

сооружений, как правило, затягивается, а сроки ввода часто переносятся из года в год. Такое положение в значительной мере связано с упомянутой специфичностью работы [4].

Таким образом, опыт подводного бетонирования тампонажных подушек, бурозаливных свай искусственных сооружений и тампонажной подушки опускного колодца на объекте Госкомсельхозтехники БССР свидетельствует о целесообразности использования его в сельском строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костерин Э. В. Основания и фундаменты. М., «Высшая школа», 1966.
2. Чайковский В. Г. Опыт применения мостопоездом № 811 бетонных ящиков при сооружении фундаментов. Материалы к VIII научно-технической конференции кафедр института и секций ДорНТО Белорусской железной дороги. Гомель, БелИИЖТ, 1967.
3. Чайковский В. Г. Сооружение буровых столбчатых фундаментов.—Строительство и архитектура Белоруссии», 1973, № 3.
4. Яцук Ш. К. Улучшать строительство очистных сооружений.—«Сельское строительство Белоруссии», 1975, № 6.

УДК 666.973.4: 620.169.1

И. А. РЫБЬЕВ, В. Т. ВАСИЛЬЧЕНКО, С. В. ВАСИЛЬЧЕНКО

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЕСЧАНЫХ БЕТОНОВ В КОНСТРУКЦИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ЗАПАДНЫХ РАЙОНАХ БЕЛОРУССИИ

В процессе эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций сельскохозяйственных зданий более 20 лет в условиях западных районов Белоруссии происходит ряд характерных разрушений структуры бетона: шелушение и отслаивание, особенно в растянутой зоне конструктивных элементов (ригелей эстакад, балок открытых складских сооружений и др.). Наблюдаются также частичные повреждения (шелушения) бетона стеновых блоков и панелей, особенно на участках, подвергающихся наибольшей степени увлажнения. Эти разрушения конструктивных элементов являются следствием климатических и эксплуатационных воздействий. Учитывая комплексное воздействие на песчаный бетон указанных факторов, за главный эксплуатационный показатель материала при исследовании долговечности конструкций был принят динамический модуль упругости.

На первом этапе натурных исследований конструкций сельскохозяйственных зданий выявлялись изделия, изготовленные на основе песчаных бетонов, год строительства объекта. Затем из выявленных конструкций выбирали такие, которые находились в наиболее характерных для западных районов Белоруссии условиях эксплуатации и климатических воздействий.

Таблица 1

Результаты обследований сельскохозяйственных зданий Брестской области

№ пробы	Объект	Конструкция	Год строительства	Продолжительность эксплуатации, лет	Отбор проб песчаного бетона	
					глубина отбора пробы, см	количество образцов
1	Жилой дом	Цокольные блоки	1965	12	5	4
					10	4
2	Склад (теплый)	Цокольная часть наружной стены	1967	1	5	4
					10	4
3	Птччник	Цокольные блоки	1968	9	5	4
					10	4
4	Хозяйственно-бытовое здание	Цоколь	1951	26	5	4
					10	4
5	Жилой дом	Цоколь	1974	3	5	4
					10	4
6	Клуб	Цокольные блоки	1962	15	5	4
					10	4
7	Мастерские	Цокольная часть наружной стены	1940	37	5	4
					10	4
8	Котельная	Цокольные блоки	1975	2	5	4
					10	4
9	Склад (холодный)	Цоколь	1958	19	5	4
					10	4

Конструкции, которые подвергались капитальному ремонту или были защищены покрытиями, из списка исследуемых исключались.

Выявив таким образом необходимые для исследования конструктивные элементы, из них отбирали пробы песчаного бетона в виде монолитных кусков с поверхности и из глубины изделия.

Как показали исследования, чаще всего песчаный бетон встречается в конструктивных элементах фундаментов и цокольной части зданий. Для дальнейших исследований песчаных бетонов были приняты элементы цокольной части зданий как наиболее полно отвечающие требованиям поставленной задачи исследования долговечности материала.

