

эстетического сравнения. Как говорилось выше, требуется максимально сохранить архитектурные особенности памятника, не нарушая их элементами усиления.

После окончательного выбора варианта усиления требуется его запроектировать с учетом всех существующих норм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Результатами данного исследования должны являться рекомендации по проектированию и конструированию усиления каменных стен памятников архитектуры с помощью внедрения в кладку стальных сердечников. Кроме этого рекомендации должны содержать в себе мероприятия по повышению сейсмостойкости памятника в целом.

ВЫВОДЫ

Целью данного исследования является разработка методики усиления памятников архитектуры АРК (на примере дома-музея Спендиарова в г. Ялта), с учетом повышенных требований в сейсмостойкости зданий и повысившегося значения величины сейсмической нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.3.2-1-2004 Реставраційні, консерваційні та ремонтні роботи на пам'ятниках культурної спадщини.
2. ДБН В.1.1-12:2006 «Строительство в сейсмических районах Украины».
- А.А. Калинин «Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений» Москва, 2004 г. – 160 с.
3. Н.В. Прядко «Обследование и реконструкция жилых зданий» Макеевка, 2006 г., 155 с.
4. А.И. Малыганов, В.С. Плевков, А.И. Полищук «Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий» Томск 1990 г. – 320 с.

УДК 624.000.000

АВАРИИ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ, ИХ ПРИЧИНЫ

Сидоренко Ю.А., студент гр. ПГС - 305, Ажермачев С.Г., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В далекие времена, когда строительной механики как науки практически не было, прочность и устойчивость сооружений определялись размерами, принимавшимися тогдашними строителями интуитивно. И несмотря на то, что сооружениям нередко обеспечивались при этом значительные запасы прочности, их крушения были явлениями довольно частыми. Это было связано с несовершенством технических знаний, непониманием картины распределения возникающих усилий в сооружении, неучетом возможных нагрузок, которые могли быть опасными для элементов конструкций и тем самым, уже с самого начала, все это таило в себе источники аварий.

Квебекский мост (Канада). Уникальный в своем роде случай аварии моста в истории строительной техники произошел 29 августа 1907 г. у г. Квебек через реку Святого Лаврентия. Крушение случилось за 15 минут до окончания рабочего дня. Из работавших на мосту 86 рабочих 75 погибли. В одночасье в реку упала громадная металлическая конструкция общей массой в 9000 тонн (рис. 1).

По проекту мост был консольного типа длиной 988 м; средний пролет длиной 549 м, два анкерных пролета по 152,5 м и два береговых пролета балочного типа по 67 м.

Общая ширина моста была 20,4 м, проезжая часть содержала два железнодорожных, два трамвайных пути, два шоссе и два тротуара. Высота ферм на быках составляла 96 м. Размеры сечения сжатых поясов достигали значения $1,37 \times 1,68$ м. Растянутые элементы крепились в узлах болтами диаметром до 60 см, сжатые – заклепками. Общая масса конструкции составляла 38500 тонн. Сборка моста производилась на весу двумя кранами: один массой 1100 тонн, а другой – массой 250 тонн. Постройка была начата в июле 1905 г.

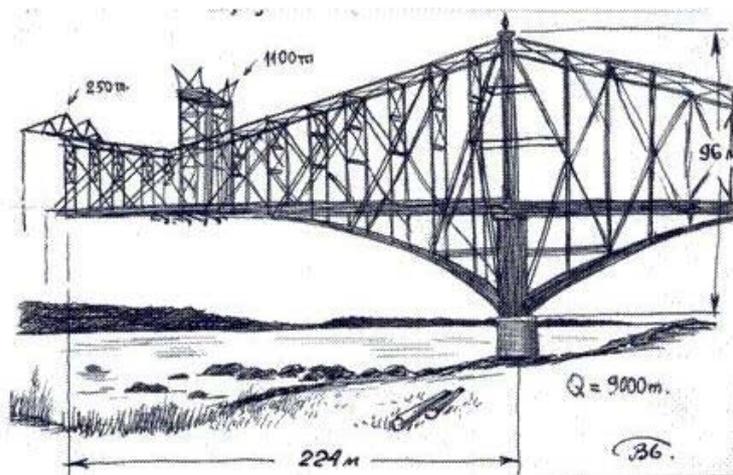


Рис.1. Вид Квебекского моста за 15 дней до крушения.

