

ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИТА, АРМИРОВАННОГО ГРАНУЛАМИ РАЗНОГО РАЗМЕРА*О. И. ЯКУБОВИЧ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Ранее нами был выполнен конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния композита с зернами заполнителя на основе двух моделей: с жестким соединением заполнителя с матрицей и с учетом внутренних контактных взаимодействий. Применение метода моделирования элементарной ячейки, учитывающего контактное взаимодействие между матрицей и армирующей фазой, позволило установить особенности напряженно-деформированного состояния композитного материала. Целью представленной работы является исследование влияния размеров зерна и свойств сцепления между фазами композита на напряженно-деформированное состояние материала, а также анализ влияния когезии между цементной матрицей и гранулами заполнителя на прочность структурного элемента.

С помощью программного комплекса ANSYS разработан ряд моделей, учитывающих особенности физических свойств и расположения армирующей фазы в матрице композита.

В качестве расчетной модели принят куб с длиной ребра 10 см и шаровидными зернами заполнителя диаметром от 0,5 до 2 см. Учитывалось, что модули упругости заполнителя и материала матрицы – 50 и 30 ГПа, коэффициенты Пуассона – 0,15 и 0,27 соответственно. Такая модель соответствует структуре бетона и иных композитов, представляющая собой заполнитель с транзитной зоной, вокруг которого размещена однородная растворная матрица. Полученное распределение эквивалентных по Мизесу максимальных напряжений показывает, что наибольшие напряжения в цементной матрице возникают также в месте наибольшего сближения гранул. В то же время максимальные напряжения в гранулах возникают в их центре. Значения напряжений в матрице и гранулах близки.

Получены зависимости максимальной адгезии с возможным скольжением от коэффициента трения для двух разных размеров гранул заполнителя. Результаты показали, что уменьшение диаметра гранул в два раза приводит к существенному снижению значения адгезии, при котором отсутствует скольжение. Кроме того, значительно уменьшается пороговое значение коэффициента трения, при котором скольжение отсутствует даже при нулевой адгезии. Таким образом, композит с малым размером гранул обладает значительно более высоким пределом прочности, чем композит с крупными гранулами.

Установлено, что минимальные (с учетом знака) значения первых главных напряжений наблюдаются в верхней и нижней частях гранулы, а максимальные значения имеют место в ее экваториальной плоскости. В то же время зона с минимальными значениями напряжений σ_y расположена вблизи вертикальной оси, а максимальные значения наблюдаются по экватору на поверхности гранулы. Увеличение коэффициента трения приводит к уменьшению максимальных по модулю напряжений, возникающих как в матрице, так и в армирующих гранулах. Расчеты, выполненные при разных значениях адгезии, показали, что при малых коэффициентах трения и небольших значениях адгезии, после приложения нагрузки и до того, как система придет в состояние равновесия, может происходить относительное смещение поверхностей гранулы и матрицы. Наличие относительного смещения свидетельствует о расслоении материала и, таким образом, позволяет сделать вывод о недостаточной его прочности при действии сжимающих давлений 30 МПа.

Определено, что уменьшение размера армирующих гранул приводит к существенному улучшению сцепления гранул с матрицей. Полученный результат может стать основой для создания новых высокопрочных бетонов.