

УДК 624.048: 624.073

к.т.н., професор Банах В.А.,

Фостащенко О.М., Федченко О.І., Запорізька державна інженерна академія

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ ЗБІРНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТИПОВИХ СЕРІЙ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ

Вивчені та проаналізовані розрахункові моделі типових конструкцій. Обґрунтовано необхідність врахування у розрахункових моделях конструкцій деформованого стану будівель. Кількісно оцінена відповідність результатів розрахунків експериментальним даним. Підтверджена необхідність урахування в розрахункових моделях деформованого стану будівель, що експлуатуються в складних ґрунтових умовах, при їх розрахунках.

Ключові слова: збірні конструкції, будинки типових серій, деформований стан будівлі, розрахункові моделі, напружено-деформований стан конструкцій, складні інженерно-геологічні умови

Актуальність проблеми. Більшість будівель і споруд, які експлуатуються протягом тривалого часу в регіонах з складними інженерно-геологічними умовами, мають деформації, викликані осіданням ґрунтових основ. Це стосується і будівель, зведених за типовими серіями. При виконанні перевірочних розрахунків у разі їх обстеження завжди постає проблема вибору адекватної розрахункової моделі конкретної конструкції або будівлі в цілому. Друга проблема – врахування попередніх деформацій будівлі від примусових деформацій ґрунтових основ, які призводять до зміни висотного положення конкретних конструкцій, осідання їх опорних частин тощо.

Враховуючи велику кількість будівель типових серій, а також необхідність перевірочних розрахунків при їх обстеженні для визначення експлуатаційного ресурсу, особливої актуальності набувають рекомендації щодо формування розрахункових моделей окремих конструкцій та будівлі в цілому, а також методика врахування попередніх деформацій будівель, якщо це буде визнано доцільним.

Метою даного дослідження є кількісна оцінка розрахункових моделей збірних конструкцій для виявлення найбільш адекватної відносно даних експериментальних досліджень, а також перевірка необхідності врахування деформованої схеми конструкцій при їх розрахунках у разі нерівномірних осідань ґрунтових основ у регіонах з складними інженерно-геологічними умовами.

Матеріали дослідження. Дослідження виконані у вигляді чисельного

експерименту. За об'єкт досліджень прийняті розрахункові моделі збірної залізобетонної багатопустотної плити перекриття марки П 60-10а типової серії 1.141-1. Будівля в процесі експлуатації отримала нерівномірні осідання, викликані просіданням ґрунтів основи. Перерізи та найбільш розповсюджені розрахункові моделі плити перекриття наведені на рис. 1.

