

特大桥型钢护栏连接方案研究

裴大军¹, 彭晓彬², 龚帅³, 邓宝³, 杨福宇³, 亢寒晶³, 闫书明³

(1. 湖北武穴长江公路大桥有限公司, 湖北 黄冈 435499; 2. 湖北省交通规划设计院股份有限公司;
3. 北京华路安交通科技有限公司)

摘要:针对某特大桥型钢护栏的连接方式进行设计,并运用计算机仿真分析方法对几种连接方案进行碰撞分析,研究结果表明:提出的连接方案在提升护栏安装和维护方便性的同时,均保证了护栏的正常防护功能。研究成果能够满足桥梁对型钢护栏安装维护方便性与安全性的需要,可为型钢护栏的设计研发及工程实践提供借鉴。

关键词:型钢护栏; 连接; 优化; 碰撞; 安全性能

特大桥使用的护栏形式主要包含型钢护栏、钢筋混凝土护栏和组合式护栏3大类,其中钢筋混凝土护栏与组合式护栏重量较大,在特大桥上应用会增加桥梁的永久荷载,而型钢护栏具有结构轻盈、协调通透的特点,应用在桥梁上能够有效减少桥梁重量和横向风载,并且还兼具优良的安全性能与良好的景观效果,现在桥梁上应用越来越广泛。目前针对特大型桥梁用型钢护栏已开展过一些研究工作,研究成果在安全性和经济性方面都已取得了较大突破,但由于这些护栏结构在连接安装方面尚存在不足,不仅给施工安装和后期维护更换带来不便,亦使施工人员因安装作业时间较长而存在安全风险。因此有必要针对特大型桥梁用型钢护栏的连接安装进行设计研究,以提高其安装及维护的便利性。

该文在对特大型桥梁用型钢护栏连接安装情况进行调查和分析的基础上,研究提出型钢护栏连接设计方案,并运用计算机有限元仿真分析的先进技术,对方案进行碰撞分析,验证其可行性。

1 常规型钢护栏连接安装问题分析

从实际调查结果看,特大型桥梁用型钢护栏的基本结构一般包括横梁与立柱,同时为保持结构具有良好的防撞性能,还需要通过可靠的连接使其达到刚度匹配效果。目前桥梁型钢护栏大多采用方管钢护栏,护栏横梁为方形钢管,立柱为型钢,根据横梁数量分为双横梁、三横梁、四横梁和五横梁等结构,由于其良好的景观效果

和通透性,在中国大型桥梁上均有应用。

型钢护栏虽然设计形式多样,但是现有结构大部分在施工安装和养护维修等方面仍然存在问题,主要原因在于:① 护栏构件多采用螺栓进行连接,设计阶段缺少相关研究或考虑不足,后期安装中螺栓安装量大,且定位困难;② 护栏结构在进行设计时一般直接采用市面上的标准管材,如横梁一般直接采用方管或矩形管,由于横梁未进行专门设计和处理,为封闭结构,则横梁与立柱、横梁与横梁之间连接时较不方便,导致安装施工和后期维护较为不易;③ 护栏结构安装没有合理考虑容错能力,在实际工程中往往由于土建施工不可避免存在误差,导致预埋螺栓定位不准,进而造成结构整体安装施工和后期维护工作难上加难。

2 型钢护栏连接方案

型钢护栏的连接主要包括立柱与地脚螺栓的连接、横梁与立柱的连接、横梁与横梁之间的拼接三部分。针对型钢护栏连接方面存在的不足,进行优化改进设计。

2.1 立柱与地脚螺栓连接

对于立柱与地脚螺栓的连接,通过在基础里设置预埋定位板,可有效提高立柱位置的地脚螺栓相对位置定位准确性,同时通过扩大立柱底板上的连接孔以达到方便安装的效果。

2.2 横梁与立柱连接

在实际工程中发现,立柱之间的间距若要达到精

确定位较为困难,误差往往达到厘米级别,这样加大了横梁与立柱之间的连接难度。基于此提出 4 种横梁与立柱的连接方式,如图 1 所示。连接方式 1:采用背部开口横梁方案,在横梁内部设置大垫片,通过连接螺栓将垫片与护栏立柱连接;连接方式 2:在矩形横梁背部设置长度方向的长孔,利用经特殊设计的螺栓,使其插进长孔后可通过旋转 90°卡入横梁长孔内,之后安装到立柱上即可,图 1(b)中为显示横梁内螺栓,对横梁进行了透明显示;连接方式 3:采用防阻块结构,防阻块前部与横梁焊接,背部设置长孔,立柱上设置高度方向长孔,安装时防阻块上的长孔和立柱上的长孔共同作用,可提高结构安装时的便捷性;连接方式 4:采用托举式角钢,角钢由钢板制作而成,两边均设置螺栓孔,立柱上设置高度方向的长孔,横梁上设置护栏长度方向的长孔。

