

钢筋混凝土桥梁锈蚀病害的检测与防治

陈李玲

温州信达交通工程试验检测有限公司 浙江 温州 325000

摘要: 钢筋混凝土桥梁作为现代交通体系中的重要组成部分,其安全性和耐久性直接关系到交通运输的顺畅与公共安全。然而,在长期使用过程中,桥梁结构易受环境侵蚀,特别是钢筋锈蚀问题,严重影响桥梁的使用寿命和安全性。本文旨在探讨钢筋混凝土桥梁锈蚀病害的检测技术与防治措施,首先分析了钢筋锈蚀的原因和机理,然后详细介绍了钢筋锈蚀的检测方法,并提出了相应的防治措施,为桥梁维护与管理提供科学依据和技术支持。

关键词: 钢筋混凝土桥梁; 锈蚀; 检测; 防治

引言

钢筋混凝土结构因其强度高、施工方便等优点,被广泛应用于桥梁工程中。然而,钢筋混凝土桥梁在承受交通荷载的同时,还面临着复杂多变的自然环境考验。其中,钢筋锈蚀作为桥梁结构老化的主要原因之一,不仅削弱了结构的承载能力,还可能引发混凝土开裂、剥落等连锁反应,严重威胁桥梁的安全运行。因此,研究钢筋混凝土桥梁锈蚀病害的检测与防治具有重要意义。

1 锈蚀病害机理分析

1.1 钢筋锈蚀机理

钢筋锈蚀是一个复杂的电化学反应过程,主要涉及铁与氧气、水分等环境因素之间的相互作用。在正常的混凝土环境中,钢筋表面会形成一层钝化膜,这是由混凝土的高碱性环境所诱导产生的,对钢筋起到有效的保护作用。然而,当混凝土的碳化程度加深或氯离子等侵蚀性物质侵入混凝土时,这层钝化膜会遭到破坏,导致钢筋暴露在腐蚀环境中,从而开始锈蚀^[1]。锈蚀过程中产生的锈蚀产物,如铁的氧化物,其体积往往会比原始钢筋体积大,这种体积膨胀会对周围的混凝土保护层产生压力,进一步导致混凝土的裂缝和剥落,形成锈蚀与混凝土破坏的恶性循环。

1.2 主要影响因素

1.2.1 环境因素

湿度、温度、盐雾、酸雨等环境因素对钢筋锈蚀具有显著影响。高湿度和温度会加速电化学反应速率,盐雾和酸雨则会提供额外的腐蚀介质,混凝土的高碱度由水化的氢氧化钙保证,但这种物质稳定性差,易与酸性物质反应,然而进一步促进钢筋锈蚀过程。

1.2.2 材料因素

混凝土的密实度、抗渗性、钢筋的种类以及表面处理等因素也会影响钢筋的锈蚀速率。密实度高的混凝土

能更好地阻挡外界侵蚀性物质的侵入,而抗渗性强的混凝土则能减少水分的渗透,从而减缓锈蚀过程。钢筋的种类和表面处理也会影响其抗锈蚀能力。

1.2.3 施工因素

施工质量、钢筋保护层厚度的控制以及钢筋布置的合理性等都会对钢筋的锈蚀产生影响。施工质量差可能导致混凝土保护层存在缺陷,如裂缝、空洞等,这些缺陷会成为侵蚀性物质侵入的通道。保护层厚度不足也会使钢筋更容易受到外界环境的影响。钢筋布置不合理可能导致局部钢筋密集,增加了锈蚀的风险。

1.2.4 氯离子或氯化物锈蚀

氯离子或氯化物是引起钢筋锈蚀的另一重要因素。氯离子可以通过施工时搅拌混凝土的水中含有的氯盐进入混凝土,或通过混凝土缝隙接触钢筋表面。氯离子能够加速钢筋的腐蚀过程,导致钢筋截面积减小,力学性能降低,甚至发生断裂。

