків вибіру оптимальних конструктивних рішень будівель та споруд, що проектуються у складних інженерно - геологічних умовах, є розроблення методів розрахунків, які дозволяють враховувати спільну роботу конструкцій з нелінійно - деформованою основою.

До складних інженерно - геологічних умов належать такі території, яким притаманна нерівномірна деформація ґрунтової основи, а також, де спостерігається її вимушене зміщення. До таких умов належать закарстовані, піддробловані і складені осідаючими ґрунтами території.

На сучасному етапі розвитку теорії розрахунку можна вважати вирішеною задачу взаємодії будівель та споруд з нерівномірно осідаючою основою у лінійній постановці. Але у розв'язанні цієї задачі напружено - деформований стан конструкцій і ґрунтової основи лише приблизно описує реальний стан системи "споруда - основа", завищуються значення розрахункових зусиль, що виникають у нерівномірно осідаючих конструкціях, а також спотворюється дійсний характер деформування ґрунтової основи.

Розрахунок системи "будівля - основа" у нелінійному стані більш складний порівняно із лінійним. Один з аспектів складності такого розрахунку полягає у тому, що у даний час існуючі апроксимуючі залежності, як правило, тільки якісно змальовують реальну діаграму деформованого ґрунту, а функції, що кількісно описують залежність "тиск - осадка", недостатньо точно відображують характер деформування ґрунту під тиском. Окрім усього, практично не розроблено апарат, який дозволяє визначати значення коефіцієнтів жорсткості основи за складного навантаження з урахуванням його історії.

Виконана робота присвячена виведенню апроксимуючих залежностей, що уможливають не тільки якісно, але й кількісно описувати реальні діаграми деформування ґрунту, а також розробці розрахункового апарату, що дозволяє визначати значення коефіцієнтів жорсткості основи при бага-

торазовій підробці чи зміні міцнісних та деформаційних характеристик просідаючого ґрунту при його зволоженні.

Метою роботи є розробка (на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень) методики рішення контактної задачі про взаємодію фундаментів з нелінійно - непружною основою при багаторазових деформаційних діях.

Наукова новачія роботи виявлена:

- розробкою апроксимуючих функцій, що дозволяють не тільки якісно, але і кількісно описувати реальне деформування ґрунту;
- виведенням формул для одержання значень коефіцієнтів жорсткості ґрунтової основи з урахуванням різних видів діаграм її навантаження залежно від умов контакту, історії навантаження та зміни міцнісних та деформаційних характеристик ґрунту;
- виведенням формул, що дозволяють прискорити ітераційний процес визначення числових значень коефіцієнтів жорсткості при навантаженні і розвантаженні основи;
- розробленням алгоритмів рішення контактної задачі щодо взаємодії фундаментів з нелінійно - непружною основою, яка зазнає багаторазових перемінних навантажень, а також, що враховує зміни міцнісних та деформаційних характеристик підстилаючих шарів ґрунту;
- розробленням програм, що дозволяють проводити розрахунок балок, що взаємодіють з нелінійно - непружною основою і зазнають багаторазові змінні навантаження, а також враховують зміни міцнісних і деформаційних характеристик підстилаючих шарів ґрунту.

Практичне значення роботи полягає у тому, що:

- дається пропозиція щодо розрахунку будівель та споруд, які проєктуються для складних інженерно - геологічних умов;
- врахування нелінійно - непружного деформування ґрунтової основи дозволяє зменшити витрати на засоби захисту будівель і споруд від нерівномірних осідань ґрунтів за умов забезпечення надійності їх роботи;

Апробація роботи. Основні положення дисертації повідомлено на республіканських науково - технічних конференціях: "Проблеми захисту, будівель та споруд на просідаючих ґрунтах" (м. Запоріжжя, 1987р.), "Шляхи підвищення ефективності капітального будівництва області за рахунок впровадження досягнень науки і техніки" (м. Рівне, 1987р.), "Прогресивні конструкції та будівництво фундаментів у складних геологічних умовах" (м. Рівне, 1988р.), і Всесоюзній - "Методи проектування ефективних конструкцій" (м. Уфа, 1987р.)

Публікації. Основні положення дисертації оприлюднені у 10 друкованих роботах.

Обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 144 назв та додатку. Викладена на 131 аркушах машинописного тексту, має 51 малюнок і 1 таблицю.

СУТНІСТЬ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність виконаної роботи, наводяться основні положення і результати досліджень, які виносяться на захист, а також відомості про її апробацію і публікації.

У першому розділі аналізується робота ґрунту при його навантаженні і розвантаженні. Цьому питанню присвячені роботи Баркана Д.Д., Біленя Є.І., Березанцева В.Г., В'ялова С.С., Гельфандбейна О.М., Горбунова - Посадова М.І., Клепікова Л.Е., Малишева М.В., Орнатського М.В., Скорміна Г.О., Соломіна В.І., Флоріна В.О., Цитовича М.А., Черемних В.О., Черкасова І.І., Шелеста Л.О., Широкова Л.О., Batterfield R., Georgiadis M. та інших. Висвітлено сучасний стан питань нелінійного та нелінійно - пружного деформування основи (Клепіков С.М., Гольдфельд І.З., Кагановська С.Є., Косіцин Б.О., Дьомкін В.М., Копейкін В.С., Клейн Г.К., Скуратов Л.Ф., Марченко М.В., Мурзенко Ю.М., Krieger H.J., Wiesner H.H. та інші), а також розглянуті особливості її взаємодії з будівлями і методи

визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи при її навантаженні і розвантаженні (Вронський О.В., Крутов В.І., Клепиков С.М., Косіцин Б.О., Обозов В.І., Афендульєв О.О., Скоробогатов Р.В., Бараускас Я.Д., Козлов В.П., Гусєв Ю.М., Снітко Н.К., Чернов В.К., та інші).

