

市政道路桥梁耐久性设计探讨

张 遥

咸阳市规划设计研究院 陕西 咸阳 712000

摘 要: 本文针对市政道路桥梁耐久性不足的问题,深入分析了环境、材料、设计施工及运营维护四大影响因素,围绕结构构造、材料选型、防腐防护及全寿命周期管控,提出了一套完整的耐久性设计策略,并结合工程实例进行了实践论证。同时,从设计、施工、运维三个层面提出全流程保障措施,旨在提升路桥结构稳定性,增强抵御外界侵蚀与荷载损伤的能力,延长桥梁使用寿命,降低后期运维成本,保障市政路桥长期安全平稳运行,满足城市交通的长效通行需求。

关键词: 市政道路桥梁;耐久性设计;核心策略

引言: 市政道路桥梁是城市交通的核心基础设施,其耐久性直接关乎通行安全、交通通畅与城市发展。现阶段,不少路桥受恶劣环境、劣质材料、设计疏漏、养护缺位等因素影响,出现开裂、锈蚀、破损等病害,大幅缩短使用年限,埋下安全隐患。随着城市交通流量激增、重载车辆增多,路桥耐久问题愈发突显。本文聚焦耐久性设计痛点,深入剖析核心影响因素,探究科学可行的设计方案,为市政路桥长效建设与安全运维提供理论参考与实践思路。

1 市政道路桥梁耐久性影响因素分析

1.1 环境因素对耐久性的影响

(1) 气候条件影响: 温度昼夜交替与季节更迭使混凝土产生热胀冷缩,逐渐形成细微裂缝,降低结构密实度。冻融循环破坏混凝土内部孔隙结构,造成表层剥落、内部疏松,显著削弱承载能力。雨水长期渗入裂缝,加剧结构破损,推动病害持续扩散。(2) 腐蚀介质影响: 氯离子侵入混凝土内部,破坏钢筋表面钝化膜,迅速引发钢筋锈蚀。硫酸盐与混凝土水化产物发生反应,产生结晶膨胀,导致混凝土开裂、脱落。酸碱腐蚀直接侵蚀混凝土表层,破坏材料结构,加快耐久性能衰退。(3) 地质与水文条件带来的耐久隐患: 地基软硬不均会引发不均匀沉降,使桥梁结构受力失衡,出现开裂变形。地下水位波动与水土侵蚀,腐蚀桥梁基础及下部结构,降低整体稳定性,埋下长期安全隐患^[1]。

1.2 材料因素对耐久性的影响

(1) 混凝土材料性能缺陷与耐久性衰减: 混凝土配合比不当、密实度不足,易出现渗水、开裂问题。骨料含泥量超标、外加剂使用失误,会降低混凝土强度、抗渗性与抗侵蚀能力,随着服役时间变长,性能持续衰减。(2) 钢筋锈蚀机理与钢材质量影响: 钢材质量不达标、防腐

处理缺失,极易发生锈蚀。钢筋锈蚀后体积膨胀,撑裂混凝土保护层,使更多水分和腐蚀介质侵入,形成恶性循环,严重破坏结构整体性。(3) 铺装层、支座等附属材料老化问题: 桥面铺装层长期受车轮碾压、日晒雨淋,易出现开裂、坑槽、脱落等问题。支座、伸缩缝等构件长期受力,会出现老化、失效现象,失去缓冲和适配作用,加重主体结构损耗。

1.3 设计与施工因素对耐久性的影响

(1) 结构设计不合理引发的应力集中与破损: 结构选型不当、受力计算偏差,易造成局部应力过大。长期荷载作用下,极易出现开裂、变形,甚至结构破损,缩短使用年限。(2) 细节设计缺失: 排水、防水、防护构造不足,导致路面积水难以及时排出,雨水渗入结构内部。缺少完善的防护构造,无法有效抵御外界侵蚀,加快结构损坏速度。(3) 施工工艺不规范对结构耐久性的损伤: 混凝土振捣不密实、养护时间不足,会留下孔隙、裂缝等质量隐患。钢筋绑扎错位、模板支护不牢,均会降低结构强度,形成耐久性缺陷。

