ISSN:3030-332X
Impact factor: 9,493
International journal of scientific researchers

КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРОПУСКТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДОРОГ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ, СЕЙСМИЧЕСКИХ И РАЛЬЕФНЫХ УСЛОВИЯХ

Абдужабаров А.Х.
доктор технических наук, профессор
Зарипов Н.О., магистрант

Аннотация: В статье рассмотрены конструктивные решения водопропускных сооружений железных и автомобильных дорог, расположенных в сложных грунтовых, сейсмических и рельефных условиях. На основе теоретических и экспериментальных исследований предложены конструкции арочных железобетонных труб и подпорных стенок с контрфорсами, обеспечивающие повышение сейсмостойкости сооружений. Исследованы вопросы снижения активного давления грунта, уменьшения осадки сооружений и повышения их эксплуатационной надежности. Полученные результаты показывают, что предложенные конструкции позволяют сократить расход строительных материалов, повысить гидравлическую эффективность и обеспечить надежную работу сооружений в сейсмически опасных районах.

Ключевые слова: водопропускные сооружения, железные дороги, автомобильные дороги, сейсмостойкость, грунт, подпорные стенки, арочные конструкции, контрфорсы, железобетонные трубы, сейсмические воздействия.

При строительстве железных и автомобильных дорог для пропуска малых водотоков и ливневых стоков широко применяются малые мосты и водопропускные трубы, использование которых существенно увеличивает сметную стоимость строительства. Возведение данных искусственных сооружений на слабых грунтах, косогорных участках горной местности, а также в условиях воздействия сейсмических нагрузок значительно усложняет обеспечение их эксплуатационной надежности, устойчивости и долговечности.

Анализ последствий слабых и разрушительных землетрясений в странах СНГ и зарубежных убедительно показывает, что начиная с 4 - 5 балльных землетрясений происходит осадка труб на слабых водонасыщенных грунтах до 10 - 15 см. Последующие слабые землетрясения увеличивают осадку труб, что приводит к заиливанию труб, расчетное живое сечение трубы снижается, а при приходе расчетного ливневого стока труба не может обеспечить сток воды, что приводит к разрушению всего полотна дороги вместе с проезжей частью. Эти факты разрушения были отмечены в разные годы на автодороге Ош - Хорог, Бишкек - Ош, на автодорогах и железных дорогах Казахстана и Узбекистана. Из этого следует инженерный вывод, что причиной разрушения труб могут служить даже слабые землетрясения, если основания труб расположены на водонасыщенных грунтах.

В работах /1,2/ приведены конструктивные решения обеспечивающие повышение сейсмической устойчивости водопропускных труб, подземных переходов и канализационных труб с арочным сводом, подпорными стенками и выпуклой опорной частью, которая служит фундаментом.

Такая конструкция фундамента обладает большей динамической жесткостью, что увеличивает ее сопротивляемость сейсмическим силам, способствует ликвидации неполного контакта между грунтом и снижает сжимаемый слой в грунте основания до 30 % за счет увеличения угла передачи нагрузок на грунт. Снижение сжимаемого слоя грунта основания сокращает вертикальную осадку сооружения до 20%, что способствует ее сохранности от деформаций.

В конструкции водопропускных труб и подземных переходов предложен сборный вариант для строительства в горных районах, которые значительно экономичнее малых мостовых переходов пролетом до 6 м. Теоретические расчеты и экспериментальные исследования дают обоснование о ее сейсмической устойчивости и эксплуатационной надежности /1/. В предложенной конструкции подпорная стенка подвергается изгибным деформациям от активного

давления грунта, что резко увеличивается при землетрясении. Чтобы изгибные деформации в бетоне перевести в деформации от сжатия нами предложена арочная диафрагма - рис. 1. Для снижения величины активного давления на подпорную стенку предложены контрфорсы различной конструкции разработанные в работе /3/ с уточнением для водопропускных сооружений и подземных переходов, что позволяет значительно снизить процент армирования основной диафрагмы подпорной стенки и увеличивает сопротивляемость сооружения сейсмическим силам.

