

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.012.45.04

В.А. Тесля

К РАСЧЕТУ ПЛИТ, ОПЕРТЫХ ПО КОНТУРУ

В статье о комбинированном армировании балок монолитных перекрытий и покрытий [1] рассматривается вопрос применения жесткого армирования монолитных балок как второстепенных, так и главных. Выбор расположения балок в плане зависит от многих факторов, основным из которых является расход основных материалов – бетона и арматурной стали. Выбор стальной двутавровой балки принимается по условию принятых величин пролета и расстояния между второстепенными балками. Последующий статический расчет монолитной плиты, как правило, выполняется по балочной схеме. При этом расстояния между второстепенными балками принимаются по отношению длинной стороны плиты к короткой не более двух. В этом случае плиту балочного типа рассчитывают при условии действия на неё равномерно распределенной нагрузки. В противном случае её следует рассчитывать как плиту, работающую в двух направлениях при любом соотношении сторон.

Теоретические обоснования определения усилий в плитах различной конфигурации и нагрузок, при условии работы материала в упругой стадии, вытекают из уравнений, связывающие действующие усилия в плите с перемещениями

$$\begin{aligned} M_x &= D \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) \\ M_y &= D \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь D – цилиндрическая жесткость плиты, определяемая по формуле $D = E \cdot h^3 / 12(1-\nu^2)$, где E – модуль упругости материала, h – толщина плиты, ν – коэффициент Пуассона.

Для железобетонных конструкций в действующих нормативных документах не приводятся значения коэффициента ν . В отдельных публикациях он принимается для тяжелого и легкого бетонов равным 0,15, для ячеистого 0,20. Многие исследователи [2] рекомендуют модуль упругости принимать постоянным, а коэффициент Пуассона равным 1/6 для сжимаемой части сечения и нулевым для растянутой.

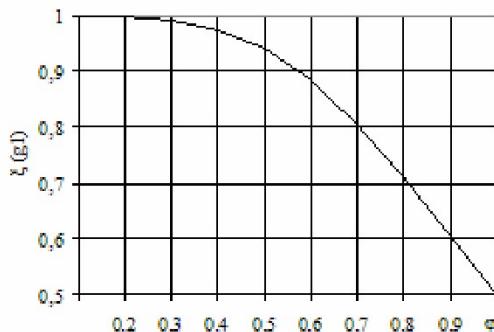
В силу трудоемкости прямого использования при определении усилий формулы (1) составлены

множество таблиц расчетных коэффициентов, позволяющих относительно быстро определять искомые усилия в плитах опертых по контуру. Характерной особенностью является факт, что большинство расчетных таблиц не учитывают коэффициент Пуассона с обоснованием того, что на определение несущей способности конструкций коэффициент ν не влияет. Вместе с тем такое решение в некоторых случаях существенно сказывается на результатах определения усилий. Это особенно наблюдается для плит работающих не по балочной схеме.

Решение уравнений по отысканию усилий трудоемкая задача, учитывающая различные граничные условия по контуру плиты. Из методов, позволяющих использовать программы вычисляемых на ЭВМ, широкое распространение получил метод конечного элемента, а также применение табличных безразмерных коэффициентов, позволяющих значительно упростить расчет по отысканию расчетных усилий и перемещений. Наряду с таблицами, составленные без учета коэффициента ν , имеются таблицы, в которых учитывается этот коэффициент равным 0,15 [2, 3]. Заслуживают особого внимания таблицы справочного пособия [2], составленные для различных условий опирания – свободных по краям опирания, плит опертых или защемленных по контуру с обоснованным применением или отсутствием коэффициента Пуассона.

В справочном пособии [4] для плит имеющих отношение меньшей стороны к большей от 0,5 до 1 изгибающие моменты определяются в пяти точках, из которых четыре находятся по контуру плиты и одна по центру. Коэффициент ν принят равным 0,2. Значения изгибающих моментов несколько занижены для балочных плит по сравнению с теоретическим обоснованием, приведенным в формуле 6.145 – 6.148 [4].

В практике инженерного проектирования опорные и пролетные моменты, используя метод предельного равновесия, который учитывает наличие пластических шарниров, определяют по принятому армированию – формула 6.128 [4] с последующей проверкой расчетных моментов, определяемых по формуле 6.127 [4]. Таким образом, вся задача сводится к отысканию рабочей арматуры одного из главных направлений корот-

Рис.1. Изменение интенсивности нагрузки g_1

кой или длинной стороны, с последующим определением количества арматуры по соответствующим отношениям количества арматуры в других точках плиты, используя данные таблицы 6.23 [4]. Так если определено количество арматуры в направлении короткой стороны, где изгибающие моменты имеют большее значение, количество арматуры параллельно длинной стороны будет $\Delta S_2 = (0,2 \dots 0,15) \Delta S_1$.

