

СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННЫМ ЭФФЕКТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАБОТЫ

Азизов Т.Н.

Уманский государственный педагогический университет
имени Павла Тычины

Голодкова Н.Н.

Сумский национальный аграрный университет

АННОТАЦІЯ: У статті описано і досліджено роботу збірного залізобетонного перекриття, яке складається із розроблених автором балок з перерізом у вигляді порожнистого трикутника. Такі балки мають суттєво більшу жорсткість при крученні ніж аналогічні балки таврового перерізу. Це значно підвищує ефект просторової роботи перекриття і дозволяє економити матеріали.

АННОТАЦИЯ: В статье приведено описание и исследование работы сборного железобетонного перекрытия, состоящего из разработанных автором балок полового треугольного сечения. Такие балки имеют жесткость на кручение, существенно превышающую жесткость тавровых балок, что заметно повышает эффект пространственной работы перекрытия и приводит к экономии материалов.

ABSTRACT:

Постановка задачи и анализ исследований. Перекрытия и покрытия являются ответственными и наиболее материалоемкими элементами здания. Они выполняют наиболее важные функции – несут полезные нагрузки, обеспечивают пространственную жесткость здания. Железобетонные перекрытия выполняются в сборном, монолитном, сборно-монолитном вариантах.

Учет пространственной работы железобетонных перекрытий обеспечивает существенную экономию материалов и значительно повышает точность определения усилий, действующих в элементах перекрытия.

Традиционное проектирование не предусматривает пространственную работу и взаимодействие отдельных элементов сборных и монолитных перекрытий при действии неравномерных вертикальных нагрузок. Исследования пространственной работы, как правило, посвящены решению отдельных частных задач.

Экспериментальными исследованиями сборных перекрытий, проведенными еще в 50-х годах прошлого столетия [1-4], было показано, что при полосовом загрузении перекрытия нагрузка на одну плиту может в несколько раз превышать разрушающую нагрузку отдельно работающей плиты. Показано также, что разрушение может произойти от раздвижки плит. В результате исследований В.Н. Байкова [1] было рекомендовано устраивать шпонки замкнутой формы.

Экспериментальными исследованиями также установлено [5-9], что при испытании сборных пустотных настилов имеет место образование специфических продольных трещин вдоль пустот. Это изменяет жесткость плит в поперечном направлении, что в свою очередь влияет на пространственную работу перекрытия. Этими исследованиями установлено влияние крутильной жесткости на эффект пространственной работы.

На основании экспериментальных исследований было предложено [1] повышать несущую способность сборных перекрытий путем опирания крайних плит не только торцами, но и длинными сторонами.

Все вышеописанные и другие исследования пространственной работы перекрытий посвящены как правило существующим традиционным сборным перекрытиям: ребристым, пустотным.

В связи с этим **целью настоящей статьи** является исследование новых типов сборных железобетонных перекрытий с повышенным эффектом пространственной работы.

Изложение основного материала. В [10] автором настоящей статьи предложена новая конструкция сборного элемента железобетонного перекрытия полого треугольного сечения, имеющего существенно более высокую жесткость на кручение чем в традиционных тавровых балках. Рассмотрим эффективность применения предложенных балок.

Исследованиями автора настоящей статьи [11] и других авторов [2,9] было показано, что эффект пространственной работы сборного перекрытия при действии локальных нагрузок в значительной степени зависит от крутильной жесткости его элементов. В перекрытиях из плит типа Т или ТТ эффект пространственной работы достаточно низок в связи с тем, что сборные плиты упомянутого сечения имеют весьма малую крутильную жесткость.

Плиты типа Т и ТТ достаточно эффективно могут быть заменены на балки-плиты полого треугольного сечения, предложенного автором [12]. Такие балки совмещают в себе функции балок и плит (рис. 1).

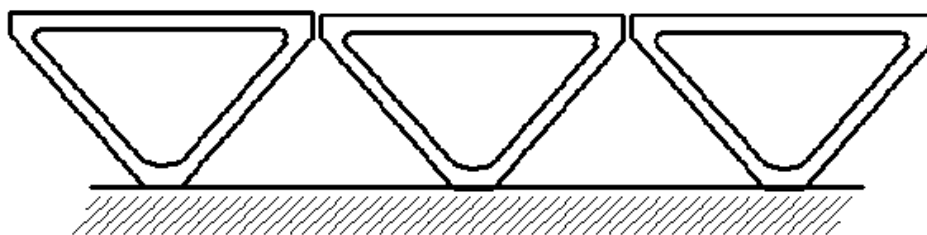


Рис. 1. Поперечное сечение перекрытия из сборных плит полого треугольного сечения

Кроме преимуществ пространственной работы такие перекрытия имеют более высокие теплозащитные свойства.

