

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ФИБРОВОГО АРМИРОВАНИЯ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ МЕСТНОМ СРЕЗЕ

Латыш В.В., Рак Н.А.

Введение. Применение сталефибробетона значительно повышает несущую способность железобетонных элементов при продавливании, что позволяет снизить материалоемкость и трудоемкость конструкции. Однако на сегодняшний день не существует методики расчета сталефибробетонных элементов при местном срезе (продавливании), учитывающей все положительные стороны применения фибрового армирования [1].

Для изучения напряженно-деформированного состояния сталефибробетонных конструкций при продавливании были проведены экспериментальные исследования, в рамках которых изучалось влияние объемного процента фибрового армирования на величину продавливающей нагрузки.

В качестве образцов были приняты образцы-плиты размерами 1160x1160x100 мм. В качестве дисперсного армирования использовалась стальная фибра по ТУ РБ 400518274.003-2003 (проволока диаметром 0.6 мм и длиной 30 мм). Характеристика образцов представлена в таблице 1. Методика испытания и основные результаты испытаний приведены в [2].

Таблица 1 – Характеристика опытных образцов плит

№ Группы	№ пп	Марка плиты	Бетон	Продольная арматура	Объемный коэффициент фибрового армирования
1	1	ПСФБ-min-0	C ¹⁶ / ₁₀	Нижняя 9Ø5 S500	0.0
	2	ПСФБ-min-0.5			0.005
	3	ПСФБ-min-1.0		Верхняя 9Ø5 S500	0.01
	4	ПСФБ-min-1.5			0,015
2	5	ПСФБ-opt-0		Нижняя 20Ø10 S500	0.0
	6	ПСФБ-opt-0.5			0.005
	7	ПСФБ-opt-1.0		Верхняя 9Ø5 S500	0.01
	8	ПСФБ-opt-1.5			0,015

Целью проведенных авторами исследований явился анализ влияния объемного коэффициента фибрового армирования на схему образования и динамику развития трещин, а также на характер разрушения образцов.

Схема образования и динамика развития трещин. Качественным отличием работы сталефибробетонных образцов под нагрузкой является более поздний момент трещинообразования по сравнению с образцами без фибрового армирования, у которых появление трещин фиксировалось уже на первых этапах нагружения.

На рисунке 1 показана картина разрушения сталефибробетонных образцов при продавливании. Для сравнения приводятся элементы без фибрового армирования (ПСФБ-min-0, ПСФБ-opt-0) и образцы с максимальным содержанием фибры, принятым в эксперименте (ПСФБ-min-1.5, ПСФБ-opt-1.5)

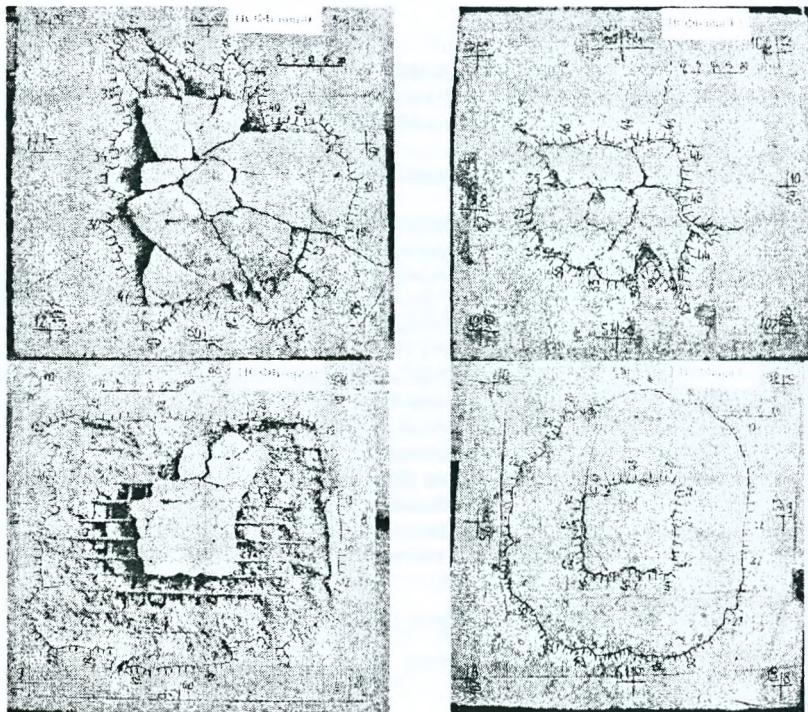


Рисунок 1 — Картина разрушения сталесфйробетонных образцов и образцов из обыкновенного бетона при продавливании

Сравнивая картины разрушения образцов с разным содержанием фибрового армирования, необходимо отметить, что область распространения трещин для образцов с фибровой арматурой меньше, чем у образцов из обыкновенного бетона. В процессе эксперимента не производился контроль ширины раскрытия трещин, так как это не является предметом исследования, но следует отметить, что ширина раскрытия трещин у элементов из обыкновенного бетона заметно больше. Кроме того, разрушение образцов из обыкновенного бетона сопровождалось обширным отслоением защитного слоя.