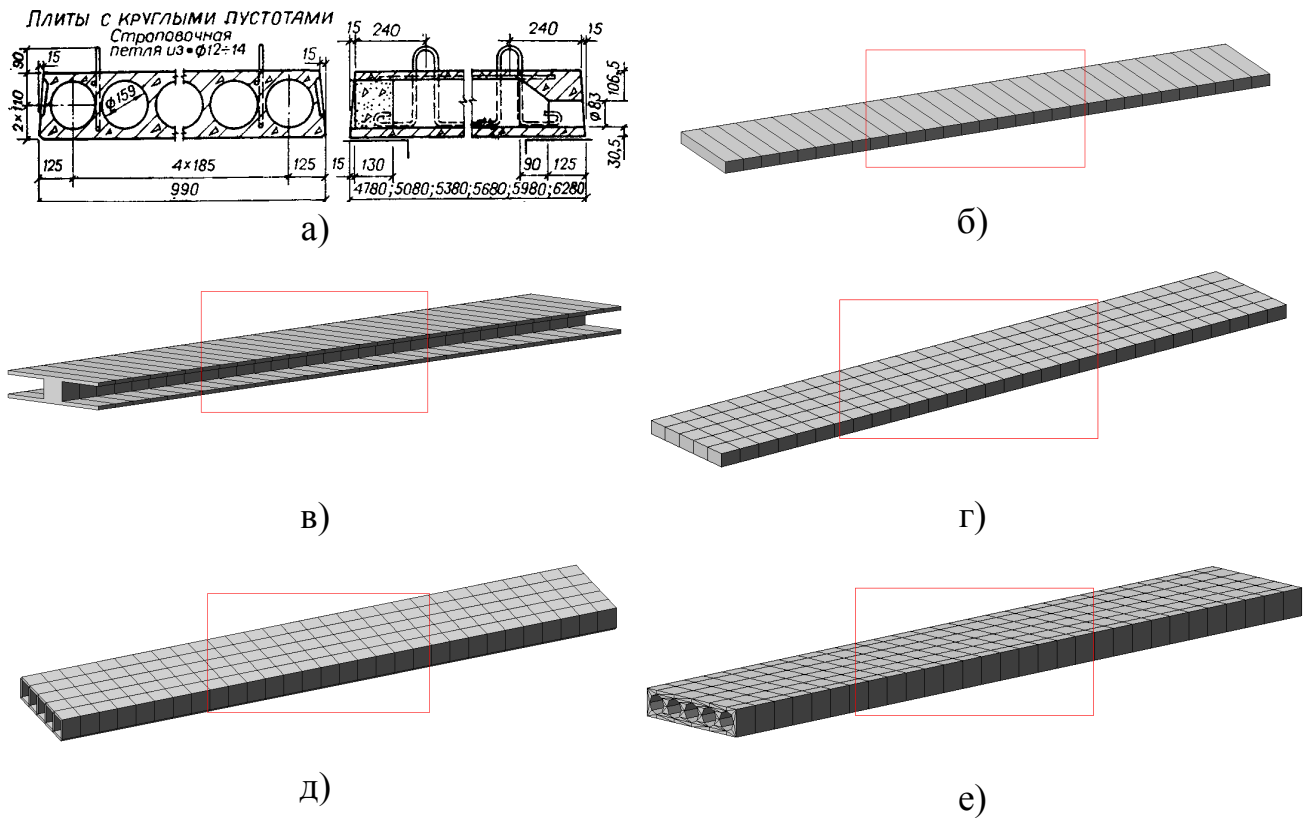


Рис. 1 – Варіанти розрахункових моделей збірної залізобетонної багатопустотної плити перекриття: а – перерізи плити; б – модель варіанту 1; в – модель варіанту 2; г – модель варіанту 3; д – модель варіанту 4; е – модель варіанту 5

Розглянуто п'ять варіантів розрахункових моделей: варіант 1 – спрощена балочна модель плити перекриття з приведеними характеристиками перерізу (див. рис 1, а), яка моделюється стержневим кінцевим елементом прямокутного перерізу (див. рис 1, б), що шарнірно спирається на зовнішні та внутрішні несучі стіни будівлі; варіант 2 – спрощена балочна модель (див. рис 1, в), яка моделюється стержневим кінцевим елементом двотаврового перерізу; варіант 3 – спрощена модель плити прямокутного перерізу з приведеними характеристиками (див. рис 1, г), яка моделюється прямокутними кінцевими елементами пластини, що працює на згин; варіант 4 – просторова модель плити коробчастого перерізу (див. рис 1, д), яка моделюється прямокутними

кінцевими елементами оболонки; варіант 5 – просторова модель плити фактичного перерізу (див. рис 1, е), яка моделюється тривимірними кінцевими елементами – призмами, з урахуванням розташування робочої арматури.

Плита шарнірно спирається на зовнішні та внутрішні несучі стіни. Закріплення – шарнірне, за лінійними ступенями свободи вузлів. Завантаження – постійним навантаженням (власна вага та вага конструкції підлоги) та тимчасовим корисним навантаженням на перекриття.

Розрахунки виконані за допомогою програмного комплексу «ЛІРА-Windows» версії 9.0 (ліцензія ДНДІАСБ для ЗДІА № 9с123324) [1, 2, 3]. В результаті серії розрахунків були отримані параметри напружено-деформованого стану плити перекриття для всіх варіантів. Оцінювався прогин плити (рис. 2). Для оцінки адекватності розрахункових моделей результати розрахунків порівнювалися з результатами випробувань аналогічної плити, які проводилися на випробувальному полігоні Запорізького відділення Державного НДІ будівельних конструкцій.

