

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.012.45.06

В.А. Тесля

РЕБРИСТЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОНОЛИТНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ

При монолитном исполнении перекрытие состоит из плоской плиты и системы перекрестных балок. Монолитная плита в зависимости от соотношения сторон может воспринимать нагрузку по балочной схеме в одном направлении по короткому размеру или в двух направлениях для плит опертых по контуру. Плита монолитно соединена с системой главных и второстепенных балок в одно целое ребристого перекрытия. Размеры плит зависят от конфигурации расположения главных балок и расстояний между второстепенными балками, которые опираются на главные. Направление главных балок может быть принято вдоль или поперек здания, чем будет обусловлено и расположение второстепенных балок - в первом случае поперек, во втором случае вдоль для зданий прямоугольного очертания в плане.

Так как суммарная нагрузка полностью воспринимается главными балками, их несущая способность будет максимальной по сравнению с другими элементами перекрытия, поэтому выбор их расположения является важным фактором. Опирание главных балок осуществляется на колонны зданий с полным каркасом или на колонны и наружные стены при отсутствии колонн по периметру.

Расстояния между второстепенными балками определяют пролеты монолитных плит. Возникает ситуация – при увеличении расстояний между балками нагрузка на них возрастает, потребуется увеличение поперечного сечения и армирования или принятие более высокого класса бетона. Последнее исключается, так как класс бетона уже принят расчетом главных балок. Плиты, имеющие большие пролеты, будут иметь повышенную толщину и усиленное армирование. Толщину плиты по экономическим соображениям необходимо принимать по возможности меньшей. Минимальные ее значения согласно требованиям норм [п.5.3 1] принимают для междуэтажных перекрытий промышленных зданий 6 см, для жилых и гражданских зданий 5 см. При значительных временных нагрузках потребуется увеличение толщины плит. Так при временной нагрузке 10-15 кН/м² и пролетах 2,2-2,7 м толщина плит принимается в 8-10 см. Учитывая, что расход бетона на монолитную плиту составляет от 40 до 50% общего расхода на перекрытие, поэтому при определении рас-

стояний между балками не следует принимать больших размеров, что потребует увеличение толщины и армирования. Таким образом, расположение второстепенных балок необходимо определять по несущей способности плиты при ее минимальной толщине и оптимальном армировании.

Принимая эту методику расчета произведем анализ несущей способности железобетонных балочных плит для суммарных нагрузок – 5; 7,5 и 10 кН/м² и классов бетонов по прочности на сжатие В20, В25 и В30. При расчете принимаем полосу плиты шириной 100 см с опорами на второстепенные балки и стены для крайних пролетов. При этом плита принимается как многопролетная балка, загруженная равномерно распределенной суммарной нагрузкой при максимальном изгибающем моменте $\mu a^2 / 11$. Где величина “ a ” – расстояние между второстепенными балками, а величина момента принята согласно методике расчета по предельному равновесию при допустимом наличии пластических шарниров.

Принимая армирование проволокой класса ВрI диаметром 5 мм при минимальном шаге ее расположения в 100 мм – рабочая площадь сечения арматуры $A_s = 1,96 \text{ см}^2$ и арматура класса АIII при шаге ее расположения в 200 мм. В этом случае при диаметре в 6 мм суммарная площадь сечения $A_s = 1,41 \text{ см}^2$, а при диаметре в 8 мм $A_s = 2,51 \text{ см}^2$. По принятому армированию определяем коэффициент армирования $\mu = A_s / b h_0$, при ширине сечения $b=100$ см и рабочей высоте $h_0 = h - 1,5 \text{ см}$ для плит толщиной 6 и 8 см. Принимая расчетные сопротивления арматуры R_s и бетона R_b находим относительную высоту сжатой зоны сечения $\xi = \mu R_s / R_b$, что позволяет определить значение $\alpha_m = \xi(1-0,5\xi)$ и величину изгибающих моментов плит $M = R_b b h_0^2 \alpha_m$. Выполним эти расчеты. Коэффициенты армирования плит $h=6\text{см}$. При армировании арматурой ВрI Ø5 $\mu=0,00436$, арматурой АIII Ø6 $\mu=0,00313$, Ø8 $\mu=0,00558$. Тоже плит $h=8\text{см}$, при арматуре ВрI Ø5 $\mu=0,00302$, АIII Ø6 $\mu=0,00216$, Ø8 $\mu=0,00386$. Все значения коэффициентов армирования больше минимального значения согласно требованиям норм для изгибаемых элементов $M_{min}=0,0005$ [табл. 38, 1]. Таким образом, условия по армиро-

