ПРЕДЛАГАЕМАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПЛОСКОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

УДК 624.012.04

Х. Ягофаров, А.Х. Ягофаров
Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург

Конструкции из монолитного железобетона нашли широкое применение как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий.

Конструкции из монолитного железобетона нашли широкое применение как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий.

Плоская безбалочная бескапительная плита перекрытия из монолитного железобетона привлекает простотой опалубки. Однако отсутствие научно-обоснованной методики расчета и конструирования приводит иногда к ошибкам проектирования, результатом которых является или возведение ненадежных перекрытий, или перерасход материалов [1].

Наиболее нагруженным, а потому и наиболее ответственным участком плоской плиты перекрытия каркасного здания является опорная зона. Именно здесь достигают максимального значения и изгибающий момент, и поперечная сила.

В отечественной практике проектирования опорный изгибающий момент воспринимается арматурными стержнями двух взаимно перпендикулярных направлений, устанавливаемых с шагом 100-150 мм в верхней зоне плиты. Поперечная сила воспринимается поперечной арматурой – вертикальными стержнями, устанавливаемыми с шагом 50-70 мм в обоих направлениях.

Для удобства монтажа поперечная арматура посредством горизонтальных стержней объединяется в сварные сетки, устанавливаемые вертикально в опорной зоне плиты.

В зарубежной практике в качестве поперечной арматуры часто используются шпильки, соединяющие верхнюю рабочую и нижнюю конструктивную арматуру.

В любом случае опорная зона плиты перенасыщена арматурой, что затрудняет бетонирование. Уплотнение бетона в опорной зоне плиты возможно только игольчатыми вибраторами, что малопроизводительно и некачественно.

С другой стороны армирование опорной зоны плиты «сплошное», т.е. не учитывает характер распределения усилий или, иначе говоря, эпюр изгибающих моментов и поперечных сил. Последнее свидетельствует о нерациональном размещении арматуры в опорной зоне плиты.

Данная статья посвящена вопросу совершенствования армирования опорной зоны плоской плиты каркасного здания.

Принятая на сегодня методика расчета плоской плиты на поперечную силу основана на пирамиде продавливания [2, 3]. Схема для расчета плоской плиты с вертикальной арматурой на продавливание приведена на рис.1. К недостаткам этой схемы можно отнести следующее:

– оставлена неармированная зона вокруг колонны шириной «с» где возможен срез плиты;
– армирование сплошное, о недостатках которого сказано выше.

Ниже рассматриваются альтернативные варианты армирования опорной зоны плоской плиты.

