

铰缝失效先张法空心板桥梁上部结构检测评定

曾召军

(洞口县公路建设养护中心, 湖南 洞口 422300)

摘要: 为确保桥梁安全、可靠运营,减少由于自然灾害及桥梁老化等造成的安全事故,以某特大桥北引桥为工程背景,针对铰缝失效进行现场检查和技术状况评定,结果表明该引桥技术状况不合格,主要承重构件存在安全隐患,桥梁结构会随着桥梁使用寿命的增加出现铰缝失效、渗水、砼损伤等问题;分析铰缝失效的主要原因并探讨相应处理措施。

关键词: 桥梁;空心板桥梁;铰缝失效;先张法;上部结构;检测评定

中图分类号: U446.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)02-0136-03

桥梁在运营期间常出现铰缝失效、桥面沉陷、材料老化、砼脱落等问题,其中铰缝失效尤为严重。空心板梁铰缝失效会造成桥梁使用性能衰减,影响桥梁的横向受力性能,甚至出现单板受力情况。许多学者通过外观检测和荷载试验对铰缝失效机理、原因和防治措施进行了研究,如梁巍等通过桥梁受力损伤分析,对桥梁铰缝损坏原因进行了论述,并提出了预防措施;张萍分析了公路桥梁铰缝失效的机理及危害,并对铰缝自密实膨胀砼的施工及质量控制进行了探讨;路飞研究了不封闭交通情况下板式桥梁铰缝加固维修技术;吴居涛等建立三维有限元模型,对空心板铰缝受力及损伤进行了分析。该文以某特大桥北引桥为工程背景,根据铰缝损伤位置、大小和形状评定其技术状况及承载能力。

1 工程概况

某特大桥北引桥于 1993 年竣工通车,共 52 跨,总长 825.44 m。上部结构为先张法预应力砼空心板梁,下部结构为明挖扩大基础和钻孔灌注桩。该引桥纵坡 0.4%,桥台附近为 0.2%。桥梁立面见图 1,横断面布置见图 2。



图 1 桥梁立面图

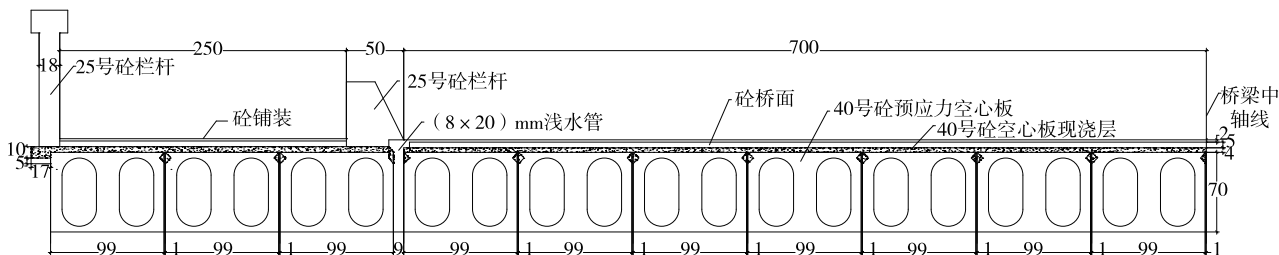


图 2 北引桥横断面布置(单位:m)

2 桥梁检测结果与分析

按照 CJJ 99—2017《城市桥梁养护技术标准》对该桥北引桥上部结构进行检测评定。

2.1 主梁检测结果与分析

该引桥上部承重构件空心板梁病害检测结果见图 3。全桥共 1 040 片主梁空心板,其中 111 片空心板存在不同程度的纵向裂缝、锈胀露筋、砼破损及板

内积水等病害,大部分纵向裂缝和锈胀露筋病害发生在底板。板底和腹板的砼破损、锈胀露筋共 54 处,最大锈胀面积接近空心板面积的 3/4;板底纵向贯通缝和纵向裂缝共 51 处,最大纵向裂缝宽度达 0.32 mm。

该桥建成通车已有 27 年,在重载交通、温度、砼收缩徐变和雨水、阳光等作用下,空心板梁出现砼破损,经雨水冲刷和荷载作用,破损位置出现锈胀露

筋, 破损面积增大(见图 4); 空心板底板等处产生大量新裂缝, 已有裂缝得到发展, 形成贯通缝(见图 5)。这些病害导致桥梁结构的稳定性变差、安全性不足, 严重威胁车辆、行人安全。

