

УДК 624.02

КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

С.Н. Краснов, ст. преподаватель, Е.С. Краснова, аспирант,
Е.А. Вихров, студент, ХНАДУ

Аннотация. Рассматривается применение и этапы возведения пролетного строения пешеходного моста с новой дискретно-континуальной системой связей сдвига. Предлагаемая система представлена в виде продольных и поперечных стержней периодического профиля, проходящих через крестообразные уголки, установленные в каждом узле и в середине между ними (узлами).

Ключевые слова: сталежелезобетон, пешеходный мост, пролетное строение, дискретно-континуальная система.

КОНСТРУКТИВНА СИСТЕМА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТІВ

С.М. Краснов, ст. викладач, К.С. Краснова, аспірант,
Є.О. Віхров, студент, ХНАДУ

Анотація. Розглядається вживання й етапи зведення прогонової будови пішохідного мосту з новою дискретно-континуальною системою зв'язків зсуву. Запропонована система представлена у вигляді подовжніх і поперечних стержнів періодичного профілю, що проходять через хрестоподібні куточки, встановлені в кожному вузлі і в середині між ними (вузлами).

Ключові слова: сталезалізобетон, пішохідний міст, прогонова будова, дискретно-континуальна система.

STRUCTURAL SYSTEM OF STEEL CONCRETE BRIDGES

S. Krasnov, senior lecturer, E. Krasnova, postgraduate, E. Vikhrov, student, KhNAHU

Abstract. The deals with the application and the stages of construction of the span pedestrian bridge with a new discrete –continuous system of connections shift. The proposed system is presented in the form of longitudinal and transverse rods of periodic profile passing through cross-shaped corners, installed at each node in the middle between them.

Key words: steel-concrete, pedestrian bridge, span structure, discrete-continuous system.

Введение

Научный прогресс в области строительства заключается в поиске новых сочетаний стали и бетона для их совместной рациональной работы в строительных конструкциях. К таким конструкциям относится сталежелезобетон, сущность которого заключается в том, что в них объединены разнообразные стальные профили и бетон для обеспечения рациональной совместной работы, для чего была разработана и возведена конструкция пролетного строения пешеходного моста с дис-

кретно-континуальной системой связей сдвига нового типа.

Анализ публикаций

При строительстве и проектировании пролетных строений автодорожных и пешеходных сталежелезобетонных мостов особое внимание уделяется обеспечению надежной совместной работы металлических и железобетонных (сборных и монолитных) элементов [1–4]. Современные комплексные сталежелезобетонные конструкции объединяют в

себе стальной прокат и бетон. Наиболее актуальной здесь является разработка новых типов связей сдвига между металлической и бетонной частями, за счет чего, собственно, и возможно достижение их совместной работы.

Цель и постановка задачи

Основная цель данной работы – возведение и внедрение в практику мостостроения пролетного строения моста с новой системой сдвиговых связей, созданной при помощи методов прямого проектирования [5].

Конструктивная реализация

Обозначенной постановке проблемы в значительной мере удовлетворяет конструкция сталежелезобетонного пролетного строения пешеходного моста, позволяющая перекрывать пролеты длиной от 6 м до 24 м при шаге увеличения размера 3 м [6]. Предполагается, что достижение совместного деформирования железобетонной и металлической частей обеспечивается за счет создания дискретно-континуальной системы связей сдвига (локально-распределенной системы связей сдвига) железобетонной плиты, для которой в качестве жесткой арматуры непосредственно используются элементы верхнего пояса металлической структуры. Пролетное строение моста включает в себя железобетонную плиту, нижние и верхние пояса, металлические модульные элементы-фермы, соединенные между собой в каждом узле при помощи двух равнобоких уголков со срезанными полками, которые одновременно являются связями сдвига между железобетонной и металлической частями, а внутри железобетонной плиты расположены элементы верхнего пояса металлической структуры, жестко соединенные с продольной и поперечной арматурой периодического профиля.

На рис. 1 изображен фрагмент пролетного строения пешеходного моста, верхний пояс которого расположен внутри железобетонной плиты.

