

3. Учебный план специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» специализации 1-70 03 02 03 «Содержание, реконструкция и ремонт транспортных сооружений», 2008 г.

4. Учебный план специальности 1-70 03 01 01 «Автомобильные дороги» специализации 1-70 03 01 01 «Строительство дорог и аэродромов», 2008 г.

5. Учебный план специальности Э 01 03 11 «Экономика и управление производством», 2008 г.

АРОЧНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ГРУНТОЗАСЫПНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ РФ. КОНСТРУКТИВНАЯ ОСОБЕННОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ, РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ

**Сафронов В.С., д-р техн. наук, профессор,
Зазвонов В.В.**

ГОУВПО ВГАСУ

(г. Москва, Россия)

Арочные и сводчатые конструкции относятся к архитектурным формам, которые выдержали испытание временем в течение тысячелетий. Это обусловлено преимущественной работой материалов на сжатие.

Повышение надежности и долговечности мостов – одна из основных задач эксплуатации дорожной сети, так как мосты являются наиболее ответственными и сложными элементами дорог. Фактически именно мосты определяют пропускную способность автомобильных дорог (нет моста – нет дороги). Вместе с тем мосты – капиталоемкие объекты строительства, реконструкции и ремонта, поэтому необходимо, чтобы экономический эффект их использования был наибольшим. В настоящее время существует множество малых и средних мостов, которые нуждаются в капитальном ремонте и реконструкции. К тому же пролетные строения и конструкции опор мостов 50–70-х годов не имеют резервов по грузоподъемности в соответствии с действующими нормами. На них часто отсутствует исполнительная и техническая документация, что ведет к выполнению

проектов капитальных ремонтов мостов «вслепую». При этом стоимость проекта капитального ремонта моста с использованием существующих элементов становится заведомо выше стоимости его реконструкции, т.е. строительства нового моста с возможностью проектировать сооружение под современные нагрузки А14 и Н14.

Разработаны и внедрены собственные решения по замене традиционных балочных мостов на грунтозасыпные мостовые сооружения (рис. 1) со сводчатыми пролётными строениями из железобетона под насыпями автомобильных дорог. Они отличаются простотой возведения и экономичностью. Их более широкое применение сдерживается отсутствием данных исследований напряженно-деформированного состояния несущих элементов на действие постоянных и временных нагрузок.



Рис. 1. Арочный грунтозасыпной мост в Вологодской области на 312 км а/д А-114 «Вологда - Новая Ладога».

По сравнению с балочными железобетонными мостами эти сооружения имеют ряд преимуществ: не нарушают целостность земляного полотна и дорожной одежды, применяются в любых сочетаниях плана и профиля автомобильной дороги, достаточно экономичны (до 30 %) при строительстве и эксплуатации, имеют резерв грузоподъемности за счет совместной работы песчаной засыпки и свода. Экономическая эффективность их применения подтверждается имеющимися опытом проектирования и строительства грунтозасыпных сооружений на дорогах РФ. Заказчики, которые внедряют на своих дорогах такие сооружения, уже в течение нескольких лет получают

«дивиденды» за счет малых затрат, связанных с их строительством и содержанием, значительно сокращая срок их окупаемости.

Конструкция грунтозасыпного сводчатого сооружения включает в себя следующие элементы:

- основание арочного моста;
- монолитный железобетонный ригель;
- железобетонный свод;
- песчаная засыпка, сооружаемая с послойным уплотнением после возведения свода;
- подпорные стенки (коробчатые габионы, системы Террамеш и Макволл, железобетонные);
- проезжая часть по типу устраиваемой на подходах.

Для изучения особенностей напряженно-деформированного состояния железобетонного свода выбрано эксплуатируемое на автодороге А-114 «Вологда - Новая Ладога» (рис. 1) искусственное сооружение, построенное в 2007 году со следующими параметрами: наружный радиус – 7,23 м, цилиндрический свод из бетона класса В30 толщиной 0,4 м. Глубина заложения свода от поверхности проезжей части до «ключа» сооружения – 1,0 м. Расчетные нагрузки А 11 и НК 80.

