

Вотрин Денис Аркадьевич

аспирант

ФГБОУ ВО «Донской государственный

технический университет»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

DOI 10.21661/r-117426

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ БЕТОНОВ В СООРУЖЕНИЯХ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

***Аннотация:** в данной статье рассматривается возможность использования свойства повышенной энергоемкости разрушения фибропенобетона для улучшения безопасности эксплуатации различных конструкций под воздействием динамических нагрузок. Дисперсно-армированный пенобетон предлагается использовать для создания ограничено несущих ограждающих элементов, конструкций защиты зданий от импульсных нагрузок, пулеулавливателей и элементов зданий, находящихся в сейсмически опасных зонах. Через составляющие компоненты или свойства фибры возможно влиять на энергоемкость разрушения армированного пенобетона.*

***Ключевые слова:** энергоемкость разрушения, фибропенобетон, импульсные нагрузки.*

В настоящее время, одним из наиболее приоритетных вопросов в строительстве является обеспечение безопасности строительных конструкций при эксплуатации в чрезвычайных ситуациях. Воздействия на элементы здания, вызванные землетрясениями, взрывами или пожарами могут быть очень опасными, поскольку динамические нагрузки (импульсные, сейсмические и т. д.) могут привести к моментальному разрушению конструкций, а термическое воздействие значительно ослабить несущие элементы. Из-за этого, особое внимание уделя-

ется усилению конструкций, созданию материалов с высокой несущей способностью, а также увеличению работы (энергоёмкость) затрачиваемой на разрушение элемента.

Энергоёмкость разрушения особо важна для безопасной эксплуатации строительных изделий, поскольку, при одинаковой прочности, материал, разрушающийся вязко, способен предупредить о предстоящей аварии развитием видимых деформаций и дать возможность службам эксплуатации либо разгрузить конструкцию, либо защитить людей от травм, имеющих место при внезапном обрушении конструкций [1].

В случае конструкций, изготовленных из бетона, это особенно актуально, поскольку, не смотря на высокую прочность на сжатие, этот материал имеет хрупкий характер разрушения, а прочность на растяжение у каменных материалов редко превышает 10% от прочности на сжатие [2]. Это означает, что вязкость разрушения существенно ниже, а потенциальная опасность моментального разрушения от трещин и дефектов, полученных при изготовлении конструкции выше. При этом увеличение прочности бетона сопровождается снижением пластичности и вязкости разрушения. Это также касается и ячеистых бетонов, которые помимо прочего обладают низкой прочностью на сжатие.

Чтобы скомпенсировать эти недостатки создавались новые материалы на основе бетона и ячеистого бетона. Управлять свойствами пытались на макроуровне (армирование, усиление композитной тканью, полимерное покрытие и т. д.) и на микроуровне (дисперсное армирование).

Одним из таких материалов определенно может считаться и дисперсно-армированный пенобетон. Поскольку, фундаментальные закономерности композиционных материалов дали возможность влиять на конечные свойства этого ячеистого бетона.

Одно из существенных изменений, которое дало добавление дисперсной арматуры, является изменение характера разрушения этого материала. Произошел переход от хрупкого характера ближе к упруго-пластическому, и вследствие этого, повысилась работа затрачиваемая на разрушение (рис. 1). Из графика

видно, что работа разрушения (площадь фигур, ограниченных соответствующей кривыми деформирования) фибропенобетона в несколько раз превышает этот показатель у пенобетона.

Это вызвано тем, что при возникновении напряжений в устье трещин и достижения поверхности армирующего волокна, напряжение начинает воспринимать на себя фибра и для дальнейшего продвижения трещины ей требуется либо разорвать, либо вырвать её. Благодаря этому, волокно рассеивает энергию от внешнего воздействия и вовлекает в работу больший объем бетона. Это влияет и на способность воспринимать знакопеременные нагрузки. Как показывают исследования [3], полные упругие энергозатраты на деформирование превышали этот показатель у пенобетона на момент разрушения в 70–80 раз.



Рис. 1. Кривые деформирования на растяжение при изгибе пено- и фибропенобетона в координатах «напряжения деформации» [1]

Не смотря на такие высокие показатели, фибропенобетон используется для создания строительных блоков самонесущих ограждающих конструкций, в каче-

стве теплоизоляции. Способность фибропенобетона поглощать энергию при воздействии нагрузки используется не в полной мере. Данное свойство материала может быть полезно и в других сферах строительства.

В первую очередь, повышенная энергоемкость разрушения фибропенобетона является важной составляющей для возможности использования материала для создания ограниченно несущих ограждающих конструкций. В частности, перекрытий – плит или балок с армированием. В случае воздействий нагрузок близких к предельным, вязкое разрушение элемента позволит дать больше времени для эвакуации людей и защитит от травм при внезапном разрушении.

Это подтверждают и опыты над фибропеножелезобетонными перемычками [1]. Добавление волокна позволило не только увеличить трещиностойкость, но и существенно повысить вязкость разрушения. Это уменьшило общую ширину раскрытия трещин и не позволило элементу разрушиться на осколочные части, как при хрупком характере разрушения, свидетельствующее о том, что под воздействием нагрузок конструкции из такого материала разрушаются не хрупко, а пластично.

Кроме этого, фибропенобетон может быть полезен для защиты зданий от взрывов и импульсных нагрузок. Поскольку, для того чтобы в фибропенобетоне могла развиваться деформация, напряжениям необходимо либо разорвать фибру, либо выдернуть её из бетонной матрицы. И то, и другое требует дополнительных затрат энергии от импульсных нагрузок.

