

## ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ БЕТОНОВ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

У роботі виконаний аналіз проблем одержання високоміцних бетонів для кільцевих і трубчастих неармованих виробів. Показано можливість одержання матеріалу, здатного сприймати значні напруги, розтяжні при використанні комплексу технологічних заходів. Це дозволить реалізувати розроблену технологію при виготовленні кільцевих і трубчастих виробів для безнапірних і малонапірних водотоків.

В работе выполнен анализ проблем получения высокопрочных бетонов для кольцевых и трубчатых неармированных изделий. Показана возможность получения материала, способного воспринимать значительные растягивающие напряжения при использовании комплекса технологических мероприятий. Это позволит реализовать разработанную технологию при изготовлении кольцевых и трубчатых изделий для безнапорных и малонапорных водотоков.

The work provides analysis of the problems, connected with obtaining high-strength concretes for ring-like and tubular non-armatured constructions and shows a possibility of obtaining a material, capable of enduring significant pull tensions in applications of a complex of technological actions. This will allow realizing the developed technology in manufacture of ringular and tubular structures for non-head and small-head water courses.

Часто различные бетонные и железобетонные конструкции для транспортного строительства в соответствии с технико-экономическим обоснованием целесообразно заменить на неармированные бетонные. При этом встает проблема повышения прочности бетона, а также обеспечения его высоких специальных эксплуатационных свойств и способности сопротивляться действию растягивающих напряжений и окружающей среды в заданный эксплуатационный период. Именно низкая прочность бетона при растяжении лишает его универсальности при возведении различных искусственных транспортных сооружений [1–4].

Обычно стремятся решить эту проблему использованием различных технологических мероприятий, например:

- всемерно возможным снижением водоцементного отношения бетона;
- подбором высококачественных исходных компонентов для бетонной смеси;
- повышенным уплотнением бетона в процессе формирования изделия;
- назначением рационального близкого к оптимальному соотношения компонентов в единице объема бетона.

Однако решение каждой технологической проблемы в отдельности, как и их комплексное решение, возможно только при определенных ограничениях. Как показала практика применения бетона в различных областях строитель-

ва, кардинальное решение проблемы повышения сопротивления бетона растяжению недостижимо. В обычных железобетонных конструкциях металлическая арматура предназначена воспринимать растягивающие напряжения, отводя бетону роль компонента, воспринимающего только сжимающие напряжения.

Решение проблемы повышения бетоном сопротивляемости растяжению позволит создать новый класс высокоэффективных неармированных конструкций для железнодорожного строительства, в частности, кольцевых и трубчатых элементов. В таких конструкциях бетон использовался бы наиболее полноценно как строительный материал для самых различных сооружений и различных условий нагружения.

Выполним анализ причин, затрудняющих решение проблемы повышения сопротивляемости бетона растягивающим напряжениям.

Регулирование значения водоцементного отношения (В/Ц) может производиться в относительно узких пределах. При приближении В/Ц к значению характерному для нормальной плотности цементного теста бетон теряет пластичность и реальные формовочные свойства. Применение такого бетона в строительной практике становится невозможным. Более того, при вынужденно высоком расходе цемента в единице объема бетона, степень гидратации вяжущего резко снижается. Доказано, что протекание реакций гидратации цемента возможно при некотором избыточном гидравлическом напоре воды у поверхности цементных частиц.

Такой гидравлический напор создается когда В/Ц бетонной смеси превышает нормальную плотность цемента в 1,65 раза. Таким образом, при затворении бетонной смеси избыток воды полезен как для улучшения ее формовочных свойств, так и для обеспечения оптимальных условий гидратации вяжущего.

Следует вывод об ограничении нижнего предела В/Ц величиной, зависящей от ряда технологических параметров.

Второй технологический фактор является универсальным и справедливым для любой принятой технологии бетона. Хотя практика его применения доказывает, что определенное повышение качества используемых материалов можно достигнуть за счет применения определенных технологических приемов. Свойства современных грубодисперсных цементов могут быть существенно улучшены технологическими приемами, например, применением интенсивных активационных воздействий [5].

Повышение уплотнения бетонной смеси до предельных значений может резко повысить прочность бетона и, в том числе, прочность при растяжении. Разработкой технологических приемов повышения степени уплотнения бетона занимались многие исследователи. Предложено много способов формования и уплотнения бетона, из которых наиболее распространены различные виды виброуплотнения. Практически достигаемый коэффициент уплотнения близок 0,95. Опыты показывают, что при дальнейшем уплотнении прочность материала с коэффициентом уплотнения близким 0,99 и выше может возрастать вдвое. Особенно существенно возрастает прочность бетона при растяжении. В результате дополнительного гиперуплотнения бетона в изделии его прочность при растяжении может достигать 10...15 МПа и больше. Очевидно, что такой материал уже может успешно воспринимать растягивающие усилия.

До настоящего времени не найдены способы, применимые в строительстве для достижения гиперуплотнения бетона. Большие надежды возлагались на прессование и вибропрессование изделий. Однако при этом способе уплотнения прессующее усилие, распределяясь на всю площадь изделия, создает относительно низкое удельное давление на бетон. В этих условиях добиться гиперуплотнения бетонной смеси невозможно. Более того избыточная вода затворения, являясь несжимаемой средой, препятствует протеканию пластических дефор-

ций уплотнения смеси. Формуемая бетонная смесь становится упруго-вязко-пластичным телом, в котором превалируют силы упругости и вязкости над пластичностью материала, наблюдается дискретность пластических деформаций, которые тут же компенсируются упругостью материала. При длительном вибропрессовании даже начинается разрыхление материала, т. е. развивается процесс обратный уплотнению.

