

УДК 624.012.464

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КЕСОННОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ ЗІ  
ЗМІШАНИМ АРМУВАННЯМ**

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА КЕСОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТИЯ СО  
СМЕШАННЫМ АРМИРОВАНИЕ**

**METHOD OF CALCULATION HOLLOW (CAISSON) SLABS WITH  
MIXED REINFORCEMENT**

**Бова Я.О., к.т.н., доц., Кашойда О.О., студ.** (Київський національний університет будівництва та архітектури, м.Київ)

**Бова Я.А., к.т.н., доц., Кашойда О.О., студ.** (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г.Киев)

**Bova Y.O., Ph.D, docent, Kashoyida O.O., stud.** (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

Наведено результати розрахунку плоскої та кесонної плити перекриття із ризним типом армування та виконано порівняння отриманих результатів

Приведены результаты расчета плоской и кесонной плиты перекрытия с различным типом армирования и выполнено сравнение полученных результатов

In artical are presents the results of the calculation flat and caisson slabs with different types of reinforcement and comparison of the obtained results.

**Ключові слова:**

**Попереднє напруження, кесонне перекриття, втрати, ширина розкриття тріщин, прогин.**

**Предварительное напряжение, кесонное перекрытия, потери, ширина раскрытия трещин, прогиб.**

**Pre-stresses, caisson overlays, losses, width of crack opening, deflection.**

**Вступ.** У сьогоднішніх умовах розвитку житлового будівництва в світі та в Україні, спонукає до пошуку нових сучасних конструктивних схем і конструкцій. При проектуванні житлових будівель використовують здебільшого монолітні каркаси з плоскими плитами перекриття. Постає питання в пошуку нових схем та конструкцій плит із зменшеними витратами матеріалів, та при цьому збереженні основних міцнісних та деформативних характеристик. Кесонне перекриття зі змішаним

армуванням це один із варіантів досягнення цієї мети. Суть полягає у тому, що у плоску плиту перекриття у певному порядку розміщують пустотні елементи у вигляді об'ємних квадратних елементів, що впливає на зменшення витрат бетону в перерізі. Окрім цього для зменшення впливу другої групи граничних станів від зовнішнього навантаження пропонується використати метод змішаного армування. Змішане армування – це комбінування попередньо напруженої та звичайної арматури, раціонально розміщеної у нижній зоні перерізу плити. Суть аналітичного дослідження полягає у порівнянні кесонних плит із різним армуванням за першою та другою групою граничних станів.

**Аналіз останніх літературних досліджень.** Кесонне перекриття не новий тип перекриття, що застосовують при будівництві житлових об'єктів. Аналізом конструкції займалися багато відомих науковців та інженерів. В той же час і змішаному армуванню приділено достатньо уваги [1, 2, 3].

**Постановка мети і задач досліджень.** Постало питання, чи можливо об'єднати ці два методи і при цьому зберегти їх позитивні властивості. Для перевірки цього питання використали плиту перекриття кесонного типу з розмірами, що зображено на рис.1. Для перевірки отриманих даних було обрано три варіанти армування (табл.1).

Таблиця 1

Варіанти плит перекриття для розрахунку

№	Конструктивна схема плити	Тип армування
1	Кесонне перекриття	Звичайне
2		Змішане
3		Попередньо напружене

Плита має квадратну форму в плані, та опирається на чотири колони, що знаходяться по кутах плити (рис.1).

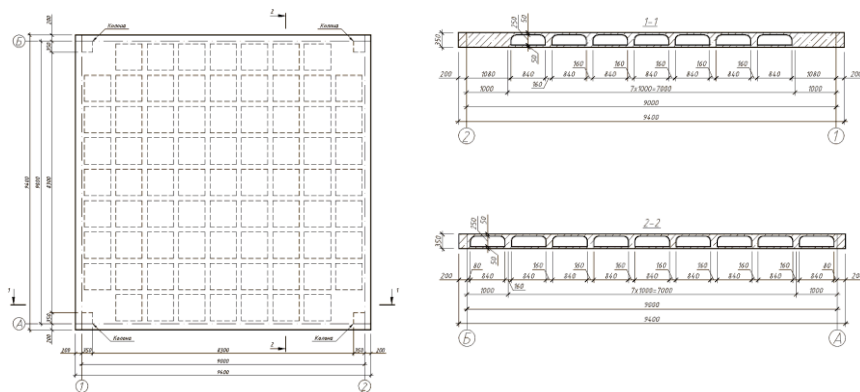


Рис. 1. Плита в плані та її поперечний та повздовжній розріз

Завантаження плити виконали двома рівномірно розподіленими навантаженнями, постійним і тимчасовим, відповідно до діючих норм проектування[5]. Розрахункові характеристики матеріалів наведені у табл.2.

