

УДК:624.0464. 012.45:539.376

ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ФИБРОБЕТОНОВ НА КАРБОНАТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

д.т.н., профессор Федоркин С.И., ассистент Козгай Э.А.

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
г. Симферополь*

В последние годы активно внедряются в строительство многокомпонентные мелкозернистые бетоны. Ранее их применение сдерживалось некоторыми особенностями структуры и свойств. Применение в качестве заполнителя только песка вызывало значительное увеличение удельной поверхности заполнителя и его пустотности. Для получения равноподвижных бетонных смесей плотной структуры по сравнению с бетоном на крупном заполнителе требовалось на 15-25% увеличивать расходы воды и цемента. В свою очередь, в последующем это приводило к увеличению усадки бетона. Существовавшие жесткие требования по ограничению расхода цемента в бетоне сдерживали применение мелкозернистых бетонов в строительстве, хотя в ряде регионов, мелкозернистые бетоны с успехом использовались для возведения различных сооружений и зданий.

В современных условиях изменились технические и экономические предпосылки использования бетонов в строительстве. Появились и с каждым годом все шире применяются в технологии и изготовлении бетона композиционные вяжущие, суперпластификаторы и другие эффективные модификаторы структуры и свойств бетона, тонкодисперсные минеральные наполнители, новое эффективное оборудование. А так же, решающим фактором в рыночной экономике стало качество и стоимость материала, скорость возведения объектов, расширение архитектурно-строительных решений на основе применения новых бетонов. Вместе с тем новые технико-технологические возможности, особенно переход от обычных бетонов к многокомпонентным составам с широким использованием суперпластификаторов, тонкодисперсных наполнителей и других добавок, позволили свести к минимуму повышение расхода воды и цемента в мелкозернистых смесях и резко уменьшить усадку материала, получая в ряде случаев безусадочные мелкозернистые бетоны. По уровню технических и экономических показателей бетон и железобетон по-прежнему занимает приоритетные места при возведении зданий и сооружений.

Для повышения несущей способности и долговечности строительных композитов необходимо увеличить их сопротивление разрушению и, прежде всего, трещиностойкость. Одним из методов повышения трещиностойкости бетонов является дисперсное армирование их структуры. Дисперсно-армированные бетоны представляют собой одну из разновидностей

обширного класса композиционных материалов, которые в настоящее время все более широко применяются в различных отраслях промышленности.

На протяжении многих столетий многими исследователями решались проблемы повышения прочности бетона. Общеизвестно, что прочность бетонов при растяжении во много раз ниже прочности на сжатие, причем такое положение, как считают исследователи, сохраниться и в дальнейшем. Использование же волокон в качестве арматуры с целью преодоления недостаточной прочности при растяжении и сжатии бетонных изделий на основе карбонатных заполнителях могут обеспечить предпосылки для получения бетонов нового типа, с более широкими возможностями их применения в строительстве. Впервые результаты многолетних исследований в области конструктивных бетонов на основе заполнителей из известняков и известняков-ракушечников и применение этих бетонов в железобетонных конструкциях зданий и сооружений были обобщены в монографии Р.Л. Маиляна [1]. Особенности карбонатных заполнителей позволяют использовать как плотные, так и пористые их разновидности для приготовления конструктивных бетонов и железобетонных конструкций, в том числе предварительно напряженных. К тому же широкое применение местных материалов в частности карбонатных пород, запасы которых практически неисчерпаемые на территории Украины, приведут к удешевлению изделий.

Сравнивая различные виды армирования, можно отметить, что общими являются требования долговечности и технико-экономической целесообразности. Одним из аспектов, влияющих на долговечность бетона, является способность конструкций сохранять или увеличивать прочность при неблагоприятных физико-механических и химических воздействиях. Бетон, дисперсно-армированный волокнами, является типичным композиционным материалом с характерными для него особенностями и свойствами [2].

