

某公路简支梁桥病害分析与加固方案设计

魏孟娇

中交远洲交通科技集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 本文针对运营超过15年的公路简支梁桥,先介绍桥梁概况与检测依据标准,开展病害诊断与成因分析,明确病害类型及成因。接着采用“现场荷载试验法+有限元模拟法”评估承载能力,结果显示部分构件需加固。随后比选加固方法,确定组合加固方案并详细设计。最后对加固后结构验算,结果表明方案有效,提升了桥梁承载能力与稳定性,满足长期运营需求。

关键词: 公路简支梁桥;病害分析;加固方案设计

引言:公路简支梁桥作为交通基础设施重要组成部分,其安全运营至关重要。该公路简支梁桥运营逾15年,随着交通量增大与重载车辆增多,桥面出现明显破损。为保障桥梁安全,需全面检测评估,分析病害成因,评估承载能力,并设计科学合理的加固方案。本文将围绕该桥梁展开病害分析,提出加固方案并进行验算,为类似桥梁维护加固提供参考。

1 桥梁概况与检测方案

1.1 桥梁基本信息

该公路简支桥梁位于区域主干线公路段,设计荷载等级为公路-I级,设计时速80km/h。桥梁全长126m,共6跨,单跨跨径20m,桥面总宽12m,其中行车道宽9m,两侧人行道各1.5m。上部结构采用预应力混凝土T型梁,梁高1.2m,共30片梁;下部结构为钢筋混凝土盖梁、圆柱式桥墩及重力式桥台,基础采用钻孔灌注桩,桩径1.2m,桩长25m。桥面铺装为10cm厚沥青混凝土,配套设置双侧波形护栏、泄水管及伸缩缝等附属设施^[1]。桥梁运营至今已逾15年,承担着区域客货运输的重要任务,近年来随着交通量增大及重载车辆增多,桥面出现明显破损,需开展全面检测与评估工作。

1.2 检测依据与标准

本次桥梁检测严格遵循国家及行业现行相关标准、规范,确保检测工作的科学性、准确性和规范性。核心依据包括《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60-2015)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD44-2018)、《公路桥梁技术状况评定标准》(JTGD71-2011)、《公路桥梁检测技术规程》(JTGD72-2011)及《公路桥涵养护规范》(JTGH11-2004)。同时,参考该桥梁原始设计图纸、施工记录、竣工资料及历年养护档案,明确检测范围与技术要求。检测过程中,各项指标判定均以规范限值为基准,

对病害等级划分、结构性能评估等关键环节严格执行标准条款,确保检测结果可作为后续病害诊断、承载能力评估及加固设计的可靠依据,保障桥梁运营安全与耐久性。

2 某公路简支桥梁病害诊断与成因分析

2.1 典型病害类型

经现场检测,该简支桥梁存在多种典型病害,且以上部结构及桥面系病害最为突出。桥面系方面,沥青铺装层出现大面积龟裂、网裂,部分区域伴随坑槽、沉陷,裂缝宽度多在0.5-2mm之间,坑槽深度最大达3cm;两侧人行道板多处松动、破损,部分板块断裂脱落;伸缩缝出现老化、变形,存在渗漏现象,内部填充杂物导致伸缩功能失效。上部结构中,T型梁梁体侧面及底部出现纵向、横向裂缝,部分裂缝贯通梁高,最大裂缝宽度0.3mm,且部分梁体端部存在混凝土剥落、露筋现象;梁端支座出现老化、变形,部分支座脱空、剪切损坏,影响梁体受力传递。下部结构中,盖梁存在局部裂缝及混凝土碳化现象,桥墩表面有风化、侵蚀痕迹,桥台台背出现轻微沉降,导致桥面与路基衔接处出现台阶。

2.2 病害成因分析

结合桥梁运营年限、交通状况及检测结果,病害成因主要可分为内在因素与外在因素两类。外在因素中,交通荷载作用是核心诱因,近年来重载车辆频繁通行,远超桥梁设计预期荷载,导致梁体、桥面承受过大应力,引发裂缝、沉陷等病害;同时,长期交通磨损使桥面铺装层及伸缩缝加速老化,雨水通过破损部位渗入结构内部,加剧病害发展。环境因素同样影响显著,长期温湿度变化导致混凝土收缩、膨胀不均匀,产生温度裂缝;雨水、大气污染物侵蚀混凝土,引发碳化、风化,降低混凝土强度,同时导致钢筋锈蚀,进一步破坏结构完整性。内在因素方面,桥梁运营年限较长,材料性能

