

Железобетонные ребристые плиты покрытий с переменным усилием преднапряжения вдоль пролета

В.Х. Хуранов, З.Р. Лихов, А.М. Казиев, Ш.М. Шерибов

*ГОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им Х.М. Бербекова»,
Нальчик, Россия*

Аннотация: В статье представлены новые конструктивные решения железобетонных ребристых плит покрытия с преднапряженным армированием, в которых ребра растянутой зоны имеют ступенчатое очертание. Такое очертание способствует обрыву высокопрочной преднапряженной арматуры по длине элемента, что позволяет увеличить коэффициент использования арматуры в сравнении с типовым решением.

Ключевые слова: ребристые плиты покрытий, равное сопротивление, преднапряженная арматура, ступенчатое очертание.

Железобетонные ребристые преднапряженные плиты покрытий в современном промышленном строительстве получили широкое распространение. К ребристым относятся плиты с поперечным сечением, состоящим из плоской плиты и ребер по краям. В случае больших пролетов в ребрах обычно располагается предварительно растянутая арматура из высокопрочной стали, которая устанавливается по всей длине пролета. Сечение арматуры подбирается по наибольшему изгибающему моменту посередине пролета, из-за чего на участках близких к опорам образуется излишний запас прочности [1]. Кроме того, необходимы мероприятия для устранения негативного влияния преднапряжения на приопорных участках - разрушение торцов и раскрытие трещин на верхней грани ребер.

Для проектирования экономически эффективных плит, предлагается приблизить их к конструкциям равного сопротивления, то есть к элементам, для которых отношение изгибающего момента к моменту сопротивления вдоль пролета остается постоянным ($M/W=const$). Применительно к железобетонным балкам это может быть достигнуто различными путями – изменение очертания и преднапряжения вдоль пролета [2-5], применение

смешанного армирования [6], применение комбинированного преднапряжения [7-8]. Известен метод создания изгибаемых конструкций равного сопротивления с помощью изменения размеров поперечных сечений вдоль пролета на основе эпюры моментов от внешней нагрузки. По данной методике предлагаются конструктивные решения, как для балок, так и для плит покрытия типа «2Т» [9]. Возможны также методы создания железобетонных сжатых элементов с переменным преднапряжением по длине элемента [10]. Для конструкций из металла или дерева данный метод позволяет получить элементы наиболее близкие к элементам равного сопротивления. Для железобетона с предварительным напряжением эта задача более сложная, но в то же время возможная и приводящая к существенному эффекту.

С целью улучшения технико-экономических показателей приводятся оригинальные проектные решения железобетонных преднапряженных плит. Для них произведен расчет по обеим группам предельных состояний с учетом ступенчатого очертания конструкции и изменений усилий преднапряжений по длине элемента.

Для сравнения принята типовая ребристая плита с размерами 3x12 м марки 1 ПГ 12 - 4Ат1000 серия 1.465.01 – 15 (Москва, ЦИТП – 1990 г.).

Расчетная равномерно распределенная нагрузка с учетом собственного веса плиты – 7,00 кПа, нормативная – 5,50 кПа.

Напрягаемая арматура в типовом решении - 2Ø25Ат1000 по всей длине пролета, бетон тяжелый класса В35.

Значение предварительного напряжения в армировании растянутой зоны $\sigma_{sp}=920.00$ МПа.

Предлагаются плиты с двумя видами расположения растянутой арматуры. Они представлены на рисунках 1 и 2. Вид 1 - 1Ø20А1000 и по

одному стержню $1\varnothing 16A1000$ для каждого ребра (суммарная площадь армирования $A_s=10,30 \text{ см}^2$). Вид 2 - $2\varnothing 18A1000$ ($A_s=10,20 \text{ см}^2$). Обрываемая преднапряженная арматура в первом варианте $2\varnothing 16A1000$, а втором $2\varnothing 18A1000$. Длина обрыва указана на рисунках, на которых видно, что необходимые условия анкеровки обеспечены. Рациональность использования арматуры видна из отношения площади эпюры моментов от расчетной нагрузки к площади эпюры моментов внутренних сил в типовом решении равно $\eta=0,67$, а в предложенных решениях – в первом варианте $0,83$, а во втором – $0,8$.

