

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ МУХОВЕЦ В Г. БРЕСТЕ

Г. П. ПАСТУШКОВ, Д. Е. ГУСЕВ, Д. В. ЖИХАРЕВ, О. С. ШИМАНСКАЯ
Белорусский национальный технический университет

После исследования состояния моста через реку Муховец на южном обходе г. Бреста в 2003 г. было принято решение о полной реконструкции сооружения, так как данный мост не соответствовал современным требованиям по пропускной способности, грузоподъемности и долговечности. Строительство нового моста было решено осуществить на месте старого после сноса последнего.

Генеральным проектировщиком объекта было выбрано ОАО «Брестпроект». Субподрядчиками по проектированию объекта выбраны ОАО «Минский промтранспроект» (проектирование опор, мостового полотна) и Белорусский национальный технический университет (проектирование пролетных строений).

Новый мост выполнен шестипролетным по схеме $24 + 2 \times 33 + 55 + 33 + 24$ (м). Для каждого из направлений назначено по три полосы для движения транспорта. Габарит каждой из полос – 12,5 м. Конструктивно встречные полосы движения оформлены как два независимо работающих сооружения. Проектная нагрузка в соответствии с требованиями современных норм на момент проектирования была принята А11 и НК80.

Пролетные строения длиной 24 и 33 м выполнены из типовых железобетонных предварительно напряженных балок. Русловое пролетное строение длиной 55 м индивидуальной проектировки разработано в НИЛ мостов и инженерных сооружений БНТУ. Конструкция руслового пролетного строения принята сталежелезобетонной. В поперечном сечении установлено 8 главных балок двутаврового сечения, объединенных попарно в 4 плети по 2 шт. В поперечном направлении главные балки объединены при помощи поперечных балок сплошного сечения. На опоре применена поперечная сплошная балка усиленного сечения. Высота металлической части конструкции в середине пролета составляет 1850 мм. Плита проезжей части – монолитная железобетонной толщиной в средней части 20 см. Объединение плиты проезжей части с металлической балкой осуществляется при помощи гибких упоров системы Нельсона. Изготовление металлических элементов руслового пролетного строения произведено на Чеховском заводе мостовых металлоконструкций (Россия).

Особенностью конструкции является максимальное снижение усилий в балках от 1-й стадии постоянных нагрузок и в максимальном использовании возможностей 2-й стадии. Для этого сооружение руслового пролетного строения производилось на специальных подмостях с регулированием усилий в металлических балках. Соотношение высоты главных балок к их длине составило 1 : 25. Необходимость применения балок пониженной высоты было продиктовано, с одной стороны, подмостовым судоходным габаритом, с другой стороны, необходимостью выдержать продольный профиль улицы в стесненных условиях городской застройки.

Во время строительства изменились нормативные требования по вертикальной временной нагрузке. В связи с этим было принято решение об усилении пролетного строения до класса нагрузок А14 и НК112. Усиление производилось на стройплощадке путем добавления дополнительных элементов со стыками на высокопрочных болтах.

Строительство моста начато в 2005 г. и закончено в ноябре 2007 г.

В результате испытания руслового сталежелезобетонного пролетного строения одного из независимо работающих сооружений 24 июля 2007 г. были подтверждены предпосылки, заложенные в проекте. В настоящее время мостовое сооружение успешно функционирует и эксплуатируется без ограничений.

УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ УПРУГОГО ТРЕХСЛОЙНОГО СТЕРЖНЯ СТУПЕНЧАТО-ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ, Е. Э. СТАРОВОЙТОВА
Белорусский государственный университет транспорта

Приведена постановка задачи о квазистатическом деформировании несимметричного трехслойного стержня с жестким заполнителем, имеющего ступенчато-переменную толщину. Для описания кинематики пакета принята гипотеза «ломаной нормали»: в тонких несущих слоях справедливы гипотезы Бернулли; в более толстом жестком заполнителе нормаль остается прямолинейной, не изменяет своей длины, но поворачивается на некоторый дополнительный угол $\psi(x)$. На границах склейки слоев перемещения непрерывны. На торцах стержня предполагается наличие жестких диафрагм, препятствующих относительному сдвигу слоев.

но не мешающих деформированию из своей плоскости. Для описания ступенчато-переменной толщины используется функция Хевисайда. Деформации малые.

