

УДК 624.073

РОЗРАХУНОК ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ НАДКОЛОННОЇ ПЛИТИ БЕЗРИГЕЛЬНО-БЕЗКОНСОЛЬНО-БЕЗКАПІТЕЛЬНОГО ПЕРЕКРИТТЯ*

РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ НАДКОЛОННОЙ ПЛИТЫ БЕЗРИГЕЛЬНО-БЕСКОНСОЛЬНО-БЕСКАПИТЕЛЬНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

THE BENDING MOMENT DESIGN OF ON-COLUMN ELEMENT OF SLAB FLOOR WITHOUT GIRTH RAILS, CANTILEVERS AND CAPITALS

Жарий С.С., аспірант (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Жарый С.С., аспирант (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава)

Zharyy S.S., postgraduate (Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, Poltava)

Розглядається метод розрахунку надколонних плит безригельно-безконсольно-безкапітельних перекриттів.

Рассматривается метод расчета надколонных плит безригельно-бесконсольно-бескапительных перекрытий.

The design method for on-column slabs of overlapping without floor girders, console and cantilevers is considered.

Ключові слова:

Плита, схема, розрахунок.

Плита, схема, расчет.

Slab, scheme, design.

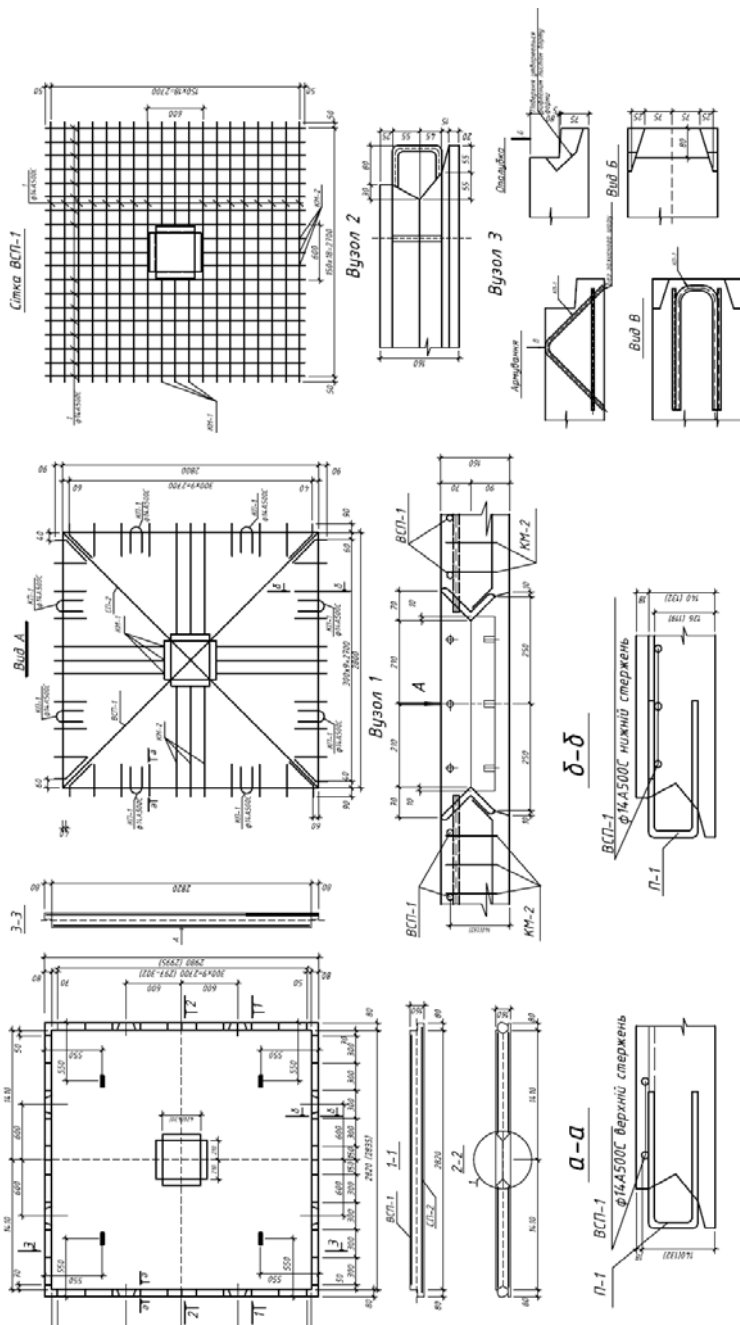
Вступ. Конструкція безбалкових перекриттів була запатентована у США у 1902 році. Перша будівля з таким типом перекриття з'явилася на території колишнього СРСР у Москві у 1908 році, під керівництвом інженера А.Ф.Лолейта [1].

