

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ

Каплин Р.Б. зав. лабораторией строительно-технических исследований
Харьковский НИИ судебных экспертиз им. засл. проф. М.С. Бокариуса
Круль Ю. Н., ассистент каф. МКСМ
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25
E-mail: kmksm@ukr.net

На сегодняшний день сталежелезобетонные (СТЖБ) пролетные строения являются современным видом мостовых конструкций, которые получили широкое распространение во всем мире. Главным достоинством СТЖБ конструкций являются уменьшенный собственный вес, по сравнению с железобетонными системами, и сниженный расход стали и, как следствие, снижение себестоимости, по сравнению с металлическими пролетными строениями. Наиболее рациональны данные системы при пролетах 40-80м [1]. Однако далеко не все разнообразные виды и схемы сталежелезобетонных пролетных строений получили к настоящему времени достаточное распространение. Перед проектировщиками открыто широкое поле деятельности для создания новых, наиболее эффективных конструкций. Одним из условий расширения диапазона применения СТЖБ пролетных строений является уменьшение собственного веса конструкции при заданной несущей способности. Данный факт побуждает к поиску новых, эффективных облегченных конструкций СТЖБ пролетных строений мостов, где они могут конкурировать с полностью железобетонными и стальными системами.

В связи с вышесказанным, предложена модульная двухкомпонентная система облегченного СТЖБ пролетного строения оболочечного типа [2]. Конструкция состоит из металлических блоков коробчатого сечения и включаемой в работу, посредством системы сдвиговых связей, эффективной облегченной железобетонной плиты проезжей части (рис.1) [2].



Рис. 1. Фрагмент предлагаемого СТЖБ полетного строения.

С целью построения рациональной конструкции СТЖБ пролетного строения, учитывая сложный характер ее напряженно-деформированного состояния, был принят прямой метод формирования параметров конструктива, суть которого состоит в формулировке итерационных алгоритмов, с помощью которых пошагово производится улучшение соответствующих геометрических и физико-механических параметров конструкции [3].

При этом, представилось целесообразным для построения эталонного решения использовать новые положения, основанные на энергетических принципах, а именно [4]:

- утверждение о том, что для систем, регулируемых с постоянным объемом материала, числом внешних и внутренних связей (внешние параметры) под действием статической внешней нагрузки - собственного веса, потенциальная энергия деформации (ПЭД) после перестройки достигает нижнего предела на рациональном сочетании величин геометрических параметров:

$$U = \inf U(\alpha^k), k = 1, 2, 3, \dots, \infty \quad (1)$$

где k – номер варианта сравнения; $\alpha \in M$, M – множество допустимых значений внешних геометрических параметров.

- требования изоэнергетичности состояния системы (конструкции), то есть такого состояния, при котором

$$e[\bar{x}] = \text{const} \quad (2)$$

где e - плотность потенциальной энергии деформаций (ППЭД); $\{\bar{x}\}$ - вектор внутренних параметров.

Решение практических задач с критерием (1) и ограничением (2) предопределяет возможность регулирования не только геометрическими, но и физико-механическими характеристиками системы [4].

Пусть рассматривается локализованная подсистема характеризуется некоторыми внешними и внутренними параметрами. Внешние параметры определяют сопротивляемость системы без изменения общего объема материала. Например, это параметры, характеризующие габариты элементов, координаты опорных связей, координаты мест приложения внешних нагрузок, их вид и т.д. Внутренние параметры определяют топологию, объем, а также свойства материалов.

В рамках обозначенного конструктивного решения предложен алгоритм определения оптимальной высоты сечения пролетного строения и влияния железобетонной плиты на высоту металлической части конструкции. Для чего, из оболочки вычленяется фрагмент, который представляет собой сталежелезобетонную двутавровую балку с перфорированной металлической частью неизвестной высоты (рис.2).

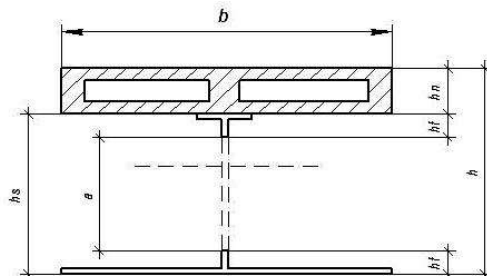


Рис. 2. Поперечное сечение фрагмента пролетного строения

Считается, что рассматриваемый фрагмент конструкции имеет заведомо оговоренные параметры, а именно:

- строительную высоту плиты равную 300мм;
- ребра жесткости в плите, расставленные с шагом 1м. Толщина ребер принята 100мм;
- верхнюю и нижнюю обшивки с толщиной равной 50мм;
- пролет двутавровой балки равен 24м;
- полки двутавровой балки шириной 300мм и толщиной 14мм;
- стенку двутавровой балки толщиной равной 12мм;
- металлическая часть сечения выполнена из стали марки 15ХСНД.

Включение в совместную работу железобетонной эффективной плиты, позволяет значительно снизить высоту металлической части и как следствие может уменьшить полную высоту рассматриваемого сечения.

Применение эффективной железобетонной плиты позволяет уменьшить высоту металлической балки в 1.8 раза. При этом вес сталежелезобетонной конструкции на погонный метр на 35% ниже, чем обычной металлической перфорированной двутавровой балки. Экономический эффект вызван разницей стоимости железобетона (около 1300грн/м³) и стали (около 2500грн/т). Учитывая, что цена на железобетон значительно меньше, разница в стоимости конструкций составляет около 40%.

Для подтверждения предоставленного решения в программном комплексе «Лира» были созданы конечно-элементные модели рассматриваемых конструкций. В ходе расчетов были получены значения прогибов, нормальных и касательных напряжений, ПЭД, а также поля распределения ППЭД.

Результаты расчетов показывают что, максимальные перемещения конструкции не превышают допустимых. Максимальные напряжения сжатия и растяжения приблизительно равны предельным. Концентрация напряжений вокруг границ отверстий не приводит к значительным перегрузкам.

Данные расчетов показывают целесообразность предлагаемого решения, а также приемлемость предложенной конструкции для различных пролетов, с различными условиями опирания.

1. Корнеев М.М. Сталежелезобетонные мосты: теоретическое и практическое пособие по проектированию. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015, – 400с.
2. Круль Ю.Н. О формировании рациональной конструкции пролетного строения автомобильно-дорожного моста. / Ю.Н. Круль // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник / Вып. 101, 2011. – с.31-40.
3. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336с.
4. Бабаев В.М., Бугаевский С.О., Евель С.М., Евзеров І.Д. Лантух-Лященко А.І., Шеветовский В.В., Шимановский О.В., Шмуклер В.С. Чисельні та експериментальні методи раціонального проектування та зведення конструктивних систем. – К.: Вид-во «Сталь», 2017. – 404с., рис. 370, табл. 75.