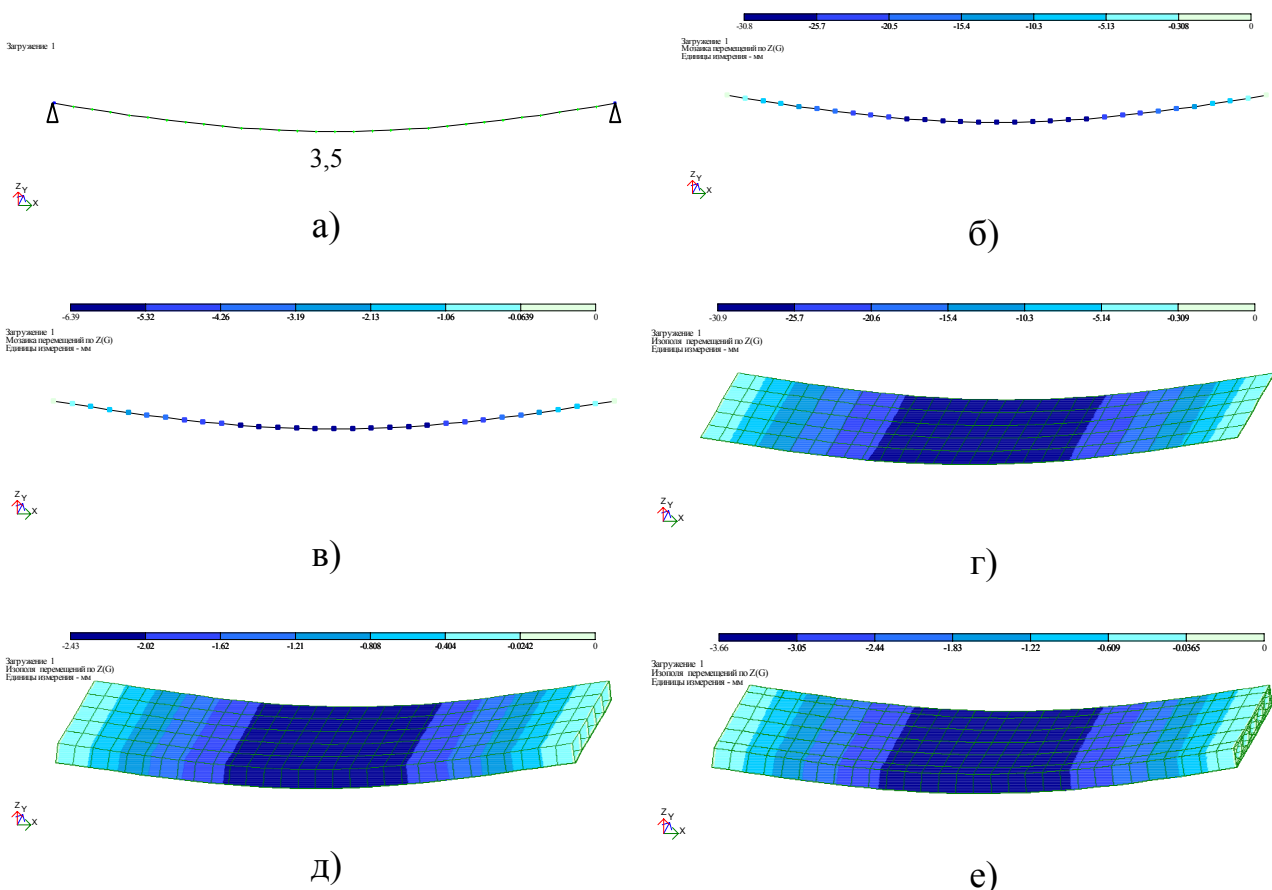


Рис. 2 – Прогин (мм) збірної залізобетонної багатопустотної плити перекриття та її розрахункових моделей: а – за результатами випробувань; б – модель варіанту 1; в – модель варіанту 2; г – модель варіанту 3; д – модель варіанту 4; е – модель варіанту 5

Результати порівняння, наведені на рис. 3, показують, що найбільше наближений до даних натурних випробувань результат розрахунку за варіантом 5, але така модель є найскладнішою з досліджених, і рекомендувати її для виконання перевірочних розрахунків немає сенсу. Крім цього, за результатами розрахунку такої моделі складно визначити розрахункові внутрішні зусилля в плиті (згинні моменти та перерізуючі сили).

