

## ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЧИСЛЕННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РК ANSYS MECHANICAL

Костюк А.И., к.т.н., проф., Столевич И.А., к.т.н., доц.  
Столевич О.И., асп.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса

В настоящее время недостаточно изученным, на наш взгляд, остается напряженно – деформированное состояние, трещинообразование и несущая способность железобетонных элементов. Предлагаемая деформационная модель является развитием деформационного метода расчета железобетонных конструкций. Одной из задач работы было конечноэлементное моделирование экспериментальных балок с помощью программного комплекса Ansys 14. Реализованная в Ansys 14 модель трехмерного железобетонного элемента, включает в себя модель бетона, как хрупко разрушающегося материала, в которую возможно включить армирующие стержни.

### *Моделирование бетона*

Модель материала поддерживает разрушение при сжатии, трещинообразование при растяжении, пластическое деформирование и ползучесть. Возможно использование армирования, как стержневого (отдельными элементами), так и распределенного по объему (так называемое размазанное), которое поддерживает в РК пластическое деформирование и ползучесть. В распределенном по объему армировании задается три различных армирующих материала (в направлении декартовых осей).

В конечноэлементных материалах реализация нелинейных свойств бетона может быть осуществлена одним из двух способов. Поведение материала, в первом случае, программируется независимо от элементов, посредством которых он задается. При использовании этого способа, подбор элементов для системы не ограничен, а для моделирования объектов существует возможность отдельно выбирать наиболее подходящие конечноэлементы и модели материалов. Во втором случае, под конкретную задачу создается конечный элемент. Имплементированная в РК Ansys реализация конечноэлементного моделирования бетона относится ко второму способу. Для моделирования нелинейного поведения хрупких материалов, этот способ предлагает специальный трехмерный восьмиузловой изопараметрический элемент Solid65, основанный на составной модели трехосного поведения бетона, разработанной К. Д. Вильямом и Е. П. Варнке.

Модель внутреннего армирования может быть представлена, как дополнительная размазанная жесткость, которая распределена по элементу в заданном направлении, или с использованием сжато-растянутых или изогнутых стержневых дискретных элементов. Внутреннему армированию балочных элементов позволено воспринимать поперечные силы. Но пластическое деформирование, в таких элементах, в Ansys не поддерживается.

#### *Моделирование стального армирования*

Учет армирования в конечноэлементном моделировании традиционно выделен в три способа: дискретный, внедренный и размазанный.

Модель дискретного армирования представлена, как стоечные или балочные элементы, которые связаны с узлами сетки бетона, при этом бетон и арматура имеют общие узлы, и занимают одно и то же пространство. Недостатки этого подхода в том, что конечноэлементная сетка для бетона привязана к расположению арматуры и том, что объем армирования не вычитается из бетонного массива.

При использовании внедренного армирования преодолеваются недостатки дискретного подхода, т.к. жесткость и реакция армирования вычисляются отдельно от бетона, а для совместности деформаций вводятся специальные функции. Недостатками этого моделирования является возрастание числа узлов и степеней свободы системы, что приводит к значительному увеличению объема вычислений.

При использовании размазанного армирования в модель предусмотрено равномерное распределение армирования по бетонным элементам в заданном объеме конечноэлементной сетки. Этот способ хорош для моделей большого масштаба, в которых точное положение армирования серьезно не влияет на общую работу конструкции.

#### *Типы используемых элементов:*

КЭ Solid65 используется для моделирования бетона.

КЭ Solid45 используется для опор и пластин, через которые передается нагрузка. Это восьмиузловой элемент с тремя степенями свободы в каждом узле.

Для моделирования стального армирования используется КЭ Link8. Это трехмерный стержневой элемент с тремя степенями свободы в двух узлах, способный испытывать пластические деформации.

#### *Параметры решения*

Конечноэлементная модель в проводимом анализе – это балка на двух опорах под действием поперечной нагрузки. Для нее соответственно принят статический тип анализа. Данная модель работает нелинейно.

#### **Выводы.**

1. Принятый объем экспериментально и теоретических исследований позволяет в полной мере решить все намеченные в диссертационной работе задачи и достичь поставленной цели.

2. Детально разработанная методика экспериментальных исследований в комплексе с современными электро-механическими приборами, программным обеспечением и оборудованием позволяют достичь необходимую достоверность полученных результатов.

3. Моделирование сложного напряженно-деформированного состояния опытных элементов путем нелинейного конечно-элементного расчета с помощью программного комплекса «ANSYS MECHANICAL» дает возможность численно воспроизвести результаты эксперимента и сделать прогноз их напряженно-деформированного состояния достоверным.

### **Список литературы**

1. Дащенко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дащенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьяников — Одесса: ВМВ, 2010. — В 2-х томах. — Т.1. — 416 с. — Т.2. — 512 с.
2. Оробей В.Ф. Основные положения численно-аналитического варианта МГЭ / В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьяников. — Труды Санкт-Петербургского политехнич. Ун-та / Инженерно-строительный журнал. — № 4 (22). — СПб, 2011. — С. 33-39.
3. Басов К. А. ANSYS для конструкторов. — М.: ДМК Пресс, 2009. — С. 248.
4. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 272 с.
5. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справочное пособие — М.: Машиностроение — 1, 2004. — 512 с.

### **GENERAL PARAMETERS OF SIMULATION IN A NUMERICAL EXPERIMENT WITH THE USE OF RK ANSYS MECHANICAL**

*The results of the experimental and theoretical investigation of the stress-strain state, crack resistance and load-bearing capacity of expanded clay beams using the software complex Ansys Mechanical are presented.*