

Ортотропная конструкция

Модульная конструкция с закрытыми ортотропными ребрами

Ортотропная конструкция моста

Термин «*ортотропный*» используется для описания *орто*нально-*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.

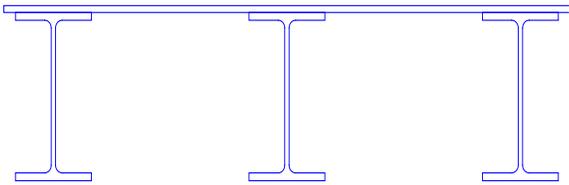


Рисунок 1. Ортотропная конструкция с открытыми ребрами. Без нагрузки

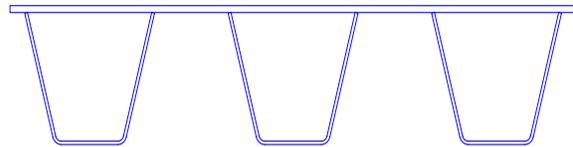


Рисунок 2. Ортотропная конструкция с закрытыми ребрами. Без нагрузки

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.

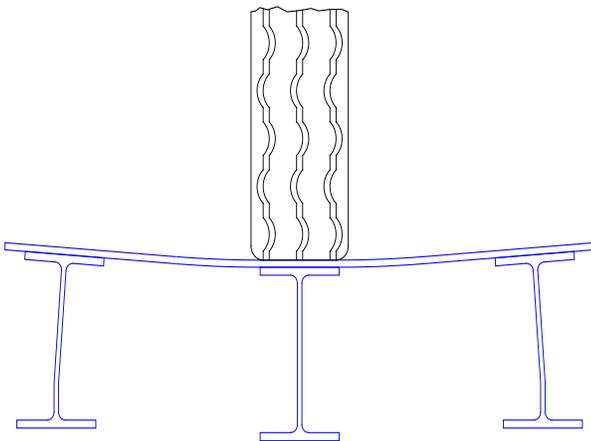


Рисунок 3. Ортотропная конструкция с открытыми ребрами. С нагрузкой

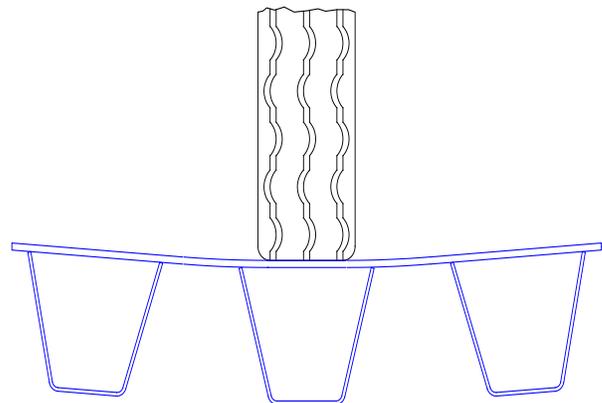


Рисунок 4. Ортотропная конструкция с закрытыми ребрами. С нагрузкой

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.

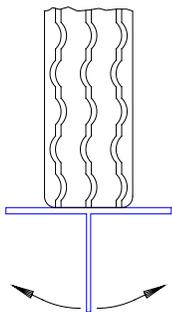


Рисунок 5

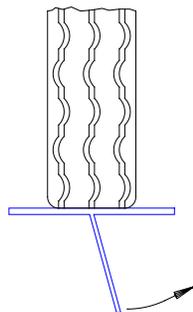


Рисунок 6

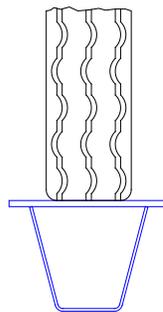


Рисунок 7

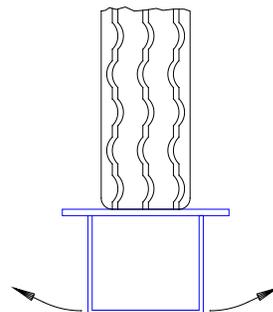


Рисунок 8

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 МЕТТЛЕР ТОЛЕДО с закрытыми ортотропными ребрами

Применяемая компанией МЕТТЛЕР 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.

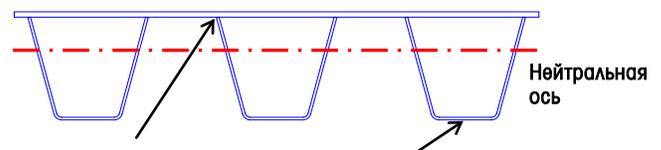


Рисунок 9. Поперечный разрез весов

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.

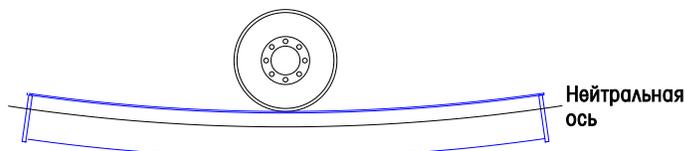


Рисунок 10. Весы. Вид сбоку

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.