К моменту крушения была собрана половина моста и оба крана находились на консоли фермы. Первоначально главный пролет проектировался длиной 487,6 м, но по совету консультанта было решено главный пролет увеличить до 548,6 м, при котором уменьшалась глубина заложения и размеры опор. Проект был переделан. Сначала все шло хорошо: был собран анкерный пролет и началась работа на консоли для подвесного пролета судоходной части моста. В августе 1907 г. было замечено, что некоторые стальные листы вертикальной стенки самых мощных сжатых элементов нижнего пояса вблизи опор обнаруживают признаки потери устойчивости (появилось их боковое выпучивание).

Консультант проекта, понимая серьезность положения, распорядился выправить эти листы и считал, что временно сборка моста должна быть приостановлена. Однако выпучивание листов быстро нарастало и достигло опасной величины – свыше 50 мм. И несмотря на это, монтажный кран передвинули в следующую панель для продолжения сборки, что привело к возрастанию сжимающих усилий в нижнем поясе и днем 29 августа изготовленная часть сооружения рухнула. Использовать сильно искореженные оставшиеся части стальной конструкции было невозможно и было решено мост спроектировать заново. Кроме того, установили, что собственный вес рухнувшего моста учитывался в расчете с ошибкой до 25 %!

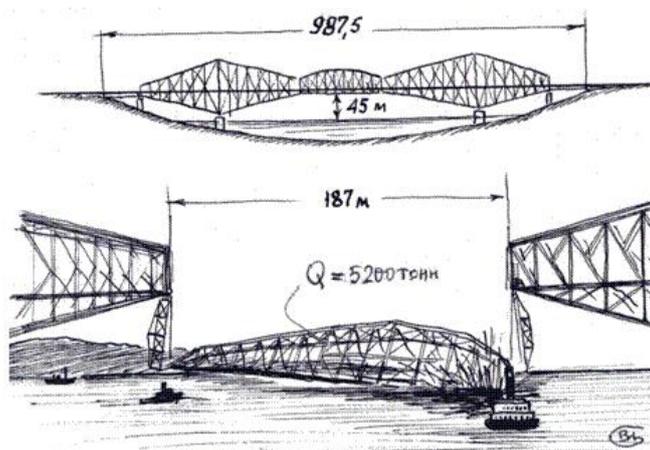


Рис.2. Схема моста по новому проекту и его авария при попытке установки подвесного пролета

Но благополучно построенный новый мост испытал еще одно крушение (рис. 2).

При попытке установить подвесную часть моста, подведенную к месту сборки на барже, в момент подъема из-за некоторого перекоса ферма соскользнула с одной из концевых опор и, оборвав подъемные устройства, упала в воду. Это случилось 11 сентября 1916 г. При этом погибли 13 монтажников и получили увечья 14 человек. После ликвидации последствий этой впечатляющей аварии в 1917 г. мост был сдан в эксплуатацию (рис. 3).

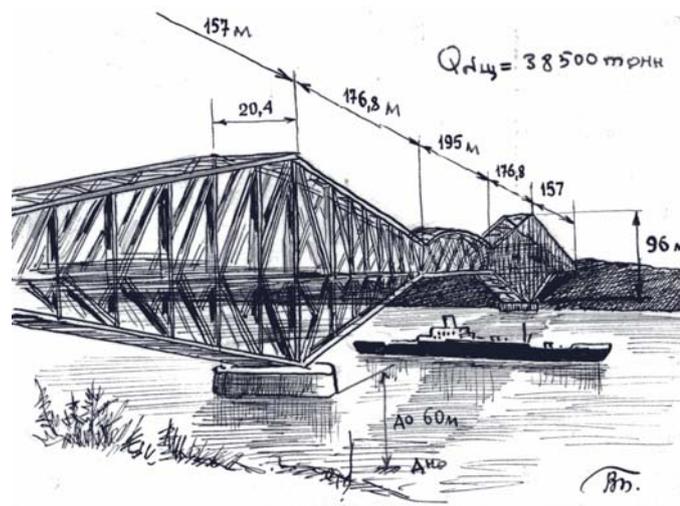


Рис.3. Квебекский мост в окончательном виде (1917 г.). Длина береговых пролетов на рисунке не указана

Мозырский мост (СССР). Однопутный Мозырский мост через реку Припять (Белоруссия) после гражданской войны (1918–1920 гг.) был восстановлен в 1922 г. При его восстановлении использованы три пролетных строения Подольского моста через реку Днепр и два пролетных строения Гурьевского моста через реку Южный Буг (Украина). Мозырский мост был построен в 1915 г., у которого три пролета перекрывались тремя железными фермами, а три других – деревянными дощатыми фермами со сплошной перекрестной стенкой.

