

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.08.025

模数式大位移伸缩缝智能监测

亢晓亮

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:通过对模数式大位移伸缩缝的构造特点分析和运营现状调研,橡胶类部件性能劣化引起变形协调系统与中梁稳定系统的失效,最终导致竖向力传力系统损坏,是伸缩缝破坏的主要原因。通过对中梁各缝宽的监控及分析能够有效反映伸缩缝易损构件的使用状况,利用远程技术数据采集,经分析后做异常缝宽的检修预警,能够有效避免伸缩缝的结构性损坏。

关键词:模数式大位移伸缩缝;损坏机理;智能监测

中图分类号: U443.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)08-0088-03

0 引言

伸缩缝是一种长期暴露在外部环境中的机械构件,工作环境恶劣,是最易出现损伤的桥梁部件。桥梁投入运营后,在车辆荷载及自然因素的影响下,各构件逐步老化,损伤不断积累,如果没有及时发现及维修,容易引起突发的结构性破坏;特别是一些大跨越江桥梁,往往都是重要交通咽喉,大位移伸缩装置一旦损坏对桥梁结构和道路安全运营的影响都比较大;若大范围更换维修,对正常交通运营也会造成很大影响。

本文通过对模数式大位移伸缩缝的构造特点分析和运营现状调研,通过早期病害判断及破坏机理分析,探索快速预警伸缩缝损坏的方法。

1 基本构造及现状

1.1 伸缩缝概述

桥梁伸缩装置是公路桥梁桥面系的重要组成部分,不仅需要适应桥梁的变温伸缩、混凝土收缩徐变、基础沉降和转动等因素的伸缩,同时也需承受各种类型的车辆荷载及冲击,保证桥上车辆通行的安全性和舒适性。随着我国公路桥梁建设的发展,大跨长联桥梁的不断增多,大位移伸缩装置的数量也不断增长。

模数式伸缩装置是国内外公路桥梁上使用最广泛的一种桥梁伸缩装置。其主要特征有:标准化、模

块化程度高;适应伸缩(变形)能力强;耐久适用;维修成本低。

模数式伸缩装置按其支承钢梁(横梁)的支承形式可分为格梁式、直梁式和转轴式(斜梁式)三种^[1]。格梁式模数缝纵向变形适应一般不会超过 480 mm 宽度,国内应用较少;直梁式模数缝理论受力性能与转轴式不相上下,相对而言安装占用的空间小、造价低、安装精度要求低、模数设计更为灵活等特点,是近年来国内推广应用最为普遍的一种模数缝类型。本文以直梁式模数缝作为研究对象进行损坏机理分析及监测方案研究。

1.2 模数缝构造

直梁式模数缝纵向位移能力一般 160~2 000 mm,单根中梁位移模数 80 mm,其主要构造见图 1。

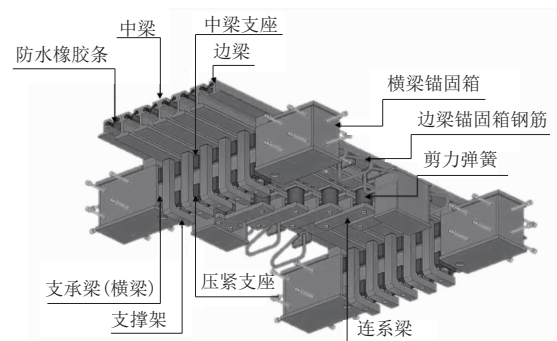


图 1 模数式伸缩缝三维视图

常规模数缝主要构件按功能分为以下三个系统。

竖向力传力系统:保证作用在中梁上的竖向荷载顺畅传递至前后跨结构。模数缝主要传力路径为:中梁→弹性支撑原件(上支座)→支承梁(横梁)→支承梁支座→横梁锚箱底板。

变形协调系统:连系梁通过剪力弹簧相邻连接或

收稿日期:2022-02-11

作者简介:亢晓亮(1985—),男,学士,工程师,从事桥梁设计工作。

间隔连接中梁(边梁),利用剪力弹簧的刚度协调各中梁间隙基本一致。

主要构件稳定系统:保证支承梁(横梁)、中梁稳定的构件。支承梁一般利用焊接在边梁上的支撑架保证其稳定;中梁则通过U形或L形的支撑架抱箍支承梁+弹性支撑原件(压紧支座)保证其稳定性,各支座(中梁支座和压紧支座)的摩阻力是保证中梁稳定的关键。