Методика измерений фактических геометрических характеристик пирамиды продавливания. Поскольку извлечение из опытных образцов пирамид продавливания было трудоемким из-за их раскалывания и наличия продольного армирования, был полностью удален бетон этой пирамиды и установлены фактические границы критического периметра по оставшейся части образца. Точки границы критического периметра (точки пересечения боковой гранью пирамиды стержней продольной арматуры) фиксировались по отпечатку продольной арматуры на поверхности бетона. Затем найденные точки соединялись плавной кривой, после чего определялось фактическое значение длины критического периметра (рис. 2). Аналогично определялся и периметр пирамиды продавливания на нижней плоскости плиты.

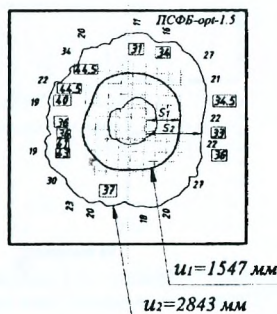
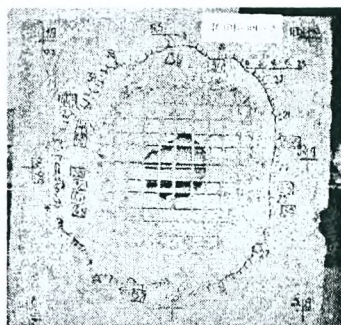


Рисунок 2 — К определению геометрических характеристик пирамиды продавливания

По результатам измерений были определены: u_1 — периметр пирамиды продавливания на уровне продольной рабочей арматуры плиты; u_2 — периметр пирамиды продавливания на нижней плоскости плиты.

Определение расчетом дополнительных геометрических характеристик пирамиды продавливания. С использованием положений норм [3] были определены расстояния s_1 от грани приложения нагрузки до периметра u_1 по формуле

$$s_1 = \frac{u_1 - 4a}{2\pi}$$

и расстояние s_2 от грани приложения нагрузки до периметра u_2 по формуле:

$$s_2 = \frac{u_2 - 4a}{2\pi}$$

где сторона площадки приложения нагрузки $a = 150$ мм.

Затем были определены значения тангенсов углов наклона граней пирамиды продавливания по формулам

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{s_1}{d} \text{ и } \operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{s_2 - s_1}{h - d},$$

где α_1 — угол наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты; α_2 — угол наклона к вертикали грани пирамиды продавливания ниже плоскости расположения арматуры; h — полная высота плиты.

Исходные данные и результаты вычисления представлены в таблице 2 и на рисунках 3 и 4.

Таблица 2 — Определение геометрических характеристик пирамиды продавливания

Марка плиты	h , мм	d , мм	a , мм	u_1 , мм	u_2 , мм	s_1 , мм	s_2 , мм	$\operatorname{tg}\alpha_1$	$\operatorname{tg}\alpha_2$
ПСФБ-min-0	102	64	150	1742	3679	182	490	2.84	8.1
ПСФБ-min-0.5	101	73	150	1555	3196	152	413	2.08	9.3
ПСФБ-min-1	101	77	150	1620	2922	162	370	2.1	8.7
ПСФБ-min-1.5	100	75	150	1368	2391	122	285	1.63	6.5
ПСФБ-опт-0	106	75	150	1350	3490	119	460	1.59	11
ПСФБ-опт-0.5	100	70	150	1632	3050	164	390	2.34	7.5
ПСФБ-опт-1	100	70	150	1462	2632	137	323	1.96	6.2
ПСФБ-опт-1.5	101	72	150	1547	2843	151	357	2.1	7.1

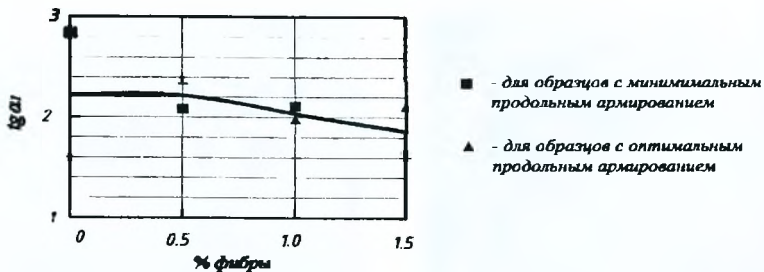


Рисунок 3 — Зависимость тангенса угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты от процента фибрового армирования

