

公路工程施工中水稳基层裂缝的防治技术研究

曹军

新疆新筑路桥建设有限责任公司，新疆省乌鲁木齐市，830021；

摘要：水稳基层属于公路路面结构的重要承载层，裂缝问题直接关系到道路使用性能、服务寿命。目前公路施工中水稳基层裂缝现象比较普遍，严重制约道路工程质量提高。本文对水稳基层裂缝防治的重要意义进行系统分析，对原材料质量控制、施工工艺实施、养护管理执行等各方面存在的突出问题进行深入剖析，并从材料质量把控、工艺流程优化、养护措施强化三个方面提出针对性防治策略，为公路工程水稳基层裂缝防治提供理论参考和实践指导。

关键词：公路工程；水稳基层；裂缝防治；施工技术；质量控制

DOI：10.64216/3080-1508.26.03.025

引言

随着我国公路建设事业的快速发展，道路工程质量要求越来越高，水稳基层作为半刚性基层的主要形式，由于强度高、稳定性好而被广泛应用于各种等级的公路建设中。水稳基层裂缝问题已经成为公路使用性能的主要病害之一，裂缝的产生破坏了基层结构整体性，也会引起路面早期损坏，缩短道路使用寿命，增大养护成本。深入探究水稳基层裂缝的产生机理及防治技术，对提高公路工程建设质量，延长道路使用寿命，保证行车安全具有重大的理论意义和现实意义。

1 公路工程水稳基层裂缝防治的重要意义

1.1 保障公路结构整体性与使用寿命

水稳基层在公路结构中起承上启下的作用，水稳基层的完整性直接影响到路面系统的稳定性和耐久性。基层裂缝会破坏结构的整体性，将连续的整体变为离散的单元，应力传递路径也随之变化，荷载作用下局部应力集中增大，局部区域的应力超过了设计规定值，引起性能连锁退化。裂缝形成以后发展成不可逆的趋势，在荷载反复作用下不断扩展，最后形成贯通性裂缝，贯通裂缝不但会切断基层的承载力，还会为水下渗创造通道，雨水渗透后，在冻融循环的作用下加剧材料松散破坏，使承载能力急剧下降，传递到面层造成反射裂缝、网裂、坑槽等病害，使路面整体性遭到破坏。基层的刚度和模量由于裂缝的影响而大幅度下降，路面结构抵抗变形的能力也随之大大降低，重载交通作用下更容易产生永久变形，防治裂缝实质上就是保护公路结构的整体性，保证应力传递的连续性、均匀性，使各个层次协调工作，

保证设计年限内性能的稳定。

1.2 提升道路行车安全性与舒适性

基层裂缝反射到路面后，在沥青面层上形成线状凸起或者凹陷，破坏行车的平顺性，车辆经过时产生颠簸，舒适性降低。平整度变差不仅会降低乘坐体验，还会增大车辆各部件的磨损，缩短使用寿命，增加运输成本。裂缝处雨天容易积水，高差造成积水不能排出形成水膜，车辆高速通过时产生水漂，轮胎附着力减小，制动距离延长，转向性能退化，事故风险增大^[1]。重载车辆反复碾压之下，裂缝周围材料松散脱落形成坑槽，迫使车辆改变轨迹，变道频次增加，安全隐患增大。基层裂缝造成路面不均匀沉降出现波浪起伏，车辆行驶时产生共振效应，严重影响舒适性，甚至会造成失控，防治裂缝是提高服务质量、保证交通安全的重要要求。

1.3 降低公路养护维修成本投入

基层裂缝修复难度远大于预防，需要铣刨破损路面、清除病害基层、重新铺筑，工序复杂、耗时长、材料消耗大、人工机械投入多，成本巨大。裂缝修补只能解决表面问题，不能根治内部结构缺陷，修补区域与原结构结合质量难以保证，新旧界面易成为新的薄弱环节，造成短期内再次出现病害，形成反复维修恶性循环。基层裂缝引发的病害会缩短大中修周期，设计年限内不需要大修的路段可能会提前进行结构性大修，非计划性大修打乱养护资金计划，增加财政负担，裂缝还会加快其他部位的损坏，造成病害连锁反应，小范围裂缝引发大面积破损，成本成倍增加^[2]。维修施工期间需要封闭交通或者限制通行，为公众出行造成不便，造成社会经济损

失, 物流运输延误、绕行增加油耗、时间成本上升等间接损失常常比直接维修费用大得多。施工阶段严格控制基层质量, 有效防止裂缝, 虽然会增加前期的投入, 但是和后期反复维修所花费的巨额费用相比微不足道, 可以大幅度地延长无大修使用年限, 降低全寿命周期成本。