2 锈蚀病害检测技术

2.1 目视检查法—直接检测

目视检查法作为一种基础且直观的检测手段,在桥梁锈蚀病害的初步筛查中发挥着重要作用。该方法主要依赖于检测人员的专业观察与经验判断,通过肉眼细致观察桥梁结构的表面状况,寻找可能存在的锈迹、裂缝、剥落等病害迹象。在实际操作中,检测人员需关注桥梁的梁体、墩台等部位的钢筋,对于净空较高的桥梁,使用高倍望远镜进行观测。首先仔细检查结构是否开裂漏水,一般来说漏水的裂缝其钢筋很可能已经发生锈蚀,严重的锈蚀使混凝土龟裂、松散,马上可判断其内部钢筋已发生锈蚀,另外混凝土表面的锈迹也是桥梁结构钢筋锈蚀的重要特征。尽管目视检查法简单易行,但其结果易受多种人为因素影响,如检测人员的经验水平、观察角度、光线条件等。因此,该方法更适用于锈

蚀病害的初步筛查阶段,为了提高目视检查法的准确性和可靠性,建议在实施前对检测人员进行专业培训,确保他们具备识别各种锈蚀迹象的能力。同时,在检查过程中,应结合使用其他无损检测技术,以获取更全面、准确的锈蚀病害信息,为桥梁的养护与维修提供科学依据。

2.2 无损检测技术

2.2.1 超声波检测

超声波检测是一种先进的无损检测技术,广泛应用于钢筋混凝土桥梁锈蚀病害的检测中。该技术利用超声波在材料中的传播特性,通过测量超声波的传播时间、速度、衰减等参数,来评估混凝土内部的缺陷和锈蚀情况。在超声波检测过程中,检测人员首先会在桥梁结构上布置超声波传感器,然后发射超声波信号。这些信号会在混凝土中传播,并遇到不同的界面或缺陷时发生反射或散射。通过接收这些反射或散射信号,并对其进行分析处理,检测人员可以推断出混凝土内部的锈蚀程度、缺陷位置以及缺陷的大小和形状。超声波检测具有高精度、高效率和非破坏性的优点,能够在不破坏桥梁结构的情况下,提供准确的锈蚀病害信息。需要注意的是,超声波检测结果的准确性受到多种因素的影响,包括混凝土的材质、结构形式、缺陷类型以及检测环境等^[2]。因此,在进行超声波检测时,需要充分考虑这些因素,并选择合适的检测参数和方法,以确保检测结果的准确性和可靠性。同时,检测人员也需要具备专业的技能和经验,以便正确地操作超声波检测设备,并准确地分析检测结果。

2.2.2 电化学检测

电化学检测是一种基于电化学反应原理的无损检测技术,特别适用于评估钢筋混凝土桥梁中钢筋的锈蚀状态。其中,半电池电位法是一种常用的电化学检测方法。半电池电位法是指利用混凝土中钢筋锈蚀的电化学反应引起的电位变化来测定钢筋锈蚀状态。通过测定钢筋/混凝土半电池电极与在混凝土表面的铜/硫酸铜参考电极之间电位差的大小,来评定混凝土中钢筋的锈蚀活化程度。在混凝土中,钢筋表面与混凝土电解质形成了一个电化学反应体系,钢筋作为阳极,混凝土作为阴极。当钢筋发生锈蚀时,阳极反应会导致钢筋表面的电位值发生变化。在实际应用中,检测人员会使用电位计等仪器,将参比电极和钢筋表面接触,测量钢筋表面的电位值。通过与未锈蚀钢筋的电位值进行比较,可以判断钢筋的锈蚀程度。一般来说,电位值越低,表示钢筋锈蚀程度越严重。电化学检测方法具有操作简便、检测速度快、对结构无损伤等优点,并且可以在不破坏混凝土保

护层的情况下,直接评估钢筋的锈蚀状态。然而,它也受到一些限制,混凝土含水率对测值的影响较大,测量时构件应处在自然干燥状态。为提高现场评定钢筋状态的可靠度,一般要进行现场比较性试验。

