

路桥护栏过渡段碰撞性能研究

栗磊¹ 滕玉禄² 段绍飞¹ 秦延朋²

1. 贵州泓阳交通建设工程有限公司; 2. 北京市高速公路交通工程有限公司

摘要: 本文通过研究路桥护栏过渡段护栏的有关问题,分析了安全防护设施的需求,采用方案设计、模拟仿真和实车足尺碰撞试验方法对其碰撞性能研究,研发的路桥护栏过渡段安全评价指标满足标准要求,可提高道路防护能力,保障车辆和司乘人员安全,减少公路防护漏洞,为我国相关公路护栏技术规范的修订积累了宝贵资料,提供了科学依据,具有良好的社会经济效益。

关键词: 路桥护栏; 过渡段; 模拟仿真; 安全防护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.037

引言

高速公路为了减少失控车辆驶出道路外侧或冲入对向车道造成严重的恶性事故,往往在路基段采用半刚性波形梁护栏结构,在桥梁路段采用刚性混凝土护栏结构^[1],用于车辆安全防护。但针对两者连接位置,早期建设的部分路段采用不连接的方式或直接少量螺栓搭接的方式设置,失控车辆较大冲击力碰撞波形梁护栏及其端部时,波形梁护栏端头会与混凝土护栏端头断开,无法提供有效的有效锚固力,同时波形梁护栏产生较大变形,不能将车辆有效导回原道路,失控车辆直接碰撞混凝土护栏端头或穿越波形梁护栏^[2]。近些年,国内发生了多起失控车辆碰撞路桥护栏过渡段位置,导致车辆直接碰撞混凝土护栏端部或驶入桥下的恶性交通事故,事故死亡人数多在10人以上,给人民生命财产带来了极大损失,造成了不良的社会影响。2022年交通运输部办公厅和公安部办公厅联合印发了《公路安全设施和交通秩序管理精细化提升行动方案》,其主要任务第一条就是精细提升安全防护能力,加强护栏连接过渡。鉴于此,为了提升路桥过渡段安全防护能力,保障失控车辆碰撞路桥护栏连接位置中发挥安全防护作用,本项目以“新型钢板构件”作为连接方式,采用计算机模拟仿真分析和实车碰撞试验为手段,对多个车辆碰撞验证其可靠性。

一、路桥护栏过渡段护栏结构设计

(一) 结构形式选择

现行标准规范《公路护栏安全性能评价标准(JTG B-01—2013)》中规定,护栏的三种形式分别为刚性护栏、半刚性护栏和柔性护栏。由于路桥过渡段护栏为刚性和半刚性护栏过渡,柔性结构无法进行合理强度过渡,不能作为过渡结构;刚性结构施工需要设置钢筋笼、浇筑养护混凝土等工序,对于旧路保通施工的改造,作业周期较长,施工作业区存在一定安全隐患,不宜大范围应用;半刚性结构强度过渡合理^[3],可在工厂标准化生产,精细化管理,质量控制有保障,标准构件运输到工地可快速安装,降低施工周期,减少施工人员在施工现场的安全风险。

(二) 防护等级确认

高速公路安全防护等级为八个,从小到大分别为C、B、A、SB、SA、SS、HB、HA。路桥护栏过渡段安全防护能力不足均为早期建设的护栏,其设计标准按早期交通流量设计,混凝土护栏大部分为SA级和SB级,波形梁护栏多以A级为主,选择两者最高防护等级或中间防护能力为了强度合理过渡,过渡段防护等级宜为SB级。且现行规范《公路交通安全设施设计规范》中6.2.14规定“不同防护等级或不同结构形式的护栏之间连接时,应进行过渡段设计。护栏过渡段的防护等级应不低于所连接护栏中较低的防护等级”,根据上述分析,采用SB级进行碰撞性能分析,以适用道路实际需求。

(三) 结构方案

结合路桥护栏结构现状,路桥护栏过渡段采用新型钢板构件作为新型桥梁护栏端头的结构,连接两种不同护栏。新型钢板构件采用与波形梁护栏同等厚度和材质的钢材,即4mm厚的Q235钢材。其一端与混凝土护栏结构相连接,结构外观与混凝土坡面相符,并采用化学锚栓锚固在混凝土护栏上,实现构件能与混凝土护栏无缝安装;另一端设置垂直平面与波形梁护栏连接,保证波形梁护栏不产生倾斜,同时在新型钢板护栏背部增加可调整肋板,来实现和现场不同混凝土护栏高度、宽度的调节,满足搭接要求。为了保证结构强度,项目禁止在新型钢板构件竖向方向进行焊接。过渡连接形式如图1、2所示,新型钢板构架如图3所示。

