

наибольшей активностью обладают аморфиты, в меньшей мере – кристаллиты и еще в меньшей – промежуточное вещество. Показано, что образование натриево-кальциевых гидросиликатов осуществляется через раствор путем взаимодействия щелочного компонента с аморфитами и кристаллитами, а кальциевых гидросиликатов – топохимически на основе реакций замещения, присоединения и комплексообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычев М. М. Твердение вяжущих веществ. – Л.: Стройиздат, 1974. – 80 с.
2. Сулейменов С. Т., Куатбаев К. К., Чердабаев А. Ш. Физико-химические процессы твердения безобжигового солейшлакового вяжущего из гранулированного фосфорного шлака // Сб. науч. тр. НИИ-стромпроекта. – М., 1984. – С. 3–16.
3. Сулейменов С. Т., Куатбаев К. К., Чердабаев А. Ш. О механизме гидратации гранулированного фосфорного шлака // Комплексное использование минерального сырья. – Алматы, 1986. – № 4. – С. 90–91.
4. Фосфорношлаковые вяжущие и бетоны / З. А. Естемесов, С. С. Сейтжанов, С. Ж. Жунисов [и др.]. – Алматы: МП «Ниет», 1997. – 456 с.
5. Шлакощелочные вяжущие и мелкозернистые бетоны на их основе / под ред. В. Д. Глуховского. – Ташкент: Узбекистан, 1980. – 483 с.
6. Ларионова З. М., Виноградов Б. Н. Петрография цементов и бетонов. – М.: Стройиздат, 1974. – 348 с.

ДРОБЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕТОНА

Б. В. Гусев, Международная инженерная академия, г. Москва;
В. Д. Кудрявцева (ruslavik@rambler.ru), Московский государственный университет путей сообщения

Ключевые слова: напряжение, деформация, предельная разрушающая нагрузка, гидравлический пресс, технологическая линия, переработка некондиционных бетонов, фракционирование

Key words: stress, deformation, ultimate breaking load, hydraulic press, production line, processing of ill-conditioned concretes, fractionating

Для композиционных материалов, в том числе бетона, правомерны общие законы механики сплошных сред и твердых тел. При инженерных расчетах удобно пользоваться критериями разрушения, которые выражаются с помощью напряжений и деформаций. Это вполне приемлемо в условиях одноосного напряженного состояния. Для сложных напряженных состояний критерии разрушения также дают правильное качественное представление об особенностях разрушения при различном приложении нагрузки (рис. 1).

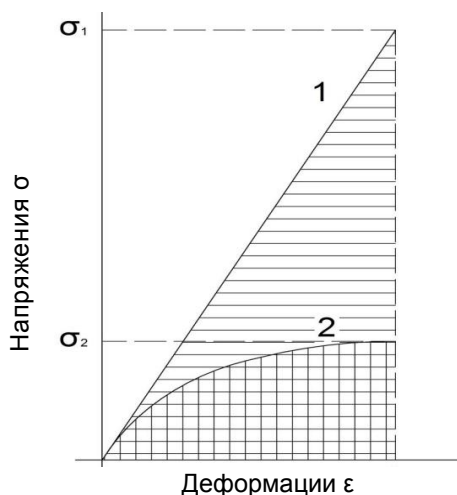


Рис. 1. Зависимость между напряжениями σ и деформациями ε :
1 – при ударных нагрузках;
2 – при дроблении раздавливанием

При ударном дроблении (линия 1) происходит упругое деформирование, при дроблении раздавливанием (линия 2) – упругопластическое деформирование, а для специальных бетонов (например, полимербетонов) – пластическое. Упругие деформации протекают со скоростью распространения звука в материале, в то время как упругопластические связаны прежде всего с процессом образования трещин и протекают с меньшими скоростями, что важно учитывать при разработке оборудования высокой производительности.