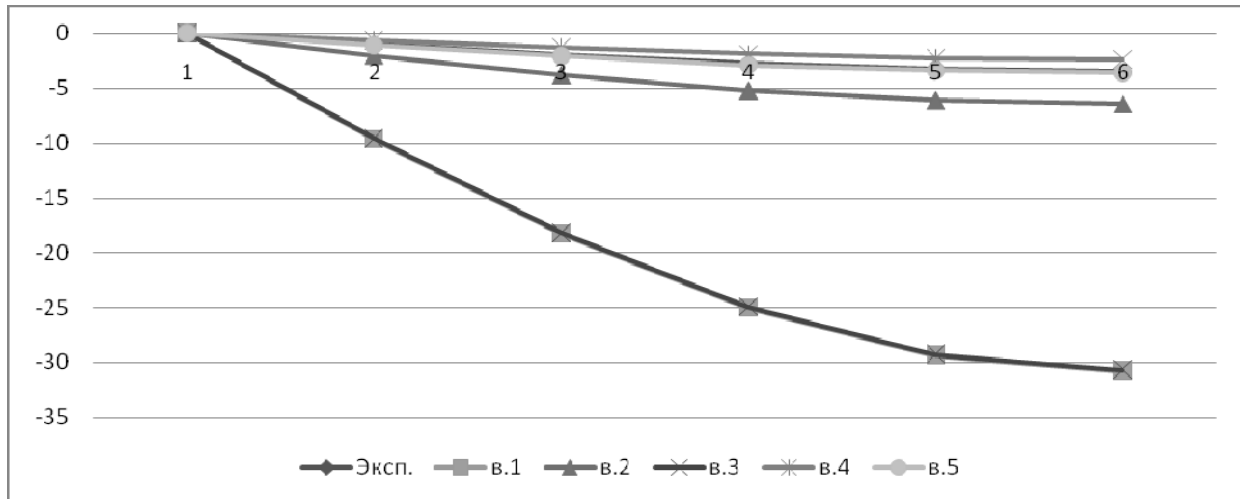


Рис. 3 – Графік прогинів (мм) збірної залізобетонної багатопустотної плити перекриття та її розрахункових моделей за варіантами

Спрощені моделі у вигляді балки прямокутного перерізу (варіант 1) та плити приведеної товщини (варіант 3) дали практично однаковий суттєво завищений результат по деформаціям, що вказує на неможливість їх застосування у разі визначення деформованого стану конструкції, а також коли метою розрахунків є визначення відповідності нормативним вимогам з прогинів та переміщень.

Розрахунок просторової моделі плити коробчастого перерізу (варіант 4) показав нижчі значення прогинів, що говорить про завищену жорсткість такої моделі і також вона не може бути рекомендована для виконання розрахунків.

Найоптимальнішим варіантом можна вважати спрощену модель варіанту 2 у вигляді балки двотаврового перерізу, яка хоча і дає завищені значення прогинів, але на відміну від інших – несуттєві, а також при аналізі інших параметрів напружено-деформованого стану (внутрішніх зусиль) показала найбільш наближені до розрахункових значення.

Урахування деформованої схеми будівлі при розрахунках конструкцій потрібно у разі, коли необхідно визначити резерв несучої здатності конструкції при реконструкції будівлі або її частини, а також при визначенні міцності конструкції, яка експлуатується впродовж тривалого часу або при наявності дефектів.

