

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ

Ключник С.Н., Мишутин А.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

В статье рассматриваются вопросы моделирования направленного дисперсного армирования бетонных материалов с учетом их напряженно-деформированного состояния.

Развитие теории дисперсного армирования бетонных материалов связано в значительной мере с решением задач в области моделирования структуры дисперсно-армированных систем, приведения хаотичного и дискретного армирования к эквивалентному направленному с учетом напряженно-деформированного состояния элементов, определения эффективных значений объемного содержания фибровой арматуры, обеспечивающих исключение хрупкого разрушения конструкций и повышающих сопротивление распространению трещин в бетоне, выявления способности армированного материала к восприятию механических и других видов воздействий [1].

Диапазон диаметров армирующих элементов, используемых для упрочнения бетонных матриц, достаточно обширен. Если, например, порядок величины диаметров традиционной арматуры в железобетоне принять равным 1, то для проволок сеток, применяемых в армоцементе, он составит 10^{-1} , для тонких стальных фибр 10^{-2} , для стеклянных волокон 10^{-3} . В связи с этим важное значение представляют исследования по выявлению оптимальных соотношений между геометрическими характеристиками армирующих элементов и размерами элементов структуры различных видов бетонных матриц: крупно- и мелкозернистых бетонов, цементно-песчаных растворов, цементного камня. В определенных условиях направленное дисперсное армирование может быть реализовано и при традиционных диаметрах арматуры в железобетоне. Можно допустить существование различных уровней эффективного дисперсного армирования, и задача состоит в определении критериев, которые можно было бы принять за основу для выявления границ этих уровней.

Диспергирование предполагает существенное увеличение поверхности раздела между дисперсной фазой и дисперсионной средой. Про-

цесс диспергирования может привести к качественным изменениям физического состояния различных многокомпонентных систем. Для определения эффективных границ дисперсности армирования бетонов также могут служить соответствующие изменения физических, и, прежде всего механических характеристик бетонной матрицы (прочность, трещиностойкость, ударная вязкость и др.), проявляющиеся в результате существенного уменьшения величины диаметров армирующих элементов и увеличения степени их рассредоточения в объеме бетона.

Исследования показывают, что оптимальные уровни дисперсного распределения армирующих элементов в объеме должны быть тесно связаны с параметрами структуры самого бетона. Основываясь на различиях в структурном строении различных видов бетонных матриц, в работе [2] принята в качестве исходной предпосылки гипотеза о том, что геометрические характеристики армирующих элементов (их диаметры и степень рассредоточения) должны быть соизмеримы с "врожденными дефектами" и, прежде всего с неоднородностями верхнего уровня структуры бетона. В этом случае появляются предпосылки для более эффективного сдерживания роста трещин в бетоне при его загрузке. Исходя из этого, были выделены четыре уровня дисперсного армирования бетонов (рис. 1).

Границы указанных уровней выделены путем сопоставления различных вариантов распределения армирующих элементов в объеме матриц с характерными размерами неоднородных включений. Масштаб изменения расстояний между армирующими элементами при соответствующих диаметрах на оси ординат графика принят эквивалентным масштабу изменения размеров макроструктурных неоднородностей матриц. На графиках выделены также зоны А, Б, С, в пределах которых содержание дисперсной арматуры оказывается соответственно ниже минимально необходимого уровня, находится в оптимальных пределах, становится больше допускаемых (по условиям технологии) предельных значений.

Как видно, при армировании рядовых бетонов оптимальные расстояния между армирующими элементами составляют 20 мм и более в зависимости от крупности зерен заполнителя. При этом интерполяцией (см. рис. 1) можно установить, что минимальные значения диаметров арматуры в этом случае равны примерно 3 мм и выше (зона Б). Применение более тонкой арматуры в данной ситуации нецелесообразно, поскольку подобная арматура, как видно из графика, попадает в зону А, и таким образом объемное содержание ее при условии равномерного распределения в бетоне оказывается недостаточным, чтобы повысить

эффективность работы бетона. Следует учитывать, что увеличение объемного содержания весьма тонкой арматуры в обычном бетоне будут препятствовать имеющиеся зерна крупного заполнителя, при этом процент достигаемого уровня армирования будет тем меньше, чем меньше диаметр арматуры. При указанных значениях диаметров арматуры (3 мм и более) весьма трудно, прежде всего, по технологическим причинам, осуществить свободную ориентацию арматуры в объеме бетона. Здесь наиболее приемлемо непрерывное и направленное армирование.

При армировании мелкозернистых бетонов с ограниченной величиной зерен крупного заполнителя (до 10 мм) оптимальные значения диаметров армирующих элементов изменяются от 0,8 до 1,6 мм (уровень), а в случае применения цементно-песчаных растворов от 0,1 до 0,8 мм (уровень). Расстояния между армирующими элементами в первом случае изменяются в пределах 5-20 мм, во втором 0,5-5 мм. При этих уровнях дисперсное армирование может быть непрерывным, а также дискретным с направленной и свободной ориентацией армирующих волокон.

Для армирования цементного камня наиболее приемлем диапазон волокон от 0,001 до 0,1 мм (уровень), а расстояния между волокнами в этом случае не должны превышать 0,5 мм. применение более толстых волокон на данном уровне армирования теряет смысл, поскольку они попадают в зону С, и таким образом необходимое их объемное содержание для получения равноценного эффекта становится при прочих равных условиях настолько большим, что это нерационально с точки зрения расхода материалов и по технологическим соображениям.

