第23卷 第4期 石家庄铁道大学学报(自然科学版)

Vol 23 No 4

2010年 12月 JOURNAL OF SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY (NATURAL SCIENCE) Dec. 2010

闭口肋正交异性钢桥面板应力分析

林茂盛、顾萍、周聪

(同济大学桥梁工程系,上海 200092)

摘要: 正交异性钢桥面板在车辆荷载作用下将产生极大的面外弯矩,由于桥面板与纵肋的 相对厚度较小,这种面外弯矩将导致较高的弯曲应力进而使构件产生裂纹。用大型有限元分析 软件 ANSYS 对正交异性钢桥面板在板-肋连接处的应力状况进行了数值计算。计算结果表明桥 面板应力一般大于纵肋应力,可在横截面加设内横隔板以改善结构受力,同时帽孔尺寸不宜过 大,设为 25 mm较为合适。

关键词:正交异性钢桥面板;裂纹;有限元模型;内横隔板;帽孔

中图分类号: U448 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2010)04-0032-05

0 概述

正交异性钢桥面板由于其质轻、高强等特点, 广泛地应用于各种桥梁中。当车辆在正交异性板上移动时, 仅在荷载作用处的桥面板及其附近应力值较大, 远离荷载附近的桥面板应力值很小, 这个范围远小于车辆的轴距, 分析计算可仅用一个车辆轴重^[1]。

我国近年来兴建的正交异性钢桥面桥梁由于交通量大、超载严重,少数桥梁的钢桥面板出现了疲劳 损伤现象。闭口肋正交异性钢桥面体系有 3个区域存在较高的开裂风险,即:肋 面板连接区域;肋 横梁 连接区域;肋 肋对接焊缝区域^[3]。在有限元模拟的基础上,着重探讨了肋、横梁和面板连接区域的受力情 况,提出适合的横梁形式,并对横梁腹板上的帽孔尺寸进行了探讨。

1 有限元模型

1.1 计算模型

由于只有车轮荷载作用在计算点附近的 1~2个横梁范围内时,对相应构造细节的应力有较大影响, 同时考虑到边界条件的影响,设计计算模型为 24 m × 4的四跨连续梁 (图 1)^[2],桥面横向宽度 2 56 m,布 置四根尺寸为 U 320 × 250 × 8 mm 的梯形纵肋,桥面板、横肋腹板厚分别为 12 mm、10 mm。

用大型有限元分析软件 AN SY S进行理论分析 (图 2),由于各构件均为薄板,在整个分析过程中假定 均处弹性阶段,使用 shell63单元模拟,单元大小 20 mm × 20 mm,共建立 851 122个单元。

为模拟正交异性钢桥面板的真实情况, 施加约束限制桥面板两条纵向侧边的 Z 向位移, 并在每条横梁两端加以 Y, Z 向位移约束及 X, Z 轴转动约束, 同时限制首尾横梁的 X 向位移与绕 Y, Z 轴的转动。



图 1 结构立面图 (单位: cm)

1.2 荷载

收稿日期: 2010-09-25

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 2 结构模型及横截面示意图

加载轴重采用 100 kN 的集中力,将其转化为相应 的均布荷载后作用在 200 mm × 500 mm 区域内。考虑 到桥面铺装和磨耗层的影响,并假设荷载以 45°扩散到 桥面板,车轮荷载作用范围修正为 340 mm × 640 mm。

计算分为三个工况 (图 3): 工况 1, 轮载中心位于 纵肋槽口中心; 工况 2,轮载中心位于两道纵肋中心; 工 况 3,轮载中心位于纵肋与面板连接处中心。(纵向加 载位置下文中具体说明)。



2 计算分析

分析点选取第三根横梁 (X = 0) 位置, 分别使用图

3所示三种荷载情况进行加载,得到桥面板纵、横向,横梁横向以及纵肋纵向应力。限于篇幅,文中仅给出 工况一作用下结构的应力分布图示(图 4至图 7,横梁应力查看处为图中粗线示),其余工况下应力分布以 表格形式给出(表 1)。所涉及的节点 *X*、Y坐标的坐标系均与图 1,图 2相同, *Z¹*方向如图 7示,其坐标原 点为面板与纵肋相交处。

