

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.07.018

G109 线跨高速公路桥的设计与技术研究

吴延辉, 刘 涛

(兰州市城市建设设计院, 甘肃 兰州 730050)

摘要:以 G109 线改扩建工程中跨高速公路桥为工程实例,对新型管翼缘组合梁桥的受力及关键技术进行分析。归纳出新型管翼缘组合梁桥若干设计特点,开拓此类桥梁的设计思路,为管翼缘组合梁桥设计提供了研究参考。

关键词:高架桥;新型管翼缘组合梁;耐候钢

中图分类号: U448.28

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0068-03

0 引言

近年来公路交通行业大力推广应用钢结构桥梁,一些新的钢结构体系不断出现。这些钢结构桥梁既可消化地方钢铁产能,促进钢铁行业转型升级,又能提升桥梁建造竞争力。

本文基于 G109 线改扩建工程中跨高速桥工程实例,对新型管翼缘组合桥结构体系的受力及关键技术点进行分析,为此类工程提供研究参考。

1 工程概况

G109 线改扩建工程(忠和傅家窑立交至八里湾段)位于兰州市城关区和皋兰县忠和镇。道路基本沿既有 G109 线布置。北侧起点位于皋兰县忠和镇兰秦快速路傅家窑立交主桥北侧约 300 m 处,终点至兰州市城关区八里湾北环路大砂沟立交相接,基本沿原 G109 线向南延伸^[1]。路线全长 11.09 km,高架桥长度 9.658 km,高架桥主要控制点为道路桩号 K9+976.5 处连霍高速上跨现有 G109 线 1-30 m 桥梁。本次设计管翼缘组合梁桥为高架桥的节点工程,与地面国道及上跨国道的高速路桥形成三层立交形式,见图 1、图 2。

2 管翼缘组合梁桥结构设计

高架在上跨高速处采用三跨 51 m+61 m+51 m 管翼缘组合梁桥,桥长 103 m,道路中心线与连霍高速中线斜交角度 63°。上部结构由混凝土桥面板、主

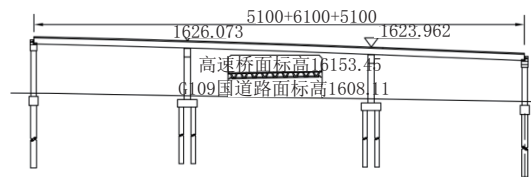


图 1 桥梁立面布置图(单位:cm)

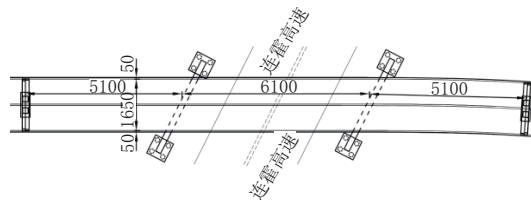


图 2 桥梁平面布置图(单位:cm)

梁和横梁组成,除主梁下翼板采用 Q500qENH 钢材外,其它钢结构全部采用 Q345qENH 钢材^[2]。主桥由六片焊接方管翼缘组合梁作为主梁,方管内填 C50 自密实微膨胀混凝土,见图 3;桥墩采用箱形钢结构门式框架墩,其中高架桥过渡墩盖梁跨径 30 m,连霍高速路桥两侧的主墩盖梁跨径 30 m^[3],主墩盖梁中心线与线路中心线斜交角为 63°。

3 MIDAS 分析模型

采用 MIDAS/Civil 构建本桥上部结构有限元模型,上部结构中采用梁格法建模,见图 4。主梁和混凝土板均离散为梁单元,管翼缘工字钢梁和管内混凝土为组合截面,顶板混凝土根据规范计算得到有效计算宽度为 3 m,同时,设置混凝土板虚拟横梁,虚拟横梁纵向间距为 2.5 m^[1]。