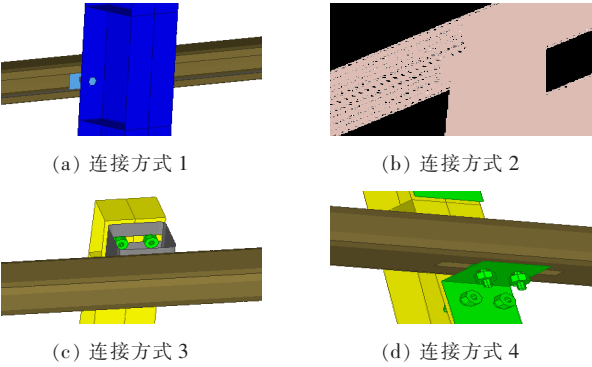


图 1 横梁与立柱连接方式

2.3 横梁与横梁拼接

对于横梁与横梁之间的拼接,优化采用减少螺栓数量,同时通过在内套管上开长孔以有效提高安装的容错性,同时在横梁迎撞侧设置方便内套管纵向移动的槽口也能够很好地提高安装方便性。如图 2 所示为横梁槽口设计。

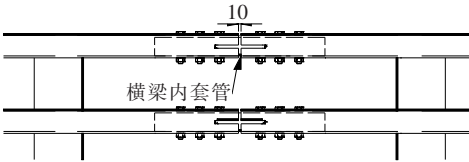


图 2 横梁槽口设计(单位:mm)

3 方案可行性验证

提升型钢护栏的连接安装方便性,不应以牺牲护栏的安全性能为代价,故运用计算机有限元仿真分析

方法,对上述几种方案进行碰撞分析,以验证其可行性。

以某八(HA)级设计防护等级的型钢护栏结构为对象(主要结构参数见表 1),在确定护栏高度、横梁布置、横梁规格、立柱形式及间距等主要结构参数基础上,结合前文介绍的 4 种连接方式,形成 4 种护栏方案,各方案不同之处在于横梁与立柱的连接方式不同,对护栏进行车辆碰撞仿真模拟,分析 4 种方案的可行性。

表 1 某八(HA)级设计防护等级的型钢护栏主要结构参数

护栏结构		单位	规格参数
护栏高度	护栏高度	mm	1 600
	横梁层数	层	4
	形式		矩形管
	横梁布置		
横梁布置	横梁高度	mm	120
	横梁宽度	mm	160
	上层横梁厚度	mm	8
	下层横梁厚度	mm	4
立柱	形式		H 形
	间距	mm	1 500
	厚度	mm	10

参考 JTG B05—01—2013《公路护栏安全性能评价标准》规定的八(HA)级碰撞条件,选取并建立 1.5 t 小型客车、25 t 特大型客车和 55 t 鞍式货车 3 种车辆撞击护栏的计算机仿真模型。其中特大型客车模型以 85 km/h 速度、20°角对护栏模型进行撞击,鞍式货车以 65 km/h 速度、20°角对护栏模型进行撞击,采用大型车辆主要用来分析护栏的阻挡和导向性能是否合格,以及观测护栏变形损坏情况;1.5 t 小型客车以 100 km/h 速度、20°角对护栏模型进行撞击,主要用来分析护栏的缓冲性能。根据得到的仿真计算结果,对 4 种设计方案进行安全性能验证。仿真碰撞分析结果图 3 所示。

由图 3 可知:特大型客车与鞍式货车碰撞护栏后,均没有穿出护栏,型钢护栏构件均无侵入车辆乘员舱;车辆正常导出,运行姿态没有出现非正常现象,车辆行驶轨迹满足导向驶出框要求;通过进一步对比 4 组护栏的损坏情况可得,方案 4 受到车辆撞击发生损坏情况更加显著,方案 3 受到车辆撞击发生损坏情况较小,说明增加立柱和横梁之间的防阻块对于吸收车辆碰撞能量和减小车辆绊阻起到了良好效果。由此可见,4

