

УДК 624.012.464

АНАЛІЗ РОБОТИ АРМАТУРИ У ДВОВІСНО НАПРУЖЕНИХ ПЛИТАХ ЗІ ЗМІШАНИМ АРМУВАННЯМ

АНАЛИЗ РАБОТЫ АРМАТУРИ В ДВУОСНО НАПРЯЖЕННЫХ ПЛИТАХ СО СМЕШАНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

ANALISYS OF ARMAMENT IN BIAXIAL PRESTRESSED SLABS WITH MIXED REINFORCEMENT

Бова Я.О., к.т.н., асистент (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

Бова Я.А., к.т.н., ассистент (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев)

Bova Y.A., candidate of Technical Sciences, assistant (Kyiv national university of construction and architecture)

У статті наведено особливості методики проведення експериментальної частини дослідження впливу змішаного армування на роботу арматури у двовісно напружених плитах.

В статье указано особенности методики проведения экспериментальной части исследования влияния смешаного армирования на работу арматуры в двuosно напруженных плитах.

The article presents the features of experimental part of researches methods of the mixed reinforcement influence on fittings work in biaxial prestressed slabs.

Ключові слова: змішане армування, двовісне напруження, коефіцієнт змішаного армування, плити оперті по контуру.

Смешанное армирование, двухосное напряжение, коэффициент смешаного армирования, плиты опертые по контуру.

Mixed reinforcement, biaxial prestressed slabs, coefficient mixed reinforcement, slabs that are leaned on a contour.

Вступ. Останім часом для забезпечення більш просторових схем викорисовують прольоти безбалкових безкапітельних плит перекрять особливо житлових і громадських будівель. У деяких випадках прольоти у таких конструкціях можуть досягати до 7...9 м., а для забезпечення гнучкості та тріщонстійкості необхідно використовувати попереднє напруження. У КНУБА проведено ряд дослідів з двовісно напруженими плитами [1,2,3,4]. Існує метод армування конструкцій, що дозволяє зберігти властивості попереньо напружених плит при розрахунку за 1-ю та 2-ю групою граничних станів та зменшити кількість напруженої арматури замінивши її ненапруженою. Максимальна ефективність змішаного армування досягається

за рахунок розміщення ненапруженої армури в зоні дії максимального моменту.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Після аналізу останніх літературних досліджень [5,6,7] виявив, що недостає уваги надавалося вивченню впливу змішаного армування на роботу арматури у двовісно напружених плитах при поперечному згині.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Основна мета – це перевірка ступеню використання напруженої та ненапруженої арматури у двовісно напружених плитах при поперечному згині. Цього можна досягнути шляхом аналізу напружень в арматурі.

Постановка завдання. Для визначення відносних деформацій арматури запроєктували та випробували плоскі плити розмірами 800×800 мм товщиною 75 мм з різним коефіцієнтом змішаного армування. Під коефіцієнтом змішаного армування розуміють відношення площі напруженої арматури до суми всієї площі арматури в перерізі елемента. Виходячи з цього визначення дослідні плити поділені на: ненапружені, зі змішаним армуванням та ненапружені з повністю напруженою арматурою (табл. 1). Кожна серія містила по 4 зразка плит. Армування дослідних плит виконали за допомогою арматурного прокату класу А500С та А800С. Арматурні стержні в зразках кожної серії розміщували вздовж двох осей у площині плити: по осі Х – у шаховому порядку, вище й нижче серединної поверхні плити, а в напрямку осі Y – перпендикулярно стержням по осі Х (рис. 1). В обох напрямках встановили по 9 стержнів із кроком 89 мм. Так в плитах серії П-1 (звичайне армування) – по 9 ненапружених стержнів в кожному напрямку з арматури класу А500С. В плитах серії П-2 (зі змішаним армуванням): в обох напрямках по 5 напружених стержнів класу А800С по 4 ненапружених стержня класу А500С. Серія П-3 (повністю напружене армування) містила по 9 напружених стержнів в кожному напрямку з арматури класу А800С.

