

文章编号: 1674—8247(2019)04—0048—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.04.010

正交异性桥面板钢箱梁在既有线改造中的应用

王明明

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 300142)

摘要:既有铁路换梁改造中,为了在尽量不减小铁路桥下净空的情况下,保证新建桥梁的强度和稳定性、减少施工对桥下公路运营及铁路本身运营的影响,文章开展了采用正交异性桥面板钢箱梁替代既有钢板梁结构应用的研究。由于正交异性桥面板钢箱梁自重轻、结构高度低等特点,施工方案可采用厂内预制现场拼装架设的方式,加快了工程进度,有效解决了既有铁路换梁存在的难题,可为类似工程提供参考。

关键词:钢箱梁;既有铁路;正交异性;施工方案

中图分类号:U449.52 **文献标志码:**A

Application of Orthotropic Bridge Deck Steel Box Girder in Existing Railway Reconstruction

WANG Mingming

(China Railway Design Corporation, Tianjin 300142, China)

Abstract: In the girder replacement reconstruction of existing railway, in order to ensure the strength and stability of new bridges and reduce the impact of construction on the operation of highways and railways under bridges without reducing the clearance under railways, the orthotropic deck steel box girders are used to replace the existing steel plate girders. Because of the characteristics of light weight and low structural height of orthotropic bridge deck steel box girder, the construction scheme can be adopted that the steel box girder may be prefabricated in the factory and then assembled and erected on site, which can speed up the progress of the project, effectively solve the girder replacement problem of the existing railway. It can provide reference for similar projects.

Key words: steel box girder; existing railway; orthotropic; construction scheme

1 工程概况

某企业专用铁路为电气化铁路,其桥梁工点位于厂区范围内,为4个股道分设的13 m跨度简支钢板梁桥,由于年久失修且存在一定损伤,需进行既有线换梁改造。线路位于直线上,I、II、III股道平坡,IV股道9‰坡度,均为50 kg/m钢轨。4个股道的既有桥结构

形式相同,均为上承式铆钉钢板梁,明桥面、木枕。每孔梁分别编号为I、II、III、IV,线间距分别为5.0 m、5.13 m、11.15 m。具体平面布置,如图1所示。

桥下既有公路道路为中央大道,与铁路垂直交叉,净宽11 m,与铁路交叉处限高3.5 m,为厂区内主干道。既有道路沥青路面,四周地面较高,为下挖道路。

收稿日期:2018-04-04

作者简介:王明明(1986-),男,工程师。

引文格式:王明明. 正交异性桥面板钢箱梁在既有线改造中的应用[J]. 高速铁路技术,2019,10(4):48-51.

WANG Mingming. Application of Orthotropic Bridge Deck Steel Box Girder in Existing Railway Reconstruction [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(4): 48-51.

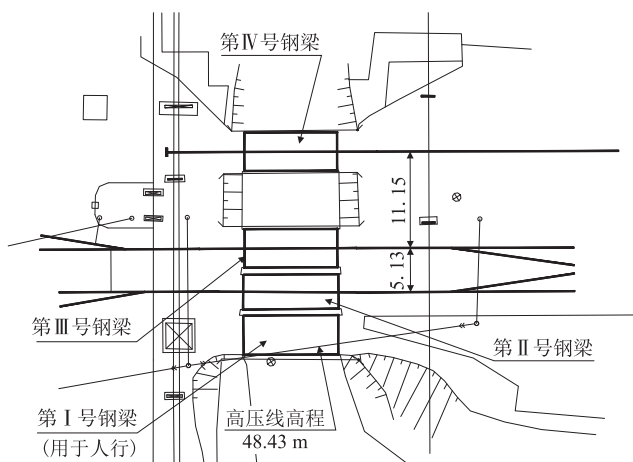


图1 既有桥平面示意图(m)

2 正交异性桥面板钢箱梁的特点

随着桥梁设计及建造技术的发展,正交异性桥面板钢箱梁在公铁大跨度桥梁中的应用逐步增多。它是在相互垂直的纵横向隔板和加劲肋上设置钢桥面板,并与钢箱梁本身共同承受各种荷载的桥梁结构形式,但在以往的桥梁结构设计中,正交异性桥面板在小跨度桥梁中的应用并不多见。本文研究了一种正交异性桥面板和小跨度简支钢箱梁相结合,在桥面板上铺设木枕的桥梁结构形式^[1]。其构造示意如图2所示,其结构特点如下:

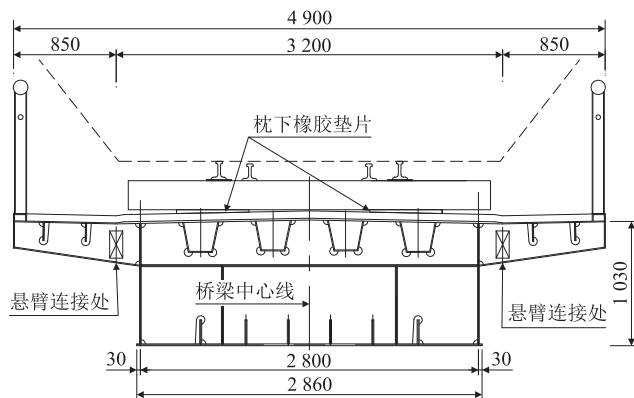


图2 正交异性桥面板简支钢箱梁构造示意图(mm)

(1)与预应力混凝土梁相比,结构高度低,自重轻。以12 m跨度为例,预应力混凝土T梁的标准梁高为1.3 m,本设计中正交异性桥面板简支钢箱梁为1.03 m,结构高度可降低约27 cm。而钢箱梁在自重上与预应力混凝土梁相比则具有绝对的优势^[2]。

(2)与既有明桥面钢板梁相比,结构横向刚度大,稳定性好^[3-4]。

随着既有提速及改造的开展,既有下承式明桥面钢板梁桥出现的横向振幅过大问题已经非常严重。与

既有的明桥面钢板梁相比,正交异性桥面板钢箱梁采用闭口截面形式,其横向刚度及扭转刚度方面明显要优于传统的明桥面钢板梁,提高了桥梁的结构稳定性和安全性。

(3)既有桥换梁施工进度快,施工干扰影响小。

本处桥梁工点为保证桥下净空需要采用正交异性桥面板钢箱梁替代既有的钢板梁结构。既有线施工作业,现场施工速度和施工干扰影响程度成为设计方案能否成立的关键所在^[5]。预应力钢筋混凝土槽型梁方案由于自重大需改造和加固桥台,同时需要现场搭设支架等原因,对桥下公路和既有铁路运营干扰大而舍弃。钢箱梁设计采用厂内预制、现场拼装后吊装架设的施工方法,施工对公铁运营干扰小,换梁时间短,可以在既有运营天窗时间内完成换梁施工。

3 正交异性桥面板钢箱梁结构构造

为减少后期养护维修,本桥主体结构采用Q420qENH耐候性能钢材,箱梁主体结构高度为1.03 m,满足桥下公路净空要求。

3.1 主梁

钢梁全长13.5 m,支点距13 m。箱梁腹板处梁高1.03 m,腹板高1.0 m,横隔板之间设腹板竖向加劲肋;箱梁底宽2.86 m,下翼缘板设置纵向通长加劲肋。主梁分为主体箱梁和两侧悬臂结构3个部分,主梁梁宽3.2 m,两侧悬臂结构各0.85 m,钢箱梁全宽4.9 m。

3.2 横隔板

为保证箱梁的整体稳定性,全桥设置7道横隔板,分别为2道支点横隔板,5处中间横隔板,中间横隔板设进人洞,横隔板间距2.0~2.5 m不等,横隔板厚度按14 mm设计,横隔板设纵横向加劲肋。

3.3 桥面板

桥面板采用16 mm厚钢板,两侧悬臂板桥面板采用8 mm厚钢板,桥面板上防水层和保护层;中间桥面板下设4道U形闭口纵肋,加劲肋高250 mm,用8 mm厚的钢板冷弯成形。

3.4 箱梁牛腿

由于既有桥梁每1孔的梁高均相同,从钢箱梁设计、加工制造、现场施工方便性等方面综合考虑,将钢箱梁设计为统一的梁高,通过设置梁底牛腿以适应既有桥梁高度。

4 结构分析与计算

4.1 整体计算

整体计算采用MIDAS/Civil 2010建立全桥板单

元有限元模型,如图3所示。桥面板、U肋及加劲肋等构件均按实际输入模型进行计算。

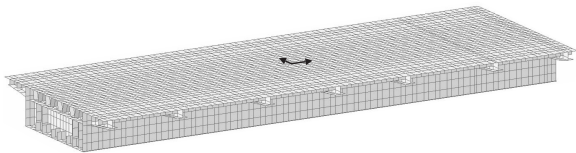


图3 正交异性桥面板钢箱梁整体板单元有限元模型

计算采用二期恒载 16.1 kN/m,活载采用中-活载。其主要计算结果为:

(1)刚度指标

①梁体的竖向静活载挠度 10.6 mm,挠跨比 1/1 226。

②梁体的横向位移 0.38 mm,挠跨比 1/34 210。

③梁端竖向转角位 2.32×10^{-3} rad。

(2)应力及疲劳计算

①下翼缘板

主梁跨中下翼缘板最大应力 $\sigma = 100.2 \text{ MPa} < [\sigma] = 240 \text{ MPa}$ 。

下翼缘板疲劳应力幅 $(\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) = 73.4 \text{ MPa} < [\sigma] = 110.3 \text{ MPa}$ 。