Таблиця 2

*Розрахункові характеристики матеріалів*

<i>Бетон С20/25</i>				<i>Ар-ра напружена класу А800</i>		
$f_{ck}$ , МПа	$f_{cd}$ , МПа	$f_{ctk}$ , МПа	$E_{cm}$ , ГПа	$f_{pk}$ , МПа	$f_{p0,1k}$ , МПа	$E_p$ , МПа
18,5	14,5	1,5	30	840	765	$1,9 \cdot 10^5$
				<i>Ар-ра ненапружена А400С</i>		
				$f_{vd}$ , МПа	$f_{vwd}$ , МПа	$E_s$ , МПа
				365	285	$2,1 \cdot 10^5$

**Методика досліджень.** Для розрахунку плити використали програмний комплекс «Ліра-САПР» за методикою запропонованою Лоскутовим І.С. [6]. Розрахункову модель та поперечний розріз моделювали використовуючи рекомендації наведені в [4]. Розрахункова модель зображена на рис.2.

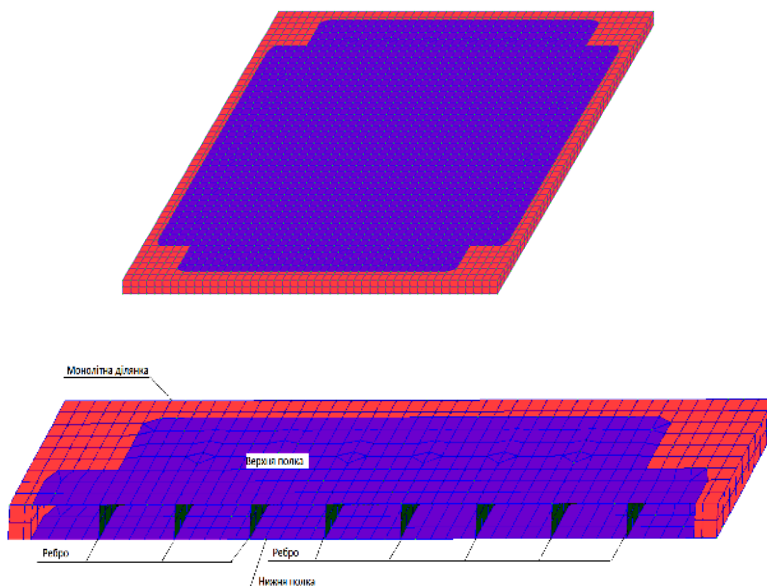


Рис. 2. Розрахункова модель в ПЗ «Ліра-САПР»

Після розрахунку аналітичної моделі отримали дані про згинальний момент у верхній полиці та нормальні напруження в ребрах (рис.3).

