

软土地基区域铁路下穿桥施工技术改进研究

郭士聪

江苏雷威建设工程有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i1.22263

[摘要] 软土地基铁路下穿桥施工极易受特殊地质条件制约,存在施工难度大、结构稳定性不足等诸多工程问题。本文结合软土地基含水量高、压缩性大、稳定性差的工程特性,分析其对铁路下穿桥施工沉降、结构变形及施工作业的不利影响,剖析传统施工技术在地基处理、结构施工、监测管理及组织协调方面的各类缺陷,针对性提出地基处理、结构施工优化、信息化监测管控及施工组织协调优化等改进技术,有效解决软土地基施工难题,提升工程施工质量与施工安全性。

[关键词] 软土地基区域; 铁路下穿桥施工; 技术改进

中图分类号: U445.4 **文献标识码:** A

Research on Improvements to Construction Technology for Railway Underpass Bridges in Soft Soil Foundation Areas

Shicong Guo

Jiangsu Leiwei Construction Engineering Co., Ltd.

[Abstract] The construction of railway underpass bridges in soft soil areas is highly susceptible to the constraints imposed by special geological conditions, resulting in various engineering problems such as high construction difficulty and insufficient structural stability. Based on the engineering characteristics of soft soil foundations, including high water content, high compressibility, and poor stability, this paper analyzes their adverse effects on settlement, structural deformation, and construction operations of railway underpass bridges. It further examines the deficiencies of traditional construction technologies in foundation treatment, structural construction, monitoring and management, and organizational coordination. Targeted improvement technologies are proposed, including foundation treatment, structural construction optimization, information-based monitoring and control, and optimization of construction organization and coordination. These measures can effectively address construction challenges associated with soft soil foundations and improve construction quality and safety.

[Key words] soft soil foundation areas; railway underpass bridge construction; technological improvements

引言

软土地基力学指标偏低,整体稳定性能较差,属于铁路下穿桥建设过程中的不利地质条件,地基不均匀沉降与结构变形现象多发,直接作用于工程施工质量以及投入使用后的线路安全。现有施工手段在地基处置、结构作业、监测管控和现场组织协调上存在缺陷,无法满足软土地基作业条件。本文立足软土地基现场存在的各类施工难点,对施工技术及管理模式做出调整,给出可落地的改进对策,用于软土区域铁路下穿桥现场作业,减少施工与运营阶段风险。

1 软土地基特性及对铁路下穿桥施工的影响

软土地基多由淤泥、淤泥质土、粉土构成,土体本身含水量高、孔隙比大、整体密度偏低,土体力学性能较差,抗剪强度不足,压缩性能突出。该类地基土体渗透性弱,水分排出速度慢,

地基固结成型所需周期长,整体稳定性极差,是铁路下穿桥施工中常见的不良地基类型。在工程施工及后期线路运营的荷载作用下,软土地基极易发生沉降与变形,无法稳定承载桥梁结构荷载。在铁路下穿桥施工全过程中,软土地基带来的施工问题较为突出。地基承受施工设备荷载、结构自重荷载及后期列车运营荷载后,会出现持续性沉降,且沉降分布不均衡,直接造成下穿桥主体结构产生不均匀沉降,破坏桥梁结构受力平衡,降低结构整体稳定性与安全系数,为后续线路运营埋下安全隐患。软土抗剪强度不足的固有特点,会使桥梁结构在施工阶段产生侧向位移与变形,改变结构原有设计形态,损伤结构使用性能,缩短桥梁整体使用寿命。同时,软土地基承载力达不到常规施工标准,施工机械作业时易出现下陷、打滑等问题,常规施工工艺难以正常落地,大幅提升现场施工操作难度^[1]。施工工序推进受阻,

整体施工进度被迫延后,且地基不稳定易导致施工成型构件出现质量缺陷,直接影响铁路下穿桥工程的整体施工质量与施工效率。

2 传统铁路下穿桥施工技术存在的不足

2.1 地基处理技术局限性

铁路下穿桥传统施工所用的地基处理技术适配场景有限,难以适配施工现场复杂的软土地基条件。现有常规地基处理工艺应用于软土地基施工时存在诸多不足,技术适用范围存在明确边界,仅可对固定深度范围内的地基进行加固处理。施工深度超出既定范围后,地基加固质量无法达标,下穿桥基础结构的施工稳定性难以保障。传统地基处理工序步骤繁杂,土层固结成型耗时久,整体施工效率偏低。当前国内铁路下穿桥项目均执行严格的工期管控标准,传统工艺施工效率不足的问题,极易导致项目整体工期滞后,不符合现代铁路工程的施工建设规范。现阶段铁路下穿桥施工现场工况类型多样,传统地基处理技术无法兼顾施工质量与施工效率,不能适配不同的现场施工条件,实际施工应用效果不佳。从工程实际应用来看,该类传统技术的实用性与通用性均存在明显短板,已经无法适当前铁路基建工程的建设发展需求,难以满足各类铁路下穿桥工程的施工建设标准。

