

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.08.045

钢混组合梁压型钢板组合桥面板设计探讨

张玉生

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 广东 佛山 528000]

摘 要: 钢混组合梁桥面系采用组合结构成为了近几年工程界探索发展的一个重要方向。组合桥面板既能解决现浇时支架、模板问题,同时钢板也能充当桥面系受力的一部分,通过降低桥面板厚度来减低主体结构用钢指标,提升桥梁整体经济性。为此分析探讨了压型钢板组合桥面板的设计,为结构工程设计、应用提供参考。

关键词: 钢混组合梁;组合桥面板;压型钢板;工程设计

中图分类号: U443.32

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)08-0171-04

0 引言

钢混组合梁目前使用的桥面板中,混凝土桥面板因其整体性好、造价低在中小跨径桥梁中得到广泛使用。混凝土桥面板可采用现浇桥面板或预制桥面板。钢混组合梁常用于跨高速或市政道路桥梁,施工期间桥下有行车需求,而现浇桥面板一般需要临时支架和模板,对桥下行车有较大影响,即便构造上满足移动模架或斜拉支架法施工,也显得格外繁琐且施工周期较长;常规的预制桥面板方案则在吊装时存在一定的施工风险,特别是桥梁离地面高度较大时;另外,在桥面板分块预制现场的吊装工作量较大,后浇湿接缝的力学性能也需要不断探索和研究。

因此,不管是现浇还是预制混凝土桥面板,都存在一些无法回避的问题,而桥面系中采用组合结构成为了近几年工程界探索发展的一个重要方向。组合桥面板既能解决现浇时支架、模板问题,同时钢板也能充当桥面系受力的一部分,通过降低桥面板厚度来减低主体结构用钢指标,提升桥梁整体经济性。近年来,组合桥面板因其自重轻、强度高在大跨度桥梁中应用较多^[1],如佛山东平大桥、四川泸州合江长江一桥及上海金山区北环跨掘石港大桥等均采用钢混叠合板组合桥面板;齐鲁黄河大桥和凤凰黄河大桥采用正交异性组合桥面板;洞庭湖二大桥和宁波中兴大桥等采用 UHPC- 钢组合桥面板。对于中小跨径桥梁,因组合桥面板的经济指标不占优所

以应用较少,但近年来压型钢板组合桥面板因经济性的优势而在中小跨径桥梁中的应用逐渐增加。本文分析探讨了压型钢板组合桥面板的设计,为该结构工程设计、应用提供参考。

1 压型钢板构造

压型钢板最早作为楼面板应用于高层建筑,近几年逐步应用于桥面板。目前国内外相关规范、图集均为建筑结构方向。压型钢板从形状上可分为闭口型和开口型 2 种,其构造尺寸见图 1。

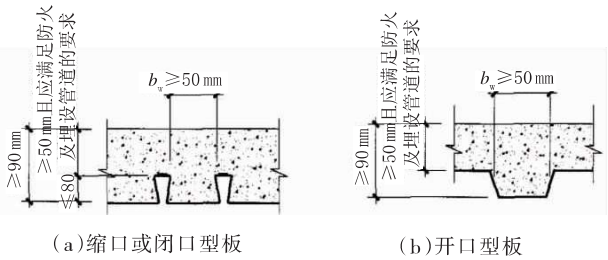


图 1 压型钢板构造尺寸(b_w 为凸肋平均宽度)

闭口型钢板刚度大,用钢指标相对较高;开口型钢板刚度相对较小,用钢指标相对较低,且其转角均为钝角,方便混凝土浇筑和结合。目前,压型钢板在楼面板上应用较多。文献[2-3]指出,组合楼板的总厚度(板肋以上混凝土厚度 h_c + 压型钢板高度)应不小于 90 mm,其中 h_c 应不小于 50 mm。

