

公路桥梁养护中常见病害的成因与治理对策分析

施云雷

(长兴恒通公路工程检测有限公司, 浙江 湖州 313100)

摘要 公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分, 长期使用中难免会出现病害。本文针对传统公路桥梁养护中病害反复、成本高的问题, 结合桥梁结构特性、交通荷载变化与自然环境影响, 系统梳理长期使用中裂缝、铺装层损坏、钢筋锈蚀、支座老化等典型病害的形成机制, 明确荷载超限、材料衰减、环境侵蚀、养护缺失是四大核心诱因。从技术创新与管理优化双视角提出裂缝分级修复、铺装层材料改良、钢筋防腐升级、支座智能化维护等对策, 以期为延长公路桥梁使用寿命、保障通行安全提供可参考的解决方案, 助力公路交通基础设施养护体系不断完善。

关键词 基础设施; 公路桥梁; 裂缝病害; 钢筋锈蚀病害; 养护

中图分类号: U445.71

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.30.031

0 引言

传统公路桥梁养护模式因对病害成因判断表面化、治理措施缺乏系统性, 导致病害反复出现、养护效率低下, 部分桥梁甚至因治理不当引发安全事故。公路桥梁作为连接区域交通、支撑经济发展的重要基础设施, 其使用状态直接关系到交通网络畅通与安全, 而我国公路交通流量持续增长、重载车辆比例上升, 加上长期受温度变化、雨水冲刷、大气腐蚀等自然因素影响, 桥梁运营中逐渐出现各类病害^[1]。因此, 精准识别病害类型、深入分析成因、探索科学对策, 成为提升养护水平、保障基础设施稳定运行的关键任务。

1 公路桥梁养护中常见的病害类型

1.1 裂缝病害

分布于公路桥梁梁板、墩柱、盖梁、桥台等关键结构部位的裂缝是最常见的病害类型, 按形态可分为横向、纵向、斜向与网状四类。横向裂缝呈水平延伸状态, 多处于梁板跨中区域, 宽度通常在 0.1 ~ 0.5 mm, 严重时可贯穿梁板截面; 纵向裂缝沿桥梁长度方向分布于梁板侧面与顶面, 部分会随温度变化出现宽度波动; 斜向裂缝深度较深, 以 45° 左右角度分布于梁板支座附近与墩柱根部; 网状裂缝宽度小但密度大, 呈不规则网状集中在铺装层与梁板表面。

1.2 铺装层损坏病害

铺装层作为承受车辆荷载的表层结构, 其损坏类型包括剥落、坑槽、推移与裂缝。剥落多集中在车道轮迹带与桥面边缘, 表现为铺装层表面材料与基层分离形成脱落区域; 坑槽是铺装层局部材料缺失形成的凹陷, 深度

范围为几厘米至十几厘米; 推移在高温季节表现更突出, 是铺装层沿横向或纵向发生位移变形形成隆起或凹陷。

1.3 钢筋锈蚀病害

发生在桥梁梁板、墩柱、盖梁等钢筋混凝土结构内部的钢筋锈蚀, 按形态可分为均匀锈蚀、局部锈蚀与点蚀。均匀锈蚀的特征是钢筋表面整体覆盖红褐色锈迹, 截面均匀减小; 局部锈蚀表现为钢筋表面局部出现深锈坑, 深度可达钢筋直径的 1/3 ~ 1/2; 点蚀是钢筋表面出现细小且分布集中的锈孔。

1.4 支座老化病害

连接桥梁上下部结构的支座, 其老化类型包括橡胶支座开裂变形、钢板支座锈蚀、滚动支座卡滞。橡胶支座表面会出现不规则裂缝, 部分裂缝贯穿支座厚度, 且伴随压缩变形超标; 钢板支座表面形成锈层, 严重时导致钢板厚度减小、连接螺栓锈蚀卡死^[2]。

2 公路桥梁常见病害的成因分析

2.1 裂缝病害的成因

荷载、温度与收缩、材料与施工三类因素, 共同导致裂缝病害的形成。在荷载因素方面, 重载与超载车辆频繁通行超出桥梁原设计荷载标准, 使梁板受拉区混凝土应力超过抗拉强度, 车辆紧急制动与转向产生的水平力还会诱发剪切应力; 在温度与收缩因素方面, 温度剧烈变化产生的温度应力无法释放, 混凝土硬化时的体积收缩受约束产生收缩应力。

