

Міцність та тріщиностійкість сталевібробетонних плит, опертих по контуру при повторних навантаженнях

Олег Скорук

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський просп, 31, Київ, Україна, 03037,
2120756@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3510-3758

Анотація. Проводилися експериментальні та теоретичні дослідження напружено-деформованого стану одно-, і двошарових бетонних, залізобетонних та сталевіброзалізобетонних плит під дією поперечного малоциклового навантаження. Загальною картиною роботи плит при повторних навантаженнях, аж до їх руйнування є почергове проходження трьох стадій роботи конструкції. Це – стадія пружної роботи до появи першої тріщини, стадія експлуатації, тобто робота з тріщинами і стадія руйнування зразка.

При вивченні деформацій опертих по контуру плит під дією рівномірного повторного навантаження приведена обробка власних експериментальних досліджень та розглянуті методики теоретичних розрахунків дослідних плит.

Ключові слова: сталевібробетон, фібра, двошарові плити, фіброве армування, міцність.

ВСТУП

Про застосування різного виду волокон або фібр для покращення експлуатаційних властивостей будівельних матеріалів відомо з давнини.

На даний час використовують в якості фібр скловолокно, вуглецеве волокно, різного роду синтетичні волокна та сталеві фібри.

За останні три десятиріччя вченими в багатьох країнах світу отримано результати, якими підтверджено якісно кращі показни-

ки сталевібробетону у порівнянні зі звичайним бетоном [1, 3, 6, 7, 14].

На ефективність сталевібробетону значно впливає вид та спосіб виготовлення фібр, їх геометричні характеристики та орієнтація в бетонній матриці.

Найефективнішими за даними різних авторів [2, 4, 9], є фібри діаметром 0,23...0,3 мм, а також плоскі завтовшки 0,4...0,4 мм і завширшки 0,23...0,9 мм. Відношення довжини l_f до еквівалентного круглого перерізу d_f фібр рекомендується в межах 23...113. Найчастіше використовують фібри з $l_f/d_f = 8...100$, а за умови максимальної міцності та в'язкості при згині оптимальне відношення складає $l_f/d_f = 73$.

Багато дослідників [2, 9, 16] акцентують увагу на тому, що введення в бетон хаотично орієнтованих коротких волокон мало впливає на міцність сталевібробетону на стиск і на модуль пружності, але приводить до суттєвого збільшення міцності на розтяг та згин.

Поряд з вивченням фізико-механічних характеристик сталевібробетону, багато науковців [3, 13, 14] займалися дослідженнями деформативних властивостей сталевібробетонних конструкцій. Варто зауважити, що застосування сталевібробетону веде до підвищення жорсткості, тріщиностійкості та міцності елементів, які працюють на згинання. Це також дозволяє підви-

щити експлуатаційні показники конструкцій.

Більшість робіт присвячена балочним конструкціям, а от щодо роботи сталевібробетону у плитних шаруватих конструкціях інформації небагато.

МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИ РОБОТИ

Мета дослідження – дослідити доцільність застосування в шаруватих конструкціях (плитах), високоміцного матеріалу, такого як сталевібробетон і ефективність його роботи при у мові, що розтягуючи зусилля сприймає шар залізобетону, а у стиснутій зоні влаштований шар сталевібробетону.

Виділені основні завдання досліджень одношарових і двошарових плит:

- провести порівняння експлуатаційних якостей одношарових і двошарових плит, які працюють у двовісному напруженому стані;
- дослідити вплив обох шарів двошарових плит на міцність і тріщиностійкість у цілому.

Методи дослідження – експериментальні і теоретичні. Які базуються на рекомендаціях вітчизняних нормативних документів і Європейських стандартів.

ПОЯСНЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для порівняння роботи шаруватих конструкцій проводилися експериментальні дослідження напружено-деформованого стану одно-, і двошарових бетонних, залізобетонних та сталевіброзалізобетонних плит під дією поперечного малоциклового навантаження (Рис. 1, 2). Об'єм та характеристика експериментальних зразків наведена у Табл. 1. Тип застосованих сталевих фібр і їх характеристика представлена у Табл. 2.

Як зразки використовувались плити розмірами 800×800×75 мм (Рис. 1).

Для випробовування дослідних плит використовувалася спеціальне обладнання для випробовування плит опертих по контуру з можливістю створювати рівномірно-розподілене навантаження (Рис. 2).

Для армування залізобетонних плит прийнята арматура Ø 5 мм класу Вр-I і арматура Ø 8 мм класу А500С. Арматурні стержні в серіях III, IV, V розташовані у розтягнутій зоні із захисним шаром бетону товщиною 15 мм.

Для порівняння деформаційних властивостей плит випробувані одношарові (серія I, II, III) і двошарові плити (серія IV, V), де шари сталевібробетону розташовані зверху (у стиснутій зоні), див. Табл. 1.

