
ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 691.32

К. И. РАМАТУЛЛАЕВ

СТРУКТУРА ПОР БЕТОНА, УПРОЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВНУТРЕННЕЙ ПРОПИТКИ

(Представлена академиком НАН РК О. С. Балабековым)

Бетонные и железобетонные конструкции в современном водохозяйственном строительстве занимают ведущее место, а их производство непрерывно увеличивается. Следовательно, вопрос улучшения свойств и качества бетона приобретает важное значение.

Главной задачей в улучшении мелиоративного состояния земель в условиях высокой засоленности регионов Казахстана является рассоление методом устройства открытой коллекторной сети. При устройстве облицовки таких каналов в основном применяются плотные бетонные плиты с открытыми швами с фильтровальной обшивкой для фильтрации грунтовых вод. Однако конструкция облицовки из отдельно уложенных плит недостаточно эффективна с точки зрения обеспечения свободной фильтрации воды по всей площади канала. В связи с этим разрабатываются и внедряются новые конструкции облицовки коллекторных каналов, обеспечивающие повышение потока фильтрации воды, улучшение эксплуатационных свойств и рост эффективность затрат. Перспективной является облицовка каналов фильтрбетонными плитами с упроченной внутренней пропиткой серой поровой структурой, которая играет роль отвода фильтрационной воды и фильтровой обсыпки.

Механические и физико-химические свойства бетонов, особенно беспесчаных фильтрбетонов, в значительной степени зависят от структуры пор и капилляров, в основном от прочности контактной зоны между зернами крупных заполнителей. В беспесчаном фильтрбетоне зоны контакта крупных заполнителей и обволакивающего слоя, состоящие из цемента серного раствора, являются отдельными и наиболее важными структурными элементами, которые по свойствам существенно отличаются от свойств самого бетона и крупного заполнителя.

Известно, что на физико-механические свойства пористого бетона влияют технология изготовления,

физико-химические взаимосвязи входящих в его состав компонентов, компоновка зерен заполнителя. При этом плотная упаковка зерен способствует образованию прочного контакта, приводящего к росту прочности беспесчаного бетона, и сообщающихся капилляров в поровой структуре.

Главным структурообразующим элементом фильтрбетона является полифракционный заполнитель – гравий, при этом соотношения фракций крупного заполнителя изменяются в значительных пределах, что не обеспечивает получения фильтрбетона необходимого постоянного качества. Чтобы получить фильтрбетон с однородной и сообщающейся капиллярной структурой, необходимо подобрать соответствующий гранулометрический состав заполнителя. Для этого нами изучены три рациональ-

Таблица 1. Рациональный гранулометрический состав крупного заполнителя фильтрбетона

Состав	Размер зерен гравия, мм	Содержание заполнителя, %
1	10-20	70
	5-10	30
2	5-10	100
3	10-20	65
	2,5-5	35

ных состава заполнителя (табл. 1).

Исследования показали, что крупность заполнителя для фильтрбетона может быть до 20 мм и более 1/4 толщины плиты. Соответственно для облицовочных плит из фильтрбетона с толщиной 80 мм и более допускается крупность зерен заполнителя от 5 до 20 мм. Наилучшее качество в изготовлении плит обеспечивается при применении раздельной технологии.

Сущность раздельной технологии при изготовлении беспесчаного фильтрбетона заключается в приготовлении цементно-серной суспензии и перемешивании с крупным заполнителем с последую-

щим просеиванием под действием вибрации для отделения излишней суспензии, которая повторно используется для следующего замеса.

Если крупность зерен заполнителя окажется менее 5 мм, то применение раздельной технологии осложняется, так как раствор расслаивается и усложняется процесс отсеивания цементно-серной смеси.

