
КАК КИТАЙ ПЕРЕРАБАТЫВАЕТ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОТХОДЫ В БЕТОН

Ма Чуньюй

Магистр

Кафедра Строительные материалы и технологии

Российский университет транспорта (МИИТ)

a1416725892@gmail.com

Аннотация

С углублением китайских реформ и открытости, быстрым развитием бетонной промышленности, особенно в рамках концепции устойчивого развития и зеленой экономики, можно эффективно улучшить характеристики бетонных материалов путем повторного использования твердых отходов для частичной замены бетонного сырья. Кроме того, замена твердых отходов не только облегчает нехватку ресурсов, но и улучшает окружающую среду, что имеет большое значение в наше время в связи с растущей нехваткой природных ресурсов. В данной статье представлена история развития бетонной промышленности, конкретная классификация материалов из твердых отходов и их применение в бетоне, а также обобщены существующие проблемы материалов из твердых отходов.

Ключевые слова: Твердые отходы новые материалы; бетон; летучая зола; шлак; устойчивое развитие.

CHINA HOW TO RECYCLE CONSTRUCTION WASTE INTO CONCRETE

Ma ChunYu

Master

Department: Building materials and technology

Russian University of Transport (MIIT)

ABSTRACT

With the deepening of China's reform and opening up, the rapid development of the concrete industry, especially under the concept of sustainable development and green economy, can effectively improve the performance of concrete materials by reusing solid waste materials to partially replace concrete raw materials. In addition, the replacement of solid waste materials not only alleviates the shortage of resources but also improves the environment, it is of great significance in today due to increasingly scarce natural resources. This paper introduces the history of the concrete industry, the specific classification of solid waste materials and the application in concrete, and finally summarizes the existing problems of solid waste materials.

Keywords: solid waste new materials; concrete; fly ash; slag; sustainable development

Введение

Бетонные материалы широко используются в строительстве благодаря своей огнестойкости, легкости формования и структурной целостности. Количество строительных отходов, образующихся в результате сноса старых зданий и по различным причинам, также растет, вызывая серьезные проблемы загрязнения окружающей среды [1]. В последние годы осуществляется и практикуется концепция экологической низкоуглеродной стратегии зеленого и устойчивого развития, что повышает необходимость максимального и эффективного повторного использования материалов строительных отходов для реализации модели развития зеленого строительства. Поэтому необходимо повторное использование материалов твердых отходов [2]. В данной статье будет проанализировано влияние новых материалов из твердых отходов на характеристики бетонных материалов, их проблемы и будущие направления с точки зрения повторного использования новых материалов из твердых отходов.

1. Бетонные материалы

1.1 История бетонных материалов

Бетонные материалы сформировались на заре производственной жизни [3]. Это было достигнуто благодаря использованию глины, которая добавлялась в фундаменты домов и стен и после затвердевания становилась наполнителем, подобно современным бетонным материалам [4]. Теоретическая база для исследования бетона также постепенно совершенствуется. В настоящее время бетон обычно получают путем смешивания, смешивания и твердения цемента, крупного и мелкого заполнителей, добавок и воды.

1.2 Технические свойства бетонных материалов

Основными техническими свойствами бетона являются совместимость, прочность, деформация, долговечность и т.д.

Под совместимостью понимается консистенция, текучесть, пластичность, устойчивость к расслоению и выделению воды, а также легкость размазывания смеси, используемой при замешивании бетона. Прочность бетонных материалов - это механические свойства бетона после затвердевания, включающие ряд свойств, таких как сопротивление сжатию, растяжению, сдвигу, изгибу и изгибу. Бетон обычно классифицируется по различным прочностям, которые он демонстрирует при стандартном сжатии, и может быть разделен на 19 марок от C10 до C100 [5].

Деформация относится к деформации бетона под нагрузкой и без нагрузки. Основными видами деформации являются упругая деформация, пластическая деформация, химическая усадка, влажная и сухая деформация, температурная деформация и т.д.