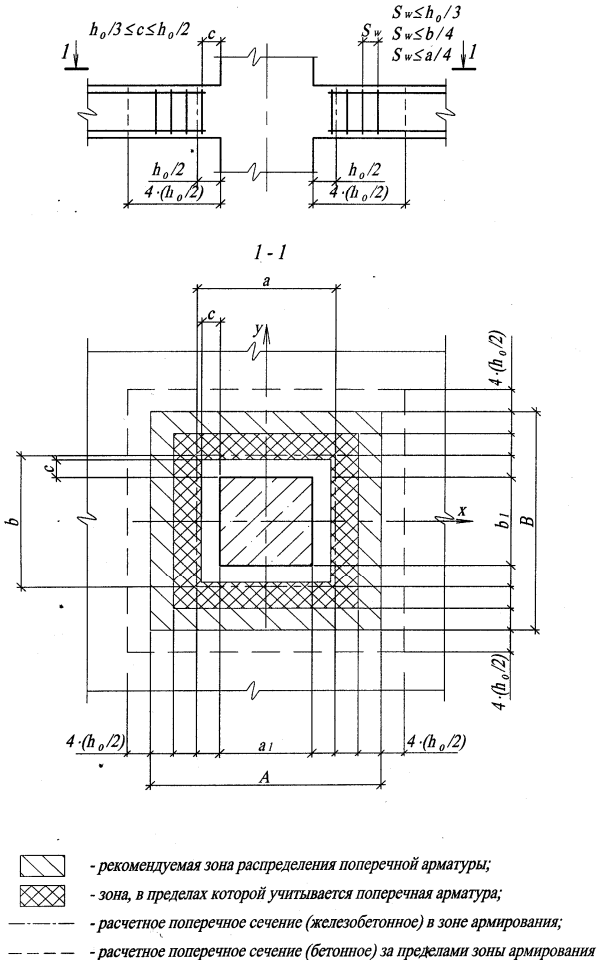
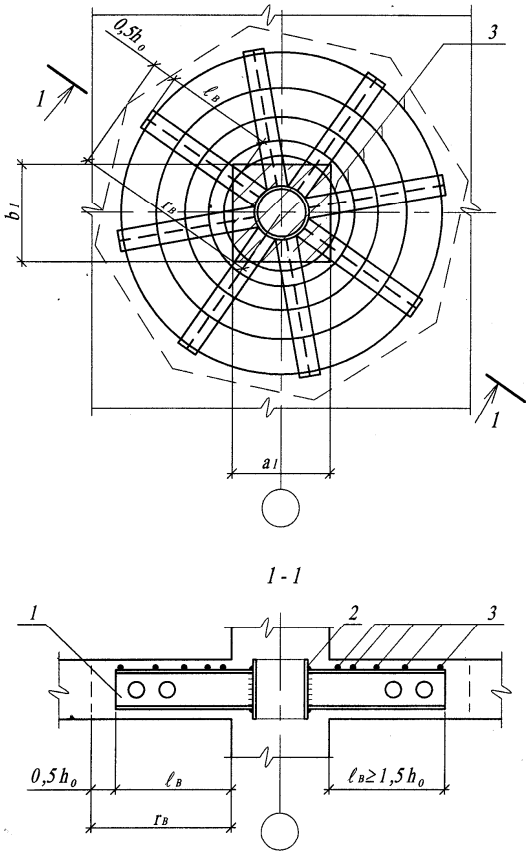


Рис.1. Схема для расчета на продавливание железобетонной плиты с равномерно распределенной поперечной арматурой

Скрытая консоль (рис. 2)

Она состоит из нескольких ветвей жесткой арматуры 1, веером расходящихся от оси колонны. Ветви жесткой арматуры скреплены друг с другом посредством обрезка трубы 2, размещенной по оси колонны.



1 - жесткая поперечная арматура (двутавр);

2 - стальная труба;

3 - кольцевая арматура

— — — — *- расчетное поперечное сечение (бетонное) за пределами жесткой арматуры*

Рис. 2. Схема для расчета на продавливание железобетонной плиты с радиальной жесткой поперечной арматурой

Труба с одной стороны обеспечивает защемление ветвей жесткой арматуры, а с другой не затрудняет бетонирование колонны и плиты.

Конструкция признана изобретением [4].

Можно отметить следующие преимущества предложенного армирования над традиционной:

- жесткая арматура способна воспринять всю поперечную силу, оставляя прочность бетона на продавливание в запас прочности;
- жесткая радиальная арматура совместно с кольцевой воспринимает часть опорного изгибающего момента, уменьшая сечение традиционной рабочей арматуры в верхней зоне плиты;
- радиальная арматура расходится веером, а кольцевая арматура устанавливается с переменным шагом. Это с одной стороны снимает остроту насыщения арматурой опорной зоны плиты, а с другой стороны соответствует эпюрам усилий, т.е. размещается рационально;
- жесткая вставка в опорной зоне плиты приводит к перераспределению изгибающего момента плиты, увеличивая опорный и уменьшая пролетный изгибающий момент. В силу этого увеличиваются жесткость и трещиностойкость плиты;
- арматура опорной зоны в сборе представляет собой пространственную конструкцию заводского изготовления, что облегчает монтаж арматуры в опорной зоне плиты.