2.3 间接检测

2.3.1 氯离子含量检测

有害物质侵入混凝土将会影响结构的耐久性。混凝土中氯离子可引起并加速钢筋的锈蚀;硫酸盐的侵入可使混凝土成为易碎松散状态,强度下降;集料具有碱活性时,碱的侵入(K^+ 、 Na^+)可能引起碱-集料反应破坏。因此,在进行结构耐久性评定时,根据需要应对混凝土中 Cl^- 、 K^+ 、 Na^+ 等含量进行测定。目前,对混凝土中氯离子含量的测定方法比较成熟,已普遍应用于现代结构。硝酸银滴定法是经典的可溶性氯化物中氯含量的测定方法。在中性或弱碱性溶液中,使用铬酸钾作为指示剂,用硝酸银标准溶液滴定氯化物。当所有氯离子与硝酸银反应生成白色沉淀后,多余的硝酸银与指示剂反应,生成砖红色的铬酸银沉淀,以此确定滴定终点,根据消耗的硝酸银标准溶液的体积、其浓度以及待测溶液的体积或质量,可以计算出待测溶液中氯离子的含量,氯离子含量占水泥含量的百分比大于等于1时,钢筋锈蚀活化。这种方法操作简单,结果准确,是常用的氯离子检测方法之一,间接评价钢筋锈蚀的状态。

2.3.2 混凝土电阻率法

混凝土电阻率检测测区,应根据钢筋锈蚀电位测量结果确定,对经钢筋锈蚀电位测试结果表明钢筋可能锈蚀活化的区域,应进行混凝土电阻率测量。混凝土电阻率可采用四电极阻抗测量法测定,即使混凝土表面等间距接触四支电极,两外侧电极为电流电极,两内侧电极明电压电极,通过检测两电压电极间的混凝土阻抗获得混凝土电阻率。

混凝土表面应清洁、无尘、无油脂。为了提高量测的准确性,必要时可去掉表面碳化层。调节好仪器电极的间距,一般采用的间距为50mm。为了保证电极与混凝土表面有良好、连续的电接触,应在电极前端涂上耦合剂,特别是当读数不稳定时。测量时探头应垂直置于混凝土表面,并施加适当的压力。

混凝土的电阻率反映其导电性。混凝土电阻率大,若钢筋发生锈蚀,则发展速度慢,扩散能力弱;混凝土电阻率小,锈蚀发展速度快,扩散能力强。因此,测量混凝土的电阻率是对钢筋状况进行检测评定的一项重要内容。

3 锈蚀病害防治策略

3.1 设计阶段预防

在设计阶段,针对锈蚀病害的预防策略至关重要,它能为桥梁的长期耐久性奠定坚实基础。以下是一些关键的设计阶段预防措施:首先,合理选材是预防锈蚀的第一步。应优先选择那些经过严格质量控制、符合相关标准的优质钢筋和混凝土材料。钢筋应具备良好的力学性能和抗锈蚀能力,而混凝土则应具有高密实度、良好的抗渗性以及足够的碱性储备,以确保钢筋表面的钝化膜稳定存在。其次,钢筋的布置也是设计中的重要一环。应根据桥梁的具体结构和受力特点,进行科学合理的钢筋布置。这包括确定适当的钢筋直径、间距和层数,以确保钢筋能够均匀地承受荷载,并避免局部应力集中导致钢筋过早锈蚀^[1]。最后,提高混凝土的性能也是预防锈蚀的关键措施之一。这可以通过优化混凝土的配合比、添加适量的外加剂和掺合料来实现。例如,使用高效减水剂可以降低混凝土的水灰比,从而提高其密实度和抗渗性;而掺加适量的硅灰或粉煤灰则可以改善混凝土的微观结构,提高其抗碳化能力和氯离子渗透性。这些措施都可以有效减少混凝土碳化和氯离子侵入的可能性,从而保护钢筋免受锈蚀的侵害。

