

市政工程中水泥稳定碎石施工技术

宋文浩

沧州市市政工程股份有限公司 河北 沧州 061000

摘要:在市政工程建设领域,道路基层的稳定性与耐久性直接关系到整体工程质量。本文系统研究市政工程中水泥稳定碎石施工技术。先剖析其技术原理,包括材料组成、强度形成机制及环境适应性优势;再详述施工技术要点,涵盖施工准备、混合料拌和运输、摊铺碾压、接缝处理与养护等关键环节;最后探讨发展趋势,涉及技术创新提升性能、环保材料应用、施工工艺优化及智能化信息化发展。研究旨在为市政工程中水泥稳定碎石施工提供全面技术参考,助力提升施工质量与工程效益,推动该技术在市政建设领域的持续发展。

关键词:市政工程;水泥稳定;碎石施工;技术

引言:在市政工程建设高速发展的当下,道路质量直接影响城市交通运行与居民生活体验。水泥稳定碎石作为道路基层常用材料,凭借高强度、良好水稳性和抗冻性等特性,在市政道路建设中占据重要地位。然而,随着城市交通流量增加、道路使用要求提高,对水泥稳定碎石施工技术的精度与效率提出更高挑战。深入研究其施工技术原理、要点及发展趋势,对保障市政道路工程质量、延长道路使用寿命、推动市政工程建设可持续发展具有关键意义。

1 水泥稳定碎石技术原理

1.1 材料组成与结构特性

水泥稳定碎石主要由水泥、碎石、细集料和水组成。水泥作为胶凝材料,起到粘结碎石颗粒的关键作用;碎石是骨架,提供强度和稳定性;细集料填充碎石空隙,使结构更加密实;水则参与水泥水化反应,促进强度形成。在结构特性上,碎石相互嵌挤形成骨架-空隙结构,水泥与细集料填充空隙,经压实后形成紧密、稳定的整体结构。这种结构赋予水泥稳定碎石较高的承载能力,能够有效分散和传递车辆荷载,满足市政道路的使用要求。

1.2 强度形成机制

水泥稳定碎石的强度形成主要依赖水泥的水化反应。水泥遇水后,与水发生一系列复杂的化学反应,生成水化硅酸钙、水化铝酸钙等凝胶物质。这些凝胶物质包裹在碎石颗粒表面,并逐渐填充颗粒间的空隙,将碎石牢固地粘结在一起。随着水化反应的持续进行,凝胶物质不断增多,结构逐渐密实,强度也不断提高。此外,水泥的水化产物还能与碎石表面的活性成分发生化学反应,进一步增强界面粘结力,使水泥稳定碎石的整体强度和稳定性得到显著提升,从而具备良好的力学性能。

1.3 环境适应性优势

水泥稳定碎石具备出色的环境适应性优势。在水稳定性方面,其密实的结构有效阻止水分渗透,减少水分对基层强度的侵蚀,即使在多雨地区也能保持稳定性能。抗冻性上,材料内部的空隙小且分布均匀,在低温环境下,水分结冰产生的膨胀应力较小,不易导致结构破坏,可承受多次冻融循环。对于不同温度环境,水泥稳定碎石在常温下能快速形成强度,高温时不会出现明显软化,低温下也不会因收缩过大产生严重裂缝,能够适应多样的气候条件,保障市政道路在不同环境下的正常使用^[1]。

2 水泥稳定碎石施工技术要点

2.1 施工准备

2.1.1 原材料选择

原材料质量直接影响水泥稳定碎石性能。水泥应选用初凝时间大于3h、终凝时间大于6h的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥,确保有足够时间完成施工操作与强度形成。碎石需质地坚硬,压碎值不大于30%,针片状颗粒含量不超过15%,最大粒径不超过31.5mm,且具有良好的颗粒级配,为骨架结构奠定基础。细集料宜采用洁净、干燥的天然砂或机制砂,含泥量不大于3%,砂当量不低于60%,避免杂质影响混合料粘结性与强度,严格把控原材料质量,是保障施工质量的首要环节。

2.1.2 配合比设计

配合比设计是实现水泥稳定碎石性能目标的核心。需根据道路等级、交通荷载等要求,通过试验确定水泥剂量、集料级配和最佳含水量。水泥剂量一般在3%-6%之间,剂量过低难以保证强度,过高则易产生收缩裂缝。通过击实试验获取最大干密度和最佳含水量,确保

混合料在压实后达到最佳密实状态。同时,对不同水泥剂量和级配组合的混合料进行无侧限抗压强度试验,选择满足设计强度要求且经济性良好的配合比,使水泥稳定碎石在满足力学性能的同时,实现资源合理利用。