1.4 运营维护因素对耐久性的影响

(1) 日常养护不到位与病害处置滞后: 缺少定期巡检,小裂缝、表层破损等轻微病害得不到及时修补,逐渐扩大,演变为严重结构损伤。(2) 超载车辆通行对结构耐久性能的破坏: 超载车辆远超设计荷载,加剧结构疲劳损伤,加快构件变形、开裂速度,大幅缩短路桥使用寿命,增加安全风险。

2 市政道路桥梁耐久性设计核心策略

2.1 结构体系与构造耐久性设计

(1) 合理选择结构形式,降低结构受力损耗。设计前期结合路桥所处地段的地形地貌、交通荷载、环境条件等因素,因地制宜选定适配的结构形式,避开受力复

杂、应力集中明显的结构布局。针对城市市政道路桥梁的通行特点,优先选用受力均衡、稳定性强的简支梁、连续梁等常规结构,减少复杂受力节点,降低车辆反复荷载带来的疲劳损耗,从根源上提升结构整体稳固性,延长基础使用寿命。(2)优化构件截面设计,提升抗疲劳、抗破损能力。摒弃单一化的截面设计模式,结合荷载分布情况,精细化调整梁体、墩柱、承台等关键构件的截面尺寸与形状,通过加深受力薄弱部位、优化截面弧度,分散局部应力,避免应力过度集中引发开裂、变形。同时充分考虑长期车辆荷载与自然荷载的叠加作用,强化构件抗疲劳性能,提升结构抗冲击、抗破损能力,抵御长期使用过程中的各类损耗^[2]。(3)完善细部构造设计:防水、排水、伸缩缝设置。细部构造是提升路桥耐久性的关键环节,需补齐设计短板,做好全方位防护。科学布设桥面排水系统,合理设置横坡与纵坡,搭配排水孔、排水沟等设施,快速排出路面积水,杜绝雨水下渗侵蚀内部结构。做好防水构造铺设,阻断水分渗透通道;规范设计伸缩缝,选用适配的伸缩装置,兼顾热胀冷缩形变需求,防止杂物堵塞与雨水渗漏,同时便于后期清理养护,消除细部隐患。

2.2 高性能材料选用与配合比优化设计

(1)高强度、高耐久性混凝土选材与配比控制。混凝土是路桥主体结构的核心材料,需严格把控质量关口,优先选用强度达标、杂质含量低的优质骨料,搭配高性能水泥,杜绝劣质原材料。结合工程环境,优化混凝土配合比,合理控制水胶比,掺入优质粉煤灰、矿粉等外加剂,提升混凝土密实度、抗渗性与抗侵蚀能力,打造高强度、高抗冻、抗腐蚀的混凝土结构,抵御温度变化与腐蚀介质带来的损伤,延缓性能衰减。(2)耐腐蚀钢筋与新型加固材料应用。钢筋锈蚀是破坏路桥结构的主要诱因,设计阶段应优先选用环氧树脂涂层钢筋、镀锌钢筋、耐锈蚀钢筋等优质钢材,从材质层面提升抗腐蚀能力。针对腐蚀严重的陆域路段及水域路段,可搭配新型加固材料,提升结构韧性与防护能力,杜绝钢筋锈蚀膨胀引发的混凝土开裂、剥落问题,保障钢筋与混凝土的协同受力效果,维持结构完整性。(3)附属工程耐久材料选型与质量管控。路桥铺装层、支座、护栏等附属构件,直接影响整体使用效果与使用寿命,需选用耐磨、抗老化、抗变形的优质材料。桥面铺装层选用高强度沥青混凝土,提升抗碾压、抗开裂性能;支座选用耐久性、缓冲效果好的橡胶支座或钢支座,延长使用年限;护栏、伸缩缝配件选用耐腐蚀、抗冲击材料。严格把控材料进场质量,杜绝劣质材料投入使用,保障附属工程

