

下承式钢箱系杆拱桥主梁局部受力分析

许佳波¹ 王宗林¹ 许佳伟^{2*}

(哈尔滨工业大学桥梁工程系¹,哈尔滨 150090;博思格建筑钢结构(广州)有限公司²,广州 510530)

摘要 对于下承式钢箱系杆拱桥来说,主梁是结构设计的关键部位。其受力性能对全桥的承载能力至关重要。因此有必要建立局部分析模型进行细部应力分析,得到主梁结构的局部应力分布特征及其传力特性,对该主梁的构造做出综合评价。

关键词 系杆拱桥 钢箱 主梁 应力分析

中图法分类号 U448.213; **文献标志码** A

本文所述设计下承式钢箱系杆拱桥为铁路客运专线上的一座四线铁路桥。中间双线为高速正线,两边为联络线,线间距依次为 6.5 m、5.0 m、6.5 m。设计荷载为 Z_k 荷载。设计速度:高速正线 350 km/h,初期运营速度 300 km/h,联络线 160 km/h。正线采用Ⅱ型板式无碴轨道,联络线采用Ⅰ型板式无碴轨道。桥梁位于半径 12 000 m 缓和曲线上,桥位处纵坡为 13.5‰。该桥支座中心至梁端距离为 1.0 m。桥面总宽 25.7 m,拱肋中心距采用 11.68 m。矢高 19.2 m,矢跨比 1:5,拱轴线为二次抛物线。桥梁总体布置(见图 1)^[1]。

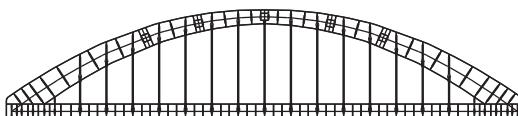


图 1 桥梁总体布置图

对于下承式钢箱梁系杆拱来说,主梁是结构设计的关键部位。主梁除承受外界荷载产生的轴力和弯矩外,还收到吊杆的拉力作用。在横桥向梁的弯矩和剪力也较大。本文着重介绍主梁的局部分析。

2010 年 12 月 14 日收到,12 月 22 日修改

*通信作者简介:许佳波(1986—),男,黑龙江海林人,硕士研究生,研究方向:大跨径桥梁的设计理论及施工控制。E-mail:xujiabo1986@126.com。

1 钢箱主梁构造

该拱桥主梁采用等截面钢箱梁,采用 Q370qE 型钢材为便于拱肋和钢箱梁的连接,整梁采用单箱九室的钢箱截面,桥面总宽 25.7 m,钢箱截面高 3.0 m,顶底板厚 16 mm,拱脚处局部纵向 11.5 m 范围内顶、底板加厚至 32 mm。除端部局部加强外,其余每隔 5.0 m 设一道横隔板,两道横隔板之间再设两道横肋。顶板每隔 0.3 m 设置一道 U 型加劲肋,底板每隔 0.6 m 设一道加劲肋,腹板和横隔板都分别设有加劲肋。主梁截面见图 2。

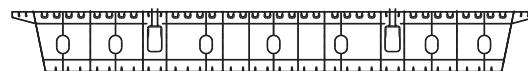


图 2 桥梁主梁断面图

2 钢箱主梁局部分析

钢箱主梁局部模型采用大型通用软件 Ansys 进行建模分析。先用 Midas 建立整体模型(见图 3),根据整体模型得到所选局部主梁段的受力情况。局部模型全部采用板单元,包括顶板、底板、腹板、横隔板、加劲肋和混凝土板。局部分析模型选取的范围:为了准确分析主梁局部的受力状态,模型选取的范围必须满足圣维南原理的要求,应将局部模

型选取的足够大,以便在边界处等效的荷载代替实际荷载后不至于影响到所关注区域的受力状态^[2]。

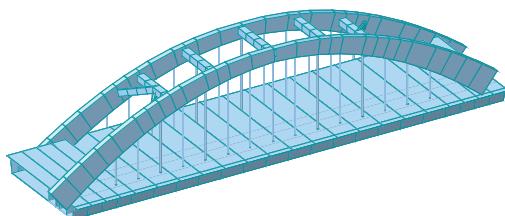


图3 全桥整体模型图

主梁局部模型所受荷载包括:边界荷载、结构自重和桥面荷载以及吊杆拉力。边界荷载可根据全桥分析结果得到,然后按静力等效原则,施加于主梁的各边界处;结构自重和桥面荷载按照实际进行施加^[3]。约束施加6根吊索锚固区的承压板单元节点上,约束竖向、横向位移和绕竖轴、纵轴的转动,即 D_x, D_y, R_y, R_z 方向施加约束。该局部模型(见图4),吊索锚点构造(见图5)。

