

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2022.05.026

# 钢筋混凝土空心板桥常见病害与技术状况分析

陈锋

(宜章县投资发展集团有限公司, 湖南 郴州 424200)

**摘要:** 湖南省邵阳市资江二桥引桥为  $14 \times 16$  m 普通钢筋混凝土预制空心板和  $3 \times 16$  m 普通钢筋混凝土整体现浇空心板结构,文中对其进行检测,分析其主要承重构件病害及成因,通过混凝土材料性质测试和桥梁基频采集评定桥梁的技术状况,进而提出病害处理措施,为钢筋混凝土空心板桥的养护与加固提供参考。

**关键词:** 桥梁;钢筋混凝土空心板桥;常见病害;技术状况

中图分类号:U445.7

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2022)05-0103-05

钢筋混凝土空心板桥施工工艺简单、施工周期短、耐久性好,在中国应用广泛。但其空心板底易产生裂缝、板间铰缝失效,导致横向连接减弱,造成“单板受力”现象,桥面系也易产生局部病害,影响桥梁结构安全性和耐久性。张胜龙就空心板桥上部结构常见病害成因进行分析,提出了板底裂缝、铰缝失效、桥面病害等加固方法。付雷、肖凯东等结合工程实例,对运营期钢筋混凝土空心板桥病害进行检测,分析其产生原因,进而提出加固技术措施。陈海威根据检测数据对某钢筋混凝土空心板桥的承载能力进行了分析评价。陈劲超借助 ABAQUS 软件建立常见装配式简支空心板桥线弹性模型,分析铰缝内部及铰缝与板梁接触面的应力随荷载横向、纵向移动的变化规律,研究装配式混凝土空心板桥的破坏机理并提出加固措施。该文对湖南省邵阳市资江二桥引桥进行结构检测,分析其常见病害,评估其技术状况并给出维修建议。

## 1 工程概况

资江二桥地处湖南省邵阳市大祥区,位于国道 G320 线上,桥梁全长 538 m。引桥上部结构为  $14 \times 16$  m 普通钢筋混凝土预制空心板和  $3 \times 16$  m 普通钢筋混凝土整体现浇空心板,下部结构为双柱式墩、桩基础。

## 2 主要病害分析

检测发现,资江二桥引桥钢筋混凝土空心板桥普遍存在板底裂缝、铰缝失效、桥面铺装裂缝、支座剪切变形等病害。

### 2.1 主要承重构件病害分析

#### 2.1.1 普通钢筋混凝土预制空心板病害分析

资江二桥引桥第 1~14 跨为 16 m 跨预制钢筋混凝土筒支空心板梁,检测发现:1) 每片空心板底均存在较多横向裂缝,部分裂缝已横向贯通并向腹板延伸,且渗水析白严重。横向裂缝大部分位于  $1/4L \sim 3/4L$  处,裂缝宽度为 0.08~0.28 mm,靠跨中处裂缝宽度较大,远离跨中处裂缝宽度较小,其中宽度超过 0.25 mm 的裂缝(超限裂缝)位于第 1 跨和第 2 跨、第 5 跨和第 6 跨的部分空心板。2) 少部分空心板底出现 1~2 条纵向裂缝,裂缝长度较大,裂缝宽度 0.10~0.18 mm。3) 每跨两侧腹板靠近支座位置均出现斜向剪切裂缝,裂缝宽度 0.12~0.25 mm。4) 每跨两侧腹板  $1/4L \sim 3/4L$  处出现竖向裂缝,裂缝宽度 0.10~0.18 mm。第 1 跨空心板病害见图 1。

病害的主要成因:1) 钢筋混凝土空心板本身强度、刚度较小,空心板之间的横向连接较薄弱,易造成铰缝失效,形成“单板受力”;2) 支座受力不均匀,在车载作用下,部分空心板间的铰缝失效,造成桥梁结构的整体性较差,出现“单板受力现象”,导致空心板无法有效分配车辆荷载,直接由单块空心板承受车载作用,产生疲劳破坏,进而产生底板裂缝和腹板裂缝,并使原有裂缝得以延伸和扩展,使梁板扭转导致斜向裂缝。

#### 2.1.2 普通钢筋混凝土整体现浇空心板病害分析

引桥第 15~17 跨为 16 m 跨现浇钢筋混凝土筒支整体空心板梁,检测发现:1) 第 15 跨空心板底出现较多横向裂缝,裂缝宽度 0.08~0.16 mm。2) 第

