

МОСТ ЧЕРЕЗ БУХТУ ЗОЛОТОЙ РОГ ВО ВЛАДИВОСТОКЕ: ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕ ПОЖАРА



В декабре 2011 года по причине возгорания горячих материалов от источников открытого огня произошло чрезвычайное происшествие на мостовом переходе через бухту Золотой Рог, то есть на автомагистрали, связывающей автомобильную дорогу М60 «Усури» Хабаровск — Владивосток с островом Русским в городе Владивостоке.

По итогам создавшейся ситуации ЗАО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург» и ЗАО «ТМК» было принято решение произвести комплекс работ для детальной оценки последствий произошедшего события и выработки мероприятий для устранения повреждений пострадавших конструкций.

В состав основных работ было включено:

- визуальное натурное обследование и оценка состояния железобетонных конструкций и анкерных устройств вант пролетных строений;

- комплексное обследование физических и прочностных характеристик бетона конструкций с определением прочности и толщины защитного слоя, степени развития трещин, глубины деструкции и наличия внутренних дефектов в бетоне;

- исследование характеристик арматуры, в том числе высокопрочной, с лабораторной проверкой ее прочностных и химических свойств;

- визуальное натурное обследование состояния опорных частей;

- сопоставление геодезических съемок плано-высотного положения конструкций до и после происшествия;

- выдача рекомендаций по итогам проведенных обследовательских и лабораторных работ.

По ряду позиций приведенной выше программы работы проводились инженерами ООО «Мостовое бюро», специалистами кафедры «Мосты» и Испытательного центра «Прочность» Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС).

При визуальном натурном обследовании и оценке состояния внутренних и внешних поверхностей конструкций было установлено, что очаг горения располагался на опоре №11 и вблизи нее. При этом границы зон горения располагались на удалении 30–60 м от указанной опоры в обе стороны.

Наличие различных цветовых оттенков поверхности бетона позволило сделать предположение о возможном

температурном диапазоне воздействия огня на момент пожара. Необходимость такой оценки была вызвана тем, что по мере нагревания бетона в конструкциях отмечаются физико-химические процессы, изменяющие его механические свойства. При этом наличие арматуры может оказывать дополнительное негативное влияние на деструктивные процессы в бетоне, что связано с их различными теплофизическими характеристиками, в первую очередь с различной теплопроводностью, которая у стали примерно в 50–60 раз выше, чем у бетона. Здесь следует добавить, что при разной степени нагревания в арматуре происходит частичное восстановление прочности и полное восстановление упругости, а прочностные и упругопластические свойства бетона практически не восстанавливаются.

К моменту проведения полевых работ был зафиксирован ряд повреждений, вызванных температурным воздействием вследствие пожара: трещины различной степени раскрытия и направленности, отслоение защитного слоя бетона с оголением арматуры и без него.

Визуальное натурное обследование показало, что зафиксированные на

момент обследования повреждения внешних поверхностей железобетонных пролетных строений дают основание предполагать некоторое снижение прочности бетона конструкций по сравнению с проектной (рис.1).

Визуальное обследование металлических конструкций опорных плит, направляющих труб, закладных и иных деталей, подвергавшихся тепловому воздействию, показало, что они не получили существенных повреждений в виде температурных деформаций, погнутостей, разрывов и др.

Определение фактической остаточной прочности бетона проводилось прибором «ОНИКС-ОС», при этом в каждой точке измерений определялся тот класс бетона, которому соответствовала прочность бетона в данном месте. Результаты измерений подтвердили частичное снижение поверхностной прочности бетона конструкций пролетных строений.

Замеры глубины микротрещин на пострадавших поверхностях конструкции проводились с определенным шагом, результаты измерений калибровались по выбуренным кернам. По результатам измерений была построена карта глубины микротрещин в горизонталях. По итогам обследований оказалось, что глубина трещин в некоторых местах превышает толщину защитного слоя бетона, большинство из них являются так называемыми «свежими», и, вероятнее всего, появились в результате произошедшего ЧП (рис.2).

При определении наличия в структуре бетона скрытых дефектов применялся ультразвуковой прибор А1040М «Полигон», который позволяет быстро и эффективно обследовать обширные участки с различным документированием результатов и возможностью их подробного изучения и анализа впоследствии. На рис. 3 представлены моменты производства работ и пример одной из полученных томограмм бетона.

