公路水泥稳定碎石基层施工工艺优化研究

梁峻信

(四川成宜高速公路开发有限公司, 四川 宜宾 644000)

摘要 公路作为国家交通运输的重要组成部分,其路面质量直接关系到行车安全和通行效率。水泥稳定碎石基层作为公路路面的重要组成部分,以其良好的力学性能、耐久性和经济性,在公路建设中得到了广泛应用。然而,随着交通量的不断上升和车辆荷载的日益增加,对水泥稳定碎石基层的施工质量提出了更高的要求。本文在介绍水泥稳定碎石基层施工原理的基础上,对水泥稳定碎石基层施工流程和措施进行了研究,并分析了常见的施工问题和解决措施,以期为相关人员提供借鉴。

关键词 公路路面;水泥稳定碎石基层;混合料拌;摊铺作业;碾压施工

中图分类号:U416

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.23.038

0 引言

公路路面基层施工是保证路面结构质量和长期稳定性的重要环节,其中水泥稳定碎石基层作为常见的施工材料,因其较高的强度和良好的稳定性被广泛应用于各类公路建设中。然而,在实际施工过程中,由于施工技术、材料配比、设备性能等因素的影响,水泥稳定碎石基层的施工质量常常受到影响,导致基层的压实度不足、离析现象严重、裂缝等质量问题频发,这些问题不仅影响路面使用寿命,还增加了后期养护和维修成本。因此,优化水泥稳定碎石基层的施工工艺,提高其施工质量和性能,成为当前公路建设领域亟待解决的技术难题。

1 公路水泥稳定碎石基层施工概述

水泥稳定碎石基层的施工技术原理主要基于水泥与水反应后生成的水化产物对碎石颗粒的胶结作用。在施工过程中,水泥与水发生水化反应,形成以硅酸钙、铝酸钙为主要成分的水化物,这些水化物通过化学结合将碎石颗粒牢固地黏结在一起,形成具有较高强度和稳定性的整体结构。水泥稳定碎石基层的强度和稳定性不仅依赖于水泥与水的化学反应,还与碎石的级配、颗粒形状及粒径分布等因素密切相关^[1]。施工时,碎石颗粒在压实过程中通过相互嵌挤作用,进一步提高了基层的压实度,改善了其抗压性能。

实验研究表明,当水泥掺量控制在4%~6%范围内时,水泥稳定碎石基层的7天无侧限抗压强度可达到3~5 MPa,这一强度水平能够满足公路路面承受长期车流荷载的要求。

2 公路水泥稳定碎石基层施工流程

2.1 施工准备

在施工前,需使用路面平整度测定仪对底基层的平整度进行检测,确保平整度偏差控制在10 mm以内。对于存在的局部不平整或松散部位,应采用平地机进行修整,以确保基层的平整度和压实度达到设计要求。此外,还需要通过灌砂法检测底基层的压实度,确保压实度达到96%以上。水泥的选用应严格按照标准进行,一般选用强度等级为P·O42.5的普通硅酸盐水泥,其各项性能指标必须满足国家标准的要求。在施工过程中,还需要定期对水泥进行抽样检验,以确保其质量合格,避免受潮或过期水泥对水泥水化反应的影响。碎石的选用要求质地坚硬、洁净,通常选用石灰岩碎石,最大粒径不得超过37.5 mm,并依据不同粒径范围进行精确的分级备料。碎石的储备量应根据工程的进度和水泥稳定碎石配合比的要求进行合理计算,确保各类碎石的供应充足且质量稳定。依据设计图纸,使用全站仪精确恢复道路中心线和边线的平面位置,并每隔10 m设置一个稳固的中桩和边桩,以确保整个施工区域的平整度和线性准确性。中桩和边桩的平面位置偏差应控制在10 mm以内,同时,在每个桩上标记出水泥稳定碎石基层的设计高程,误差控制在5 mm以内。

2.2 混合料拌和与运输

在拌和过程中,根据搅拌机的类型和混合料的特性,通常要求拌和时间不少于45秒,以确保各组分充分混合。在拌和过程中,混合料的色泽应均匀一致,杜绝出现花白料或离析现象。在混合料的运输过程中,为保证摊铺作业的连续性,应根据施工现场的摊铺进

度, 确保混合料的运输路线长度不超过 15 km。运输路线过长可能导致混合料在运输过程中出现初凝现象, 影响其摊铺效果和强度发展。为了避免摊铺机因等待混合料而长时间停机, 合理的运输路线能够确保混合料及时、均匀地输送至摊铺机, 避免因等待而浪费混合料或造成摊铺作业的中断。

2.3 摊铺作业

摊铺作业采用两台性能先进且调试精准的摊铺机进行梯队作业, 一前一后相距 5 m 至 10 m 同步摊铺。这种梯队作业方式能够有效提高摊铺效率, 并确保基层的均匀性和连续性。摊铺机配备了高精度的自动找平系统, 其找平精度可达 ± 2 mm, 能够精确控制摊铺的厚度和表面平整度。自动找平系统根据预先设置的高程基准线进行实时调整, 确保摊铺面始终维持在设计的高程范围内, 避免出现不均匀的摊铺层或严重的波动现象^[2]。

