

УДК 625.12(477)

*Ассист. И.Г. Корниенко,
канд. техн. наук С.В. Мирошниченко*

ПЛИТЫ БЕЗБАЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА: ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Представил д-р техн. наук, профессор А.А. Плугин

Постановка проблемы. В настоящее время на мостах с металлическими пролетными строениями железных дорог Украины все шире применяют безбалластное мостовое полотно (БМП) на железобетонных плитах, которые через

прокладной слой, выполненный из досок твердой древесины, мелкозернистого бетона или других типов, с помощью высокопрочных шпилек прикрепляются к балкам проезжей части (рис. 1).

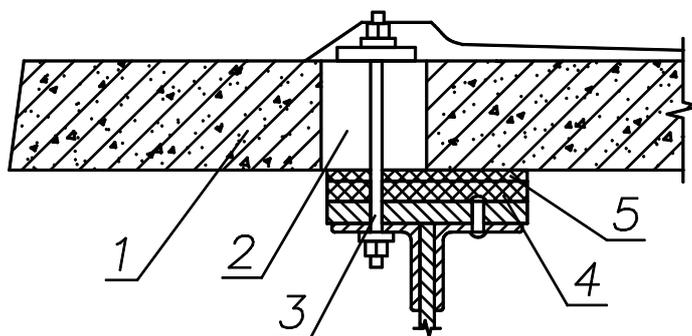


Рис. 1. Конструкция прокладного слоя под железобетонными плитами безбалластного мостового полотна: 1 – плита БМП; 2 – овальное отверстие для высокопрочной шпильки (и нагнетания раствора под плиту); 3 – высокопрочная шпилька; 4 – антисептированная древесина (дуб); 5 – армированная тканью резиновая прокладка (транспортная лента)

Опыт обследований и испытаний БМП на действующих линиях Укрзалізници показывает, что выпускаемые сейчас плиты недостаточно надежны и долговечны. Они в течение непродолжительного периода эксплуатации (порядка 5 лет) могут приобретать массовые повреждения [1]. Таким образом, существует проблема недостаточной трещиностойкости плит БМП.

Анализ исследований и публикаций. В последние годы тема безбалластного мостового полотна, образования и предотвращения трещин в плитах БМП была предметом многочисленных споров и дискуссий [1–6]. Предположены различные причины образования трещин и предложены разные способы их предотвращения. Однако обобщения результатов исследований [1–6] и др. не проводились.

Целью работы является аналитический обзор литературных данных о причинах образования трещин в плитах

БМП и соответствующих способах его предотвращения, выбор наиболее рациональных способов обеспечения трещиностойкости плит для дальнейших исследований и совершенствования.

Анализ причин повреждений плит БМП. К числу наиболее распространенных можно отнести следующие [1]:

- продольные (рис. 2) и диагональные трещины в плитах;
- сколы бетона плит в месте крепления их шпильками;
- ослабление натяжения или обрыв шпилек и, как следствие, расстройство узлов крепления плит к балкам проезжей части;
- выкрашивание и разрушение армированного цементно-песчаного прокладного слоя (рис. 3);
- поражение гнилью и разрушение прокладного слоя из досок.

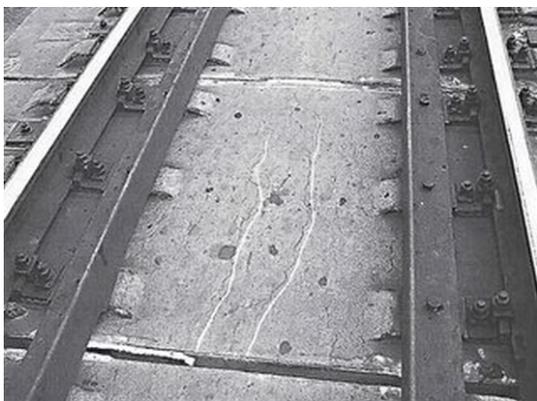


Рис. 2. Продольные трещины в плитах БМП



Рис. 3. Выкрашивание и разрушение армированного цементно-песчаного прокладного слоя

Известны случаи, когда через три-шесть месяцев эксплуатации под обрабатываемой нагрузкой в плитах, не имевших видимых дефектов после изготовления, возникали трещины раскрытием до 0,1 мм.

