

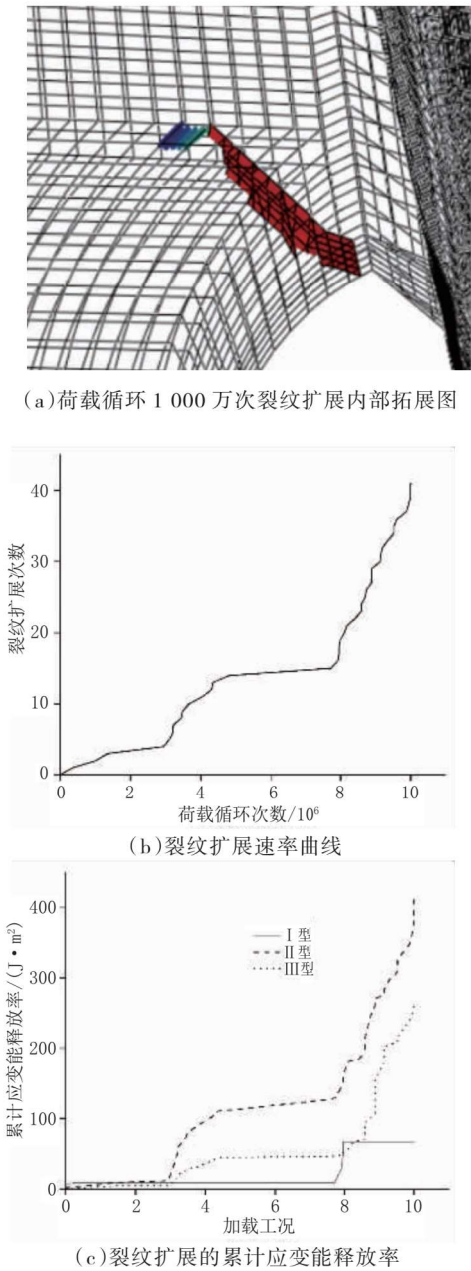


图 14 U 肋 - 横隔板焊缝横隔板焊趾处裂纹扩展

10 MPa)循环次数与疲劳损伤度明显低于横隔板 -U 肋细节,横隔板 -U 肋焊缝最大应力幅达到 75~90 MPa,顶板 -U 肋焊缝最大应力幅为 15~30 MPa,横隔板 -U 肋焊缝细节处裂纹数量远大于顶板 -U 肋焊缝细节处裂纹数量。

(2)顶板 -U 肋焊缝裂纹在扩展过程中基本保持平面,裂纹扩展有先沿焊缝方向纵向扩展,再向深度方向扩展的趋势;横隔板 -U 肋焊缝焊趾处裂纹先沿初始裂纹深度方向在横隔板扩展,再向横隔板厚度方向扩展,焊趾处裂纹先向 U 肋厚度方向扩展,后沿初始裂纹长度方向顺桥向扩展,与实桥表面裂纹扩

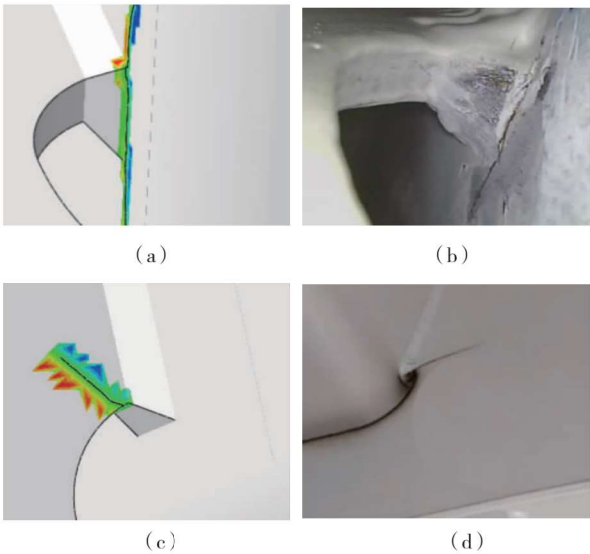


图 15 模拟与实桥观测情况对比图

展状态较为吻合。

(3)在初始裂纹尺寸与荷载条件相同的情况下,顶板 -U 肋焊缝焊趾处裂纹扩展速度大于焊跟处裂纹扩展速度,横隔板 -U 肋焊缝焊趾处裂纹扩展速率大于横隔板焊趾处裂纹扩展速率。

参考文献:

[1] 王春生,冯亚成.正交异性钢桥面板的疲劳研究综述[J].钢结构,2009,9(24): 9-13.

