

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОФНАСТИЛА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТЕ МАЛЫХ МОСТОВ

Зроблено огляд конструкцій плитних прогонових будов. Звернено увагу на перспективність застосування плитних прогонових будов з зовнішнім армуванням у вигляді профільованих сталевих листів. Досліджено розподільну здатність плитних прогонових будов з застосуванням профільованих сталевих листів.

*Ключові слова:* прогонова будова, армування, навантаження, конструкція

Выполнен обзор конструкций плитных пролетных строений. Обращено внимание на перспективность применения плитных пролетных строений с внешним армированием в виде профилированных стальных листов. Исследована распределительная способность плитных пролетных строений с применением профилированных стальных листов.

*Ключевые слова:* пролетное строение, армирование, нагрузка, конструкция

The review of plate span structures constructions is carried out. The perspectiveness of application of plate span structures with outer reinforcement in the form of profiled steel sheets is paid attention to. The distributive capacity of plate span structures with application of profiled steel sheets is investigated.

*Keywords:* span, re-enforcement, loading, construction

В настоящее время на дорогах Украины эксплуатируется более 28 тысяч мостовых сооружений. Большое количество мостов было запроектировано и построено по техническим нормам, которые действовали до 1984 года, поэтому сегодня они не соответствуют техническим условиям движения автотранспорта, как по грузоподъемности, так и по габаритам.

Для обеспечения дальнейшей нормальной эксплуатации существующих мостовых сооружений необходимо выполнять работы по их ремонту, реконструкции или полной замене пролетных строений при максимальной возможности сохранения опор [1].

Традиционно мостовые сооружения классифицируются по характеру пересечения препятствия, длине моста и пролетных строений, назначению, материалам, статической схеме, типу несущей конструкции, типу армирования и типу железобетона.

По длине сооружения и длине отдельных пролетных строений, особенностям их конструкции, принято условное разделение мостов на четыре группы: малые, средние, большие и внеклассные.

Распределение по длине сооружения мостов Украины показывает, что абсолютное большинство составляют малые (49,7 %) и средние (44,2 %) мосты, т.е. общее их количество – 93,9 %.

По типу железобетона мосты бывают из сборного, монолитного и сборно-монолитного железобетона. Основная масса мостов построе-

на из сборного железобетона – 65 %, монолитных мостов – 30 %, а сборно-монолитных – 5 %.

По типу армирования мосты разделяются на мосты с предварительно-напряженной и обычной арматурой. Мостов, армированных обычной арматурой, насчитывается близко 45 % от всего количества сооружений. Пролетных строений, армированных предварительно-напряженной арматурой в виде высокопрочной проволоки – 31 %, со стержневой арматурой – 23 %, остальные – 1 % – армированы канатами.

По типу несущей конструкции пролетные строения мостов делятся на плитные, ребристые и коробчатые. Наиболее распространены на Украине плитные пролетные строения (до 52 %), за ними идут ребристые – 43 % и на последнем месте – коробчатые.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее распространенными на Украине являются малые мосты с плитными пролетными строениями.

Для перекрытия малых пролетов величиной от 1 до 5...6 м, когда высота насыпи не позволяет установить трубу, применяют мосты со сплошными плитами. Условно можно принять, что пролетное строение относится к плитным, если отношение ширины элемента к его высоте более 5...8 и общая площадь пустот составляет менее половины площади брутто поперечного сечения [2-5].

Плитное пролетное строение представляет собой цельную или составную по ширине моста

железобетонную плиту сплошного сечения или с пустотами. Такие пролетные строения устраивают, как правило, разрезными. Основные достоинства их: простота конструкций, удобство изготовления и монтажа, малая строительная высота. Толщина плит составляет соответственно  $1/15 \dots 1/20$  пролета, для разрезных конструкций и  $1/20 \dots 1/30$  – для неразрезных [5].

При пролетах до 6 м обычно применяют однопролетные плитные мосты, предложенные канд. техн. наук Н. А. Словинским, представляющие четырехшарнирный прямоугольник. Геометрическая неизменяемость его обеспечивается за счет совместной работы с грунтом. Пролетное строение – это сплошная железобетонная плита.