在实际施工中, 摊铺速度应综合考虑混合料的供应能力、摊铺宽度以及现场施工条件等因素, 合理确定摊铺速度, 一般控制在 1.5 ~ 2.0 m/min 之间。同时, 摊铺机的运行必须避免出现停顿、急停和频繁启动等现象, 这些情况不仅会影响混合料的均匀摊铺, 还可能引起基层表面不均匀、厚度不一致等问题。

在摊铺过程中, 专人负责对松铺厚度、平整度等关键指标进行频繁检查, 每隔 10 m 检查一次松铺厚度, 并确保平整度误差控制在 8 mm 以内。如果发现不符合要求的情况, 应立即调整摊铺机的工作参数或进行人工修整。

2.4 碾压施工

碾压施工的过程通常分为初压、复压和终压三个阶段, 每一阶段的碾压方法和工艺要求都至关重要。初压阶段使用 12 吨双钢轮压路机进行静压碾压 1 至 2 遍。初压的主要目标是使混合料初步稳定, 增强基层的整体结构, 消除松散现象。此阶段的碾压速度严格控制在 1.5 ~ 1.7 km/h 之间, 保证压实的均匀性和连续性。初压不仅为后续的复压作业奠定了基础, 还有效地提升了基层表面的平整度, 确保其满足后续碾压要求。

复压阶段选用 22 吨单钢轮振动压路机进行振动碾压 3 至 4 遍。在此过程中, 振动压路机的振幅和频率需要根据混合料的类型及压实层厚度进行优化匹配。振幅一般控制在 1.5 ~ 2.0 mm, 频率则控制在 30 ~ 40 Hz 之间。复压的主要作用是进一步提高水泥稳定碎石基层的密实度和强度, 消除初压过程中可能出现的孔隙和松散层。通过合理调整振动压路机的工作参数, 能

够实现最佳的压实效果, 确保基层的密实度符合设计要求, 增强其耐久性和抗压强度。

终压阶段再次使用 12 吨双钢轮压路机进行静压碾压 1 至 2 遍, 速度控制在 2.0 ~ 2.5 km/h 之间。终压的目标是消除轮迹, 进一步提高基层表面的平整度, 使其更加光洁, 为路面铺设提供理想的基础。在终压过程中, 通过适当的碾压速度和压实遍数, 能够有效地消除复压过程中可能产生的表面不平整问题, 确保基层表面平整、密实, 达到设计要求的性能标准。

2.5 接缝处理

1. 横接缝处理。若因故中断摊铺时间超过 2 小时, 必须设立横向接缝, 以避免基层混合料过度干硬, 影响后续摊铺的质量。首先, 在摊铺机平稳驶离混合料末端时, 必须确保末端混合料的表面整齐、光滑, 并用专用工具修整断面, 使其垂直于路中心线, 确保断面的垂直度偏差不超过 3° 。这一操作是为了确保横接缝的整齐性, 为下一次摊铺提供平整的接缝界面。接缝处修整完成后, 下次摊铺前, 使用洒水车对接缝处进行均匀湿润, 以提高混合料的粘结性和压实性。湿润后的接缝处将被铺筑新的混合料, 摊铺机和压路机继续沿接缝处作业。压路机在接缝处的碾压作业至关重要, 必须进行不少于 3 遍的碾压, 确保接缝处的平整度和密实度达到与整体基层一致的标准, 消除接缝处可能存在的松散层, 确保无缝衔接^[3]。

2. 纵接缝处理。在水稳基层施工中, 纵接缝处理至关重要, 它关乎基层的整体质量。纵接缝处理主要针对多幅摊铺或施工中中断形成的纵向接缝, 其质量控制直接影响基层整体性和结构强度。当摊铺需分幅进行时, 应采用模板支架固定前幅混合料边缘, 确保垂直度偏差 $\leq 3^\circ$ 且呈直线。接缝处松散混合料需用切割机垂直切除, 保留至少 30 cm 平整面并清扫碎屑。湿润环节需用洒水车均匀喷淋, 湿润深度以渗透下层 1 ~ 2 cm 为宜, 避免过量造成局部软化。摊铺新幅时, 应与前幅重叠 5 ~ 10 cm, 待混合料初凝后采用直尺辅助切除多余部分, 形成垂直纵缝。碾压工艺需遵循“高频低频结合”原则, 终凝后应检测接缝垂直度、平整度及无侧限抗压强度, 垂直度误差超限时需局部返工处理。

3 公路水泥稳定碎石基层施工常见问题及解决措施

3.1 裂缝问题

裂缝产生的主要原因之一是水泥用量过大或混合料中细集料比例过高。过多的水泥会增加混合料的水化热, 导致水泥稳定碎石层在硬化过程中发生较大的体积收缩, 从而引发裂缝。此外, 细集料比例过高则