1.3 伸缩缝智能监测的意义

我国的桥梁伸缩装置的使用寿命普遍不高,断梁破坏的现象时有发生,对桥梁正常使用影响较大。根据桥梁维保单位及设备厂家提供的信息显示,大部分伸缩缝大修周期在5~10a之间,与设计使用寿命(大于15a)相差甚远。因此延长伸缩装置的使用寿命,避免短期内结构性大修更换至关重要。

大型模数伸缩缝具有一定的专业性,通常的维保单位并不能快速、准确判断其本体是否有损坏,而厂家维护人员基于成本的考虑也不会高频次跟踪检查,待发现问题再进行处治时可能已经延误了最佳维修时间,导致大部分伸缩缝维修仅能通过整体更换实现。如图2所示伸缩缝中梁断梁,支撑架损坏。

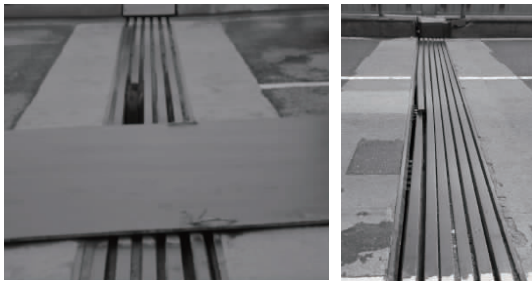


图2 模数缝破坏

所以通过对伸缩缝病害的早期病害判断及破坏机理分析,找到快速预警伸缩缝是否异常的方法非常有必要。利用远程监控技术、智能预警伸缩缝易损部件的使用状况,并及时维修,对提高伸缩缝的整体使用寿命意义重大。

2 模数缝的损坏机理

模数式装置的结构性破坏主要是中梁、支承梁(横梁)、支撑架的破坏。由于支承梁不直接承受车辆冲击荷载,其构造尺寸也有足够大的安全余量,极少发生破坏。

中梁直接承受车辆荷载的冲击,其破坏在运营中最为常见,而支撑架的破坏也往往伴随着中梁的严重变形或断裂。

通过对大部分桥梁伸缩缝的病害分析发现:在

长期重载交通影响下,橡胶类部件(支座、剪力弹簧)老化或个别产品性能劣化(见图3),引起中梁稳定性变差、车辆通过时瞬时弹性变形增大;若长时间得不到维修,则受损支座进一步劣化,最终脱空掉落,导致个别中梁约束减弱,跨径增大,出现竖弯、横弯、扭曲等塑性变形;中梁的变形伸缩缝面的不平整、间隙“大小头”等变形,在反复冲击荷载作用下进一步受损,进而导致中梁的破坏。伸缩缝破坏历程见图4。