边界条件设置为混凝土板与管翼缘组合梁之间刚性连接,支座采用弹性连接模拟。

图 5 中主梁在不同施工阶段不同荷载组合下,上

收稿日期: 2022-01-07

作者简介: 吴延辉(1976—),男,本科,高级工程师,从事路桥设计工作。

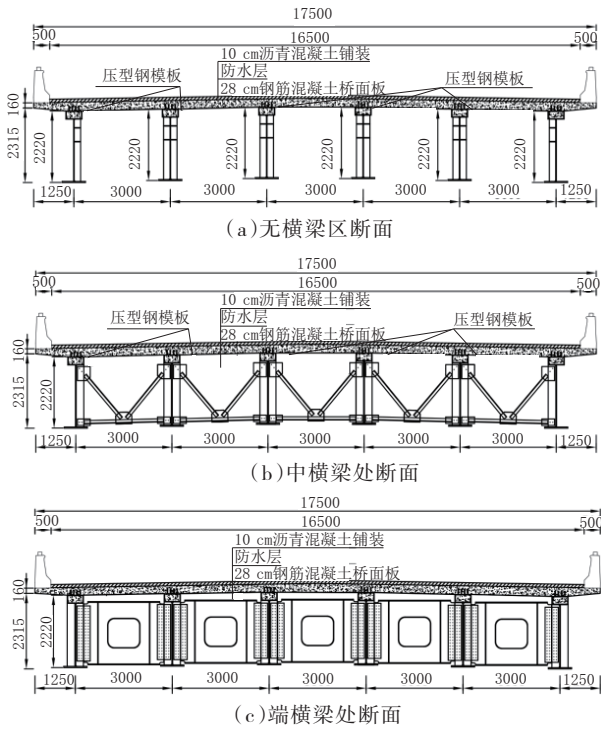


图3 主梁标准横断面(单位:cm)

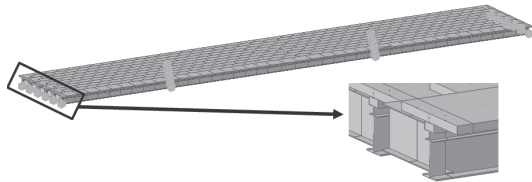


图4 上部结构有限元模型

翼缘最大压应力为 148 MPa,小于 Q345 钢材 275 MPa 的强度设计值;下翼缘最大拉应力为 251 MPa,小于 Q500 钢材 360 MPa 的强度设计值,因此,主梁翼缘的强度符合要求。

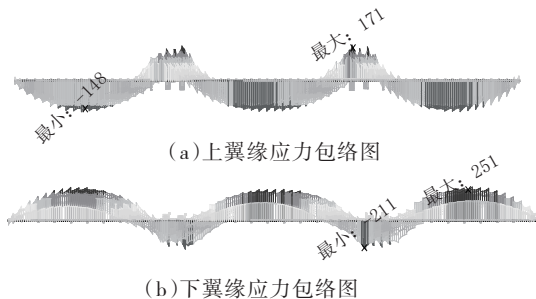


图5 承载能力极限组合作用下主梁翼缘应力包络图(单位:MPa)

图6中主梁在不同施工阶段和荷载工况作用下,最大剪应力为 43.1 MPa,小于 Q345 钢材抗剪强度设计值 155 MPa,主梁腹板的抗剪强度符合要求。



图6 荷载工况二(承载能力极限组合)主梁腹板剪应力包络图(单位:MPa)

不计汽车冲击的汽车车道荷载挠度计算值需不超过 $L/500$ (L 为计算跨径)。图7中在活载作用下,中跨最大竖向挠度为 33 mm,小于 $L/500=122$ mm,因此,主梁的挠度符合规范要求。



图7 汽车荷载作用下主梁变形(单位:mm)

4 关键技术与创新

4.1 新型管翼缘组合梁结构

管翼缘组合梁是一种新型的钢混组合梁结构形式,以钢管混凝土的形式代替传统的工字钢上翼缘板。

新建 G109 线高架与地面国道及上跨国道的高速路桥形成三层立交形式,由于 G109 线高架与连霍高速主线斜交角为 63° ,其桥头路基锥坡向道路两侧延伸较宽。为保证高速路基安全,避免扰动高速桥桥头锥坡,并针对上跨高速施工窗口期短的要求,最终确定使用施工便捷的三跨 $51\text{ m}+61\text{ m}+51\text{ m}$ 大跨径装配式连续管翼缘组合梁结构。该结构的钢管混凝土套箍效应能显著提升混凝土强度,从而提高构件承载力,管内混凝土的存在又可以延缓或避免钢管发生局部屈曲,见图 8^[1]。钢管顶部设置栓钉剪力连接件,钢管间敷设压型钢板并浇筑桥面混凝土。整桥通过钢材与混凝土的良好结合使之共同受力,从而降低了钢梁的腹板高度,提升了组合梁抗扭性能的同时也解决了大跨径钢结构设计中构件稳定性不足的问题。

