

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА РЕБРИСТЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*Лоцицкий А.И., гр. КПГС (МТТ) - М604н.
Научный руководитель – к.т.н., доц. Карюк Ф.Р.*

Аннотация. Рассмотрена процедура адаптации современных программных комплексов, построенных на основе метода конечных элементов, к расчету ребристых пролетных строений, выполненных из сборных железобетонных элементов, применяемых при строительстве мостов.

Ключевые слова: мост, ребристое пролетное строение, конечно-элементная модель, прогибы, изгибающие моменты, испытательная нагрузка.

Введение. В ребристых пролетных строениях более полно достигается соответствие формы сечения принципам эффективного использования материала. Сжатая зона балок (ребер) развита за счет плиты проезжей части, а площадь растянутого неработающего бетона значительно уменьшена. Арматура, работающая на растяжение, сосредоточена в ребрах. В настоящее время на территории Украины, в соответствии со статистическими данными, эксплуатируется порядка 43% ребристых пролетных строений, выполненных как из сборного, так и монолитного железобетона, с использованием предварительно напряженной и не напрягаемой арматуры. Наиболее распространенными (65%) являются пролетные строения из сборных предварительно напряженных железобетонных балок, возведенных по типовым проектам. Упомянутые балки объединяются между собой как по плите проезжей части, так и по диафрагмам. Около 62% мостов с ребристыми пролетными строениями имеют длину пролетов от 21 до 33 м. Большинство рассматриваемых конструкций эксплуатируемых мостов рассчитано на устаревшие подвижные нормативные нагрузки. Увеличение интенсивности движения и грузоподъемности современных транспортных средств вызывает необходимость перерасчета таких конструкций на современные нормативные и сверхнормативные нагрузки.

При проектировании ребристых пролетных строений используются различные расчетные модели, которые в большей или меньшей степени учитывают пространственный характер работы плит и балок пролетных строений. Вопрос о выборе модели является краеугольным

и обуславливается наилучшим совпадением теоретических результатов с данными испытаний мостов, а также минимизацией временного ресурса, необходимого для проектирования. Существующие методы, как правило, делятся на две группы: методы, в которых конструкция условно расчленяется на независимые элементы, и методы, в которых пролетное строение рассматривается как единая конструкция, состоящая из плит и системы балок, совместно воспринимающих нагрузки при любом положении их на пролетном строении. Первая группа отличается простотой и наглядностью, однако результаты здесь оказываются не вполне точными, но обычно идущими в запас прочности пролетного строения. Вторая группа методов более полно учитывает взаимосвязь между отдельными элементами пролетного строения и дает результаты, более репрезентативно сходящиеся с экспериментальными данными, полученными при испытаниях. Однако они более трудоемки, в связи с чем для их реализации необходимо соответствующее программное обеспечение.

Цель и постановка задачи

Перечисленное выше, а также анализ тенденций, имеющих место при моделировании напряженно-деформированного состояния пролетных строений мостов, позволяет сформулировать цель: построение адекватной расчетной модели пролетного строения с учетом его пространственной работы и конструктивных особенностей. Для решения выбран метод конечных элементов, представленный в виде метода перемещений. Инструментарием является среда ВК «Лира».

Реализация задачи

Тестирование предложенной модели выполнялось при расчете пролетного строения путепровода, расположенного в Одесской области. Обследование и испытание этой конструкции было выполнено расчетно-строительной группой «ЭСПРЕС - ПРОЕКТ СТРОЙ». Пролетное строение путепровода выполнено по типовому проекту 3.503-14 длиной 21 метр с габаритом Г-11,5 (6 балок с шагом 2,4 м).

Объединение балок между собой осуществлено по плите проезжей части. В качестве испытательной нагрузки использовались автомобили КраЗ 256 Б1 с прицепом ПСБ-10 общей массой 40 т (рис. 1). Загружение проводилось по трем схемам, учитывающим последовательную установку первой, второй и третьей колонны автомобилей.

