

И. П. ПАВЛОВА

* Беларусь, г. Брест, БрГТУ

НАПРЯГАЮЩИЙ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЙ БЕТОН ДЛЯ УСТРОЙСТВА И РЕМОНТА ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В процессе возведения конструктивных элементов ёмкостных сооружений встречаются характерные дефекты, требующие устранения и придания конструкции правильных геометрических форм. К характерным дефектам относятся:

- выступы на поверхности бетона, образующиеся из-за применения опалубки низкого качества, неправильной её установки и недостаточной её жесткости;
- наплывы из бетона или раствора, образующиеся при недостаточной герметичности опалубки;
- недостаточная толщина защитного слоя, образующаяся при неправильной установке или смещении опалубки;
- раковины на поверхности бетона, образующиеся в следствии некачественного приготовления бетонной смеси, скопления воды и воздуха вблизи опалубки, недостаточного уплотнения бетонной смеси в опалубке;
- большая щебенистость бетона, возникающая при расслоении бетонной смеси, неоправданно высокой жесткости бетонной смеси, вытекании цементного молока и т. п.;
- полости в бетоне, образующиеся из-за зависания бетонной смеси на арматуре и опалубке, а также в местах устройства технологических швов, при преждевременном схватывании ранее уложенного бетона и недостаточной подготовке основания при укладке вышележащих слоев бетона;
- усадочные трещины, образующиеся при недостаточном влажностном уходе за свежееуложенным бетоном;
- трещины различного происхождения: конструктивные, технологические и организационно-технологические, возникающие в конструкциях в период строительства и появившиеся процессе эксплуатации.

В эксплуатируемых конструкциях емкостных сооружений повреждения разделяют по характеру влияния на несущую способность на три группы: I группа – повреждения, практически не снижающие прочность и долговечность конструкции (поверхностные раковины, пустоты; трещины, в том числе усадочные и учтенные расчетом, раскрытием не свыше 0,2 мм, а также те, у которых под воздействием временной нагрузки и температуры раскрытие увеличивается не более чем на 0,1 мм; сколы бетона без оголения арматуры и т. п.);

II группа – повреждения, снижающие долговечность конструкции (коррозионно-опасные трещины раскрытием более 0,2 мм и трещины раскрытием более 0,1 мм в зоне рабочей арматуры, предварительно напряженных пролетных

строений, в том числе и вдоль пучков под постоянной нагрузкой; трещины раскрытием более 0,3 мм под временной нагрузкой; пустоты раковины и сколы с оголением арматуры; поверхностная и глубинная коррозия бетона и т. п.); III группа – повреждения, снижающие несущую способность конструкции (трещины, не предусмотренные расчетом ни по прочности, ни по выносливости; большие раковины и пустоты в бетоне сжатой зоны, полные повреждения защитного слоя и т. п.). Повреждения I группы не требуют принятия срочных мер, их можно устранить нанесением покрытий при текущем содержании в профилактических целях. Основное назначение покрытий при повреждениях I группы – остановить развитие имеющихся мелких трещин, предотвратить образование новых, улучшить защитные свойства бетона и предохранить конструкции от атмосферной и химической коррозии. При повреждениях II группы ремонт обеспечивает повышение долговечности сооружения. Поэтому и применяемые материалы должны иметь достаточную долговечность. Обязательной заделке подлежат трещины в зоне расположения пучков преднапряженной арматуры, трещины вдоль арматуры. При повреждениях III группы восстанавливают несущую способность конструкции по конкретному признаку. Применяемые материалы и технология должны обеспечивать прочностные характеристики и долговечность конструкции.

При выполнении ремонтных работ необходимо правильно выбрать материал. В ходе выбора ремонтного материала необходимо учитывать:

- совместимость ремонтного материала и материала ремонтируемой конструкции;
- степень ответственности элементов конструкции, включая зависимость несущей способности сооружения от их целостности;
- глубину разрушений;
- условия эксплуатации (температурный режим, влажность и агрессивность среды, динамические воздействия);
- эстетические требования;
- положение и доступность конструкции;
- объем подлежащих выполнению работ.

При проведении ремонта следует помнить, что совместимость материалов – это соотношение между физическими, химическими и электрохимическими характеристиками и размерами составляющих ремонтной и существующей систем. Это соотношение является обязательным, если ремонтная система должна выдерживать все усилия и напряжения, вызываемые эксплуатационными нагрузками и при этом не терять своих свойств в течение заданного промежутка времени. Именно несовместимость материалов является главной причиной плохого ремонта. Совместимость подразумевает характер поведения материала как в затвердевшем, так и в твердеющем состоянии.

