

Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона

Технологические линии по переработке железобетонных конструкций позволяют получать так называемый «вторичный щебень». Вторичный щебень из-за его характеристик используется обычно для производства низкомарочных бетонов и в дорожном строительстве.

Причина низкой прочности вторичного щебня, получаемого по традиционной технологии – содержание в его составе значительного объема цементного камня, который имеет прочность на порядок ниже, чем крупный и мелкий заполнители.

Повышение прочностных и других характеристик вторичного щебня возможно при дроблении по режимам, обеспечивающим разрушение преимущественно цементного камня. Для обеспечения такого режима измельчения применяются дробилки специальные, направленные на получение кубовидного щебня (например, дробилка ДИМ 800К). Повышение характеристик вторичного щебня возможно и за счет различных технологических приемов, в частности механической обработки в бетоносмесителе, пропитки упрочняющими полимерными растворами.

Для повышения характеристик заполнителя может быть использовано многостадийное измельчение бетонного лома по «мягкому» режиму в обычных щековых дробилках. Для обеспечения такого режима разгрузочное отверстие дробилки должно быть открыто до максимально возможной ширины, а дробление должно вестись при максимальном заполнении рабочего пространства дробилки в режиме «завала». При таком режиме разрушение бетонного лома происходит за счет контактного взаимодействия дробимого материала между собой в отличие от традиционного режима дробления, при котором разрушение материала происходит в результате «жесткого» воздействия на него подвижной щеки дробилки. Измельчение по «мягкому» режиму обеспечивает разрушение преимущественно менее прочных частиц цементного камня и растворной составляющей бетона, а также отделение этих компонентов бетона от зерен крупного заполнителя. В таком режиме степень измельчения материала снижается, поэтому он должен подвергаться двух - или трехкратному дроблению.

Испытания характеристик вторичного щебня показали высокую эффективность многостадийного способа измельчения. Как видно на рис. 1, после измельчения в 3-4 стадии по «мягкому» режиму значительно улучшаются характеристики щебня фракции 5-10 мм – водопоглощение (W), пустотность (П) и средняя толщина зерен (b).



Рис. 1 – Влияние дробления на свойства вторичного щебня фр. 5-10 мм

Повышение характеристик вторичного щебня обеспечивается за счет постепенного уменьшения содержания во вторичном щебне цементного камня, что подтверждается снижением

водопоглощения и повышением плотности вторичного щебня. Кроме того, дробление в 2-3 стадии позволяет снизить межзерновую пустотность щебня за счет улучшения формы зерен, которая характеризовалась в эксперименте средней толщиной зерен b .

Результаты определения прочности щебня по дробимости в цилиндре также показывают эффективность многостадийного дробления бетонного лома (рис. 2).

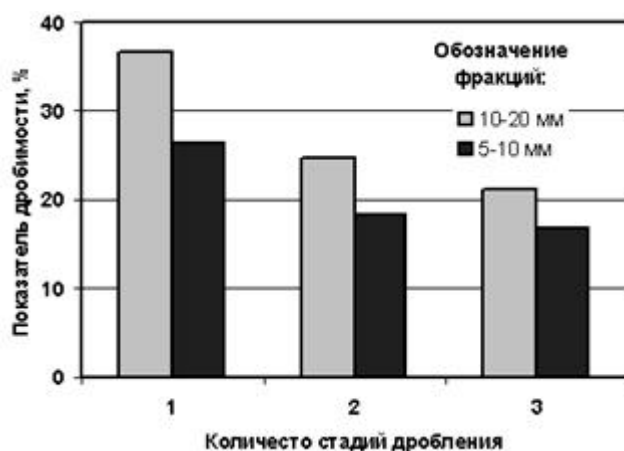


Рис. 2 – Влияние повторного дробления на прочность различных фракций вторичного щебня

Двух - и трехстадийное дробление вторичного щебня существенно повышает его прочность и другие характеристики, однако приводит к образованию значительных объемов мелкой и тонкой фракций продуктов дробления. Эти фракции, так же, как и щебень после однократного дробления, имели низкую прочность; поэтому их применение в качестве мелкого и тонкого заполнителя взамен природного песка приводит к снижению прочности бетонов и строительных растворов. Для повышения прочностных свойств этих фракций они подвергались в ходе эксперимента помолу в лабораторной шаровой мельнице в течение 2 минут. Это привело к увеличению доли мелких и тонких фракций в заполнителе, но позволило повысить прочность мелкозернистого бетона более чем в два раза. При определении прочностных характеристик зерновой состав заполнителя до и после помола был одинаков.

