

节段预制拼装箱梁病害类型及成因分析

周相仲

招商局重庆交通科研设计院有限公司 重庆 400000

摘要: 随着节段预制拼装箱梁技术在桥梁工程中的广泛应用,其病害问题逐渐成为影响桥梁安全运营的关键因素。本文主要分析了节段预制拼装箱梁的主要病害类型及成因,系统梳理了接缝病害、预应力筋管道接缝密封不良、构件损伤及混凝土材料性能不达标等病害类型,并从设计与材料因素、施工技术因素、使用与维护因素以及环境影响四个维度探讨了病害的成因。通过优化设计、选择合适材料、提高施工质量控制水平和加强桥梁维护管理,可以有效预防和减少病害的发生。本文为节段预制拼装箱梁的病害防治提供了理论依据和实践指导。

关键词: 节段预制拼装箱梁;病害类型;成因分析;防治策略

引言

节段预制拼装箱梁作为一种高效的桥梁建造技术,以其施工速度快、质量易控制、环境影响小等优势被广泛应用于现代桥梁工程中。然而,随着使用时间的增长和环境条件的变化,各种病害逐渐暴露出来,严重影响了桥梁的安全性和耐久性。因此,研究节段预制拼装箱梁的病害类型及成因,对于提高桥梁工程的质量与安全,具有重要的实践意义和理论价值。

1 节段预制拼装箱梁的技术特点

节段预制拼装箱梁技术主要通过将桥梁分解为可在工厂内预制的标准化节段,然后在现场进行拼装,以实现整个桥梁的快速构建,有效控制构件质量,减少现场施工的不确定性,显著缩短工程周期,降低对环境的影响。

节段预制拼装箱梁技术的核心在于“预制”与“拼装”两个关键环节^[1]。预制环节在工厂环境下,按照统一的标准和规范生产各个桥梁节段,涵盖材料选择、构件制造、质量检测等多个步骤。每个节段都需要满足严格的质量控制标准,以保证其在结构性能、耐久性、外观等方面的高质量。拼装环节将这些预制好的节段运输至施工现场,并通过专业的技术和设备进行精确的拼接和连接,确保整体桥梁结构的稳定性和持久性。节段预制拼装箱梁的设计考虑材料力学性能、构件接合技术以及整体结构稳定性。利用高性能混凝土材料,配合精确的模具制作,确保预制节段的几何尺寸和力学性能满足设计要求。模块化设计使得桥梁构件能够在工厂中批量生产,不仅保证了生产效率,还通过标准化流程提高了构件的质量一致性,有助于简化现场施工流程,通过模

块化构件的快速组装,显著缩短了工期,降低了施工成本。标准化不仅体现在构件生产上,也贯穿于整个施工过程中,包括节段的运输、吊装和拼装等,这些标准化的操作流程确保了施工质量和工程安全。

首先,采用专业的运输和吊装设备,确保预制节段在运输和安装过程中的安全和精确性。其次,现场拼装采用高精度的定位和连接技术,如采用高强度螺栓连接或焊接技术,以及张拉预应力筋以提升结构整体的稳定性和承载力。此外,通过引入信息化管理和数字化施工技术,如BIM技术,可以进一步提高施工过程的精确度和效率,实现施工过程的可视化和可控化。节段预制拼装箱梁技术通过提高施工效率和质量,有效降低了建设过程中的能耗和废弃物排放,对环境的影响更小,还有助于延长桥梁的使用寿命,减少后期的维护和修复成本,从而实现了经济效益和社会效益的双重提升。

2 节段预制拼装箱梁病害类型

2.1 接缝病害

接缝病害要包括接缝裂缝、渗漏和密封性能不良等类型,病害的表现形式通常为接缝处出现细小裂缝、水分渗透或密封材料老化脱落^[2]。接缝病害的发生直接影响桥梁结构的安全性和耐久性,裂缝和渗漏可导致内部钢筋腐蚀,降低结构承载力;而密封性能不良则加速桥梁老化,减缩使用寿命。从根本上讲,接缝病害的出现与设计选型、材料质量、施工技术及维护管理等多方面因素有关,其对结构安全性的威胁在于病害的累积效应,未及时发现和处理的接缝问题可能导致更为严重的结构损伤。

2.2 预应力筋管道接缝密封不良

预应力筋管道接缝密封不良会使得水分和有害化学物质易于通过接缝渗透进入混凝土内部,直接威胁到预

作者简介: 周相仲(1992.08-),男,汉族,重庆市人,本科,工程师,研究方向:桥梁工程,工作单位:招商局重庆交通科研设计院有限公司。

应力筋的腐蚀保护层,进而影响预应力筋的性能和寿命,从而对整个结构的稳定性和安全性构成潜在风险。特别是在恶劣的环境条件下,如盐水侵蚀、温度循环等,预应力筋管道接缝的密封不良更加容易加速结构的损伤过程。

