

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

устойчивости упругих неоднородных оболочек в некоторых программных комплексах // Труды VI Международной научно-практической конф. «Инженерные системы – 2013». – М.: РУДН, 2013. – С. 96 -102.

Abstract. Results of static problems of nonlinear deformation and stability of the elastic inhomogeneous shells obtained by the finite elements' moment scheme and the computer complex LIRA are analyzed.

Key words: flexible shell, non-linear deformation, stability, the finite element's moment scheme.

Анотація. Виконано аналіз розв'язків статичних задач нелінійного деформування та стійкості пружних неоднорідних оболонок, які отримано за моментною схемою скінченних елементів і в програмному комплексі ЛІРА.

Ключеві слова: гнучка оболонка, нелінійне деформування, стійкість, моментна схема скінченних елементів.

Стаття надійшла до редакції у листопаді 2013р.

УДК 624.01(043.2)

Кирьязев П.Н., к.т.н., доц.,²⁵

г. Алчевск

Гензерский Ю.В., руководитель

группы сопровождения ООО

«ЛИРА САПР», г. Киев

Ромашкина М.А., аспирантка

НАУ, г. Киев

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ УЗЛОВ ПРИМЫКАНИЯ ПЕРЕКРЫТИЯ К ДИАФРАГМЕ

Аннотация. Рассмотрено несколько моделей узлов примыкания плиты перекрытия к диафрагме и приведены некоторые результаты расчета, полученные с помощью ПК ЛИРА-САПР 2013.

²⁵ © Кирьязев П.Н., Гензерский Ю.В., Ромашкина М.А.

Ключевые слова: моделирование, модель, узел, диафрагма, абсолютно жесткое тело.

В практике проектирования используются разные типы узлов примыкания плит перекрытия к диафрагмам. Анализ работы таких узлов выполняется, как правило, на компьютерных моделях, которые можно максимально приблизить к натурному объекту. Но такие модели сложны, и часто используются упрощенные модели. В этом случае становятся актуальными вопросы: насколько точно упрощенная модель отображает реальную работу узла, каков действительный запас прочности, как будет работать узел в случае аварийного воздействия.

В данной работе рассмотрены различные типы узлов, различные модели этих типов узлов, выполнены расчеты и приведены некоторые результаты этих расчетов.

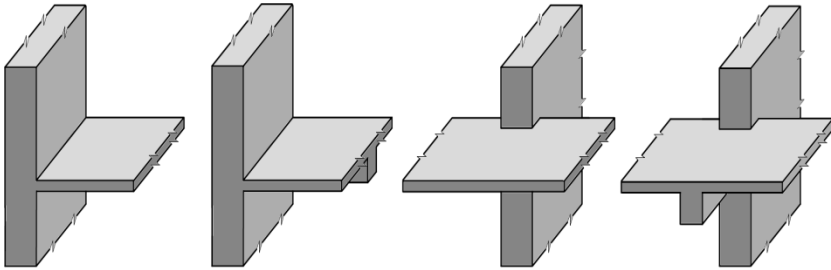
При составлении моделей использованы метод фрагментации [1] и метод субмоделирования [2]. Использование этих методов позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние конструкции в местах концентрации напряжения с большей точностью.

Наиболее напряженное место в диафрагме – область примыкания плиты перекрытия, поэтому очень важно правильно оценить напряженно-деформированное состояние этой области, что позволит обеспечить необходимую прочность без излишних запасов.

На рис.1 показаны наиболее часто встречающиеся в практике проектирования монолитной системы случаи примыкания перекрытия к диафрагме.

Рассмотрим случай монолитной системы «плита-стена», показанной на рис.1а. Стены и плиты с цилиндрической

жесткостью одного порядка моделируются оболочечными конечными элементами.



a)

б)

в)

з)

Рис. 1 – Наиболее часто встречающиеся случаи примыкания плиты перекрытия к диафрагме *a)* - плита без ребер, *б)* - ребристая плита, *в)* - «точечное» опирание плиты на диафрагму, *з)* - опирание плиты ребром на диафрагму

Никаких особенностей в конечно-элементной расчетной схеме в этом случае нет. Единственное требование – в области концентрации напряжений и в стене и в плите рекомендуется сгущать сетку узлов [3].