Контрфорсы подпорных стен не только снижают величину активного давления, но увеличивают динамическую жесткость сооружения, т.е. до 60 % увеличивается частота собственных колебаний и логарифметический декремент колебаний, что происходит за счет увеличения массы грунта участвующих в совместных колебаниях, что выявлено многочисленными экспериментами на моделях и на натурных сооружениях. Распор арки диафрагмы передаются на соседние арки посреди которых находится стенка контрфорса. Часть активного давления грунта воздействует на контрфорс, что значительно улучшает работу арочной диафрагмы подпорной стенки, грунт засыпки дополнительно уплотняется в процессе эксплуатации сооружения. Стрела арки подпорной стенки зависит от длины - L и равна f=0,05L. От активного давления грунта арка деформируется: $\delta = 1/3f$, что не превосходит упругие деформации, т.е. конструкция не разрушается - рис. 1. Снижение величины активного давления грунта можно определить из следующих зависимостей:

$$E_{ак}=E_a \cdot \alpha \cdot \beta \quad (1)$$

$$S_{ак}=S_a \cdot \alpha \cdot \beta \quad (2)$$

где: E_a– активное давление грунта на подпорную стенку, которая определяется по известным формулам «Механики грунтов».

α– коэффициент учитывающий снижение активного давления от арочной кривизны подпорной стенки α=0,8.

β–коэффициент учитывающий влияния контрфорса на снижение активного давления грунта, при плоском контрфорсе β=0,7, при изогнутом β=0,5. S_a–активное сейсмическое давление грунта, которые определяется по известным формулам.

Арочные подпорные стенки способствуют снижению скорости движения воды, что особенно важно при выходе, т.к. грунт и часть дорожного полотна подвергаются разрушению, что требует дополнительных укреплений. Снижение скорости воды происходит от изменений направления струи и истечения жидкости переходит из ламинарного движения в турбулентное.

Влияние косогорного расположения на сейсмостойкость инженерного сооружения и величина дополнительного сейсмического ускорения грунта было дано в работе профессора Ш.Г. Налетваридзе /4/, а уточнения для дорожных сооружений дано /2/. Предложенная конструкция водопропускных сооружений и подземных переходов является надежной конструкцией на косогорных участках и не подвергается большим деформацией сдвига по плоскости косогора, что обеспечивается присоединенной массой грунта участвующие в колебательных, вибрационных воздействиях при землетрясении и потока воды.

Снижение активного давления грунта на арочную подпорную стенку происходит за счет трения грунта на бетонную поверхность направленную по плоскости бетонной стенки, что снижает активное давление грунта до 15% и меняет направление действующей силы, что дополнительно снижает суммарное действие грунта на подпорную стенку до 25%, что получило подтверждение серией экспериментов при статическом и динамическом воздействии. Ростверки, защемленные арочными подпорными стенками, за счет трения грунта о бетонную поверхность, снижают активное давление на подпорные стенки еще дополнительно до 20 %, т.е. подпорную стенку достаточно рассчитывать на 45% от расчетной величины.

Все элементы сборного варианта водопропускного сооружения на дорогах, центральной линии канализации города или подземного перехода предложенной нами

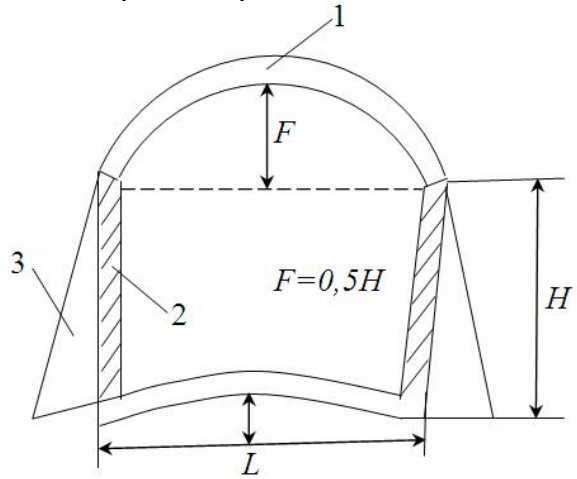


Рис. 1. Сечение арочной железобетонной трубы с контрфорсами
1 - арочный свод; 2 - подпорные стенки; 3 - контрфорсы

