

支座脱空与偏压病害的现场识别方法与处置对策

王鑫

江苏雷威建设工程有限公司 江苏 南京 210000

摘要: 支座脱空与偏压是桥梁运营中的常见病害,由施工偏差、运营负荷、环境侵蚀等因素引发,会加剧支座老化、导致梁体偏移,严重威胁桥梁结构安全。本文阐述病害基础理论,明确其定义、分类及危害,重点介绍现场识别的原则、准备工作及外观与仪器结合的识别方法,提出“分级处置、标本兼治”的对策,按病害程度给出针对性处置方案,补充质量与安全保障措施,为桥梁支座病害的精准识别、科学处置及长效运维提供实用技术参考。

关键词: 支座脱空; 偏压病害; 现场识别方法; 处置对策

引言: 桥梁支座作为连接梁体与墩台的核心传力构件,其受力状态直接决定桥梁结构的稳定性与耐久性。近年来,随着交通流量增大及服役年限延长,支座脱空与偏压病害频发,因初期隐蔽性强易被忽视,逐步发展为影响行车安全的重大隐患。基于此,本文系统研究该类病害的现场识别方法与处置对策,破解识别精度不足、处置方案不贴合现场的难题,对降低桥梁运维成本、防范结构失稳风险、保障交通运输安全具有重要现实意义。

1 支座脱空与偏压病害的基础理论

1.1 支座脱空与偏压的定义及分类

(1) 支座脱空的定义与分类: 支座脱空是桥梁支座与梁底、垫石表面未完全接触,形成局部或全部间隙的异常受力现象,会破坏支座受力平衡。按位置分为边缘、中心、单侧脱空,其中边缘脱空最常见,由局部受力不均导致;中心脱空多因垫石沉降或梁体变形;单侧脱空常伴随梁体偏移。按程度分为三级:轻微脱空间隙 $< 0.5\text{mm}$,无明显受力异常;中度脱空间隙 $0.5\text{--}2\text{mm}$,支座局部受力增大;严重脱空间隙 $> 2\text{mm}$,支座基本丧失承载能力。(2) 支座偏压的定义与分类: 支座偏压是竖向荷载偏离支座几何中心,导致受力不均的现象,长期会加速支座损坏。按方向分为顺桥向和横桥向偏压,顺桥向由梁体伸缩、车辆制动荷载引发,横桥向因桥面单侧超载、梁体侧弯导致。按程度分为三级:轻度偏压荷载偏移量 $< \text{支座位边长}/10$;中度偏移量为边长 $1/10\text{--}1/5$;严重偏移量 $> \text{支座位边长}/5$,易引发支座开裂^[1]。

1.2 病害形成的主要原因

(1) 施工因素: 施工过程中的各类偏差是病害产生的初始隐患,支座安装时定位偏差、垫石施工表面不平整,会导致支座初始受力不均;顶升作业不规范易造成梁体倾斜,引发支座脱空;支座选型不当,与桥梁荷

载、跨度不匹配,会加剧后期偏压与脱空风险。(2) 运营因素: 桥梁长期超负荷运行,超出支座设计承载能力;车辆行驶产生的冲击荷载反复作用于支座;梁体因地基沉降出现不均匀下沉;温度变化导致梁体伸缩、翘曲变形,这些因素均会加剧支座脱空与偏压病害的发展。(3) 环境与材料因素: 雨雪侵蚀、高温暴晒、低温冻融等自然环境作用,会加速支座材料老化,导致橡胶层开裂、钢板锈蚀,进而引发脱空与偏压;此外,支座材料自身质量缺陷,会缩短其服役寿命,增加病害发生概率。

1.3 病害的危害与演化规律

(1) 病害危害: 支座脱空与偏压会导致支座受力不均、局部应力集中,加速支座剪切变形和橡胶老化,进而引发梁体偏移、结构刚度下降;长期发展会导致支座失效,严重时引发桥梁结构失稳,直接威胁行车安全,增加桥梁维护成本。(2) 演化规律: 病害初期多表现为轻微脱空或小幅偏压,无明显外观损坏,易被忽视;若未及时处置,会逐步发展为中度、严重病害,伴随支座破损、垫石开裂等次生损伤,形成“病害加剧-结构损伤”的恶性循环,最终影响桥梁整体安全性和耐久性。

2 支座脱空与偏压病害的现场识别方法

2.1 现场识别的原则与准备工作

(1) 识别原则: 现场识别工作需严格遵循精准性与高效性相统一的原则。需将外观宏观观测与仪器精测数据相结合,实现对桥梁全范围的无死角排查;同时,采取全面普查与重点墩位核查相结合的方式,优先对服役年限长、交通流量大的高危桥梁进行监测。整个检测过程须严格遵守现行桥梁工程检测规程,确保识别结果合法合规,数据真实有效。(2) 准备工作: 前期需系统性梳理技术资料,包括调取桥梁设计图纸、核实支座型号参数及查阅既往运维维修记录,建立病害基础数据库。