З метою виявлення ступеню сумісної роботи плит випробувані одношарові плити серія I, II, III – бетонні, сталевібробетонні та залізобетонні. Сталевібробетон не має додаткової стержневої арматури, оскільки дослідження різних авторів [4, 12, 13] свідчать про неефективність такого армування. При випробуванні поперечним навантаженням як одношарових, так і двошарових плит використовували одну розрахункову схему – плита шарнірно оперта по контуру і навантажена рівномірно розподіленим навантаженням (Рис. 1).

У процесі навантаження у центрі плити фіксували прогини, а також деформації над опорами за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. На нижній і верхній сторонах плити вимірювали деформації бетону за допомогою тензоризисторів з базою 50 мм (Рис. 3).

Характер деформування дослідних зразків у зонах з тріщинами залежить від схеми тріщин, тобто від орієнтування тріщин відносно напрямку армування, взаємного перетину тріщин, виникнення тріщин на одній або на обох поверхнях елементу.

Наскрізні тріщини зустрічаються при безмоментному напруженому стані або при додатковій дії невеликих моментів.

Прийняті конструктивні рішення та методика випробовування реалізує різні види руйнування зразків: без тріщин у стиснутій зоні та з тріщинами у стиснутій зоні.

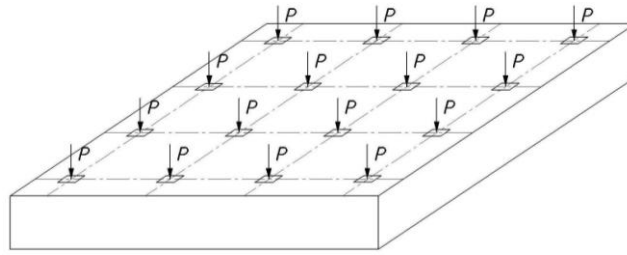


Рис. 1. Схема прикладення рівномірно-розподіленого навантаження на плити:

P – точка прикладення навантаження

Fig. 1. The scheme applying uniformly distributed load on a slabs:

P – point of application of load

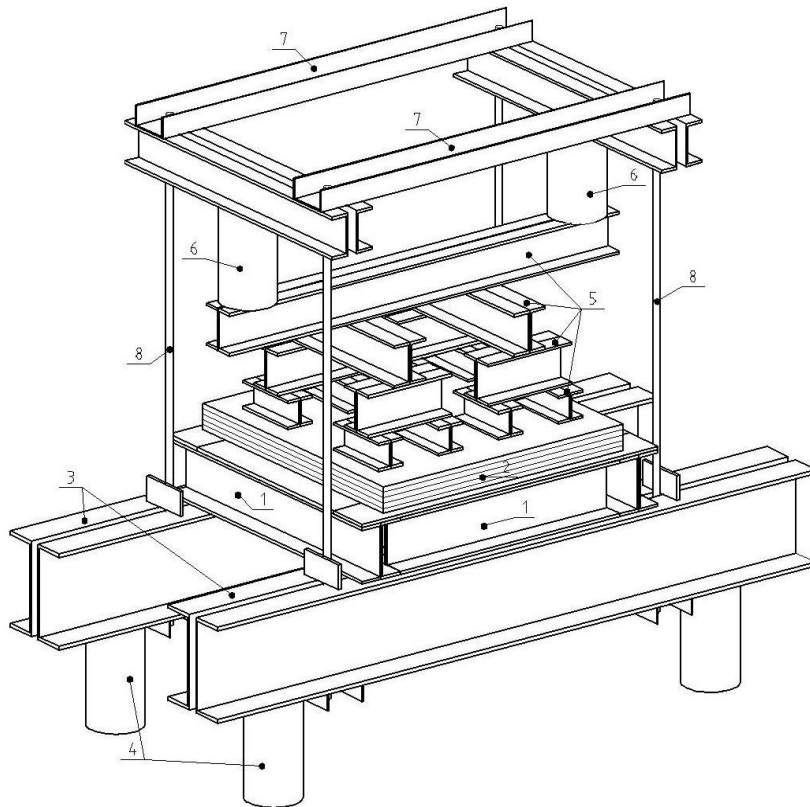


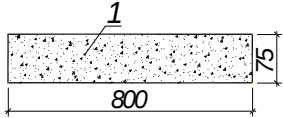
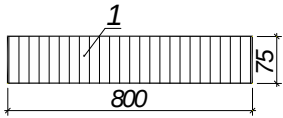
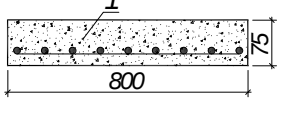
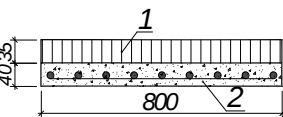
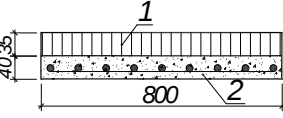
Рис. 2. Загальний вигляд обладнання для випробовування плит опертих по контуру з можливістю створювати рівномірно-розподілене навантаження:

