

УДК 666.927.691.175

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРБЕТОНА НА  
ФУРАНОВЫХ СМОЛАХ**

*К.т.н., проф. Березюк А.Н., к.т.н., доц. Ганник Н.И., к.т.н., доц.  
Несевря П.И., к.т.н., доц. Огданский И.Ф., к.т.н., доц. Мартыш А.П.,  
к.т.н., доц. Дмитренко, асс. Ценацевич Т.А.*

*ГВУЗ "Днепропетровская государственная академия строительства и  
архитектуры", г. Днепропетровск*

Учитывая непрерывный рост потребности в применении стойких в агрессивной среде строительных материалов и в Украине, и в мировых масштабах, а также перемену использования их в строительстве, металлургии, химической промышленности, тематика исследований посвящается прочности бетона в зависимости от крупности наполнителей, количества компонентов, вида наполнителей и их пористости.

Полимербетоны являются искусственными строительными конгломератами, получаемыми при совмещении синтетических связующих с минеральными наполнителями.

В качестве отвердителей фурановых смол в большинстве случаев используется бензосульфокислота (БСК).

Целью работы являются поиск механизмов повышения прочности полимербетона.

Объект исследования – полимербетон на модифицированных фурановых смолах.

Предмет исследования – изучение особенности прочности полимербетона с разными наполнителями при разных температурах.

Прочность полимербетонов на фурановых смолах при сжатии зависит от механических и деформативных свойств полимерного камня и заполнителя, концентрации их в единице объема материала, прочности сцепления, а также от формы и крупности зерен заполнителя.

Прочность фуранового полимербетона при сжатии как двухкомпонентного материала, определяется прочностью полимерного камня, ослабленного включениями (заполнителем).

Если  $\sigma_{пк}$  и  $\sigma_{кз}$  – напряжения в полимерном камне и крупном заполнителе, то максимальные их величины не могут превосходить напряжения, возникающие в одном из компонентов полимербетона. Если  $R_{кз} > R_{пк}$  и  $E_{кз} > E_{пк}$ , то разрушение полимербетона при сжатии происходит, в основном, по полимерному камню, причём трещины зарождаются на поверхности раздела "полимерный камень - заполнитель". При  $R_{кз} \leq R_{пк}$  и  $E_{кз} \leq E_{пк}$  вследствие повышенных деформативных свойств заполнителя напряжения распределяются таким образом, что в процессе деформирования полимербетона большую часть нагрузки воспринимает полимерный камень, в связи с чем его несущая способность исчерпывается при меньших предельных напряжениях, чем в полимербетоне на плотном заполнителе.

Этим обуславливается разрушение полимербетона на заполнителе из боя кислотоупорного кирпича как по полимерному камню, так и заполнителю.

Установлено, что прочность полимерного камня составляет примерно 130%, а прочность полимерраствора – 120% прочности полимербетона на термореактивных фурановых смолах.

Истинная прочность пористых заполнителей (щебня из боя кислотоупорного кирпича) в полимербетоне значительно выше, чем при испытании дроблением. Объясняется это тем, что при определенном напряженном состоянии, из-за малых деформаций полимерного камня, заполнитель испытывает объемное обжатие, в связи с чем воспринимает нагрузку без образования трещин. Однако, вследствие неоднородных прочностных и деформативных свойств составляющих происходит перераспределение напряжений, сопровождающееся большим ослаблением крупного заполнителя, чем полимерного камня. При лавинном трещинообразовании в крупном заполнителе напряжение воспринимается полностью полимерным камнем и только с этого момента вплоть до разрушения полимербетон работает как материал, ослабленный пустотами. С увеличением прочности полимерного камня, создающего эффект обоймы, условия, при которых крупный заполнитель играет в полимербетоне роль "пустот", наступает при больших сжимающих внешних нагрузках.

Уравнения прочности полимербетона на термореактивных фурановых смолах:

На плотном заолнителе (гранитный щебень) при  $E_{кз} > E_{пк}$  и  $R_{кз} > R_{пк}$

$$R_{пб} = R_{пк} \left[ 1 - V_{кз} \frac{R_{пк}}{R_{пк} + R_{кз}} \cdot \frac{E_{пк}}{E_{пк} + E_{кз}} \right], \quad (1)$$

на пористом заполнителе (щебень из боя кислотоупорного кирпича) при  $E_{кз} \leq E_{пк}$  и  $R_{кз} \leq R_{пк}$

$$R_{пб} = R_{пк} \left[ 1 - V_{кз} \frac{R_{пк} - R_{кз}}{R_{пк}} \cdot \frac{E_{пк} - E_{кз}}{E_{пк}} \right], \quad (2)$$

где  $R_{пб}$  – прочность полимербетона;

$R_{пк}$  – прочность полимерного камня;

$V_{кз}$  – объём крупного заполнителя;

$R_{кз}$  – прочность крупного заполнителя;

$E_{пк}$  – модуль упругости полимерного камня;

$E_{кз}$  – модуль упругости крупного заполнителя.

