

水泥稳定基层裂缝产生的原因及预防策略

张 猛

北京市政路桥管理养护集团有限公司 北京 102600

摘 要: 在公路建设中,水泥稳定基层以其良好的力学性能、水稳性以及抗冻性等优势,被广泛应用于各等级公路的路面基层或者底层,特别是在高等级公路中的应用取得了良好的效果。然而水泥稳定基层施工及服役期间易产生裂缝,不仅影响路面使用寿命,而且存在雨水入渗、地基沉降等安全隐患。因此开展水泥稳定基层裂缝成因及防治措施的研究,对提高公路工程质量和延长其服役寿命意义重大。

关键词: 水泥稳定基层;裂缝;产生原因;预防策略

水泥稳定基层产生裂缝的原因很多,涵盖材料特性,施工技术,环境等多方面的因素。如水泥品种不合理,水泥用量过大,集料级配不合理;施工时含水量控制不合理,碾压不均匀,养护不及时等^[1]。此外,极端温度和冻融循环等环境因素也会影响水泥稳定基层的稳定性,导致裂缝的产生。因此,要全面防治水泥稳定基层裂缝,应从多方面着手,采用综合措施,从材料选用、施工技术和环境控制等方面提出有针对性的防治措施。

一、水泥稳定基层裂缝产生的原因

(一) 原材料质量问题

在水泥稳定碎石基层施工中,原材料质量问题也是一个重要因素。水泥稳定碎石基层施工过程中,水泥用量很大,当水泥供应不及时,导致水泥进场后直接就用于基层施工中,水泥在水化过程中产生水化热,使混合料内部与外部环境形成温差,温差较大时就会产生温度裂缝^[2]。而且不同类型的水泥其收缩性能也不一样,比如硅酸盐水泥收缩性比矿渣水泥收缩性小,标号低的比标号高的收缩性小。

(二) 含水量控制不当

水稳混合料以最佳含水量模压成型,其密实度最大,如果用水量控制不好,不管用水量过大或过小,最终都会影响压实效果,造成基层开裂。水分含量过高会使基层材料在干燥时产生较大的收缩变形;水分含量过低时,既不能达到足够的密实度,又会影响基层材料的强度及稳定性。尤其是夏季气温较高,雨季空气含水率较高时,需对水稳混合料掺量进行实时动态调整,保证水稳混合料掺量达到最优,含水量控制不合理,将导致路面产生裂缝,严重影响路面整体质量及使用寿命。

(三) 温度差异过大导致温缩裂缝

温度差是水泥稳定基层产生裂缝的一个重要原因,水泥稳定基层具有热胀冷缩特性,当其周围环境温度变化较大时,由于热膨胀、收缩等原因,其体积膨胀和收缩将成为制约其发展的重要因素。尤其是在昼夜温差较大的地区施工,温度变化更为剧烈,基层材料不能很好地适应这种快速的体积变化,易产生温缩裂缝。

(四) 施工和养护不当

水泥稳定碎石基层因施工、养护不当而产生裂缝,在施工期间,如果掺入水泥量不均匀,摊铺不平整或压实不充分,在受力情况下很容易出现裂缝。另外在基层养护时,如果不按规范要求养护,比如养护时机不恰当,养护方法不合理,道路开放时间过早等,都有可能导致路面出现裂缝。养护不当将导致基层材料在干燥时产生较大的收缩变形,从而影响其强度与稳定性。因此防止基层开裂的主要措施之一是严格按规范施工,加强基层养护管理。同时,要根据工程场地环境、气候条件,对施工工期、养护方式进行适当调整,保证基层材料的质量与稳定性。

二、预防水泥稳定基层产生裂缝的策略

(一) 严格控制原材料质量

水泥稳定基层的质量主要取决于原材料的质量,原材料质量对基层的强度、耐久性、抗裂性能有很大的影响。因此要防止开裂必须严格控制原材料的质量。水泥稳定基层所需的原材料主要有水泥、碎石、砂砾、水等,水泥是一种重要的胶凝材料,它的强度等级、安定性及凝结时间是影响其性能的重要因素^[3]。碎石、砂砾作为骨料,根据其级配、压实度及杂质含量确定其承载力及