Исследователи выделяют три варианта армирования волокнами: с явной ориентацией волокнистого материала в направлении действующих усилий, с плоскостной ориентацией и хаотичным распределением волокон в объеме смеси. Повышение прочности на растяжение цементного камня в последнем случае объясняется тем, что волокна при свободной ориентации и достаточной равномерности распределения в материале способны воспринимать усилия практически любого направления и тем самым препятствовать образованию и развитию трещин в цементном камне. Цементный камень в структурном отношении неоднороден и имеет ориентированные в различных направлениях начальные микро- и субмикроредефекты, которые при силовых воздействиях могут перемещаться, объединяться и приводить к появлению, а затем к дальнейшему развитию микротрещины. Армирующие волокна тормозят движение микротрещин в цементном камне. Если образование трещин в цементном камне все же произошло, то армирующие волокна блокируют возникшую трещину практически со всех сторон и, тем самым, более эффективно, по сравнению с обычной арматурой, препятствуют её дальнейшему росту и развитию. Это происходит до тех пор, пока не нарушено сцепление волокнистой арматуры с

цементной матрицей или не преодолено сопротивление на разрыв. В своей работе В.Н. Деревянко [3] показал, что фибра снижает характерную для цементного камня хрупкость и не только воспринимает растягивающие усилия, но и препятствует смещению блоков микроматрицы. Повышение прочности при растяжении бетона армированного волокнами, по мнению исследователей Ромуальди, Менделя и Мекки, зависит от среднего расстояния между геометрическими центрами волокна. Отмечено также, что при уменьшении расстояния между волокнами прочность бетона при растяжении значительно возрастает, хотя объемное содержание волокон в ней может оставаться неизменным. Ромуальди и его сотрудники объясняют повышение прочности бетона на растяжение при введении в них волокон, прежде всего тем, что волокна сдерживают образование трещин. На основании теоретических и экспериментальных исследований ими было установлено, что при равномерном распределении волокон в бетоне эффективность работы композиции обратно пропорциональна корню квадратному из среднего расстояния между геометрическими центрами волокон. Это условие характеризует уровень напряжений, предопределяющий возможность распространения трещин в бетоне за пределы зоны, ограниченной соседними волокнами. Наибольший интерес при этом представляют волокна с очень большим отношением площади их поверхности к объему. Необходимое условие, в данном случае, заключается в том, чтобы композиция вела себя как структурно единый материал. При этом необходимо обеспечить при её изготовлении сплошное и одинаково прочное сцепление на границе раздела матрицы и армирующими волокнами.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния дисперсного армирования на прочностные и деформативные свойства фибробетонов на карбонатных заполнителях.

Для решения поставленной цели были решены следующие задачи:

изготовлены опытные образцы призм, кубов на карбонатном заполнителе с различными видами дисперсного армирования; определено влияние вида волокна на физико-механические свойства бетона; определены деформативные свойства бетона (модуль упругости).

В качестве сырьевых материалов для проведения экспериментальных исследований нами использованы: полипропиленовое волокно P19, базальтовое волокно, стекловолно, основные характеристики которых приведены в табл. 1. В качестве вяжущего применяли портландцемент М400 Бахчисарайского цементного завода, в качестве мелкого заполнителя: мраморовидный известняк (пос. Мраморное, Симферополь). Мк = 3,2

Влияние вида волокна на прочностные и деформативные свойства дисперсно-армированных бетонов на карбонатном заполнителе определяли на образцах-кубах размером 100 x 100 x 100 мм, призм – размером 100 x 100 x 400 мм. Испытания проводились на гидравлическом прессе П-125. Исследования влияния дисперсного армирования на физико-механические характеристики мелкозернистых карбонатных бетонов были проведены на исходной бетонной смеси состава 1:3. Состав смеси соответствовал подвижности по глубине проникновения стандартного конуса

4 см, что обеспечивало необходимую удобоукладываемость бетонной смеси. Уплотнение бетонной смеси производили на виброплощадке СМЖ-739.