Таблиця 1

Об'єм та характеристики плит-зразків

№ серії та шифр зразка	Розміри плит-зразків, мм			Коефіцієнт змішаного армування $K_p = \frac{A_{sp}}{A_{s,tot}}$	К-сть та клас напруженої арматури	К-сть та клас ненапруженої арматури	К-сть зразків, шт.	Ціль випробування
	h	l	b					
П-1 (ненапр. арм.)	75	800	800	0	-	18 А500С	4	Міцність, тріщино-стійкість
П-2 (зміш. арм.)	75	800	800	0,65	10 А800С	8 А500С	4	прогини при різних
П-3 (попер. напр. арм.)	75	800	800	1	18 А800С	-	4	способах армування

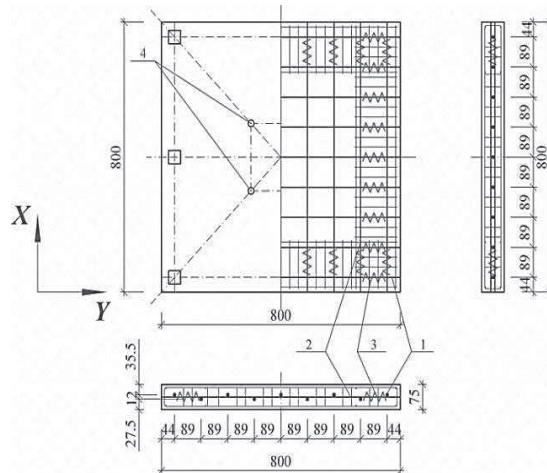


Рис. 1. Армування випробувального зразка плити:
 1 – арматурні стержні; 2 – “Г”-подібні арматурні сітки; 3 – спіралі;
 4 – круглі марки

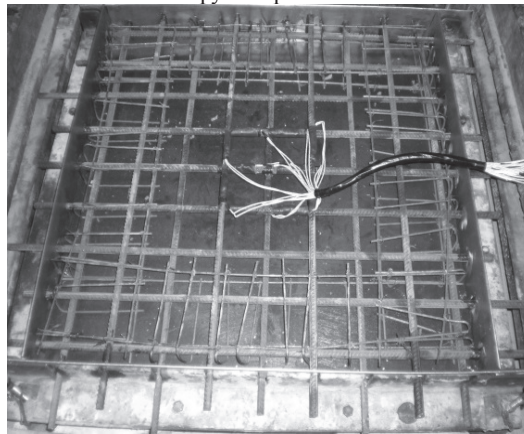


Рис. 2. Розміщення тензодатчиків на арматурі в центрі плити вздовж двох осей

Виготовлення випробувальних зразків виконували на спеціально запроєктованій та виготовленій установці для створення двовісного обтіску. Відносні деформації в арматурі фіксували за допомогою тензодатчиків, які встановлені безпосередньо на арматурі вздовж двох осей в центрі плити в зоні дії максимального навантаження (рис. 2). Перевірку арматури на розтяг, як і тарування тензодатчиків, виконали за допомогою розривної машини марки *P-50*. Результати випробування арматурного прокату наведено у табл. 2 та рис. 3.

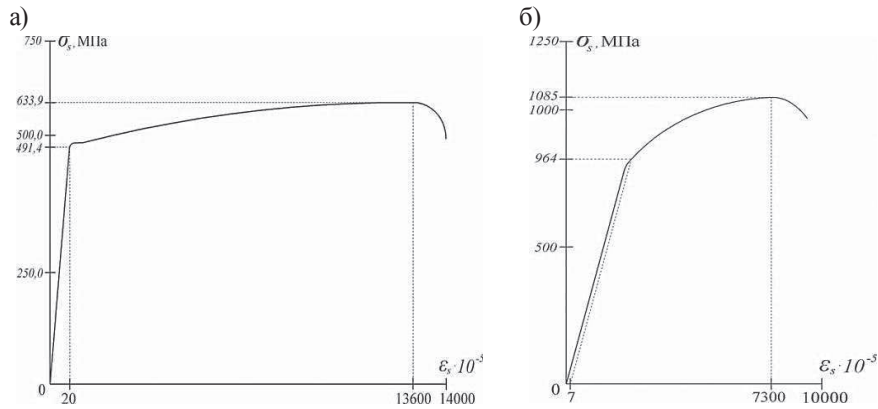


Рис. 3. Діаграма $\sigma - \epsilon$ для арматури А500С (а) та А800С (б)

В результаті отримані механічні характеристики арматури, що відповідають проектним значення арматури класу А500С та А800С.

