

4.Ржаницын А.Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность. – М.: Стройиздат, 1978. – 240 с.

5.СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.

6.Сунак О.П. Прочность, трещиностойкость и деформативность нормальных сечений изгибаемых комбинированно армированных сталефибробетонных элементов: Дисс. ... канд. техн. наук. – К., 1986. – 175 с.

Отримано 21.01.2010

УДК 624.012.4

В.В.ПУНАГИН, канд. техн. наук

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. академика В.Лазаряна*

ЛИТЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Приведены результаты исследований, направленных на получение литых удобо-перекачиваемых мелкозернистых бетонных смесей с одновременным снижением водоцементного отношения, предназначенных для монолитного строительства, а также результаты экспериментов по определению реологических характеристик бетонных смесей различных составов. Показана возможность применения разработанных бетонных смесей для трубопроводного транспорта.

Наведено результати досліджень, спрямованих на одержання литих легкоперекачуваних дрібнозернистих бетонних сумішей з одночасним зниженням водоцементного відношення, призначених для монолітного будівництва, а також результати експериментів з визначення реологічних характеристик бетонних сумішей різних складів. Показана можливість застосування розроблених бетонних сумішей для трубопровідного транспорту.

Results of the researches, directed on obtaining cast of fine-grained concrete mixes with simultaneous decrease of the water/cement ratio, intended for monolithic construction, are presented. Results of experiments, to determine the rheological characteristics of concrete mixes of various structures, are provided. The possibility of application of the developed concrete mixes for pipeline transport is shown.

Ключевые слова: литые бетонные смеси, реологические характеристики, монолитное строительство, трубопроводный транспорт.

Развитие современного жилищного строительства, учитывая резкое удорожание и дефицитность земельных участков в крупных городах, направлено в сторону сооружения высотных зданий. Такая практика широко известна в городском строительстве цивилизованных стран. Экономика высотных жилищных зданий по сравнению с обычными имеет ряд важных преимуществ. Альтернативы такому развитию жилищного строительства в крупных городах Украины практически нет. Однако развитие нового для нас вида строительства требует особого подхода к выбору основного материала, создающего каркас и

наиболее важные строительные элементы зданий.

Несомненно, что таким конструкционным материалом является тяжелый бетон. Уникальность возводимых жилых зданий определяет комплекс высоких эксплуатационных требований к данному материалу. Прежде всего, сюда относятся высокая прочность, стойкость тяжелого бетона в различных условиях эксплуатации, низкий фон радиационного излучения и наиболее возможная долговечность при относительно высокой экономичности выбранного материала.

В современных условиях интенсивного развития технологии высотного строительства особую актуальность приобретает применение литых бетонных смесей. Литьевое бетонирование позволяет полностью исключить ручной труд на операциях подачи, распределения и уплотнения бетонной смеси. Однако известно, что приготовление литых бетонных смесей связано со значительным повышением расхода цемента, что увеличивает себестоимость бетонных работ. При этом избыточная часть цемента, по существу, выполняет роль пластификатора. Более того, увеличение расхода цемента снижает эксплуатационные характеристики бетона, что особенно опасно в экстремальных условиях, так как вызывает значительные объемные деформации бетона, повышает собственные напряжения, сопровождающиеся трещинообразованием и снижением долговечности сооружений и конструкций.

Целью наших исследований является получение литых нерасслаиваемых бетонных смесей, предназначенных для транспортирования по трубопроводу на большие расстояния по вертикали и по горизонтали при возведении высотных монолитных зданий.

Традиционные технологии бетонирования, по существу, не способны преодолеть существующее противоречие между прочностью бетона и вязкостью бетонной смеси. Применение различных, в том числе комплексных, добавок лишь частично улучшает положение [1]. Как известно, с увеличением степени пластификации снижается прочность бетона. Следовательно, применение химических добавок не способствует кардинальному решению технологической проблемы получения высокопрочных и высокоплотных бетонов.

В бетонном массиве система «вяжущее – вода – заполнители» не достигает равновесного состояния, так как в ней не прекращается выделение, накопление и преобразование химических соединений, особенно в условиях непосредственного влияния внешней среды. Таким образом, современные методы улучшения свойств бетона путем уменьшения расхода воды затворения, увеличения расхода цемента, применения химических добавок не могут ни в комплексе, ни по отдельности разрешить основные противоречия технологии бетона. При

этом важно отметить известное явление неполного использования вяжущих свойств цемента. Опыты показали, что в бетонной смеси традиционного приготовления цементные частицы диаметром около 20 мкм могут гидратироваться не более чем на 60% первоначального объема. С увеличением степени помола цементного клинкера и уменьшением размера частиц цемента степень его гидратации возрастает очень медленно. Более того, И.Н.Ахвердов [2] показал, что увеличение удельной поверхности цемента свыше 600 м²/кг приводит к его флокуляции и, следовательно, снижению степени гидратации. Степень гидратации уменьшается также вследствие обезвоживания бетона монолитного сооружения от влияния окружающей среды. Следовательно, можно утверждать, что даже при создании благоприятных условий гидратации не более 60% объема цемента участвует в образовании «цементного клея». Остальной объем цемента является лишь инертным наполнителем бетона. Это явление «микробетона» теоретически обосновано и известно под названием «клинкерного фонда» бетона [3].