容易增加基层的收缩性,使得基层表面容易出现裂纹。另一个常见原因是养护不及时或养护措施不当,特别是在施工后未能及时进行充分的湿养护,导致基层表面失水过快,水泥水化反应无法充分进行,进而导致干裂现象的发生。

为有效避免裂缝的产生,应从混合料配合比优化和养护管理两方面入手。首先,合理优化混合料的配合比,减少收缩裂缝的风险。根据试验和经验数据,通常将水泥用量控制在4%~6%,细集料含量控制在30%~35%,以平衡基层的强度和收缩性。同时,可以添加缓凝剂、减水剂等外加剂来改善混合料的性能,降低其收缩率,进一步减少裂缝发生的可能性。其次,在基层碾压完成后,应立即启动养护工作,采用覆盖保湿材料(如土工布或塑料薄膜)和定时洒水等措施。养护期间,应严格控制基层的开放交通时间,只有当基层强度达到设计强度的90%以上时,才可允许车辆通行,以避免过早承受荷载对基层造成裂缝损害^[4]。

3.2 离析问题

离析问题的主要原因之一是拌和过程中搅拌设备性能不佳、搅拌时间不足或搅拌不均匀。如果搅拌设备存在故障或未能按照设计要求进行调整,混合料中的粗细集料可能未能充分混合,导致离析现象的发生。另一常见原因是运输过程中的不当操作。尤其在车辆行驶过程中,颠簸、紧急制动或混合料装载不合理,都可能导致混合料在车厢内发生位移和分层,进一步加剧离析问题。长距离运输或路况较差的情况下,离析现象更为突出。摊铺作业中摊铺机的螺旋布料器高度和转速设置不当,也会影响混合料的均匀分布,导致离析现象的发生。

为有效解决离析问题,首先要改进拌和工艺,确保搅拌设备的良好性能。定期对搅拌设备进行检查、维护和调试,确保其能够均匀地搅拌混合料,避免因搅拌不均匀引发离析。此外,运输过程中应选择车况良好、悬挂系统稳定的车辆,并合理控制车速,避免因颠簸和急刹车引发混合料分层。尤其在长途运输时,应尽量避免过于激烈的行驶操作。在摊铺阶段,摊铺机的螺旋布料器高度和转速应根据混合料的性质和摊铺厚度进行合理调整,确保混合料均匀分布,避免因布料不均而导致离析。

3.3 压实度不足问题

压实度不足的主要原因之一是压路机吨位不足或碾压遍数不够。如果选择的压路机吨位较小,或者碾压过程中未能按照设计要求进行充分的碾压次数,基

层可能未能达到所需的密实度,导致基层结构松散,强度不足。此外,混合料的含水量也对压实效果有着直接影响。过干或过湿的混合料都会影响压实过程,尤其在含水量偏低时,水泥稳定碎石层容易出现黏结不良,导致压实不充分;而含水量过高则会使混合料变得黏稠,压实时难以均匀压实,造成基层密实度不足^[5]。

为了解决压实度不足的问题,需要从压路机选择、混合料含水量控制以及压实过程的管理三个方面采取针对性措施。首先,根据基层的厚度和施工要求,选择合适吨位的压路机,并严格按照设计规定的碾压遍数进行作业。合适的压路机吨位能确保压实过程中提供足够的压力,使基层达到预期的密实度。其次,在拌和过程中,应严格按照配合比加水,并根据天气情况、运输距离和施工现场的具体情况进行适当调整,确保混合料含水量处于最佳范围,以利于压实。控制压路机的行驶速度也是关键因素。在碾压过程中,应保持压路机的匀速行驶,避免速度波动,确保压实功均匀地作用于基层。压路机的碾压速度波动范围应严格控制在 ± 0.2 km/h以内,避免出现忽快忽慢的情况,从而确保压实效果均匀一致。

4 结束语

通过对公路水泥稳定碎石基层施工工艺的深入分析,探索了优化施工方法和提高施工质量的有效途径。合理的材料配比设计、优化的摊铺与碾压技术、精确的温湿度控制等措施,能够显著提升公路水泥稳定碎石基层的密实度、抗裂性和耐久性,从而提高公路路面的整体质量和使用寿命。特别是在施工过程中,针对常见的裂缝、离析、压实不足等问题,提出的改进方案具有较好的可操作性,并能有效避免施工中常见的质量隐患。

参考文献:

- [1] 王晶. 市政道路工程中的水泥稳定碎石基层施工技术探究[J]. 建材发展导向, 2025, 23(05): 64-66.
- [2] 田辉, 高传武. 市政道路施工中水泥稳定碎石基层施工技术应用分析[J]. 建设机械技术与管理, 2025, 38(01): 111-112, 115.
- [3] 赵丹华. 道路工程建设中的水泥稳定碎石基层施工工艺刍议[J]. 城市建筑, 2025, 22(04): 207-209.
- [4] 李丹. 水泥稳定碎石基层工艺在市政道路工程中的具体应用[J]. 建筑技术开发, 2025, 52(02): 72-75.
- [5] 李梁. 浅谈水泥稳定碎石基层施工质量控制与检测[J]. 工程建设与设计, 2025(02): 213-215.