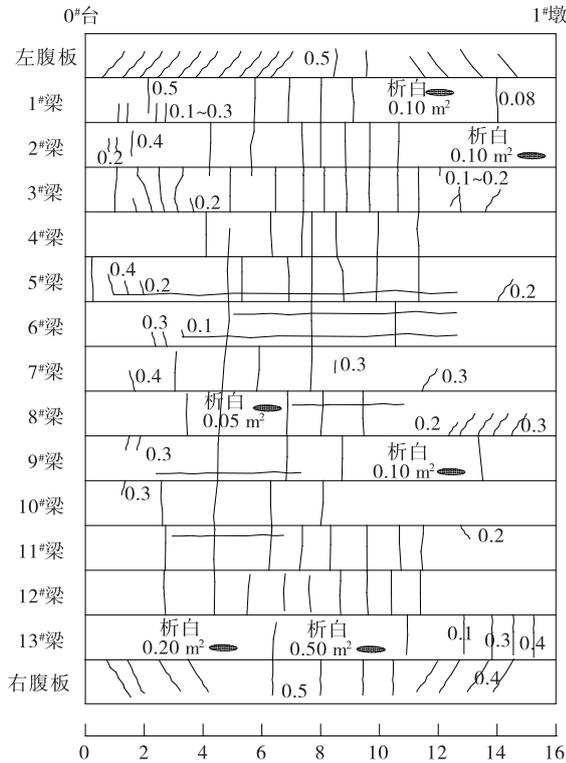


图1 第1跨空心板底病害示意图(单位:m)

16跨、第17跨空心板底在车行道处底部已用碳纤维布加固,但碳纤维布已出现老化现象,且未粘贴碳纤维布的地方出现较多横向裂缝,裂缝宽度 $0.08\sim 0.15\text{ mm}$ 。3)局部空洞多处渗水严重,且渗水处板底钻孔发现板内积水严重,有较多水从孔内流出。典型病害见图2。



图2 引桥空心板底病害

病害的主要成因:1)桥面排水系统失效,雨水等从铰缝渗至空心板,引起空心板渗水、泛碱析白,局部混凝土强度降低;2)桥面防水层未做好,较多雨水渗入;3)混凝土空心板浇筑时振捣不充分。

## 2.2 一般承重构件病害分析

一般承重构件主要病害如下:39处铰缝出现开裂且多数铰缝贯通并出现渗水析白现象;8处铰缝破损和锈胀露筋;2处板底渗水;2处蜂窝;1条纵

缝。典型病害见图3、图4。



图3 铰缝开裂渗水



图4 锈胀露筋

空心板梁桥通过现浇层、铰缝传递横向剪力和荷载。在车辆荷载等作用下,空心板之间的铰缝易失效,横向链接作用减弱,造成空心板无法共同受力,产生“单板受力”。加上雨水渗入铰缝,冲刷空心板侧壁,腐蚀空心板钢筋,造成空心板耐久性减弱,使被雨水渗透的铰缝出现析白、混凝土剥落等现象。

## 2.3 支座主要病害分析

该引桥采用板式橡胶支座,其中多数支座出现轻微老化开裂现象,少数支座存在横向剪切变形和局部脱空问题(见图5)。



图5 支座剪切变形

造成以上支座病害的主要原因:1)车辆荷载的反复作用,使支座发生非弹性变形,进而出现剪切变形、损伤、老化开裂等;2)铰缝失效导致“单板受力”,支座间受力不均,出现单个支座应力集中、局部脱空等现象。

### 2.4 锥坡、护坡主要病害分析

锥坡和护坡是为保护路堤边坡不受冲刷而在桥涵与路基相接处修筑的构筑物。在雨水及河水的冲刷下,锥坡常出现隆起、凹陷、下沉、坍塌等现象,对桥梁结构、土体稳定及车辆等产生极大安全隐患。该引桥存在一处护坡下沉,并导致横向开裂,最大裂缝宽度 2 cm(见图 6)。该处锥坡还存在 1 条竖向贯通缝和 1 条斜向裂缝,长 1.5 m,主要是由桥台填土不密实而导致的沉降开裂。



图 6 护坡下沉开裂

### 2.5 桥墩、桥台主要病害分析

桥墩是多跨桥的中间支撑结构,起着承上启下的作用,并将桥上荷载和车辆荷载传递至基础。桥台是支撑桥梁上部结构和路堤相衔接的构筑物,将桥上荷载传递至土基,并抵挡土压力、稳定路基、连接桥梁与道路。该引桥桥墩、桥台的缺陷和病害主要有墩上盖梁渗水和开裂、墩上盖梁挡块开裂和锈胀、桥台竖缝和渗水析白等(见图 7)。桥墩盖梁和挡块开裂主要是由桩基不均匀沉降和局部应力所引起,桥台挡土压力过大及基础不均匀沉降会导致桥台结构开裂,进而产生裂缝,甚至造成桥台滑移。