仪器设备方面,需提前标定并备齐超声波检测仪、全站仪、电子水准仪等专业设备,同时配备升降车、高倍望远镜及无人机等辅助观测工具。此外,需制定详尽的安全预案,落实现场安全防护措施,并根据交通流量情况合理规划交通管制与封道作业,保障检测人员与通行安全。

2.2 支座脱空的现场识别方法

(1) 外观直观识别法:利用高倍望远镜或无人机进行空中俯瞰观测,重点聚焦支座与梁底、垫石的接触界面,通过目视检查是否存在缝隙、透光现象,初步记录脱空的具体位置及分布范围。对于高空桥墩,需调配升降车或搭设作业平台,确保人员可达观测盲区,实现对支座底部的近距离直观检查。(2) 仪器精准检测法:采用超声波透射法,通过测定声波在介质中的传播时间与波速变化,定量反演支座与垫石间的脱空厚度;运用应力应变监测法,在支座关键位置布设传感器,根据应变值的异常偏差判定脱空范围与程度;对于肉眼可见的缝隙,直接使用塞尺进行塞插测量,精准获取间隙深度,从而实现脱空病害的准确定量^[2]。(3) 识别结果判定:综合汇总外观检查与仪器检测的各项数据,严格对照前期制定的脱空分级标准。重点核算脱空面积占比、最大间隙厚度及受力异常区域等核心参数,以此判定该支座脱空属于轻微、中度还是严重等级,并形成完整的图文识别档案。

2.3 支座偏压的现场识别方法

(1) 外观直观识别法:直接观察支座橡胶层是否出现单侧鼓包、不均匀压缩现象,检查钢板是否发生外露、锈蚀,以及锚栓是否存在松动、剪断或位移。同时,结合梁体外观姿态,观察是否存在横向倾斜、端部翘曲等现象,以此初步判断梁体是否存在偏压隐患。

(2) 仪器精准检测法:利用全站仪精确测量支座中心线与主梁中心线的平面偏位距离,判定偏压方向;采用电子水准仪复测支座四角的顶面高差,通过高差差值量化偏压严重程度;配合进行静载或动载试验,实时监测支座应力分布数据,对比分析各支座受力差值,精准评价偏压等级^[3]。(3) 识别结果判定:依据偏压分级标准,综合分析偏位值、四角高差比及应力分布偏差率等技术指标,明确病害的具体方向(顺桥向或横桥向)及影响范围,最终形成科学的偏压病害识别结论。

2.4 识别方法的验证与优化

(1) 方法验证:随机选取不同桥型、不同服役状态的典型桥梁作为工程实例,分别采用外观识别法与仪器检测法进行平行比对检测。通过分析两种方法在脱空厚度、偏压角度等关键数据上的一致性与偏差度,全面验

证现有识别方法的测量精度、稳定性及可靠性。(2) 方法优化:针对复杂地质、高空作业等特殊工况下识别精度不足的痛点,开展技术参数标定与流程优化研究。调整超声波检测频率与仪器布设位置,完善仪器操作SOP(标准作业程序)。并提出融合多源数据的一体化智能识别方案,利用算法模型融合视觉图像与传感数据,进一步提升现场识别的效率与准确性。

3 支座脱空与偏压病害的处置对策

3.1 处置的原则与总体流程

(1) 处置原则:处置工作严格遵循“安全优先、分级处置、因地制宜、标本兼治”的核心原则。结合支座脱空与偏压的病害等级、桥梁服役年限、交通流量及现场工况,科学筛选经济、高效、可行的处置方案,坚决避免处置过程中因操作不当、方案不合理对桥梁上部结构、墩台及支座造成二次损伤。同时兼顾短期处置效果与长期运维需求,既要快速消除当前病害隐患,也要从源头上减少病害复发概率,保障桥梁结构安全稳定运行。(2) 总体流程:构建“识别-方案-施工-验收-养护”的闭环处置体系,具体流程如下:首先完成病害识别与分级,结合现场检测数据明确病害类型、等级及影响范围;其次开展现场详细勘察,结合桥梁设计参数、支座型号及工况,制定针对性处置方案并完成审核;随后做好施工材料、仪器设备、人员培训等施工准备工作;接着严格按照方案开展现场处置作业,全程把控施工质量;处置完成后进行全面质量验收,核查处置效果是否符合设计要求与行业规范;最后建立后期常态化养护机制,定期监测支座工作状态,形成完整的处置与运维档案。