2.3 构件损伤

构件损伤是指节段预制拼装箱梁在使用过程中出现的裂缝、腐蚀和磨损等现象。裂缝通常因材料疲劳、超载或设计不当引起,严重时可能影响结构整体稳定性;腐蚀多由化学物质侵蚀、钢筋保护层破损导致,降低了构件的承载力和延展性;磨损则主要出现在桥面铺装和支座等部位,影响行车安全和舒适性。这些损伤的共同后果是降低桥梁的使用性能和安全储备,增加维护成本。

2.4 混凝土材料性能不达标

混凝土材料的性能直接关系到节段预制拼装箱梁的质量与耐久性,是确保结构安全的基础。混凝土材料的弹性模量、抗压强度、抗拉强度以及抗折强度是评价其性能的关键指标^[3]。弹性模量体现了混凝土材料在受力后变形能力的大小,影响结构的刚度与稳定性。抗压强度是混凝土最基本的性能指标,决定了结构承受垂直荷载的能力。抗拉强度虽然远低于抗压强度,但其值的大小直接影响到材料的裂缝控制能力和耐裂性。抗折强度则是衡量超高性能混凝土在受弯或偏心压缩作用下的抗裂能力和韧性的重要指标。若混凝土材料的这些性能参数不达标,将导致预制拼装箱梁在使用过程中易出现裂缝、断裂等病害,严重威胁结构安全和使用寿命。

3 节段预制拼装箱梁病害成因

3.1 设计与材料因素

节段预制拼装箱梁的病害成因中,设计缺陷和材料质量问题占据了不容忽视的地位。设计不当会导致承载力计算不准确、应力分布不均和动静载作用下的不良反应,进而引发裂缝、变形等结构性问题。例如,忽视了预制节段接缝设计的桥梁在使用过程中会出现接缝处的裂缝和渗漏。

3.2 施工技术因素

施工过程中的定位不精确,如梁段的对接位置偏差过大,会直接影响到整个结构的力学行为和稳定性,容易导致接缝处或邻近区域出现裂缝和应力集中。接缝处理的不当,包括接缝密封材料的选择错误、密封层厚度不均或密封不充分^[4],均会成为水分和腐蚀介质渗透的通道,进一步诱发混凝土腐蚀和钢筋锈蚀等病害。

3.3 使用与维护因素

节段预制拼装箱梁使用不当,尤其是超载运营,对

桥梁结构造成的损害尤为严重。超载会导致结构承受设计标准之外的荷载,加剧材料疲劳,增加裂缝产生的可能性,乃至促使已有裂缝的扩展,进而影响结构的整体稳定性和安全性。缺乏定期检查和养护,会加速结构病害的发展。定期的结构检查能够及时发现病害的早期迹象,如裂缝形成、混凝土剥落或钢筋锈蚀等,而适时的养护措施如裂缝修补、防腐处理和加固,可以有效延缓病害发展的速度,保障结构的使用性能和延长使用寿命。反之,忽视这些维护措施会使得轻微的危害迅速恶化,腐蚀加剧,不仅增加维修成本,还会因病害的急剧发展而导致结构性能下降,甚至造成结构失效。

3.4 环境影响

在节段预制拼装箱梁病害形成中,自然环境因素如温度变化、水侵蚀和化学腐蚀是主要的外部影响因素。温度的周期性变化导致材料热胀冷缩,这一物理过程在结构接缝处和材料内部产生应力,久而久之会诱发裂缝或加剧已有裂缝的扩展。水侵蚀作用主要通过渗透和冻融循环发生,水分渗透至混凝土内部或预应力筋保护层,破坏材料内部结构,冻融循环则通过水分在结构微观裂缝中冻结形成冰,体积膨胀产生额外内应力,进一步破坏混凝土的密实性和完整性。化学腐蚀主要来自于环境中的盐分、酸性物质等对混凝土和钢筋的侵蚀,特别是在盐雾区和酸雨频发区,化学腐蚀作用显著加速了桥梁材料的退化和钢筋的锈蚀,从而降低结构的承载能力和延长性。

4 病害防治与维护策略

4.1 病害检测与评估

桥梁病害检测方法主要包括视觉检查、无损检测技术(如超声波、地面穿透雷达、红外热像技术等)以及结构健康监测系统等。这些方法各有特点,能够从宏观和微观层面对桥梁的病害状态进行全面评估。病害评估标准则依据相关规范和标准,结合桥梁实际情况,对检测结果进行分类和评级,从而确定病害的严重程度和处理优先级。定期进行病害检测和评估是保障桥梁安全、延长服务寿命的关键,它要求建立和完善桥梁维护检测计划,按照规定周期执行,同时根据桥梁运营和环境条件的变化适时调整检测频率和方法,确保桥梁健康状态得到有效监控和管理。

