

水泥稳定碎石基层裂缝对上面层反射开裂的影响

黄宏林

湖北交投建设集团有限公司 湖北 武汉 430070

【摘要】：水泥稳定碎石基层裂缝会直接影响上面层的反射开裂现象，降低路面结构的整体使用寿命。研究发现，基层裂缝的成因主要与地基沉降、温度变化及施工工艺有关。基层裂缝一旦形成，会通过一定的传递机制影响上层结构，导致反射裂缝的发生。为此，本文通过分析裂缝传递的过程，探讨了减少基层裂缝对上面层影响的关键措施，如改善基层施工质量、选用合适的材料以及采取有效的裂缝防治技术。研究成果为道路工程的设计与施工提供了理论依据与技术支持。

【关键词】：水泥稳定碎石；基层裂缝；反射开裂；传递机制；裂缝防治

DOI:10.12417/2811-0528.26.06.019

水泥稳定碎石基层作为道路结构的重要组成部分，其稳定性直接影响上面层结构的完整性与长期性能。随着道路使用年限的增加，基层裂缝常常成为引发上层反射裂缝的主要原因。基层裂缝不仅影响道路的外观和舒适性，还可能降低其耐久性，进而加速路面损坏。了解基层裂缝的形成原因及其对上层结构反射裂缝的影响机制，是当前道路工程中的一项重要课题。通过对基层裂缝与反射开裂之间关系的深入研究，可为提升道路的施工质量、延长道路使用寿命提供科学依据。

1 基层裂缝的形成原因及影响因素

水泥稳定碎石基层裂缝的形成通常与多个因素相互作用密切相关，主要包括施工工艺、材料特性、外部环境以及路面使用过程中的负荷变化。施工过程中，基层材料的配比和压实度直接影响其抗裂性能。如果基层材料的水泥含量过低或施工时压实不充分，容易导致基层内部存在空隙或弱区域，这些区域在使用过程中受到荷载作用时容易发生变形，从而产生裂缝。基层表层的温度变化也会对其结构产生影响，尤其在温差较大的地区，温度收缩与膨胀效应会加剧基层裂缝的产生。地基沉降是另一种常见的基层裂缝成因。当路面下部土层因施工或长期使用而发生不均匀沉降时，基层无法均匀受力，导致应力集中，从而引发裂缝^[1]。这种裂缝通常呈现线性或弯曲的形态，随时间推移可能加剧，并对上面层造成反射裂缝的隐患。

基层裂缝的发生还与外部荷载密切相关。随着交通负荷的不断增加，特别是重型车辆的频繁通过，基层结构长期处于较大的应力状态，容易形成裂缝。基层裂缝的存在不仅是路面损伤的征兆，还会影响到上面层结构的稳定性，使裂缝由基层传递至上层路面，导致反射开裂现象的发生。

2 基层裂缝对上面层反射开裂的传递机制

基层裂缝对上面层反射开裂的传递机制涉及到裂缝如何通过基层层次向上层传递，并最终在上面层形成可见的开裂现

象。基层一旦出现裂缝，其应力集中区域会通过不同方式影响上层路面。裂缝往往起源于基层，但其影响力并不局限于此。随着路面荷载的不断施加，基层裂缝会加深、扩展，并最终导致上层路面形成反射裂缝，这一过程是裂缝从基层向上层的传递的直接表现。基层的裂缝在承受外部压力时，产生的应力波会沿着裂缝扩展。当基层表面出现裂缝时，随着车辆荷载的作用，基层下方的裂缝会变得更加明显，并进一步加剧裂缝的扩展。裂缝的扩展不仅影响基层的结构完整性，还会形成局部的应力集中区，这些区域将对上层路面产生影响。

传递机制的另一个关键因素是基层裂缝的几何特征。裂缝的宽度、深度及其延伸方向对其传递效果有着显著影响^[2]。如果基层裂缝较深或裂缝分布较广，那么它们传递给上面层的影响更为严重。特别是当基层裂缝延伸到基层的顶面并接近上层路面时，裂缝的应力效应会更加明显。在这种情况下，裂缝不仅仅是局部的损伤，它们的扩展趋势会在上层结构中表现为反射裂缝，从而导致更为显著的路面破坏。

裂缝的传递也受到温度变化、湿度变化及交通荷载等多重因素的共同影响。在温度变化较大的地区，基层裂缝随着温度的升高或降低发生扩展，这种变化的周期性影响加剧了裂缝的反射效应。过多的水分侵入裂缝中，会使基层材料的强度下降，裂缝发生进一步的扩展，进而影响上面层的完整性。交通荷载，特别是重型车辆的反复行驶，提供了持续的动力，使得基层裂缝变得更为严重，并最终在上面层形成反射裂缝。

