

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.01.024

钢-混组合梁桥面板-防撞护栏一体化钢模板设计分析

刘晓奎, 徐慧丹, 李欣, 陈辉

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:以嘉兴市市区快速路环线工程中某联钢-混组合梁桥施工时需要跨越某汽车 4S 店实例为背景,设计了桥面板-防撞护栏一体化钢模板,施工时先后作为桥面板和防撞护栏混凝土浇筑模板,可有效防止桥面坠物并保证施工安全。结合工程特点,对一体化钢模板进行了参数化设计,证实了该类型模板的适用性,得出了一定参考价值的结论。

关键词:钢-混组合梁;一体化;钢模板;桥面板;防撞护栏

中图分类号: U448.21+6

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)01-0089-03

0 引言

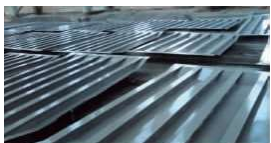
钢-混组合梁是钢梁通过连接件与混凝土桥面板组合而成的梁式桥,该结构可以充分发挥钢结构受拉、混凝土受压的材料特点,整体造价比较经济。

钢-混组合梁混凝土桥面板的施工方式一般有两种,一种是现场浇筑,另一种是工厂预制、现场吊装。采用现场浇筑施工时,桥面板模板有临时支架模板、预制混凝土模板和组合结构桥面板等,如图 1 所示。其中,临时支架模板需要在施工现场安装、拆卸,预制混凝土模板安装在两道钢纵梁之间作为永久模板使用。组合结构桥面板采用钢板作为混凝土桥面板的永久模板,通过锚固钢筋或 PBL 剪力键等与混凝土桥面板连接,形成共同受力的桥面板^[1-7]。三种模板形式在防撞护栏施工时,桥梁外侧需要另外搭设模板,难以有效预防高空作业时桥面坠物,需要设置必要防护构造保护桥下交通和行人安全^[8]。



(a)临时支架模板

(b)预制混凝土模板



(c)组合结构桥面板

图 1 现场现浇施工模板形式

1 工程概况

本工程为嘉兴市市区快速路环线工程,主线高架某联采用跨径 50 m 简支钢-混组合梁结构,主纵梁采用多箱单室槽型梁结构,标准横断面如图 2 所示。

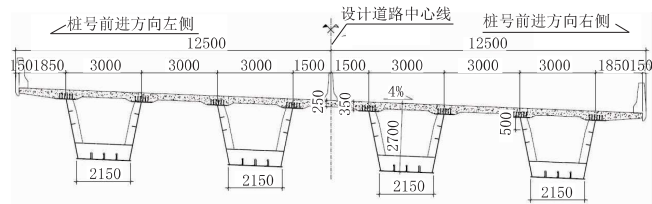


图 2 叠合梁标准横断面图(单位:mm)

本跨钢-混组合梁处于高架曲线超高段,如果采用预制桥面板,品种多数量少且吊装过程中安全风险高,因此设计采用现浇桥面板,原计划以钢纵、横梁作为混凝土桥面板的浇筑支撑构件,立模浇筑桥面板混凝土。因桥面下方紧邻某汽车 4S 店展厅及停车位(见图 3),为保证桥面板和防撞护栏混凝土浇筑施工期间地面车辆、进出通道及展厅安全,对现浇桥面板和防撞护栏的钢模板进行一体化设计,实现快速施工和安全施工。

2 一体化钢模板设计

2.1 钢模板设计

桥面板-防撞护栏一体化钢模板,由桥面板底模、防撞护栏外钢模及横向和竖向带孔钢板组成,带孔钢板可以作为浇筑混凝土时底钢模和外钢模的加劲肋,同时又作为剪力键传递钢与混凝土之间的相互作用力。钢模板和带孔钢板厚度均取 6 mm,带孔钢板需要避让桥面剪力钉,顺桥向间距取 600 mm,如图 4 所示。

