

文章编号: 1000-5862(2013)06-0565-04

横隔板对波形钢腹板曲线箱梁应力影响研究

任大龙^{1,2}, 杨丙文¹, 万 水¹

(1. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210096;

2. 常州工学院常州市建设工程结构与材料性能研究重点实验室, 江苏 常州 213002)

摘要: 利用有限元软件对某曲线箱梁桥进行分析计算, 对比分析在跨间设置不同数目和不同位置横隔板的情况下, 箱梁顶板内外缘正应力的变化. 分析结果表明: 横隔板设置的位置和数量对曲线波形钢腹板箱梁桥的应力有显著影响, 并为波形钢腹板曲线箱梁桥的设计提供参考.

关键词: 波形钢腹板; 箱梁; 曲线; 横隔板

中图分类号: U 443.35

文献标志码: A

横隔板位置和数量, 对波形钢腹板曲线梁的设计尤为关键^[5-10].

0 引言

波形钢腹板箱梁是一种经济、高效、美观、施工简便的新型桥梁结构, 国内外已建和在建的波形钢腹板箱梁桥已有 200 多座, 随着对波形钢腹板箱梁结构研究的深入和应用技术的成熟, 波形钢腹板箱梁桥将得到迅速的推广和发展^[1]. 在曲线梁桥中, 其力学特性主要体现在“弯-扭”耦合上, 由于存在较大的扭矩, 通常会使内、外缘受力不一致, 因此曲线梁截面设计往往更为复杂^[2]. 横隔板能有效抵抗截面变形, 从而降低截面扭转效应^[3-4]. 波形钢腹板箱梁的抗扭刚度小于混凝土箱梁, 如何设置合理的

1 工程概况

某波形钢腹板曲线箱梁桥, 跨径为 (80 + 80) m 两跨 T 形刚构桥, 如图 1(a) 所示, 桥平面位于半径 $R = 256.335$ m 的圆曲线、缓和曲线 $R = 310$ m 的圆曲线上, 见图 1(b). 桥面宽度为 9 m, 其中悬臂长度 2 m, 箱宽 5 m. 根部梁高 7.5 m, 端部梁高 3 m, 按 2 次抛物线变化, 如图 2 所示. 墩高为 69 m. 梁体采用 C50 混凝土, 钢腹板采用 Q345 钢材.

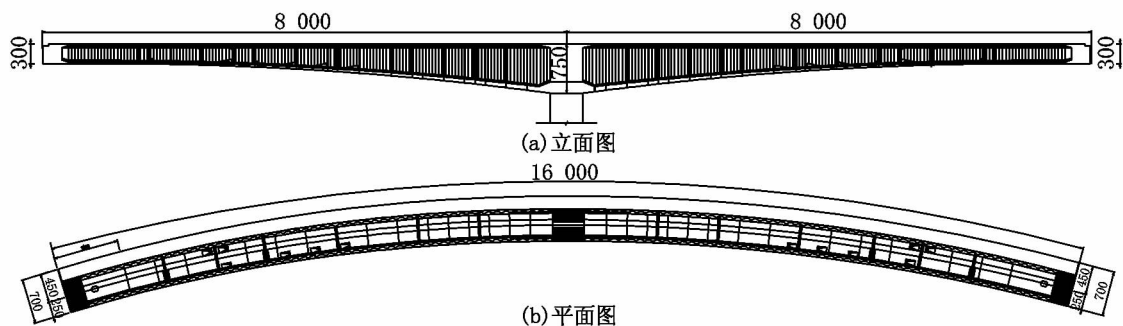


图1 桥型布置图(单位: cm)

2 模型建立

采用大型通用有限元软件 ANSYS 进行有限元

计算, Solid45 单元模拟曲线箱梁混凝土, Shell63 单元模拟波形钢腹板, Link8 单元模拟钢绞线. 按照设计要求, 波形钢腹板的厚度为 12 ~ 20 mm, 级差 2 mm. 有限元模型如图 3 所示.

收稿日期: 2013-08-22

基金项目: 国家自然科学基金(50078014)资助项目.

作者简介: 任大龙(1979-), 男, 山东淄博人, 博士研究生, 主要从事桥梁工程的研究.