2.2 铺装层损坏的成因

材料选择不当、施工质量缺陷、环境与荷载耦合作用是铺装层损坏的主要成因。材料选择不当体现在

选用的铺装层材料高温稳定性与抗老化性能不足;施工质量缺陷涵盖基层表面清理不彻底、粘结层涂刷不均匀,沥青铺装层压实度不足与摊铺温度过低,以及水泥混凝土铺装层振捣不密实、切缝不及时。

2.3 钢筋锈蚀的成因

混凝土碳化、氯离子侵蚀、混凝土保护层缺陷三类因素,导致钢筋锈蚀的发生。混凝土碳化是空气中二氧化碳渗透到混凝土内部,与水泥水化产物发生反应降低混凝土pH值,破坏钢筋表面钝化膜;氯离子通过混凝土孔隙与裂缝渗透到内部,吸附在钢筋表面破坏钝化膜稳定性。

2.4 支座老化的成因

材料老化、环境侵蚀、养护缺失,与支座老化密切相关。在材料老化方面,橡胶支座的橡胶材料在氧气、臭氧、紫外线作用下分子链断裂,导致弹性与强度下降;在环境侵蚀方面,雨水与湿气渗透到支座内部加速橡胶老化,钢板支座防腐涂层破损后受雨水与二氧化碳侵蚀;在养护缺失方面,支座未定期进行检查、清洁与润滑,杂物侵入导致滚动支座卡滞,橡胶支座长期处于偏压状态、钢板支座螺栓未定期紧固,都会加速支座老化^[3]。

3 公路桥梁常见病害的治理对策

3.1 裂缝病害的治理对策

裂缝病害治理需以病害严重程度为依据划分治理等级,在匹配对应措施的同时兼顾修复效果与经济性平衡。表面封闭法适用于浅层裂缝治理,施工前需完成裂缝表面的彻底清理,使用钢丝刷去除表面附着的灰尘与松散混凝土颗粒,再通过压缩空气将裂缝内部的细小杂物吹净,避免杂质干扰封闭材料与混凝土表面的粘结效果。清理工作完成后,选用环氧树脂砂浆或聚合物水泥浆作为封闭材料,其中聚合物水泥浆的配合比需控制为水泥:聚合物:砂=1:0.2:2,将材料均匀涂抹在裂缝表面,形成厚度2~3mm的封闭层,该封闭层可有效阻断雨水、二氧化碳等侵蚀介质进入裂缝内部。压力注浆法用于中层裂缝治理,第一步开展钻孔作业,沿裂缝走向确定注浆孔位置,孔距控制在150~300mm之间,孔径设置为8~10mm,钻孔深度需达到裂缝深度的三分之二,保证注浆孔能与裂缝有效连通。钻孔完成后,将专用注浆管插入孔内并固定,选用环氧树脂浆液或水泥浆作为注浆材料,其中水泥浆的水灰比需控制在0.4~0.45之间,使用工作压力为0.2~0.5MPa的专用注浆泵进行注浆作业。

结构加固法针对深层裂缝治理,需根据裂缝所在部位与结构形式选择适配的加固方式。对于梁板跨中区域的横向裂缝,可采用粘贴碳纤维布的加固方式,先对裂缝区域的混凝土表面进行打磨处理,打磨后表

面粗糙度需达到Sa2.5级,去除表面浮浆与杂质,再涂刷专用界面剂增强碳纤维布与混凝土的粘结强度。选用抗拉强度不小于3400MPa的碳纤维布,粘贴层数为2至3层,粘贴过程中需保证布面平整且无气泡与褶皱,粘贴完成后用环氧树脂胶对布边进行固定,借助碳纤维布的高强度抗拉性能限制裂缝进一步扩展。

