

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
БЕТОНА ЛИТЬЕВОГО ФОРМОВАНИЯ**

И.П.Блещик

Строительный факультет, БГПА

г.Минск, Беларусь

И.В.Коваль

Строительный факультет, ПГУ

г.Новополоцк, Беларусь

В статье изложены особенности проектирования композиций литых бетонных смесей влияющие на физико-механические свойства бетона.

Ключевые слова: литые бетоны, водоцементное отношение, тип цементных систем, влияние водосодержания, пористость, прочность, морозостойкость.

В течении ряда лет авторами проводились исследования физико-механических свойств бетонов литового формирования: прочности на сжатие $R_{сж}$, плотности- ρ , морозостойкости- F .

Проектируя состав бетона литового формирования необходимо обеспечить при заданной проектной прочности требуемую подвижность (удобоформуемость) смеси. Решение данной задачи должно осуществляться с учетом границ максимальной водоудерживающей способности цементных систем.

В работах многих авторов / 3, 4, 5 / подробно исследовались критерии максимального водосодержания цементных систем. По результатам их работ были установлены границы *максимальной водоудерживающей способности* цементов. Также принято условное деление цементных систем по типам в зависимости от количества содержащейся в них воды. То есть на системы, не содержащие *свободную* воду (*первый тип*), содержащие ее незначительное количество, и системы, в которых количество свободной (несвязанной) воды достаточно велико (*второй и третий тип цементной системы*). Использование систем третьего типа нежелательно из-за возникновения в них интенсивных седиментационных процессов. В этой связи целесообразно использовать лишь те литые бетонные смеси, в которых соблюдается следующее условие:

$$X_{Т.М} < X_{Т.М.М.М} \quad , \quad (1)$$

где $X_{Т.М}$, $X_{Т.М.М.М}$ - относительное и максимальное водосодержание модифицированной бетонной смеси / 5 /.

Литые бетонные смеси должны проектироваться с учетом *первого* и *второго* типа цементных систем при соблюдении минимально возможного, из условия подвижности, водоцементного соотношения. Основная масса литых бетонных смесей, модифицированных добавками-суперпластификаторами, имеет водоцементное соотношение в пределах 0,4...0,7. При этом, для условий зимнего беспрогревного бетонирования водоцементное отношение не должно превышать 0,6. Указанные пределы позволят обеспечить прочностные показатели при сохранении необходимой подвижности на этапе укладки бетонной смеси. При этом следует учитывать пластифицирующий эффект от различных видов добавок, пу-

тем использования коэффициента пластификации - $K_{\text{пл}}$, методика определения которого приведена в / 6 /. Также следует учитывать то, что небольшое расчетное количество цемента для бетонов марок ниже М 200 во многих случаях вызывает не выполнение условия (1), и кроме того, большинство пластифицирующих добавок обеспечивают меньший эффект в тощих смесях. Следовательно, нежелательно использование для целей литевой технологии бетонов с проектными марками ниже М 200 (особенно для зимних условий из-за повышенных значений В/Ц в таких смесях).

Минералогический состав цемента также оказывает существенное влияние на *прочностные* свойства и характер *кинетики* набора прочности в бетонах литьевого формирования. Цемент, входящий в состав композиции, должен иметь хорошие характеристики по кинетике набора прочности в естественных условиях твердения. Это требование связано с *основным* характером применения литевых бетонов в строительстве. Следовательно, *степень алюминатности* цемента, применяемого в литевых смесях (средняя, высокая, низкая) должна быть адекватной условиям использования, а величина его удельной поверхности по возможности более высокой (в пределах от 2900 до 4000 $\text{см}^2/\text{кг}$). В этом случае можно достигнуть расчетных прочностных показателей.

Плотность литевой бетонной смеси, в случае предъявления повышенных требований к водонепроницаемости, может быть достигнута за счет снижения пористости. Одним из путей снижения пористости цементного камня является уменьшение воздухоовлечения. Литевые бетонные смеси могут содержать от 2 до 10 % вовлеченного воздуха, что может существенно снизить прочностные свойства бетонов литьевого формирования. Ограничение данного явления возможно с помощью правильного проектирования величины n - соотношения масс смеси крупного и мелкого заполнителей, а также с помощью изменения режимов приготовления смеси, или путем введения специальных добавок. В связи с этим, для литевых бетонных смесей рекомендуется некоторое увеличение содержания мелкого заполнителя (песка) в целях ограничения процессов расслоения. Современные добавки суперпластификаторы (С-3, СПС) имеют различную адсорбционную способность и поэтому бетонные смеси, изготовленные с их применением, могут иметь существенные отличия по количеству содержащегося в них воздуха.

Ниже в таблицах № 1, 2 представлены составы и результаты исследований прочностных свойств литевых бетонных смесей, модифицированных добавкой суперпластификатором С-3.

Анализируя данные таблиц № 1, 2 можно отметить, что прочность бетонов литевого формирования достигает расчетных показателей по критерию проектного $R_{сж}$ (Мпа) в составах № 2, 3, 5. Отмечается недобор прочности в составах № 1, 4. При этом значения В/Ц для состава № 1, 4 составили 0,61 и 0,62, в тоже время, как в других составах В/Ц составило в среднем 0,445.

Таблица 1

Составы литевых бетонных смесей принятые для исследования прочностных свойств

№ состава	Расход материалов кг / м ³					Факторы водосодержания смеси		Осадка конуса Фактическая (см.)
	Ц	П	Щ	В	С-3*	Относительное $X_{т.м}$	Максимальное $X_{т.мах}$	
1	314	832	985	192	1,88	1,87	1,67	23
2	385	824	976	175	2,31	1,52	1,67	19
3	375	827	978	178	2,99	1,59	1,67	22
4	323	821	971	199	1,94	1,904	1,68	23
5	422	808	957	177	2,53	1,46	1,67	20

Примечание: * - В указанных составах расход добавки С-3 был взят в количестве 0,6 % от массы цемента ПЦ 500 Д-0 (Кн.г. м= 0,205). В составе № 3 расход 0,8 % на ПЦ 500 Д-20 с Кн.г.м = 0,225

Таблица 2

Кинетика набора прочности бетона литевого формирования

№ состава	Прочность на сжатие $R_{сж}$ (Мпа) в возрасте (суток) при естественном твердении			Проектная прочность на сжатие R_b Мпа	Отклонения прочности от расчетной %
	7	14	28		
1	17,7	21,6	27,2	30	- 9,43
2	26,7	31,0	41,2	40	3,07
3	27,2	35,0	39,0	35	11,28
4	17,5	20,7	28,1	30	-6,26
5	33,6	42,1	48,3	45	7,24

Недобор прочности в бетонах составов 1 и 4 вызван повышенной расслаиваемостью бетонных смесей. Расслаиваемость обусловлена наличием

большого количества свободной воды. Факт перехода расчетных композиций из одного типа в другой можно установить по показателям относительного и максимального водосодержания цементного теста. Так в смеси состава № 1 показатель $X_{т.м} = 1,87 > X_{т.макс.м} = 1,67$ и в составе № 4 $X_{т.м} = 1,904 > X_{т.макс.м} = 1,68$, что является не допустимым по условию (1).

В целях установления параметров морозостойкости литевых бетонных смесей были проведены исследования по третьему методу, в соответствии с ГОСТ 100.60-87, результаты которых представлены в таблицах № 3, 4. Для изготовления составов использовался бездобавочный цемент ПЦ 500Д-О.

Таблица 3

Составы бетонов литьевого формования,
принятые для исследования морозостойкости

№ п/п	Осадка конуса (см)	Расчетная марка (Мпа)	Расход материалов, кг/м ³				
			Ц	П	Щ	В	С-3
6	20	25	258	904	986	181	0,8 % от массы Ц
7	24	30	301	882	982	179	
8	22	35	334	867	989	171	
9	21	40	345	859	1031	167	

По результатам исследований установлено, что морозостойкость бетонов литьевого формования запроектированных составов изменялась от F100 до F200 и зависела, в основном, от водоцементного отношения. Снижение морозостойкости бетонов за счет увеличения водоцементного отношения в составах объясняется появлением менее плотной структуры цементного камня, а следовательно, увеличения количества капиллярных (в том числе открытых) пор, которые существенным образом обуславливают величину морозостойкости.

Таким образом снижение морозостойкости обусловлено изменением структуры цементного камня, вызываемым увеличением пористости и уменьшением плотности бетона.

В итоге можно отметить, что современная технология литьевого формования позволяет нам получать бетоны с требуемыми физико-механическими свойствами.

Результаты испытания морозостойкости

№	В/Ц	Предел прочности $R_{сж}$ контрольного образца (Мпа)	Предел прочности на сжатие образцов при количестве циклов испытаний 1...5, Мпа % процент прочности испытуемого образца по сравнению с контрольным					Морозостойкость по ГОСТ 10180-78 F, (циклов)
			1	2	3	4	5	
6	0,7	24,8	<u>24,5</u> 98,8	<u>24,2</u> 97,6	<u>20,8</u> 83,8	-	-	100
7	0,59	32,95	<u>32,45</u> 98,5	<u>32,0</u> 97,1	<u>31,3</u> 95	<u>25,1</u> 76	-	150
8	0,51	38,95	<u>38,4</u> 98,6	<u>38,2</u> 98,1	<u>37,9</u> 97,3	<u>37,4</u> 96	<u>31,0</u> 79,6	200
9	0,48	43,7	<u>43,3</u> 99	<u>42,8</u> 97,9	<u>42,5</u> 97	<u>42,0</u> 96	<u>38,4</u> 87,8	220

Литература.

1. Ахвердов И.Н. Вопросы общей теории бетона в связи с его структурными и технологическими особенностями. Автореф. дисс. докт. техн. наук. - М., 1955.
2. Колокольников В.С. Технология бетонных и железобетонных изделий. - М., 1970.
3. Шмигальский В.Н. Подбор состава бетона с учетом пустотности и поверхности заполнителя. - Новосибирск., 1956.
4. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. - М., Стройиздат, 1981.
5. Блещик Н. П. Основы реологии и технологии пресс- вакуум- бетона. Автореф. дисс. докт. техн. наук, - М., 1988.
6. Рекомендации по определению составов обычного и пластифицированного бетонов с учетом условий тепловой обработки и данных статистического контроля прочности. ИСиА Госстроя БССР, - Минск, 1984.
7. Хаютин Ю.Г. Монолитный бетон. - М., Стройиздат, 1981.