В 1920 г. пятый речной бык был взорван, и смежные металлические фермы упали в воду, а деревянные и их опоры сожжены. Гурьевский мост был построен во время первой мировой войны 1914–1918 гг. и для его ферм с пролетами по 106,7 м было использовано железного низкого качества.

В 1919 г. мостовое полотно было сожжено. Пожар был сильным и элементы ферм деформировались. В 1922 г. два пролета этого моста были разобраны и по железной дороге доставлены в г. Мозырь, где вновь были собраны на насыпи перед мостовым переходом и последующей их надвижкой установлены в первом и втором пролетах.

В 1925 г. при испытании Мозырского моста поездом, дававшим совместно с неубранными подмостями нагрузку на пояса ферм 96,7 % от расчетной, а на раскосы – 89 %, 14 февраля, при надвижке поезда на первый пролет и при его приближении к невыгодному положению загрузки внезапно выпучились внутрь фермы два первых сжатых раскоса, деформация которых была остановлена зажатым ими последним вагоном. Раскосы при их длине 15,37 м и сжимающем усилии в 2480 кН потеряли устойчивость из плоскости ферм, и стрела прогиба составила для левого раскоса 90,5 см, а для правого – 146 см (рис. 4).

Ниагарский арочный мост (США). Первый мост через реку Ниагара, ниже известного Ниагарского водопада, был построен в 1868 г. в виде узкого висячего моста с деревянными пилонами и деревянной проезжей частью. В 1888 г. он был заменен другим висячим мостом с двухполосной проезжей частью и тротуаром метровой ширины. Пилон этого моста и проезжая часть были сделаны стальными с деревянным настилом. Висячая конструкция поддерживалась четырьмя тросами, заанкеренными в береговые скалы. 10 января 1889 г. сильные порывы ветра вырвали один из тросов из скалы, и вся проезжая часть обрушилась в реку. Мост довольно быстро восстановили, но в связи с необходимостью обеспечить пропуск по мосту более тяжелых грузов, было решено его заменить сквозной стальной двухшарнирной аркой пролетом 256,2 м, со стрелой подъема 45 м и высотой фермы надарочного строения высотой 7,93 м (рис. 5).

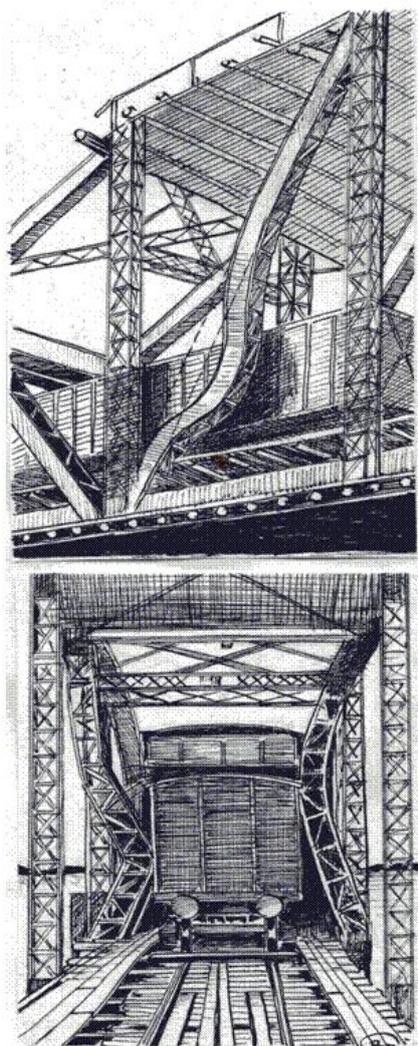


Рис.4. Авария пролетного строения: вид с фасада и вдоль проезжей части

Ширина проезжей части составляла 14 м, которая имела два железнодорожных пути, обычную дорогу и тротуары. Мост был рассчитан не только на восприятие транспортной нагрузки, но и нагрузки от толпы.

Постройка моста была начата в 1895 г. и окончена в 1898 г. Конструкция была выполнена тщательно, арка опиралась на четыре каменных устоя, заложенных в скалы. Пяты арки располагались на 12 м выше межженного уровня вод (т. е. продолжительного стояния низких уровней воды). Главным недостатком проекта моста был неучет местных условий, связанных с подвижками и уровнями льда в реке. 25 января 1938 г. ночью образовался затор льда при повышении уровня воды до 1,8 м. В нижней части водопада уровень ледового нагромождения оказался на 18 м выше межени, а у устоев моста – на 3 м выше пят арки. 26 января на мост надвинулось 120-метровое ледяное поле и уровень затора достиг девятиметровой отметки выше пят арки. Намечавшийся подрыв затора выполнен не был и мост, в связи с непрекращающейся подвижкой льда, был разрушен (рис. 6).