Расчеты и эксперименты, а также анализ существующих дефектов, выполненные различными организациями, и в частности, кафедрой СМКС УкрГАЗТ позволили установить следующие недостатки плит БМП, приводящие к описанным повреждениям [1, 6]:

1. Конструктивные:

– возникновение зон отрыва плиты от прокладного слоя как при проходе поезда, так и при натяжении шпилек (именно здесь разрушается прокладной слой);

– ослабление шпилек за счет динамических воздействий;

– высокая жесткость подрельсового основания, обуславливающая повышение динамических нагрузок на элементы БМП;

– знакопеременная нагрузка на плиту БМП. При прохождении поезда бетон верхней зоны плиты сжат, а при отсутствии – растянут.

2. Рецептурно-технологические:

– несовершенство состава бетона;

– неоднородность свойств применяемых материалов;

– частичное несоответствие геометрии плит – «пропеллерность» площадок для опирания плит на продольные балки моста.

3. Эксплуатационные:

– применение прокладного слоя шириной 100 мм (на твердых породах древесины) увеличивает напряжения в плите в районе шпилек, по сравнению с прокладным слоем 200 мм;

– несоответствие норме силы натяжения высокопрочных шпилек при монтаже и эксплуатации плит БМП на мостах.

Некоторые из вышеперечисленных недостатков приводили к тому, что как

правило, в плитах БМП появлялись продольные трещины по верхней или нижней поверхностям, которые достаточно быстро пересекали все сечение плиты. Арматура начинала работать в нерасчетном режиме, бетон вокруг трещины (особенно продольной) интенсивно выкрашивался, после чего требовалась безотлагательная замена поврежденной плиты.

Установлено, что одной из основных причин возникновения трещин является сложная динамическая работа плиты. В частности, из-за грибовидности верхних поясов главных или продольных балок при натяжении шпилек плита выгибается вверх, а при проходе временной нагрузки – вниз. Таким образом, она, как мембрана, совершает вертикальные колебания, приводящие к трещинам в бетоне и повреждениям арматуры.

Разрушению плиты также способствуют неоднородность бетона и увеличенная толщина защитного слоя, когда плечо внутренней силовой пары между центрами тяжести арматуры и сжатой зоны бетона при нарушении технологии бетонирования уменьшается.

Анализ способов предотвращения образования трещин в плитах БМП. Ранее НИИ мостов и институт Ленгипротрансмост предложили ряд способов предотвратить возникновение трещин в плитах БМП:

– вместо сплошного опирания плиты на прокладной слой применять опирание на дискретные опоры, которые должны быть обжаты полностью при всех нагружениях;

– снижать усилие натяжения шпилек;

– использовать предварительно напряженные плиты.

Также одним из способов повышения трещиностойкости плит за счет увеличения плеча внутренней пары сил является увеличение их толщины со 174 до 200 мм. При этом возрастет жесткость плиты, уменьшится размах ее колебаний вокруг нейтральной оси. Такой метод применялся в Японии.

Известно, что за рубежом в последние 15–20 лет начали применять железобетонные конструкции с внешним листовым армированием, позволяющим увеличить плечо внутренней пары сил. В наибольшей мере такой эффект может проявиться применительно к плитам, поскольку в процентном отношении даже незначительный рост плеча внутренней пары сил в плите дает существенное увеличение реактивного момента.

Предварительное моделирование работы плит с внешним листовым армированием показало, что самым надежным способом соединения листов с бетоном является приварка к листу хомутов, которые погружаются в бетон на последней стадии формования плиты на вибростол. Для выпуска воздуха из-под листа в момент погружения анкеров в бетон в нем были вырезаны отверстия, расположенные по всей поверхности в шахматном порядке.

После испытаний сравнительный анализ напряженного состояния показал, что по оси плиты, армированной листом, в верхних волокнах бетона напряжения уменьшились вдвое. В стальном листе напряжения снизились на 13,5 % по сравнению с напряжениями в стержневой арматуре. Вертикальные перемещения оказались также меньше, чем в аналогичных плитах типового исполнения. Впоследствии производство плит с внешним армированием не нашло применения по причине сложности технологического процесса.

Также были разработаны варианты использования вместо сплошного листа отдельных соединенных между собой полос.

Был опробован также способ увеличения жесткости плеча внутренней пары сил в плите за счет укладки сверху дополнительного слоя железобетона, который, кроме увеличения высоты, может усилить контруголки.

