

Дмитрий Евгеньевич ГУСЕВ, кандидат технических наук, главный специалист ООО "Экомост"

Андрей Леонидович БОГРЕЦОВ, главный инженер проектов ООО "Экомост"

Сергей Васильевич ШЕВЧЕНКО, кандидат технических наук, главный специалист ООО "Экомост"

Ольга Степановна ШИМАНСКАЯ, научный сотрудник Белорусского национального технического университета

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

EXPERIENCE IN APPLICATION OF MONOLITHIC CONSTRUCTIONS IN THE DESIGN OF BRIDGEWORK

В статье рассматривается опыт проектирования мостовых сооружений из монолитного железобетона на примере пешеходного моста в Минске. Описаны конструкции сооружения и рассмотрены особенности их работы.

This article presents the experience in design of bridgework from monolithic reinforced concrete using the example of the foot bridge in Minsk. Designs of constructions are described and features of their work are considered.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях инженерного обустройства мегаполисов большое значение имеет единая технология, позволяющая сооружать мосты, путепроводы, эстакады со значительно отличающимися длинами пролетов в статической схеме, а также с криволинейным очертанием в плане пролетных строений. Чтобы учесть многообразие требований и ситуаций при строительстве таких сооружений из сборных элементов, приходится решать дополнительно целый ряд проблем, иногда жертвуя при этом эстетичным видом сооружений.

Многие из перечисленных вопросов и проблем решаются естественным образом при применении в пролетных строениях монолитного железобетона в современном технологическом исполнении. Одним из примеров такого сооружения является проект пешеходного моста из монолитного железобетона в Минске. При его создании предусматривались максимальное использование отечественных материалов и разработок с учетом имеющегося зарубежного опыта, применение, при необходимости, новейших достижений современных западных технологий строительства из монолитного железобетона. Бетоны, используемые для строительства мостовых сооружений, должны соответствовать нормам качества заданных технологических параметров по прочности (В), морозостойкости (F) и водонепроницаемости (W), регламентированным СТБ 2221-2011 [1].

Строительный проект пешеходного моста у главного входа в здание спортивного комплекса БФСО "Динамо" со стороны пр. Машерова разработан в составе строительного проекта "Реконструкция спортивного комплекса БФСО "Динамо" ул. Даумана, 23 в г. Минске (легкоатлетический манеж, велобаза, гребная база)" в 2011 г. Пешеходный мост предназначен для пропуска посетителей спортивного комплекса со стороны пр. Машерова. С одной стороны мост сопрягается со зданием БФСО "Динамо" в уровне второго этажа, с другой — граничит с пешеходной зоной пр. Машерова.

Важными факторами, обуславливающими выбор проектных решений, являются повышенные архитектурные требования к сооружению, расположенному в центре городской черты, а также сложившийся городской ландшафт, в который необходимо вписать пешеходный мост.

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

Основные технические характеристики для проектирования пешеходного моста приняты на основании технического задания на проведение проектных работ от

РУП "Ордена Трудового Красного Знамени "Институт Белгоспроект", действующих ТНПА, Еврокодов.

Пешеходный мост представляет собой конструкцию неразрезной рамы по схеме: 0,66 + 8,80 + 8,50 + 21,32 + 13,76 + 11,66 + 5,70 (м), причем консоль рамы длиной 0,66 м является элементом сопряжения моста со зданием спортивного комплекса. Такая схема принята из-за необходимости формирования назначенного подмостового пространства, а именно: расположение в пролетах № 1 (оси 1–2) и № 4 (оси 4–5) автомобильных проездов с вертикальным габаритом проезда не менее 4,25 м, а также перекрытие пролетом № 3 (оси 3–4) существующего водоема с условием сохранения сложившихся берегов. Таким образом, общая длина пешеходного моста составляет 70,4 м, ширина — 12,4 м. Причем пролет № 6 (оси 5А–6) имеет переменную ширину — до 40,36 м у конца моста. Это вызвано необходимостью устройства пандуса, а также архитектурным решением указанного строительного проекта. У входа в здание на пешеходном мосту предусмотрен металлический навес с остеклением в одном стиле с фасадом главного здания БФСО "Динамо". На сопряжении консоли рамы и здания БФСО "Динамо" устраивается деформационный шов типа "Маурер".

