

Из полученных результатов следует, что суперпластификатор М-1 способствует существенному повышению долговечности модифицированного бетона. Адсорбция молекул суперпластификатора М-1 на наиболее активных поверхностях цементных частиц в зонах контакта цементного камня с заполнителем позволяет снизить расход воды затворения в бетонной смеси, повысить плотность и прочность бетона, однородность его структуры. Морозостойкость модифицированного бетона обеспечивается за счет снижения его водо- и соленасыщения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика по определению прочностных и деформативных характеристик бетонов при одноосном кратковременном статическом сжатии / НИИЖБ Госстроя СССР. — М., 1975. — 79 с. 2. Берг О.Я., Щербак в Е.Н. и др. Высокопрочный бетон. — М., 1971. — 207 с.

УДК 691.327:666.972.53

В.Л. МАРЦИНКЕВИЧ, В.В. БАБИЦКИЙ,
Э.И. БАТЯНОВСКИЙ

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА

Долговечность железобетонных конструкций зависит от многих факторов: состава и плотности бетона, его проницаемости, условий эксплуатации конструкций и др.

С целью получения бетона с высокими эксплуатационными свойствами в состав бетонной смеси необходимо вводить химические добавки, позволяющие без снижения удобоукладываемости смеси уменьшать расход воды затворения и тем самым существенно повышать плотность цементного камня.

Исследования физико-механических характеристик модифицированного бетона проводились по методике, разработанной НИИЖБ [1].

Для изготовления бетонных образцов использовались портландцементы марок 400 и 500, щебень гранитный фракции 5...20 мм карьера "Микашевич", песок речной Заславского карьера.

Применялись разработанные в БПИ добавки-суперпластификаторы ПО-1 и М-1, доза которых составляла 0,25 и 0,4 % от массы цемента. Отформованные на стандартной виброплощадке бетонные кубы с длиной ребра 10 см и призмы 10x10x10 см твердели в нормально-влажностных условиях в течение 180 сут.

Деформации бетона измерялись в помощью индикаторов часового типа и тензометров Гугенбергера. На каждой стадии нагружения призм (продолжительностью 5 мин) определялись приращения продольных и поперечных полных и пластических деформаций, а также скорость прохождения ультразвука в бетоне. По результатам испытаний найдены модуль упругости бетона, верхняя и нижняя границы трещинообразования (табл. 1).

Представленные в табл. 1 данные свидетельствуют о том, что физико-механические характеристики бетона, модифицированного суперпластификатором,

существенно выше, чем бетона без добавок. Снижение В/Ц при обеспечении той же удобоукладываемости смеси позволило повысить плотность структуры и сцепление крупного заполнителя с растворной частью бетона, о чем свидетельствует увеличение отношения $R_{пр}/R_{сж}$ и повышение сопротивления бетона линейным деформациям при осевом сжатии.

При проектировании железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах или подвергающихся попеременному замораживанию и оттаиванию, наряду с физико-механическими характеристиками учитываются водопоглощение и водонепроницаемость бетона. Повышение границ трещинообразования модифицированного бетона обуславливает и повышение его морозостойкости и водонепроницаемости.

Обследование железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в среде жидкости переменного уровня, показало, что в ряде случаев бетон конструкций, имеющий требуемую проектом водонепроницаемость, за небольшой промежуток времени выходит из строя из-за низкой морозостойкости, что связано с использованием пуццоланового цемента, неморозостойких заполнителей и др. Кроме того, одним их определяющих, на наш взгляд, факторов является скорость капиллярного всасывания бетоном того или иного флюида.

1. Скорость капиллярного всасывания жидкости определяли на бетонных образцах размером $10 \times 10 \times 10$ см с заложенными в них при формировании датчиками (проволочными электродами) на расстоянии 20 мм от нижней грани. Методом электросопротивления устанавливали продолжительность подъема жидкости в бетонном образце на высоту 20 мм и по ней рассчитывали скорость капиллярного всасывания.

Результаты испытаний бетонов составов 1...6 (см. табл. 1) приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что введение в бетонную смесь до-бавок-суперпластификаторов позволяет существенно снизить скорость капиллярного всасывания жидкости, в результате чего повышается водонепроницаемость и морозостойкость бетона. При этом снижение скорости подъема жидкости в 1,5 раза практически не сказывается на водонепроницаемости бетона, в то время как его морозостойкость изменяется весьма существенно (составы 2 и 3). Следовательно, по продолжительности капиллярного всасывания жидкости можно достаточно точно определять эксплуатационную стойкость бетона.