При анализе результатов оказалось, что из-за разницы скоростей нагревания бетона и арматуры, возможно, произошло проскальзывание арматурных стержней внутри бетона, что привело к их частичному выключению из работы. Это обстоятельство дало основание утверждать, что при проведении ремонтных работ на поврежденном участке следует обязательно вскрывать слой пострадавшего бетона до арматуры.



Рис.1. Характерные повреждения бетонных поверхностей пролетного строения



Рис.2. Измерения прочности бетона конструкций и характеристик трещин



Рис.3. Поиск скрытых дефектов в бетоне конструкций. Результат сканирования

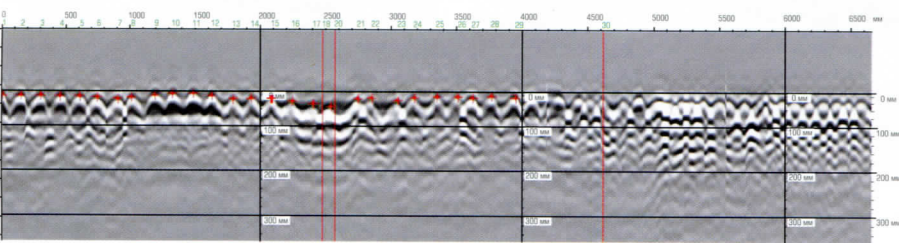


Рис.4. Геолокационные замеры конструкций. Результат зондирования

целом соответствует предъявляемым к ней требованиям. Исследования микроструктуры образцов арматуры показали частичное обезуглероживание поверхности срезов глубиной до 0,4 мм. Наблюдалось снижение предела текучести у различных образцов при неизменном временном сопротивлении и незначительном увеличении остаточного удлинения.

В некоторых случаях характер диаграммы образцов (рис.5) показал исчезновение площадки текучести, то есть образцы имели не физический, а условный предел текучести. Выполненные работы подтвердили, что после нагревания механические свойства арматуры практически не изменились.

После обработки результатов геодезической съемки поверхности плиты железобетонных пролетных строений, выполненной по ранее закреплённым на конструкциях точкам измерений, была составлена сравнительная ведомость высотных отметок контрольных точек и произведен анализ полученных данных с измерениями до и после ЧП. Сопоставление показало, что высотные перемещения закрепленных точек оказались в диапазоне от -22 до +10 мм.

Проведенные полевые и камеральные работы позволили оценить степень повреждения пострадавших при пожаре конструкций пролетных строений моста, показали характеристики и параметры дефектов, а также дали основание утверждать, что основные элементы сооружения не получили значительных повреждений. На сегодня можно ликвидировать последствия произошедшего без внесения существенных конструктивных изменений в сооружение.

А.А. Барановский,
главный инженер
ООО «Мостовое бюро»,
доцент кафедры «Мосты» ПГУПС

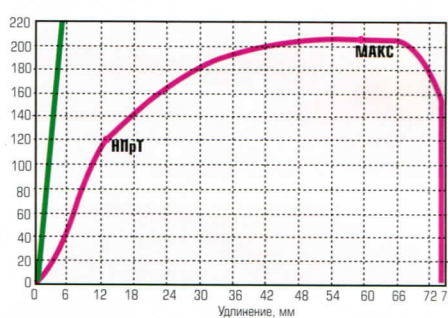
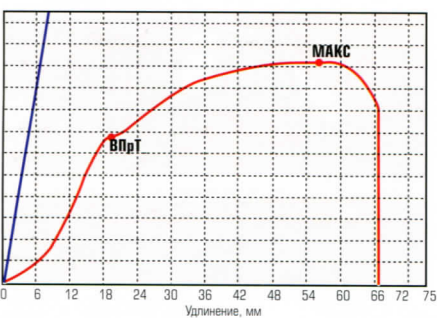


Рис.5. Полученные диаграммы растяжения образцов

В целях определения толщины защитного слоя бетона по боковым и нижним поверхностям конструкций и сопоставления полученных данных с измерениями проникновения в тело конструкции трещин выполнялось подповерхностное зондирование. Измерения проводились с заданной глубиной измерений георадаром «ОКО-2». На основании выполненных измерений был построен ряд радарограмм, показавших толщину

сохранившегося защитного слоя бетона (рис. 4).

При обследовании конструкций пролетных строений был выполнен отбор образцов арматуры для дальнейшего определения ее свойств в лабораторных условиях. Образцы для испытаний отбирались в местах конструкций, имеющих разную степень повреждения.

По результатам лабораторных исследований оказалось, что по механическим свойствам арматура в