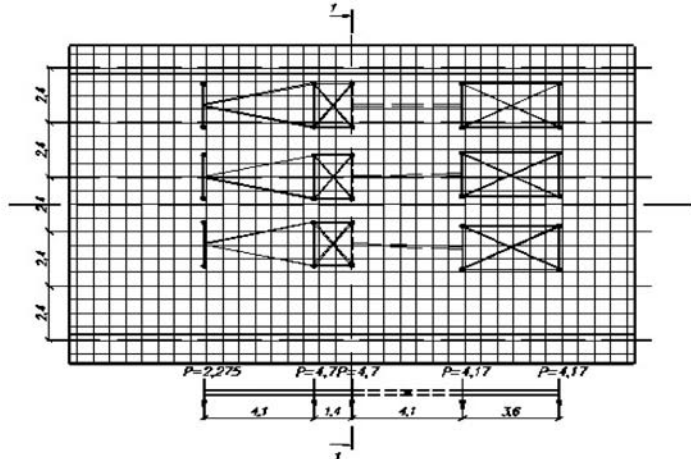


Рис. 1. Схема расстановки нагрузки на пролетном строении путепровода

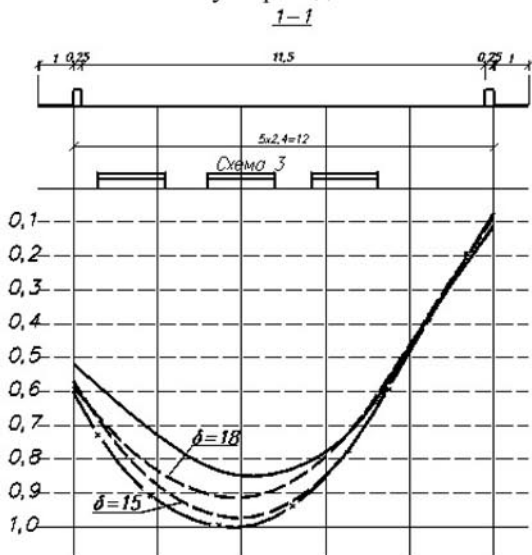


Рис. 2. Прогибы пролетного строения: экспериментально полученные прогибы; х – теоретически полученные прогибы методом упругих опор; теоретические прогибы по результатам расчетов на ВК «Лира»

В основе конечно-элементной модели лежит аппроксимация пролетного строения элементами балочного ростверка, в которых поперечное сечение продольных балок (ребер) задается в виде

двутавров, а поперечных балок (плиты) в виде прямоугольника. Геометрические размеры поперечного сечения заданы исходя из реальных размеров конструкции: общая высота двутавра 120 см, ширина верхней полки 240 см, толщина 15 см, толщина ребра 16 см, высота нижней полки 30 см, ширина 60 см; плита была представлена в виде поперечных балок прямоугольного сечения (ширина 60 см, что соответствует шагу разбивки ее на конечные элементы, высота 15 см). Нагрузку на модель задавали в соответствии с реальным нагружением конструкции пролетного строения (см. рис.1). При расчетах рассматривались два варианта: работа пролетного строения без учета слоев ездового полотна и с включением в работу выравнивающего слоя из бетона (результаты в табл. 1 и 2 для второго варианта приведены в скобках).

Таблица 1 Прогибы в главных балках

№ бал-ки	Схема 1		
	экспери-мент. прогибы, мм	теорет. прогибы, мм	прогибы ПК «Лира», мм
1	-4,11	-5,65	-5,26 (-5,08)
2	-3,53	-4,66	-4,99(-4,5)
3	-1,74	-2,56	-2,23(-2,26)
4	-0,62	-0,52	-0,44(-0,62)
5	-0,07	+0,33	+0,06(0,00)
6	+0,01	+0,07	+0,10(+0,15)
	Схема 2		
1	-5,09	-6,36	-5,9(-5,99)
2	-6,37	-8,51	-8,2(-7,57)
3	-6,06	-7,14	-7,23(-6,65)
4	-3,76	-3,66	-3,6(-3,62)
5	-1,33	-0,65	-0,82(-1,08)
6	-0,01	+0,42	0,24(+0,19)
	Схема 3		
1	-5,19	-6,04	-5,7(-5,87)
2	-7,33	-9,22	-8,78(-8,35)
3	-8,52	-9,97	-9,75(-9,15)
4	-7,87	-8,28	-8,5(-7,94)
5	-4,47	-4,77	-4,7(-4,63)
6	-1,02	-0,63	-0,84(-1,14)

Результаты, полученные при расчете с использованием ВК «Ли́ра», сравнивались не только с данными испытаний, но и с теоретическими расчетами, выполненными по методу упругих опор (табл. 1 и 2). Для наглядности полученных результатов были построены кривые прогибов по середине пролета для третьей схемы загрузки (рис. 2). Сопоставление теоретических результатов с результатами эксперимента свидетельствует о большей адекватности данных, полученных на основе пространственной модели конструкции, учитывающей также совместную работу плиты и выравнивающего слоя.

Таблица 2 Изгибающие моменты в главных балках

№ бал-ки	Схема 1		
	экспери-мент. мо-менты, тм	теорет. мо-менты, тм	моменты ПК «Ли́ра», тм
1	55,35	59,02	55,98(55,87)
2	47,21	48,71	54,44(51,24)
3	23,74	26,73	22,95(24,03)
4	8,004	5,43	4,5(6,57)
5	1,34	-3,39	-0,6(0,064)
6	0,00	-0,68	-1,1(-1,57)
	Схема 2		
1	61,05	66,75	62,58(65,34)
2	76,52	88,99	88,3(84,43)
3	72,72	74,89	77,8(74,12)
4	45,04	38,26	37,8(39,28)
5	16,01	6,84	8,4(11,34)
6	0,14	-4,39	-2,46(-2,11)
	Схема 3		
1	61,46	63,09	60,88(64,09)
2	86,69	96,46	94,2(92,58)
3	100,94	104,19	103,8(100,8)
4	93,21	86,69	91,4(88,35)
5	52,505	50,06	49,8(50,8)
6	11,8	6,59	8,5(11,98)

Выводы

Выполненные расчеты и сравнение их с экспериментальными данными свидетельствует о возможности применения принятой конечно-элементной модели для расчета ребристых пролетных строений при рабочем проектировании.

Литература

1. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. СН 200-62. – М.: Трансжелдориздат, 1962.
2. Арматура и арматурные изделия в сборном железобетоне. Баженов Г.Л. 1981
3. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций. Голышев А.Б. (ред.). 1982