Оптимальная толщина бетонных покрытий с упрочненным верхним слоем в основном колеблется в пределах 80-120 мм, для их устройства применяется бетон с фракцией щебня 10-20 мм (1/4 толщины бетонной плиты). Учитывая материал, изложенный в данной статье, приходим к выводу, что для дисперсного армирования бетонной матрицы таких покрытий оптимальными значениями диаметров армирующих элементов являются 0,8-1,6 мм.

Литература

1. Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны. - Москва: Стройиздат, 1989. - 177с.
2. Рабинович Ф.Н. Об уровнях дисперсности армирования бетонов. - Строительство и архитектура: Изв. Вузов, 1981. - № 11. - 30-36с.

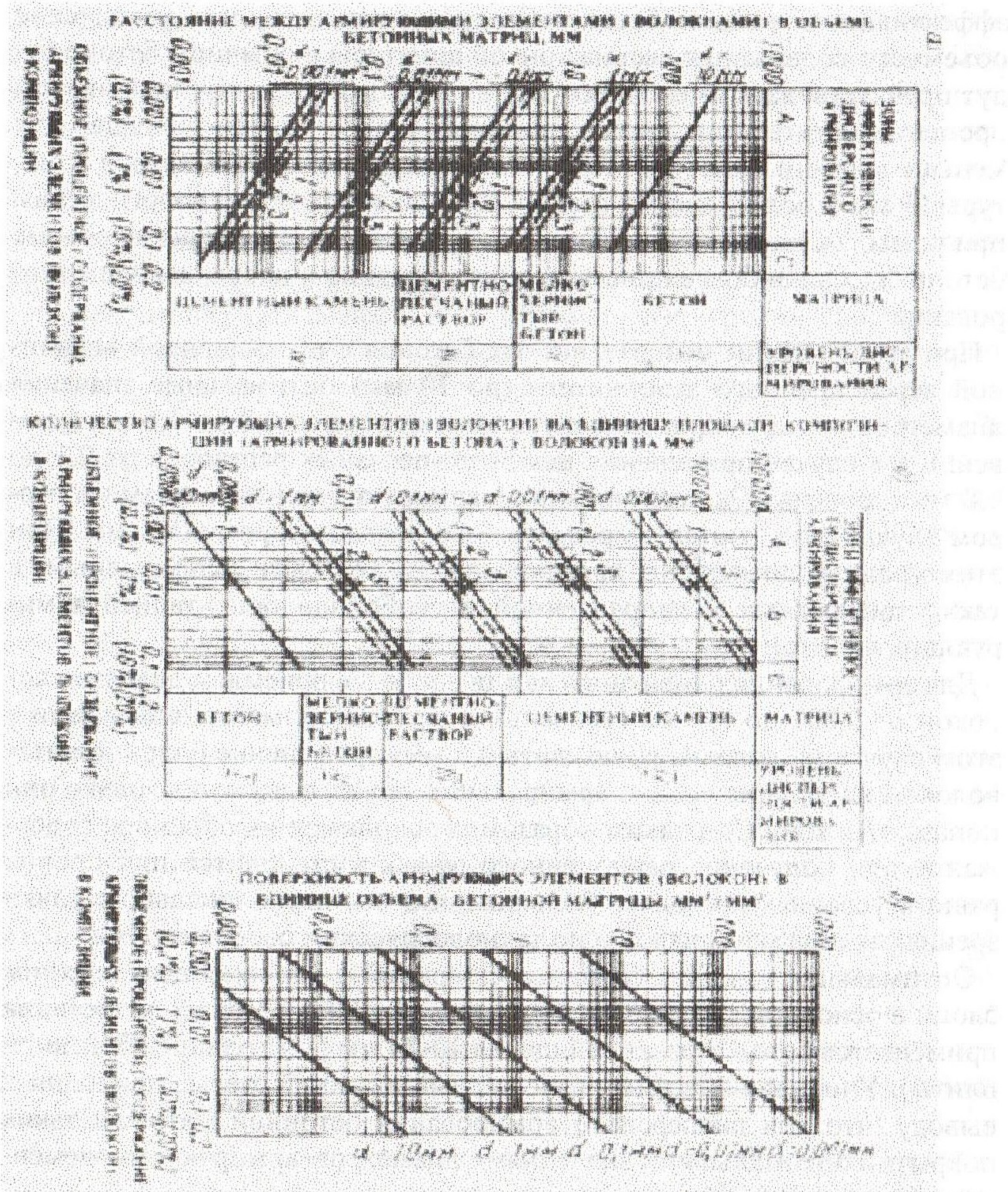


Рис.1. Уровни дисперсности армирования бетонных матриц:
 а) в зависимости от изменения расстояний между армирующими элементами и величины их диаметров;
 б) в зависимости от изменения количества армирующих элементов, приходящихся на единицу площади сечения армированного материала;
 в) поверхность контакта армирующих элементов с бетоном в единице его объема в зависимости от изменения объемного (процентного) содержания армирующих элементов и величины их диаметров (1,2,3- соответственно однонаправленное непрерывное, плоскопроизвольное и объемно-произвольное дискретные виды дисперсного армирования)