Плитные пролетные строения прошлых лет строительства изготавливались из бетона марки 150 или 200. Пролетные строения с ненапрягаемой арматурой применяются в основном в монолитных мостах при пролетах до 6...9 м. Монолитные плиты армируют гладкой арматурой, стержнями периодического профиля или сварными сетками. Часть продольной рабочей арматуры пропускают по всей длине, остальную отгибают в нескольких плоскостях у опор для восприятия главных растягивающих напряжений. В поперечном направлении устанавливается распределительная арматура небольшого диаметра для фиксации расстояний между рабочей арматурой и улучшения распределения нагрузки. Сборные плитные пролетные строения состоят из ряда блоков, уложенных параллельно друг другу и объединенных в поперечном направлении с помощью шпонок для обеспечения совместной работы. Блоки плитных пролетных строений назначают шириной 0,5...1,5 м. Поперечное объединение плит осуществляется при помощи бетонных шпонок. К плитным относятся также пролетные строения, составленные из двутавровых предварительно напрягаемых элементов, в которых полки примыкаются и образуют сплошные плиты. Объединение таких плит в поперечном направлении обеспечивается натяжением поперечной арматуры в диафрагмах [4-5]. Применяются и сборно-монолитные плитные конструкции пролетных строений. В них по сборным предварительно напряженным элементам (армоэлементам) в виде струнодосок или перевернутых тавров укладывают бетон, объединяющий конструкцию. Эти конструкции разработаны для пролетов до 10 м. Предварительно напряженные элементы укладывают в нижнюю часть конструкции. В строительный период они вы-

полняют роль опалубки и частично или полностью служат подмостями. После твердения заполняющего бетона образуется комбинированная конструкция, в которой трещиностойкие армоэлементы воспринимают растягивающие усилия, а заполняющий бетон – сжимающие. Объем армоэлементов составляет 20...40 % от общего объема конструкции. За рубежом сборные пустотные плитные пролетные строения применяют также из коробчатых плит, укладываемых вплотную друг к другу.

Перспективным направлением является применение профилированных стальных листов (профнастила), которые используются как несминаемая опалубка, для плитных пролетных строений малых мостов.

Профилированные листы должны нести как вес свежесушеного бетона и арматуры, так и монтажные нагрузки [6]. Затем происходит сцепление между профилированными стальными листами и затвердевшим бетоном. Профилированный стальной лист действует тогда один или как часть растянутой арматуры устроенного перекрытия.

Совместную работу между профилированным листом и бетоном необходимо обеспечить посредством одного или нескольких следующих мероприятий:

- механическое соединение, вызванное через деформации в профилированном стальном листе (ребра жесткости);
- соединение профилей с обратно развернутой формой поперечного сечения;
- анкеровки концов через приваренные головчатые болты или другие жесткие соединения между бетоном и стальным листом, однако, только в комбинации с предшествующими двумя вариантами объединения.

Общая толщина плиты должна быть не менее 80 мм. Толщина бетона выше ребер профилированного стального листа (без возвышенностей) должна быть не меньше 40 мм.

Недостаточно изучен вопрос применения отечественных профилей и анкеровки их с бетоном, обеспечивающим более надежную совместную работу, чем предложено ранее. Возможность и целесообразность применения плитных пролетных строений с использованием профнастила связана с моральным и физическим износом существующих мостов, в которых опоры выполнены в виде массивных устоев, а пролетные строения из монолитных или сборных плит. В таких сооружениях опоры, как правило, находятся в удовлетворительном состоянии, а конструкции ездового полотна

имеют значительные дефекты и повреждения, снижающие их несущую способность. Для замены вышедших из строя пролетных строений возможно использовать конструкции выполненные из сталебетонных элементов с применением профнастила. Использование профнастила в качестве опалубки для несущих элементов пролетных строений позволяет перекрывать и нестандартные длины пролетов при сохранении существующих опор.

При расчете мостов основным является определение величины силового воздействия временных нагрузок на любой элемент конструкции пролетного строения. Вопросу распределения временной нагрузки между элементами пролетных строений железобетонных мостов посвящено много работ советских и иностранных ученых [3]. Существующие методы расчета пролетных строений железобетонных мостов можно разделить на следующие основные группы:

- 1) методы, основанные на вычислении усилий от расчетной временной нагрузки на отдельные главные балки с учетом коэффициентов поперечной установки;
- 2) методы, основанные на замене пролетного строения балочным ростверком;
- 3) методы, основанные на замене пролетного строения ортотропной плитой;

4) методы, в которых расчетная схема принимается без искажений.