3.2 铺装层损坏的治理对策

铺装层损坏治理需针对不同损坏类型制定专项修复措施,同时注重基层处理质量与修复材料选择,避免修复后短期内再次出现损坏问题。

剥落与坑槽治理需先进行损坏区域的切除作业,使用铣刨机或人工清除损坏的铺装层材料,切除深度需达到稳定基层,通常为5~10cm,确保彻底去除已松动、破损的材料,防止残留损坏部分影响修复质量。切除完成后,用高压水枪冲洗基层表面,清除表面的浮尘、碎屑等杂物,若基层存在松散现象,需喷洒水灰比为0.5的水泥浆进行加固处理,水泥浆需均匀覆盖基层表面,待其固化后提升基层的密实度与强度。基层处理完成且干燥后,涂刷沥青粘结剂作为粘结层,粘结剂用量控制在每平方米0.8~1.0kg,确保铺装层与基层能有效粘结。修复材料选用改性沥青混合料或高强度水泥混凝土,其中改性沥青混合料可选择SBS改性沥青AC-13型,施工时压实温度需控制在160~180℃,压实度需满足设计规范要求。

推移病害治理需结合病害成因制定治理方案,对于高温季节因铺装层材料高温稳定性不足导致的推移变形,可采用铣刨重铺法,铣刨深度控制在5~8cm,将原有的高温稳定性差的铺装层材料彻底清除,更换为橡胶沥青混合料或温拌沥青混合料。其中橡胶沥青混合料的橡胶含量需满足设计要求,具有优良的高温稳定性;温拌沥青混合料的施工温度比普通沥青混合料低30~40℃,能减少高温施工对材料性能的影响。

铺装层裂缝治理采用灌缝法,使用专用开槽机沿裂缝走向开槽,槽宽控制在10~15mm,槽深设置为15~20mm,开槽过程中需保证槽壁平整且与裂缝中心线对齐,避免偏离裂缝导致灌缝不彻底。开槽完成后,使用压缩空气或高压水枪清理槽内的杂物与灰尘,确保槽内干净干燥。选用伸长率满足设计规范的聚氨酯灌缝胶作为灌缝材料,将材料缓慢灌注到槽内,灌注时控制速度避免产生气泡,灌缝胶的灌注高度需高出铺装层表面2~3mm,形成弧形排水面,该形状可有效引导雨水流向桥面排水系统,防止雨水渗入槽内引发二次损坏。

3.3 钢筋锈蚀的治理对策

钢筋锈蚀治理遵循预防为主、修复为辅的原则,通过优化设计方案与加强施工质量控制降低锈蚀风险,

对已发生锈蚀的钢筋采取针对性修复措施,恢复其力学性能^[4]。

预防措施从混凝土保护层设计、材料选择、施工质量控制三个维度开展。混凝土保护层设计需根据桥梁所处环境类别进行调整,对于海洋环境中的桥梁,梁体混凝土保护层厚度需不小于 30 mm,确保保护层能有效隔绝侵蚀介质与钢筋的接触;在材料选择上,选用强度等级不小于 C50、抗渗等级不小于 P8 的高性能混凝土,该类混凝土密实度高且抗渗透能力强,能减少氯离子与二氧化碳的渗透速度,同时在混凝土中添加氨基醇类阻锈剂,阻锈剂掺量需控制在水泥用量的合理范围内,通过抑制钢筋表面的电化学反应减缓锈蚀速度。在施工过程中,严格控制混凝土的水灰比,水灰比不得大于 0.5,采用高频振捣器进行振捣作业,确保混凝土密实,避免因振捣不充分产生内部孔隙;混凝土浇筑完成后,养护时间不少于 14 天,采用覆盖洒水的养护方式,确保混凝土强度稳定发展。

轻微锈蚀修复适用于锈蚀程度较轻的钢筋,修复第一步为混凝土凿除,使用专用工具凿除锈蚀区域的松散混凝土,凿除深度需达到钢筋表面,确保能清晰观察钢筋的锈蚀状态,凿除过程中需避免损伤未锈蚀的混凝土与钢筋。凿除完成后,采用喷砂除锈的方式去除钢筋表面的锈迹,除锈等级需达到 Sa2.5 级,确保钢筋表面露出金属光泽且无残留锈斑。

