

Б. М. УСАЧЕНКО, В. Н. СЕРГИЕНКО, А. А. КУРОЧКА (НПП «Технополис «Экоиндустрия», Украина)

ОПЫТ КОМПЛЕКСНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОПОРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА

Описано методику та результати візуального огляду та віброакустичної діагностики опори залізничного мосту. Представлено об'ємну модель опори з розміщенням великих тріщин.

Описаны методика и результаты визуального осмотра и виброакустической диагностики опоры железнодорожного моста. Представлена объемная модель опоры с расположением крупных трещин

The procedure and results of a visual inspection and vibrosonic diagnostics of the railroad bridge pier are described. The spatial model of the pier with an arrangement of large cracks is presented.

При плановом визуальном осмотре бетонных опор разводного железнодорожного моста в г. Днепропетровске через реку Днепр на поверхности опоры № 14 были выявлены трещины. Однако полученные данные не давали возможности определить глубину распространения трещин в тело опоры и на основе этого сделать выводы о ее техническом состоянии.

Для получения более полной и достоверной информации о состоянии опоры было выполнено комплексное визуально-приборное обследование ее надводной и подводной частей. Обследование выполнено группой, в которую входили специалисты из НПП «Технополис «Экоиндустрия» и ООО «Подводспецстрой».

Конструктивно опора представляет собой прямоугольную призму с закругленными углами. Полная высота опоры составляет 10 м: надводная часть на момент обследования – 6,7 м, подводная – 3,3 м. Нижнее основание опоры расположено на железобетонном ростверке, а верхнее, посредством двух выступающих плит, воспринимает нагрузку от металлических ферм моста.

Опора, путем расшивки внешней поверхности, разделена по вертикали на 15 полос, 10 из которых находятся над водой и 5 – в подводной части, которая на момент обследования была частично заилена.

В поперечном сечении опора представляет собой комбинированную конструкцию. Несущий каркас выполнен из высокопрочных железобетонных блоков, а внутренняя часть заполнена менее прочным бетоном. По вертикали границы блоков совпадают с границами полос. Методика обследования включала последовательное выполнение следующих этапов:

– создание размерной сетки на поверхности опоры;

– картирование визуально наблюдаемых дефектов в надводной и подводной частях опоры;

– выполнение виброакустической диагностики в надводной и подводной частях опоры.

Расположение трещин картировалось, как по данным визуальных зарисовок с учетом созданной размерной сетки, так и по данным фотографирования. Фотографии выполнялись таким образом, чтобы в кадр попадали метки, определяющие горизонтальную координату. Для определения раскрытия крупных трещин на поверхности опоры использовалась линейка с миллиметровыми делениями.

Виброакустическая диагностика вертикальной поверхности опоры выполнялась в варианте с ударным возбуждением контролируемой поверхности [1]. В качестве возбудителя использовался подвешенный на шнуре стальной диск массой около 10 кг. Точки удара располагались по центру каждой из полос на поверхности опоры с шагом $s = 1$ м, в соответствии с положением горизонтальных меток. В каждой из точек наносилось по 3 удара.

Точка приема вибрации участков опоры располагалась на верхней площадке в ее центральной части. В качестве первичного преобразователя использовался пьезодатчик с резонансной частотой 25 кГц. Для обеспечения стабильного акустического контакта с опорой он был закреплен на алебастре на все время выполнения измерений. Указанная мера позволила повысить стабильность результатов измерений.

В качестве регистрируемого параметра определялась амплитуда A на частоте f_0 основного резонанса колебаний. Для определения указанной величины использовался спектроанализатор ИСК-1Ш [2]. Частотный диапазон спектроанализатора расположен в области от 31 Гц

до 16 кГц. Динамический диапазон амплитуды составляет 81 дБ с шагом в 3 дБ.

Физический принцип вибродиагностики в данном варианте базируется на монотонном убывании регистрируемой амплитуды по мере удаления точки возбуждения от точки приема для случая однородной среды. При ударном возбуждении фрагмента конструкции, частично изолированного от ее основной массы, например трещиной, амплитуда его колебаний существенно возрастает. Сравнивая значения амплитуд в соседних точках, как по вертикали, так и по горизонтали, выделяют аномальные зоны. При обработке результатов учитывалось дополнительное затухание в подводной части опоры за счет рассеяния энергии удара не только в теле опоры, но и в воде [3].