表 1 工况二、工况三应力分布(本表坐标系说明同上)								MPa
	桥面板 $Y' = 0$ 桥面板 $Y' = 160$		桥面板 Y' = 320 #3		楼沙楼向	组肋组向星		
工况	最大拉 (压)应力	最大拉 (压)应力	最大拉(压)应力		横木傾内 早十成力	%加%问取 十节(压)应力
	横向	纵向	横向	纵向	横向	纵向	取入应力	人招(压)应门
工况二	21. 952	72. 295	84. 125	51.505	35. 629	19 761	48.132	19. 412
	(24.163)	(77.886)	(100 163)	(46 930)	(48,472)	(21 000)		(23.073)
工况三	22.049	75. 522	145 648	85.741	78 295	40 657	56 905	19. 530
	(25.523)	(80.413)	(170 608)	(75.841)	(94.982)	(40 713)		(20.787)

结果表明: 纵肋上应力很小, 一般不控制结构的破坏 (荷载纵向影响线范围很小^[1], 纵肋应力极值一般位于荷载加载处)。这是由于在横梁处, 纵肋与横梁共同承受荷载, 共同受力变形, 故其应力通常远小于桥面板应力, 一般不会在纵肋上首先出现裂纹; 横梁在与纵肋焊接密贴处应力很小, 在孔洞处出现应力峰值; 桥面板应力极值一般发生在左右端与中间的板 – 肋连接处。其中板 – 肋连接处纵肋与横梁在此交汇, 此处应力传递复杂, 疲劳裂纹易于在此开裂发展。桥面板的纵向应力最大不超过 100 M Pa 一般小于横向应力。

3 内横隔板加劲

为改善桥面板、横梁、纵肋交汇处的受力,并抵抗轮载作用下的局部变形,考虑在横截面加设内横隔板。合理的加劲形式可采用完全内横隔板 (图 8b)和部分内横隔板 (图 8c),不设内横隔板的横截面形式 如图 8a示。针对上述三种结构建立计算模型,并按最不利工况三在第三根横肋处 (*X* = 0 mm)加载,计算 结果见图 20 图 clifter Acceleration Souther Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 6 横梁横向应力

图 7 纵肋纵向应力

从数据图示中明显看出,部分内横隔板对于桥面板受力的影响作用甚微,较之前几乎没有变化。而 完全内横隔板的使用效果十分显著,极大改善面板受力,桥面板横向应力值最大不超过 35 MPa 较另外两 种情况有明显下降 (图 9);加设完全或部分内隔板均能改善横梁及纵肋受力。横梁应力峰值降低,受力更 为平均 (图 10)。纵肋整体应力均有减小,其中完全内横隔板效果更佳,纵肋最大应力小于 10 MPa 有效 减小纵肋在轮载作用下可能的变形和下挠 (图 11)。



34

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4 帽孔的计算



35、65 mm)结构的应力情况(表 2)。限于篇幅,仅示工况三作用下的结构应力。

对比上述计算结果可以看出帽孔尺寸对于闭口肋桥梁在帽孔周围的局部应力影响作用较大(横梁最大主拉压应力均出现在帽孔周围),而对于桥面板应力的影响较小;随着帽孔尺寸的增大,孔洞附近的应力水平相应变化,尺寸过大或过小均不合适;孔洞尺寸的增大削弱了横梁的受力面积,将会降低桥面板的整体刚度,故该尺寸不宜过大;帽孔周围应力在 *R* = 25 mm 时最小,该结论亦与欧洲规范、日本规范的要求相近。

R / mm	桥面板最大拉(压)应力 M Pa	横梁最大主拉应力 M Pa	横梁最大主压应力 MPa
5	161. 257(197.410)	122 239	- 146 427
15	162 513(198 625)	83 242	- 82 023
25	163. 005(199. 143)	75 863	- 74. 709
35	164. 492(200. 531)	99 238	- 98 194
65	167. 889(203. 350)	100 543	- 103. 542

表 2 工况三作用下应力情况

5 结论

桥面板板 – 肋连接处横向应力受板壳挠曲应力影响很大。一般情况下,桥面板应力比纵肋应力值大 得多,桥面板应力值又以横向应力为甚,结构在板-肋连接处的疲劳强度由桥面板裂纹控制。

桥面板与纵横肋交汇处受力复杂,加设内横隔板可有效改善该处应力情况,若条件允许,建议在此处加设完全内横隔板。

在轮载作用下,纵肋的竖向挠曲引起横梁支撑处的转动,导致横梁腹板的面外变形,进而产生次应力,开设帽孔意在降低次应力,但若其尺寸过大反而会降低桥梁刚度,不利于结构受力。根据本文计算和 国外相关规范规定,建议帽孔尺寸 R 取 25 mm 较为合适。

参考文献

[1] X iao Zhigang Stress analyses and fatigue evaluation of rib-to-deck joints in steel orthotropic decks [J]. International Journal of Fatigue, 2008 (30): 1387-1397

[3]范洪军,刘铁英.闭口肋正交异性板钢桥面的疲劳裂纹及检测[J].中外公路,2009.29(5):171-175.