2 压型钢板在组合梁中的应用

压型钢板组合楼板可分为非组合板及组合板^[2-3]。

(1)非组合板:压型钢板仅作为永久性模板,在波槽内另为混凝土配筋。

(2)组合板:透过压型钢板的特殊断面及其表面与混凝土之间的机械咬合作用,使得压型钢板可以有

收稿日期: 2021-01-21

作者简介: 张玉生(1989—),男,本科,工程师,从事桥梁设计工作。

效地与混凝土组合成一体,当运用于组合楼板时,可替代正弯矩钢筋,楼板下层不需额外设置受拉钢筋。

对于桥梁而言,因其长期承受汽车动荷载,压型钢板与混凝土的黏结在长期汽车振动下容易脱离,另外压型板较薄,刚度贡献有限,因此考虑仅在施工阶段按组合板设计,正常使用阶段按非组合板考虑。

压型钢板组合桥面板示意图见图2。

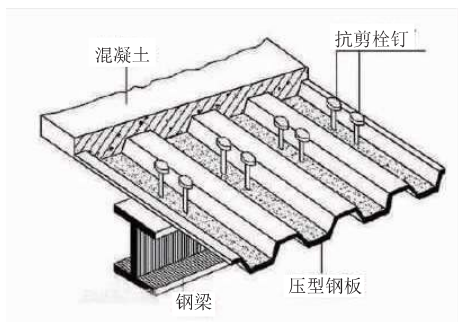


图2 压型钢板组合桥面板示意图

3 性能分析

3.1 设计原则及荷载取值

压型钢板组合桥面板施工阶段和使用阶段均需进行相关验算,压型钢板构造尺寸往往由施工阶段荷载控制。

3.1.1 施工阶段荷载计算取值

(1)对混凝土板底模的压型钢板按弹性方法进行强度和变形验算。

(2)计算时应考虑临时支撑的影响,但考虑到下料的不利情况,也可按2跨连续板或单跨简支板进行计算。

(3)混凝土湿重。

(4)施工荷载按2.5 kPa取值,挠度验算时取1.0 kPa。压型钢板的挠度限值取 $L/180$ 或20 mm的较小值。

3.1.2 正常使用阶段验算取值

(1)非组合板按钢筋混凝土板的计算方法。

(2)组合板应验算正截面抗弯承载力、纵向抗剪承载力。

(3)正常使用阶段裂缝验算时,按裂缝不大于0.15 mm控制。

(4)使用阶段挠度限值取 $L/360$ 。

依托某项目跨线桥主桥(28 m+40 m+28 m连续钢混组合梁)做桥面板分析计算。桥面板纵向跨度8 m,压型钢板横向跨度3.9 m,桥面板厚度280 mm,采用开口型压型钢板(Q355),横向布置,桥面板为横向单向受力板。

跨中断面示意图见图3。

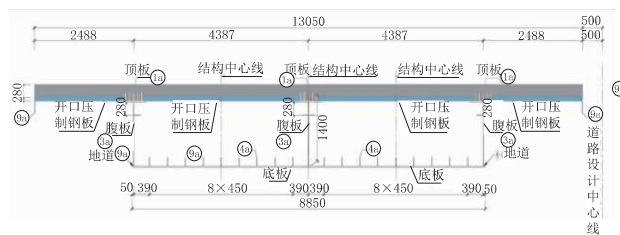


图3 跨中断面示意图(单位:mm)

3.2 施工阶段分析

压型钢板自身刚度有限,施工阶段混凝土浇筑时钢板的承载力和变形成为关键控制因素。选取最大型号压型钢板YXB76-305-915(板厚1.5 mm)进行相关验算。组合梁横向跨度对钢板承载力和变形影响较敏感,当混凝土一次性浇筑时,仅由钢板自身承担荷载。

