

УДК 539.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДВОШАРОВОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ ПІДКРІПЛЕНОЇ РЕБРАМИ

П.П. Чеверда<sup>1</sup>  
канд.техн.наук

<sup>1</sup>*Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп., 31, м. Київ. 03680*

Виконано дослідження напружено-деформованого стану суцільної плити та плити перекриття з ребрами житлового будинку при дії основного сполучення навантажень. Будівля моделювалась як просторовий скінченно-елементний каркас зі сталими жорсткісними характеристиками для обох варіантів дослідження, для якого за допомогою програмного комплексу МОНОМАХ визначались параметри напружено-деформованого стану. Для кожного з варіантів плити перекриття за допомогою програмного комплексу SCAD виконувався уточнюючий розрахунок по впливу ребер на її несучу здатність та прогини. Аналіз дослідження результатів показав, що величини напружено-деформованого стану двох варіантів суттєво відрізняються. Тому будівництво об'єктів промислового та цивільного призначення зі збірного залізобетону з використанням плити перекриття підкріплених ребрами є більш економічним завдяки покращенню звукоізолюючих властивостей помешкань.

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, скінченно-елементна модель, надійність будівель, принцип можливих переміщень, можлива робота сил, плита перекриття з ребрами

Несучі елементи багатоповерхових житлових будинків індустріального виготовлення, такі як: стінові панелі та плити перекриття, на всіх етапах життєвого циклу мають відповідати не тільки вимогам граничних станів, а й задовольняти тепло, звукотехнічним характеристикам та іншим параметрам надійності конструкцій. Їх забезпечення здійснюється шляхом влаштування по поверхні елементів додаткових шарів, які мають відповідні властивості. Для міжповерхової звукоізоляції житлових приміщень по плитах перекриття влаштовуються додаткові звукоізоляційні шари, виконання яких є трудомістким і потребують додаткових матеріальних витрат. Для зменшення даних витрат пропонується використовувати в об'єктах житлового будівництва двошарову плиту перекриття з ребрами, розріз вузла якої зображений на рисунку 1. Впровадження двошарової плити у будівництві з використанням пінополістиролу, мінеральної вати, скловолокна тощо необхідної товщини з дотриманням протипожежних вимог покращить звукоізоляційні властивості житлових помешкань, зменшить трудовитрати на влаштування мереж опалення та електроосвітлення.

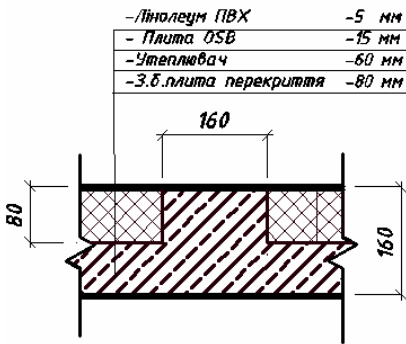


Рис.1. Розріз вузла плити перекриття

З урахуванням вищезазначеного було проведено дослідження несучої здатності та ефективності використання плити перекриття індустриального виготовлення серії АПВС К-147М розміром 5,40х3,60 метри. Порівняльний розрахунок виконувався для двох варіантів розрахункових схем плити перекриття зі сталюю товщиною 160мм, а саме: суцільної плити та двошарової плити, підкріпленої ребрами. Постановка задачі по визначенню параметрів напружено-деформованого стану розрахункової моделі двошарової плити перекриття багатопверхового житлового будинку від дії статичного навантаження зводилася до дослідження реакції сумісної роботи суцільної плити з урахуванням підкріплення її ребрами, які розташовувались в напрямках осей  $X$ ,  $Y$  з заданим кроком. Використовуючи метод скінченних елементів (МСЕ), який передбачає дискретизацію розрахункової схеми окремими скінченними елементами, розв'язок даної статично невизначуваної задачі зводився до побудови функціоналу повної потенціальної енергії [1,2]. Для його побудови було використано принцип можливих переміщень, суть якого полягає в тому, що довільна механічна система, на яку накладені кінематичні в'язі, знаходиться у рівновазі під дією прикладених сил тоді, коли сума можливих робіт усіх зовнішніх і внутрішніх сил, що діють у межах цієї системи, на будь-яких нескінченно малих можливих переміщеннях, дорівнює нулю. Згідно з принципом можливих переміщень запишемо, що

$$\delta\Pi = \delta U + \delta W = 0, \quad (1)$$

де  $-\delta U$ ,  $\delta W$  - робота внутрішніх та зовнішніх сил відповідно.

