

高速铁路路基与桥梁过渡段施工技术探讨

杨志

山东省路桥集团有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i5.16880

[摘要] 匈塞铁路作为中国铁路技术进入欧洲市场的关键工程,其路基与桥梁过渡段施工质量直接影响线路稳定性与运营安全。本文针对该项目地质条件,提出过渡段基底针对性处理、级配碎石填料优化摊铺、“重型振动碾压+小型机械补压”组合压实及“预埋钢筋+混凝土搭板”台背衔接等技术,同时从材料管控、工艺规范、沉降监测三方面强化质量控制,最终实现过渡段工后沉降控制在15mm内,保障线路时速达标与客货混运功能稳定发挥。

[关键词] 高速铁路; 路基与桥梁过渡段; 施工技术; 质量控制; 匈塞铁路

中图分类号: TV52 文献标识码: A

Discussion on Construction Technology for High-Speed Railway Embankment-Bridge Transition Sections

Zhi Yang

Shandong Road & Bridge Group Co., Ltd.

[Abstract] As a key project for Chinese railway technology to enter the European market, the construction quality of the subgrade and bridge transition section of the Hungary-Serbia Railway directly impacts line stability and operational safety. This paper addresses the project's geological conditions by proposing targeted subgrade treatment for transition sections, optimized grading of crushed stone fill, combined compaction methods of "heavy vibratory rolling + small mechanical supplementary rolling," and "pre-embedded reinforcement + concrete approach slab" connections at abutments. Additionally, quality control is enhanced through material management, process specifications, and settlement monitoring. Ultimately, the post-construction settlement of the transition section is controlled within 15mm, ensuring the line's speed standards and stable mixed passenger-freight transportation functionality.

[Key words] High-speed rail; Transition section between subgrade and bridge; Construction technology; Quality control; Hungary-Serbia Railway

引言

高速铁路运行速度快、荷载要求高,路基与桥梁过渡段因刚度差异易产生沉降差,成为影响线路平顺性与耐久性的关键部位,若处理不当会引发轨道变形、列车颠簸等问题,威胁运营安全。匈塞铁路承担着改造中东欧老旧铁路、提升区域交通效率的重要使命,其采用中国标准建设,过渡段施工质量不仅关系项目自身运营效果,更影响中国铁路技术在欧洲市场的口碑,对推动中国高铁技术国际化具有重要示范意义。

1 工程概况

匈塞铁路是连接匈牙利首都布达佩斯与塞尔维亚首都贝尔格莱德的双线电气化高速铁路,线路整体走向由贝尔格莱德(塞尔维亚)出发,经诺维萨德、苏博蒂察,最终抵达布达佩斯(匈牙利),全长约350km,其中塞尔维亚境内约183km,匈牙利境内约

166km。该项目作为中国铁路技术、装备和标准进入欧洲市场的关键工程,设计时速为200km/h,部分路段预留250km/h条件,采用1435mm标准轨距及25kv50hz交流电电气化系统,与欧洲铁路网及主流电气化系统保持一致,具备客货混运功能。项目旨在改造原有建于百余年前、技术标准低且平均运行时速仅40-50km的老旧线路,目前塞尔维亚段进展较快,其中贝尔格莱德至诺维萨德段(约80km)已于2022年3月19日开通运营,诺维萨德至苏博蒂察段于2025年10月3日开通运营,匈牙利段因欧盟审查及内部程序等原因启动较晚,仍处于施工阶段。

2 高速铁路路基与桥梁过渡段施工技术

2.1 过渡段基底处理技术

过渡段基底处理是保障后续施工质量及线路稳定性的基础,需根据匈塞铁路项目沿线地质条件(如粉质黏土、砂层等)采取

针对性处理措施。对于表层存在软弱土层的区域,首先采用推土机配合平地机清除地表植被、腐殖土及松散土层,清除深度控制在0.3-0.5m,确保基底土质地基承载力满足设计要求^[1]。若基底存在淤泥或淤泥质黏土,采用换填法处理,换填材料选用级配良好的碎石土,碎石粒径控制在5-30mm,含泥量不大于5%,换填深度根据地质勘察数据确定,通常为1.0-2.0m,换填过程中分层摊铺,每层厚度不超过30cm,采用重型振动压路机碾压,碾压次数不少于6遍,直至压实度达到96%以上(采用灌砂法检测)。对于基底为砂层且存在渗透隐患的路段,设置碎石盲沟进行排水,盲沟宽度0.5m、深度0.8m,内部填充粒径20-40mm的碎石,盲沟纵坡不小于2‰,确保基底积水及时排出,避免基底土软化导致沉降。