抗裂性能, 水的品质及用量对水泥水化反应及基层的干缩率有直接的影响。因此加强对原材料质量的控制是防止开裂的根本措施。

在具体实施过程中, 需要注重检查水泥的质量, 为保证施工的可操作性及基层早期强度, 水泥应选用强度等级不小于32.5的普通硅酸盐水泥, 其安定性要满足国家标准, 凝结时间要控制好。如水泥进场检验, 每一批水泥都要用标准雷氏夹法或饼试法进行安定性检验, 以保证其安定性合格率为100%。同时, 为保证施工连续性, 保证基层早强, 初凝时间不宜早于45 min, 终凝时间不宜早于6小时。碎石、沙砾的级配和压实度要严格控制, 为了减小空隙率, 提高基层的密实度和抗裂能力, 碎石粒径不宜大于37.5毫米。如碎石级配要满足连续级配, 筛分试验确定粒径, 关键筛孔如0.075毫米, 2.36毫米, 4.75毫米通过率符合规范要求, 同时为了保证集料的强度与耐久性, 碎石压碎值不能超过20%。对于砂砾, 为防止掺杂物过多造成基层强度下降、干缩开裂等问题, 含泥量控制在3%以内。另外水质问题也不能忽视, 施工用水要符合饮用水标准, 不能用酸性水、含盐量高的水等含有有害杂质的水, 否则会影响水泥水化反应, 影响基层的耐久性。为充分展示水泥稳定基层原材料质量控制的相关数据内容, 可参考表1:

表1 水泥稳定基层原材料质量把控标准

参数名称	单位	建议值范围
水泥强度等级	-	≥ 32.5
水泥安定性	-	合格率100%
碎石最大粒径	mm	≤ 37.5
碎石压碎值	%	<20
0.075mm以下含量	%	2%-5%

通过对原材料质量的严格控制, 可有效地降低裂缝的产生, 从而保证水泥稳定基层的施工质量。

(二) 水泥用量和含水率的控制

水泥用量、含水量是影响水泥稳定基层使用性能的主要因素, 水泥用量过大, 造成基层干缩增大, 开裂危险增大; 但如果水泥用量太小, 基层的强度就达不到承载力的要求。水含量对水泥水化反应速率及基层压实效果有较大的影响, 含水量过大会使基层压实时产生弹土现象, 影响压实度; 水分含量过低, 将使基层压实困难, 降低强度及耐久性^[4]。因此, 合理控制水泥用量、用水量对于保证路面使用性能至关重要。

在具体实施过程中, 应根据设计强度及施工要求,

准确计算水泥用量, 一般情况下, 水泥用量以3%-6%为宜。以水泥稳定碎石基层为例, 设计强度为3.0 MPa时, 水泥用量可控制为5%。在这一过程中需要通过室内配合比试验, 确定出最优水泥用量, 保证基层既能满足强度要求, 又能减小干缩。施工时要严格控制水泥用量均匀度, 使用精密的计量仪器, 保证掺入的水泥量准确。控制水分含量也很重要, 最佳含水量及最大干密度应在施工前用标准击实法测定。例如水泥稳定碎石基层的最佳含水率一般为5-8%, 在施工过程中, 应根据气象条件及原材料含水率, 适时调整加水量。天干或原材料水分含量低的情况下, 可适当加大洒水次数; 雨季或原材料水分含量高的时候, 应减少喷水次数。同时, 在施工现场设置快速水分测定仪, 对混合料含水率进行实时监测, 保证含水量在最佳含水率±1%以内。为充分展示水泥用量和含水量的控制标准, 可参考表2:

表2 水泥用量、含水量的把控参数

参数名称	单位	建议值范围
水泥剂量	%	3%-6%
最佳含水量	%	5%-8%
最大干密度	g/cm ³	根据击实试验确定

通过对水泥用量、用水量的精确控制, 可有效地减小沥青路面的干燥收缩, 改善基层的综合性能。

(三) 加强基层养护

在水泥稳定基层施工中, 养护是非常重要的一环, 合理的养护措施能有效地减少沥青路面的干缩裂缝, 改善水泥稳定基层的强度与耐久性, 因此防治裂缝的一个重要措施就是加强基层的养护。水泥稳定基层施工完毕后, 仍在继续水化反应, 此时的基层处于半水化状态, 对外部环境的变化比较敏感。若养护不当, 如水分蒸发过快、温差过大等, 都将引起基层产生干缩裂缝或温缩裂缝。因此, 采取合理的养护措施, 可使基层获得较好的水化环境, 降低裂缝产生的危险。

在具体实施过程中, 应从基层施工完毕后立即进行养护, 直至基层强度达到设计要求, 一般情况下, 养护期不少于7天。施工结束后, 应及时进行洒水养护或覆盖土工织物养护等措施, 使基层表面保持湿润; 在洒水养护过程中, 应根据气象条件及基层表面干湿情况, 合理安排浇水次数。天干时或高温季节, 应加大浇水次数, 以保证路面长期湿润; 雨季、气温较低时, 为防止基层表面出现积水, 可以适当减少浇水次数。同时在养护期内, 应尽量避免外部荷载对基层产生影响, 比如在养护

