

УДК 624.048: 624.073

Фостащенко О.М.,
Запорізька державна інженерна академія

УРАХУВАННЯ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЗУСИЛЬ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТА РОЗРАХУНКАХ ПЕРЕКРИТТІВ

Вивчені та проаналізовані розрахункові моделі конструкцій плит перекриттів. Обґрунтовано необхідність дослідження перерозподілу зусиль у розрахункових моделях конструкцій. Кількісно оцінена методика визначення зусиль між ригелем і збірним настилом. На основі розрахунків за цією методикою показано, що між збірним настилом і ригелем виникають не тільки дотичні, але і нормальні зусилля взаємодії. Підтверджено важливість урахування цього чинника в розрахункових моделях.

Ключові слова: збірні конструкції, дослідження перерозподілу зусиль, деформований стан будівлі, розрахункові моделі, напружено-деформований стан конструкцій, несуча здатність конструкцій

Актуальність проблеми. В даний час майже у всіх вказівках за розрахунком і проектуванням залізобетонних конструкцій більшою чи меншою мірою допускається враховувати явища перерозподілу зусиль. Розширенню застосування нових методів сприяє та обставина, що в існуючих міжнародних документах рекомендується брати до уваги зміну в розподілі зусиль, викликану виникненням тріщин і пластичними властивостями конструкцій.

Традиційний розрахунок зусиль в статично визначних конструкціях базується на тому, що конструктивні елементи ідеально пружні і їх жорсткості не залежать від величини і тривалості дії сили, а також на тому, що незначність деформацій дозволяє вважати за незмінні геометричні величини, які входять до умов рівноваги.

У залізобетонних конструкціях спостерігаються, окрім пружних деформацій, також деформації непружні: текучість, повзучість, усадка, температурні, зсуви опор та інші.

Через ці обставини напружено-деформований стан будівель, як в умовах експлуатації, так і на межі несучої можливості, істотно відрізняється від стану, визначеного з розрахунку цієї ж системи як пружної. При зростанні навантажень, пропорційних одному параметру, напружено-деформований стан системи зростає в більшості випадків непропорційно цьому параметру. Співвідношення між різними напруженнями і деформаціями змінюються в досить широких межах. Непружні деформації приводять до перерозподілу зусиль, який нерідко здійснює значний вплив на несучу здатність конструкцій, жорсткість і тріщиностійкість.

Перерозподіл зусиль призводить до підвищення несучої здатності системи, тому урахування цього перерозподілу може допомогти заощадити матеріали. З іншого боку, непружні деформації надземної і підземної частини будівель, утворення тріщин, ковзання частинок ґрунту, як правило, знижують жорсткість. Обумовлена цим явищем затримка зростання зусиль в одних елементах, за рахунок прискореного зростання зусиль в інших, може мати наслідки як утворення, так і запобігання утворенню тріщин або їх розкриття.

Метою дослідження є кількісна оцінка впливу піддатливості ригеля на спільну роботу збірних плит настилу один з одним, а також перевірка необхідності урахування перерозподілу зусиль при оцінці експлуатованих якостей системи, та доцільності заходів, які покращують властивості елементів системи для підвищення їх жорсткості та тріщиностійкості.

Матеріали дослідження. Дослідження виконані у вигляді чисельних експериментів. За об'єкт досліджень прийняті розрахункові моделі типових збірних залізобетонних багатопустотних плит перекриттів.

Урахування вертикальних зусиль взаємодії є важливим в практичних розрахунках. Так, при дії навантаження на нижній стрижень, що може бути, наприклад, навантаженням від ваги стіни, що лежить безпосередньо на ригелі, епюра зусиль $S(x)$ має вигляд, наведений на рис 1.

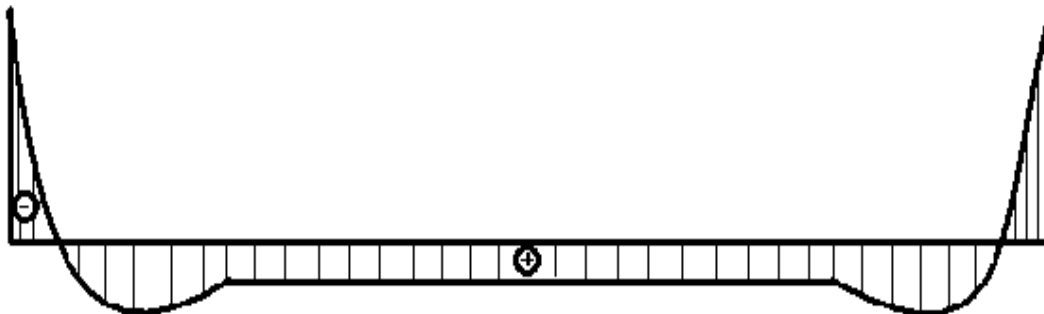


Рис. 1. Епюра вертикальних зусиль $S(x)$ у шві між верхнім і нижнім стрижнями, що складають систему

Тобто на опорі спостерігається концентрація стискуючих зусиль, а в прольоті – що розтягують.