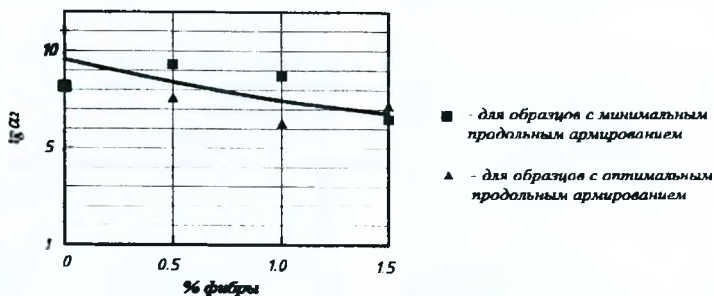


Рисунок 4 — Зависимость тангенса угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания ниже плоскости расположения арматуры от процента фибрового армирования

Как следует из приведенных результатов вычислений, с увеличением процента фибрового армирования наблюдается уменьшение длины критического периметра, а также периметра пирамиды продавливания в плоскости нижней грани плиты. Происходит также уменьшение угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты, что ранее отмечалось в работе [4], выполненной при использовании фибры другого типа.

Заключение. Анализ экспериментальных данных показал, что увеличение объемного процента фибрового армирования сопровождается:

изменением характера образования и развития трещин, а также характера формирования пирамиды продавливания;

уменьшением угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты;

уменьшением угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания ниже плоскости расположения арматуры;

увеличением нагрузки при образовании трещин ;

увеличением нагрузки при разрушении от продавливания.

Список цитированных источников

1. Латыш, В.В. Применение сталефибробетона – путь повышения прочности железобетонных элементов при продавливании (местном срезе) / В.В. Латыш, И.А. Рак // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар науч - методич. семинара, Полоцк, 27–28 ноября 2008 г.; ред. кол.: Д.Н. Лазовский (отв. ред.), Т.М. Нецольд, А.А. Бакатович: в 2 т. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – Т. 1. – С.181–186.

2. Латыш, В.В. Экспериментальные исследования сталефибробетонных элементов при продавливании (местном срезе) / В.В. Латыш, Н.А. Рак // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар. науч.-методич. семинара, Полоцк, 27–28 ноября 2008 г.; ред. кол.: Д.Н. Лазовский (отв. ред.), Т.М. Пецольд, А.А. Бакалович: в 2 т. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – Т.1. – С. 187–191.

3. Конструкции бетонные и железобетонные: СНБ 5.03.01-02 / МАиС РБ. – Минск, 2003. – 140 с.

4. Narayanan, R. Punching shear tests on steel-fiber-reinforced micro-concrete slabs" / R. Narayanan, I. Darwish // Magazine of Concrete Research. – March, 1987. – V. 39, No. 138. – P. 42–50.

УДК 624.012.45.046

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ МЕСТНОМ СРЕЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАНКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Тамкович С.Ю., Рак Н.А.

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь ведется работа по созданию технических кодексов установившейся практики Республики Беларусь (далее ТКП) в области проектирования железобетонных конструкций. Важным требованием при разработке этого ТКП явилось включение в него, как правило, только тех методов расчета, которые основаны на максимально приближенных к реальным физическим расчетным моделях. В данной статье рассмотрены возможности использования банка экспериментальных данных (БЭД) при оценке точности методов расчета железобетонных конструкций при продавливании. Сформулированы критерии формирования БЭД, требования к полноте представления экспериментальных данных. Показан порядок формирования БЭД для случая продавливания плиты без поперечной арматуры центрально сжатой колонной. На основе использования этого БЭД в дальнейшем будут разработаны предложения по дальнейшему совершенствованию методики расчета прочности железобетонных элементов при продавливании.

Основные положения методики расчета. Согласно методике расчета норм [1] прочность плиты без поперечного армирования на продавливание (местный срез) следует проверять из условия

$$V_{\text{нр}} \leq V_{\text{крит}} = \max \left\{ \left[0,15k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ctk})^{1/3} \right] \cdot \frac{u \cdot d}{\beta}, \right. \\ \left. 0,5 \cdot f_{ctk} \cdot \frac{u \cdot d}{\beta} \right. \quad (1)$$

где f_{ctk} — нормативное (характеристическое) сопротивление бетона осевому сжатию;

k — коэффициент, который определяется по формуле:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2, \quad (2)$$

здесь (d — в мм); d — рабочая высота сечения, определяемая по формуле:

$$d = \frac{(d_x + d_y)}{2}, \quad (3)$$