

反应型冷补料与溶剂型冷补料路用性能对比研究

吴恙, 王彬

(湖南高速养护工程有限公司, 湖南 长沙 410026)

摘要: 沥青路面坑槽常采用溶剂型冷补料进行修补, 在其使用过程中普遍存在水稳定性和耐久性差等问题。针对该问题, 文中研发一种反应型冷补料, 对反应型冷补料与溶剂型冷补料分别进行黏聚性试验、初始稳定度和成型稳定度试验、浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验、车辙试验、小梁弯曲试验, 对比分析其性能, 并通过实体工程应用评价反应型冷补料的长期路用性能。结果表明, 反应型沥青路面坑槽冷补料在路用性能表现上比溶剂型冷补料展现出更好的性能。

关键词: 公路; 沥青路面; 坑槽修补; 反应型冷补料; 溶剂型冷补料

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)01-0095-04

坑槽是沥青路面常见典型病害, 需采用合适的材料进行快速修补。现有坑槽修补材料根据混合料拌合温度不同主要分为热拌沥青混合料和冷补沥青混合料, 虽然热拌沥青混合料的性能较好, 但成品冷补沥青混合料具备无需加热、施工简便、可随取随用、施工环境要求较低等特点, 已成为常用坑槽修补材料。其中溶剂型冷补料使用最多, 从反馈使用效果来看, 溶剂型冷补料的质量参差不齐, 且普遍在水稳定性及耐久性等方面存在较大问题, 极易产生二次破坏, 无法保障坑槽修补后的长期使用性能, 因而溶剂型冷补料在坑槽修补中只能作为简单应急使用。为解决常规溶剂型冷补料水稳定性及耐久性较

差的问题, 该文研究反应型沥青路面坑槽冷补料, 并通过性能试验及实体工程应用评价其路用性能。

1 试验方案

1.1 试验原材料

- (1) 反应型冷拌沥青。采用以 70# 基质沥青为基础按一定比例复配自研的反应型溶剂制得在常温条件下流动性强的反应型冷拌沥青。
- (2) 固化剂。固化剂由一定比例的硅酸盐水泥及偏高岭土等无机活性粉末经复配制得。
- (3) 集料。反应型冷补料的集料采用石灰岩矿料, 采用 LB-10 型级配(见表 1)。

表 1 LB-10 沥青混合料的级配

级配类型	通过下列筛孔(mm)的百分率/%							
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
级配范围	100	80~100	30~60	10~40	5~20	0~15	0~12	0~8
设计级配	0	95	52.5	32.5	16.2	11.3	9	6

(4) 溶剂型冷补料。采用某品牌袋装成品 25 kg 装 LB-10 型溶剂型冷补料, 为已拌合好的成品混合料, 可直接随取随用修补坑槽。

1.2 试验方法

将反应型冷拌沥青、固化剂、级配集料按照质量比 6 : 2 : 100 进行配料。先将固化剂与级配集料倒入拌合锅中搅拌均匀, 在常温条件下加入反应型沥

青冷补沥青搅拌, 制备成品反应型冷补料。分别对反应型冷补料、溶剂型冷补料进行马歇尔试验, 检测其初始性能, 结果见表 2。

对反应型冷补料、溶剂型冷补料进行性能测试, 黏聚性、初始稳定度及成型稳定度等试验方法参照 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》, 浸水马歇尔试验、车辙试验、小梁弯曲试验、冻融劈裂

表 2 冷补料马歇尔试验结果

冷补料类型	毛体积密度/(g · cm ⁻³)	空隙率/%	矿料间隙率/%	沥青饱和度/%	稳定度/kN	流值/mm
反应型冷补料	2.316	4.5	21.1	78.7	10.24	3.3
溶剂型冷补料	2.401	4.3	14.2	70.3	5.87	2.6

试验等试验方法参照 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》。

2 试验结果及分析

2.1 初始稳定性和成型稳定性

由于坑槽修补完成后通常需快速恢复交通,要求冷补料在使用初期具备良好的初始强度承受行车荷载,在使用后期具备较高的成型强度能不断承受行车荷载的反复作用。以马歇尔稳定度作为强度评价指标,分别对反应型冷补料和溶剂型冷补料的初始强度及成型强度进行评价,试验结果见表 3。

