

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ПЛОТНОСТИ СТЕКЛОБЕТОНА

Главной задачей современного строительства является создание эффективных материалов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами. Одним из перспективных композиционных материалов в настоящее время являются дисперсно-армированные бетоны. Бетонные смеси подвержены пластической усадке на стадии схватывания, что, как правило, ведет к образованию трещин и, следовательно, сказывается на долговечности бетона [1]. Эта проблема решается путем добавления в бетон относительно небольшого количества стекловолокна. Тонкие и обладающие высокой способностью к дисперсии стеклонити способны сдерживать образование трещин в бетоне на стадии его твердения. По нашим расчетам армирование стекловолокном является эффективным методом повышения прочности бетонов, поскольку модуль упругости (E) стекловолокна близок к аналогичным показателям стальной арматуры. Кроме того, стекловолокно обладает уникальным качеством трехмерного объемного армирования смеси. Основной сдерживающий фактор широкого применения стекловолокнистой арматуры – низкая коррозионная стойкость волокон к воздействию щелочной среды гидратирующихся цементов (pH = 9–13). Коррозия происходит при проникновении в поры бетона влаги, а также в воздушной среде углекислых паров. Взаимодействие цемента с силикатными материалами привлекало внимание исследователей с первых попыток армировать бетон стекловолокном [2]. Синтезированы специальные цементостойкие волокна, однако они содержат значительное количество дорогостоящих компонентов – оксидов циркония, цинка, бора, титана. Кроме того, анализ предварительных исследований [3] показал, что стеклянные волокна независимо от хими-

ческого состава все же вступают во взаимодействие с жидкой фазой гидратирующих цементов. Широкому внедрению стекловолокна препятствовали также отсутствие технологических решений, направленных на получение стеклофибробетона с нормируемыми физико-механическими и стоимостными характеристиками. При разработке способов увеличения прочности и водостойкости стеклобетона основное место должны занимать защита стекловолокна от действия щелочной среды цементного камня в среде твердеющего бетона, путем заполнения пористого пространства тела бетона.

Экспериментальные исследования показали, что существующие технологические приемы пропитки бетона смогли обеспечить заполнение только 50–60% пористого пространства. Для устранения этих недостатков разработана технология защиты стекловолокна в цементной среде бетона путем заполнения его порового пространства отвердевающими жидкостями. В качестве пропиточных материалов использовались битумы, стирол, метилметакрилат, расплав серы и другие специальные составы [4]. Однако прочность бетона не удавалось изменить в связи с малой глубиной и дороговизной пропитки. Наиболее устойчивыми к гидротермальной деструкции, недорогим и нетоксичным является жидкое натриевое стекло, выпускаемое отечественной промышленностью. Рекомендуется применять жидкое стекло с силикатным модулем, близким к трем, с добавлением кремнефтористого натрия для процесса твердения состава в бетоне. Особенность такой пропитывающей жидкости заключается в том, что она не только взаимодействует со щелочью, понижая ее содержание и защищая стекловолокно, но и выделяет при разложении

кремнекислоту, которая заметно уплотняет твердеющую систему, понижая пористость.

Для осуществления технологии пропитки на кафедре строительных материалов и изделий ХНУСА разработано лабораторное оборудование: ЛПУ (рис.1).

