

桥梁检修工程组合式吊架系统设计和施工

陈波¹, 田世清², 王俊新², 曾小铤¹, 高珍²

(1.重庆建工集团股份有限公司, 重庆 400014; 2.重庆桥都桥梁技术有限公司, 重庆 401220)

摘要: 针对传统施工操作平台的缺陷, 根据遂资(遂宁—资阳)高速公路上桥梁工程的实际, 设计一种用于桥梁检修工程的组合式吊架系统, 阐述了其结构和施工技术, 并运用 MIDAS 有限元软件对其进行结构验算。结果表明, 该组合式吊架系统各构件的刚度、强度均满足规范要求, 且尺寸和位置可灵活调整, 适应于不同地形上不同结构形式的桥梁。

关键词: 桥梁; 组合式吊架; 施工平台; 检修; 有限元分析

中图分类号: U446.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)01-0140-03

现有施工操作平台有桥梁检测车、满堂式钢管支架、由钢丝绳和钢管及竹跳板拼装而成的吊架等。桥梁检测车适用于分散、短暂、一次性的缺陷维修作业, 优点是快速、安全, 缺点是成本高、需长时间占用行车道; 满堂式钢管支架适用于各种缺陷维修作业, 缺点是受地形和净空限制大、成本高、耗时长; 吊架适用于桥梁上部结构各种缺陷的维修作业, 不受地形、净空限制, 但其拼装时间长, 需对桥梁构件打孔锚固, 安全性较差。为适应检修桥梁的结构形式及施工环境, 保证检修质量, 提高施工效率, 研究一种适用性强、安全性高、搭拆速度快、成本费用低、不需对桥梁构件打孔锚固、不需长时间占用行车道的组合吊架系统显得十分必要。该文结合具体工程, 设计一种可用于桥跨中间区段梁底施工, 不可抵达墩顶盖梁两端的施工区段的桥梁检修工程组合式吊架系统。

1 工程概况

四川遂资遂资(遂宁—资阳)高速公路上共有 39 座主线桥、3 座互通立交桥, 桥梁结构形式为预应力砼简支或连续梁桥, 最大跨径 30 m, 主桥桥面宽 24.5 m, 盖梁宽 1.5~2 m。按桥梁所处地形, 有跨深谷桥、跨河桥、跨线桥, 桥下净空各不相同。

2 系统研发

2.1 结构设计

组合吊架由型钢组合形成的 U 形抱架抱挂在盖梁上。U 形抱架由 2 个 $\angle 70 \times 70 \times 6$ mm 型钢焊接成 L 形, L 形的连接横臂长 2 m, 横臂两端各有 6 个间隔 10 cm 的孔, 用于调整横臂长度。U 形抱架两角形成钢丝绳连接孔连接钢丝绳, 钢丝绳采用 6

$\times 19S + IWR - 20$ mm(见图 1)。在钢丝绳上悬挂设计的吊架, 纵桥向形成组合吊架施工平台。如图 2 所示, 吊架由 4 根 $40 \times 4 \times 1\,500$ mm 钢板竖向连接, 连接杆和平台用螺栓栓接, 连接杆一端有 14 个间隔 5 cm 的孔, 用于调整连接杆的连接长度, 使施工平台水平。单个吊架平台的长、宽均为 1.2 m, 由 $\angle 40 \times 40 \times 4$ mm 型钢形成纵横网格框架, 平台上满铺 2 mm 厚铝合金板。施工人员由安全笼爬梯搭设和到达施工平台。

安全笼爬梯由 $\phi 60$ mm 钢管作为龙骨, 上端通过焊接弯折形成挂钩, 弯折半径 10 cm, 挂在防撞护

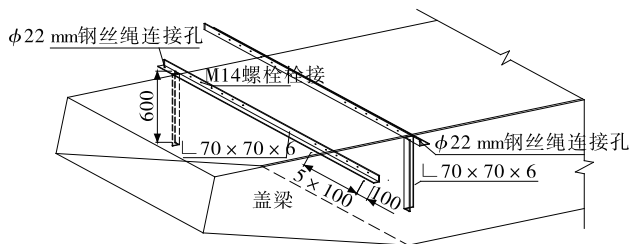


图 1 U 形抱架示意图(单位: mm)

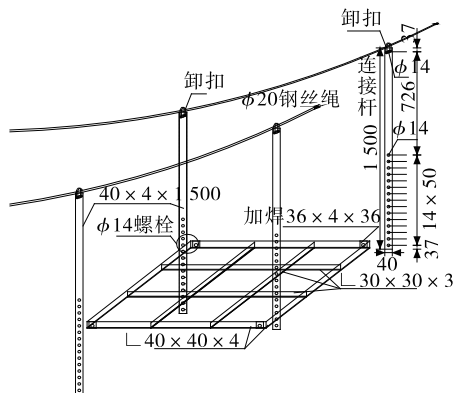


图 2 成品吊架示意图(单位: mm)

