

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ БЕТОНА И ФИБРОБЕТОНА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ

Ражабов Ё.С.

Ражабов Ёркин Сайфиддин угли – ассистент,
кафедра строительства зданий и сооружений,
Джизакский политехнический институт, г. Джизак, Республика Узбекистан

Аннотация: представленная статья посвящена изучению динамической прочности образцов из бетона и бетона с добавлением металлической стружки (фибробетон) с помощью метода Кольского с использованием разрезного стержня Гопкинсона и его модификации – «бразильского теста». Данная задача является актуальной при решении вопроса о качественном повышении физико-механических характеристик бетонов, испытывающих динамические воздействия.

Ключевые слова: динамические воздействия, фибробетон, бетон, физико-механических характеристик бетонов.

УДК 691.32

Динамические воздействия могут возникать в чрезвычайных ситуациях, таких как техногенные аварии, катастрофы, террористические акты и т. п., сопровождающиеся взрывными ударными нагрузками и, как следствие, большими материальными потерями и жертвами. Для изучения влияния этих нагрузок как на уже существующие, так и на проектируемые конструкции, а также для указания путей снижения их вредного воздействия необходимо знать динамические свойства материалов, применяемых для создания этих конструкций.

Известно, что динамические свойства структурно-неоднородных материалов сильно отличаются от данных, полученных при статических испытаниях. В работах [1, 2] рассмотрены испытания бетонов на 3 точечный изгиб, авторами [3] были исследованы армированные стекловолокном образцы из раствора, трещиностойкость железобетонных балок с разным коэффициентом армирования исследована в [4]. Однако экспериментальных данных о поведении бетона и фибробетона при динамическом нагружении не так много, поэтому были экспериментально определены динамические характеристики этих материалов.

Методы испытаний

Среди известных к настоящему времени методик динамических испытаний наибольшее распространение получила методика *разрезного стержня Гопкинсона* (РСГ) ввиду ее теоретической обоснованности и простоты. Эта методика, впервые предложенная Г. Кольским [5], позволяет проводить испытания широкого круга материалов в диапазоне скоростей деформации $10^2 \div 10^4 \text{ с}^{-1}$.

Основными преимуществами метода РСГ являются простота реализации, корректное теоретическое обоснование волновых явлений, происходящих в системе стержни – образец, точное определение значительных (десятки процентов) деформаций образца, а также исключение изгиба образца ввиду его малой длины. Кроме того, эта методика обеспечивает точный контроль истории изменения скорости деформации в течение всего процесса деформирования образца.

Математическая модель РСГ представляет собой систему из трех стержней: двух бесконечно прочных и бесконечно длинных тонких стержней и «мягкого», очень короткого стержня-вставки (образца) между ними. В одном из стержней возбуждается одномерная упругая волна $I(t)$, которая распространяется по стержням со скоростью c . При достижении образца эта волна ввиду разницы акустических жесткостей c материалов стержня и образца расщепляется: часть ее отражается обратно волной $R(t)$, а часть проходит через образец во второй стержень волной $T(t)$. Образец при этом претерпевает упругопластическую деформацию, в то время как стержни деформируются упруго. Предполагается, что при этом отсутствует дисперсия волны и распределение профиля деформации в пределах поперечного сечения стержней равномерное. Поперечными колебаниями частиц стержней пренебрегают. Амплитуды и профили импульсов $R(t)$ и $T(t)$ определяются соотношением акустических жесткостей материалов стержней и образца, а также реакцией материала образца на приложенную динамическую нагрузку. Регистрируя тензодатчиками упругие импульсы деформации в мерных стержнях, по формулам, предложенным Г. Кольским, можно определить напряжения, деформации и скорости деформации в образце как функции времени:

$$\sigma_n(t) = \frac{EA}{A_s^0} \varepsilon^T(t), \quad \varepsilon_n(t) = -\frac{2c}{L_0} \int_0^t \varepsilon^R(t) \cdot dt, \quad \dot{\varepsilon}_n(t) = -\frac{2c}{L_0} \cdot \varepsilon^R(t)$$

В этих формулах E и A – соответственно модуль Юнга и площадь поперечного сечения стержней, A_s^0 и L_0 – соответственно площадь сечения и длина образца.

Для испытания на растяжение материалов, имеющих разную прочность при сжатии и растяжении (например, бетон и фибробетон), применяется модификация метода Кольского – «Бразильский тест».

«Бразильский тест» – метод для определения предела прочности хрупких материалов при раскалывании [6]. Схема нагружения образцов в виде параллелепипедов при испытании на раскалывание приведена на рис.1.

