

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАНЬ ФУНДАМЕНТІВ ВІД ДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ

Проведено дослідження осідання штампів від впливу динамічного навантаження за допомогою методики з використанням методу скінченних елементів.

Проведено исследование осадки штампа от воздействия динамической нагрузки с помощью методики с использованием метода конечных элементов.

In the article the research of sinking of stamp under the dynamic loading by procedure with the use of finite-element method is conducted.

У процесі експлуатації будівель і споруд у багатьох випадках відбуваються деформації несучих конструкцій, які викликані різними чинниками. Однією з найбільш розповсюджених причин деформацій є вібраційний вплив обладнання, розташованого поблизу несучих конструкцій. Осідання споруд від впливу динамічних навантажень можуть досягати значних розмірів. Про це свідчать спостереження за існуючими спорудами.

Савінов О. О. [5] запропонував визначати динамічне осідання в залежності від коефіцієнта пористості ґрунту, але його методика не має змоги врахувати вплив горизонтальних і обертальних коливань і не завжди може бути застосована із-за складності визначення коефіцієнту пористості у шарах ґрунту під подошвою споруди. Таким чином, аналітичний метод не завжди може описати реальний стан поведінки ґрунту під фундаментом. Вирішити таку проблему можливо при використанні методу скінченних елементів (МСЕ) для розрахунків осідання.

Метою статті є аналіз осідання дослідного штампів від динамічного впливу за допомогою методики, яка базується на використанні МСЕ.

Під час проектування фундаментів з динамічними навантаженнями необхідно створити такі умови роботи, якими забезпечується надійна експлуатація об'єктів. Виникнення надлишкових вібрацій може бути попереджене шляхом оцінювання динамічного стану об'єктів за допомогою комплексу практичних і теоретичних досліджень [4].

При виконанні прогнозування вібраційного впливу на фундаменти споруд важливим є визначення осідання. Осідання фундаменту від динамічного впливу пропонується визначати за

МСЕ, з використанням програмного комплексу «PLAXIS 7.2» за такою методикою [1]:

1. Визначення інженерно-геологічних умов майданчика.

2. Вибір розмірів розрахункової схеми. Необхідною процедурою при здійсненні динамічних розрахунків за МСЕ є складання розрахункової схеми. Це одна із трудомістких і важливих операцій, від якої залежить достовірність одержаного результату розрахунку.

Для об'єкта динамічного впливу необхідно задавати характеристики жорсткості. В розрахунках за допомогою чисельного методу матеріал фундаменту прийнято лінійно-деформованим, суцільним.

Розміри розрахункової схеми по вертикалі необхідно вибирати більшими за величину стисненої зони, визначеної за методом пошарового підсумовування за будівельними нормами, методом еквівалентного шару ґрунту, експресметодом тощо. Нижнім шаром розрахункової схеми може бути твердий, щільний або скельний ґрунт. Розмір розрахункової схеми по горизонталі необхідно вибирати згідно з конкретними завданнями визначення осідань основ і фундаментів формувальних машин.

3. Вибір моделі основи.

При динамічному розрахунку фундаментів за будівельними нормами основу розглядають як пружно-в'язке лінійно деформоване середовище.

Однак розвиток чисельних методів дає змогу, при розрахунку параметрів коливань, наблизити модель ґрунтового середовища до реального. Б. А. Шлефлером [7] досліджено поведінку піщаних зразків в умовах динамічного навантаження МСЕ. Поведінку скелету ґрунту прийнято такою, що задовольняла граничну умову Мора-Кулона. При проведенні розрахунку

ку застосовано ідеально пружно-пластичну модель для відображення нелінійної поведінки ґрунтів, яка заснована на виконанні умови Мора-Кулона. Така модель основи дає більш точні результати за рахунок чіткішої фіксації напруг і деформацій у той чи інший момент навантаження на ґрунт. Пружно-пластична модель, заснована на умові Мора-Кулона, базується на таких параметрах: модуль пружності та коефіцієнт Пуассона, кут внутрішнього тертя і питома зчеплення.

Загальні деформації включають лінійну (пружну) і пластичну частини, причому пластична складова деформацій виникає після досягнення напруженим станом межі пропорційності (текучості, міцності).

Залежність між напругами і деформаціями білінійна. Дана модель деформування ґрунтів передбачає врахування фізичної та геометричної нелінійності, ущільнення в процесі деформування тощо. Сутність МСЕ полягає в тому, що конструкція, що розраховується, розглядається складеним із кінцевого числа окремих елементів простої геометричної форми, щільно прилеглих один до одного і шарнірно скріплених між собою в вершинах цих елементів. Форма і розміри конструкції залишаються незмінними. Для плоскої конструкції найбільш підходить трикутна форма елементів. Суцільне середовище конструкції, що розраховується, після розділення на елементи не втрачає своєї основної якості – воно залишається суцільним, що складається із окремих двовимірних елементів.

Кожен скінченний елемент характеризується матрицею жорсткості, яка встановлює зв'язок між вузловим зусиллям і вузловими переміщеннями елемента в залежності від координат його вузлів і пружних властивостей матеріалу. Також вся конструкція, що розраховується, характеризується узагальненою матрицею жорсткості системи, яка складається із матриць жорсткості всіх елементів, що входять до її складу. На цю матрицю накладаються граничні умови і вузлові зусилля. Після інтегрування матриці жорсткості одержуємо компоненти переміщень в усіх вузлах системи. Основне рівняння руху об'єму, що залежить від часу під впливом динамічного навантаження:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = F, \quad (1)$$

де M – матриця мас; u – вектор переміщення; C – матриця затухання; K – матриця жорсткості; F – вектор сили.

