

Метод оценки пригодности инъекционных составов на минеральной основе для ремонта бетонных конструкций

ВИКУЛИН А.М., канд. техн. наук, зам. начальника отдела строительных материалов, ЗАО «Триада-Холдинг»; ЩУКИНА А.Б., ст. инженер отдела проектирования, ЗАО «Триада-Холдинг», асп., МГИ НИТУ «МИСиС»; Москва

Аннотация

Рассматривается способ оценки пригодности инъекционно-уплотняющих составов на минеральной основе для инъектирования в конструкции с помощью инъекционной колонки по ГОСТ 33762-2016, позволяющий косвенно оценить размер частиц, входящих в состав инъекционного раствора

Ключевые слова

Инъектирование в конструкции, инъекционно-уплотняющий состав, инъектирование в конструкции, микроцемент

Abstract

The article considers an assessment method of mineral-based grouts applicability for structural injections. The method employs an injection column according to GOST 33762-2016 for an indirect assessment of grout constituents' grain size

Keywords

Injection grout; micro-fine cement; structural injection

Один из основных способов поддержания заданного уровня надежности сооружения – ликвидация в конструкциях трещин и пустот. Такие дефекты могут приводить к разрушению за счет проникания агрессивных газов, хлоридов, сульфатов и других веществ, а также ведут к фильтрации воды, которая способствует дальнейшему накоплению повреждений и выходу объекта из строя.

На сегодня сформировался рынок специализированных ремонтных материалов и оборудования; появились технологические решения по уплотнению и силовому замыканию трещин, ликвидации пор, раковин и пустот в бетонных конструкциях и за ними, например, за обделкой подземных сооружений, под дорогами, аэродромными плитами и т.д. [1,2].

Правильное применение технологических решений, включающих выбор ремонтных материалов, необходимого оборудования, режимов его работы обеспечивают надежность и долговечность сооружений после проведения ремонтных работ при оптимальных затратах на их выполнение. Кроме того, эти материалы применяются для укрепления дисперсных грунтов [2].

К сожалению, в нашей стране при значительном разнообразии традиционных и новых ма-

териалов и оборудования отечественных и зарубежных производителей ощущается большой недостаток в подготовке специалистов, которые могли бы на должном уровне обеспечить проектирование и выполнение ремонтных работ с требуемым качеством [1].

Помимо этого, при отсутствии актуализированной нормативной базы часто возникают ситуации, связанные с ошибочным или неправильным применением тех или иных материалов. Так, например, если говорить о составах на минеральной основе, часто основным показателем, характеризующим дисперсность компонентов сухой смеси, указывают значение удельной поверхности по Блейну, определяемую по воздухопроницаемости слоя материала [3].

Известно, что удельная поверхность обратно пропорциональна дисперсности материала. Однако данный показатель не дает представления о конкретном размере частиц, входящих в состав смеси, что является ключевым параметром, от которого зависит радиус распространения раствора при его нагнетании в грунты, а также возможность инъектирования раствора в конструкции с определенной шириной раскрытия трещин и размером пор.

Так, к примеру, немецкой компанией Dyckerhoff для наглядной иллюстрации данного явления приводятся фотографии обычного цемента и микроцемента, полученные с помощью электронного микроскопа (рис. 1) [4].

На рис. 1а приведена фотография обычного цемента, содержащего микронаполнитель, а на рис. 1б – фотография микроцемента; обе фотографии выполнены при одинаковом увеличении. Для обычного цемента (например ЦЕМ I 52,5Н) значение удельной поверхности по Блейну находится в пределах 3500–4000 см²/г. За счет добавки микронаполнителя (рис. 1а) значение