Таблица 1

Плита	Арматура	Значения	B20	B25	B30	Средние значения
Толщина h=6 см	BрIØ5	ξ	0,136	0,108	0,092	0,112
		α_m	0,127	0,102	0,088	
		M кН·м	2,958	2,995	3,029	2,994
	AIIIØ6	ξ	0,097	0,077	0,065	0,080
		α_m	0,092	0,074	0,063	
		M кН·м	2,142	2,163	2,169	2,158
	AIIIØ8	ξ	0,172	0,137	0,117	0,142
		α_m	0,157	0,128	0,110	
		M кН·м	3,656	3,758	3,786	3,773
h=8 см	BрIØ5	M кН·м	4,373	4,411	4,453	4,412
	AIIIØ6	M кН·м	3,207	3,247	3,304	3,252
	AIIIØ8	M кН·м	5,393	5,513	5,531	5,479

Таблица 2

Плита h=6 см	Нагрузки, кН/м ²	Шаг балок, a	B20	B25	B30	Среднее значение	Округленное значение a
Плита h=6 см	BрI	M кН·м	2,958	2,995	3,029	2,994	
	5	a, м	2,551	2,567	2,581	2,563	2,60
	7,5	a, м	2,083	2,096	2,107	2,092	2,10
	10	a, м	1,804	1,815	1,825	1,812	1,80
	AIII	M кН·м	3,656	3,758	3,786	3,733	
	5	a, м	2,836	2,875	2,886	2,873	2,90
	7,5	a, м	2,316	2,348	2,356	2,345	2,30
	10	a, м	2,005	2,034	2,041	2,032	2,00
	BрI	M кН·м	4,373	4,411	4,453	4,412	
Плита h=8 см	5	a, м	3,102	3,115	3,130	3,115	3,10
	7,5	a, м	2,532	2,544	2,556	2,544	2,50
	10	a, м	2,193	2,202	2,213	2,202	2,20
	AIII	M кН·м	5,393	5,513	5,513	5,479	
	5	a, м	3,444	3,483	3,488	3,472	3,50
	7,5	a, м	2,812	2,844	2,848	2,835	2,80
	10	a, м	2,436	2,463	2,466	2,455	2,50

ванию удовлетворяются. Принимая расчетные сопротивления арматуры R_s и R_b для бетонов классов по прочности на сжатие B20, B25, B30, определяем изгибающие моменты M. Все определяемые компоненты сведены в табл.1.

Так как при армировании плиты арматурой AIIIØ6 моменты значительно меньше по сравнению с армированием арматурой BрI, в дальнейшем нет необходимости анализировать плиты с армированием арматурой диаметром 6 мм класса

AIII.

По данным расчета видно следующее.

Повышение класса бетона не дает значительного роста моментов. При проволочном армировании рост моментов $4,453/4,373=1,018$ (1,8%), при армировании арматурой класса AIIIØ6 $3,304/3,207=1,03$ (3%), при Ø8 – $5,531/5,393=1,0256$ (2,56%). Поэтому можно рекомендовать армирование проволочной арматурой диаметром 5 мм при шаге в 100 мм и стержневой

Таблица 3

Нагрузка, кН/м ²	Арматура плиты	Расстояние "a"	-M кН·м балки l=6см	Ширина сечения балки, см	h ₀ , см	Размеры сечения балки (h×b), см
5	BрIØ5	2,551	41,74364	20	23,890	29×20
	AIIIØ8	2,836	46,40727	20	25,189	30×20
7,5	BрIØ5	2,083	51,12818	22	25,209	30×22
	AIIIØ8	2,316	56,84727	22	26,582	32×22
10	BрIØ5	1,804	59,04000	24	25,936	31×24
	AIIIØ8	2,005	65,61818	24	27,342	32×20

$\varnothing 8\text{мм}$ класса АIII с шагом 200 мм. В обоих случаях класс бетона В20.