Таблица 1.

Вид детали	Несущая способность M , $\text{кН}\cdot\text{м}$	$M_{срс}$, $\text{кН}\cdot\text{м}$	$a_{срс}$, мм	f , см	Вес растянутой арматуры класса А1000, кг	Экономия арматуры, %	Коэффициент использования арматуры η	Масса детали, кг
Типовая	356,5	257,2	0,10	1,74	92,2	0	0,67	6 095
Проектируемые								
1 вид	364	258	0,09	1,68	85,2	8	0,83	5 973
2 вид	353,4	257	0,09	1,61	83,9	9	0,8	5 981

Примечание к табл. 1. Момент в среднем сечении от расчетной нагрузки $M=365,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$, от нормативной $M_n=289,13 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Бетон тяжелый класса В35.

В табл. 1. приводятся технико-экономические показатели для типовой и проектируемых плит. Кривизна отдельных сечений вдоль пролета изменяется не только из-за изменений значений изгибающих моментов, но и из-за изменений высоты сечения элемента, площади сечения арматуры и усилий обжатия. Моменты трещинообразования, ширина раскрытия трещин и прогибы определялись с учетом геометрических характеристик для каждого сечения.

При практически одинаковых технических характеристиках в предлагаемых решениях экономические показатели выше, чем в типовой плите. Расход высокопрочной арматуры класса А1000 на 8 ...9%, а масса плиты на 112 ...119 кг меньше, чем в типовой плите.