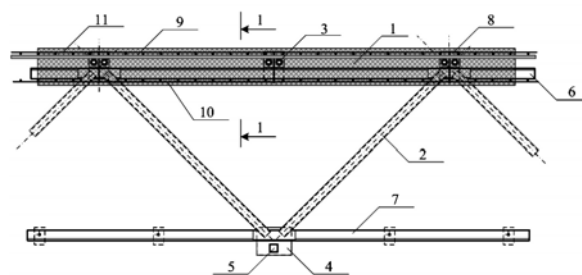


Рис. 1. Фрагмент пролетного строения моста

Сталежелезобетонное пролетное строение состоит из железобетонной плиты 1, модульных элементов-ферм 2, которые соединены между собой как поперечными элементами 3 в плоскости верхнего пояса, так и при помощи металлических пластин 4 и нижних связей 5 в плоскости нижнего пояса, а также верхнего пояса 6 и нижнего пояса 7. Через отверстия в крестообразных связях сдвига 8 проходят продольные 9 и поперечные 3 элементы в виде арматуры периодического профиля, которые образуют локально-распределенную систему связей сдвига железобетонной плиты. Нижняя арматурная сетка 10 крепится к нижней грани верхнего пояса металлической структуры, а верхняя арматурная сетка 11 укладывается на продольные 9 и поперечные 3 элементы, после чего выполняется бетонирование плиты 1.

На рис. 2 представлена конструкция верхнего пояса в аксонометрии, а на рис. 3 изображены элементы, входящие в состав верхнего пояса.

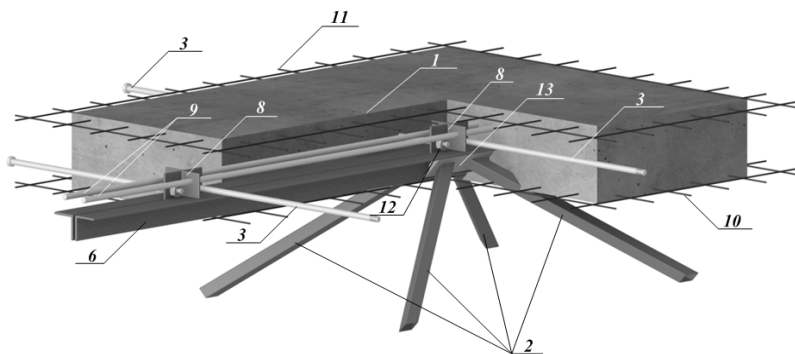


Рис. 2. Предлагаемая конструкция верхнего пояса

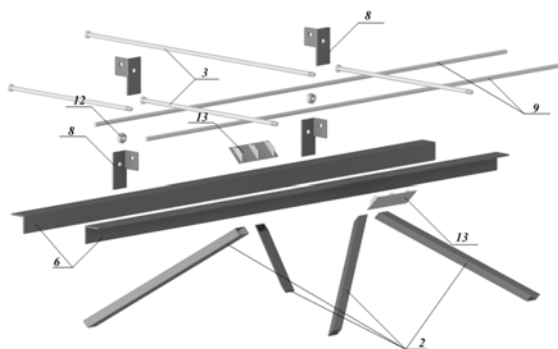


Рис. 3. Элементы верхнего пояса

Как и для большинства сталежелезобетонных конструкций, в системе произведена дифференциация конструктивов, воспринимающих деформации разных знаков, и установлена рациональная топология металлической дискретно-континуальной системы связей сдвига. Кроме указанного положительного сочетания конструкционных материалов, предложенную систему отличает процедура упрощенной сборки, минимизирующая её время и трудоемкость. Суть конструктивного решения этого агрегата сводится к следующему. Формируется структура, состоящая из металлических модульных элементов, верхних и нижних поясов, а также железобетонной плиты [7]. При этом металлические модульные элементы выполняются в виде плоских ферм длиной «на пролет» и устанавливаются под углом $\pm 45^\circ$ к вертикальной оси. Кроме того, пояса модульных элементов (ферм) выполняются из одиночных уголков, повернутых под углом 45° к вертикальной оси модульного элемента (фермы). Таким образом, рассматриваемая конструкция пролетного строения одновременно является кондуктором для собственной сборки [8].