Результаты обследований конструктивных элементов сельскохозяйственных зданий приведены в табл. 1.

Все отобранные пробы песчаного бетона были разделены на две группы. В первую входили пробы № 1; 4; 6; 7; 9, установить первоначальный состав бетона которых из-за давности лет не представилось возможным. Ко второй отнесены пробы № 2; 3; 5; 8, проектный состав которых, а также вид цемента были известны. Все отобранные образцы бетона исследованы по методике, разработанной в НИИЖБ Госстроя СССР («Рекомендации методов ана-

лиза затвердевшего бетона и раствора для определения их первоначального состава» [3].

После испытания образцов на сжатие и деформативность (модуль упругости, табл. 2) из них отбиралась проба бетона, которая измельчалась до прохождения сквозь сито № 008 и растворялась разбавленной HCl (1 : 3). Затем в фильтрате методом химического анализа определялись растворимые SiO₂ и CaO. В связи с тем что установить происхождение и произвести анализ цемента в пробах № 1; 4; 6; 7; 9 не представилось возможным, за цемент было принято все растворимое песчаного бетона, а нерастворимый осадок — за песок. При этом с достаточной достоверностью принималось допущение, что растворимая часть песка компенсируется нерастворимым осадком цемента.

По пробам песчаного бетона № 2; 3; 5; 8 были установлены исходные данные по составу смеси и виду цемента. В связи с этим по указанным пробам одновременно наряду с анализом песчаного бетона, взятого из конструктивных элементов, производился и аналогичный анализ материалов цемента и песка.

Содержание цемента рассчитывалось по данным химического анализа как среднее значение из трех определений: по нерастворимому остатку, по SiO₂ и по CaO. Проведенный анализ показал, что содержание цемента в песчаных бетонах исследуемых проб колеблется от 21,76 до 31,82% (табл. 2). В связи с этим было проведено исследование по выявлению зависимости структурно-механических свойств бетона от его состава.

Для определения зависимости прочностных характеристик песчаного бетона от его состава $\Pi : П = f(E)$ был построен график (рис. 1). Из графика видно, что бетон на песках, аналогичных тем, которые применялись в исследованных конструкциях, имеет определенную зависимость между составом и модулем динамической упругости. При этом на участке А—Б эту зависимость можно принять с допустимой долей погрешности за прямолинейную. На этом участке можно определить значение E на каждый 1% изменения цемента в смеси, т. е. из графика следует, что на участке А—Б при изменении цемента в бетоне от 25 до 33% динамический модуль упругости изменяется от 19,3 до 23,3 ГПа, т. е. на 1% изменения расхода цемента модуль упругости изменяется на 0,5 ГПа.

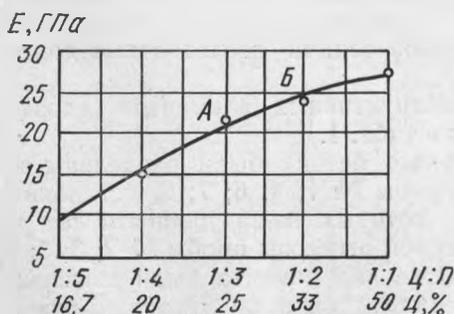


Рис. 1. Зависимость динамического модуля упругости от состава песчаного бетона (В : Ц = 0,5; портландцемент М 400; образцы испытаны после 28 суток выдерживания в нормальных условиях).

