

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ СЫЛВУ В ГОРОДЕ КУНГУРЕ

Р.Е. Гейзен, М.Р. Тимофеев

Пермский государственный технический университет

Приведен анализ технического состояния, грузоподъемности и проект реконструкции моста через р. Сылва в г. Кунгуре. Рассмотрен комплекс работ по реконструкции моста.

Мост через реку Сылву в г. Кунгуре – один из старейших мостов в Пермском крае. За 75 лет его эксплуатации накопилось значительное количество дефектов. После обследования моста в 2003 г. и по результатам расчетов было принято решение о реконструкции моста с заменой деревянной проезжей части металлической ортотропной плитой, включаемой в совместную работу с существующими металлоконструкциями с помощью цоколей и увеличением несущей способности до требуемой СНиП.

1. Общие сведения о мосте

Мост через реку Сылву в г. Кунгуре (рис. 1) является одним из старейших автодорожных мостов в Пермском крае. Строительство моста было начато в 1912 г. К началу Первой мировой войны были возведены устои и забиты сваи фундаментов промежуточных опор. Дальнейшие работы по строительству моста были продолжены лишь в 1930 г. и 07.11.1931 г. мост был пущен в эксплуатацию. Мост трехпролетный, выполнен по схеме 19+87+19 м. Полная длина моста – 136,44 м. Габарит проезжей части – Г-8,1 м, ширина тротуаров – 1,15 м. Опоры – бутобетонные на свайных фундаментах.



Рис. 1. Вид моста после реконструкции

Пролетные строения – балочные, клепанные, с ездой поверху. Крайние пролетные строения – с главными балками со сплошной стенкой; центральное пролетное строение – с главными фермами с круговым очертанием поясов и треугольной решеткой.

Сечения элементов – составные, клепанные. Узловые соединения элементов ферм устроены по типу фасонных вставок с парными накладками.



Рис. 2. Балочная клетка после разборки деревянной проезжей части

Опорные части крайних пролетов: подвижные – однокатковые и неподвижные – секторные шарнирные. Опорные части центрального пролетного строения: подвижные – секторные четырехкатковые; неподвижные – секторные шарнирные. Проезжая часть на мосту – деревянная по металлической балочной клетке, которая представляет собой перекрестную систему балок двутаврового сечения (рис. 2). Продольные балки во всех пролетах расположены с шагом 1,8 м, поперечные балки – с шагом 4,65 м в крайних пролетах и с шагом 7,2 м в центральном пролете. Тротуары на выносных консолях с деревянным настилом.

На протяжении всего срока эксплуатации моста каждые 2–3 года выполнялись работы по замене деревянного настила проезжей части. Кроме того, по мере необходимости менялся настил тротуаров и выполнялись работы по окраске фасадных поверхностей без удаления старых окрасочных слоев и необходимой подготовки поверхностей (местами толщина пленки достигала 1050 мкм).

2. Техническое состояние конструкций моста

В 2003 г. авторами было выполнено обследование моста, по результатам которого получены следующие данные.

Опоры моста имели лишь мелкие незначительные дефекты.

При обследовании пролетных строений отмечены дефекты, снижающие не только долговечность конструкций, но и их грузоподъемность. Наиболее существенными являлись:

- загнивание и механический износ древесины настила; местами настил был продавлен. В отдельных местах, где удалось с помощью щупа оценить степень загнивания досок нижнего настила, она достигала 40–45 %. Отмечен грибок по стыкам досок нижнего настила, а также в местах пересечений настила, прогонов и поперечин. Отдельные деревянные прогоны в приопорных зонах над устоями сгнили полностью;
- коррозия металлоконструкций (большая часть поверхностей металлоконструкций вообще не имела антикоррозионного покрытия);
- концентрированные коррозионные повреждения элементов балочной клетки в местах опирания деревянных поперечин;
- полный коррозионный износ отдельных элементов верхних поясов продольных балок проезжей части и коррозионный износ до 50 % толщины накладок узлов присоединения продольных балок к поперечным;
- множественные погиби и подрезы металлических элементов заполнения главных ферм руслового пролетного строения, образовавшиеся вследствие наезда автотранспорта;
- сквозная коррозия отдельных элементов решетки ферм в уровне тротуарного настила (так в одном из элементов раскоса образовалось отверстие с размерами 4×10 см в листе толщиной 12 мм);
- коррозионное пучение составных сечений раскосов на участках между заклепками и коррозионное пучение фасонки между крайними, а в некоторых случаях и между промежуточными заклепками.

Для определения существующей грузоподъемности пролетных строений и возможных вариантов их реконструкции были отобраны образцы стали для проведения химического анализа металла. Полученный химический состав исследованных образцов соответствует литому железу 1906–1935 гг.