Стержневая радиальная арматура (рис. 3)

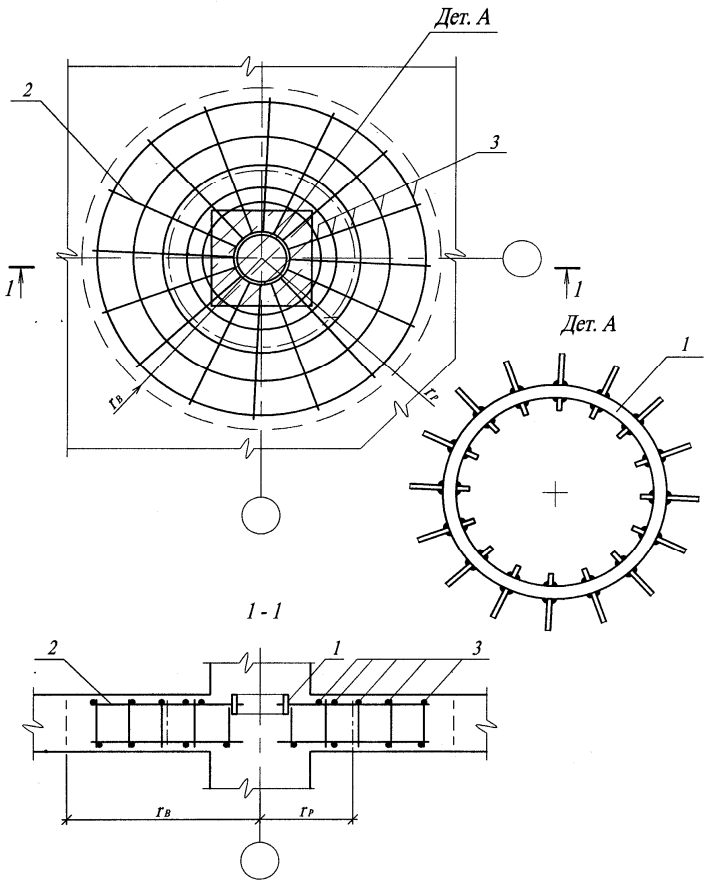
Здесь вместо жесткой радиальной арматуры использованы вертикальные сварные сетки 1 радиального размещения. Верхние стержни сеток скреплены друг с другом посредством обрезка трубы 2, которая равнопрочна соединяемым стержням.

Отличие узла со стержневой радиальной арматуры от узла с жесткой радиальной арматурой состоит в следующем:

- поперечная сила плиты воспринимается вертикальной арматурой радиальных сеток совместно с бетоном;
- стержневая радиальная арматура не приводит к перераспределению изгибающего момента плиты.

С целью сравнительной оценки расхода стали на арматуру выполнены расчеты для конкретного случая со следующими исходными данными: сетка колонн 6×6 м, сечение колонн 300×300 мм, полная расчетная нагрузка равна 12,5 кН/м^2, класс прочности бетона В25, толщина плиты 180 мм, среднее значение расчетной высоты плиты 150 мм.

Полный объем статических и конструктивных расчетов изложен в [5]. Они достаточно громоздки и здесь не приводятся, а анализируются только их результаты.



—·—·— - расчетное поперечное сечение (железобетонное) в пределах поперечной арматуры;

— — — - расчетное поперечное сечение (бетонное) за пределами поперечной арматуры;

1 - стальная труба;

2 - радиальная сетка;

3 - кольцевая арматура

Рис. 3. Схема для расчета на продавливание железобетонной плиты с радиальной стержневой поперечной арматурой

Характеристика поперечной арматуры по результатом расчетов приведена в табл.1.

Технические достоинства вариантов армирования опорной зоны плиты приведены в табл.2.

Таблица 1

Общая характеристика поперечной арматуры рассмотренных вариантов

Варианты	Описание поперечной арматуры	Количество	Масса, кг
1	Шпильки из Ø8А240, шаг 50×50 мм	207 шт.	20,0
2	Жесткая радиальная арматура ·12, С235, труба 168×8, *l* = 160 мм	7 ветвей 4 ветви*	34,5 22,0*
3	Радиальные арматурные сетки: поперечная и верхняя арматура Ø8А400, нижняя Ø4В-I, труба 168×8, *l* = 40 мм	16 ветвей	19,0
* – При учете несущей способности бетона на продавливание			

