

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОБОЯ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ПЕНОБЕТОНА

Щерба В.В., Шишкин А.А., *д.т.н., проф.*, Шишкина А.А., *к.т.н.*

Криворожский национальный университет

Увеличение объемов производства пенобетона невозможно без увеличения количества заполнителей.

Однако расширение добычи основных типов заполнителей бетонов не всегда может быть реализовано. Месторождения нерудных материалов типа строительного камня, песчано-гравийных смесей и строительных песков не всегда могут быть использованы, так как они застроены, находятся в пойменных террасах рек или на других охраняемых территориях [1].

При этом бытовой и промышленный стеклобой, обладающий высокими прочностными характеристиками и доступностью, практически не используется как заполнитель бетонов. В нашей стране ежегодно образуется около 15-20 млн. т. твердых бытовых отходов (ТБО), при этом повторной переработке подвергается только 3-4% ТБО. Количество стеклобоья для различных территорий составляет 6 - 17 мас. %. Ежегодный объем стеклобоья, попадающего на полигоны твердых бытовых отходов, составляет 0,5—1,5 млн. тонн. В сравнении с головой потребностью в заполнителях эта величина невелика, но необходимо учитывать экологический эффект не только от утилизации компонента ТБО, но и возможность снижения добычи природных ресурсов при замене на сырье антропогенного происхождения. Кроме того, использование отходов в 2-3 раза дешевле, чем природного сырья [2], расход топлива при использовании отдельных видов отходов снижается на 10 - 40%, а удельные капиталовложения на 30-50%.

Тем не менее, проблема взаимодействия натрий-кальциевого силикатного стекла с цементным камнем создает серьезные проблемы при использовании стеклобоья как эффективного заполнителя в цементных композиционных материалах. То же самое можно сказать о многих стеклосодержащих материалах (минеральные и стеклянные волокнистые материалы (ваты), стеклоткань, пеностекло), которые могли бы быть использованы как эффективные заполнители в цементных композициях.

В результате щелочно-силикатной реакции образуется гель, который разбухает в присутствии влаги, приводя к образованию трещин и разрушению бетона. Данная реакция может протекать и в обычном бетоне, если наполнитель природного происхождения содержит реакционно-способный (обычно аморфный) оксид кремния.

С одной стороны стекольный наполнитель способствует протеканию в бетоне щелочно-силикатной реакции вследствие того, что стекло содержит на поверхности Na^+ , способный создавать определенную концентрацию NaOH в цементной композиции даже в случае отсутствии щелочи в исходном цементе, а с другой стороны именно стекло содержит на поверхности соединения оксида кремния в аморфном виде.

Известны исследования натрий-кальциевого стекла как наполнители цементного теста [3]. В этом случае стеклобой различного состава и дисперсности добавлялся в цементную композицию и исследовались в основном расширение и прочность полученного бетона. Как исследования проводились в Колумбийском университете (США) профессором С. Мейером [4,5]. Выявлено, что добавление стекла в композицию в большинстве случаев приводит к протеканию процесса щелочно-силикатного взаимодействия и снижению прочности. Также проведены исследования влияния на процесс температуры и состава стекла [6].

Было обнаружено, что порошки стекла высокой дисперсности приводят к отсутствию расширения образцов [7]. Авторы делают предположение о высокой скорости протекания процесса щелочно-силикатной реакции в этом случае, что приводит к завершению процесса 24-28 ч, вследствие чего в дальнейшем не может быть зафиксировано расширение и разрушение образцов.

Можно предположить, что в качестве возможных путей подавления процесса щелочно-силикатного взаимодействия в композициях стекло - цемент авторы предлагают использование стекла определенного гранулометрического состава [8], добавление высокодисперсного стекла и модификацию композиции добавлением соединений лития или циркония.

В данной работе были рассмотрены различные варианты использования стеклобоя в качестве наполнителя пенобетона на гипсоцементном вяжущем.