Формула для расчета растягивающего напряжения: $\sigma = \frac{P_c}{bh} \cdot 0.5187$. В этой формуле b и h – размеры образца, P_c – продольное усилие в мерных стержнях, определяемое по показаниям тензодатчиков на опорном стержне. Максимальная величина растягивающего напряжения и будет искомым прочностью материала при растяжении.

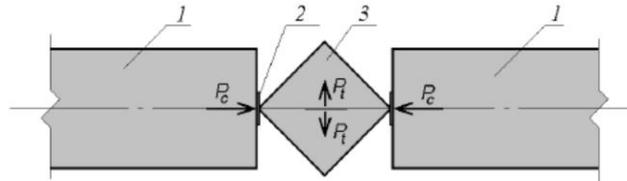


Рис. 1 Установка

Экспериментальная установка для динамических испытаний (рис. 2), реализующая метод РСГ, состоит из пневматического нагружающего устройства (газовая пушка) с системой управления, комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры и сменного комплекта мерных стержней Гопкинсона (нагружающего и опорного). Измерение деформаций производится с помощью наклеенных на боковую поверхность стержней на значительном расстоянии от образца малогабаритных тензодатчиков. Сигналы от тензодатчиков через усилители поступают на многоканальную компьютерную измерительную систему (крейтовый конструктив) PXI-1042 фирмы NATIONAL INSTRUMENTS, где в среде инженерного графического программирования NI LabVIEW организовано несколько виртуальных измерительных приборов: измеритель скорости ударника и высокоскоростной двухканальный осциллограф. При испытаниях полученные с измерителя скорости и с мерных стержней импульсы визуализируются в виде осциллограмм и сохраняются в цифровом виде в памяти компьютера для последующей обработки.

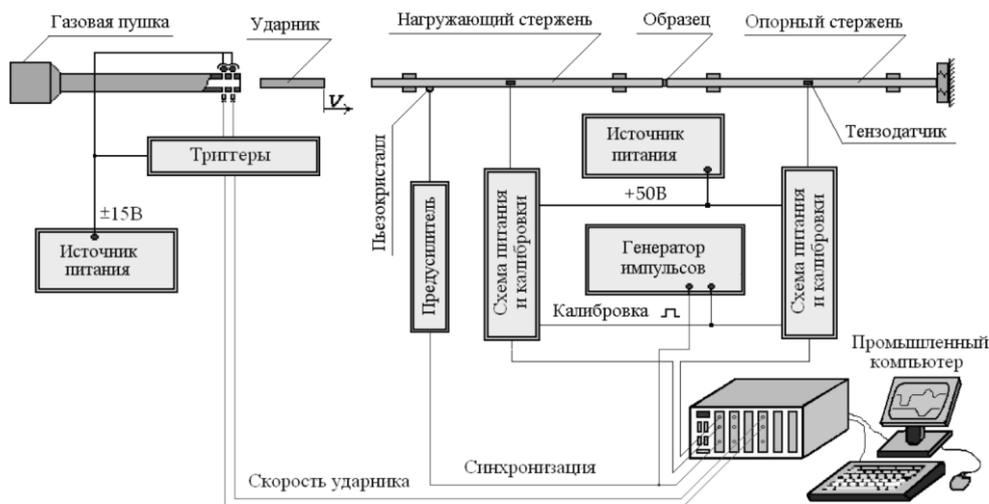


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Результаты испытаний. Динамические испытания проводились на образцах из бетона и из бетона с добавлением металлической стружки (фибробетон). Образцы были выполнены в форме прямоугольных параллелепипедов размером ~20 20 20мм. В испытаниях менялась скорость ударника.

При увеличении амплитуды нагрузки, которая определяется скоростью ударника, повышается предел прочности при сжатии как у бетонных образцов, так и у образцов с добавлением металлической стружки (фибробетон), т. е. отмечено упрочнение материала. Прочность при сжатии и раскалывании у образцов с добавлением металлической стружки повышается по сравнению с обычными бетонными образцами при одинаковых условиях нагружения, т. е. динамическая прочность фибробетона выше. Можно отметить, что так же, как и при статических испытаниях, прочность бетона и фибробетона на растяжение значительно меньше прочности на сжатие.

Выводы. С использованием метода Кольского проведены динамические испытания на сжатие образцов из бетона и фибробетона. В результате анализа опытных данных установлено, что динамическая прочность фибробетона выше в среднем на 28% по сравнению с обычным бетоном. Также установлено, что при увеличении амплитуды нагрузки происходит упрочнение материала. Отмечено, что прочность бетона и фибробетона на растяжение значительно меньше прочности на сжатие, так же как и при статических испытаниях.