Долговечность бетонных материалов означает способность бетона сохранять свою первоначальную прочность и структуру при воздействии комбинации внешних и внутренних факторов в течение длительного периода времени, главным образом морозостойкость, проницаемость, коррозионная стойкость и стойкость к карбонизации.

2. Повторное использование различных твердых отходов новых материалов в бетонных материалах

Большинство современных зданий также построено из бетона, например, здания, дороги, высокоскоростная железная дорога и т. д. Более 80% строительных материалов составляют бетон. Бетонная промышленность предполагает полное использование различных ресурсов, таких как подбор добавок, песка и камня. Твердые отходы могут быть

использованы в заполнителях, добавках и цементе. Каждый кубический метр товарного бетона может содержать 20% строительного мусора и 3% летучей золы [6].

При сравнении характеристик обычного бетона и бетона, приготовленного с переработанными заполнителями (RCA), разница в основном связана с рыхлым и пористым старым раствором, адсорбированным на его поверхности. Интерфейс «старый крупный заполнитель - старый раствор», который поставляется с RCA, создаст множество переходных зон на границе раздела с новым раствором, когда RCA готовится путем смешивания с цементом, песком и водой. Как показано на рисунке 1, в природном крупном заполнителе имеется только одна переходная зона (ITZ₁, природный крупный заполнитель и новый раствор); когда старый крупный заполнитель смешивается с природным крупным заполнителем, кроме ITZ₁, на границе раздела имеется три переходных зоны. В то же время (ITZ₂, старый крупный заполнитель и новый раствор; ITZ₃, старый раствор и новый раствор; ITZ₄, старый крупный заполнитель и старый раствор); в старом крупном заполнителе имеются три переходные зоны ITZ₂, ITZ₃ и ITZ₄.

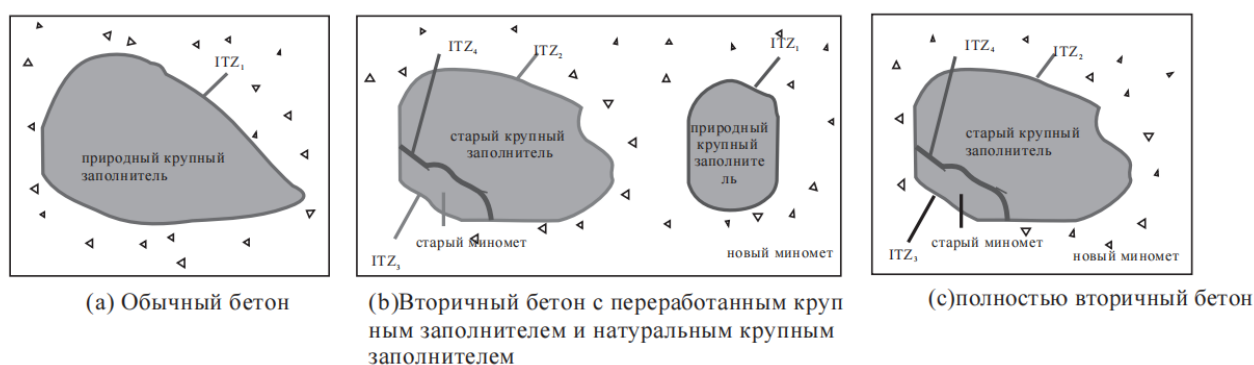


Рисунок 1. Схемы переходной зоны различных бетонных внутренних поверхностей

Figure 1. Map of the transition zone at the internal interface of diferent concretes

2.1 Летучая зола

Летучая зола - это мелкие твердые частицы, получаемые при сжигании бытовых отходов и угля. Многочисленные исследования показали, что долгосрочные характеристики бетона, смешанного с летучей золой, могут быть эффективно улучшены, способствуя долговечности конструкции. Сравните это с силикатным цементом, используемым сегодня в бетоне, который также подвергается процессу кальцинации. При модернизации автомагистралей с низким качеством движения и местных дорог использование летучей золы может рассматриваться как альтернатива цементу не только для повышения прочности бетонного материала, но и для снижения затрат.