Если плита испытывает цилиндрический изгиб при разных сочетаниях нагрузок, то изгиб любой полосы единичной ширины, вырезанной вдоль направления изгиба плиты, будет характеризовать изгиб всей рассматриваемой плиты. В этом случае расчетную схему можно существенно упростить и рассматривать полосу единичной ширины. Для расчетных схем, в которых цилиндрическая жесткость плиты существенно меньше жесткости стен, нужно решить несколько проблем.

Если плита при разных вариантах загрузки испытывает цилиндрический изгиб, то, как и в предыдущем

случае, можно составлять расчетную схему для полосы единичной ширины, вырезанной вдоль направления изгиба плиты. В этом случае для моделирования плиты нужно использовать пластинчатые элементы, а для моделирования стены – элементы балки-стенки. Но следует обратить внимание на то, что узлы плиты и балки-стенки имеют разное число степеней свободы. Узел балки-стенки не реагирует на поворот сечения плиты. Если это не учесть, то будет смоделировано шарнирное соединение плиты со стеной. Моделирование не шарнирного узла сопряжения плиты перекрытия с диафрагмой можно выполнить, запретив поворот узла плиты либо продлив плиту в стену. И в том и другом случае смоделированный узел стены будет жёстче и будет искажена действительная работа самого напряженного места в плите. В действительности узел плиты в стене упруго защемлен. Лучшим выходом в данном случае будет использование АЖТ. Если для плиты справедлива гипотеза Кирхгофа-Лява, то высота АЖТ должна быть равной толщине плиты, ведущий узел должен лежать в срединной плоскости плиты. Сетка узлов в плите и в балке-стенке должна быть достаточно густой в окрестности АЖТ (рис. 2, а).

В случае, когда плита изгибается в двух направлениях, то по контуру плиты должно стоять не связанных между собой ряды АЖТ и ведущие узлы каждого из них должен совпадать с нормалью к срединной поверхности плиты (рис. 2, б).

Для моделей плит, усиленных ребром (рис. 1 б, г), в узле, принадлежащем ребру и стене, должно быть поставлено АЖТ, высота его должна быть равной высоте ребра.

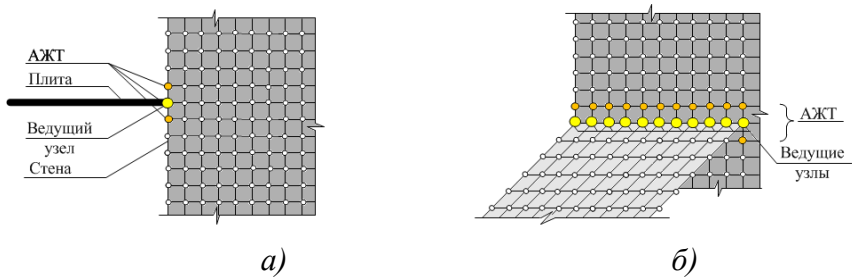


Рис. 2 – АЖТ плиты в области примыкания к диафрагме
а) АЖТ для диафрагмы и плиты изгибаемой в одном направлении; б) АЖТ для диафрагмы и плиты изгибаемой в двух направлениях

При использовании трёхмерных элементов в модели узла, как и в предыдущем случае, по линии контакта плиты со стеной должны быть поставлены АЖТ, не связанные со стеной и захватывающие узлы, попадающие в толщину плиты.

Также можно смоделировать упругое защемление узла путем введения в трёхмерные модели плиты и диафрагмы двумерные либо трехмерные элементы арматуры (рис.3).

