

Кожушко В.П. д-р техн. наук

АНАЛИЗ РАБОТЫ НЕРЕГУЛЯРНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ПРИ ВОЙЗДЕЙСТВИИ ВРЕМЕННОЙ ЗАГРУЗКИ

Анотація. Розглянуто питання визначення розподільної здатності нерегулярної прольотної будови автодорожнього мосту, побудованого за індивідуальним проектом. Показано можливість використання для вирішення цього питання розробленого автором методу розрахунку прольотної будови і усередненої схеми прольотної будови.

Ключові слова: випробувальне навантаження, коефіцієнт поперечної установки, метод важіля, нерегулярна система, усереднена схема прольотної будови.

Аннотация. Рассмотрен вопрос определения распределительной способности нерегулярного пролетного строения автодорожного моста, построенного по индивидуальному проекту. Показана возможность использования для решения этого вопроса разработанного автором метода расчета пролетного строения и усредненной схемы пролетного строения.

Ключевые слова: испытательная нагрузка, коэффициент поперечной установки, метод рычага, нерегулярная система, усредненная схема пролетного строения.

Annotation. The possibility of application of the developed by the author method of span structure calculation and the averaged scheme of span structure for solving the above-mentioned problem is shown.

Key words: test loading, coefficient of transverse mounting, liver method, irregular system, averaged scheme of span structure.

В послевоенные годы на территории Украины были построены сотни мостов по индивидуальным проектам, из имеющихся под рукой материалов как отечественного, так и зарубежного производства. По этой причине конструкции этих мостов отличаются разнообразием и иногда имеют индивидуальную конструкцию. Эти мосты, несмотря на низкое качество работ при возведении и небрежной эксплуатации, дожили до наших дней, используются для пропуска транспорта и в настоящее время. Понятно, что для удлинения сроков их эксплуатации, принятия решения об их реконструкции и усилении, а, возможно, и замена новыми мостами, необходимо установить ресурсы их несущей способности. А это, в свою очередь, требует установления истинной распределительной способности пролетных строений, которые представляют собой резко нерегулярные системы, т.е. систем, в которых расстояния между главными балками (прогонами) в поперечном направлении различны, а изгибная и крутильная жесткость главных балок резко отличаются между собой. Часто, несмотря на, казалось бы, примитивную конструкцию пролетных строений мостов, расчет их (в частности определение распределение способности пролетных строений) вызывает определенные затруднения. Стоит вопрос о правильности выбора метода пространственного расчета пролетных строений при воздействии временных нагрузок, а выбор метода зависит не только от конструкции пролетного строения, но также от конструкции и качества объединения конструктивных элементов между собой и их состояния на момент обследования или испытания сооружения.

В связи с этим нами проанализирована работа пролетного строения моста резко нерегулярной схемы, обследование и испытание которого были выполнены сотрудниками кафедры мостов, конструкций и строительной механики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ) с участием автора весной 2011 года. Мост – многопролетный. Пролётные строения – металлические, состоящие из 4-х прогонов в поперечном сечении (см. рис.). Крайние элементы пролетных строений (прогоны 1 и 4) – это два рельса типа 1а, сваренные между собой таким образом, что головки рельс расположены у нейтральной оси сечения. Высота прогонов h составляет 28см, ширина полок $b=12,5$ см, площадь поперечного сечения $A=111,28\text{см}^2$, момент инерции при изгибе $I_{1,4}=8463\text{см}^4$. Прогоны 2 и 3

имеют более сложное поперечное сечение. Верхний элемент этих прогонов – рельс 1а, перевернутый головкой вниз. К нему снизу приварен по всей длине двутавр № 20, к нижней полке, которого приварена треугольная металлическая ферма вершиной вниз. Металлическая ферма с треугольной решеткой – сварная, из равнобоких уголков калибра 75, используемых для поясов ферм, и равнобоких уголков калибра 50, из которых выполнены элементы решетки. Раскосы приварены к поясам с нарушением требований норм: продольные оси элементов в узлах фермы не сходятся в одной точке, расположенной на нейтральной оси поясов; раскосы приварены внахлест поясов, т.е. без фасонки; длина панелей различна по длине фермы. Приведенный момент поперечного сечения при изгибе $I_{2,3}=55928\text{см}^4$, т.е. в 6,61 раза больше моментов инерции крайних прогонов. Расстояния в поперечном направлении составляют: между прогонами 1 и 2 – 106см, между прогонами 2 и 3 – 163см, между прогонами 3 и 4 – 120см (см. рис.).