Для спрощення представлення теоретичного матеріалу по врахуванню ребер плити перекриття розглянемо не просторовий скінченний елемент, а скінченний елемент плоскої задачі під дією довільного зовнішнього навантаження. Надамо переріз і скінченного елемента, який зображений на рис. 2, можливі переміщення і запишемо вираз для роботи внутрішніх сил

$$dU_i = N_i \cdot du_i + M_i \cdot d\varphi_i. \quad (2)$$

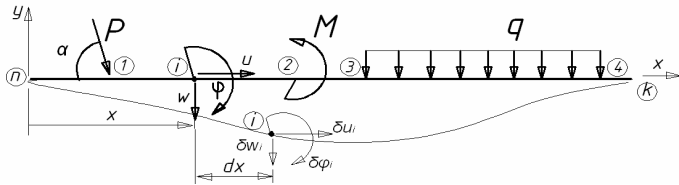


Рис.2. Деформований скінченний елемент

В кожному перерізі і скінченного елемента виникають три переміщення  $\rightarrow u, w, \varphi$ , з яких  $u, w$  є незалежними переміщеннями, а  $\varphi$  - кут повороту виражається через прогин  $w$ . Всі переміщення згідно з гіпотезою плоских перерізів є функціями одного аргументу  $x$ , тобто:

$$\begin{aligned} u_i &= u_n + u_p, \\ w_i &= w_n + w_p, \\ \varphi_i &= \varphi_n + \varphi_p, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $u_n, u_p$  - переміщення поперечного перерізу і скінченного елемента плити та ребра в напрямку осі  $X$  відповідно;  $w_n, w_p$  - переміщення поперечного перерізу  $i$  скінченного елемента плити та ребра в напрямку осі  $Z$  відповідно;  $\varphi_n, \varphi_p$  - кути повороту серединної поверхні плити та осі ребра.

Оскільки  $\varepsilon = \frac{du_i}{dx}$ , а  $du_i = \varepsilon \cdot dx$ ,  $d\varphi = k \cdot dx$ , то після перетворення вираз для роботи внутрішніх сил (3) матиме наступний вигляд

$$dU = N \cdot \varepsilon \cdot dx + M \cdot k \cdot dx. \quad (3)$$

Після певних перетворень рівняння рівноваги системи матиме вигляд:

$$\int_0^l N \cdot \delta \frac{du_i}{dx} dx + \int_0^l M \cdot \delta \frac{d^2 w_i}{dx^2} dx - \delta W = 0, \quad (4)$$

де  $u_i, w_i$  - розв'язок даного рівняння.

Дослідження несучої здатності двох варіантів плити перекриття будівлі житлового будинку виконувалось для розрахункової моделі з вихідними даними, які наведені в роботі [3]. Параметри напружено-деформованого стану багатоповерхового будинку від дії статичного навантаження визначались за допомогою програмного комплексу МОНОМАХ, що наведені у роботі [4]. Житловий будинок моделювався як просторовий збірний залізобетонний каркас з розмірами в плані по довжині ( $L$ ) 32.4 метри і 16.2 метри по ширині ( $B$ ). Плита перекриття моделювалась як скінченно-елементні пластини прямокутної форми з розмірами 0,45×0,4 метра та товщиною 160 мм. За допомогою програмного комплексу SCAD виконувалась уточнюючий розрахунок та визначались параметри напружено-деформованого стану, результати яких наведені в табл.1, а ізолінії згина-

льних моментів, прогинів, сумарного армування 1 п.м. нижньої зони суцільної плити та підкріпленої ребрами плити перекриття на рис. 3 - 8 відповідно.