Таблица 2

Технические достоинства вариантов армирования опорной зоны плиты

№ п/п	Описание	Вариант по табл.1		
		1	2	3
1	Поперечная арматура введена в состав конструкции заводского изготовления	-	+	+
2	Повышенная прочность, жесткость и трещиностойкость (надежность)	-	+	-
3	Рациональное размещение арматуры, а именно в соответствии с эпюрами усилий	-	+	+
4	Разряженное расположение арматуры	-	+	+
5	Восприятие части опорного изгибающего момента плиты элементами поперечной арматуры	-	+	+
6	Наличие кольцевой арматуры, воспринимающей часть опорного изгибающего момента	-	+	+
7	Масса поперечной арматуры	-	-	+

Анализ технических и экономических характеристик вариантов поперечного армирования опорной зоны плоской плиты показал следующее:

– предложенные варианты армирования позволяют повысить качество плит в целом;
– расход стали на жесткую арматуру (вариант 2) превышает этот показатель для стержневой арматуры (вариант 1) на 72,5% и 10% в случае неучета и учета прочности бетона на продавливание соответственно;
– третий вариант армирования с радиально расположенными арматурными сетками обеспечивает минимальный расход стали и достаточную надежность и может быть рекомендован к применению в зданиях II – нормального уровня ответственности [6];
– второй вариант армирования без учета прочности бетона на продавливание требует большого расхода стали, но обеспечивает повышенную надежность и применение его оправданно в зданиях I – повы-

шенного уровня ответственности, а также при большой нагрузке (более 25-30 кН/м^2) и большого пролета (более 6,5-7 м).

– второй вариант армирования становится конкурентно способным по расходу стали первому варианту при учете прочности бетона на продавливание.

Скрытая капитель с жесткой радиальной арматурой (рис. 4)

При увеличении длины ветвей жесткой радиальной арматуры до полной ширины опорной зоны (0,45-0,5 пролета плиты).

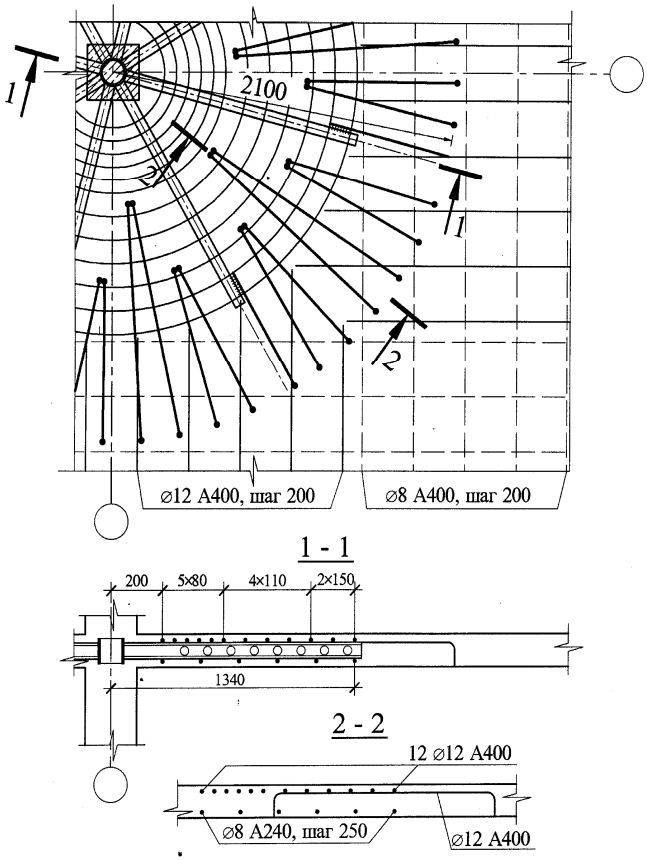


Рис. 4. Фрагмент скрытой капители с кольцевой жесткой радиальной арматурой и фрагмент традиционной арматуры в верхней зоне плиты

