

УДК 624.21.057:624.012.35

В.И. АКОПОВ, Л.Ю. СОЛОВЬЕВ, С.А. ТИХОМИРОВ

НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

Представлен анализ основных дефектов сталежелезобетонных конструкций и причин их возникновения. Приведен обзор современных конструктивных решений.

Сталежелезобетонные пролетные строения в практике современного мостостроения имеют широкое распространение. Это объясняется эффективным сочетанием в одной конструкции двух материалов — железобетона и стали. Каждый из них используется наиболее рационально в соответствии со своими свойствами. Как правило, железобетон, хорошо работающий на сжатие, располагают в сжатой зоне изгибаемых балок, что обеспечивает экономичное расходование дорогостоящего материала — стали. Кроме этого решается задача и с устройством проезда, поскольку железобетонная плита выполняет одновременно две функции — и основного несущего элемента, и элемента проезжей части.

Для железнодорожных мостов использование железобетонной плиты позволяет устраивать езду на балласте в соответствии с требованиями СНиП 2.05.03–84* на всех мостах, расположенных в пределах станций, на кривых или на участках пути с уклонами более 0,004 ‰. Последние обстоятельства весьма существенны для железнодорожных линий, располагающихся в горных условиях.

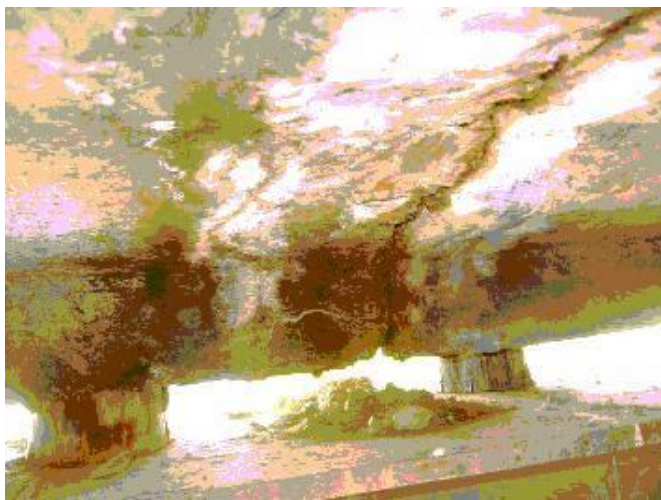
На пролетных строениях автодорожных и городских мостов железобетонная плита создает долговечную проезжую часть, защищенную надежным гидроизоляционным ковром, и обеспечивает благоприятные условия для водоотвода.

Совместная работа железобетонной плиты и стальных главных балок в сталежелезобетонных пролетных строениях обеспечивается надежностью работы узлов объединения указанных элементов, а для сборных плит — и надежностью объединения блоков плиты между собой. Как показала практика, такие узлы оказались наиболее уязвимыми деталями данного вида конструкций. Причем для автодорожных мостов большее распространение получили расстройств узлов объединения плиты и стальных балок в приопорных участках, а для железнодорожных мостов — расстройств узлов объединения сборных плит между собой в продольном направлении (рис. 1).

Безусловно, применение сборных плит является весьма технологичным решением с точки зрения времени монтажа пролетных строений, возможностей регулирования усилий и т.д. Качество бетона плит заводского изготовления, как правило, достаточно высокое. Результаты обследований показывают, что прочность бетона этих элементов после 20–30 лет эксплуатации в большинстве своем выше проектной, протечки и выщелачивания по ним практически отсутствуют. Конструкция упоров, являющихся, по сути, закладной деталью изготавливаемых на заводе блоков плит, также достаточно надежна. Однако эти преимущества практически сводятся на нет необходимостью выполнять объединение блоков между собой на строительной площадке. Качество монолитного бетона стыков объединения блоков в большинстве случаев весьма низкое, что приводит к быстрому выходу его из строя, выключению плиты из совместной работы и, соответственно, — к существенному снижению несущей способности конструк-

ций. Ремонт таких стыков весьма трудоемок и связан с необходимостью обеспечения длительных перерывов движения по мосту. Это привело к тому, что строительство железнодорожных мостов со сталежелезобетонными пролетными строениями прекращено.

а)



б)



Рис. 1. Разрушение швов омоноличивания железобетонной плиты:
а — трещина по контакту бетона омоноличивания швов и бетона блоков плиты;
б — разрушение бетона омоноличивания швов

Для автодорожных мостов в последнее время широкое применение находят пролетные строения с монолитными железобетонными плитами. Такое решение исключает возможность нарушения монолитности плиты и тем самым существенно сокращает вероятность выключения ее из совместной работы со стальными балками в процессе эксплуатации. Помимо этого необходимо отметить, что пролетные строения с монолитной железобетонной плитой могут применяться при любых сочетаниях плана и профиля мостового перехода.