Эксперименты проводились в соответствии со стандартными методиками. Контроль прочности образцов производили на универсальной машине УММ-100. Для изготовления образцов использовали стандартный цемент М400 производства ПАТ «Хайдельберг цемент» (г. Кривой Рог) и гипс строительный Даниловского завода. Стеклобой

получали дроблением в молотковой дробилке с последующим помолом в роторной мельнице.

Для оценки интенсивности и глубины протекания щелочно-силикатной реакции проведен ряд экспериментов по взаимодействию цемента со стеклом различных фракций. Основным параметром, характеризующим протекание указанной реакции, являлось расширение образцов пенобетона. Косвенным подтверждением и следствием данной реакции было снижение прочностных характеристик полученных пенобетонов. В качестве контрольных образцов, в которых реакция не должна протекать, приняты пенобетоны с кристаллическим наполнителем - кварцевым песком.

Выявлено, что существенное расширение образцов, характерное для щелочно-силикатного взаимодействия, наблюдается только у бетонов с крупными фракциями стеклобоя (более 1,25 мм).

Зависимость прочности при сжатии от времени выдержки бетонов позволили выявить высокое значение прочности для образцов пенобетонов при использовании стеклянного наполнителя как минимальной, так и максимальной исследованной фракции. Причем прочность получаемых бетонов значительно превосходит прочность бетонов без стеклянного заполнителя.

Характер зависимости прочности пенобетона при сжатии от дисперсности наполнителя во времени остается неизменным. Наблюдается резкий прирост прочности при снижении размера зерен наполнителя. Со временем характер кривых не изменяется, но они смещаются вверх - к более высоким прочностным характеристикам по мере твердения камня вяжущего.

Результаты исследований показали, что использование стеклобоя крупных фракций (предпочтительно 1,2 мм и выше) возможно в качестве наполнителя в пенобетонах на основе гипсоцементного вяжущего. Причем прочность этих бетонов превосходит прочность аналогичных бетонов на песчаном заполнителе. Однако при использовании таких заполнителей существует как минимум две проблемы, связанные с возможностью протекания щелочно-силикатного взаимодействия. Во-первых, наличие в цементе или других компонентах бетона свободной щелочи неизбежно приведет к возникновению щелочно-силикатного взаимодействия и снижению прочностных характеристик бетонов. Во-вторых, в процессе крупнотоннажного производства сложно предотвратить самопроизвольное дробление и истирание крупной фракции, что также неизбежно приведет к снижению качества получаемого бетона.

При размере частиц наполнителя менее 50 мкм происходит аномальный рост прочности, значительно превышающий прочность композиций на стандартном наполнителе из кварцевого песка. Такое увеличение прочности может быть объяснено способностью дисперсного стекла к вступлению в процессы образования новых фаз при образовании цементного камня за счет высокой удельной поверхности порошков стекла. Указанная особенность высокодисперсного стекла может быть использована как для подавления процесса щелочно-силикатного взаимодействия в тех бетонных композициях, когда реакция имеет место, так и для создания вяжущих материалов на основе дисперсного стекла [3].

Проблема крупных фракций стеклобоя с повышенным содержанием щелочи, как заполнителя в бетонах, может быть частично решена при дополнительном подавлении реакции щелочно-силикатного взаимодействия. Для этого намечен легко осуществляемый технологический путь, который заключается в активации поверхности зерен стеклянного заполнителя ионами железа. Для этого достаточно производить помол стеклобоя в присутствии железосодержащих оксидов.

В результате такой обработки частицы стеклянного наполнителя становятся активными по отношению к поверхностно-активным веществам (ПАВ) типа непредельных жирных кислот и особенно их солей. Введение в состав пенобетона на гипсоцементном вяжущем и стеклянном наполнителе солей высших жирных кислот, обеспечит их адсорбцию на поверхности стеклянного заполнителя и, как следствие, прилипание его к воздушным пузырькам пены.