Для проведения изучения НДС в программном комплексе Plaxis, имеющем обширную библиотеку конечных элементов, реализованы две расчетные схемы: плоская стержневая и пространственная оболочечная. Анализ сходимости и точности двух принятых конечно-элементных моделей произведем путем сравнения результатов расчетов с определением внутренних усилий и упругих деформаций моделей при одинаковом количестве n – стержней КЭ в плоской модели несущей арки и прямоугольных КЭ оболочки пространственной модели, аппроксимирующих поперечное сечение оболочки. Грунтовый массив моделируется в плоской расчётной схеме плоскими треугольными и прямоугольными КЭ на основе разрешающих уравнений плоской деформации, а в пространственной модели – объёмными КЭ в виде тетраэдров.

Наибольшие прогибы свода в сторону грунта по данным натурных измерений не превышают 1 см. При таких деформациях свода предельное пассивное давление не возникает. В этом случае давление грунта определяется деформацией элементов свода и составляет

промежуточное значение между активным давлением и предельным пассивным отпором.

В расчетах с использованием плоской и пространственной расчетных схем моделировалось статическое воздействие временной нагрузки, эквивалентной установке тяжелого колёсного автомобиля НК-80 над средним «ключевым» сечением. В численных расчетах по программе Plaxis учитывалось нелинейное поведение грунтовой засыпки над железобетонным сводом при загрузке. Для получения полных напряжений и деформаций в характерных сечениях железобетонного свода и грунтовой засыпки использован поэтапный расчет с пошаговым увеличением действующих нагрузок.

Нелинейные свойства поведения грунтового массива, окружающего сводчатую несущую конструкцию, в расчетах примем в соответствии с моделью Мора – Кулона, которая требует задания пяти следующих основных параметров: модуля деформации – E , коэффициента Пуассона – ν , сцепления – c , угла внутреннего трения – ϕ и угла дилатансии – ψ .

Изополя приведенных напряжений, вычисленных в окружающем железобетонную мостовую несущую конструкцию грунтовым массиве от приложения статической нагрузки на локальном участке площадью $4,86 \text{ м}^2$ при плоской постановке задачи представлены на рис. 2 и 3. Максимальное значение приведенных напряжений в грунте составили $\sigma = 68 \text{ кН/м}^2$.

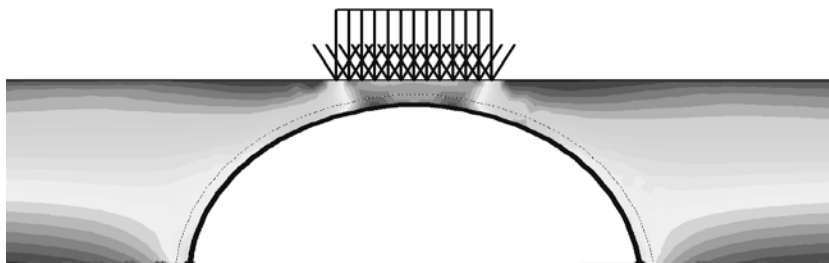


Рис. 2. Изополя приведенных напряжений в грунтовом массиве, окружающем несущий железобетонный свод, полученные для плоской расчетной схемы

Изополя приведенных напряжений в грунтовом массиве, окружающем несущий железобетонный свод, полученные для пространственной расчетной схемы, изображены на рис. 4. Сгущающимся

темным цветом показаны большие уровни приведенных напряжений. Из приведенного рисунка видно расположение по объёму окружающего грунтового массива изменений напряженного состояния как по ширине, так и по длине.

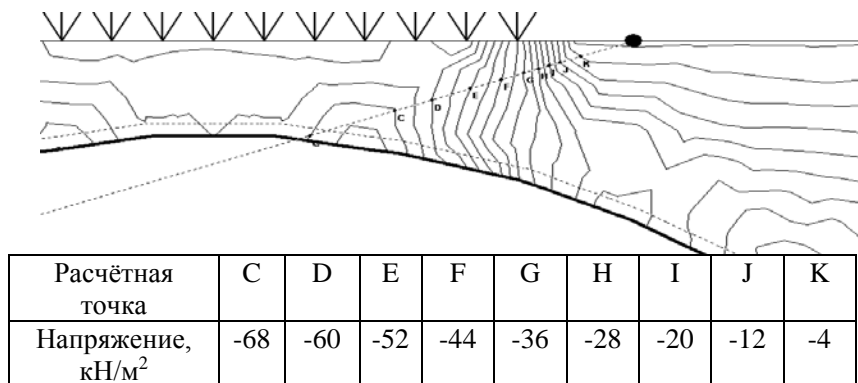


Рис. 3. Изолинии приведенных напряжений от временной нагрузки в песчаной засыпке над сводом по данным расчётов по нелинейной модели