3. Анализ грузоподъемности

На основании данных обследования были выполнены расчеты существующей грузоподъемности моста с учетом его технического состояния и расчетное обоснование реконструкции. Расчеты пролетных

строений №№ 1, 3 выполнялись двумя методами. По первому методу усилия в элементах пролетных строений определялись на основе приближенных расчетных схем, не учитывающих взаимодействия продольных и поперечных балок с главными балками, а также различную податливость поперечных балок по длине пролетного строения. По второму методу пролетное строение рассматривалось как единая конструкция, и расчет выполнялся методом конечных элементов. Расчет балочной клетки пролетного строения №2 выполнялся аналогично расчетам крайнего пролетного строения. Для учета податливости поперечных балок в узлах главных ферм последние в расчетной схеме были представлены балками со сплошными стенками, обладающими изгибной жесткостью, численно равной жесткости ферм. Главные фермы затем рассчитывались отдельно, без учета взаимодействия с балочной клеткой. Рассматривались варианты нагружения расчетными нагрузками в наиболее невыгодном положении для каждого из рассматриваемых элементов. Дефекты, снижающие грузоподъемность, разделены на две группы: условно неустраняемые (коррозионный износ металлоконструкций) и дефекты, которые могут быть устранены при ремонте. Поскольку одной из задач расчетов является оценка грузоподъемности моста после реконструкции, при оценке влияния дефектов принимались во внимание только дефекты первой группы. Для уменьшения объемов расчетов на первом этапе определялось напряженное состояние конструкций пролетных строений без учета дефектов, в результате чего выявлялись наиболее напряженные элементы. На втором этапе грузоподъемность последних оценивалась с учетом дефектов. На участках с проявившимся коррозионным пучением элементов составных конструкций и узловых соединений учитывались утонение элементов и погибь, образовавшаяся в результате пучения. Сечения с максимальным утонением и положением амплитуды погиби совпадают и располагаются посередине интервалов между заклепками. Рассматривался расчет составного сечения с ослабленными коррозией элементами при наличии погиби. Принято во внимание, что продукты коррозии между листами, вызвавшие их пучение, находятся в состоянии сжатия распределенными нагрузками, соответствующими прогибам листов при пучении. Соответственно этому при растягивающих усилиях в стержнях, подвергшихся пучению, в зонах погибей изменение кривизны будет пренебрежимо малым, так что дополнительные изгибающие напряжения можно не учитывать. Напротив, при действии сжимающих усилий в зонах поги-

бей начальные кривизны приобретают приращения, которые сопровождаются дополнительными напряжениями. Для их определения и оценки жесткости элементов с погибью в целом применялся метод эквивалентных жесткостей.

В результате расчетов получены следующие данные:

- главные балки пролетных строений №№ 1, 3 и главные фермы, а также узлы присоединения балочной клетки проезжей части к ним удовлетворяют требованиям прочности;

- несущая способность существующих балочных клеток всех пролетных строений вдвое меньше требуемой СНиП 2.05.03–84*;

- на данной стадии коррозионного пучения составных элементов определяющими являются сечения по заклепкам и коррозионное пучение можно не учитывать.

Учитывая результаты анализа существующей грузоподъемности рассматривались два основных варианта реконструкции: с устройством железобетонной плиты проезжей части и с устройством металлической ортотропной плиты, включаемой в совместную работу с помощью цоколей.

Расчеты выполнялись по двухстадийной схеме, отражающей историю возведения и нагружения конструкций. С учетом коррозионных ослаблений сечений рассчитывались только элементы, лимитирующие (или потенциально лимитирующие) грузоподъемность конструкций.

Учитывая результаты расчетов и принимая во внимание, что использование сварки при усилении существующих конструкций является недопустимым, увеличение грузоподъемности пролетных строений моста до требуемой нормами может быть достигнуто с помощью устройства металлической ортотропной плиты, присоединяемой к существующей балочной клетке с помощью цоколей на высокопрочных болтах. При этом выполнять усиление отдельно элементов существующей балочной клетки не требуется (за исключением участков с сосредоточенными коррозионными повреждениями).

4. Проектные решения

На рис. 3 представлено поперечное сечение крайнего пролетного строения до реконструкции и после.

Ортотропная плита проезжей части включает в себя балочную клетку, присоединяемую к цоколям, и блоки плиты настила, ввариваемые в балочную клетку (рис. 4). Металлоконструкции – сварные, заводского изготовления. Стыки поперечных и продольных балок устраиваются на высокопрочных болтах.