В результате воздушные пузырьки пены (в последствии, поры бетона) оказываются «бронированными» стеклянным наполнителем, покрытым углеводородными радикалами ПАВ. В следствии хемосорбции ПАВ на поверхности активированных ионами железа зерен стеклянного наполнителя межпоровое пространство пенобетона насыщается ионами щелочного металла. Это способствует ускорению набора прочности бетоном и повышению ее величины.

На внутренней поверхности воздушных пор образуется слой углеводородных радикалов ПАВ, адсорбированных на стеклянном наполнителе. Так как эти радикалы имеют ненасыщенные связи, они под действием кислорода, содержащегося в воздушном пространстве пор бетона, полимеризуются, создавая сплошную прочную пленку на внутренней поверхности пор. Это также способствует повышению прочности бетона. Кроме этого, происходит закупоривание открытых пор и (или) смежных соединенных между собой пор. Это в свою очередь

приводит к уменьшению водопоглощения бетоном и, как следствие, повышению его водонепроницаемости и морозостойкости.

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические положения, приведенные выше. Введение в состав пенобетона на основе гипсоцементного вяжущего стеклянного наполнителя, активированного ионами железа, и ПАВ на основе непредельных жирных кислот привело в условиях эксперимента к повышению прочности пенобетона на 100...300%, водонепроницаемости на 30...120%, морозостойкости на 50...140% в зависимости от плотности пенобетона (его пористости). Чем ниже плотность пенобетона (выше его пористость) тем выше эффективность применения активированного стеклянного наполнителя и ПАВ на основе непредельных высших жирных кислот (большой прирост величин контролируемых показателей).

Выводы

В рамках поставленной задачи можно сделать следующие выводы:

1. Недопустимо использование стеклобоя непосредственно в качестве заполнителя в бетоне из-за неизбежности протекания процесса щелочно-силикатного взаимодействия.
2. Возможными путями подавления этого процесса может быть как модификация стекла, заключающаяся в его активации ионами железа с одновременным применением ПАВ на основе непредельных высших жирных кислот.

Summary

The results of studies on the cement foam concretes containing gypsum and Portland cement clinker. Found that the introduction of the concrete structure of the activated iron ions broken glass and salts of unsaturated fatty acids leads to increased durability, frost resistance and impermeability of this concrete.

Литература

1. Лопатчиков М.И. Сырьевая база производства нерудных строительных материалов Российской Федерации // Строит, материалы. 2006. № 8. С. 42-44.
2. Фахратов М.А. Эффективная технология использования промышленных отходов в производстве бетона и железобетона // Строит, материалы. 2003. № 12. С. 48-49.
3. Кетов ПЛ., Корзапов В.С., Пузанов СИ. Использование вяжущих свойств дисперсных силикатных стекол при утилизации стеклобоя // Строит, материалы. 2007. № 5. С. 2-3.
4. Meyer C, Egosi A., Andela C. Concrete with waste glass as aggregate // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19—20 March 2001. Dundee UK. P. 179-181
5. Byars E.A., Zhu H., Meyer C Use of glass for construction products: legislative and technical issues // Sustainable Waste Management: Proceedings of the International Symposium 9—11 September 2003, Dundee UK. P. 827-838.
6. Sugiyama M. The experiment on compression strength and freeze-thaw resistance of the concrete which mixed the tile clip // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19—20 March 2001. Dundee UK. P. 189-194.
7. Remarque W., Heinz D., Schleusser C Glass powder as a reactive addition for blast furnace cements // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19-20 March 2001. Dundee UK. P. 229-238.
8. Dhir R.K., Dyer T.D., Tang J/C. Expansion due to alkali-silica reaction (ASR) of glass cullet used in concrete // Sustainable Waste Management: Proceedings of the International Symposium 9—11 September 2003, Dundee UK. P. 751-760.