

公路工程抗裂嵌挤水稳碎石技术应用分析

文 / 张及第 青岛路桥建设集团有限公司

张蕾娜 青岛通达公路工程有限公司

摘要：目前，我国的交通行业有了很大进展，公路工程建设越来越多。公路基层常采用水泥稳定碎石材料，即半刚性基层，但是，在行车荷载的影响下，半刚性基层容易产生裂缝问题。为研究抗裂嵌挤型水稳碎石基层施工技术，改善基层裂缝的同时提高基层稳定性，本文首先分析抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层工程特性，其次探讨抗裂嵌挤水稳碎石施工工艺，最后就抗裂嵌挤水稳碎石基层施工检测进行研究，以期为公路工程施工提供参考。

关键词：公路工程；抗裂嵌挤水稳碎石技术；配合比设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.051

引言

在新时代背景下，公路工程建设速度逐步提升，对我国道路交通事业的全面发展起到了重要的推动作用。水稳碎石基层施工在公路工程建设中应用广泛。但其设计厚度相对较大，一般为36~60cm。实际施工中，因工程机械性能限制，通常采取分层的方式进行施工，无法保证施工工期，层间黏结效果也存在一定问题，容易造成结构松散、开裂等质量病害。而采用全厚式摊铺碾压技术，可实现大厚度基层的一次性铺筑，有效提高施工效率，保证工期，并能明显增强基层整体性，保证施工质量。在公路工程施工中采用抗裂嵌挤水稳碎石技术，可显著提高施工质量，保证基层结构的承载力与公路结构的耐久性，进而延长其使用寿命。为更好地发挥该技术优势，推动我国公路事业的发展，有必要对公路工程抗裂嵌挤水稳碎石技术的实际应用进行研究。为此，本文系统探究了大厚度水稳碎石基层施工技术，通过试验段施工效果对比分析，确定了最佳施工工艺，对提高大厚度水稳碎石基层施工技术水平，保证基层施工质量具有重要意义。

一、抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层工程特性

目前，高速公路基层施工常采用半刚性基层，随着公路行车量不断增大，以及超载重载情况的增加，对半刚性基层的损坏性较大，容易产生裂缝问题。抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层结构中的混凝土结构密实，其力学强度和收缩性较高，可有效通过优化级配、振动成型等方式减少裂缝的产生。在施工过程中，利用大功率机械设备，高效完成摊铺和碾压作业，确保抗裂嵌挤水稳碎石基层结构性能符合标准，进而提高基层结构的整体性能。

二、抗裂嵌挤水稳碎石施工工艺

（一）施工准备

抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层正式施工之前，现场

技术人员需提前做好各项施工原材料的性能检测工作，针对不满足规范及设计要求的原材料不得投入施工，同时到场后的施工原材料要做好妥善的存储、堆放处理。另外，提前准备好各项施工机械设备，并做好安装调试工作。

（二）混合料的拌和

试验段水稳碎石基层铺设厚度相对较大，施工中应严格控制混合料含水率，确保达到最佳标准。如含水率较高，碾压过程中混合料会发生推移，降低基层密实度、平整度。如含水率过小，则会导致压实困难，产生松散现象，并且当激振力较大时，集料容易被压碎，严重影响基层施工质量。所以，混合料含水率控制尤为重要。

（三）混合料运输

第一，水稳基层混合料制作完成，组织专业运输车辆将之运输到作业现场，并加强运输线路规划。为确保施工的连续性，选择3~5辆25t运输车进行材料运输。第二，进行材料装载前，将车辆内部杂物清理干净，以免污染混合料，影响混合料性能。在材料装载环节，车辆按要求前后移动，禁止同一位置装载量过大、静置时间过长，以免产生混合料结块等现象。第三，混合料装载结束后，应对其表面进行覆盖，以免混合料在运输过程中受到污染或水分流失过多，影响混合料性能。同时，车辆行驶时要保持平稳，以免过于颠簸影响混合料性能。第四，运输前需填写运输单据，标记出厂时间、运输线路、运输人员等信息。运输到现场后，由技术人员对混合料的各项性能进行检测，符合施工作业要求方可投入使用。

（四）混合料的摊铺

根据以往实践经验，并结合试验段实际情况，松浦系数取1.4，则36、38cm厚基层路段的松浦厚度依次为50.4、53.2cm，普通摊铺机械无法满足实际施工需求。因此，选用三一重工生产的DT-2100型大吨位防离

析摊铺机,此摊铺机实际功率超过 150kW,且具备二次搅拌功能,能有效防止混合料离析,显著提升摊铺效率,保证摊铺质量。抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层摊铺如图 1 所示。



图 1 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层摊铺

(五) 基层碾压

水泥稳定碎石基层混凝土摊铺施工完毕后,现场技术人员要及时进行整形处理,选用压路机按照“先静、中振、后静”的顺序进行碾压施工,碾压距离控制在 30~40m 为宜,直线段的碾压施工要先两侧后中间,超高段的碾压要先底部后高部。技术人员要对各项施工参数进行详细记录,并对压实度进行测定,要求碾压施工后作业面无明显轮迹,同时高程要达标,存在松散或起皮时要及时填补处理。抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层碾压施工如图 2 所示。