Основные характеристики песчаных бетонов в конструкциях
сельскохозяйственных зданий

№ проб	Продолжительность эксплуатации, лет	Состав песчаного бетона по массе, Ц:П	Марка бетона (проектная)	Предел прочности при сжатии, МПа	Плотность бетона, %	Содержание цемента, %	Динамический модуль упругости, ГПа	Приведенный динамический модуль упругости к расходу цемента 26%, ГПа
2	1	1:3	150	20,3	74	26,4	23,3	22,1
8	2	1:2,5	200	27,5	79	29,4	25,6	23,9
5	3	1:3	150	22,8	78	26,0	24,8	24,8
3	9	1:2,5	200	29,6	81	28,8	26,5	24,6
1	12	1:3,2	150	20,1	70	23,74	22,7	23,8
6	15	1:3,06	150	16,7	68	21,76	19,3	21,4
9	19	1:2,87	150	17,4	67	25,9	20,1	20,2
4	26	1:2,15	200	17,3	71	31,82	19,7	17,8
7	37	1:2,36	200	14,3	63	29,88	14,8	13,3

За среднее значение было принято 26% цемента и сделано соответствующее корректирование значений E : определены приведенные к среднему расходу цемента значения динамического модуля упругости.

Основные характеристики песчаного бетона, отобранного из конструкций сельскохозяйственных зданий, приведены в табл. 2.

Для выявления закономерности стойкости песчаного бетона во времени строился график зависимости $E=f(t)$. Из графика (рис. 2) видно, что ломаная линия 1 не отражает четкой закономерности функции E , а приведенные значения $E_{пр}$, выраженные кривой 2, дают определенную закономерность, которая показывает, что модуль упругости приведенной марки бетона 150 при $t=1$ возрастает и затем плавно понижается. Увеличение модуля упругости в период до 3—4 лет вызвано уплотнением и упрочнением структуры бетона за счет дальнейшего процесса гидратации цемента. Затем в бетоне постепенно начинают превалировать деструктивные процессы, вызванные попеременным его замораживанием, оттаива-

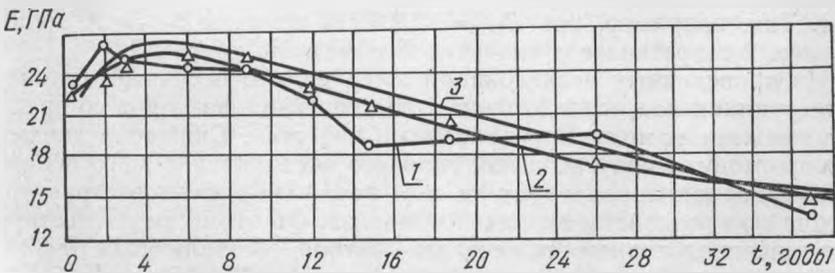


Рис. 2. Изменение динамического модуля упругости песчаного бетона во времени:
1—в конструкциях; 2—приведенного; 3—теоретического.

нием, увлажнением и высыханием. Эти климатические воздействия приводят к ослаблению структуры, что и выражается на графике спадом кривой E после 6 лет эксплуатации.

Полученная экспериментальная зависимость, выраженная кривой 2, была подвергнута математической обработке [2]. Цель такой обработки состояла в том, чтобы полученные в опытах результаты, выраженные наиболее простой математической зависимостью $E=f(t)$, позволили производить экстраполирование и математический анализ экспериментальных данных.

Методом подбора графиков функций было выявлено [1, 2], что более всего подходят зависимости: $Y = ax^b e^{cx}$; $Y = e^{c_1+c_2x+c_3x^2}$; $Y = ae^{bx} + ce^{ax}$;

$$Y = \frac{c_3x + c_4}{x^2 - c_1x - c_2}; \quad Y = ae^{bx} + c;$$

$$Y = c_0 + c_1x + c_2x^2 + \dots + c_nx^n.$$

Из анализа приведенных формул и проверки их по экспериментальным параметрам на ЭВМ «Наири-2» определено, что дисперсия S , т. е. мера рассеяния значений x около опытных данных, получается минимальной в математической зависимости

$$Y = \frac{c_3x + c_4}{x^2 + c_1x - c_2}, \quad (1)$$

для которой $S = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} [Y_i - f(x_i)]^2 / 10} = 1,09$. В то же время в других зависимостях S находится в пределах от 3 до 10.

