

Ю. А. Соболевский, С. М. Ицкович,  
Н. Н. Баранов, Г. Т. Широкий

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДРЕНАЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КРУПНОПОРИСТОГО БЕТОНА

В гидромелиоративном строительстве для целей гашения фильтрационных сил при закреплении откосов и дна каналов используются, главным образом, дренажи из местных материалов. Применение дренажных элементов из крупнопористого бетона для закрепления поперечников и других целей не вышло пока из стадии опытных проверок [1—5].

Крупнопористый, или беспесчаный, бетон представляет собою материал зернистой структуры, который образуется из гравия или щебня, скрепленного сравнительно небольшим количеством раствора вяжущего вещества. Раствор обволакивает поверхность зерен заполнителя и склеивает их, не заполняя при этом межзерновую пустотность. В качестве заполнителя применяют также керамзит или аглопорит, а связующим может быть как цементный раствор, так и растворы на основе полимерных вяжущих, жидкое стекло и т. д.

Практика строительства показывает, что такой бетон может найти широкое применение при изготовлении изделий и конструкций самого различного назначения. В гидротехническом и гидромелиоративном строительстве крупнопористый бетон может быть применен как материал для фильтров водозаборных и водопонизительных установок, труб для дренажа и отвода грунтовых вод, фильтрующих элементов водонепроницаемых одежд креплений и т. п. Во всех названных случаях пористому бетону как строительному материалу присущи прочность, долговечность, индустриальность, возможность механизации процесса изготовления и монтажа.

Основными показателями бетона в таких конструкциях являются: водопроницаемость, определяемая пористостью бетона; прочность, обеспечиваемая расходом вяжущего; устойчивость против суффозии и заиления, определяемая толщиной слоя фильтра и крупностью заполнителя.

Если устойчивость против суффозии и заиления является требованием конструктивного порядка, то требуемые водопроницаемость и прочность обеспечиваются технологическими решениями. Остановимся на этом подробнее. При сравнительно небольшом расходе вяжущего необходимо достичь равномерного распределения его по всей поверхности зерен заполнителя. Расход вяжущего назначается в зависимости от крупности заполнителя и определяется произведением площади поверхности заполнителя на толщину обволакивающей растворной пленки. Однако удельная поверхность заполнителя даже в пределах одной фракции может существенно изменяться. Поэтому при существующей технологии приготовления крупнопористого бетона не всегда удается получить однородный по структуре бетон. Вяжущего либо не хватает, что снижает прочность, либо имеется избыток, а это ведет не только к перерасходу раствора, но и к снижению качества бетона, который при формировании расслаивается, и раствор стекает вниз, образуя слой плотного бетона. Во-

допроницаемость такого бетона резко падает. Это обстоятельство является тормозом для использования пористого бетона как материала для фильтров и дренажей.

Для производства однородного по структуре бетона необходимо вести непрерывный контроль за удельной поверхностью заполнителя и соответственно этому оперативно изменять расход вяжущего и воды. В производственных условиях выполнение последнего требования почти невозможно или же затруднительно. В этой связи нами испытан новый технологический прием приготовления.

По этой технологии бетонная смесь готовится в смесителе с заведомо большим, чем требуется по расчету, расходом цементного теста. Последнее предварительно готовится в растворомешалке и

подается в смеситель в количестве, превышающем объем межзерновых пустот заполнителя. Избыток цементного теста отделяется при обработке смеси на виброгрохоте и стекает обратно в смеситель. Для отделения излишнего цементного теста от бетонной смеси достаточно виброобработки в течение 5 сек, после чего оставшееся на заполнителе цементное тесто уже практически не отделяется. Зерна заполнителя, равномерно покрытые пленкой раствора минимальной толщины, используются для получения крупнопористого бетона. Цементного теста в таком бетоне получается ровно столько, сколько удерживается поверхностью заполнителя. Последний как бы сам «замеряет» свою удельную поверхность и по мере ее изменения автоматически дозирует цементное тесто.

Расход цементного теста, т. е. удерживающая способность заполнителя, зависит от его удельной поверхности и вязкости цементного теста.

Вязкость цементного теста при работе с цементом определяется водоцементным отношением. В зависимости от последнего изменяется толщина слоя цементного теста, удерживаемого на зернах заполнителя, и, следовательно, расход цемента (рис. 1). Чем меньше водоцементное отношение, тем больше расход цемента. При изменении крупности заполнителя его удерживающая способность изменяется пропорционально его удельной поверхности.

Бетонная смесь по описанной технологии может быть приготовлена в специальном смесителе непрерывного действия, который по сравнению с применяющимися в настоящее время имеет большую производительность, а при равной производительности меньшую металлоемкость. Кроме того, смеситель непрерывного действия существенно упрощает систему дозирования материалов. Приготовление бетона в подобном смесителе можно рекомендовать для широкого применения не только на полигонах сборного железобетона, но и непосредственно на строящихся мелиоративных объектах.