②桥面板

主梁跨中下翼缘板最大应力 $\sigma = 65.7 \text{ MPa} < [\sigma] = 240 \text{ MPa}$;

下翼缘板疲劳应力幅 $(\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) = 49.5 \text{ MPa} < [\sigma] = 110.3 \text{ MPa}$ 。

各项指标均满足设计要求。

4.2 钢桥面板

正交异性钢桥面板在桥梁结构中既是纵横梁的上翼缘盖板结构,又兼顾把桥面荷载传递到梁部主体,参与主梁的整体受力。正交异性钢桥面板的受力分析一般按照三个基本体系叠加求得^[6-7]。

(1)由顶板和纵肋组成的桥面板作为是主梁的一部分,与主梁共同承受荷载,为第一基本体系,也称为主梁体系。

(2)由纵肋、横肋和顶板组成的结构系起到了桥面系结构的作用,主要承受桥面荷载,为第二基本体系,也称为桥面体系。

(3)设置在纵横肋上的顶板看成是各向同性的连续板直接承受局部荷载作用,为第三基本体系,也称为盖板体系。

由于本桥桥面布置的特殊性^[8]:即在正交异性桥面板上直接设置木枕,并通过设计的固定装置限制木枕的活动。由于桥面具有一定的横坡,木枕与桥面之

间需设置橡胶垫片过渡连接,通过橡胶垫片将列车活载传递到桥面板上,如图4所示。

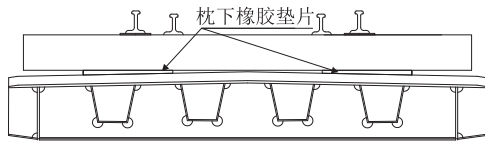


图4 木枕与钢桥面板连接示意图

列车轮载通过钢轨将荷载传递到枕木上,由于钢轨为具有一定刚度和连续性的构件,车轮的荷载在枕木的分配具有一定的不确定性。本文研究了不同轮载分布对于桥面板受力的影响,主要按照三种活载加载模式进行计算。

活载模式(1):列车集中荷载范围内枕木均匀分担;

活载模式(2):列车集中荷载由两个枕木共同分担;

活载模式(3):列车集中荷载仅有一个枕木分担。

上述三种受力模式对桥面板进行受力分析,并与桥面板第一体系应力进行比较,其分析对比结果,如表1所示。

表1 正交异性钢桥面板应力计算结果对比表

荷载模式	桥面板应力 /MPa	荷载工况
桥面板第一体系应力:整体受力模型加载	65.7	恒+活
模式(1):列车集中荷载范围的枕木均匀分担	69.0	恒+活
模式(2):列车集中荷载由两个枕木共同分担	96.6	恒+活
模式(3):列车集中荷载由一个枕木独立分担	126.3	恒+活

从表1可以看出,加载模式(1)的钢桥面板应力和整体计算的钢桥面板应力比较接近,且比整体计算数值略大。加载模式(2)和(3)工况钢桥面板应力比整体计算中钢桥面板应力分别大了 47.0% 和 92.2%,说明本桥钢桥面板第二、三应力体系占有较大比重。因此,承受局部荷载的正交异性钢桥面板的第二、三应力体系在设计过程中是不可忽视的。钢桥面板应力满足设计要求。

5 施工方法

5.1 钢梁节段预制及拼装

本桥钢梁纵向不分节段,横向分为主体箱梁和两侧悬臂3部分,通过焊接及栓接相结合方式连接。

5.1.1 焊接要求

(1)为保证焊缝的抗疲劳性能,等厚或不等厚板的对接焊缝应顺应力方向打磨匀顺,受拉构件垂直于应力方向的角焊缝以及受拉角焊缝,均应顺应力方向打磨匀顺。

(2) 施焊方法

①自动焊:主梁腹板与上、下翼板之间的角焊缝;横梁、纵梁腹板与下翼板之间的角焊缝,横梁、纵梁腹板与桥面板之间的角焊缝。

②半自动焊:主梁腹板上竖向加劲肋和水平加劲肋的角焊缝,纵肋与桥面板的焊缝。

③手工焊:不能用自动焊和半自动焊的焊缝。

5.1.2 钢梁预拼装

钢梁分段在工厂加工完成后,在工厂内完成预拼装。满足精度要求后,再分节段运至工地后进行拼装,各部分的工地连接方式如下:

(1) 两侧悬臂结构上下缘采用焊接连接,腹板采用高强螺栓连接。

通过现场设计的固定装置,分别将主体箱梁和两侧悬臂板固定、对齐,先对上下缘进行焊接,然后对腹板处的连接采用高强螺栓进行拧紧固定。

(2) 箱梁整体拼装完成后,通过预留在钢箱梁下翼缘的螺栓孔,将牛腿和箱梁采用高强螺栓连接。

5.2 钢梁架设施工顺序及施工工艺

钢梁现场施工顺序及施工工艺为:

(1) 钢梁在工厂加工焊接、预留件焊接、初始涂装,运至工地完成现场拼装,二次涂装。

(2) 将既有钢梁拆除,然后将既有垫石清除,将清除面凿毛后清洗干净,通过砂浆找平后,直接将支座放置在既有桥台顶帽上,并固定支座;同时钢梁整孔预吊装,并做好吊装准备。

(3) 采用汽车吊利用预留在钢梁桥面上的吊耳对钢梁整孔吊装就位。

(4) 桥面板防水层和保护层施工。钢桥柔性保护层施工工艺流程如下:

钢桥面板除锈→钢桥面板顶面喷洒环氧富锌漆防腐层→喷洒环氧沥青粘结下层→3 cm 环氧沥青混合料保护层→喷洒环氧沥青粘结上层→3 cm 环氧沥青混合料保护层。

(5) 木枕与桥面连接。本桥枕木和轨道的连接采用Z形钢构造进行连接,Z形限位钢板预先焊接在钢桥面板上,与钢盖板用螺栓连接,限位钢板与木枕侧面采用橡胶片塞实,同时应保证钢盖板与枕木之间挤压密实。为限制木枕在桥面上移动,木枕在钢盖板处刻槽,以保证木枕在桥面上的稳定性。

(6) 轨道恢复,轨道复测及调整。

(7) 安装人行道栏杆和电缆槽、排水管等附属设施。

(8) 完成涂装修补。

6 结束语

本文研究了采用正交异性桥面板钢箱梁替代既有钢板梁结构的应用,将小跨度正交异性钢桥面板简支梁用于既有铁路桥梁的换梁改造中,解决了实际工程中的诸多问题。同时研究了小跨度正交异性钢桥面板的受力性能,认为承受局部荷载的正交异性钢桥面板应力中的第二、三应力体系占有较大比重,在设计过程中是不可忽视。

参考文献:

- [1] TB 10002.2-2005 铁路桥梁钢结构设计规范[S]. TB 10002.2-2005 Code for Design on Steel Structure of Railway Bridge [S].
- [2] TB 10002.1-2005 铁路桥梁涵设计基本规范[S]. TB 10002.1-2005 Fundamental Code for Design on Railway Bridge and Culvert [S].
- [3] 吴冲. 现代钢桥[M]. 北京:人民交通出版社,2006. WU Chong. Modern Steel Bridge [M]. Beijing: China Communications Press, 2006.
- [4] 童乐为,沈祖炎. 正交异性钢桥面板疲劳验算[J]. 土木工程学报, 2000, 33(3): 16-21. TONG Lewei, SHEN Zuyan. Fatigue Assessment of Orthotropic Steel Bridge Decks [J]. China Civil Engineering Journal, 2000, 33(3): 16-21.
- [5] 李艳. 正交异性桥面钢板梁在铁路电气化改造中的应用[J]. 铁道工程学报, 2010, 27(12): 73-76. LI Yan. Application of Orthotropic Deck through Steel Plate Girder in Electrified Upgrading of Existing Railways [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(12): 73-76.
- [6] 徐伟,张肖宁. 正交异性桥面桥面结构数值模拟优化分析[J]. 铁道工程学报, 2006, 31(3): 59-62. XU Wei, ZHANG Xiaoning. Numerical Simulation and Optimization Analysis of the Structure of Steel Orthotropic Bridge Deck [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2006, 31(3): 59-62.
- [7] 刘桂红,易伦雄. 采用正交异性钢桥面板的铁路钢桁梁设计[J]. 桥梁建设, 2007, 37(S2): 8-10. LIU Guihong, YI Lunxiong. Design of Railway Steel Truss Girder Used with Steel Orthotropic Deck Plate [J]. Bridge construction, 2007, 37(S2): 8-10.
- [8] 江万红,姚力,庞玲. 明桥面钢桁梁桥上无缝线路空间有限元分析方法[J]. 高速铁路技术, 2012, 3(6): 5-9. JIANG Wanhong, YAO Li, PANG Ling. Method of Space Finite Element Analysis on the Continuously-welded Rail on Steel Truss Bridge with Open Deck [J]. High Speed Railway Technology, 2012, 3(6): 5-9.

(编辑:赵立红 张红英)