严重锈蚀修复适用于锈蚀程度较重的钢筋,对于小跨度梁板等小型构件,可采用拆除更换的方式,先将锈蚀严重的构件拆除,清理支座与连接部位的杂物,根据原构件设计参数制作新构件,新构件所用钢筋材质为 HRB400E,钢筋直径需比原钢筋大 2~4 mm,弥补锈蚀导致的截面损失,浇筑高性能混凝土,确保新构件性能优于原构件。

3.4 支座老化的治理对策

支座老化治理需结合支座类型与老化程度,采取修复、更换或维护的差异化措施,确保支座能正常发挥传递荷载与适应结构变形的功能^[5]。

橡胶支座的治理需根据老化程度选择修复或更换方式,对于轻微开裂变形的橡胶支座,采用修复处理,首先使用专用清理工具去除支座表面的灰尘与杂物,对于表面的细小裂缝,选用橡胶修补剂进行填充,填充过程中需确保裂缝被修补剂完全填满且无空隙残留。填充完成后,在支座表面涂刷橡胶保护剂,保护剂能有效隔绝氧气与紫外线,减缓老化速度,保护剂需每 2 年涂刷一次,形成持续防护。同时,检查支座受力状态,若存在偏压现象,通过增设楔形钢板调整支座高程,使支座受力均匀,避免局部应力集中加速老化。对于裂缝贯穿支座厚度或压缩变形超标的橡胶支座,需进

行更换处理,拆除旧支座前需对桥梁上部结构进行临时支撑,确保施工安全,拆除过程中避免损伤支座垫石与上部结构,新支座选用氯丁橡胶支座,其设计使用年限不小于 20 年,安装时需严格控制支座平面位置与高程,平面位置偏差不得大于 5 mm,高程偏差不得大于 2 mm,安装完成后检查支座是否受力均匀,确保无偏压、脱空现象。

钢板支座的治理核心在于除锈与防腐处理,需清除支座表面的锈层,采用喷砂除锈的方式,除锈后表面粗糙度需达到 Sa2.5 级,彻底去除锈迹与氧化皮,避免残留锈蚀继续发展。除锈完成后,涂刷氟碳防腐涂料,涂料干膜厚度需达到 200 μm ,涂刷过程中需分 2 至 3 遍进行,每遍涂刷后需等待涂料固化,确保涂层厚度均匀且无漏涂、流挂现象。对于支座的连接螺栓,需全部更换为 304 材质的不锈钢螺栓,更换前清理螺栓孔内的杂物,更换后均匀涂抹防锈脂,防锈脂能有效防止螺栓与螺母之间的锈蚀卡死。

滚动支座卡滞的治理需通过拆解维护恢复功能,将滚动支座从桥梁结构中拆除,拆除过程中需做好部件编号,避免重新组装时出现位置错乱。拆除后对支座进行拆解,分离滚动部件、轴承与支座本体,使用汽油或专用清洗剂清洗各部件表面的油污与杂物,检查滚动部件与轴承的磨损情况,对于磨损超标的部件进行更换,确保更换部件的规格与原部件一致。

4 结束语

公路桥梁养护中常见病害较为普遍,针对病害成因加以分析并制定具体的治理对策可以有效延长桥梁使用寿命。相关人员需要意识到桥梁病害的治理并非单纯依赖于技术手段,还需在设计阶段充分考虑桥梁的抗病害能力,并加强日常养护检测。随着桥梁养护技术的不断进步,桥梁的使用寿命以及安全性将得到提升。因此,各级交通管理部门需要加强对桥梁病害治理的重视程度,合理安排养护工作,使桥梁工程可以持续服务于社会发展。

参考文献:

- [1] 张宁.公路桥梁常见病害治理及技术状况评定[J].科学技术创新,2022(32):97-100.
- [2] 廖坤.道路桥梁工程的常见病害与治理策略探讨[J].建筑·建材·装饰,2024(03):145-147.
- [3] 王廷祥.高速公路桥梁常见病害及养护措施分析[J].运输经理世界,2024(03):127-129.
- [4] 冀梅花.公路桥梁常见病害及检测处治研究[J].交通世界,2024(11):140-142.
- [5] 杨耀生.既有公路梁式桥抗震性能评估方法研究[D].银川:宁夏大学,2021.