

УДК 691.328:53

*Коваленко В.В. канд. техн. наук, Смоляк Ю.А. , студент гр. ГС-05
Национальный горный университет, Днепрпетровск, каф. БГМ*

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕННОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ФИБР НА ХАРАКТЕР ДЕФОРМИРОВАНИЯ ФИБРОБЕТОНА

Фибробетон представляет собой композиционный материал с равномерным или заданным распределением по его объему ориентированных или хаотично расположенных дискретных волокон (фибр). Дисперсное фибровое армирование позволяет в большой степени компенсировать главные недостатки бетона - низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения.

Свойства фибробетона, который представляет собой композиционный материал, определяются исходными компонентами. Одним из главных элементов фибробетона являются армирующие волокна – фибры. По показателю работы разрушения фибробетон может в 15-20 раз превосходить бетон. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность при применении в строительных конструкциях и их ремонте. В отличие от железобетона, фибробетон – это дисперсноармированная структура. Благодаря этому становится возможным усиление участков, находящихся в непосредственной близости к поверхности и достигается меньшая чувствительность к механическим воздействиям.

Дисперсное армирование бетона волокнами обеспечивает перераспределение напряжений в бетонной матрице. На этом принципе основывается использование фибробетона. Основной задачей при формировании бетона, армированного фибрами, является обеспечение равномерного их распределения в бетоне. Одним из основных параметров, от которых зависит работа фибробетона в стадии образования и последующего развития трещин, является дисперсное армирование. При равных исходных технологических параметрах (прочность сцепления фибры с бетоном, отношение длины фибры к ее диаметру l/d) бетонные смеси, армированные волокнами, имеют различные характеристики работы в стадии предельных нагрузок. Это определяется неравномерным распределением фибр по объему бетона.

Влияние объемной концентрации фибры проявляется в виде перераспределения напряжений возникающих в композите. Только после достижения «непрерывности» фиброармирования начинает ощущаться его позитивное влияние на характеристики исходного бетона – матрицы. Рассматривая фибробетон можно отметить, что этот материал представляет собой две матрицы, которые воспринимают на себя нагрузку. Это бетонная матрица – основная, и вспомогательная – матрица из армирующих волокон. Эти матрицы взаимодействуют друг с другом. На стадии упругих деформаций активно воспринимает нагрузку бетон. Волокна на этой стадии в меньшей степени участвуют в работе бетона.

При значительном увеличении нагрузки в работу активно включается матрица, образуемая фибрами. Бетонная матрица работает в режиме предельных упругих деформаций. В бетоне, армированном волокнами, образуются микротрещины, происходит перераспределение деформаций. На данной стадии первостепенное значение приобретает работа матрицы из равномерно распределенных фибр. За счет способности фибры работать на изгиб фибробетон сочетает в себе возможность воспринимать значительные нагрузки и деформации без потери устойчивости.

В данной работе представлены результаты исследований работоспособности фибробетона на основе испытаний образцов на изгиб.

Для приготовления смеси был использован цемент марки 400 производства Днепродзержинского комбината, песок кварцевый Краснолиманского месторождения, а также волокна армирующие (полипропиленовые, металлические).

При определении предела прочности на растяжение при изгибе в качестве образцов использовались балочки размером: $40 \times 40 \times 160$ мм.

Балочки устанавливались на платформу с двумя опорами. Рабочее расстояние между опорами $l = 100$ мм. Сверху к образцу прикладывалось усилие со стороны пресса, которое передавалось через два кронштейна. Расстояние между кронштейнами равно 50 мм.

Исследовались основные варианты дисперсно-армированного бетона с полипропиленовыми извилистыми фибрами с армированием по массе (2% от массы цемента) уложенные естественным образом в результате перемешивания (вариант 1), и уложенные ориентированными в одном направлении (вариант 2).

Всего исследовано 9 образцов.

В результате проведения исследований по определению деформационных процессов в образцах, армированных полипропиленовой фиброй являлось очевидным, что направленно-ориентированное армирование в значительной степени влияет на способность образцов сопротивляться изгибающим нагрузкам, а также сохранять устойчивость всей конструкции при развитии смещений в трещинах.