收稿日期: 2021-04-28

作者简介: 刘晓奎(1982—),男,博士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

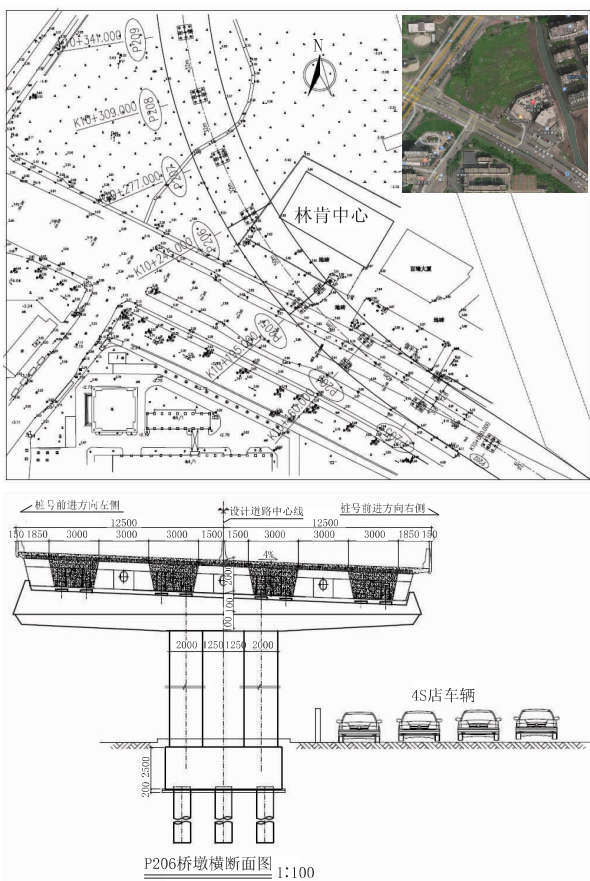


图3 桥位处平面及横断面布置图(单位:mm)

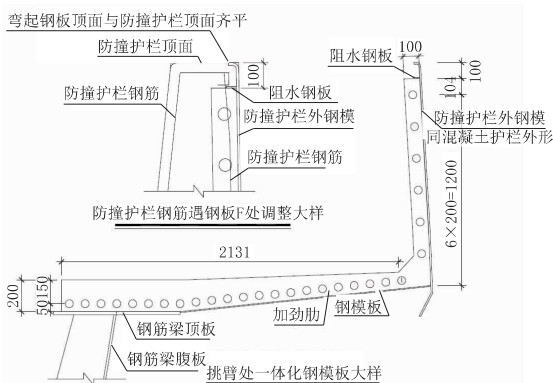
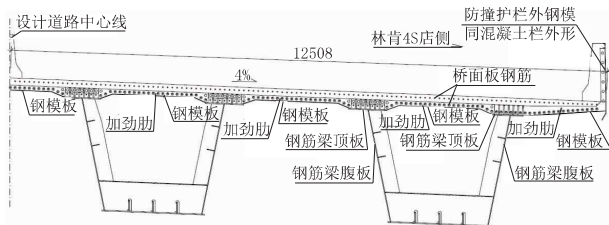


图4 一体化钢模板横断面及大样图(单位:mm)

细节方面,设计防撞护栏外钢模与混凝土护栏外缘对齐,保持线形美观。为减少雨水渗透对一体化钢模板耐久性的影响,外钢模顶面弯起与防撞护栏顶面齐平,并在竖向带孔钢板顶部设置阻水钢板,防止雨水进入钢模板与混凝土接触面,增强结构耐久性。

