

Сопоставление результатов расчёта монолитного железобетонного безбалочного перекрытия по двум расчётным моделям в ПК Лира 9.6 и методом предельного равновесия

Литвин С.И.

(Научный руководитель – Смех И.В.)

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Монолитные безбалочные перекрытия состоят из плит, опирающихся на стены или, в каркасных зданиях, на колонны или на капители колонн.

В настоящее время существует ряд методов расчёта междуэтажных перекрытий. В данной работе для определения площади рабочей арматуры плиты использованы методы компьютерного моделирования и метод предельного равновесия. Моделирование выполняется в одном из наиболее распространённых программных комплексов Lira 9.6. В основу комплекса Lira положен метод конечных элементов и расчет конструкций выполняется в упругой постановке задачи, по методу допускаемых напряжений. Данный подход при расчете статически определимых и статически неопределимых систем не позволяет найти их истинный запас прочности, так как исчерпание несущей способности конструкции сопровождается появлением в ней пластических деформаций.

В ходе исследования моделирование плиты перекрытия было выполнено двумя способами: с помощью стержневых элементов и с помощью плоских элементов.

Моделирование плиты плоскими конечными элементами

Характеристика расчётной модели:

- Тип конечного элемента перекрытия – КЭ44 (универсальный четырехугольный элемент оболочки);
- Тип конечного элемента колонны – КЭ5 (элемент пространственной рамы)
- Шаг сетки КЭ в перекрытии – 200 мм в обоих направлениях.

Модель плиты представляла собой систему перекрестных балок с жестким опиранием на узлы. Сопряжение колонны с перекрытием реализовано с помощью создания АЖТ (абсолютно жесткого тела).

Нагрузки на плиту прикладывались в виде равномерно распределенных по плоскости элементов.

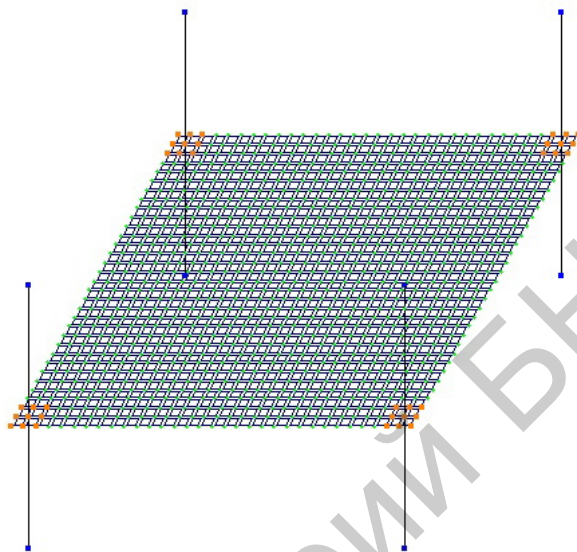


Рисунок 1. Континуальная модель ячейки плиты.

В результате расчета были определены усилия и требуемая площадь поперечного сечения продольной рабочей арматуры (см. таблицу 1).

Моделирование плиты конечными элементами «стержень»

- Характеристика расчётной модели:
- Тип конечного элемента перекрытия и колонны – КЭ5 (элемент пространственной рамы);
- Длина узлов КЭ сетки – 200 мм в обоих направлениях;
- Сопряжение колонны с перекрытием выполнено с помощью создания АЖТ (абсолютно жесткое тело).

Нагрузки на плиту перекрытия прикладывались в виде сосредоточенных сил к узлам КЭ сетки.

В результате расчета были определены усилия и требуемая площадь поперечного сечения продольной рабочей арматуры (см. таблицу 1).

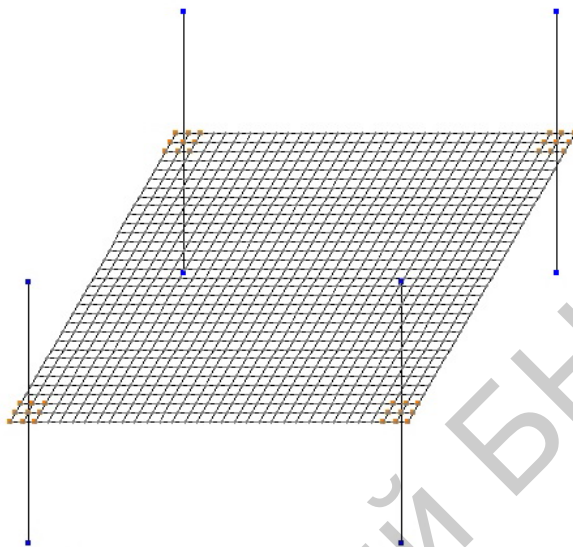


Рисунок 2. Стержневая модель ячейки плиты.

Расчёт плиты методом предельного равновесия

Расчет безбалочного монолитного перекрытия производим по методу предельного равновесия. Экспериментально было установлено, что для безбалочной плиты наиболее опасными являются 2 схемы загрузки – полосовая (через пролет) и сплошная (при загрузке по всей площади плиты).

За расчетную принимаем полосовую нагрузку. При полосовом загрузке одного пролета перекрытия величиной l_1 в состоянии предельного равновесия образуются три параллельных пластических шарнира (рис. 3).