2 公路工程水稳基层裂缝产生的主要问题

2.1 原材料质量控制不严导致结构性能不足

水稳基层性能取决于原材料的质量, 质量控制不到位会直接造成裂缝。集料级配不合理造成混合料内部薄弱, 粗集料过多使细料填充不足, 混合料松散多孔, 荷载下易变形开裂; 细集料过多使黏聚性过强, 干缩变形加大产生收缩裂缝。针片状颗粒超标会破坏嵌挤结构, 碾压的时候容易破碎形成局部弱点, 含泥量超标会在集料表面形成泥膜, 减弱水泥和集料界面黏结, 应力传递中断产生裂缝。水泥活性不够造成水化反应不充分, 强度增长缓慢, 低强度基层在荷载作用下应变过大时开裂。掺量不足不能形成足够的胶结, 掺量过大增大水化热和收缩变形, 温缩裂缝和干缩裂缝的风险增大, 拌合用水含有的杂质过多会干扰水泥的水化, 降低基层性能。原材料检验把关不严导致不合格材料进入施工, 从源头上埋下了质量隐患。

2.2 施工工艺不当引发基层内部应力集中

施工工艺缺陷造成应力集中, 为裂缝的产生创造了条件。拌合不均匀造成各组分分布不均, 局部水泥含量不同造成性能不均, 应力不能均匀传递, 应力集中处最先开裂, 拌合时间不足水泥和集料结合不充分, 包裹不良的集料形成内部缺陷, 应力集中随之产生。摊铺速度过快会造成表面高低不平, 碾压时造成厚度不均匀, 刚度突变处易产生应力集中, 摊铺机操作不稳定造成纵向波浪, 接茬处理不当造成接缝台阶, 这些几何缺陷都是应力集中的潜在位置^[3]。碾压遍数不够, 压实度达不到要求, 疏松结构在荷载作用下变形过大而产生开裂, 碾压速度过快造成能量传递不充分, 不均匀沉降产生附加应力, 加上行车荷载叠加以后超过材料的强度就容易产生裂缝。混合料拌合温度过高, 摊铺后温度迅速下降产生温度应力, 内外温差形成的温度梯度产生拉应力, 超过早期强度时压缩裂缝不可避免。

2.3 养护措施缺失造成早期强度发展受阻

养护措施的缺乏严重阻碍基层性能的形成, 造成早

期裂缝大量出现。水泥水化需要适宜的温度和充足的水分, 养护不当会影响水化进程, 模压成型后如果不及时洒水, 表层水分快速蒸发, 水化反应不能正常进行, 强度发展缓慢。水分散失造成体积收缩, 约束收缩产生的拉应力超过早期抗拉强度时, 干缩裂缝就会立即产生并随着强度增长而不断扩展, 洒水次数不够或者不均匀造成干湿交替, 反复胀缩造成基层疲劳损伤, 微裂纹发展成可见裂缝^[4]。养护时间过短, 基层强度还没有达到要求就开放交通, 低强度基层受到荷载作用产生很大的变形而开裂, 缺少覆盖保护, 昼夜温差造成的温度应力反复作用加快了裂缝的形成。雨季施工时降雨冲刷表面, 未完全硬化的材料被雨水带走, 表面缺陷破坏结构连续性成为裂缝的起点。养护管理制度不健全, 养护工作流于形式, 责任不明、标准不清、质量无人监督, 为基层裂缝埋下最直接的隐患。

3 公路工程水稳基层裂缝的有效防治策略

3.1 严格把控原材料质量, 确保基层结构稳定

原材料的质量控制对于防治水泥基层的裂缝起着至关重要的作用, 应建立严格的控制系统。集料的选择要充分考虑其级配特性及物理性能, 优先选用级配连续、粒形好的集料, 通过筛分试验准确掌握集料的颗粒组成, 对级配不良的集料要进行搭配调整, 集料的压碎值、磨耗值等强度指标直接决定着基层的承载能力, 应该选择强度高、耐磨性好的坚硬集料。针片状颗粒含量必须逐批检测, 超标批次不得进场, 集料含泥量要通过水洗试验准确测定, 超标集料要进行冲洗处理直至达标。有机质、硫化物等有害物质会对水泥水化造成严重的影响, 必须严格限制。水泥选择要注重品牌和质量稳定性, 应选用正规厂家生产的合格产品, 进场必须附带质量证明文件, 进场水泥要进行抽样复检, 检验合格后才能使用。施工中尽量使用同一批次水泥, 储存超过三个月的水泥必须重新检验, 水泥掺量要通过配合比设计确定最佳用量, 既要保证基层强度满足设计要求, 又要防止掺量过大产生收缩问题。拌合用水应采用清洁的饮用水或者符合规范要求的水源, 水质检验要包括 pH 值、不溶物含量、氯离子含量等项目, 建立进场检验制度、使用过程抽检制度, 实现原材料质量全过程可追溯, 从源头上把好质量关, 为水稳基层优良质量打下坚实基础。

