

Research on Disease Detection Technology for Expansion Devices of Urban Expressway Overpasses

Changhai Si Muzi Li

Changchun Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract

The expansion joints of urban expressway viaducts are subjected to prolonged exposure to high-frequency traffic flow, repeated impacts, rainwater erosion, and temperature cycles. These joints not only facilitate the release of beam end displacements but also directly affect the bridge deck's smoothness, drainage performance, and driving comfort, making them one of the most wear-prone components in urban bridge maintenance. Current standards for urban and highway bridges include expansion joints among the key subjects for routine inspections, periodic examinations, and specialized tests, with inspections focusing on issues such as loose connections, abnormal deformation, damage, detachment, leakage, blockages, and resulting vehicle jolting. Drawing on the common types of expansion joints used in China's urban expressway viaducts and on-site maintenance experience, this paper analyzes common defects and corresponding inspection techniques, with particular emphasis on the inspection criteria for steel components, anchorage zone concrete, waterproofing and drainage systems, and fastening connection systems, aiming to establish a defect identification approach more aligned with the practical operations of urban bridges.

Keywords

urban expressway; elevated bridge; expansion device; structural defects; detection technology; research

城市快速路高架桥伸缩装置病害检测技术研究

司昌海 李木子

长春市市政工程设计研究院（集团）有限公司，中国·吉林 长春 130000

摘 要

城市快速路高架桥伸缩装置长期处于高频车流、重复冲击、雨水侵蚀和温度循环共同作用之下，既承担梁端位移释放功能，又直接影响桥面平整性、排水性与行车舒适度，因此一直是城市桥梁养护中的高损耗部位。现行城市桥梁和公路桥梁相关标准均将伸缩装置列入经常性检查、定期检测和特殊检测的重要对象，检查重点集中于连接松动、异常变形、破损、脱落、漏水、阻塞以及由此引起的跳车等现象。结合中国城市快速路高架桥常见装置类型及现场养护经验，本文围绕常见病害和对应检测技术展开分析，重点讨论型钢构件、锚固区混凝土、止水排水系统和紧固连接体系的检测要点，以期形成更贴近城市桥梁运营实际的病害识别路径。

关键词

城市快速路；高架桥；伸缩装置；病害；检测技术；研究

1 引言

桥梁伸缩装置是桥梁结构的活动构件，设置在梁端构造薄弱的部位，直接承受车辆荷载的反复作用，同时又多暴露于大自然环境中，受到各种自然因素的影响，因此，伸缩装置易损坏、难修补。同时伸缩装置位于梁端构造相对薄弱且受车轮直接作用的位置，病害一旦发展，往往先表现为异响、跳车、渗漏或局部破损，继而向梁端混凝土、支承区域和桥面铺装扩展。中国现行养护与检测标准已明确，城市桥梁检测评估应按照经常性检查、常规定期检测和结构定期检

测分级实施，并将伸缩装置纳入桥面系重点检查范围^[1]。对于城市快速路高架桥而言，检测工作的关键不在于是否“看见病害”，而在于能否把表现异常、几何变化、材料劣化与功能失常对应起来，避免仅凭单一现象作出片面判断。

2 城市快速路高架桥伸缩装置常见病害分析

2.1 型钢边梁变形断裂

城市快速路高架桥交通量大、重车比例高、制动和并线频繁，伸缩装置中的边梁、中心梁、梳齿板等钢构件长期承受轮载冲击与反复振动，最易出现局部翘曲、挠曲变形和焊接部位开裂等问题。病害初期通常表现为局部高差增大、缝口不顺直、车辆通过时异响增强，随后会发展为边角掉块、齿板啃边、型钢开焊，严重时还会出现单元件断裂或局部脱

【作者简介】司昌海（1993-），男，中国吉林安图人，本科，高级工程师，从事交通工程研究。

空。对城市高架而言,这类病害往往不是一次性失效,而是在高频荷载下逐步积累,其突出特点是早期不一定伴随大面积破坏,但对通行平顺性的影响出现得很早,且容易与桥面铺装局部病害相互叠加。

2.2 锚固区混凝土开裂剥落

伸缩装置锚固区处于钢构件、混凝土和铺装层三者交接位置,受力路径复杂,既承受轮载冲击,又承受温度位移传递和局部约束效应,因此在运营桥梁中极易出现开裂、碎边、坑洞、剥落和表层松散。城市快速路高架桥车速高、通行连续,一旦锚固区表层松动,车轮冲击会迅速把局部缺损坏扩大成块状破坏,使原本集中在边角位置的病害向纵向和横向扩展。此类病害的一个典型特征是,早期往往从锚固区与桥面铺装交界处开始,随后向锚固槽内部发展,表面看似只是局部掉角,实际上常伴随内部脱空、保护层削弱或锚筋周边混凝土损伤^[2]。