1 – розвантажувальна рама; 2 – плита, що випробовується; 3 – силова рама; 4 – опори; 5 – розподільчі траверси; 6 – гідравлічні домкрати; 7 – розпірки; 8 – тяжі

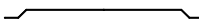
Fig. 2. General view of the equipment for testing circuit boards reliance on with the ability to create a uniformly distributed load:

1 – loading frame; 2 – slabs; 3 – frame for loading; 4 – support; 5 – Distribution arms; 6 – hydraulic jacks; 7 – spacers; 8 – bands

Таблиця 1. Об'єм експериментальних досліджень
Table 1. Score of experimental studies

№ серії	Марка	Вид зразків	Кількість, шт.	Переріз	Склад
I	ПБ-1	Плита бетонна	3		1 – бетон (по всьому об'єму)
II	ПФ-1	Плита фібробетонна, тип фібри Ф-1	3		1 – фібробетон (по всьому об'єму)
	ПФ-2	Плита фібробетонна, тип фібри Ф-2	3		
III	ПЗ-1	Плита залізобетонна, арматура Ø 5 мм класу Вр-І	3		1 – бетон (по всьому об'єму)
	ПЗ-2	Плита залізобетонна, арматура Ø 8 мм класу А500С	3		
IV	ПФЗ-1	Плита двошарова (залізо+фібробетон, тип фібри Ф-1)	3		1 – фібробетон 2 – залізобетон
	ПФЗ-2	Плита двошарова (залізо+фібробетон, тип фібри Ф-2)	3		
V	ПФЗК-1	Плита двошарова (залізо+фібробетон, тип фібри Ф-1, Ф-2 – коктейль)	3		1 – фібробетон, (коктейль) 2 – залізобетон

Таблиця 2. Характеристика фібр застосованих у експериментальних зразках
Table 2. Characteristics of the fiber employed in the experimental samples

№	Найменування	Діаметр, мм	Довжина, мм	Висота, мм	Загальний вигляд (ескіз)
1	Фібра з дроту хвилеподібної форми, тип Ф-1	1,0	50,0	2,0	
2	Фібра з дроту, що має анкерні кінці, тип Ф-2	0,75	30,0	2,9	

Загальною картиною роботи плит при повторних навантаженнях, аж до їх руйнування є почергове проходження трьох стадій (Рис. 4). Це – стадія пружної роботи до появи першої тріщини, стадія експлуатації, тобто робота з тріщинами і стадія руйнування зразка.

Графік зростання прогинів згинальних елементів, у тому числі плит, опертих по контуру, характеризується трьома ділянками, на яких деформування конструкцій суттєво відрізняється. Перша ділянка поширюється до моменту утворення перших тріщин, а друга – до утворення пластичних

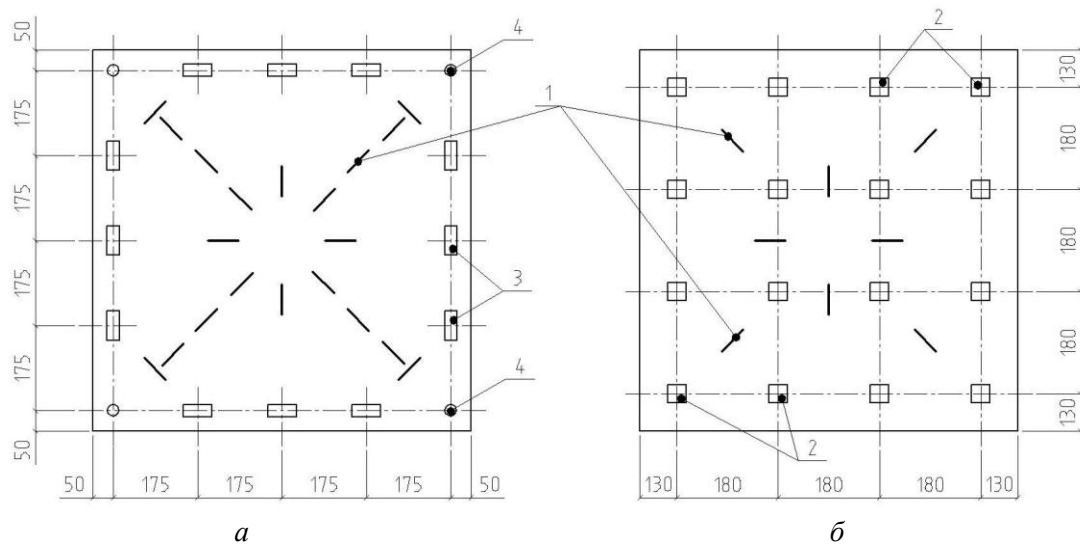


Рис. 3. Схема розташування тензодатчиків і опор випробувальних зразків:
a – вид нижньої поверхні плити; *b* – вид верхньої поверхні плити; 1 – тензодатчик;
 2 – точки прикладання навантаження; 3 – циліндрична опора; 4 – кулькова опори