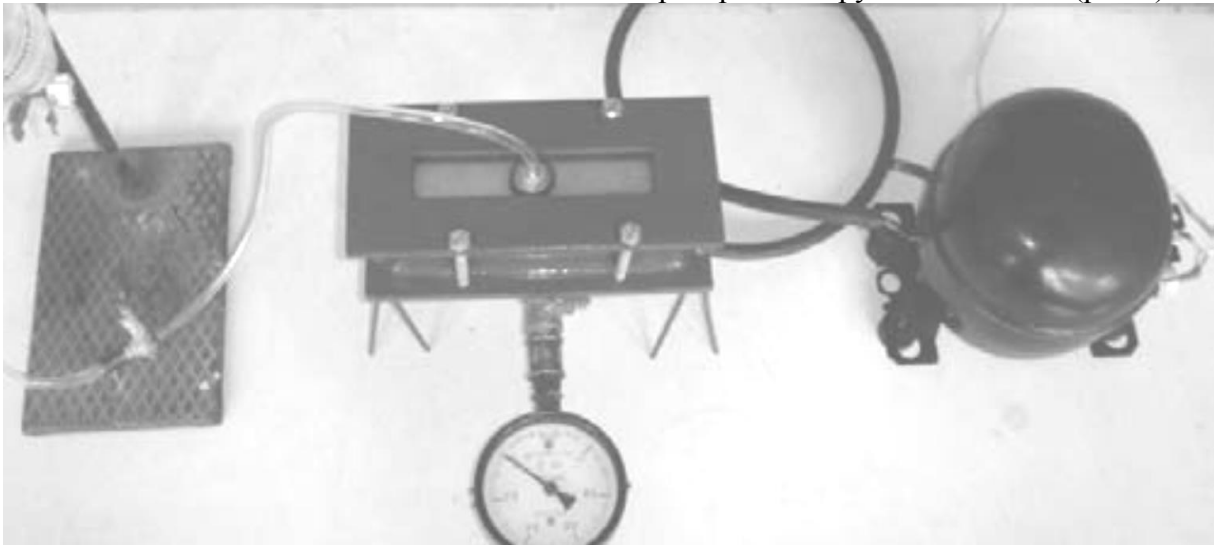


Рис.1. Лабораторная пропиточная установка (ЛПУ)

Для осуществления экспериментальных исследований были созданы бетонные балочки 4x4x16см, послойно армированные волокном и уплотненные на вибростоле. В качестве вяжущего в исследованиях применялся портландцемент производства ОАО «Балцем» (Украина, Харьковская обл. г. Балаклея). Заполнителем для мелкозернистых смесей являлся песок кварцевый Безлюдовского месторождения Харьковской обл. Для затворения бетонной смеси применялась водопроводная вода. Водоцементного соотношения В:Ц=0.5. Для армирования использовалось стекловолокно диаметром 9—11 мкм, плотностью – 2,6 г/см³, модулем упругости – 75,4 МПа•10³. Жидкое стекло - Na₂OSiO₂. Кремнийфтористый натрий - Na₂SiF₆. После отверждения в нормальных условиях в течение 28 суток образцы подвергались пропитке. Для этого бетонная балочка помещалась в герметичную камеру, где производилась экстракция воздуха из капиллярно-пористого тела бетона, при котором изделие подвергалось вакуумообработке с помощью вакуум-насоса. Далее производилась заполнение камеры жидким стеклом, в котором создавалось избыточное давление. Деаэрация длилась около 1 мин., пропитка жидкостью – 5-10 мин.

Микроструктурные исследования показали, что стекловолокно в твердеющем цементном камне покрывается слоем новообразований в виде мелкокристаллической рубашки. Отдельные игольчатые кристаллы срастаются между собой, образуя достаточно монолитные оболочки. Характер поверхности стеклянного волокна после действия среды твердеющего цементного камня представлен на рис. 1. Из рисунка видно, что в результате коррозии стеклянные волокна полностью теряют армирующие свойства, и прочность композита снижается.

Для проведения экспериментальной проверки образцы, армировали не только стеклянным, но и базальтовыми и углеродными волокнами (табл. 1), пропитав их составом натриевого жидкого стекла с добавлением кремнийфтористого натрия. Результаты эксперимента показывают, что при армировании бетона различными волокнами, прочность на изгиб и сжатие бетонных образцов меняется незначительно. Поэтому целесообразно использовать стекловолокно, которое в сравнении с углеродным и базальтовым волокнами является менее дорогим и более доступным.

