

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ ЛЕГКИХ КРУПНОПОРИСТЫХ БЕТОНОВ*А. Г. ТАШКИНОВ**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Крупнопористые (беспесчаные) бетоны на пористых заполнителях, имея малые значения плотности, теплопроводности, незначительный расход связующего, широко используются в качестве теплоизоляционных, стеновых и фильтрующих материалов [1]. Определяющее влияние на формирование структуры и свойства крупнопористых бетонов оказывают: зерновой состав, плотность и вид заполнителя, расход и реологические характеристики вяжущего (связующего).

В цементных крупнопористых бетонах расход вяжущего ограничивается в пределах $70\text{--}150\text{ кг/м}^3$, что достаточно для обволакивания зерен крупного заполнителя тонким слоем цементного теста, и образования точечных контактов в местах их соприкосновения. Межзерновые пустоты при этом остаются заполненными воздухом, формируя сквозную открытую пористость материала. Применяя вместо цемента полимерные связующие, можно повысить прочность, водостойкость и морозостойкость, а также химическую стойкость крупнопористого бетона, уменьшить его плотность и водопоглощение.

Для максимального сокращения расхода связующего в крупнопористом бетоне целесообразно использовать заполнители с малой поверхностной пористостью и удельной поверхностью, т. е. имеющие относительно крупные зерна с плотной поверхностью. Поэтому в наших опытах применялся керамзитовый гравий фракции $5\text{--}10\text{ мм}$, имеющий удельную поверхность $0,4\text{--}1,5\text{ м}^2/\text{кг}$. Насыпная плотность используемого керамзитового гравия Витебского и Петриковского заводов составила соответственно $400\text{ и }500\text{ кг/м}^3$. В качестве связующих использовались водостойкие и малопроницаемые эпоксидно-каменноугольные и эпоксидно-фурановые составы, с содержанием модификаторов в количестве 200% от массы эпоксидной смолы ЭД-20. Фурфуролацетоновый манометр совмещался с эпоксидной смолой при комнатной температуре, а более вязкая каменноугольная смола предварительно разогревалась до температуры $50\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$.

С увеличением расхода связующего от $40\text{ до }100\text{ кг/м}^3$ прочность при сжатии крупнопористого бетона на Петриковском керамзите возрастает с $0,7\text{--}1,2\text{ МПа}$ до $3,2\text{--}3,4\text{ МПа}$. Разрушение образцов при верхнем значении прочности происходит по зернам заполнителя. Прочность бетона на Витебском керамзите значительно ниже ($0,4\text{--}1,3\text{ МПа}$), но характер зависимости от расхода связующего аналогичен.

Образцы крупнопористого бетона на эпоксидно-фурановом связующем имеют более высокую прочность, чем на эпоксидно-каменноугольном. Это объясняется тем, что состав содержащий каменноугольную смолу, имеет чрезмерную вязкость, затрудняющую перемешивание связующего с заполнителем и препятствующую формированию в материале прочных межзерновых контактов. Менее вязкий эпоксидно-фурановый состав лучше распределяется по поверхности заполнителей и позволяет получить большую площадь контактов между зернами гравия. Если расход связующего превышает предельное значение (для эпоксидно-фуранового состава оно составляет 80 кг/м^3), то происходит его стекание с зерен заполнителя и выделение на нижней поверхности образцов в виде потеков, не сопровождающееся увеличением прочности материала.

Для снижения вязкости эпоксидно-каменноугольного связующего в него вводился растворитель толуол, в количестве до 30% от массы эпоксидной смолы. Оптимальная вязкость связующего достигается при 15% -м содержании толуола, что обеспечивает прирост прочности бетона при сжатии на $22\text{--}31\%$. Экстремальный характер зависимости прочности крупнопористого бетона от содержания растворителя в связующем объясняется тем, что первоначально, по мере снижения вязкости связующего возрастает однородность его распределения по поверхности заполнителя, увеличивается площадь межзерновых контактов. При вязкости меньшей оптимальной, происходит стекание связующего с зерен заполнителя и уменьшение площади контактов между ними.

