

Рассматривалось вдавливание сферического металлического индентора диаметром 15 мм в деформируемое основание, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда. Материал индентора считался линейно-упругим, изотропным с модулем упругости $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$. При моделировании основания использовалась модель Друкера – Прагера. Параметры материала приняты равными напряжению когезии $c = 2,9$ МПа, угол трения $\phi = 32^\circ$. Расчеты выполнялись для значений модуля упругости основания E_f из диапазона от 0,01 до 26 ГПа при коэффициенте Пуассона $\nu = 0,2$.

Результаты выполненных расчетов показали, что при незначительных давлениях на плоскость индентора картина распределения напряжений и их численные значения практически не отличаются в случаях упругой и упруго-пластической моделей основания.

Увеличение приложенной к поверхности индентора распределенной нагрузки сверх значения когезии частиц материала в случае учета упруго-пластических деформаций приводит к увеличению объема зоны с наибольшими напряжениями. С другой стороны, наблюдается существенное снижение максимальных напряжений в грунте. Если для упругой модели они составляют около 46 МПа, то для модели Друкера – Прагера – 34 МПа.

Результаты расчетов продемонстрировали существенное увеличение объема областей с положительными главными напряжениями, что для материалов типа камня и песка может свидетельствовать об увеличении вероятности образования трещин и разрушения материала. О дополнительном относительном смещении частиц материала, деформирование которого описывается моделью Друкера – Прагера, свидетельствует также выравнивание уровня касательных напряжений.

УДК 624.075

КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПОД НАГРУЗКОЙ

О. И. ЯКУБОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из путей обеспечения безопасной эксплуатации транспортных, машиностроительных и строительных конструкций является использование современных композитных материалов.

Целью данной работы является установление влияния внутренних контактных взаимодействий в элементах композита на прочность его структуры под действием приложенных к нему нагрузок. Уровни описания поведения материала можно разделить на нано- (атомистический), микро- (дислокаций и единичных пустот и включений), мезо- (определяемый микроструктурой материала, т. е. комбинацией ряда включений, слоев) и макроуровне (конкретная деталь). Предметом исследований представленной работы является мезоуровень, который в структуре материала определяется как диапазон шкалы уровней, которые на 2–3 порядка больше, чем дефектов структуры (которые варьируются в диапазоне масштабов 10^{-9} – 10^{-5} м) и на 1–3 порядка меньше, чем конкретного элемента конструкции.

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

В качестве первой расчетной модели рассматривалась консольная балка с длиной 1 м и прямоугольным поперечным сечением 200×300 мм, которая имеет продольное несимметричное армирование, обеспечиваемое пятью стержнями диаметром 20 мм. Нагружение балки осуществлялось силами тяжести ее элементов и равномерно распределенным давлением 170 кПа, приложенным к верхней грани. Анализ результатов выполненных расчетов показал, что при адгезии, не превышающей 10 кПа, ее изменение практически не влияет на прочность и жесткость элемента. Точно так же увеличение когезии сверх 100 кПа не ведет к существенному изменению напряженно-деформированного состояния. Выполненные расчеты продемонстрировали, что в диапазоне от 10 до 100 кПа наблюдается существенное изменение напряженно-деформированного состояния композита: напряжения в арматуре увеличиваются до 30 %, напряжения в бетонной матрице уменьшаются на 12–20 %, максимальные деформации элемента увеличиваются на 20 %, максимальный зазор между арматурой и матрицей увеличивается на 15 %, контактное давление увеличивается на 30 %.

Также рассматривалось деформирование куба с длиной ребра 100 мм и зернами заполнителя двух видов: кубическими и шаровидными, размером от 5 до 20 мм. Учитывалось, что модули упругости заполнителя и материала матрицы 50 и 30 ГПа, коэффициенты Пуассона 0,15 и 0,27 соответственно. С учетом периодического расположения в качестве расчетной модели принималась одна ячейка, которая представляет собой части двух гранул и окружающую их матрицу. Граничные условия учитывали симметрию для боковых и нижней граней выбранной ячейки периодичности. К верхней ее грани прикладывалось равномерно распределенное давление 30 МПа.

Расчеты, выполненные при разных значениях адгезии, показали, что картина распределения напряжений существенно не изменяется. Однако при небольших значениях адгезии происходит относительное смещение поверхностей гранулы и матрицы, в то время как при напряжениях, больших 1,77 МПа, относительное смещение отсутствует. Наличие относительного смещения свидетельствует о недостаточной прочности материала при действии сжимающих давлений 30 МПа.

Выполняя аналогичные расчеты для иных размеров армирующих элементов, могут быть установлены необходимые значения адгезии, при которых обеспечивается прочность элементов конструкций из композитных материалов. Эти значения должны быть определяющим параметром при подборе рационального связующего.

УДК 624.01/04

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВКИ «РЕЛАМИКС» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕТОНА

Г. А. ЯНОВИЧ, А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важнейшим фактором, определяющим долговечность железобетонных элементов и конструкций, зданий и сооружений в целом, является коррозионная стойкость бетона [1].

Комплексные добавки, обладающие одновременно пластифицирующим действием, свойством значительно ускорять конец схватывания, обеспечивают улучшение свойств бетона и являются ингибиторами коррозии стали в железобетонных элементах и конструкциях.

Для оценки возможностей улучшения коррозионных свойств бетона исследовали комплексную добавку «Реламикс». «Реламикс» – ускоритель набора прочности и суперпластификатор на основе смеси неорганических и органических солей натрия. По своим потребительским свойствам добавка «Реламикс» отвечает требованиям к пластифицирующим, водоредуцирующим добавкам и ускорителям твердения.

«Реламикс» рекомендуется применять для резкого повышения удобоукладываемости и формуемости бетонных смесей с одновременным увеличением прочности и без снижения показателей долговечности бетона (при неизменном водоцементном отношении); существенного повышения физико-механических показателей и строительно-технических свойств бетона, в том числе морозостойкости и водонепроницаемости (при сокращении расхода воды и неизменной удобоукладываемости); повышения удобоукладываемости бетонных смесей и повышения физико-механических показателей и строительно-технических свойств бетонов (при одновременном снижении водоцементного отношения и повышении удобоукладываемости); снижения расхода цемента без снижения удобоукладываемости бетонной смеси, физико-механических показателей и строительно-технических свойств бетона (при снижении водосодержания бетонной смеси).

Коррозионную стойкость бетона определяли по изменению карбонатной составляющей (показателя КС) по сечению кубиков (100×100×100 мм), изготовленных в заводских условиях с применением ТВО из бетонов с В/Ц = 0,52. Испытывали две серии образцов (контрольных – бездобавочных и с добавкой) по три кубика в каждой. Исследовали цементно-песчаную фракцию бетона. Отбор образцов производили и определяли объемно-газовым методом, показатель КС – в соответствии с [1]. Статистическую обработку экспериментальных данных производили при помощи табличного процессора «Excel».

Для оценки эффективности применения добавки «Реламикс» сравнивали показатели КС контрольных образцов (без добавки) с образцами с добавками сразу после ТВО и через 0,5 года экс-