3.2 优化施工工艺流程, 减少内部应力产生

施工工艺的改善是防止基层裂缝的重要技术途径,要对拌和、运输、摊铺、碾压等各个工序实施细致的把控。混合料拌合要使用性能稳定的设备,拌合计量系统要定期标定校准,拌合时间要通过均匀性试验确定。拌合过程中要严格控制加水量,根据集料含水率实时调整,保证混合料含水率在最佳范围内,拌合完成的混合料要及时装车运输,在运输过程中要采取覆盖措施防止水分散失和离析。摊铺作业要选用性能良好的摊铺机,摊铺速度要均匀,厚度要通过调节熨平板高度来精确控制,摊铺时要连续供料,防止供料中断造成停机产生横向接缝,纵向接缝用平接缝或斜接缝,横向接缝垂直于道路中心线,接缝处混合料应补充碾压。碾压作业是保证基层密实度的关键工序,要制订详细的碾压方案,确定碾压遍数、速度、顺序,碾压要遵循先轻后重、先慢后快、先边后中的原则。初压用静压,在混合料摊铺后尽快进行;复压用振动碾压,是提高密实度的关键;终压再次用静压,消除表面波纹^[5]。碾压时要注意碾压轮迹搭接宽度,速度要保持稳定,碾压要在混合料处于最佳含水率状态下进行,因此要严格控制从拌合到碾压完成的时间。

3.3 加强养护管理措施,促进基层强度形成

科学的养护管理是保证水稳基层强度正常发展、防止早期裂缝产生的重要保证。基层碾压成型后立即进行养护,碾压完成后2小时内要开始第一次洒水,初次洒水要充分湿润基层表面,养护期间要保证基层表面始终保持湿润,洒水次数要按气温、湿度、风速等条件来确定。洒水作业要均匀细致,用雾状喷洒,不能冲刷基层表面。养护期间基层要进行覆盖保护,可采用塑料薄膜、土工布或湿麻袋等材料,覆盖材料既可以减缓水分蒸发,又可以保持基层表面温度相对稳定,覆盖要严密完整,覆盖材料下面要保持一定的湿度。养护时间一般不少于七天,高温季节或者干燥地区要适当延长,养护期内不得通行任何车辆和行人,养护期满后进行强度检测,确认达到设计要求后方可进行下一道工序施工,养护期间

要加强巡查,及时发现并处理问题,覆盖材料破损要及时修补,发现细微裂缝要立即分析原因并采取相应的措施。雨季施工时,降雨前要对基层表面做临时覆盖,降雨后要及时排除积水,受损部位要及时修补。养护管理要实行责任制,明确养护负责人和养护人员的职责,建立养护记录制度,详细记录每次洒水的时间、洒水量、天气情况等,养护质量要纳入工程质量考核体系,用严格的管理制度保证养护措施的落实。

4 结语

水稳基层裂缝防治是一项系统工程,牵涉到材料、设计、施工、养护等诸多环节,任何一个环节的疏忽都会引发裂缝问题。防治工作要树立全过程质量控制的思想,从原材料进场把关开始,经过科学的配合比设计、严格的施工工艺控制、精心的养护管理,直到工程交付使用,各个环节都要高标准、严要求,保证质量可控。随着新材料、新技术、新工艺的不断出现,水稳基层裂缝防治技术也将不断发展完善,我们要关注行业技术进步,积极引进推广先进技术,依靠科技创新提高质量,为建设高质量公路工程、服务经济社会发展作出更大贡献。

参考文献

- [1]冯安翠.公路工程施工中水稳基层裂缝的防治分析[J].运输经理世界,2024,(20):147-150.
- [2]刘翠莲.公路施工中的水稳基层裂缝防治技术解析[J].科技与创新,2025,(14):112-114.
- [3]罗鹏.路面工程施工中水稳基层裂缝防治技术研究[J].运输经理世界,2025,(12):124-126.
- [4]于兆瑞,葛云鹏.公路工程施工中水稳基层裂缝的防治方法研究[J].建筑机械,2025,(8):267-269.
- [5]黄琦忠,何红,鲍岚,等.公路施工中水稳基层裂缝防治技术[J].工程建设与设计,2025,(3):242-244.

作者简介:曹军(1977.10.22-),男,汉族,江苏省南通市,副高级,本科,研究方向:公路工程。