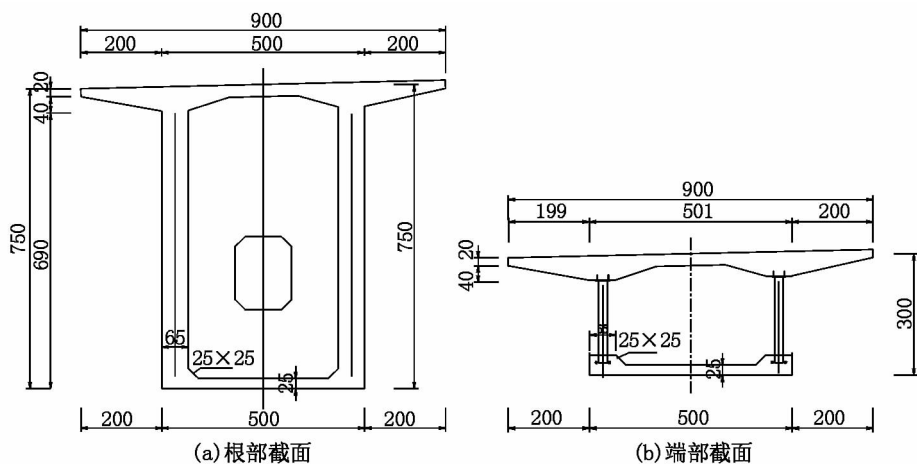


图2 箱梁横断面图(单位: cm)

在分析过程中假设: (i) 波形钢腹板与混凝土顶、底板连接, 不产生相对滑移或剪切连接破坏; (ii) 波形钢腹板具有足够的屈曲强度, 不发生任何形式的屈曲破坏; (iii) 不考虑钢筋以及混凝土非线性的影响。

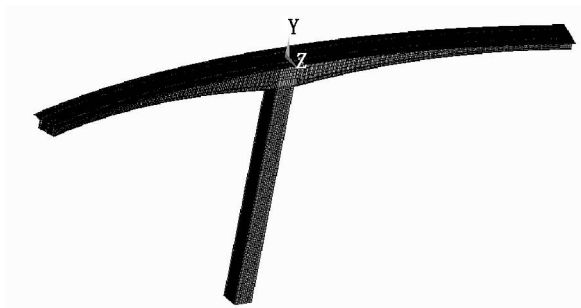


图3 桥梁有限元模型

墩顶中线 23.6 m, 约为悬臂长的 1/3 处, 墩顶有 5 m 厚的横隔梁; (v) 箱梁内设置横隔板 2、4、6, 厚度都为 50 cm, 距墩顶中线分别为 55.6 m, 35 m, 14 m 处, 墩顶有 5 m 厚的横隔梁; (vi) 箱梁内设置横隔板 4、5、6, 厚度都为 50 cm, 距墩顶中线分别为 35 m、23.6 m、14 m, 墩顶有 5 m 厚的横隔梁; (vii) 箱梁内设置 1~6 号横隔板, 厚度都为 50 cm, 距墩顶中线分别为 63.6 m, 55.6 m, 47.6 m, 35 m, 23.6 m, 14 m, 墩顶有 5 m 厚的横隔梁。

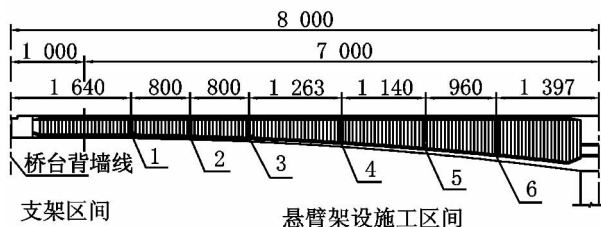


图4 单跨横隔板位置立面图(单位: cm)

3 计算分析

该桥属于高墩结构, 采用悬臂施工法, 最大悬臂状态为最不利受力状况。无论从主梁抗剪性能, 还是抗扭性能^[1-5-6]来说, 波形钢腹板曲线箱梁墩顶横隔梁设置都是必须, 分析不考虑横隔梁影响, 仅分析不同横隔板设置的波形钢腹板曲线箱梁在荷载作用下, 箱梁截面顶板内缘与外缘应力变化规律。为排除预应力筋产生的预施加力和挂篮的重量的影响, 只考虑箱梁的自重。

单跨共有 6 块横隔板, 位置如图 4 所示。分析不同横隔板位置和数目对桥跨顶板内外缘纵向正应力的影响, 忽略墩顶 5 m 实腹段横隔梁附近纵向正应力分布。分析波形钢腹板曲线箱梁分 7 个工况讨论: (i) 箱梁内没有横隔板, 墩顶有 5 m 厚的横隔梁; (ii) 箱梁内设有横隔板 4, 厚度为 50 cm, 距墩顶中线 35 m, 约为悬臂的跨中处, 墩顶有 5 m 厚的横隔梁; (iii) 箱梁内设置横隔板 6, 厚度为 50 cm, 距墩顶中线 14 m, 约为悬臂长的 1/5 处, 墩顶有 5 m 厚的横隔梁; (iv) 箱梁内设置横隔板 5, 厚度为 50 cm, 距