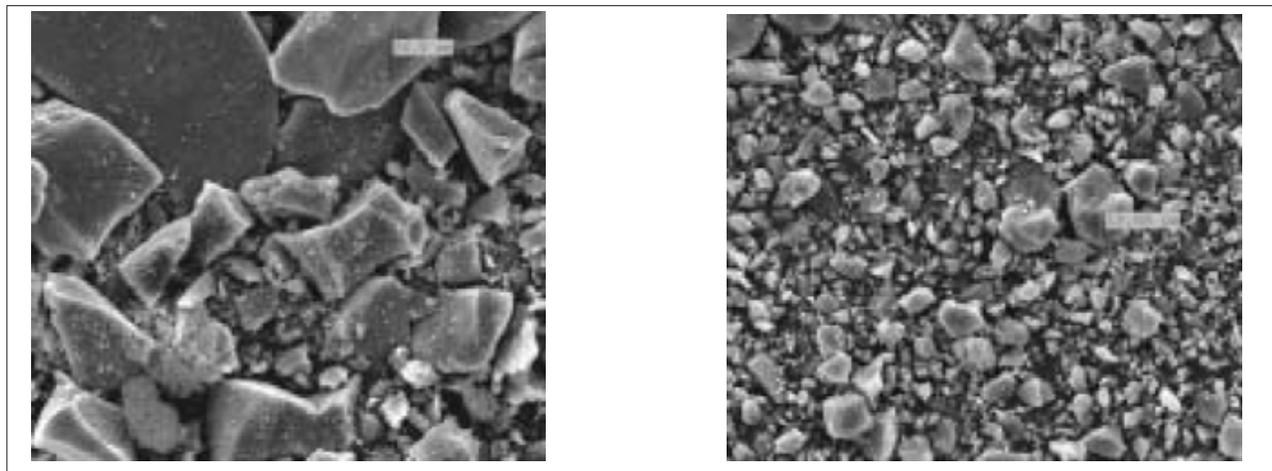


Рис. 1. Сравнение обычного цемента с микронаполнителем (а) и микроцемента (б) с помощью электронного микроскопа при одинаковом увеличении

удельной поверхности может быть увеличено и составит уже около $12000 \text{ см}^2/\text{г}$, что сопоставимо со значением удельной поверхности микроцемента (рис. 1б).

При этом отчетливо видно, что обычный цемент помимо микрочастиц содержит и гораздо более крупные частицы, которые снижают проникающую способность приготовленных на его основе составов. Так, наличие крупных частиц в составе в количестве 5-15%, среди которых частицы размером 80-100 мкм могут составлять от 1 до 5%, снижает проникающую способность инъекционно-уплотняющих составов в разы [5].

Для решения этих проблем специалистами ЗАО «Триада-Холдинг» на базе европейских нормативных документов, анализа зарубежного и отечественного опыта, а также собственного производственного опыта и результатов научных исследований был разработан ряд государственных стандартов, один из которых – ГОСТ 33762-2016 [6] – регламентирует требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям трещин и полостей при защите или восстановлении бетонных и железобетонных конструкций методом нагнетания под принудительным давлением (формулировка согласно ГОСТ), а также под действием гравитации и капиллярного впитывания. Стандартом предусмотрены испытания с различным влажностным состоянием трещин: сухим, влажным, мокрым или с активной протечкой. Методики, приведенные в стандарте, могут быть применены также для оценки нагнетаемости составов, ис-

пользуемых при восстановлении и ремонте кирпичных и каменных конструкций и укреплении дисперсных грунтов после проведения исследований в лабораторных и производственных условиях. Это необходимо по той причине, что в сравнении с кирпичными/каменными конструкциями и дисперсными грунтами бетонные конструкции являются более однородными, обладают меньшим водопоглощением, большей плотностью и прочностью и т.д.

Стандарт распространяется на инъекционно-уплотняющие составы на цементной и полимерной основах и регламентирует методы испытаний, позволяющие оценить следующие показатели инъекционных составов:

- проникающую способность, определяемую по нагнетанию в инъекционную колонку через сетчатые фильтры определенного типоразмера;
- нагнетаемость состава и адгезию образуемого уплотнения при нагнетании в заранее изготовленную модель;
- адгезию при косом сдвиге под сжимающей нагрузкой;
- удобоукладываемость по нагнетаемости в песчаную колонку.

Контролируемые показатели в совокупности позволяют судить о пригодности исследуемого материала для инъектирования в конструкции.