Этапы создания пролетного строения

Монтаж сталежелезобетонного пролетного строения осуществляется путем объединения между собой модульных элементов-ферм 2, установки крестообразных связей сдвига 8 и проходящих через отверстия в них поперечных 3 и продольных 9 элементов. Объединение нижних поясов 7 осуществляется при помощи металлических пластин 4 и нижних связей 5. Завершающим этапом строительства является укладка верхних 10 и нижних 11 арматурных сеток плиты, установка опалубки и подача бетонной смеси.

На рис. 4 изображен металлический каркас верхнего пояса конструкции.

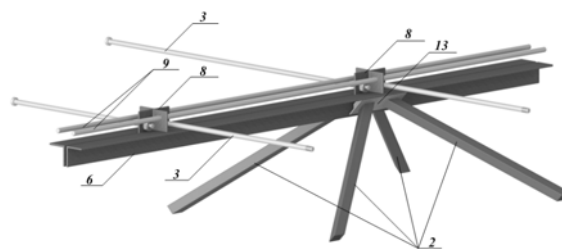


Рис. 4. Каркас верхнего пояса конструкции

Далее предлагается рассмотрение всех вышесказанных этапов возведения пролетного строения с дискретно-континуальной системой связей сдвига.

На заводе металлоконструкций был изготовлен металлический каркас пешеходного моста (рис. 5) и доставлен в лабораторию кафедры мостов, конструкций и строительной механики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.

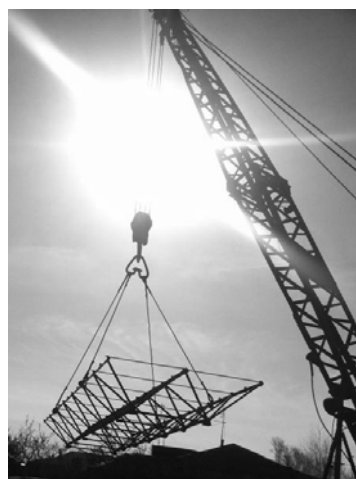


Рис. 5. Общий вид металлического каркаса

Создание дискретно-континуальной системы связей сдвига началось с монтажа нижних арматурных сеток плиты, диаметром 3 мм с ячейкой 50×50 мм (рис. 6).



Рис. 6. Укладка нижних арматурных сеток

Поскольку предполагалось устройство эффективной железобетонной плиты облегченного типа, следующим этапом была укладка вкладышей-пустотообразователей из пенополистирола в зоне минимальных усилий (рис. 7). Размеры металлической ячейки составили 100×100 см, в то время как размеры вкладышей – 90×85 см. Это, в свою очередь, позволило уменьшить собственный вес плиты с сохранением ее требуемой несущей способности за счет образовавшихся ребер жесткости, активно включенных в совместную работу с металлом верхнего пояса.



Рис. 7. Укладка вкладышей из пенополистирола

Для достижения надежного сцепления бетона плиты с верхним поясом металлической конструкции было выполнено армирование продольных и поперечных ребер вертикальными каркасами из арматурной сетки (рис. 8, 9).



Рис. 8. Устройство продольных армокаркасов



Рис. 9. Устройство поперечных армокаркасов

В качестве локальных связей сдвига применены крестообразные уголки, установленные в каждом узле и в середине между ними (узлами) через отверстия, в которых пропущены распределенные связи сдвига в виде продольных и поперечных стержней периодического профиля (рис. 10).