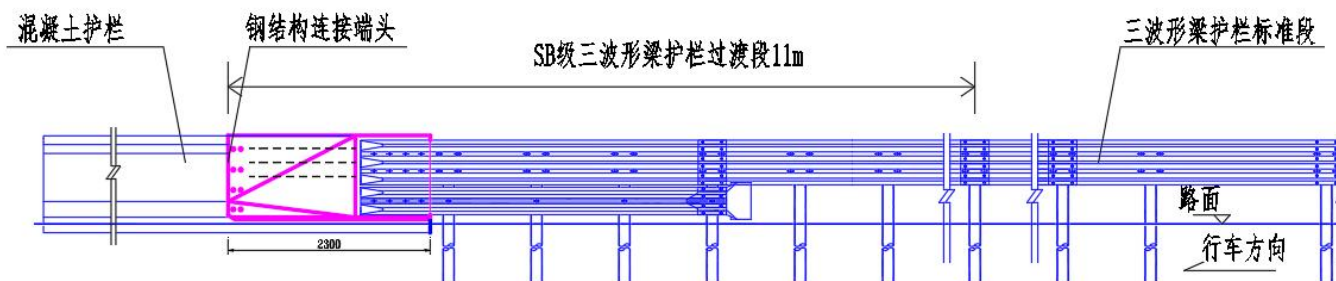


图1 路桥过渡段立面图

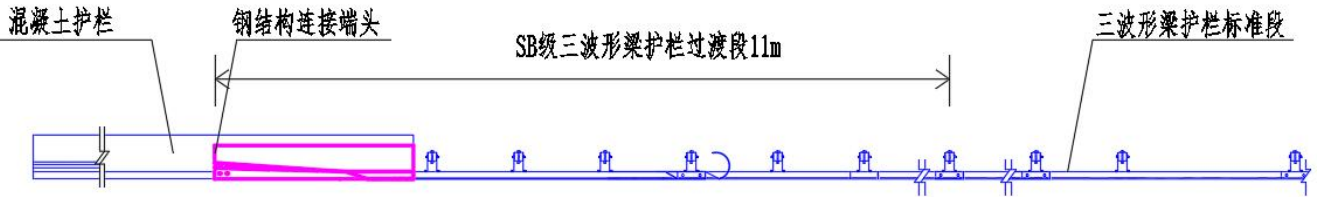


图2 路桥过渡段俯视图

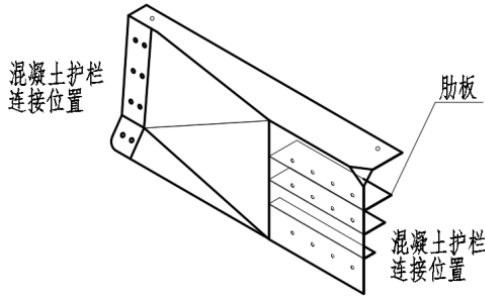


图3 新型钢板构件轴侧图

新型钢板构架可有效将混凝土护栏与波形梁护栏连接，当车辆碰撞时，其背部设置的肋板可变形吸能，具有一定缓冲功能，在肋板变形极限后，新型钢板构架贴合在混凝土护栏上，过渡到刚性护栏碰撞，合理将半刚性护栏过渡到刚性护栏。

二、护栏安全性能评价指标

《公路护栏安全性能评价标准》要求过渡段采用小型客车碰撞路桥护栏过渡段起点3/4长度处，大中型车辆碰撞路桥护栏过渡段中点位置。碰撞要求如图4所示，碰撞条件如表1所示。

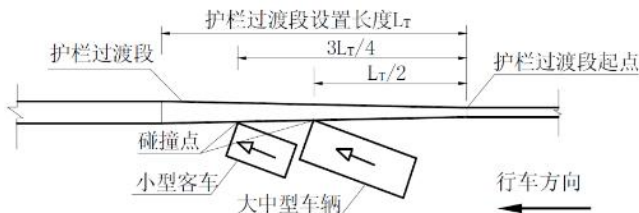


图4 SB级碰撞位置
表1 SB级碰撞条件

碰撞位置	速度 (km/h)	角度 (°)	车辆重量 (t)	车型
3/4长度处	100	20	1.5	小客车
中点	80	20	10	大客车
	60	20	18	大货车

三、仿真模型的建立

按《公路护栏安全性能评价标准》建立小客车、大客车和大货车三种车辆和护栏模型，考虑到金属特性和混凝土材料特性，仿真模拟碰撞以二维壳单元进行建模，并减少除了四边形以外的模型单元，确保四边形壳单元占比≥95%。根据评价标准要求：小客车轮胎胎压为0.3MPa，大客车轮胎胎压为0.8MPa。基于惩罚函数法的Automatic_Single_Surface接触类型解决边界非线性问题^[4]。