2.1.3 下承层处理

下承层的质量直接关系到水泥稳定碎石基层与下部结构的结合效果。施工前,需对下承层进行全面检查,确保其平整度、压实度、高程等指标符合设计要求。清理下承层表面的浮土、杂物、松散颗粒等,消除可能影响层间粘结的不利因素。若下承层表面干燥,需提前洒水湿润,但不能有积水,避免水分过多影响压实效果。对于局部不平整或压实度不足的区域,应进行找平或补压处理,为水泥稳定碎石摊铺提供坚实、平整的基础,保证基层与下承层之间形成良好的应力传递体系。

2.1.4 测量放样

测量放样是确保水泥稳定碎石基层施工精准度的关键步骤。根据设计图纸,利用全站仪、水准仪等测量仪器,在路基上恢复中线和边线,直线段每10-20m设一桩,曲线段每5-10m设一桩,并在两侧路肩边缘外设指示桩。通过测量确定各桩位的设计高程,根据松铺系数(一般为1.2-1.3)计算出松铺高程,在指示桩上标记出松铺厚度的位置。同时,沿线路方向每10m设置一组高程控制桩,采用钢丝线或铝合金导梁作为摊铺机摊铺的高程控制基准,为摊铺机的准确摊铺提供依据,保证基层的厚度、高程和平整度符合设计要求。

2.2 混合料拌和

混合料拌和需采用强制式搅拌机,通过精确的自动计量系统控制水泥、碎石、细集料及水的用量,确保配料误差在规范允许范围内。搅拌前,需对设备进行调试与校准,保证各计量装置运行准确。拌和过程中,严格控制搅拌时间,一般不少于90秒,使水泥充分分散,确保混合料颜色均匀、无花白料、无结团现象。同时,根据天气变化、运输距离及摊铺速度,动态调整混合料含水量,通常比最佳含水量高1%-2%,补偿运输和摊铺过程中的水分散失。每工作班至少检查两次混合料的水泥剂量和含水量,保证拌和质量稳定,为后续施工奠定基础。

2.3 混合料运输

混合料运输选用吨位适宜的自卸汽车,车辆车厢应清理干净并涂刷防粘剂,防止混合料粘结。运输过程中,全程覆盖篷布,减少水分蒸发和粉尘污染,避免阳光直射与雨水冲刷影响混合料性能。合理规划运输路线,优化车辆调度,确保运输的连续性,避免摊铺机长时间停机待料。卸料时,控制卸料高度不超过1.5米,防

止离析现象发生。运输车辆数量应根据拌和能力、运输距离及摊铺速度进行科学配置,保证施工现场摊铺机匀速、连续作业,同时在卸料前对混合料进行二次搅拌,确保其均匀性,保障摊铺质量。

2.4 混合料摊铺

混合料摊铺采用具有自动调平功能的摊铺机,摊铺前需对熨平板进行预热,温度控制在100℃左右,防止混合料粘板。根据设计厚度和松铺系数(通常为1.2-1.3),准确调整摊铺机熨平板高度和仰角。摊铺过程中,摊铺机以1.5-3m/min的匀速行驶,保持连续作业,避免中途停顿。采用梯队作业时,两台摊铺机前后间距控制在10-20m,搭接宽度为3-5cm,确保摊铺均匀。安排专人跟随摊铺机,及时清理粗、细集料离析现象,对局部缺料或过多区域进行人工找补,同时检查摊铺厚度、平整度,发现偏差及时调整,保证摊铺质量满足设计要求。

2.5 混合料碾压

混合料碾压遵循“先轻后重、先慢后快、由低向高”原则。先用轻型压路机(6-8t)静压1-2遍,初步稳定混合料,速度控制在1.5-2km/h;再用重型压路机(18-21t)振压4-6遍,压实至规定压实度,振压速度为2-3km/h;最后用胶轮压路机(25t以上)终压1-2遍,消除轮迹,速度为2.5-3.5km/h。碾压时,压路机重叠1/2-1/3轮宽,后轮超出两段接缝处,确保压实均匀。严格控制碾压时间,在水泥初凝前完成碾压,避免因延迟碾压导致强度损失。每完成一遍碾压,及时检测压实度,未达要求时,继续碾压直至合格,保证基层密实度与强度符合设计标准。

2.6 接缝处理

2.6.1 横向接缝

横向接缝是水泥稳定碎石施工中易出现质量问题的部位,需严格处理。每日施工结束或因特殊原因中断施工时,应在末端设置横向接缝。采用人工将末端混合料整理整齐,在预定的位置垂直向下刨除厚度不足的部分,使断面呈垂直状态,并清理干净松散材料。重新开始摊铺前,在已压实的末端涂刷水泥浆,以增强新旧混合料的粘结性。新混合料摊铺后,用钢轮压路机进行横向碾压,从已压实路段逐渐向新铺路段碾压,每次重叠轮宽的1/2,直至压实度满足要求,确保横向接缝处密实、平整,避免出现跳车现象。