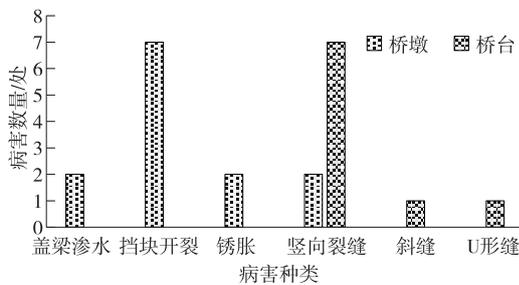


图 7 桥墩、桥台病害统计

### 2.6 桥面系主要病害分析

桥面系是桥梁的附属设施,其中桥面铺装体系直接承受车辆、人群荷载,并将其传递至主要受力构件。该引桥桥面铺装存在较多纵横向裂缝,裂缝都较长,并伴有局部凹陷破损,且形成浅坑槽(见图 8)。第 6 跨桥面病害见图 9,整跨桥面存在纵横

向裂缝,其中横向裂缝多为贯通裂缝,纵向裂缝大多集中在右侧车道,局部混凝土破损面积达 4 m<sup>2</sup>。同时多处伸缩缝被泥沙堵塞,部分伸缩缝锚固区混凝土破损(见图 10);人行道防撞墩墩顶存在横向通缝;两侧护栏混凝土锈胀开裂,局部存在破损。



图 8 桥面破损

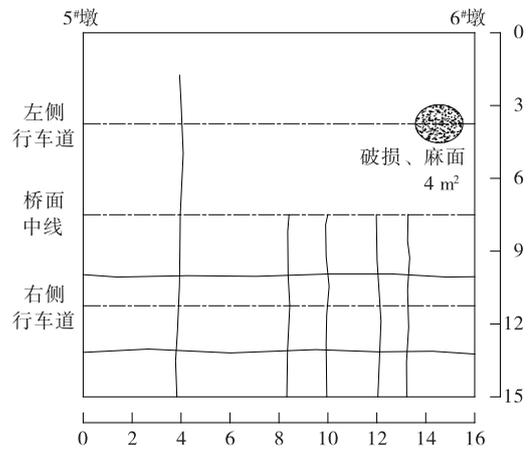


图 9 第 6 跨桥面病害示意图(单位:m)

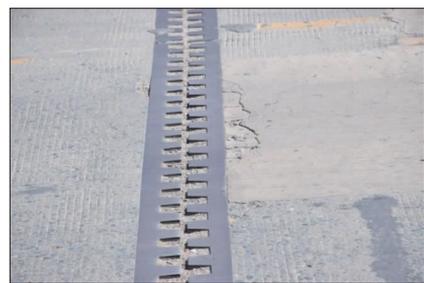


图 10 伸缩缝堵塞、锚固区混凝土破损

造成上述病害的原因:1) 桥面铺装层刚度不足,在重载、超载及冲击荷载作用下产生较大变形,局部产生附加应力,导致桥面铺装层产生较多纵向裂缝及混凝土破损;2) 桥面排水设施不完善,在雨水、环卫清洁用水等冲刷作用下,伸缩缝堵塞,而车辆超载等现象使应力集中,造成局部混凝土破损;3) 桥侧护栏防腐不到位,在温度、湿度较高的条件下,护栏极易生锈膨胀,导致护栏埋入端混凝土开裂。

### 3 混凝土材料性质测试

混凝土是桥建工程中应用最广泛的材料,其强度、材料性质等与桥梁结构承载能力、安全性、耐久性息息相关,不论是在桥梁施工阶段还是运营期间,对混凝土质量的把控都至关重要。

#### 3.1 混凝土强度与碳化深度测试

回弹法是应用最广的无损检测方法,它利用回弹仪,通过混凝土抗压强度与表面硬度之间的关系及回弹高度与混凝土表面硬度的比列关系来检测混凝土构件的抗压强度。对该引桥进行梁、墩盖梁及立柱混凝土强度测试,测试结果见图 11~13。

