

现浇泡沫轻质土在高速公路工程路基填筑中的应用研究

李兆丽¹, 李兆贤²

(1. 广西桂通工程管理集团有限公司, 广西 南宁 530000;

2. 广西路桥工程集团有限公司, 广西 南宁 530000)

摘要 高速公路传统的路基填筑通常采用土、石作为填筑材料进行路基回填, 但对于特殊路基路段, 这种传统方式存在着填筑材料自重大、施工放坡占地面积大、沉降不好控制等因素缺陷, 而现浇泡沫轻质土作为一种新型的填筑材料, 其优势性能可以有效规避传统填筑的问题, 并且还兼具低碳绿色环保施工建设效果。本文结合龙胜至峒中口岸高速公路南宁吴圩至上思段(一期工程)现浇泡沫轻质土填筑路基的实际应用案例, 对现浇泡沫轻质土特性、施工质量控制要点等方面做了全面的分析研究, 以期为促进泡沫轻质土在现代高速公路项目高质量发展中充分发挥作用提供参考。

关键词 现浇泡沫轻质土; 高速公路; 路基填筑; 填筑材料

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.019

0 引言

现浇泡沫轻质土作为近年来被广泛应用到基建工程领域的一种新型轻质填土材料, 其在路基填筑工程应用中具有多方面的性能优势, 如自重轻、施工效率高、强度大、经济性好、绿色环保等显著特性。但结合高速公路路基填筑工程的应用角度而言, 需要针对性结合项目的具体情况进行施工技术应用方面的分析研究, 方能够取得更为突出的应用效果。本文结合龙胜至峒中口岸高速公路南宁吴圩至上思段(一期工程)现浇泡沫轻质土填筑路基的实际案例进行分析, 旨在为今后现浇泡沫轻质土在高速公路路基工程中发挥更重要的作用提供参考。

1 现浇泡沫轻质土概述

现浇泡沫轻质土作为一种新型的轻质填筑材料, 主要通过发泡剂溶液形成一定的泡沫, 并与土、固化剂等材料通过配合比设计, 进行充分的混合均匀搅拌而固结为轻质材料, 能够在高速公路特殊路段填筑中发挥其优势性能。发泡剂是一种在气泡工艺流程中发挥作用的物质, 经过稀释作用后, 通过泵送装置将其泵送至发泡装置中, 发挥添加剂的作用^[1]。

1.1 材料性能优势

1. 低密度。泡沫轻质土最为显著的一项性能优势就是低密度, 其内部存在着一定气泡结构能发挥隔热、

吸音的效果, 其密度通常介于 $400 \sim 800 \text{ kg/m}^3$ 的范围内。泡沫轻质土的低密度性能比高速公路项目传统的路基填筑材料更适用于特殊路段路基填筑, 由于其自身的重量轻, 便于施工和运输, 有利于降低生产作业劳动强度和施工生产成本。并且在高速公路特殊路基路段填筑方面, 不但能够有效降低路基结构本身的荷载, 同时也提高了路基的承载能力和稳定性, 对路基工程耐久性有显著的意义。

2. 压缩性。泡沫轻质土具有良好的压缩性能, 在遇到外部荷载压力的作用下通过自身内部的压缩性能调整内部空隙构造能够产生受控制的变形, 并且能够有效分散路基荷载压力, 这压缩性能可以降低路基的不均匀沉降^[2]。另外, 现浇泡沫轻质土在施工过程中具有较好的流动性能, 对轻质土构造内的各个部位填充形成较为均匀的支撑结构, 在路基工程特殊路段中通过压缩性与流动性能显著提高路基工程的整体结构稳定性和承受荷载能力。

3. 透水性。泡沫轻质土内部有着丰富的空隙结构, 空隙结构间又分布众多的气孔, 气孔之间能够形成较好的透水能力。在降雨或者地下水位上升的情况下, 泡沫轻质土能够通过吸收与排放水分, 避免水分长时间留置在轻质土内部结构而引发病害问题。泡沫轻质土通过良好的透水能力确保雨水与地下水的排畅, 有利于路基结构的整体稳定性。

4. 绿色低碳环保性。现浇泡沫轻质土通过采用现代化先进的生产工艺,在原材料选择方面就直接规避挥发性有毒有害物质和重金属元素材料,不需要消耗大量的自然资源,能够有效降低能源的消耗,优化资源的配置形成科学优质的高性能材料。在高速公路项目实际施工过程中,对于有限土地资源有着强烈的需求,而现浇泡沫轻质土能够减少路基工程填挖施工作业,有效缓解土地资源和减少对环境资源的破坏。现浇泡沫轻质土还通过其自身的保温隔热性能,有效降低了对环境的影响,并且现浇泡沫轻质土施工过程中产生的废弃物还能够重复性使用,提高了资源的循环利用性,社会经济效益较好,从而促进绿色低碳环保的高速公路项目生产建设。