长期稳定运行^[3]。

2.3 防腐与防护体系设计

(1)钢筋阻锈与混凝土防腐处理措施。针对钢筋锈蚀问题,除选用耐腐蚀钢材外,还应增设钢筋阻锈剂,在混凝土浇筑过程中掺入专用阻锈材料,形成防护膜,隔绝水分与腐蚀介质接触钢筋。对混凝土表层进行防腐处理,涂刷防腐涂料,封堵表面细微孔隙,抵御氯离子、硫酸盐等腐蚀介质侵蚀,防止混凝土风化、剥落,强化结构整体防腐能力。(2)桥面防水与防渗系统设计要点。桥面防水是防护工作的重中之重,需构建多层防水防渗体系。选用拉伸强度高、抗老化、粘结力强的防水卷材,规范铺设流程,杜绝漏铺、空鼓、开裂等问题。做好桥面接缝、边角等薄弱部位的防水处理,强化防渗效果,防止雨水、雪水渗入梁体、墩台内部,避免水分侵蚀引发钢筋锈蚀与混凝土冻融破损,保障结构内部干燥稳固^[4]。(3)钢结构防腐涂装与防护方案设计。市政路桥中的钢结构部件,极易受环境侵蚀出现锈蚀老化,需制定全方位防腐涂装方案。先对钢材表面进行除锈、打磨处理,保证表面洁净平整,再分层涂刷防锈底漆、中间漆、面漆,确保每层涂料厚度达标、涂刷均匀,提升防腐附着力与耐候性。针对沿海、多雨地区,额外增加防护涂层,并预留检修涂装空间,延长钢结构使用寿命,杜绝锈蚀引发的结构失稳问题。

2.4 全寿命周期耐久性设计理念应用

(1)兼顾建设成本与后期运维成本的均衡设计。摒弃“重建设、轻养护”的传统设计思路,融入全寿命周期理念,综合考量路桥从建设、使用到报废的全过程成本。在设计阶段,合理选用高性能材料、优化结构布局,适当提升前期建设投入,以降低后期病害维修与结构加固成本。平衡短期造价与长期运维费用,避免因前期设计疏漏导致后期运维成本激增,实现经济效益与使用效益的双赢^[5]。(2)设计阶段预留后期养护与加固空间。市政路桥长期投入使用,难免出现局部损耗与老化问题,设计时需提前预留养护、检修与加固空间。合理布设检修通道、检测点位,方便后期开展日常巡检与病害修复工作;针对关键受力构件,预留加固改造余量,便于后期通过粘贴碳纤维布、外包混凝土等方式进行加固补强,无需大幅改动原有结构。此举既能降低养护难度,又能延长路桥整体使用年限,实现全周期耐久运行。

3 工程实例与设计保障措施

3.1 工程案例概况

(1)项目基本信息。本工程为某城市主城区主干道跨河桥梁,地处温带季风气候区,夏季多雨潮湿,冬季

气温偏低,存在冻融隐患;周边水体含有少量氯离子与硫酸盐,腐蚀风险较高。桥梁全长126m,桥面宽32m,设计为双向六车道,兼顾非机动车与行人通行,设计荷载为公路-I级,设计使用年限100年,属于城市核心枢纽路桥工程,对结构稳定性、耐久性要求严苛。(2)工程重难点与耐久性设计核心需求。项目地处城区核心地段,交通流量大,重载货车通行频繁,结构疲劳损耗风险高;加之周边水环境复杂,腐蚀介质侵蚀与雨水渗透问题突出。工程重难点在于抵御外界侵蚀、缓解荷载损伤。项目耐久性设计核心需求为抵抗温度变化与冻融破坏,阻隔腐蚀介质侵入,应对车辆荷载带来的疲劳损伤,保障结构长期稳固,降低后期运维难度,延长桥梁使用寿命。