Для проведення експериментальних досліджень зразків плит при короткочасному поперечному згині, запроєктовано та виготовлено устаткування, що моделює роботу плити на поперечний згин. Навантаження на зразки плит прикладено чотирма зосередженими силами ступенями з кроком $P = 19,6$ кН витримкою по 5 хв для зняття даних із приладів, у відповідності до схеми, яка наведена на рис. 4.

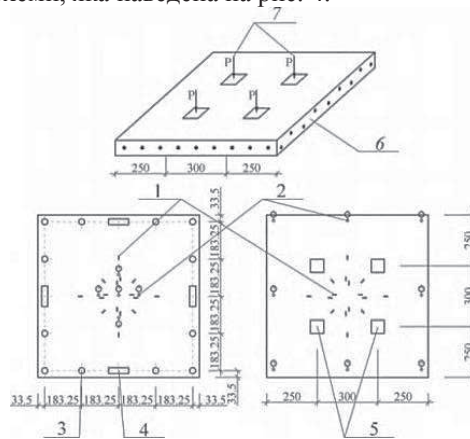


Рис. 4. Схема навантаження плити та розміщення вимірювальних приладів:

- 1 – тензодатчики; 2 – індикатори часового типу; 3 – сферичні опори;
- 4 – шарнірні опори; 5 – точки прикладання зусилля; 6 – зразок-плита;
- 7 – зусилля від домкратів P

Таблиця 2

Основні механічні характеристики арматурного прокагу класів А500С та А800С

№	Діаметр та клас арматури	Вага зразка, г	Довжина зразка, мм	Площа поперечного перерізу зразка, мм ²	Беза виміру, мм	Модуль пружності сталі, $E_s \cdot 10^5$, МПа	Умова (різична) $f_{0,2k}$ або $f_{p0,1k}$, МПа		Тимчасовий опір розриванню, f_{tk} або f_{pk} , МПа		$\frac{f_{0,2k}}{f_{tk}}$ або $\frac{f_{p0,1k}}{f_{tk}}$	Відносне видовження після розриву $\delta_s, \%$	Відносне рвнне видовження після розриву $\delta_p, \%$	$\epsilon_t, \%$
							дані випробування	згідно з ДСТУ	дані випробування	згідно з ДСТУ				
1	Ø12 А500С	445,0	479,0	1,183	250,0	20,0	526,3	500	653,2	600	0,806	26,0	-	13,3
2		460,0	499,0	1,174			497,1		637,4		0,780	25,0	-	13,4
3		471,0	500,0	1,200			501,7		641,5		0,782	25,0	-	13,3
4		462,0	499,0	1,179			440,5		603,7		0,730	26,0	-	14,4
1	Ø12 А800С	560,0	616,0	1,158	250,0	19,0	985,7	800	1108,4	1000	0,889	13,3	2,50	7,2
2		550,0	610,0	1,149			977,2		1101,0		0,888	15,0	3,33	7,2
3		555,0	610,0	1,159			951,9		1070,3		0,889	13,3	1,67	6,8
4		540,0	599,0	1,148			939,6		1059,2		0,887	14,2	2,92	8,0

Основний матеріал і результати. Значення відносних деформацій арматури вимірювали за допомогою приладу СІИТ-3. Принцип дії цього приладу ґрунтується на використанні мостової вимірювальної схеми. Отримані результати дозволили обчислити відносні деформації у арматурі за формулою:

$$\varepsilon_i = m(N_i - N_0) \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

де N_0 і N_i – відповідні покази приладу для незавантаженого зразка та за дії певного ступеню навантаження;

m – коефіцієнт тензочутливості, і дорівнює 2;