Fig. 3. Location of load cells and supports test samples:
a – view of the bottom surface plates; *b* – view of the upper surface plate
 1 – strain gauge transducer; 2 – point of application of load; 3 – cylindrical support; 4 – ball bearing

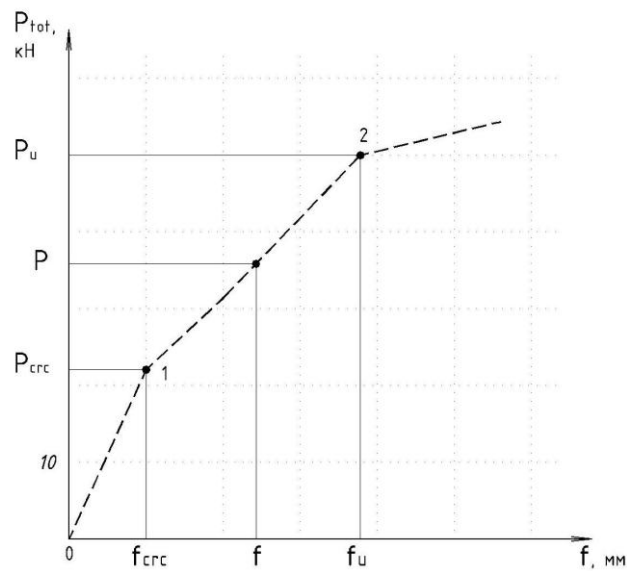


Рис. 4. Розрахункова схема прогинів плит:
 1 – утворення тріщин; 2 – поява пластичних деформацій у розтягнутій зоні

Fig. 4. Diagram deflection plates:
 1 – crack formation; 2 – the appearance of plastic deformations in the stretched area