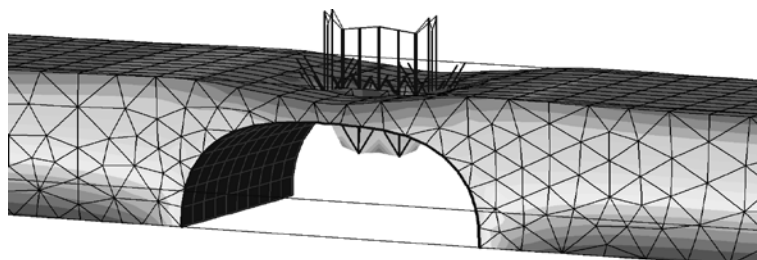


Рис. 4. Изополя приведенных напряжений в грунтовом массиве для пространственной расчетной схемы

Сопоставление эпюр распределения погонных нормальных усилий N , кН/м по ширине «ключевого» сечения оболочки от действия расположенной над ним временной нагрузки для плоской (сплошная линия) и пространственной (точечная линия) расчетных схем приведено на рис. 5. В расчетах с использованием плоской расчетной

схемы полезная ширина свода, участвующая в восприятии временной нагрузки, принималась с учетом толщины засыпки.

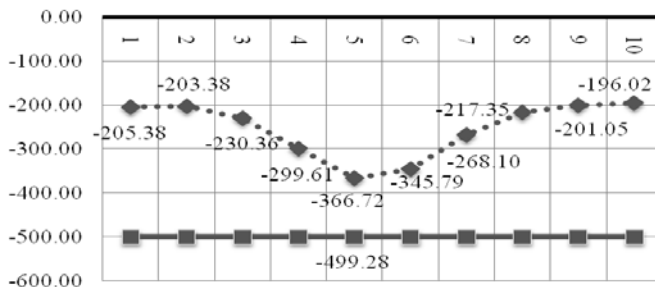


Рис. 5. Распределение погонных нормальных усилий по ширине «ключевого» сечения пролетного строения для плоской (сплошная линия) и пространственной (точечная линия) моделей

Выполненные численные исследования привели к следующим выводам:

1. Применение плоской расчетной схемы дает весьма приближенные результаты о величинах усилий и деформаций в своде. Они сильно зависят от принятой гипотезы о включении свода по ширине в совместную работу, на локальные нагрузки.

2. Пространственная модель на основе МКЭ позволяет корректно произвести оценку НДС оболочки и адекватно описать распределении напряжений в своде по его ширине.

3. Уровни приведенных напряжений в окружающем несущую конструкцию пролётного строения грунтовой массив невелики. Пластические деформации при максимальных нагрузках не возникают.

4. Рекомендуется при проведении расчетов арочных грунтозасыпных мостов проводить проверку по прочности окружающего конструкцию грунтового массива, при нелинейном его моделировании.

Таким образом, выполненные исследования позволяют на основе анализа НДС грунтозасыпного сооружения с арочным или сводчатым пролетным строением выработать практические рекомендации по выбору расчётных схем для получения достоверных результатов, существенно влияющих на толщину свода и на полную стоимость сооружения в целом.

Литература

1. Мосты и трубы: СНиП 2.05.03-84*. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 214 с.
2. Завриев, К.С. Расчет арочных мостов / К.С. Завриев. – М.: Трансжелдориздат, 1956. – 117 с.
3. Справочное руководство Plaxis. НИП «Информатика». – Санкт-Петербург, 2004. – 182 с.

УДК 624.21.012.45

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

**Свиридович С.Н., канд. техн. наук,
Ковалёв К.Г., Путило В.М.**

***Белорусский национальный технический университет
Научно-исследовательская лаборатория мостов
и инженерных сооружений
(г. Минск, Республика Беларусь)***

В целях определения технического состояния мостов и путепроводов требуется ряд мероприятий по организации, проведению, обработке и систематизации материалов обследований и испытаний данных сооружений. В комплексе указанные мероприятия можно охарактеризовать как мониторинг, в ходе которого производятся:

- идентификация конструкций в плане применения типовых или индивидуальных проектных решений;
- выяснение компоновочных и расчетных схем сооружений;
- определение прочностных свойств материалов несущих элементов конструкций;
- производство обмерно-нивелировочных работ;
- выявление дефектов и повреждений, влияющих на техническое состояние сооружений;
- разработка и реализация программ испытаний сооружений;
- расчет несущей способности конструктивных элементов и определение грузоподъемности сооружений.