3.2 施工阶段控制

施工阶段是桥梁建设的关键环节,也是预防锈蚀病害的重要阶段。为了确保桥梁结构的耐久性和安全性,必须严格控制施工工艺,加强施工监督,并做好相应的防护工作。首先,严格控制施工工艺是至关重要的。每个工序都应该按照设计要求和施工规范进行,确保施工质量和施工工艺的正确性。特别是对于钢筋的加工和安装,必须严格按照操作规程进行,避免钢筋受到损伤或污染。同时,混凝土的浇筑和养护也应该得到充分的重视,确保混凝土的密实性和抗渗性。其次,加强施工监督也是必不可少的。应该设立专业的监理机构,对施工现场进行监督检查,确保施工过程中的各项操作都符合规范和设计要求。

3.3 使用阶段维护

桥梁在使用阶段,由于环境、交通荷载等多种因素的影响,容易出现锈蚀病害。因此,加强桥梁的养护管理,实施有效的防腐措施,以及限制超载运行,是预防和控制锈蚀病害的关键。首先,加强桥梁的养护管理至关重要。应定期对桥梁进行全面检查,包括桥梁的梁体、墩台等部位的钢筋。对于发现的锈蚀问题,应根据其严重程度采取相应的修复措施,如除锈、涂覆防护层

等。同时,应建立完善的维护档案,记录每次检查和维护的情况,以便对桥梁的养护历史进行追踪和分析。其次,实施防腐措施也是关键。可以在钢筋表面涂覆防护涂层,如环氧树脂、聚氨酯等,以隔绝钢筋与腐蚀介质的接触,从而延缓锈蚀的发生。此外,还可以采用阳极保护技术,通过外加电流使钢筋表面形成一层致密的氧化膜,进一步提高钢筋的抗锈蚀能力^[4]。最后,限制超载运行也是预防锈蚀病害的重要措施。超载运行会导致桥梁结构承受过大的荷载,加速钢筋的锈蚀和混凝土的损伤。因此,应建立有效的超载检测和惩罚机制,对超载车辆进行严格的管控和处罚。同时,可以加强桥梁的交通管理,合理分流交通荷载,减轻桥梁的负担。

3.4 采用先进技术与新型材料

为了更有效地预防和应对桥梁锈蚀病害,采用先进技术与材料策略是至关重要的。这一策略旨在通过引入新技术和新材料,提升桥梁的抗锈蚀能力和耐久性,从而延长桥梁的使用寿命并保障交通安全。首先,应用新技术是这一策略的关键。例如,可以采用电化学防护技术,通过施加外部电流来改变钢筋表面的电位,从而抑制锈蚀反应的发生。此外,还可以探索使用智能涂层技术,这种涂层能够自主感知并响应环境变化,释放出防锈物质来保护钢筋。其次,使用新材料也是提升桥梁耐久性的重要途径。

结语

钢筋混凝土桥梁锈蚀病害的检测与防治是一个系统工程,需要从设计、施工到使用维护的全生命周期进行综合考虑。通过采用先进的检测技术和科学的防治策略,可以有效延缓桥梁结构的锈蚀进程,保障桥梁的安全性和耐久性。未来,随着科技的不断进步和工程实践的深入,钢筋混凝土桥梁锈蚀病害的检测与防治技术将不断得到完善和发展。

参考文献

- [1]姚剑虹.钢筋锈蚀对桥梁桩基础混凝土性能的影响研究[J].科学技术创新,2022,(06):86-89.
- [2]刘浩.公路桥梁钢筋锈蚀原因及防治[J].全面腐蚀控制,2019,33(03):40-41.
- [3]郑晓旭.桥梁内部钢筋锈蚀度检测试验[J].交通世界,2023,(12):171-173.
- [4]赵学峰.公路桥梁钢筋锈蚀原因及防治方法[J].四川水泥,2021,(10):344+347.