Наиболее часто при расчете плитных пролетных строений используются следующие методы:

- метод внецентренного сжатия с учетом кручения (метод М. Е. Гибшмана);
- метод ортотропной плиты (В. Г. Донченко);
- метод Б. Е. Улицкого;
- метод Л. В. Семенца;
- метод В. П. Кожушко;
- для сборных конструкций метод шарнирной цепи (М. Е. Гибшман) и др.

Авторами данной статьи был выполнен расчет пролетного строения плитного моста с использованием в качестве внешнего армирования и опалубки профнастила Н75-750-0,8. Определение усилий в элементах пролетного строения было выполнено с использованием метода В. П. Кожушко [7]. Расчет выполнялся для двух вариантов толщины плиты 15 и 20 см и пролетом 3 м. Коэффициент упругого распределения  $a$  для плиты 15 см равен 0,0176, а для 20 см – 0,0096. Схема поперечного сечения, линии влияния распределения усилий и их загрузке временной нагрузкой приведены на рис. 1 и 2.

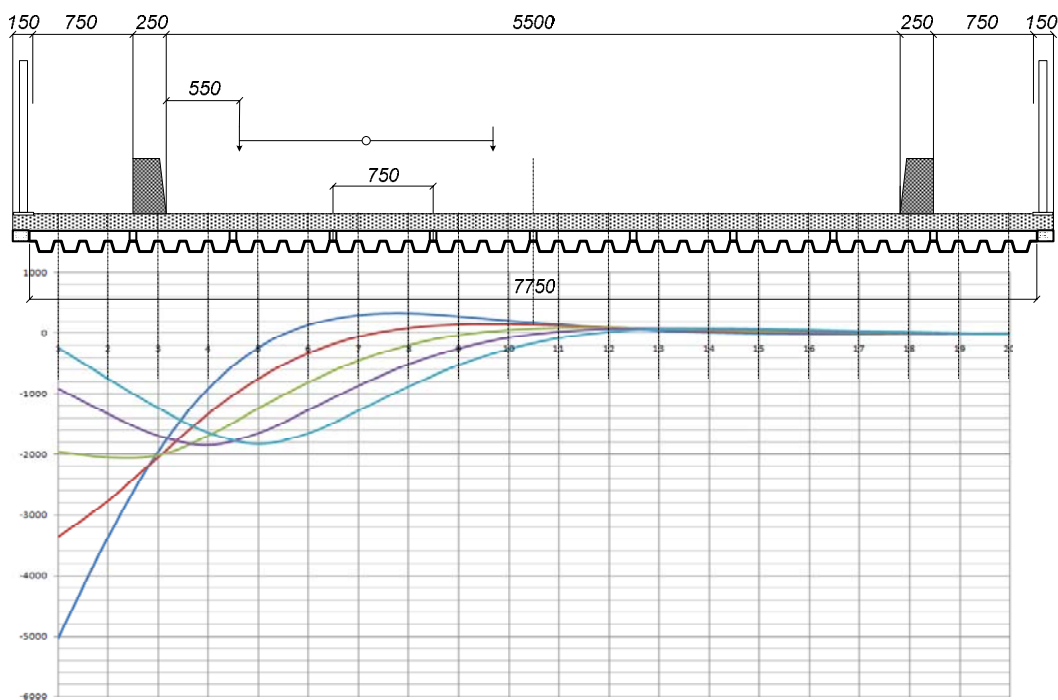


Рис. 1. Линии влияния усилий на продольные элементы (1-5) и их загрузку временной нагрузкой А15