С другой стороны, применение монолитных железобетонных плит вызывало до последнего времени определенные сложности. Устройство опалубки таких плит требовало значительных затрат материальных и трудовых ресурсов, а также затрудняло обеспечение безопасности проведения монтажных работ на высоте. Использование в целях экономии материалов перемещаемой опалубки вело к увеличению сроков бетонирования плиты и требовало существенного

увеличения численности рабочих. Обследование эксплуатируемых мостовых сооружений показало, что зачастую опалубка плиты не снималась в связи с затрудненным доступом под пролетные строения и опасными условиями труда, особенно на электрифицированных линиях, что существенно снижало качественные показатели сооружения.

В 80-х гг. прошлого столетия на ряде объектов были сделаны попытки применения опалубок несъемной конструкции. Для их изготовления использовали отечественный гофрированный оцинкованный лист (путепровод в теле МКАД через Волоколамское шоссе) или стеклофибробетонные листы толщиной 20 мм (путепровод в теле МКАД через Савеловское направление железной дороги, путепровод над железнодорожными путями у Казанского вокзала в г. Москве). Использование несъемной металлической опалубки позволило заметно сократить сроки и трудоемкость строительства. Вспомогательные устройства потребовали бы больше металла, чем было израсходовано на несъемную опалубку. Сооружение эксплуатируется с 1997 г., и на сегодняшний день никаких дефектов не обнаружено.

К недостаткам использования опалубки из оцинкованного гофрированного листа можно отнести необходимость стыковки листов между собой с помощью заклепок или болтов, а также необходимость установки многочисленных анкеров для соединения листов с плитой, что наряду с увеличением трудоемкости работ нарушает целостность цинкового покрытия и может стать причиной снижения водонепроницаемости и уменьшения долговечности плиты. Кроме того, заполнение бетоном выступающих «гофр» неоправданно увеличивает массу конструкции.

При использовании в качестве несъемной опалубки стеклофибробетона выявлено, что:

- относительно большая масса опалубочных листов (около 40 кг/м²) и, как следствие, ограниченная их площадь потребовали устройства дополнительных поперечных и продольных связей в поддерживающих опалубку конструкциях;
- для крепления опалубочных плит с основной конструкцией необходимо устройство дополнительных петлевых выпусков арматуры;
- для обеспечения совместной работы плиты проезжей части и опалубки на границе их соединения при температурных деформациях и усадке бетона необходима анкеровка опалубки при бетонировании потолочных конструкций;
- из-за ограниченных размеров опалубочных плит в плане, предполагающих их ручную раскладку, создается значительное количество продольных и поперечных швов, требующих приторцовки и изоляции стыков;
- необходима поштучная приемка опалубочных плит, так как некачественное изготовление и, как следствие, частичное разрушение их при намокании могут создать серьезную аварийную ситуацию.

Следует также отметить, что стоимость стеклофибробетона значительно выше стоимости оцинкованного профилированного листа.

Между тем за рубежом практикуется бетонирование в несъемной опалубке, в которой формообразующей несущей конструкцией является оцинкованный металлический гофрированный лист специального профиля STEELCOMP, изготавливаемый финской фирмой Rannila-Steel. Такое решение дает возможность снизить до минимума объем вспомогательных устройств и обеспечить фронт работ по непрерывной укладке бетона плиты на всем протяжении моста.

Применение оставляемой опалубки STEELCOMP позволяет использовать этот лист в качестве наружной арматуры железобетонной плиты в период эксплуатации благодаря ее работе совместно с растянутой стержневой арматурой плиты. Совместной работе способствует размещение на поверхности листа выступов типа «ласточкин хвост» высотой 48 мм (рис. 2). Лист выпускается толщиной 0,7 мм, 0,9 мм и 1,1 мм. Предел текучести стали, из которой изготавливается лист, — 350 МПа.