[2] 张清华,卜一之,李乔.正交异性钢桥面板疲劳问题的研究进展[J].中国公路学报,2017,30(3): 14-30.

[3] American Society of CivilEngineers, Committee on Fatigue and Fracture Reliability of the Committee on Structural Safety and Reliability if the Structural Division [J]. Journal of the Structural Division, 1982, 108(ST1): 3-88.

[4] 姚蓓,张启伟.钢斜拉桥运营期耐久性与易损性监测[J].中外公路,2016,36(1): 90-94.

[5] Fisher.J.W, Roy.S., Fatigue of steel bridge infrastructure [J]. Structure and Infrastructure Engineering, 2011,7(8): 457-475.

[6] 曾志斌.正交异性钢桥面板典型疲劳裂纹分类及其原因分析[J].钢结构,2011,26(2):9-15.

[7] 王斌华,吕彭民,邵雨虹.正交异性钢桥面板隔板与 U 肋连接热点应力分析[J].长安大学学报(自然科学版),2013,33(5): 57-63.

[8] 李丹. 正交异性钢桥面板典型疲劳裂纹成因分析与扩展性态研究[D].上海:同济大学,2021.

[9] 李丹. 超大跨径斜拉桥钢桥面板疲劳损伤监测与断裂力学研究[J]. 城市防洪与道桥,2021(7): 57-63.

[10] 荣振环.芜湖长江大桥主桥长期实时监控疲劳损伤及寿命评估系统研究[D].北京:铁道部科学研究院,2005.

[11] 曹硕,张启伟.基于实测的苏通大桥疲劳寿命评估[J].结构工程师,2011,27(2): 84-89.

[12] 周太全,郭力,陈鸿天.香港青马大桥在交通荷载作用下的疲劳评估[J].地震工程与工程振动,2002(5): 24-29.

[13] 汪珍,王莹.正交异性钢桥面板的疲劳裂纹扩展规律[J].中南大学学报(自然科学版),2020,51(7): 1873-1882.

预制桥面板免支模湿接缝构造受力性能研究

叶 龙¹,傅晨曦²,黎思源²

(1.南京市公路事业发展中心,江苏 南京 210014;2.华设设计集团股份有限公司,江苏 南京 210014)

摘 要:为提高现场桥面板湿接缝施工效率,结合既有项目,基于工业化建造思路,对预制混凝土桥面板免支模湿接缝构造型式进行研究。提出了三种预制混凝土桥面板免支模湿接缝方案,采用有限元软件建立模型进行模拟,对三种方案进行对比分析,分析预制混凝土桥面板免支模湿接缝的可行性。结果表明:采用方案二(底部承托设置倒角)预制桥面板应力水平较好,承载能力满足结构要求。推荐采用方案二,有利于施工快速化、简便化进行,符合当前装配化发展趋势。

关键词:钢-混组合梁;预制桥面板;湿接缝;装配化;受力性能;有限元

中图分类号: U443.4

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)12-0218-04

0 引 言

桥面板湿接缝是钢-混组合梁桥预制混凝土桥面板连接的关键部位,直接影响桥面板的抗裂性能,是确保钢-混组合梁桥施工质量的重要环节。传统桥面板湿接缝的施工通常采用吊挂模板的方式,但这种施工方式增加了现场混凝土的浇筑工作,尤其是当桥面板湿接缝数量较多时会显著降低施工效率。此外,由于桥面板湿接缝为新旧混凝土结合处,相对较为薄弱,容易出现开裂和渗水等问题^[1-3],因此有必要加强对桥面板湿接缝性能的研究,并且提出施工效率更高、更环保、更符合桥梁工业化建造方式的免支模湿接缝构造,助力钢-混组合结构桥梁的建设,提高钢结构桥梁的设计和施工水平。