Поперек моста на прогоны уложены дубовые поперечины сечением 10×8см, а по поперечинам вдоль моста устроены две колеи шириной 60см из досок толщиной 5см. Движение транспорта – одностороннее, осуществляется по продольным полосам. Расстояние между продольными полосами составляет 163см, а ширина моста между перилами ровно 475см. Пролет прогонов – 790см.

Одно пролетное строение мостов было испытано. Испытательной нагрузкой служили автосамосвал КрАЗ-256Б массой 26,5т в загруженном состоянии, которым была загружена середина пролета. Автомобиль был установлен так, чтобы задние его оси располагались симметрично относительно поперечной оси моста, проходящей через середину пролетного строения, т.е. задние оси располагались на расстоянии 70см от поперечной оси моста. Передняя ось автомобиля выходила за пределы пролета. Прогибы замерялись прогибомерами Максимова, которые были установлены под первым и четвертым прогонами, т.к. установить прогибомеры под прогонами 2 и 3 не представлялось возможным.

Для выявления распределительной способности пролетного строения использованы два метода:

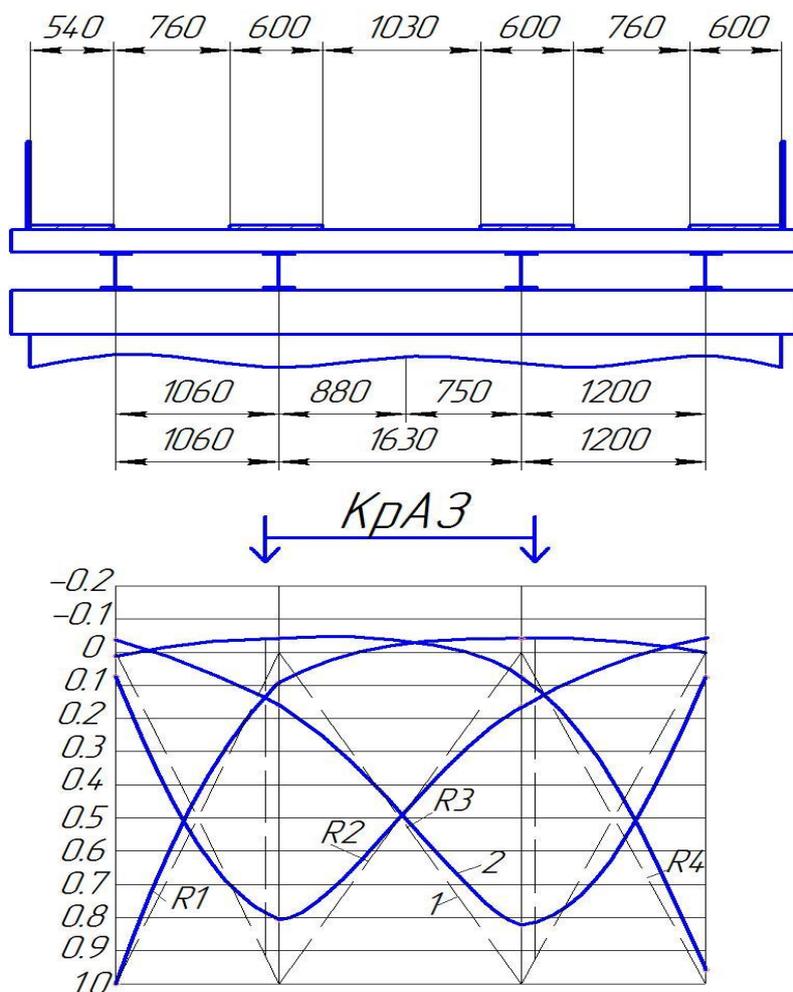


Рисунок 1 – Линии влияния усилий, передаваемых поперечинами на прогоны: 1 – по рычагу; 2 – по усредненной схеме, предложенной автором

Метод рычага и метод автора [1-5]. Расчет пролетного строения по методу автора выполнен по усредненной схеме, когда изгибная жесткость всех прогонов принята средней, равной $E_s I_s = 0,67011 \cdot 10^5 \text{ кНм}^2$, а расстояния между прогонами в поперечном направлении одинаковыми ($d = 129,7 \text{ см}$). Изгибная жесткость поперечного элемента (накатин) $E_{\text{пол}} I_{\text{пол}} = 0,10931 \cdot 10^3 \text{ кНм}^2$, т.е. в 618,5 раз меньше средней жесткости прогона. Эти характеристики необходимы при определении показателя гибкости системы α , который аналогичен показателю, принимаемому в методе упругих опор. В данном случае он равен примерно 5. По данным расчета построены линии влияния усилий, передаваемых поперечинами на прогоны (см. рис.). На этом же рисунке приведены линии влияния, полученные по рычагу.