1.2 施工性能优势

1. 提高项目施工生产效能,降低施工生产成本。在高速公路路基工程特殊路段施工生产作业过程中,传统的施工需要配备压路机、装载机、平地机等大量大型的机械设备,施工机械台班费用高,组织协调难度大,施工分层填筑周期长,容易受到不良气候的影响,从而整体上施工效能较低。现浇泡沫轻质土的施工工艺较为简单便捷,设备较为单一,施工材料较为普遍,一般采用专用管道进行浇筑施工,配备施工技术人员也较少,分层垂直浇筑的间隔时间也较短,能够节约土地资源,减少征地拆迁工作,并且不易受到不良气候的影响,从而有利于提高项目施工生产效能,有利于缩短施工工期,节省了高速公路项目施工生产投资成本。在高速公路特殊路段路基施工中,应用现浇泡沫轻质土可不对软土地基进行特别的处理,能够有效降低处理软土路基的施工范围和成本。泡沫轻质土的施工对于大型机械设备的依赖性不高,能够降低机械设备的使用率,节约施工机械台班,在整个施工生产过程中起到降低施工生产成本的作用。

2. 保障车辆行驶的安全性、舒适性。现浇泡沫轻质土由于具有特殊的性能优势,在施工过程中容易形成平整稳定的路基结构,能够有效避免车辆在行驶过程中产生的颠簸感,以及降低车辆对道路整体结构的荷载压力和车辆行驶产生的噪声,有效确保了车辆行驶的安全性、舒适性。在桥涵过渡段台背回填方面使用轻质土能够有效降低路基的不均匀沉降和侧移,同时也降低了填筑的整体荷载和路基结构的附加应力,从而减少了桥台的刚性突变引起的跳车现象。另外,在高速公路改扩建施工过程中,会对路段做拼宽处理,这就容易产生新老路基的不均匀沉降和纵向拼接裂缝

等不利于行车的因素,现浇泡沫轻质土密度低,不均匀沉降也较小,对施工纵向拼接产生裂缝的影响较小,这就能够充分确保车辆行驶的安全性、舒适性^[3]。

2 现浇泡沫轻质土实例分析

2.1 工程概况

龙胜至峒中口岸高速公路南宁吴圩至上思段(一期工程)局部路段位于单侧高填且地面横坡较陡部位,挡土墙设置困难较大,设计中对于此类段落使用了泡沫轻质土填筑路基。现浇泡沫轻质土相关设计指标:湿容重 γ_s 距离路面底80 cm内为 6.5kN/m^3 ,以下部分为 5.5kN/m^3 ;台阶处应采用路面结构底基层进行调坡。

2.2 现浇泡沫轻质土制备

2.2.1 原材料选用要求

1. 水泥:水泥在凝结时间、安定性和强度等性能指标方面会对现浇泡沫轻质土的施工和强度造成一定的影响,所选用的水泥必须是由具有合格资质的厂家生产的,出厂水泥稳定性较好,使用前必须对水泥材料的性能指标进行质量检测,满足要求后方可进场投入使用。通过对水泥的质量检测,本项目经比选采用P.042.5通用硅酸盐水泥。

2. 发泡剂:发泡剂作为现浇泡沫轻质土的重要原材料之一,其性能质量直接影响到现浇泡沫轻质土的稳定性。根据对生产厂家提供的发泡剂进行试验对比等综合考量,重点检测发泡剂的匀质性和发泡倍数情况,综合选用合成类高分子表面活性剂的发泡剂。

3. 水:水在现浇泡沫轻质土拌合施工中具有重要的作用,特别是水中pH值和氯离子含量及有害杂质会对现浇泡沫轻质土的结构产生一定的影响,进而影响到轻质泡沫土的耐久性。通过对水质的检测,本项目采用满足技术标准规范和设计要求的自来水。

4. 掺合料:粉煤灰、矿粉等材料能够有效增强现浇泡沫土的活性,特别是能够有效促使泡沫的分散均匀性,对于增加轻质土内部气孔数量和孔洞的分布起到关键作用,进而可以有效提高现浇泡沫轻质土的整体强度,还能够降低水泥的用量,从而降低施工成本。本项目通过对进场掺合料的质量检测,选择广西某电厂生产的粉煤灰。

2.2.2 配合比设计要求

泡沫轻质土施工过程质量主要从湿容重、流动度、气泡群密度等方面同时满足技术标准规范和设计要求,才能够对其性能进行有效的质量控制,现浇泡沫轻质土配合比设计方面需要在所有的原材料质量检测合格的基础上,料浆沉降率应满足《泡沫混凝土用泡沫剂》

(JC/T 2199-2013) 一等品的要求, 即料浆沉降率不超过 5%^[4]。抗压强度试验采用的是 6 块 100*100*100 mm 的立方体试块, 小量程压力机进行 7 d 和 28 d 抗压强度试验, 强度计算时不对试件尺寸进行折减。