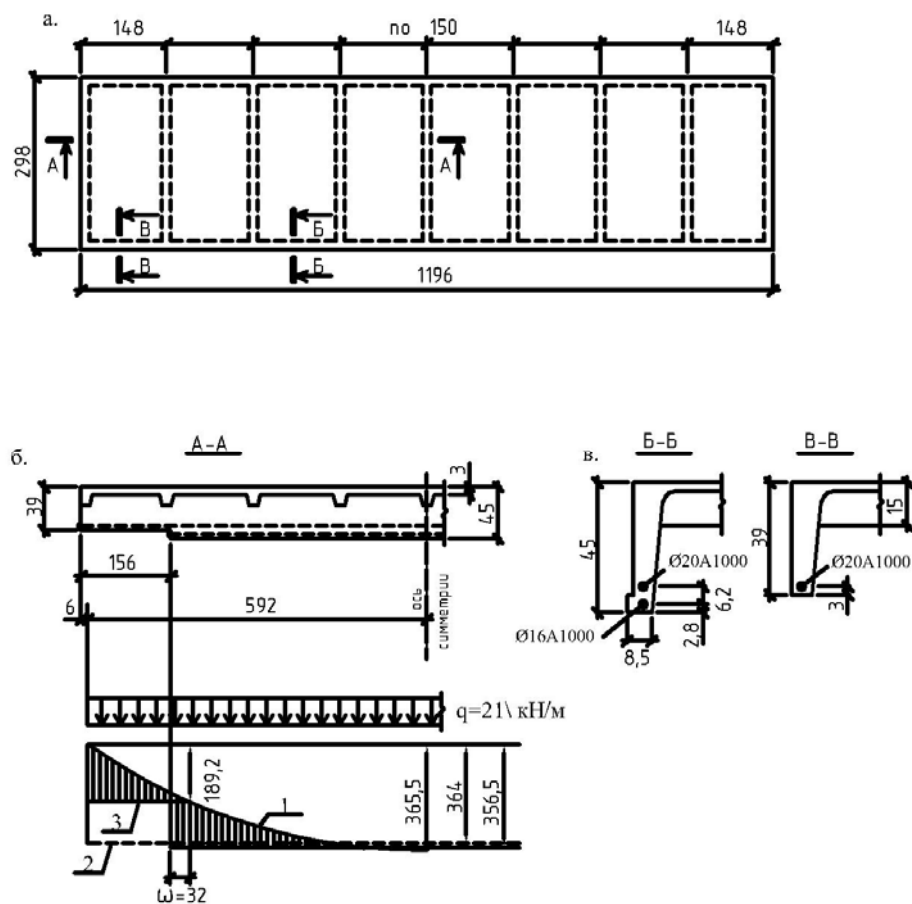


Рис. 1. Железобетонная плита с ребром ступенчатого очертания в растянутой зоне (вид1).

а – плита в плане, б – продольное сечение плиты и эпюры внешних и внутренних моментов, в – поперечные сечения плиты, 1 – эпюра моментов от внешней расчетной нагрузки, 2 и 3 – эпюры моментов внутренних сил в типовой и проектируемых плитах.

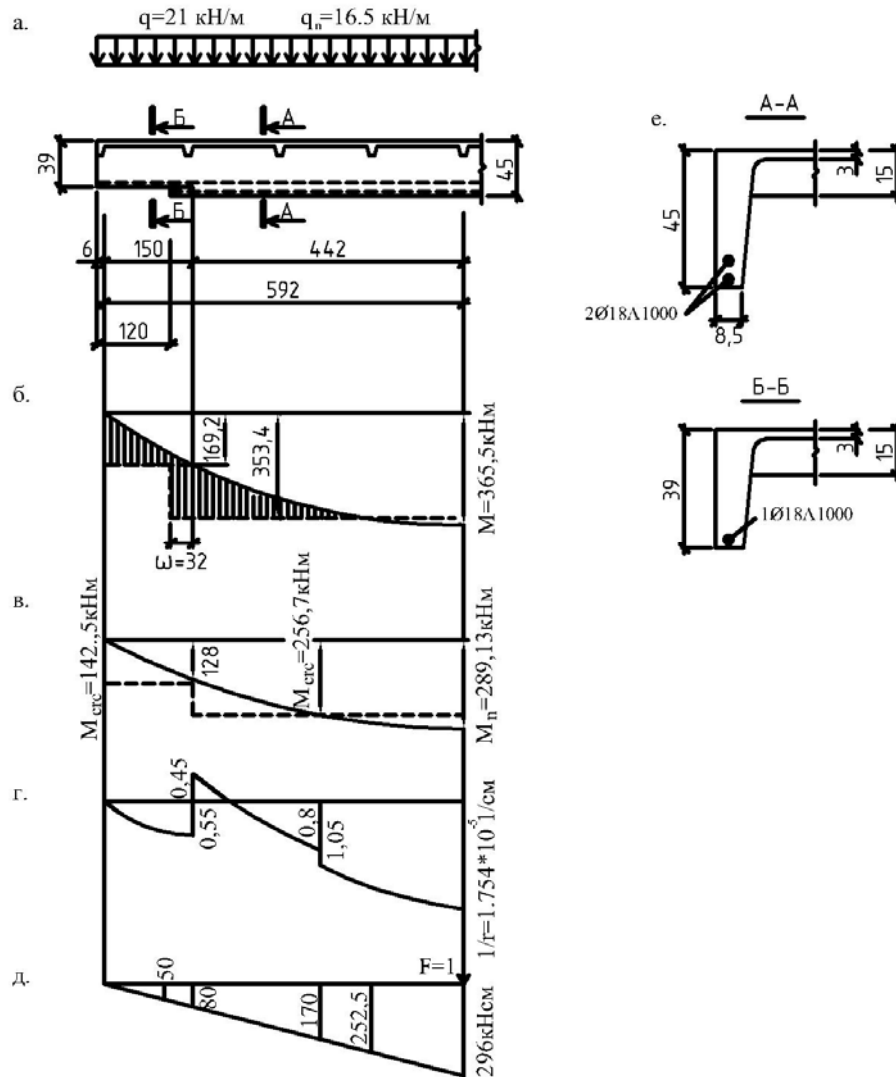


Рис. 2. Железобетонная плита с ребром ступенчатого очертания в растянутой зоне (вид 2).

