

УДК 624.044:624.012.45

Є.О. Гоцуляк, д-р техн. наук
П.В. Войтенко

РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТНОЇ ПЛИТИ НА ОСНОВІ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ

Розрахована фундаментна плита в тривимірній постановці з врахуванням зміни характеристик бетону та дискретно розміщених арматурних стержнів. На основі просторової розрахункової схеми отримані дані напружено-деформованого стану, які значно відрізняються від результатів розрахунку плити по теорії Кіргофа-Ляфа. Просторова модель, крім уточнення результатів розрахунку в цілому, дозволяє отримати збурення напружено-деформованого стану біля колон та зусилля в арматурних стержнях.

З розвитком висотного будівництва збільшуються навантаження на фундаментні плити, що призводить до збільшення їх товщин. В більшості будівель несучими елементами є колони або пілони, які передають на плиту зосереджені сили. Для спрощення розрахунку використовують гіпотези Кіргофа та більш точні теорії: Тимошенка, який отримав диференційне рівняння гіперболічного типу, що описує НДС плити з врахуванням впливу поперечних деформацій зсуву [1,3]; Рейснера-Нагди, які запропонували теорію, що враховує поперечну деформацію зсуву і задовольняє трьома граничним умовам у вигляді системи рівнянь шостого порядку [3]; Амбарцумяна, який встановив, що гіпотеза недеформованих нормалей для анізотропних пластин вносить недопустимі похибки, які усуваються використанням уточнюючих теорій [2,3], та інші. Перераховані вище теорії дають похибку розрахунку для пластин значної товщини, особливо, при дії зосереджених навантажень. В таких випадках слід використовувати теорію товстих плит, в якій ця задача розглядається як просторова задача теорії пружності.

Розрахунок фундаментних плит багатьма дослідниками виконується за допомогою програмних комплексів «Мономах», «Лири» та «Scad office», з використанням теорії тонких плит, яка не враховує зсувні деформації та зминання в зонах концентрації вертикальних зусиль і потребує додаткового розрахунку на продавливання. Звісно, що такий розрахунок дає похибки. Задача по вирішенню напружено-деформованого стану товстої плити в просторовій постановці з врахуванням усіх умов роботи плити підвищує точність її розв'язання. У програмних комплексах можливість тривимірного моделювання не викликає великих труднощів, тому такий розрахунок є можливим і необхідним.

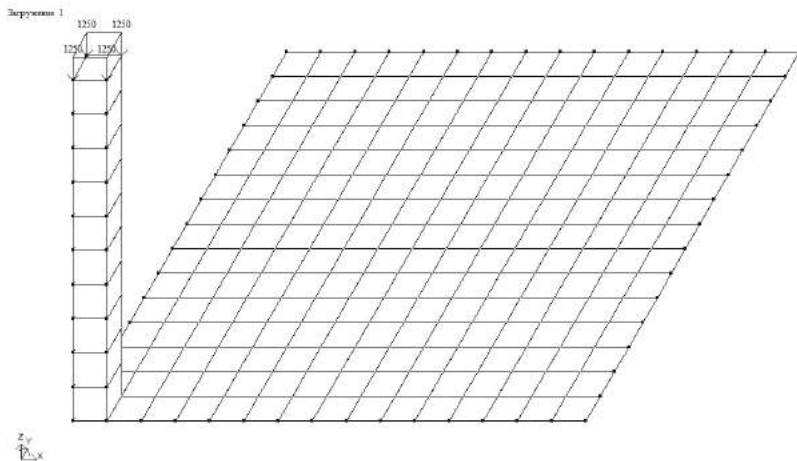


Рис. 1 Плоска скінченно-елементна схема фундаментної плити

Розв'язана нескінченна в плані фундаментна плита з сіткою скінчених елементів $0,2 \times 0,2$ м товщиною $0,6$ м, з кроком колон 6×6 м та їх перерізом $0,4 \times 0,4$ м. По граням плити та колони задані умови симетрії, що дозволяє врахувати нескінченний в плані масив плити, розглянувши фрагмент розміром 3×3 м. Перший варіант розрахункової схеми представлено у вигляді плити, що моделюється плоскими скінченими елементами (рис. 1). Пластини виконано з бетону класу В30 ($E=19,6$ ГПа, $R_0=25$ кН/м³, $h=0,6$ м).