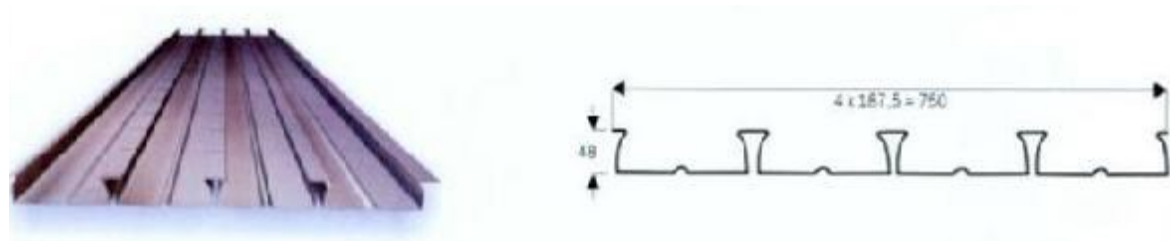


Рис. 2. Общий вид опалубочного листа STEELCOMP

Специальные исследования, проведенные ОАО «ЦНИИС» при возведении моста через р. Медведку ТФ «Мостоотряд-125» АО «Мостотрест», показали, что опалубка работает как внешняя арматура, существенно повышая несущую способность плиты. Помимо этого существенно (до двух раз) повышается и трещиностойкость конструкции.

Весьма актуально применение несъемной опалубки из оцинкованного металла оказывается в местах, подверженных воздействию неблагоприятных факторов, таких, например, как повышенная влажность и скопление выхлопных газов, приводящих к разрушению защитного слоя бетона плиты, что характерно для большинства конструкций путепроводов. Здесь оцинкованный лист выполняет роль гидроизоляционного покрытия потолочных поверхностей железобетонной плиты, которая в наибольшей степени страдает от влияния указанных воздействий.

Нахождение оцинкованного листа на потолочных поверхностях способствует также благоприятному эстетическому восприятию подмостового пространства и улучшению его светотехнических показателей.

Опалубочные листы укладываются на легкие временные металлоконструкции между главными балками пролетного строения и опираются на деревянные

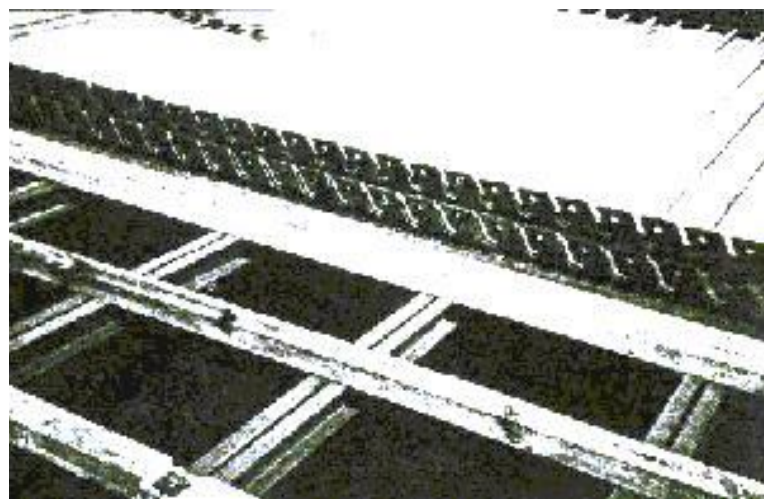


Рис. 3. Обстройка для установки листа STEELCOMP

бруски. Крепление опалубочных листов к опорным конструкциям не допускается, они крепятся к стержневой арматуре. Расстояние между местами опирания листов принимается таким, чтобы прогиб опалубки от массы свежеуложенного бетона не превышал $1/180$ пролета листа. Общий вид подобной конструкции приведен на рис. 3.

Учитывая приведенные выше преимущества несъемной опалубки железобетонной плиты сталежелезобетонного пролетного строения, целесообразно широкое внедрение в практику проектирования и строительства подобных типов конструкций.

Еще одним из путей совершенствования конструкции и технологии сооружения сталежелезобетонных пролетных строений можно считать более широкое внедрение гибких стержневых упоров с головками для объединения монолитной железобетонной плиты с металлоконструкциями главных балок пролетного строения. В настоящее время производители современных конструкций несъемных опалубочных листов выполняют перфорирование отверстий для установки этого типа упоров в заводских условиях еще до нанесения антикоррозионного покрытия.

Помимо создания надежного объединения стальной и железобетонной частей пролетного строения, применение такого вида упоров позволяет значительно повысить производительность труда и создать более благоприятные санитарно-гигиенические условия при производстве работ.