Після цього, маючи модуль пружності для кожного виду арматури, розраховали напруження за загально відомою формулою

$$\sigma_s = \varepsilon_s \cdot E_s, \quad (2)$$

де ε_s – відносні деформації арматури в зоні дії максимального навантаження, отримані зі співвідношення (1)

Після обчислення напружень в арматурі, побудовано графіки залежності напружень від навантаження, яке діє на зразки плит (див. рис. 5...7). Слід відмітити, що за нульову позначку в плитах серій П-2 та П-3 взято дані напружень в арматурі від попереднього напруження з урахуванням усіх втрат.

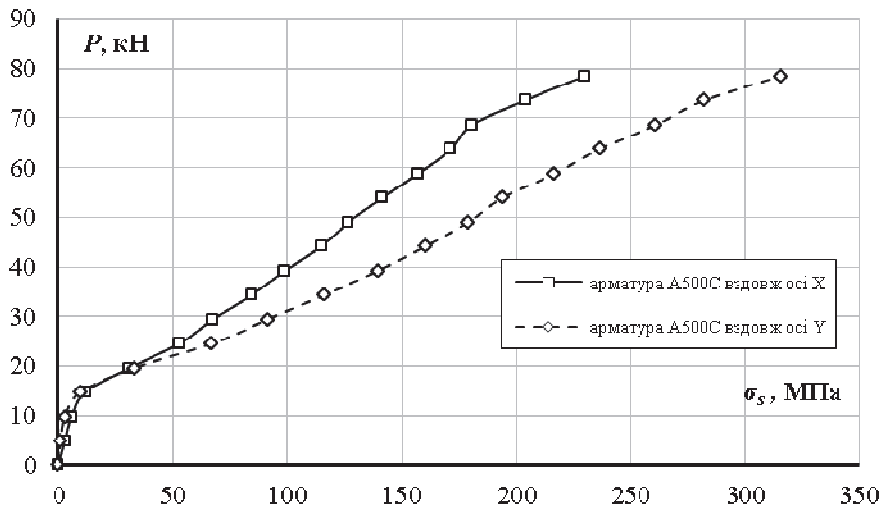


Рис. 5. Залежність середніх значень напружень у арматурі від навантаження для арматури класу А500С в плитах серій П-1

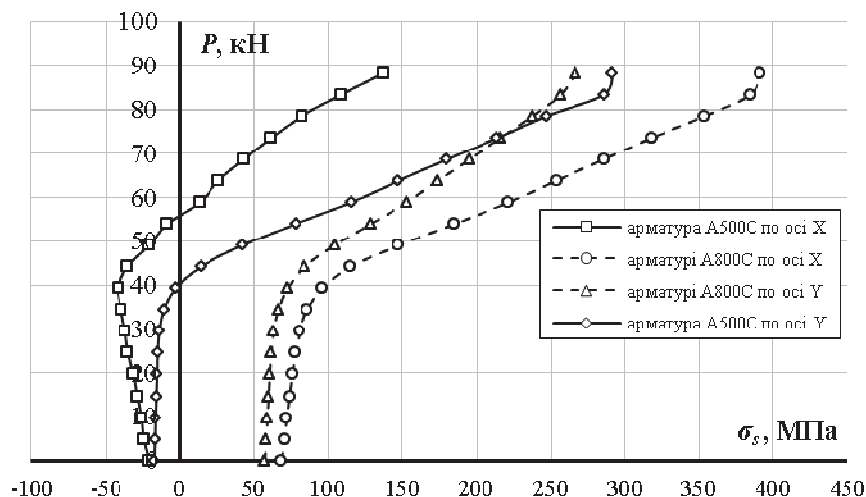


Рис. 6. Залежність середніх значень напружень у арматурі від навантаження для арматури класу А500С та А800С в плитах серій П-2