2.2 结构与施工不合理

常规铁路下穿桥工程在结构设计和现场施工环节普遍存在不合理问题,工程整体施工管控体系存在明显短板。设计环节中,设计人员未结合施工现场软土地基实际变形情况开展设计工作,对地基变形相关参数的测算内容不够完整,导致最终设计方案本身存在问题。这一问题会让桥梁主体结构在施工过程以及后续长期运营过程中产生沉降、变形等病害,使结构实际受力情况和设计标准不符,产生长期结构性安全隐患^[2]。施工环节中,现场作业人员没有严格依照行业规范开展施工工作,既定的施工工艺没有落实到位,施工工序安排杂乱,各施工环节衔接不顺畅。各类不规范施工操作会破坏工程结构的完整性,导致下穿桥成型质量不达标,整体结构稳定性大幅下降,无法达到铁路下穿桥长期安全使用的建设要求,同时也会增加后期工程运维的难度和安全风险。

2.3 施工监测与信息化管理不足

铁路下穿桥传统施工模式在施工监测和信息化管理层面存在显著短板。现阶段常规施工监测体系整体建设不完善,针对地基沉降、结构变形等核心施工指标的监测工作存在诸多漏洞。监测工作开展过程中,数据采集存在滞后性,采集到的各类监测数据存在偏差,数据真实性和完整性无法得到保障,施工管理人员无法实时掌握施工现场各项参数的动态变化。施工全过程的风险预判和隐患排查工作无法有效开展,不能及时发现施工过程中出现的异常问题。同时,行业内多数传统施工项目的信息化建设进度滞后,整体管理模式较为传统老旧,没有搭建系统化的信息化管理体系,无法对施工全过程数据进行整合分析,不能根据施工现场实际情况开展动态调控,难以实现施工工艺和施工

方案的实时优化,整体施工管理效率和管控精度无法适配现代铁路工程建设需求。

2.4 施工组织与协调问题

铁路下穿桥施工涵盖多专业、多班组作业,施工组织体系层级多、结构复杂,各施工环节统筹衔接和现场管控难度大。项目现场采用传统施工管理方式,未落实统一的沟通管理标准和对接流程,各管理岗位、职能部门与一线施工班组联动性较差,信息传递滞后、流通不畅,整体施工信息衔接存在脱节现象。施工推进过程中,各工序衔接紧密性不足,各工种作业排布经常出现交叉冲突,既定施工方案和进度计划无法顺利落实,现场施工时常停工,整体施工工期无法按计划推进。现场组织协调管理较为粗放,人员、机械设备、施工材料等各类资源分配缺乏科学性、合理性,工序排布缺乏系统性规划,打乱了正常施工节奏,直接造成工期延误^[3]。同时,工序衔接不规范、作业交叉管控不到位,会衍生各类施工质量问题,降低工程整体施工质量,无法满足铁路下穿桥工程标准化施工、精细化进度管控的建设标准。

3 铁路下穿桥施工技术改进措施

3.1 地基处理技术改进

(1) 复合地基处理技术。施工采用MJS桩、TRD桩等新型工艺开展软土地基加固作业,通过设备向软土层加注水泥类固化材料,依靠材料固化作用形成完整桩体结构。成型桩体与原有软土紧密结合,形成整体性良好的复合地基,有效提升软土地基整体承载能力,增强地基抗变形能力,切实管控桥梁施工及后期运营过程中的地基沉降问题,保障地基整体受力均匀稳定。(2) 真空预压联合堆载预压技术。该工艺整合两种预压施工方式的优点,有效提升软土地基固结成型效率。施工先实施真空预压作业,促使软土地基完成初步沉降,提升土体密度与基础强度,再开展堆载预压作业,进一步压实、稳固地基土体,提升地基整体承载等级。相比单一预压施工方式,组合工艺可有效缩短施工工期,持续控制地基沉降数值,全面提升软土地基的整体加固效果。(3) 强夯置换法。该工艺主要应用于浅层软土地基加固施工,借助重锤高空坠落产生的强大冲击能量,挤压排出浅层软弱土体,同步回填碎石等硬质骨料,压实形成置换墩结构。通过改变浅层软土的原有土体结构,提升浅层地基的承载性能,有效优化地基施工质量。

3.2 结构与施工改进

一是优化桥梁结构设计。结合软土地基实际变形情况,确定桥梁各部分结构尺寸,明确整体刚度相关参数,使桥梁结构能够适应地基变形,降低结构内部产生的应力。针对桥梁受力薄弱区域开展专项设计,补齐结构性能短板,有效提高桥梁整体承载能力与稳定性能,从设计层面规避地基不均匀变形引发的结构开裂、表层破损等常见质量病害。二是优化调整现场施工工艺。施工过程中采用分段跳槽开挖、随挖随支护的作业方式,最大限度减少施工对周边土体的扰动,全程监测并管控桥梁整体变形数据。混凝土施工实施分层浇筑、分层振捣作业,保障混凝土浇筑密实度,符合主体结构施工质量要求^[4]。合理规划各道施工工

