

ОБМІН ПРАКТИЧНИМ ДОСВІДОМ, ТЕХНОЛОГІЯМИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

DOI 10.31891/2307-5732-2019-271-2-207-211
УДК 624.012.45.04

Е. А. ЯРЕМЕНКО

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Н. А. ЯРЕМЕНКО

Одесский национальный морской университет

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КЕССОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Одними из наиболее распространенных элементов различных зданий и сооружений являются плоские железобетонные перекрытия. В современном строительстве применяют в основном сборные и сборно-монолитные перекрытия. Они отличаются высокой индустриальностью. В работе представлен результат расчета кессонного перекрытия с ребрами, которые расположены в двух направлениях. При расчете учитывается физическая нелинейность. Характеристики исследуемой модели даны в статье. Расчет перекрытия произведен при помощи компьютерной программы, которая численно реализует задачи расчета железобетонных ростверков на основе пространственной расчетной схемы с учетом физической нелинейности. На основе полученных результатов проанализировано напряженно-деформированное состояние железобетонного кессонного перекрытия в упругой стадии работы и при наличии трещин.

Ключевые слова: перекрытие, кессон, предварительное напряжение, балочный ростверк, перекрестная система.

H. A. YAREMENKO

Odessa State Academy of Construction and Architecture

N. A. YAREMENKO

Odessa National Maritime University

CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE CASSON FLOORS

One of the most common elements of various buildings and structures are flat reinforced concrete floors. In modern construction mainly used prefabricated and precast-monolithic floors. They are highly industrialized. Considered in the work of the system of cross beams, made of reinforced concrete, are flat ribbed, coffered floor. One of the current trends is the assessment of the stress - strain state and the carrying capacity of the cross beams and their systems. The aim of the work is to use a software package created for the implementation of the calculation and, as a consequence, the study of the stress-strain state of the systems of cross beams made of reinforced concrete. The paper presents the result of the calculation of the caisson overlap with the ribs, which are located in two directions. The calculation takes into account the physical nonlinearity of the material. The ribs are located in two directions. Thus, free architectural planning becomes possible, which in turn makes it possible to use the structure for various planning decisions. Characteristics and drawing of the studied model are given in the article. The overlap was calculated using a computer program that numerically implements the tasks of calculating reinforced concrete grillages on the basis of a spatial design scheme taking into account physical nonlinearity. On the basis of the obtained results, the stress - strain state of reinforced concrete decompression in the elastic stage of work and in the presence of cracks is analysed. In the vicinity of middle columns, there is an increase in bending moments and shear forces. Their magnitude is greater than the magnitude of the corresponding efforts in a continuous beam imitating the columnar overlap. The formation of cracks leads to an increase in deflections, a decrease in transverse forces and bending moments in the model under study. In the strip above the column, in the longitudinal row of columns, the forces fall much less than in the cross-section bands of the overlap.

Keywords: overlap, caisson, prestressing, beam grillage, cross system.

Введение

В статье рассмотрены системы перекрестных балок, изготовленные из железобетона. Они представляют собой плоские ребристые, кессонные перекрытия. Также рассматривают пролеты автодорожных мостов. Достаточно большая стоимость таких сооружений, а также налагаемая ответственность, говорят о том, как важно обеспечить надежность подобных конструкций. Актуальная оценка напряженно-деформированного состояния и несущей способности перекрестных балок и их систем важна, поскольку при их эксплуатации возникают дефекты, повреждения как следствие увеличения нагрузок.

Постановка задачи

Целью работы является использование программного комплекса, созданного для реализации расчета и, как следствие, изучение напряженно-деформированного состояния систем перекрестных балок из железобетона.

Анализ исследований и публикаций

Напряженно-деформированное состояние и несущая способность балок и систем перекрестных балок – кессонных перекрытий – является предметом постоянных исследований. В свете чего идея применения классических методов строительной механики для расчета железобетонных ростверков очевидна [1–3]. Однако прикладных работ, учитывающих современные достижения по описанию особенностей деформирования железобетона, и направленных на решение задачи расчета напряженно-деформированного состояния и несущей способности железобетонных балок и систем перекрестных балок, которые ориентированы на реализацию с помощью программного комплекса, практически нет.