美国田纳西州大学的 HE 等开展了环形钢筋搭接方式的研究,对其受力机理进行分析,从理论上证明了该构造的合理性^[4]。王世昕等通过试验研究进一步验证了环形钢筋连接的可行性^[5]。苏庆田^[6]提出了一种新型弧形钢筋湿接缝形式,该构造施工较为便捷。操礼林^[7]、杜定发^[8]等对采用预制板预留 U 型钢筋,中间穿插粗钢棒的横向拼接节点的新型连接构造进行了研究,发现该构造具有良好的延性和承载力。王文前^[9]、李文浩^[10]等针对钢-RPC 叠合桥面板中平接缝存在的问题,提出一种新型的燕尾榫湿接缝,通过带企口形式的接缝来传递拉力,从而提高

混凝土的抗裂性。

目前钢-混组合桥梁在预制混凝土桥面板免支模湿接缝的构造和配筋方面缺乏系统性的研究,为免支模湿接缝的大规模应用带来了困难,本文将结合某工程项目,通过构造形式研究以及有限元数值模拟的方法对新型免支模湿接缝构造的设计及应用提供指导。

1 湿接缝构造型式研究

钢-混组合桥梁是一种高性能的桥梁结构,具有施工速度快、质量可靠、环保、美观等优点。某项目采用跨径为 4×30 m 的钢混组合板梁,桥宽 27.678 m。为实现标准化设计、预制化生产,钢板梁和桥面板均采用预制形式。

预制桥面板高 0.25 m,最宽 4.369 m;最长 9.45 m,横向湿接缝宽 0.45 m,纵向湿接缝宽为 0.4 m。桥面板采用直径 16 mm 的螺纹钢筋,纵横向钢筋均采用错位搭接的方式(现场不焊接),间距为 100 mm,总体布置如图 1(a)和(b)所示。

该项目如果采用传统的吊模法施工,现场搭设模板的数量较多,施工速度慢,现场工作量大,增加了施工周期。为简化现场施工,提高施工质量和施工速度,实现装配化施工,对纵向桥面板湿接缝提出优化方案一,桥面板底缘外伸形成湿接缝底膜,即 L 型承托。承托不参与成桥期间桥面板的受力,因此承托厚度能满足施工期间现浇湿接缝的自重即可(端部承托厚度取 50 mm,满足施工期间湿接缝自重要求)。优化方案一如图 2(a)、(b)所示。

收稿日期:2023-07-21

作者简介:叶龙(1976—),男,本科,高级工程师,从事建设工程管理工作。

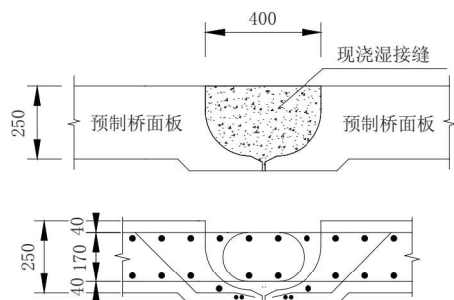


图6 方案三承托加厚设置(单位:mm)

行简化,纵向长度取1 m,横向取两个主梁范围桥面板,如图7所示。

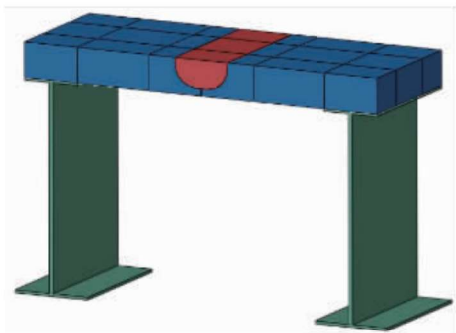


图7 有限元模型

边界条件:约束两端截面的纵向位移,约束主梁两端底部500 mm范围内竖向位移及横向位移。

材料特性:桥面板采用C50混凝土,密度为2 600 kg/m³,弹性模量为3.45×10⁴ MPa,钢梁密度为7 850 kg/m³,弹性模量为2.06×10⁵ MPa。

