



Столыпинский
вестник

Научная статья

Original article

УДК 624.012.45.04

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ КЕССОННЫХ ПЛИТ
ПЕРЕКРЫТИЯ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОЙ РАБОТЫ БЕТОНА**
STUDY OF THE STRENGTH OF THE STRUCTURE OF CAISSON FLOOR SLABS
WITH CONSIDERING THE NONLINEAR OPERATION OF CONCRETE

Квасников Сергей Александрович, магистр, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ
(675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г.
Благовещенск, ул. Политехническая 86), тел.+7 (4162) 99-51-12, www.dalgau.ru,
kvashnikov.sergey93@yandex.ru

Kvasnikov Sergey Alexandrovich, master, Far Eastern State Agrarian University
(675005, Far Eastern Federal District, Amur Region, Blagoveshchensk,
Politekhnikheskaya st. 86), tel. +7 (4162) 99-51-12, www.dalgau.ru,
kvashnikov.sergey93@yandex.ru

Аннотация: Кессонные перекрытия являются достаточно распространенными в строительстве. По архитектурным соображениям их используют для больших помещений гражданских зданий, которые не имеют внутренних колонн. Помещения, перекрываемые кессонными перекрытиями, имеют в плане прямоугольную форму. При большей длине перекрытие разделяют на отдельные участки определенной длины. При расчете кессонных перекрытий следует обязательно учитывать пространственную работу балок двух

направлений, а также их крутильные жесткости, т.к. эти факторы накладывают существенный отпечаток на напряженно-деформированное состояние кессонного перекрытия. При этом крутильные жесткости ребер не должны равняться жесткостям прямоугольных балок, а рекомендуется подбирать приведенным в настоящей статье способом. В настоящей статье, автором предпринята попытка научного анализа и критического осмысления исследования кессонных плит перекрытия с учетом нелинейной работы бетона.

Abstract: Caisson floors are quite common in construction. For architectural reasons, they are used for large areas of civil buildings that do not have internal columns. The rooms covered with coffered ceilings are rectangular in plan. With a greater length, the overlap is divided into separate sections of a certain length. When calculating coffered floors, it is necessary to take into account the spatial work of beams in two directions, as well as their torsional stiffness, because these factors leave a significant imprint on the stress-strain state of the coffered floor. In this case, the torsional rigidities of the ribs should not be equal to the rigidities of rectangular beams, but it is recommended to select them using the method given in this article. In this article, the author made an attempt to scientific analysis and critical reflection on the study of coffered floor slabs, taking into account the non-linear work of concrete.

Ключевые слова: кессонные плиты перекрытия, строительство гражданских объектов, напряженно-деформированное состояние, крутильные жесткости.

Keywords: coffered floor slabs, construction of civil facilities, stress-strain state, torsional stiffness.

Конструктивно любое кессонное перекрытие выполняется из ребер жесткости и полки, образуя единый жесткий диск. Полка представляет собой тонкую плиту, которая воспринимает все нагрузки и передает их на ребра. Ребра жесткости образуют конструкцию с взаимно перпендикулярными балками, жестко соединенными между собой.

Пространственная конструктивная схема перекрытия рассматривается как статически неопределимая. Расчет конструкций, в том числе и кессонного перекрытия, выполняется с использованием формул, выведенных аналитически, а также в программно-вычислительных комплексах, использующих метод конечных элементов (МКЭ). [7, с. 133]

Перекрытие - несущий элемент здания. Материалы из бетона дают больше возможностей в новом строительстве. Монолитные железобетонные перекрытия занимают прочную позицию в строительстве зданий. Также у железобетона есть недостатки - большой собственный вес, что является ограничением на область применения.