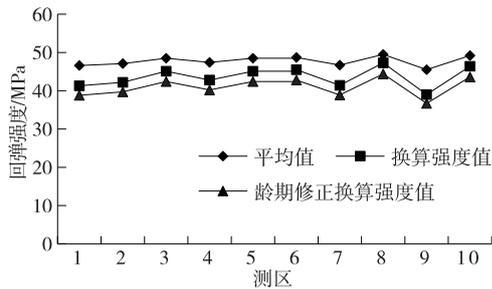


图 11 第 1 跨 13# 梁跨中腹板回弹强度推算值

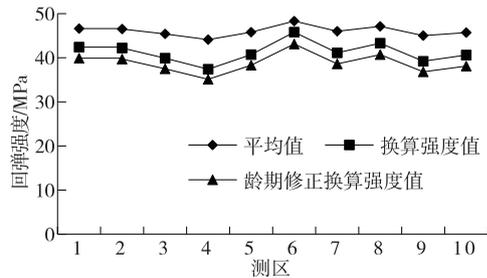


图 12 12# 墩盖梁回弹强度推算值

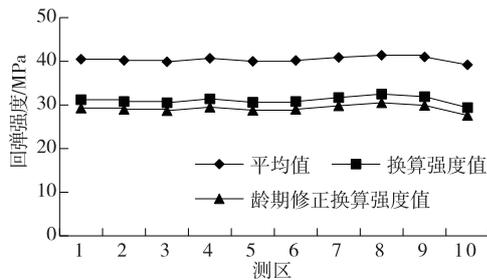


图 13 12# 墩 2# 立柱回弹强度推算值

由图 11~13 可知:第 1 跨 13# 梁跨中处腹板混凝土强度推定值为 36.9 MPa,推定强度匀质系数为 1.23,平均强度匀质系数为 1.37,混凝土碳化深度平均值为 3.5 mm。参照 JTG/T J21—2011《公路桥梁承载能力检测评定规程》中实测强度状况评定标准,混凝土强度良好,评定标度为 1。12# 墩盖梁混凝土

强度推定值为 35.1 MPa,推定强度匀质系数为 1.17,平均强度匀质系数为 1.29,混凝土碳化深度平均值为 3.0 mm。根据 JTG/T J21—2011,该处混凝土强度良好,评定标度为 1。12# 墩 2# 立柱混凝土强度推定值为 27.9 MPa,推定强度匀质系数为 1.11,平均强度匀质系数为 1.17,混凝土碳化深度平均值为 3.0 mm。根据 JTG/T J21—2011,该立柱混凝土强度良好,评定标度为 1。

#### 3.2 混凝土保护层厚度测试

选取第 1 跨、第 5 跨空心板进行混凝土保护层厚度测试,测试结果见图 14。

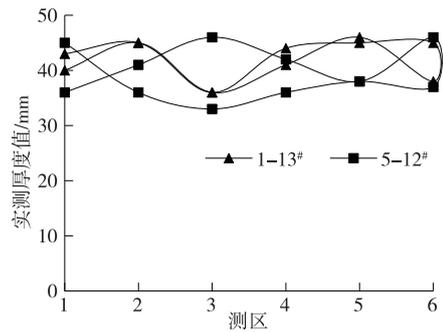


图 14 混凝土保护层厚度测试

根据图 14,第 1 跨 13# 梁、第 5 跨 12# 梁跨中区域混凝土保护层厚度特征值分别为 35.7 mm、32 mm,混凝土保护层厚度特征值/设计值均大于 0.95。参照 JTG/T J21—2011《公路桥梁承载能力检测评定规程》中混凝土保护层厚度对结构钢筋耐久性的评判标准,混凝土保护层厚度对结构钢筋耐久性的影响不显著,评定标度为 1。

#### 3.3 桥梁基频采集

利用 DH5922N 通用型动态信号测试分析系统,采用环境自然激励方法测试该引桥的自振频率,结果见图 15。

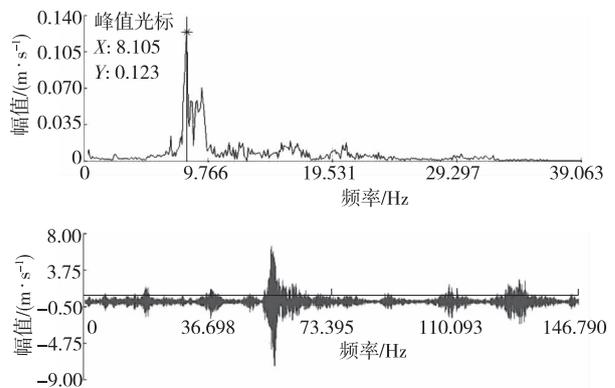


图 15 引桥第 17 跨 16 m 空心板的基频测试结果

由图15可知:该引桥第17跨16 m空心板的实测基频为8.105 Hz,理论计算基频为5.641 Hz。基频实测值大于理论计算值,说明桥梁的实际刚度比理论计算刚度大,评定标度为1。

