

ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «ЛИРА 9.6» МНОГОЭТАЖНОГО КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПРИ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМ ОБРУШЕНИИ

Макалада «ЛИРА 9.6» програмдык комплексте коп кабаттуу имараттын эсептоо схемасын тузуудогу негизги шарттар жана корсоткучтор берилген. Ошондой эле материалдардын ар турдуу кучтордун астында сызыктуу эмес иштоосу каралган.

В статье даны параметры построения расчетной модели в программном комплексе «ЛИРА 9.6» многоэтажного здания при нелинейной постановке задачи. Приведены особенности нелинейной работы материала при действии различных нагрузок.

The article provides options for constructing the computational model in the software package "LIRA 9.6" for multi-storey building with nonlinearity. There are given parameters of material for nonlinear work under the influence of various loads.

Современные условия диктуют необходимость возведения все более сложных конструкций. Значительное число возводимых на сегодня зданий и сооружений отличается наличием большепролетных или высотных элементов. Но при проектировании и возведении таких зданий на территории Кыргызстана возникают дополнительные условия. Такими условиями являются сейсмические воздействия. Согласно СНиП КР 20-02.2009 территория Кыргызстана имеет сейсмичность 8 баллов и более. Поэтому при проектировании и расчете многоэтажных зданий основным требованием является расчет на сейсмические нагрузки.

Существующие в настоящее время программные комплексы, особенно так называемого «тяжелого класса» (ANSYS, NASTRAN и т.д.) позволяют выполнять расчеты практически любых конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности (в том числе и одновременно), учитывать образование трещин, различные диаграммы деформирования материалов и т.д. /1/

В данное время в нашей стране широко используются различные программные комплексы (Лири, SCAD) для расчета строительных конструкций. Это программные комплексы «среднего» класса, разработанные на территории бывшего Советского Союза. Основным отличием программных комплексов (ПК Лири, SCAD) является заложенные в них нормы проектирования. При расчете конструкций проектировщик имеет возможность выбрать нормативные документы стран СНГ, что обуславливает их распространение на нашей территории.

В данной работе приведен пример расчета многоэтажного здания с железобетонным каркасом в ПК Лири 9.6.

Как известно, при расчете строительных конструкций в Кыргызстане рассматривают линейную зависимость. В линейных задачах существует прямая пропорциональность между нагрузками и перемещениями в следствие малости перемещений, а также между напряжениями (усилиями) и деформациями в следствие линейного закона Гука. Поэтому для линейных задач справедлив принцип суперпозиции и независимости действия сил. Такая постановка задачи не позволяет детально просматривать как задаваемые начальные параметры расчетов (например диаграммы деформирования бетона и алгоритмы учета трещинообразования), так и результаты расчета (например образование трещин по высоте элемента).

В физически нелинейных задачах отсутствует прямая пропорциональность между напряжениями и деформациями. Материал конструкции подчиняется нелинейному закону деформирования. Закон деформирования может быть и несимметричным – с различными пределами сопротивления растяжению и сжатию.

В геометрически нелинейных задачах отсутствует прямая пропорциональность между нагрузками и перемещениями. На практике наибольшее распространение имеет случай больших перемещений при малых деформациях. /1/

Для решения таких задач в ПК Лира 9.6 существует специальный препроцессор. Так шаговый нелинейный процессор организует процесс пошагового нагружения конструкции и обеспечивает решение линеаризованной системы уравнений на каждом шаге для текущего приращения вектора узловых нагрузок, сформированного для конкретного нагружения.

Шаговый нелинейный процессор позволяет получить напряженно-деформированное состояние для мономатериальных и для биматериальных, в частности железобетонных, конструкций. Моделирование физической нелинейности производится с помощью метода конечных элементов, оперирующей библиотекой законов деформирования материалов.

В задачах конструктивной нелинейности имеет место изменение расчетной схемы по мере деформирования конструкции – например, в момент достижения некоторой точкой конструкции определенной величины прогиба возникает контакт этой точки с опорой.

Моделирование геометрической нелинейности производится с помощью конечных элементов, учитывающих изменение геометрии конструкции и возникновение мембранной группы напряжений (усилий), что позволяет рассчитывать мембранные и вантовые конструкции. При расчете геометрически нелинейных систем считается, что закон Гука соблюдается. На каждом шаге происходит учет мембранной группы усилий (для стержней – учет продольной силы) при построении матрицы жесткости./2/

Для решения нелинейных задач необходимо задавать информацию о количестве шагов и коэффициентах к нагрузке. Схема может содержать несколько нагружений, из которых может быть сформирована последовательность (история) нагружений.

