

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Дорофеев В.С., Майстренко О.Ф. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приведены структурообразование и свойства бетонов, полученных с использованием заполнителей на основе фракционированных продуктов сжигания твердых бытовых отходов (ТБО). Приведены прочностные характеристики и марки по морозостойкости полученных бетонов.

Основным материалом, получившим наибольшее распространение в строительстве, продолжает оставаться бетон. Совершенствование бетонов всех видов связано с углублением знаний о процессах структурообразования и разрушения гетерогенных сред. При этом организация структур на всех уровнях бетонов как сложно организованных полиструктурных материалов должна производиться с учетом возникновения и развития трещин под действием эксплуатационных нагрузок. Исходя из представлений кинетической теории, разрушение представляет собой процесс зарождения, накопления и слияния трещин до появления микротрещины и разделения материала на части. Условия развития трещин в материалах изучает механика разрушения, которая является соединительным звеном между физикой (теорией твердого тела) и технологией получения и переработки многокомпонентных материалов.

Особенное внимание при прогнозировании физико-механических свойств композиционных материалов уделяется структуре и наличию в ней остаточных (технологических или наследственных) дефектов. К технологическим относят дефекты компонентов композиционных материалов, а также дефекты, образованные в период его технологической переработки. Так как структурные дефекты являются концентраторами напряжения, то их наличие в структуре материала определяет его физико-механические свойства и эксплуатационную надежность. Поэтому для целенаправленного управления свойствами материалов необходимо вскрыть причины появления технологических дефектов.

Назначение составов бетонов различных видов связано с учетом влияния заполнителей на их свойства. Формирование макроструктуры строительных композитов происходит под влиянием заполнителей в результате

взаимодействия растворной части и заполнителей. Следовательно, физико-механические свойства бетонов определяются как индивидуальными свойствами микро- и макроструктур, так и их взаимодействием в периоды структурообразования и эксплуатации [1].

В ОГАСА были исследованы продукты сжигания бытовых отходов заводов Днепропетровска, Киева, Севастополя, Харькова с целью выяснения возможности их использования в строительных материалах. Получены различные составы цементных бетонов, гипсобетоны с использованием в качестве заполнителей продуктов сжигания ТБО.

При подборе состава бетона использовались заполнители в воздушно-сухом состоянии. Особое внимание уделяли выбору рационального зернового состава заполнителей и оптимального содержания воды в смеси.

Были испытаны образцы-кубы с размером ребра 100 мм и получены зависимости прочности и плотности бетона от его состава. В качестве вяжущего применяли цемент Одесского завода марки 400, в качестве заполнителей – продукты сжигания твердых бытовых отходов. Расчет моделей и их графическое отражение проводились в системе COMPEX предложенной и разработанной профессором В.А. Вознесенским [2]. В качестве независимых переменных были приняты расход цемента и количество заполнителя.

Бетон на гранитном щебне с использованием золошлаковой смеси как мелкого заполнителя. Независимыми переменными приняты расход цемента ($\rho = 300 \pm 75 \text{ кг/м}^3$), соотношение расхода щебня к золошлаковой смеси по массе ($\rho/\rho : \rho/\rho = 2,5 \pm 0,5 : 1$). Прочность бетона изменяется в пределах 15...30 МПа, плотность – 1900...2200 кг/м³ [3].

Смесь крупного и мелкого заполнителя определяется зерновым составом щебня и золошлаковой смеси, а также их соотношением по массе. В идеале смесь заполнителей должна иметь одновременно минимальный объем пустот и минимальную удельную поверхность. К этому можно только стремиться, однако достичь этого не возможно, так как для уменьшения объема пустот между зернами заполнителя нужно иметь достаточно большое количество мелких зерен, что приводит к увеличению удельной поверхности смеси заполнителя. При увеличении содержания золошлаковой смеси или уменьшении ее крупности водопотребность смеси значительно возрастет. Более правильный выбор количественного соотношения фракций крупного заполнителя достигается непосредственным смешиванием и определением наибольшей плотности или наибольшей объемной массы сухой смеси при одинаковом уплотнении. При постановке эксперимента исходили из условий использования рядовых неразделенных на фракции заполнителей.

При сравнительной оценке материалоемкости использование полученного бетона не рационально, из-за относительно высокого удельного расхода

клинкерной части цемента на единицу прочности материала. Кроме того, использование гранитного щебня в качестве крупного заполнителя совместно с золошлаковой смесью не эффективно. Структура такого бетона не однородна, изобилует дефектами, что в значительной мере влияет на его поведение под нагрузкой и при разнообразных физических и химических воздействиях. Гранитный щебень обладает значительной стоимостью и высокими прочностными характеристиками по отношению к золошлаковой смеси.

Эксплуатационные качества бетона зависят от термических характеристик заполнителя: температурного расширения, удельной теплоемкости и теплопроводности. Коэффициент температурного расширения заполнителя влияет на величину коэффициента расширения бетона и зависит от содержания заполнителя в бетонной смеси и ее состава в целом. Для наиболее распространенных горных пород он находится в пределах $(0,9...16) \cdot 10^{-6}/\text{град}$, для портландцементного камня – $(10,8...20,7) \cdot 10^{-6}/\text{град}$ [4]. Значительные различия коэффициентов температурного расширения между составляющими бетона встречаются при использовании гранитов, известняков и мрамора. Полагают что, прочные и малодеформативные заполнители в бетоне не только вызывают значительные концентрации напряжения в контакте с цементным камнем, но и служат своеобразными «клиньями», способствующими разрушению цементного камня.