При выборе материалов следует учитывать требования к ремонтным бетонам:

- специальные бетоны и фибробетоны для ремонта несущих конструкций должны выполняться из рационально-подобранных смесей, согласованным с головными организациями по конкретным видам объектов;

- специальные бетоны, которые используются при ремонте емкостных сооружений, должны отвечать следующим требованиям:

- прочность на сжатие: через 24 часа – не ниже класса C12/15; через 28 суток – не ниже класса C35/45;

- прочность сцепления со «старым» бетоном через 28 суток – не ниже 2,5 МПа;

- прочность сцепления с гладкой арматурой через 28 суток – не ниже 3 МПа;

- усадка в пластичном и затвердевшем состоянии не допускается;

- морозостойкость – не ниже F 300;

- водонепроницаемость – не ниже W 10;

- коэффициент сульфатостойкости – не ниже 0,8;

- удобоукладываемость для бетонов, определяемая по осадке конуса, – не меньше 200 мм.

Автором в рамках ХД была выполнена работа по техническому сопровождению и подбору состава номинального бетона на объекте «Строительство и обслуживание сельскохозяйственного комплекса по выращиванию грибов с котельными на газовом топливе южнее д. Борисово Киселевецкого сельсовета Кобринского района». Состав бетона подбирался в соответствии со следующей спецификацией по СТБ EN 206 [1]:

- C35/45-ХА3-С10.2-D22,4-SF1 (или по СТБ 1035 [2]: БСГТ РК5 С35/45 St-3 F200 W12).

Минимальное значение характеристической прочности на сжатие образцов кубов $f_{ck,cube}$ в соответствии с требованиями СТБ EN 206 [1] должно быть не менее 45 МПа.

В связи с особенностями конструктивного решения и спецификой выполнения работ для бетонирования следует применять самоуплотняющиеся бетонные смеси.

Учитывая необходимость обеспечения прочности, низкой проницаемости, усадочной и термической трещиностойкости конструкций, бетон изготавливается с учетом влияния экзотермии и исходя из условий компенсации усадки.

Требования к бетонной смеси

Бетонная смесь, поступившая на стройплощадку, должна соответствовать C35/45-ХА3-С10.2-D22,4-SF1 и обладать следующими характеристиками:

- класс по расплыву конуса SF1 (испытание по расплыву конуса) в момент выгрузки в бункер бетононасоса в диапазоне 550 мм и более;

- максимальное водоцементное отношение – 0,45;

- содержание портландцемента – не менее 360 кг/м³;

- средняя плотность – 2400 ± 40 кг/м³.

Требования к материалам

Компоненты бетонной смеси должны соответствовать следующим условиям:

- Цемент для бетона.
 - Общестроительные с низкой теплотой гидратации и содержанием C_3A не более 5 % массы клинкера (индекс LH в спецификации по СТБ EN 197-1).
 - СЕМ II-A/Ш по СТБ EN 197-1 с содержанием C_3A не более 5 % массы клинкера.

Для минимизации риска трещинообразования из-за повышенной экзотермии следует исключить применение цементов классов СЕМ I с индексом R СТБ EN 197-1.

- Расширяющаяся добавка сульфоалюминатного типа для компенсации усадочных явлений РСАМ СТБ 2092-2010, изг. ЗАО «Парад».
- Мелкий заполнитель 0/4 по СТБ EN 12620 или песок кварцевый с Мкр не менее 2,1 I класса, соответствующий ГОСТ 8736.
- Крупный заполнитель фракции 4/22,4 СТБ EN 12620 или щебень гранитный фракции 5...20 мм с содержанием фракции 5...10 мм в количестве 20–30 %, марки по прочности не менее 1200, соответствующий ГОСТ 8267.
- Фибра стальная.
- Пластифицирующая добавка I группы «Реламикс ПК» ТУ ВУ 190679156.002-2013, изг. – ООО «ПолипластХим».
- Вода для затворения бетонной смеси, соответствующая СТБ 1114.