基于标准中碰撞车辆参数建设小型客车模型如图5

所示，并设立规定模型坐标方向：车辆行驶方向为x坐标，宽度方向为y坐标，z方向垂直于xy平面。其中小客车具有48895个节点、58620个壳单元、345个实体单元、94个梁单元、568个其他单元。大客车具有72665个节点、79551个壳单元、2147个梁单元、8个弹簧单元、3258个其他单元，大货车具有42553个节点、22346个壳单元、78个梁单元、32个弹簧单元、1546个其他单元。



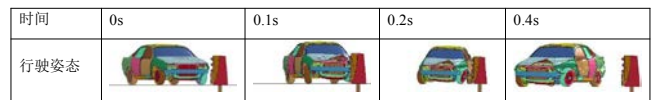
图5 车辆有限元模型

四、新型桥梁护栏端头仿真结果

(一) 小型客车测试指标与分析

(1) 小客车碰撞护栏姿态如表2所示。

表2 小客车碰撞姿态



(2) 小客车及护栏损坏情况如图6所示。



图6 小客车及护栏损坏情况

(3) 小客车乘员碰撞速度和乘员碰撞后加速度

表3 乘员碰撞后加速度及乘员碰撞速度

评价指标		测试结果
乘员碰撞速度 (m/s)	纵向	7.4
	横向	5.2
乘员碰撞后加速度 (m/s ²)	纵向	78.3
	横向	163.5

(二) 大客车测试指标与分析

(1) 大客车碰撞护栏姿态如表4所示。

表4 大客车碰撞姿态



(2) 大客车及护栏损坏情况如图7所示。

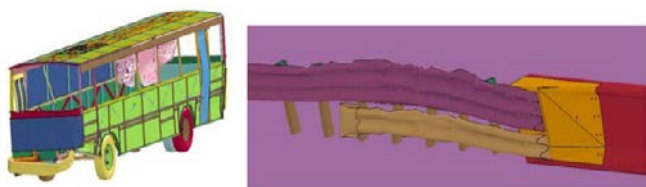


图7 大客车及护栏损害情况

(3) 护栏最大横向动态变形值为450mm, 最大横向动态外延值为850mm, 车辆最大动态外倾值950mm。

(三) 大货车测试指标与分析

(1) 大货车碰撞护栏姿态如表5所示。

表5 大货车碰撞姿态

时间	0s	0.2s	0.6s	1.2s
行驶姿态				

(2) 大货车及护栏损坏情况如图8所示。

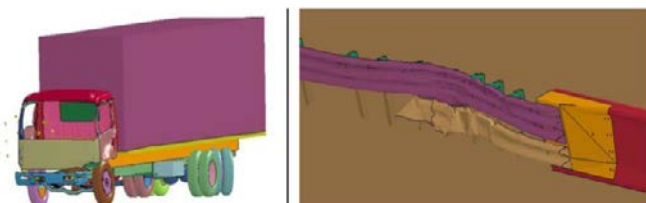


图8 大货车及护栏损害情况

(3) 护栏最大横向动态变形值为400mm, 最大横向动态外延值为850mm, 车辆最大外倾值1000mm。

通过计算机仿真分析, 所有车辆碰撞路桥护栏过渡段后均可顺利导出, 不存在绊阻、翻越或穿越护栏的现象, 有效防护车辆和司乘人员, 满足规范中导向功能、阻挡功能; 同时小客车碰撞速度的纵向和横向分量均不大于12m/s, 乘员碰撞后加速度的纵向和横向分量均不大于200m/s², 该新型路桥护栏过渡段的各项指标符合《公路护栏安全性能评价标准》中SB级评价指标要求。为了进一步验证其可靠性, 本项目按上述结构通过了实车足尺碰撞试验, 取得检测报告并在贵州实际道路工程中应用。

五、结论

路桥护栏过渡段经过结构研究、仿真分析研究, 通过了小客车、大客车、大货车三种车型实车足尺碰撞试验验证, 各项安全防护设施各项评价指标均满足《公路护栏安全性能评价标准》(JTG B05-01-2013)要求。可有效提高公路路桥护栏过渡段安全防护能力, 降低车



图9 道路应用照片

辆和司乘人员损害, 减少道路安全防护漏洞, 满足人民对平安交通的发展需求, 具有良好的社会效益和经济效益。随着我国平安交通的推进, 本项目研究成果具有广阔的市场应用前景。

参考文献

- [1] JTG/T D81-2017公路交通安全设施设计细则[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.
- [2] JTG D81-2017公路交通安全设施设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.
- [3] JTG B05-01-2013公路护栏安全性能评价标准[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2013.
- [4] 滕玉禄. 搭接式波形板活动护栏安全性能分析[J]. 特种结构, 2020, 37(06): 73-76.