Бетон на известняковом щебне и золошлаковой смеси. В качестве независимых переменных приняты соотношение расхода известнякового щебня к золошлаковой смеси по массе ($\text{Щ}/\text{и}:3/\text{с}=3 \pm 2:1$) и расход цемента ($\text{Ц} = 275 \pm 75 \text{ кг}/\text{м}^3$). Прочность бетона изменяется в пределах $4...10 \text{ МПа}$, плотность – $1680...1780 \text{ кг}/\text{м}^3$ [3].

Породы осадочного происхождения, например, известняк, имеют некоторое преимущество перед изверженными. Они требуют меньше затрат на добычу и переработку на щебень. Меньшая объемная масса известняка, по сравнению с гранитом, позволяет снизить объемную массу бетона. Известняковый заполнитель является химически активным веществом по отношению к продуктам гидратации цемента, что обуславливает лучшее сцепление заполнителя с цементным камнем. Меньший модуль упругости известняка уменьшает концентрацию напряжений в наиболее опасной зоне бетона – в местах контакта цементного камня с заполнителем.

Следует отметить, что применение известнякового щебня в бетонах осложняется тем, что прочность известняка одного месторождения колеблется в широких пределах. Кроме того, известняки часто засорены илистыми примесями. Использование в бетонах таких разнородных по прочности заполнителей приводит к перерасходу цемента и не гарантирует проектируемой марки бетона.

Пористый заполнитель в легком бетоне изменяет свои свойства и свойства и цементного камня и раствора. Прочность цементного камня и пористых заполнителей в бетоне, а также другие свойства не являются стабильными и меняются при взаимодействии друг с другом. В зоне кон такта цементного камня с пористыми заполнителями имеет место снижение концентрации напряжений и возможно их выравнивание, а также деформация зерен пористого материала при нагружении бетона, стесненность деформаций наиболее слабых его составляющих (заполнителя или цементного камня), упрочняющие в ряде случаев эти материалы и повышающие прочность бетона. Свойства цементного камня при соприкосновении и зернами пористых заполнителей могут быть улучшены или ухудшены в зависимости от кинетики и быстроты отсоса части воды затворения заполнителей.

Бетон на щебне из продуктов сжигания и кварцевом песке. В качестве независимых переменных приняты соотношение расхода щебня к песку по массе ($\text{Щ:П} = 1 \pm 0,25:1$), расход цемента ($\text{Ц} = 250 \pm 50 \text{ кг/м}^3$). Прочность бетона изменяется в пределах $10 \dots 13 \text{ МПа}$, плотность – $2040 \dots 2080 \text{ кг/м}^3$ [3].

Исходя из того, что в заполнителе содержится значительное количество малопрочных, хрупких включений шлака и гладких кусков стекла, керамики в бетоне ослабляется зона контакта крупный заполнитель – цементно-песчаный раствор. Соотношение расхода цемента к расходу щебня из продуктов сжигания практически не влияют на среднюю плотность бетона и оказывают незначительное влияние на прочность бетона. Это можно объяснить тем, что получен более однородный конгломерат за счет сближения свойств крупных фракций продуктов сжигания и цементно-песчаного раствора. При правильном подборе составов компоненты такого композита, взаимодействуя друг с другом, могут в совокупности дать материал с лучшими свойствами. При подборе состава тяжелого бетона прочность цементного камня получается меньше прочности высокопрочных и плотных заполнителей. Применение заполнителей средних и низких марок может способствовать повышению долговечности бетона. Если заполнитель обладает хорошей деформативной способностью, то объемные деформации бетона, сопровождаются пониженными напряжениями в цементном камне.

Бетон на золошлаковой смеси и кварцевом песке. В качестве независимых переменных приняты расход цемента ($\text{Ц} = 225 \pm 75 \text{ кг/м}^3$), соотношение расхода золошлаковой смеси (фракция $0 \dots 10 \text{ мм}$) к песку по массе ($\text{З/с:П} = 2,2 \pm 0,4:1$). Образцы-кубы подвергались термо-влажностной обработке. Прочность бетона изменяется в пределах $7 \dots 14 \text{ МПа}$, плотность – $1800 \dots 1950 \text{ кг/м}^3$ [3].

Увеличение соотношения расхода золошлаковой смеси к песку приводит к снижению прочности бетона. Основным фактором, определяющим зерновой

состав смеси является: удельная поверхность заполнителя, которая определяет количество воды, расходуемое на увлажнение поверхности.

Для исследуемых образцов бетона были определены марки по морозостойкости: бетон на известняковом щебне и золошлаковой смеси соответствует марки F 50, на золошлаковой смеси и песке – F 75, на щебне из продуктов сжигания и песке – F 75.

Полученные составы бетонов отвечают требованиям нормативных документов и прошли апробацию на предприятии «Одесстранстрой».

Литература.

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168 с.
2. Методические указания по моделированию систем «смеси – технология – свойства» с использованием ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании по кафедре ПАТСМ / Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Абокумов В.В. и др. – Одесса: ОИСИ, 1985. – 64 с.
3. Дорофеев В.С., Жудина В.И., Майстренко О.Ф. Использование продуктов сжигания твердых бытовых отходов в строительстве – Одесса: Город мастеров, 2001 – 148 с.
4. Невиль А.М. Свойства бетона. Пер. с англ. Парфенова В.Д., Якуб Т.Ю. – М.: Изд-во литер. по стр-ву, 1972. – 344 с.