2.3 止水系统破损渗漏

伸缩装置的止水带、密封橡胶带和排水通道长期暴露于雨水、泥沙、油污和温差环境中,随着橡胶老化、嵌塞磨损或缝内杂物堆积,极易出现排水不畅、封水失效和持续渗漏。城市快速路高架桥一旦出现这类病害,影响并不限于缝口本身,还会把水分引入梁端、盖梁顶面或支座附近,诱发表面泛碱、钢件锈蚀和局部污染。其现场表现通常为缝下挂水、梁端潮湿、雨后局部持续滴水以及缝口有明显泥沙沉积。对高架桥而言,这类病害隐蔽性较强,因为桥面上看到的可能只是轻微积水,而真正的问题往往发生在缝下水构件和梁端排水路径上。

2.4 螺栓松动滑丝

紧固件病害在城市快速路高架桥伸缩装置中十分常见,尤其是锚固螺栓、连接螺杆和配套垫片部位,长期受振动、冲击和雨水侵蚀后,容易发生松动、缺失、滑丝或局部失稳。当紧固体系刚度下降后,伸缩装置的受力会重新分配,随之出现局部下陷、异常伸缩、位移不均和车辆通过异响增强等问题。与型钢断裂相比,这类病害更容易在早期被忽视,因为构件外形可能尚完整,但装置工作状态已经异常。城市快速路高架桥由于昼夜交通持续、桥面污染物多,紧固件病害常与杂物阻塞、锈蚀和局部变形同时出现,最终使伸缩功能下降并加剧其他病害的发展。

3 城市快速路高架桥伸缩装置病害检测技术

3.1 型钢裂损检测

针对边梁、中心梁和梳齿板的变形、开焊与裂纹,检测工作应先从工作状态入手,再落到裂损本体。第一,检测人员应依照经常性检查要求先做通行状态普查,重点查看缝口是否阻塞卡死、钢构件是否锈蚀断裂、联结部件是否松动,以及车辆通过时是否伴随异响和跳车,并把病害与具体车道、轮迹带和制动区位置对应记录,同步拍摄缝口平面、

侧面和梁端下缘照片,避免后续仅凭单一角度误判。第二,对疑似变形段应进行几何复测,地方养护规程要求每季度宜观测伸缩装置的水平错位和竖向升降,并在每年气温最高、最低时测量间隙是否符合设计要求,因此现场不能只测一次缝宽,而应结合季节温度、桥位朝向和历次记录判断是否存在异常卡阻或变形累积。第三,对肉眼可见或疑似裂纹部位,应在清除锈蚀、尘土和油污后实施近距离复核,采用可见光磁粉或渗透检测时,被检表面光照度应不低于 500 lx,清除多余渗透剂时光照度应不低于 350 lx,若环境反差复杂,光照度通常需提高到 1000 lx 左右,才能把裂纹显示与锈蚀纹、切割痕和涂层破损区分开。第四,对复测结果还应与装置设计型号核对,交通运输部发布的 JT/T 327 适用于伸缩量 20 mm 至 3000 mm 的公路桥梁伸缩装置,若现场实测缝宽变化与该装置应有位移区间明显不匹配,就应继续核查梁端限位、安装偏位和杂物嵌塞情况,而不能仅把裂纹视为表层损伤^[3]。第五,必要时还应调取安装竣工资料和历次维修记录,核对型钢材质、焊缝位置、锚筋布置及既往补焊范围,因为同一缝位若反复在相同焊趾或转角处出现裂纹,往往说明受力路径或安装线形长期存在偏差,这一步对判定病害性质十分关键。

3.2 锚固区破损检测

针对锚固区混凝土开裂、碎边、坑槽和局部剥落,检测重点应放在表层表现与内部损伤是否一致。第一,检测人员应先按缝口两侧、车行方向和病害边界建立分区记录,把裂缝、掉角、露筋、松散和剥落位置逐一编号,再配合小锤轻击划定空鼓范围,这样后续无损检测才能围绕重点区域展开,避免整段平均化处理后掩盖局部真缺陷。第二,对锚固区表层强度和均匀性可采用回弹法筛查,按 JGJ/T 23 相关要求,回弹仪标称能量应为 2.207J,率定值应为 80 ± 2 ,只有在仪器状态满足标准时,不同检测时段回弹结果才具有可比性,对表面潮湿、浮浆未清或构件颤动明显的部位,应先处理测试面,再进行弹击。第三,对怀疑保护层不足、锚筋偏位或钢筋外露风险较大的部位,应采用钢筋扫描仪复核,依据 JGJ/T 152-2019,设计值小于等于 50 mm 的保护层厚度检测误差允许值为 ± 1 mm,设计值大于 50 mm 时为 ± 2 mm,因此检测时必须把设计值、实测值和允许偏差一起判读,不能只报一个数值。第四,当外观损伤较轻而回弹、扫描结果又显示异常时,应辅以局部钻芯或剔凿验证,钻芯法常用芯样直径宜为 100 mm,小直径芯样直径不应小于 70 mm,但位置必须避开主筋和集中开裂区,才能判断锚固区病害究竟停留在表层,还是已经向内部混凝土和锚固界面发展。第五,若同一锚固区存在桥面铺装接缝开口、边角反复修补和雨后持续潮湿三种现象,应把锚固槽与铺装交界处作为复核重点,因为这类部位最容易出现表面看似局部、内部却已沿界面扩展的脱空和松散,现场判定时不能把桥面病害与锚固区病害机械割裂。