[4]赵欣欣, 刘晓光, 张玉玲. 正交异性桥面板设计参数和构造细节的疲劳研究进展 [C] / 中国钢结构协会桥梁钢结构分 会中国铁道学会桥梁工程委员会 2010年学术年会论文集. 武汉: [出版者不详], 2010. 264-273.

[5] European Committee for Standard ization European Standard Norme Eurocode 3, Part 2 [S]. [S 1]: [s n], 2004.

(下转第40页)

移抽动现象;当加载至断裂荷载时,其中两块板出现力筋滑移现象。作为主要承受循环次数较多且重复 荷载较大疲劳荷载的构件,轨道板的疲劳性能需进一步控制和加强。

(4)为了提高轨道板混凝土与受力筋之间的粘结力,防止粘结的退化,在轨道板的施工中应注意以下 几点:①加强振捣,保证混凝土均匀和密实;②注意养护,使混凝土中的水泥胶体充分水化;③粘结力的三 个影响因素都与钢筋表面的粗糙度和锈蚀程度密切相关,施工中应注意清理干净普通钢筋和受力筋。

(5)预应力钢筋极大影响钢筋混凝土构件的疲劳性能,在施工过程中应加强对预应力工序控制,预应力施工应严格控制预应力钢筋相对模板的位置,考虑到钢束与挡板之间的摩擦,预应力应在张拉控制应力的基础上进行超张拉,超张拉值根据实测数据决定,严格控制张拉程序和张拉应力值。

参考文献

[1]王海良, 秦宝和, 任权昌. CRTSII 型板式无砟轨道混凝土轨道板预应力施工关键技术 [J]. 铁道建筑, 2010(3): 80-81.

[2]中华人民共和国铁道部. 科技基 [2008] 173号 客运专线铁路 CRTSII 型板式无砟轨道混凝土轨道板 (有挡肩)暂行技术 条件 [S]. 北京: 中国铁道出版社, 2008

[3]东南大学, 天津大学, 同济大学. 混凝土结构设计原理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.

[4]钟美秦, 汪加蔚. 混凝土疲劳强度的研究 [J]. 铁道建筑, 1996(9): 25-29

[5]过镇海,时旭东.钢筋混凝土原理和分析[M].北京:清华大学出版社, 2003

Experimental Study on Mechanical Properties of CRTSII Ballastless Track Slab

Tian Q iyi, W ang Junw en, Sh i Y an, Zhang X iangdong²

(1. School of Civil Engineering Shijinzhuang Tiedao University, Shijinzhuang 050043 China

2 Shijiazhuang Vocational College of Railway Technology, Shijiazhuang 050041, China)

Abstract Static and fatigue test of seven CRTSII ballastless track slabs were conducted The results showed that the track slabs were in the elastic state before crack occurred Them easured normal strains at control sections were consistent with the theoretical results of solid elements or plate elements finite element model However, the measured strain of section under track was much less than the results of the elementary beam theory The static strengths of all specimens can meet the specification while the fatigue strength needs to be enhanced, and the tensioning procedure of prestressed tendon should be well controlled in construction

Keywords CRTSII ballastless track slah, static, fatigue, FEM

(上接第 35页)

Stress Analysis of Closed-ribs Orthotropic Steel Decks

L in M aosheng Gu Ping Zhou Cong

(Department of Bridge Engineering TongjiUniversity, Shanghai 200092, China)

Abstract O rtho tropic decks will generate significant out of plane bending moments in the deck plate and rib wall when wheel loads act on it due to the relatively small thickness of both the deck plate and rib wall. This essay numerically calculates the stresses in plate-rib area with ANSYS. The results of the calculation show that the surface stresses in the deck plate are much larger than those in the rib wall, and installing an inner diaphragm plate at the cross section will in prove the stresses condition of the structure. The size of cope hole should not be too large, and a 25 mm radius would be appropriate.

Key words ortho trop ic steel deck cracks finite-element model inner diaphragm plate cope hole © 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net