

РАСЧЕТ ПЛОСКОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СБОРНО-МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С КРУГЛОПУСТОТНЫМИ ПЛИТАМИ И МОНОЛИТНЫМИ РИГЕЛЯМИ С ПОМОЩЬЮ ПК SCAD

Е. Л. Буцкая, асс., Н. В. Савицкий, д. т. н., проф.

Ключевые слова: сборно-монолитное перекрытие, взаимодействие сборного и монолитного бетона, пространственная жесткость, предварительное напряжение

Актуальность. Проблема рационального и эффективного использования материальных ресурсов всегда была приоритетной, так как рациональное использование материалов и снижение материалоемкости производства ведет к экономии общих капитальных затрат.

Сегодня потребность Украины в сырье очень велика, а стоимость его производства постоянно увеличивается. Таким образом, для снижения капитальных вложений на строительство зданий необходимо более рационально использовать ресурсы, в том числе за счет снижения материалоемкости продукции, применения более дешевых и экономически эффективных конструктивных систем, экономного использования сырьевой базы и внедрения новых технологий производства строительства [1].

Постановка проблемы. В специальной литературе имеется множество публикаций о разрабатываемых конструктивных решениях сборно-монолитных плоских перекрытий, с применением круглопустотных плит [3]. Однако анализ имеющейся информации о расчетах сборно-монолитного перекрытия, в состав которого входят многопустотные плиты, показывает, что отсутствуют расчеты данных задач при использовании ПК с применением метода конечных элементов.

Целью является построение расчетной модели фрагмента сборно-монолитного перекрытия и разработка методики его расчета в ПК SCAD.

Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи:

1. Анализ существующих методов расчета с помощью метода конечных элементов.
2. Построение конечно-элементных моделей фрагмента сборно-монолитного перекрытия в ПК SCAD.
3. Анализ работы узла сопряжения сборной многопустотной плиты и монолитного ригеля.

Формирование расчетной схемы. Параметры модели узла сопряжения сборной многопустотной плиты и монолитного ригеля [2].

Исследуемый фрагмент перекрытия представляет собой сборную многопустотную плиту длиной 2 м с домоноличными условными балками с обеих сторон шириной 0,3 м. Условные балки – это балки, высота которых равна толщине плиты. В пустотном перекрытии условные балки представляют собой сплошной слой бетона без пустот. Конструктивная схема плиты – балочная плита. Опирание фрагмента перекрытия принимается по середине ширины балки. Таким образом, расчетный пролет конструкции составляет 2,3 м. При моделировании для упрощения и уменьшения объема схемы рассматривалась половина описанного фрагмента, отсеченная по оси симметрии по центру плиты. Для сборной плиты принят бетон класса В25 (модуль упругости $E_b = 27\ 000$ МПа); для монолитного ригеля – бетон класса В30 (модуль упругости – $E_b = 32\ 500$ МПа). Класс арматурных стержней, воспринимающих предварительное напряжение, – А600с.

Величину условных балок принимаем: ширина – 300 мм;

высота – $h_b = t_{пл}$,

где: h_b – высота условной балки;

$t_{пл}$ – толщина плиты перекрытия.

То есть для перекрытия с толщиной плиты 220 мм высота балки будет равна 220 мм.

Моделирование и расчет конечноэлементной модели фрагмента перекрытия из объемных конечных элементов выполняется при помощи вычислительного комплекса SCAD.

В качестве нагрузок принимаются:

- собственный вес конструкции, который вычисляется автоматически в ПК SCAD;
- нагрузка на этапах загрузки, задается в виде узловой нагрузки, приложенной в узлы объемных элементов.



а



б

Рис. 1. Расчетная схема фрагмента перекрытия:
а – с неподвижными опорами; б – с подвижными опорами

Рассматриваем два типа опирания фрагмента перекрытия на опоры:

- фрагмент с неподвижными опорами (рис.1, а);
- фрагмент с подвижными опорами (рис.1, б).

Для моделирования предварительного напряжения в фрагменте перекрытия в расчетном комплексе SCAD предварительно учитывается площадь поперечного сечения предварительно напрягаемой арматуры и усилие обжатия стержней с учетом всех потерь предварительного напряжения.

Задание усилия натяжения арматурного стержня в вычислительном комплексе SCAD осуществляется приложением отрицательной температуры к стержневым элементам. Таким образом, задавая в расчетной схеме определенное значение отрицательной температуры, в стержне получаем усилие, которое соответствует значению усилия натяжения стержня.

Температурная нагрузка для данной модели, прикладываемая к стержню, составляет: $-153,8^{\circ}\text{C}$ для стержня диаметром 12 мм; -113°C для стержня диаметром 14 мм.