а – схема плиты, б – эпюры внешних и внутренних расчетных моментов, в – эпюры нормативных моментов и моментов трещинообразования, г- эпюра кривизны, д – эпюра моментов от единичной силы, е – поперечные сечения плиты.

Положительным моментом в предлагаемых решениях является перераспределение усилий обжатия бетона, передающегося на торцевые участки элемента. В нашем случае усилие обжатия бетона направлено не на одно сечение торца, а на несколько участков благодаря ступенчатому профилю конструкции.

Литература

1. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings// Singapore standard, 2004, 225 p.
2. Хуранов В.Х., Бжахов М.И., Джанкулаев А.Я., Лихов З.Р. Новое конструктивное решение железобетонной балки равного сопротивления // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. - С. 365-367.
3. Маилян Р.Л., Маилян Д.Р., Хуранов В.Х. Железобетонная балка. Патент России №30372. Бюл. №18.-27.06.2003.
4. Маилян Д.Р., Маилян Р.Л., Осипов М.В. Железобетонные балки с предварительным напряжением на отдельных участках // Бетон и железобетон. 2002. № 2. - С. 18.
5. Dilger W.H., Suru K.M. Steel stresses in partially prestressed concrete members. // Journal of Prestressed Concrete Institute. – 1986. – Vol/ 31/ - №3. – pp. 88-112.
6. Филимонов Н.Н., Трифионов И.А. Работа смешанной арматуры изгибаемого элемента в стадии разрушения // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. - Новосибирск: 1979. №7. – С.32.
7. Лихов З.Р. К расчету железобетонных изгибаемых элементов с комбинированным преднапряжением с учетом полных диаграмм деформирования материалов // Сборник докладов Международной конференции “Строительство – 2003”. – г. Ростов-на-Дону: РГСУ. – 2003г. – С.12.
8. Маилян Д.Р., Ахмад Михуб, Польской П.П. Вопросы исследования изгибаемых железобетонных элементов, усиленных различными видами

композитных материалов // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1674.

9. Маилян Д.Р., Маилян Р.Л., Хуранов В.Х. Способы изготовления железобетонных конструкций с переменным преднапряжением по длине элемента // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 5. - С. 4-11.

10. Маилян Д.Р., Мурадян В.А. К методике расчета железобетонных внецентренно сжатых колон // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 2) URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1333.

References

1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Singapore standard, 2004, 225 p.
 2. Khuranov V.Kh., Bzhakhov M.I., Dzhankulaev A.Ya., Likhov Z.R. Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya. 2014. № 6. pp. 365-367.
 3. Mailyan R.L., Mailyan D.R., Khuranov V.Kh. Zhelezobetonnyaya balka. Patent Rossii №30372. Byul. №18. 27.06.2003.
 4. Mailyan D.R., Mailyan R.L., Osipov M.V. Beton i zhelezobeton. 2002. № 2. 18p.
 5. Dilger W.H., Suru K.M. Journal of Prestressed Concrete Institute. 1986. Vol. 31. №3. pp. 88-112.
 6. Filimonov N.N., Trifonov I.A. Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo i arkhitektura. Novosibirsk: 1979. №7. 32p.
 7. Likhov Z.R. Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii "Stroitel'stvo 2003". Rostov-na-Donu: RGSU. 2003g. 12p.
 8. Mailyan D.R., Akhmad Mikhub, Pol'skoy P.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/ n2y2013/1674.
 9. Mailyan D.R., Mailyan R.L., Khuranov V.Kh. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. 2004. № 5. pp. 4-11.
-



10. Mailyan D.R., Muradyan V.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 URL:
ivdon.ru/magazine/archive/ n4p2y2012/1333.