Изготовление тавровых и двутавровых балок связано с трудностями изготовления опалубки. Балка с сечением, показанным на рис. 1 имеет все достоинства тавровых балок и проста в изготовлении. Она может изготавливаться как на заводе, так и на строительной площадке.

Способ изготовления заключается в следующем (рис. 2). На бетонируемую поверхность (ровный пол или опалубочная форма) укладываются деревянные нижние прокладки 1 толщиной, равной половине толщины стенки полой балки. Ширина прокладок может составлять 50-120 мм в зависимости от толщины стенки балки. Шаг прокладок равен длине отсека балки. Затем на прокладки укладывается арматурная сетка 2.

Диаметр арматуры сетки 4-8 мм подбирается расчетом прочности наклонных сечений железобетонной балки. После этого укладываются верхние деревянные прокладки 3 и торцевая опалубка 4 (ее ширина равна толщине стенки балки). Затем между прокладками заливается бетон конструкции балки по секциям 5, 6 и 7. Длины секций могут быть любыми в зависимости от требуемых размеров поперечного сечения полой треугольной балки. После достижения бетоном прочности распалубливания (достаточно трех суток, если конструкция изготавливается на строительной площадке) торцевая опалубка 4 и верхние прокладки 3 убираются. Крайние секции балки 5 и 7 поднимаются кверху, в результате чего образуется полый треугольник (рис. 3). Крайние участки сетки

перехлестываются и связываются вязальной проволокой. Затем в требуемом углу образованного треугольника укладывается рабочая арматура балки 8 (арматура укладывается в месте, где в рабочем состоянии будет растянутая зона балки). Участки пересечения секций в углах треугольника 9 бетонируются с помощью привязываемой опалубки (из отдельных досок).

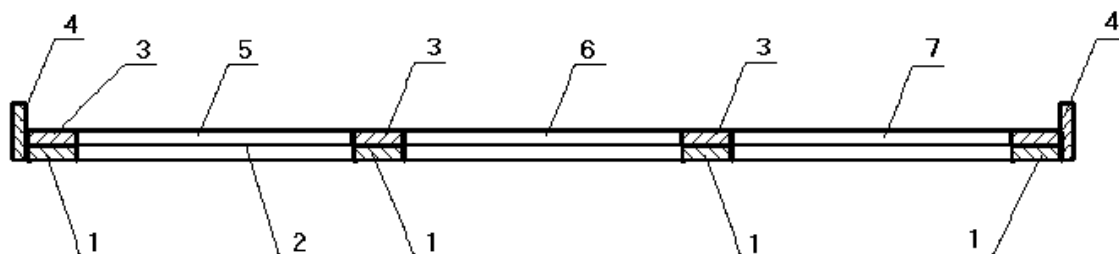


Рис. 2. Схема бетонирования балки полого треугольного сечения

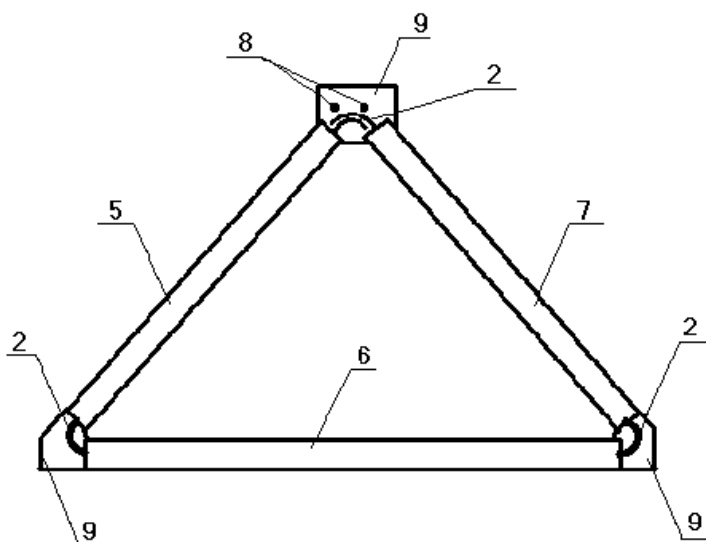


Рис. 3. Сечение сборно-монолитной железобетонной балки полой треугольной формы

После набора прочности бетона секций и монолитных участков 9 балка готова к применению. Она переворачивается в рабочее положение (на рис. 3 вправо) таким образом, чтобы рабочая арматура была в растянутой зоне.

Сечение растянутой арматуры 8, укладываемой перед бетонированием монолитных участков 9, а также толщина сжатой полки (на рис. 3 – поз.6) подбирается из условия требуемой прочности и жесткости балки по нормальному сечению.

Для удобства монтажа на опорах балки в ребрах можно устраивать опорные диафрагмы (рис. 4).