Опоры пешеходного моста запроектированы стоечными из монолитного железобетона на основании из отдельных буронабивных свай круглого сечения диаметрами 530 и 630 мм, длиной от 4000 и 6000 мм, в обсадных трубах. Опора № 1, в связи с необходимостью соблюдения стиля фасада здания БФСО "Динамо", предусмотрена из трех стоек круглого сечения 500 мм. Опоры № 2–5 запроектированы из четырех стоек овального сечения (400 600 мм), опора № 5А состоит из шести стоек такого же сечения. Крайняя опора № 6, расположенная в насыпи пешеходной зоны пр. Машерова, запроектирована из восьми буронабивных свай круглого сечения 530 мм, длиной 4000 мм, в обсадных трубах.

В условиях инженерного обустройства мегаполисов применение в фундаментах мостовых сооружений буронабивных свай имеет неоспоримые преимущества перед другими типами фундаментов: на забивных сваях, на естественном основании и др. К таким преимуществам можно отнести:

- высокую несущую способность одной сваи;
- минимальные нарушения естественного состояния грунтового массива;
- возможность возведения фундаментов вблизи существующих зданий (сооружений);
- достаточно высокую экологичность используемых технологий возведения буронабивных свай.

Пролетное строение пешеходного моста представляет собой монолитную железобетонную конструкцию

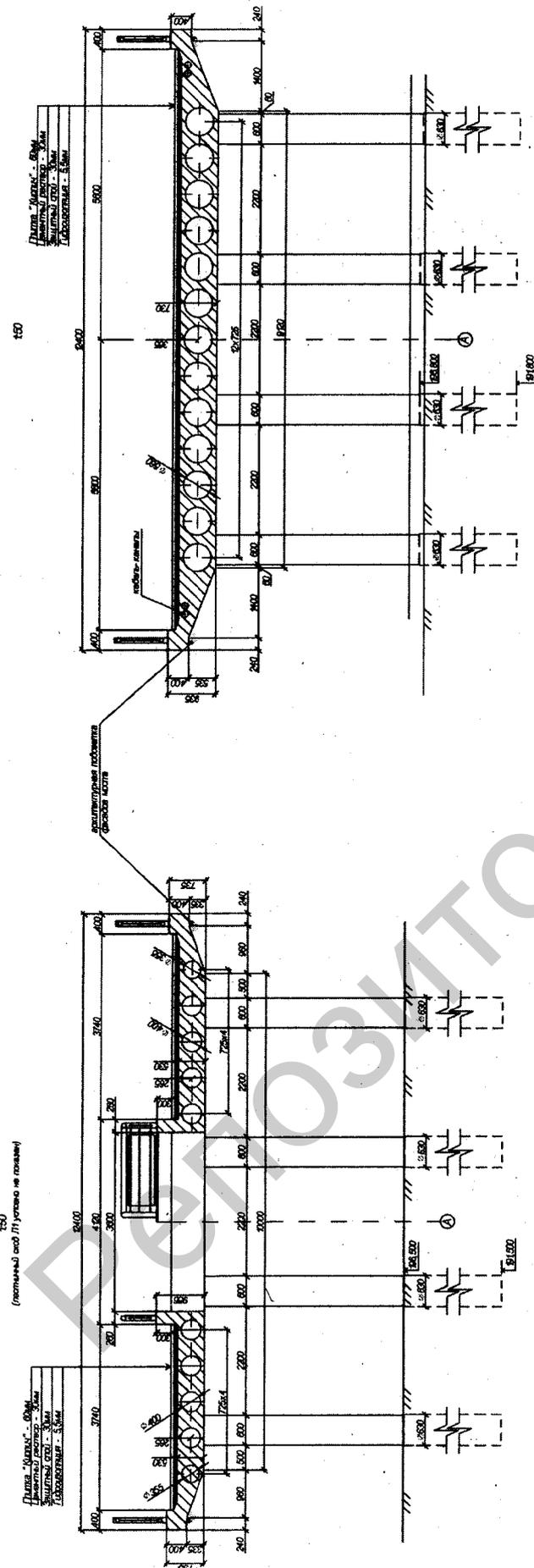


Рис. 1. Поперечные разрезы пешеходного моста у главного входа БФСО "Динамо" в пролетах № 2 и 3

переменной толщины: 530 мм в осях 1–3 и 5–6, 730 мм в осях 3–5. Для снижения нагрузки от собственного веса и экономии бетона в теле пролетного строения устанавливаются пустотообразователи — трубы ПВХ диаметрами 400 и 560 мм (рис. 1). В опорных зонах шириной 2000 мм пустотообразователи не укладываются. В этих зонах используется фибробетон повышенной прочности. Пролетное строение объединено со стоечными опорами в рамную конструкцию. Армирование производится стержневой арматурой класса S400 по [2]. Бетон предусмотрен классов В30, F200, W6 по [1].