Место установки стержня упора на верхнем поясе балки зачищается, и стержень приваривается к поясу балки с помощью специального сварочного пистолета электрическим током силой до 2500 А, который плавит нижний конец стержня и участок пояса за очень короткое время. В конце процесса сварки стержень с помощью пружины пистолета погружается в расплав, после чего ток выключается. Место приварки у конца стержня защищается керамической чашечкой, которая после остывания шва сбивается. Созданное в результате этого процесса соединение по своим прочностным характеристикам превышает прочностные показатели как материала самого упора, так и верхнего пояса балки. Производительность труда при использовании такой технологии может достигать трех упоров в минуту.

Таким образом, сочетание применения в конструкциях сталежелезобетонных пролетных строений монолитных железобетонных плит, сооружаемых в несъемной металлической опалубке, и современных высокотехнологичных конструкций объединения их с металлическими главными балками, позволит в полной мере использовать все их преимущества при сооружении как автодорожных, так и железнодорожных мостов.

Вместе с тем нельзя сказать, что возможности использования сборных плит полностью исчерпаны. Основной проблемой является обеспечение надежного поперечного стыка между блоками плит. Между тем решение по эффективному объединению таких элементов конструкции давно известно в мостостроении. Это петлевые продольные стыки между балками сборных автодорожных пролетных строений. За рубежом существуют примеры удачного использования такого типа соединений и для поперечных швов (рис. 4). Петлевое объединение арматуры блоков плит в стыках создает своего рода обойму для бетона заполнения, тем самым предотвращая возможность нарушения монолитности плиты. Ширина стыка при этом должна быть достаточной для обеспечения длины сварных швов объединения арматуры в соответствии с требованиями норм проектирования — не менее 20 диаметров, т.е. 240–250 мм (для сравнения — в железнодорожных пролетных строениях инв. № 739 ширина стыков

140 мм). При необходимости для омоноличивания стыков можно применять быстротвердеющие бетоны, набирающие необходимую прочность за 5–24 ч.

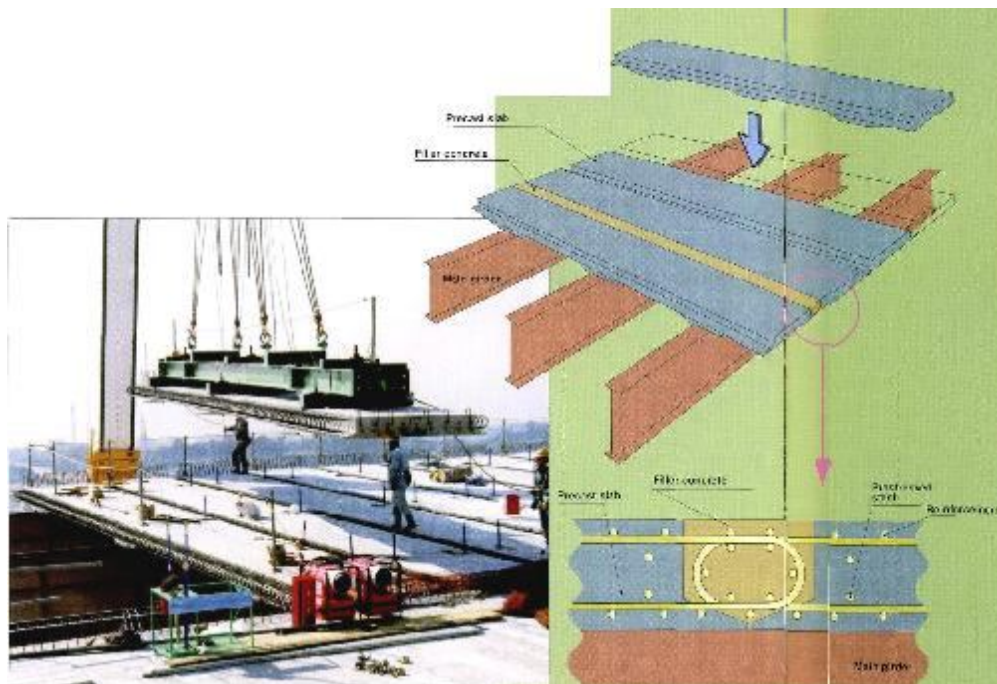


Рис. 4. Конструкция сборной плиты проезжей части сталежелезобетонного пролетного строения с петлевыми поперечными стыками, примененная корпорацией Japan Highway Public Corporation (JH) в конце 1990-х гг.

Дополнительным конструктивным приемом, повышающим надежность стыков сборных плит, может быть придание нижнему своду плит арочного очертания с расположением поперечного стыка в замке. Это позволит повысить жесткость узла объединения плит. Такое предложение не раз появлялось в технической литературе, но пока не нашло своего практического применения.