

Статья получена с сайта <http://defshov.am-bridge.net>. При ссылке на статью необходимо использовать ссылку на указанный сайт.

Инж. Марк Бресслер (MAURER SOHNE)

Современная концепция деформационных швов и опорных частей в искусственных сооружениях

Сообщение на конференции в Москве 08.09.1999 г.

1. MAURER SOHNE - краткие сведения о предприятии и историческая справка

Фирма основана Фридрихом Маурер в 1876 г. как предприятие по переработке металлолома. Его сыновья на базе этого предприятия начали выпуск традиционных металлоконструкций в результате чего фирма приобрела название MAURER SOHNE, которое сохранено до настоящего времени. В 1931 г. предприятие было продано семьей Maurer семье Beutler, которая владеет нашим предприятием сегодня. В начале шестидесятых годов руководство предприятием возглавил господин Hans Beutler - прекрасный инженер, с чьим именем связаны все достижения MAURER SOHNE в последние годы. На сегодняшний день наше предприятие является мировым лидером в разработке и изготовлении металлических конструкций и оборудования. Фирма предлагает свои разработки в различных областях - это традиционные металлоконструкции промышленных и гражданских зданий, дымоходные трубы, оснащенные высокоэффективными гасителями колебаний (патент MAURER SOHNE), небольшие пешеходные и автодорожные мосты, всевозможные аттракционы, которые разрабатываются нами и поставляются на рынок в течение последних семи лет, автоматические парковки (наша автоматическая парковка будет представлена на всемирной выставке в Hannover в 2000 г. в составе европейской экспозиции экологической техники) и мостовые конструкции. Под мостовыми конструкциями мы понимаем мостовые опорные части и деформационные швы. Именно на мостовые конструкции приходится примерно 70% нашего оборота.

По данным на конец 1998 г. MAURER SOHNE изготовил всего более 80 тыс. штук металлических опорных частей и более 1064 км деформационных швов. Начиная с 1967 г. MAURER SOHNE, впервые в мире, начал изготавливать герметичные деформационные швы. С этого времени фирма постоянно развивает и совершенствует выпускаемые конструкции и применяемые материалы. Это позволило реализовать и удерживать до настоящего времени мировые рекорды как в области деформационных швов (швы с раскрытием до 2000 мм: "Большой Бельт" в Дании, два моста ч/р Янцзы в Китае), так и в области опорных частей (опорные части моста ч/р Рейн в Дюссельдорфе под опорную реакцию 11400 т, в настоящее время нами изготавливаются опорные части моста для пропуска

судоходства в Магдебурге под нагрузку 13100 т, на стадии обсуждения находится наше предложение для моста в Греции, где опорные части должны воспринимать нагрузку 14000 т и при этом иметь возможность воспринимать отрицательную реакцию 6000 т).

Высокие эксплуатационные качества нашей продукции и её высокий технический уровень создали всемирную известность нашему предприятию и обеспечили нам лидирующее положение на рынке так называемых мостовых аксессуаров.

2. Современная концепция деформационных швов и опорных частей

Опыт эксплуатации мостов, накопленный в Западной Европе, в частности, в Германии и Австрии, показал, что долговечность опорных частей, деформационных швов и гидроизоляции, практически, определяют долговечность всего сооружения. Огромное количество повреждений на мостах зарегистрированное в шестидесятых годах вызвало большую дискуссию, как среди специалистов-мостовиков, так и в государственных органах, направленную на поиск выхода из создавшейся ситуации. Таким образом, возникла система государственного контроля и допуска конструкций деформационных швов и опорных частей для применения в мостовых сооружениях. Суть этой системы состоит в следующем:

- Создание нормативных требований к изделиям.
- Назначение органов, производящих проверку соответствия изделий нормативным требованиям.
- Процедура государственного допуска изделий на их применение в мостовых сооружениях - назначение органов, производящих вневедомственный контроль за изготовлением и монтажом изделий на предмет соответствия серийно изготавливаемой продукции тем экспериментальным образцам и тем техническим условиям, которые послужили основанием для разрешения на применение изделий.

Другими словами, государство на основании рекомендаций признанных специалистов определяет перечень приоритетных технических требований, которым изделия должны удовлетворять, устанавливает порядок проверки соответствия этим условиям и требует постоянный надзор за производством и монтажом, что бы быть уверенным, что на практике применяются такие же изделия, что и при процедуре допуска.

Эта система в настоящее время внедрена в Германии и в Австрии, делаются попытки внедрить аналогичный опыт в США, создан европейский комитет и ведутся переговоры по созданию общеевропейских норм.

Опыт Германии и Австрии доказал необходимость и целесообразность такого подхода к применению этих элементов сооружений. При этом была выработана концепция, в рамках которой предусмотрен единый подход и выкристаллизованы единые требования.