Такая балка совмещает в себе функции стропильной конструкции и плиты, т.к. ширина сжатой полки может свободно приниматься 1.5 и более метров.

Крутильная жесткость такой балки значительно больше аналогичной жесткости тавровой балки при одинаковой прочности и жесткости на изгиб в вертикальном направлении. Последний фактор является весьма и весьма существенным преимуществом, так как чем больше крутильная жесткость, тем более проявляется эффект пространственной работы при действии локальных нагрузок. Кроме того, при большой высоте сечения на пространственную работу оказывает влияние изгибная жесткость балки в горизонтальном направлении. А изгибная жесткость в горизонтальном направлении балки треугольного полого сечения значительно больше изгибной жесткости тавровой

балки при равной их жесткости на изгиб в вертикальном направлении.

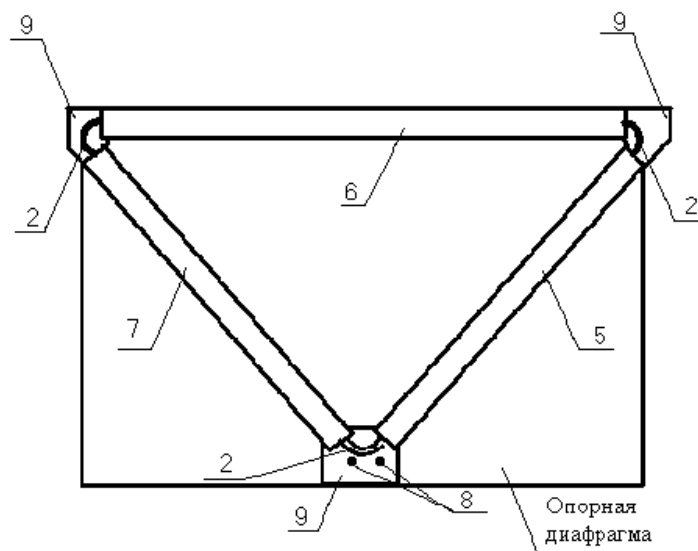


Рис. 4. Сечение полой треугольной балки в рабочем положении

На пространственную работу перекрытия влияет также изгиб полок в поперечном направлении. Если в тавровых балках он может быть существенным, то в балках с предложенным поперечным сечением полка в месте стыка двух балок практически не будет изгибаться. Этот фактор также говорит о преимуществах предложенного сечения балки перекрытия.

Для подтверждения сказанного приведем пример расчета сборного перекрытия пролетом 18м с применением сборных балок в двух вариантах: тавровое сечение и сечение в виде полого треугольника. Пусть высота сечения 1000 мм, ширина сборной балки – 1500мм. Толщина сжатой полки и в тавре, и в полом треугольнике равна 50 мм. Толщина двух других стенок полого треугольника 50 мм. Толщина ребра тавра 100мм. Такие размеры балок являются реальными и приняты с целью получения примерно равной площади сечения полого треугольника и тавра. Пусть балки изготовлены из бетона класса В20 и армированы одним стержнем диаметром 28 мм из арматуры класса А500.

Геометрические характеристики сравниваемых сечений приведены в таблице 1

Таблица 1

Тип сечения	Геометрические характеристики					
	Момент инерции в вертикал. направл. [см ⁴]	Момент инерции в горизонт. направл. [см ⁴]	Момент инерции на кручение [см ⁴]	Площадь сечения [см ²]	Расстояние от верхней грани до центра тяжести [см]	Объем бетона при пролете 18 метров [м ³]
Тавр с полкой вверху	1763835	1414166	35836	1700	69.5	3.06
Полый треугольн.	1671403	2337511	2372555	1541	68.8	2.77

Из таблицы видно, что при почти равной изгибной жесткости в вертикальном направлении изгибная жесткость в горизонтальном направлении тавровой балки на 65% меньше. Жесткость на кручение сечения в виде полого треугольника в 66 раз больше

аналогичной жесткости таврового сечения, хотя объем бетона в случае полого треугольника меньше объема бетона тавровой балки.

Рассмотрим перекрытие, состоящее из пяти вышеописанных балок (ширина балок 1500 мм, пролет 18м) при действии на среднюю (третью) балку равномерно распределенной нагрузки $q=10 \text{ кН/м}^2$. Расчет с учетом пространственной работы сборного перекрытия произведем по методике [11] с учетом вертикальных усилий между сборными плитами и горизонтальных сил распора.

В таблице 2 приведено сравнение усилий для перекрытия, составленного из тавровых балок и балок полого треугольного сечения.