В исследовании, проведенном за рубежом [4], сравнивались на воздействие динамической нагрузки от взрывного заряда различные сэндвич-панели, изготовленные из бетона, а также с добавлением промежуточных слоев из пенобетона и металлической пены. Результаты показали, что ширина трещин в структуре сэндвич-панелей с пенобетоном, вызванных взрывом уменьшилась почти на 10 см по сравнению с бетонными конструкциями. При взрыве, пенистый слой претерпевал большие деформации и поглощал заметное количество энергии. Более того, происходило распределение динамической нагрузки по поверхности

плиты. Металлическая пена, в свою очередь, показала способность хуже распределять нагрузку по своей поверхности.

Это говорит о том, что фибропенобетон может быть эффективно использован в конструкциях подобного назначения. Развитая пористая структура фибропенобетона, может позволить деформируясь поглотить импульсные нагрузки от взрыва, а фибра предотвратить чрезмерную деформацию и распределить нагрузку в теле бетона. Более того, это может повысить уровень безопасности строительного объекта при воздействии на конструкции взрывных или случайных разрушающих нагрузок за счет того, что разрушение изделий из фибропенобетона происходит пластично, в виде каменной крошки с размером частиц 3..5 мм [5].

Еще одной сферой в которой может быть использована повышенная энергоемкость разрушения фибропенобетона, является производство пулеулавливающих конструкций.

Известно, что энергоемкость разрушения является важным эксплуатационным свойством, контролируемым у пулеулавливающих щитов. Пулеулавливатель, при попадании пули, подвергается динамическим нагрузкам. Поэтому материал, расположенный на улавливающей поверхности, должен поглотить и рассеять энергию удара пули. В свою очередь дисперсно-армированные перегородки фибропенобетона могут поглотить метательный элемент, проникший в тело бетона и погасить кинетическую энергию.

Пенобетон армированный металлической фиброй, в исследованиях зарубежных специалистов, показал способность поглощать метательные элементы без разделения на части и без рикошета [6]. Более того, при многократном попадании в изделие из фибропенобетона, материал не терял свою сплошность и несущую способность.

Помимо упомянутого выше, фибропенобетон может быть пригоден к использованию в конструкциях зданий в районах с повышенной сейсмоопасностью.

Согласно нормативной документации [7] при разработке проекта для зданий в сейсмоопасной зоне следует:

- применять конструктивные схемы, материалы и конструкции, обеспечивающие наименьшие значения сейсмических нагрузок;
- создавать возможность развития в определенных элементах допустимых неупругих деформаций;
- предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие устойчивость и геометрическую неизменяемость конструкций при развитии в элементах или соединениях между ними неупругих деформаций, а также исключая возможность их хрупкого разрушения;

Это означает то, что изделия из фибропенобетона могут быть использованы в зданиях данного типа. В частности, в теплоизоляции сейсмических швов. Это позволит избежать возникновения мостиков холода, но при этом в случае смещения стен блок из фибропенобетона сможет упруго-пластически деформироваться без нарушения работы конструкций. Также фибропенобетон может быть пригоден в производстве самонесущих ограждений. При взаимоперемещении элементов здания, кладка из фибропенобетонных блоков может в большей мере поглощать энергию без передачи воздействия на другие элементы. Кроме этого, важным аспектом является и то, что фибропенобетон легче многих строительных материалов, что важно в подобных конструкциях, где сильно влияет вес строительных элементов.

Поскольку энергоемкость разрушения в выше описанных вариантах применения является важным свойством, то вопрос возможности влияния на этот показатель остается довольно острым. На данный момент известно, что через различные факторы можно управлять свойствами энергоемкости разрушения. В частности, через составляющие компоненты или свойства фибры: модуль упругости, диаметр, длина, вещественная природа, дзета-потенциал и др. Но в каких пределах пока неизвестно и требует дальнейших исследований.

Использование свойств фибропенобетона в полной мере, может дать много полезного строительному комплексу РФ.

Список литературы

1. Богатина А.Ю. Конструкционные фибропенобетоны для зданий гражданского типа: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Ростов н/Д, 2005. – 267 с.
2. ГОСТ 26633–91. Бетоны тяжелые и мелкозенистые. Госстрой СССР 1992. – 18 с.
3. Моргун Л.В. Свойства и конструкционные возможности фибропенобетона / Л.В. Моргун, В.Н. Моргун // Бетон и железобетон // Выпуск 2012–2. – Славутич, 2012. – С. 45–49.
4. Yongxiang D., Shunshan F., Changjing X. ve Lele G., (2009), Dynamic behaviour of concrete sandwich panel underblast loading // Defence Science Journal, 59:1, sayfalar 22–29.
5. Моргун Л.В. Структурообразование и свойства фибропенобетонов не-автоклавного твердения: Теория и методология рецептурно-технологического регулирования / Л.В. Моргун. – 2005. – 336 с.
6. Gene L. Fabian, Richard H. O'Donnell, «Use of Shock-Absorbing Concrete [SACON] as an Environmentally Compatible Bullet-Trapping Medium on Small-Arms Training Ranges», Proceedings of the Tri-Service Environmental Technology Workshop «Enhancing Readiness Through Environmental Quality Technology», Hershey, 1996. – P. 187–196.
7. СП 31–114–2004. Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах.