

Ортотропная конструкция

Модульная конструкция с закрытыми ортотропными ребрами

Ортотропная конструкция моста

Термин «*ортотропный*» используется для описания *орто*гонально-анизотропной структуры. Данный тип структуры обладает различными механическими свойствами вдоль различных перпендикулярных осей. Использование для описания структуры моста термина «ортотропный» означает, что механические свойства моста вдоль направления движения отличаются от его свойств в поперечном направлении.

Существует несколько типов ортотропных конструкций. METTLER TOLEDO использует конструкцию, которая состоит из настила, укрепленного закрытыми ребрами трапециевидальной формы. Эта проверенная временем конструкция широко применяется при строительстве мостов. В частности, ее использовали при замене поверхности моста Золотые Ворота в США, а также при восстановлении инфраструктуры в послевоенной Германии. Так почему же эту конструкцию не используют повсеместно? Ответ прост: ее производство требует больших начальных инвестиций. Не каждый готов придерживаться столь высокого уровня качества.

Сравнение конструкций с открытыми и с закрытыми ребрами

Существует множество способов конструирования ортотропной мостовой секции. Двумя наиболее распространенными являются платформа с открытыми ребрами (Рисунок 1) и платформа с закрытыми ребрами (Рисунок 2). Обратите внимание, что конструкция с закрытыми ребрами выполнена из отдельных ребер, а не в виде «сэндвича» из плит и балок. Конструкция типа «сэндвич» не дает такой структурной прочности как конструкция с закрытыми ребрами. Хотя концепции с открытыми и закрытыми ребрами похожи, конструкция с закрытыми ребрами значительно прочнее. Давайте разберемся, почему.

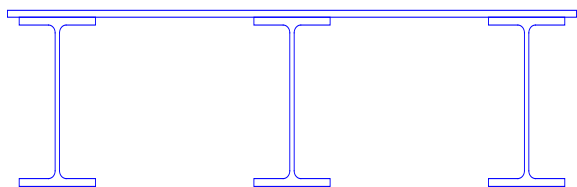


Рисунок 1. Ортотропная конструкция с открытыми ребрами. Без нагрузки

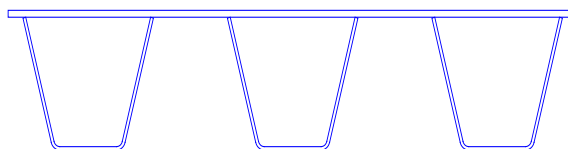


Рисунок 2. Ортотропная конструкция с закрытыми ребрами. Без нагрузки

Вес грузовика сконцентрирован в местах приложения нагрузки, где его шины соприкасаются с поверхностью моста. Чтобы уменьшить давление в точках приложения нагрузки, конструкция моста должна распределять как можно больше нагрузки на соседние ребра. Поскольку конструкция с закрытыми ребрами лучше распределяет нагрузку между несколькими ребрами, она является более прочной и более долговечной.

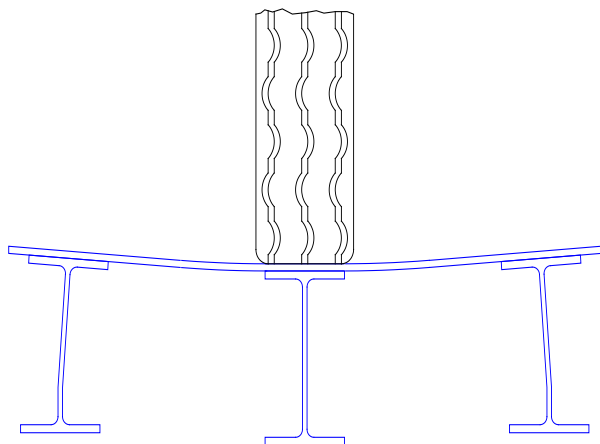


Рисунок 3. Ортотропная конструкция с открытыми ребрами. С нагрузкой

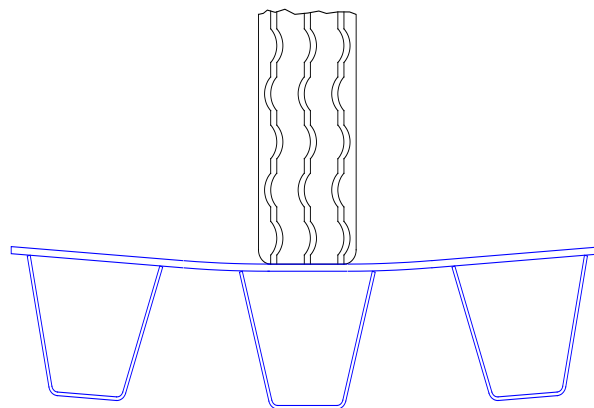


Рисунок 4. Ортотропная конструкция с закрытыми ребрами. С нагрузкой

Ортотропная конструкция

Модульная конструкция с закрытыми ортотропными ребрами

Обратите внимание, как каждая конструкция реагирует, когда нагрузка концентрируется только над одним из ребер (деформации преувеличены для большей наглядности данного эффекта). В конструкции с открытыми ребрами (Рисунок 3) двутавровые балки, расположенные рядом с точкой приложения нагрузки, изогнуты. Поскольку нагрузка не передается по этим балкам по прямой линии, они несут меньшую долю нагрузки.

В конструкции с закрытыми ребрами (Рисунок 4) жесткость ребер при кручении не позволяет нагрузке их деформировать. В результате соседние ребра дают значительную поддержку, и нагрузка распределяется более равномерно.

Другим преимуществом конструкции с закрытыми ребрами является то, что такие ребра обладают сопротивлением продольному изгибу. На рисунке 5 показано открытое ребро под нагрузкой. Ребро балки может изгибаться вправо или влево, вызывая повреждение ребра. Для защиты ребра от деформации необходимо добавить ему элементы жесткости.

На рисунке 6 показана одна сторона закрытого ребра и направление, в котором оно всегда будет изгибаться. На рисунке 7 изображено закрытое ребро трапециевидальной конструкции. Поскольку каждая сторона будет изгибаться вовнутрь ребра, обе эти силы будут противодействовать друг другу. Плоская секция, соединяющая две стороны, передает нагрузку с одной стороны на другую, устраняя возможность изгиба ребра.

А что, если закрытые ребра были бы квадратными (Рисунок 8), а не трапециевидными? Как и в конструкции с двутавровыми балками, стороны могут изгибаться в обоих направлениях. Плоское дно ребра хуже, поскольку обе стороны могут изгибаться в одном направлении, что приведет к разрушению ребра.

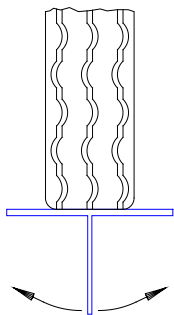


Рисунок 5

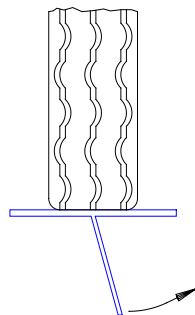


Рисунок 6

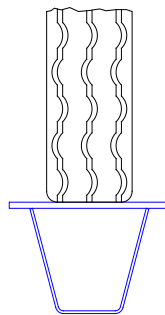


Рисунок 7

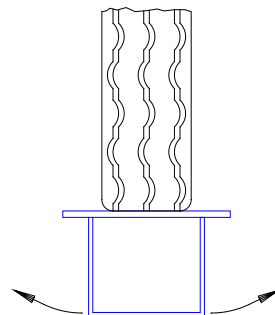


Рисунок 8

Сложно определить реальную прочность структуры ортотропного моста. Расчетная прочность обычно составляет лишь долю реальной прочности. Испытания показали, что реальная прочность конструкции с открытыми ребрами в 10,3 раза превышает расчетную. Аналогичное испытание конструкции с закрытыми ребрами не было завершено, поскольку испытательное оборудование сломалось при прочности в 42 раза выше расчетной (*Design Manual for Orthotropic Steel Plate Deck Bridges*, American Institute of Steel Construction, 1963, стр. 19-20).

Конструкция весов МЕТТАЕР ТОЛЕДО с закрытыми ортотропными ребрами

Применяемая компанией МЕТТАЕР ТОЛЕДО конструкция стальной платформы с закрытыми ортотропными ребрами обладает несколькими дополнительными преимуществами. Три из них позволяют увеличить срок службы весов за счет уменьшения усталости металла и внутренней коррозии.

1. Конструкция с закрытыми ребрами уменьшает усталость металла, поскольку на участках моста, подверженных наибольшему напряжению, отсутствуют сварные швы. Сварные швы располагаются как можно ближе к нейтральной оси. Что такое нейтральная ось? Когда транспортное средство заезжает на весы, соответствующий элемент конструкции весов изгибается.

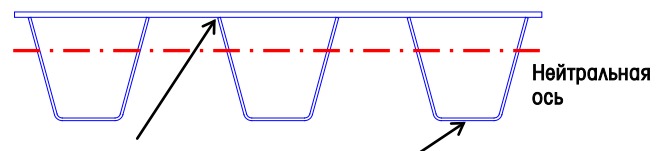


Рисунок 9. Поперечный разрез весов

Ортотропная конструкция

Модульная конструкция с закрытыми ортотропными ребрами

Его верхняя поверхность сдавливается (подвергается сжатию), а нижняя поверхность растягивается (подвергается растяжению). Степень сжатия уменьшается в направлении вниз от верхней поверхности, а в направлении вверх от нижней поверхности уменьшается степень растяжения.

В некоторой точке возле центра структуры уровень напряжения будет равен нулю (нет ни сжатия, ни растяжения).

Эта точка и называется нейтральной осью. Положение нейтральной оси будет меняться в зависимости от геометрии модуля.

В конструкции с закрытыми ребрами нейтральная ось расположена ближе к верхней поверхности платформы (Рисунки 9 и 10). Наибольшее напряжение будет на самой удаленной от нейтральной оси поверхности, в данном случае на дне ребра. Сварные швы располагаются в области низкого напряжения, где ребра соединяются с низом платформы, вблизи нейтральной оси и далеко от дна ребра.

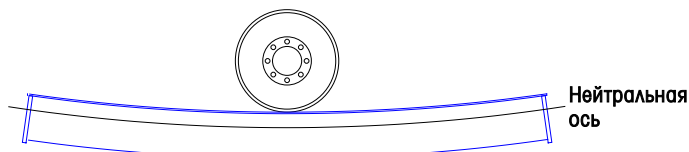


Рисунок 10. Весы. Вид сбоку

2. Сама конструкция также уменьшает усталость металла благодаря сварке ребер и весовой платформы непрерывным швом. В начале или в конце сварного шва наблюдается увеличение локальных напряжений и потенциала повреждения.

По этой причине в конструкции весов для транспортных средств МЕТТЛЕР ТОЛЕДО нет сваренных прерывистым сварным швом элементов.

3. Конструкция с закрытыми ребрами помогает продлить срок службы весов, снижая вероятность возникновения внутренней коррозии. Каждое ребро полностью герметично, что не допускает попадания внутрь влаги. Если в процессе производства небольшое количество влаги оказалось внутри герметично закрытого ребра, то оно прореагирует с металлом с образованием оксида железа (ржавчины), и процесс ржавления немедленно остановится. Поскольку влага больше не может проникнуть внутрь, ржавление весов изнутри невозможно.

Компания МЕТТЛЕР ТОЛЕДО вложила немало времени и средств в разработку и производство лучших в отрасли весов для транспортных средств. По всему миру, от пустынь до полярных территорий, надежные и долговечные весы МЕТТЛЕР ТОЛЕДО взвешивают с высокой точностью грузовые автомобили и железнодорожные вагоны любых габаритных размеров любой грузоподъемности.