3.3 止水渗漏检测

针对止水带破损、密封失效和排水受阻引起的渗漏,检测时不能只盯住桥面有无积水,而应沿着水路把缝口、止水构件和梁端落水点串起来看。第一,现场检查宜安排在降雨后或人工冲洗后进行,先记录缝口积水、缝下挂水、梁端潮痕、泛碱和支座附近湿斑,再比对晴天状态下是否仍持续滴水,以区分偶发积水与持续失封。第二,检测前应先清除缝内泥沙、碎石和垃圾,养护规程已将杂物嵌入、阻塞卡死、橡胶件开裂脱落老化列为伸缩装置巡查要点,若先恢复缝内可视条件,就很难判断问题究竟来自排水堵塞还是止水带本体破损。第三,对疑似止水失效区段,可采用分段封堵和注水观察的方法核定渗漏路径。交通运输部发布的板式橡胶伸缩装置标准规定,防水试验应在最大拉伸状态下注满水,并施加大于 0.1 MPa 的压应力,观察 24 h 后的渗漏情况,因此现场排查时可把 24 h 内是否稳定渗漏作为判断止水体系是否严重失效的重要参照。第四,对拆检出的橡胶止水件和夹持部位,还应核查其夹持与耐拉状态,相关标准要求防水橡胶条在拉力达到 5 kN/m 或伸长量达到设计要求伸长量 3 倍后持荷 15 min,不应从型材槽内脱落,也不应开裂或断裂。第五,检查梁端排水时还要把泄水孔、集水槽和下游排水管一并查看,因为城市快速路高架桥常见的情况是缝口初始漏水量并不大,但水流沿梁端附着后迁移扩散,最终在支座附近或盖梁边缘显现,若只在缝口正下方找漏点,往往会遗漏真正的失效段,检测记录宜同时标注渗流方向和出水时段^[4]。

3.4 螺栓松动检测

针对螺栓松动、缺失、滑丝和局部失稳引起的异常伸缩,检测时应把紧固状态、位移状态和通车反应作为一个整体来判断。第一,经常性检查应按养护等级落实频率,CJJ 99-2017 规定 I 等养护的城市桥梁应每日巡检,II 等不宜超过 3 d,III 等不宜超过 7 d,因此对交通荷载大、异响频繁的快速路高架桥,螺栓病害不能依赖低频抽查,而应在日常巡检中持续追踪。第二,现场复核时应逐个检查螺母、垫片、外露丝扣、螺孔边缘和防松构造是否完整,同时查看有无锈胀、缺件、垫片压偏和局部拔出痕迹,若只看到螺栓还在,却不核查其受力后的相对位移和磨损痕迹,就容易漏掉功能

性松动。第三,地方养护规程要求每季度宜对伸缩装置的水平错位和竖向升降进行观测,并在每年气温最高、最低时测量伸缩间隙是否符合设计要求,因此对怀疑松动的部位,应把螺栓状态和缝宽季节变化、局部下陷、错台量一起记录,判断其是否已经影响装置正常伸缩。第四,当现场出现反复异响而静态检查又不明显时,应安排通车状态观察,并把异响出现的车速、车道和轮迹位置与停交状态下的复核结果对应分析,若同一位置在重车通过瞬间反复产生敲击声,且同步伴随连接件微动和缝口抖动,往往说明问题已由表面松动发展为受力失稳,不宜再按一般外观缺陷处理^[5]。第五,对需要进一步核实的连接体系,还应调取装置出厂资料和历次更换记录,核对螺栓规格、布置间距、防松形式和补换时间,若现场缺失件总是集中在同一边梁端部或同一维修接口附近,通常提示该处存在安装偏差、受力偏心或维修质量不稳定的问题,不能只做零星紧固后结束检查。

4 结语

综上所述,城市快速路高架桥伸缩装置病害检测的难点,不在于检测手段是否先进,而在于是否真正围绕病害机理组织现场工作。型钢裂损应重视几何状态和表面裂纹的联合判读,锚固区破损应把强度、保护层和内部完整性一起核查,止水渗漏应顺着水路查止水体系,紧固件异常则必须放到伸缩功能失常的背景下判断。只有把经常性检查、常规定期检测和针对性复核衔接起来,形成以病害对象为中心的检测流程,城市快速路高架桥伸缩装置的病害识别才会更加准确、稳定和可执行。

参考文献

- [1] 甘俊杰.公路桥梁伸缩装置常见病害及处置技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(003):000.
- [2] 戚龙生.公路桥梁伸缩缝工作性能及病害检测评估分析[J].华东公路,2023(1):50-51.
- [3] 董树洪,李维,高世赫,等.不同类型桥梁伸缩装置典型病害分析及新型伸缩装置应用实践[J].中国公路,2025(10).
- [4] 顾响响.桥梁支座与伸缩缝装置常见病害及维护对策探讨[J].车时代,2025(12):262-264.
- [5] 岳军,周强,吴鸿,等.桥梁大位移模数式伸缩装置智能监测系统研究[J].公路,2024(11).