压型钢板应力-横向跨度图见图4;压型钢板变形-横向跨度图见图5。

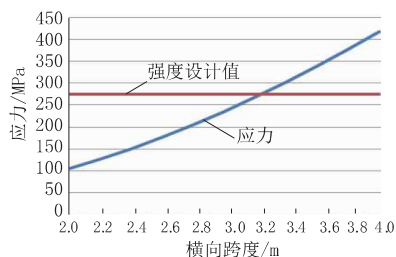


图4 压型钢板应力-横向跨度图

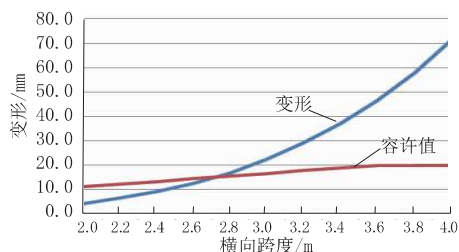


图5 压型钢板变形-横向跨度图(单位:MPa)

由图4、图5可知:混凝土竖向一次性浇筑时,钢板自身承受较大荷载,承载力随跨度变化基本呈线性分布,压型钢板横向跨度为3.1 m时为临界点;变形随跨度变化呈抛物线分布,压型钢板横向跨度临界点为2.9 m。因此,混凝土一次性浇筑时压型钢板横向跨度一般需控制在2.9 m之内。

举例计算的项目横向跨度为3.9 m,需考虑设置临时角钢支撑或混凝土分2次浇筑,以满足压型钢板受力需求。若混凝土分2次浇筑,根据文献[2],第1次浇筑厚5 cm混凝土,此时混凝土与钢板共同抵抗第2次浇筑的混凝土荷载,当其强度和弹模达到设计值的70%时,浇筑第2次混凝土。经验算,能满足要求。

3.3 使用阶段分析

桥面板纵向跨度 8 m,压型钢板横向跨度 3.9 m,考虑纵向整体受力需求,桥面板厚度取 250 mm 或 280 mm,进行横向验算分析。在使用阶段,纵横向受力体系无需叠加,不考虑压型钢板的组合作用。拟定 4 个模型进行验算分析,计算参数见表 1,矩形板配筋示意图见图 6,矮 T 肋板配筋示意图见图 7。

表 1 计算参数表

序号	板厚/mm	配筋模式	验算 1	验算 2
模型 1	250	矩形板配筋		
模型 2	250	矮 T 肋板配筋	主筋	主筋
模型 3	280	矩形板配筋	22@150 mm	25@150 mm
模型 4	280	矮 T 肋板配筋		

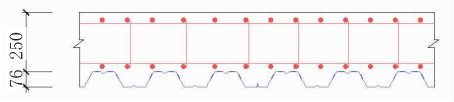


图 6 矩形板配筋示意图(单位:mm)

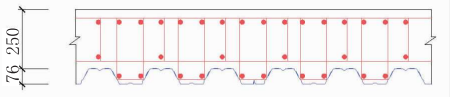


图 7 矮 T 肋板配筋示意图(单位:mm)

采用 Midas/Civil 2019 建立板单元模型(见图 8),汽车荷载按车辆荷载加载,考虑超载 30%,提取内力进行强度及裂缝验算。

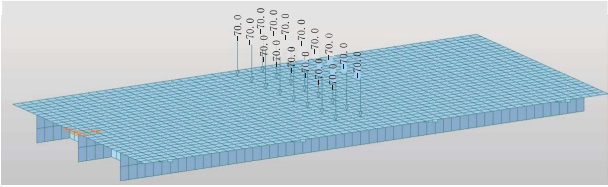


图 8 板单元模型

考虑汽车偏载作用,根据计算结果可知,最大弯矩发生在悬臂根部,提取基本组合及频遇组合数值进行强度及裂缝验算。模型 1 基本组合横向弯矩见图 9,模型 1 频遇组合横向弯矩见图 10,验算分析表见表 2。

