

Ю.И. Павуков, заведующий лабораторией мостовых конструкций РУП «БелдорНИИ»;  
П.В. Золотов, канд. техн. наук РУП «БелдорНИИ»

## НОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ОБЖАТИЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТОВ

This article tells about a new technical solution of strengthening of existed assembly spans of bridges made T-beams with diaphragms. The strengthening was executed by means of arrangement of transverse bracing. The peculiarity of the method consists in fixing of stressed elements for transverse bracing not only at ribs end beams but at ribs of intermediate beams also. This technology makes an effect of discrete coupling of reinforcement with concrete and as a result permits to reduce considerably efforts of prestressing and essentially raise the effectness of transverse bracing for the strengthening of spans.

В практике эксплуатации железобетонных мостов известны сооружения со сборными пролетными строениями из тавровых балок, объединенными по диафрагмам на сварке (таких мостов в Республике Беларусь порядка 40% от всего парка мостов), и обладающими большим количеством дефектов.

Из дефектов, снижающих грузоподъемность таких сооружений, можно выделить три основные группы:

- повышающие усилия от постоянных нагрузок;
- снижающие несущую способность отдельных балок;
- нарушающие связи поперечного объединения между балками.

Последняя группа дефектов обязана своим происхождением разрывам сварных стыков по диафрагмам.

Вот на ликвидацию этих дефектов и направлено предложение (уже используемое в ремонтной практике) стянуть разделяющиеся балки поперечными связями в виде напрягаемых арматурных элементов, тем самым обеспечив нормативную грузоподъемность рассматриваемых пролетных строений.

В современной практике ремонта рассматриваемых мостов известен способ поперечного обжатия сквозными напрягаемыми элементами (арматурные стержни или пучки из высокопрочной проволоки) с анкеровкой их на стенках только крайних балок.

Такой способ выполнения поперечного обжатия имеет несколько существенных недостатков: необходимость обжатия пролетного строения большими усилиями, что, в свою очередь, ставит очень жесткие требования к прочности бетона существующих диафрагм балок; при недостаточном обжатии пролетного строения (из-за некачественной стыковки балок друг с другом или снижения сжимающих напряжений в бетоне диафрагм) поперечное обжатие становится малоэффективным.

Нами был предложен новый способ выполнения поперечного обжатия, который и рассматривается в данной статье.

В современной теории железобетона при определении ширины раскрытия нормальных трещин в предварительно напряженных изгибаемых элементах со смешанным армированием рассматриваются два случая [1–3]:

- 1) когда напрягаемая арматура имеет сцепление с бетоном;
- 2) когда такое сцепление отсутствует.

В первом случае после погашения сжимающих напряжений в бетоне и ненапрягаемой арматуре вследствие увеличения вертикальной нагрузки и соответствующего изгибающего момента в растянутой (напрягаемой и ненапрягаемой) арматуре происходит приращение растягивающих напряжений, которое на уровне ее центра тяжести определяется известной формулой:

$$\Delta\sigma_I = \frac{M - P_{02} \cdot (Z_I - e_{sp}^I)}{Z_I \cdot (A_p - A_s)}$$

где  $P_{02}$  – усилие натяжения напрягаемой арматуры с учетом первых и вторых потерь;  $Z$  – расстояние между центром тяжести всей арматуры в растянутой зоне и равнодействующей напряжений в сжатой зоне;  $e_{sp}$  – расстояние между равнодействующей усилия предварительного напряжения  $P_{02}$  и центром тяжести всей арматуры в растянутой зоне.

Во втором случае приращение напряжений произойдет только в ненапрягаемой арматуре и составит

$$\Delta\sigma_{II} = \frac{M - P_{02} \cdot (Z_{II} - e_{sp}^{II})}{Z_{II} \cdot A_s}$$

то есть будет существенно больше, чем  $\Delta\sigma_I$ , принимая незначительное расхождение между  $\frac{Z_I - e_{sp}^I}{Z_I}$  и  $\frac{Z_{II} - e_{sp}^{II}}{Z_{II}}$ .