Урахування осідання опор можливе при використанні методу, розробленого Б.Е.Уліцьким на основі методу переміщень та балочної моделі. Згідно цьому методу в кожному ребрі ребристої системи вводяться чотири види безперервних по довжині додаткових зв'язків, що перешкоджають вертикальним, горизонтальним і поздовжнім переміщенням, а також закручуванню балки. Компоненти переміщень балок задаються у вигляді тригонометричних рядів. Крім того, якщо опорні перетини балки мають можливість переміщуватися, то до тригонометричних рядів додаються лінійні функції [4]. Можливість урахування осідання опор є перевагою цього методу. Недоліком же його є те, що, оскільки рівняння не є диференціальними, врахування зміни жорсткості по довжині та поздовжнього вигину дуже трудомісткі, що пов'язано з інтегруванням по ділянках, кількість яких повинна бути достатньо великою.

Методика має ще й таку перевагу, що дозволяє визначати зусилля при заданих переміщеннях, наприклад, при зміні висотного положення опор у разі нерівномірних деформацій ґрунтової основи або при неточному монтажі, коли торець одного або декількох ребер не спирається на опору. В цьому випадку граничні умови та функції переміщень заздалегідь відомі і зусилля визначаються за вищенаведеною методикою [4].

Моделювання деформованого стану конструкцій будівель, які отримали просторові переміщення внаслідок нерівномірних осідань ґрунтової основи, дозволяє дещо спростити вирішення цієї складної проблеми. При цьому можливий як аналіз окремого конструктивного елемента, так і врахування деформованого стану всієї конструктивної системи будівлі.

Аналіз результатів розрахунку моделей окремих збірних конструкцій типових серій на примусові деформації, що виникають у результаті зміщення їх опорних частин, показав, що при цьому змінюються не тільки значення переміщень і зусиль, а й сам характер роботи конструкції. Аналіз окремих конструкцій слід проводити у разі, коли зміни у режимі роботи будівлі або її деформації носять локальний характер, а також при наявності критичних дефектів конструкцій.

Врахування ж деформованої схеми всієї будівлі можливе коригуванням координат вузлів розрахункової моделі за результатами обстеження (вручну або за допомогою програмного модуля до програмного комплексу ЛІРА, розробленого Запорізьким відділенням Державного НДІ будівельних конструкцій разом з Запорізькою державною інженерною академією), або переведенням деформацій, отриманих розрахунком в одному із завантажень, в еквівалентні навантаження, передбаченим у програмному комплексі ЛІРА.

Висновки: Найбільш раціональною розрахунковою моделлю збірної

багатопустотної плити перекриття типової серії є спрощена балочна модель двотаврового перерізу. Врахування деформованого стану окремих конструкцій та будівель в цілому доцільне у разі, коли необхідно визначити резерв несучої здатності конструкції при реконструкції будівлі або її частини, а також при визначенні міцності конструкції, яка експлуатується впродовж тривалого часу або при наявності дефектів.

Література

1. ПК ЛИРА, версія 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. А.С.Городецкого. – К. - М., 2003. – 464 с.
2. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – К.: «ФАКТ», 2005. – 344 с.
3. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В.Перельмутер, В.И.Сливкер. – К.: ВПП «Компас», 2001. – 448 с.
4. Семченков А.С. Пространственно-деформирующиеся железобетонные диски перекрытий многоэтажных зданий. Экспериментальные исследования, практические методы расчета и проектирование: Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01. – М., 1991. – 703 с.

Аннотация

Изучены и проанализированы расчетные модели типовых конструкций. Обоснована необходимость учета в расчетных моделях конструкций деформированного состояния зданий. Количественно оценено соответствие результатов расчетов экспериментальным данным. Подтверждена необходимость учета в расчетных моделях деформированного состояния зданий, эксплуатируемых в сложных грунтовых условиях, при их расчетах.

Ключевые слова: сборные конструкции, здания типовых серий, деформированное состояние здания, расчетные модели, напряженно-деформированное состояние конструкций, сложные инженерно-геологические условия

Annotation

The calculation models of typical structures are studied and analyzed. Necessity of account of the deformed state of buildings, exploiting in the difficult geological conditions, in calculation models is substantiated. Is quantitatively evaluated the correspondence of the results of calculations by experimental data. The necessity of account of the deformed state of buildings, exploiting in the difficult geological conditions, in calculation models, is confirmed.

Keywords: precast structures, the building of typical series, deformed state of building, calculation models, stress-strain state of constructions, difficult geological conditions