Фасадные поверхности пролетных строений, выполненные в виде карнизных возвышений шириной 400 мм, используются для размещения металлического перильного ограждения высотой 1100 мм, мачт освещения, флагштоков и стоек входного навеса. Крепление вышеуказанных элементов к пролетному строению осуществляется химическими анкерами HAS-EM27×240/60. Для сооружения монолитных пролетных строений будет использована рамная опалубка UP Rosett Multiflex.

Пространственный расчет конструкции выполнен с использованием ПК "ЛИРА". Расчет производился в соответствии с [3] на нагрузку LM4 [4]. Объемный вид расчетной схемы приведен на рис. 2, а деформированный ее вид от воздействия пешеходной нагрузки LM4 — на рис. 3. В расчетной схеме учтена совместная работа надземной части сооружения и подземной части свай, упруго заделанных в грунтовый массив. Подбор армирования выполнен по результатам пространственного расчета с использованием модуля ЛИР-АРМ ПК "ЛИРА".

Изополя раскладки продольной арматуры в пролетном строении приведены на рис. 4 и 5. Особенности напряженно-деформированного состояния конструкции являются: уменьшение положительных изгибающих моментов в средней части пролетов, наличие участков концентрации усилий в зонах сопряжения стоек опор и пролетных строений. На этих участках интенсивность армирования увеличена. Благодаря замкнутым контурам в поперечном сечении жесткость пролетного строения значительно выше, чем у тавровых балок с открытым контуром. Усилия от временной нагрузки в рассматриваемом случае распределяются по ширине сечения более равномерно, а деформации пролетного строения при проходе пешеходов по сооружению не ощущаются, что увеличивает комфортность прохода по нему.

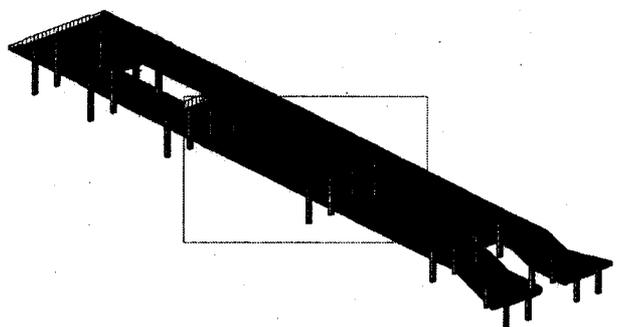


Рис. 2. Объемная расчетная схема пешеходного моста

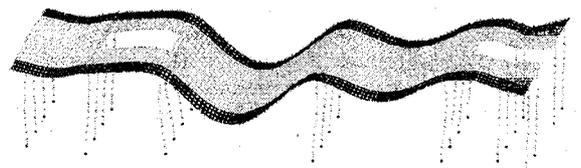


Рис. 3. Деформации расчетной схемы от воздействия пешеходной нагрузки LM4 по ТКП EN 1991-2-2009

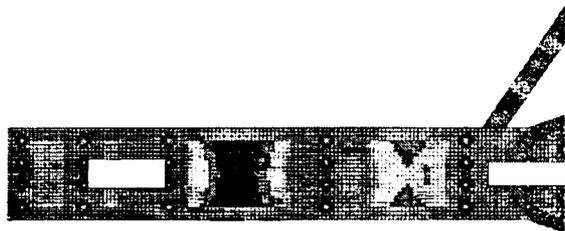
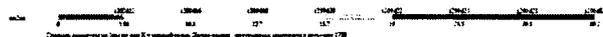


Рис. 4. Изополе раскладки нижней продольной арматуры пролетного строения



Рис. 5. Изополе раскладки верхней продольной арматуры пролетного строения

Опыт возведения сооружения с подобными пролетными строениями — моста через р. Свислочь на ул. Ташкентской в Минске — показал необходимость бетонирования плиты пролетного строения в три этапа. Такой порядок бетонирования вызван деформацией пустотообразователей при нагнетании бетона. Кроме того, бетонирование первой стадии не допускается производить в мокрой опалубке после обильных атмосферных осадков, так как это вызывает интенсивное образование усадочных трещин по нижней поверхности плиты.