Поставлено цілі і визначені задачі досліджень взаємодії будівель з нелінійно - непружною основою, обґрунтовано необхідність виведення залежностей, що апроксимують реальні діаграми деформування ґрунту при його навантаженні і розробки методики розрахунку будівель, що взаємодіють з нерівномірно осідаючою основою.

Другий розділ присвячений виведенню апроксимуючих залежностей, що дозволяють не тільки якісно, але й кількісно описувати реальні діаграми деформування ґрунту; виведенню формул, що дають можливість визначити значення коефіцієнтів жорсткості ґрунтової основи при її навантаженні і розвантаженні за допомогою цих залежностей, з урахуванням історії навантаження; виведенню формул, що дозволяють прискорити ітераційний процес при вирішенні контактної задачі. В цьому розділі викладені алгоритми розв'язку контактної задачі взаємодії фундаментів з нелінійно - непружною основою при багаторазовій деформаційній дії, а також при зміні міцносних і деформаційних властивостей основи, що складена просідаючими ґрунтами I і II типу, при її зволоженні.

Враховуючи, що реальна діаграма деформування ґрунту при його навантаженнях, більших за розрахунковий опір основи, нелінійна і має асимптоту, яка чисельно дорівнює величині граничного опору основи, апроксимуюча залежність пропонується у вигляді:

- гіперболічної функції:

$$S = \frac{AP^L}{N_U^L - P^L} \quad (1)$$

- або логарифмічної функції:

$$S = A \ln \left(1 - \frac{N_U^L}{P^L} \right) \quad (2)$$

- де: S, P - відповідно осадка фундаменту і навантаження на нього;

N_U - значення вертикальної складової граничного опору основи;

A, L - корегуючі параметри.

Параметр A і величина N_U визначаються за допомогою метода найменших квадратів, виходячі з умов:

- для гіперболічної функції:

$$F(A, N_U) = \sum_{i=1}^n \left(S_i - \frac{AP_i^L}{N_U^L - P_i^L} \right)^2 \xrightarrow{A, N_U} \min \quad (3)$$

- для логарифмічної функції:

$$F(A, N_U) = \sum_{i=1}^n \left[S_i - A \ln \left(1 - \frac{N_U^L}{P_i^L} \right) \right]^2 \xrightarrow{A, N_U} \min \quad (4)$$

- де: S_i, P_i - відповідно осадка і тиск (координати точки і графіка реального деформування ґрунту);

n - кількість точок, по яких побудована реальна діаграма деформування ґрунту;

N_U, A, L - див. формули (1), (2).

Оскільки значення N_U, A, L у явном вигляді одержати неможливо, то задача вирішується методом послідовних наближень. На першому кроці задається початкове значення вертикальної складової граничного опору

основи і процес визначення параметрів функції продовжується до того часу, поки не досягається критерій сходження, що заданий як вихідна величина. Критерієм сбігу служить відносна погрішність між величинами N_U двох сусідніх наближень. Після виконання операцій диференцювання $\frac{\partial F}{\partial A}$ і

$\frac{\partial F}{\partial N_U}$ одержуємо формули для визначення величин A і N_U .

- для гіперболічної функції:

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{S_i P_i^L}{N_U^L - P_i^L} / \sum_{i=1}^n \frac{P_i^{2L}}{(N_U^L - P_i^L)^2} \quad (5)$$

$$N_U = A N_U^L \sum_{i=1}^n \frac{P_i^{2L}}{(N_U^L - P_i^L)^2} / \sum_{i=1}^n \frac{S_i P_i^L}{N_U^L - P_i^L} \quad (6)$$

- для логарифмічної функції:

$$A = \sum_{i=1}^n S_i \ln \left(1 - \frac{P_i^L}{N_U^L} \right) / \sum_{i=1}^n \ln^2 \left(1 - \frac{P_i^L}{N_U^L} \right) \quad (7)$$

$$N_U = A N_U^L \sum_{i=1}^n \frac{P_i^L \ln \left(1 - \frac{P_i^L}{N_U^L} \right)}{N_U^L - P_i^L} / \sum_{i=1}^n \frac{S_i P_i^L}{N_U^L - P_i^L} \quad (8)$$

- де: S, P, i, n, N_U, A, L - див. у попередніх формулах.

Параметр L при визначенні апроксимуючих функцій знаходиться таким чином, щоб дисперсія даної функції була мінімальною.

За графіком, прийнятим для розрахунку залежності, визначаються ве-

чини січних коефіцієнтів жорсткості основи, які використовуються для рішення контактної задачі. Величини коефіцієнтів жорсткості основи визначаються методом послідовних наближень.