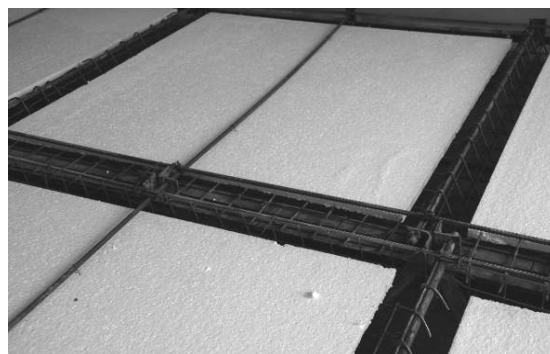


Рис. 10. Создание локально-распределенных связей сдвига

Поскольку железобетонная плита работает на знакопеременные моменты, арматурная сетка была уложена и в верхней зоне по всему периметру конструкции (рис. 11).



Рис. 11. Монтаж верхних сеток плиты

Для обеспечения необходимой толщины слоя бетона между вкладышами из пенополистирола и арматурными сетками были заложены специальные бетонные элементы (сухарики) (рис. 12).



Рис. 12. Общий вид металлического каркаса перед бетонированием

После выполнения всех арматурных подготовительных работ было выполнено бетонирование железобетонной плиты.

Выводы

В заключение следует отметить, что применение разработанной конструкции дискретно-континуальной системы связей сдвига позволяет наиболее эффективно получить комплексную сталежелезобетонную конструкцию пролетного строения пешеходного моста, в которой рациональная работа используемых материалов достигается за счет применения бетона в сжатой зоне, а металлической решетки – в растянутой. Эффективность примененной в конструкции пролетного строения дискретно-континуальной системы связей сдвига в дальнейшем требует экспериментального подтверждения.

Литература

1. Ефимов П.П. Проектирование мостов / П.П. Ефимов. – Омск: ООО «Дантея», 2006. – 112 с.
3. Бычковский Н.Н. Металлические мосты. Ч. 1 / Н.Н. Бычковский, А.Ф. Данковцев. – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2005. – 364 с.
4. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні структурні конструкції / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник. – Полтава: Гадяч, 2006. – 144 с.
5. Стороженко Л.І. Створення нових типів сталезалізобетонних конструкцій / Л.І. Стороженко // Сталезалізобетонні конструкції: зб наук. ст. – 2011. – Вип. 9. – С. 175–180.
5. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Х.: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
6. Бережная Е.В. Пространственные решения пешеходных мостов с применением стеклопластика / Е.В. Бережная, С.Н. Краснов, Е.С. Краснова, Д.А. Орешкин // Науковий вісник будівництва: зб. наук. пр. – 2011. – Вип. 65. – С. 116–125.
7. Шмуклер В.С. Металлобетонное перекрытие с рациональными параметрами / В.С. Шмуклер, Е.В. Бережная, В.В. Герасименко и др. // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2010. – Вип. 49. – С. 75–83.
8. Пат.51336 Україна, МПК E04D 3/24. Металобетонне просторове покриття / Шмуклер В.С., Бережна К.В., Герасименко В.В., Васим Ісмаїл; Калмиков О.О., заявник і патентовласник Шмуклер В.С. – № u 201000918/10; заявл. 29.01.10; опубл. 12.07.10, Бюл. № 13.

Рецензент: В.П. Кожушко, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 21 августа 2012 г.

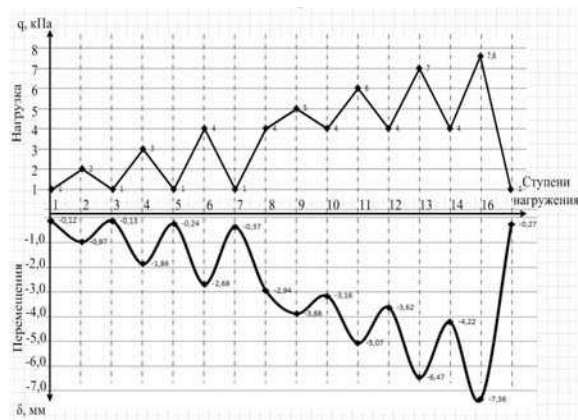


Рис. 13. Перемещения в середине пролета на 3-м этапе нагружения

Анализ результатов

В результате проведенного эксперимента был получен достаточно полный анализ работы конструкции в целом и отдельных ее элементов.