С уменьшением водоцементного отношения, увеличением продолжительности капиллярного всасывания жидкости и повышением трещиностойкости морозостойкость модифицированного бетона возрастает. Это происходит, вероятно, в результате повышения его сопротивления растяжению от давления льда в порах и капиллярах, а также снижения объема воды, замерзающей в порах бетона.

Таким образом, морозостойкость бетона находится в функциональной связи с продолжительностью капиллярного всасывания жидкости, пористостью бетона и его трещиностойкостью. Морозостойкость бетона можно оценить по продолжительности подъема жидкости на высоту 20 мм, водопоглощению бетона и нижней границе его трещинообразования, которые достаточно просто могут быть установлены экспериментально. Косвенно указанные параметры характеризуют размеры пор в бетоне (продолжительность капиллярно

Табл. 1. Физико-механические характеристики модифицированного бетона в возрасте 180 сут.

Параметр	Номер состава бетона					
	1	2	3	4	5	6
<i>Технологические параметры</i>						
Расход цемента на 1 м ³ бетона, кг	346	346	346	418	418	418
Вид введенной добавки	—	ПО-1	М-1	—	ПО-1	М-1
Водоцементное отношение в бетонной смеси	0,50	0,44	0,43	0,49	0,42	0,41
Подвижность бетонной смеси, см	2	2	3	5	4	4
<i>Прочностные и деформационные характеристики бетона</i>						
Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа	<u>39,4</u> 100	<u>47,0</u> 119	<u>43,7</u> 111	<u>42,0</u> 100	<u>52,2</u> 124	<u>49,6</u> 118
Призмная прочность $R_{пр}$, МПа	<u>28,7</u> 100	<u>35,7</u> 124	<u>33,2</u> 115	<u>31,1</u> 100	<u>40,6</u> 131	<u>38,2</u> 123
$R_{пр}/R_{сж}$	0,73	0,76	0,76	0,74	0,78	0,77
Нижняя граница трещинообразования R_T^0 , МПа	<u>12,6</u> 100	<u>17,9</u> 142	<u>16,3</u> 129	<u>13,4</u> 100	<u>21,0</u> 152	<u>19,2</u> 143
$R_T^0/R_{пр}$	0,44	0,50	0,49	0,43	0,52	0,50
Верхняя граница трещинообразования R_T^v , МПа	<u>21,2</u> 100	<u>26,8</u> 126	<u>24,9</u> 117	<u>23,0</u> 100	<u>30,8</u> 131	<u>28,7</u> 125
$R_T^v/R_{пр}$	0,74	0,75	0,75	0,74	0,76	0,75
Модуль упругости $E_B \cdot 10^{-3}$, МПа	<u>28,2</u> 100	<u>30,8</u> 109	<u>29,0</u> 103	<u>29,4</u> 100	<u>33,4</u> 114	<u>31,2</u> 106

П р и м е ч а н и е. В числителе — фактические значения показателей; в знаменателе — в процентах от значений показателей для бетона без добавок.

Табл. 2. Эксплуатационные характеристики бетона

Номер состава бетона	Продолжительность капиллярного всасывания жидкости на высоту 20 мм, ч	Марка бетона по водонепроницаемости	Относительное объемное водопоглощение бетона, %	Морозостойкость бетона, циклов
1	37	W4	12,48	150
2	44	W8	8,64	250
3	38	W8	9,12	200
4	33	W6	12,72	150
5	50	Выше W8	8,40	300
6	43	То же	9,36	250

го всасывания), объем открытых пор (водопоглощение) и способность бетона к растрескиванию при определенном уровне напряжений (нижняя граница трещинообразования).

Прогнозирование морозостойкости бетона, включая и бетон с химическими добавками [2], базируется, как правило, на определении различных параметров, например капиллярной пористости цементного камня или соотношения его капиллярной и контракционной пористости. Ниже излагается метод прогнозирования морозостойкости модифицированного бетона по его трещиностойкости и структурным параметрам.