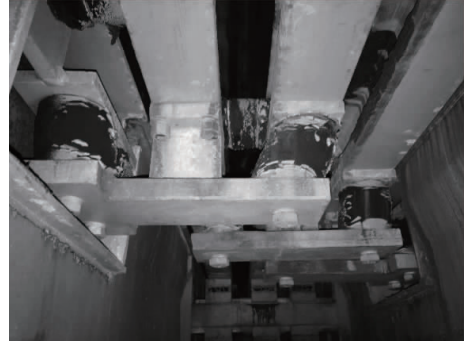


图3 剪力弹簧失效

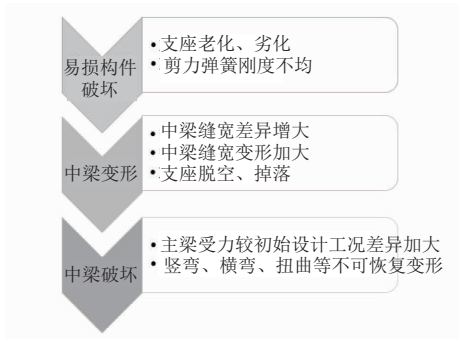


图4 模数缝破坏历程

伸缩缝间隙卡物、防水胶条漏水、初始安装调试不规范也会加速伸缩缝易损构件的劣化,但最终的损坏机理仍基本一致。

所以,模数缝橡胶类部件性能劣化,引起变形协调系统与中梁稳定系统的失效,最终导致竖向力传力系统损坏,是中梁破坏的主要原因。

3 模数缝病害智能监测

模数缝橡胶类部件性能老化,必然存在明显的模数间隙分配不均的情况。通过对中梁间隙不均匀程度的监控和理论变形恢复能力的对比分析,设置一定的阈值,便可以预警变形协调系统与中梁稳定系统的损坏,及时采取维修措施,避免伸缩缝的结构破坏。

明确研究对象所需监测的数据后,确定监测系统构架:位移采集及传输系统、后台分析和预警系统。

3.1 位移采集及传输

根据数据精度、安装空间和使用环境,采用普通

拉线式位移传感器便可满足数据精度需求。

随着物联网技术的发展,信号通过4G或5G传输已经极为方便;信号收发系统所需的电力可通过小型的光伏电板实现。

3.2 数据分析及预警

单缝宽度:模数缝每个模数的缝隙理论值在0~80 mm,如果任何一个模数有超出80 mm的间隙则是非常明显的破坏信号,此时需要立即启动维修预警程序。

总缝宽:实际判定中需结合安装温度、初始缝宽,对比监测数据及各缝的宽度对数据进行修正。当缝宽与当前温度不适应时,则进行检修预警。

不均匀缝宽:根据间隙的监测数据,瞬时单缝宽度与平均缝宽差异±10%~15%,可判断中梁支座病害,检修预警。另外可根据24 h平均缝宽不均匀程度判别其变形协调和恢复能力,对剪力弹簧进行预警。

4 模数缝病害智能监测系统的应用

4.1 应用场景

智能监测系统选择东海大桥颗珠山大桥作为现场应用试点。桥跨组合:50 m(过渡孔)+139 m+332 m+139 m+50 m(过渡孔),全长710 m,建于2005年;为双塔双索面边主梁式钢—混凝土结合梁结构,墩位编号排列:PM470~PM475。斜拉桥与过渡孔之间采用转角伸缩缝,过渡孔与引桥之间采用MZL960型大位移伸缩缝。

在主桥PM470墩处右幅中分带侧安装智能监测系统及4G信号发射器。位移采集器安装在伸缩缝下方(见图5)。



图5 安装现场

PM470墩处伸缩缝中梁11道,边梁2道。受安装空间限制,布置3组位移采集器,采集频率为每分钟1次,数据采集范围见图6。

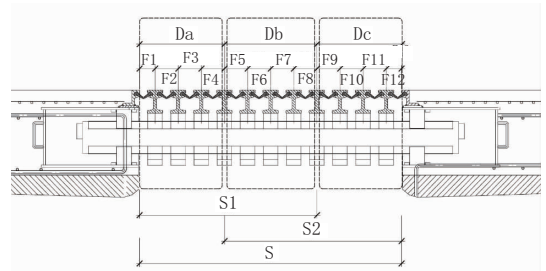


图6 数据采集示意

4.2 模态数据分析与系统调校

根据现场调研,受汽车冲击影响,一般伸缩缝前、后两端损坏的频次较高,中间段一般较少发生。故位移采集中,将伸缩缝分为三个区域进行位移采集,每个区域4道缝。监控采集数据分别为S1、S2、S,通过计算可求得三个区域对应的桥缝宽度Da、Db、Dc及总缝宽D。