На рис. 14 приведены экспериментальные вертикальные перемещения узлов нижнего пояса конструкции на 1-м этапе нагружения.

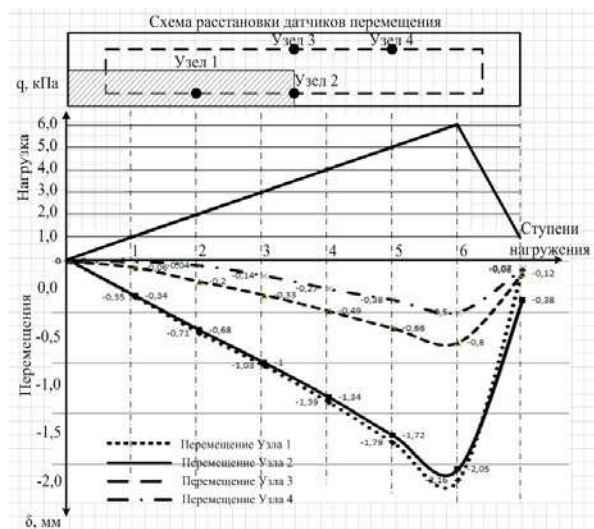


Рис. 14. Перемещения узлов конструкции на 1-м этапе нагружения

Перемещение узла 1 несколько больше, чем узла 2, что отражает логическую закономерность роста перемещений с увеличением и местом расположения нагрузки.

На рис. 15 приведены экспериментальные вертикальные перемещения узлов нижнего пояса конструкции на 2-м этапе нагружения.

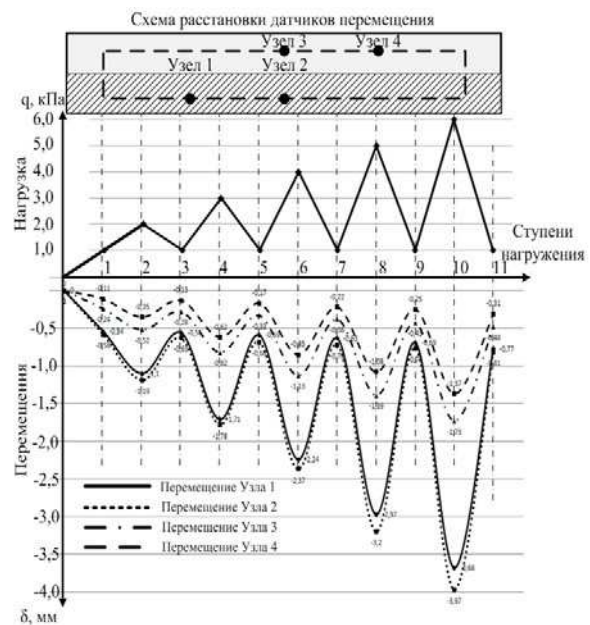


Рис. 15. Перемещения узлов конструкции на 2-м этапе нагружения

Сопоставление полученных экспериментальных данных с результатами расчетов, проведенных на базе построенной конечно-элементной модели, позволяют судить:

- о том, что предлагаемая конструкция сталежелезобетонного пролетного строения пешеходного моста, пролетом 6 м с консолями по 0,5 м, шириной 2 м, высотой конструкции 0,5 м, верхний пояс которой объединен с железобетонной плитой, армированной специальным образом, при классе бетона В25 обладает высокой пространственной жесткостью и необходимой прочностью;

- о том, что потери устойчивости раскосов и необратимых прогибов конструкции не произошло;

- о совместной работе металлических элементов конструкции (поясов и раскосов) с железобетонной плитой на всем диапазоне нагружения вплоть до разрушения;

- о том, что построенная теоретическая модель, составленная из конечных элементов стержней общего положения, достаточно строго отражает качественную и количественную картины напряженно-деформированного состояния составных конструкций при действии вертикальных нагрузок [8, 14].

Вышесказанное наглядно отображено на рис. 16, 17 и 18, где представлены эксперимен-