Основной вес монолитных конструкций приходится на бетон. Следовательно, чтобы облегчить перекрытие нужно удалить из него лишний бетон без потери несущей способности и жесткости при сохранении адекватного армирования. [6, с. 235]



Рисунок 1. Внешний вид облегченного безбалочного перекрытия

При удалении бетона из растянутой зоны сохраняют лишь ребра шириной, необходимой для размещения арматуры растянутой зоны и обеспечения прочности панелей по наклонному сечению. При этом плиты в пролете между ребрами работают на изгиб как балки таврового сечения. Верхняя полка плиты

также работает на местный изгиб между ребрами. Такие плиты называются кессонными. [3, с. 129]

Кессонное перекрытие как несущая конструкция представляет собой ребристую конструкцию с взаимно - перпендикулярно расположенными ребрами одной высоты в нижней зоне и сплошной тонкой плитой по верху, монолитно соединенной с ребрами.

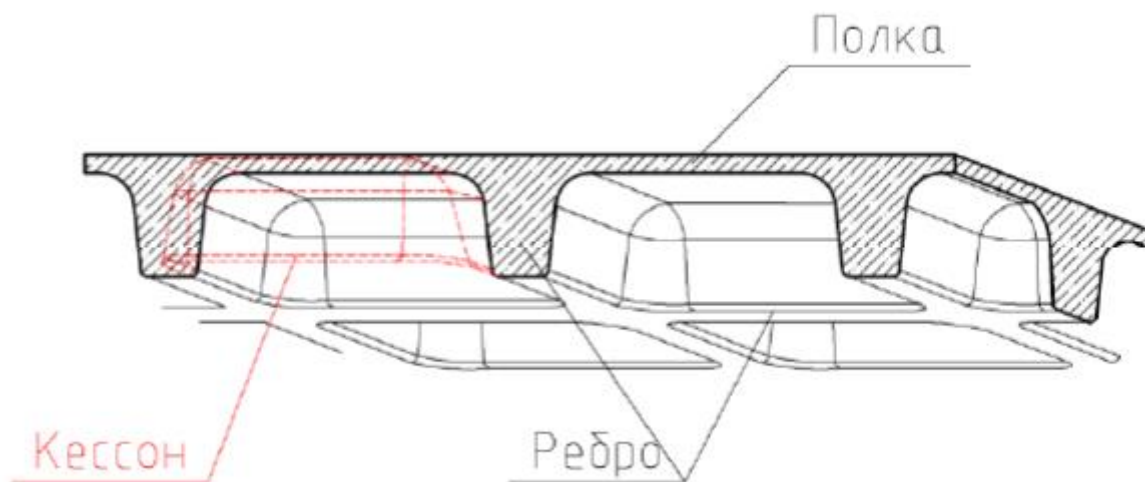


Рисунок 2. Фрагмент кессонного перекрытия

В конструкции монолитного перекрытия кессонного типа бетон удален из растянутой зоны сечения, в которой сохранены лишь ребра, в которых расположена растянутая арматура. Т.е. кессонное перекрытие представляет собой ребристую конструкцию с взаимно - перпендикулярно расположенными ребрами одинаковой высоты в нижней зоне.

В результате этого удастся получить значительную экономию в весе по сравнению с перекрытиями сплошного сечения, либо существенно увеличить перекрываемые пролеты. [1, с. 270]

Проектирование кессонных перекрытий начинается с анализа расположения вертикальных несущих конструкций (стены, колонны, пилоны) и со сбора нагрузок.

В зависимости от нагрузок и от назначения здания толщина перекрытия с учетом толщины полки принимается в диапазоне $1/20-1/27$ минимального расстояния между вертикальными несущими конструкциями. [4, с. 23]

Определение конкретных геометрических характеристик отдельных элементов кессонных перекрытий начинают с толщины полки.

Толщина полки определяется из нескольких условий. Одно из таких условий - это обеспечение прочности самой полки при минимальных затратах.

Второе условие - это обеспечение защитных слоев бетона для арматуры полки. Одновременно с этим толщину полки следует минимизировать для максимального облегчения конструкции. Принимая во внимание оба этих утверждения можно прийти к выводу, что толщина полки должна быть такой, чтобы арматура лежала в один слой в двух направлениях, т.е. армировалась одной сеткой. [5, с. 60]

Современные нормативные документы определяют минимальную толщину защитного слоя железобетонных конструкций 20мм. Минимально возможный диаметр арматуры периодического профиля 6мм. Следовательно, минимальная толщина полки возможна 52мм.