表 3 冷补料的力学强度

冷补料 类型	初始稳定度/kN		成型稳定度/kN	
	试验值	平均值	试验值	平均值
溶剂型 1	2.15		5.94	
溶剂型 2	2.12	2.17	5.86	5.87
溶剂型 3	2.25		5.82	
反应型 1	5.05		10.22	
反应型 2	5.15	5.10	10.26	10.24
反应型 3	5.10		10.28	

从表 3 可看出:溶剂型冷补料的初始稳定度平均值仅为 2 kN 左右,而反应型冷补料的初始稳定度达 5 kN,表明反应型冷补料更能满足尽早开放交通的要求;反应型冷补料的成型稳定度平均值达 10 kN 左右,是溶剂型冷补料的近 2 倍,已达到热拌沥青混合料修补坑槽的性能标准,可保证其不同交通量下的正常使用。这主要是因为溶剂型冷补料的强度增长与稀释剂挥发程度相关,而稀释剂挥发较慢,导致其初始强度较低,后期发展速度较慢;反应型冷补料中添加的反应类助剂及固化剂等可促进冷补料在短期内形成较大的强度,且能显著提升其后期成型强度。从初始强度和成型强度来看,反应型冷补料优于溶剂型冷补料。

2.2 黏聚性

坑槽采用冷补料修补后需确保不会因行车荷载或自然条件作用产生松散、脱粒等病害,这就要求冷补料具备良好的黏聚性。通过滚动筛试验分别测定 2 种冷补料的破损率,评价其黏聚性,结果见表 4。

从表 4 可看出:反应型冷补料与溶剂型冷补料的平均破损率均达到规范中小于 40% 的要求,但反应型冷补料的平均破损率仅为溶剂型冷补料的 1/4,黏聚性更好。这主要是因为反应型冷补料中掺入的固化剂成分在与沥青接触时能产生一定水化反应,

表 4 冷补料的黏聚性试验结果

冷补料 类型	试验前 质量/g	试验后 质量/g	破损率/%	
			试验值	平均值
溶剂型 1	803.5	708.7	11.8	
溶剂型 2	795.2	695.8	12.5	12.1
溶剂型 3	798.5	701.9	12.1	
反应型 1	798.3	771.2	3.4	
反应型 2	801.5	779.1	2.8	2.96
反应型 3	795.3	773.8	2.7	

水化产物与沥青膜之间的交互作用可进一步增强集料颗粒间的裹覆力。

2.3 高温性能

坑槽采用冷补料修补后需确保不会在高温条件及行车荷载作用下出现车辙、推移等病害。由于目前对冷补料的高温性能缺乏相关评价方法,借鉴规范中热拌沥青混合料车辙试验对冷补料高温性能进行评价。将冷补料制成的车辙板在 60 ℃、0.7 MPa 轮压荷载条件下进行车辙试验,测试其动稳定度,结果见表 5。

表 5 冷补料的动稳定度试验结果

冷补料类型	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	
	试验值	平均值
溶剂型 1	1 466	
溶剂型 2	1 482	1 474
反应型 1	4 235	
反应型 2	4 285	4 260

从表 5 可看出:反应型冷补料的动稳定度是溶剂型冷补料的近 3 倍,说明反应型冷补料的高温性能远胜于溶剂型冷补料,能在高温条件下更好地防止车辙病害的发生。这是因为溶剂型冷补料中沥青黏度因稀释剂的存在而降低,高温条件下黏度降低加剧,导致其强度增加较慢,更易出现车辙;反应型冷补料因为添加了固化剂及反应型溶剂,可快速促进强度增长,从整体上提升抵抗车辙病害的能力,其动稳定度已超过规范中热拌沥青混合料动稳定度大于 3 000 次/mm 的要求,其高温性能已达到热拌沥青混合料的使用要求,可充分保障坑槽修补后在高温条件下的长期使用性能。

2.4 低温性能

冷补料需在低温条件下具备良好的抗裂性能,良好的低温性能是冷补料应用于坑槽修补的前提。对冷补料进行低温弯曲试验,通过试件破坏时对应的最大弯拉应变进行低温抗裂性能评价,结果见表 6。

表 6 冷补料的小梁弯曲试验结果

冷补料 类型	破坏时的弯拉 强度/MPa	最大弯拉 应变/ $\mu\epsilon$	弯曲劲度 模量/MPa
溶剂型 1	3.86	1 649	2 326
溶剂型 2	3.76	1 537	2 189
溶剂型 3	3.87	1 688	2 369
反应型 1	5.43	2 654	2 158
反应型 2	5.33	2 546	2 057
反应型 3	5.36	2 567	2 147