По данным обработки формулы (1) на ЭВМ получено:

$$E = \frac{606t + 9568}{t^2 + 13t - 40}. \quad (2)$$

Выявленная зависимость позволяет экстраполировать закономерность изменения модуля упругости песчаного бетона во времени. Из зависимости (2) можно определить время, при котором E достигает предельно допустимого минимума. И, наоборот, выразив зависимость (2) через t , можно получить t_{\max} для заданного E_{\min} . Так, например, при $E_{\min} = 12,2$ ГПа получим $t_{\max} = 60$ годам. На рис. 2 теоретическое значение E выражено кривой 3.

Из проведенных исследований следует, что песчаный бетон в конструкциях под воздействием климатических факторов со временем снижает свои эксплуатационные качества. Снижение динамического модуля упругости как главного эксплуатационного показателя материала происходит за счет развития дефектов структуры бетона под воздействием влаги и мороза. Об этом свидетельствует и увеличенная пористость песчаного бетона, составляющая от 32 до 37% при эксплуатации конструкции в течение 20—37 лет (табл. 2). Пористость песчаного бетона в конструкциях, эксплуатируемых в течение 1—9 лет, составляет 19—26%.

В связи с этим получение оптимальной структуры бетона является одним из главных путей повышения долговечности песчаных бетонов, применяемых в конструкциях сельскохозяйственных зданий в условиях западных районов Белоруссии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бронштейн И. Н., Семендяев К. А.* Справочник по математике. М., «Наука», 1967.
2. *Гутер Р. С., Овчинский Б. В.* Элементы численного анализа и математическая обработка результатов опыта. М., «Наука», 1967.
3. Рекомендации методов анализа затвердевшего бетона и раствора для определения их первоначального состава НИИЖБ Госстроя СССР. М., «Стройиздат», 1969.

УДК 691.327:620.193

В. Н. ПЛОСКОНОСОВ, И. А. РЫБЬЕВ

КОРРОЗИЯ БЕТОНА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ В АГРЕССИВНОЙ ТОРФЯНОЙ СРЕДЕ

Опыт эксплуатации гидромелиоративных и других сооружений в условиях торфяной среды показал, что бетон очень часто подвержен интенсивному разрушению, приводящему к значительным затратам на ремонтно-восстановительные работы. Характер же разрушения бетона и агрессивные факторы среды торфа практически не исследованы, отсутствуют и научно обоснованные рекомендации по защите бетона от коррозии.

Влияние торфяной среды на долговечность бетона изучалось путем обследования гидромелиоративных и других сооружений, а также бетонных образцов размером $10 \times 10 \times 40$ см и $15 \times 15 \times 15$ см состава 1 : 2,3 : 3,1 (по массе) на портландцементе Волковского завода (М. 400), речном песке средней крупности ($M_{кр} = 2,56$) и гранитном щебне подобранного фракционного состава. Плотность и характер структуры бетона регулировались путем изменения водоцементного отношения и введением поверхностно-активных добавок (СДБ, СНВ, ГКЖ-94).

Бетонные образцы нормального твердения выдерживались в течение 20 месяцев в условиях естественной торфяной залежи, представленной верховыми торфами топяного происхождения со степенью разложения торфа 10—15%. Химический состав жидкой фазы торфяной залежи имел следующие показатели: углекислота свободная — 28,4 мг/л; углекислота агрессивная — 4,1 мг/л; щелочность гидрокарбонатная — 9,0 мг/л; кальций — 8,0 мг/л; сульфаты — 2,8 мг/л; хлориды — 59,0 мг/л; рН — 4,05; гуминовые кислоты — 48 мг/л и фульвовые кислоты — 281 мг/л.

Опыты выполнялись в лабораторных условиях с использова-