荷载:包括结构自重、二期恒载以及车辆荷载。

车辆加载方式:轮载采用《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)^[12] 车辆荷载重轴加载,轴重140 kN,单个车轮70 kN,其中,横向加载、纵向加载位置均位于跨中湿接缝上方最不利位置。单个轮载面积考虑铺装层扩散后为800 mm×400 mm,如图8所示。

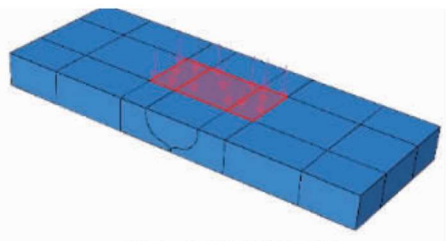
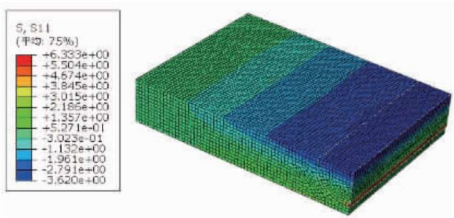


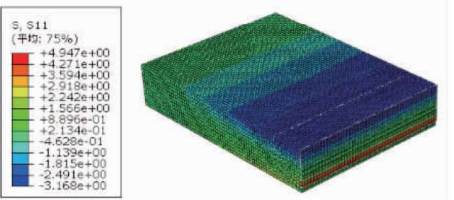
图8 加载区域示意图

桥面板取一半(沿湿接缝中心线剖开),三组优化方案有限元计算结果云图如图9和图10所示,计算结果见表3。

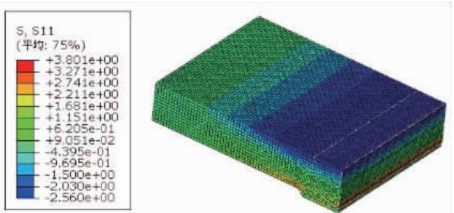
经计算分析,方案二较方案一钢筋最大拉应力下降了2.3 MPa,混凝土名义拉应力下降1.4 MPa,



(a)方案一(L型承托)

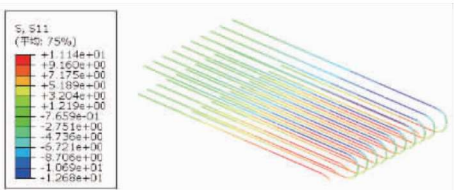


(b)方案二(L型承托、设置倒角)

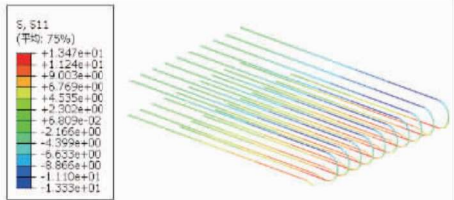


(c)方案三(L型承托加厚、设置倒角)

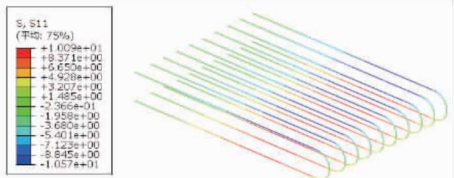
图9 混凝土桥面板横向应力云图(单位:MPa)



(a)方案一(L型承托)



(b)方案二(L型承托、设置倒角)



(c)方案三(L型承托加厚、设置倒角)

图10 桥面板横向钢筋应力云图(单位:MPa)

表3 不同优化方案应力水平			单位:MPa
优化方案	钢筋最大拉应力	混凝土名义拉应力	混凝土最大压应力
L型承托	13.5	6.3	-3.6
承托带倒角	11.2	4.9	-3.2
承托加厚	10.1	3.8	-2.6

