

МОСТЫ

УДК 624.21

ЛИНИИ ВЛИЯНИЯ ПРОГИБОВ ФИКТИВНОГО ЗАЩЕМЛЕНИЯ
ПОПЕРЕЧНОЙ ПОЛОСЫ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТОВ

В.П. Кожушко, профессор, д.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрен вопрос построения линий влияния прогибов фиктивного защемления поперечной полосы пролетного строения автодорожных мостов с использованием метода расчета, разработанного автором.

Ключевые слова: линии влияния прогибов, показатель гибкости системы, поперечная полоса, фиктивное защемление.

ЛІНІЇ ВПЛИВУ ПРОГІНІВ ФІКТИВНОГО ЗАТІСНЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ
СМУГИ ПРОГІННОЇ БУДОВИ МОСТІВ

В.П. Кожушко, професор, д.т.н., ХНАДУ

Анотація. Розглянуто питання побудови ліній впливу прогинів фіктивного затиснення поперечної смуги прогінної будови автодорожніх мостів з використанням методу розрахунку, розробленого автором.

Ключові слова: лінії впливу прогинів, показник гнучкості системи, поперечна смуга, фіктивне затиснення.

DEFLECTION- INFLUENCE LINES OF FICTITIOUS RESTRAINT OF
TRANSYERSAL STRIP OF THE BRIDGE SPAN STRUCTURE

V. Kozhushko, Professor, Doctor of Technical Science, KhNAHU

Abstract. The problem of designing of deflection- influence line of the fictitious restraint of the transverse strip of the automobile bridge span structure using a designing method developed by the author is considered.

Key words: deflection- influence lines, rate of system flexibility, horizontal line, fictitious restraint.

Введение

Методика построения линий влияния прогибов элементов пролетных строений различных конструкций еще недостаточно разработана и требует дальнейших исследований.

Анализ публикаций

Ученые [1–3] во второй половине XX века разработали пространственные методы расчета пролетных строений автодорожных мостов, которые позволяли определять прогибы в любой точке системы. Но эти методы не позволяли однозначно определять то поло-

жение временной нагрузки по ширине и длине пролетного строения, при котором прогибы элементов пролетного строения были бы максимальными. Для определения максимальных прогибов требовался серьезный анализ результатов расчета, полученных при различных условиях расположения временной нагрузки на мосту, т.е. необходимо было провести серию расчетов всего пролетного строения. Кроме того, затруднительным было решение задачи о влиянии на величину прогибов различных соотношений изгибных гибкостей продольных и поперечных элементов пролетного строения.

Цель и постановка задачи

Целью работы является построение линий влияния прогибов фиктивного защемления поперечной полосы, вырезанной из пролетного строения, и на основе этого определение прогибов полосы в любой точке по ее длине. Кроме того, при загрузении линий влияния прогибов временной нагрузкой можно сразу определить то положение нагрузки, при котором прогиб фиктивной заделки будет максимальным. Эта задача решена на основе метода пространственного расчета пролетного строения, разработанного автором. Применение этого метода расчета позволяет проанализировать степень влияния различных соотношений продольных и поперечных изгибных гибкостей на величину прогибов.

Основные положения расчета

При реализации предложенного автором метода расчета [4–6] приходится решать систему из $(n + 2)$ уравнений, если не учитываются крутящие моменты. В результате решения системы уравнений при различных положениях единичной силы $P = 1$ поперек моста получаем истинные значения усилий X_i и увеличенные в $1/y_i$ раз прогибы фиктивного защемления $\bar{y}_0$. Если единичную силу $P = 1$ приложить во всех необходимых точках (по краям поперечной полосы – точки A, B , и над главными продольными элементами – точки 1, 2, ..., n , рис. 1), то полученных значений $\bar{y}_0$ будет достаточно для построения линий влияния прогибов фиктивного защемления поперечной полосы в том месте по длине пролета, в котором она вырезана. Это первый вариант построения линий влияния прогибов $\bar{y}_0$ фиктивного защемления поперечной полосы.

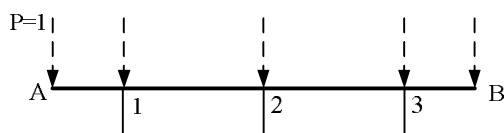


Рис. 1. Схема поперечного сечения пролетного строения и схемы его загрузки единичной силой $P = 1$

Нами для облегчения построения линий влияния усилий X_i , передаваемых поперечной полосой на главные (продольные) элементы пролетного строения, составлены таблицы

этих единичных усилий. В этих же таблицах приведены и значения единичных прогибов $\bar{y}_0$ фиктивной заделки поперечной полосы.