Такомский мост (США). Самым грандиозным из серии крушений висячих мостов была авария в 1940 г. моста через залив Такома (рис. 7), просуществовавшего после открытия всего четыре месяца.

Мост представлял собой трехпролетную конструкцию общей длиной 1662 м со средним пролетом 854 м и двумя боковыми пролетами по 335,5 м. Ширина двухполосной проезжей части под экипажи с боковыми тротуарами составляла всего 11,9 м. Мост удерживался на двух стальных тросах, свитых из проволок, каждый диаметром 438 мм, со стрелой провеса в 70,7 м. Пилоны стальные, на бетонных быках высотой 129,6 м. Фундаменты быков располагались на глубине 53 и 69 м. К тросам на вертикальных подвесках прикреплялись

поперечные балки проезжего полотна с шагом 7,6 м, между которыми шли продольные балки, несущие бетонную плиту толщиной 13 см. Стальные балки жесткости обрамляли проезжую часть и представляли собой клепаные двутавры высотой 2,44 м, т. е. 1/350 часть пролета. Относительно малая высота балок жесткости обусловила способность моста совершать значительные вертикальные изгибные колебания с полными размахами до 1,5 м, и движение по мосту не прекращалось.

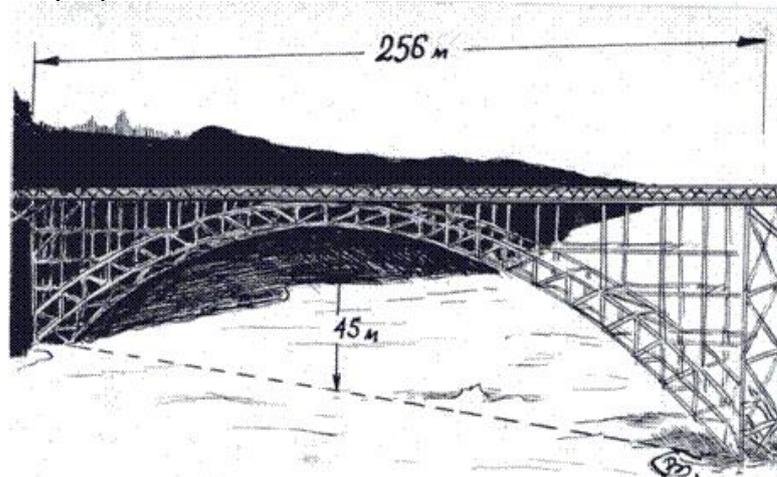


Рис.5. Конструкция арочного мостового перехода

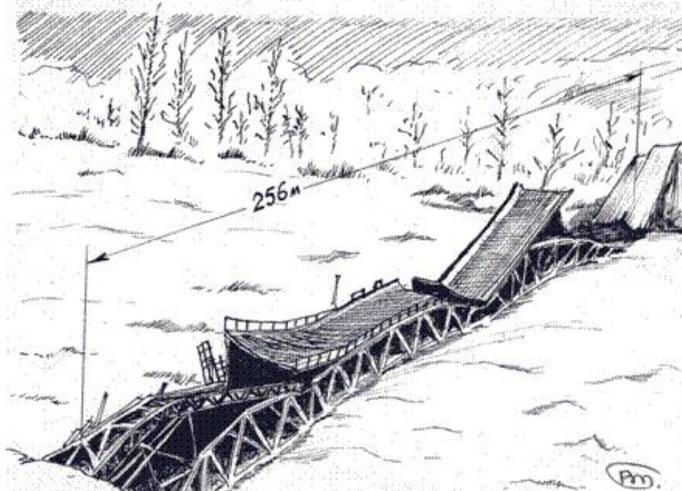


Рис.6. Вид разрушенного арочного моста

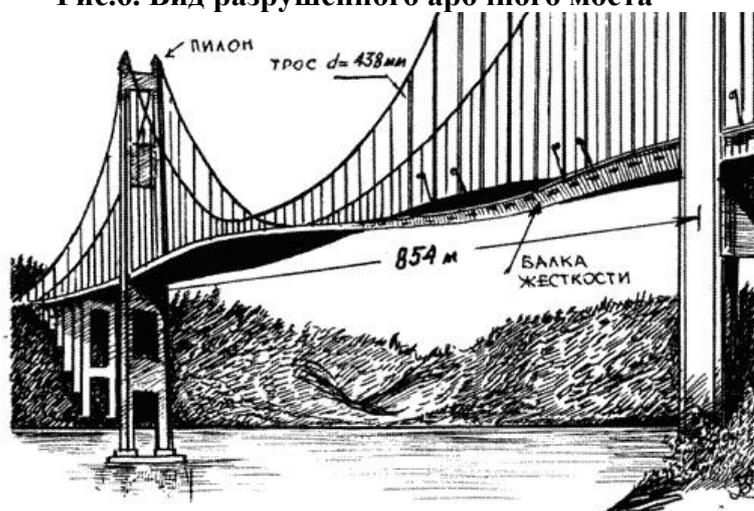


Рис.7. Общий вид моста и картина возникших деформаций проезжей части за час до крушения