种护栏方案均可满足评价标准中的阻挡、导向指标要求,方案 3 在变形损坏方面较其他方案表现更佳。

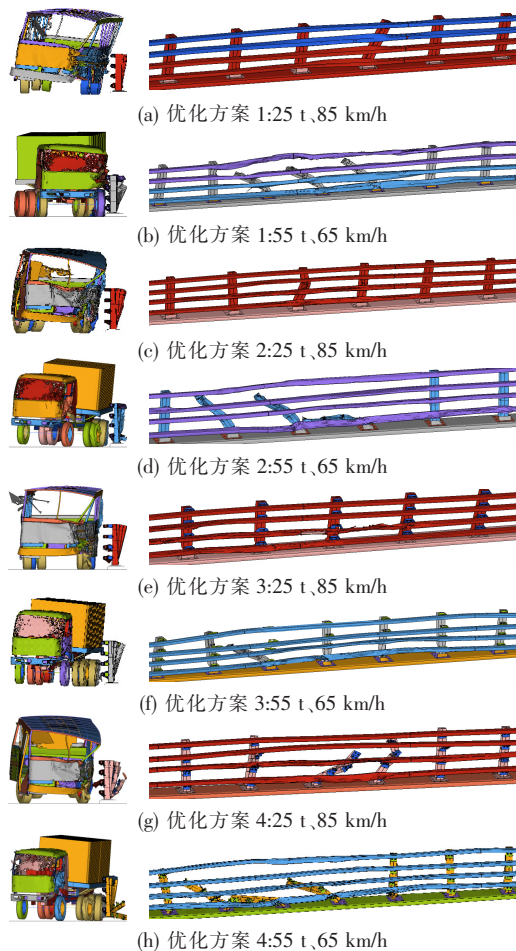


图 3 仿真碰撞结果(碰撞角度:20°)

小客车碰撞不同护栏方案乘员缓冲指标如表 2 所示。由表 2 可知:乘员碰撞速度小于 12 m/s,乘员碰撞后加速度小于 200 m/s²,均可满足评价标准中的缓冲指标要求,其中方案 2、3 的缓冲性能指标略优于其他两种方案。

表 2 小客车缓冲指标

优化方案	乘员碰撞速度/ (m · s ⁻¹)		乘员碰撞后加速度/ (m · s ⁻²)	
	纵向	横向	纵向	横向
1	6.4	8.2	59.9	85.6
2	6.9	8.3	40.6	45.6
3	6.7	7.8	37.2	58.1
4	5.9	8.1	70.9	102.4

综合以上分析可得,4 种连接方案均具有可行性,

其中采用防阻块的方案 3 较其他方案具有更好的安全防护性能表现。

4 结论

常规型钢护栏在连接设计方面存在一定不足,如容错设计考虑不充分,以及横梁端部没有槽口设计(封闭结构)等,使得护栏的安装施工和后期维护存在不小难度。针对目前型钢护栏连接方面存在的不足,对护栏立柱与地脚螺栓连接、横梁与立柱连接、横梁与横梁之间的拼接进行了优化改进,所提方案大大提升了护栏安装施工和后期维护的方便性。提升型钢护栏的连接安装方便性,不应以牺牲护栏的安全性能为代价,运用计算机有限元仿真分析方法,对 4 种连接方案进行碰撞分析,验证了方案均具有可行性,其中横梁与立柱连接采用防阻块的方案 3 较其他方案具有更好的安全防护性能表现。

参考文献:

- [1] 谢玉萌,朱自萍. 高速公路桥梁护栏设计方法研究[J]. 工程与建设,2018(4).
- [2] 刘明虎,张门哲,亢寒晶,等. 桥梁嵌固式基础中央分隔带钢护栏安全性分析[J]. 中外公路,2019(3).
- [3] 毛雯丽. 桥梁梁柱式钢护栏防撞性能仿真计算研究[D]. 浙江工业大学硕士学位论文,2012.
- [4] 闫书明,郑斌,李黎龙,等. 梁柱式型钢护栏设计优化及安全性能评价[J]. 公路交通科技,2012(1).
- [5] 李勤策,龚帅,喻丹凤,等. HA 级三横梁组合式桥梁护栏设计优化[J]. 城市道桥与防洪,2017(12).
- [6] 罗爱道,龚帅,滕玉禄,等. 黄龙带特大桥侧护栏优化[J]. 城市道桥与防洪,2016(7).
- [7] 庞杰,李雷,谢鹏. 基于桥侧护栏形式的中央分隔带护栏结构设计及优化研究[J]. 公路工程,2017(2).
- [8] 雷正保,刘漫雪. 岳阳洞庭湖二桥钢护栏优化设计[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版),2015(2).
- [9] 谢刚,张翔,罗慧君. 汝郴高速赤石特大桥型钢护栏试验碰撞条件与评价标准研究[J]. 公路交通科技(应用技术版),2016(3).
- [10] 卢辉,龚帅,林海腾,等. 跨水资源路段高等级桥梁护栏及防抛设施设计[J]. 特种结构,2019(6).
- [11] 闫书明. 有限元仿真方法评价护栏安全性能的可行性[J]. 振动与冲击,2011(1).
- [12] JTG B05—01—2013 公路护栏安全性能评价标准[S].