

ЛИТЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

У статті представлені результати досліджень, спрямованих на отримання литих зручноперекачуваних дрібнозернистих сумішей з одночасним зниженням водоцементного відношення, призначених для гідротехнічного будівництва. Наведено результати досліджень по визначенню реологічних характеристик бетонних сумішей різних складів. Показано можливість застосування розроблених бетонних сумішей для трубопровідного транспорту.

В статье представлены результаты исследований, направленных на получение литых удобоперекачиваемых мелкозернистых бетонных смесей с одновременным снижением водоцементного отношения, предназначенных для гидротехнического строительства. Приведены результаты опытов по определению реологических характеристик бетонных смесей различных составов. Показана возможность применения разработанных бетонных смесей для трубопроводного транспорта.

The article is devoted to the research results for obtaining cast transportable fine concrete mixes with synchronous decreasing a water-cement ratio designed for hydraulic engineering. The results of experiments on determination of rheological characteristics of concrete mixes of various compositions are presented. The possibility of using the developed concrete mixes for pipeline transportation is demonstrated.

Применение литых бетонных смесей эффективно при возведении массивных гидротехнических сооружений с подачей бетонной смеси по трубопроводу к местам бетонирования. В этих случаях рационально производство работ мелкозернистыми бетонными смесями. Бетонирование литыми смесями позволяет полностью исключить ручной труд на операциях 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, исполняет роль пластификатора. Более того, увеличение расхода цемента снижает строительные свойства 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.

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. Как известно, с увеличением степени пластификации снижается прочность бетона. Следовательно, применение химических добавок не способствует кардинальному решению технологической

проблемы получения высокопрочного и высокоплотного бетона.

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 [1] 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 элементов сооружения, находящихся над водой, от влияния окружающей среды. Следовательно, можно утверждать, что даже при создании бла-

гоприятных условий гидратации не более 60 % объема цемента участвует в образовании «цементного клея». Остальной объем цемента является лишь инертным наполнителем бетона. Это явление «микробетона» [2] теоретически обосновано и известно под названием «клинкерного фонда» бетона.

По мнению некоторых исследователей, содержание в вяжущем негидратированных зерен цемента может способствовать возобновлению гидратации при повторных увлажнении бетона [3]. Однако явление самозалечивания микротрещин бетона связано с большими трудностями, если учесть, что почти 40 % цемента не проявляет своих вяжущих свойств в начальный период формирования структуры бетона [4].

Таким образом, процесс технологии 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 при введении органо-минеральных комплексов, химически активных по

отношению к вяжущему. Значительное повышение степени удобоперекачиваемости и подвижности бетонной смеси обеспечивается за счет специальной совместной обработки органической добавки и минерального микронаполнителя, в результате чего достигается эффект суперпластификации. При этом, как установлено экспериментально, практически исключается развитие усадочных деформаций в твердеющем бетоне.

Производство работ при возведении массивных сооружений осложняется необходимостью перекачивания бетонных смесей на большие расстояния. С целью определения возможности применения литых мелкозернистых бетонных смесей для таких целей исследованы реологические свойства смесей различных составов. Опыты проводились с бетонными смесями традиционного приготовления и с применением органо-минерального комплекса. Результаты исследований представлены в табл. 1. В качестве заполнителя использована смесь речного днепровского песка с модулем крупности 1,6 и гранитного отсева, размер зерен которого не превышал 5 мм.

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. Поэтому производилось сравнение реологических характеристик смесей, подвергнутых вибрации, и укладываемых без вибрации.

Таблица 1

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 |
| 1:1,75 | активированное | 0,434 | 0,121 | 0,256 | 0,124 |
| | неактивированное | 0,512 | 0,382 | 0,456 | 0,231 |

Представляет интерес взаимосвязь между удобоукладываемостью мелкозернистых бетонных смесей, динамической вязкостью и предельным напряжением сдвига. Наблюдается закономерное снижение динамической вязкости смесей с повышением их подвижности независимо от состава, причем в смесях, содержащих органо-минеральный комплекс, эта закономерность ярко выражена. Кроме того, с увеличением подвижности бетонных смесей, содержащих органо-минеральный комплекс, 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.

Бетонные смеси, приготовляемые по разработанной технологии, могут применяться при напорном бетонировании массивных гидротех-

нических сооружений, имеющем преимущества перед другими известными способами по непрерывности и высокой интенсивности укладки бетонной смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахвердов, И. Н. Физика бетона [Текст] / И. Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 492 с.
2. Юнг, Н. В. Технология вяжущих веществ [Текст] / Н. В. Юнг. – М.: Госстройиздат, 1962. – 367 с.
3. Шестоперов, С. В. Долговечность бетонов транспортных сооружений [Текст] / С. В. Шестоперов. – М.: Транспорт, 1966. – 278 с.
4. Role of Silica Fume in Compressive Strength of Cement Paste, Mortar and Concrete [Текст] / X. Cong et al. // ACI Materials Journal. – 1992. – Vol. 89, No. 4. – P. 375-386.

Поступила в редколлегию 01.09.2008.