

## Институт «Стройпроект»: нормативные документы по сейсмике требуют доработки



Попов В. И.

доцент, профессор МАДИ, к. т. н., главный менеджер проекта АО «Институт «Стройпроект»

Институт «Стройпроект», признанный лидер строительного комплекса, участвовал в создании множества выдающихся мостовых объектов, включая такие мосты, как Благовещенский, Русский, Бугринский, ЗСД, мост Бетанкура, и многие другие. Сегодня институт продолжает проектные работы на масштабных транспортных объектах страны, таких как: скоростная автодорога М-12 Москва — Нижний Новгород — Казань, федеральные трассы М-1 «Беларусь», М-4 «Дон», автодорога Пермь — Березники и объекты дорожной инфраструктуры Пермского края, обход Нижнекамска и Набережных Челнов, Байкало-Амурская магистраль, обход Тольятти, реконструкция автомобильной дороги Джубга — Сочи, автодорога Владивосток — Находка, строительство вторых путей на БАМе, строительство и реконструкция аэропортов. Большая часть этих объектов находится в зонах повышенной сейсмоопасности.



Русский мост во Владивостоке



Обход г. Сочи

Отвечая на вопрос, каковы особенности проектирования и строительства в сейсмически активных регионах и есть ли разница между подходом российских и зарубежных специалистов к расчетам по сейсмике, хочется отметить, что при проектировании мостов в сейсмически активных регионах особое внимание уделяется выбору системы и конструкции мостового сооружения, материала опор и пролетных строений, а также площадок для расположения опор. При сейсмичности района строительства более 7 баллов обязательно предусматривают различные антисейсмические мероприятия, обеспечивающие прочность и устойчивость сооружений при землетрясениях. К таким мероприятиям относятся: закрепление пролетных строений от сдвига, применение опорных частей, воспринимающих отрицательные реакции, демпферных устройств, буферов и т.п. Для эксплуатируемых мостов предусматривают специальные антисейсмические закрепления пролетных строений на опорах и усиление опор.

Необходимо подчеркнуть, что подходы российских и зарубежных специалистов к расчетам по сейсмостойкости принципиально не отличаются.

Если говорить о нормативных документах по сейсмике, то в первую очередь следует назвать СП 268.1325800 «Транспортные сооружения в сейсмических районах». Документ используется с 2016 года, и на сегодняшний день его необходимо дополнить новыми материалами. Так, в действующем СП не отражены требования по водопропускным трубам из стеклопластика, которые с недавнего времени стали использовать на автомобильных дорогах. Отсутствуют положения, затрагивающие работу армогрунтовых конструкций в сопряжении с мостами, недостаточно внимания уделено рамным железобетонным мостам, в том числе многопролетным на высоких опорах, которые часто применяют в зарубежной практике в горных районах.

Нет в СП также рекомендаций по проектированию в сейсмических районах насыпей на слабых грунтах оснований, с включением в тело насыпи пенополистирольных блоков (ППС) и участков сопряжения мостов с насыпью из ППС-блоков (раздел 6 «Земляное полотно»). Не отражены возможности проектирования многоуровневых транспортных развязок и требования

к опорам таких сооружений. Недостаточно сведений о применении предварительно напряженной пучковой арматуры в высоких опорах. В п. 8.2.27 и п. 8.2.31 даны рекомендации о применении только стержневой арматуры.

При использовании в будущем интегральных мостов следует предусмотреть и разработку соответствующих положений по применению мостовых сооружений этой системы в сейсмически активных районах.

Требуются и некоторые уточнения. Например, неверно делается ссылка в п. 6А (Приложение А), где приводится пример виадука с балочным неразрезным пролетным строением, но при ссылке на схему (рис. А11) он назван рамно-неразрезным. В п. 8.3.2 в перечислении нагрузок отсутствует боковое давление грунта на устои мостов, хотя в п. 8.3.39 приведена формула сейсмического воздействия бокового давления грунта.

Среди других важных нормативных документов следует назвать СП 14.13330 (строительство в сейсмических районах) и СП 270.1325800 (правила оценки поврежденности после землетрясений).

По современным методам испытаний, используемых в мостостроении в сейсмических районах, можно заметить, что в процессе разработки проекта мостового сооружения в сейсмически активном районе проводят испытания моделей на сейсмоплатформах, воспроизводящих движения грунтов оснований. При этом используют комплекс приборов, записывающих частоты и формы колебаний, напряжения в сечениях модели.

Что касается конструктивных решений и современных материалов, отмечу, что для повышения сейсмостойкости мостовых сооружений существует множество технических решений, которые используются в практике мостостроения как в России, так и за рубежом. Такие решения направлены на создание условий, при которых сооружение после землетрясения не получает обрушений и значительных повреждений.

Многие применяемые решения требуют дополнительных материальных затрат, но есть и такие, которые можно считать наиболее эффективными. К ним, например, можно отнести применение в высоких виадуках сборных опор с постнапряжением. Такие опоры позволяют воспринимать поперечные силы посредством сил трения, возникающих между блоками опоры и в свою очередь зависящих от заданного усилия преднапряжения пучков вертикальной арматуры, проходящей по всей высоте опор. Указанные опоры при сейсмическом воздействии получают незначительные смещения. Повреждения в виде сколов у них минимальны и ограничиваются областью повышенных сжимающих напряжений в нижней части опор.

В мостах балочной системы, как наиболее применяемой в практике мостостроения, в сейсмически опасных районах приходится обеспечивать поддемпфирование пролетных строений, а также распределять сейсмическую нагрузку на все опоры путем объединения неразрезных плетей в одну, применяя гибкие связи.

К наиболее устойчивым к сейсмическим воздействиям относятся мосты с интегральными устоями, которые пока не нашли применения в России, но достаточно широко внедряются с 70-х годов прошлого столетия в зарубежной практике. Интегральные устои заанкериваются в грунте основания гибкими, обычно стальными однорядными сваями и за счет жесткого объединения балок пролетного строения с телом интегрального устоя создают легкую конструкцию, в которой отсутствуют опорные части.

В целом рамная система мостов и путепроводов является наиболее устойчивой при землетрясениях:



Сочи, олимпийские объекты



Сочи, олимпийские объекты

об этом свидетельствуют данные обследования таких сооружений после произошедших землетрясений.

При проектировании мостовых сооружений в сейсмически активных районах важно применять материалы, допускающие развитие пластических деформаций. В этом отношении сталь и сплавы алюминия наиболее предпочтительны.

При мониторинге мостовых сооружений в сейсмически активных районах применяют различные датчики, преобразующие колебания мостовой конструкции в электрические сигналы. Сейсмодатчики отслеживают опасные вибрации в основании сооружений. Сейсмографы и регистраторы сейсмических сигналов выпускают с различными диапазонами частот и закрепляют на мостовых конструкциях. Современные сейсмометры с цифровым выходным сигналом позволяют ввести эти сигналы непосредственно в компьютер.

В отношении создания идеального сейсмостойкого моста отмечу, что теоретически такой мост создать можно: опоры и пролетное строение должны быть гибкими, столбы тела опор должны быть надежно заделаны в фундамент, пролетное строение должно быть объединено с промежуточными опорами. Вместе с тем в эпицентре землетрясения и в местах разлома земной коры никакое сооружение не сохранится. Поэтому при проведении инженерных изысканий необходимы тщательные исследования, для опор нужно назначать площадки с минимальными рисками сейсмического воздействия.