Тогда в первом случае в ненапрягаемой арматуре возникнет, соответственно, меньшее растягивающее усилие, то есть:

$$N_s^I = \Delta\sigma_I \cdot A_s \ll N_s^{II} = \Delta\sigma_{II} \cdot A_s,$$

где, применительно к рассматриваемой проблеме поперечного обжатия, усилие  $N_s$  – это отрывное усилие, приложенное к нижней закладной детали стыка. И чем это усилие меньше, тем надежнее работает стык и на восприятие изгибающего момента и, особенно, на восприятие поперечной силы.

В таком случае выгоднее, когда напрягаемый арматурный элемент для поперечного обжатия получает после натяжения сцепление с бетоном конструкции.

Эта идея и легла в основу нового технического решения, разработанного с участием автора, в котором предусмотрено после натяжения напрягаемого арматурного элемента и закрепления его на ребрах крайних балок также закрепление его на ребрах всех промежуточных балок, что и создает эффект дискретного сцепления.

В дальнейшем будем рассматривать два случая конструктивного выполнения поперечного обжатия:

сквозным напрягаемым арматурным элементом (в виде пучка из высокопрочных проволок или арматурного стержня), закрепляемым только на стенках крайних балок;

напрягаемым арматурным элементом, закрепляемым после натяжения на стенках крайних балок и затем фиксируемым в стенках промежуточных балок против смещений относительно них (рис. 1).

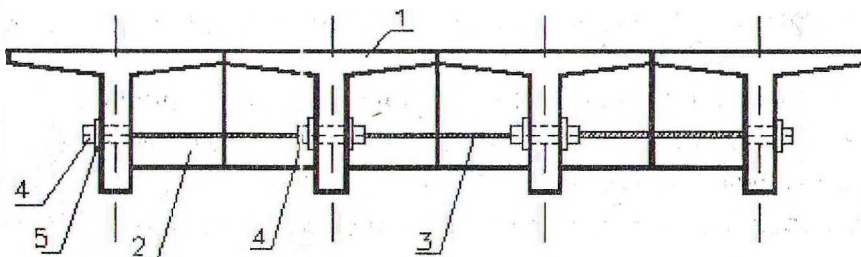


Рис. 1. Поперечное обжатие напрягаемым арматурным элементом винтового профиля, закрепляемым после натяжения на стенках крайних и промежуточных балок: 1 – балка; 2 – полудиафрагма; 3 – арматурный стержень винтового профиля; 4 – фиксирующее устройство; 5 – упорная шайба

Выполнение поперечного обжатия по второму варианту (подана заявка на изобретение и получено положительное решение) обеспечивает эффективное включение затяжки в работу конструкции после погашения сжимающих напряжений в нижней части стыка диа-

фрагмы при воздействии временных подвижных нагрузок, что и создает эффект дискретного сцепления [4].

За счет этого может быть снижено предварительное напряжение в затяжке.

Реализация второго варианта легко выполняется, если в качестве затяжки используются арматурные стержни винтового профиля (рис. 1). В таком случае фиксация натянутого стержня относительно стенок промежуточных балок осуществляется инвентарными гайками через упорные шайбы.

Если в качестве затяжки используется просто арматурный стержень высокого класса прочности (А-V, А-VI), то фиксация осуществляется его обетонировкой между стенками балок, чем одновременно обеспечивается защита от коррозии (рис. 2). То же самое в принципе можно осуществить и для пучка из высокопрочной проволоки.