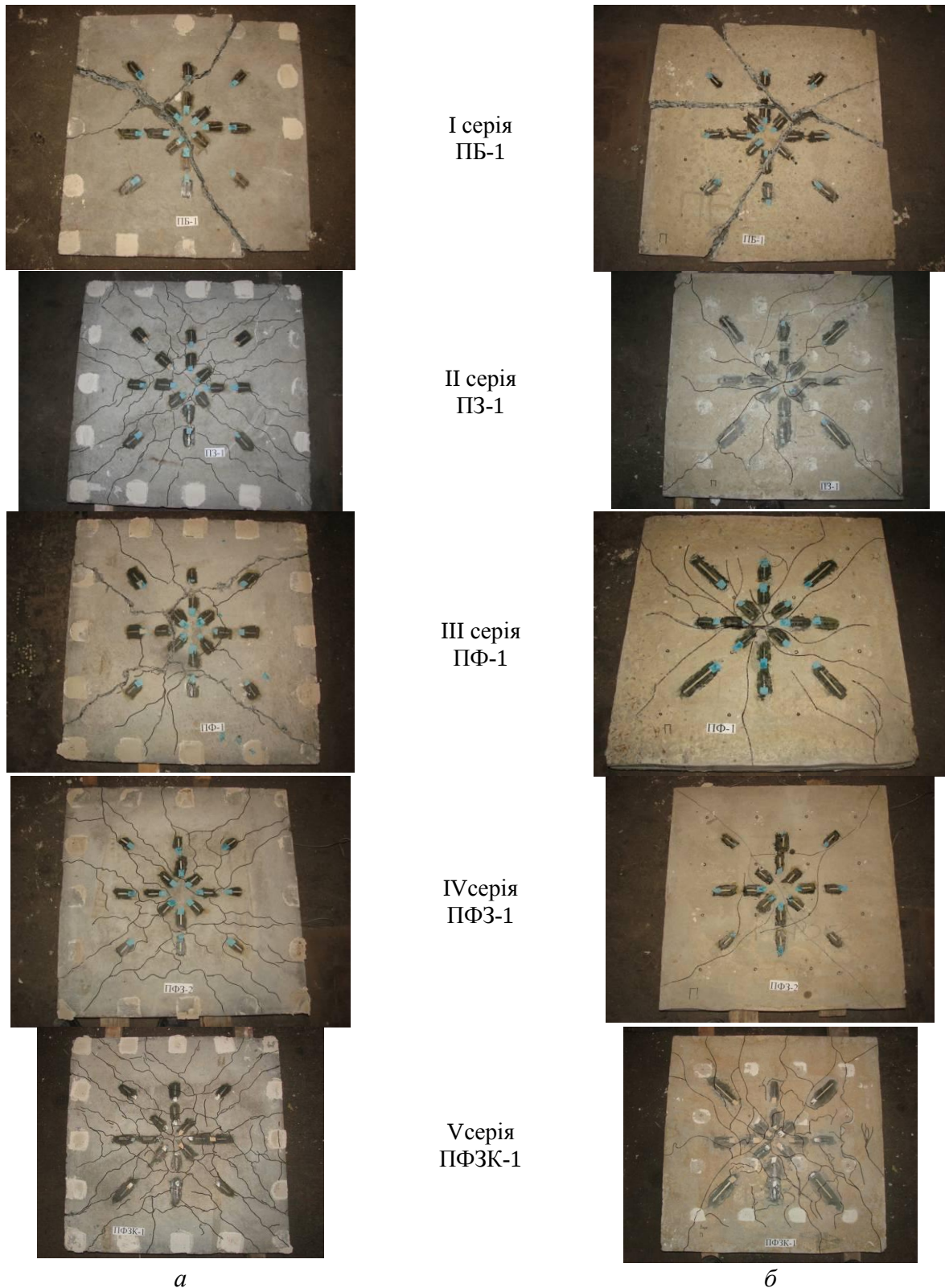


Fig. 5. Загальний вигляд характеру руйнування нижньої та верхньої поверхні плит:

a – нижня поверхня плити; *б* — верхня поверхня плити

Fig. 5. General view of the manner in which the upper and lower surface plates:

a – view of the bottom surface plates; *б* – view of the upper surface plate

шарнірів. До моменту появи перших тріщин, що приблизно відповідає 25...30 кН, прогини зростають повільно. З моменту появи тріщин інтенсивність прогинів значно збільшується. На третій ділянці прогини ростуть практично необмежено.

Більш значне зростання прогинів спостерігається на другій ділянці. Її визначають від 25 кН і до лінії, яка відповідає розвитку пластичних деформацій сталевібробетону і арматури в розтягнутій зоні. Тоді графік характеризуватиметься двома точками (Рис. 4): точкою 1, що відповідає початку утворення тріщин, і точкою 2, яка відповідає межі деформування розтягнутої зони (момент вичерпання несучої здатності).

На третій стадії роботи відбувається порушення зчеплення арматури з бетоном на ділянці між тріщинами, поступово тріщини розкриваються, збільшується їх кількість, зменшується висота стиснутої зони і зростають необоротні деформації бетону. Стадію три використовують при визначенні жорсткості та прогину плити з характерним навантаженням.

Аналіз схем армування плит свідчить про передбачений традиційний характер зламу плит, завантажених рівномірним навантаженням (Рис. 5). На нижній поверхні плит тріщини направлені по бісектрисам кутів і уявляють так званий «конверт». Верхня поверхня плит руйнувалась по лініям зламу в залежності від матеріалу стиснутої зони. Так в плитах I, III серії, які мали стиснуту зону з нерамованого бетону, руйнування відбувалося по лініям зламу, що практично повторювали лінії зламу нижніх поверхонь плит. Плити серії II, IV, V, де стиснута зона представлена із сталевібробетону, практично не руйнувалися.

Проаналізувавши результати про деформації у стиснутій зоні плит різних серій, дійшли висновку, що доцільно прийняти форму епюри напружень трикутну для серій I, II, а для серій III, IV, V — прямокутну.

Втрату несучої здатності плит визначають реалізацією межі міцності сталевібробетону або текучості арматури на усіх лініях зламу, які визначають схему зламу плит. Найбільші зусилля, що передаються пли-

Таблиця 3. Руйнівні зусилля дослідних плит за результатами експериментальних випробувань за міцністю

Table 3. Devastating research efforts slabs on the results of experimental tests for durability

№ серії	Марка	Загальне зусилля на плиту P_{tot} , кН		Зусилля на плиту P_1 , кН		Згинальний момент M_{exp} , кНм	
		кожної плити	кожної плити	середнє	середнє	середнє	середнє
I	ПБ-1	46,6	46,6	2,92	2,92	1,71	1,71
II	ПФ-1	51,2	50,45	3,20	3,15	1,86	1,83
	ПФ-2	49,7		3,11		1,81	
III	ПЗ-1	62,4	73,6	3,90	4,60	2,27	2,70
	ПЗ-2	84,8		5,30		3,14	
IV	ПФЗ-1	64,5	64,8	4,30	4,19	2,55	2,47
	ПФЗ-2	65,1		4,07		2,39	
V	ПФЗК-1	65,3	65,3	4,08	4,08	2,41	2,41

тою на контур (на одиницю ширини), знаходяться на середніх ділянках з кожної сторони плити. Кути плит з вільно опертими сторонами під навантаженням трохи підіймаються, у кутах з'являються тріщини (Рис. 5).

Оцінювання відносної ефективності одношарових і двошарових дослідних наведених у (Табл. 3).