节段预制拼装箱梁的病害检测与评估是确保桥梁结构安全性与功能性的重要环节,病害检测技术被广泛应用于桥梁维护与管理中,每种技术都有其特定的适用性与局限性^[5]。

(1) 视觉检测。依靠工程师或检测人员的经验进行

表面病害的识别, 尽管此方法操作简单、成本低廉, 但其检测结果受主观因素影响较大, 难以准确识别内部缺陷或早期病害。

(2) 声波反射法(或超声波检测)。能够有效识别混凝土内部的裂缝、空洞等缺陷, 该技术通过分析声波在材料内部传播的特性来评估病害, 适用于检测混凝土密度和内部缺陷。然而, 该方法需要专业设备与经验丰富的操作人员, 且对于深层缺陷的检测灵敏度较低。

(3) 地面穿透雷达(GPR)技术。通过发射电磁波并分析反射信号来识别结构内部的异物或空洞, GPR适用于快速检测大范围的内部缺陷, 特别是在预制拼装接缝的密封效果评估上具有独特优势, 但其检测深度受频率影响, 且对水分敏感, 可能会影响结果的准确性。

(4) 载荷测试法。通过施加外力并观察结构的响应来评估桥梁的承载能力和整体性能, 能提供直观的结构性能数据, 对评估桥梁的安全状况十分有效。然而, 实施成本高, 且在测试过程中可能对结构造成额外的风险。

(5) 数字图像处理技术。通过分析桥梁结构的高清图片或视频来自动识别裂缝、腐蚀等病害, 该技术具有高效、非侵入性的特点, 尤其适用于难以直接接触的结构部位的检测。但其准确性依赖于图像的质量与分析算法的先进性。

4.2 病害预防措施

针对常见的病害类型, 如接缝裂缝、渗漏以及预应力管道接缝密封不良等, 采取有效的预防措施显得尤为关键。首先, 在设计阶段, 优化设计与材料选择是预防病害发生的基础。设计应充分考虑节段预制拼装箱梁在实际使用中所承受的环境和荷载条件, 通过科学计算和模拟分析, 确保设计参数的合理性, 包括但不限于梁段尺寸、预应力布置、接缝形式及尺寸等。在材料选择方面, 应选用高性能、耐久性强的材料, 如超高性能混凝土(UHPC)等, 同时, 对于接缝处的密封材料, 需选择耐老化、粘结性能好的环氧树脂等, 以确保长期的密封效果和结构完整性^[6]。

施工单位需严格按照设计要求和施工规范执行, 特别是在预制梁段的生产、运输和拼装过程中, 需精确控制每一环节的操作。例如, 在预制梁段时, 需确保混凝

土的充分振捣和养护, 避免内部缺陷的产生; 在梁段吊装和拼装时, 应准确对位, 严格控制梁段的位置偏差, 以防接缝处因应力集中或不均匀而导致裂缝的发生。同时, 对于接缝的处理, 需确保密封材料的均匀涂布和充分固化, 防止渗漏的发生。

4.3 质量控制与维护管理

提高施工质量控制水平和加强桥梁维护管理是预防节段预制拼装箱梁病害的有效策略。首先, 施工质量控制需从源头抓起, 即从设计、材料选择到施工各环节严格按照标准和规范执行, 同时引入质量管理体系, 对施工过程进行全程监督和检查, 确保施工质量满足设计要求。其次, 加强桥梁维护管理, 建立完善的桥梁维护体系, 包括定期的检查、评估、维修和加固等, 特别是对于那些已经发现病害或存在潜在风险的桥梁, 更应制定专项维护计划, 采取措施及时治理, 避免病害扩展。

结语

综上, 本文通过对节段预制拼装箱梁病害类型及成因的深入分析, 揭示了病害形成的多因素影响机制, 并针对性地提出了一系列防治策略。综合考虑设计与材料选择的合理性、施工过程的精确控制、桥梁使用与维护的规范化以及对环境因素的充分应对, 是确保节段预制拼装箱梁长期稳定运营的关键。通过持续的技术创新和管理优化, 可以有效提升桥梁工程的质量与性能, 确保交通基础设施的可持续发展。

参考文献

- [1] 吴东升. 城市节段预制拼装箱梁桥结构设计的技术特点与创新[J]. 中外公路, 2021, 41(1): 70-75.
- [2] 黄如妍. 节段预制拼装箱梁接缝连接键现状研究[J]. 河南建材, 2023(1): 20-22.
- [3] 姚剑. 节段预制拼装箱梁键齿胶接缝受力行为分析[J]. 交通科技, 2023(5): 77-80.
- [4] 让宽幅箱梁节段预制拼装箱梁更耐久[J]. 中国公路, 2020(11): 22-23.
- [5] 周浩. 盐港东立交节段预制拼装箱梁设计[J]. 城市建筑, 2020, 17(9): 158-160.
- [6] 曹淞柏, 陈光林, 周小焱, 等. 节段预制拼装箱梁剪力键受力性能研究[J]. 重庆建筑, 2020, 19(3): 52-55.