2.2 钢模板施工

施工时,钢模板与钢主梁焊接成整体后吊装,底钢模作为施工平台和混凝土浇筑模板,外钢模作为防护模板,防止混凝土浇筑期间桥面坠物。在桥面板混凝土达到设计要求后,桥面板底层纵向钢筋与带孔钢板网孔以及两者之间的混凝土共同形成PBL剪力键,底钢模可参与组合桥面板整体受力,有效提高了桥面板承载能力,然后绑扎防撞护栏钢筋,利用外钢模浇筑防撞护栏混凝土,如图5所示。



图5 底钢模制作及桥面钢筋施工照片

2.2 钢模板计算

采用MIDAS/Civil建立一体化钢模板有限元模型,钢模板以及带孔钢板均采用板单元模拟,待浇筑的混凝土重量以及施工人员、设备荷载通过面荷载施加在钢模板表面,计算模型和结果如图6和图7所示。

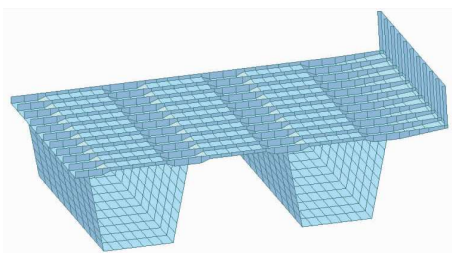
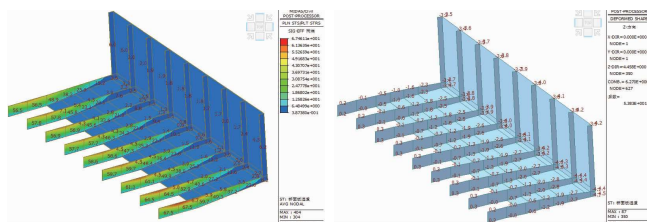


图6 一体化钢模板有限元模型



(a)钢模板应力结果 (b)钢模板变形结果

图7 钢模板受力分析结果

从图6看出,钢模板的最大应力主要集中在最右侧钢箱梁顶板处的带孔钢板边缘,最大应力为58 MPa,钢模板及带孔钢板的应力始终处于弹性范围,强度满足规范要求。

钢模板的最大变形集中在挑臂端部防撞护栏处,最大竖向变形4.2 mm,《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650—2020)规定模板最大变形值不超过构件跨度的1/400,4.2 mm < 2 000 mm/400=5 mm,满足要求。

除挑臂处钢模板外,其余位置钢模板和带孔钢板四周均有主梁顶板支撑,钢模板最大竖向变形仅0.6 mm,带孔钢板最大应力45 MPa,不控制设计。因此下文以挑臂处带孔钢板纵向间距和钢板厚度作为研究对象,探讨一体化钢模板的合理构造设计。

3 钢模板设计参数分析

取挑臂处带孔钢板纵向间距分别为0.4 m、0.6 m、0.8 m,钢板厚度分别为6 mm、8 mm、10 mm,其余位置钢板厚度6 mm,带孔钢板与挑臂处对齐,分别计算钢模板竖向变形、最大应力及每延米用钢量,计算数据见表1至表3,变化趋势如图8所示。

表1 0.4 m 带孔钢板纵向间距计算结果

钢板厚度/mm	最大竖向变形/mm	最大应力/MPa	每延米用钢量/(kg·m ⁻¹)	挠跨比
6	4.1	46.0	209.1	1/488
8	3.8	35.8	278.8	1/526
10	3.5	33.4	348.5	1/571

表2 0.6 m 带孔钢板纵向间距计算结果

钢板厚度/mm	最大竖向变形/mm	最大应力/MPa	每延米用钢量/(kg·m ⁻¹)	挠跨比
6	4.2	58.6	189.3	1/476
8	4.0	47.8	252.4	1/500
10	3.9	41.8	315.5	1/512

表3 0.8 m 带孔钢板纵向间距计算结果

钢板厚度/mm	最大竖向变形/mm	最大应力/MPa	每延米用钢量/(kg·m ⁻¹)	挠跨比
6	5.3	76.1	179.4	1/377
8	4.7	58.6	239.2	1/425
10	4.3	52.8	299.1	1/465