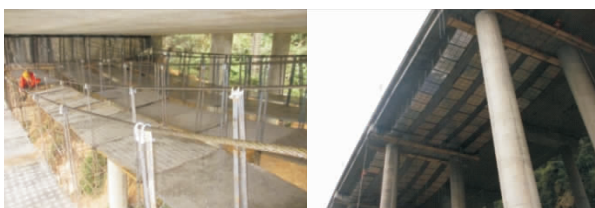


图 3 遂资高速公路某桥检修吊架平台

栏上并设置螺栓抵紧护栏固定爬梯。爬梯踏步用 $\phi 20$ mm 钢筋、长 77 cm,爬梯设 $\phi 20$ mm 钢筋安全笼,爬梯由 3 段组成,每段上端均由挂钩连接,挂拆方便,第三段龙骨底部形成平台以到达施工平台。

一榀吊架自重约 25.2 kg,由工厂提前加工,可按需要拼成多种尺寸的平台,在拼接、拆卸和转移过程中可逐榀施工。装好吊架后,在钢丝绳和施工平台上围挡安全网。图 3 为遂资高速公路某桥检修吊架平台。

2.2 施工流程设计

吊架施工平台的拼装流程:在施工现场外拼装连接为成品吊架→运输到平台搭设现场→在上行侧防撞护栏上安装安全笼爬梯并栓紧→在盖梁上安装 U 形抱架→连接钢丝绳→调整钢丝绳的高度使吊架工作平台高度便于施工→连接另一侧钢丝绳→将成品吊架用绳子吊下→将成品吊架安装成工作平台→系绑吊架施工平台的安全网→安装完毕。

吊架施工平台的拆除、转运流程:拆除吊架平台外围的安全网→从安全笼爬梯的远端开始拆卸成品吊架→用绳子将已拆卸的成品吊架吊至桥面→拆卸钢丝绳→拆卸 U 形抱架→拆卸安全笼爬梯→完成拆卸转移。

3 结构验算

3.1 一榀吊架平台的验算

运用 MIDAS /Civil 有限元软件建立一榀吊架施工平台模型,各构件均采用梁单元模拟,模型包括 32 个节点、40 个单元。

施加荷载如下:1) 自重。吊架结构和竖向连接杆的重量以结构自重形式加载,将铝合金板和安全网等作为结构自身重量施加在吊架结构构件上,并计算增大自重系数,吊架平台结构的自重系数为 1.36。2) 施工荷载。吊架平台上有工作人员、施工所用设备及材料,直接在吊架结构上施加荷载,根据现场施工加载情况,计算荷载为 2.5 kN,以均布梁单元荷载的形式加载,吊架平台结构梁单元的均

布荷载为 0.26 kN/m。3) 风荷载。风荷载按照静阵风荷载考虑,根据 JTG/T D60-01-2004《公路桥梁抗风设计规范》中吊杆上横桥向风作用下静风荷载计算公式,吊架平台的横向风均布荷载为 14.5 N/m。

边界条件:吊架竖向连接杆的端部用一般支承约束;约束 x 、 y 、 z 方向的平动, x 、 y 、 z 方向的转动不约束;模拟吊架连接在钢丝绳上。

在 1.2 倍自重+1.4 倍施工荷载+0.75 倍风荷载的组合作用下,单榀吊架结构的应力分布及变形见图 4、图 5。由图 4、图 5 可知:1) 吊架平台结构 4 个边梁的跨中应力最大,为 108.4 MPa,小于规范规定的 Q345 钢材抗拉和抗压强度设计值 $[\sigma]=300$ MPa,吊架平台主梁的强度满足规范要求;挠度最大位置也在 4 个边梁的跨中,为 2.8 mm,小于规范的挠度容许值 $L/400=3$ mm,吊架平台主梁的刚度满足规范要求。

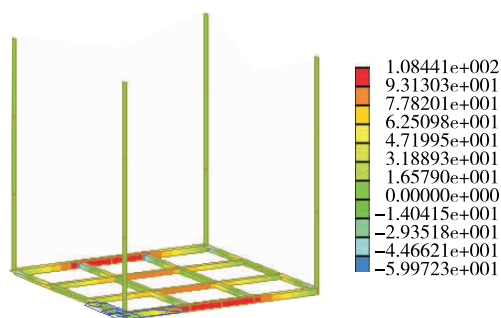


图 4 吊架平台主梁的应力分布(单位:MPa)

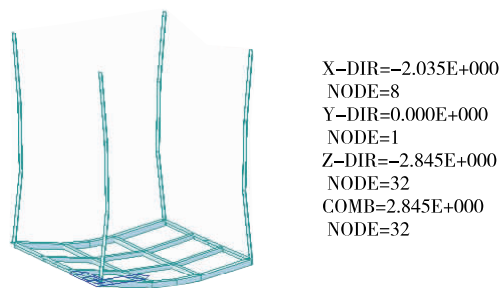


图 5 吊架平台主梁的变形(单位:mm)

3.2 钢丝绳的验算

该项目使用的吊架最多 23 榀,按最不利荷载计算,每根钢丝绳最大吊力为 38.7 kN。根据 GB 8918-2006《重要用途钢丝绳》中表 10 的规定,最小钢丝破断拉力总和为 238×1.308 kN,钢丝绳安全系数为 8.0,钢丝绳的强度满足要求。

