

УДК 624.074:[624.012.4+624.014.2]

Л.І. Стороженко, д.т.н., проф.
О.В. Нижник, к.т.н., с.н.с.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

РОЗРАХУНОК НАДКОЛОННИХ ПЛИТ ЗІ СТАЛЕВИМ ОБРАМЛЕННЯМ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО БЕЗБАЛКОВОГО ПЕРЕКРИТТЯ У ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ

Розглянуто розрахунок плит зі сталевим обрамленням, що входять у систему сталезалізобетонного безбалкового перекриття, числовим методом. Для оцінювання впливу конструктивних особливостей на напружено-деформований стан залізобетонних плит зі сталевим обрамленням прийнято та проаналізовано чотири варіанти моделей системи.

Ключові слова: сталезалізобетон, безбалкове перекриття, розрахунок, чисельний метод, напружено-деформований стан.

Постановка проблеми. 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 із використанням технічної теорії згину пластин методом скінченних елементів (МСЕ) [1].

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Основні процедури методу скінченних елементів стандартні й не залежать від розмірності та типу використаних скінченних елементів, що дозволяє здійснити уніфікацію цих процедур і складати програмні комплекси з розрахунку конструкцій широкого класу та призначення. Стосовно розрахунку як залізобетонних, так і сталезалізобетонних конструкцій метод скінченних елементів виступає не тільки як числовий метод аналізу, але й слугує інструментом моделювання, коли модель відображає специфіку самого методу скінченних елементів [1, 2].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Сталезалізобетонна плита зі сталевим обрамленням, що входить до складу безбалкового перекриття, є новою конструкцією [4, 5], таким чином, вона потребує дослідження напружено-деформованого стану. Таку конструкцію можна розрахувати, використовуючи метод скінченних елементів. Цей розрахунок зводиться до визначення системи функцій координат, що описують стан конструкції, тобто як основні невідомі використовуються переміщення та повороти вузлів розрахункової схеми. Ідеалізація конструкції виконана у формі, пристосованій до використання цього методу, а саме: система представлена у вигляді набору тіл стандартного типу (стрижнів, пластин, оболонок і т.д.), названих скінченними елементами й приєднаних до вузлів.

Формулювання цілей статті. Сталезалізобетонна плита зі сталевим обрамленням, що входить у систему безбалкового перекриття, має деякі конструктивні особливості, які можна дослідити шляхом виконання чисельного експерименту з моделюванням напружено-деформованого стану методом скінченних елементів:

- сталезалізобетонна плита в складі конструкції перекриття працює на згин;

– оскільки плита в складі перекриття є відносно тонкою порівняно з розмірами конструкції у плані, існує необхідність визначити оптимальний тип скінченного елемента, за допомогою якого вона буде моделюватися.

З практичної точки зору також доцільно врахувати час на побудову і розрахунок конструкції, наведеної у вигляді скінченноелементної моделі.

Для використання методу скінченних елементів необхідним є побудова скінченноелементної моделі. Побудову скінченноелементної моделі необхідно розпочати з ідеалізації конструкції, що включає в себе: зазначення основних розмірів, які можуть дещо відрізнятись від натурних, з метою надання регулярності для скорочення задання вихідної інформації та забезпечення аналізу результатів. Також для побудови скінченноелементної моделі необхідно визначитися з типом і розміром скінченного елемента.

Тип такого елемента визначається його геометричною формою, правилами, що встановлюють залежність між переміщеннями вузлів скінченного елемента й вузлів системи, фізичним законом, який визначає залежність між внутрішніми зусиллями та внутрішніми переміщеннями, і набором параметрів (жорсткостей), котрі входять в опис цього закону й ін.

Основний матеріал і результати. При моделюванні сталезалізобетонної конструкції прийнято, що вона закріплена по контуру шарнірно, без можливості горизонтального переміщення та має такі фізико-механічні властивості матеріалів:

- для сталі – модуль пружності $E = 2,06 \times 10^8$ кН/м²; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$;
- для бетону – модуль пружності $E = 3,31 \times 10^7$ кН/м²; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,2$.