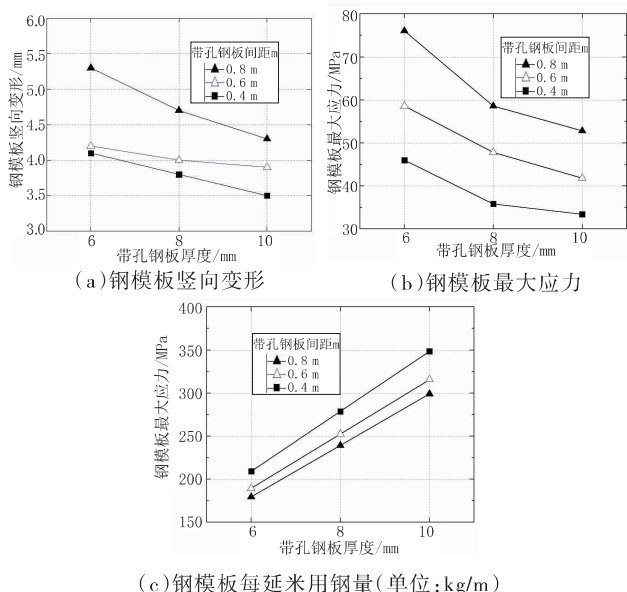


图8 钢模板竖向变形、最大应力和每延米用钢量计算结果

从计算结果可以看出,在不同带孔钢板纵向间距下,随着钢板厚度增加,钢模板最大竖向变形和最大应力逐步减小,但变化幅度逐渐变缓,这是因为钢板厚度增加会增大钢模板刚度同时会增大模板自重,对钢模板变形和应力影响逐渐减弱;同时钢板厚度增加带来每延米用钢量显著增加。

综合考虑钢模板局部稳定性和经济性,带孔钢板纵向间距不宜过大。参考国内类似工程钢模板构造,该工程钢板厚度取为6 mm,带孔钢板纵向间距取为0.6 m,满足钢模板变形要求,且有一定富余量,较为适宜。

4 结语

本文以嘉兴市市区快速路环线工程中钢-混组合梁施工跨越4S店为背景,利用MIDAS/Civil软件建立桥面板-防撞护栏一体化钢模板模型,分析了钢板厚度、带孔钢板间距等对钢模板变形、应力和用钢量的影响,可以为类似钢模板结构设计提供参考。主要结论如下:

(1)桥面板-防撞护栏一体化钢模板,由桥面板底钢模、防撞护栏外钢模及横向和竖向带孔钢板组成,可有效防止桥面坠物,增强施工安全。

(2)一体化钢模板首先作为桥面板浇筑模板,然后与桥面板共同受力并结合外钢模作为防撞护栏浇筑模板,提高施工速度并保证施工安全。

(3)经验算一体化钢模板受力和变形均满足规范要求,可以在其他类似工程中推广应用。

(4)选择合理的钢板厚度和带孔钢板纵向间距,可以在保证钢模板受力安全的同时取得经济性最优。

参考文献:

- [1] 刘玉擎. 组合结构桥梁[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [2] 聂建国. 钢-混凝土组合结构桥梁[M]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [3] JTG/T 3650—2020, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [4] JTG/T D64-01—2015, 公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S].
- [5] JTG 3362—2018, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [6] 王英, 张大伟, 杜明峰. 钢-混组合梁钢模板的应用及设计方法研究[J]. 城市道桥与防洪, 2020, 4(4): 63-64, 67.
- [7] 邢冯, 冯克岩. 钢混组合桥面板的发展概况及设计围护要点[J]. 城市道桥与防洪, 2012, 4(4): 76-78, 82.
- [8] 曹小博, 陈刚. 新型钢混组合梁桥面板结构的分析研究[J]. 公路, 2021, 66(1): 208-211.