С точки зрения микроскопической морфологии, летучая зола, материал микронного размера, оказывает три эффекта при улучшении характеристик бетонных материалов. Первый - это морфологический эффект, который относится к влиянию таких характеристик, как форма частиц летучей золы, крупность и шероховатость поверхности в бетоне. Частицы летучей золы гладкие и могут действовать как роликовый шарик. Второй - микроагрегатный эффект, который проявляется как эффект заполнения и эффект границы раздела. Микротонкие частицы летучей золы могут равномерно заполнять пустоты частиц заполнителя и предотвращать агломерацию между частицами цемента. Наконец, существует эффект вулканической золы, когда потенциальная активность летучей золы может реагировать с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующимся при гидратации цемента, для получения гидратированного геля силиката кальция, гидратированного геля алюмината кальция и т.д., и заполнять капиллярные поры. Бетон с добавкой летучей золы не только повышает прочность, но и имеет еще одно важное преимущество - долговечность. Поскольку летучая зола образуется при высоких температурах, ее химические свойства стабильны. Летучая зола может значительно снизить повышение температуры гидратации,

уменьшая риск того, что бетонные материалы будут склонны к растрескиванию на ранних стадиях.

2.2 Смешанный песок

Мелкий заполнитель является важным компонентом бетонных материалов, и его свойства будут оказывать большое влияние на обрабатываемость смеси и механические свойства и прочность затвердевшего бетона. Сегодня чрезмерная эксплуатация природного крупнозернистого песка привела к экологическому ущербу и дефициту ресурсов, что противоречит пути устойчивого развития. Важно разработать альтернативы природному песку, используя уже имеющиеся ресурсы. В результате появились промышленные и смешанные пески.

Механизированный песок повторно используется из отработанных хвостовых ресурсов, которые первоначально дробятся и далее подвергаются тонкому измельчению для получения готового песка для использования в бетонных материалах. В зависимости от требований заказчика для различных процессов, можно производить промышленный песок с различными размерами частиц ($<4,75$ мм) в соответствии с национальными стандартами на строительный песок, с равномерным размером частиц и градацией. С другой стороны, в процессе производства и переработки песка образуется определенное количество

Побочный каменный порошок, который имеет размер частиц менее $0,075$ мм, тонкую градацию и содержит меньше примесей. В гелевой системе добавление известкового каменного порошка может улучшить скорость ранней гидратации материала и увеличить усадку бетона, но инертность каменного порошка делает гелевую систему менее активной и эффективный процент бетона в суспензии снижается, что приводит к снижению ранней прочности.

Сверхмелкий песок - это песчаный материал с размером частиц $0,25$ мм или тонкостью $1,5$ или менее. Он подходит для заполнения мелких заполнителей в диапазоне мелких частиц, но на практике оказалось, что особо мелкий песок не подходит для товарных бетонных материалов с высокими требованиями к текучести. Только в бетонных материалах с низкой текучестью или в сухом жестком бетоне он играет свою роль. Это связано с большой удельной поверхностью мелкозернистого песка и высокими требованиями к дозировке цемента и расходу воды. Недостаточные условия могут легко привести к проблемам качества, таким как усадочные трещины после затвердевания и формирования бетона, что приводит к нестабильности и снижению прочности бетона.

2.3 Шлак

В процессе промышленного производства образуется большое количество летучей золы, шлака кремнеземистого дыма и других промышленных отходов. Эти материалы, однако, обладают определенными свойствами, аналогичными свойствам цемента. Они могут быть заменены друг на друга для получения бетонных материалов с лучшими свойствами. Сокращение количества цемента и увеличение повторного использования шлака оказывает положительное влияние на устойчивое развитие. Использование шлака положительно влияет на устойчивое развитие. Микронизированный порошок шлака является результатом объединения закаленных водой отходов процесса производства железа. Химический состав микронизированного порошка шлака в основном состоит из CaO , SiO_2 и Al_2O_3 , но также содержит небольшое количество MgO и других оксидов переходных металлов. Высокое содержание CaO , Al_2O_3 , MgO и низкое содержание SiO_2 и MnO способствуют активности шлакового порошка.