混凝土最大压应力下降 0.4 MPa,总的来看,桥面板底部承托设置倒角后应力集中现象会得到一定程度的缓解,同时新旧结合面的应力传递会稍有改善,粘结作用稍有增强。

方案三较方案二钢筋最大拉应力、混凝土名义拉应力、混凝土压应力均有所下降,说明加厚承托不仅能够使预制混凝土桥面板免支模湿接缝方案达到与原方案(现浇湿接缝)相同的结构抗力(截面不削弱),应力也会有所改善。

针对以上分析结果,各方案优缺点对比分析见表 4。通过综合比较可知:为适应装配化需求,达到快速化施工的目的,对于跨径较小的桥面板,推荐采用方案二;对于跨径较大的桥面板,推荐采用承载能力较大的方案三。

表 4 不同方案优缺点分析

方案	优点	缺点
原方案 (吊模浇筑)	桥面板预制及钢筋加工简单。	需吊模施工,施工速度慢、现场工作量大。
方案一 (L 型承托)	桥面板钢筋加工简单,预制便利。	需验证截面削弱后是否满足结构受力要求。
方案二 (承托带倒角)	对方案一承托进行倒角处理,应力集中现象改善明显。	截面削弱较方案一有所改善,但仍需验证截面削弱后结构受力要求。
方案三 (承托加厚)	不削弱原截面受力截面,承载能力同原方案相当。	底部凸起美观性相比于其他方案较差,承托的钢筋构造需单独加工。

3 结 论

(1)本文提出的预制混凝土桥面板免支模湿接缝方案一(L 型承托),满足结构受力要求。

(2)经计算分析,在方案一基础上提出的改进方案二(承托设置倒角)和方案三(承托加厚),方案二混凝土应力集中现象改善明显,钢筋应力水平有所下降;方案三中钢筋和混凝土应力最小,结构受力最

好,承载能力最大。

(3)综合论证比较,预制混凝土桥面板免支模湿接缝方案二(承托设置倒角)的结构型式简洁美观,工厂预制难度与常规桥面板相近,现场施工便捷,符合工业化建造的要求,对于本项目推荐方案二。但在工程应用中应注意验算削弱后的截面承载能力是否符合规范要求。

(4)当纵梁间距较大、桥面板跨径较大时,推荐采用承载能力较强的方案三(承托加厚)。

参考文献:

[1] 沈小平,梁峰.组合箱梁横向湿接缝纵向裂缝成因分析及内力计算[J].中外公路,2015,35(4): 221-223.

[2] Issa Mohsen, Idriss Ahmad Talal, Kaspar Iraj I. et al. Full depth precast and precast, prestressed concrete bridge deck panels[J]. PCI journal, 1995,40(1): 59-80.

[3] Yousif Alfred A. Field performance of full depth precast concrete panels in bridge deck reconstruction[D]: Chicago :University of Illinois at Chicago, 1995.

[4] HE Z Q, MA Z J, CHAPMAN C E, et al. Longitudinal joints with accelerated construction features in decked bulb-tee girder bridges: Strut-and-tie model and design guidelines[J]. Journal of Bridge Engineering, 2012, 18(5): 372-379.

[5] 王世昕,张瀑,范举国,等.环形钢筋搭接连接性能试验研究[J].四川建筑科学研究,2017,43(6):32-36.

[6] 苏庆田,胡一鸣,田乐,等.用于组合梁桥面板湿接缝的弧形钢筋连接构造[J].中国公路学报,2017,30(9): 86-92.

[7] 操礼林,李爱群,谢洪恩,等.大型板装拼接节点试验研究[J].东南大学学报(自然科学版),2011,41(6): 1253-1258.

[8] 杜定发.新型预制装配节点试验研究[D].镇江:江苏科技大学,2012.

[9] 王文前.装配式钢-RPC 轻型组合桥面结构关键技术研究[D].长沙:湖南大学,2013.

[10] 李文浩.钢-RPC 叠合桥面板接缝力学性能研究[D].成都:西南交通大学,2013.

[11] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[12] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com