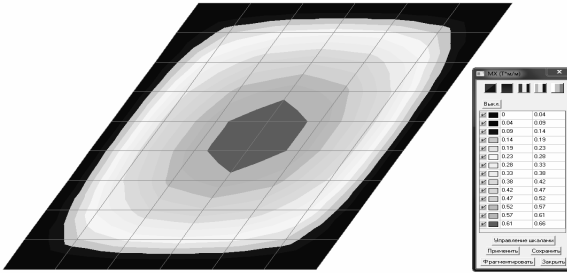


Рис. 3. Ізольні згинальних моментів  $M_x$  для суцільної плити перекриття

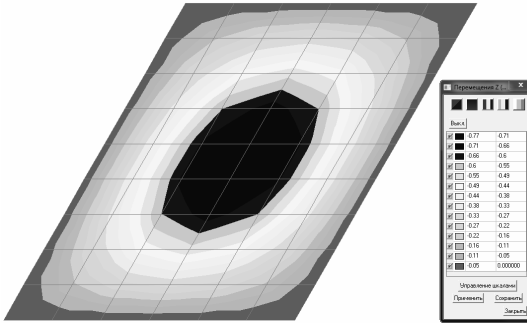


Рис. 4. Ізольні прогинів суцільної плити перекриття

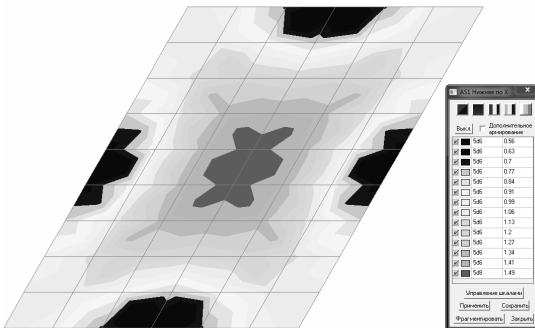


Рис. 5. Ізольні сумарного армування суцільної плити перекриття

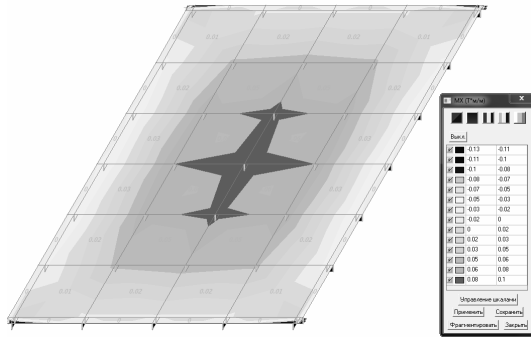
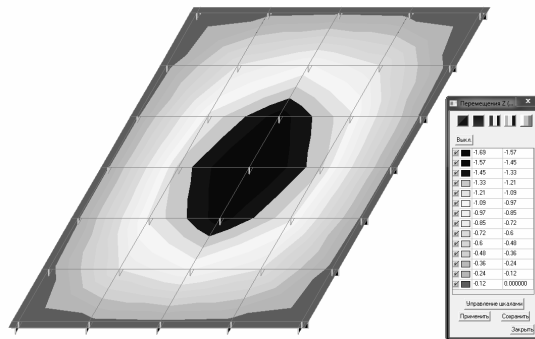
Рис. 6. Ізолінії згинальних моментів  $M_x$  для плити з ребрами