Значения единичных усилий X_i и прогибов $\bar{y}_0$ определены только для количества главных элементов пролетного строения, равного $n/2$ (при четном количестве главных элементов) или $(n + 1)/2$ (при нечетном их количестве).

Рассмотрим 1-е и n -е уравнения системы, предлагаемой нами в работах [4–6]. Они имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_{11} + \dots + \delta_{1n}X_n + 0,5\bar{\varphi}_0 + \bar{y}_0 = \Delta_{1P}; \\ \delta_{n1}X_1 + \dots + \delta_{nn}X_n + (n-0,5)\bar{\varphi}_0 + \bar{y}_0 = \Delta_{nP}, \end{cases} \quad (1)$$

где δ_{ik} – увеличенные в $1/y_i$ раз единичные перемещения i -й точки поперечной полосы при приложении единичной силы $P = 1$ в точке k (рис. 1). Величины i и k меняются от 1 до n ; y_i – прогиб главного (продольного) элемента пролетного строения от единичной распределенной вдоль пролета нагрузки $q = 1$ в том сечении по длине пролета, в котором вырезана поперечная полоса; X_i – истинные единичные усилия, передаваемые поперечной полосой на главные элементы пролетного строения; Δ_{iP} – увеличенные в $1/y_i$ раз перемещения i -й точки поперечной полосы от внешней нагрузки; $\bar{\varphi}_0$ – увеличенный угол поворота фиктивного защемления поперечной полосы от сосредоточенной силы $P = 1$; α – увеличенный прогиб фиктивного защемления поперечной полосы от сосредоточенной силы $P = 1$; $[0,5 \div (n - 0,5)]$ – относительные расстояния от фиктивной заделки поперечной полосы до соответствующего элемента пролетного строения.

После решения системы (1) из двух уравнений получим увеличенные в $1/y_i$ раз значения прогиба $\bar{y}_0$ фиктивной заделки поперечной полосы

$$\bar{y}_0 = \frac{(n-0,5)C_1 - 0,5C_2}{n-1}, \quad (2)$$

где

$$C_1 = \Delta_{1P} - (\delta_{11}X_1 + \dots + \delta_{1n}X_n); \quad (3)$$

$$C_2 = \Delta_{nP} - (\delta_{n1}X_1 + \dots + \delta_{nn}X_n). \quad (4)$$

В уравнениях (3) и (4): Δ_{1P} и Δ_{nP} – увеличенные в $1/y_i$ раз свободные члены, определяемые в точках 1 и n , от единичной силы $P = 1$, прикладываемой в различных точках поперечной полосы (от точки A до точки B , рис. 1); δ_{ik} и δ_{nk} – увеличенные в $1/y_i$ раз единичные перемещения поперечной полосы от силы $P = 1$; X_i – единичные усилия, значения которых следует брать из составленных автором таблиц. Методика определения единичных перемещений и свободных членов изложена в работах [4–6].

Прикладывая единичную сосредоточенную силу $P = 1$ в точках $A, 1, 2, \dots, n, B$, по формуле (2) определим увеличенные в $1/y_i$ раз прогибы фиктивной заделки, которые и будут являться ординатами линий влияния прогиба $\bar{y}_0$. Истинные значения прогибов фиктивной заделки поперечной полосы

$$y_0 = y_i y_0. \quad (5)$$

Используя полученные значения прогибов $\bar{y}_0$ и универсальное уравнение упругой ли-

нии [7], можно построить линии влияния прогибов в любой точке вырезанной поперечной полосы.

В увеличенные единичные перемещения δ_{ik} и свободные члены Δ_{iP} входит показатель гибкости системы α [4–6]. Этот показатель включает изгибные гибкости продольного и поперечного элементов пролетного строения, расстояния между главными (продольными) элементами поперек моста и расчетный пролет главного элемента пролетного строения.

Для примера рассмотрим балочное разрезное пролетное строение, состоящее из трех главных балок (рис. 1). По формуле (2) определим ординаты линий влияния прогиба при таких значениях показателя α : 0; 0,01; 0,05; 0,3; 3; 20 и 100.

Значения ординат линий влияния прогибов $\bar{y}_0$ приведены в табл. 1. Положительные значения $\bar{y}_0$ приняты при перемещении фиктивной заделки вверх.