Отже, в прольоті плити настилу прагнуть в цьому випадку відірватися від ригеля. При цьому форма епюри, величини стискуючих і розтягуючих зусиль істотно залежать від співвідношення жорсткостей верхнього і нижнього стрижнів, що складають систему. Якщо розтягуючі зусилля перевершать величину міцності зчеплення плит з ригелем (за рахунок бетонних шпонок), то відбудеться відрив плит від ригеля, що порушить їх спільну роботу. Останній чинник може мати велику небезпеку, якщо ригель був розрахований з урахуванням спільної роботи з настилом, тобто має менше армування в

порівнянні з проектуванням без урахування просторової роботи і може привести до втрати несучої здатності ригеля.

Для оцінки впливу податливості ригеля на спільну роботу збірних плит настилу один з одним були проведені чисельні дослідження з використанням за допомогою програмного комплексу «ЛІРА-Windows» версії 9.4 (ліцензія ДНДІАСБ № 1Д/549 для ЗДІА № 9У037014) [2...4].

Розрахунки свідчать про вельми малий вплив жорсткості ригеля на роботу плит між собою. Для аналізу приведемо дані за розрахунком ділянки збірного перекриття розмірами 6×6 м, що складається з п'яти суцільних плит з розмірами перетину 1200×220 мм. На третю (середню) плиту діє навантаження $q=10$ кН/м. Жорсткість збільшувалася в 10 разів і в 100 разів (умовно нескінченна жорсткість), а також зменшувалася в 5, 10 і 20 разів. У таблиці 1 наведені значення вертикальних зусиль взаємодії в другому шві перекриття (між другою і третьою збірними плитами) в різних точках по довжині прольоту (проліт розбитий на 10 частин) і при різних значеннях жорсткостей ригелю.

Таблиця 1. Вертикальні зусилля взаємодії між збірними плитами при різних жорсткостях ригелів

S2	EI $\approx\infty$	EI×10		EI		EI/5		EI/10		EI/20	
		Значення	Погрішність %	Значення	Погрішність %	Значення	Погрішність %	Значення	Погрішність %	Значення	Погрішність %
1/10	1,86	1,96	1,1	1,91	2,6	2,12	13,9	2,36	26,7	2,82	51
2/10	3,01	3,01	0	3,02	-0,3	3,1	3,0	3,19	5,9	3,35	11,3
3/10	3,58	3,58	0	3,58	0	3,59	0,2	3,6	-0,5	3,62	-1,1
4/10	3,81	3,81	0	3,8	-0,2	3,78	-0,8	3,76	-1,3	3,72	-2,4
1/2	3,86	3,86	0	3,86	0	3,83	-0,7	3,8	-1,5	3,74	-3,2

З таблиці 1 видно, що в діапазоні реальної зміни жорсткостей ригелів зусилля взаємодії плит трохи відрізняються від аналогічних зусиль для плит, що спираються на непіддатливі опори. Урахування піддатливості опор ускладнює розрахунки і може застосовуватися при значному зменшенні жорсткостей ригелів, на які спираються збірні плити.

Приведена методика визначення зусиль між ригелем і збірним настилем. На основі розрахунків по цій методиці показано, що між збірним настилем і ригелем виникають не тільки дотичні, але і нормальні зусилля взаємодії, що раніше не враховуються і здатні відірвати настил від ригеля. Показано, що неврахування цього чинника може бути недооцінкою небезпеки і привести до

передчасного руйнування перекриття, запроектованого з урахуванням спільної роботи ригеля і настилу (рис. 2).