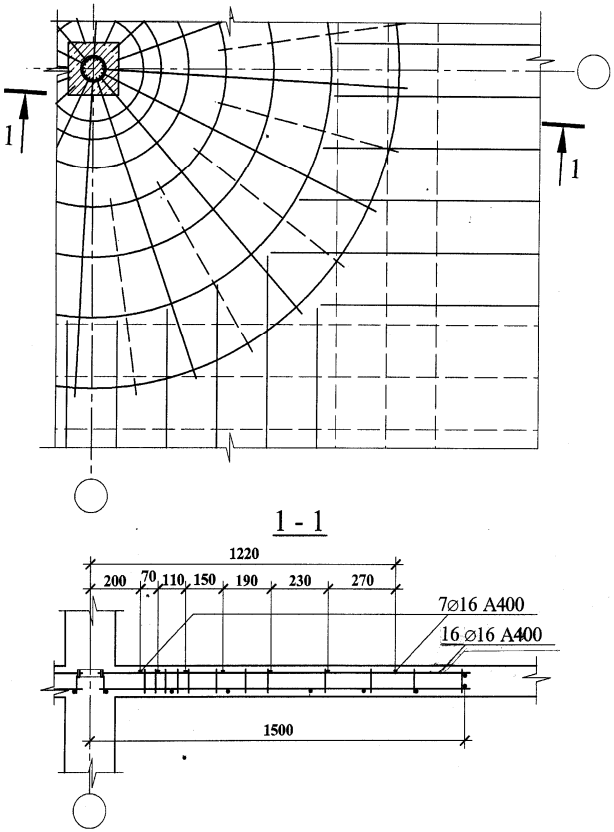


Рис. 5. Фрагмент скрытой капители со стержневой радиальной и кольцевой арматурой и фрагмент традиционной арматуры в верхней зоне плиты

Это конструкция заводского изготовления, объединяющая кроме поперечной арматуры арматуру, воспринимающую опорный изгибающий момент плиты.

Здесь поперечная сила полностью или совместно с бетоном воспринимается жесткой арматурой, а опорный изгибающий момент воспринимается кольцевой арматурой совместно с радиальной жесткой арматурой.

Дополнительно предусмотрены радиальные стержни для силовой связи кольцевой арматуры с традиционной продольной арматурой. Радиальные стержни поддерживают кольцевую и продольную арматуру в проектном положении на период бетонирования плиты. Для этого радиальные стержни выполнены в виде скоб с опиранием на опалубку и скреплены друг с другом одними концами, образуя неизменяемую систему.

Скрытая капитель со стержневой арматурой (рис. 5)

Здесь жесткая радиальная арматура заменена сварными арматурными сетками, установленными радиально. Поперечная сила воспринимается поперечной арматурой сеток совместно с бетоном, а опорный изгибающий момент – кольцевой арматурой совместно с верхними стержнями радиальных сеток. Для этого последние скреплены друг с другом по оси колонны посредством обрезка трубы.

Рекомендуемые области применения конструкций скрытой капители те же, что и аналогичные конструкции скрытой консоли.

Сечения арматуры на рис.4 и 5 рассчитаны для тех же исходных данных, что и сечения элементов скрытой консоли (см. рис.2 и 3).

Вывод

Конструкция плоской плиты перекрытия из монолитного железобетона еще далека от совершенства.

Предложенные варианты армирования опорной зоны плиты позволяют улучшить конструкцию плиты как в техническом плане, так и в отношении экономии материалов.

Библиографический список

1. Карпенко С.Н., Чепизубов И.Г. Способ усиления и расчета усиленных монолитных железобетонных перекрытий. Промышленное и гражданское строительство. - М., 2005. № 8. С. 27-28.
2. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / ГУП «НИИЖБ», - М.: ФГУП ЦПП, 2004. 54 с.
3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП-52-101-2003)/ ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. - М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2005. – 214 с.
4. Ягофаров Х., Ягофаров А.Х. Патент №2309228. Безбалочное перекрытие.
5. Ягофаров Х., Ягофаров А.Х. Железобетонные конструкции. Проектирование плоской плиты перекрытия. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / УрГУПС, – Екатеринбург, 2007. – 36 с.
6. СНиП 2.01.07 - 85*. Нагрузки и воздействия / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 44 с.