При оптимизации гранулометрического состава зерен заполнителя необходимо обратить внимание на выбор предельной крупности зерен гравия. В противном случае при фильтрации дренируемого грунта через фильтрбетонные плиты может происходить эффект супфозии. Если при монтаже предусмотрено устройство подстилающего обсыпочного слоя соответствующей толщины, то для фильтрбетонных плит можно использовать заполнители наибольшей возможной крупности. Большое количество взаимосвязанных факторов, влияющих на поровую структуру фильтрбетона с применением метода внутренней пропитки серой, приводит к тому, что анализ причин изменения главных свойств бетона и предсказание этих свойств с помощью математического моделирования весьма сложны. Поэтому основные свойства, связанные с его структурными характеристиками, изучались эксперимен-

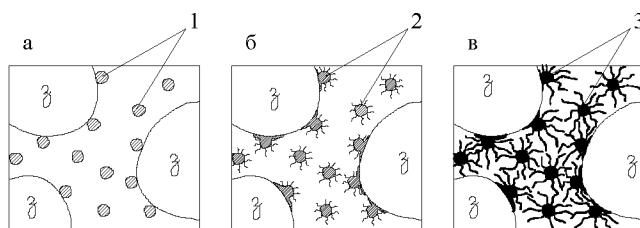


Схема внутренней пропитки бес песчаного фильтрбетона термопластами (серой): а – до пропитки; б – процесс внутренней пропитки при температуре нагрева 120–130 °C; в – отвердение пропитанной серой в структуре бетона при его охлаждении.
3 – заполнитель; 1 – частицы серы, 2 – расплавленная сера, пропитавшая в капилляры бетона; 3 – отвердевшая сера

タルным путем.

Исследуя механизм упрочнения поровой структуры (см. рисунок) фильтрбетона после внутренней пропитки серой, можно отметить, что в этом процессе участвуют в основном стенки макропор и капилляров. При нагреве бетона после тепловлажностной обработки до 120–130 °C в течение 30–40 мин частицы серы в структуре бетона переходят в жидкое состояние и происходит внутренняя пропитка

макро- и микроструктуры фильтрбетона.

Заполнение большего объема микропор расплавленными частицами серы при нагреве происходит исключительно за счет капиллярного давления, которое способствует движению пропиточной жидкости в соседние свободные поры, причем при условии отсутствия физически свободной воды в структуре пропитываемого бетона. Изучаются эти закономерности, т.е. движение жидкой серы по сообщающимся капиллярно-пористым телам, можно проводить по общепринятой формуле Пуазейля, где за основу принятая модель поровой структуры с идеальными элементами пор и капилляров.

Таким образом, основой зависимости между капиллярной пропиткой фильтрбетона серой является обеспечение двух переменных – капиллярного давления DP и низкой вязкости расплава серы, которые зависят от температуры нагрева бетона и его продолжительности. При этом движение расплава серы по капиллярам бетона представляет собой весьма сложный физический процесс, поэтому для более ясного представления метода внутренней пропитки предложена схема на рисунке. Начало процесса пропитки в образце, фильтрбетона с добавкой серы в количестве не менее 9% происходит при подъеме температуры нагрева со стабилизацией теплового потока, который приводит к изменению парциального давления. При этом влага с поверхности слоя бетона испаряется и насыщенный пар перемещается из внутренних слоев. Одновременно идут плавление частиц серы и движение ее по сообщающим каналам (см. рисунок). Исследования показали, что в этот момент в образцах фильтрбетона пропитка происходит весьма медленно. Через 40 мин вязкость расплава резко уменьшается и при снижении температуры за счет образования в поровой структуре конденсационного вакуума процесс движения расплава серы по капиллярам возрастает, образуя мономолекулярный слой (см. рисунок), и приводит к изменению диаметра макрокапилляров и пор. С увеличением продолжительности нагрева при 120–130 °C количество влагоотдачи из структуры бетона уменьшается и, как следствие, увеличивается процесс внутренней пропитки фильтрбетона.

Прочность, стойкость, проницаемость и другие важные свойства фильтрбетона определяются во многих случаях его пористостью. Пористость бес песчаного легкого бетона слагается из пористости цементно-серного камня, относительно небольшой пористости заполнителя, а также большого объема

поровой структуры, образующейся в зоне контакта цементно-серного камня с заполнителем. Применяемые для фильтрбетона заполнители имеют прочность, более чем в 10–11 раз превышающую прочность самого бетона. Поэтому прочность и степень фильтрации фильтрбетона в основном зависят от макрокапилляров, а также от плотности обволакивающего слоя и зоны контакта с заполнителями.