Для моделювання конструкції застосовано пружну модель, тобто залежність між деформаціями та навантаженнями приймалася лінійною.

Основну увагу при дослідженні безбалкового сталезалізобетонного перекриття [3], було приділено найвідповідальнішому елементу – надколонній плиті, оскільки вона передає навантаження від усієї конструкції на консоль, з'єднану з труботетонною колоною.

З метою порівняння теоретичних та експериментальних даних для розрахунку вибрано зразки, що досліджувались. Результати досліджень наведено в роботі [3]. Розрахунки виконувались за допомогою програмних комплексів SCAD Office 11.3, ЛИРА 9.4, NASTRAN. Для оцінювання впливу конструктивних особливостей на напружено-деформований стан залізобетонних плит зі сталевим обрамленням прийнято чотири варіанти моделей системи.

У *першому* варіанті надколонна сталезалізобетонна плита моделювалася за допомогою пластин відповідної жорсткості розміром 1/4 довжини ребра плити. Сталеве обрамлення представлялося у вигляді стрижнів. Усі елементи є відцентрованими у вузлах (рис. 1).

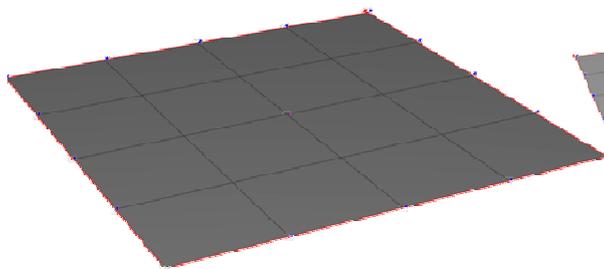


Рисунок 1 - Перший варіант ідеалізованої моделі

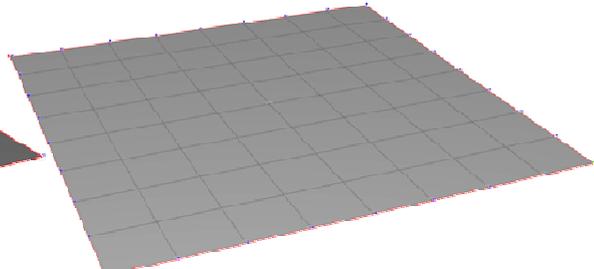
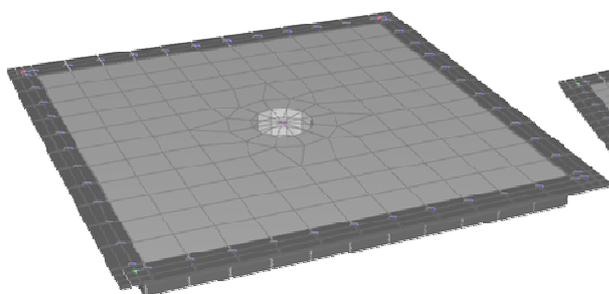


Рисунок 2 - Другий варіант ідеалізованої моделі

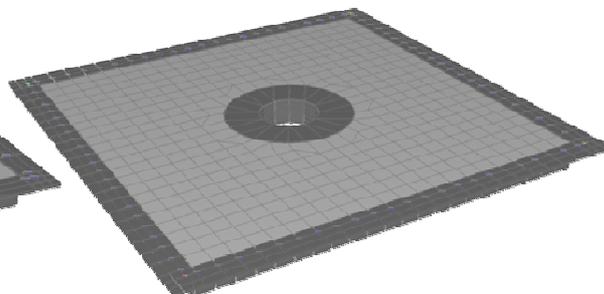
У *другому* варіанті залізобетонна плита також моделювалася за допомогою пластин відповідної жорсткості розміром $1/8$ довжини ребра плити, тобто на плиту припадає 64 елементи. Елементи обрамлення представлялися у вигляді стрижнів. Усі елементи є відцентрованими у вузлах (рис. 2).