При приложении нагрузок со значительными скоростями, которые в инженерном понимании близки к скорости распространения звука, материал имеет максимальное значение предела прочности $\sigma_1 = \sigma_R$ (σ_R – напряжение разрушения материала); для меньших скоростей характер нелинейной зависимости «напряжения – деформации» отражает линия 2 ($\sigma_2 = \sigma_R$). Очевидно, общее представление о прочности материала дает не только величина предела прочности σ_R , различная для разных скоростей нагружения, но и общая энергия разрушения, которая пропорциональна заштрихованной площади диаграммы. Для условий 1 и 2 общая энергия, затрачиваемая на разрушение, различается в 2 раза.

Разрушение бетона при приложении внешней линейно распределенной нагрузки (рис. 2, а, б) происходит в результате действия растягивающих напряжений [2]. Решение задачи Герца позволяет получить зависимость предельных растягивающих напряжений в бетоне σ_R от разрушающей нагрузки, толщины и ширины изделия:

$$\sigma_R = 2P/\pi hL,$$

где P – разрушающая нагрузка; h – толщина изделия; L – ширина изделия.

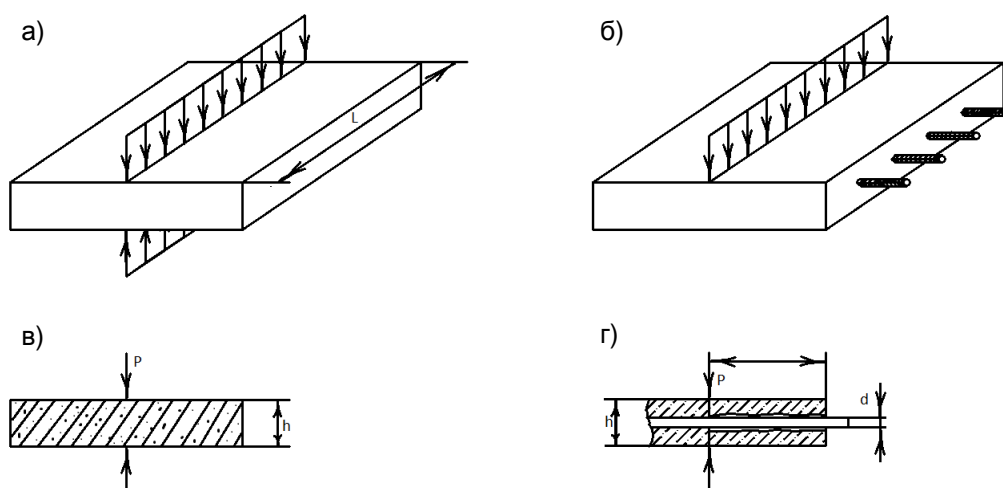


Рис. 2. Схемы нагружения бетонных и железобетонных изделий при разрушении: а, б – схемы приложения нагрузок; в, г – схемы разрушения бетона и железобетона

При разрушении железобетонных изделий (рис. 2, в, г) разрушающая нагрузка должна преодолеть не только предельные растягивающие напряжения в зоне разрушения бетона σ_R , но и напряжения сцепления с поверхностью арматуры. В этом случае общая разрушающая нагрузка P_R будет равна сумме нагрузки разрушения бетона $P_б$ и нагрузки разрушения бетона в зоне контакта с арматурой P_a . Для одного стержня нагрузка разрушения бетона в зоне контакта с арматурой составит

$$P_{a1} = \tau_{сц} l u,$$

где $\tau_{сц}$ – среднее условное напряжение сцепления арматуры с бетоном; l – зона контактного разрушения 20–30 d (d – диаметр стержня); u – периметр стержня.

Таким образом:

$$P_R = P_б + P_{a1} \cdot n,$$

где n – количество стержней.

Технология ведения работ по разрушению бетонных и железобетонных конструкций допускает выполнение таких работ при реконструкции действующих предприятий и не противо-

речит требованиям санитарии, пожаро- и взрывобезопасности. Эта технология не связана с вредными воздействиями вибрации и шума на оператора и работающих в зоне реконструкции. При разрушении конструкций отсутствуют разбрасывание отдельных кусков бетона и образование пыли.

В отечественной практике получила распространение технология переработки и использования бетонного лома преимущественно для устройства щебеночной подготовки дорожных одежд и оснований. По этой схеме работают более десяти технологических линий на заводах железобетонных изделий [1].