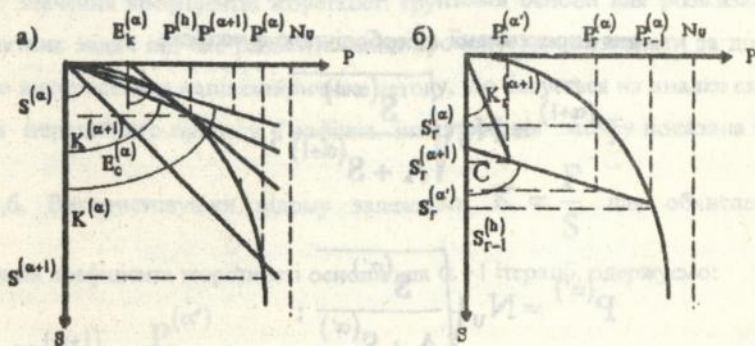
Важливе значення при розрахунку будівель на нерівномірні осадки, окрім правильно визначеної діаграми деформування, має також сходження ітераційного процесу при розв'язанні контактної задачі.

Прискорення сходження ітераційного процесу залежить від математичного підходу, що приймається автором для розв'язку конкретної задачі, якщо кінцевий результат задовольняє усім поставленим вимогам, які ставляться до розрахунку.

Обрана схема ітераційного процесу базується на методі Ньютона - Канторовича.

Нижче наводяться формули для обчислення значень січних коефіцієнтів жорсткості ґрунтової основи при навантаженні. Графічна інтерпретація засобу показана на мал.1,а. Значення коефіцієнтів жорсткості основи для наступних ітерацій визначаються у залежності від обраної апроксимуючої функції. Використовуючи відому залежність для визначення коефіцієнта

жорсткості основи $K = \frac{P}{S}$, одержуємо:



Мал. 1. Графіки визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи при навантаженні і розвантаженні

$$K^{(\alpha+1)} = \frac{P^{(\alpha+1)}(P^{(\alpha')})'}{S^{(\alpha+1)}(P^{(\alpha')})' + P^{(\alpha)} - P^{(\alpha')}} \quad (9)$$

$$\text{де: } S^{(\alpha+1)} = S^{(\alpha)} + \frac{P^{(\alpha)} - E_c^{(\alpha)} S^{(\alpha)}}{E_k^{(\alpha)}};$$

$$E_c^{(\alpha)} = \frac{P^{(\alpha)}}{S^{(\alpha)}};$$

$$E_k^{(\alpha)} = \frac{dP^{(\alpha')}}{dS^{(\alpha)}};$$

$$S^{(\alpha+1)} = \frac{S^{(\alpha)}(P^{(\alpha')})' + P^{(\alpha)} - P^{(\alpha')}}{(P^{(\alpha')})'}$$

- для апроксимації гіперболічною функцією:

$$P^{(\alpha+1)} = N_u \sqrt{\frac{S^{(\alpha+1)}}{A + S^{(\alpha+1)}}};$$

$$P^{(\alpha')} = N_u \sqrt{\frac{S^{(\alpha')}}{A + S^{(\alpha')}}};$$

$$(P^{(\alpha')})' = \frac{N_U}{L} \left[\frac{A}{S^{(\alpha)}(A + S^{(\alpha)})} \right] \sqrt{\frac{S^{(\alpha')}}{A + S^{(\alpha')}}}$$

- для апроксимації логарифмічною функцією:

$$P^{(\alpha+1)} = N_U \sqrt[L]{1 - e^{-\frac{S^{(\alpha+1)}}{A}}};$$

$$P^{(\alpha')} = N_U \sqrt[L]{1 - e^{-\frac{S^{(\alpha+1)}}{A}}};$$

$$(P^{(\alpha')})' = \frac{N_U}{LA} \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{S^{(\alpha)}}{A}}} \right) \sqrt[L]{1 - e^{-\frac{S^{(\alpha)}}{A}}}$$

α - номер ітерації.

Значення коефіцієнтів жорсткості ґрунтової основи для розв'язання контактних задач під час розвантаження пропонується визначати за допомогою використання напівемпіричного методу, що базується на аналізі сходження ітераційного процесу. Графічна інтерпретація засобу показана на мал.1,б.

Використовуючи відому залежність $K = \frac{P}{S}$ для обчислення

величина коефіцієнта жорсткості основи для $\alpha + 1$ ітерації, одержуємо:

$$K^{(\alpha+1)} = \frac{P_r^{(\alpha')}}{S_r^{(\alpha+1)}} \quad (10)$$

$$\text{де: } P_r^{(\alpha')} = P_{r-1}^{(h)} - \left(S_{r-1}^{(h)} - S_r^{(\alpha+1)} \right) C$$

$$S_r^{(\alpha+1)} = \frac{S_r^{(\alpha')} + S_r^{(\alpha)}}{2}$$

$$S_r^{(\alpha')} = S_{r-1}^{(h)} - \frac{P_{r-1}^{(h)} + P_r^{(\alpha)}}{C}$$

r - номер навантаження, з якого почалося розвантаження основи;

C - значення коефіцієнта жорсткості основи при розвантаженні.

Значення коефіцієнтів жорсткості в разі відсутності контакту фундаменту з основою приймаються у розрахунках рівними нулю.

Запропоновані формули для визначення жорсткісних характеристик основи можна застосовувати за умови, що ґрунтова основа у процесі її навантаження, розвантаження, а також при зміні вологісного режиму зберігає свої міцнісні та деформаційні властивості.

Часто основами об'єктів служать ґрунти, характер деформування яких при природній вологості суттєво відрізняється від характеру деформування їх при зволоженні. Прикладом такої поведінки є просідаючий ґрунт. Для визначення жорсткісних характеристик основи, складеної просідаючими ґрунтами, необхідно мати дві діаграми деформування. Перша - апроксимує графік штампових випробувань ґрунту при його природній вологості, друга - після його зволоження. Реальні діаграми двох станів ґрунту мають різну кривизну і можуть апроксимуватися різними функціями, а також однією і тією ж, але з різними параметрами. Під час розрахунку на друге навантаження необхідно використовувати формули переходу з однієї кривої на другу, що залежать від виду апроксимуючих функцій.

Якщо перша і друга діаграми апроксимувалася залежністю виду (1),

тоді:

$$P_2 = N_{U_2} L_2 \sqrt{\frac{A_1 P_1^{L_1}}{A_2 (N_{U_1}^{L_1} - P_1^{L_1}) + A_1 P_1^{L_1}}} \quad (11)$$

якщо перша діаграма апроксимувалася залежністю виду (1), а друга (2), тоді:

$$P_2 = N_{U_2} \sqrt{1 - e^{-\frac{A_1 P_1^{L_1}}{A_2 (N_{U_1}^{L_1} - P_1^{L_1})}}} \quad (12)$$

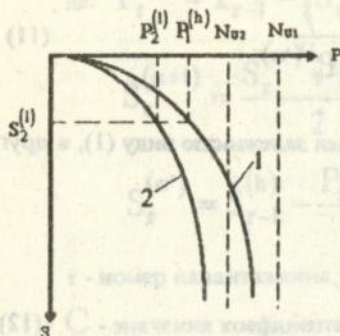
У випадку, коли перша діаграма апроксимувалася залежністю виду (2), а друга (1), тоді:

$$P_2 = N_{U_2} L_2 \sqrt{A_1 \ln \left(1 - \frac{P_1^{L_1}}{N_{U_1}^{L_1}} \right) / \left[A_2 + A_1 \ln \left(1 - \frac{P_1^{L_1}}{N_{U_1}^{L_1}} \right) \right]} \quad (13)$$

У випадку, коли перша і друга діаграми апроксимувалися залежністю виду (2), тоді:

$$P_2 = N_{U_2} \sqrt{1 - e^{-\frac{A_1 P_1^{L_1}}{A_2 (N_{U_1}^{L_1} - P_1^{L_1})}}} \quad (14)$$

Індекси при параметрах $A, N_{U, L}$, вказують на належність їх до відповідної апроксимуючої кривої (мал.2). Величини коефіцієнтів жорсткості основи, визначенні за допомогою діаграми - 1 (мал.2), використовуються для розрахунку на перше навантаження - власну вагу фундаментів і конструкцій споруди, а ґрунти, що складають основу, мають непорушену структуру. Друга діаграма використовується для визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи для розрахунку на друге навантаження - ті ж самі силові фактори плюс вплив деформацій. Ця діаграма описує залежність "осадка - тиск" при зміні міцносних і деформаційних властивостей основи.



Мал. 2. Діаграми деформування просідаючого ґрунту
1- природної вологості;
2 - у зволоженому стані.

Нижче викладені основні принципи побудови алгоритму для визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи для r - довільних навантажень.

Основа у контактній точці при попередньому навантаженні - $r-1$, знаходилася у стані навантаження:

- якщо на α - кроці ітерації відбулося навантаження основи (точка і знаходиться на кривій навантаження), мал.3,а:

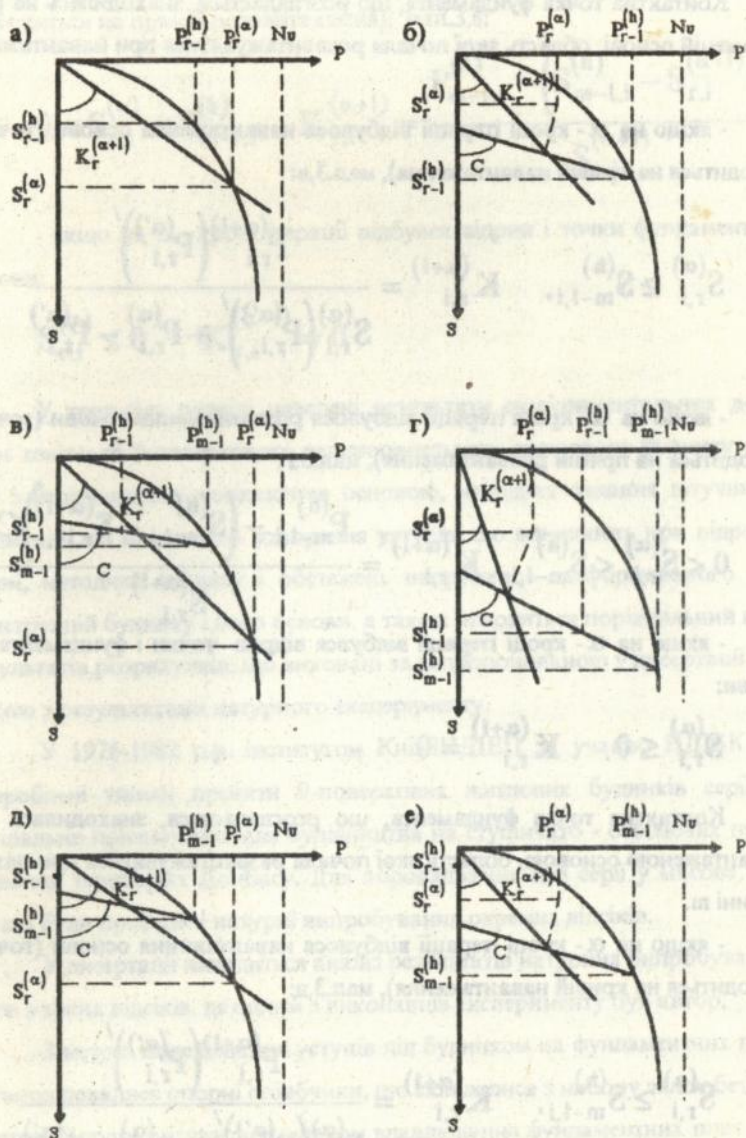
$$S_{r,i}^{(\alpha)} \geq S_{r-1,i}^{(h)}, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = \frac{P_{r,i}^{(\alpha+1)} (P_{r,i}^{(\alpha')})'}{S_{r,i}^{(\alpha)} (P_{r,i}^{(\alpha')})' + P_{r,i}^{(\alpha)} - P_{r,i}^{(\alpha')}}.$$