Для опорных частей

1. Долговечность и надежность.
2. Возможность замены на эксплуатируемых сооружениях.
3. Минимальные затраты на эксплуатацию.
4. Минимальные реактивные усилия, передаваемые в несущие конструкции.
5. Простота и удобство монтажа.

Для деформационных швов

1. Водонепроницаемость деформационного шва.
2. Долговечность и надежность (определяется главным образом выносливостью конструкций).
3. Минимальные затраты на эксплуатацию.
4. Минимальные реактивные усилия, передаваемые в несущие конструкции.
5. Возможность в широком температурном диапазоне равномерно регулировать зазоры между элементами швов, воспринимать перемещения пролетных строений во всех направлениях и плоскостях.
6. Возможность, при необходимости, редуцировать шумовую эмиссию в различных направлениях при проезде.
7. Простота и удобство монтажа.

Изложенные требования определяют современную концепцию опорных частей и деформационных швов.

Особое место при этом занимает проблема обеспечения сейсмической безопасности, актуальность которой подтвердили недавние трагические события в Турции. Эту тему подробно рассматривает в своем сообщении мой коллега Р. Медеот. Опираясь на сформулированные требования, я хочу изложить наш подход к реализации этой концепции.

Опорные части

MAURER SOHNE изготавливает опорные части всех применяемых в Европе типов. В качестве нормативной базы при этом нами могут быть приняты следующие документы: германский DIN 4141 британский BS5400 или американский AASHTO. К слову, следует особо отметить, что сам по себе DIN 4141 не определяет всех необходимых требований, предъявляемых в Германии к опорным частям и поэтому, когда Заказчики хотят получить продукт соответствующий немецким нормам, то они при этом должны всегда требовать от поставщиков дополнительно изготовление в соответствии с Допуском для Германии (Deutsche Zulassung), которое должен иметь каждый производитель. Эти два документа могут рассматриваться только совместно. В противном случае, Заказчик может получить очень отличающиеся друг от друга с точки зрения долговечности изделия, которые полностью соответствуют DIN.

- Эластомерные опорные части.

Имеют свою область применения и обладают определенными достоинствами. К недостаткам следует отнести низкую долговечность при длительных низких температурах и большие реактивные усилия и моменты, передаваемые на не-

сущие конструкции сооружения, связанные с потерей упругости и повышением жесткости при низких температурах.

При полном соблюдении технических требований к изготовлению и монтажу стоимость этих опорных частей не ниже стоимости металлических опорных частей.

- Металлические опорные части.

Долговечность и надежность обеспечивается применением сертифицированных материалов и соблюдением технических условий и системой внутреннего и вневедомственного контроля качества. Например, имеется перечень поставщиков фторопласта и нержавеющей полированного листа (всего две фирмы в Италии и Японии), поставщиков силиконового жира для смазки (всего четыре предприятия). Кроме этого имеются ряд технологических патентов, например, на приварку по контуру полированного листа (при этом обеспечивается плоскостность прилегания листа и отсутствуют клеевые вещества, не обеспечивающие долговечных соединений).

В качестве уплотнителя в стаканых опорных частях мы применяем взамен общепринятых латунных колец кольца из углефторопласта, которые не изнашивают стенки стаканов.

При сочетании больших горизонтальных усилий и углов поворота мы, как правило, применяем наружные направляющие в односторонне-подвижных опорных частях. Минимальные реактивные усилия, передаваемые в несущие конструкции гарантируются как уже отмечалось применением сертифицированных материалов, конструктивными решениями и применением во всех случаях образования контактных пар - пар скольжения "полированный лист + фторо- или металлопласт". Кроме этого, огромную роль играет точность и чистота механической обработки деталей.

Наиболее современной конструкцией, получившей в последнее время максимальное распространение (около 60% в нашем производстве) - это сферические опорные части. Эта конструкция позволила преодолеть недостатки стаканых опорных частей и реализовывать практически любые углы поворота (в стаканых опорных частях он конструктивно ограничен 0,01), сделала опорную часть не чувствительной к низким температурам (в связи с отсутствием резинового компонента), позволила уменьшить высоту и размеры в плане опорных частей, что в свою очередь позволило уменьшить размеры подферменников и опор. В этой конструкции до минимума снижены реактивные усилия и моменты.

Подводя итог теме "Опорные части" следует отметить, что сферические опорные части наиболее соответствуют современным требованиям и конструкциям современных сооружений.

Хорошо зарекомендовал себя, также исповедуемый нами индивидуальный подход, когда опорные части проектируются для каждого конкретного сооружения. Это позволяет с одной стороны избегать излишних запасов при определении размеров и т. о. обеспечивает экономичность, с другой стороны достигается возможность оптимально учесть особенности конструкции сооружения.