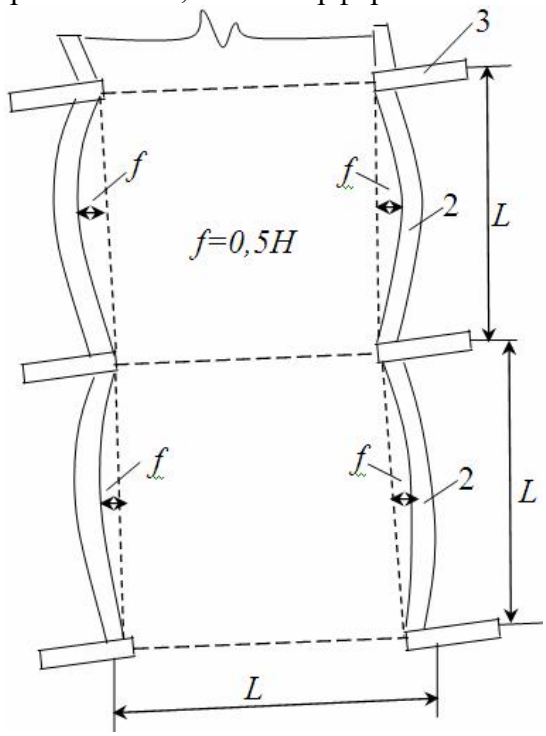


Рис. 2. План железобетонной трубы с арочными подпорными стенками.

Конструкции работает на сжатие, что позволяет армирование снизить до 40%. Динамические свойства сооружения увеличиваются, т.к. окружающий грунт вокруг сооружения участвует в совместных колебаниях при сейсмическом воздействии, что значительно снижает возможность разрушения. От воздействия грунта происходит деформация стрелы арки на 10 - 15%, что приводит к дополнительному уплотнению грунта, а это приводит к увеличению скорости сейсмической волны и логарифмическому декременту колебаний.

Элементарные гидравлические расчеты и это подтверждают экспериментальные исследования, что скорость прохождения воды в предложенной нами конструкции увеличиваются в среднем в два раза, т.е. слой воды по высоте будет в два раза меньше, что позволяет сократить сечение сооружения минимум на 30%, что дает экономию при строительстве.

При замене малого моста пролетом L=6 м на предлагаемую конструкцию трубы, пролет можно принять L=4 м, обеспечивая расход воды и даже увеличив на 20%.

Всем известно, что в малых мостах большую опасность представляет размыв грунта, что заставляет при расчете фундамента опор мостов углублять отметку подошвы фундамента на 2 метра ниже отметки возможного размыва, что резко увеличивает расход материала и стоимость возведения сооружения. В предлагаемой нами конструкции водопропускного сооружения, роль фундамента выполняет опорная плита, которая сохраняет грунт от размыва. Возможности наноса грунта в сечение предлагаемого сооружения тоже исключается, т.к. резко увеличивается скорость движения воды.

Следует особо выделить влияние грунтовой засыпки над сводом водопропускного сооружения, который является гасителем динамическим ударных нагрузок от подвижного состава железных дорог и от автотранспорта на автомобильных дорогах. Также эта грунтовая масса резко снижает действие сейсмических волн, поэтому при землетрясениях при полном разрушении мостов наблюдалось только частичное подтверждение водопропускных труб и они были пригодны для движения транспорта или требовали незначительные ремонтные работы.

Изложенные доводы по замене малых мостов на предложенное водопропускное сооружение обосновано экономическими расчетами по расходу строительных материалов и надежностью при их эксплуатации.

Список использованной литературы

1. Абдужабаров А.Х., Хасанов Н.М., Жалалдинов М.М. Сейсмостойкость водопропускных труб и подземных переходов. Вестник КГУСТА - Бишкек, 2013, №3 стр. 263 - 266.
2. Абдужабаров А.Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог. г.Бишкек 1996. С. 226.
3. Абдужабаров А.Х., Захаров И.Б. Повышение надежности и снижение стоимости искусственных сооружений железных дорог в горной местности. Третья Международная конференция «Транспорт Евразия - XXI век». Алматы 2004. С. 90 - 92.
4. Налетваридзе Ш.Г. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. - М. ГСН, 1959. С.320.