Першими інженерами, що звернули увагу на необхідність вирішення питань розрахунку такого виду конструкцій перекриттів були Дж.Р.Ніколсон (1918 р.), Вестергард і Слейтер (1925 р.) [2]. Серед вітчизняних вчених першими розрахункові обґрунтування були запропоновані у 1933 році А.А. Гвоздевим та В.І. Мурашевим [3]. Капітелі вперше були усунуті з конструкції стику плити з колоною у 1940 році Джозефом ді Стасіо. При розробці методики розрахунку приймало участь багато провідних інженерів того часу, у той же час також були застосовані теоретичні розробки В.І.Мурашева. Результати теорії та практики розрахунку таких перекриттів були закріплені у 70-х роках у нормативних документах [4] та [5]. Після їх видання відразу з'явилось декілька напрямів вдосконалення методики розрахунку. Зокрема, можна виділити напрями роботи таких вчених як Н.І.Карпенко [6, 7], А.С.Залесов [8, 9], П.І.Васильєв [10]. В даний час ширшого застосування набувають безригельно-безконсольно-безкапітельні перекриття, а ці документи [4, 5] є ґрунтовними та регламентуючими їх розрахунок.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом багато робіт сучасних вчених направлено на вдосконалення існуючих методик розрахунку та конструкцій різних типів перекриття. Серед них можна виділити роботи [11-16]. Однак питання розрахунку плит, яке в цих роботах розглянуто стисло, залишається вирішеним лише аспектуально і потребує подальшого вивчення.

Постановка мети і задач досліджень. У даній роботі на основі даних експерименту за мету ставилось завдання висвітлення розробленого розрахунку прольотного згинального моменту надколонних плит безригельно-безконсольно-безкапітельних перекриттів із застосуванням кінематичного способу методу граничної рівноваги.

Виклад основного матеріалу. З метою оцінки міцності залізобетонних надколонних плит перекриття збірно-монолітного безригельно-безконсольно-безкапітельного каркасу та вивчення їх роботи під навантаженням було складено програму експериментальних досліджень дослідних зразків. Для проведення таких випробувань було виготовлено 3 зразки надколонних плит (рис. 1), які мали натурні розміри 2980x2980x160 мм. Згідно програми досліджень надколонної плити безбалкового перекриття проведені випробування натурних плит за схемою експериментальної установки (рис. 2).