В 2003 году кафедрой СМКС УкрГАЖТа была разработана конструкция

прокладного полимеркомпозиционного слоя под плиты БМП с модулем деформаций, близким к модулю деформации прокладного слоя из дубовой прокладки и резинового слоя, с высоким электросопротивлением, что будет смягчать динамические нагрузки и повышать усталостную прочность конструкций мостового полотна и пролетного строения.

Также российскими специалистами было предложено безбалластное мостовое полотно с «точечным» опиранием плиты на продольные балки. Это забетонированный в плиту БМП стальной тавр, длина которого равна длине плиты. К полке тавра привариваются шпильки Нельсона для лучшего соединения бетона плиты и стального тавра. Верхняя и нижняя арматурные сетки плиты также прикрепляются к шпилькам Нельсона, что обеспечивает их совместную работу. К верхней полке продольной балки прикрепляются спаренные уголки на высокопрочных болтах. В данном виде прикрепления плиты и верхнего пояса продольной балки податливость болтовых соединений незначительна, в результате чего возрастает эффективность работы поперечного сечения на кручение, что обуславливает увеличение критических нагрузок.

Для упрочнения плит БМП начали широко применять дисперсное армирование бетона, получая при этом фибробетон. Он представляет собой железобетон, дополнительно армированный стальной фиброй, которая имеет с одной стороны шероховатую поверхность и изогнута по концам для повышения сцепления с бетоном. Применение фибры увеличивает сопротивление сжатию бетона и его растяжению при изгибе. Фибробетон отличается повышенной трещиностойкостью, ударной вязкостью, сопротивлением истиранию, морозостойкостью и пониженной ползучестью.

Введение в бетон фибры повышает его прочность на сжатие до 25 %, осевое растяжение – до 65 %, растяжение при изгибе – в 2,5 раза, ударостойкость – до 10 раз.

Напряженное состояние в плите зависит от многих факторов, легко нарушаемых и трудно контролируемых: точности изготовления плиты, точности подгонки толщины прокладного слоя по месту укладки плиты, соблюдения положения высокопрочной шпильки по отношению к оси балки, усилия натяжения шпилек и поддержания этого усилия в заданных границах при эксплуатации мостов и т. д.

Также существуют предложения для повышения надежности и долговечности

плит увеличить высоту БМП. Несмотря на то, что это связано с увеличением расхода бетона на 10 – 12 %, одновременно может быть уменьшено количество рабочей арматуры, благодаря чему стоимость таких плит существенно не изменится, но это также приведет к увеличению нагрузки на несущие конструкции моста.

Выводы и перспективы дальнейшего развития. Анализ возможных причин и способов решения проблемы возникновения трещин в плитах безбалластного мостового полотна показал, что универсального решения пока нет, что дает возможность предложить новые технические решения, сочетающие в себе положительные свойства различных методов.

Список литературы

1. Систематизація пошкоджень залізобетонних плит безбалластного полотна залізничних мостів [Текст] / А.А. Плугін, О.А. Забіяка, С.В. Мірошніченко та ін. // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 109. – С.120-131.
2. Для увеличения долговечности плит БМП [Текст] / С.А. Ключин, Н.А. Мухина, В.М. Олеков, А.И. Орешкин // Путь и путевое хозяйство. – 2007. – № 11. – С. 28–30.
3. Безбалластное мостовое полотно железнодорожных мостов [Текст] / В.Г. Орлов, А.А. Дорошкевич, В.В. Батюня // Путь и путевое хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 25–26.
4. Тановицкий, Ю.Ю. Анализ выносливости шпилек БМП при различных типах прокладного слоя [Текст] // Труды IX науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2008. – С. 4–11.
5. Тановицкий, Ю.Ю. Напряженно-деформированное состояние таврово-уголкового прикрепления на БМП [Текст] // Труды X науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2009. – С. 4–7.
6. К вопросу исследования трещиностойкости железобетонных плит безбалластного мостового полотна [Текст] / С.В. Мирошниченко, А.Н. Плугин, А.А. Плугин, И.Г. Корниенко // Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2009. – Вип. 72. – С. 457–464.

Ключевые слова: плиты безбалластного мостового полотна, трещины, прокладной слой, фибробетон, листовое армирование.

Аннотації

Розглянуто проблему утворення тріщин у плитах БМП, проаналізовано причини їх виникнення, а також способи їх усунення.

Рассмотрена проблема образования трещин в плитах БМП, проанализированы причины их возникновения, а также способы их устранения.

In this article considers the problem of cracks in plates BMP, analyzes their causes, and has examined the proposed remedies.