Из анализа формулы (1) следует, что при  $E_{кз} > E_{пк}$  и крупный заполнитель оказывается недогруженным, в связи с чем прочность полимербетона определится, в основном, прочностью полимерного камня.

При неизменном объеме крупного заполнителя прочность полимербетона снижается с увеличением количества песка, а затем по мере раздвижки

полимерным раствором зерен щебня наблюдается закономерный рост прочности.

В отличие от плотных, пористые заполнители снижают прочность полимербетона и тем значительнее, чем больше отличается  $E_{кз}$  и  $R_{кз}$  от  $R_{пк}$  и  $E_{пк}$ .

Исследованиями установлено, что полимербетон на термореактивных фурановых смолах, отвержденный при температуре 18 - 25°C, изменяет свои прочностные и деформативные характеристики в течении длительного периода времени.

Полимербетон на термореактивных фурановых смолах является сложным гетерогенным материалом, поведение которого под нагрузкой можно рассматривать как поведение двух компонентной системы.

Вследствие различия физико-механических свойств составляющих полимербетона на термореактивных фурановых смолах в процессе отверждения полимерного теста возникает внутреннее поле напряжений, распределение которых не подчиняется законам сплошных сред. Значительное влияние на неоднородность поля напряжений оказывает форма, рельеф и чистота поверхности зерен заполнителя, гранулометрический состав и содержание его в полимербетоне.

В связи с этим прочность сцепления заполнителя с полимерным камнем существенно влияет на прочность полимербетона и составляет в зависимости от рельефа поверхности зерен заполнителя и содержание фурановой смолы в полимерном тесте около 50 – 60 % предела его прочности при растяжении.

Процесс микро разрушений полимерного камня происходит через две стадии, выражающиеся уплотнением и разуплотнением его микроструктуры. Крупный заполнитель существенно изменяет кинетику микро разрушений полимербетона. Процесс микротрещинных образований в нем под влиянием внешней сжимающей нагрузки, как указывают некоторые исследователи, характеризуется четырьмя стадиями.

На первой стадии (при начальном разрушении) произойдет уплотнение структуры полимерного камня и по мере роста уровня обжатия возникнут градиенты напряжения в контактных связях, которые приведут к их разрыву, т.е. к образованию микро разрушений в этих зонах и нарушению сцепления между ними (вторая стадия). Включение, лишённое связи сцепления при дальнейшем увеличении внешней нагрузки снижает прослойки полимерного камня, т.е. кажущееся его уплотнение за счет разрушения стенок пор (третья стадия), которая является подготовительной, после которой наступает прогрессирующий процесс разрушения всей системы (четвертая стадия), ведущая к разрушению полимерного камня и отделению от него более крупных включений.

В крупном высокопрочном заполнителе даже перед разрушением полимербетона как установлено исследованием шлифов, трещин почти не наблюдается и они не влияют на прочность полимербетона.

Зерна такого заполнителя обычно разрушаются после образования сети трещин в полимерном камне. Трещины сцепления возникают еще в процессе усадки полимерного камня, т.е. до нагружения полимербетона

преимущественно в контактах с крупными зёрнами заполнителя, на поверхности которых наблюдается большое скопление пузырьков воздуха.

Под нагрузкой трещины сцепления прогрессируют, одновременно они появляются в прослойках полимерного камня между зёрнами заполнителя, и при их объединении в общую систему с определенной ориентацией по отложению к приложенной нагрузке полимербетон разрушается.

Влияние зёрен крупного заполнителя на кинетику микро разрушений полимербетона сказывается различно, т.к. это зависит от отношений прочностей и модулей упругости полимерного камня и заполнителя. В полимербетоне на плотных заполнителях, имеющих прочность и модуль упругости больше, чем прочность и модуль упругости полимерного камня разрушения может происходить как от раскалывания заполнителя и разрыва полимерного камня, так и вследствие нарушения сцепления между ними.