Крупнопористый бетон, приготовленный по новой технологии, обладает следующими преимуществами: бетонная смесь получается более од-

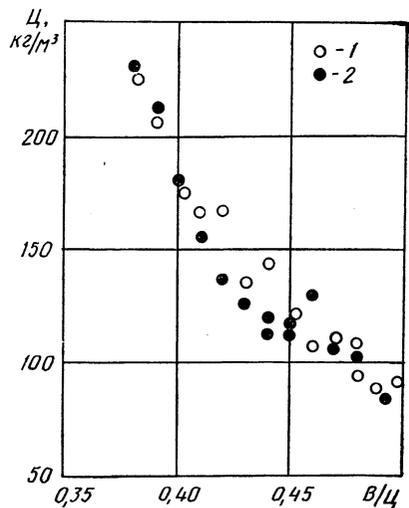


Рис. 1. Зависимость расхода цемента на 1 м<sup>3</sup> крупнопористого бетона от водоцементного отношения цементного теста при крупности заполнителя 10—20 мм:

1 — бетона на гравии; 2 — бетона на щебне.

народной и нерасслаиваемой; бетон имеет максимальную при данной крупности заполнителя пористость; время перемешивания составляющих значительно уменьшается; требуемая прочность бетона гарантируется при минимальном расходе цемента.

Нами использована новая технология получения крупнопористого бетона для изготовления отдельных фильтрующих элементов креплений поперечников осушительных каналов. В частности, формовались дренажные балочки размером  $10 \times 10 \times 40$  см и плитки  $30 \times 40 \times 7$  см. Одновременно проводилось исследование основных физико-механических свойств такого бетона.

Известно, что прочность крупнопористого бетона зависит от расхода цемента. Поскольку в данном случае расход цемента, как следует из изложенного, является функцией водоцементного отношения, то получение требуемой прочности бетона регулируется задаваемым водоцементным отношением. В табл. 1 приведены наши экспериментальные данные по расходу цемента, необходимому для получения бетона заданной марки при использовании в качестве заполнителя гравия фракции 5—10 мм, в сопоставлении с данными других исследователей, полученными по обычной технологии [1, 6]. Как следует из сопоставления, новая технология позволяет снизить расход цемента на 20—25%.

Таблица 1

Марка бетона	Расход цемента, кг на 1 м <sup>3</sup> бетона		
	по данным И. С. Николодышева [1]	по данным Э. И. Михневича [6]	по новой технологии
50	160	150	120
75	210	200	160
100	265	250	190

Уменьшение расхода цемента позволяет повысить водопроницаемость бетона. Проведенные исследования коэффициента фильтрации отдельных образцов по двум направлениям показали его высокую стабильность при величине около 1170 м/сутки.

На объекте осушения (канал О-1, колхоз «Заветы Ильича» Лидского района) был выполнен опытный участок по закреплению откосов канала водонепроницаемыми бетонными плитками с упором в дренажную балочку и укладкой по дну дренажных плит. Доставка дренажных плит и балочек производилась автомобильным транспортом бесконтейнерным способом на расстояние около 200 км. При перевозке и погрузочно-разгрузочных операциях 2—3% изделий от перевозимого количества составляли брак. В настоящее время ведется наблюдение за поведением крепления в натуре.

Так как крупнопористый бетон играет в системе крепления роль фильтра, к нему предъявляются требования устойчивости против суффозии и кольматации. В суффозионном грунте с повышением скорости выше критической происходит вынос частиц грунта. В подобных условиях при подборе крупности заполнителя бетона нужно сравнивать размер пор бетона с диаметром зерен грунта [1]:

$$d_{\text{cp}}^{\text{бет}} \leq D_{\text{зап}}^{\text{гр}}$$

где  $d_{\text{cp}}^{\text{бет}}$  — средний диаметр пор бетона;  $D_{\text{зап}}^{\text{гр}}$  — диаметр зерен заполнителя грунта.

Если грунт несuffозионный, рекомендуется сравнить  $d_{\text{ср}}^{\text{бет}}$  с диаметром зерен скелета грунта, т. е.

$$d_{\text{ср}}^{\text{бет}} \leq D_{\text{ск}}^{\text{гр.}}$$

Устойчивость к suffозии и кольматации может быть обеспечена подбором крупности заполнителя по междуслойным коэффициентам  $m = \frac{D_{50}}{d_{50}}$ , представляющим собою отношение средней крупности заполнителя к средней крупности частиц дренируемого грунта [2]. Средний размер зерен заполнителя  $D_{50}$  должен находиться в пределах

$$m_{\text{max}} d_{50} \geq D_{50} \geq m_{\text{min}} d_{50},$$

где  $d_{50}$  — средний диаметр частиц дренируемого грунта;  $m_{\text{max}}$  — максимально допустимые междуслойные коэффициенты, выше которых происходит просыпание грунта через тело крепления;  $m_{\text{min}}$  — минимальные значения междуслойных коэффициентов, ниже которых грунт обладает недостаточной дренирующей способностью. Значения  $m_{\text{max}}$  и  $m_{\text{min}}$  подбираются по графикам.