- якщо на α - кроці ітерації відбулося розвантаження основи (точка і знаходиться на прямій розвантаження), мал.3,б:

$$0 < S_{r,i}^{(\alpha)} < S_{r-1,i}^{(h)}, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = \frac{P_{r-1,i}^{(h)} - (S_{r-1,i}^{(h)} - S_{r,i}^{(\alpha+1)}) C_i}{S_{r,i}^{(\alpha+1)}}.$$

- якщо на α - кроці ітерації відбувся відрив точки і фундаменту від основи:

$$S_{r,i}^{(\alpha)} \leq 0, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = 0$$



Мал. 3. Діаграми для визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи

Контактна точка фундаменту, що розглядається, знаходилася на розвантаженій основі, область якої почала розвантажуватися при навантаженні m :

- якщо на α - кроці ітерації відбулося навантаження основи (точка і знаходиться на кривій навантаження), мал.3.в:

$$S_{r,i}^{(\alpha)} \geq S_{m-1,i}^{(h)}, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = \frac{P_{r,i}^{(\alpha+1)} \left(P_{r,i}^{(\alpha')} \right)'}{S_{r,i}^{(\alpha)} \left(P_{r,i}^{(\alpha')} \right)' + P_{r,i}^{(\alpha)} - P_{r,i}^{(\alpha')}} .$$

- якщо на α - кроці ітерації відбулося розвантаження основи (точка і знаходиться на прямій розвантаження), мал.3.г:

$$0 < S_{r,i}^{(\alpha)} < S_{m-1,i}^{(h)}, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = \frac{P_{m-1,i}^{(h)} - \left(S_{m-1,i}^{(h)} - S_{r,i}^{(\alpha+1)} \right) C_i}{S_{r,i}^{(\alpha+1)}}$$

- якщо на α - кроці ітерації відбувся відрив точки і фундаменту від основи:

$$S_{r,i}^{(\alpha)} \leq 0, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = 0$$

Контактна точка фундаменту, що розглядається, знаходилася над розвантаженою основою, область якої почала розвантажуватися при навантаженні m .

- якщо на α - кроці ітерації відбулося навантаження основи (точка і знаходиться на кривій навантаження), мал.3.д:

$$S_{r,i}^{(\alpha)} \geq S_{m-1,i}^{(h)}, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = \frac{P_{r,i}^{(\alpha+1)} \left(P_{r,i}^{(\alpha')} \right)'}{S_{r,i}^{(\alpha)} \left(P_{r,i}^{(\alpha')} \right)' + P_{r,i}^{(\alpha)} - P_{r,i}^{(\alpha')}} .$$

- якщо на α - кроці ітерації відбулося розвантаження основи (точка і знаходиться на прямій розвантаження), мал.3,е:

$$0 < S_{r,i}^{(\alpha)} < S_{m-1,i}^{(h)}, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = \frac{P_{m-1,i}^{(h)} - (S_{m-1,i}^{(h)} - S_{r,i}^{(\alpha+1)})C_i}{S_{r,i}^{(\alpha+1)}}$$

- якщо на α - кроці ітерації відбувся відрив і точки фундаменту від основи:

$$S_{r,i}^{(\alpha)} \leq 0, \quad K_{r,i}^{(\alpha+1)} = 0$$

У третьому розділі наведені результати експериментальних досліджень взаємодії 9-поверхового великопанельного житлового будинку серії - 179 з нерівномірно - осідаючою основою, методика задання штучних деформацій, які моделюють утворення уступів, що виникають при підроблюванні, методика нагляду і обстежень напружено - деформованого стану конструкцій будинку і його основи, а також наводиться порівняльний аналіз результатів розрахунків, що виконані за запропонованою у дисертації методикою з результатами натурального експерименту.

У 1976-1982 р.р. інститутом КиївЗНДІЕП за участю НДІБК були розроблені типові проекти 9-поверхових житлових будинків серії 179, спеціально призначених для будівництва на ступінчато - осідаючих підроблених територіях Донбасу. Для впровадження цієї серії у масове будівництво були проведені натурні випробування окремих відсіків.

У дисертації наводиться аналіз результатів натурних випробувань одного з таких відсіків, де одним з виконавців експерименту був автор.

З метою моделювання уступів під будинком на фундаментних плитах встановлювалися опорні стовбчики, що склалися з набору залізобетонних плиток. Уступи імітувалися шляхом вдавлювання фундаментних плит з наступним вилученням окремих елементів опорних стовбчиків. Для вдавлювання фундаментних плит застосовувалися серійні домкрати.