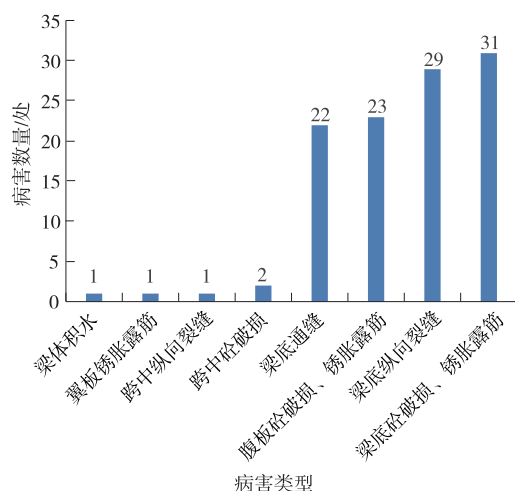


图 3 主梁病害统计



图 4 梁底破损露筋



图 5 主梁空心板纵向裂缝

2.2 铰缝检测结果与分析

铰缝的主要病害见图 6。全桥共 988 条铰缝, 其中 271 条铰缝存在渗水现象, 339 条铰缝处的桥面铺装存在不同程度的纵向裂缝, 且少数裂缝较宽或形成贯通缝, 局部铰缝破损, 渗水严重。

该桥上部结构病害为典型的空心板梁桥铰缝病害。根据检测结果、现场实地观察及受力分析, 空心板铰缝失效主要归因于车辆荷载的作用、预制空心

板铰与铰缝铰之间的龄期差、桥面铺装层开裂及铰缝处铰损伤积累。

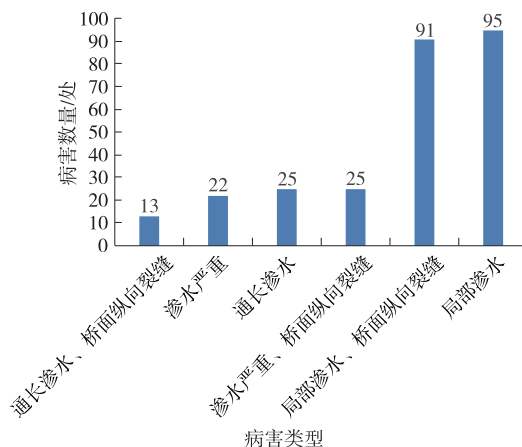


图 6 铰缝病害统计

(1) 车辆荷载作用。车辆荷载作用下, 桥面系铰和铰缝共同传递荷载至空心板梁, 并进行剪力、弯矩分配。桥梁运营期间, 交通量大, 车辆超载现象严重, 空心板梁铰缝加速破损, 桥梁变形增大, 空心板梁的挠度增大。加上大型车辆及重载车辆大多靠右行驶(该处铰缝受力见图 7), 车辆通过时相邻板梁(如 1 号与 2 号、 $n-1$ 号与 n 号空心板梁)形成上下错位, 通过后又恢复原状, 造成铰缝开裂、失效、渗水等, 削弱了上部结构的整体受力和变形效应, 桥梁的整体刚度、强度和耐久性下降。

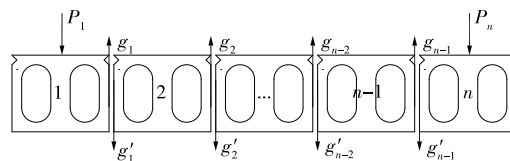


图 7 铰缝受力简图

(2) 预制空心板铰与铰缝铰的龄期差。铰缝铰在预制空心板安装好后才进行浇筑, 预制空心板梁铰与铰缝铰之间存在龄期差, 交接界面较薄弱。一旦承受荷载作用, 极易产生新裂缝, 铰原有的微裂缝将扩展和延伸, 导致铰缝渗水(见图 8)。同时板梁和铰缝间会产生铰收缩徐变引起的应力破坏, 进一步导致铰缝失效, 丧失传递剪力和弯矩的能力。