Список литературы

1. *Nguyen G.D.* Development of an approach to constitutive modelling of concrete: Isotropic damage coupled with plasticity/ *Giang D. Nguyen, Alexander M. Korsunsky* // *International Journal of Solids and Structures*. № 45, 2008. P. 5483–5501.
2. *Xu Shilang.* Determination of fracture parameters for crack propagation in concrete using an energy approach / *Shilang Xu, Xiufang Zhang* // *Engineering Fracture Mechanics*. № 75, 2008. P. 4292–4308.
3. *Aroni S.* Shear strength of reinforced aerated concrete beams with shear reinforcement / *Samuel Aroni* // *Materials and Structures*. № 23, 1990. P. 217-222.
4. *Rodriguez T. Navarro C. and Sanchez-Galvez V.* Splitting tests: an alternative to determine the dynamic tensile strength of ceramic materials / *T. Rodriguez, C. Navarro* // *Journal de Physique IV*, 1994. P. 101-106.
5. *Крылов Б.А., Орентлихер П.П., Асатов Н.А.* Бетон с комплексной добавкой на основе суперпластификатора и кремнийорганического полимера // *Бетон и железобетон*, 1993. № 3. С. 11-13.
6. *Asatov N., Tillayev M., Raxmonov N.* Parameters of heat treatment increased concrete strength at its watertightness // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2019. Т. 97. С. 02021.
7. *Sagatov B.U.* About transfer of effort through cracks in ferro-concrete elements // *European science review*, 2016. № 7-8. С. 220-221.
8. *Асатов Н.А. и др.* Исследования влияния тепловой обработки бетона повышенной водонепроницаемости на его прочность // *Молодой ученый*, 2016. № 7-2. С. 34-37.
9. *Asatov N., Jurayev U., Sagatov B.* Strength of reinforced concrete beams hardened with high-strength polymers // " *Problems of Architecture and Construction*", 2019. Т. 2. № 2. С. 63-65.
10. *Sagatov B., Rakhmanov N.* Strength of reinforced concrete elements strengthened with carbon fiber external reinforcement // " *Problems of Architecture and Construction*", 2019. Т. 2. № 1. С. 48-51.
11. *Ablayeva U., Normatova N.* Energy saving issues in the design of modern social buildings // " *Problems of Architecture and Construction*", 2019. Т. 2. № 1. С. 59-62.
12. *Rakhmonkulovich A.M., Abdumalikovich A.S.* Increase seismic resistance of individual houses with the use of reeds // *MODERN SCIENTIFIC CHALLENGES AND TRENDS*, 2019. С. 189.
13. *Djurayev U., Mingyasharova A.* Determination of the technical condition of buildings and structures on the basis of verification calculations // " *Problems of Architecture and Construction*", 2019. Т. 1. № 4. С. 37-39.
14. *Bakhodir S., Mirjalol T.* Development of diagram methods in calculations of reinforced concrete structures // *Problems of Architecture and Construction*, 2020. Т. 2. № 4. С. 145-148.
15. *Сазатов Б.У.* Исследование усилий и деформаций сдвига в наклонных трещинах железобетонных балок // *European science*, 2020. № 6 (55). С. 59-62.
16. *Испандиярова У.Э.* Усиление мостовых железобетонных балок высокопрочными композиционными материалами // *European science*, 2020. № 6 (55). С. 63-67.
17. *Рахмонов Н.Э.* Проблемы разработки отечественного синтетического пенообразователя // *Academy*. № 11 (62), 2020. С. 93-95.
18. *Норматова Н.А.* Проектирование энергосберегающих зданий в условиях узбекистана // *Academy*. № 11 (62), 2020. С. 89-92.
19. *Бойматов А.А.* Планирование возведения гражданских зданий в условиях сухого жаркого климата // *Academy*. № 11 (62), 2020. С. 85-88.
20. *Алиев М.Р.* Экспериментальное определение динамических характеристик кирпичных школьных зданий // *Academy*. № 11 (62), 2020. С. 66-69.
21. *Джураев У.У.* Повышение технического состояния зданий и сооружений на основе поверочного расчета // *Academy*. № 11(62), 2020. С. 70-74.
22. *Бобожонов Р.Т. и др.* Разработка состава высокопрочного, качественного асфальтобетона // *Молодой ученый*, 2015. № 3. С. 97-100.
23. *Товбоев Б.Х., Юзбоев Р.А., Зафаров О.З.* Влияние конструктивных решений на трещиностойкость асфальтобетонных слоев усиления // *Молодой ученый*, 2016. № 1. С. 227-230.