При расчете фрагмента перекрытия в ПК SCAD должна быть создана модель самой конструкции. При моделировании конструкция разбивается на конечные элементы.

Набор конечных элементов, моделирующих расчетную схему (рис. 2):

- пространственный конечный элемент (36 тип КЭ) – плита перекрытия и монолитный ригель;
- пространственный стержень (5 тип КЭ) – предварительно напрягаемый стальной арматурный стержень.

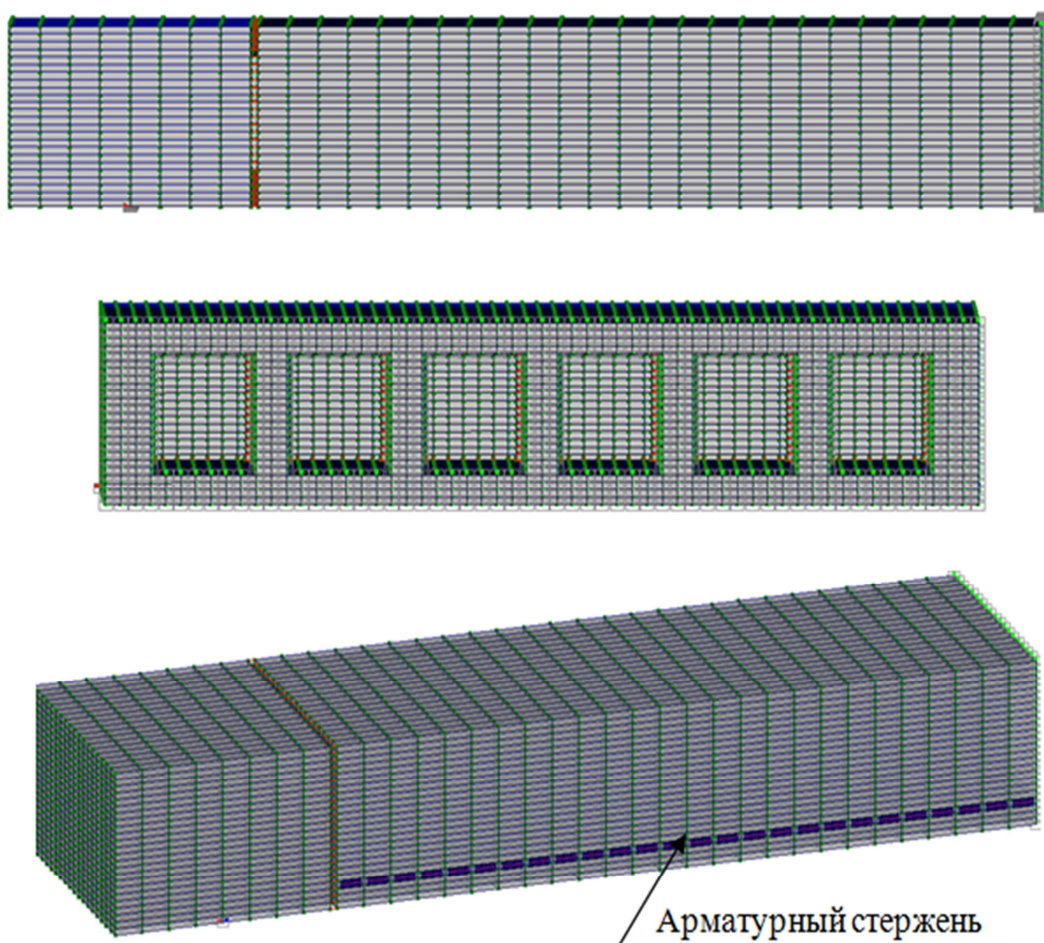


Рис. 2. Расчетная конечно-элементная модель узла сопряжения сборной многопустотной плиты и монолитного ригеля

Для обеспечения совместной работы конечные элементы, моделирующие плиту и напрягаемую арматуру, в узлах соединены жесткими вставками на расстоянии, соответствующем расположению предварительно напрягаемых стержней в плите:

- пространственный стержень (10 тип КЭ) – стержень, моделирующий связь между сборным и монолитным бетоном.

Для того чтобы проследить работу всех элементов фрагмента перекрытия под нагрузкой, по высоте (толщине) конструкция смоделирована слоями объемных конечных элементов.

Для упрощения схемы пустоты плиты круглого сечения заменены квадратным сечением.

Для фрагмента перекрытия, смоделированного объемными конечными элементами, нагрузка прикладывалась как равномерно распределенная по участку фрагмента перекрытия (как и при натуральных испытаниях [3]). Для фрагмента перекрытия, смоделированного объемными конечными элементами, нагрузка была приведена к узлам объемных конечных элементов и задавалась как узловая нагрузка (рис. 3).