Из приведенных выше показателей основным, определяющим фильтрационные свойства инъекционных составов на минеральной основе, является проникающая способность. В процессе прове-

дения испытаний имитируется процесс нагнетания инъекционного состава в тонкие трещины с использованием инъекционной колонки (рис. 2). Для этого заранее подготовленную пробу состава (4) закачивают через сетчатый фильтр (3) в инъекционную колонку (1) обратным движением поршня (2), выдерживают некоторое время в колонке, после чего опорожняют колонку прямым движением поршня. Для сетчатого фильтра используют плетеную металлическую сетку с ячейками из следующего ряда типоразмеров: 125, 100, 75, 45 и 32 мкм. В процессе проведения эксперимента определению подлежит проникающая способность состава, которую поочередно оценивают по наименьшему типоразмеру ячеек сетчатого фильтра, через который в инъекционную колонку в обратном и прямом направлениях проникла и вышла смесь в объеме 20 мл или менее без закупорки ячеек фильтра.

Этот показатель является основополагающим при оценке пригодности инъекционных составов для нагнетания в конструкции, поскольку испытания проводятся в идеальных условиях (жидкая составляющая раствора не расходуется на увлажнение трещины), а результаты напрямую зависят от дисперсности состава. В данном случае определяется истинная проникающая способность состава, которая зависит от размера частиц, входящих в его состав. В реальных условиях указанный параметр может изменяться в зависимости от влажностного состояния трещин.

Этот способ контроля – в отличие от традиционного, основанного на определении площади удельной поверхности, – позволяет оценить размер частиц, содержащихся в инъекционном составе, а следовательно, и размер трещин, в которые возможно его эффективное проникновение.

Известно, что самым существенным ограничением способности инъекционно-уплотняющего состава на цементной основе проникать в тонкую трещину является процесс седиментации минеральных частиц в воде затвердения с образованием непроницаемого осадка, в результате чего происходит закупорка инъекционных отверстий. Причиной закупорки также может быть комбинация нескольких факторов, например:

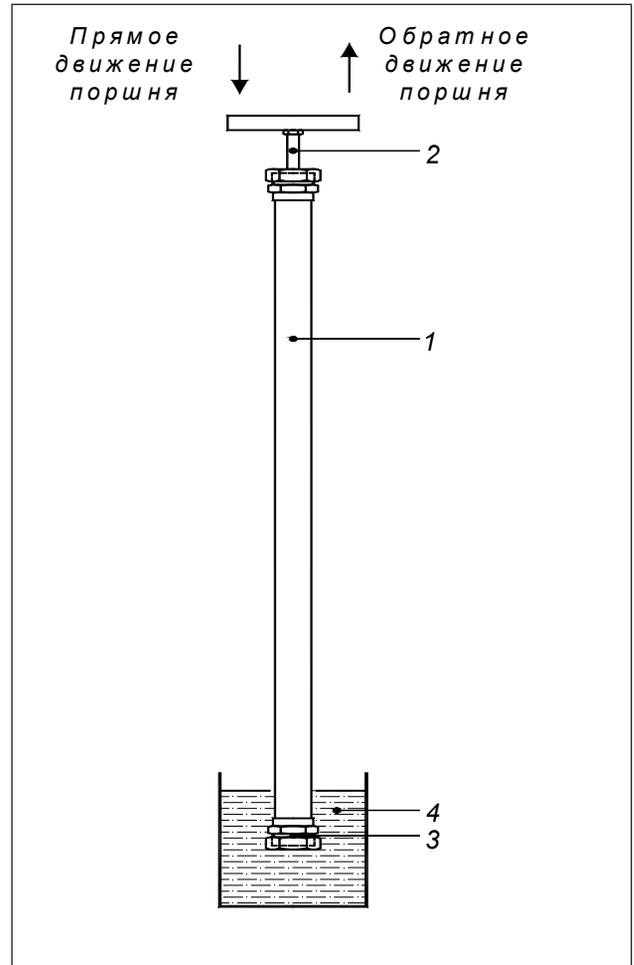


Рис. 2. Инъекционная колонка: 1 – инъекционная колонка; 2 – поршень; 3 – сетчатый фильтр; 4 – пробка инъекционного состава

- частицы цемента слишком крупные для данной трещины;
- в инъекционном растворе имеется высокая концентрация частиц цемента в воде затвердения;
- образование осадка в местах водопроявлений, например, в устьях трещин или пористой среде.

Кроме основного назначения, данный способ испытаний может быть использован для оценки продолжительности смешивания и стабильности состояния готового для применения состава, а также для оценки перечисленных показателей его свойств с учетом наименьшей и наибольшей температур на месте выполнения работ.

