

## **Особенности проектирования плиты проезжей части мостов с учетом фактора времени**

Пастушков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Опыт эксплуатации автодорожных железобетонных мостов в климатических условиях РБ свидетельствует о том, что под влиянием условий эксплуатации их несущая способность и долговечность значительно снижаются. Долговечность железобетонных конструкций зависит от многочисленных факторов и, в первую очередь, от силовых, тепловлажностных и агрессивных воздействий окружающей среды.

На автомобильных дорогах нашей страны эксплуатируются мосты различных лет постройки. Они проектировались по действующим в те годы нормативам и обладают различной грузоподъемностью. До 1986 г. в качестве расчетных нагрузок применялись автомобильные нагрузки Н-13, Н-18, Н-30, НГ-60, НК-80, с января 1986 г. начали применяться нагрузки АК в соответствии с действующим СНиП 2.05.03-84\*, а с 2004 г. проводится экспериментальное проектирование мостовых сооружений на дорогах I и II категорий в соответствии с требованиями автомобильной нагрузки класса А14.

Введение в белорусские нормы автомобильной нагрузки класса А14 позволит сблизить требования по нагрузкам, принятыми в странах ЕС, РФ и РБ.

Конструктивными решениями типовых проектов прошлого столетия плиты железобетонных мостов были поставлены в сложные эксплуатационные условия. Особенно следует отметить, что действующими в то время нормативными документами для железобетонных пролетных строений автодорожных мостов не требовался расчет на выносливость. Однако, плиты проезжей части подвержены непосредственному воздействию многократно повторных нагрузок с динамическим эффектом. Значительные повреждения плиты проезжей части, наблюдаемые всеми мостоиспытательными станциями при обследовании автодорожных мостовых сооружений, заставили ввести в действующие нормы поправку о необходимости расчета плит проезжей части автодорожных мостов на выносливость.

Кроме расчета на выносливость сечения должны быть рассчитаны и по другим предельным состояниям, в том числе по прочности и долговечности.

Ресурс конструкции  $Z(t)$  оценивается с тем уровнем надежности, который заложен в нормах СНиП 2.05.03-84\*, соответственно в момент технической диагностики, в начале и конце эксплуатации. Значение прочности в конце эксплуатации можно принять равным  $R_{bf}$ .

При экспериментальном определении прочностных характеристик в качестве значения прочности в конце эксплуатации принимаются параметрическая точка диаграммы состояния бетона по О.Я. Бергу [1]:  $R^{circ}$ .

Низкие уровни микротрещинообразования под нагрузкой являются характеристикой пониженной долговечности бетона. При малоцикловом нагружении сжимающей нагрузкой с разгрузкой петля гистерезиса на кривой  $\sigma - \epsilon$  при низком уровне напряжений, меньшим  $R^{circ}$  сужается и очевидна стабилизация размеров дефектов структуры, хотя и наблюдается дополнительное растрескивание бетона при разгрузках.

Растрескивание нарастает с увеличением числа циклов, что проявляется в кривизне диаграмм на цикле разгрузки: петля диаграммы не возвращается в начало координат, накапливаются остаточные деформации. Модуль деформаций заметно снижается.

В соответствии с кривой выносливости, предложенной В.П. Чирковым [2] срок службы можно определить в зависимости от количества циклов в год  $n_1$

$$T = N(\sigma, \sigma_n) / n_1 = (N_1 / n_1) [0,595 R_{bu} (\sigma - \sigma_n) / (\sigma^2 - \alpha_1 R_{bu} \sigma_n)]^m,$$

где  $R_{bu}$  – призмная прочность бетона;

$\alpha_1$  – отношение длительной прочности бетона к призмной ;

$N_1 = 2 \cdot 10^6$ ;

$m = 20$  – характеристика кривой выносливости.

Ресурс вычисляется с учетом изменения прочностных характеристик элементов составного сечения, деформационных свойств бетона и арматуры, образования поперечных трещин, нарушения связей между элементами пролетного строения и др.

При современном состоянии вычислительной техники возможно определение напряжений, как в любой точке бетонного сечения, так и в любом арматурном стержне. Для анализа напряженно деформированного состояния удобно пользоваться моделью, базирующейся на так называемом деформационном расчете для сечений с принятием трансформированных диаграмм деформирования материалов. Сечение общей формы может быть представлено в виде элементарных площадок, описывающих материалы, входящие в сечение, а распределение нормальных напряжений в пределах каждой элементарной площадки с достаточной для практики точностью может быть принято равномерным или изменяющимся по линейному закону.

Как показывают многочисленные испытания мостовых сооружений в стадии эксплуатации, слои ездового полотна активно участвуют в работе пролетного строения при действии временных транспортных нагрузок.

Поэтому при оценке и прогнозировании долговечности мостового сооружения необходимо определять и напряженное состояние также слоев дорожной одежды и гидрозащиты плиты проезжей части.

И в этом случае можно использовать изложенную расчетную методику, распространив ее на многослойные конструкции из различных материалов с соответствующими диаграммами деформирования.

В последние годы возросли требования СНиП 2.05.03-84\* к величине защитного слоя бетона в плитах проезжей части, что привело к необходимости при новом проектировании увеличения их толщины на 20...30 мм.

Таким образом, толщина плиты по прежним проектам оказывается недостаточной по формальным признакам и не удовлетворяющей современным требованиям обеспечения долговечности конструкции, что предопределяет более скорый срок достижения фронтом коррозионных процессов рабочей арматуры плиты.

Переход на вероятностный расчет конструкций в нормативных документах на данном этапе развития теории расчета представляет известные трудности, однако, и при используемом в настоящее время полувариантном методе расчета по пре-

дельным состояниям необходимо проводить обязательный расчет долговечности конструкции по различным критериям [3].

С целью повышения надежности и долговечности плит проезжей части необходимо проведение следующих мероприятий:

1. Следует возродить сборно-монолитную конструкцию балочных пролетных строений и предпочитать устройство монолитных предварительно напряженных железобетонных плит по сборным балкам.

2. Рекомендовать для монолитных плит применять модифицированные бетоны нового поколения с повышенными важнейшими показателями долговечности: марка по водонепроницаемости не ниже W8, водопоглощение не больше 4.2% по массе, малая усадка, морозостойкость с маркой не ниже F400, обеспечение требуемой трещиностойкости.

3. Требуется применение методов расчета конструкций с использованием расчетных схем, учитывающих появление и развитие в процессе эксплуатации дефектов и повреждений различного вида, изменение механических характеристик материалов, воздействий агрессивных эксплуатационных сред и т.п.

#### **Литература**

1. Берг, О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона – М.: Госстройиздат, 1961-61 с.
2. Бондаренко, В.М., Иосилевский, Л.И., Чирков, В.П., Надежность строительных конструкций и мостов – М.: Российская академия архитектуры и строительных наук., 1996 -220 с.
3. G.Pastushkov, V.Pastushkov. Durability of reinforced concrete bridges - the major problem of road branch: Proceedings of the International Conference "Construction and Architecture"/ Edited by Khroustaliev B.M. and Leonovich S.N.- Minsk, 2003, pp. 322-332.

УДК 625.42

#### **Статический расчет конструкции станции метрополитена, сооружаемой поточным методом строительства**

Пастушков Г.П., Радкевич Е.И.

Белорусский национальный технический университет

Одним из основных направлений научно-технического прогресса в проектировании инженерных сооружений является широкое использование вычислительной техники для выполнения