Исследовалась также возможность экономии связующего путем введения в его состав тонкодисперсного наполнителя – диабазовой муки с удельной поверхностью $200 \text{ м}^2/\text{кг}$. Расход эпоксидно-фуранового связующего в опытах составлял $50 \text{ кг}/\text{м}^3$, содержание наполнителя – до 100 % от массы связующего. При содержании наполнителя в пределах 60–75 % от массы связующего, прочность крупнопористого бетона достигает максимума, возрастая при сжатии на 45 %, при изгибе – на 20 % по сравнению с начальными значениями. В то же время прирост прочности бетона при таком же увеличении (на 60–75 %) расхода не наполненного связующего значительно выше и составляет при изгибе и сжатии, соответственно 77 и 85 %. Это можно объяснить тем, что по мере наполнения связующего увеличивается не только его объем, но и вязкость. При этом возрастает раздвижка зерен наполнителя и, как результат, снижается площадь контактов между ними. К недостаткам крупнопористого бетона на наполненных связующих следует отнести повышенные значения средней плотности и теплопроводности.

Как показывают наши исследования, наиболее эффективным способом увеличения прочности крупнопористых бетонов является вспенивание связующих. При этом в модифицированные эпоксидные составы вводится газообразователь полиэтилгидросилоксан, взаимодействующий с отвердителем полиэтиленполиамином. В результате образуется аммиак и алкиламиносодержащий силикон, которые одновременно вспенивают и отверждают композицию. В этом случае увеличение объема связующего и, как следствие, возрастание площади (и прочности) контактов между зернами наполнителя происходит без роста расхода полимера и средней плотности крупнопористого бетона [2].

Увеличение содержания газообразователя до 15 % в составе эпоксидно-фуранового и эпоксидно-каменноугольного связующих сопровождается возрастанием прочности крупнопористых бетонов при сжатии примерно в 1,5 раза. Однако, если с дальнейшим увеличением содержания газообразователя прочность крупнопористого бетона на эпоксидно-каменноугольном связующем снижается, то на эпоксидно-фурановом продолжает расти, достигая максимума при содержании газообразователя, равного 30 %. В результате прочность образцов при сжатии возрастает на 73–89 %, при изгибе – на 60–69 %. При большем содержании газообразователя прочность межзерновых контактов крупнопористого бетона начинает снижаться из-за чрезмерного утончения стенок газовых ячеек, пронизывающих вспененное связующее. Этот процесс для эпоксидно-фуранового связующего наступает позже, чем для эпоксидно-каменноугольного, имеющего меньшую прочность при значительной кратности вспенивания.

Полученные экспериментальные данные о зависимости прочности крупнопористого бетона (на Петриковском керамзите с расходом связующих $50 \text{ кг}/\text{м}^3$) от содержания растворителя, наполнителя и газообразователя в связующих обрабатывались методами математической статистики и выражались аналитически в виде полиномов второй степени. Коэффициенты уравнений регрессии определялись по стандартным программам методом наименьших квадратов.

Оптимизированные по прочности составы крупнопористого бетона по аналогии с каркасной технологией полимербетонов, предусматривающей раздельное формирование микро- и макроструктуры материала, можно использовать как каркас для гидроизоляционных и антикоррозионных материалов. Для этого крупнопористый каркас пропитывается (на всю толщину изделия или частично) мастиками, герметиками и растворами на основе органических вяжущих. Полученный при этом материал в виде плиток и панелей можно использовать для защиты от действия воды и агрессивных жидкостей – стен фундаментов зданий, опор мостов, водопропускных труб, откосов плотин, шлюзов, каналов, шламонакопителей. Каркас из неорганических наполнителей уменьшает внутренние напряжения в слое гидроизоляции, улучшает сцепление с защищаемой поверхностью, повышает стойкость к циклическим температурно-влажностным воздействиям и, как результат, повышает долговечность защитного покрытия в самых жестких условиях эксплуатации.

Список литературы

- 1 Ицкович, С. М. Крупнопористый бетон (технология и свойства) / С. М. Ицкович. – М. : Стройиздат, 1977. – 117 с.
- 2 А. с. № SU1289843 СССР, МПК C04B14/02. Способ получения теплоизоляционных изделий / В. И. Соломатов, Ю. Д. Золотухин, А. Г. Ташкинов. – № 3839891 ; заявл. 15.01.1985 ; опубл. 15.02.1987, Бюл. № 6. – 1987.