3.2 支座脱空病害的分级处置对策

(1) 轻微脱空处置:针对轻微脱空(间隙小于0.5mm、无明显受力异常),采用环氧砂浆填充间隙。施工前先对支座与梁底、垫石的接触界面进行彻底打磨、清理,去除浮尘、油污及破损杂物,确保界面洁净干燥;然后按规范配比环氧砂浆,均匀填充脱空间隙,填充过程中避免产生气泡,填充完成后进行保湿养护,养护期满后对脱空区域进行复查,确保间隙完全闭合,支座与梁底、垫石接触紧密,受力均匀。(2) 中度脱空处置:针对中度脱空(间隙0.5-2mm、支座局部受力增大),先设置临时支撑装置,平稳转移梁体荷载,避免处置过程中梁体偏移;采用同步液压顶升系统,精准调整梁体姿态,使梁底与支座保持平行;选用高性能灌浆料填充脱空间隙,灌浆过程中实时监测灌浆压力与填充情况,确保灌浆饱满;对不平整的垫石进行打磨、修补,恢复垫石平整度,待灌浆料达到设计强度后,缓慢

卸载临时支撑,对支座受力状态进行全面检测,确认无异常后完成处置^[4]。(3)严重脱空处置:针对严重脱空(间隙大于2mm、支座基本丧失承载能力),先拆除破损支座,清理支座安装区域的杂物、破损垫石碎片;重新浇筑垫石,采用高精度找平技术确保垫石顶面平整、标高准确;按照设计要求选用匹配型号的新支座,精准安装并进行对位调整,确保支座中心线与梁体中心线重合;安装完成后开展荷载试验,监测支座应力分布情况,确认支座受力均匀、符合设计标准,方可投入正常使用。

3.3 支座偏压病害的分级处置对策

(1)轻微偏压处置:针对轻微偏压(荷载偏移量小于支座边长1/10),重点调整支座位置。先清理支座周边杂物,松动支座锚固螺栓,采用楔形钢板或环氧砂浆对支座底部进行找平处理,校正支座中心线与梁体中心线的偏差;调整完成后紧固锚固螺栓,对支座受力状态进行检测,确保支座受力中心与几何中心一致,避免再次出现小幅偏压。(2)中度偏压处置:针对中度偏压(荷载偏移量为支座边长1/10-1/5),采用同步顶升技术缓慢调整梁体姿态,纠正梁体倾斜现象;重新定位支座,调整支座锚固位置,强化支座锚固系统,提升支座稳定性;优化桥梁限位装置,增设防偏挡块,限制梁体横向或纵向位移,防止支座再次发生偏压,处置完成后监测支座应力分布,确保受力均匀。(3)严重偏压处置:针对严重偏压(荷载偏移量大于支座边长1/5、伴随支座破损),拆除受损支座,对梁体底部、垫石进行全面检查,对存在裂缝、破损的梁体及垫石进行加固处理;调整桥梁上部结构受力分布,优化支座布置,选用承载能力更强的支座进行安装;完善后期监测方案,在支座关键位置布设应力、位移传感器,长期跟踪支座工作状态,及时发现并处置潜在隐患,保障桥梁结构长期安全^[5]。

3.4 处置施工的质量控制与安全保障

(1)质量控制:严格把控施工材料质量,对环氧砂浆、灌浆料、支座、钢板等材料进行进场检验,确保其性能符合设计要求与行业规范;严格控制材料配比,按

试验确定的配比进行搅拌,确保材料强度达标;规范各施工工序,明确工序衔接要求,对顶升、灌浆、找平、安装等关键工序进行全程旁站监督;加强施工过程中的参数监测,实时记录顶升高度、灌浆压力、养护时间等数据,确保处置效果符合设计标准,杜绝质量隐患。

(2)安全保障:针对高空作业、临时用电、机械操作等高危环节,制定专项安全防护措施,高空作业人员必须佩戴安全防护用品,搭设安全作业平台;规范临时用电管理,避免触电事故;对施工机械进行定期检查、维护,确保机械正常运行,操作人员持证上岗。施工前对全体施工人员进行技术交底与安全培训,明确施工流程、安全注意事项及应急处置方法;制定完善的应急处置预案,配备应急物资,防范施工过程中可能出现的梁体偏移、机械故障等安全风险,确保施工安全。

结束语

支座脱空与偏压病害的防控是桥梁运维工作的关键环节,需贯穿“识别-处置-验收-养护”全流程。本文提出的识别方法兼顾精准性与高效性,分级处置对策贴合不同病害程度的现场需求,可有效解决实际运维中的核心痛点。后续需结合不同桥型、工况优化识别与处置技术,强化常态化养护监测,及时排查潜在隐患,持续提升桥梁支座的服役性能,为桥梁结构安全稳定运行提供长期保障。

参考文献

- [1]肖大维.探讨桥梁支座常见病害的养护维修与更换措施[J].建材与装饰,2021,19(4):246-247.
- [2]张凤贵.桥梁支座常见病害与养护方法研究[J].四川建材,2020,45(1):168-170.
- [3]迟翔.既有高速铁路桥梁支座病害整治技术研究[J].价值工程,2025,44(5):137-139.
- [4]黄俊,周凡博.在役桥梁橡胶支座的病害分析研究[J].工程质量,2025,43(2):14-17.
- [5]陈火文.桥梁支座错位和墩柱偏移病害的处治技术[J].建设机械技术与管理,2024,37(5):87-89.