Деформационные швы

Перечисленные выше семь пунктов, определяющие современную концепцию деформационных швов, послужили исходными предпосылками для разработки технических требований к применяемым конструкциям. Интенсивные дискуссии специалистов закончились разработкой и внедрением в Германии и в Австрии (эти страны во многом определяют европейский рынок) перечня технических требований к деформационным швам всех существующих типов и методов их лабораторных испытаний на соответствие этим требованиям.

Эта работа была выполнена в Институте стальных и деревянных конструкций университета в Инсбруке профессором Tschemmernegg. Эта идея поддержана и в других европейских странах и, как уже отмечалось, в настоящее время ведутся переговоры по разработке единых европейских норм. Хотя этот процесс является совсем не простым. Самая существенная проблема, возникающая в этой связи - это выбор приоритетов.

В Германии и в Австрии спор между организациями, эксплуатирующими мосты, и требовавшими в целях снижения расходов на ремонты и содержание мостов отказаться от посыпки проезжей части мостов солевыми смесями в зимний период и представителями организаций, отвечающими за безопасность движения и настаивающими на применении соли для посыпки, закончился полной победой последних.

Это определило одно из главных требований к конструкции деформационного шва - её герметичность. Известно, что вода является практически врагом № 1 для конструкций, особенно агрессивные растворы на основе хлоридов.

Не менее важным является требование обеспечения выносливости конструкций. Исходным пунктом при этом является предпосылка о том, что деформационные швы должны заменяться не ранее, чем через 20 лет совместно с капитальным ремонтом сооружения. Поэтому и рассчитываться они должны, исходя из их расчетной долговечности 20 лет, а испытываться в лаборатории эти конструкции должны, исходя из требуемой долговечности 30 лет (с коэффициентом запаса 1,5).

В рамках этой концепции были созданы правила, в соответствии с которыми в сооружениях, финансируемых из государственного бюджета, могут быть применены только те конструкции деформационных швов, которые разрешены к применению Министерством транспорта. В свою очередь, Министерство транспорта разрешает к применению только те конструкции, которые прошли испытания в соответствии с утвержденными нормами в определенных Министерством транспорта лабораториях, и изготовление и монтаж которых подвергается вневедомственному контролю определенными государством независимыми учреждениями, располагающими квалифицированным персоналом.

По мнению специалистов фирмы Maurer, для обеспечения этих требований нельзя допускать, чтобы какой-либо элемент деформационного шва выполнял несколько совмещенных функций. Это означает, например, что элемент, отвечающий за герметичность, не должен исполнять других функций, например, ре-

гулировать зазоры в шве и наоборот.

Наше предприятие было первым в мире и почти 3 года оставалось единственным в мире, кому удалось получить такое разрешение для Германии и Австрии. На сегодняшний день имеются еще две фирмы, обладающими таким правом. При этом, также как и в случае с опорными частями, заказывая конструкции деформационных швов, Заказчик должен поинтересоваться тем, по каким нормам будет изготавливаться предлагаемое ему изделие. Известно множество случаев, когда изготовитель, пользуясь отсутствием технических требований в той или иной стране, в погоне за низкой стоимостью настолько упрощают свои изделия, что, в конце концов, на проводимых конкурсах сравниваются несопоставимые, с точки зрения долговечности и безопасности движения технические решения.

Попытка обобщить изложенные современные требования к конструкциям деформационных швов приводит к следующим выводам:

- Конструкция должна оставаться герметичной, не требовать технического ухода при эксплуатации, при механическом повреждении эластомерного материала позволять легко и надежно произвести замену.
- В конструкции, по возможности должны отсутствовать болтовые соединения, поскольку при их наличии необходимо производить постоянный контроль и донатажку этих соединений. Отсутствие такого контроля приводит к ослаблению и разрушению соединений и как показывает опыт применения эластомеров и гребенчатых конструкций может приводить к тяжелым транспортным происшествиям. Как пример, может служить мост с Рио-де-Жанейро, где были применены оба упомянутых типа.
- В конструкции следует избегать эластомерные материалы, в качестве управляющих элементов. Во-первых, эластомерные материалы способны регулировать раскрытия в швах только в очень узком диапазоне температур. При больших положительных и больших отрицательных температурах упругие характеристики эластомерных материалов существенно изменяются и они не выполняют более свои функции. Кроме этого, начиная с определенной величины перемещений (примерно 400 мм) не удается достичь равномерное раскрытие швов всех конструкций, где в том или ином виде в качестве управляющих элементов использованы эластомерные материалы.

Исходя из изложенных соображений, мы считаем, что в будущем основное применение найдут конструкции, аналогичные разработанным в нашем предприятии.