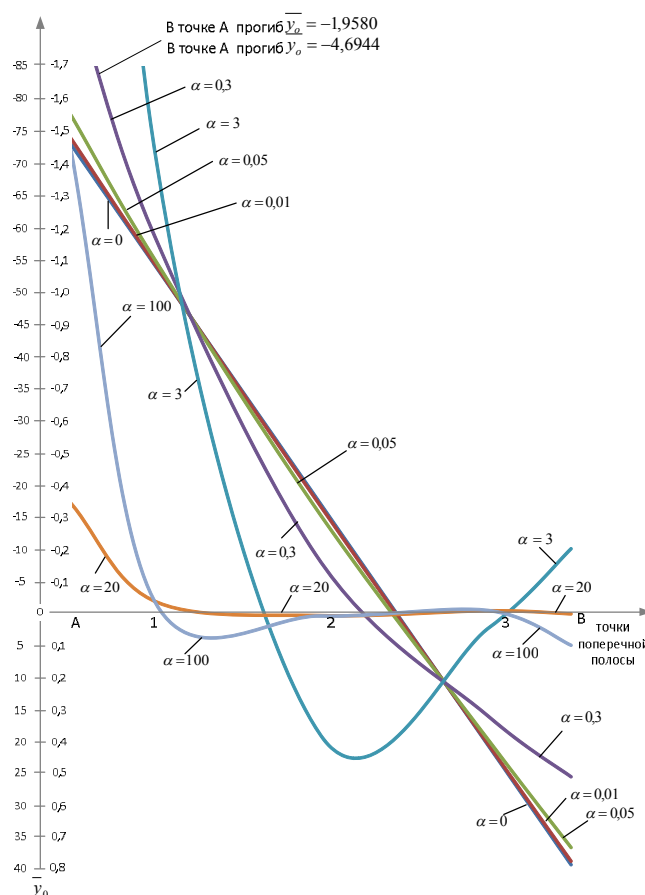


Рис. 2. Линии влияния прогибов $\bar{y}_0$: при $\alpha = 0; 0,01; 0,05; 0,3$ следует пользоваться правой вертикальной осью; при $\alpha = 20; 100$ следует пользоваться левой вертикальной осью

Таблица 1 Значения прогибов $\bar{y}_0$ фиктивного защемления поперечной полосы

Показатель α	Точки				
	A	1	2	3	B
0	-1,4583	-1,0833	-0,3333	0,4167	0,7917
0,01	-1,4768	-1,0869	-0,3262	0,4132	0,7807
0,05	-1,5495	-1,1008	-0,2984	0,3992	0,7380
0,3	-1,9580	-1,1736	-0,1528	0,3264	0,5170
3	-4,6944	-1,4444	0,3889	0,0548	-0,1953
20	-16,9430	-1,6170	0,6744	-0,0921	0,4038
100	-71,9430	-1,6170	0,7340	-0,1437	5,3080

Значения ординат линий влияния прогибов $\bar{y}_0$ приведены в табл. 1. Положительные значения $\bar{y}_0$ приняты при перемещении фиктивной заделки вверх.

По данным расчета построены линии влияния прогибов $\bar{y}_0$ фиктивного защемления поперечной полосы (рис. 2). Анализируя линии влияния прогибов, можно сделать вывод, что для жесткого в поперечном направлении пролетного строения ($\alpha = 0-0,05$) линии влияния прогибов описываются прямыми, а уже при $\alpha = 0,3$ и более форма линий влияния становится криволинейной. Загрузив полученные линии влияния временными нагрузками, можно определить то их положение по ширине проезжей части, при котором прогибы фиктивной заделки будут максимальными.

Выводы

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Предложенный автором метод расчета пролетных строений позволяет построить линии влияния прогибов фиктивного защемления поперечной полосы при любых соотношениях жесткостных характеристик продольных и поперечных элементов пролетного строения.

2. В зависимости от показателя гибкости системы α линии влияния прогибов могут быть как прямолинейными, так и криволинейными.

Литература

1. Улицкий Б.Е. Пространственные расчеты балочных мостов / Б.Е. Улицкий. – М.: Автоотрансиздат, 1962. – 180 с.

2. Российский В.А. Пространственный расчет пролетных строений балочных автодорожных мостов / В.А. Российский, Л.В. Семенец. – Х.: ХАДИ, 1962. – 100 с.
3. Лукин Н.П. Пространственный расчет бездиафрагменных мостов энергетическим способом / Н.П. Лукин // Сопротивление материалов и теория сооружений. – 1968. – Вып. VI. – С. 112–123.
4. Кожушко В.П. Расчет пролетных строений балочных мостов разрезной системы / В.П. Кожушко // Сопротивление материалов и теория сооружений. – 1980. – Вып. 36. – С. 118–122.
5. Кожушко В.П. Распределительная способность неразрезного железобетонного пролетного строения / В.П. Кожушко // Ресурсоекономічні матеріали, будівлі та споруди. – 2011. – Вип. 21. – С. 472–478.
6. Кожушко В.П. Использование усредненной схемы при расчете балочных железобетонных пролетных строений нерегулярной системы / В.П. Кожушко // Будівельні конструкції. – 2011. – Вип. 74, Кн. 1. – С. 465–474.
7. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.

Рецензент: В.А. Золотарёв, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2013 г.