

公路路面基层施工中的水泥稳定碎石技术探究

陈宣任

(四川川交路桥有限责任公司, 四川 广汉 618300)

摘 要 为提高公路路面基层结构的稳定性, 本文围绕公路路面基层施工中的水泥稳定碎石技术展开研究。通过分析公路基层结构的技术要求, 系统探讨了原材料质量控制、混合料配合比设计等关键施工环节。结果表明, 科学控制水泥剂量, 严格规范施工工艺流程, 能够提高基层强度, 有效增强路面结构的承载能力; 强化施工质量控制与技术管理, 能发挥水泥稳定碎石技术的优势, 提升工程质量。

关键词 公路路面; 基层施工; 水泥稳定碎石技术

中图分类号: U416.214

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.16.019

0 引言

公路路面基层是路面结构的核心受力组成部分, 其施工质量直接决定公路整体的服役性能与使用效果。水泥稳定碎石基层因具有强度高、整体性好等特点, 被广泛应用于各类公路工程建设中。然而, 在实际施工过程中, 受材料配比、施工工艺等多种因素影响, 基层质量仍可能出现不稳定问题。因此, 围绕公路路面基层施工中的水泥稳定碎石技术展开系统研究, 能够提高基层结构的稳定性。

1 公路路面基层的技术要求

公路路面基层是道路承重结构的关键层次, 位于面层之下、底基层之上, 主要承受由面层传递的车辆荷载, 并将其扩散分布在下层结构。由于基层的技术性能直接关系到路面结构的使用寿命, 因此必须满足以下系统性技术要求^[1]。

1. 强度与刚度要求: 基层作为路面结构的主要承重层, 必须具备足够的抗压强度与整体刚度, 有效抵抗行车荷载反复作用产生的压应力与剪应力, 避免出现过大塑性变形、沉陷及开裂等病害。以水泥稳定碎石基层为例, 其设计强度需结合公路技术等级、交通荷载等级及环境条件综合确定, 工程中通常要求 7 d 无侧限抗压强度代表值控制在 3.0 ~ 5.0 MPa 范围内, 以满足长期服役条件下的结构稳定性与承载能力。

2. 水稳定性与耐久性要求: 基层材料长期处在路基湿度场和大气环境的共同作用下, 必须具有良好的

水稳定性。水泥稳定碎石在水浸泡条件下需保持强度不显著衰减, 浸水抗压强度与标准养生强度之比需满足规范限值。此外, 基层材料还需耐冲刷, 避免在动水压力作用下产生细料流失, 使得结构松散。

2 水泥稳定碎石施工技术要点

2.1 原材料质量控制

原材料质量控制是保证混合料性能符合设计要求的先决条件, 其技术指标要严格遵循相关规定。原材料品质直接影响混合料强度、收缩特性, 因此需建立覆盖水泥、粗集料、细集料的系统性质量控制体系^[2]。

1. 水泥。水泥在混合料中承担胶结骨架的关键作用, 其产品种类、强度等级等性能指标, 会直接影响最终成型混合料的整体黏结强度。施工时优先选用初凝时间超过 3 h、终凝时间不低于 6 h 的普通硅酸盐水泥, 以此保障混合料在搅拌、运输及摊铺等环节拥有充足的作业时长。水泥强度等级以 32.5 级为宜, 施工过程中禁止使用快硬型水泥与早强型水泥。水泥剂量要按干质量百分比控制, 具体用量要依据目标配合比设计确定的强度指标。水泥进场验收要按每 200 t 为一个检验批次, 不足 200 t 时亦按一批次计算。检验项目包括凝结时间、安定性、胶砂强度及细度, 各项指标应满足《通用硅酸盐水泥》中对应强度等级的技术要求。

2. 粗集料。在粗集料的生产制备环节, 应优先选用反击破碎及冲击破碎类设备进行加工处理。为有效

作者简介: 陈宣任 (1990-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 道路与桥梁。

控制集料洁净程度,生产全过程需设置相应除尘设施,减少集料表层粉尘附着量。粗集料粒径需严格管控,最大粒径不得大于31.5 mm,超出该粒径的颗粒比例需控制在5%以下。压碎值作为判定粗集料力学性能的重要依据,对高等级公路尤为关键。高速公路与一级公路基层所用粗集料,其压碎值需控制在26%以下;二级及以下等级公路可适当放宽,压碎值不大于30%。此外,集料中针片状颗粒占比不得高于20%,含泥量需控制在1%以内。粗集料要按粒径分档堆放,一般划分为0~4.75 mm、4.75~13.2 mm、13.2~31.5 mm三档。各档集料之间要设置隔离墙,防止窜料混杂。

3. 细集料。细集料主要起填充粗集料间隙、改善混合料的作用,核心控制指标有砂当量、塑性指数及0.075 mm以下粉粒含量。细集料要采用石灰岩、玄武岩等硬质岩石加工而成。砂当量不低于60%,塑性指数不大于17。细集料中0.075 mm通过率要控制在10%以内,当采用机制砂时应严格控制石粉含量^[3]。