计算结果如图 5~图 10 所示, 外缘: 箱梁顶板沿外缘线的正应力分布; 内缘: 箱梁顶板沿内缘线正应力分布, 原点为墩顶中心线位置。横坐标为距墩顶中心线的距离(单位: m), 纵坐标为所对应点的正应力(单位: Pa)。

图 5 可以看出, 自重作用下, 箱梁截面顶板内外缘正应力差值最大处, 内缘正应力 12.1 MPa, 外缘正应力 9.8 MPa, 正应力差值 2.3 MPa(内缘正应力与外缘正应力差值, 下同), 正应力平均值 10.95 MPa, 内外缘正应力差值占内外缘正应力平均值的 20.6%。内外缘应力差别原因在于曲线箱梁内没有横隔板, 箱梁中由于存在较大的扭矩, 内、外缘受力存在着差异, 由曲线梁自身扭转产生的正应力值比较大。

工况 2、工况 3 分别在箱梁内不同的位置设置 1 块横隔板, 自重作用下箱梁内、外缘纵向正应力分布, 情况如图 6 和图 7 所示。工况 2 作用下箱梁顶板内外缘纵向正应力差值最大处, 内缘纵向正应力

12.1 MPa,外缘正应力 9.9 MPa,正应力差值 2.2 MPa,正应力平均值 11.0 MPa,内外缘正应力差值占内外缘正应力平均值的 20.0%;工况 3 作用下箱梁顶板内外缘纵向正应力差值最大处,内缘纵向正应力 12.0 MPa,外缘正应力 10.2 MPa,正应力差值 1.8 MPa,正应力平均值 11.1 MPa,内外缘正应力差值占内外缘正应力平均值的 16.2%。设置 1 块横隔板,箱梁顶板内外缘纵向正应力分布及正应力差值都有所改善,但改善不明显。

工况 4 作用下箱梁顶板内外缘纵向正应力差值

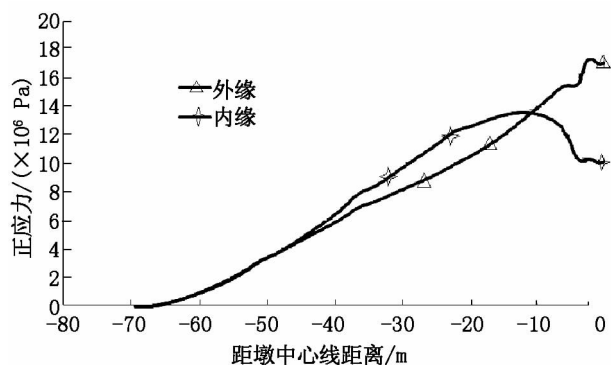


图5 工况1

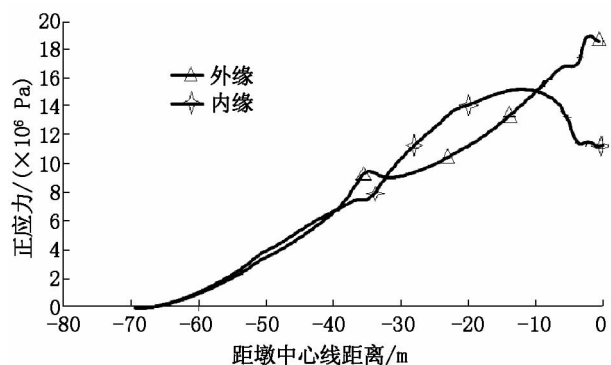


图6 工况2

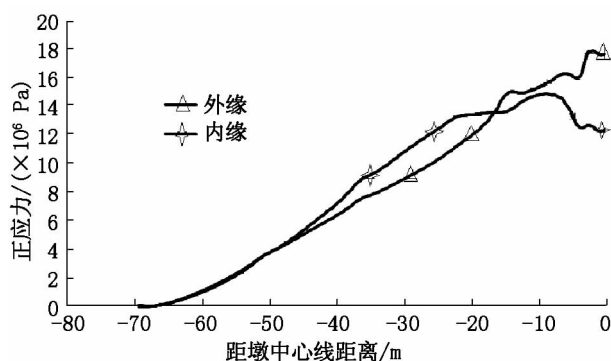


图7 工况3

工况 5、工况 6 都是在跨中设置 3 块横隔板,且工况 6 有 1 块横隔板在悬臂长约 1/3 的位置处。工况 5 作用下箱梁顶板内外缘纵向正应力差值最大处,内缘纵向正应力 12.2 MPa,外缘正应力 10.1