3 现浇泡沫轻质土施工质量把控要点

结合龙胜至峒中口岸高速公路南宁吴圩至上思段(一期工程)路基填筑采用现浇泡沫轻质土施工应用实际案例, 现浇泡沫轻质土施工质量把控要点有以下三方面。

3.1 施工准备

全面做好施工准备工作, 能够有效提高现浇泡沫轻质土的施工效能。结合项目设计图纸和实际施工现状特点, 组织专业技术力量制定施工组织设计方案。在现浇泡沫轻质土施工之前, 需要对所有的施工原材料进行质量检测, 合格后再进行配合比设计。配合比设计需要结合项目现场实际情况与设计要求, 确保湿容重、强度、流动的等技术指标。确认高速公路项目特殊路基路段施工区域, 对实际施工断面进行放样并对高层进行测量, 施工场地平整不能存在积水, 严格控制基底的高层和边界宽度与长度, 对基底的验收应避免存在积水和污染物^[5]。配置具有计量功能的拌合设备, 能够有效监控发泡率、浆液和泡沫。检测技术人员要对相关技术参数指标进行检测, 记录和分析检测数据。施工技术人员应当做好相关技术交底, 对相关易损配件做好补充配置。

3.2 施工阶段

在现浇泡沫轻质土施工过程中, 需要做好相关的施工质量控制, 才能够确保整个生产作业质量稳定、安全、可控。一是施工浇筑时要对施工环境温度进行实时检测, 要注意出料口与地面的高度, 严格控制浇筑的质量。二是充分考虑项目施工工艺与实际现状, 严格控制分层浇筑的厚度, 确保层与层之间密切结合形成稳定的路基结构, 避免路基存在不均匀沉降等问题。三是应当对施工现场的各项性能指标进行实时监测, 确保现浇泡沫轻质土的各项技术指标满足技术标准规范和设计要求^[6]。四是在强度未达到设计值之前, 严禁大型施工机械设备直接行驶在现浇泡沫轻质土顶部未施工浇筑区域, 可采用钢板作为临时保护层供机械设备通过。五是施工结束后, 要安排专人进行养护施工作业, 对浇筑好的泡沫轻质土铺上膜避免日晒, 并进行洒水养护确保路面的湿度, 严格控制养护时间, 强度达到设计要求后才能够进行后续工序生产施工作业。

3.3 其他技术措施

对施工浇筑区域进行明确划分, 要严格控制施工浇筑的时间, 针对南方雨季施工现状, 要针对性做好雨季施工应急预案, 结合项目施工特点做好临时性防排水设施, 避免水土流失和路基坡面受到冲刷, 特别是防止对已浇筑轻质土施工路段的污染。施工过程中要结合项目实际制定安全文明生产措施和环保实施方案, 注重施工作业区的环境卫生条件, 避免其他污染物对现浇泡沫土产生不良影响。对施工过程中存在的废弃材料实时收集并放置指定区域, 安排专人进行环保处理, 确保整个施工生产作业处于低碳节能环保状态^[7]。

4 结束语

现浇泡沫轻质土在高速公路路基工程中的实际应用具有显著的社会效益和经济效益, 能够有效提高项目施工生产效能, 节约项目施工土地资源, 缩短生产作业工期, 减少施工成本, 降低社会生产能耗, 有利于道路工程整体的稳定性、安全性、舒适性和耐久性, 是一种具备良好优质性能的新型路用材料, 对推动高速公路项目可持续高质量发展具有重要的作用。本文以龙胜至峒中口岸高速公路南宁吴圩至上思段(一期工程)局部路段应用现浇泡沫轻质土作为实际案例, 对现浇泡沫轻质土做了较为全面的分析研究, 总结了现浇泡沫轻质土施工质量控制技术要点, 可为现浇泡沫轻质土在高速公路路基工程中的应用提供实践经验。与此同时, 还需要行业专业技术人才积极探索现浇泡沫轻质土路用新型材料, 为交通强国、质量强国建设提供更加科学、优质、环保、安全、经济的现浇泡沫轻质土材料。

参考文献:

- [1] 刘彬彬, 王广利, 程先意, 等. 一种下穿式路涵过渡段泡沫轻质土路基结构及其施工方法: CN202010406524.6[P]. 2020-08-25.
- [2] 郭建. 泡沫轻质土对高速公路改扩建新旧路基差异沉降的影响分析[J]. 建筑技术, 2024, 55(06): 676-679.
- [3] 黄仁生. 现浇泡沫轻质土在公路工程路基防护中的应用研究[J]. 建材·建筑·装修, 2022(09): 1-3.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 气泡混合轻质土填筑工程技术规范(GJJ/T177-2012)[S]. 2012-01-11.
- [5] 盛凯. 基于泡沫轻质土在桥梁台背填充中的应用技术研究[J]. 建材·建筑·装修, 2019(24): 201, 204.
- [6] 曹越. 泡沫轻质土在高速公路路基施工中的研究与应用[J]. 上海公路, 2024(03): 135-139.
- [7] 同[4].