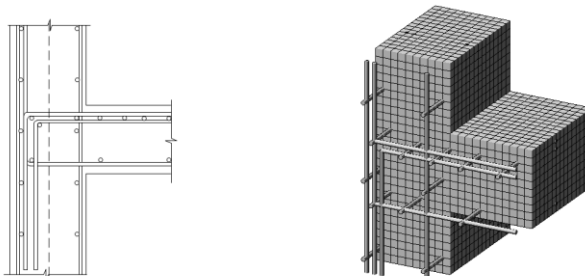


Рис. 3 – Фрагмент трехмерной модели узла примыкания перекрытия к диафрагме

На рис. 4 показана часто используемая модель узла примыкания плиты к диафрагме и выделена область, в

которой должна быть сгущена сетка узлов конечно-элементной модели.

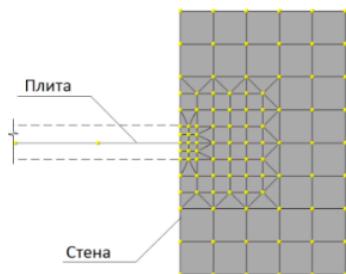


Рис. 4 – Конечно-элементная модель в зоне примыкания плиты к диафрагме

Если для моделирования плиты используются двухузловые конечные элементы (КЭ), а для моделирования диафрагмы - плоские (КЭ), то, в силу свойств используемых КЭ [4], шарнирное примыкание плиты к диафрагме получится автоматически, если совместить узел плиты с узлом диафрагмы (рис.5).

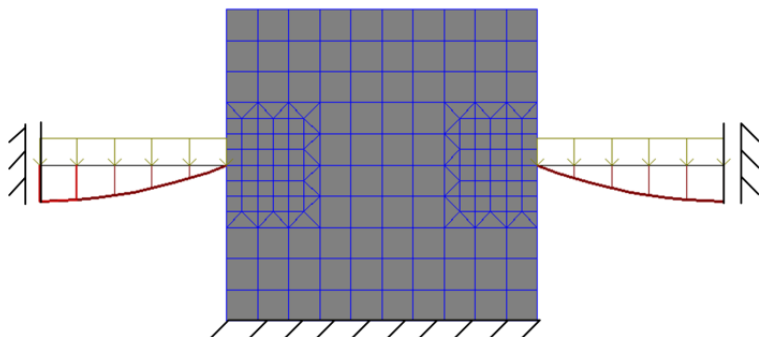


Рис. 5 – Конечно-элементная модель шарнирного примыкания плиты к диафрагме

Моделирование не шарнирного узла сопряжения плиты перекрытия с диафрагмой можно выполнить и другими способами.

Один из них – ввести элементы плиты в тело диафрагмы (рис. 6). Такое решение будет вносить некоторые возмущения в локальной области диафрагмы, но в ряде случаев это оправдано (когда нужно моделировать конструктивное решение узла, например, если нужно ввести арматуру в диафрагму).

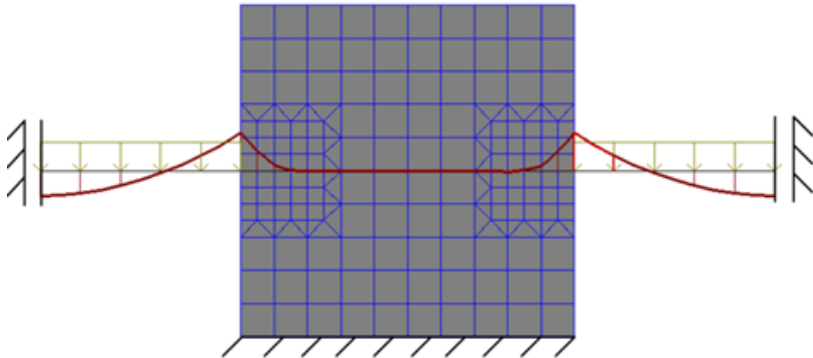


Рис. 6 – Конечно-элементная модель жесткого примыкания плиты к диафрагме с помощью дополнительного стержня

Другой способ – ввести абсолютно жесткое тело (АЖТ) в месте примыкания плиты к диафрагме (рис. 7). Это обеспечит кинематическую связь между узлами диафрагмы и плиты. Абсолютно жесткое тело – группа узлов специального типа, расстояние между которыми остается неизменным. При этом происходит полное связывание перемещений и углов поворота ведомых узлов с перемещениями и углами поворота ведущего узла, а затем выполняется отсоединение независимых степеней свободы ведомых узлов.

