

УДК 629.04+69.04

Л.І. Стороженко, д.т.н., проф.

О.В. Нижник, к.т.н. с.н.с.

О.В. Клецов, асп.

С.А. Гапченко, магістрант

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

РОЗРАХУНОК СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БЕЗБАЛКОВИХ ПЕРЕКРИТТІВ ЧИСЛОВИМ МЕТОДОМ

Розглянуто розрахунок плоских сталезалізобетонних перекриттів за допомогою системи автоматизованого проектування числовим методом та його результати.

Ключові слова: сталезалізобетон, перекриття, модель, розрахунок.

Вступ. При проектуванні конструкцій постійно доводиться стикатися із проблемою розрахунку систем, що мають складну геометричну конфігурацію й нерегулярну фізичну структуру. Обчислювальна техніка дозволяє виконувати такі розрахунки за допомогою наближених числових методів. Нині існує велика кількість вітчизняних та закордонних програмних комплексів для розрахунку залізобетонних плит. Більшість з них розв'язує задачу з визначення внутрішніх зусиль у плитах з використанням технічної теорії згину пластин методом скінчених елементів (МСЕ).

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Одночасно з розвитком загальних моделей механіки залізобетону як фізично нелінійного анізотропного матеріалу, що має здатність до тріщиноутворення, розвивались і методи розрахунку згинальних плит з використанням стандартних гіпотез теорії згину. Слід зазначити, що перші методологічні обґрунтування деформаційних методів були викладені в роботах О.О. Гвоздєва [1, 2], С.М. Крилова. У цих роботах залізобетонні плити розглядалися як ортотропні, а арматурні стрижні були направлені вздовж головних осей симетрії. Згинальні жорсткості по осях ортотропії визначалися за теорією В.І. Мурашева. У роботах В.М. Бондаренко, О.Л. Шагіна [3, 4] запропоновано оцінювати напружено-деформований стан залізобетонних плит з урахуванням тріщиноутворення, нелінійності й нерівномірності деформування методом інтегрального модуля деформацій. При цьому задача зводиться до розрахунку лінійно деформованої плити зі змінною жорсткістю, що еквівалентна жорсткості нелінійно деформованої залізобетонної плити. Рішення одержали в чисельному вигляді методом скінчених різниць послідовними наближеннями.

У роботі О.С. Городецького залізобетонні плити розглядаються як анізотропні з фізично нелінійного матеріалу. Фізичні рівняння згину отримуються за допомогою моделювання процесу деформування малого елемента, що вирізаний із серединної поверхні.

Шарова скінченноелементна модель для плит та оболонок суттєво розвинута М.І. Карпенком [5, 6], а також використана в роботах С.Ф. Клованича [7, 8]. Основні залежності елемента будуються на базі загальних підходів тривимірної теорії пружності, відмінною особливістю його є та обставина, що в напрямку товщини використовується лінійна інтерполяція переміщень, яка відповідає гіпотезі про прямолінійність нормалі. За допомогою стандартних перетворень окремі шари з використанням гіпотези про відсутність нормальних до серединної поверхні напружень розглядаються як ті, що працюють в умовах плоскої деформації.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Завдання на стадії проектування плоского сталезалізобетонного перекриття полягає у пошуку швидкого та точного методу розрахунку конструкцій.

Постановка завдання. Метою статті є побудова і розрахунок математичної моделі сталезалізобетонного безбалкового перекриття методом скінченних елементів на ЕОМ, отримати ізополів внутрішніх зусиль.

Основний матеріал і результати. Розрахунок починається із прийняття розрахункової схеми перекриття. Для розрахунку прийнято збірне сталезалізобетонне безбалкове перекриття, у якому плити поєднані між собою за допомогою зварювання. Крок колон прийнято 6×6 м, з'єднання у вузлі колони з плитою – жорстке, висота перекриття 3,5 м. Для чистоти розрахунку прийнято перекриття 5×5 прольотів. Перекриття складається із трубобетонних колон, надколонних плит, міжколонних плит і плит вставок зі сталевим обрамленням (рис. 1). При моделюванні розрахункових схем приймалося рівномірно розподілене навантаження по площі, що прикладалося до всього перекриття та складало: $0,4 \text{ кН/м}^2$ – постійне навантаження, $0,2 \text{ кН/м}^2$ – довготривале навантаження, $0,1 \text{ кН/м}^2$ – короткочасне навантаження.