Примітка: цифри в дужках означають фактичне значення параметра

Рис. 1. Конструкція надколійної плити НП 30-30-16

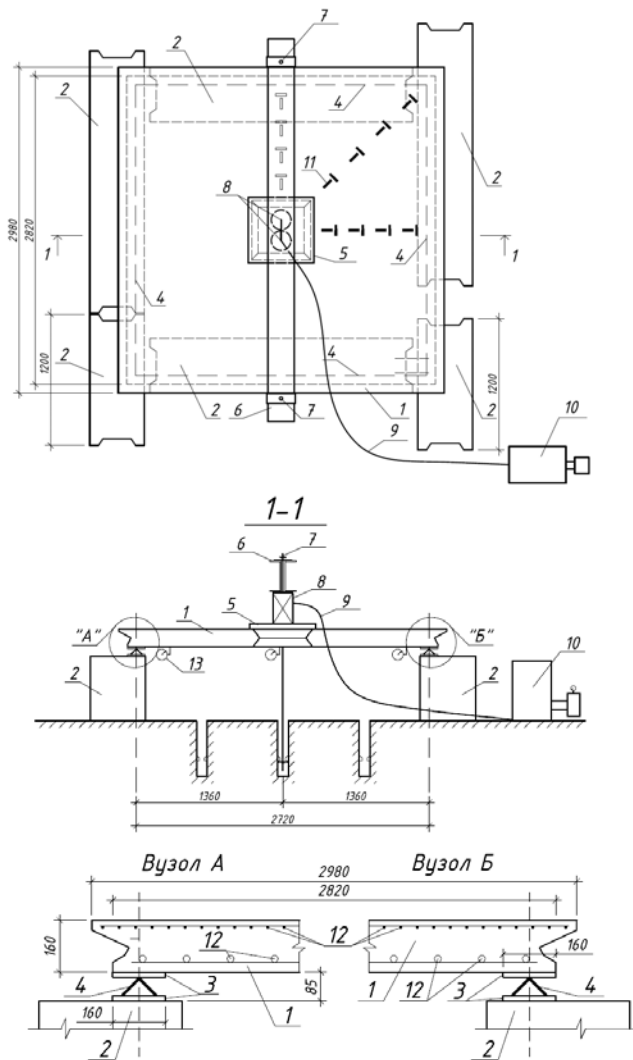


Рис. 2. Схема експериментальної установки для випробування надколонних плит:
 1 – надколонна плита; 2 – опора з фундаментного блоку ФС 24.5.6(12.5.6); 3 –
 сталеві підкладки; 4 – шарнірно-нерухома опора (L75x5); 5 – сталеві пластини
 600x600, t = 5 мм; 6 – траверса із швелерів № 30; 7 – тяжі з арматурних стрижнів Ø30
 А-I; 8 – гідравлічний домкрат F=50 т; 9 – напірний трубопровід; 10 – насосна станція;
 11 – тензOMETричні датчики; 12 – робоча арматура;
 13 – прогиномір механічний 6ПАО ЛИСИ

Проведені експериментальні дослідження натурних надколонних плит перекриття показали, що розрахунок таких конструкцій можливо виконувати за допомогою кінематичного способу методу граничної рівноваги. При цьому до такого розрахунку можна записати наступні загальні передумови:

- використовуючи експериментально одержані схеми руйнування, плита розглядається як система жорстких дисків, з'єднаних між собою лінійними пластичними шарнірами вздовж ліній тріщиноутворення;
- для розрахунку плит, умови експлуатації яких допускають наявність тріщин, застосовується кінематичний спосіб методу граничної рівноваги;
- рівняння рівноваги для даної системи жорстких дисків являє собою рівність між віртуальними роботами від зовнішніх W_P та від внутрішніх W_M зусиль на можливих переміщеннях y_P плити в напрямку дії навантаження P .

Використовуючи передумови розрахунку, запишемо рівняння рівноваги, яке являє собою рівність між віртуальними роботами зовнішніх W_P та внутрішніх W_M зусиль

$$W_P = W_M \quad (1)$$

Відповідно до розрахункової схеми(рис. 3), можна записати рівняння рівноваги в такому вигляді

$$\int_A y_P \frac{P}{A} dA = \sum_{i=1}^n M_i \varphi_i l_i \quad (2)$$

де M_i – момент в i -тому пластичному шарнірі на одиницю довжини; φ_i – кут повороту диска в i -тому шарнірі пластичності; l_i – довжина i -того пластичного шарніра.