Таблица 2

Характеристики	Сравниваемые параметры		
	$M_{1,max} [\text{кН}\cdot\text{м}]$	$M_{2,max} [\text{кН}\cdot\text{м}]$	$M_{3,max} [\text{кН}\cdot\text{м}]$
Т-образное сечение	-13.2	138.7	356.4
Сечение в виде полого треугольника	112.8	124.2	133.1
Отношение $M_{max}/[M]$ для таврового сеч-я	0.043	0.457	1.175
Отношение $M_{max}/[M]$ для сечения в виде полого треугольника	0.372	0.409	0.439

Как видно из таблицы в случае использования тавровых балок максимальный изгибающий момент в загруженной (третьей) балке оказывается больше несущей способности сечения с заданным выше армированием на 17.5% (несущая способность нормального сечения с вышеприведенным армированием составляет $[M]=303.3 \text{ кН}\cdot\text{м}$).

В перекрытии из балок полого треугольного сечения максимальный изгибающий момент в загруженной полосовой нагрузкой балке составляет лишь 44% несущей способности сечения. Это значит, что на такое перекрытие локальную полосовую нагрузку можно существенно увеличить (в нашем случае в 2.27 раза), хотя расход материалов в обоих случаях одинаков (в балке полого треугольного сечения даже немного меньше).

Для случая применения тавровых балок при повышении нагрузки до величины $10 \cdot 2.67 = 26.7 \text{ кН/м}^2$ их армирование пришлось бы увеличивать в $1.175/0.439 = 2.67$ раза (принять армирование $2\text{Ø}28+1\text{Ø}25 \text{ A500}$). Если считать, что все балки перекрытия армированы одинаково, то экономия рабочей арматуры для рассматриваемого перекрытия с локальной нагрузкой 26.7 кН/м^2 на среднюю балку составила бы 780 кг. Экономия бетона составляет 1.45 м^3 .

Кроме того, изготовление балок полого треугольного сечения значительно проще, чем достигается дополнительный экономический эффект.

Выводы и перспективы исследований.

Предложенная и запатентованная новая конструкция балки перекрытия полого треугольного сечения имеет жесткость на кручение, в десятки раз превосходящую аналогичную жесткость тавровых балок, что существенно увеличивает эффект пространственной работы при действии локальных нагрузок, а это в свою очередь приводит к экономии арматуры в сборных перекрытиях.

В качестве перспективы следует провести исследования жесткости балок полого треугольного сечения после образования в них нормальных, наклонных и пространственных трещин, а также прочности предложенных сборно-монолитных балок при действии изгиба с кручением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байков В.Н. Исследование совместной работы сборных железобетонных элементов в системах плоских и пространственных конструкций: Дис ... докт. техн. наук. – М., 1967.
2. Горнов В.Н. Исследование прочности и жесткости промышленных конструкций жилых домов. – М.: Госстройиздат, 1954. – 240 с.
3. Горнов В.Н. Исследование прочности и жесткости сборных железобетонных перекрытий из лотковых настилов // Материалы и конструкции в современной архитектуре. – М.: Стройиздат, 1950.
4. Левин С.Е., Дмитриев С.А. Пустотные балки-настилы с предварительно напряженной арматурой // Исследование обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций. – М.: ЦНИИИПС, 1949.
5. Айвазов Р.Л. Сборное панельное перекрытие, опёртое по контуру: Сб.тр. МИСИ. – М., 1971. – Вып. 90. – Пространственная работа железобетонных конструкций.
6. Арзуманян К.М., Айвазов Р.Л., Крамарь В.Г. О совместной работе многопустотных панелей в перекрытии при неравномерном нагружении // Повышение эффективности и качества бетона и железобетона. Ереван, 1983.
7. Верещага А.И. Напряженно-деформированное состояние и прочность сборных железобетонных перекрытий. Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Сумский национальный аграрный ун-т. – Сумы, 2002. – 248 с.
8. Крамарь В.Г., Орловский Ю.И., Кунь В.Л. О совместной работе пустотных настилов пролётом 12м в составе перекрытия // Исследования и вопросы совершенствования арматуры, бетона и железобетонных конструкций. – Волгоград: ВГИСИ, 1974.
9. Семченков А.С. Пространственно-деформирующиеся железобетонные диски перекрытий многоэтажных зданий. Экспериментальные исследования, практические методы расчета и проектирование: Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01. – М., 1991. – 703 с.
10. Азизов Т.Н. Экономичные конструкции покрытий и перекрытий. – Умань: Алми, 2002. – 64с.
11. Азизов Т.Н. Пространственная работа железобетонных перекрытий. Теория и методы расчета: Дисс. ... доктора техн. наук: 05.23.01 / Полтавский национальный технический университет. – Полтава, 2006. – 406 с.
12. Азізов Т.Н. Спосіб виготовлення залізобетонних балок. Патент України № 14056. Бюлл. №4. 16.04.2006.