图 8 板梁与铰缝界面处渗水

(3) 桥面铺装层开裂。如图9、图10所示,该引桥桥面铺装存在不同程度的破损。桥面铺装表层开裂破损,雨水将沿裂缝下渗到预制空心板梁、铰



图9 铰缝处桥面裂缝及破损



图10 铰缝处桥面裂缝

缝处,造成梁底渗水暂白等。同时,早期修建的空心板梁桥的桥面铺装结构仅作为面层使用,其承载能力较弱,刚度和强度较低,重载作用下极易开裂。长此以往,桥梁的使用寿命缩短,结构安全性降低,行车舒适性也大打折扣。

(4) 损伤积累。随着桥梁的运营,铰缝处砼的病害发展、损伤累积,最终导致铰缝失效,空心板处于单板受力状态。由于内力不能进行有效的横向分配,单片板梁承受的内力将显著增加,在承载能力不变的情况下,内力增加导致承载能力下降甚至不足,在外部环境的耦合作用下引起桥梁其他结构性病害。

2.3 上部结构各构件评分

该引桥上部结构各构件评分见表1。计算得主梁的综合得分为36.42,横向联系的综合得分为44.08。根据CJJ 99—2017,上部结构权重为0.4,计算得该引桥上部结构技术状况评分为32.2,评定等级为E级,不合格。

表1 上部结构各构件的评分

构件名称	损坏类型	损坏程度	单项扣分 DP_{ij}	权重 ω_{ij}	$DP_{ij}\omega_{ij}$	扣分占比 μ_{ijk}	$\max(DP_{ij})$	综合扣分	综合得分
主梁	表面裂缝	无	0	0.00	0.00	0.00	40	63.58	36.42
	砼剥离	无	0	0.00	0.00	0.00			
	露筋锈蚀	<1%	20	0.52	10.40	0.21			
	梁体下挠	无	0	0.00	0.00	0.00			
	结构裂缝	明显	35	0.69	24.15	0.37			
	裂缝处渗水	严重	40	0.72	28.80	0.42			
	桥面贯通横向裂缝	无	0	0.00	0.00	0.00			
	梁体位移	无	0	0.00	0.00	0.00			
横向联系	桥面贯通纵向裂缝	贯通	45	0.77	34.65	0.60	45	55.92	44.08
	连接件脱焊松动	无	0	0.00	0.00	0.00			
	连接件断裂	5%~10%	30	0.71	21.30	0.40			
	横隔板网裂	无	0	0.00	0.00	0.00			
	横隔板剥落	无	0	0.00	0.00	0.00			
	梁体异常振动	无	0	0.00	0.00	0.00			

3 铰缝处理措施

为保证行车舒适性、安全性,延长桥梁的使用寿命,应对该桥进行交通管制,避免重车通行,同时进行维修加固。主要措施如下:

(1) 对空心板底板、腹板处砼破损、锈胀露筋等进行修补;更换裂缝较宽和砼损伤较严重的梁,重新设置铰缝,做好防水,加强相邻空心板梁的横向联系,提高铰缝的承载能力。

(2) 对空心板梁裂缝破损较轻处进行修补;对

铰缝损伤较轻处进行灌缝处理,处理前清理破损处,清除易松动的砼。

(3) 对破损严重的铰缝,在铰缝底部采用钢板加固,增强板梁间的横向联系,使铰缝具有足够的承载能力来抵抗剪力和弯矩。

(4) 加固桥面铺装。对于破损严重的位置,重新施作桥面铺装结构;对于破损不太严重的位置,进行修复加固。同时提高桥面铺装结构的承载能力和刚度,增强新旧砼的黏结,加强板间横向联系,提高

(下转第162页)

参考文献:

- [1] 财政部.政府和社会资本合作物有所值评价指引(修订征求意见稿)[A].北京:财政部,2016.
- [2] 林晓言,王萌.PPP绩效评价VfM指标体系的中国化改进和应用[J].北京交通大学学报(社会科学版),2019,18(1):19—29.
- [3] 苏汝劼,胡富捷.基础设施PPP项目定量VfM评价方法研究:以北京地铁四号线为例[J].宏观经济研究,2017(5):74—79.
- [4] 苏华.PPP模式的反垄断问题与竞争中立:基于美国路桥基础设施建设项目的分析[J].经贸实务,2016(9):76—83.
- [5] 王丹宇.价值分析缺位背景下PPP项目的物有所值评估[J].开发研究,2016(6):126—131.
- [6] 刘广生,文童.PPP项目资金价值PSC评价法的改进探讨[J].工业技术经济,2013(10):17—22.
- [7] 钟云,薛松,严华东.PPP模式下水利工程项目物有所值决策评价[J].水利经济,2015,33(5):34—38.
- [8] 丁瀚源.竞争中立规则的比较研究及其启示[J].天水行政学院学报,2017(2):77—82.
- [9] 汤婧.“竞争中立”规则:国有企业的新挑战[J].国际经济合作,2014(3):46—51.
- [10] 卢均晓,高少丽.实质竞争中立研究[J].价格理论与实践,2019(6):33—38.
- [11] 交通运输部.收费公路政府和社会资本合作操作指南[A].北京:交通运输部,2017.
- [12] 财政部.政府和社会资本合作模式操作指南(试行)[A].北京:财政部,2014.
- [13] 财政部PPP中心.全国PPP综合信息平台管理库项目2021年半年报[R].北京:财政部PPP中心,2021.
- [14] 吴晓洁,黄贤金,张晓玲,等.征地制度运行成本分析:以通启高速公路征地案例为例[J].中国农村经济,2006(2):55—62.
- [15] 姜海,李武星,雷昊,等.基于博弈实验的上级政府干预对征地交易成本影响分析[J].中国土地科学,2018,32(4):36—43.
- [16] 王俊豪,朱晓玲,陈海彬.民营企业参与PPP的非正式制度壁垒分析:基于新制度经济学的视角[J].财经论丛,2017(6):107—113.
- [17] 李广子,刘力.债务融资成本与民营信贷歧视[J].金融研究,2009(12):137—149.
- [18] 黄卓蓉.PPP模式下高速公路项目政府补贴的财税问题分析[J].交通财会,2018(6):40—43.

收稿日期:2021-06-29

(上接第138页)

其防水抗渗能力。

(5) 对桥面排水结构进行排查,对损坏位置进行修复及更换,确保雨水等顺利排出,减轻桥面铺装压力。

(6) 严格把关每一道施工工序和每一处施工材料,降低人为因素和材料的影响,提高施工质量。

4 结论

(1) 该桥北引桥共1040片空心板,其中111片空心板存在纵向裂缝、锈胀露筋、破损及梁内积水等病害;全桥共988条铰缝,其中271条铰缝存在渗水现象;桥面铺装存在不同程度纵向裂缝,且少数裂缝较宽,局部砼破损,铰缝渗水严重。根据检测结果,该桥北引桥上部结构的技术状况指数为32.2,评定为E级,不合格。

(2) 空心板铰缝失效的主要原因为车辆荷载的作用、预制空心板与铰缝之间的龄期差、桥面铺装层开裂及铰缝处砼损伤积累。

(3) 对铰缝病害的处理措施主要是加强空心板梁之间的横向联系及空心板梁与铰缝之间的黏结能

力,提高铰缝自身承载能力、桥面铺装系统的强度和耐久性,提高桥梁整体排水抗渗性能。

参考文献:

- [1] 交通运输部.2020年交通运输行业发展统计公报[N].中国交通报,2021-05-19(002).
- [2] 吕栋.空心板结构梁桥病害及加固时间[J].交通世界(工程技术),2014(4):130—131.
- [3] 旷斌,李院军.考虑铰缝损伤的装配式空心板梁桥荷载横向分布系数计算方法[J].世界桥梁,2019,47(5):74—78.
- [4] 梁巍,杨彦晨.浅谈桥梁铰缝失效及维护技术[J].科技创新导报,2011(6):59—59.
- [5] 张萍.空心板铰缝失效机理与处治[J].四川建筑,2013,33(4):155—156.
- [6] 路飞.不封闭交通桥梁铰缝加固技术在桥梁维修施工中的应用[J].华东公路,2017(2):37—38.
- [7] 北京市政路桥管理养护集团有限公司,振华集团(昆山)建设工程有限公司.城市桥梁养护技术标准:CJJ 99—2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [8] 吴居涛,赵明愷.空心板铰缝受力及损伤的空间三维有限元分析[J].北方交通,2020(12):25—28.

收稿日期:2021-06-02