Исследования шлакового порошка в Китае начались в 1990-х годах, а в 1999 году был разработан протокол "Гранулированный порошок доменного шлака для цемента и бетона". Исследования показали, что шлаковый порошок имеет наибольшую водоотдачу через 40-70 минут после смешивания бетона, и с увеличением доли порошка водоотдача также

увеличивается. Когда доля порошка составляет 60%, общая водоотдача бетонного материала более чем в два раза превышает водоотдачу бетона без порошка. С другой стороны, добавление шлакового порошка может эффективно снизить теплоту гидратации бетонных материалов на ранней стадии гидратации, что значительно повышает устойчивость к проникновению Cl^- . При больших добавках микронизированного шлака обрабатываемость бетона хорошая, и даже механические свойства лучше, чем у обычного бетона [7].

2.4 Сталеплавильный шлак

Сталеплавильный шлак – твердые отходы производства черной металлургии, имеет большой выход, многообразие, низкий коэффициент использования, высокую потенциальную ценность, имеет ценность повторного использования ресурсов. Целью выплавки стали является использование кислорода для удаления C, Si, Mn и других элементов, содержащихся в шихте. Стальной шлак в основном образуется из оксидов после удаления примесных элементов, содержащихся в сырье для производства чугуна. Химический состав зависит от различных процессов и сырья, и диапазон относительно колеблется, в основном CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO и т. д. По активности его можно разделить на активный тип (силикат кальция, алюминат кальция и алюмоферрит кальция) и неактивный тип (оксид магния, оксид железа, оксид марганца и др.).

Сталеплавильный шлак содержит $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, поэтому потенциальная активность сталелитейного шлака может быть увеличена в процессе. В настоящее время стальной шлакоцемент в основном производят за счет увеличения удельной поверхности. Среди них основную долю составляют стальные шлаки, а бетонные материалы получают с помощью добавок и гипса. Этот вид бетонного материала обладает высокой прочностью на поздней стадии и превосходной устойчивостью и другими аспектами, поэтому он очень подходит в качестве цемента для плотин. Кроме того, порошок стального шлака также является хорошей добавкой, которая может заменить часть цемента. Добавление порошка стального шлака может снизить потребление воды и улучшить текучесть бетонных материалов; из-за высокой твердости и износостойкости самого стального шлака износостойкость и сопротивление сжатию бетона, смешанного с порошком стального шлака, также соответственно увеличатся.

3. Существующие проблемы в бетоне с внешними легирующими материалами

Данные показывают [8-10], что в 2015 году общий объем промышленных отходов в Китае составил около 4 миллиардов тонн, а комплексное использование почти половины из них все еще остается низким по сравнению с развитыми странами, особенно это касается таких объемных промышленных отходов, как хвосты и красный шлам. Задача комплексного использования отходов все еще остается серьезной. Хотя бетон является крупнейшей и важнейшей основой повторного использования твердых отходов, коэффициент использования этих отходов все еще находится на низком уровне. Как крупнейшая отрасль промышленности, помимо цементной, бетонные материалы для применения технологий и методов использования твердых отходов все еще нуждаются в улучшении. В первую очередь это касается отходов бетона, кирпича, строительного мусора и других строительных отходов, в классификации и переработке, использовании ресурсов и других ключевых технологий, которые необходимо улучшить. Вторая – техническая направленность, образование твердых отходов неизбежно, но их сортировка, переработка и предварительная обработка будут играть очень большую роль в системе повторного использования. Например, строительство комплексных систем управления переработкой, рекультивацией и утилизацией имеет большое значение для последующего повторного использования. Наконец, необходимо согласовать стандарты на продукцию, технические условия проектирования и строительства.