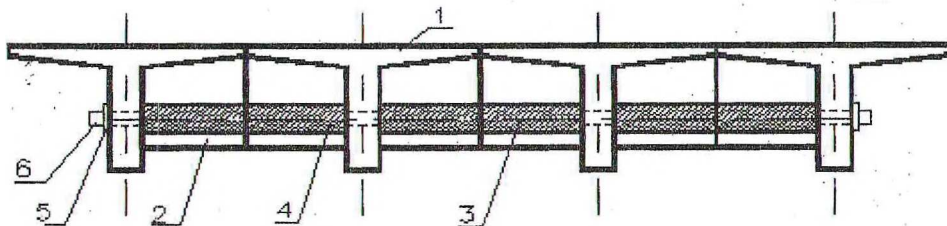


Рис. 2. Поперечное обжатие напрягаемым арматурным элементом или пучком, закрепляемым после натяжения обетонировкой между стенками балок: 1 – балка; 2 – полудиафрагма; 3 – арматурный стержень или пучок; 4 – бетонная рубашка; 5 – упорная шайба; 6 – анкер

Для проверки правильности выдвинутой гипотезы об эффективности фиксации затяжек в стенках промежуточных балок в РУП «БелдорНИИ» был проведен эксперимент.

Опытное пролетное строение состояло из 4-х тавровых балок с диафрагмами из разобранного типового (по вып. 56) пролетного строения длиной 11,36 м. В качестве напрягаемых арматурных элементов были использованы арматурные стержни диаметром  $d = 32$  мм, класса А-III. После натяжения и анкеровки стержня на стенках крайних балок с помощью разжимных втулок и вилкообразных шайб производилась таким же образом фиксация каждого стержня на стенках промежуточных балок, а загрузка опытного пролетного строения производилась с помощью специальных силовых устройств.

Результаты испытаний показали эффективность такого мероприятия, как фиксация напрягаемого арматурного элемента в стенках промежуточных балок после анкеровки его на стенках крайних балок.

Данное техническое решение позволило при сравнительно низком уровне предварительного напряжения в затяжке эффективно включать ее в работу после гашения сжимающих напряжений в нижней зоне стыка полудиафрагмы и тем самым сохранять первоначальную (близкую к расчетной) картину распределения нагрузки между балками во всех ее положениях (рис. 3).

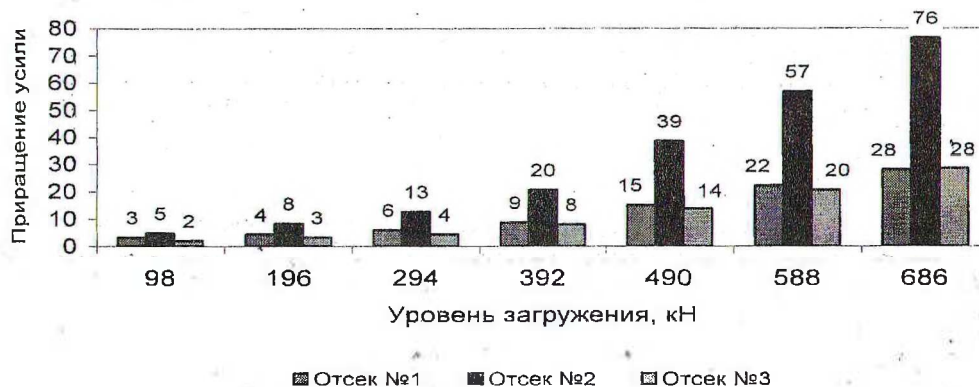


Рис. 3. Эшора приращений усилия в тяге, условно разделенной на отсеки между балками

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леонгард Ф. Предварительно напряженный железобетон. – М.: Стройиздат, 1983. – 243 с.
2. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. – 96 с.
3. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974. – 316 с.
4. Золотов П.В., Пастушенко А.Г., Павуков Ю.И., Нахманович Н.А., Еллала Фаузи. Сборное железобетонное пролетное строение моста и способ его сооружения / Пат. 3558 С1 ВУ, МПК Е 01D 2/00, Е 01D 21/00 – № 970446; Заявл. 24.10.1997 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 1999. – № 1. – С. 50.