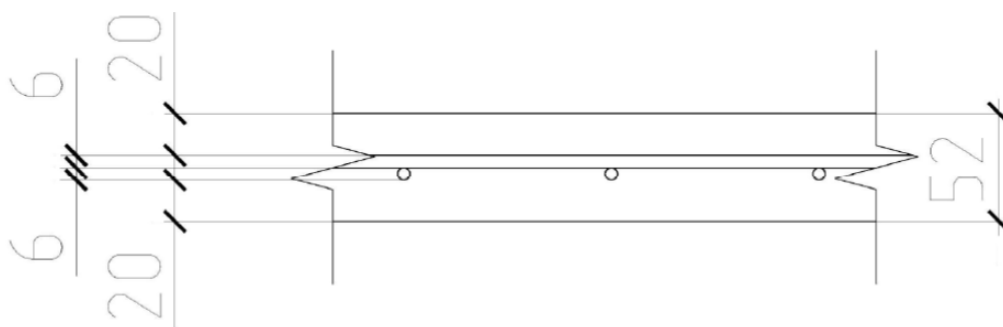


Рисунок 3. Определение минимальной толщины полки

Дополнительным требованием к таким конструкциям может служить и обеспечение определенной степени огнестойкости. В таких ситуациях защитные слои могут быть увеличены, а также увеличен и диаметр арматуры полки.

Так же стоит отметить, что арматура, расположенная в полке в середине пролета и в районе опор на вертикальные несущие элементы, может существенно отличаться.

Т.к. в середине пролета полка находится в сжатой зоне и в этом месте арматура как правило назначается из локального расчета полки на сосредоточенную и/или распределенную нагрузку, непосредственно действующую на нее. В районе вертикальных опор полка находится уже в растянутой зоне и может быть использована в качестве объема бетона, в котором будет расположена арматура, вычисляемая из расчета на прочность общего сечения (совместно с ребром). Это так же нужно учитывать при назначении толщины полки. [8, с. 122]

Когда не известно какая арматура будет назначена в растянутой зоне полки в районе вертикальных опор следует выполнить расчет несколько раз. В первом приближении назначить толщину полки из условия прочности на местные нагрузки в пролете с минимально возможными защитными слоями. В дальнейшем подобрать толщину в зависимости от всех вышеизложенных факторов.

Так же толщина полки может быть увеличена и по технологическим причинам, связанным с ограничением опалубочных систем для каждого конкретного случая.

Следующим шагом в определении конструктивной схемы идет определение геометрических размеров ребер.

Ширина ребер принимается в пределах $1/2-1/5$ их высоты. Форма поперечного сечения ребер во многом определяется технологическими особенностями возведения данных перекрытий.

Одним из самых ответственных участков кессонного перекрытия является место опирания на вертикальные конструкции. Т.к. кессонные перекрытия в основной своей массе используются как плоские безбалочные никаких выступающих частей за нижнюю грань ребер типа балок и капителей нет. При новом строительстве в местах опирания на вертикальные конструкции перекрытия выполняются сплошными - без пустот. В таком случае для

восприятия поперечных сил как правило достаточно поперечной арматуры ребер, которые проходят в данном месте. [2, с. 36]

Описанные выше принципы выбора геометрических размеров кессонных перекрытий и их элементов не являются безальтернативными. Возведение данных конструкций из монолитного бетона позволяет использовать все преимущества этой технологии в том числе и комбинирование различных конструктивных решений при сложных архитектурно-планировочных решениях.

Определив предварительные геометрические характеристики кессонного перекрытия можно их уточнить при помощи несложных формул. Подбор сечения сводится к определению полезной высоты ребра h_0 и процента армирования при заданных размерах поперечного сечения балки, а также усилий в ребрах и характеристик бетона и арматуры.