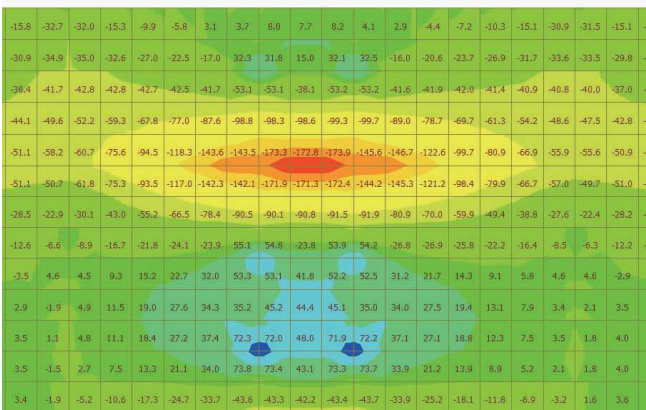


图 9 模型 1 基本组合横向弯矩(单位:kN·m)

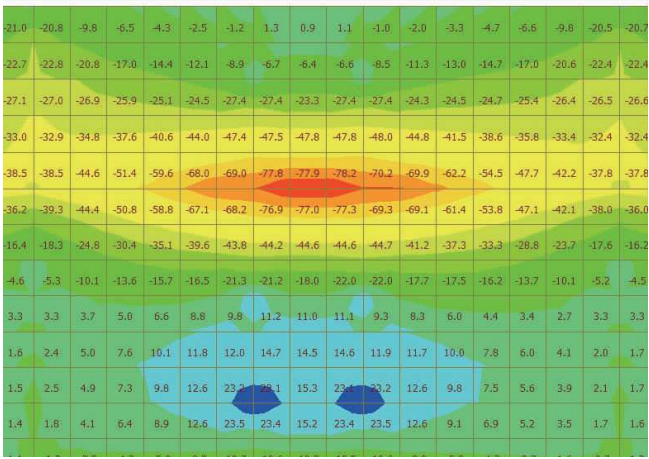


图 10 模型 1 频遇组合横向弯矩(单位:kN·m)

表 2 验算分析表

列项	项目	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
输入	板厚/mm	250	250+76	280	280+76
	基本组合弯矩/(kN·m)	174	158	180	165
	频遇组合弯矩/(kN·m)	78.2	72.0	82.5	77.1
验算 1 (22@150 mm)	单侧钢筋面积	2 660	2 660	2 660	2 660
	抗弯承载力/(kN·m)	140.4	176.3	166.8	198.9
	抗力系数/(kN·m)	0.81	1.12	0.93	1.21
	裂缝宽度/mm	0.180	0.144	0.166	0.139
	配筋率/%	2.1	1.80	1.9	1.7
	是否满足	强度、裂缝均不满足	强度、裂缝均满足	强度、裂缝均不满足	强度、裂缝均满足
验算 2 (25@150 mm)	单侧钢筋面积	3 434	3 434	3 434	3 434
	抗弯承载力/(kN·m)	181.3	214.5	215.3	243.6
	抗力系数/(kN·m)	1.04	1.36	1.20	1.48
	裂缝宽度/mm	0.142	0.114	0.131	0.110
	配筋率/%	2.7	2.3	2.5	2.2
	是否满足	强度、裂缝均满足	强度、裂缝均满足	强度、裂缝均满足	强度、裂缝均满足

由表 2 可知:

- (1)若按矩形板计算,需取板厚 $h_c=280$ mm,配筋按 25@150 mm 控制,配筋率为 2.5%,承载力富余 20%,裂缝宽度 0.131 mm。
- (2)若按矮 T 肋板计算,可取板厚 $h_c=250$ mm,配筋按 22@150 mm 控制,配筋率为 1.8%,承载力富余 12%,裂缝宽度 0.144 mm。
- (3)按矮 T 肋板计算较按矩形板计算的承载力提高约 20%~30%,板厚越小提高幅度越大。

(4)按矮T肋板配筋板厚取值及主筋配筋率有一定经济性,但其钢筋布置较复杂,需在凹槽内布置主筋及箍筋,钢筋绑扎工作量大,混凝土需2次浇筑,施工较麻烦。

3.4 构造细节

(1)桥面板按矩形板配筋设计时,压型钢板凹槽区填筑的素混凝土增加了结构的恒载负担,可考虑在压型钢板上覆盖铁皮(见图11)或填筑轻质材料(见图12),无需填筑凹槽区混凝土,以减轻自重。