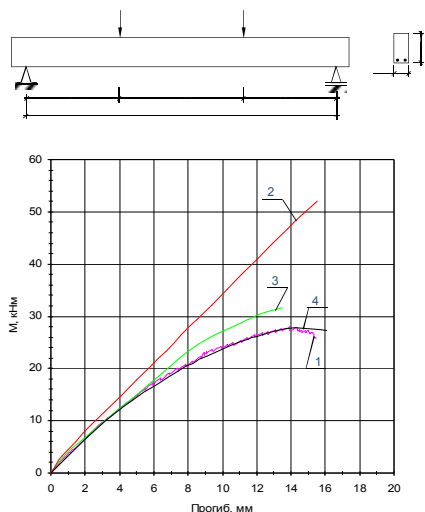


Рис. 1. Графики «момент-прогиб. 1 – экспериментальная кривая; 2 – линейный расчет; 3 - нелинейный расчет по Лире – Windows (экспоненциальная зависимость “ $\sigma - \epsilon$ ” бетона); 4 – кривая, полученная на основе использования реальной диаграммы “ $\sigma - \epsilon$ ” бетона

Как видно из графика на рис.1, линейная зависимость не отражает реальной работы материалов. Для более точного учета состояния конструкций и материалов необходимо сопоставление линейного и нелинейного расчета.

В настоящей статье приведена реализация расчета на прогрессирующее разрушение десятиэтажного здания с подвалом. Для проектирования здания с учетом прогрессирующего разрушения было рассмотрено нелинейное поведение материалов при изменении нагрузок на определенную конструкцию. В качестве примера было выбрано здание рамно-связевой системы, диафрагмы жесткости, которого расположены симметрично в плане.

Подготовка данных и расчет на прогрессирующее разрушение:

- Производим расчет на действие статических и динамических нагрузок. Статический расчет производим на постоянные и временные нагрузки. В качестве динамических нагрузок воспринимаемых зданием принимаем сейсмические нагрузки. Расчетная сейсмичность 8 баллов, категория грунта –I;

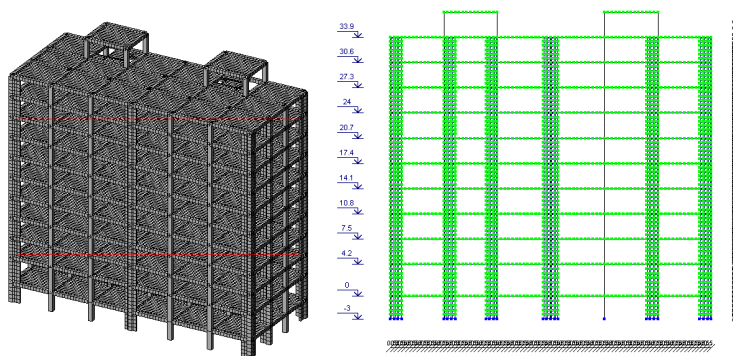


Рис. 2. Вид исходной расчетной конечно-элементной модели

К расчётной модели прикладываются два нагружения: первое моделирует постоянные и длительные нагрузки на конструкцию, второе позволяет учесть коэффициент динамичности. Для этого к верхнему узлу разрушенной колонны необходимо приложить усилие, составляющее определенную часть от усилия в этой колонне, возникающего при действии нагрузок из первого нагружения.

Далее рассматриваем несущие системы многоэтажного здания на прогрессирующее разрушение.

- Переводим исходную расчетную схему для расчета на прогрессирующее обрушение. Для этого при задании жесткостей отмечается необходимость учёта нелинейности и задаются параметры материала конструкции и параметры арматуры;
- Результатом расчёта являются усилия, напряжения и перемещения на каждом из этапов приложения нагрузки, картины трещин в стенах и плитах, места образования пластических шарниров, информация об элементах, разрушающихся в первую очередь. Также имеется возможность определить нагрузку, при которой разрушается первый элемент конструкции и по ней судить об имеющихся запасах по несущей способности.

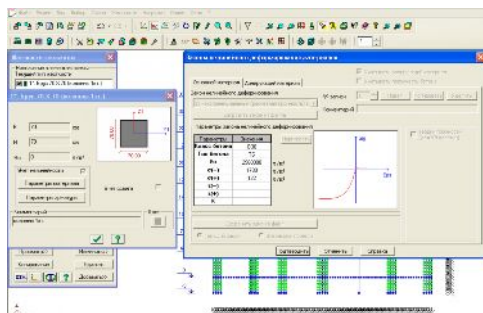


Рис. 3. Характеристики материалов при нелинейной постановке задачи для вертикальных стержней

Выводы:

Современные нормы на расчет и проектирование железобетонных конструкций не дают четких указаний по назначению жесткостных характеристик элементов при расчете сложных пространственных систем, нет учета влияния сложного напряженного состояния на прочностные и деформативные характеристики бетона, отсутствия нормированных характеристик диаграмм деформирования бетона и стали с учетом срока службы конструкции. Рассчитываемые усилия в конструкциях (и подбираемое по ним армирование) определяются деформациями системы. Соответственно неверно поставленная задача (например, отказ от моделирования, отказ от проведения расчетов с нелинейными моделями поведения материалов дает неверные результаты по деформациям, усилиям и армированию. Исключительно важен вопрос адекватного, то есть реалистичного моделирования и правильного задания физико-механических характеристик материалов.

Все вышеперечисленные задачи дают направление для дальнейших исследований с применением современных программных комплексов.

Список литературы

1. «Расчет по нелинейной модели» под ред. Карпенко Н.И. М. 2010.66с.
Перельмутер А.В. Прогрессирующее обрушение и методология проектирования конструкций (совершенствование нормативных документов). №6-2004 Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». 2004.