Высота ребер зависит от двух характерных участков. Первый участок определяется в середине пролета самого нагруженного ребра. На данном участке высота ребра определяется моментом. Второй участок определяется в месте примыкания к вертикальной опоре (стена, колонна, пилон). На данном участке высота ребра (сплошного монолитного участка) определяется поперечной силой.

Зная нагрузки и собственный вес перекрытия можно получить усилия на необходимых участках перекрытия.

Литература

1. Абдулькадерова, И. Р. Анализ кессонной плиты перекрытия / И. Р. Абдулькадерова // Вологда: Вологодский государственный университет, 2019. – С. 270-271.
2. Мозголов, М. В. О влиянии балки опорного контура на напряженно-деформированное состояние балок прямых кессонных железобетонных перекрытий / М. В. Мозголов, С. В. Брыль, Е. В. Козлова // Системные технологии. – 2022. – № 2(43). – С. 31-40.
3. Мозголов, М. В. О применении жесткостей аналитического метода расчета прямых железобетонных кессонных перекрытий / М. В. Мозголов, Е. В. Козлова // Вестник НИЦ Строительство. – 2022. – № 2(33). – С. 122-138.

4. Мозголов, М. В. Об эффективности косых кессонных железобетонных перекрытий / М. В. Мозголов, А. В. Туранова // Градостроительство и архитектура. – 2021. – Т. 11. – № 3(44). – С. 20-25.
5. Семенкин, В. Развитие кессонных перекрытий в настоящее время / В. Семенкин // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. – № 4. – С. 59-61.
6. Сухарева, А. В. Применение эффективных конструктивных решений перекрытий многоэтажных железобетонных каркасных зданий на примере кессонных плит / Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – С. 233-237.
7. Чибрикин, Д. А. Сравнение методов расчета кессонного перекрытия в ПК ЛИРА-САПР / Д. А. Чибрикин // Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2020. – С. 130-135.
8. Шibaева, В. Д. Исследование напряженно-деформированного состояния монолитных кессонных перекрытий / В. Д. Шibaева // Молодой ученый. – 2021. – № 16(358). – С. 119-124.

References

1. Abdulkaderova, I. R. Analysis of the coffered floor slab / I. R. Abdulkaderova // Vologda: Vologda State University, 2019. – P. 270-271.
2. Mozglov, M. V., Bryl S. V., Kozlova E. V. On the influence of a support contour beam on the stress-strain state of beams of direct coffered reinforced concrete floors // System Technologies. - 2022. - No. 2 (43). – P. 31-40.
3. Mozglov, M. V., Kozlova, E. V. On the application of the rigidity of the analytical method for calculating direct reinforced concrete coffered slabs // Bulletin of the Research Center for Construction. - 2022. - No. 2(33). – P. 122-138.
4. Mozglov, M. V. On the effectiveness of oblique coffered reinforced concrete floors / M. V. Mozglov, A. V. Turanova // Urban planning and architecture. - 2021. - T. 11. - No. 3 (44). – P. 20-25.

5. Semenkin, V. The development of coffered floors at the present time / V. Semenkin // Scientific progress - the work of the young. - 2018. - No. 4. – P. 59-61.
6. Sukhareva, A. V. The use of effective structural solutions for floors of multi-storey reinforced concrete frame buildings on the example of coffered slabs / Rostov-on-Don: Don State Technical University, 2019. – P. 233-237.
7. Chibrikin, D. A. Comparison of methods for calculating the caisson floor in the SP LIRA-SAPR / D. A. Chibrikin // Ufa: Limited Liability Company "Scientific Publishing Center "Vestnik Nauki", 2020. – P. 130-135 .
8. Shibaeva, V. D. Study of the stress-strain state of monolithic coffered ceilings / V. D. Shibaeva // Young scientist. - 2021. - No. 16(358). – P. 119-124.

© Квасников С.А., 2022 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2022.

Для цитирования: Квасников С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ КЕССОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОЙ РАБОТЫ БЕТОНА // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2022.