Общие принципы создания технологического оборудования для переработки некондиционного бетона и железобетона как в нашей стране, так и за рубежом базируются на возможности применения существующего дробильно-сортировочного оборудования, используемого при переработке камня из карьеров. Однако при определении конструктивных параметров дробильной установки, предназначенной для переработки железобетона, следует учитывать наличие арматуры и невозможность точного контроля формы и размеров подаваемого материала. В связи с этим узлы дробильных установок для переработки железобетона отличаются значительно большими размерами и металлоемкостью по сравнению с аналогичными узлами обычных дробильных установок такой же производительности, что обусловлено прежде всего необходимостью пропускания арматуры через установку. Это касается в основном узлов установки первичного дробления, поскольку рабочая арматура или сетка удаляется перед вторичным дроблением.

Основными узлами установок первичного дробления некондиционных железобетонных изделий являются гидравлический рычажный пресс, колосниковый стол, направляющая рама и гидростанция, развивающая давление 20 МПа. Рабочее положение гидравлического пресса может быть различным: пресс либо перемещается вдоль неподвижного колосникового стола с лежащим на нем изделием, либо занимает стационарное положение, а изделие подается в зону разрушения подвижным столом. По первой схеме разрушают крупногабаритные изделия с предельными габаритами 24х3,5х0,6 м на установке УПН-24-3,5-0,6, а по второй – короткогабаритные изделия с максимальными габаритами 7х3 или 10х2 м при толщине 0,6 м на установках соответственно УПН-7-3-0,6 и УПН-10-2-0,6 [2].

Разрушение некондиционного бетона и железобетона осуществляется следующим образом (рис. 3). На колосниковый стол краном укладывается некондиционное железобетонное изделие или посредством переносного бункера выгружаются бетонные отходы. На разрушаемое изделие или отходы опускается рычажный пресс (нож), работа которого заключается в чередовании циклов опускания и поднятия. По мере разрушения изделия дробленый материал проваливается через колосниковую решетку стола на ленточный конвейер и переносится на установку вторичного дробления. Куски арматурной стали из массы дробленого бетона, прошедшие через колосники стола, извлекаются в зоне выхода ленты конвейера магнитным отделителем. Арматурный каркас, очищенный от бетона, снимается с колосникового стола подъемным механизмом.

Главный механизм разрушения – пресс – состоит из портала, копра, гидроцилиндров, механизмов привода перемещения пресса и гидростанции. Узлы и детали пресса устанавливаются на портал. Копер конструктивно представляет собой две продольные балки, соединенные коробками. В нижнем поясе балки монтируется режущее полотно с концентраторами напряжения в виде конических призм, изготавливаемых из легированной стали. Привод копра осуществляется с помощью гидроцилиндров, а перемещения пресса – через редукторы двумя двигателями.

Извлечение арматурных изделий из бетона до установок вторичного дробления обеспечивает возможность измельчения и фракционирования заполнителей из дробленого бетона по технологии, аналогичной технологии получения естественных заполнителей, с использованием обычных дробильных установок, применяемых при переработке природного камня в карьерах. При отсутствии жестких требований к фракционному составу дробленого бетона рекомендуется применять в качестве установок вторичного дробления роторно-молотковую или щековую дробилку.

Технологические линии по переработке бетонных отходов и некондиционного железобетона позволяют создать безотходное производство на предприятиях стройиндустрии и вернуть в оборот значительное количество некондиционного бетона.