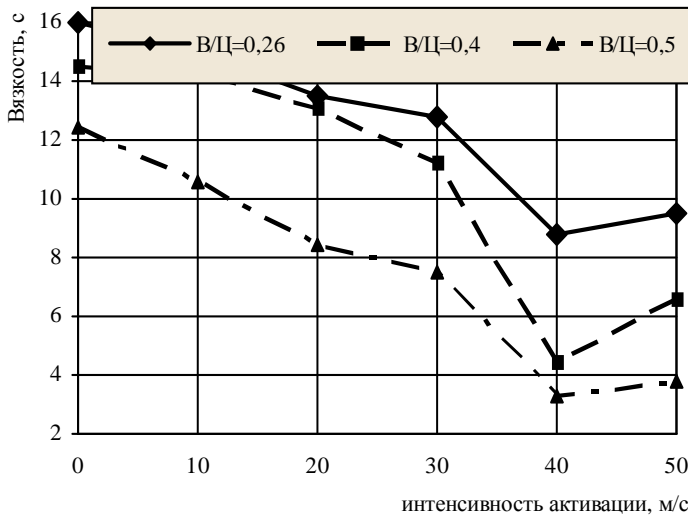
Для определения возможности применения литых бетонных смесей для высотного монолитного строительства проведены исследования реологических свойств активированных цементных систем. Цементная система состоит из портландцемента, минерального наполнителя, органического компонента и химического оптимизатора структурообразования. Активация цементной системы производится в специальном реакторе-активаторе непосредственно перед приготовлением бетонной смеси.

Экспериментально установлено понижение вязкости активированных цементных систем по сравнению с вязкостью обычного цементного теста. Результаты определения вязкости цементных систем в зависимости от интенсивности активационных воздействий приведены на рисунке. Графики отражают средние показатели по трем маркам портландцемента – М 400, М 500 и М 600.

Заметное снижение вязкости активированных цементных систем основывается на положениях Эйнштейна о том, что вязкость системы зависит от ориентации частиц. В условиях активации течение системы ориентирует минеральные частицы параллельно направлению потока, понижая ее вязкость. Напротив, при определении вязкости неактивированной цементной системы, в которой частицы могут располагаться перпендикулярно направлению потока, получены значения вязкости, превышающие в 3-4 раза значения вязкости для активированных систем.

Таким образом, процесс технологии монолитного бетонирования литыми бетонными смесями связан с решением следующих основных

вопросов. Необходимо обеспечить приготовление цементного клея с предельным насыщением его твердой фазой и наиболее полной гидратацией цементных частиц независимо от их прочности. Кроме того, для снижения микротрещинообразования в бетонном массиве и обеспечения проектных эксплуатационных свойств бетона целесообразно снижение водоцементного отношения с одновременным уменьшением расхода цемента до уровня, необходимого для образования объема цементного клея, достаточного для обмазки зерен заполнителя слоем минимальной толщины. Получение литых бетонных смесей с относительно невысоким водоцементным отношением возможно применением высокоинтенсивной физико-химической активации вяжущего. Значительное повышение степени удобоперекачиваемости и подвижности бетонной смеси обеспечивается за счет специальной совместной обработки органической добавки и минерального наполнителя, в результате чего достигается эффект суперпластификации. При этом практически исключается развитие усадочных деформаций в твердеющем бетоне.



Вязкость цементной системы при различной интенсивности активации

Производство работ при возведении высотных зданий осложняется необходимостью перекачивания бетонных смесей на большие расстояния. С целью исследования нерасплаиваемости литых мелкозернистых бетонных смесей проведены опыты с бетонными смесями тради-

ционного приготовления и на активированном вяжущем. Результаты исследований представлены в таблице. В качестве заполнителя использована смесь речного днепровского песка с модулем крупности 1,56 и гранитного отсева, размер зерен которого не превышал 5 мм.

Реологические свойства мелкозернистых бетонных смесей
для трубопроводного транспорта

Состав мелкозернистой бетонной смеси по массе	Состояние вяжущего	Динамическая вязкость смеси, Па·с		Предельное напряжение сдвига, Па	
		без вибрации	при вибрации	без вибрации	при вибрации
1:1	активированное	0,248	0,079	0,824	0,132
	неактивированное	0,842	0,233	0,980	0,517
1:1,25	активированное	0,358	0,089	1,820	0,268
	неактивированное	0,372	0,099	1,532	0,346
1:1,5	активированное	0,187	0,048	0,580	0,043
	неактивированное	0,247	0,054	0,943	0,064

В процессе исследований учитывалась возможность безвибрационной укладки бетонной смеси. Принято положение, что виброуплотнение бетонной смеси необходимо осуществлять только в местах соединений и в углах конструкций, а также в зонах, насыщенных арматурой. Поэтому проводилось сравнение реологических характеристик смесей, подвергнутых вибрации, и укладываемых без вибрации. Наблюдается закономерное снижение динамической вязкости смесей с повышением их подвижности независимо от состава, причем в смесях на активированном вяжущем эта закономерность ярко выражена.

Кроме того, с увеличением подвижности бетонных смесей на активированном вяжущем уменьшается отношение вязкости смесей одинаковых составов при движении их без вибрирования к вязкости вибрируемых смесей, что позволяет рекомендовать такие бетонные смеси для транспортирования по трубопроводу на большие расстояния.

Таким образом, бетонные смеси, приготавливаемые по разработанной технологии, могут применяться при напорном бетонировании тонкостенных густоармированных конструкций монолитных сооружений, имеющем преимущества перед другими известными способами по непрерывности и высокой интенсивности укладки бетонной смеси.

1. Role of Silica Fume in Compressive Strength of Cement Paste, Mortar and Concrete / X.Cong, S.Gong, D.Darwin, S.L.McCabe // ACI Materials Journal. – 1992. – Vol. 89. – No. 4. – P.375-386.

2. Ахвердов И.Н. Физика бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 492 с.

3. Юнг Н.В. Технология вяжущих веществ. – М.: Госстройиздат, 1982. – 367 с.

Получено 28.01.2010