Кинематический способ метода предельного

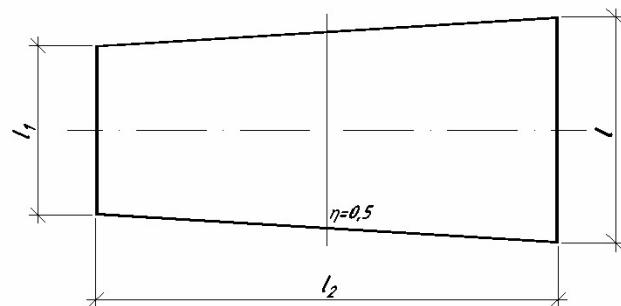


Рис.2. Геометрия очертания трапецидальной плиты

прогибов по центру плиты определяется интенсивность приходящейся нагрузки по каждому из направлений. Так по короткой стороне $g_1 = \xi \cdot g$, соответственно в направлении длинной стороны $g_2 = (1 - \xi) \cdot g$. Здесь $\xi = 1/(\varphi^4 + 1)$. Значения интенсивности разложения нагрузки по направлениям приведены в табл.1.

Изменение интенсивности нагрузки по направлению короткой стороны приведено на рис.1

Таблица 1

φ	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
g_1	$0,5g$	$0,6038g$	$0,7094g$	$0,8063g$	$0,8852g$	$0,9412g$	$0,9750g$	$0,9920g$	$0,9984g$
g_2	$0,5g$	$0,3962g$	$0,2906g$	$0,1937g$	$0,1148g$	$0,0588g$	$0,0250g$	$0,0080g$	$0,0016g$

равновесия предполагает наличие для плит, защемленных по контуру, шести пластических шарниров согласно схемы излома плиты от действия нагрузки. Схема излома плиты должна соответствовать условиям её опирания и загружения. Отсюда следует сложность в окончательном отыскании количества арматуры в полном объеме. Для плит, имеющих защемление по всему контуру, потребуется определение арматуры от шести действующих моментов.

В настоящей работе предлагается упрощенная методика решения по определению армирования плит по условию разделения действующей нагрузки по направлениям короткой и соответственно длинной сторон плиты. Это позволяет определять изгибающие моменты, по которым определяется необходимое количество арматуры по каждому из направлений, и обоснованно принимать решение по определению расстояний между опорными балками, на которые опирается монолитная плита. Изгибающие моменты определяются из условия опирания плиты по контуру.

Принимая размеры плиты l_1 – по короткой стороне и l_2 – по длинной, соответственно определяем действующую нагрузку по каждому из направлений g_1 – по короткой стороне и g_2 – по длинным сторонам.

При отношении $\varphi = l_1/l_2$ из условия равенства

в соответствии изменения значения ξ по значению $\varphi = l_1/l_2$.

Упомянутые выше по тексту таблицы в плавляющем большинстве используются при расчете плит, имеющих прямоугольную или квадратную форму. В объемном пособии [5] приведены расчетные таблицы для расчета в упругой стадии прямоугольных, квадратных, треугольных и трапецидальных равнобедренных плит различных условий опирания и нагрузок. Таблицы для расчета равнобедренных трапецидального очертания плит составлены для соотношений оснований трапеции 3/8 и 1/2, для других соотношений оснований таблицы отсутствуют.

Разложение интенсивности действия нагрузки для плит трапецидальной формы для любых соотношений сторон при отношении $\varphi = l_1/l_2$, когда короткая сторона l_1 изменяется до величины l (см. рис.2), можно выразить, принимая $\varphi_i = \varphi + \eta \cdot \alpha$, где $\varphi = l_1/l_2$; η – часть длины l_2 и $\alpha = c/l_2$ при $c = l - l_1$.

Таким образом, интенсивность нагрузки по направлению короткой стороны в трапеции l_{1i} будет изменяться по закону $g_{1i} = \xi_i \cdot g$ при $\xi_i = 1/(\varphi_i^4 + 1)$. В направлении длинной стороны на расстояниях ηl_2 необходимо учитывать коэф-

фициент Пуассона ν . При этом нагрузка будет равна $g_2 = (1 - \xi\nu) \cdot \nu \cdot g$.

Известно, что расчет железобетонных конструкций в линейно-упругой постановке в достаточной мере условен и, в ряде случаев, приводит

к неоправданному перерасходу материалов. Не составляют в этом случае исключения и плиты трапециoidalные тем более при армировании в направлении длинной стороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тесля В.А., Гукин А.С. Комбинированное армирование балок монолитных перекрытий и покрытий. Вестник КузГТУ №2, 2007.*
2. *Шадурский В.Л. Таблицы для расчета упругих прямоугольных плит. – М.: Стройиздат, 1976. – 150с.*
3. *Расчетно-теоретический справочник проектировщика. Под редакцией А.А. Уманского. – М.: Издательство литературы по строительству, 1973. – 415с.*
4. *Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие. – Киев.: «Будивельник», 1985. – 492с.*
5. *Железобетонные конструкции (расчет и конструирование). Под редакцией С.А. Ривкина. – Киев.: «Будивельник», 1973. – 989с.*

Автор статьи:

Тесля

Виктор Андреевич

- доцент каф. строительных
конструкций КузГТУ,
тел.: 8(3842)58-08-86