

конструктивных особенностей комплексных плит будет очень сложно обеспечить требуемую долговечность покрытия.

Следовательно, устройство скатных крыш на жилых домах серии 1-464А, на наш взгляд, является наиболее оптимальным вариантом, поскольку:

– обеспечит необходимую долговечность покрытия в течение нормативного срока эксплуатации здания;

– значительно улучшит условия проживания жителей верхних этажей, особенно в летнее время;

– экономически более выгодно по сравнению с плоской кровлей.

УДК 691.32.008.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА ПО РЕАКЦИИ НА УДАРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

А. П. КРЕНЬ, О. В. МАЦУЛЕВИЧ

Институт прикладной физики НАН Беларуси

В настоящее время объемы неразрушающего контроля прочности бетонных и железобетонных конструкций значительно возросли. Неразрушающие методы используются как при производстве конструкций, так и при возведении, диагностике и мониторинге состояния зданий и сооружений, находящихся в длительной эксплуатации, оценке поврежденности после воздействия природных и техногенных факторов (пожаров, наводнений и др.). Применяемые для контроля прочности бетона неразрушающие методы можно разделить на две основные группы: ультразвуковые и механические. Последние в свою очередь делятся на упруго-деформационные методы и методы локального разрушения.

Развитием упруго-деформационных методов является метод динамического индентирования, разработанный в Институте прикладной физики НАН Беларуси. Основным отличием метода от известных аналогов является принцип получения первичной информации о контролируемом объекте. Он заключается в непрерывной регистрации процесса внедрения индентора в материал и последующей обработке полученного сигнала по специальным алгоритмам. В результате рассчитываются такие параметры ударного взаимодействия, как коэффициент восстановления скорости, динамическая твердость по Мейеру, длительность удара, глубина внедрения и контактное усилие. Большое количество регистрируемых параметров является значительным преимуществом метода по сравнению с существующими способами определения прочности бетона, главным недостатком которых является их малая информативность. Метод реализован в приборе ИПБ-М.

УДК 539.4.015.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРИКЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТРИЦЫ КОМПОЗИТА И АРМАТУРЫ

Г. М. КУЗЁМКИНА, О. И. ЯКУБОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта

Постановка арматуры в матрицу композита увеличивает прочность и жесткость машиностроительных и строительных конструкций. Качество композитного материала в значительной степени зависит от свойств поверхностей сцепления его контактирующих фаз. В последние годы в мире большое внимание уделяется уточненным расчетам напряженно-деформированного состояния конструкций из композитных материалов. Среди программных комплексов, реализующих расчеты таких конструкций методом конечных элементов, наиболее известны ANSYS, NASTRAN, MARC.

Авторы исследований чаще всего моделируют арматуру тонкими стержнями, воспринимающими только продольные нагрузки. Это, во-первых, не позволяет достоверно оценить напряжения в

областях взаимодействия арматуры и матрицы композита, поскольку не учитывает неравномерность распределения напряжений по сечению арматуры, во-вторых, не дает возможность учесть, как влияет трение между контактирующими фазами композита на его напряженно-деформированное состояние.

В данной работе поставлена задача об установлении влияния коэффициента трения между арматурой и матрицей композита на деформации конструкции и напряжения в различных ее элементах. Расчет выполнялся с применением метода конечных элементов. Особенностью разработанной модели являлся учет сухого трения между арматурой, моделируемой трехмерным деформируемым твердым телом, и матрицей композита. Значения коэффициентов трения принимались в диапазоне от 0 до 10, которые соответствуют разным физическим свойствам поверхностей контактирующих фаз композита. К значениям коэффициента трения, превышающим единицу, может приводить учет адгезии между материалами.

Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния консольной балки с длиной 1 м и прямоугольным поперечным сечением 20 x 30 см, армирование которой обеспечивалось пятью стальными стержнями диаметром 2 см. Нагружение балки осуществлялось силами тяжести ее элементов и равномерно распределенным давлением, приложенным к верхней грани.

Для уменьшения объема вычислений при создании конечноэлементной модели учитывалась симметрия рассчитываемой конструкции, поэтому разработанная модель представляла собой половину реальной балки, рассеченной продольной вертикальной плоскостью. Поскольку заранее неизвестны площадки скольжения арматуры и матрицы, то возникла необходимость использования мелких конечных элементов, позволяющих установить закон распределения сил трения по области контакта фаз материала. Общее число конечных элементов модели оказалось равным 78800.

В результате расчетов получено распределение напряжений по объему рассчитываемой конструкции. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшие напряжения наблюдаются в области закрепления балки. Наличие арматурных стержней приводит к переменности напряжений по ширине поперечного сечения балки. Это наиболее заметно вблизи места защемления балки. Анализ состояния контакта между соприкасающимися поверхностями показал, что области контакта боковых стержней с матрицей композита смещены от продольной вертикальной плоскости балки в сторону ее боковой грани. С противоположной стороны образуется зазор.

Проанализированы изменения напряжений по длине арматурного стержня. При отсутствии трения максимальные эквивалентные напряжения наблюдаются в заделанном поперечном сечении. При увеличении коэффициента трения место с максимальными эквивалентными напряжениями смещается от защемленного конца балки. Максимальные контактные напряжения возникают на расстоянии, соответствующем двум диаметрам арматурного стержня от места заделки. При отсутствии трения контактные напряжения постепенно понижаются по направлению к свободному концу балки. Учет трения позволил установить, что на свободном конце арматурного стержня наблюдается скачок контактного давления.

Анализ влияния коэффициента трения на жесткость конструкции показал, что этот параметр постепенно увеличивается при увеличении сцепления между материалами композита. Из зависимости вертикального перемещения конца балки под действием приложенных к ней нагрузок от коэффициента трения видно, что градиент убывания деформации постепенно понижается при увеличении коэффициента трения. Значения деформаций при наличии трения между фазами композита могут быть снижены на 20 % и более. Постановка арматуры в матрицу с натягом может еще больше увеличить этот эффект.

Таким образом, в ходе выполнения работы получены следующие основные результаты:

1 Разработана конечноэлементная модель взаимодействия цилиндрической металлической арматуры с бетонной матрицей, особенностью которой является учет распределенного трения между поверхностями контактирующих фаз.

2 Выполненные численные расчеты напряженно-деформированного состояния композитной балки позволили установить влияние коэффициента трения между соприкасающимися фазами на прочность и жесткость конструкции.

Результаты работы могут быть использованы при разработке новых композиционных материалов, обладающих улучшенными механическими свойствами.

Работа выполнена в рамках Государственной программы комплексных научных исследований "Механика", задание "Механика 2.26".