Робота внутрішніх зусиль (моментів) на відповідних кутах повороту:

$$\sum_{i=1}^n M_i \varphi_i l_i = M_1 \varphi l_1 + M_1 \varphi l_1 + M_2 \varphi l_2 + M_2 \varphi l_2 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^2 M_i \varphi_i l_i = 2M_1 \varphi l_1 + 2M_2 \varphi l_2 \quad (4)$$

Робота зовнішніх зусиль на переміщенні (прогині) надколонної плити від дії навантаження P :

$$\int_A y_P \frac{P}{A} dA = \frac{P}{A} \int_A y_P dA, \quad (5)$$

$$\int_A y_P dA = V, \quad (6)$$

де V – об'єм усіченої піраміди, який дорівнює

$$V = \frac{f}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}), \quad (7)$$

де f – прогин плити, S_1 – площа нижньої основи піраміди граничного стану плити, S_2 – площа верхньої основи піраміди граничного стану плити.

При геометричних розмірах плити $l_1 = l_2$ та перерізу колони $h_c = b_c$ в плані площі основ усіченої піраміди S_1 та S_2 набувають вигляду

$$S_1 = l^2, \quad S_2 = h_c b_c = b_c^2. \quad (8)$$

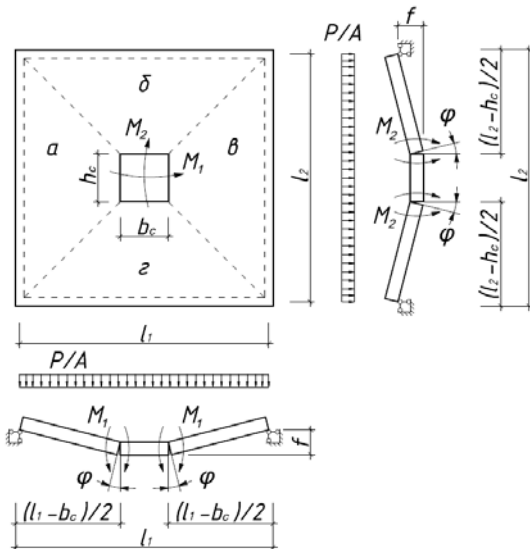


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення згинального моменту:

a, b, c, d – диски, утворені лініями зламу; M_1, M_2 – прольотні граничні моменти; f – прогин плити; φ – кут повороту дисків

Оскільки кути повороту φ_1 дисків мають досить малі значення, тоді знайдемо висоту усіченої піраміди

$$\varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{f}{0,5(l - b_c)} \Rightarrow f = \varphi \cdot 0,5(l - b_c), \quad (9)$$

де f – прогин плити.

Підставивши отримані вище залежності, отримаємо наступний вираз для визначення віртуальних зовнішніх робіт

$$\begin{aligned} \frac{P}{A} \int_A y_D dA &= \frac{P}{A} \cdot \frac{\varphi(l - b_c)}{2} \cdot \frac{1}{3} (l^2 + b_c^2 + \sqrt{l^2 b_c^2}) = \\ &= \frac{P\varphi(l - b_c)}{6l^2} \cdot (l^2 + b_c^2 + lb_c) = \frac{P\varphi(l^3 - b_c^3)}{6l^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Підставивши вирази робіт за (4) та (10) в (2) матимемо, що

$$\frac{P\varphi(l^3 - b_c^3)}{6l^2} = 2M_1\varphi l_1 + 2M_2\varphi l_2. \quad (11)$$

В (11) маємо 2 невідомих моменти, величина кожного з яких, як моменту в пластичному лінійному шарнірі на одиницю його довжини, залежить від A_{st} , що визначаються за формулою

$$M_t = R_s \cdot A_{st} \cdot z_{st}. \quad (12)$$

Враховуючи (12), для квадратних плит $M_1 = M_2$ (рис. 3), тоді (11) можна записати наступним чином

$$\frac{P\varphi(l^3 - b_c^3)}{6l^2} = 4M\varphi l. \quad (13)$$

З (13) отримуємо, що шуканий вираз для обчислення значення прольотного згинального моменту

$$M = \frac{P(l^3 - b_c^3)}{24l^3}. \quad (14)$$

Якщо при армуванні розтягнутої зони плити одну з двох однакових сіток не доводить до краю плит на відстань $1/4l$, $1/6l$ або $1/8l$, то при відповідних перетвореннях у правій частині (11) вираз (14) набуде вигляду:

– при обриві сітки на $1/4l$ від краю плити

$$M = \frac{P(l^3 - b_c^3)}{18l^3}; \quad (15)$$

– при обриві сітки на $1/6l$ від краю плити

$$M = \frac{3P(l^3 - b_c^3)}{56l^3}; \quad (16)$$

– при обриві сітки на $1/8l$ від краю плити

$$M = \frac{2P(l^3 - b_c^3)}{39l^3}. \quad (17)$$

Висновки. На основі даних експериментальних випробувань та теоретичних досліджень, які відображають дійсну роботу надколонних плит у складі перекриття безригельно-безконсольно-безкапітельних каркасних конструктивних систем, отримано формули для визначення прольотного

згинального моменту надколонної плити. Ці формули дають змогу більш точно визначати внутрішні зусилля, котрі виникають в надколонних плитах перекриття, що в свою чергу дозволить більш ефективно та економічно здійснювати армування такого типу конструкцій.

1. Дорфман А.Э. Проектирование безбалочных бескапительных перекрытий / А.Э.Дорфман, Л.Н.Левонтин. – М.: Стройиздат, 1975. – 124 с.
2. Генри Дж. Коуэн Строительная наука XIX – XX вв. М.: Энергоиздат, 1982. – 236 с.
3. Мурашев В.И. Железобетонные конструкции: общий курс: учеб. для вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство» / В.И.Мурашев, Э.Е.Сигалов, В.Н.Байков; под ред. П.Л.Пастернака – М.: Госстройиздат, 1962. – 659 с.
4. Руководство по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями. – М.: Стройиздат, 1975. – 32 с.
5. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями. – М.: Стройиздат, 1979. – 54 с.
6. Карпенко Н.И. О современных построениях критериев прочности бетонных и железобетонных элементов / Н.И. Карпенко // Бетон и железобетон. – 1997. – Вып. № 2. – с. 4 – 7.
7. Карпенко Н.И. Общие методы механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
8. Залесов А.С. Расчет прочности железобетонных элементов при действии поперечных сил и кручении / А.С.Залесов // Бетон и железобетон. – 1976. – Вып. № 6. – с. 22 – 24.
9. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. – К.: Будивельник. – 1989. – 104 с.
10. Васильев П.И., Рочняк О.А. Сопrotивление железобетонных элементов поперечным силам. – Минск: Наука и техника. – 1978. – 88 с.
11. Серия КУБ-2,5. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса. Выпуск 1-1. Основные положения по расчету, монтажу и компоновке зданий. – М., 1990. – 54 с.
12. Серия КУБ-2,5. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса. Выпуск 2-1. Панели перекрытий, диафрагмы. – М., 1990. – 28 с.
13. Яров В.А. Экспериментальные исследования узлов сопряжения плиты перекрытия с колонной в безбалочных каркасах монолитных зданий / В.А. Яров, А.А. Коянкин // Бетон и железобетон в Украине. – 2010. – № 1. – С. 28 – 30.
14. Дорошкевич Л.О. Міцність з'єднань плита-колона у монолітних залізобетонних безбалочних безкапітельних перекриттях / Л.О.Дорошкевич, С.Б.Максимович, Б.Г.Демчина, Б.Ю.Максимович // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – № 664. – Львів, 2010. – С. 16 – 25.
15. Павліков А.М. Конструювання та розрахунок плит збірно-монолітних конструктивних систем житлових будівель / А.М. Павліков, С.С. Жарий // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. – Вип. 24. – Полтава, 2009. – С. 8 – 13.
16. Мордич А.И. Опыт практического применения и основные результаты натурных испытаний сборно-монолитного каркаса БелНИИС / А.И.Мордич, В.Н.Белевич, В.Н.Симбиркин, Д.И.Навой// Бюллетень строительной техники. М., 2004. №8. С. 8-12.