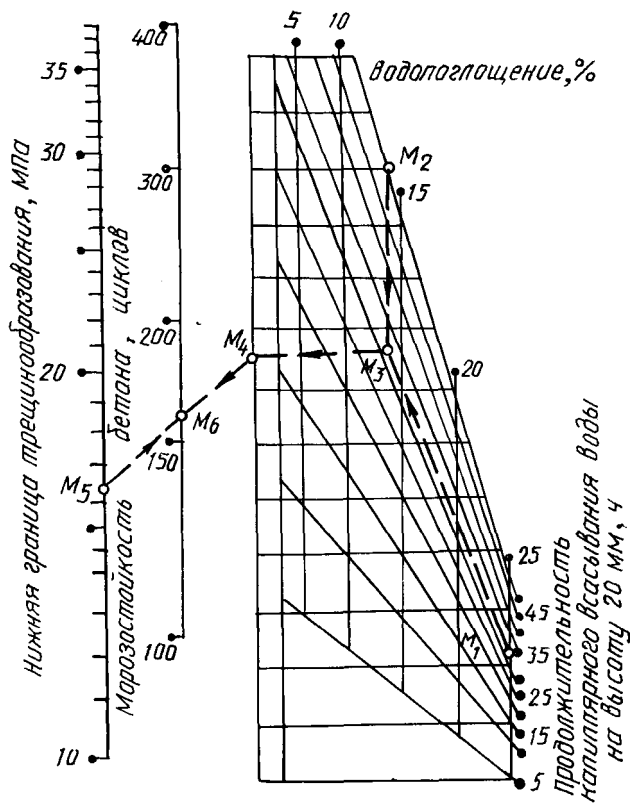


Рис. 1. Номограмма для определения морозостойкости бетона

Получение строгих аналитических зависимостей, связывающих морозостойкость бетона с указанными выше параметрами, затруднительно, так как нельзя выявить в полной мере взаимосвязь всех определяющих ее факторов. Но можно построить эмпирическую номограмму (рис. 1). Нижнюю границу трещинообразования, водопоглощение и продолжительность капиллярного всасывания воды на высоту 20 мм находят экспериментально на образцах, твердевших одновременно с конструкцией, а затем по номограмме определяют морозостойкость бетона.

Для прогнозирования эксплуатационных свойств модифицированного бетона недостаточно определения его морозостойкости. На рис. 2 представлена номограмма для определения водонепроницаемости бетона в зависимости от водоцементного отношения в цементном тесте, его нормальной густоты и расхода цемента. Однако в отличие от предыдущей данную номограмму можно использовать уже на стадии проектирования состава бетона.

Примеры пользования номограммами приведены на рис. 1 и 2.

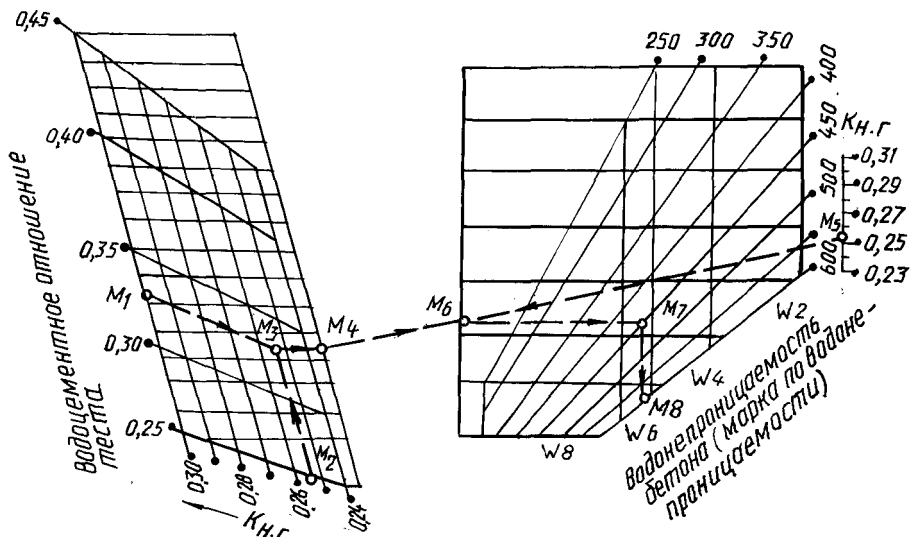


Рис. 2. Номограмма для определения водонепроницаемости бетона.

Сопоставление экспериментальных данных с прогнозируемыми показывает их достаточную сходимость. Это позволяет на стадии проектирования состава бетонной смеси внести необходимые коррективы с целью получения оптимальной в каждом конкретном случае долговечности бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по определению прочностных и структурных характеристик бетона при кратковременном и длительном нагружении / НИИЖБ Госстроя СССР. — М., 1976. — 82 с. 2. Добролюбов Г., Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками. — М., 1983. — 213 с.