Выводы

1. Материалы для инъектирования должны отвечать требованиям ГОСТ 33762-2016, уста-

навливающего такие показатели инъекционных составов, как проникающая способность, нагнетаемость, удобоукладываемость и др. Для составов на минеральной основе главным показателем является проникающая способность, определяемая с помощью инъекционной колонки, позволяющей оценить размеры составляющих частиц, а также определить область возможного применения составов.

2. Проникающая способность инъекционно-уплотняющих составов на минеральной основе главным образом зависит от крупности частиц, входящих в их состав. При этом проникающую способность следует оценивать по максимальной крупности частиц, поскольку именно они в первую очередь вызывают закупорку трещин при инъектировании.

3. Предложенный способ позволяет проводить оценку проникающей способности в лабораторных условиях при подборе состава раствора, а также контролировать качественные показатели инъекционных составов в производственных условиях непосредственно при выполнении работ.

4. Указанный способ в перспективе может быть использован для оценки пригодности применения инъекционных составов при инъектировании в

кирпичные и каменные конструкции, а также при укреплении дисперсных грунтов, однако требует проведения соответствующих дополнительных исследований.

Литература

1. Шилин А.А. Ремонт строительных конструкций с помощью инъектирования: учеб. пособие для вузов. – М.: Горная книга: Изд-во Московского государственного горного университета, 2009.
2. Ибрагимов М.Н., Семкин В.В. Закрепление грунтов инъекцией цементных растворов: моногр. – М.: АСВ, 2012.
3. ГОСТ 310.2-76. Цементы. Методы определения тонкости помола
4. Dyckerhoff. – Режим доступа: <http://www.dyckerhoff-bohrtechnik.de/online/download.jsp?idDocument=5595&instance=5>
5. Ашихмен В.А., Пронина Л.Э. Исследование проникаемости цементного раствора в полости малого раскрытия // Гидротехническое строительство. – 2001. – № 8. – С. 53-56.
6. ГОСТ 33762-2016. Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям трещин, полостей и расщелин. (Вводится в действие на территории РФ с 1 января 2017 года).

Для связи с автором:

Андрей Михайлович Викулин,
8-906-715-49-96, vikulin@triadaholding.ru

ЮБИЛЕЙ



ВАЛЕРИЙ ЗАХАРОВИЧ ЛЕВИНСОН

Почетному строителю России, Почетному транспортному строителю, Почетному строителю Москвы Валерию Захаровичу Левинсону 30 ноября исполнилось 70 лет.

Родился в г. Москве. Окончил в 1964 г. Московский техникум железнодорожного транспорта, в 1975 г. – ВЗИИТ по специальности «Электрификация железных дорог». Инженер-электромеханик.

Трудовую деятельность начал помощником машиниста электровоза. После службы в армии с 1968 г. работал инженером-экономистом, зам. начальника, гл. инженером, нач. УПТК треста «Центротранстехмонтаж». С 1986 г. – зам. управляющего трестом, с 1996 г. – первый заместитель ген. директора, затем – ген. директор ОАО «Центротранстехмонтаж».

Принимал непосредственное участие в обеспечении материалами и оборудованием многих объектов транспортного строительства, среди которых: новая ж.-д. линия Сыня – Усинск, Новоталлинский морской порт, паромная переправа Клайпеда – Мукран, реконструкция большинства ж.-д. вокзалов в Москве, монтаж инженерного оборудования Ле-

фортского и Гагаринского тоннелей, аэропортов «Внуково» в Москве и в г. Грозном и др. объекты.

Профессиональный опыт и глубокие инженерные знания, умение взаимодействовать со смежниками и поставщиками, оперативно решать производственные задачи, социально-бытовые вопросы, ответственное отношение к выполнению условий членства в самореглируемой организации Союз «МГТС» снискали Валерию Захаровичу авторитет и уважение транспортных строителей.

В.З. Левинсон награжден многими отраслевыми, ведомственными и общественными почетными званиями и знаками отличия.

Коллектив Международной гильдии транспортных строителей редакционный совет и редакция журнала поздравляют Валерия Захаровича с юбилеем, желают ему дальнейших успехов в работе, крепкого здоровья и семейного благополучия.