Определим шаг второстепенных балок по максимальным моментам плит от действия суммарных нагрузок 5; 7,5 и 10 kH/m^2 . Результаты отыскания расстояний между второстепенными балками приведены в табл.2.

Графики по средним значениям расстояний между второстепенными балками для плит толщиной 6 см и 8 см, при их армировании арматурой классов ВрI $\varnothing 5$ и АIII $\varnothing 8$ мм, приведены на рис.1, 2.

Теперь, когда определены основные компоненты, влияющие на отыскание расстояний между второстепенными балками, сравним результаты с существующими рекомендациями. По [§XI.3 2] пролет второстепенных балок может составлять 5-7 м, плиты 1,7-2,7 м, при толщине плиты 6 см, временной нагрузке менее 10 kH/m^2 и бетоне класса В15. При временной нагрузке 10 kH/m^2 и более толщина плиты принимается 8-10 см по условиям

экономичного армирования. При оптимальном армировании рекомендуется относительная высота сжатой зоны $\xi=0,1..0,15$, что соответствует полученным результатам по предлагаемой методике настоящего расчета – см. табл. 1. Графики, которые приведены на рис.1, 2, позволяют принять правильный выбор, при учете суммарной нагрузки, толщины плиты и расстояния пролета, который находится в пределах от 1,8 до 3,5 м. Расстояние равное 3,5 м соответствует для плит толщиной 8 см, при суммарной нагрузке до 5 kH/m^2 . Так как значительного увеличения несущей способности по изгибающим моментам не происходит при классах бетона В25 и В30 по отношению к классу В20, нет смысла применять бетоны выше В20. Используя данные рис.2 при классе бетона В20, можно принимать решения по выбору толщины плиты и расстояния между второстепенными балками в зависимости от действующей нагрузки.

Расчет и армирование второстепенных балок.

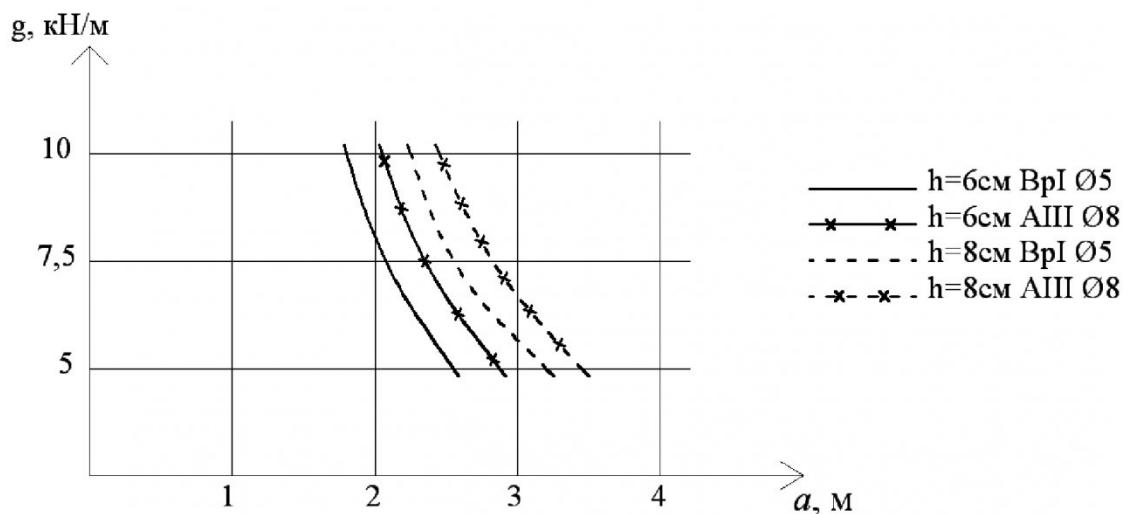


Рис.1 График средних расстояний “ a ” пролетов плит толщиной 6 см и 8 см.