2.2 混合料配合比设计

水泥稳定碎石的配合比设计是确定混合料组成参数的核心技术环节,其目标是满足工程需求优化材料组合,以降低收缩开裂风险,提高施工和易性。其技术要点如下:

1. 水泥剂量控制要点。水泥剂量是决定水泥稳定碎石强度形成与收缩特性的关键参数。依据规定,水泥剂量要控制在混合料总质量的3%~6%范围内,然后选取满足设计强度要求的最小剂量,可根据目标剂量增加0.5%~1.0%,以补偿拌和过程中的计量误差、材料变异性带来的离散性影响。

2. 含水量控制要点。含水量是影响混合料压实成型与水化反应进程的核心控制指标。在施工过程中,混合料的实际含水量要在最佳含水量的基础上,提高1%~2%。增加的水分用于补偿混合料在运输、卸料及摊铺过程中因水分蒸发造成的损失,以保证碾压开始时,混合料仍处于最佳含水量状态。

3. 级配控制要点。集料级配是混合料骨架嵌挤作用与密实填充效果的技术基础。水泥稳定碎石的级配要符合《公路路面基层施工技术细则》要求。合成级配曲线要控制在规范范围内,让粗集料能够形成良好的骨架嵌挤结构,其中4.75 mm通过率直接影响粗集料含量与骨架形成能力,0.075 mm通过率则显著影响混合料的收缩特性^[4]。

2.3 混合料拌和

混合料拌和是水泥稳定碎石施工的关键工序,其技术状态直接影响混合料的均匀性、稳定性。混合料

拌和要在具备自动计量系统的强制式拌和楼中进行。拌和楼要安装在平整坚实的场地上,料场要硬化处理并设置排水设施。依据设计配合比精准称量水泥、粗集料、细集料与水。水泥剂量误差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,各档集料剂量误差控制在 $\pm 2\%$ 以内,加水量误差控制在 $\pm 1\%$ 以内。各冷料仓需设置隔板防止串料,水泥罐设置破拱装置,以保证供料的连续性。拌和时,采用先干拌后湿拌的工艺流程,先将粗集料与细集料投入拌和仓,干拌5 s以上,初步混合粗细集料;再加入水泥继续干拌5~10 s,使水泥颗粒均匀裹覆在集料表面;最后加入拌和水进行湿拌,湿拌时间要保证混合料在拌和仓内停留时间不少于35 s。拌和过程中要依据天气状况与原材料含水量变化,动态调整加水量。出料混合料含水量要按最佳含水量提高1%~2%控制。完成拌和的混合料应色泽均一,无灰条、灰团与花面现象^[5]。

2.4 混合料运输

混合料运输是连接拌和与摊铺的关键纽带,其技术状态直接影响混合料的温度、施工连续性。混合料运输要综合考虑拌和能力、摊铺速度等,并建立匹配的运输保障体系。其中,混合料运输要采用车况良好、车厢密封性能良好的自卸汽车。车厢底板平整、光滑,无凸起尖锐物,防止损坏混合料。运输能力配置要保证摊铺机前始终保持3~5辆车待卸状态,保证摊铺作业连续进行。装料时要采取防离析措施。车辆要在拌和楼出料口下分三次前后移动装料,经过分次移动装料,在车厢内初步混合粗细集料,减少装料过程中因重力落差造成的集料离析现象。

混合料装车后要立即用篷布覆盖。篷布需选用防水、防晒的材料,覆盖时完全遮盖车厢并捆扎牢固,防止运输途中篷布被风吹起。覆盖篷布的目的是减少水分蒸发,保持混合料含水量稳定,防止扬尘污染环境。其间要严格控制运输时间,从混合料拌和出料到摊铺完成的时间不应超过水泥初凝时间,一般不宜超过3 h。当气温高于30℃时,运输时间要缩短到2 h以内;当气温低于10℃时,可适当放宽到3.5 h。运输途中要避免急刹车、急转弯,防止混合料在车厢内产生离析。运输车辆到达摊铺现场后,需在专人指挥下倒车进入卸料位置。卸料时要一次升起车厢将混合料全部卸入摊铺机料斗,卸料完毕后车辆应立即驶离,避免影响后续车辆卸料。

2.5 混合料摊铺

混合料摊铺技术状态直接影响基层的平整度、厚度均匀性。摊铺作业要配备性能稳定的摊铺设备,严格

控制松铺厚度、摊铺速度,保证混合料均匀平整地铺筑在下承层上。混合料摊铺前要全面检查下承层,保证其表面平整、密实。摊铺前要在下承层上洒水湿润,以增强层间黏结,同时按设计宽度与高程设置基准线,基准线张拉力不小于 800 N,相邻支架间距不宜大于 10 m。