Комплексная обработка результатов наблюдений и измерений позволила установить следующее:

- крупные вертикальные трещины, выявленные на надводной части поверхности опоры, продолжают в ее подводной части до самого основания;
- в подводной части опоры выявлены горизонтальные трещины по границе смежных блоков;
- крупные вертикальные трещины имеют развитие на значительную глубину в тело опоры;
- в верхней части опоры на ее торцевых участках нарушено сцепление между каркасом и заполнителем.

С учетом реального расположения трещин на поверхности опоры, а также результатов виброакустической диагностики на поперечное сечение средней части опоры были спроектированы наиболее крупные нарушения сплошности, что представлено на рис. 1.

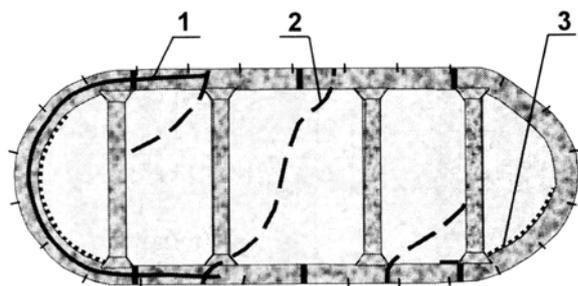


Рис. 1. Крупные дефекты опоры в проекции на ее поперечное сечение:

- 1 – крупная горизонтальная трещина в подводной части;
- 2 – проекция крупных вертикальных трещин;
- 3 – проекция участков расслоений каркаса с внутренней бетонной частью

Более информативной является объемная модель нарушенной опоры (рис. 2).

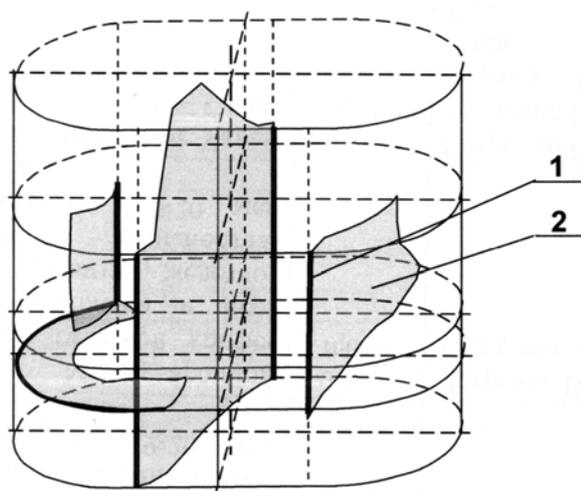


Рис. 2. Прогнозное пространственное расположение трещин в теле опоры:

- 1 – выход трещин на поверхность опоры;
- 2 – прогнозируемое внутреннее расположение трещин

Предварительный анализ результатов обследования показал, что наиболее нарушенной является подводная часть опоры, и развитие трещин идет снизу вверх. Наиболее значительной является трещина в центральной части опоры, делящая ее на две части.

Выполненные исследования показали возможность неразрушающего контроля крупных бетонных сооружений путем использования виброакустического метода, причем и для его подводной части. Разработанная методика вошла составной частью в нормативный документ «ГР-3-032-2004» [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ямщиков, В. С. Физические основы акустического метода определения дефектов связи упругих слоев с основанием [Текст] / В. С. Ямщиков, Е. Е. Сидоров, Ю. Н. Бауков // ФТПРПИ. – 1979. – № 3. – С. 110-118.
2. Научные и приборные разработки для геофизической экспресс-диагностики состояния шахт, карьеров и гидротехнических сооружений [Текст] / Б. М. Усаченко и др. // Горный вестник Узбекистана. – 1998. – № 2. – С. 84-86.
3. Сергиенко, В. Н. Методические проработки и практическое значение подводной вибродиагностики [Текст] / В. Н. Сергиенко, С. П. Мусяенко, В. Б. Усаченко // Геотехническая механика. – 2004. – Вып. 51. – С. 177-183.
4. Діагностика стану систем «Кріплення-масив» та «підйомна посудина – жорстке армування» шахтних стовбурів. Порядок та методика виконання [Текст]: ГР 3-032-2004. – Офіц. вид. – К.: Мін. пром. політики України, 2004. – 40 с.

Поступила в редколлегию 16.03.2010.
Принята к печати 26.03.2010.