- Для малых перемещений - это шов представляющий собой металлический прокатный профиль с замком с очень небольшими и жестко соблюдаемыми допусками на отклонение геометрических размеров в комплекте с эластомерным самозаклинивающимся при вертикальной нагрузке (грязь, камни) герметизирующим профилем. Конструкция эластомерного профиля позволяет его легко монтировать и демонтировать с помощью элементарных инструментов (монтажка для бортовки автопокрышек). Этот эластомерный профиль можно также

вулканизировать, что позволяет при повреждениях заменять не весь профиль. А лишь поврежденный участок. Анкеровка шва испытана и обеспечивает расчетную долговечность.

- Для швов больших перемещений - это конструкции с кинематическим (или так называемым математическим) управлением зазорами в шве. Эти конструкции представлены швами с поворотными траверсами.

В этой конструкции отсутствуют эластомерные материалы в управлении зазорами, и тем самым она становится применимой, практически, во всех климатических зонах и для всех мыслимых перемещений.

Эта конструкция допускает, практически, неограниченные перемещения во всех направлениях и плоскостях. На этом месте я хочу привести пример из недавних событий в Турции. На сегодняшний день мы не имеем исчерпывающей информации о состоянии искусственных сооружений в зоне землетрясения, однако, нам известно, что на одном из мостов, где были смонтированы наши швы с поворотными траверсами, после некоторого разворота пролетного строения в поперечном направлении шов остался работоспособным и позволяет проезд спасательной техники, что в условиях массовых разрушений жизненно важно. Особое внимание заслуживает тема ремонтпригодности. С этой точки зрения эта конструкция обладает также неоспоримым преимуществом, поскольку абсолютно все элементы, способные выходить из строя можно заменить сверху, не обустривая опоры снизу дорогостоящими подмостями.

Теперь некоторые соображения по вопросу о снижении шумовой эмиссии, которая в последнее время приобрела актуальность.

Нами были проведены обширные исследования, экспериментальные измерения шумовой эмиссии при проезде деформационных швов автотранспортом и предложены соответствующие конструктивные решения этой проблемы.

При этом исходными пунктами оставались требования обеспечения водонепроницаемости и выносливости конструкций.

Однако вначале мы разделили объекты, где шумовая эмиссия играет существенную роль (мосты вблизи населенных пунктов и в районах городской застройки) от мостов, где это не играет никакой роли (сооружения вдали от населенных пунктов).

Проведенные исследования и замеры показали существенную зависимость шумовой эмиссии от скорости движения автотранспорта, и выяснилось, что в пределах главных городских магистралей, где скорость, как правило, ограничена, шумовая эмиссия находится в пределах нормы.

Далее выяснилось, что при проезде модулярных швов, расположенных под углом к оси проезжей части возникает минимальная шумовая эмиссия, (на этом месте следует сказать о том, что в этом случае возникает совсем другая проблема, связанная с проездом снегоуборочной техники).

В результате этих исследований определилась группа сооружений, где эта проблема играет существенную роль.

То, что гребенчатые конструкции снижают шумовую эмиссию, является обще-

известным фактом, однако наши исследования показали, что эти конструкции снижают шумовую эмиссию только в направлении "наверх" и не оказывает никакого воздействия на шум, распространяющийся вниз.

На основе проведенных исследований нами была предложена конструкция, предусматривающая возможность, в зависимости от необходимости, редуцировать шумовую эмиссию в заданном направлении.

Шумовая защита снизу представляет собой шумозащитный кожух, устанавливаемый под швом. Конструкция широко применяется в Германии. В качестве примера можно привести мост Schneitach недалеко от Нюрнберга на автобане № 9 Мюнхен - Берлин. По согласованию с Дирекцией автобанов Южной Баварии, в экспериментальном порядке, на кольцевом автобане вокруг Мюнхена (А-99) четыре моста были оборудованы нашими традиционными швами модернизированными путём наварки на все элементы волнообразных стальных полос, образующих волнообразную гребенчатую систему и при этом остающиеся водонепроницаемыми. Эта конструкция была одобрена и принята Министерством транспорта. Однако следует отметить, что хотя нам и удалось минимизировать недостатки традиционных гребенчатых систем, однако при этом возросла цена швов, и возможность горизонтальных перемещений стала ограничена. Это лишний раз показывает, что предъявление дополнительных технических требований к конструкции ведет, как правило, к дополнительным затратам и иногда ограничивает другие характеристики. Поэтому требования к применяемым конструкциям должны в каждом конкретном случае обосновываться при проектировании.

В предложенном Вам сообщении была сделана попытка представить наше видение современной концепции деформационных швов и опорных частей и тот путь, который мы избрали для реализации этой концепции.