2.2 过渡段填料选择与摊铺技术

过渡段填料需兼顾强度与变形协调性,匈塞铁路项目过渡段填料选用级配碎石,其配合比经过室内试验优化确定,具体为碎石(5-30mm)65%、中砂(0.5-2mm)25%、石粉(小于0.075mm)10%,最大粒径不超过30mm,不均匀系数 $C_u \geq 10$,曲率系数 C_c 在1-3之间,确保填料级配良好,具备良好的压实性和水稳性^[2]。填料进场前需进行质量检验,每批次检测颗粒级配、含泥量、压实度等指标,合格后方可进场。摊铺过程中采用摊铺机进行分层摊铺,摊铺厚度严格控制在20cm(松铺厚度),摊铺速度保持在1.5-2.0m/min,确保摊铺均匀。在靠近桥梁台背的区域,由于大型机械作业空间受限,采用小型摊铺机配合人工找平,摊铺宽度超出过渡段设计宽度0.5m,避免边缘压实不足。同时,在摊铺过程中设置标高控制桩,间距5m,采用水准仪实时监测摊铺标高,确保每层摊铺厚度偏差不超过 ± 5 mm,为后续压实工艺奠定基础。

2.3 过渡段压实工艺优化技术

过渡段压实质量直接影响路基刚度均匀性,匈塞铁路项目针对过渡段压实工艺进行优化,采用“重型振动碾压+小型机械补压”的组合压实方式。对于过渡段主体区域,采用25t重型振动压路机进行碾压,碾压顺序为先两侧后中间、先慢后快,碾压速度控制在2.0-2.5km/h,碾压次数根据压实度检测结果确定,通常为8-10遍,直至压实度达到96%以上^[3]。对于靠近桥梁台背0.5-3m的区域,由于重型压路机无法靠近,采用小型振动压路机配合冲击夯进行补压,小型压路机碾压次数不少于10遍,冲击夯在台背边角区域进行夯实,夯实次数每平方米不少于15次,确保台背区域压实度不低于96%。压实过程中采用实时压实监测系统,通过安装在压路机上的传感器实时采集碾压次数、碾压速度、压实度等数据,实现压实质量动态管控,避免漏压、过压等问题。同时,压实作业需在最佳含水率条件下进行,若填料含水率过高,采用晾晒法处理;若含水率过低,采用洒水车洒水湿润,确保填料含水率控制在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内。

2.4 过渡段与桥梁台背衔接技术

过渡段与桥梁台背的衔接部位易出现施工缝隙,导致后期沉降差异。匈塞铁路项目采用“预埋钢筋+混凝土搭板”的衔接技术。首先,在桥梁台背施工时,提前预埋 $\Phi 20$ mm的HRB400级钢

筋,钢筋长度为1.5m,其中预埋在台背混凝土内0.8m,外露0.7m,钢筋间距为30cm,呈梅花形布置,确保与过渡段填料的连接强度^[4]。过渡段填料压实至台背底部标高后,浇筑C30混凝土搭板,搭板长度为3m、厚度为0.3m,宽度与过渡段设计宽度一致,搭板内设置单层双向钢筋网,钢筋直径 $\Phi 12$ mm,间距15cm,钢筋网与台背预埋钢筋采用焊接连接,焊接长度不小于10d(d为钢筋直径)。混凝土浇筑过程中采用插入式振捣器振捣,振捣时间控制在20-30秒,直至混凝土表面无气泡冒出,呈现密实状态,避免出现蜂窝、麻面等缺陷。混凝土浇筑完成后及时覆盖土工布洒水养护,养护时间不少于7天,养护期间保持土工布湿润,确保混凝土强度正常增长。同时,在搭板与桥梁台背接触部位设置遇水膨胀止水条,止水条宽度为30mm、厚度为20mm,粘贴前清理台背接触面杂物,涂抹专用粘结剂,确保止水条与接触面紧密贴合,防止雨水渗入过渡段内部。