4. Заключение

Быстрое развитие бетонной промышленности обеспечило важный путь к комплексному использованию твердых промышленных отходов для достижения крупномасштабного потребления. Как наиболее используемый человеком искусственный материал, цемент и бетон стали основной отраслью для утилизации твердых отходов в Китае. В последние годы бетонные материалы достигли лучших экономических, экологических и социальных преимуществ в утилизации твердых отходов, внося важный вклад в сохранение ресурсов, защиту окружающей среды и продвижение промышленных методов экономического развития. В будущем бетонная промышленность также возьмет на себя новые обязанности и миссии в комплексной утилизации твердых промышленных отходов.

Список литературы:

1. Ван Синью, Ли Цзунцзинь, Прогресс в исследованиях прогнозирования срока службы бетона, Журнал строительных материалов, 1999(03):249-256.
2. Ван Цзинсянь, Ван Лицзю, Достижения в прикладных исследованиях наноматериалов в бетоне, Бетон, 2004(11):18-21.
3. Ду Тин, Го Тайпин, Линь Хуайли и др. Состояние исследований, разработка и применение бетонных материалов // Бетон, 2006(05):7-9.
4. Лу Цзяньхун Подготовка и анализ долговечности переработанного бетона Лабораторные исследования и разведка, 2021,40(05):45-47,52.
5. Вэй Хунъи Применение энергосберегающих и экологичных строительных материалов в машиностроении // Юе, 2020(03):37-39.
6. Чжан Дун, Юэ Ди. Проблемы, с которыми сталкиваются бетонные материалы и меры противодействия // Наука и технологии провинции Хэнань, 2015(21): 132.
7. У Сютао, Ху Шишэн, Чен Дэксин и др. Экспериментальные исследования ударного сжатия высокопрочного бетона со стальным волокном, Взрыв и удар, 2005 (02): 125-131.
8. Хуан Шимоу, Чжао Синья История и развитие бетонных материалов // Журнал профессионально-технического колледжа Саньмэнься, 2007(03):103-106.
9. Чен Иньхуа Анализ развития железобетонных материалов // Научно-техническое информационное развитие и экономика, 1995(06):13-14.
10. Ли Цзунцзинь, Сунь Вэй, Пан Цзиньлун, Прогресс в исследованиях современного бетона, Прогресс в области материалов в Китае, 2009, 28(11):1-7,53.

References:

1. Wang Xinyou, Li Zongjin. Research progress of service life prediction of concrete. Journal of Building Materials, 1999(03):249-256.
2. Wang Jingxian, Wang Lijiu. Advances in Application Research of Nanomaterials in Concrete. Concrete, 2004(11):18-21.
3. Du Ting, Guo Taiping, Lin Huaili, etc. Research status and development and application of concrete materials. Concrete, 2006(05):7-9.
4. Lu Jianhong. Preparation and Durability Analysis of Recycled Concrete. Laboratory Research and Exploration, 2021,40(05):45-47,52.

5. Wei Hongyi. Application of energy-saving and green building materials in engineering. Juye, 2020(03):37-39.
6. Zhang Dong, Yue Di. Problems faced by concrete materials and countermeasures. Henan Science and Technology, 2015(21): 132.
7. Wu Xutao, Hu Shisheng, Chen Dexing, et al. Experimental Research on Impact Compression of Steel Fiber High Strength Concrete. Explosion and Shock, 2005(02):125-131.
8. Huang Shimou, Zhao Xinya. History and development of concrete materials. Journal of Sanmenxia Vocational and Technical College, 2007(03):103-106.
9. Chen Yinhua. Development Analysis of Reinforced Concrete Materials. Science and Technology Information Development and Economy, 1995(06):13-14.
10. Li Zongjin, Sun Wei, Pan Jinlong. Research Progress of Modern Concrete. Progress in Materials in China, 2009,28(11):1-7,53.