最大处,内缘纵向正应力 13.6 MPa,外缘正应力 12.0 MPa,正应力差值 1.6 MPa,正应力平均值 12.8 MPa,内外缘正应力差值占内外缘正应力平均值的 12.5%,如图 8 所示。

从图 6 ~ 图 8 可以看出,同样在箱梁内设置 1 块横隔板,由于横隔板的设置位置不同,箱梁顶板内外缘纵向正应力分布及最大应力差值有很大不同,工况 4 对箱梁顶板内外缘正应力分布的不均衡改善效果明显好于工况 2、工况 3。

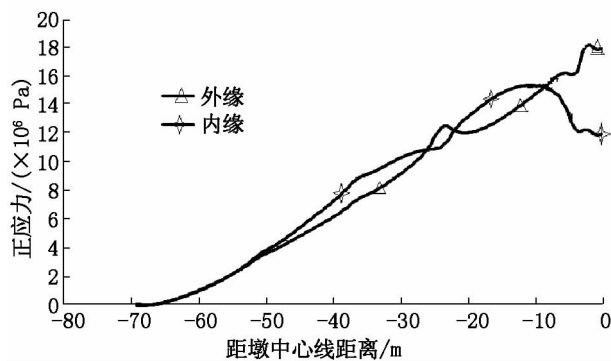


图8 工况4

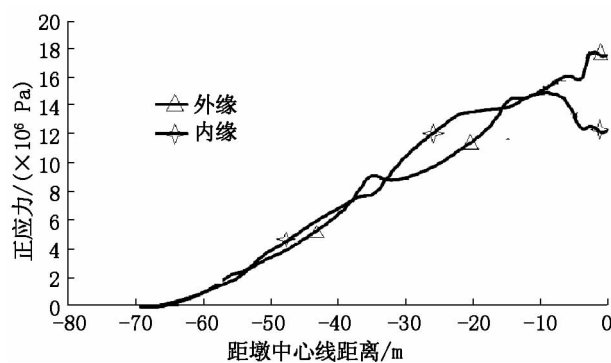


图9 工况5

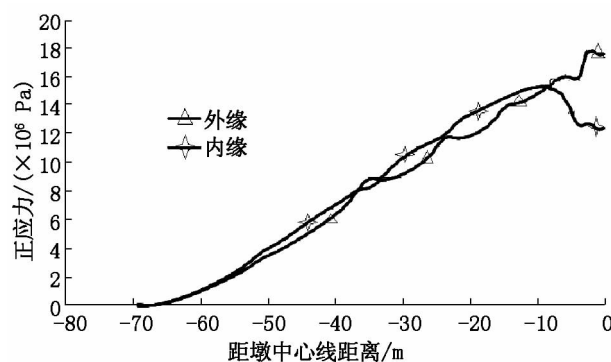


图10 工况6

MPa,正应力差值 2.1 MPa,正应力平均值 11.15 MPa,内外缘正应力差值占内外缘正应力平均值的 18.8%;工况 6 作用下箱梁顶板内外缘纵向正应力差值最大处,内缘纵向正应力 12.3 MPa,外缘正应

力 10.8 MPa, 正应力差值 1.5 MPa, 正应力平均值 11.55 MPa, 内外缘正应力差值占内外缘正应力平均值的 13.0%。

从图 9 和图 10 看出, 工况 6 对改善箱梁顶板内外缘纵向正应力受力的不均衡较明显, 可见在曲线箱梁中设置横隔板合理的位置是改善内、外缘受力存在差异的一种重要因素, 横隔板 5 是改善箱梁顶板内外缘正应力不均匀分布的关键位置。

工况 7 作用下箱梁顶板内外缘纵向正应力差值最大处, 内缘纵向正应力 12.1 MPa, 外缘正应力 10.6 MPa, 正应力差值 1.5 MPa, 正应力平均值 11.35 MPa, 内外缘正应力差值占内外缘正应力平均值的 13.2%, 该工况对改善箱梁顶板内外缘纵向正应力受力的不均衡较为明显, 如图 11 所示。