У *третьому* варіанті залізобетонна плита моделювалася за допомогою об'ємних елементів з розмірами $1/10 - 1/15$ довжини плити у плані та $1/3$ товщини плити по висоті. Сталеve обрамлення моделювалося пластинами розміром 100×25 мм. Також у місці прикладання навантаження введено скінченний елемент – тверде тіло. Пластини жорстко з'єднувалися у вузлах з об'ємними елементами (рис. 3).

У *четвертому* випадкові залізобетонна плита моделювалася за допомогою об'ємних елементів розмірами $1/20 - 1/25$ довжини плити у плані й $1/5$ товщини плити по висоті. Сталеve обрамлення моделювалося пластинами. У місці прикладання навантаження введено пластини, що моделювали закладні деталі. Також у цих місцях уведено скінченний елемент – тверде тіло, що моделює жорстке з'єднання елемента плити із закладною деталлю. Пластини жорстко з'єднувалися у вузлах з об'ємними елементами (рис. 4).



*Рисунок 3 - Третій варіант
ідеалізованої моделі*



*Рисунок 4 - Четвертий варіант
ідеалізованої моделі*

У результаті проведених розрахунків отримано результати, які відображено в табл. 1 та у вигляді гістограми (рис. 5). Основними отриманими параметрами, є найбільші значення напружень у нижньому поясі й напруження у верхньому поясі.