Состав бетонной смеси

Таблица 1 – Номинальный состав бетона

Условное обозначение бетонной смеси	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси						
	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	РСАМ, кг	Фибра, кг	Вода, л	Реламикс ПК, кг
C35/45-ХА3 - С10.2-D22,4-SF1 (БСГТ РК5 C ^{35/45} St-3 F200 W12 Sp0,6 СТБ 2101, СТБ 1035-96)	450	860	910	40	45	195	5,4

В соответствии с требованиями СТБ EN 206 были определены основные параметры качества для самоуплотняющихся смесей.

1. Класс консистенции по расплыву конуса в соответствии с СТБ EN 206 (таблица 6 [1]) – SF1 (расплыв конуса, определяемый в соответствии с EN 12350-8 – 590 мм).

2. Класс по вязкости в соответствии с СТБ EN 206 (таблица 7 [1]) – VS2 (t_{500} , определяемое в соответствии с EN 12350-8 – 2,4 с).

3. Класс по вязкости в соответствии с СТБ EN 206 (таблица 8 [1]) – VF1 (t_v , определяемое в соответствии с EN 12350-9 на V-образной воронке – 3,3 с, после 5-минутного выдерживания – 7,8 с).

4. Класс по растекаемости в стесненных условиях в соответствии с СТБ EN 206 (таблица 10 [1]) – PJ2 (растекаемость, определяемая с применением блокировочного кольца в соответствии с СТБ EN 12350-12 – PJ = 8 мм, расплыв конуса $SF_J = 56$ см, интервал времени растекания $t_{500J} = 4,1$ с).

5. Класс по сопротивлению расслаиванию в соответствии с СТБ EN 206 (таблица 11 [1]) – SR2 (расслаиваемость, определяемая в соответствии с EN 12350-11 на сите с ячейкой 5 мм – SR = 1,52 %, водоотделения на поверхности бетонной смеси не зафиксировано).

6. Средняя плотность $\rho = 2445 \text{ кг/м}^3$ (определяемая в соответствии с EN 12350-6).

7. Потери подвижности во времени представлены в таблица 2.

Таблица 2 – Изменение удобоукладываемости бетонной смеси во времени

	Время τ , мин				
	0	30	60	90	120
Распływ конуса, мм	590	590	570	550	490

В возрасте 7, 14 и 28 сут. соответственно были проведены контрольные испытания образцов-кубов бетона на сжатие (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Результаты испытаний бетона

№ п/п	Разрушающая нагрузка, кН	Прочность образца, приведенная к базовому размеру, МПа	Прочность при сжатии, МПа	
			Среднее значение (фактическое)	Требуемая прочность бетона согласно документу о качестве
1	502,7	44,9	52,4	$f_{с.гр} = 57,8$
	589,1	56,0		
	513,5	48,8		
2	668,3	63,5	65,1	
	701,9	66,7		
	659,2	62,6		
3	697,5	66,3	68,8	
	697,2	66,2		
	764,8	72,7		
	708,1	67,3		

В лаборатории для анализа эффективности применения расширяющейся добавки в бетоне были выполнены экспериментальные исследования расширения и самонапряжения образцов вяжущего и бетона (см. таблицу 4, рисунок 1).

Таблица 4 – Результаты испытаний контрольных образцов цемента и бетона, модифицированного расширяющейся добавкой, на линейное расширение и самонапряжение

№ п/п	Вид образца	Собственные деформации	Возраст образцов, сут						
			1	2	3	7	14	21	28
1	Ц+PCAM (90:10, %)	Линейное расширение, %	–	0,016	0,022	0,028	0,04	Стабилиз.	
		Самонапряжение, МПа	0,73	0,91	0,91	0,91	1,05		
2	Бетон	Линейное расширение, %	–						
		Самонапряжение, МПа	–	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6

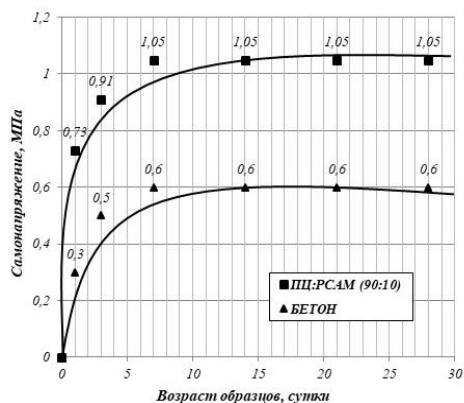
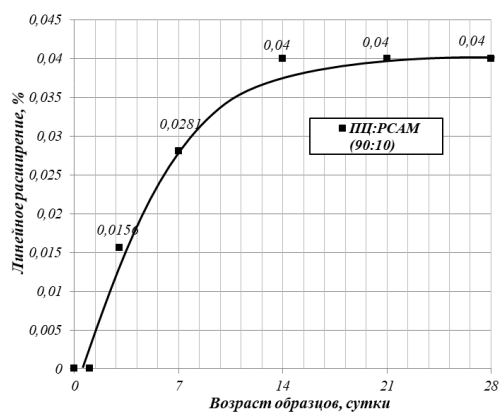