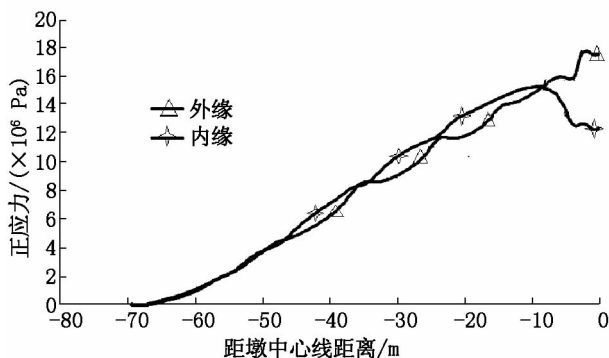


图 11 工况 7

工况 1 与工况 2 ~ 工况 7 对比来看, 横隔板可以改善箱梁顶板内外缘纵向正应力分布不均匀; 工况 2 ~ 工况 7 从对改善箱梁顶板内外缘纵向正应力不均衡分布作用来看, 工况 4、工况 6、工况 7 效果较为明显; 工况 4、工况 6、工况 7 对比来看, 工况 6、工况 7 增加了横隔板数量, 但是箱梁顶板内外缘纵向正应力不均匀分布状况相对于工况 4 并没有大的改善。所以, 曲线箱梁中横隔板的设置需要合理的位置和数量。

4 结论

通过以上分析可得: (i) 在悬臂长约 1/3 的位置处设置横隔板, 能有效改善曲线箱梁顶板内外缘纵向正应力不均匀分布; (ii) 在悬臂长约 1/3 位置处设置横隔板后, 继续增加横隔板的数量, 对于改善曲线箱梁顶板内外缘纵向正应力不均匀分布效果并不很明显; 如确实需要可在曲线箱梁扭矩最大位置处适当增设; (iii) 无限制地增设横隔板, 无益于曲线箱梁顶板内外缘纵向正应力不均匀分布的改善, 仅仅会增加箱梁的自重, 加大施工的难度。

5 参考文献

- [1] 徐强, 万水. 波形钢腹板 PC 组合箱梁桥设计-与应用 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2009: 1-7.
- [2] 李倩. 钢结构人行天桥曲箱梁中横隔板设置间距的有限元分析 [J]. 工业建筑, 2006, 36: 606-608.
- [3] 杨英武, 尹宗学. 箱型梁桥横隔板的作用分析 [J]. 中南公路工程, 2005, 30(2): 52-54.
- [4] 李宏江. 波形钢腹板箱梁扭转与畸变的实验研究及分析 [D]. 南京: 东南大学, 2003: 17-29.
- [5] 李宏江, 叶见曙. 波形钢腹板箱梁横隔板间距的研究 [J]. 公路交通科技, 2004, 21(10): 51-55.
- [6] 姚森. 变截面波形钢腹板 PC 组合箱梁扭转与畸变分析 [D]. 南京: 东南大学, 2010: 7-23.
- [7] 胡毓仁, 孙久龙. 船体结构中受压矩形板设计及残余应力影响的平均应力-平均应变曲线 [J]. 上海交通大学学报: 自然科学版, 2001(1): 99-103.
- [8] 周小平, 王建华. 考虑中间主应力影响时条形地基极限承载力公式 [J]. 上海交通大学学报: 自然科学版, 2003, 36(4): 552-555.
- [9] 侯芸, 孙四平, 郭忠印. 移动荷载下刚性路面响应的参数影响分析 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2003(1): 31-35.
- [10] 陈蔚, 冯改陵, 崔文勇. 带束层角度对全钢子午线轮胎应力影响的有限元分析 [J]. 北京化工大学学报: 自然科学版, 2005, 32(6): 82-86.

The Influence of Diaphragm Plate in the Corrugated Steel Web Curve Box-Girder Bridges

REN Da-long^{1,2}, YANG Bing-wen¹, WAN Shui¹

(1. School of Transportation, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210096, China;

2. Changzhou Key Lab of Structure Engineering and Material Properties, Changzhou Institute of Technology, Changzhou, Jiangsu 213002, China)

Abstract: By using FEA program, one curve box girder bridge is calculated and analyzed, and the normal stress change of box girder roof inside and outside edge is contrasted in setting up different number and different position diaphragm plate, the results show that the position and number of the diaphragm plate in curve corrugated steel web box girder bridge has a significant influence on the stress. The best diaphragm plate number and position for corrugated steel web curve box girder bridge is designed to provide reference.

Key words: corrugated steel web; composite beam; curve; diaphragm plate

(责任编辑: 冉小晓)