Выделение нерешенных частей проблемы

Расширение и применение программных комплексов, учитывающих новые методы и алгоритмы для проведения расчетов напряженно-деформированного состояния и несущей способности железобетонных балок и систем перекрестных балок является актуальным направлением работы. Эти программные комплексы, реализующие расчетные задачи, обязаны полностью отражать пространственный характер работы железобетонных конструкций, повреждения элементов конструкций, а также учитывать нелинейный характер деформирования материалов. Для реализации такого алгоритма авторами разработана компьютерная программа RUSZT-KRSSON [4], написанная на языке Delphi.

Результаты исследований

Для проведения расчета рассмотрено кессонное перекрытие. Ребра расположены в двух направлениях. Таким образом, возможной становится свободная архитектурная планировка, что в свою очередь дает возможность использовать конструкцию для различных планировочных решений. Ребра кессонных перекрытий образуют клетки квадратной формы. Расстояния между осями от 60 до 120 см (рис. 1) [1, 3].

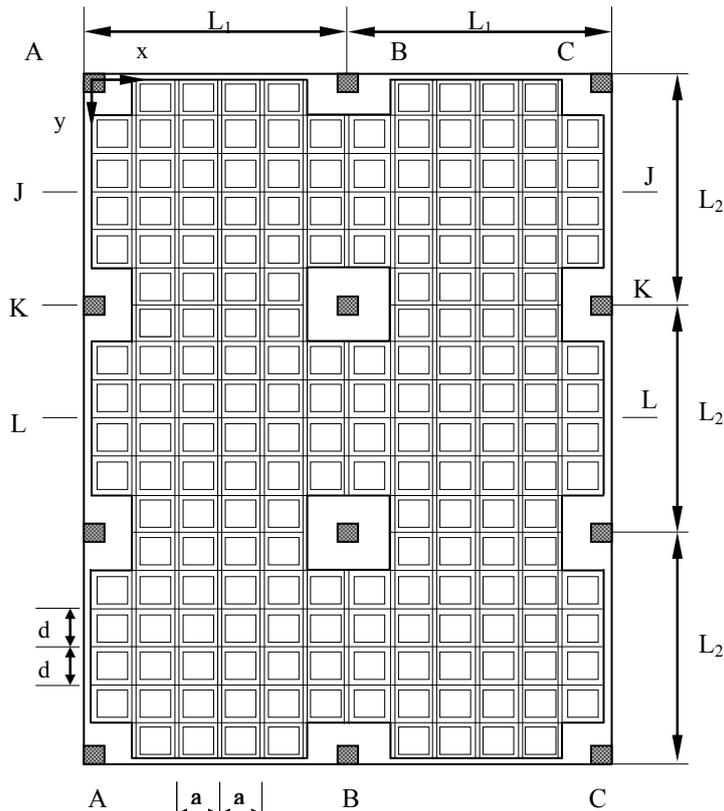


Рис. 1. Схема перекрытия

Нижний край кессонного перекрытия имеет ширину ребра от 12 см до 15 см. Верхний край ребра уширяется до 20–25 см. Затем он переходит в плиту кессонного перекрытия. Как правило, толщина плиты кессона, от 4 см до 10 см. Полная высота такого перекрытия $L/30$ и более. Тут L – максимальное расстояние, между установленными колоннами. При нагрузке в пределах до 4 кН/м^2 полная высота находится в границах $(1/25 - 1/28)L$. Расстояние между осями колонн, как правило, составляет 4,8–12 м. При использовании различных расстояний между осями колонн, выбирают кессоны с наиболее подходящей высотой ребра (рис. 2, табл. 1).

Таблица 1

Характеристики кессонных перекрытий

Тип кессона h , см	Толщина плиты (наименьшая) h_{II} , см	Пролет L , м		
		Временная нагрузка, кН/м^2		
		4	6	8
20	4	6,0	5,4	4,8
25	5	7,2	6,6	6,0
30	6	8,4	7,8	7,2
40	8	12,0	10,0	8,0