假定各区域内缝宽平均分布,计算求得各区域单缝平均宽度da、db、dc及平均缝宽d。

引入缝宽不均匀系数 k_m 进行判定:

$$k_{m1} = \frac{\max(da, db, dc)}{d}, k_{m2} = \frac{\min(da, db, dc)}{d}, k_m = \frac{k_{m1}}{k_{m2}}$$

当单组数据 $k_{m1} \geq 1.1$ 或 $k_{m2} \leq 0.9$ 或 $k_m \geq 1.15$ 时,初步判定局部缝宽异常,预警检修。

日均数据 $k_{d1} \geq 1.08$ 或 $k_{d2} \leq 0.93$ 或 $k_d \geq 1.1$ 时,初步判定位移恢复系统异常,预警检修。

4.3 终端展示

本系统为较为简洁的预警判别系统,用户端的展示内容主要是结构装置本身的总体变形参数,同时直接显示通过数据判别之后的装置健康状态,如在设置的阈值范围内显示为正常,标记为绿色;超出阈值则标记为黄色,使用者可以很直观判断装置的健康状态。终端界面见图7。



图7 用户端窗口

每次判断以最近一次的采集数据分析后的结论作为展示,后台每次采集的数据均有记录,并可以通过系统后端读取每次采集的数据用来进行提取分析。

5 结语

模数缝橡胶类部件性能老化,引起变形协调系

(下转第105页)

必备安装。而其他水质指标,如COD、氨氮、总氮、总磷等,建议根据企业不同情况,按重点污染因子进行安装监测,比如印染企业重点监测COD等。水质在线分析仪表价格昂贵,一般需要设置仪表小屋且安装空调、定期补充药剂等,因此具体安装位置还要具体工程具体分析。

(2)青峙工业园建成多年,现状道路下管线众多。针对现状管线复杂的情况,工程实施时,采用了“管线普查+物探+管线单位交底会+精探”四阶段保护措施,确保工程顺利完工。

(3)多根污水管道通过管沟保护后,管道之间的净距按安装和拆卸考虑较为合适,如此可以减小净距,使总断面尺寸缩小。另外,如有条件,建议管沟放置在道路外侧,盖板升至地面,更有利于后期检修。

(4)顶管廊架实施时,建议内支架采用铝镁合金支架,防腐性能好。同时,支架形式建议采用整体内张式,如此可不破坏外套顶管结构。

(5)为了保证管网的稳定运行,“一企一管”的企业端必须加强格栅管理,最大程度地减少杂质进入管道,减少管道淤堵的风险。同时,管网系统必须设置泄水点,以备检修之需。

参考文献:

- [1] 郭静彦,李宪坡,齐飞.传统工业园区工业废水集中收集第三方治理探索与实践[J].环境与可持续发展,2018,43(3):77-81.
- [2] CECS 315:2012,钢骨架聚乙烯塑料复合管管道工程技术规程[S].
- [3] GB/T 13663.2—2018,给水用聚乙烯(PE)管道系统 第2部分:管材[S].
- [4] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
- [5] GB 50289—2016,城市工程管线综合规划规范[S].
- [6] SH 3034—2012,石油化工给水排水管道设计规范[S].

(上接第90页)

统与中梁稳定系统的失效,最终导致竖向力传力系统损坏,是中梁破坏的主要原因。通过对中梁各缝宽的监控及分析能够有效反映伸缩缝易损构件的使用状况,对异常缝宽的预警,能够避免伸缩缝的结构性损坏。

数据系统预警阈值的设置需根据伸缩缝的实际运营状况进行反复调校和测试。智能监测系统可通过增设温度、风速、风向等监测,结合环境变化对伸

缩缝的变形进行综合分析。

智能监控系统正常预报情况下可以减少日常养护现场的工作量,节省维护检修的成本,只需要定期对设施进行检查或者在系统有预警时再结合现场人工检修即可,提高了工作效率。

参考文献:

- [1] 庄军生,彭泽友,夏玉龙,等.公路桥梁伸缩装置[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.