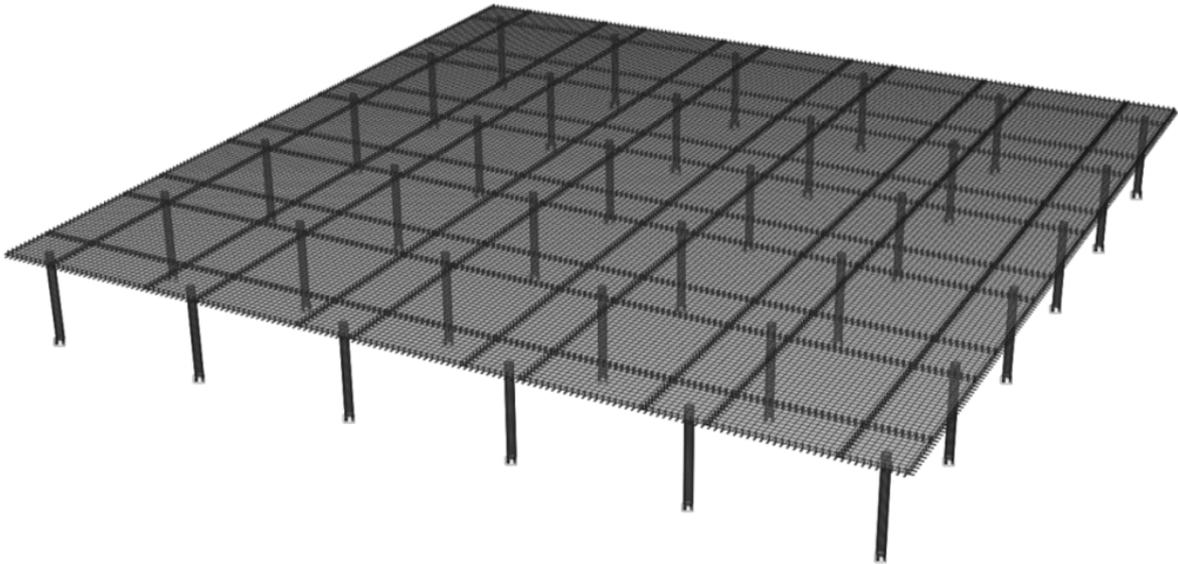


Рисунок 1 - Розрахункова схема перекриття

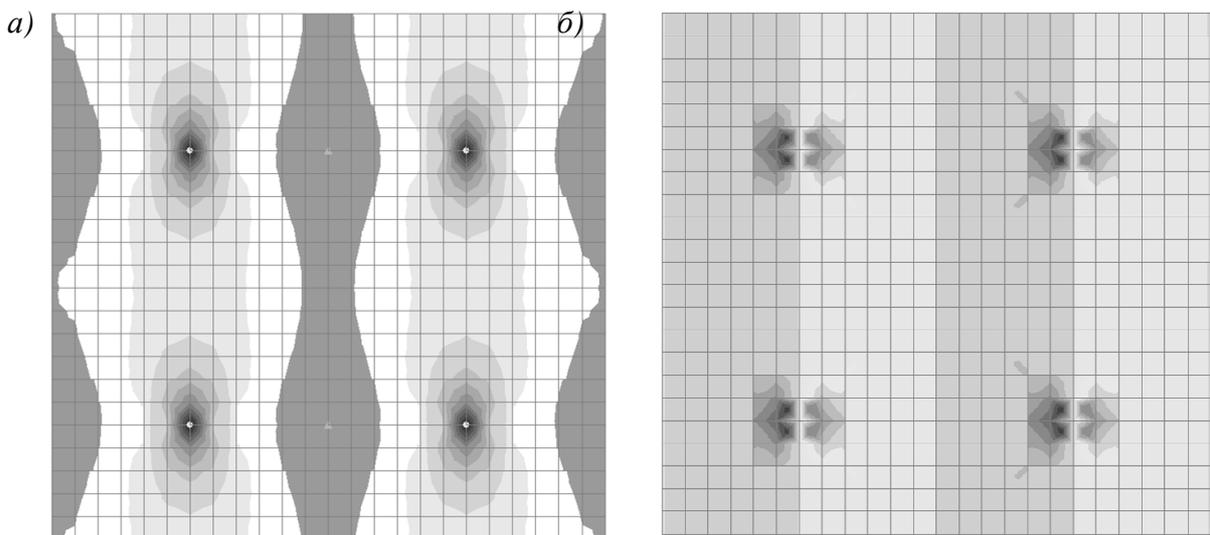


Рисунок 2 – Ізолінії напружень першого типу перекриття у середньому прольоті:
а) M_x б) Q_x

Армування плит моделювалося за допомогою введення приведених характеристик – жорсткості й модуля пружності, а сталевого обрамлення зі складених кутиків – розбиттям на скінченні елементи з характеристиками сталі. Завдяки особливості виготовлення цих плит, об'єднання сталевого обрамлення та залізобетонної плити в одну

цілісну конструкцію здійснюється за допомогою введення лінійних шарнірів у місцях з'єднання плит. Наявність лінійних шарнірів ускладнює моделювання та змінює роботу конструкції. Розміри елементів конструкцій плит – 0,2x0,2 м.