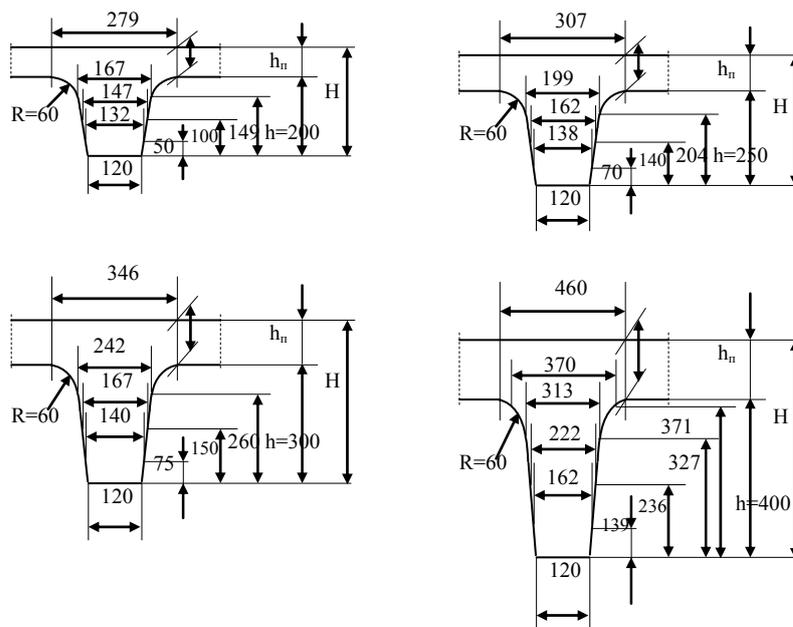


Рис. 2. Типы кессона

Инвентарную опалубку часто изготавливают из пластмассы (полипропилен и др.). Она удобна для перестановки и многократного использования.

При конструировании кессона в зоне расположения колонны устраивают скрытую капитель, толщина которой равняется общей высоте кессонного перекрытия.

В зоне капители вместо пластмассовой опалубочной формы ставят горизонтальную пластину. Размеры капители зависят от расстояния между колоннами, нагрузки и высоты сечения перекрытия. Она предназначена для восприятия среза в окрестности колонны, где возникает максимальная поперечная сила. Также обеспечивает восприятие отрицательного изгибающего момента в надколонной полосе, создающего сжатие в нижней зоне сечения.

Скрытая капитель обеспечивает условия для конструктивного армирования ребер хомутами, либо даже отказа от поставки хомутов. Указания на минимальные размеры капителей для кессонов размером 80 см приведены в табл. 2.

Таблица 2

Размеры капителей для кессонов 80 см

Расстояние между колоннами $L, м$	Минимальное количество узлов на одну капитель
$L \leq 4,8$	≤ 8
$4,8 < L \leq 7,2$	$8 \div 12$
$7,2 < L \leq 9,6$	$12 \div 16$
$9,6 < L \leq 12$	$16 \div 20$
$12 < L \leq 14$	$20 \div 24$

Минимальное сечение железобетонных колонн – 30x30 см, но не меньше $L/15$. Возможно также использование стальных колонн, но тогда в капители применяется крестообразные стальные консоли, приваренные к колонне. Главное преимущество таких конструкций состоит в их пространственной работе, что обеспечивает экономию бетона и арматуры. Эквивалентная средняя толщина бетона, вложенного в кессонное перекрытие в среднем на 45% меньше, по сравнению с гладкой плитой толщиной, равной высоте кессона. Анализ напряженно-деформированного состояния с учетом нелинейности выполнен при помощи программы RUSZT-KESSON [4], позволяющей рассчитывать перекрестные системы кессонных перекрытий.

Жесткость сечения перекрытия на участках без трещин определяется по формуле, согласно действующих норм. Жесткость сечений перекрытия на участках с трещинами определяется по формуле, предложенной профессором Прокоповичем И.Е. [5, 6].

Сопротивление перекрытия кручению не учитывается, поскольку крутящие моменты в перекрестных системах на порядок меньше, чем изгибающие [7].

А. Параметры системы перекрестных балок: m – количество поперечных балок 17 шт., n – количество продольных балок 13 шт., d – расстояние между поперечными балками 0,8 м, a – расстояние между продольными балками – 0,8 м, $L_1 = L_2 = 4,8$ м.

В. Параметры сечений: h – высота продольных и поперечных балок 0,3 м, b – ширина стенки продольных и поперечных балок 0,15 м, h_f – высота полки продольных балок 0,05 м, b_f – ширина полки 0,3 м, A_s, A_s' – площадь сечений нижней и верхней арматуры 2,26 см², a_s, a_s' – защитный слой нижней и верхней арматуры 0,015 м.

С. Характеристики материалов: E_b – начальный модуль упругости бетона, 26500 МПа, R_b – сопротивление бетона сжатию 15 МПа, R_{bt} – сопротивление бетона растяжению 1,4 МПа, E_s – модуль упругости арматуры 209000 МПа, R_s – сопротивление арматуры растяжению 335 МПа.