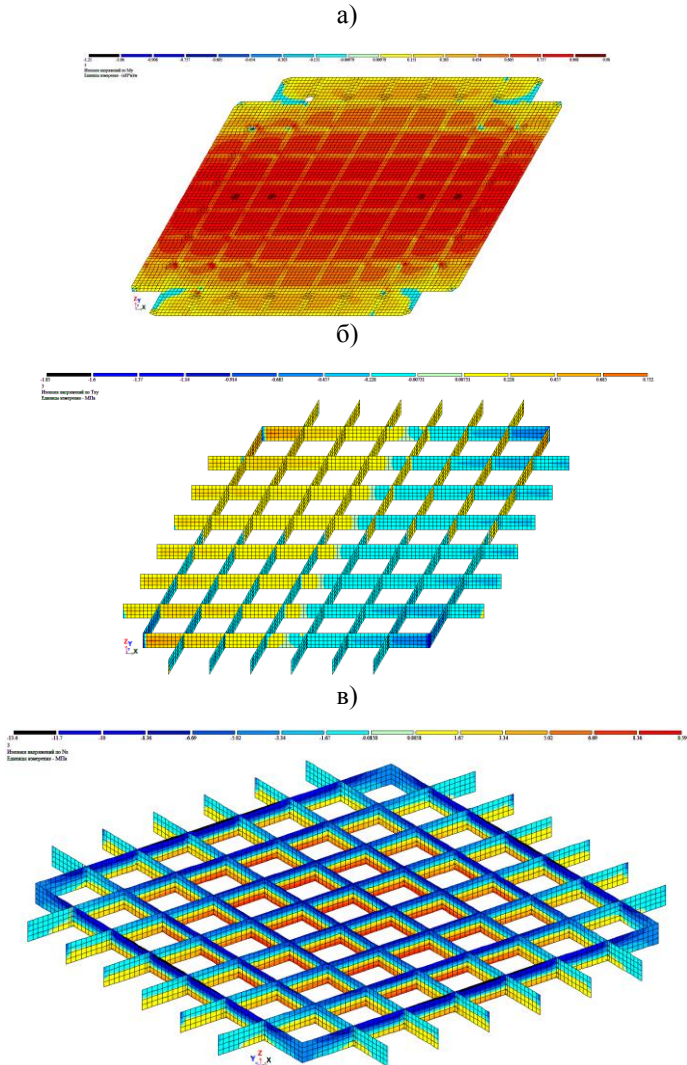


Рис. 3. Аналітична модель після розрахунку в ПЗ «Ліра-САПР»:  
а) згинаючий момент у верхній полиці; б) нормальні напруження в ребрах; в) дотичні напруження в ребрах

Оскільки модель ребра плити відображена через пластинчасті елементи, то підбір робочої арматури виконали за допомогою нормальних напружень (рис.4).

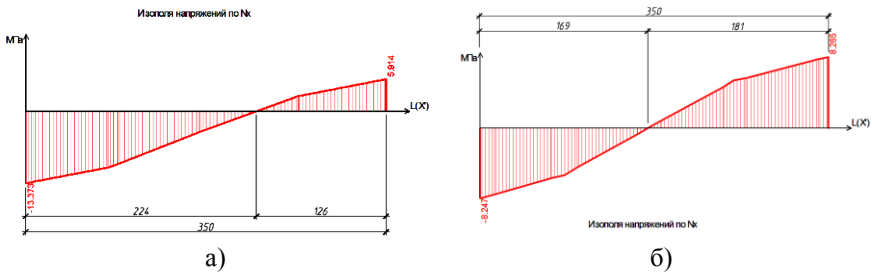


Рис.4. Розріз ребру: а) крайньому; б) центральному.

При цьому площа центрального ребра, що сприймає розтяг і стиск буде дорівнювати

$$A_{розт.(стиск)}^{ч.р.} = b \cdot h_{розт.(стиск)} \quad (1)$$

Зусилля, що створюють дані напруження визначимо за формулою

$$P_{розт(стиск)}^{ч.р.} = \sigma_{Ed}^{ч.р.} \cdot A_{розт.(стиск)}^{ч.р.} \quad (2)$$

Тоді необхідна площа арматури в нижній зоні ребра, що сприймає зусилля розтягу буде дорівнювати:

$$A_s = \frac{P_{розт}^{ч.р.}}{f_{yd}}; \quad (3)$$

Необхідна площа бетонного перерізу при стиску при цьому буде дорівнювати

$$A_c = \frac{P_{стиск}^{ч.р.}}{f_{cd}}; \quad (4)$$

Оскільки необхідна площа бетонного перерізу для сприйняття стискаючого зусилля є меншою, або рівною фактичній стиснутій зоні ( $A_c < A_{cm}^u$ ), то можна вважати, що міцність на стиск буде забезпечена самим бетонним перерізом. Армуння ребра після отриманих результатів розрахунку обраних варіантів зображено на рис.5.