Уравнения равновесия трехслойного стержня получены с помощью принципа возможных перемещений Лагранжа:

$$\delta A = \delta W,$$

где δA , δW – вариации работы внешней нагрузки и внутренних напряжений,

$$\delta A = \iint_S (p \delta u + q \delta w) dS,$$

$$\delta W = \int_S \sum_{k=1}^3 \int_{h_k} (\sigma_x^{(k)} \delta \epsilon_x^{(k)} + 2\sigma_{xz}^{(3)} \delta \epsilon_{xz}^{(3)} \delta_{k3}) dz dS = b_0 \int_0^l \left[\sum_{k=1}^3 \int_{h_k} \sigma_x^{(k)} \delta \epsilon_x^{(k)} dz + 2 \int_{h_3} \sigma_{xz}^{(3)} \delta \epsilon_{xz}^{(3)} dz \right] dx;$$

$p, q = \text{const}$ – проекции внешней поверхностной нагрузки; σ_{ij} , ϵ_{ij} – компоненты тензоров напряжений и деформаций; интегралы берутся по всему объему стержня.

Применяя закон Гука, интегрируя по толщине стержня, получим в итоге следующую систему уравнений равновесия в перемещениях:

$$\begin{aligned} (a_1 + a_{10} H_0(x - x_0)) u_{,xx} + (a_6 + a_{60} H_0(x - x_0)) \psi_{,xx} - (a_7 + a_{70} H_0(x - x_0)) w_{,xxx} &= -p, \\ (a_6 + a_{60} H_0(x - x_0)) u_{,xx} + (a_2 + a_{20} H_0(x - x_0)) \psi_{,xx} - (a_3 + a_{30} H_0(x - x_0)) w_{,xxx} - a_5 \psi &= 0, \\ (a_7 + a_{70} H_0(x - x_0)) u_{,xxx} + (a_3 + a_{30} H_0(x - x_0)) \psi_{,xxx} - (a_4 + a_{40} H_0(x - x_0)) w_{,xxxx} &= -q, \end{aligned}$$

где x_0 – координата сечения, в котором скачком изменяется толщина стержня; u, ψ, w – искомые перемещения.

Эта система уравнений имеет разрывные коэффициенты. Ее необходимо решать в отдельности для каждой из областей непрерывности. Затем полученные решения «сшивать» по границам.

В результате система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающая равновесия трехслойного стержня с нерегулярной границей, в областях непрерывности имеет решение типа:

$$\begin{aligned} \psi_1(x) &= C_{21} \text{sh}(\beta_1 x) + C_{31} \text{ch}(\beta_1 x) - \frac{1}{\beta_1^2} [\gamma_{21} p + \gamma_{11} (qx + C_{11})], \\ w_1(x) &= \frac{1}{\alpha_{21}} \left[\frac{\alpha_{11}}{\beta_1} \left[C_{21} \text{ch}(\beta_1 x) + C_{31} \text{sh}(\beta_1 x) - \frac{x}{\beta_1} \left(\gamma_{21} p + \gamma_{11} \left(\frac{1}{2} qx + C_{11} \right) \right) \right] - \right. \\ &\quad \left. - a_7 p \frac{x^3}{6} + a_1 q \frac{x^4}{24} + \frac{a_1 C_{11}}{6} x^3 \right] + \frac{C_{41}}{2} x^2 + C_{51} x + C_{61}, \\ u_1(x) &= \gamma_{31} \psi_1 + \frac{1}{\alpha_{21}} \left[-a_4 p \frac{x^2}{2} + a_7 q \frac{x^3}{6} + \frac{a_7}{2} C_{11} x^2 \right] + C_{71} x + C_{81}. \end{aligned}$$

В других областях решение будет иметь подобный вид, но с другими коэффициентами и константами интегрирования $C_{21}, \dots, C_{28}$, которые определяются из условия непрерывности перемещений и их производных в сечениях нарушения толщины стержня.

УДК 624.15:692.115+624.139

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАПРЯГАЮЩИХ БЕТОНОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАЙ В ПОСТРОЕЧНЫХ УСЛОВИЯХ

П. С. ПОЙТА, А. Н. НЕВЕЙКОВ

Брестский государственный технический университет

Среди различных типов фундаментов, применяемых в Беларуси, на долю свайных приходится почти 25 %. Их применение позволяет получить более экономичные и индустриальные конструктивные решения не только в сложных инженерно-геологических условиях. Причем наибольшее распространение получили сваи заводского