Д. Полная нагрузка – 10 Кн/м².

Изгибающий момент при образовании трещин $M_{cr} = 6,27$ кНм. Предельный изгибающий момент $M_u = 49,7$ кНм.

Эпюры прогибов, изгибающих моментов и поперечных сил для нескольких сечений перекрытия приведены на рис. 3. Сплошные линии – «упругий» расчет (итерация 0). Пунктирные линии – расчет с учетом трещин (итерация 5).

Отметим всплески изгибающих моментов и поперечных сил, возникающие в окрестности средних колонн. Их величина больше чем величина соответствующих усилий в неразрезной балке, имитирующей надколонную полосу перекрытия.

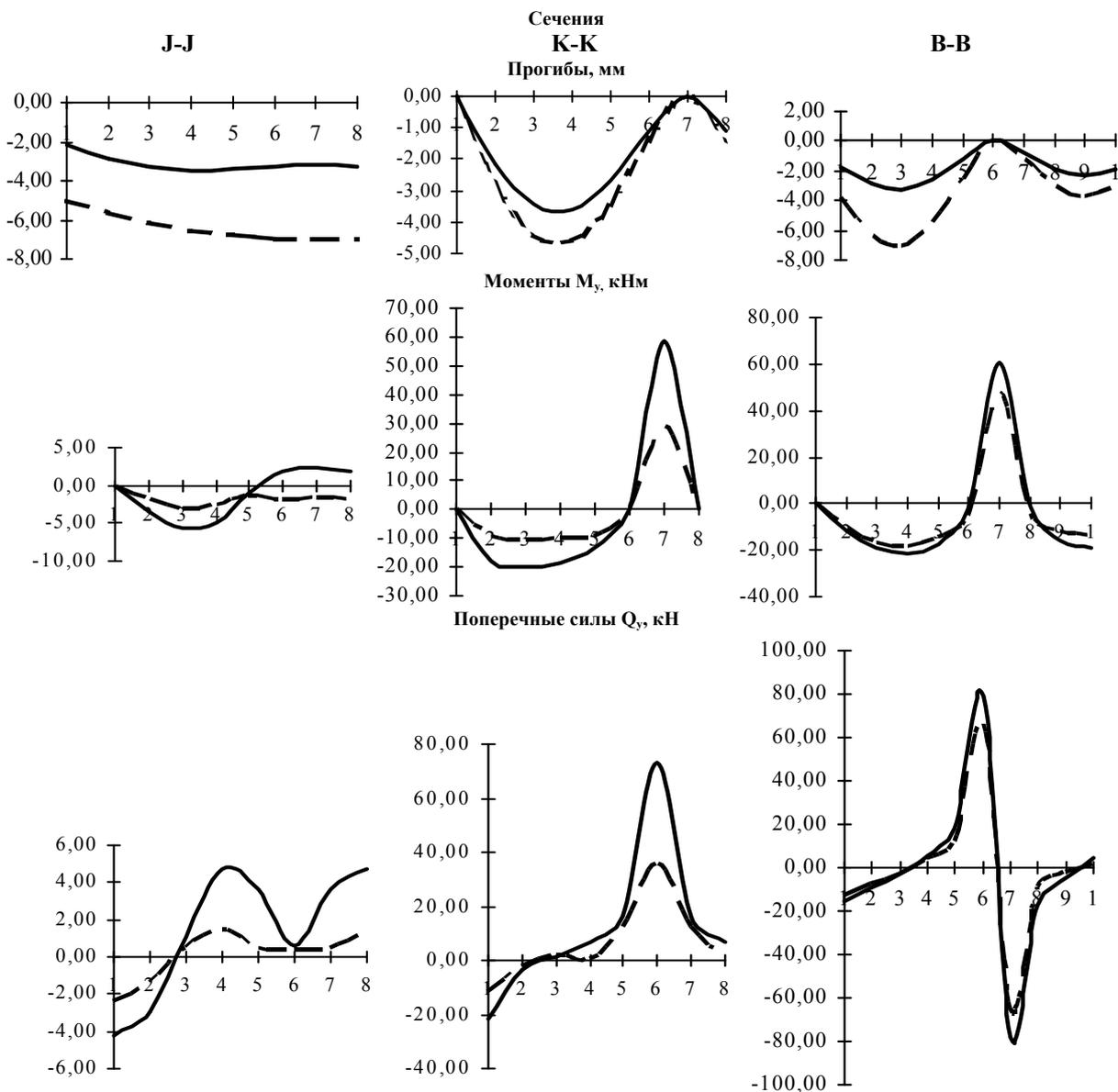


Рис. 3. Эпюры

Выводы

В зоне средних колонн появляется концентрация усилий. Трещинообразование приводит к увеличению прогибов. Изгибающие моменты и поперечные силы уменьшаются. В надколонной полосе

продольного ряда колонн усилия падают существенно меньше (порядка 20%) чем в полосах поперечных сечений перекрытия.