Як свідчить (Табл. 3, 4), традиційні конструктивні рішення плит у вигляді залізобетону з включенням поздовжньої арматури у розтягнутій зоні мають перевагу перед неармованим сталевібробетонном, як у одношарових, так і двошарових плит. Армований у розтягнутій зоні залізобетонні плити виявились більше ніж на 30% міцніше, ніж плити з неармованим розтягнутим шаром сталевібробетону.

Що стосується двошарових плит, то вони показали практично однакову міцність у порівнянні з одношаровими. Це сталося тому, що шар сталевібробетону за своїми міцнісними і деформативними характеристиками практично не відрізняються від важкого бетону. Тут вирішальну роль зіграла економічна доцільність використаного матеріалу.

З появою тріщин робоча висота перерізу плити, тобто відстань від верху тріщини до стиснутої грані перерізу зменшується та розтягувальні напруження у волокнах над тріщиною зростають. Тріщина швидко розвивається і руйнування сталевібробетонної плити відбувається по перерізу, у якому з'явилася перша тріщина раніше, чим з'являються тріщини у решті перерізів. Міцність стиснутої зони залишається далеко не вичерпаною. Внаслідок цього, ніяких ознак руйнування верхньої поверхні одношарових плит не виявлено. Ще один чинник збереження цілісності верхньої площини плити – відносна висока гранична деформація на стиск – 185×10^{-5} , що майже на 20% вище від важкого бетону.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗРАХУНКУ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ

За результатами експериментальних досліджень з урахуванням характеру руйнування усі плити зруйнувалися за нормальними перерізами (Рис. 5). Зважаючи на те, що наявність тріщин у розтягнутих зонах плит суттєво зменшує вплив крутних мо-

Таблиця 4. Зусилля тріщиноутворення дослідних плит за результатами експериментальних випробувань

Table 4. Efforts crack research slabs on the results of experimental tests

№ серії	Марка	Загальне зусилля на плити P_{tot} , кН		Зусилля тріщиноутворення P_{cr} , кН		Згинальний момент M_{cr} , кНм	
		кожної плити	кожної плити	середнє	середнє	середнє	середнє
I	ПБ-1	46,6	46,6	24	24	0,86	0,86
II	ПФ-1	51,2	50,45	27	27,5	0,93	0,92
	ПФ-2	49,7		28		0,91	
III	ПЗ-1	62,4	73,6	31	37,5	1,10	1,32
	ПЗ-2	84,8		44		1,54	
IV	ПФЗ-1	64,5	64,8	32	32,5	1,22	1,21
	ПФЗ-2	65,1		33		1,19	
V	ПФЗК-1	65,3	65,3	34	34	1,20	1,20

ментів, можна розглядати плиту як балочну, вважаючи, що у кожному напрямку плита несе половину навантаження.

Для обчислення розрахункового опору сталевібробетону на стиск використовувалась залежність [5, 8]:

$$R_{sfb} = R_b + k_n^2 \varphi_f \mu_{fv} R_f, \quad (1.1)$$

де R_b – опір бетону матриці на осьовий стиск (призмova міцність);

k_n – коефіцієнт, що враховує роботу фібр в перерізі, перпендикулярному до напрямку зовнішньої стискаючої сили;

μ_{fv} – коефіцієнт об'ємного армування;

R_f – опір фібр розтягуванню;

φ_f – коефіцієнт ефективності фібрового армування, який визначається за формулою:

$$\varphi_f = \frac{5+L}{1+4,5L} \quad (1.2)$$

де

$$L = \frac{k_n^2 \mu_{fv} R_f}{R_b}.$$

Міцність сталевібробетону на розтяг залежить від об'ємного коефіцієнта армування, виду, розмірів і характеру поверхні фібр, класу бетону матриці, а також від геометричних розмірів перерізу елемента. При цьому, розрізняли два випадки руйнування сталевібробетонного елемента: перший — висмикування усіх фібр, другий — розрив і висмикування частини фібр. У першому випадку, при $l_{f,an} > \frac{l_f}{2}$, міцність сталевібробетону на розтяг визначають за формулою:

$$R_{sfb,t} = m_2 R_b \left[\frac{(k_{02} \mu_{fv} l_f)}{(4 \eta d_f)} + 0,08 - 5,5 \mu_{fv} \right], \quad (1.3)$$

а у другому випадку, при $l_{f,an} < \frac{l_f}{2}$

$$R_{sfb,t} = m_1 \left[(k_{02} \mu_{fv} R_f) \left(1 - \frac{l_{f,an}}{l_f} \right) + R_b (0,08 - 5,5 \mu_{fv}) \right] \quad (1.3)$$

де

$$l_{f,an} = \frac{(\eta d_f R_f)}{R_b} \quad (1.4)$$

$l_{f,an}$ – мінімальна довжина анкерування фібр в бетоні, що відповідає їх обриву при висмикуванні, мм;

$m_1 = 1,1$ – для фібр з анкерами і $m_1 = 1,0$ – для фібр без анкерів;

$m_2 = 1,2$ – коефіцієнт умов роботи фібр;

d_f і l_f – відповідно діаметр та довжина фібр, мм;

k_{02} – коефіцієнт орієнтації фібр відносно напрямку головних розтягувальних напружень;

η – характеристика зчеплення фібр з бетоном.