Сталезалізобетонне безбалкове перекриття розраховувалося у програмному комплексі SCAD 11.3, в основу якого покладено метод скінченних елементів. За результатами розрахунку отримано значення напружень, які відображено у вигляді діаграм, де кожному кольору відповідає певний проміжок напружень. Також побудовано епюри зусиль у M_x , тм; Q_x , т; у характерних перерізах плит (рис. 2 – 6).



Рисунок 3 – Епюра напружень M_x , тм, перекриття у середньому прольоті. Переріз по колонам

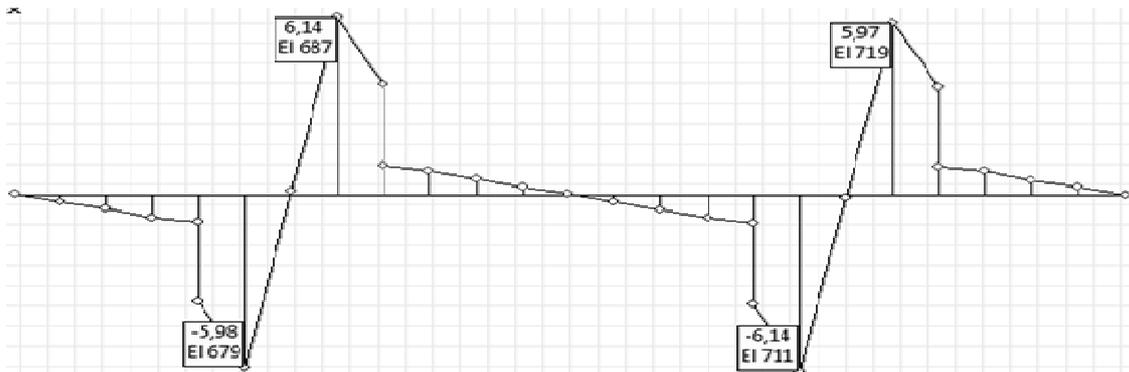


Рисунок 4 – Епюра напружень Q_x , т перекриття у середньому прольоті. Переріз по колонам

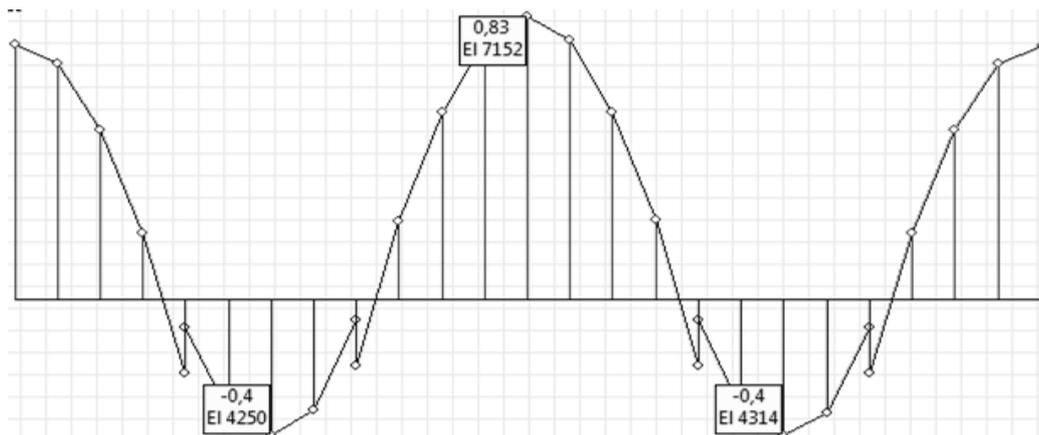


Рисунок 5 – Епюра напружень M_x , тм, першого типу перекриття у середньому прольоті. Переріз посередині прольоту