Следует, однако, отметить, что подбор фильтров по средним диаметрам зерен грунтов или по междуслойным коэффициентам обладает существенным недостатком. В условиях мелиоративных каналов, даже на небольших по протяженности участках, характер изменения грунтов с точки зрения их гранулометрического состава может быть весьма пестрым — от песков различной крупности до супесей, суглинков и грунтов органического происхождения. И обеспечить нужный фильтр за счет широкого диапазона диаметров фракций заполнителя в подобных условиях практически едва ли возможно. Во-первых, потребуются сортировка гравия по большому числу диапазонов фракций, что усложнит приготовление заполнителя. Во-вторых, укладка фильтра в производственных условиях потребует исследований гранулометрического состава грунта по трассе канала и тем усложнит технологию укладки.

Нами предлагается при использовании крупнопористого бетона в качестве фильтрующих элементов водонепроницаемых креплений защищать от кольматации и предотвращать suffозию с помощью всевозможных фильтрующих материалов — стеклоткани, стеклохолста и т. п. В табл. 2 приведены общие коэффициенты фильтрации некоторых различных сочетаний грунт—фильтр по имеющимся литературным данным [7]. Защитные материалы, сравнительно дешевые, не удорожат стоимости фильтра.

Т а б л и ц а 2

Фильтр под слоем песка 47,5 см	Толщина слоя фильтра, мм	Коэффициент фильтрации фильтра, м/сутки	Суммарный коэффициент грунта и фильтра, м/сутки
Стеклохолст	1	—	4,01
Стеклоткань	0,4	5,38	3,01
Мох-сфагнум	25	7,42	3,21
Торф-сфагнум	25	—	1,73
Льняная кофра	—	5,18	—

При существующих ценах (15 коп/м<sup>2</sup>) стеклохолст типа ВВ-Т наиболее экономичен. К тому же в защите нуждается только та часть бетона, которая соприкасается с дренируемым грунтом.

Весьма перспективным представляется использование крупнопористого бетона для изготовления труб-дрен. Дренажная труба, принимающая воду всей своей поверхностью, считается идеальной. Такая дрена обладает увеличенным гидравлическим радиусом и улучшенной водопропускной способностью, что позволит сократить объем земляных работ при строительстве закрытой осушительной сети. Опытные образцы труб изготовлены нами из крупнопористого бетона на природном гравии. Возможно применение также легкого керамзитового гравия, что делает дренажные трубы еще эффективнее.

Госстроем СССР в настоящее время рекомендованы трубофильтры из керамзитостекла (из смеси керамзитового гравия, керамзитового порошка и жидкого стекла) [3]. Внутренний диаметр трубофильтров 150 мм, толщина стенок 50 мм и длина элемента 825 мм (они могут быть и других размеров). На Лианозовском заводе монтируется технологическая линия годовой мощности 100 км трубофильтров диаметром 150 мм. Применение таких трубофильтров позволит снизить стоимость устройства каждого километра дренажей на 1,5—2,0 тыс. руб., сократить трудозатраты на строительство в 3—4 раза, повысить качество работ.

Применение крупнопористого бетона с оптимальными свойствами, использование прогрессивных технологических схем приготовления изделий повысит капитальность креплений и позволит шире внедрять индустриальные методы в гидромелиоративном строительстве.

#### Литература

1. И. С. Николодышев. Исследования фильтра из пористого бетона. «Гидротехника и мелиорация», 1958, № 10. А. Ф. Печуров, Э. И. Михневич. Методические указания по креплению русел рек и каналов в неустойчивых грунтах. Минск, 1968.
3. Трубофильтры из керамзитостекла. «Строительная газета» от 14 октября 1970 г.
4. Э. И. Михневич. Типы пористых креплений фильтрующих откосов. Сб. «Устойчивость фильтрующих откосов». Минск, 1969.
5. В. А. Файтельсон. Двухслойные плиты крепления каналов осушительных систем. Сб. «Устойчивость фильтрующих откосов». Минск, 1969.
6. Э. И. Михневич. Физико-механические свойства пористого бетона как материала для крепления откосов. Сб. «Мелиорация и использование осушенных земель». Минск, 1967.
7. А. И. Мурашко. Пластмассовый дренаж. Минск, 1969.