Многостадийное дробление позволяет повысить характеристики заполнителя, однако приводит к образованию большого объема мелких фракций, состоящих преимущественно из частиц цементного камня. Гранулометрический состав полученного крупного и мелкого заполнителей не позволяет их использовать для производства традиционных бетонов без отсева тонких и мелких фракций. Очевидно, что такая технологическая операция приведет к образованию большого объема материала, который также нельзя использовать в традиционной технологии бетона. С учетом зернового состава продуктов многостадийного дробления наиболее перспективной областью применения этого материала является самоуплотняющийся бетон, так как его технология позволяет использовать большие объемы мелкой и тонкой фракции, образующиеся при дроблении бетонного лома. Это связано с тем, что один из ключевых элементов технологии самоуплотняющегося бетона – использование тонкого наполнителя. Кроме того, в самоуплотняющемся бетоне ограничиваются содержание крупного заполнителя и его максимальная крупность, что является еще одним аргументом в пользу применения продуктов дробления бетонного лома в этой технологии. Следует отметить, что применение различных дисперсных минеральных отходов в качестве тонкого наполнителя рассматривается как один из путей снижения стоимости и увеличения объемов использования самоуплотняющегося бетона. С учетом того, что пески с содержанием частиц менее 0,63 мм широко распространены и достаточно дешевы, эту фракцию продуктов дробления бетонного лома, характеризующуюся высокой пористостью и низкой прочностью, целесообразно измельчать в мельницах до дисперсности, сопоставимой с дисперсностью цемента. Это позволит получить достаточные объемы тонкого наполнителя самоуплотняющегося бетона.

Для оценки возможности использования заполнителя, полученного при дроблении бетонного лома в технологии самоуплотняющегося бетона, было исследовано два состава. В первом применялись доломитовый щебень марки 1200 с плотностью 2880 кг/м³ и отсев его дробления, который использовался для оптимизации зернового состава мелкого заполнителя, а также доломитовая мука с $S_{уд} = 340$ м²/кг в качестве тонкого заполнителя.

Во втором составе в качестве крупного заполнителя использовался вторичный щебень фракций 5-10 и 10-20 мм. Отсев дробления бетона фракции 0,63-5 мм применялся для оптимизации гранулометрического состава мелкого заполнителя на основе кварцевого песка. Для получения тонкого заполнителя отсев дробления менее 0,63 мм измельчался в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности $S_{уд} = 334 \text{ м}^2/\text{кг}$.

В качестве мелкого заполнителя в обоих составах использовался песок Сурского месторождения. В связи с тем, что содержание в этом песке зерен менее 0,63 мм более 90 %, природный песок обогащался отсевами дробления щебня или бетонного лома.

Составы исследованных бетонов, их прочность приведены в таблице.

Составы исследованных бетонов и их свойства

№ состава	Состав бетона	Расход, кг/м ³	Распыв, мм	Прочность, МПа, после состава		
				1 сутки	28 суток	ТВО
1	Цемент Вода Песок Щебень доломитовый (фр. 10-20) Щебень доломитовый (фр. 5-10) Отсев дробления щебня Мука доломитовая Пластификатор Sika ViscoCrete 20 HE	310 170 257 256 513 722 295 1,6	583	21,1	58,4	49,5
2	Цемент Вода Песок Щебень бетонный (фр. 10-20) Щебень бетонный (фр. 5-10) Песок бетонный Тонкий заполнитель на основе измельченного бетонного лома Пластификатор Sika ViscoCrete 20 HE	313 190 257 257 444 696 280 1,6	536	10,2	53,6	41,2

Как видно из данных, приведенных в таблице, у бетонной смеси, приготовленной с применением продуктов дробления бетонного лома, несмотря на более высокий расход воды, распыв заметно меньше, что свидетельствует о высокой водопотребности вторичного заполнителя. Замена качественного заполнителя на бетонный лом приводит к снижению прочности бетона в возрасте 1 суток в 2 раза. Это связано с более высоким расходом воды в составе с вторичным заполнителем, что вызывает более продолжительный блокирующий эффект пластифицирующей добавки. Через 28 суток прочность бетона на дробленном ломе также ниже, но снижение составляет всего 8 %.