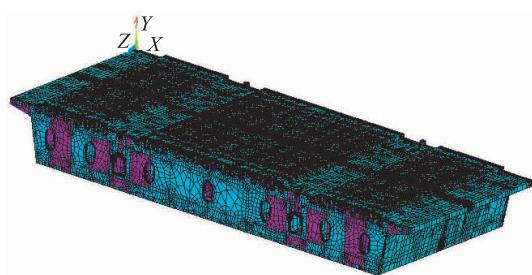


图4 主梁局部模型图

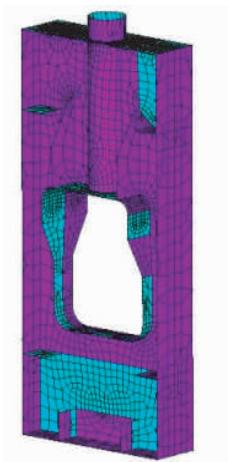


图5 吊索锚点构造图

3 有限元分析结果

在恒载+ Z_k 荷载作用下,主梁顶板、底板、腹板等各部件最大 Von Mises 应力(见图6至图10)。

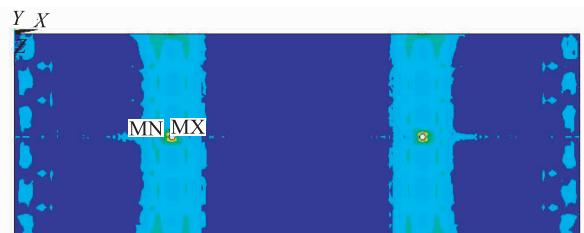


图6 顶板 mises 应力云图

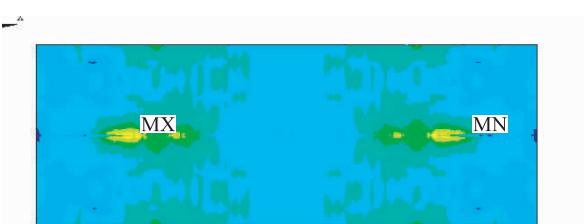


图7 底板 mises 应力云图

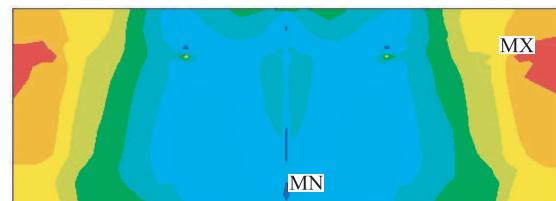


图8 腹板 mises 应力云图

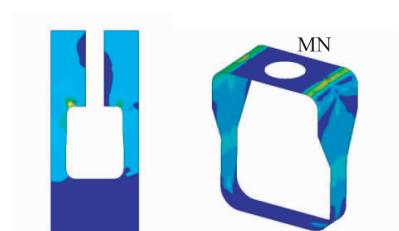


图9 吊索处横隔板、承压板 mises 应力云图

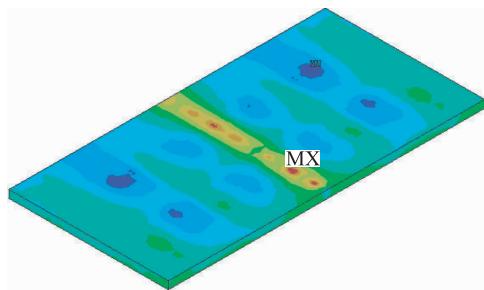


图 10 桥面混凝土板 mises 应力云图

从以上图表分析,在恒载 + Z_K 荷载作用下箱梁各板件主要受拉,箱梁各构件的有效应力大部分都在 70 MPa 以下,应力水平不高,与规范容许应力 210 MPa 相比,有一定的安全储备。最大有效应力 208.5 MPa, 出现在吊杆承压板与吊杆相连接处。吊索锚固处有应力集中,且靠近约束位置应力较大,但未超过 370 MPa,且区域小,应力扩散快。