Таким засобом було утворено 10 поперечних уступів висотою 13,2см і 2 повздовжніх висотою 6,7см. Після утворення кожного уступу здійснювалася витримка впродовж 2 - 5 діб і вимірювалися зусилля та деформації в елементах конструкцій будинку, з визначенням переміщень фундаментних плит і фундаментного поясу.

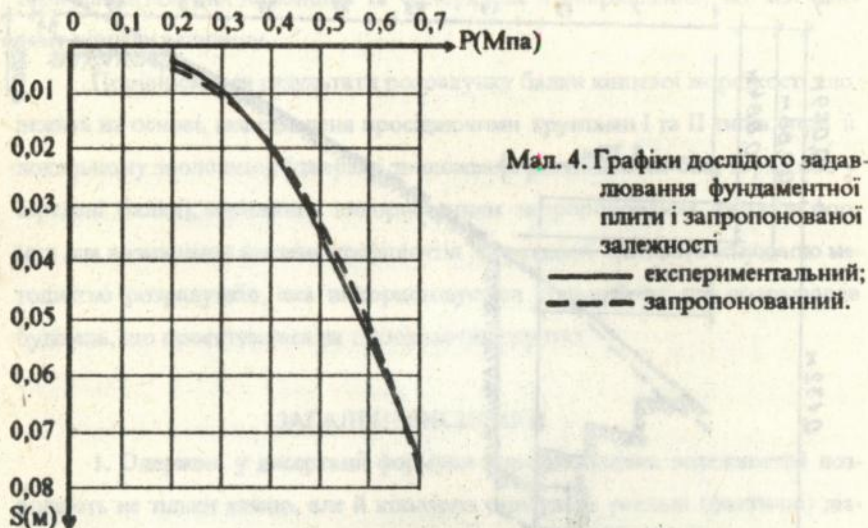
По осадках фундаментних плит і кривій "тиск - осадка", одержаної в результаті дослідного задавлювання фундаментних плит, що проводилося до початку експерименту, визначався реактивний тиск на основу.

При утворенні перших трьох уступів спостерігалася консолювання будинку. Найбільший вигин будинку був зафіксований після утворення четвертого уступу довжиною 8,5м. Найбільший прогин будинку спостерігався після утворення сьомого уступу довжиною 19,18м.

Експериментально було встановлено, що найбільші деформації у конструкціях будинку виникали під час торкання торцем будинку розвантаженої основи (вигин будинку - уступ 4) і під час найбільшого його провисання (прогин будинку - уступ 7).

Розрахунок був виконаний для усіх поперечних уступів, включно з вирівнюванням. У дисертації наводиться порівняльний аналіз результатів розрахунку з експериментальними даними для 7 найхарактерніших уступів. Значення коефіцієнтів жорсткості основи при її довантаженні визначалися по діаграмі, яка була одержана внаслідок апроксимації експериментальної кривої пробного вдавлювання однієї з фундаментних плит (мал.4). У розрахунку будівля моделювалася балкою з кінцевою вигинною і зсувною жорсткостями, що визначалися по методу Косіцина Б.О. Диференційне рівняння вигину осі балки було розв'язано по методу кінцевих різниць. Графіки розрахункових та експериментальних переміщень і епори реактивних відпорів ґрунтової основи для одного з уступів наведені на мал.5.

Четвертий розділ присвячено порівнянню результатів розрахунків, що були отримані за запропонованою методикою, з результатами розрахунків, одержаних за допомогою методів, які використовуються у даний

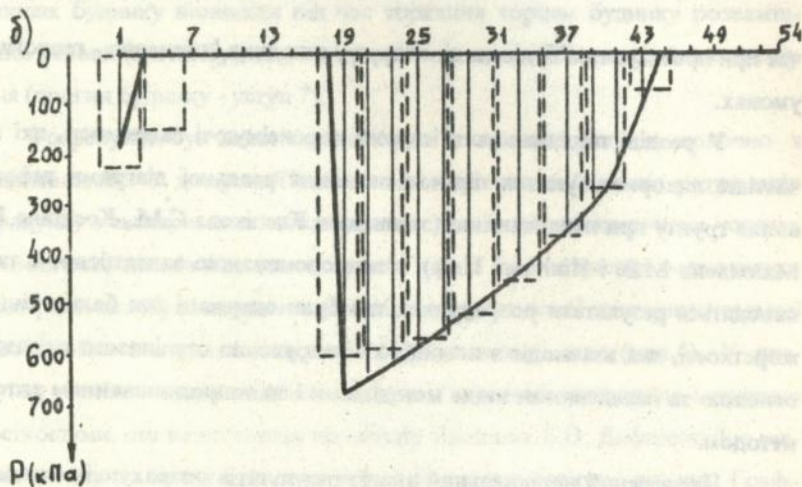
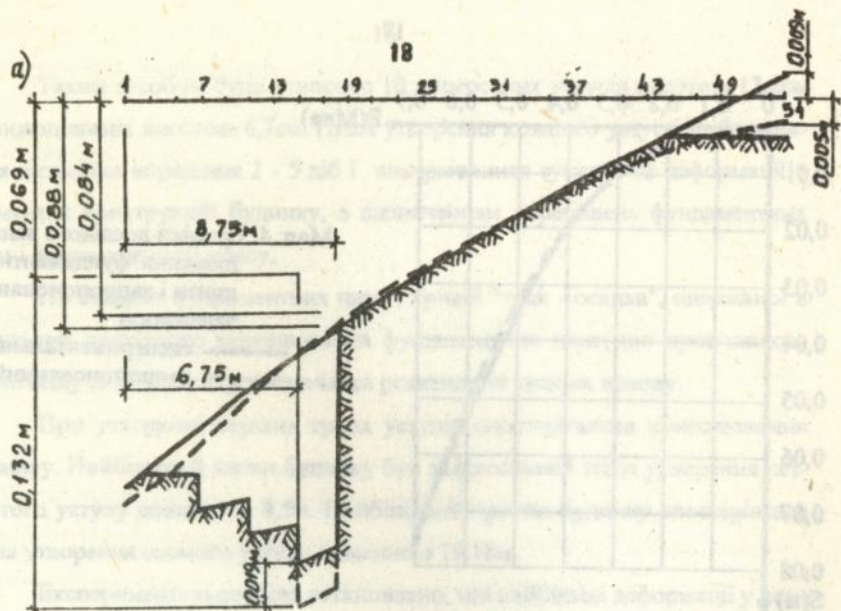