Розрахунок міцності згинального елемента пропонується виконати за формулою

$$M_u = \frac{1}{2} f_{cmf} b x \left(\frac{h}{2} + \frac{x}{6} \right) \quad (1.5)$$

де висоту стиснутої зони x необхідно, зважаючи на епюру деформацій, визначати за формулою:

$$x = \frac{\varepsilon_{cf}}{\varepsilon_{cf} + \varepsilon_{cft}} h = \xi \times h \quad (1.6)$$

де ε_{cf} , ε_{cft} – відповідно деформації стиску і розтягу крайніх волокон перерізу.

Момент утворення тріщин з урахуванням непружних деформацій розтягнутого бетону при дії моменту в площині перерізу допускається визначати за формулою:

$$M_{cr} = f_{ct} W_{pl} \quad (1.7)$$

де f_{ct} – межа міцності бетону (сталефібробетону) на розтяг;

W_{pl} – пластичний момент опору приведенного перерізу для крайнього розтягнутого бетону.

ВИСНОВКИ

1. Виконані експериментальні дослідження свідчать про ефективність шаруватих плит. Двошарові плити у порівнянні з одношаровими виявили стійку тенденцію поліпшення експлуатаційних якостей міцності та тріщиностійкості.

2. Характер утворення тріщин у плитах, опертих по контуру під дією рівномірного навантаження, повністю відповідає традиційній схемі зламу тонких плит. На нижній поверхні плит тріщини направлені по бісектрисам кутів, уявляють так званий "конверт".

3. Експериментальні дослідження плит показують, що усі зразки зруйнувалися за нормальними перерізами від дії згинальних моментів. При цьому, традиційні конструкції залізобетонних плит з поздовжнім армуванням у розтягнутій зоні мають переваги перед сталевібробетонними плитами, як у одношаровому, так і двошаровому виконанні. Залізобетонні плити майже на 30% міцніші, ніж плити з неармованим шаром сталевібробетону.

4. Двошарові плити показують практично однакову міцність з одношаровими. Це результат того, що сталевібробетон за своїми міцністними і деформативними характеристиками підібрано таким, що практично не відрізняється від важкого бетону. Тут прийнята до уваги краща сумісна робота обох матеріалів і економічна доцільність.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Адамов А.А., 1986.** Прочность и трещиностойкость изгибаемых элементов покрытий гражданских зданий из сталефибробетона. Автореф. дисс. канд. техн. наук, Москва, 29.

2. **Бабич В.Є., 2004.** Визначення робочої поздовжньої арматури в згинальних залізобетонних елементах з використанням деформативної моделі перерізів. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Рівне. Вип.11, 116-123.
3. **Бабич Є.М., Крусь Ю.О., Дробишинець С.Я. 2005.** Напружено-деформований стан і міцність згинальних сталевібробетонних і сталевіброзалізобетонних елементів. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне. Вип.12, 91-99.
4. **Бамбура А.Н., 2001.** К оценке прочности железобетонных конструкций на основе деформационного подхода и реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры. Бетон на рубеже третьего тысячелетия. Материалы Первой Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона. Секционные доклады, Кн.2, 711-717.
5. **Барашиков А.Я., 2003.** Проблеми розвитку залізобетонних конструкцій в Україні. Будівельні конструкції. Київ, НДІБК, Вип.59. Кн.1, 17-21.
6. **Горбатенко Е., Братасюк И, Шаров В., 2015.** Мобильные сооружения в береговой гидротехнике. Подводные технологии. Киев. Вип.01. 23-32.
7. **Гришин В., Гембарський Л., Снісаренко В., 2015.** Існуючі й проєктовані штучні острови та їх призначення. Підводні технології, Вип.02, 32-39.
8. **Дедюхов А.А., 1989.** Прочность фибробетона, армированного различными волокнами. Бетон и железобетон, Вип.8, 13-14.
9. **ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009.** Настанова з проєктування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій. Київ, Мінбуд. України, 63.
10. **Дробишинець С.Я., 2002.** Вплив малоциклових навантажень на опір сталевібробетону осьовому стиску. Вісник УУВГП, Збірник наук. праць, Рівне, Вип.5(18), 24-28.
11. **Лысенко Е.Ф., Гетун Г.В., 1989.** Проектирование сталефибробетонных конструкций. Киев, Учебно-метод. кабинет ВО УССР, 183.
12. **Кухнюк О.М., 2001.** Вплив малоциклових навантажень на механічні характеристики бетону та роботу згинальних залізобетонних елементів. Дис. канд. техн. наук. Рівне, 243.
13. **СП 52-101-03., 2003.** Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Свод правил. Москва, Госстрой России, 125.