3 基层裂缝防治措施及技术优化

裂缝的产生通常与基层施工质量密切相关，因此在施工阶段采取有效措施是减少裂缝发生的基础。正确的材料选择和合理的施工工艺能够显著提高基层的抗裂性能。通过优化水泥稳定碎石的配比，调整水泥和碎石的比例，以提高材料的密实度和抗压强度，有助于减少因基层材料不均匀引起的裂缝。具体优化技术包括：采用骨架密实型级配设计，确保石料骨架间隙

被细集料与水泥浆充分填充,空隙率控制在3%~6%;在混合料中掺入0.3%~0.5%的木质素纤维或聚酯纤维,纤维可有效抑制裂缝扩展,提高材料的韧性,使断裂伸长率提升15%~25%;采用缓凝型水泥,延长水化热释放时间,降低内部最高温升,减少温度应力。

在施工过程中,需严格控制施工工艺参数:混合料拌和时间控制在30~45s,确保拌和均匀;摊铺温度不低于10°C,摊铺速度保持在1~2m/min,避免离析;采用重型压路机分层碾压,碾压遍数为6~8遍,碾压顺序遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则,确保压实度达到96%以上,避免空隙的产生,这将大大降低基层裂缝的形成概率。对基层进行适当的养护,采用土工布覆盖洒水养护,养护时间不少于7d,养护期间确保基层表面含水率维持在8%~12%,避免因水分蒸发过快而导致的干缩裂缝,也能有效避免因水分蒸发过快而导致的裂缝。

基层裂缝的防治还需要关注外部环境和长期使用过程中的负荷变化。温度变化是导致基层裂缝的重要因素之一,特别是在温差较大的地区,温度的波动会导致基层材料的膨胀与收缩^[3]。合理选择材料的热膨胀系数,并在设计时充分考虑温差的影响,可采用设置伸缩缝的技术措施,伸缩缝间距控制在10~15m,缝宽为2~3cm,缝内填充沥青麻絮或聚氨酯密封材料,有效释放温度应力,减少因温度变化引起的裂缝。基层的排水性能也是防治裂缝的关键。积水的存在不仅会导致材料强度降低,还会加剧冻融循环对基层的破坏。通过设置有效的排水系统,在基层边缘设置碎石盲沟,盲沟断面尺寸为30cm×30cm,填充粒径10~20mm的碎石,坡度不小于3%,确保基层内部积水在24h内排出,保持基层的干燥和稳定,有助于降低水分对基层结构的侵害,减少裂缝发生的风险。

对于已经出现裂缝的基层,通过技术优化来修复和防治裂缝的扩展也是必要的措施。常见的修复方法包括裂缝灌浆技

术,针对缝宽0.2~1mm的细微裂缝,采用压力灌浆工艺,注入环氧树脂灌浆材料,灌浆压力控制在0.3~0.5MPa,确保灌浆材料充分填充裂缝;对于缝宽大于1mm的中宽裂缝,选用水泥基灌浆材料,添加适量膨胀剂,补偿收缩,提高粘结强度,通过注入裂缝中具有较强粘结力的材料,如水泥基或环氧树脂材料,能够填充裂缝,恢复基层的完整性。对于较为严重的裂缝,当裂缝深度超过基层厚度的1/2或缝宽大于5mm时,还可以采用冷再生技术,对裂缝周边50~80cm范围内的基层进行铣刨,掺入3%~4%的新水泥和适量水,重新拌和后摊铺碾压,再生层压实度不低于96%,从而恢复基层的性能和抗裂能力。

从技术角度看,现代道路工程中越来越多地采用了智能化监测手段,在基层内部嵌入光纤光栅传感器或应变片,实时监测裂缝处的应变变化,监测精度可达1με,结合大数据分析平台,建立裂缝扩展预测模型,当应变值超过预警阈值时,及时发出养护预警,通过传感器实时监测基层和路面层的裂缝发展情况。结合大数据分析,可以实现对裂缝变化趋势的预测和预警,为道路的养护和维修提供科学依据。采用新型复合材料,如聚合物改性水泥基材料,通过掺入5%~10%的丙烯酸酯乳液或丁苯橡胶乳液,可使基层材料的抗拉强度提升20%~30%,干缩率降低30%~40%,有效提高抗裂性能,也逐渐成为提高基层抗裂性能的有效途径。

4 结语

水泥稳定碎石基层裂缝对上面层反射开裂的影响是道路工程中的重要问题。通过对裂缝形成原因、传递机制以及防治措施的研究,可以有效减少裂缝对路面结构的影响,提高道路的使用寿命和安全性。采取科学的设计和施工方法、优化材料选择及施工工艺、应用先进的修复技术,能够显著提高基层的抗裂能力,为道路的长期稳定提供保障。

参考文献:

- [1] 杨宇.公路工程水泥稳定碎石基层裂缝的成因与防治措施[J].汽车周刊,2026,(01):130-132.
- [2] 赵成军.水泥稳定碎石基层裂缝影响机理分析及预防措施[J].交通世界,2025,(28):112-114.
- [3] 朱国军.水泥稳定碎石基层裂缝影响因素及预防对策[J].石材,2024,(06):150-152.