Рис. 7. Ізолінії прогинів плити перекриття з ребрами

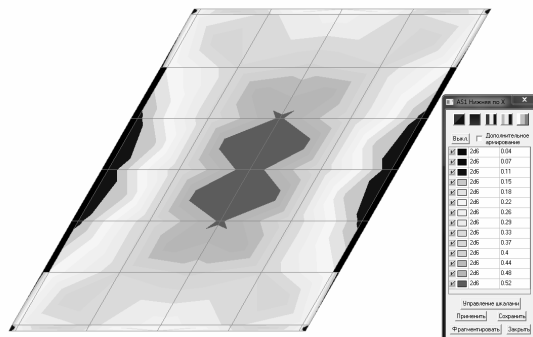


Рис. 8. Ізолінії сумарного армування плити перекриття з ребрами

Результати, наведені в табл. 1, свідчать про те, що значення згинальних моментів  $M_x$  у напрямку роботи плити перекриття, підкріпленої ребрами, значно менші у порівнянні з величинами моментів для суцільної плити. З огляду на це і, враховуючи технологічні фактори щодо влаштування інженерних мереж у підлозі, використання плити перекриття з ребрами у житловому будівництві є доцільним.

Таблиця 1

Максимальні значення величин напружено-деформованого стану плити перекриття

№ п/п	Найменування елемента	Параметри напружено-деформованого стану			
		$Z$ , мм	$M_x$ , кН•м/м	$M_y$ , кН•м/м	Армування в напрямку осі $X$ (на 1п.м. плити)
1	Плита перекриття суцільна (без ребер)	-0,77	6,6	-	- нижня: 5Ø8 , крок 200мм; - верхня: 5Ø6 , крок 200мм.
2	Плита перекриття, підкріплена ребрами	-1,69	1,1	-0,6	- нижня: 2Ø6, крок 400мм; - верхня: крок 400мм; - ребра: 2Ø6 А400

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Баженов В.А., Перельмутер А.В., Шишов О.В.* Будівельна механіка. Комп'ютерні технології: Підручник/ За заг. ред. д.т.н., проф. В.А.Баженова. -К.: Каравела, 2009. - 696 с.
2. *Легостаєв А.Д.* Метод скінченних елементів. Конспект лекцій. -К.:КНУБА, 2004.-112с.
3. *Чеведа П.П., Геращенко О.В., Міценко О.О.* Дослідження динамічної реакції просторового каркасу висотної будівлі при дії сейсмічного навантаження. Сб. Опір матеріалів і теорія споруд. Вип.86.-Київ, КНУБА.-2010.-С.140-147 .
4. *Чеведа П.П., Геращенко О.В.* Вплив дії сейсмічного навантаження на несучу здатність пальового ростверку житлового будинку. Сб. Опір матеріалів і теорія споруд. Вип.88.-Київ, КНУБА. -2011.-С.97-101 .
5. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Мінбуд України, 2006.

*Cheverda P.P.*

#### **RELIABILITY ANALYSIS OF DOUBLE-LAYER RIBBED CEILING PLATE**

The research of the stress-strain state of solid plates and slabs of ribs residential building under the action of the main communication loads. The building is modeled as a spatial finite-element frame with constant stiffness characteristics for the two study options for which using software complex Monomah defined parameters of the stress-strain state. For each option slab by using the complex SCAD specifying the calculation was performed on the effects of edges on its carrying capacity and deflections. Analysis of the study results showed that the magnitude of the stress-strain state of the two options differ significantly. Therefore, the construction of industrial and civil use of precast concrete floor slabs using reinforced edges is more economical due to improved soundproofing properties homes.

*Чеве́рда П.П.*

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДВУХСЛОЙНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ, ПОДКРЕПЛЕННОЙ РЕБРАМИ**

Выполнены исследования напряженно-деформированного состояния сплошной плиты и плиты перекрытия с ребрами жилого дома при воздействии основного сочетания нагрузок. Здание моделировалась как пространственный конечно-элементный каркас постоянной жесткости для обоих вариантов исследования, для которого с помощью программного комплекса МОНОМАХ определялись параметры напряженно-деформированного состояния. Для каждого из вариантов плиты перекрытия с помощью программного комплекса SCAD выполнялся уточняющий расчет по воздействию ребер на ее несущую способность и прогибы. Анализ исследования результатов показал, что величины напряженно-деформированного состояния двух вариантов существенно отличаются. Поэтому строительство объектов промышленного и гражданского назначения из сборного железобетона с использованием плиты перекрытия подкрепленных ребрами является более экономичным благодаря улучшению звукоизолирующих свойств помещений.