吊索处承压板和横隔板局部应力也较大,出现应力集中现象,部分应力超过 200 MPa,不过应力扩散较快,吊索处承压板和横隔板整体大部分应力较小,在 80 MPa 以下。

箱梁顶板因为与加劲肋、横隔板连接,受力较复杂,但整体应力水平很低,有效应力值主要在 30 MPa 以下。最大有效应力值为 76.8 MPa, 在吊索附近有应力集中现象。

底板整体应力较大一般在 20—40 MPa 之间,最大有效应力 68.9 MPa, 出现在箱梁中部底板与腹板,底板与加劲板相连接区域。

腹板应力分布均匀,应力水平相当,分布相似。腹板大部分区域有效应力值在 30 MPa 以下,应力水平较低。最大有效应力出现在腹板与底板连接处,应力值为 41.9 MPa。

加劲肋板大部分应力都较小,主要在 50 MPa 以下,最大有效应力出现在底板加劲板与底板相连接处,应力值为 115.2 MPa,部分腹板加劲板与腹板相连处应力也较大,最大有效应力为 76.4 MPa。主梁顶板、底板、腹板等各部件的应力结果见表 1。

表 1 恒载 + Z_K 荷载下各部件应力计算结果汇总

构件名称	最大拉应力/MPa	最大压应力/MPa	最大 Von Mises 应力/MPa	最大 Von Mises 应力出现位置
顶板	68.6	-33.1	76.8	与吊杆相交处
底板	30.5	-35.9	68.9	与横隔板相交处
腹板	30.7	-20.7	41.9	腹板下缘与底板相交处
吊索处横隔板	164.7	-185.5	208.5	与承压板相接处
吊杆处承压板	53.7	-90.23	91.3	承压板拐角处
桥面板	1.8	-1.8	2.1	横桥向中心处

4 结语

通过建立拱桥主梁有限元模型,对其进行局部应力分析,整体上看,各构件的应力水平不高,大部分在 30—60 MPa 之间。在吊索锚固区域内应力较大,出现应力集中现象,部分应力超过 200 MPa,可将该区域内钢板适当加厚,并增加适当的加劲肋。顶板、底板受力均匀,加劲肋配置合理。

下承式钢箱系杆拱桥刚度大,抗偏载能力强,结构整体力学性好,结构安全储备大,能够较好地满足高速铁路桥梁的功能需要。该有限元分析结果可为我国高速铁路下承式钢箱系杆拱桥的设计提供参考。

参 考 文 献

- 田万俊. 拉萨河特大桥拱脚设计及局部应力分析. 桥梁建设, 2005;34(5):20—22
- 叶梅新, 李一可. 下承式钢箱系杆拱桥拱脚局部受力分析. 西部探矿工程, 2007;18(7):165—169
- 欧阳辉来, 张万华. 新开河大桥拱脚设计及局部应力分析. 世界桥梁, 2009;36(3):33—35

(下转第 1627 页)

- 3 杨 明,谢 辉. 基于循环经济的城市的客运交通结构优化模型. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2006;12:23—37
2007;7:117—130
- 4 程 斌. 大城市客运交通结构优化模型研究. 公路交通科技, 陆化普,王建伟,张 鹏. 基于能源消耗的城市交通结构优化. 清华大学学报(自然科学版), 2004;3:383—386

Study on the Optimized Model of Transportation Structure Based on Low Carbon Mode

JIAN Xiao-ying, HE Min

(Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, P. R. China)

[Abstract] Developing a sustainable urban transport system should consider maximizing the system efficiency and minimizing resource consumption and environmental pollution. A mathematical model for optimizing transportation structure based on travel mobility and accessibility is proposed, as well as considering environmental constraints and urban land use patterns.

[Key words] traffic engineering low carbon transportation structure accessibility mobility

(上接第 1622 页)

Stress Analysis of Girder of through Steel-box Tie-bar Arch-bridge

XU Jia-bo¹, WANG Zong-lin¹, XU Jia-wei^{2*}

(Department of Bridge Engineering, Harbin Institute of Technology¹, Harbin 150090, P. R. China;
Bluescope Buildings(Guangzhou) Limited², Guangzhou 510530, P. R. China)

[Abstract] The steel-box girder of the tie-bar arch-bridge is the key part in the structural design. Its mechanical performance is important for bearing capacity of the bridge. So it's necessary to carry out the detailed stress analysis. And the rationality and the reliability of the structure is appraised.

[Key words] tie-bar arch-bridge steel-box girder stress analysis