

Изучение поведения образцов тяжелого бетона при ударно-волновом сжатии*

А.А. Козулин¹, П.О. Петров¹, И.А. Жуков¹, Г.В. Гаркушин²,
А.С. Савиных², С.В. Разоренов², В.В. Каракулов¹

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

² *ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, г. Черноголовка, Россия*

Приведены результаты экспериментальных и теоретических работ по изучению особенностей механического поведения при ударно-волновом сжатии образцов тяжелого бетона. В экспериментах нагружающий микросекундный плоский ударный импульс был сгенерирован взрывной линзой. В результате получены экспериментальные профили скорости свободной поверхности на образцах длиной от 25 до 500 мм. Определены значения динамической прочности при сжатии образцов из исследуемого тяжелого бетона и коэффициент динамического упрочнения. Методами численного моделирования исследованы эффекты прохождения ударной волны в модельном образце бетона в виде гетерогенной среды со стохастическим распределением частиц наполнителя. Результаты численного моделирования механического поведения бетона при ударном нагружении показали формирование нестационарных и существенно неоднородных полей деформации с образованием диссипативных структур на мезомасштабном уровне.

Ключевые слова: ударно-волновое нагружение, прочность на сжатие, тяжелый бетон, численное моделирование.

Введение

Научное исследование, описанное в данной работе, касается оценки деформационного поведения тяжелого бетона при ударно-волновом сжатии как сложно структурированного композиционного материала. Изучение особенностей деформирования бетонов на разных масштабных уровнях при высокоэнергетических воздействиях представляет интерес с точки зрения физики конденсированного состояния. Полученные результаты работы актуализируются возросшей напряженностью в геополитическом положении, что создает дополнительные угрозы военного, техногенного и террористического воздействия на энергетические и социально-значимые инфраструктурные объекты – это требует прогностической оценки ресурса конструкций в экстремальных ситуациях при действии взрывных, ударно-волновых и импульсных нагрузок для детальной проработки инфраструктуры на стадии проектирования и строительства. В открытом доступе и наукометрических базах мало информации по динамическим свойствам отечественных бетонов и методикам проведения численного моделирования взрывного воздействия на них [1, 2]. При моделировании деформирования бетонных конструкций бетон часто рассматривается как однородный или квази-однородный материал. Однако на практике этот материал представляет собой комплекс компонентов (цементной пасты и гранитного заполнителя) с различными физико-механическими свойствами. Эти компоненты образуют композитную структуру бетона. Структура и ее изменение в процессе деформирования могут оказывать существенное влияние на механические и эффективные свойства бетона. Отсюда существует острая необходимость описания динамических прочностных свойств отечественных бетонов, используемых при строительстве ответственных сооружений несущих и защитных конструкций энергетики и социально-значимых объектов [3–5]. А комплексная оценка с использованием экспериментальных и теоретических подходов позволяет лучше понять физику деформационных процессов. Эта информация полезна для ряда заинтересованных лиц как эксплуатирующих организаций, так и для инженеров-проектировщиков, производителей бетонов и строителей.

Цель данной работы – необходимость оценки прочностных свойств тяжелого бетона при ударно-волновом сжатии и поведения его структуры на мезоскопическом масштабном уровне, что достигалось проведением экспериментальных работ и численного моделирования.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-00750, <https://rscf.ru/project/25-29-00750/>.