Таблица 1

Физико-механические свойства волокон [3]

Наименование волокна	Диаметр, мм	Длина, мм	Плотность, г/см ³	Прочность при растяжении, МПа*10 ³	Модуль упругости, МПа	Удлинение, %	Прочность сцепления с цементной матрицей, МПа
Базальтовое	0,5	70	2,6	0,15-0,2	(9,3-1,0)*10 ⁴	2-3	1-3
Полипропиленовое	0,2	70	0,90	0,4-0,6	4-8*10 ³	15-20	5-7

При определении модуля упругости и коэффициента Пуассона шкалу силоизмерителя испытательного пресса выбрали из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки P_p находилось в пределах от 70 до 80% от максимальной допускаемой выбранной шкалы. Перед испытанием образец с приборами был установлен по разметке плиты пресса и проверены совмещение начального отсчета с делением шкалы прибора. Начальное усилие обжатия образца не превышало 2% от ожидаемой разрушающей нагрузки, которое в последующем принято за условный нуль. При центрировании образцов в начале испытания от условного нуля до нагрузки, равной (40+5%) P_p отклонения деформаций по каждой грани не превышало 15% их среднего арифметического значения. При определении призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуансона, нагружение образца до уровня нагрузки, равной (40+5%) P_p , производили ступенями, равными 10% ожидаемой разрушающей нагрузки. На каждой ступени производилась выдержка 4мин, после подачи каждой доли нагрузки, фиксировались деформации образца при помощи индикаторов часового типа, закрепленных на образце. При испытании измеряли как продольные деформации $\varepsilon_{прод.}$, так и поперечные деформации $\varepsilon_{поп.}$ [4]. При уровне нагрузки, равной (40+5%) P_p снимают приборы с образца, дальнейшее нагружение образца производилось непрерывно с постоянной скоростью в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78.

На рис.1 представлены результаты определения призменной и кубиковой прочности дисперсно-армированных бетонов на карбонатном заполнителе с разным дисперсным волокном.

Анализируя результаты исследований можно заключить, что при введении в состав бетона армирующих волокон прочность на сжатие опытных

образцов в сравнении с контрольным образцом увеличивается. Поскольку железобетонные конструкции по форме отличаются от кубов, в расчетах их прочности не может быть непосредственно использована кубиковая прочность бетона. Призмная прочность значительно меньше кубиковой и не пропорциональна ей. При расчете центрально сжатых железобетонных элементов пользуются призмной прочностью, как более точно отражающей действительную работу бетона в конструкции.

Условия испытания призм при сжатии существенно отличается от условий испытания кубов. Влияние жесткости опорных плит пресса при испытании призм будет иным, эффект обоймы выражен в значительно меньшей степени, поэтому призмная прочность бетона, как правило, оказывается ниже кубиковой.

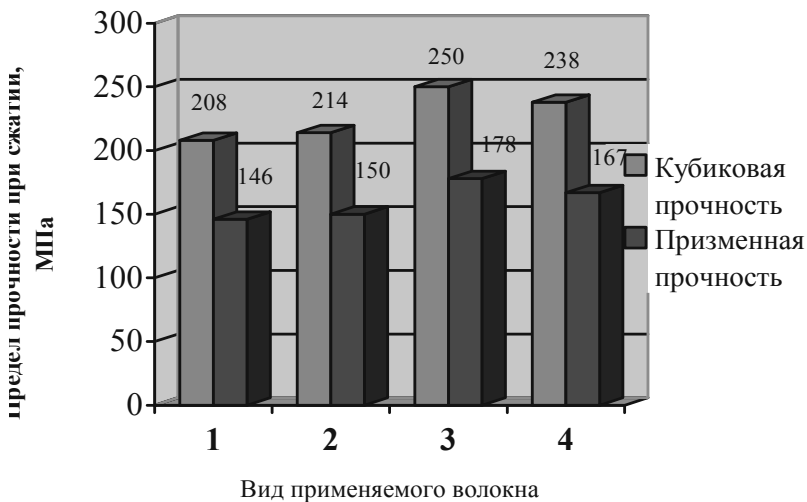


Рис. 1. Зависимость кубиковой и призмной прочности бетонов на карбонатных заполнителях от вида применяемого волокна:

1 – контрольный образец; 2 – со стекловолокном; 3 – с базальтовым волокном; 4 – полипропиленовым волокном.