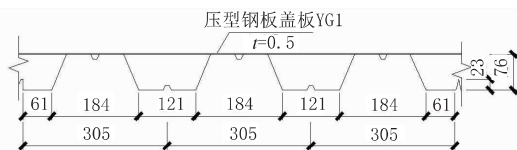


图11 上贴铁皮盖板(单位:mm)

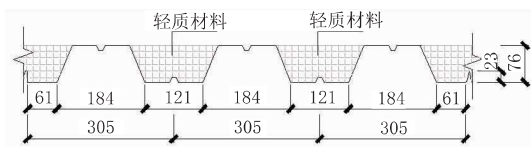


图12 填筑轻质材料(单位:mm)

(2)压型钢板横向在主纵梁翼缘板处断开,搭接5 cm,端部需封口处理以确保不漏浆不渗水。处理方法包括端头泡棉收边、端头压扁式收边以及堵头板收边等方式,目前常用的为堵头板收边,施工方便且可靠度高。端头收边方式见图13。

(3)压型钢板搭设在翼缘上边,混凝土浇筑时钢板发生变形后端部会发生翘曲。为防止收边处漏浆或渗水,需对钢板搭设的四边进行点焊及涂刷密封胶。

4 结 语

(1)压型钢板自重轻,方便现场施工,施工速度快,无需吊装机械,现场摊铺成本低;压型钢板综合单价费用约180元/m²,现浇混凝土无需设置支架及模板,经济性与常规施工方案相当,桥面离地面高度较大时优势更加明显。

(2)考虑混凝土浇筑速度及便利性,混凝土竖向

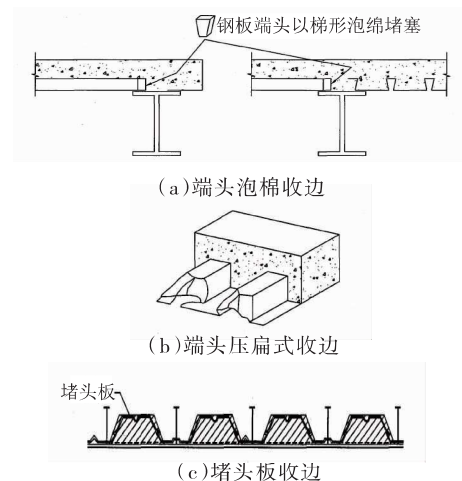


图13 端头收边方式

尽量按1次浇筑完成;组合梁压型钢板横向跨度需控制在2.9 m之内,对于一般满足单车道运输宽度的组合梁均能适用。若组合梁跨度超过3 m时需设置临时角钢支撑或2次浇筑混凝土来满足压型钢板受力需求。

(3)桥面板按矮T肋板配筋计算较按矩形板计算时,其承载力能提高20%~30%,提高幅度较大,但其钢筋布置较复杂,需在凹槽内布置主筋及箍筋,钢筋绑扎工作量大,且混凝土需2次浇筑,施工较麻烦。建议按矩形板布置,钢板凹槽区采用覆盖铁皮或填筑轻质材料方法来减轻自重。

(4)现浇桥面板对于桥面变厚、异性变宽等结构适用性更强,钢筋布置灵活,桥面板整体性较好。但现浇板收缩徐变产生的附加应力较大,桥面板耐久性问题突显,可考虑采用补偿收缩纤维混凝土,以减少收缩影响。

参考文献:

- [1] 苏庆田,韩旭,姜旭,等.U形肋正交异性组合桥面板力学性能[J].哈尔滨工业大学学报,2016,48(9):14-15.
- [2] 05SG522:钢与混凝土组合楼(屋)盖结构构造[S].北京:中国京冶建设工程承包公司,2005.
- [3] EN 1994-1-1,2004(E)欧洲规范,钢与混凝土组合结构设计[S].