摊铺机进场后要精确调试,检查各工作装置运行状态,调整熨平板初始工作角。熨平板要在摊铺前加热至 100 ℃ 以上,加热时间不少于 30 min,防止混合料在低温熨平板表面黏结、拉毛,保证摊铺层表面平整光滑。摊铺过程中要随时用挖坑法检测松铺厚度,及时校准偏差。摊铺机的摊铺速度一般控制在 2~3 m/min 范围内,摊铺速度一经设定要保持稳定,保证混合料在熨平板下停留时间一致,减少因速度变化引起的预压实度波动。摊铺过程中要安排专人跟随摊铺机观察混合料状况。发现局部离析现象时,立即采用人工处理措施:粗集料集中部位应挖除后换填新料,并人工整平;细集料集中部位可翻拌均匀;严重离析且无法处理时应暂停摊铺,查明原因消除后方可继续作业。

2.6 碾压成型

碾压成型决定基层的压实度、整体强度、平整度及抗裂性能。碾压作业需在水泥稳定碎石混合料的最佳含水量 $\pm 1\%$ 范围内开展,且必须在水泥初凝时间前完成全部碾压工序。施工前需检测混合料含水量,含水量不足时采用雾状喷水法补洒水分,含水量过大时适当摊铺晾晒。

1. 碾压机械选型:碾压机械需依据基层施工厚度、混合料特性选型,采用重型压路机为主、轻型压路机为辅的组合方式,遵循“先轻后重、先静后振、先边后中、低速匀速”的碾压原则。基层施工厚度 ≤ 18 cm 时,采用“轻型钢轮压路机初压+重型振动压路机复压+重型胶轮压路机终压”的组合;厚度为 18~25 cm 时,采用分层碾压工艺,每层厚度控制在 10~15 cm,且上下层碾压接缝需错开 50 cm 以上。

2. 碾压施工工艺:混合料摊铺整平后立即开展初压,采用 6~8 t 轻型钢轮压路机进行静压,碾压遍数为 1~2 遍。碾压时压路机驱动轮朝向摊铺方向,相邻碾压轮迹重叠宽度 ≥ 30 cm,路肩及边缘区域需多压 1~2 遍,初压后及时检查基层平整度。初压整平后立即进行复压,采用 18~22 t 重型振动压路机,开启高频低幅振动模式碾压,碾压遍数为 3~4 遍。复压过程中需连续检测压实度,采用灌砂法每 200 m 检测 1 处,保证压实度检测数据真实反映基层成型质量。复压达标后采用 26~30 t 重型胶轮压路机进行静压

终压,消除复压产生的振动轮迹,使基层表面平整密实。碾压完成后需及时检测基层各项技术指标,指标不合格处需立即进行返工处理。

2.7 接缝处理

接缝处理影响基层结构的整体性和荷载传递能力,针对横向施工缝与纵向施工缝分别采用标准化处理工艺,消除接缝处的质量缺陷,保证接缝平顺密实。其中,横向施工缝采用分段施工。施工中混合料摊铺搭配端部时,及时用切割机切割规整断面,清除端部松散混合料,保留垂直的断面;接茬摊铺前,在旧茬表面均匀涂刷水泥净浆,增强新旧混合料黏结性,新铺混合料需略高于旧基层 2~3 cm,碾压时压路机跨缝碾压,重叠宽度不小于 50 cm,由旧茬向新铺层逐步碾压至平顺。纵向施工缝仅在分幅摊铺时设置,采用垂直接缝工艺,严禁留斜缝。分幅摊铺时,相邻幅间距控制在 2~3 m,先铺幅边缘采用方木支挡成型,保证断面垂直;后铺幅施工前,清除先铺幅边缘松散料,涂刷水泥净浆后摊铺混合料,碾压时先对接缝处静压 2 遍,再正常碾压,保证接缝处压实度与设计要求一致。

3 结束语

水泥稳定碎石基层的施工工艺,在现代公路工程建设中占据重要地位,对增强路面整体结构强度、延长道路使用寿命有着极为重要的意义。随着我国公路工程建设范围与规模持续拓展,水泥稳定碎石基层施工技术也将向精细化方向发展,需提高基层结构性能,为现代公路工程建设提供更加可靠的技术支撑,进一步提升基层施工的标准化水平,保障公路工程建设质量以及长期使用效果。此外,还应加强融合应用新材料及智能监测技术,更好地满足现代公路建设高质量发展的现实需求。

参考文献:

- [1] 李晓军.公路路面工程水泥稳定碎石基层施工技术要点[J].四川建材,2025,51(08):165-168.
- [2] 周峰.水泥稳定碎石基层在高等级公路路面施工中的应用[J].中国建材,2025(05):116-118.
- [3] 汪庭.公路路面基层施工中的水泥稳定碎石技术探究[J].中国高新科技,2025(03):111-113.
- [4] 马丽霞.公路路面基层施工中水泥稳定碎石技术的分析[J].科技资讯,2024,22(19):162-164.
- [5] 蓝庆红.公路路面水泥稳定碎石基层施工技术应用研究[J].运输经理世界,2024(25):16-18.