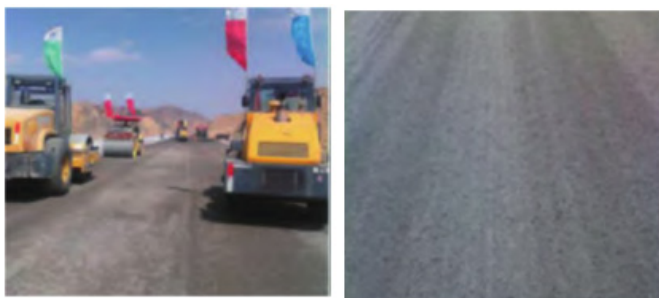


图 2 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层碾压施工

(六) 接缝处理

在抗裂嵌挤水稳碎石基层施工中,接缝处理也是非常重要的环节。在碾压施工环节,2 台设备需保持 5m 左右的间距,以消除纵向接缝偏差、集料离析及平顺度不足等问题。碾压结束后,需要对各结构部位展开检测,如使用 3m 直尺检测接缝位置,并使用灰线进行定位,将横向断面下部的混合料挖除并清理干净再开展后续的摊铺、碾压作业。

(七) 养护

施工完毕后及时进行基层养护工作,采用塑料薄膜的方式保证水稳碎石基层的潮湿度。工程养护期满足要求后,施工技术人员进行钻芯取样后检测性能。抗裂嵌

挤水稳碎石基层摊铺及碾压施工结束后,进入养护环节。养护质量直接影响水稳基层结构的强度性能、公路工程整体建设水平。养护施工以覆盖洒水方式为主。使用麻袋、土工布等覆盖基层表面,再进行喷雾洒水,使其保持湿润,也可使用洒水车直接洒水,但禁止采用高压喷水方式,以免冲散水稳基层材料。洒水次数、洒水量等需要根据环境温度、气候条件等来确定,养护时间在 7d 以上。对于冬季温度较低的情况,应采取防冻措施,以免基层结构出现松散等现象。养护结束之后,经检测达标方可开放交通。

(八) 封层结构施工

进行封层结构施工时,需加强温度检测,并在干燥、高温的天气条件下进行施工。施工过程中应保持匀速作业,保证材料撒布均匀、持续、稳定,铺设范围达到设计标准,厚度满足设计要求,禁止存在集料重叠现象。材料撒布完成后,使用 6~8t 钢筒压路机及时进行碾压施工。碾压结束后,需对封层结构进行养护处理,如果发现泛油现象,需要先撒布 5~10mm 粒径的碎石,用压路机碾压。待结构稳定再撒布 3~5mm 粒径的石屑或粗砂,碾压平整。此外,封层结构施工完成后,应在 15℃ 的环境温度下保持 15d,以确保封层结构性能合格。同时,开放交通初期,应严格控制车辆行驶速度,一般控制在 20km/h。

三、抗裂嵌挤水稳碎石基层施工检测

(一) 干温缩试验

常规水泥稳定碎石混合料的干缩温缩试验方式主要为千分表位移计机械法与应变片电测法。(1) 机械法。机械法测试时将室内成型的试件放在基座上,然后固定试件的一端,在另一端安装千分表,当环境温度发生变化或试件失水后,试件整体收缩或伸长会引起千分表触头移动并使千分表产生读数,通过千分表数值的变化测得试件的变形值。机械测试法测试结果存在三点问题,一是由于基层材料的收缩变形很小,测试过程中周围环境的细微震动会对测试结果产生较大的影响;二是试件两端与基座和千分表接触点在测试过程中的滑动和剥落也会影响试验结果;三是该方法试验时间持续很长,且不易控制,出现误差的机会大。(2) 应变片电测法。应变片电测法是将电阻应变片粘贴在被测试件表面上,当试件受力变形时,金属电阻丝承受拉伸或压缩变形的同时电阻也将发生变化,在一定应变范围内,电阻丝的电阻改变率与应变成正比,从而可以换算出试件的应变值。该方法存在两个问题,一是由于应变片浸水,过快地从试件表面脱离,容易导致试验不稳定;二是水稳材

