

ЗБІРНО-МОНОЛІТНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ ПЕРЕКРИТТЯ З БАЛОК ПОРОЖНИСТОГО ТРИКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ

СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ ИЗ БАЛОК ПОЛОГО ТРЕУГОЛЬНОГО СЕСЧЕНИЯ

PREFABRICATED MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLABS OF BEAMS OF HOLLOW TRIANGULAR SECTION

Азізов Т.Н. д.т.н., проф. (Уманський державний педагогічний університет, м.Умань), **Сакр Ель Гадбан, аспірант** (Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса)

Азизов Т.Н. д.т.н., проф. (Уманский государственный педагогический университет, г. Умань), **Сакр Эль Гадбан, аспірант** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Azizov T.N., Doctor of Engineering, Profesor .(Uman State Pedagogical University), **Sakr El Gadban** (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture)

Показано, що при застосуванні в залізобетонних перекриттях балок порожнистого трикутного перерізу суттєво підвищується ефект просторової роботи. Наведені принципи конструювання збірно-монолітних балок порожнистого трикутного перерізу, а також способи конструювання перекриттів, складених з таких балок.

Показано, что при использовании в железобетонных перекрытиях балок полого треугольного сечения существенно повышается эффект пространственной работы. Приведены принципы конструирования сборно-монолитных балок полого треугольного сечения, а также способы конструирования перекрытий, состоящих из таких балок.

The article describes that when using in the reinforced concrete floors of beams of a hollow triangular cross section, the effect of spatial work is significantly increased. The principles of designing prefabricated monolithic beams of a hollow triangular section are presented, as well as methods for constructing overlaps consisting of such beams.

Ключові слова:

Просторова робота, перекриття, балка, порожнистий трикутник, переріз, конструювання, розрахункова схема, згинальний момент.

Ключевые слова:

Пространственная работа, перекрытие, балка, полый треугольник, сечение, конструирование, расчетная схема, изгибающий момент.

Keywords:

Spatial work, Slab, beam, hollow triangle, section, design, calculation scheme, bending moment.

Состояние вопроса и задачи исследований

Известно [1], что учет пространственной работы железобетонных перекрытий обеспечивает существенную экономию материалов и значительно повышает точность определения усилий, действующих в элементах перекрытия. Известно также, что эффект пространственной работы перекрытия увеличивается при увеличении крутильной жесткости его элементов. Один из способов увеличения крутильной жесткости балок приведен в работах [1], где предложены балки полого треугольного сечения. Изгибная жесткость таких балок примерно равна жесткости тавровых балок с равной шириной сжатой полки, а крутильная – в десятки раз больше жесткости тавровых. В [2] предложена сборно-монолитная конструкция балки полого треугольного сечения, изготавливаемая на строительной площадке. Расчет таких балок при кручении рассмотрен в [3], работа при изгибе рассмотрена в [4]. Вопросы конструирования сборно-монолитных балок полого треугольного сечения, а также вопросы о способах устройства перекрытий из таких балок не рассматривались.

В связи с вышесказанным **целью настоящей статьи** являются предложения по конструированию сборно-монолитных железобетонных балок полого треугольного сечения, а также предложения способов устройства перекрытий из таких балок.

Изложение основного материала.

Способ изготовления сборно-монолитных балок полого треугольного сечения заключается в следующем [1, 2] (рис. 1). 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. Расстояние между прокладками подбирается в зависимости от длины отсека балки. Затем на прокладки укладывается арматурная сетка 2.

Диаметр арматуры сетки 3-8 мм подбирается расчетом прочности наклонных сечений железобетонной балки. После этого укладываются верхние деревянные прокладки 3 и торцевая доска 4 (ее ширина равна толщине стенки балки).

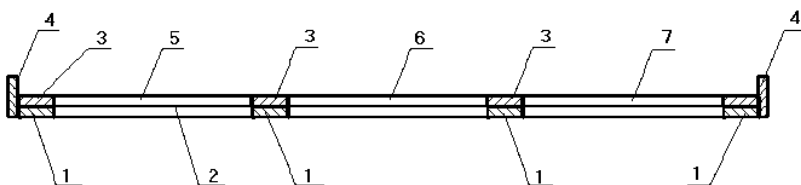


Рис. 1. Схема бетонирования балки полого треугольного сечения

Затем между прокладками укладывается 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 распалубки торцевая опалубка 4 и верхние прокладки 3 удаляются. Крайние секции балки 5 и 7 поднимаются кверху, в результате чего образуется полый треугольник (рис. 2). Крайние участки сетки перехлестываются и связываются вязальной проволокой. Затем в требуемом углу образованного треугольника укладывается рабочая арматура 8 балки (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).