Результаты испытаний представлены в таблице 1.



Рис. 1 Испытание фибробетонных образцов

Таблица 1

Зависимость изменения прочности фибробетонных образцов
от укладки волокон

Вид образца	Предельные напряжения, $\sigma_{изг}$, МПа	Среднее значение предельных напряжений, $\sigma_{изг}^{ср}$, МПа
Ц:П	1,30	1,20
Ц:П: полипропиленовая фибра (2%)	1,39	1,37
Ц:П: полипропиленовая фибра (2%), ориентированная в одном направлении	1,50	1,39

Для получения сравнительных данных влияния фибр на способность бетона противостоять внешним воздействиям были проведены испытания стандартных образцов, не армированных фибрами. Данные, полученные при испытаниях этих образцов, служили эталоном, по отношению к которому можно сравнивать эффективность армирования бетонных образцов волокнами.

Эффективность использования направленно-ориентированных волокон обеспечивается 100% использованием всех находящихся в бетоне фибр. В ходе работы образца на изгиб в случае предельных изгибающих нагрузок в зоне развития трещин находится в пределах 33...40% общего числа фибр. В случае распределения фибр в ходе приготовления смеси случайным образом, даже при самом равномерном перемешивании используется 90...95% фибр, в зоне развития трещин предельное количество фибр характеризуется 25...30% от всех фибр, находящихся в фибробетоне.

На рисунке 2 представлены диаграммы деформирования образцов армированных естественным образом уложенной фиброй. Кругами выделены области, в которых образовались трещины. Диаграммы деформирования характеризуются значительной дисперсией значений, т.е. графики сравнительно неоднородны, хотя и прослеживаются общие закономерности процессов деформирования образцов, а также поведения образцов под действием значительной изгибающей нагрузки после образования трещины.

На рис. 4. представлены результаты испытаний образцов, армированных фиброй, которая направленно-ориентирована. Представленные в виде графиков данные характеризуются большей однородностью, более четко прослеживается закономерность деформирования образцов и поведение образцов после образования трещины.

При сравнении представленных диаграмм можно сделать следующие выводы.

Армирование фибрами обеспечивает увеличение показателей сопротивляемости предельным нагрузкам до образования трещины. В случае неармированного дисперсными волокнами бетонного образца – эти нагрузки являются разрушающими.

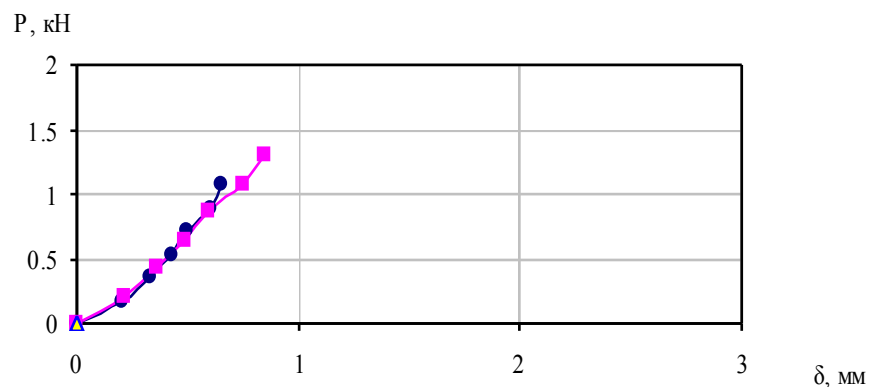


Рис. 2. Диаграмма деформаций стандартных бетонных образцов.