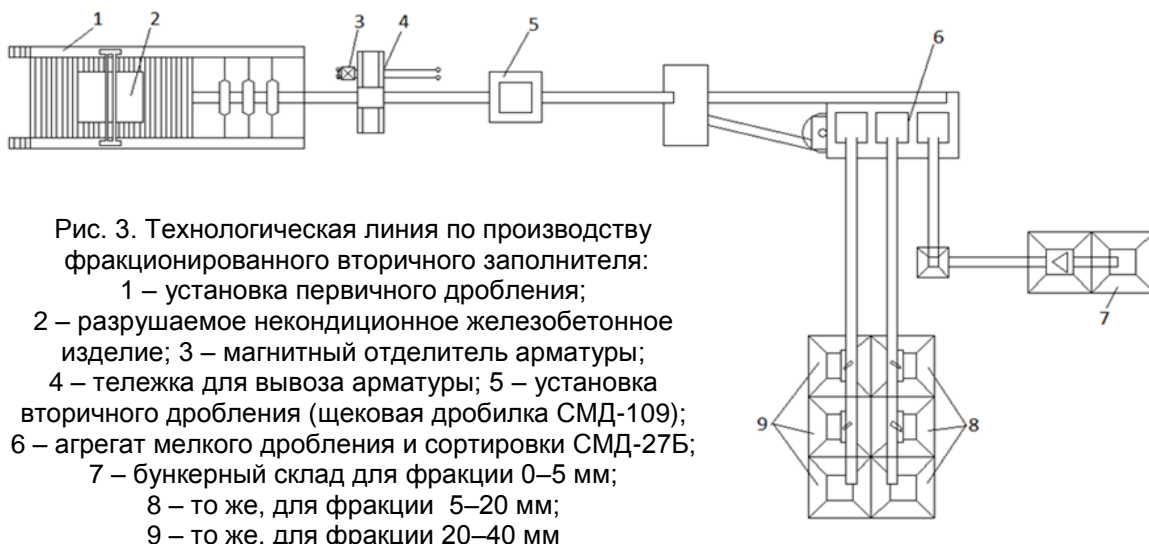


Рис. 3. Технологическая линия по производству фракционированного вторичного заполнителя:
 1 – установка первичного дробления;
 2 – разрушаемое некондиционное железобетонное изделие; 3 – магнитный отделитель арматуры;
 4 – тележка для вывоза арматуры; 5 – установка вторичного дробления (щековая дробилка СМД-109);
 6 – агрегат мелкого дробления и сортировки СМД-27Б;
 7 – бункерный склад для фракции 0–5 мм;
 8 – то же, для фракции 5–20 мм;
 9 – то же, для фракции 20–40 мм

В последнее время во всем мире заметно повысился интерес к повторному использованию бетона в строительном производстве. Первоначально в большинстве стран повторно использовали лишь незначительную часть разрушаемого бетона, и то в основном в качестве подстилающего слоя (щебеночной подготовки) при возведении автомагистралей, прокладке железных дорог и устройстве временных площадок. Сейчас ситуация быстро изменяется. Вторичный заполнитель из бетонолома рассматривается в одном ряду с другими строительными материалами и предусматривается в проектах реконструкции различных сооружений во многих странах. НИИЖБом определены основные области применения вторичного бетона в зависимости от его прочности (см. таблицу).

Использование вторичного бетона

Категория вторичного бетона	Область применения	Максимальная прочность при сжатии, МПа	
		проектная	реальная
I	Общее малоэтажное строительство, малоэтажное многоквартирное и индивидуальное жилищное строительство, фундаменты складских и производственных помещений	18	30
II	Бетонные блоки фундаментов, гаражи и легкие подсобные помещения, станины машин и механизмов	15	27
III	Фундаменты деревянных конструкций ворот, заборы, легкие фундаменты под машины и механизмы	12	24

Обобщение отечественного и зарубежного опыта повторного использования бетона дало возможность допустить применение дробленого бетона в качестве заполнителя при приготовлении бетонной смеси.

В настоящее время полученный после переработки бетона вторичный щебень рекомендуется использовать при устройстве подстилающего слоя подъездных и малонапряженных дорог, фундаментов под складские, производственные помещения и небольшие механизмы; устройстве оснований или покрытий пешеходных дорожек, автостоянок, прогулочных аллей, откосов вдоль рек и каналов, внутренних площадок гаражей, сельских дорог; заводском производстве бетонных и железобетонных изделий прочностью до 30 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по приготовлению и применению бетонов на заполнителях из дробленого тяжелого бетона. – М.: НИИЖБ, 1982. – 7 с.
2. Гусев Б. В., Загурский В. А. Вторичное использование бетонов. – М.: Стройиздат, 1988. – 96 с.