В день аварии мост разрушился в течение одного часа от крутильных колебаний (рис. 8), возникших под действием поперечного ветра скоростью 67 км/ч (18,8 м/с). Поведение моста во время его разрушения было заснято на киноленту; при этом никто не пострадал.

В день крушения, 7 ноября 1940 г., частота вертикальных колебаний моста достигла 36 циклов в минуту, а потом внезапно сменилась частотой в 14 циклов и вертикальные колебания, до того происходившие при синхронном колебании подвесной системы, стали проходить в разных фазах, т. е. когда амплитуда колебаний одной подвесной системы была направлена вверх, другая – опускалась вниз. Это привело к образованию крутильных колебаний главного пролета с наклонами проезжего полотна на углы более 45° . Вдоль тросов в противоположных фазах пробегали волны их собственных колебаний, что вызвало обрыв ряда подвесок, сильный прогиб балок жесткости и их разрушение. Проезжее полотно стало секциями, некоторые длиной до 180 м, отрываться и падать в воду. Грандиозное сооружение полностью вышло из строя (рис. 8).

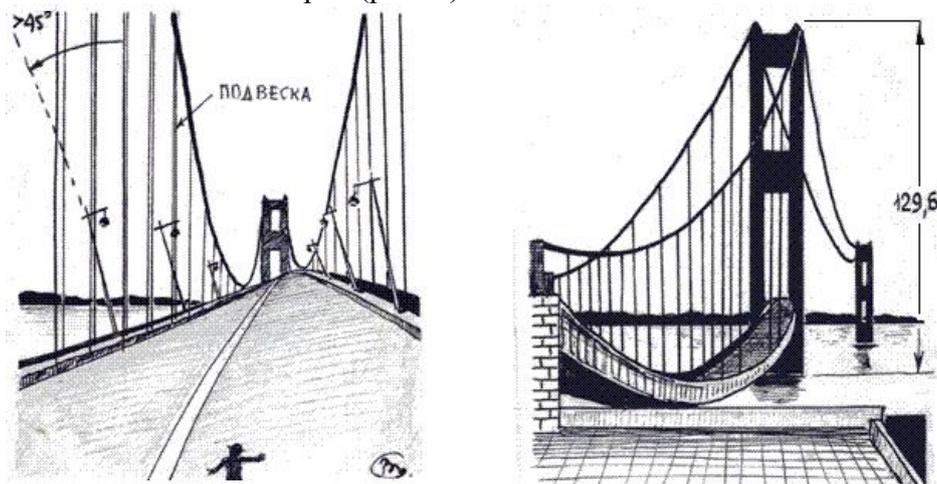


Рис.8. Картина крутильных колебаний проезжей части в середине пролета; Такомский мост после аварии (сохранившиеся боковые пролеты провисли на 9м)

Эта авария потрясла всех проектировщиков мостов; но она послужила источником ценных данных для детального изучения условий работы подобных конструкций при ветровом воздействии на них. Были проведены тщательные исследования как теоретические, так и при испытании крупных моделей висячих мостов путем продувки их в аэродинамических трубах. Изучение обстоятельств аварии привело к выводу, что причинами катастрофы моста, спроектированного и построенного удовлетворительно, явились недостаточная крутильная и изгибная жесткость пролетного строения, относительно малая способность конструкции поглощать (гасить) динамические силы при ветровом воздействии, отсутствие на период разработки проекта моста методов аэродинамического расчета, хорошо к тому времени развитого в авиастроении.

ВЫВОДЫ

С последующим развитием научных методов строительной механики и строительной техники к настоящему времени, по существу, созданы основы проектирования и постройки сооружений, способные при их надлежащем соблюдении обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации инженерных конструкций. Однако и в настоящее время не всегда удается избежать серьезных катастроф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические конструкции. Под общей редакцией Н.С. Стрелецкого. – М., Госстройиздат, 1961. – 776 с.
2. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Под редакцией А.А. Уманского. – М., Госстройиздат, 1960. – 1040 с.