期间，严禁使用重型车辆，以免造成基层过早损坏。另外还可以用塑料膜或者土工织物覆盖基层，这样不仅可以保持表面水分，还可以减小温差对基层的影响。采用合理的养护方法，使水泥稳定基层具有良好的水化环境，降低干缩率及温缩裂缝，提高基层的强度与耐久性。

（四）合理安排施工时间

在水泥稳定基层中，施工时机的选择是影响其使用性能的一个重要因素，合理的施工时间安排可有效降低外部环境对基层的影响，减少裂缝的发生，高温天气会使基层表层水分迅速蒸发，从而增大了干燥开裂的危险；温度过低会影响水泥水化反应速率，导致早期强度下降，而且风速过大还会加速水分蒸发，从而影响路面的养护效果。因此合理选择施工时机、避开不利环境条件对保证基层施工质量至关重要。

在具体实施过程中，要根据当地气候条件合理安排施工工期，一般情况下施工时应避开高温、多雨季节，如在南方地区，宜选择春、秋两季，因为此时温度适中、湿度高、风速小，利于基层水泥水化反应及养护。北方地区应选择夏季施工，以避开冬季气温较低及春季风沙天气；同时施工期间要密切关注天气情况，尽量避免在雨季施工，如遇下雨，应及时停工，加固已砌好的基层，防止雨水冲刷。另外施工时机的选取也要考虑施工进度及基层养护要求，例如在基础施工结束后，要保证充足的养护时间，避免由于施工速度过快而缩短工期。合理安排施工工期，避开不利环境条件，为水泥稳定基层施工与养护创造有利的外部环境，是降低裂缝产生的有效途径。

（五）采用优质材料和先进施工工艺

水泥稳定基层施工技术是影响裂缝产生的主要因素，采用先进的施工技术，可以有效地改善混合料的均匀性、密实度及抗裂性能，减少裂缝的产生。

在具体实施过程中，需要对拌合工艺进行优化，强制式拌和机是现代建筑工程中广泛采用的一种混合料拌和装置。该装置能保证水泥与集料的充分结合，改善混合料的均匀性及工作性能，如拌和时间要根据混合料的特点及施工要求适当调整，一般应控制在1-3 min以内。通过对拌和时间的精确控制，可以有效地防止离析，降低材料不均匀性引起的开裂风险。其次改善摊铺施工技术也是防止基层开裂的一个重要步骤，采用高精度摊铺设备，可保证摊铺厚度及平整度，如为了避免混合料离

析及分布不均，摊铺速度应该控制在1.5-3.0 m/min。而且在施工过程中，应尽量避免停铺，保证连续铺筑，减少因施工中断而产生的裂缝。此外压实技术也是防止裂缝发生的一个重要步骤，采用振动压路机和钢轮压路机压实，可以保证混合料的压实度达到设计要求。如压实次数、压实速度等，要根据混合料的特点适当调整压实次数，一般分层压实，每层压实厚度为15-20 cm，压实度要大于98%。合理的压实工艺能有效地降低空隙率，改善混凝土的抗裂性能。在施工过程中，不能忽视对施工环境条件的控制，温度、湿度对混合料性能有重要影响，为防止因高温引起的水分蒸发过快或温度过低而影响水泥水化反应，将拌和料的施工温度控制在5-35℃，如遇干燥或大风天气，则应采取保湿措施，如用湿润薄膜覆盖，或定时喷水等，以使其保持湿润状态。采用先进的施工技术，从拌和、摊铺、压实到施工环境的全过程优化，可有效降低水泥稳定碎石基层的开裂，提高路面的综合性能与使用寿命。

结束语

综上所述，水泥稳定基层因其较好的稳定性和耐用性，在公路建设中应用广泛，其出现裂缝的原因很多，包括原材料质量、施工技术、环境条件和后期养护等。通过对原材料的严格控制，合理调整水泥用量和含水量，优化施工工艺，加强养护管理，合理安排施工工期，可以有效地减少裂缝的产生，提高基层的强度和耐久性。随着新材料和新工艺的不断推广，水泥稳定基层施工质量将得到进一步提高，为公路工程的长期稳定运营提供可靠的保证。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 李森. 公路工程水泥稳定碎石基层裂缝问题成因及防治措施研究[J]. 运输经理世界, 2024, (05): 136-138.
- [3] 丁雪航, 吕飞, 钱沛. 水泥稳定碎石基层裂缝成因及防治措施[J]. 江苏建材, 2023, (06): 104-105.
- [4] 王广雷, 马超然. 基于水泥稳定碎石基层裂缝的控制技术分析[J]. 交通节能与环保, 2023, 19(S1): 183-185.