При хранении образцов, изготовленных с применением бетонного лома в течение года в воздушно-сухих условиях, бетон достиг прочности 73,8 МПа, а призмная прочность составила 57,5 МПа. При этом модуль упругости составил всего 24,3 МПа, что в 1,6 раза ниже значения, указанного в нормативном документе (СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения), регламентирующем этот показатель для бетона класса В55. Столь низкое значение модуля упругости исследованного бетона объясняется особенностью его состава и структуры.

Во-первых, в самоуплотняющемся бетоне меньше, чем в обычном бетоне, содержание заполнителей, характеризующихся высокими значениями модуля упругости, и больше – низко модульного цементного камня. Отмечается, что модуль упругости самоуплотняющихся бетонов на 15 % ниже, чем модуль у обычных бетонов.

Во-вторых, вторичные заполнители содержат низко модульные включения растворной составляющей бетона, которые также снижают модуль упругости изготовленного с применением продуктов дробления бетона. Установлено, что модуль упругости у таких бетонов на 7...18% ниже, чем у бетонов на природных заполнителях.

Причиной снижения модуля упругости самоуплотняющегося бетона, изготовленного с применением бетонного лома, – использование в качестве тонкого наполнителя измельченного

цементного камня. Эта особенность исследованного материала должна учитываться при выборе области его применения.

Исследования усадки самоуплотняющегося бетона на основе продуктов переработки бетонного лома, проводившиеся в течение одного года, показали, что эта характеристика находится в пределах 0,3...0,34 мм/м (рис. 3), что не подтверждает данные о значительно более высокой усадке самоуплотняющихся бетонов.

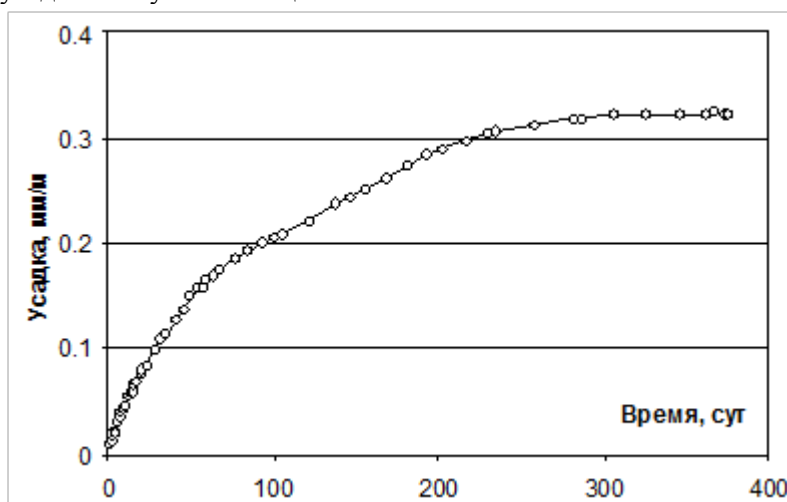


Рис. 3 – Кинетика усадочных деформаций состава 2 (по таблице)

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- бетонный лом после многостадийного дробления по «мягкому» режиму может быть использован в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона;
- замена высококачественных заполнителей на продукты дробления бетонного лома в самоуплотняющемся бетоне приводит к снижению прочности на 8-10 %. Однако свойства полученного бетона, в частности прочность более 50 МПа после 28 суток нормального твердения, позволяют использовать его для производства большинства конструкций современных зданий и сооружений;
- самоуплотняющийся бетон, полученный на основе продуктов дробления бетонного лома, имеет пониженный модуль упругости, что необходимо учитывать при выборе рациональных областей применения этого бетона.
- предлагаемая технология переработки бетонного лома дает возможность получать недорогой заполнитель с гранулометрическим составом, необходимым для производства новой высокоэффективной разновидности бетона – самоуплотняющегося бетона.

(По материалам М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н.А. Ерошкина «Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г.Пенза)