3.3 U 形抱架的验算

运用 MIDAS/FEA 建立 U 形抱架有限元模

型,模型采用实体单元划分网格,共有 14 507 个节点、40 924 个单元。计算得 U 形抱架上的荷载为 38.7 kN,加载在钢丝绳连接孔面上。边界条件为 U 形抱架与盖梁限制型钢抵紧盖梁方向的平动。

U 形抱架的应力分布见图 6。由图 6 可知:U 形抱架的最大应力发生在 U 形角内侧,为 134.2 MPa,小于规范规定的抗拉和抗压强度设计值 $[\sigma]=300$ MPa,吊架平台主梁的强度满足规范要求。

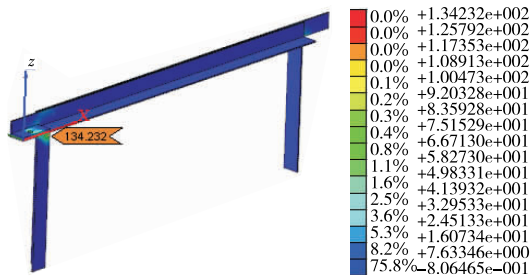


图 6 U 形抱架的应力分布(单位:MPa)

3.4 墩柱的验算

采用 MIDAS/Civil 建立墩柱实体单元模型,共有 13 069 个节点、11 824 个单元,材料为 C30 砼。将 U 形抱架上的荷载按实际搭设位置加载在盖梁上。墩柱的应力分布见图 7。由图 7 可知:墩柱的最大拉应力出现在墩柱底部,为 1.97 MPa,小于规范规定的砼抗拉强度标准值 $[\sigma]=2.01$ MPa,墩柱的强度满足规范要求。

4 结语

该文根据四川遂资高速公路上桥梁工程的实际设计组合吊架系统,计算结果表明其构件均符合规

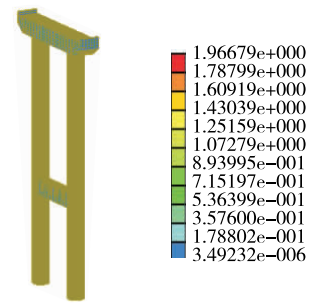


图 7 墩柱的应力分布(单位:MPa)

范要求,结构可靠,强度、刚度等具有足够的安全储备。该组合吊架系统主要针对地形不一的桥梁,吊架平台可根据不同桥跨自由选择成品吊架数量进行组装,可灵活调整尺寸和位置,装拆安全、快捷;不破坏桥梁构件;占用车道时间短;工期短,可重复利用,施工强度低;不受检修桥梁梁底净高的限制,不影响桥下通航或通车要求,适用性强。

参考文献:

- [1] GB 50017—2003,钢结构设计规范[S].
- [2] GB 8918—2006,重要用途钢丝绳[S].
- [3] JTG/T D60—01—2004,公路桥梁抗风设计规范[S].
- [4] Y Matsumoto, T Nishioka, H Shiojifi, et al. Dynamic design of footbridges[A]. IABSE Proceedings[C]. 1978.
- [5] 温晓曦. 桥梁加固工程钢缆索兜吊平台设计与施工技术[J]. 湖南交通科技, 2013, 39(2).
- [6] 魏魁, 高洪波. 大跨径连续刚构桥梁底维修平台设计[J]. 世界桥梁, 2017, 45(1).

收稿日期:2018—05—18

(上接第 71 页)

- [8] 刘怡林, 支喜兰, 石刚. 基于 GIS 的黄土地区公路地基承载力评价系统[J]. 公路, 2006(1).
- [9] 李彦武. 黄土地区路基防护与支挡工程病害及防治措施[J]. 公路交通科技, 2009, 26(9).
- [10] 李彦武. 黄土地区路基病害分析及防治对策[J]. 公路, 2009(8).
- [11] GB 50025—2004, 湿陷性黄土地区建筑规范[S].
- [12] 范敏, 倪万魁. 黄土高原地区公路路基土性参数统计分析[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(2).
- [13] 徐芹选, 赵景波, 祁晓丽. 黄土孔隙度及粒度组成关系初探[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(1).
- [14] 王永焱. 中国黄土结构特征及物理力学性质[M]. 北京: 科学出版社, 1990.

- [15] 王高航. 黄土地区高等级公路路基工程施工[J]. 公路, 2005(10).
- [16] 王国昀. 车辆荷载对公路路基动力响应的现场试验研究[J]. 公路与汽运, 2010(2).
- [17] 景宏君, 张斌. 黄土地区公路路基冲击压实试验[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(1).
- [18] 任新涛, 赵占成. 基于冲击碾压技术的黄土路基试验研究[J]. 山西交通科技, 2018(1).
- [19] 陈杰宏. 高速公路湿陷性黄土地区路基强夯施工技术研究[J]. 交通世界, 2015(19).
- [20] 严琼, 乔可帅, 陈钊, 等. 基于连续—离散耦合的公路拓宽路基变形及换填处治宏观分析[J]. 公路交通科技, 2017, 34(10).

收稿日期:2018—09—19