14. **Сунак О.П., 2000.** Оцінювання надійності сталевібробетонних елементів: дис. канд. техн. наук. Луцьк, 147.

REFERENCES

1. **Adamov A.A., 1986.** Prochnost' y treshhynostojkost' yzgybaemyh elementov pokrytyj grazhdanskyh zdanyj yz stalefybrobetona. Avtoref. dys. kand. tehn. nauk, Moskva, 29 (in Russian).
2. **Babych V.Je., 2004.** Vyznachennja robochoi' pozdovzhn'oi' armatury v zgynal'nyh zalizobetonnyh elementah z vykorystannjam deformacijnoi' modeli pereriziv. Resursoekonomni materialy, konstrukcij, budivli ta sporudy. Zbirnyk naukovykh prac'. Rivne, Vyp.11, 116-123 (in Ukrainian).
3. **Babych Je.M., Krus' Ju.O., Drobyshynec' S.Ja. 2005.** Napruzhenno-deformovanyj stan i micnist' zgynal'nyh stalefybrobetonnyh i stalefibrozalizobetonnyh elementiv. Resursoekonomni materialy, konstrukcii', budivli ta sporudy. Rivne, Vyp.12, 91-99 (in Ukrainian).
4. **Bambura A.N., 2001.** K ocenke prochnosti zhelezobetonni'h konstrukcij na osnove deformacyonnogo podhoda y real'nyh dyagramm deformyrovanyja betona y armatury. Beton na rubezhe tret'ego tysjacheletja. Materyaly Pervoj Vserossyjskoj konferencyj po problemam betona y zhelezobetona. Sekcyonnye doklady. Kn.2, 711-717 (in Russian).
5. **Barashykov A.Ja., 2003.** Problemy rozvytku zalizobetonnyh konstrukcij v Ukrai'ni. Budivel'ni konstrukcii'. Kyi'v, NDIBK, Vyp.59. Kn.1, 17-21 (in Russian).
6. **Gorbatenko E., Bratasjuk Y, Sharov V., 2015.** Mobylnye sooruzheniya v beregovoju gydrotehnike. Pidvodni tehnologii', Vyp.01, 23-32 (in Ukrainian).
7. **Gryshyn V., Gembars'kyj L., Snisarenko V., 2015.** Isnuyuchi j proektovani shtuchni ostrovy ta i'h pryznachennja. Pidvodni tehnologii', Vyp.02, 32-39 (in Ukrainian).
8. **Dedjuhov A.A. 1989.** Prochnost' fybrobetona, armyrovannogo razlychn'my voloknamy. Beton j zhelezobeton. № 8, 13-14 (in Russian).
9. **DSTU-N B V.2.6-78:2009.** Nastanova z proektuvannja ta vygotovlennja stalefibrobetonnyh konstrukcij. Kyi'v, Minbud Ukrai'ny, 63 (in Russian).

10. **Drobyshynec' S.Ja., 2002.** Vplyv malocyklovyh navantazhen' na opir stalefybrobetonu os'ovomu stysku. Visnyk UUVGP. Zbirnyk nauk. prac', Rivne, Vyp.5(18), 24-28 (in Ukrainian).
11. **Lysenko E.F., Getun G.V., 1989.** Proektyrovanye stalefybrobetonnyj konstrukcij. Kyev. Uchebno-metodycheskyj kabynet VO USSR, 183 (in Russian).
12. **Kuhnjuk O.M., 2001.** Vplyv malocyklovyh navantazhen' na mehanichni harakterystyky betonu ta robotu zgynal'nyh zalizobetonnyh elementiv: Dys. kand. tehn. nauk. Rivne, 243 (in Ukrainian).
13. **SP 52-101-03., 2003.** Betonnye y zhelezobetonnye konstrukcy bez predvartel'nogo naprjazheniya armatury. Svod pravyl. Moskva, Gosstroj Rossy, 125 (in Russian).
14. **Sunak O.P., 2000.** Ocinyuvannya nadijnosti stalefybrobetonnyh elementiv: Dys. kand. tehn. nauk. Luc'k, 147 (in Ukrainian).

The strength and crack resistance fiber concrete slabs supported on four sides on repeated loads

Oleg Skoruk

Kyiv National University of Construction and Architecture
Povitroflotskyj prosp., 31, Kyiv, Ukraine, 03037, 2120756@mail.ru
orcid.org/0000-0003-3510-3758

Summary. Experimental and theoretical researches were conducted tensely deformed to the state one, and two-layer concrete, reinforce-concrete and steel fiber concrete slabs under the action of the transversal loading.

At studied the strength and crack resistance of supported on four sides slabs under the action in loading the calculation of own experimental researches and comparison of the experimental bindings of the noted slabs with theoretical calculations after different methods and operating normative documents.

Key words: fiber, steel fiber concrete, composite material, deflection, slab.