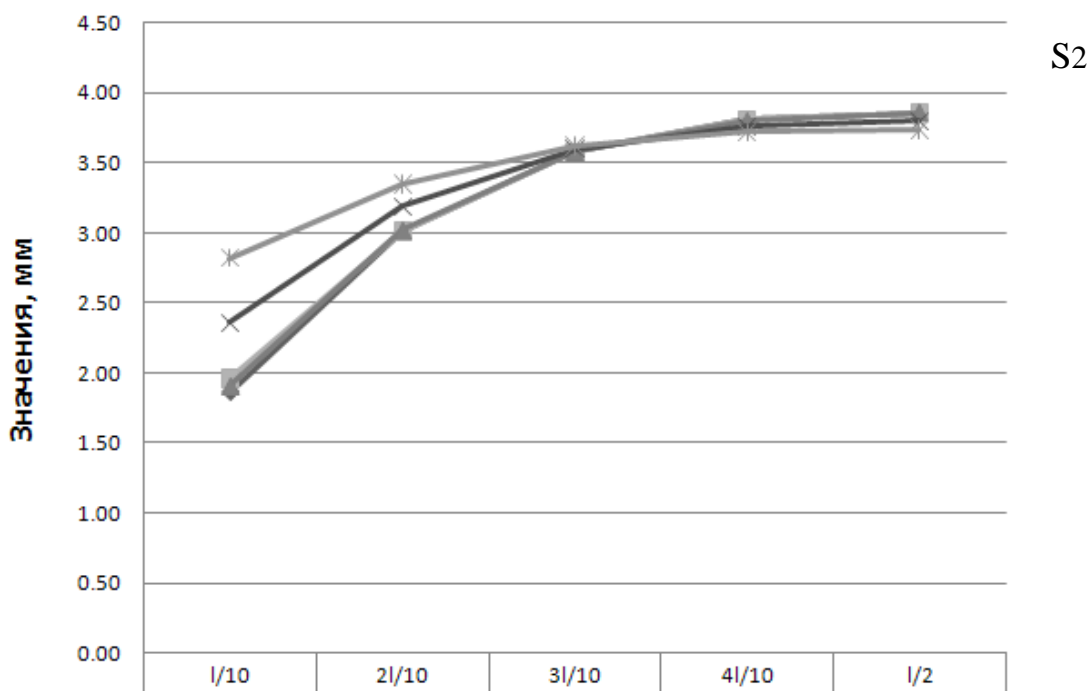


Рис. 2 – Вертикальні зусилля взаємодії між збірними плитами при різних жорсткостях ригелів

Наведено, що в реальному діапазоні зміни жорсткостей ригелів, на які спираються збірні плити, вплив податливості ригеля на перерозподіл зусиль між окремими елементами перекриття незначний. У зв'язку з цим у багатьох випадках розрахунок перекриття можливий у припущенні того, що воно спирається на жорсткі опори.

Висновки: Таким чином, дослідження перерозподілу зусиль сприяє точнішій оцінці експлуатаційних якостей системи і може вказувати на доцільність заходів, які покращують властивості елементів системи для підняття жорсткості і тріщиностійкості.

Аналітичне вирішення проблеми взаємовпливу складових системи отримати досить складно, оскільки потрібно враховувати багато чинників: жорсткісні характеристики споруди, характеристики міцності і деформативності ґрунту активної зони, реологію ґрунтів, історію навантаження масиву ґрунту, а також активні зони фундаментів будівель, які розташовані поряд.

Обґрунтовувавши необхідність дослідження перерозподілу зусиль при проектуванні статично невизначних конструкцій, слід підкреслити, що при цьому глибше з'ясовується поведінка конструкції в різних умовах роботи; заощаджується матеріал (насамперед арматура), знижується трудомісткість виготовлення конструкції і поліпшується її якість, спрощується розрахунок.

Глибше розуміння поведінки конструкції грає вирішальну роль у пошуках нових конструктивних форм для зниження матеріаломісткості конструкції і раціонального використання матеріалу.

Література

1. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих грунтах. Ч. II: Будинки і споруди на просідаючих грунтах / Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. – К.: Держбуд України, 2000. – 84 с.
2. ПК ЛИРА, версія 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций : справочно-теоретическое пособие / [под. ред. А. С. Городецкого]. – К.-М.: «Факт», 2003. – 464 с.
3. Городецкий А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – К.: Издательство «Факт», 2005. – 344 с.
4. Перельмутер А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – М.: Изд-во ДМК Пресс, 2007. – 595 с.
5. 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 конструкций плит перекрытий. Обоснованно необходимость исследования перераспределения усилий в расчетных моделях конструкций. Количественно оценена методика определения усилий между ригелем и сборным настилом. На основе расчетов по этой методике показано, что между сборным настилом и ригелем возникают не только касательные, но и нормальные усилия взаимодействия. Подтверждена важность учета этого фактора в расчетных моделях.

Ключевые слова: сборные конструкции, исследования перераспределения усилий, деформированное состояние здания, расчетные модели, напряженно-деформированное состояние конструкций, несущая способность конструкций

Annotation

The calculation models of constructions of flags of ceilings are studied and analysed. Grounded necessity of research of redistribution of efforts for the calculation models of constructions. In number the method of determination of efforts is appraised between a beam and collapsible flooring. On the basis of calculations it is rotined on this method, that between the collapsible flooring and a beam there are not only shearing but also normal efforts of co-operation. Importance of account of this factor is confirmed in calculation models.

Keywords: precast structures, researches of redistribution of efforts, the state of building, calculation models, stress-strain state of construction, is deformed, bearing ability of constructions.