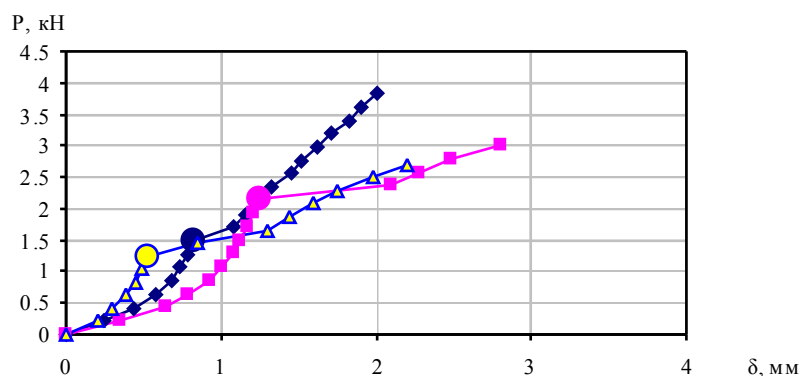


Рис. 3. Диаграмма деформаций образцов, армированных 2% полипропиленовых фибр, распределенных по образцу естественным образом

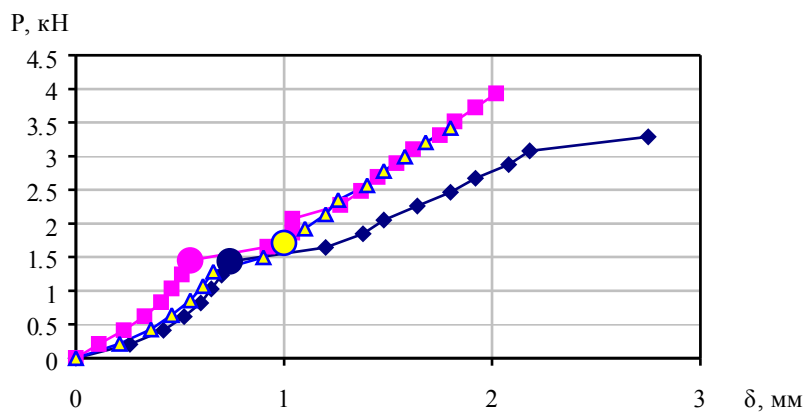


Рис. 4. Диаграмма деформаций образцов, армированных 2% полипропиленовых фибр, с направленно-ориентированным распределением

Прочность на изгиб образцов, армированных фиброй, в 2,5...3 раза превышает прочность образцов без армирующих волокон.

Направленное ориентирование фибр в бетоне обеспечивает однородные свойства и более предсказуемый характер деформирования.

При неравномерном армировании возможны варианты, когда в ослабленной трещиной зоне находится меньшее либо большее количество фибр. В первом случае прочностные параметры будут ниже средне статистических показателей прочности характерных для данной дозировки армирующих волокон, во втором случае показатели будут отличаться в лучшую сторону.

Из приведенного следует, что наиболее перспективным является неравномерное направленно-ориентированное армирование, при котором обеспечивается усиленное армирование участков наиболее подверженных предельным изгибающим усилиям.

Таким образом, с увеличением неравномерности действующей нагрузки и ее интенсивности должен возрастать процент армирования фибробетона волокнами. Актуальным становится поиск решения задачи регулируемого дозирования фибр и их направленного ориентирования в смеси. Данные вопросы носят технологический характер и могут быть решены путем изменения технологии, связанной с процессом ввода фибр в смесь.

УДК 622.28

Соловьева О.А., Гудкова Е.Г. Тульский государственный университет, Россия

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВА ПОРОД ВОКРУГ НЕКРУГОВОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАВНОМЕРНОЙ НАГРУЗКИ, ЛОКАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПО ЧАСТИ КОНТУРА

С целью определения напряженного состояния массива пород вокруг некруговой выработки при действии вертикальной равномерной нагрузки, локально распределенной по части ее подошвы, рассматривается плоская задача теории упругости о равновесии бесконечной линейно-деформируемой среды, ослабленной отверстием произвольной формы, при действии вертикальной нагрузки, равномерно распределенной по части контура (расчетная схема приведена на рис. 1.

Здесь среда S_0 моделирует массив, упругие свойства которого характеризуются коэффициентом Пуассона ν_0 .

Граничные условия на контуре L_1+L_2 имеют вид:

$$\sigma_x = p(t) = \begin{cases} 0 & \text{на } L_1 \\ -P & \text{на } L_2 \end{cases}, \quad \tau_{xy} = 0 \quad (1)$$

где P - вертикальное давление.