Другий варіант розрахункової схеми створений на основі тривимірної моделі (рис. 2). Залізобетон моделюється у вигляді просторових скінчених елементів з урахуванням сітки арматурного каркасу.

Арматура задається окремо стержнями просторового каркасу, вузли якого співпадають з вузлами скінченно-елементної сітки просторового бетонного масиву, що дає можливість задовольнити сумісність деформацій бетону та арматури.

Бетон описується реальними фізичними характеристиками: в стиснутому напрямі – опором R_b та в розтягнутому – R_{bt} . Арматура описується нормативними опорами на розтяг R_s та стиск R_{sc} . Такий підхід дозволяє, крім побудови ізополів напружень в бетоні визначити зусилля в арматурних стержнях і більш точно підібрати потрібне армування. На колону прикладається розподілена сила 12260 кН/м², враховується також власна вага всієї конструкції. Грунтова основа задається у вигляді пружних елементів в вузли сітки опором $196,2$ кН/м. Розрахунок виконується для двох варіантів розрахункової схеми фундаментної плити

в нелінійній постановці, що дозволяє врахувати роботу арматурних стержнів у розтягнутій зоні і звести до мінімуму роботу бетону.

Завантаження 1

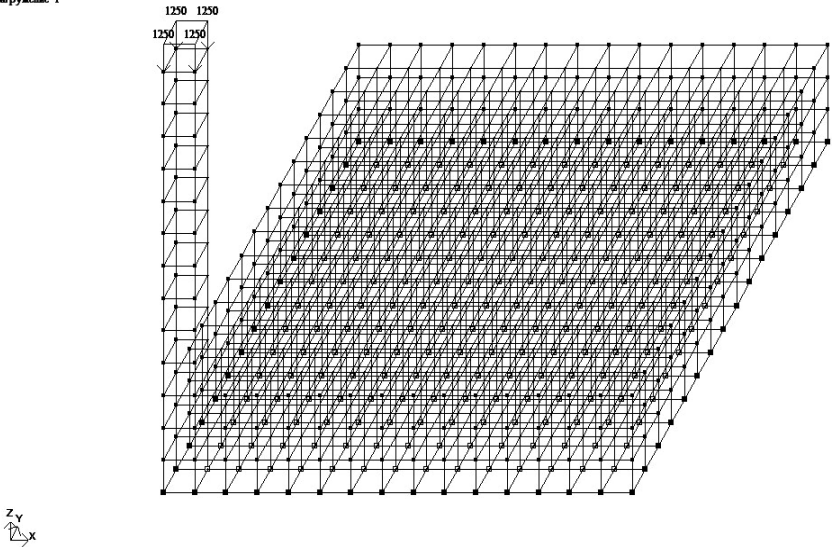


Рис. 2 Тривимірна скінченно-елементна схема фундаментної плити

На рис. 3 представлені ізополі розподілу напружень, які виникають в фундаментній плиті для двох варіантів розрахункових схем. Видно, що тривимірна модель дає більш детальну картину розподілу напружень в місцях концентрації вертикальних зусиль, тобто під колонами, ніж плоска модель.

У тривимірній моделі нормальні напруження стиску та розтягу складають $\sigma_x = \sigma_y = 3350 \text{ кН/м}^2$, $\sigma_x = \sigma_y = 25 \text{ кН/м}^2$ відповідно; дотичні напруження - $\tau_{xy} = \tau_{yx} = 580 \text{ кН/м}^2$. В плоскій плиті нормальні напруження стиску та розтягу складають $\sigma_x = \sigma_y = 6350 \text{ кН/м}^2$, $\sigma_x = \sigma_y = 1700 \text{ кН/м}^2$ відповідно, дотичні напруження - $\tau_{xy} = \tau_{yx} = 530 \text{ кН/м}^2$. Потрібно зазначити, що в тривимірній моделі напруження стискання розподіляються по товщині плити і складають $\sigma_z = 5400 \text{ кН/м}^2$. Тобто значна частина навантажень сприймається товщиною плити.