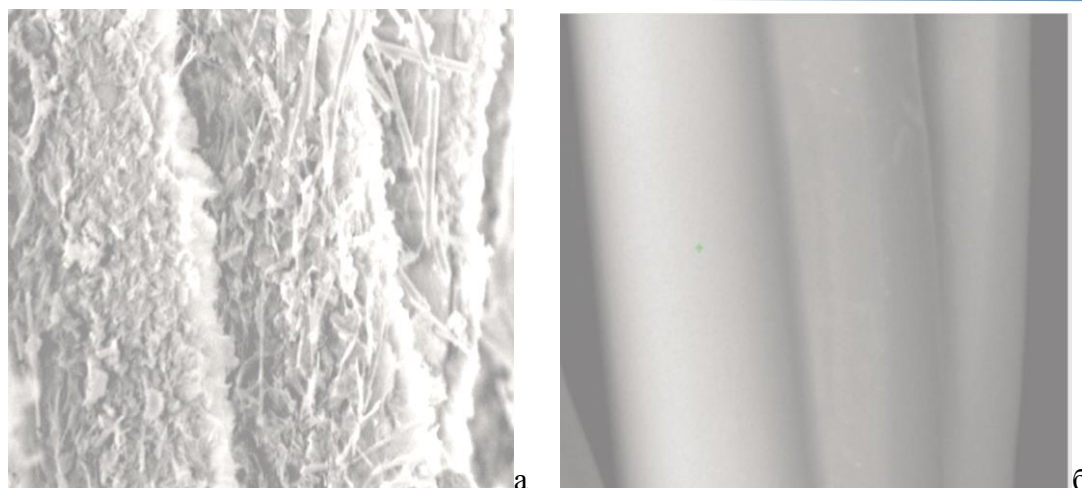


Рис. 2. Характер поверхности стеклянного волокна после воздействия среды твердеющего цементного камня до пропитки (а), после пропитки (б)

Таблица 1 – Физико-механические свойства бетона, армированного стеклянными, базальтовыми и углеродными волокнами

Бетонные образцы (4x4x16см)	Материал армирования	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %
Непропитанный	Стекловолокно	7,30	30,0	5,5
	Базальтовое волокно	8,43	32,0	5,7
	Углеродное волокно	9,58	38,0	5,4
Пропитанный	Стекловолокно	10,31	35,4	1,3
	Базальтовое волокно	11,52	37,8	1,2
	Углеродное волокно	13,0	41,2	1,3

Для визуализации степени пропитки жидким натриевым стеклом образцов армированного стекловолокном бетона в пропитывающую жидкость был добавлен люминесцентный препарат – родамин 6Ж.

После высушивания образцы просвечивались под ультрафиолетовой лампой. Результаты исследований представлены на рис. 3.



Рис.3. Степень пропитки жидким стеклом армированных стекловолокном бетонов, а – без пропитки, б –пропитан.

Улучшение качества пропитанного бетона оценивалось, согласно стандартным условиям, по изменению предела прочности при изгибе и при сжатии. В результате воздействия щелочной среды твердеющего цементного камня на стекловолоконно прочность композиции, армированной незащищенным стекловолокном — снижается, а при использовании интенсивной пропитки образца жидким стеклом — сохраняет свои высокие прочностные показатели (табл. 2).

Структура пористого пространства бетона после пропитки значительно

уплотнилась: капилляры, поры, микротрещины и разные дефекты заполнились жидким стеклом и создали структуру, которая практически не допускает проникновения влаги в тело бетона, значение водопоглощения снизилось до 1,3 %. Повышение прочности и плотности стеклобетона за счет пропитки жидким стеклом позволяет в 2-3 раза улучшить физико-механические характеристики изделий при незначительных затратах.

Таблица 2 - Характеристики исследованных бетонных образцов

Армированный бетонный образец	Прирост массы, г	Водопоглощение, %	Прочность при изгибе, МПа	Коэффициент упрочнения при изгибе	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент упрочнения при сжатии
Непропитанный	0	5,5	7,30	1,22	30,2	1,53
Пропитанный	8	1,3	10,31		35,4	

ЛИТЕРАТУРА:

1. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М.: АСВ, 2002. – 173 с.
2. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технологии, конструкции. - Москва: АСВ, 2004. — 560 с.
3. Габидуллин М.Г., Багманов Р.Т., Шангараев А.Я. Исследование влияния характеристик стеклофибры на физико-механические свойства стеклофибробетона / XV Академические чтения РААСН - Материалы международной научно-технической конференции "Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии". Казань: - 2010, КГАСУ. - С. 268-273.
4. Токарев М.М. Отримання високоміцних бетонних виробів методом просочення / Токарев М.М., Кротова О.М. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – Київ, 2010. – № 35. С. 75–78.