час при проектуванні будівель та споруд у складних інженерно - геологічних умовах.

У розділі порівнюються існуючі апроксимуючі залежності, які найчастіше використовуються під час описання реальної діаграми деформування ґрунту при навантаженні (залежності Клепікова С.М., Косіцина Б.О., Малишева М.В. і Нікітіної Н.С.), з запропонованою залежністю, а також наводяться результати розрахунків, що були одержані для балки кінцевої жорсткості, яка взаємодіє з нелінійно - непружною ступінчасто осідаючою основою за наведеними вище методиками і за запропонованим автором методом.

Проведений порівняльний аналіз результатів розрахунків балки, що знаходиться на нелінійно - непружній основі, при визначенні найбільш небезпечного розтошування уступу (щодо зусиль, що виникають у балці) за запропонованим методом розрахунку з лінійним розрахунком.

Аналізується поведінка балки кінцевої жорсткості при багаторазовому викривленні основи з урахуванням її нелінійного деформування та іс-



Мал. 5. Графіки осадок та епюри реактивних тисків

при довжині уступу $L_y = 8,5$ м

а) графіки осадок;

б) епюри реактивних тисків.

— розрахункова; ······ експериментальна.

торії навантаження на кінцеве та одноразове її викривлення, яке має таку саму кінцеву величину.

Порівнюються результати розрахунку балки кінцевої жорсткості, що лежить на основі, яка складена просідаючими ґрунтами I та II типів, при її локальному зволоженні (джерело зволоження розташоване біля торця або у середині балки), отримані з використанням запропонованих автором формул для визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи, з існуючою методикою розрахунків, яка використовується у даний час для розрахунків будівель, що проектуються на просідаючих ґрунтах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Одержані у дисертації формули апроксимуючих залежностей дозволяють не тільки якісно, але й кількісно описувати реальні (фактичні) діаграми деформування ґрунту при його навантаженні. Запропоновані залежності більш достовірно відтворюють характер деформування ґрунту при його навантаженні, ніж ті, що використовуються у даний час в інженерній практиці для визначення значень коефіцієнтів жорсткості ґрунтової основи при розрахунку будівель та споруд, що проектуються в складних інженерно-геологічних умовах.

2. Апроксимуючі залежності автора, наведені у дисертації, можуть використовуватися для визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи. Ці формули враховують історію навантаження і можуть бути використані при розрахунках будівель та споруд на багаторазовий вплив деформацій.

3. При розрахунках значень коефіцієнтів жорсткості основи, складеної просідаючими ґрунтами I та II типів, запропоновані апроксимуючі залежності дозволяють враховувати зміну міцнісних і деформаційних характеристик основи в процесі її зволоження і визначати її напружено-деформований стан.

4. Наведений у дисертації алгоритм рішення контактної задачі для

нерозривних та окремих фундаментів дає можливість виконувати розрахунки будівель на вплив карстових провалів і одноразову (багаторазову) підробку. При розрахунку на багатогоразову підробку враховується історія навантаження основи.

5. Алгоритм дозволяє виконувати розрахунок будівель, що проектуються на просідаючих ґрунтах і та II типу і враховувати зміну міцнісних і деформаційних характеристик ґрунтів, які складають основу у процесі його зволоження.

6. Формули для визначення значень коефіцієнтів жорсткості основи при її навантаженні і розвантаженні дають змогу прискорювати ітераційний процес при розрахунку будівель та споруд, що проектуються у складних інженерно - геологічних умовах.

7. У результаті натурального експерименту були визначені максимальний вигин та прогин будинку. Максимальний вигин спостерігався при довжині уступу - 8,5м (коли відбулося торкання торцем будівлі поверхні розвантаженої основи). Максимальний прогин мав місце при довжині уступу - 19,18м, коли середня частина будинку провисала над основою. Ці випадки потрібно вважати розрахунковими під час ступінчасто осідаючої основи для будинків даної та аналогічної конструктивних схем. При розрахунку за балочною схемою найбільші узагальнені зусилля були одержані при цих довжинах уступів.

8. Порівняння експериментальних даних, що отримані при натурних дослідженнях, з результатами розрахунку підтвердило їх задовільний збіг: на основних етапах експерименту розходження між експериментальними даними і результатами розрахунку не перевищували 15%. Це підтвержує можливість і практичну обґрунтованість використання балочної схеми для розрахунку будинків висотою до 9 поверхів, що проектуються у складних інженерно - геологічних умовах.