После загрузки линии влияния испытательной нагрузкой определены коэффициенты поперечной установки, которые сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значение коэффициентов поперечной установки

Метод расчета	Пргоны			
	1	2	3	4
Рычага	0,0475	0,450	0,440	0,0675
Автора	0,050	0,445	0,4325	0,070

Таким образом, коэффициенты поперечной установки, полученные по двум методам, отличаются в крайних прогонах на 3,70 и 5,20%, в средних прогонах на 1,11 и 1,70%, т.е. практически совпадают.

Для проверки возможности использования упомянутых методов расчета при выявлении распределительной способности данного пролетного строения определены теоретические прогибы от испытательной нагрузки крайних прогонов.

Они равны:

по методу рычага: $y_1 = 0,56\text{см}$; $y_4 = 0,79\text{см}$;

по методу автора: $y_1 = 0,59\text{см}$; $y_4 = 0,82\text{см}$.

Экспериментальные прогибы (замеренные в процессе испытания сооружения) составили: $y_1 = 0,55\text{см}$, $y_4 = 0,73\text{см}$.

Таким образом, расчет резко нерегулярного пролетного строения методом автора по усреднённой схеме дает приемлемые для практики проектирования результаты.

Разница между экспериментальными прогибами и прогибами, полученными по методу автора, была бы еще меньше, если бы удалось точно определить изгибную жесткость 2 и 3 прогонов. Для этого надо бы было отдельно испытать каждый из прогонов 2 и 3, что при испытании реального сооружения не представляется возможным.

Расчеты показали, что уже при показателе гибкости системы $\alpha = 5$, пролетное строение следует рассчитывать по методу рычага.

Следует отметить, что предлагаемый метод богаче методов рычага, внецентренного сжатия или упругих опор, т.е. он дает возможность определить угол поворота и прогиб левого (или правого) конца поперечного элемента, а

значит, построить для ряда сечений поперечного элемента не только линии влияния изгибающих моментов и поперечных сил, но также линии влияния углов поворота и прогибов.

Анализируя данные расчета, можно сделать вывод о нерациональности конструкции данного пролетного строения, т.к. средние прогоны в 6,5-9,5 раз нагружены сильнее крайних. При реконструкции такого типа пролетных строений и устройстве сплошного проезда по ширине необходимо серьезное усиление крайних прогонов или замена пролетного строения на новое при условии, что опоры и грунты смогут воспринять новые нагрузки.

Выводы

При расчете балочных пролетных строений, даже резко нерегулярной системы, возможно использование метода расчета автора по усредненным жестким и линейным параметрам.

Литература

1. Кожушко В.П. Расчет пролетных строений балочных мостов разрезной системы/ В.П. Кожушко// Соппротивление материалов и теория сооружений.- 1980.-Вып.36.-С.118-122.
2. Кожушко В.П. Расчет неразрезных и балочных мостов регулярной и нерегулярной систем на временную нагрузку / В.П. Кожушко // Изд. вузов. Стр-во и архитектура.-1959-№5.-С.118-122.
3. Кожушко В.П. Визначення зусиль від тимчасового навантаження у головних балках металевих і сталобетонних балкових прольотних будовах нерегулярної структури за усередненою схемою/ В.П. Кожушко, С.А. Біндюг//Авт. дороги і дор. буд-во. –К.:НТУ,2002 – С.122-124.
4. Кожушко В.П. Распределительная способность пролетных строений автодорожных мостов нерегулярных систем/ В.П. Кожушко //Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009-Вип.56-С.43-50.
5. Кожушко В.П. Использование усредненной схемы при расчете балочных железобетонных пролетных строений нерегулярной системы/ В.П. Кожушко //Будівельні конструкції.-2011.-К.: НДІБК, 2011.- Вип..74. Кн.1. – С.465-474.