3.2 案例工程耐久性设计实践

(1)结构与构造耐久优化设计方案。选用预应力混凝土连续梁结构,受力均衡、抗疲劳性能优异,有效分散车辆荷载应力,避免局部受力过大。优化构件截面尺寸,加厚墩柱、梁体保护层厚度,强化薄弱部位承重能力;完善细部构造,桥面设置双向纵坡,搭配排水支管与集水井,加快积水排出,合理布设伸缩缝与减震支座,消除结构形变隐患,提升整体耐久性能。(2)材料选型与防腐防护体系实施要点。主体结构选用C50高耐久性混凝土,严控水胶比,掺入高效抗渗剂,提升混凝土密实度与抗腐蚀能力;钢筋采用环氧树脂涂层钢筋,杜绝锈蚀问题。搭建全方位防护体系,桥面铺设多层防水卷材,混凝土表层涂刷防腐涂料,钢结构部件采用多层防腐涂装工艺,从材料到防护层层把关,抵御外界侵蚀。(3)针对特殊环境的耐久强化措施。针对水环境腐蚀问题,对桥梁下部结构及基础部位进行加厚防腐处理,增设隔离层,隔绝水土中的氯离子与硫酸盐侵入;针对冬季冻融问题,选用抗冻等级达标的混凝土,优化配合比,防止冻融循环破坏结构内部;针对重载交通,加大构件配筋率,提升结构抗疲劳与抗变形能力,适配高强度通行需求。

3.3 提升道路桥梁耐久性的保障措施

(1)设计阶段质量管控与审核机制。建立多级审核制度,从结构选型、细节构造到材料选用,实行专业人

员初审、专家组复审的逐级把关模式,排查设计漏洞,补齐耐久短板。结合工程环境与荷载需求,细化设计方案,留存完整设计资料,落实设计责任,杜绝不合理设计,从源头保障结构耐久性能达标。(2)施工阶段工艺把控与质量监督。严格执行施工规范,确保混凝土振捣密实、养护到位,钢筋绑扎与防腐施工全程符合标准;安排专人现场监督,严控施工工序,杜绝偷工减料、工艺不规范等问题。做好材料进场检测,不合格材料严禁入场,留存施工检测记录,保障施工质量贴合设计要求,不留质量隐患。(3)运营期常态化养护与病害监测体系。建立常态化养护制度,定期清扫桥面、疏通排水设施,及时修补裂缝、破损等早期病害;搭建自动化监测系统,实时监控结构沉降、形变与受力情况,定期开展专业检测。建立病害台账,做到早发现、早处置,防止小病害演变为结构损伤,保障路桥长期安全稳定运行。

结束语

市政道路桥梁耐久性设计是一项系统性工程,需贯穿规划、建设、运维全周期。只有精准把控环境与荷载影响,优化结构布局,选用优质耐久材料,完善防腐防护体系,落实全流程质量管控与常态化养护,才能从根源上提升结构耐久性能。后续设计中,应坚守全寿命周期理念,兼顾安全性与经济性,持续优化设计方案、革新施工技术,打造坚固耐用的路桥工程,保障城市交通命脉畅通,助力城市基础设施高质量、可持续发展。

参考文献

- [1]周欣荣,招光明.市政道路桥梁的安全性与耐久性设计[J].黑龙江交通科技,2025,48(11):110-113.
- [2]帅一师.市政道路桥梁安全性与耐久性设计[J].智慧城市,2021,7(12):41-42.
- [3]李杰.公路桥梁安全性和耐久性设计研究[J].城市建设理论研究,2023,7(29):149-151.
- [4]王庆元.高速公路桥梁耐久性设计问题研究[J].交通世界,2022,11(13):55-57.
- [5]唐跃朋.公路桥梁安全性及耐久性设计研究[J].交通世界,2023,25(10):136-137.