序,细化各施工节点的作业任务,规范现场施工顺序,避免工序交叉冲突、施工返工等问题,切实提升施工标准化程度与整体施工效率。三是强化结构连接施工质量控制。重点完善铁路下穿桥各构件的衔接施工工艺,提升整体结构协同受力性能。现场构件连接采用高强度螺栓搭配焊接的组合施工工艺,保障连接部位的强度与刚度,在构件连接处增设加劲肋,增强连接位置的抗变形能力。

3. 3 施工监测与信息化管理改进

第一为完善施工监测体系,针对工程施工全过程的安全管控需求,搭建全覆盖的地基沉降、结构变形专项监测体系,配套适配各类高精度监测设备开展作业,全程跟踪把控施工阶段各类结构数据变化情况。通过合理增设施工现场监测点位,加密监测点位布置密度,有效规避单点监测的数据偏差问题,全面提升各类监测数据的真实性、完整性与可靠性,为施工管控提供精准的数据支撑。第二为推进施工信息化管理平台建设,整合工程施工全过程核心数据资源,将现场监测数据、施工推进进度、工程施工质量等关键管控信息统一录入平台系统,实现项目施工各类信息的实时更新、互通共享与快速传递。依托信息化平台开展施工动态管控工作,实时跟进施工全过程状态,动态优化施工管控流程,快速排查施工中的各类隐患问题,保障施工工序有序推进。第三为落实监测数据分析与安全预警工作,对平台归集的各类监测数据开展常态化实时分析,建立标准化施工安全预警机制。一旦监测数据超出预设安全管控数值,即刻启动预警流程并落实对应处置措施,及时化解施工安全风险,保障现场施工安全稳定。同时持续归集长期监测数据并开展系统化分析,梳理总结现场施工核心规律,积累施工管控经验,为后续同类工程项目施工管控工作提供数据参考和技术依据。

3. 4 施工组织与协调改进

(1)完善项目管理团队建设,依托项目经理、技术负责人、安全负责人等核心岗位组建专项项目管理团队,细化所有岗位人员的工作职责与工作分工,落实岗位责任制,强化团队内部日常沟通与工作协作,固定召开项目协调会议,利用项目晚总结会、周例会、月度例会等形式,常态化梳理施工各项工作,第一时间排查、处置施工全过程中出现的各类问题,保障现场管理工作落地到位。(2)落实施工组织设计优化工作,结合铁路下穿桥

工程实际特征、现场施工环境及现有施工条件,调整优化原有施工组织设计方案,科学排布各工序施工顺序,合理规划整体施工进度。依据施工整体部署编制细化的施工实施计划和人力、设备、材料等资源需求计划,保障施工各环节衔接顺畅、资源供应充足。同时结合施工现场各类可变因素及潜在风险,编制专项应急处置方案,提升项目应对突发状况的处置能力^[5]。(3)强化各相关部门沟通协调工作,铁路下穿桥施工对接铁路运营、交通管理等多个主管部门,施工前期主动对接各部门开展沟通对接,摸清各部门管控要求及工作意见,结合各项要求完善施工方案。施工全过程定期上报现场施工进度、施工动态,主动对接部门落实各项报备工作,争取各部门工作支持与配合,规避外部因素影响施工推进。

4 结语

综上所述,软土地基固有问题会干扰铁路下穿桥施工开展,还会给后期线路运营埋下隐患,传统施工方式在地基处理、结构施工、现场监测和施工组织方面存在短板,难以适配软土地施工。通过改进地基处理方法,调整结构及施工流程,推行信息化监测管理,完善施工组织工作,可以处理地基沉降、结构变形、现场管控缺失等问题,改善工程实际质量,增强结构稳定性,实现铁路下穿桥施工阶段和投入运营阶段的安全可控。

【参考文献】

- [1]秦海红.下穿铁路框架桥全断面快速顶进施工技术[J].工程建设与设计,2026,(4):148-150.
- [2]李泽鹏.基于顶进法施工的下穿铁路改建框架桥关键技术[J].建筑技术,2025,56(14):1702-1706.
- [3]牟时珪.在既有铁路框架桥处顶进下穿施工技术案例研究[J].山西建筑,2024,50(16):147-151.
- [4]林凯鑫.下穿铁路框架桥全断面快速顶进施工技术[J].广东土木与建筑,2024,31(7):83-85.
- [5]王金龙,王子轩,朱光昊.下穿铁路斜交框架桥顶进施工技术分析与应用研究[J].山东交通科技,2024,(5):42-46.

作者简介:

郭士聪(1990--),男,汉族,江苏南京人,本科,项目经理,中级工程师,研究方向:工程建设技术。