2.6.2 纵向接缝

纵向接缝的处理对保证道路基层的连续性和整体性至关重要。当采用两台摊铺机梯队作业时,应保证纵向接缝的质量。两台摊铺机的前后间距宜为10-20m,搭接

宽度控制在3-5cm。在接缝处,先摊铺的混合料应预留出搭接部分,后摊铺的混合料应与先摊铺的混合料充分搭接。碾压时,应先沿接缝方向进行初压,再进行正常的碾压作业,确保纵向接缝处的混合料充分压实,避免出现接缝不密实现象,保证基层整体强度和稳定性。

2.7 养护

养护是确保水泥稳定碎石基层强度正常增长的重要环节。碾压完成并经压实度检测合格后,应立即开始养护。可采用覆盖土工布、塑料薄膜或喷洒养护剂等方式进行养护。覆盖养护时,应及时洒水,保持基层表面湿润,洒水频率根据天气情况和水分蒸发速度确定;喷洒养护剂养护时,应确保喷洒均匀,形成完整的养护膜。养护期不少于7天,在养护期间应封闭交通,严禁车辆通行,确需通行的施工车辆应限速、限载,并在基层上覆盖钢板等保护措施,防止对基层造成破坏,为水泥稳定碎石基层强度增长创造良好条件^[2]。

3 市政工程中水泥稳定碎石施工技术的发展趋势

3.1 技术创新推动性能提升

在市政工程建设标准不断提高的背景下,水泥稳定碎石施工技术创新持续推进。一方面,新型拌和技术逐步应用,如顺序拌和法通过精确控制集料与水泥的投放顺序和搅拌时间,显著改善混合料均匀性,减少离析现象,增强基层的整体强度与抗疲劳性能。另一方面,针对抗裂性能的研究不断深入,通过在混合料中添加纤维材料、橡胶颗粒等改性剂,有效抑制裂缝产生与扩展,提升基层耐久性。此外,新材料复合技术的研发,将纳米材料、高分子聚合物与水泥稳定碎石结合,进一步优化其力学性能,满足重载交通与复杂环境下的道路使用需求。

3.2 环保型材料的广泛应用

随着“双碳”目标推进与环保理念普及,环保型材料在水泥稳定碎石施工中的应用愈发广泛。水泥生产环节,工业固废替代部分水泥成为重要趋势,粉煤灰、矿渣微粉、钢渣等废弃物经磨细处理后,与水泥按一定比例混合,既能降低水泥用量、减少碳排放,又能改善混合料的后期强度与抗渗性。再生骨料的应用也取得突破,将建筑垃圾、废弃混凝土破碎筛分后作为碎石替代材料,实现资源循环利用,降低对天然砂石的依赖。同时,水性环保型添加剂的研发与使用,进一步减少施工过程中的污染,推动水泥稳定碎石施工向绿色低碳方向发展。

发展。

3.3 施工工艺的持续优化

为提高施工效率与质量,水泥稳定碎石施工工艺不断优化升级。大厚度摊铺工艺得到广泛应用,借助大功率压实设备与先进摊铺机械,单次摊铺厚度可从传统的15-20cm提升至30-40cm,减少分层施工次数,降低层间薄弱环节风险,增强基层整体性。施工设备自动化程度不断提高,摊铺机配备智能找平系统、压路机搭载压实度实时监测装置,实现施工参数的精准控制,减少人工操作误差。此外,施工流程的标准化与模块化管理,通过预制装配式施工、集中拌和运输等方式,缩短工期、降低成本,提升施工组织效率,适应现代化市政工程快速建设需求。

3.4 智能化与信息化应用日益深入

智能化与信息化技术正深度融入水泥稳定碎石施工全流程。施工前,通过BIM技术进行三维建模与施工模拟,优化施工方案,提前预判施工风险。施工过程中,物联网传感器实时采集混合料温度、含水量、摊铺厚度、压实度等数据,经5G网络传输至云平台,利用大数据分析 with AI算法,实现施工质量的动态监测与智能预警。无人机巡检与智能机器人作业辅助现场管理,提高施工安全性与管理效率。施工结束后,数字化交付形成工程档案,便于后期维护与质量追溯,推动市政工程建设向智能化、精细化方向迈进^[3]。

结束语

综上所述,水泥稳定碎石施工技术是市政工程质量保障的关键。其施工要点贯穿准备、拌和、摊铺、碾压等全流程,每个环节的精准把控都是质量基石。随着技术创新、环保材料应用、工艺优化及智能化发展,该技术正朝着更高效、绿色、智能的方向迈进。未来,持续深化技术研究,紧跟行业发展趋势,将进一步提升市政工程建设水平,为城市基础设施建设筑牢根基,推动市政工程行业高质量发展。

参考文献

- [1]陈铖.市政道路水泥稳定碎石施工的质量控制分析[J].中华建设,2024,(06):144-146.
- [2]裴珏.公路工程中水泥稳定碎石基层施工技术[J].科技创新,2023,(14):113-116.
- [3]曾明源.水泥稳定碎石施工技术在市政道路工程中的应用[J].四川建材,2020,46(12):127-128.