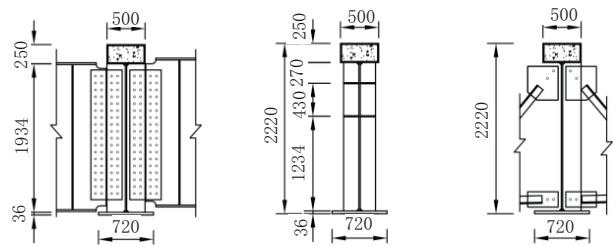


图8 管翼缘组合梁截面(单位:cm)

桥梁上部结构采用装配式施工,大大降低了跨高速桥梁的施工风险和施工难度,缩短了施工工期。同时管翼缘组合梁结构提升了桥梁刚度和承载力,为工程节约钢材使用量,在本工程中产生了良好的经济效益。

4.2 高强钢材的应用

高强钢材具有足够的韧性和较高的强度,其焊接性、成形性良好。其在工程中的有效利用可以节省

大量钢材,减少非再生资源的消耗,减少资源开采带来的环境破坏。“十四五”发展规划中明确对我国钢铁产品结构进一步优化,碳达峰、碳中和任务更加紧迫。大力推广应用高强度钢材必将成为桥梁用钢的大趋势。本桥上管翼缘组合梁由混凝土板、钢管混凝土上翼缘、钢腹板、加劲肋及钢下翼缘板组成,其钢结构部分均采用高强钢材组合梁,下翼缘板采用Q500qENH钢材,其它全部采用Q345qENH钢材。管翼缘组合梁受力时跨中截面拉应力自上而下逐渐增大,压应变逐渐减小。组合梁截面中性轴靠近梁上部,受荷载作用下翼缘受拉区应力增长速度大于上翼缘受压区增长速度。针对以上问题,我们在梁体下缘采用了抗拉强度高的Q500qENH钢材,同时根据连续梁腹板及顶底缘受力特点,在主梁跨径1/8前后设置下翼缘板、腹板厚度变化段,对桥梁截面进一步优化。优化后上部结构不但减少了下翼缘板用钢量,而且提高了组合梁整体承载能力,为本工程取得良好的经济效益。

4.3 免涂装材料的应用

耐候钢是介于普通钢和不锈钢之间的低合金钢。经过一段时间的大气锈蚀在钢材表面会形成致密的非晶态锈层组织层,该致密组织与钢结构母材牢固结合,阻止氧气和水的进一步腐蚀。在使用时,可以裸用或进行稳定化处理。本次设计桥梁使用的耐候钢管翼缘组合梁结构均采用不积水、通风效果

好的开口截面构件,有利于稳定锈层的形成。

项目采用免涂装耐候钢后可取得较好的经济效益和环保效益。采用传统钢材全桥钢结构涂装费用 $1\ 124\ t \times 1\ 200\ \text{元}/t=135\ \text{万元}$,全寿命期至少需要5次涂装维护工作,费用合计为675万元,采用免涂装耐候钢在本桥全寿命周期中节约费用可达到建安费的30%左右。工程采用耐候钢自维护方式对环境相对友好,避免了桥梁设计使用周期内反复涂装产生的环境污染。

5 结语

装配式桥梁、绿色桥梁已成为现代桥梁的发展趋势,文中G109上跨高速桥针对高速路路基宽、上跨高速施工窗口期短的情况,采用了装配式连续管翼缘组合梁结构。其吊装简便、施工窗口短,顺利解决了工程难点。采用管翼缘结构在同类结构中跨径领先,用钢量较同跨径桥梁少,其采用的免涂装耐候钢符合绿色发展理念,有效提升了桥梁的建设品质。

参考文献:

- [1] 魏朋,马国纲.国道109线(忠和傅家窑立交-八里湾)改扩建工程设计研究[C]//2016城市道桥与防洪第十届全国技术论坛论文集,2016.
- [2] 赵波.小半径“V”形深沟桥跨结构方案研究[J].工程技术研究,2021,6(3):219-221.
- [3] 曾在平,王秀丽,李世荣,等.钢管混凝土翼缘组合梁振动特性[J].土木工程与管理学报,2020,37(2):59-63.

(上接第43页)

参考文献:

- [1] 雍金兵,吴跃东,张彦朋,等.某高速公路桥头路段不同软基处理加固效果分析[J].岩土工程学报,2010,32(S2):430-434.
- [2] 徐平原.塑料套管桩在高速公路软基处理中的应用[J].城市道桥与

防洪,2008(10):129-131,21.

- [3] 刘毅学,伍学明.软土地基高速公路项目设计中应注意的几个问题[J].交通科技,2009(1):50-52.
- [4] 陈天愿.高压旋喷桩处理边坡稳定性的有限元分析[D].广西南宁:广西大学,2012.