自然衰减,混凝土强度、钢筋握裹力下降,结构承载能力逐步降低。

2.3 病害对结构性能的影响

各类病害对桥梁结构性能产生多方面不利影响,严重威胁桥梁运营安全与耐久性。桥面系病害中,铺装层龟裂、坑槽不仅影响行车舒适性,还会导致桥面承载力分布不均,加剧梁体局部受力集中,同时雨水渗漏会侵蚀梁体、支座,加速结构损坏;伸缩缝失效使梁体伸缩受限,温度应力无法释放,诱发梁体及盖梁裂缝,且渗漏雨水会损坏支座,影响梁体受力传递稳定性。上部结构梁体裂缝会削弱截面承载力,贯通性裂缝可能导致梁体抗剪、抗弯性能显著下降,若持续发展可能引发梁体断裂;混凝土剥落、露筋会加速钢筋锈蚀,导致钢筋截面面积减小,进一步降低梁体承载能力。下部结构盖梁、桥墩病害会影响荷载传递效率,桥台沉降导致桥面衔接不平,产生附加应力,加剧上部结构损坏^[2]。整体而言,病害的持续发展使桥梁整体刚度、承载力下降,结构稳定性与安全性降低,若不及时处理,可能引发结构性破坏,影响公路通行安全。

3 某公路简支桥梁承载能力评估

3.1 评估方法选择

本次桥梁承载能力评估工作,紧密结合桥梁的结构特点、病害状况以及详实的检测数据,创新性地采用“现场荷载试验法+有限元模拟法”相结合的综合评估方法,以此确保评估结果具备高度的准确性与可靠性。现场荷载试验法是评估的关键环节。工作人员通过精准施加等效荷载,模拟实际交通荷载对桥梁的作用,细致测量梁体挠度、应变、裂缝宽度等关键指标。随后,将实测值与设计值进行严格对比,深入分析结构的实际承载能力与工作性能。此方法能直观呈现结构在实际受力下的状态,有效弥补理论计算难以全面考量实际因素的局限性。有限元模拟法同样不可或缺。利用专业的 Midas Civil 有限元软件,建立逼真的桥梁整体模型,精确还原结构尺寸、材料参数、边界条件以及病害状态。借助数值模拟,清晰计算结构在不同荷载工况下的受力分布、变形特征及承载力极限值。两种方法相辅相成,现场试验数据为有限元模型的合理性提供有力验证,并据此修正模型参数;而有限元模拟则可拓展分析不同荷载组合下结构的响应情况,全面、精准地评估桥梁承载能力,为后续的加固设计提供坚实、科学的依据。

3.2 有限元模型建立

基于桥梁原始设计图纸及现场检测数据,采用Midas Civil软件建立该简支桥梁三维有限元模型。模型以单跨

20m预应力混凝土T型梁为核心,上部结构每片T梁采用梁单元模拟,梁体混凝土强度等级按检测实测值设定为C50,预应力钢束采用桁架单元模拟,张拉应力按设计值录入。下部结构盖梁、桥墩采用梁单元,桥台采用实体单元,基础钻孔灌注桩按嵌岩桩模拟,考虑地基承载力实测值。桥面铺装、护栏等附属设施按实际重量等效加载至梁体。模型边界条件严格贴合实际,桥墩底部约束水平及竖向位移,桥台约束竖向位移,梁体与支座接触部位按弹性支撑模拟,同时结合检测发现的病害,对梁体裂缝区域、支座损坏部位进行参数修正,降低刚度系数,确保模型能真实反映桥梁实际工作状态。模型建立后,通过现场荷载试验实测数据进行校准,调整模型参数,直至模拟结果与实测数据误差控制在5%以内,保障模型可靠性。

3.3 评估结果分析

结合现场荷载试验数据与有限元模拟结果,对桥梁承载能力进行综合分析评估,结果显示该桥梁整体承载能力满足公路-I级荷载基本要求,但部分构件承载能力不足,结构处于“合格但需加固”状态。上部结构中,大部分T型梁实测挠度、应变值小于设计限值,抗弯、抗剪性能基本达标,但3片梁体因裂缝严重,截面有效承载力下降15%-20%,接近限值;支座损坏导致梁体受力不均,部分梁端应力集中明显^[3]。下部结构盖梁、桥墩整体受力稳定,承载能力满足要求,但盖梁局部裂缝导致截面刚度降低,荷载传递效率下降约10%;桥台沉降引发的附加应力未超出结构承受极限,但需控制沉降发展。桥面系病害对整体承载能力影响较小,但加剧了结构局部受力集中,需同步修复。综合评估认为,桥梁整体结构安全可控,但部分受损构件需通过加固处理提升承载能力,消除病害隐患,保障长期运营安全。

4 某公路简支梁桥加固方案设计

4.1 加固设计原则

本次桥梁加固设计严格遵循“安全可靠、技术可行、经济合理、便于施工”的核心原则,同时兼顾结构耐久性与后期养护便利性。安全可靠原则为首要前提,加固后需确保桥梁承载能力满足公路-I级荷载要求,消除现有病害隐患,提升结构整体稳定性与抗灾能力,避免加固后产生二次病害。技术可行原则要求选用成熟、先进的加固技术,结合桥梁结构特点、病害类型及现场施工条件,确保加固工艺简单易操作,施工过程安全可控,不影响周边交通通行。经济合理原则需综合考量加固成本、施工周期与后期养护费用,在满足加固效果的前提下,优化方案设计,控制工程投资,避免过度