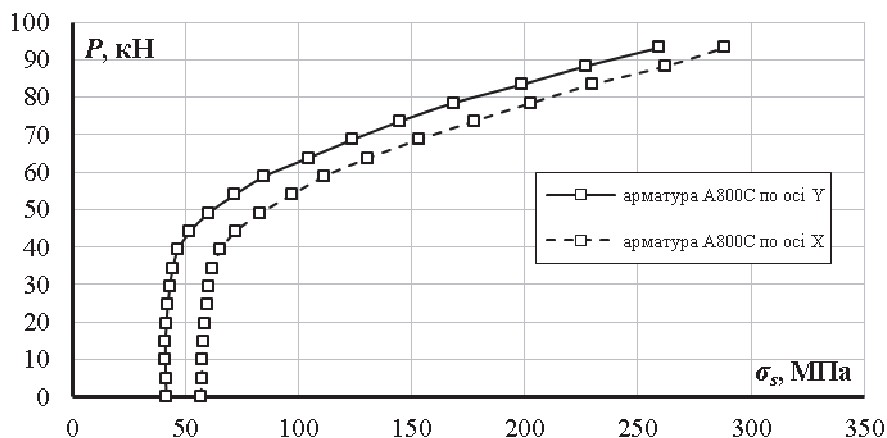


Рис. 7. Залежність середніх значень напружень у арматурі від навантаження для арматури класу А800С в плитах серій П-3

В плитах серії П-1 максимальні напруження в арматурі зафіксовані при навантаженні в 78,5 кН і дорівнюють 273 МПа. Усі графіки напружень у арматурі мають криволінійний характер (рис. 5). В плитах серії П-2 максимальні напруження зафіксовані при навантаженні в 88,3 кН і дорівнюють: в арматурі класу А500С – 214,3 МПа; в арматурі класу А800С – 329,0 МПа. В плитах серії П-3 максимальні напруження в арматурі

зафіксовано при навантаженні в 93,2 кН і дорівнюють 207,7 МПа. З рис. 6-7 видно, що графіки напружень в арматурі мають два відрізки: перший – має лінійний характер до n -го навантаження та криволінійний від n -го навантаження і до моменту руйнування.

Висновки. Порівнюючі отримані результати можна констатувати, що арматура в плитах зі звичайним армування використовується всього на 51% від усієї міцності на розтяг. У двовісно напружених плитах арматура використовується на 26% від усієї міцності на розтяг. У плитах зі змішаним армуванням ненапружена арматура використана всього на 43%, в той час як напружена, на 41% від усієї міцності на розтяг. З огляду на це, використання змішаного армування при поперечному згині є досить ефективним, не дивлячись навіть на деякий значний запас міцності двох видів арматур. Цей “умовний” запас потрібен в першу чергу, щоб зберігти властивості двовісно напруження у плитах зі змішаним армуванням.

1. Журавський О.Д. Напряженно – деформированное состояние железобетонных плит при двусном предварительном обжатий // Автореферат. Киев, - 1988. - с.25
2. Лисюк С.А. Работа двовісно попередньо-напружених плит при поперечному згині: автореферат дис...канд. техн. наук: 05.23.01 / Київський національний університет будівництва і архітектури. – К., 2009.– 156 с.
3. Фам Хоанг Минь Хуан. Міцність, тріщиностійкість та деформативність залізобетонних плит, попередньо напружених в двох напрямках: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01 / Київський національний університет будівництва і архітектури. — К., 2002. — 19 с.
4. Барашиков А.Я., Журавський О.Д., Цибульник І.О. Експериментальні дослідження міцності та тріщиностійкості плит, підсилених сталевібробетоном // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип. 6. - Рівне, 2001, С. 255-258.
5. Бабич Є.М., Борисюк О.П., Коцебчук П.П. Залізобетонні балки і плити зі змішаним армуванням // Вид-во – Рівне, 1998. – с.134
6. Светов А.А. Ребристые плиты покрытий с экономичным смешанным армированием // Бетон и железобетон №1 – 1981. – с.7-9
7. Чалкатрян Д.А. Трещиностойкость многопустотных панелей со смешанным армированием // Совершенство технологий и расчета железобетонных конструкций. – Москва, 1984 – с.114-118