Дискретне розташування арматурних стержнів дає можливість побачити реальні напруження в арматурі, зрозуміти як вона включається в роботу та визначити в ній місця концентрації напружень. В свою чергу це дає змогу ефективно розмістити арматуру в масиві бетону. За результатами розрахунку плоскої плити проектне армування складає $\varnothing 2$

з кроком 200 мм. У тривимірній моделі розтягуюче зусилля в стержнях під колоною складає 2,11 т, що відповідно з врахуванням коефіцієнтів запасу відповідає арматурі $\varnothing 10$ з кроком 200 мм.

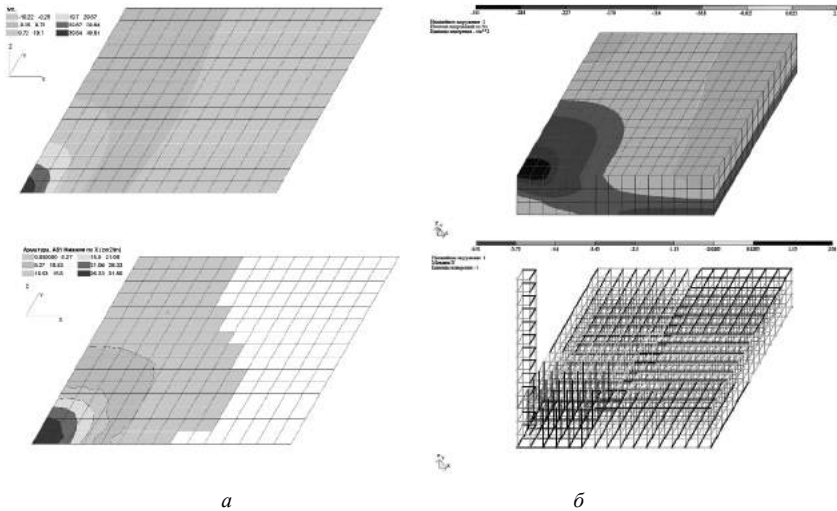


Рис. 3 Напруження та армування фундаментної плити:
а) плоска постановка; б) тривимірній постановка

Створення тривимірних нелінійних розрахункових моделей фундаментних плит дозволяє більш точно аналізувати їх напружено-деформований стан, досліджувати еволюцію напружень як в плані, так і по товщині плит; по ізопляям напружень з використанням стержневих елементів можна більш ефективно проектувати армування фундаментних плит.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. М., 1963. с.636
2. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных оболочек. М., 1961. с. 576
3. Галишын А.К. Расчет пластин и оболочек по уточненным теориям. Исследования по теории пластин и оболочек, 1967, Сб.V. с.27
4. С.В.Юсипенко, Л.Г.Батрак, Д.А.Городецкий, А.А.Лазарев, М.В.Лазнюк, А.А.Рассказов, МОНОМАХ 4.2 Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие, Киев: издательство "Факт", 2007. - 292 с.
5. Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П., ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. ОСНОВЫ. Учебное пособие. Киев: издательство «ФАКТ», 2008. – 164 с.

Стаття надійшла до редакції 17.10.2011 р.

Гоцуляк Е.О., П.В.Войтенко

РАССЧЕТ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ НА ОСНОВАНИИ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Расчитана фундаментная плита в трехмерной постановке с учетом изменения характеристик бетона и дискретно размещенных арматурных стержней. На основе пространственной расчетной схемы полученные данные напряженно-деформированного состояния, которые значительно отличаются от результатов расчета плиты по теории Киргофа-Ляфа. Пространственная модель, кроме уточненных результатов расчета в целом, позволяет получить концентрацию напряжонно деформированого состояния возле колонн и усилия в арматурных стержнях.

Gotsuliak E.O., Voitenko P.V.

CALCULATION THE BASE PLATE BASIS ON THE THREE-DIMENSIONAL MODEL

Calculated a base plate in three-dimensional statement taking into account change of characteristics of concrete and discretely placed reinforcing rods. Based on the spatial design scheme the obtained data of the intense-deformed states, which significantly differ from the results of calculation of a plate on the theory of Kirhof-Lyaf. The spatial model, except for refining the results of the calculation in general, gives the concentration of stress deformation at the column and efforts in reinforcing rods.