Переміщення u , швидкість \dot{u} , прискорення \ddot{u} можуть змінюватися з часом [6]. Величина

$K \cdot u = F$ переписана як і для статичного розрахунку деформації. Матриця K містить властивості жорсткості матеріалу і вектор F містить компоненти навантаження [2].

4. Поділ розрахункової схеми на елементи.

5. Встановлення часу дії динамічного навантаження.

6. Максимальне осідання основи необхідно визначати при досягненні амплітуди вібропереміщення фундаменту.

7. Динамічне осідання фундаменту машини за певний період експлуатації необхідно визначати як суму осідань від кожного з циклів роботи машини за цей період.

Методику визначення осідання, запропоновану автором, перевірено шляхом порівняння величини осідання з даними осідань одержаних експериментальним шляхом професором Д. Д. Барканом [3]. Він наводить результати експериментальних досліджень осідань дослідного металевих штампу. Досліджувались осідання, викликані ударами падаючого вантажу масою 0,882 кг з висоти близько 1 м. Основа являла собою пісок середньої крупності з наступними фізико-механічними характеристиками: питома вага $\gamma = 18,5 \text{ кН/м}^3$, кут внутрішнього тертя $\varphi = 30^\circ$, модуль деформації $E = 35 \text{ МПа}$, коефіцієнт водонасичення S_y близько 0,13. Створювалось імпульсне навантаження на заглиблений штамп.

Запропоновано проводити розрахунок осідання штампу з використанням МСЕ в плоскій постановці. По-перше, побудовано розрахункову схему, яка складається із досліджуваного фундаменту, основи. Розмір розрахункової схеми прийнято $1 \times 1 \text{ м}$. Для розрахунку прийнято сітку 15-ти вузлових трикутних скінченних елементів. Для розрахунків осідань використано пружно-пластичну модель основи з використанням умови Мора-Кулона. Процедура розрахунків осідання складалась з поділу розрахункової схеми на елементи з розмірами 0,1 % від її площі. Розрахункова схема складалась із 1006 елементів з середнім розміром сторони 0,05 м. Наступним етапом було встановлення величини динамічного навантаження і часу його дії.

Час дії динамічного навантаження було задано відповідно до кількості ударів, прийнятих під час проведення експериментальних досліджень [3]. Експериментальні дослідження були проведені при кількості ударів до 3000. Визначено величину максимального осідання з використанням чисельного методу від динамічного

впливу від кожних 500 ударів, як показано на рис. 1.

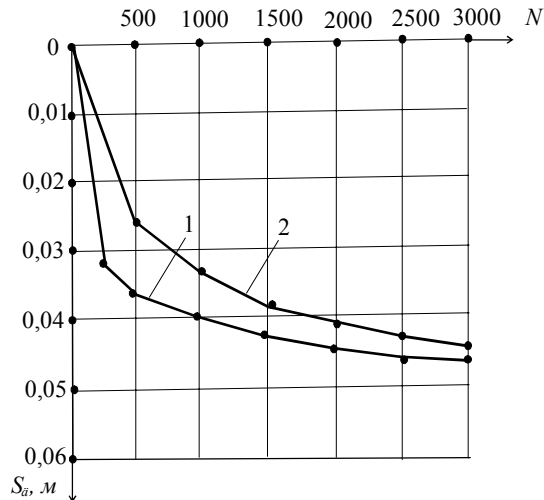


Рис. 1. Графік залежності динамічного осідання від кількості ударів:

- 1 – за запропонованою методикою;
2 – за даними експериментальних досліджень

За результатами досліджень виявлено збіжність запропонованої методики з результатами натурних досліджень, описаних проф. Д. Д. Барканом [3]. Тобто дані осідань штампа, одержані за допомогою методики, що пропонується, і експериментальні дані при кількості ударів від 1000 до 3000 відрізняються на величину до 20 %.

Безперечно, чисельні методи мають суттєві переваги при аналізі осідань фундаментів від

динамічних впливів коливань порівняно з аналітичними методами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бандуріна, О. В. Аналіз динамічного стану фундаменту формувальної машини [Текст] / О. В. Бандуріна // *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*. – Львів: Каменярь, 2007. – Вип. 7. – С. 388-395.
2. Бандуріна, О. В. Методологічні підходи до вирішення задач динаміки основ і фундаментів [Текст] / О. В. Бандуріна // *Галузеве машинобудування, будівництво (зб. наук. пр.)*. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 16. – С. 19-24.
3. Баркан, Д. Д. Динамика оснований и фундаментов [Текст] / Д. Д. Баркан. – М.: Стройвоенмориздат, 1948. – 412 с.
4. Вибрационная безопасность: ГОСТ 12.1.012–90 [Текст] – М.: Государственный стандарт Союза ССР, 1991. – 12 с.
5. Савинов, О. А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет [Текст] / О. А. Савинов – Л.: Стройиздат, 1979. – 200 с.
6. Brinkgreve, R. B. J. PLAXIS. Version 7 [Електрон. ресурс] / R. B. J. Brinkgreve, P. A. Vermeer. – Rotterdam: A. A. Balkema, 1998. – Режим доступу: <http://www.plaxis.nl>.
7. Strain localization modeling and pore pressure in saturated sand samples [Текст] / В. А. Schrefler *et al.* // *Comput. Mech.* – 1999. – 22, № 3. – P. 266-280.

Надійшла до редколегії 25.02.2010.

Прийнята до друку 01.03.2010.