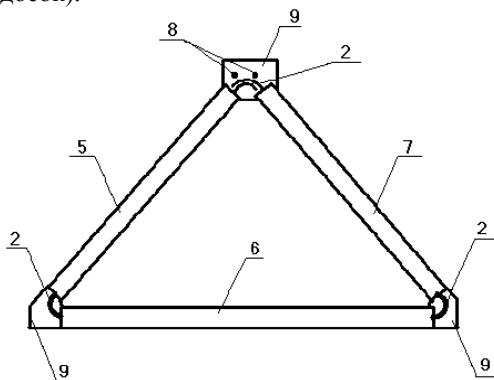


Рис. 2. Сечение сборно-монолитной железобетонной балки полой треугольной формы

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

Сечение растянутой арматуры 8, укладываемой перед бетонированием монолитных участков 9, а также толщина сжатой полки (поз. 6 на рис. 2) подбирается из условия требуемой прочности и жесткости балки по

нормальному сечению. Для удобства монтажа на опорах балки в ребрах можно устраивать опорные диафрагмы.

Учитывая, что сборно-монолитные балки полого треугольного сечения имеют свою специфику изготовления, следует отдельно остановиться на конструировании таких балок. Для изготовления балки в плоском виде требуется укладка арматурной сетки (см. рис. 1). Эта сетка с одной стороны позволяет создать единую конструкцию, а с другой – играет роль связей, объединяющих полку балки с ее ребрами при работе балки под нагрузкой.

Расчеты авторов с использованием теории составных стержней и дискретным методом [4] показывают, что при определенной жесткости монолитного шва балку можно рассчитывать как полностью монолитную. Другими словами, если диаметр поперечной арматуры сетки подобран определенным способом, то балку можно считать монолитной. С другой стороны, необдуманное увеличение диаметра поперечных стержней сетки приведет к увеличению количества арматуры и, соответственно, удорожанию конструкции. Кроме того, поперечная арматура сетки играет роль хомутов при расчете прочности балки по наклонным сечениям, а также при расчете прочности на действие крутящих моментов.

Продольная арматура сетки с одной стороны объединяет сетку в единое целое, а с другой – играет роль дополнительной рабочей арматуры. Поэтому шаг продольной арматуры следует назначать неравномерно, сгущая его на концах граней, находящихся у основной рабочей арматуры и разрежая на уровне полки балки.

В связи со сказанным при назначении диаметра и шага поперечной и продольной арматуры сетки следует учитывать следующее:

1. При известной суммарной нагрузке на балку (следовательно, известен максимальный изгибающий момент) сначала следует рассчитать необходимое количество продольной рабочей арматуры (включая как основную, так и продольные стержни сетки).

2. Усилия в шве между верхней полкой и наклонными боковыми ребрами определить по методике [4] как составного двухслойного стержня (рис. 3), верхний составляющий стержень которого – полка балки, нижний – наклонные ребра. Монолитный шов моделируется поперечными связями и связями сдвига. Суммарная сдвиговая прочность поперечной арматуры сетки должна быть не меньше прочности рабочей арматуры. Это связано с фактом, что внешний изгибающий момент воспринимается парой сил, как показано на рис. 3 (где через N_3 и N_6 обозначены соответственно усилие в арматуре и в сжатой полке) прочность связей сдвига должна быть достаточной, чтобы воспринимать усилие в сжатой полке.

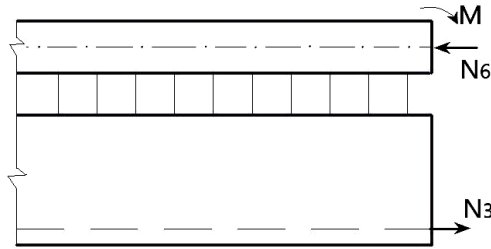


Рис. 3. Схема действия пары сил в составной балке

Учитывая, что наиболее рациональной является конструкция балки, в которой высота сжатой зоны в предельном состоянии равна толщине полки, то суммарное усилие T_s , воспринимаемое поперечной арматурой, соединяющей полку с ребрами, должно быть не менее:

$$T_s \geq f_{ck} b_f \cdot h_f, \quad (1)$$

где f_{ck} – расчетное сопротивление бетона; b_f , h_f – соответственно ширина и толщина полки балки.

Если же сечение рабочей арматуры меньше предельной силы, воспринимаемой полкой, то усилие должно быть не менее:

$$T_s \geq f_y \cdot A_s, \quad (2)$$

где f_y , A_s – соответственно расчетное сопротивление и площадь рабочей арматуры.

3. Уменьшить количество поперечной арматуры сетки можно устройством шпонок на гранях балки при бетонировании. При этом шпонки могут быть образованы вставкой обрезков деревянного бруса. Шаг и размеры шпонок можно определять по известной методике конструирования сборно-монолитных конструкций [6].

4. Провести расчет прочности наклонных сечений балки на действие изгибающего момента и поперечной силы. Диаметр и шаг поперечной арматуры сетки должен удовлетворять условиям прочности по наклонным сечениям.

5. Диаметр и шаг поперечной арматуры должен удовлетворять условиям прочности пространственных сечений на действие крутящего момента.

Шаг поперечной арматуры должен быть меньшим из всех возможных, принятых по пунктам 1-5. Расчеты прочности наклонных и пространственных сечений рекомендуется проводить по известным методикам, включая нормативную [5].

Балки полого треугольного сечения обладают высокой жесткостью при кручении. Этот факт делает перекрытия из таких балок конкурентоспособными по сравнению с другими видами перекрытий.

Балка полого треугольного сечения несет в себе функции балки и плиты одновременно, т.к. ширина сжатой полки может быть достаточно большой и приниматься таких же размеров, как и ширина пустотных или П-образных сборных плит. В то же время такие балки имеют свою специфику при устройстве перекрытия. Конструкция балки такова, что уложить отдельную балку без специальных приспособлений достаточно сложно, т.к. в рабочем положении балка укладывается на угол треугольника. Однако, две и более балки, соединенные между собой, являются уже достаточно устойчивой системой. С этой целью при устройстве перекрытия до укладки второй балки первую балку следует раскрепить временными расчалками, подобно тому, как это делается при монтаже стропильных балок или ферм.

Объединение всех балок перекрытия в единый диск может быть проведено в нескольких вариантах. Первый вариант, когда все три монолитных участка балок забетонированы до их монтажа в перекрытии. Тогда объединение в диск перекрытия можно проводить сваркой закладных деталей, уложенных заранее (рис. 4). В таком случае происходит удорожание перекрытия, т.к. при этом возрастают затраты на металл закладных деталей и элементов, их объединяющих.

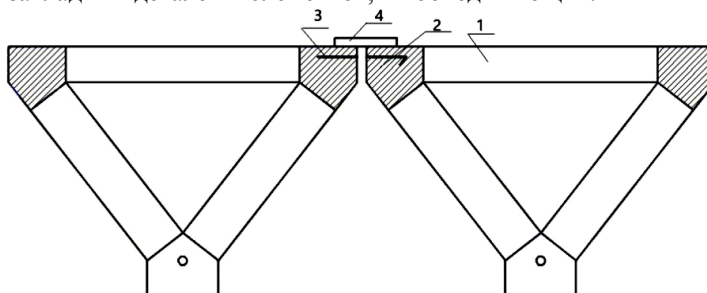


Рис. 4. Вариант объединения балок в перекрытии с помощью закладных деталей: 1 – верхние полки балок; 2, 3 – сетки балок, укладываемые перед бетонированием; 4 стальная накладка

Второй вариант. При бетонировании монолитных участков балок в них устраиваются шпонки с определенным шагом. После монтажа балок в местах расположения шпонок поперечные стержни сеток смежных балок объединяются хомутами из арматурной стали и шпонки бетонируются (рис. 5). Шаг шпонок, диаметр объединяющих хомутов следует подбирать из расчета перекрытия с учетом пространственной работы. В случае, если перекрытие запроектировано без учета пространственной работы, то шпонки и объединяющие хомуты могут быть расположены из конструктивных соображений.

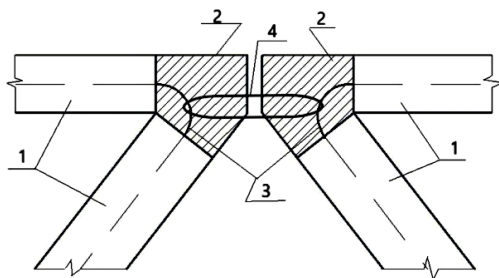


Рис. 5. Вариант объединения балок в перекрытии с помощью шпонок: 1 – элементы балок; 2 – монолитные участки балок; 3 – сетки балок, укладываемые перед бетонированием основных пластин; 4 – хомут, объединяющий сетки смежных балок.

Третий вариант. При изготовлении балок бетонируется только монолитный участок, расположенный у нижней грани (в рабочем положении) балки, где находится рабочая арматура. Это кроме всего облегчит изготовление балки, т.к. сразу после трансформации балки из плоского состояния (положения на полу) в положение готовой формы балки не бетонируются нижние монолитные участки (рис. 6).

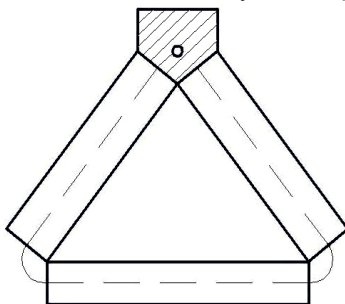


Рис. 6. Схема бетонирования монолитных участков балки для последующего монтажа

В таком виде балки перевозятся (в случае изготовления на заводе) и монтируются (рис. 7). Замкнутый контур балки является достаточно жестким и поэтому позволяет транспортировку и монтаж балок в таком состоянии.

После монтажа всех балок сетки смежных балок объединяются хомутами из арматурной стали и монолитные участки бетонируются. Бетонирование монолитных участков объединяет как верхнюю полку каждой балки с ее наклонными ребрами, так и все балки в единый диск перекрытия.

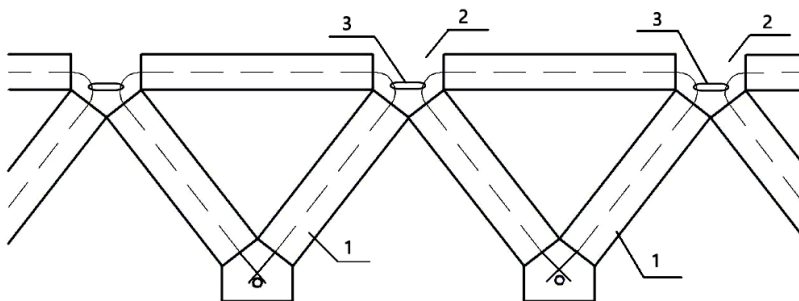


Рис. 7. Вариант объединения балок в перекрытии совместным бетонированием верхних узлов балок: 1 – основные элементы балок; 2 – участки перекрытия, подлежащие бетонированию; 3 – хомуты для объединения сеток смежных балок

Наиболее приемлемым из рассмотренных выше вариантов, очевидно, является третий вариант, т.к. при этом получается самый дешевый (с точки зрения расхода стали) и одновременно самый надежный способ объединения перекрытия в единый диск.

Выводы и перспективы исследований. Сборно-монолитные балки полого треугольного сечения обладают высокой жесткостью при кручении, что существенно повышает эффект пространственной работы перекрытий, состоящих из таких балок. В статье приведены принципы конструирования балок полого треугольного сечения, а также конструирования перекрытий, состоящих из таких балок.

В перспективе предполагается разработка программы на ЭВМ для проектирования рассмотренных в статье балок.

1. Азизов Т.Н. Пространственная работа железобетонных перекрытий. Теория и методы расчета/ дисс. докт. техн. наук: 05.23.01. – Полтава, 2006. – 496 с. 2. Азизов Т.Н. Спосіб виготовлення залізобетонних балок// Деклараційний патент № 14056 Україна. Бюлл. № 4. 17.04.2006. 3. Азизов Т.Н. Інженерний метод визначення НДС залізобетонних балок порожнистого перерізу з нормальними тріщинами / Т.Н. Азизов, О.С. Мельник, О.В. Мельник// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 22., – Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування, 2011. – С. 154-161. 4. Азизов Т.Н. К расчету изгибаемых железобетонных элементов полого треугольного сечения / Т.Н. Азизов, Сакр Эль Гадбан // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 30., – Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування, 2015. – С. 79-85. 5. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011. – 71 с. 6. Рекомендации по расчету и проектированию сборно-монолитных железобетонных конструкций. – М., 1987 - 35 с.