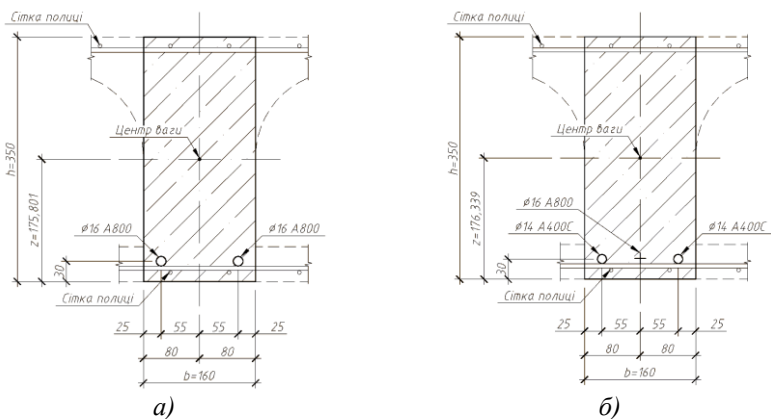


Рис.5. Конструювання ребра:  
а) з напруженою арматурою б) зі змішаним армуванням.

Розрахунок за другою групою граничних станів виконуємо згідно діючих норм проектування з дотриманням усіх граничних значень, що пред'являють плитам перекриття [5,7].

Розрахункова ширину розкриття тріщин дорівнює

$$\omega_k = \beta \cdot S_{rm} \cdot \varepsilon_{sm}. \quad (5)$$

Максимальний прогин в середині прольоту визначаємо за формулою:

$$\alpha_{\max} = \alpha_k \cdot \frac{M_{Sd,n} \cdot l_{eff}^2}{B}. \quad (6)$$

**Результати досліджень.** Для більш зручного аналізу результати наведені у вигляді табл.3.

Таблиця 3.

*Результати розрахунку кесонних плит перекриття*

Варіант армування	Клас ар-ри	Ø, мм	К-сть, шт	Витрати сталі на 1м/п ребра, кг		Втрати, кНм	$M_{w,ult}$ , кНм	Ширина тріщин, мм	Прог ин, мм
Звичайний	A400C	20	2	4,94	4,94	---	26,88	0,253	12,00
З напруженою арматурою	A800	16	2	3,16	3,16	83,84	48,63	0,36	8,65
	A800	16	1	0,89	3,38	38,51	41,69	0,34	10,77
Змішаний	A400C	14	2	2,42					

**Висновок.** Під час виконання розрахунку було апробовано методику розрахунку кесонного перекриття з трьома варіантами армування. Виходячи з отриманих результатів має наступне, змішане армування у кесонній плиті суттєво впливає на тріщиностійкість у порівнянні зі звичайним армуванням та дає змогу зменшити витрати на процес натягу

арматури і зменшити кількість високоміцної арматури в перерізі. За другою групою граничних станів, плити зі змішаним армуванням знаходяться в межах допустимих значень по деформаціях. Варто звернути увагу на процес моделювання та розрахунку кесонного перекриття в програмних комплексах, як краще “імітувати” роботу ребра в перерізі плити, і які елементи краще відобразатимуть реальну роботу конструкції. Всі ці питання необхідно вирішити, щоб отримати більш чітку роботу реальної конструкції.

**1.** Арсланбеков М.М. Исследование прочности, трещиностойкости и жесткости железобетонных изгибаемых элементов со смешанным армированием // Дисс.канд.техн.наук. М. – 1983 – с. 166. **2.** Бабич Є.М. Залізобетонні балки і плити зі змішаним армуванням/ Є.М. Бабич, О.П. Борисюк, П.П. Коцебчук // Вид-во – Рівне, 1998 – с. 134. **3.** Бова Я.О. Залізобетонні плити зі змішаним армуванням // Автореферат. Київ, 2013 – с. 22. **4.** Верюжский Ю.В. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций / Ю.В. Верюжский, В.И. Колчунов, М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский // . – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 808 с. **5.** ДБН В-2-6-98-2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення». **6.** Лоскутов И.С. Монолитные железобетонные кесонные перекрытия. // -М., 2015 – 72с. **7.** Пецольд Т.М., Тура В.В. «Залізобетонні конструкції. Основи теорії, розрахунку і конструювання», БГТУ, 2003р.