Напруження, т/м²

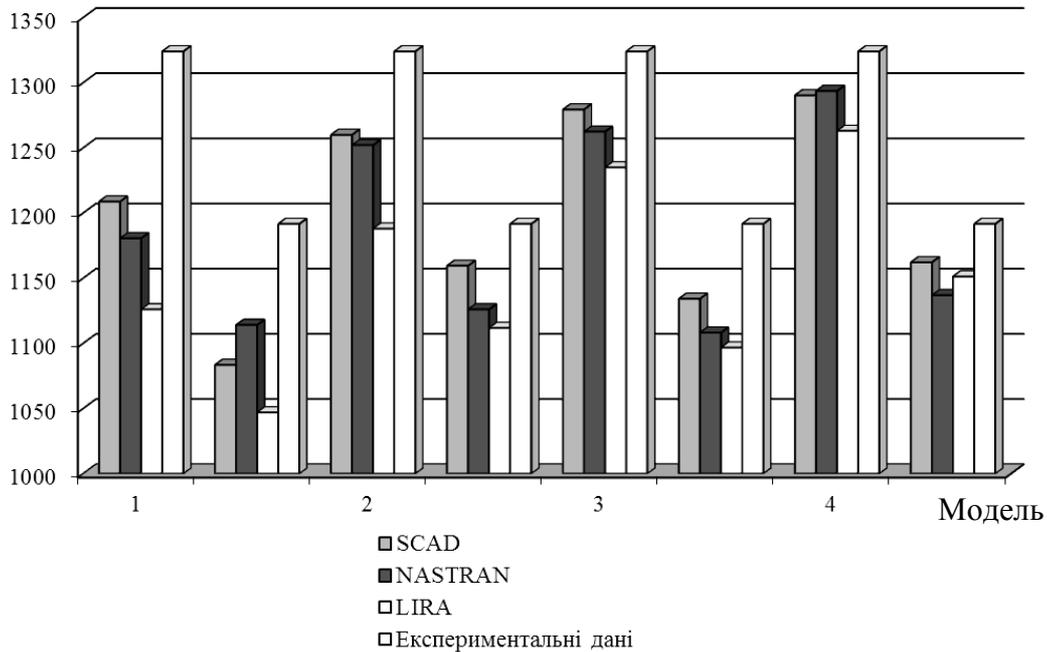


Рис. 5. Гістограма результатів розрахунку моделей плити

Таблиця 1

Результати моделювання надколонних сталезалізобетонних плит

Варіанти моделей	Напруження у верхній та нижній зонах, т/м ²				Відхилення, %		
	Комплекси МКЕ			Експериментальні дані	SCAD	NASTRAN	LIRA
	SCAD	NASTRAN	LIRA				
1	1208,75	1180,6	1126,2	1324,0	8,70	10,83	14,95
	1083,44	1114,1	1047,1	1191,6	9,08	6,50	12,13
2	1260	1252,1	1188,0	1324,0	4,83	5,43	10,27
	1159,5	1126,1	1111,8	1191,6	2,69	5,50	6,70
3	1279,4	1262,4	1235,0	1324,0	3,37	4,65	6,72
	1134,2	1108,3	1096,8	1191,6	4,82	6,99	7,96
4	1290,3	1293,7	1263,0	1324,0	2,55	2,29	4,61
	1162,2	1137,0	1151,3	1191,6	2,47	4,58	3,38

У процесі аналізу результатів моделювання надколонних сталезалізобетонних плит та з урахуванням отриманих даних, виявлено, що вони можуть моделюватися як за допомогою пластин (2-га модель), так і за допомогою об'ємних елементів (4-та модель). Для подальших інженерних розрахунків перекриттів рекомендується приймати другу скінченноелементну модель, значення зусиль у якій не суттєво відрізняються від інших, але яка є набагато простішою. Для подальших інженерних розрахунків окремих зразків рекомендується приймати четверту скінченноелементну модель, яка є найбільш точною.

Література

1. Городецкий А.С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций / А.С. Городецкий, В.С. Шмуклер, А.В. Бондарев. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.

2. Пекин Д.А. Плитная сталежелезобетонная конструкция / Д.А. Пекин // Научное издание. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 440 с.
3. Стороженко Л.І. Дослідження та проектування сталезалізобетонних безбалкових і часторебристих перекриттів: монографія / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник. – Полтава: Дивосвіт, 2011. – 300 с.
4. Пат. 41231 Україна, МПК(2009) E04B2/00. Збірна плита перекриття зі сталевим обрамленням / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – № u200814743; заявл. 22.12.2008; опубл. 12.05.2009, Бюл. № 9/2009.
5. Пат 41498 Україна, МПК (2009) E04B1/00. Сталезалізобетонне безбалочне перекриття / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – № u200814555; заявл. 14.12.2008; опубл. 25.05.2009, Бюл. №10/2009.

*Л.І. Стороженко, д.т.н., проф., .В. Нижник, к.т.н., с.н.с.
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

РАСЧЕТ НАДКОЛОННЫХ ПЛИТ СО СТАЛЬНЫМ ОБРАМЛЕНИЕМ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БЕЗБАЛОЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ

Рассмотрен расчет плит со стальным обрамлением, которые входят в систему сталежелезобетонного безбалочного перекрытия, численным методом. Для оценки влияния конструктивных особенностей на напряженно-деформированное состояние железобетонных плит со стальным обрамлением приняты и проанализированы четыре варианта моделей системы.

Ключевые слова: *сталежелезобетон, безбалочное перекрытие, расчет, численный расчет, напряженно-деформированное состояние.*

*L.I. Storozhenko, Dr. Tech. Sc., Prof., Nyzhnyk O.V., Ph.D., Senior Researcher,
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk*

CALCULATION OF НАДКОЛОННЫХ OF FLAGS WITH STEEL FRAMING OF STEEL AND REINFORCED CONCRETE OF GIRDERLESS FLOOR IN PROGRAMMATIC COMPLEX

The calculation of flags with the steel framing, that is included in the system of steel and reinforced concrete of girderless floor a numeral method, is considered in the article. For the estimation of influence of structural features on the tensely-deformed state of reinforce-concrete flags with the steel framing four variants of models of the system are accepted and analysed.

Keywords: *of steel and reinforced concrete, girderless floor, calculation, numeral calculation, tensely-deformed state.*

*Надійшла до редакції 1.09.2012
© Л.І. Стороженко, О.В. Нижник*