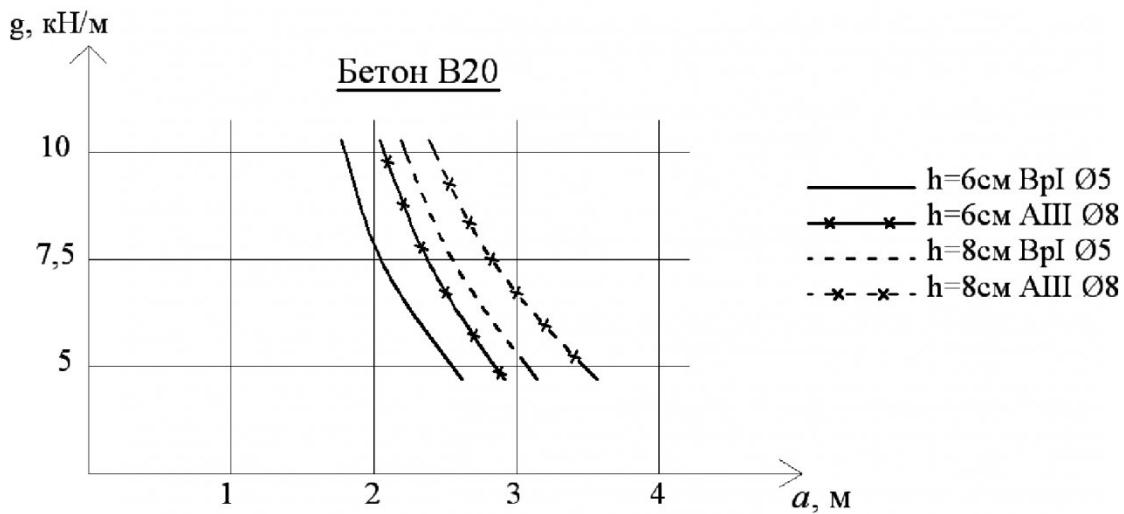


Рис.2 График расстояний “ a ” пролетов плит толщиной 6 см и 8 см при бетоне класса В20.

Выполним расчет для максимального пролета 6 м, класса бетона В20 при армировании арматурой класса АIII. Расчет необходимо выполнять по опорной части балки, когда сжатая часть находится внизу сечения. Определим размеры поперечного сечения балки по необходимой рабочей высоте h_0 при ширине сечения 20 см при нагрузке 5 кН/м², 22 см при 7,5 кН/м² и 24 см для 10 кН/м². При этом принимаем соответственно максимальные размеры расстояний между балками. С целью уменьшения размеров поперечного сечения балок, что дает значительную экономию бетона, принимаем оптимальное армирование балок, когда коэффициент армирования равен 0,0125. Результаты размеров поперечного сечения балок при толщине плиты 6 см и опорном моменте балки – $M=agl^2/11$ приведены в табл.3.

В технической литературе допущенного Министерством образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных

заведений по специальности “Промышленное и гражданское строительство” [3] имеется подробный расчет и конструирование железобетонного монолитного ребристого перекрытия, где предлагается методика расчета элементов перекрытий по оптимальной стоимости, когда процент армирования плит равен 0,3..0,6% при относительной высоте сжатой зоны бетона 0,1..0,15. Стоимость железобетонных балок прямоугольного сечения, как и стоимость балок таврового сечения с полкой в растянутой зоне получается близкой к оптимальной при значениях $\mu=1..2\%$. Эти данные еще раз подтверждают предлагаемую выше новую методику расчетов монолитных железобетонных плит и второстепенных балок. При этом расчетного материала достаточно для обоснования принятого решения по выбору классов бетона и арматуры и определения расстояний по размещению второстепенных балок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции/ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 76с.
2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1986. – 728с.
3. Бондаренко В.М., Римишин В.И. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций. – М.: “Высшая школа”, 2007. – 564с.

Автор статьи:

Тесля

Виктор Андреевич

- доцент каф. строительных конструкций КузГТУ
Тел. 8 (3842) 39-63-31