加固。同时加固设计需兼顾结构耐久性，选用耐腐蚀、抗老化的材料，延长桥梁使用寿命，且便于后期养护检修，保障加固后桥梁长期稳定运营。

4.2 加固方法比选

针对桥梁不同部位病害，结合加固原则，对多种加固方法进行比选分析，确定最优方案。对于梁体裂缝及承载力不足问题，拟定三种方案：一是粘贴碳纤维布加固法，该方法施工便捷、自重增加小，能有效提升梁体抗弯、抗剪能力，但对基层混凝土强度要求高，且后期维护成本较高；二是体外预应力加固法，加固效果显著，能大幅提升梁体承载能力，适应重载需求，但施工工艺复杂、周期长，对施工技术要求高；三是增大截面加固法，技术成熟可靠，加固效果稳定，能同时修复裂缝、提升截面刚度，但会增加梁体自重，对下部结构产生附加荷载。对于支座损坏，拟定更换板式橡胶支座方案，该方案成本低、施工简单，能快速恢复支座功能。对于桥面系病害，拟定“拆除破损铺装+重新铺装沥青层+更换伸缩缝”方案。综合比选后，考虑到施工便利性、成本及加固效果，选用粘贴碳纤维布加固受损梁体、更换支座及修复桥面系的组合加固方案。

4.3 推荐加固方案详细设计

推荐采用组合加固方案，具体设计如下：梁体加固方面，对3片受损严重的T型梁采用粘贴碳纤维布加固，在梁体底部及侧面粘贴2层300g/m²碳纤维布，布宽根据梁体截面尺寸设定，底部布宽1.2m，侧面布宽0.8m，碳纤维布采用环氧类粘结剂粘贴，粘贴前对梁体裂缝进行灌浆处理，宽度大于0.15mm的裂缝采用压力灌浆法修补，确保基层平整牢固。支座更换方面，拆除所有损坏支座，更换为板式橡胶支座，型号选用GYZ 300×74 (Φ×h)，支座安装前清理支座垫石，调整垫石标高，确保支座受力均匀，安装后采用密封胶密封缝隙，防止雨水渗入。桥面系修复方面，彻底拆除破损沥青铺装层及松动人行道板，清理基层后，铺设10cm厚沥青混凝土铺装层，同步更换所有老化伸缩缝，选用模数式伸缩缝，型号为C-40，安装后进行防水处理；修复破损护栏，重新浇筑松动人行道板，确保桥面设施完整。

4.4 加固后结构验算

采用修正后的有限元模型对加固后桥梁结构进行全面验算，验证加固方案的有效性，确保结构性能满足设计要求。验算内容包括承载力验算、变形验算、裂缝宽度验算及稳定性验算，验算工况涵盖恒载、活载及恒载+活载组合工况。承载力验算结果显示，加固后受损梁体截面抗弯承载力提升25%以上，抗剪承载力提升20%，均满足公路-I级荷载要求；支座更换后，梁体受力传递均匀，应力集中现象完全消除^[4]。变形验算中，梁体跨中最大挠度为12mm，小于设计限值16mm，挠度变形满足规范要求。裂缝宽度验算显示，加固后梁体新增裂缝宽度控制在0.1mm以内，原有裂缝不再扩展，满足结构耐久性要求。稳定性验算中，桥梁整体刚度提升18%，下部结构承受的附加荷载在允许范围内，盖梁、桥墩及桥台受力稳定，无失稳风险。综合验算表明，加固方案有效提升了桥梁结构承载能力与稳定性，消除了病害隐患，满足长期运营需求。

结束语

本文通过对公路简支梁桥的病害深入分析、承载力精准评估以及加固方案的细致设计与验算，成功制定出一套科学有效的加固措施。加固后桥梁结构性能显著提升，承载能力与稳定性满足要求，病害隐患得以消除。这不仅保障了桥梁的长期安全运营，也为后续类似桥梁的病害处理与加固设计积累了宝贵经验，具有重要的实践指导意义。

参考文献

- [1]侯剑岭,刘灵灵,吴喜德,等.伸缩缝及支座病害对简支梁桥车致动力响应的研究[J].振动工程学报,2024,37(2):286-296.
- [2]王国军,王亚博,王飞,等.基于有限元分析的简支梁桥桥面防水粘结层力学响应研究[J].市政技术,2024,42(1):49-54.
- [3]尤正奇.简支梁桥上部结构病害成因加固对策及维护质量控制[J].山东交通科技,2021(2):67-70.
- [4]陈宇鹏.探究公路桥梁的智能养护管理与维修加固[J].智能建筑与智慧城市,2025(3):179-181.