В пролете линейный шарнир образуется по оси загруженных панелей и трещины раскрываются вниз. У опор пластические шарниры отстоят от осей колонн на расстоянии c_1 и трещины раскрываются вверх. Пролетный и опорный пластические шарниры разделяют панели на два жестких звена.

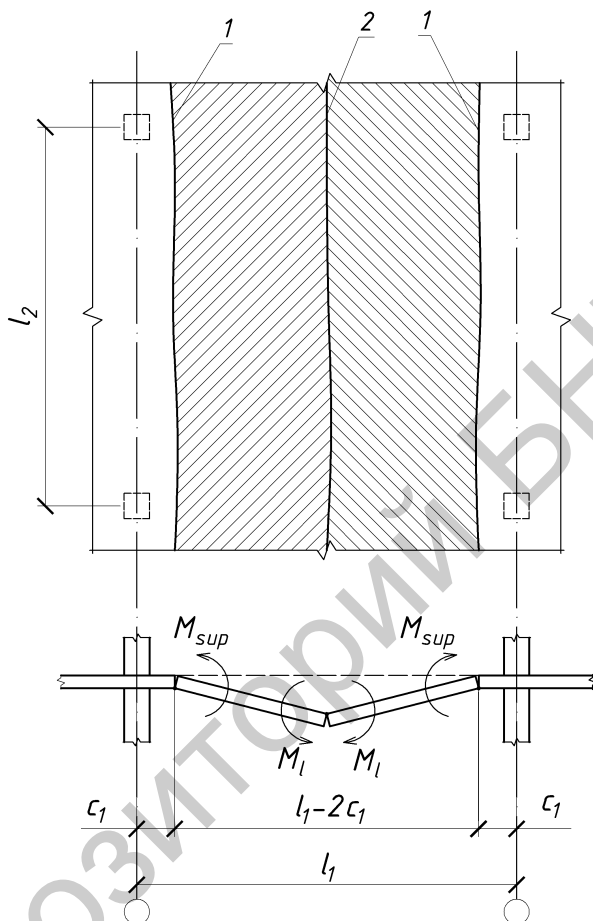


Рисунок 3. Схема линейных пластических шарниров при полосовой нагрузке;
 1 – опорные пластические шарниры,
 2 – пролетный пластический шарнир.

При загрузении полосовой нагрузкой для случая излома отдельной полосы с образованием двух звеньев, соединенных тремя пластическими шарнирами, среднюю полосу рассчитывают из условия, что суммы опорного и пролётного моментов, воспринимаемых сечением плиты в пластических шарнирах

$M_{sup} = f_{yd} \cdot A_{s,sup} \cdot z_{sup}$ и $M_l = f_{yd} \cdot A_{s,l} \cdot z_l$ равны балочному моменту плиты шириной l_2 и пролетом l_1 , т.е.

$$\frac{l_2 \cdot p \cdot (0,5l_1 - c_1)^2}{2} \leq f_{yd} \cdot (A_{sup} \cdot z_{s,sup} + A_{s,l} \cdot z_{s,l}),$$

где c_1 – расстояние от опорных пластических шарниров до оси ближайших к ним рядов колонн в направлении l_1 ;

$A_{s,sup}$, $A_{s,l}$ – площади сечения арматуры в опорном и в пролетном пластических шарнирах в пределах одной панели;

$z_{s,sup}$, $z_{s,l}$ – плечи внутренних пар в опорном и пролетном пластических шарнирах;

p – принятое расчётное сочетание нагрузок на 1 м^2 .

В целях упрощения расчета уравнение равновесия выражаем через коэффициенты $\theta_{sup} = A_{sup} / A_{s1}$ и $\theta_l = A_l / A_{s1}$, где $A_{s1} = A_{sup} + A_l$ – суммарная площадь сечения арматуры, то-

гда
$$\frac{l_2 \cdot p \cdot (l_1 - 2c_1)^2}{8} \leq f_{yd} \cdot A_s \cdot z_l \cdot \left(\theta_{sup} \cdot \frac{z_{s,sup}}{z_{s,l}} + \theta_l \right).$$

При расчете панелей принимаем $\theta_l = 0,4$, $\theta_{sup} = 0,6$.

Результаты проведенных расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Метод расчета / Положение арматуры	Программный комплекс «ЛИРА» 9.6 (стержневая модель)	Программный комплекс «ЛИРА» 9.6 (континуальная модель)	Расчет методом предельного равновесия
верхнее армирование	1570 мм ² /м	1620 мм ² /м	344 мм ² /м
нижнее армирование	393 мм ² /м	340 мм ² /м	172 мм ² /м

Сопоставляя результаты расчётов можно сделать вывод о признании наиболее точным и приближённым к реальной работе материала под нагрузкой, расчет методом предельного равновесия, так как требуется минимальный расход арматуры для конструирования перекрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 5.03.01-02 “Бетонные и железобетонные конструкции” (с изменениями №1..5) Мн.: Минстройархитектуры, 2004 г.
2. СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" /Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988 г.
3. СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" (Изменение №1 РБ) /Министерство архитектуры и строительство Республики Беларусь. – Мн.: Минстройархитектуры, 2004 г.
4. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчёта и конструирования\ Учебное пособие для студентов строительных специальностей. Под ред. Проф. Т.М. Пецоляда и проф. В.В. Тура.-Брест,БГТУ, 2003.
5. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов.- 5-е издание, переработанное и дополненное. В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – М.: Стройиздат., 1991г.