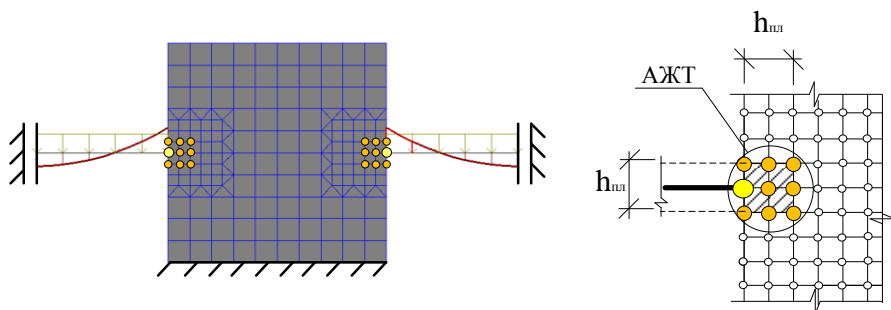


Рис. 7 – Конечно-элементная модель жесткого примыкания плиты к диафрагме с помощью АЖТ

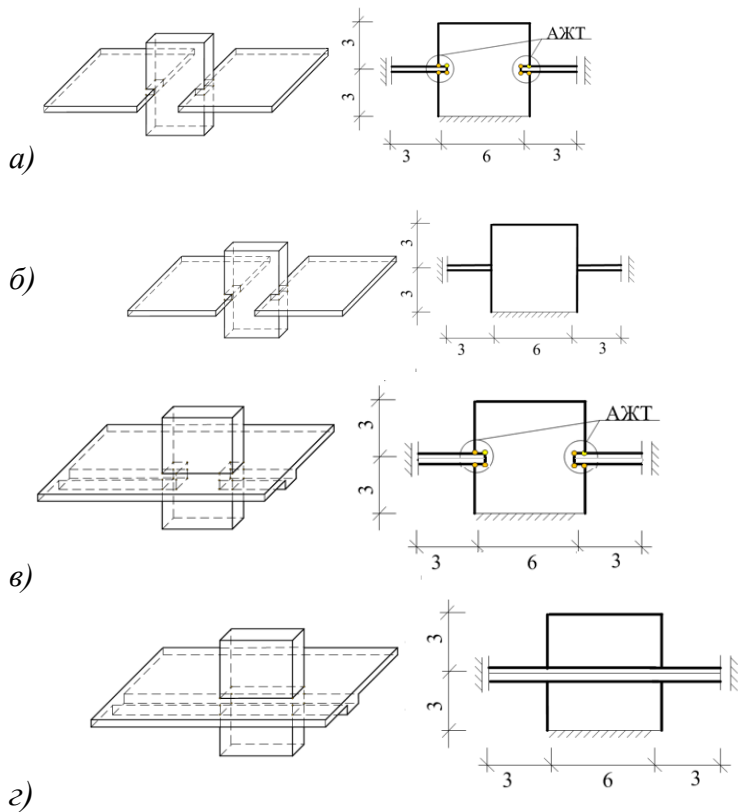


Рис. 8 – Моделирование примыкания перекрытия к диафрагме

Были рассмотрены расчеты систем «плита-стена» с различными условиями опирания плит по контуру. Для оценки общей жесткости и устойчивости конструкций использовались упрощенные расчетные модели. На рис. 8 представлены четыре типа схем с различными условиями на контуре плиты (рис. 8 *a*), *в*), *г*)) – упругое защемление, рис. 8 *б*) - шарнирное) и с разными видами монолитного перекрытия (рис.8 *a*), *б*)- безбалочное, рис.8 *в*), *г*) - ребристое). В расчетах принято: толщина диафрагмы - 22 см, ригели - полосы перекрытий сечением 600x20 см. Загружение кроме собственного веса включает полезную нагрузку на плиту.