Нами было изучено влияние упрочнения поровой структуры методом внутренней пропитки на изменение дифференциальной пористости фильтрбетона. Для обеспечения оптимальной пропитки фильтрбетона экспериментально установлено количество добавки серы, составляющее более 9%. Расход крупного заполнителя на единицу объема фильтрбетона не зависит от расхода цемента и добавки серы. При этом объем гравия при плотной упаковке с крупностью 5–10 и 10–20 мм после ви-броуплотнения соответствует единице объема бетона, что согласуется с выводами [2]. При перемешивании фильтрбетонной смеси с добавкой серы практически не происходит раздвижки зерен заполнителя за счет прослойки цементно-серной смеси. Например, при использовании гравия на 1 м³ фильтрбетона с цементно-серной смесью для фракций 5–10 мм объем бетона увеличивается всего на 1,12, а для фракций 10–20 мм – на 1,14.

Исследовались три оптимизированных состава, при этом расход материалов на 1 м³ фильтрбетона составлял:

цемент для трех составов – соответственно 150, 120 и 165 кг;

вода – 92, 82 и 97 л;

гравий – 1655, 1650 и 1655 кг;

сера для всех составов – 9% от веса цемента.

В результате установлено, что прочность фильтрбетона растет с повышением расхода цемента без добавки серы, а увеличение добавки серы до обеспечения внутренней пропитки приводит к умень-

Таблица 2. Изменение некоторых свойств упрочненного фильтрбетона с серой в зависимости от состава

Состав	Начальный В/ЦС отношения теста	То же, после удаления излишнего цементно-серного теста	Прочность на сжатие, МПа	
			после про- паривания до пропитки	после пропитки
1	0,5	0,47	4,8	8,8
2	0,45	0,43	3,2	5,6
3	0,52	0,47	5,7	10,2

шению прочности фильтрбетона (табл. 2). После прогрева фильтрбетона происходит внутренняя пропитка серой и относительное увеличение его прочности достигает 90–100%.

Как показали эксперименты, в случае увеличения насыщенности частицами серы в единице площади фильтрбетона объемная доля нитей расплава серы, разветвленной из одной частицы серы, будет достаточно большой и, естественно, она восприимчива существенную часть нагрузки. При этом функция матрицы контактных зон, состоящей из цементно-серного камня, состоит в том, чтобы удерживать в элементарных порах и капиллярах эту часть пропитанной серы для восприятия нагрузки в отдельной взятой зоне объема фильтрбетона. Нами доказано, что прирост прочности фильтрбетона после внутренней пропитки серой происходит исключительно за счет кольматаций пор и капилляров серой.

Привес серы в фильтрбетоне до определенного значения приводит к улучшению его механических свойств.

Таким образом, нами установлена высокая эффективность получения фильтрбетонов высокой прочности и стойкости путем введения в состав порошка серы и обеспечения внутренней пропитки в процессе нагрева бетона при температуре плавления серы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович С.М. Широки Г.Т. Повышение технико-экономической эффективности крупнопористого бетона. Минск: Полымя, 1973.

2. Диковский И.А. Подбор состава крупнопористого бетона на пористых заполнителях // Эффективные методы подбора состава бетона. М.: Госстройиздат, 1992.

3. Касимов И. Долговечный бетон. Ташкент: Мехнат, 1997. 207 с.

Резюме

Құрамына құқырт ұнтақтары қосылған бетонды құқыртты балқу температурасына дейін қызыдыру нәтижесінде жоғары берікті сүзгібетон алу үрдісінің тиімділігі анықталды.

Summary

High efficiency of process of reception filtered concrete high durability and stability (resistance) introduction in structure of a powder of sulfur and maintenance of internal impregnation is established during heating concrete at temperature of fusion of sulfur.

Южно-Казахстанский
государственный университет
им. М. Ауэзова

Поступила 10.12.05г.