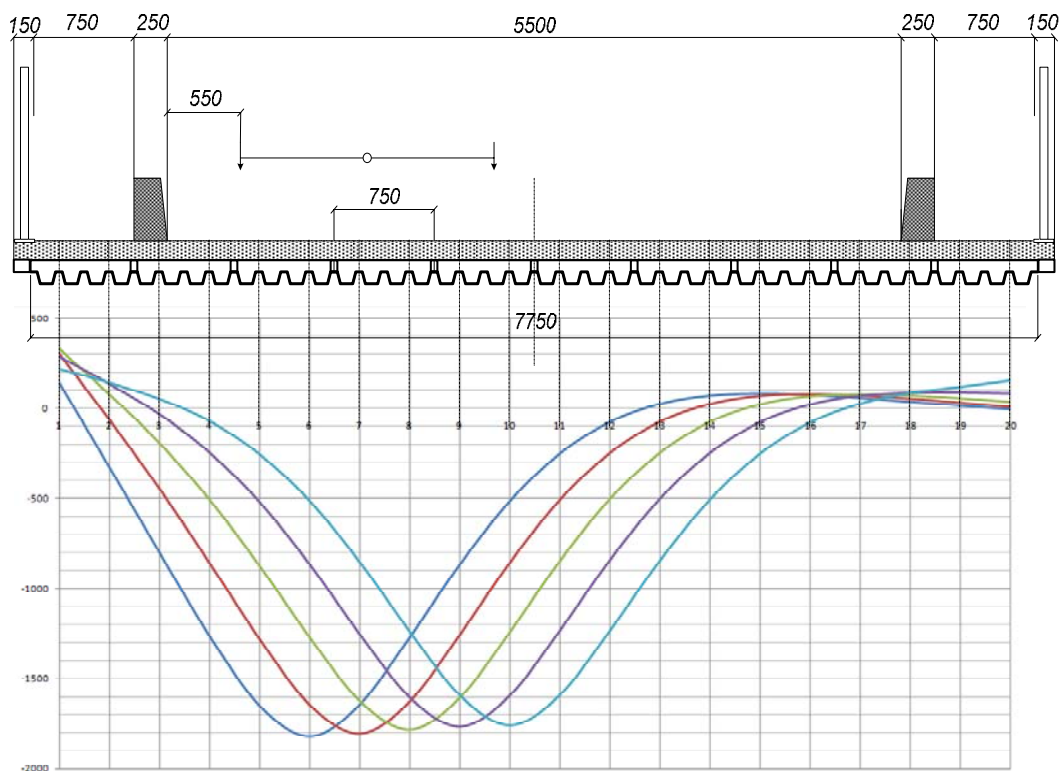


Рис. 2. Линии влияния усилий на продольные элементы (6-10) и их загрузка временной нагрузкой А15

Максимальное значение изгибающего момента в середине пролета от нагрузки А15 [8, 9] при толщине плиты 15 см составило 28,8 кНм, при толщине плиты 20 см – 25,18 кНм. Наиболее нагруженным оказался элемент № 5.

Для определения эффективности применения профнастила в качестве составляющей площади рабочей арматуры и опалубки был выполнен сравнительный расчет расхода материалов для предлагаемой конструкции плиты проезжей части и аналогичной ей сплошной железобетонной плиты. Анализ результатов расчета показал, что расход стали в обеих конструкциях примерно одинаковый, а расход бетона в конструкции с использованием профнастила на 25 % меньше.

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод об эффективности применения профнастила при реконструкции существующих и строительстве новых плитных пролетных строений малых мостов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Страхова, Н. С. Эксплуатація і реконструкція мостів [Текст] / за ред. А. І. Лантуха-Лященко. – 2-е вид. – К.: Транспортна академія України, 2002. – 408 с.
2. Назаренко, Б. П. Железобетонные мосты [Текст]: учеб. для вузов / Б. П. Назаренко. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1970. – 432 с.

3. Саламахин, П. М. Мосты и сооружения на дорогах [Текст]: учеб. для вузов, в 2 ч. Ч.1. / под ред. П. М. Саламахина. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.
4. Иосилевский, Л. И. Железобетонные пролетные строения мостов индустриального изготовления (Конструирование и методы расчета) [Текст] / Л. И. Иосилевский, А. В. Носарев, В. П. Чирков, О. В. Шепетовский. – М.: Транспорт, 1986. – 216 с.
5. Гибшман, М. Е. Проектирование транспортных сооружений [Текст]: учеб. для вузов, 2-е изд. / М. Е. Гибшман, В. И. Попов. – М.: Транспорт, 1988. – 447 с.
6. ГОСТ 24045-94. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами [Текст]. – Введен 1995-09-01.
7. Кожушко, В. П. Модельовання прольотних будов мостів [Текст] / В. П. Кожушко. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 196 с.
8. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи [Текст]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с.
9. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с.

Поступила в редколлегию 28.04.2011.  
Принята к печати 16.05.2011.