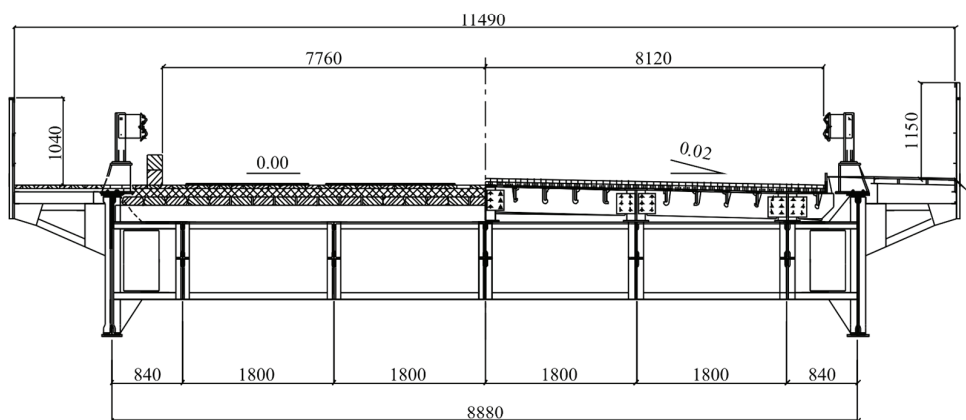


Рис. 3. Поперечное сечение пролётного строения до и после реконструкции

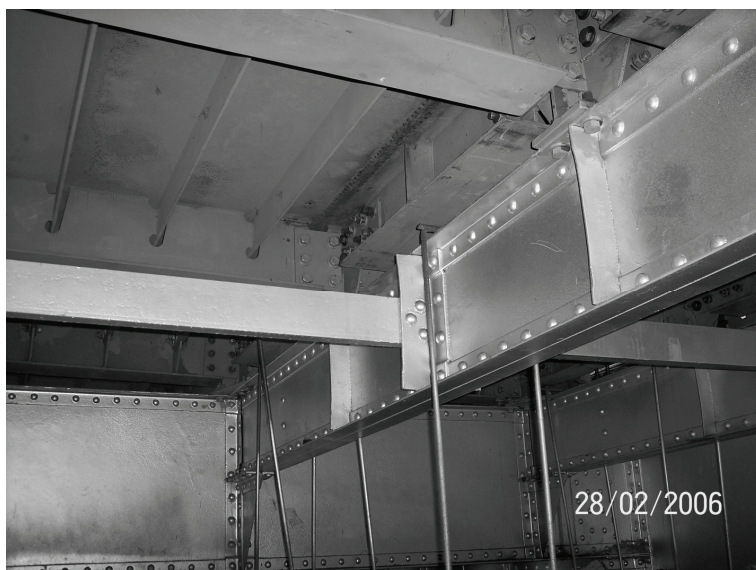


Рис. 4. Усиленная балочная клетка

Цоколи представляют собой жесткую сварную конструкцию из листовой стали (рис. 5). Они расположены в узлах пересечения поперечных балок с продольными балками и на продольных балках. Шаг цоколей назначался с той целью, чтобы элементы старой и новой балочных клеток работали единым сечением, т.е. чтобы в объединенных балках при их деформировании выполнялась гипотеза плоских сечений. Шаг балок с учетом конструктивных особенностей существующей клетки составил 1,44 м в центральном пролете и 1,55 м – в крайних.

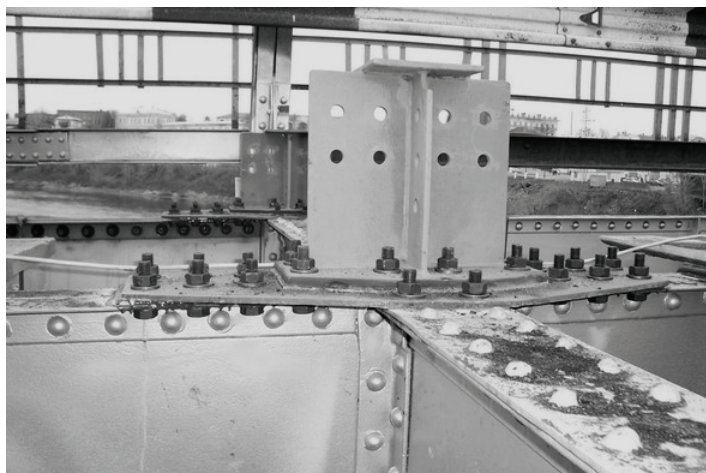


Рис. 5. Цоколь

Элементы ортотропной плиты и цоколей изготавливаются из стали 10ХСНД.

Тротуары запроектированы с учетом сохранения всех существующих металлоконструкций кронштейнов. Тротуарный настил представляет собой металлические панели вафельного типа.

Для уменьшения нагрузок от собственного веса покрытия на тротуарах и во избежание усиления существующих конструкций покрытие устроено с использованием полиуретановой мастики Хемпель толщиной 6000 мкм.

Антикоррозионное покрытие металлоконструкций запроектировано по двум схемам: для существующих конструкций и новых.

В 2005–2006 гг. выполнены работы по реконструкции моста (рис. 6).



Рис. 6. Вид проезжей до и после реконструкции

После завершения работ было проведено испытание моста. Полученные данные позволили сделать вывод о том, что грузоподъемность моста соответствует проектной.

Таким образом, применение цоколей для включения в совместную работу с существующими конструкциями новой металлической ортотропной плиты проезжей части позволило не только выполнить замену деревянной проезжей части на металлическую, но и успешно осуществить усиление существующих слабых элементов балочной клетки.

Получено 16.08.2010