УДК 624.04:624.15

Р.О. ТІМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д.А. КРІШКО, канд. техн. наук, доц.,
С.І. САХНО, канд. техн. наук, доцент, В.О. САВЕНКО, канд. техн. наук, докторант,
В.В. ГУТНИК, магістрант
Криворізький національний університет

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ НА ТОЧНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ПЛИТНО-ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ

Сучасні будівельні норми регулюють виконання розрахунків залізобетонних конструкцій з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності. Необхідність застосування нелінійного розрахунку пов'язана, насамперед, з тим, що лінійний розрахунок не задовольняє необхідної точності в описі поведінки матеріалу. Для реалізації нелінійних розрахунків сьогодні існує безліч різних програмних комплексів, що застосовують чисельні методи розрахунку, які здатні реалізовувати різні математичні моделі нелінійної поведінки матеріалу. Найбільш широко використовуваним чисельним методом є метод кінцевих елементів.

Відомо, що точність отриманого чисельного рішення залежить від ступеня дискретизації розрахункового масиву (розмірів і кількості кінцевих елементів у сітці). Проблема коректного визначення розмірів розрахункової області та її правильної дискретизації нерідко ігнорується під час виконання розрахунків, пов'язаних з проектуванням основ і фундаментів.

Отримання необхідного розміру кінцево-елементної моделі стосовно розрахунку плитно-пальових фундаментів впливає на точність отриманих чисельних рішень. Критерієм, на основі якого вирішується поставлена задача, є розрахунковий графік осідання одиночної палі. Розрахункові криві залежності осідання одиночної палі від навантаження будуються при різних розмірах і різному подрібненні розрахункової зони. Крива вважається «правильною», якщо подальше збільшення розмірів зони, а також її подрібнення не призводять до значної зміни графіка.

Для плитно-пальових фундаментів поставлене завдання вирішується наступним чином. Спочатку в габаритах розглянутого фундаменту розставляється система пробних паль, розташованих досить далеко одна від одної, щоб вони в розрахунках не впливали одна на одну. Параметри кінцево-елементної сітки далі варіюються таким чином, щоб для кожної з пробних паль отримати розрахункову криву, що збігається з отриманою на першому кроці «правильною» кривою для одиночної палі. Потім варіаційний принцип.

Програма PLAXIS 3D Foundation дозволяє створювати сітки кінцевих елементів п'яти рівнів деталізації (глобальне дрібнення): Very coarse – VC (дуже груба), Coarse – C (груба), Medium – M (середня), Fine – F (дрібна) та Very fine – VF (дуже дрібна). Програма дає можливість виконувати й локальне подрібнення (у площині) на ділянках, де можна очікувати високу концентрацію напружень або значні градієнти деформацій. Під локальним подрібненням розуміється розбиття на дрібнішу сітку певної ділянки масиву – кластера – Cl. Коефіцієнт локального змінення елемента змінюється від 0,5 до 0,05. По висоті виконати розбиття на дрібніші кінцеві елементи можна шляхом задавання шарів в інженерно-геологічній свердловині – H.

Розрахунковий масив представляє собою об'єм ґрунту у вигляді паралелепіпеда з основами у вигляді квадрата, глибина (висота) розрахункового масиву. Розрахунки виконуються за такими принципами: для кожного обраного параметра масиву (розмір у плані, розмір кінцевих елементів) розрахунок (при варіюванні цими параметрами) виконується доти, доки наступний графік осідання палі (при обраних параметрах) не збігатиметься з попереднім або програма не зможе виконати розрахунок; розбиття сітки масиву починається з глобальної крупності (VC, C, M, F, VF). Далі, після визначення можливої глобальної крупності, виконуємо локальне подрібнення на ділянках з очікуваними концентраціями напруги або деформаціями, навколо палі додаємо Cl, по висоті використовуємо H, зменшуючи розміри кінцевих елементів на обраних ділянках; при неможливості розрахунку сітки з максимальною глобальною крупністю (наприклад: F + Cl), виконуємо розрахунок з попередньою глобальною крупністю (M + Cl).

Розрахунки дозволяють зробити висновок про те, що при використанні нелінійних моделей у розрахункових програмних комплексах необхідно виконувати тестові завдання (з варіюванням параметрів сітки та розмірів розрахункового масиву) для кожного поставленого завдання.

Доповідь присвячено впливу параметрів кінцево-елементної моделі програмних комплексів на точність розрахунку плитно-пальових фундаментів.