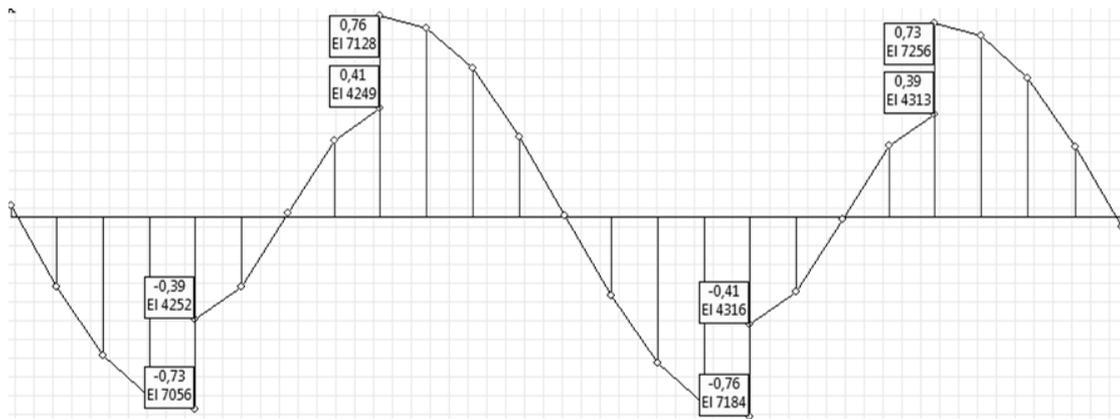


Рисунок 6 – Епюра напружень Q_x , т, першого типу перекриття у середньому прольоті. Переріз посередині прольоту

У розрахунках конструкцій при дії навантаження спостерігалось збільшення напружень перекриття в місцях опирання на колони (рис. 2 – 4). В елементах з обрамленням спостерігається характерний перерозподіл зусиль по плитах від середини прольоту до країв конструкцій.

Висновки. Проведено дослідження впливу скінченноелементної моделі на параметри напружено-деформованого стану плоских сталезалізобетонних плоских конструкцій. Результати показали, що для інженерних розрахунків достатньо моделювати елементи плити як пластини з відповідною товщиною, а сталеві кутики – як стрижні. Для більш детальних досліджень плиту слід моделювати об'ємними кінцевими елементами та потрібно моделювати закладні деталі та кутики обрамлення у вигляді пластин.

Результати показали, що сталезалізобетонні конструкції ефективно сприймають навантаження і добре працюють як збірне перекриття, про що свідчить характер епюр та значення зусиль в елементах.

Література

1. Гвоздев А.А. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / А.А. Гвоздев и др. – М.: Госстройиздат, 1978. – 296 с.
2. Гвоздев А.А. К вопросу о теории железобетона / А.А. Гвоздев // Бетон и железобетон. – 1980. – № 4. – С. 18–20.
3. Бондаренко В.М. Инженерные методы нелинейной теории железобетона / В.М. Бондаренко, С.В. Бондаренко. – М.: Стройиздат, 1982. – 288 с.
4. Бондаренко В.М. Оптимизация материала конструкции / В.М. Бондаренко, В.А. Ивахнюк, В.И. Колчунов, А.Г. Юрьев // Вестник РААСН. – Вып.3. – 2000. – С.23 – 25.
5. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами и ее приложение к расчету балок стенок, плит, элементов оболочек и стержней, подвергнутых кручению и изгибу с кручением: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Н.И. Карпенко. – М., 1976. – 46 с.
6. Карпенко, Н.И. Развитие методов проектирования строительных конструкций, зданий и сооружений / Н.И. Карпенко, В.И. Травуш // Сб. ст. Международ. науч.-техн. конф. «Эффективные строительные конструкции: теория и практика». – Пенза, 2002. – С. 5 – 8.
7. Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных расчетах пространственных железобетонных конструкций / С.Ф. Клованич, Д.И. Безушко. – Одесса: ОНМУ, 2009. – 90 с.
8. Клованич С.Ф. Пространственный анализ напряженно-деформированного состояния железобетонных плит при продавливании методом конечных элементов в нелинейной

постановке / С.Ф. Клованич // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-техн. збірник наук. праць. – Вип. 74: В 2-х кн.: Книга 1. – Київ, ДП НДІБК, 2011. – С. 691 – 695.

*Л.И. Стороженко, д.т.н., проф., А.В. Нижник, к.т.н. с.н.с.,
О.В. Клестов, асп., С. А. Гапченко, магистр
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

РАСЧЕТ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

Рассмотрен расчет плоских сталежелезобетонных перекрытий при помощи системы автоматизированного проектирования численным методом и его результаты.

Ключевые слова: Сталежелезобетон, перекрытие, модель, расчет.

*L.I. Storozhenko, Dr. Tech. Sc., Prof., A.V. Nizhnik, Ph.D., Senior Researcher
O.V. Klestov, Post graduate st., S.A. Gapchenko, MA
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk*

CALCULATION OF GIRDERLESS FLOOR OF COMPOSITE STRUCTURES OF STEEL AND REINFORCED CONCRETE BY NUMERICAL METHOD

There are calculation of girderless floor of composite structures of steel and reinforced concrete by CAD system with numerical method and it results described in this article.

Keywords: composite structures of steel and reinforced concrete, floor, model, calculation.

Надійшла до редакції 01.09.2012

© Л.И. Стороженко, О.В. Нижник, О.В. Клестов, С. А. Гапченко