#### 4 桥梁技术状况评定

按照CJJ 99—2017《城市桥梁养护技术标准》对桥梁定期检查的要求分别对资江二桥引桥桥面系构造、上部构件、下部结构病害进行检测,采用先构件后部位再综合并与单项直接控制指标相结合的方法进行评估。根据检测结果,该引桥上部结构得分为55.09,下部结构得分为82.46,桥面系得分为68.20。根据各部位权重,计算得到该引桥的总体技术状况评分为68.66。依据CJJ 99—2017,判定该引桥总体技术状况为第三类、主要承重构件与一般承重构件为第四类,按桥梁主要部件最差的缺损状况进行评定,该桥为四类桥(差)。

#### 5 主要病害处理

(1) 对空心板裂缝进行封闭,对缺陷进行修复,同时在空心板底增设泄水孔。

(2) 对空心板结构进行补强,提高桥梁承载能力,使桥梁结构满足公路Ⅱ级荷载标准要求。

(3) 对盖梁负弯矩区域进行补强。

(4) 对支座进行防锈处理,必要时予以更换。

(5) 更换桥面系。

(6) 对桥台表面裂缝进行灌缝封闭。

(7) 桥梁维修加固前,进行交通管制,限载10 t,限速15 km/h。

#### 6 结语

为保障桥梁的正常运营,保证其具有足够的安全性和耐久性,对运营期钢筋混凝土空心板桥进行检测、养护、加固尤为重要。通过检测发现病害,根据桥梁的实际状况确定加固方案,采取加固措施维护桥梁结构的安全。

#### 参考文献:

- [1] 谢峰.公路桥梁预应力混凝土空心板裂缝处治研究[D].成都:西南交通大学,2016.
- [2] 袁佳佳,王洪欣,孙占琦,等.预制预应力混凝土空心板研究及应用综述[J].混凝土与水泥制品,2021(9):45—49.
- [3] 张胜龙.空心板桥上部结构病害成因及加固方法[J].交通企业管理,2018,33(3):57—59.
- [4] 付雷,周旭,肖凯东.空心板桥维修加固处治应用研究[J].山西建筑,2015,41(23):156—158.
- [5] 肖凯东,沈兆坤,付雷.钢筋混凝土空心板加固技术应用研究[J].江西建材,2015(6):125—126.
- [6] 陈海威.某钢筋混凝土空心板桥承载能力检测与评定[J].筑路机械与施工机械化,2017,34(8):129—132.
- [7] 陈劲超.装配式空心板桥破坏机理与加固技术研究[D].北京:北京交通大学,2015.
- [8] 岳奎.浅述空心板桥桥面病害处理措施[J].城市建设理论(电子版),2013(16):1—4.
- [9] 刘旭政,郭维,吴刚,等.铰缝损伤对装配式空心板桥受力性能影响研究[J].华东交通大学学报,2021,38(3):23—30.
- [10] 交通运输部公路科学研究院.公路桥梁承载能力检测评定规程:JTG/T J21—2011[S].北京:人民交通出版社,2011.
- [11] 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:人民交通出版社股份有限公司,2017.
- [12] 滕秀元,李厚海,杨晋,等.某钢筋混凝土空心板桥的检测及加固建议[J].工程抗震与加固改造,2011,33(1):89—93.
- [13] 李忠华,祝孝成,孙松,等.基于熵值法加权灰靶理论的空心板桥结构状况评价[J].公路与汽运,2020(3):132—135.
- [14] 黄民水,朱宏平.空心板梁桥“单板受力”病害机理及其加固处治研究[J].华中科技大学学报(自然科学版),2008,36(2):118—121.

收稿日期:2021—09—30

\*\*\*\*\*  
(上接第98页)

- [16] 王金山.与市政桥梁结合建设的地铁车站结构设计:以合肥轨道交通1号线水阳江路站为例[J].建设科技,2017(13):80—81.
- [17] 王康胜.不同线形条件下站桥同位合建地铁车站结构受力特征研究[J].建材与装饰,2012(21):177—179.

- [18] 金福海,蔡德强.新广州站桥建合建结构设计探讨[J].铁道工程学报,2010(2):102—108.
- [19] 蔡德强.广州南站桥建合建结构设计综述[J].铁道标准设计,2015(6):164—168.

收稿日期:2021—09—23