Расчетная схема SCAD представляет собой половину натурального образца, отсеченную по оси симметрии поперек ширины плиты. В направлении отсутствующей части установлена связь.

Нагрузка прикладывалась этапами, как и при натуральных испытаниях моделей перекрытия. На каждом этапе нагрузки производился линейный расчет схемы. После расчета определялись критические напряжения (предельные растягивающие или сжимающие напряжения в бетоне) в элементах расчетной схемы.

При обнаружении предельных растягивающих или сжимающих напряжений бетона и/или арматуры в элементах расчетной схемы – образец считается разрушенным.

Конструкцию фрагмента сборно-монолитного перекрытия можно считать разрушенной, если:

- напряжения сжатия бетона монолитного ригеля достигнут значения 26,9 МПа;
- напряжения растяжения бетона монолитного ригеля достигнут значения 3,62 МПа;
- напряжения сжатия бетона сборной многопустотной плиты достигнут значения 31,89 МПа;
- напряжения растяжения бетона сборной многопустотной плиты достигнут значения 4,02 МПа;
- напряжения растяжения арматурного стержня достигнут предела текучести для класса А600С – 600МПа.

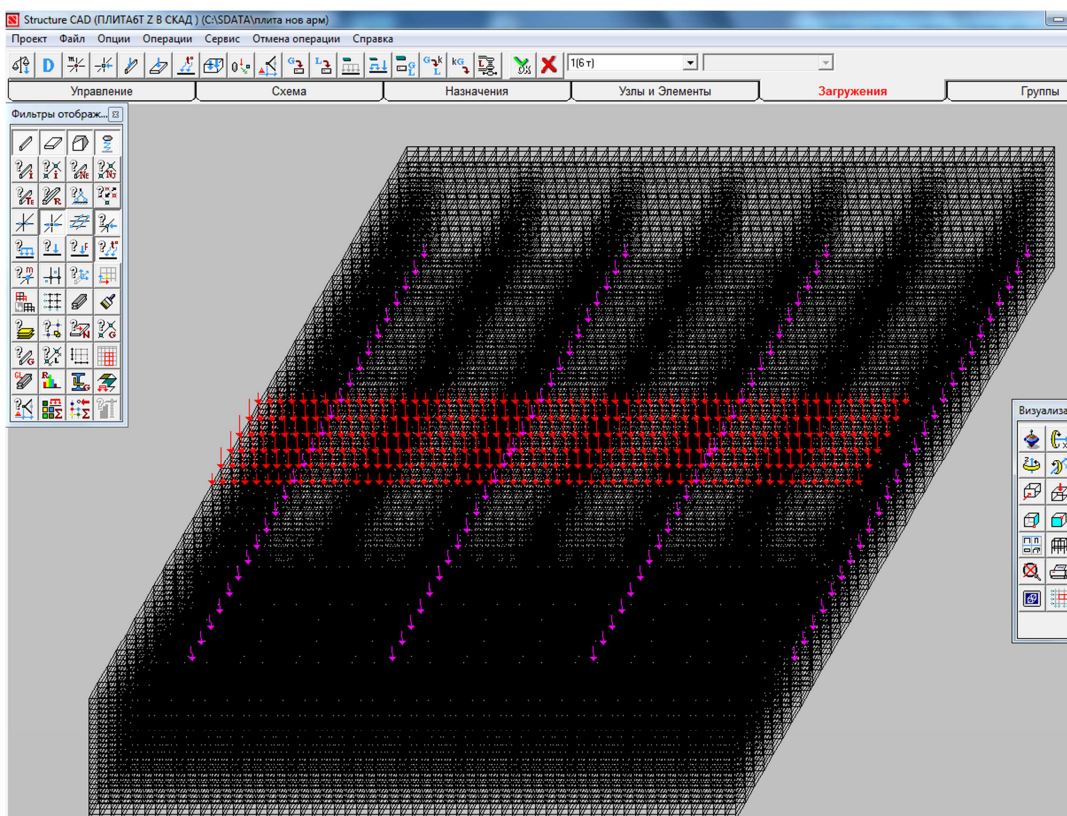


Рис. 3. Расчетная схема с примененными нагрузками

Результаты расчетов. Разрушение всех моделей при расчете МКЭ произошло при исчерпании предела прочности бетона на растяжение либо в ребре плиты и/или концентрации растягивающих напряжений у верхней полочки плиты, вследствие ее выламывания шпонкой ригеля, что подтверждается натурным испытанием образцов и расчетами СНиП. Согласно расчетам на отрыв СНиП, сечение по бетону ребра совместно с полочкой плиты является наиболее слабым, поэтому необходима постановка поперечной арматуры для восприятия растягивающих усилий в данном сечении (расчет на отрыв, учитывающий влияние только поперечной арматуры).