В полимербетоне на пористых заполнителях (щебне из боя кислотоупорного кирпича), имеющего прочность и модуль упругости меньше чем прочность и модуль упругости полимерного камня, разрушение происходит в результате раздробления зёрен заполнителя и раскалывания полимерного камня. Эти деструктивные процессы могут проявляться раздельно в определенной последовательности или одновременно в зависимости от деформативных и механических свойств компонентов полимербетонной смеси.

В результате приведенных исследований можно сделать выводы по данной теме:

Приложения к полимербетону сжимающая нагрузка определенной величины вызывает в нем упорядочение некоторой части связей, уплотнение системы, повышение прочности и упругой части деформации полимерного камня. С ростом внешней нагрузки в полимерном камне возникают деформации, способствующие ослаблению сил сцепления и возникновению растягивающих напряжений в направлении, перпендикулярном к плоскости приложения внешней нагрузки. В контактах между микроструктурными элементами, т.е. в местах, ослабленных порами и прочими технологическими дефектами, создаются очаги концентрации напряжений, которые достигнув определенной величины (выше предела прочности связей), вызывают повышенное микротрещинное бразования, и как следствие этого, разрушение полимербетона от поперечного отрыва.

Теоретическая прочность (сила сцепления) в идеальном кристалле определяется зависимостью  $\sigma_c = E/2l$ . Фактическая же прочность полимербетона на терморепактивных фурановых смолах из-за несовершенства его структуры, составляет величину во много раз меньшую чем теоретическая и оценивается в пределах 0,003 – 0,005 E.

На основании качественного анализа реакций полимерного камня на внешние нагрузки можно заключить, что прочность и деформативные свойства полимерного камня предопределяются прочностью связей в кристаллических решетках и плотностью их упаковки в занимаемом объеме, упругостью и прочностью контактов между структурными составляющими, количеством и сечением пор (дефектов), а также восстанавливающей силой,

возникающей под действием внешней нагрузки вследствие релаксационных колебаний и сдвигов микро- и макроструктурных элементов.

Разрушение полимербетона происходит в результате концентрации напряжений в зонах, где градиент внешних сил вызывает максимум усилий, обусловленный различием деформативных свойств составляющих, их расположением, формой, объемным содержанием, количеством пор и прочих технологических дефектов.

Процесс микротрещинного образования в полимербетоне под влиянием внешней сжимающей нагрузки характеризуется четырьмя стадиями.

На первой стадии (при начальном нагружении) произойдет уплотнение структуры полимерного камня, по мере роста уровня обжаривания возникнут градиенты напряжения в контактных связях, которые приведут к их разрыву, т.е. к образованию микроразрушений в этих зонах и нарушению сцепления между ними (вторая стадия). Включения, лишенные связей сцепления при дальнейшем увеличении внешней нагрузки снимают прослойки полимерного камня, т.е. произойдет кажущееся его уплотнение за счет разрушения стенок пор (третья стадия), которая является подготовительной, после которой наступает прогрессирующий процесс разуплотнения всей системы (четвертая стадия), ведущая к разрушению структуры полимерного камня и отделению от него более крупных включений.

Влияние зерен крупного заполнителя на кинетику микроразрушений полимербетона сказывается различно, так как это зависит от состояния прочностей и модуля упругости полимерного камня и заполнителя.

Истинная прочность пористых заполнителей (щебень из боя кислотоупорного кирпича), в полимербетоне значительно выше, чем при испытании дроблением, так как при определенном напряженном состоянии, из-за малых деформаций полимерного камня, заполнитель испытывает объемное обжаривание, в связи с чем воспринимает нагрузку без образования трещин.

Результаты определения прочностных характеристик и полноты отверждения полимербетона на термореактивных фурановых смолах показывает, что 24-часовой сухой прогрев его при температуре 80 °С после суточной выдержки при температуре 18-25°С обеспечивает достаточно высокую степень отверждения и высокие прочностные характеристики.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Побураев В.В., Сухарева Л.Н. Изготовление строительных конструкций на основе пластмасс. М.: Стройиздат, 1966, 28с.
2. Воробьев В.А. Лабораторный практикум по общему курсу строительных материалов.-М.: Высшая школа, 1974,298с.
3. Григоров О.Н. и др. Руководство к практическим работам по коллоидной химии.-М.-Л.: Химия, 1984, 326с.
4. Авердов И.М. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981, 324с.