Литература

1. Димитров Б. Стоманобетонни конструкции / Димитров Б. – София : Техника, 1987. – 286 с.
2. Маноилов Л. Исследование кессонных перекрытий / Л. Маноилов, Н. Игнатиев, Б. Димитров и др. // Годишник на ВИАС. – София. – Стоманобетонни конструкции. 1983–1984. – Том XXXI, СВИТЪК IX. – С. 9–22.
3. Марков Т. Экспериментальные исследования кессонных перекрытий под длительной нагрузкой / Т. Марков, Н. Игнатиев, Б. Димитров и др. // Годишник на ВИАС, том XXXI, СВИТЪК IX. – София. – Стоманобетонни конструкции. 1983–1984. – С. 23–29.
4. Филин О.В. Напряженно-деформированное состояние предварительно напряженных пролетных строений железобетонных мостов / О.В. Филин, Е.А. Яременко, Н.А. Яременко // Ресурсоэкономные материалы, конструкции, здания и сооружения. – Ровно 2005. – Вып. 12. – С. 330–338.
5. Прокопович И.Е. Прикладная теория ползучести / И.Е. Прокопович, В.А. Зедгенидзе. – М. : Стройиздат, 1980. – 240 с.
6. Прокопович И.Е. Практические рекомендации по расчету потерь предварительного напряжения и перемещений железобетонных пролетных строений мостов / И.Е. Прокопович, Е.Н. Щербаков, М.В. Штейнберг, В.А. Завалин – М. : Транспортное строительство, 1978. – № 7. – С. 10–14.
7. Яременко Н.А. О расчете балочных ростверков методом перемещений / Н.А. Яременко // Вестник ОНМУ. – Одесса 2005. – Вып. 16. – С. 173–188.
8. Surianinov M. Calculation of plate-beam systems by method of boundary elements / M. Surianinov, O. Shylyiaev // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – № 7 (2.23). – P. 238–241.

Referenses

1. Dimitrov B. The Stoman-concrete construction / Dimitrov B. – Sofia: “Technique”, 1987. – 286 p.
2. Manoilov L. Investigation of caisson floors / L. Manoilov, N. Ignatiev, B. Dimitrov, etc. // The Godish Book on VIAS, vol. XXXI, SWITK IX. – Sophia. – Steman-concrete construction. 1983–1984. – p. 9–22.
3. Markov T. Experimental studies of caisson floors under long-term load. / T. Markov, N. Ignatiev, B. Dimitrov, etc. // Godishnik on VIAS, vol. XXXI, SVITK IX. – Sophia. – Steman-concrete construction. 1983–1984. – p. 23–29.
4. Filin O.V. The stress-strain state of prestressed spans of reinforced concrete bridges / O.V. Filin, E.A. Yaremenko, N.A. Yaremenko // Resource-saving materials, structures, buildings and structures. – Exactly 2005. – Vol. 12 – p. 3030–338.
5. Prokopovich I.E. Applied theory of creep / I.E. Prokopovich, V.A. Zedgenidze – Moscow: Stroyizdat, 1980. – 240 p.
6. Prokopovich I.E. Practical recommendations on the calculation of the prestress losses and displacements of reinforced concrete span structures of bridges / I.E. Prokopovich, E.N. Scherbakov, M.V. Steinberg, V.A. Zavalin – M.: Transport construction, 1978. – № 7 – p. 10–14.
7. Yaremenko N.A. On the calculation of beam grillages by the displacement method / N.A. Yaremenko // Bulletin of ONMU. – Odessa 2005. – Vol. 16 – p. 173–188.
8. Surianinov M. Calculation of plate-beam systems by method of boundary elements / M. Surianinov, O. Shylyiaev // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – № 7 (2.23). – P. 238–241.

Рецензія/Peer review : 5.2.2019 р. Надрукована/Printed :10.4.2019 р.
Рецензент: д. т. Н., проф. Сур`янінов М. Г.