9. При ступінчастому осіданні ґрунтової основи відбувається перерозподіл напружень у стиснутій ґрунтовій товщі. В зонах тиску, де пере-

вищується розрахунковий опір основи, внаслідок розвитку пластичних деформацій спостерігається нелінійний зв'язок між тиском на ґрунт і осадкою, а також виникають зони розвантаження і втрати контакту фундаментів з основою.

Експериментально була підтверджена наявність трьох зон контакту фундаментів з основою і підтверджена її нелінійно - непружна робота.

10. При порівнянні результатів розрахунку, що одержані за запропонованою в дисертації методикою, з результатами розрахунку по існуючим методам, які застосовуються у даний час в практиці проектування будівель і споруд у складних інженерно - геологічних умовах (підроблювання, просідаючі ґрунти, т.і.), відзначається задовільний збіг.

Основні положення дисертації викладені у таких друкованих роботах:

1. Бородачева Ф.Н., Романов О.М. К расчету балочных систем на воздействие горизонтальных и вертикальных перемещений основания. // Конструкции зданий и сооружений, возводимых в сложных инженерно - геологических условиях.- М: ЦНИИСК, 1984.- С. 10-17.

2. Методические указания по учету нелинейных свойств основания при расчете конструкций по реальным диаграммам деформирования ґрунта.- Киев: НИИСК, 1985.- 60с.

3. Клепиков С.Н., Машкин А.В., Романов О.М. Определение экстремальных условий консолирования зданий при ступенчатых оседаниях оснований // Строительные конструкции.- Киев: Будівельник, 1987.вып.39.- С.70-73.

4. Клепиков С.Н., Матвеев И.В., Романов О.М. Определение контактной жесткости нелинейно - неупругих оснований, сложенных просадочными ґрунтами // Основания и фундаменты.- Киев:Будівельник, 1987.- Вып.20.- С.27-31.

5. Клепиков С.Н., Матвеев И.В., Романов О.М. Расчет оснований зданий, сложенных просадочными ґрунтами, при локальном замачивании //

Ускорение научно - технического прогресса в фундаментостроении. Том.2. Методы проектирования эффективных конструкций. 15-17 сентября.- Уфа, М.: Стройиздат, 1987.- С.151-153.

6. Методические указания по расчету и проектированию комплекса защитных мероприятий каркасных и бескаркасных зданий, строящихся на просадочных грунтах.- Киев: НИИСК, 1987.- 87с.

7. Романов О.М., Клепиков С.Н., Машкин А.В. Определение контактных давлений при ступенчатом оседании основания экспериментально - теоретическим путем // Пути повышения эффективности капитального строительства области за счет внедрения достижений науки и техники. Тезисы докл. конф.- Ровно 1987.- С.94-95.

8. Романов О.М. Использование реальных диаграмм деформирования просадочного грунта при определении контактной жесткости // Проблемы защиты, строительства зданий и сооружений на просадочных грунтах. Запорожье, 16-17 апреля 1987.- Киев: НИИСК, 1987.- С.181-184.

9. Романов О.М. Учет реальных диаграмм деформирования грунта при расчете на неоднакратные деформационные воздействия // Прогрессивные конструкции и возведение фундаментов в сложных геологических условиях. Неделя науки, техники и передового опыта.- Ровно, 1988.- С.55.

10. Указания по расчету и проектированию каркасных и бескаркасных зданий на просадочных грунтах.- Киев: НИИСК, 1990.- 283с.

АННОТАЦІЯ

Романов О.М. Взаимодействие нелинейно - деформированного основания с фундаментами при сложном нагружении. Рукопись. 05.23.02 - Основание и фундаменты. Научно - исследовательский институт строительных конструкций. Киев - 1997 г. Объектом исследований является нелинейно - неупругое основание, взаимодействующее с фундаментными конструкциями и подвергающееся многократному нагружению. Представлены алгоритм определения значений коэффициентов жесткости основания при догружении и разгрузке, а также методика расчета фундаментных конструкций на неоднократное деформационное воздействие, учитывающая изменение прочностных и деформационных характеристик грунтов, слагающих основание. Исследования внедрены в практику строительства.

ABSTRACT

Romanov O.M. Interaction of nonlinear and deformed base with foundations in the presents of complex loading. Manuscript. 05.23.02 - Bases and Foundation. The Scientific Reseach Institute for Building Constructions. Kiev - 1997. The object of the reseach is a nonlinear and nonalastic base interecting with foundation constraction that being multiple loaded. The algorithm of determination of base hardness coefficient meanings at the presence of additional loading and unloading and also the method of foundation constructions calculation including multiple deforming action that takes in consideration the change of firmness and deforming characteristics of the grounds that the base is made up of are represented. The investigation have bein inculcated in constraction practice.

КЛЮЧЕВІ СЛОВА: нелінійно - непружна основа, коефіцієнт жорсткості основи, апроксимуючі залежності, діаграма деформування ґрунту, складне навантаження, напружено - деформований стан.

Підп. до друку 20.09.97. Формат 60x89/16. Папір офс.
Умовн. друк. арк. 44. Обл.-вид. арк. 1. Тир. 100. Зам. № 1209

ВАТ «Київська друкарня наукової книги»
252030, Київ-30, вул. Б. Хмельницького, 19.

435996

AB 37.664