3 高速铁路路基与桥梁过渡段施工过程质量控制要点

3.1 材料质量管控要点

材料质量是保障过渡段施工质量的前提,需从采购、进场检验、存储三个环节严格管控。在材料采购阶段,根据匈塞铁路项目设计要求,选择具备相应资质且信誉良好的供应商,签订采购合同明确材料质量标准及检验要求,如级配碎石的颗粒级配、含泥量,混凝土的强度等级、外加剂类型等。材料进场时,由专职质检员会同监理工程师进行抽样检验,级配碎石每2000m³为一个检验批次,检测颗粒级配、含泥量、压碎值等指标;水泥、钢筋等主要建材每批次进场均需查验出厂合格证及检验报告,并按规范要求进行见证取样送检,水泥检测安定性、强度,钢筋检测屈服强度、抗拉强度及伸长率,检验合格后方可用于施工。材料存储过程中,级配碎石采用防雨棚进行覆盖存储,避免雨水浸泡导致级配变差;水泥存储在密闭仓库内,按进场时间先后顺序堆放,堆放高度不超过10袋,防止水泥受潮结块;钢筋采用架空堆放,底部垫设方木,高度不小于30cm,表面涂刷防锈漆,避免钢筋锈蚀。同时,建立材料质量台账,详细记录材料名称、规格、数量、进场时间、检验结果等信息,实现材料质量可追溯。

3.2 施工工艺规范要点

施工工艺规范是确保过渡段施工质量的关键,需针对各施工环节制定详细的工艺标准及操作流程,并加强现场技术交底与过程监督。在基底处理环节,严格按照设计要求控制清除深度及换填范围,基底处理完成后进行承载力检测,检测点间距不大于10m,若承载力不满足设计要求,需及时调整处理方案,如增加换填深度或采用灰土挤压等加固措施。填料摊铺环节,采用全站仪每隔5m布设控制桩,标注摊铺标高及厚度,摊铺机操作人员需经培训合格后方可上岗,确保摊铺速度、厚度均匀一致,避免出现局部厚薄不均的情况。压实环节,明确压路机型号、碾压速度、碾压次数等参数,现场设置标识牌标明压实区域及工艺要求,质检人员全程旁站监督,每压实一层进行压实度检测,检测点数量每100m²不少于3个,若检测不合格,需分析原因并采取补压措施,

直至合格后方可进行下一层施工。与桥梁台背衔接环节,严格控制预埋钢筋位置、长度及焊接质量,混凝土搭板浇筑前检查钢筋网间距及保护层厚度,在浇筑过程中控制振捣质量,养护期间按规范要求洒水,确保各工艺环节符合设计及规范要求。

3.3 沉降监测实施要点

沉降监测是评估过渡段施工质量及预测后期沉降的重要手段,匈塞铁路项目过渡段沉降监测遵循“实时监测、动态分析、及时调整”的原则。监测点布设方面,在过渡段中心线上每隔5m设置一个沉降观测点,靠近桥梁台背处加密至2m,观测点采用Φ20mm的钢筋制作,顶部打磨光滑并刻划十字线,埋设在过渡段填料内部,顶部与填料表面齐平,埋置深度不小于0.5m,确保监测点稳定可靠。监测设备选用精度为±0.1mm的电子水准仪配合铟钢尺,监测频率根据施工阶段确定,施工期间每填筑一层监测一次;施工完成后1个月内每周监测一次,1-3个月每两周监测一次,3-6个月每月监测一次,6个月后每3个月监测一次,直至沉降稳定。监测数据及时整理分析,采用回归分析方法预测最终沉降量,若预测沉降量超出设计允许值,及时采取加固措施,如注浆加固或增设土工格栅,确保过渡段沉降满足运营要求。同时,建立沉降监测数据库,将监测数据、分析结果及处理措施纳入数据库管理,为后续运营维护提供数据支持。

4 结束语

匈塞铁路路基与桥梁过渡段施工技术的应用,有效解决了项目沿线复杂地质条件下的沉降控制难题,保障了已开通路段的稳定运营,为后续路段施工提供了可靠技术参考。随着高铁技术不断发展,过渡段施工将朝着智能化监测、绿色建材应用的方向迈进,通过引入更精准的实时监测系统与环保型填料,进一步提升过渡段施工质量与耐久性,为全球跨境高速铁路建设提供更多可借鉴的技术方案,推动国际高铁工程建设水平整体提升。

[参考文献]

- [1]袁嘉灿.高速铁路路基与桥梁过渡段施工技术研究[J].汽车周刊,2025,(08):96-98.
- [2]罗森.高速铁路路基与桥梁过渡段施工技术应用[J].运输经理世界,2024,(35):166-168.
- [3]孙庆华.高速铁路路桥过渡段变形控制中搭板的应用研究[D].北京交通大学,2023.
- [4]李先锋.铁路路基与桥梁过渡段施工技术的渗透[J].冶金管理,2020,(17):117-118.

作者简介:

杨志(1998—),男,汉族,四川雅安人,本科,助理工程师,研究方向:道路桥梁施工。