Попытки устранить этот недостаток увеличением прессующих усилий оказался или малоэффективным, или не технологичным. Очевидно, необходимо повысить удельное давление на прессуемую массу, сверх определенного порогового значения, вызывающего гиперуплотнение бетона.

Природа создала такой механизм уплотнения без больших прессующих усилий в живых организмах, называемый перистальтическим давлением. Сущность его заключается в том, что давление для проталкивания пищевых масс прикладывается на весьма малом участке кишечника, теоретически в точке. В этом случае удельное давление обратно пропорциональное площади приложения, может быть весьма большим при малом прессующем усилии. Перистальтическая волна уплотнения прокатываясь вдоль формуемого изделия будет создавать подвижные зоны гиперуплотнения. Предварительные опыты показали, что в кольцевых и трубчатых изделиях использование перистальтической технологии уплотнения бетона приводит к двукратному повышению его прочности при сжатии и 7...10 кратному повышению прочности при осевом растяжении. Такие неармированные изделия работают не хуже железобетонных труб при внутреннем рабочем давлении до 0,7 МПа. Экономические параметры неармированных кольцевых изделий в 1,5–2,0 раза выше, чем у железобетонных, при лучших эксплуатационных характеристиках и большей долговечности.

Таким образом показана принципиальная возможность разработки технологии как неармированных, так и армированных изделий транспортного назначения с высокими эксплуатационными свойствами, низкой себестоимостью по сравнению с железобетонными, большей долговечностью и малыми капитальными затратами на единицу продукции.

Решение поставленных задач обязательно должно быть подкреплено разработкой физически обоснованного метода назначения оптимальных составов бетона как с неактивирован-

ным, так и с активированным вяжущим. Первый этап такой работы уже выполнен [6; 7]. В результате установлено, что применение общеизвестного метода подбора состава бетона, требующего последующей лабораторной корректировки, не позволяет находить составы оптимальные по комплексу свойств бетонной смеси и бетона.

Из изложенного следует, что решение поставленной технологической проблемы транспортного строительства может быть решено комплексным использованием всех четырех принципов технологии высокопрочного бетона. В этом случае в планируемом исследовании должны быть предусмотрены следующие этапы:

1. Затворение бетонной смеси оптимальным количеством воды, обеспечивающим необходимые формовочные свойства и требуемую удобоукладываемость, с последующим удалением избыточного количества воды до уровня необходимого для обеспечения максимальной прочности материала.

2. Приготовление бетонной смеси на активированной цементно-водной суспензии, что обеспечивает высокий потенциал вяжущего и его химическое взаимодействие со всеми компонентами бетона при обычных температурных условиях твердения бетона.

3. Применение двухстадийного уплотнения бетона, сочетающего: вибрационное-обычное и виброударно-перистальтическое гиперуплотнение с одновременным отжимом избыточной воды затворения, сверх необходимого количества для гидратации вяжущего.

4. Назначение состава бетона разработанным физико-аналитическим и обеспечивающим соотношение его компонентов близких к оптимальному для заданных прочностных параметров и эксплуатационных условий.

Комплексное выполнение поставленных технологических задач требует комплексного и целенаправленного исследования реологических, прочностных и физико-механических свойств бетонной смеси и бетона. При этом не-

обходимо изучение влияния активации вяжущего на свойства бетона, влияние количества избыточной воды затворения на формовочные свойства смеси и конечные свойства бетона, влияние гиперуплотнения на эксплуатационные свойства бетона и, в частности, его сопротивлению растягивающим усилиям. Большое значение в исследовании имеет определение взаимозависимости различных свойств бетона переменного состава.

Выполнение такого комплекса исследований позволит создать материал нового поколения с эксплуатационными свойствами, которые обеспечивают возведение надежных, долговечных и экономически целесообразных транспортных сооружений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хаютин Ю. Г. Монолитный бетон: Технология производства работ. – М.: Стройиздат, 1991. – 576 с.
2. Баженов Ю. М. Получение бетонов заданных свойств / Ю. М. Баженов, Г. И. Горчаков и др. – М.: Стройиздат, 1978. – 187 с.
3. Колоколов Н. М. Строительство мостов: Учебник / Н. М. Колоколов, Б. М. Вейнблат. – М.: Транспорт, 1984. – 504 с.
4. Пахомов В. А. Бетон и железобетон в гидротехническом строительстве / В. А. Пахомов, В. В. Гончаров. – К.: Будивельник, 1974. – 166 с.
5. Пат. 34366 А України, МПК 6 С 04 В 40/00. Спосіб активації цементної в'язучої системи / О. М. Пшінько, А. М. Таран, В.М. Пунагін, Н. М. Руденко, А. В. Краснюк, О. В. Громова (Україна). – № 99063686; Заявлено 30.06.99; Опубл. 15.02.2001; Бюл. № 1. – 3 с.
6. Пунагін В. М. Проектування складів гідротехнічних бетонів / В. М. Пунагін, О. М. Пшінько, Н. М. Руденко. – Д.: Арт-Прес, 1998. – 192 с.
7. Пшінько А. Н. Подводное бетонирование и ремонт искусственных сооружений: Монография. – Д.: Пороги, 2000. – 411 с.

Поступила в редколлегию 02.03.04.