При моделировании узлов сопряжения использовались стержневые и оболочечные конечные элементы (КЭ-10 и КЭ-41 - для линейного расчета). Для схем *a*) и *в*) (рис.8) в узлы сопряжения вводились абсолютно жесткие тела (АЖТ).

Численное моделирование и расчет напряженно-деформированного состояния узлов выполнен с использованием плоских расчетных схем с помощью ПК ЛИРА-САПР-2013.

Армирование плит и диафрагм по результатам статического расчета выполнялось при помощи ЛИРА-САПР в режиме «Расчет и конструирование железобетонных конструкций», в схеме *в*) (рис.8) армировалась часть стержня, находящаяся вне тела диафрагмы. Некоторые результаты расчетов для разных расчетных схем приведены в табл. 1.

Армирование узлов сопряжения вертикальных элементов с плитами перекрытия выполняется таким образом, чтобы обеспечить упругое защемление плиты в стене. Это уменьшает деформативность каркаса на

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (12) 2014

горизонтальные воздействия, а также пролетные моменты в плитах.

*Таблица 1.
Результаты статического расчета рам*

Параметры НДС	Схема <i>a</i>	Схема б	Схема <i>в</i>	Схема <i>г</i>
1	2	3	4	5
Максимальная арматура в диафрагме вдоль оси x , $см^2$.	62.8	24.5	24.4	12.7
Максимальная арматура в диафрагме вдоль оси y , $см^2$.	97.9	40.2	40.2	40.2
Максимальная нижняя арматура в пролете плиты, $см^2$.	45.6	83.5	12.32	16.08
Максимальная верхняя арматура на опоре плиты, $см^2$.	53.4	34	20.4	20.4

Так по результатам подбора арматуры для схемы с шарнирным опиранием плиты на диафрагму максимальная арматура в диафрагме в плоскости вдоль оси x составила $97.9 см^2$, а с упругим - $40.2 см^2$. Максимальная нижняя арматура в пролете плиты для схемы с шарнирным опиранием плиты на диафрагму составила $83.5 см^2$, а с упругим $45.6 см^2$. По этим и другим результатам, приведенным в таблице, видно, что при упругом опирании плиты на диафрагму арматуры требуется меньше. Однако, в узлах сопряжения вертикальных элементов с плитами требуется установка арматуры для восприятия и поперечных сил, и моментов, то есть узлы могут оказаться переармированными. Поэтому в случаях, когда нормативная деформативность всего каркаса обеспечивается только диафрагмами, а толщина плит

достаточна, чтобы обеспечить прочность и деформативность перекрытия при шарнирном опирании на вертикальные элементы, эти узлы целесообразнее делать шарнирными.

Сравнивая площади арматуры упругих узлов опирания плиты на диафрагму, полученные на моделях *a*, *b* и *c* (рис.8), видим, что они отличаются незначительно, то есть эти модели равноценны.

Список литературы

1. Программный комплекс ЛИРА САПР 2013 Учебное пособие / Д. А. Городецкий, М. С. Барабаш, Р. Ю. Водопьянов, В. П. Титок, А. Е. Артамонова. Под редакцией академика РААСН А. С. Городецкого.-К.-М.: Электронное издание, 2013г., -376с.
2. Crawford J., Evaluating Mesh Density// ANSYS Solutions. –Vol. 1, No. 2. – 1999
3. Beisheim J.R., Sinclair G.B., On the Free-Dimensional Finite Element Analysis of Dovetail Attachments// Proceedings of ASME TURBO EXPO. – 2002. – GT-2002-30305
4. Городецкий А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – [2-е изд.доп]. – Киев: издательство «Факт», 2007. – 394 с.

Abstract. Considered several models of joints slabs to the diaphragm and some results of calculation obtained by LIRA-SAPR 2013.

Keywords: modeling, model, joint, diaphragm, rigid body.

Анотація. Розглянуто декілька моделей вузлів примикання плити перекриття до діафрагми і наведені деякі результати розрахунку, отримані за допомогою ПК ЛІРА-САПР 2013.

Ключові слова: моделювання, модель, вузол, діафрагма, абсолютно жорстке тіло.

Стаття надійшла до редакції у листопаді 2013р.