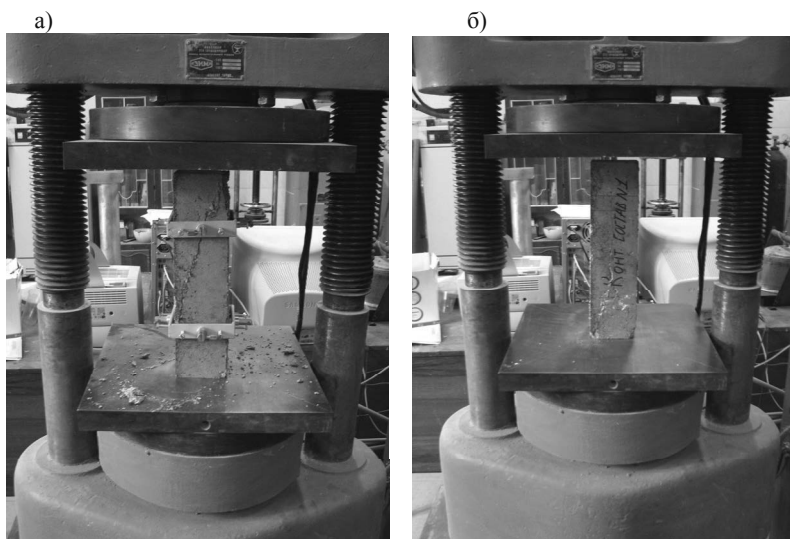
Решение задачи о напряженном состоянии, когда на поверхности контакта образца с опорными плитами пресса действуют силы трения, весьма затруднено, так как величины сил трения по контактным поверхностям и закон их распределения неизвестен. Однако анализируя характер разрушения призмы, после испытания, можно сделать следующее заключение, разрушение одноосносжимаемых образцов при наличии контактных сил трения (фибры), происходит в результате среза бетона под некоторым углом (рис. 2а). При устранении же сил трения

разрушения наступает вследствие разрыва бетона по плоскостям, параллельным линиям действия внешних сжимающих сил (см. рис. 2б).

По результатам испытания бетонных призм были вычислены призмная прочность, модуль упругости и коэффициента Пуассона данные значения приведены в табл. 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в рамках одной цементной системы зафиксировано влияния волокон на прочность мелкозернистого бетона.

В целом, полученные экспериментальные результаты деформативных свойств бетона, свидетельствуют о возможности получения дисперсно-армированных бетонов на основе карбонатного заполнителя с требуемой прочностью (не менее 250МПа), значение которых согласно действующим нормам проектирования бетонных и железобетонных конструкций используются в явном виде в расчетах конструкций.



*Рис. 2. Разрушение бетонных призм:
а) образец, армированный базальтовым волокном;
б) контрольный образец без фибры.*

Таблица 2

Деформационные характеристики дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов на мраморовидном известняке

№ п/п	Наименование волокна	Кубиковая прочность, кгс/см ²	Призменная прочность кгс/см ²	Модуль упругости, Е МПа	Коэффициент Пуассона, μ	Предел прочности на растяжение при изгибе, кгс/см ²
1	Контрольный образец	208	146	29,2	0,15	30,4
2	Полипропилен	214	150	29,5	0,15	35,7
3	Базальтовое волокно	250	178	31,8	0,17	40,2
4	Стекловолокно	238	167	31,1	0,17	38,3

Применение органических волокон в мелкозернистых бетонах на основе карбонатного заполнителя позволяет улучшить прочностные и деформативные свойства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Майлян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях. Издательство Ростовского университета, 1967. – 271с.
2. Мирошниченко К.К. Научные и практические основы технологии получения высококачественных однородных дисперсно-армированных составов. – Днепропетровск: Издательство «ПГАСА», 2011г. – 250с.
3. Деревянко В.Н. Теоретические основы повышения стойкости и технология дисперсно-армированных покрытий: Дис. док. тех. наук: 05.23.05. – Днепропетровск, 2001. – 335с.
4. ГОСТ 24452-80 «Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициент Пуансона»
5. Михайлов К.В., Евгеньев И.Е., Асланова Л.Г. Применение неметаллической арматуры в бетоне // Бетон и железобетон. – 1990. – №4. – С. 5 – 7.
6. Наназашвили И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции. – М.: Высшая школа, 1990. – 486с.