В конструкцию мостового полотна включены современные и качественные материалы, обеспечивающие долгий срок эксплуатации покрытия и хороший уровень защиты пролетного строения. В качестве гидроизоляции используется наплавляемая гидроизоляция Гм-ПТ-БП-П/П-5,0 по слою грунтовки праймер типа "Аутокрин". В качестве покрытия проектом предусмотрено применение тротуарной плитки холодного прессования "Кирпич" П20.10.6. Также будет выполнено устройство системы антиобледенения моста (отдельная линия 220 В). Для экономии электроэнергии система выполнена саморегулирующимися нагревательными кабелями CLT-ЛТ-15 и CLT-ЛТ-25. Обогрев включается в начале отопительного сезона и отключается в конце. В течение всего времени работы системы антиобледенения поддерживается температура 10 °С.

Для сбора воды с мостового полотна, в пролете № 5 у начала расширения пролетного строения, установлен поперечный бетонный вибропрессованный канал типа "Ассо" серии "Стандарт 100" глубиной 100 мм. Собираемая вода сбрасывается по ПВХ трубам Ø160 мм в специальный водоприемный колодец, заполненный щебнем и песчано-гравийной смесью.

Несущий каркас металлического навеса у входа в здание БФСО "Динамо" представляет собой конструкцию, изготовленную из прямоугольных 160x140x6 мм и квадратных 100x4 мм труб. Элементы несущего каркаса грунтуются в заводских условиях. Навес облицован каленным стеклом толщиной 10 мм по алюминиевому каркасу. Водоотвод с навеса выполнен организованным с применением водосточной системы "МП Престиж" фирмы "Металл Профиль".

Со стороны здания БФСО "Динамо" в пролете № 2 устраивается лестничный сход Л1, со стороны пр. Машерова — пандус и лестничный сход Л2. Лестничные сходы запроектированы с выходом непосредственно на центральную часть пешеходной зоны сооружения по оси моста.

Сборно-монолитный железобетонный лестничный сход Л1 запроектирован из трех лестничных маршей с

шириной прохода 1,5 м и двух промежуточных площадок. Сборно-монолитный железобетонный лестничный сход Л2 запроектирован из четырех лестничных маршей и трех промежуточных площадок. Ширина прохода составляет 2,0x1,5 м и 3,0 м. В качестве ступеней лестничных сходов использованы бетонные вибропрессованные ступени ЛС 2.12-Б СООО "Бессер-Бел". Промежуточные площадки облицованы тротуарной плиткой "Кирпич" П20.10.6.

Освещение пешеходного моста запроектировано с учетом архитектурных требований. Нормируемая освещенность — 10 лк. Расчет освещенности выполнен точечным методом. В проекте используются энергоэффективные люминесцентные лампы. Подобрены варианты светильников для освещения мостового полотна, лестничных сходов, зоны входного навеса, а также архитектурной подсветки моста по его фасадам. Прокладка питающих и выводных кабелей запроектирована в кабельной канализации. Канализация для кабелей наружного освещения запроектирована из полиэтиленовых труб с устройством смотровых колодцев индивидуального изготовления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1 Изложенные в статье материалы отражают использованные в проекте современные разработки, учитывающие опыт проектирования и строительства мостов, путепроводов и транспортных развязок европейских стран, а также прогрессивные решения в области технологий и материалов.
- 2 Применение рамно-неразрезных конструкций позволяет сэкономить не только на количестве бетона и арматуры, но и свести к минимуму количество опорных частей и деформационных швов, как наиболее уязвимых элементов мостового сооружения.
- 3 Монолитные конструкции особенно уместны в проектировании и строительстве городских транспортных сооружений, которые не только обеспечивают беспрепятственное перемещение по городу, но и улучшают архитектурно-эстетичный вид городской застройки. Кроме того, надежность и эксплуатационные показатели монолитных конструкций значительно превышают показатели сборных аналогов. Проектирование сооружения из монолитного железобетона с пустотообразователями является новым перспективным направлением в мостостроении нашей страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетоны конструкционные тяжелые для транспортного и гидротехнического строительства. Технические условия: СТБ 2221-2011.
2. Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций. Технические условия: СТБ 1704-2006.
3. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 2. Железобетонные мосты. Правила проектирования и расчета: ТКП EN 1991-2-2009.
4. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты: ТКП EN 1991-2-2009.

Статья поступила в редакцию 05.09.2013.