Рисунок 1 – Собственные деформации исследуемых составов вяжущего и бетона

Заключение

Анализ выполненных экспериментальных и теоретических исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. Фибробетон является перспективным строительным материалом с высокими эксплуатационно-техническими характеристиками, в особенности для ремонта сооружений, в том числе эксплуатируемых в средах разной степени агрессивности.

2. Как любой строительный материал, фибробетон не лишен недостатков, обусловленных и самой структурой, и технологией изготовления – усадочные деформации, необходимость сокращения сроков схватывания и предотвращения «оплывов».

3. Применение расширяющейся добавки сульфоалюминатного типа как компонента вяжущего для фибробетона позволит компенсировать негативные усадочные напряжения и создать в ряде случаев деформации расширения.

4. Введение параллельно с расширяющимися компонентами стальной фибры позволяет не только предотвратить нежелательные «оплывы», но и создать совместное с расширяющейся цементной системой 3D-армирование, что в итоге приводит к получению композита с высокими эксплуатационными показателями (включая прочность, непроницаемость и долговечность).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетон. Требования, показатели, изготовление и соответствие: СТБ EN 206–2016. – Минск : Стройтехнорм, 2016 – 67 с.
2. Смеси бетонные. Технические условия: СТБ 1035–96. – Минск : Стройтехнорм, 1996. – 12 с.
3. Бетоны напрягающие. Технические условия: СТБ 2101–2010. – Минск : Стройтехнорм, 2010 – 14 с.
4. Добавка РСАМ для бетонов и строительных растворов. Технические условия: СТБ 2092–2010. – Минск : Стройтехнорм, 2010 – 9 с.

5. Павлова, И. П. Исследование влияния расширяющихся сульфоферритных и сульфоалюминатных добавок на прочностные показатели и собственные деформации цементных систем / И. П. Павлова, Т. В. Каленюк, К. Ю. Беломесова // Весн. БрГТУ.– 2016. – № 1: Строительство и архитектура.– С. 123–127.

6. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества / А. В. Волженский – М. : Стройиздат, 1986. – 410 с.

УДК 691. 544

Н. С. СТУПЕНЬ

* Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ КОРРОЗИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪКТОВ

Обследование технического состояния зданий и сооружений производится с целью определения деформаций или других воздействий от влияния осуществляемых вблизи них нового строительства или реконструкции, а также для разработки в случае необходимости мероприятий по усилению их конструкций или укреплению грунтов оснований.

Строительная реставрация – это восстановление внешнего вида, а также отдельных деталей здания различных годов постройки. Благодаря современным материалам и эффективным технологиям профессиональные бригады выполняют работы быстро и полностью возвращают сооружениям первоначальный внешний вид. Корректировка рабочего проекта реставрации ведется на протяжении всего периода работ, и окончание проекта совпадает с окончанием реставрации в натуре. Большие разрушения памятника архитектуры и невозвратимые утраты иногда исключают реконструкцию, а тем более полную реставрацию. Поэтому при инженерной реставрации таких памятников ограничиваются лишь необходимым укреплением уцелевших частей. Нельзя воспроизводить любой памятник культуры, если нет достоверных сведений о его первоначальном облике. Основная задача реставрации – сохранение памятников истории и культуры, позволяющее последующим поколениям осознать преемственность культуры, придающее смысл настоящему и вселяющее надежды на будущее.

Реставрация зданий и сооружений – исключительно сложный вид работ, требующий совместной деятельности различных специалистов, и в первую очередь архитекторов-реставраторов, инженеров и техников-строителей, а также археологов.

Реставрация – это совокупность мероприятий, которые направлены на восстановление исходного облика и улучшение характеристик старых сооружений, имеющих историческую или культурную ценность. Чаще всего объекты