料不均匀,应变片所贴片不同位置处,其测量结果相差较大,且不同试验人员粘贴应变片操作方法对试验结果的影响较大。(3)振弦式表面应变计法。为了解决目前干缩温缩测试方法在测试精度、可操作性及环境条件控制等方面的不足,创新性地将振弦式表面应变计应用于水稳混合料进行干温缩试验。针对应用过程中存在的打孔安装困难、测量精度无法保证等问题均给出了具体措施,有效解决了在水稳混合料干温缩检测中一直存在的不可控误差大的问题。应变计主要由前后端头、应变管、信号传输电缆、振弦及激振电磁线圈组成。当被测结构物因收缩使内部应力发生变化时,应变计同步感受变形,变形通过固定螺丝、前后端座传递给振弦转变成振弦应力的变化,从而改变振弦的振动频率。混凝土试件上应变计安装方式为膨胀螺丝打孔安装,但水稳混合料试件养生7d后材料仍较为脆弱松散,无法在水稳试件表面正常钻孔,因此考虑采用胶粘的方式固定前后端座。试验采用的为AB胶,黏结牢固可行。(4)振弦式表面应变计校准。为验证振弦式表面应变计的检测数据准确性,采用DTS-30试验机进行对比校准,具体方式为:①根据应变仪端部形状特点制作对应金属套头;②将应变仪与套头一道放入仪器中并调整伸缩压杆使其保证完全接触,记录此时试验机压杆的位移并读取应变仪数值;③电脑程序端控制压杆逐次压缩0.05mm以下的位移并保持稳定,然后读取此时压杆的位移与应变仪的数值,由此计算出两个应变值进行对比;④按上步骤分别位移3~4次,然后完全卸载重复此操作进行对比。由校准结果可见,振弦式应变仪检测出的应变数值与实际计算值有良好的线性关系及相关性,考虑到试验机本身及操作存在的误差,可认为振弦式应变仪的读数准确、真实可靠,可应用于实际检测。

(二) 无侧限抗压强度

抗压强度是表征水稳基层承载性能的关键参数。水稳碎石基层养护7d后,采取钻芯的方式进行抗压强度检测,并对基层破碎状况进行检查。①工艺(O4)条件下的基层压实度最大,压实质量最好;②水稳基层下层密实度小于98%时,其下部20cm区域内存在较多空隙,且下端0~5cm范围内存在松散状况。而当压实度超过99%时,芯样较为完整,未产生松散状况,且下层无空隙;③芯样无侧限抗压强度符合标准要求,且上层强度明显优于下层。

(三) 新型水稳碎石混合料优化开发

水稳级配主要有骨架密实、骨架空隙、悬浮密实3种结构,综合3种结构类型特点,骨架密实结构类型的

混合料能够使粗集料之间的嵌挤作用发挥出来,且黏结材料的作用也能突出,因而混合料各方面的性能都得到提高,因此新型水泥稳定碎石混合料将采用骨架密实型结构。试件制备养生完成后用电风吹去表面的浮尘,并吹干安装应变仪处表面。用铅笔和直尺标出中心位置,画出前后端座固定位置并均匀涂抹AB胶,然后将模具连同支架一起安装在试件表面,等待AB胶固化约15min,完成后将模具更换为应变仪。乳化沥青的加入使得水稳混合料柔性增加,适当的掺量下确实能够较好地填充水泥砂浆的空隙并黏结颗粒,使得水稳混合料的强度和柔性达到平衡,但弯拉强度降低显著,未能达到验算合格需求,因此排除乳化沥青的改性选项。

结语

公路工程施工中,合理运用抗裂嵌挤水稳碎石技术,能够有效提升公路路面结构的抗裂性能和稳定性,为公路的长期稳定运行提供有力保障。然而,由于公路路面基层结构设计厚度不同,采用抗裂嵌挤水稳碎石技术时,需根据具体情况合理调整碎石的粒径,做好配合比优化设计,同时在全过程中加强质量检测,以切实保证抗裂嵌挤水稳碎石技术应用效果,提升公路基层结构整体强度。未来,需要进一步优化材料配比和施工工艺,以更好地适应不同施工工程环境。同时,随着新技术、新材料的不断涌现,应积极探索与抗裂嵌挤水稳碎石技术相结合的创新应用,通过持续的研究和实践,更好地发挥抗裂嵌挤水稳碎石技术将在公路工程领域的作用,进一步提高公路工程的安全性、高效性与经济性。

参考文献

- [1] 胡睿. 水泥厂拌冷再生水稳碎石技术应用研究——以312国道镇江句容段改扩建工程为例[J]. 大众标准化, 2021(24): 227-229.
- [2] 张杨, 程鹏飞, 陈涛, 等. 免振免养水稳碎石在洋海线养护中的应用[J]. 河南科技, 2022(17): 76-79.
- [3] 牛生锋, 杨永富, 张文虎. 水泥强度增长特性与水稳碎石连铺施工可行性研究[J]. 山东交通科技, 2022(3): 66-68.
- [4] 靳澍, 张苏龙, 叶新宇. 高速公路快速养生再生水稳碎石基层关键技术研究与应用[J]. 工程技术研究, 2024, 9(4): 119-121.
- [5] 侯圣权, 李坤. 抗裂嵌挤型水稳碎石强度影响因素试验分析[J]. 北方交通, 2016(6): 106-109.
- [6] 蒋涛. 公路工程水稳碎石基层双层连铺施工要点[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(14): 69-71.