Т а б л и ц а

Вид закрепления опор	Закрепление опор по направлениям X, Z	Закрепление опор по направлениям X, Z, UX	Закрепление опор по направлениям X, Z, Y	Закрепление опор по направлениям X, Z, Y, UX
Разрушающая нагрузка (перерезывающая сила Q)	14 т (7 т)	22 т (11 т)	28 т (14 т)	30 т (15 т)

В результате расчета моделей перекрытия с неподвижным закреплением опор, разрушающая нагрузка получалась больше, чем с подвижным закреплением (табл.). Это объясняется отсутствием податливости опор в горизонтальном направлении.

Выводы. 1. Определены параметры сборно-монолитного перекрытия для моделирования его МКЭ: сформирована расчетная схема перекрытия, определено усилие натяжения в арматурных стержнях, проведено моделирование предварительного напряжения в вычислительном комплексе SCAD путем приложения отрицательной температуры к стержневому элементу.

2. При расчете конструкции МКЭ необходимо учитывать реальные условия ее работы при эксплуатации, вследствие чего назначать соответствующие связи конструкции.

3. Ребро и верхняя полочка плиты являются наиболее слабым сечением конструкции по бетону, поэтому необходима постановка в ребро плиты арматурных каркасов с рабочей поперечной арматурой.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бетон и железобетон в Украине, 2004. – № 1.
2. Плоское сборно-монолитное перекрытие / Н. В. Савицкий, К. В. Баташева, Е. Л. Токарь // Сб. научн. трудов. Строительство, материаловедение, машиностроение, № 37. «Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения» – Д. : ПГАСА, 2006. – С. 413 – 418.
3. **Савицкий Н. В., Буцкая Е. Л.** Плоское железобетонное сборно-монолитное перекрытие // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка»: зб. наук. праць. – Львів: НУЛП, 2010 – Вид. 662. – С. 258 – 263.

УДК 624.012.44/4

Расчет плоского железобетонного сборно-монолитного перекрытия с круглопустотными плитами и монолитными ригелями с помощью ПК SCAD / Е. Л. Буцкая, Н. В. Савицкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2013. – № 1 – 2. – С. 9 – 13. – рис. 3. – табл. 1. – Библиогр.: (3 назв.).

Изложены результаты выбора рациональной расчетной модели плоского сборно-монолитного перекрытия для расчета в ПК SCAD, которая соответствует реальной работе конструкции. На основе расчета модели исследовано взаимодействие сборной плиты и монолитного ригеля и выявлены возможные разрушения данного соединения, а также рассмотрено влияние опирания конструкции на напряженно-деформированное состояние и ее дальнейшее разрушение.

Ключевые слова: *сборно-монолитное перекрытие, взаимодействие сборного и монолитного бетона, пространственная жесткость, предварительное напряжение.*

Розрахунок плоского залізобетонного збірно-монолітного перекриття з круглопустотними плитами і монолітними ригелями за допомогою ПК SCAD / О. Л. Буцька, М. В. Савицький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2013. – № 1 – 2. – С. 9 – 13. – рис. 3. – табл. 1. – Бібліогр.: (3 назв.).

Викладено результати вибору раціональної розрахункової моделі плоского збірно-монолітного перекриття для розрахунку в ПК SCAD, яка відповідає реальній роботі конструкції. На основі розрахунку моделі досліджено взаємодію збірної плити і монолітного ригеля і виявлено можливі руйнування цього з'єднання, а також розглянуто вплив спирання конструкції на напружено-деформований стан та її подальше руйнування.

Ключові слова: *збірно-монолітне перекриття, взаємодія збірного та монолітного бетону, просторова жорсткість, попереднє напруження.*

Calculation of the flat reinforce-concrete collapsible-monolithic ceiling with круглопустотными flags and monolithic beams by means of the SCAD / E. L. Butskaya, N. V. Savitsky // Visnyk of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. – D. : PSACEA, 2013. – № 1 – 2. – P. 9 – 13. – pic. 3. – tabl. 1. – Bibliogr.: (3 names).

In the article the results of choice of rational calculation model of the flat collapsible-monolithic ceiling are expounded for a calculation in the SCAD, that corresponds to the real work of construction. On the basis of calculation of model co-operation of collapsible flag and monolithic beam is investigational and possible destructions of this connection are educed. And also influence of leaning of construction is considered on the tensely deformed state and her further destruction.

Key words: *collapsible-monolithic ceiling key-and-slot, spatial connection, preliminary tension.*