从表 6 可看出:反应型冷补料的最大弯拉应变满足规范中对改性沥青混合料在冬冷区破坏应变值大于 2 500 $\mu\epsilon$ 的要求,而溶剂型冷补料无法满足,说明反应型冷补料的低温性能优于溶剂型冷补料。这是因为反应型冷补料中添加的固化剂与反应型溶剂可在一定程度上改善沥青的低温性能,最终使反应型沥青冷补料不仅强度有所提升,在低温状态下的抵抗变形能力也得到明显改善。

2.5 水稳定性

沥青路面积水在行车荷载不断作用下会产生较大的冲刷力,极易造成冷补料出现脱粒、松散等病害,导致积水进入混合料内部造成整体结构性破坏。从现有坑槽修补实际应用来看,确保冷补料具有良好的水稳定性是需重点解决的问题。通过浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验对冷补料的水稳定性进行综合评价,由于现有规范缺乏对冷补料浸水马歇尔试验及冻融劈裂强度试验的有效评价指标,参考 JTG D50—2017《公路沥青路面设计规范》针对改性沥青混合料在年降雨量大于 500 mm 条件下的相关指标要求进行评价。试验结果见表 7、表 8。

表 7 冷补料的浸水马歇尔试验结果

冷补料 类型	标准马歇尔 稳定度/kN	浸水马歇尔 稳定度/kN	浸水残留稳定度/% 试验值	平均值
溶剂型 1	5.95	4.67	78.5	78.2
溶剂型 2	5.83	4.52	77.5	
溶剂型 3	6.15	4.83	78.5	
反应型 1	9.52	8.53	89.6	89.5
反应型 2	9.36	8.36	89.3	
反应型 3	9.23	8.26	89.5	

从表 7、表 8 可看出:反应型冷补料的浸水马歇尔稳定度、冻融劈裂抗拉强度比分别满足大于 85% 和 80% 的规范要求,而溶剂型冷补料的浸水马歇尔稳定度、冻融劈裂抗拉强度比均不符合要求,说明反应型冷补料的水稳定性优于溶剂型冷补料。溶剂型冷补料由于采用稀释剂,可有效保证其施工性能,但

表 8 冷补料的冻融劈裂试验结果

冷补料 类型	劈裂抗拉强度/MPa		冻融劈裂抗拉强度比/%	
	未经冻融 循环	冻融循环 处理后	试验值	平均值
溶剂型 1	0.327	0.232	70.9	71.3
溶剂型 2	0.375	0.27	72.0	
溶剂型 3	0.335	0.236	70.5	
反应型 1	0.464	0.383	82.5	83.2
反应型 2	0.446	0.378	84.8	
反应型 3	0.436	0.359	82.3	

对沥青的黏弹性存在一定影响,进而对其水稳定性造成不良影响。而反应型冷补料有效避免了这一缺陷,其水稳定性已达到热拌沥青混合料的标准,具备良好的水稳定性。

3 实体工程应用

湖南省内某高速公路处于国道主干线上,车流量较大,且所在地区夏季气温较高、降雨量较大,建成通车后不久便出现坑槽病害。分别以反应型冷补料、溶剂型冷补料作为坑槽修补料,选取典型坑槽病害段,经过原路面清理、开槽切割、原路面移除、现场拌合、摊铺等多个步骤实现坑槽快速修补(见图 1)。



图 1 反应型冷补料主要修补步骤

从实际应用效果来看,溶剂型冷补料修补后的坑槽在 13 周后开始出现二次病害,22 周后已全部失效(见图 2);反应型冷补料修补后的坑槽已完工 1 年多,未出现任何二次病害,使用效果良好(见图 3)。

实体工程应用效果显示,反应型冷补料的路用性能与试验结果相符,其性能表现远超溶剂型冷补料。



图2 溶剂型冷补料使用22周后效果



图3 反应型冷补料使用1年后效果

4 结论

(1) 与溶剂型冷补料相比,反应型冷补料具备更好的黏聚性、较高的初始稳定性和成型稳定度、较强的早期强度和后期使用强度,满足快速通车的路

面初始要求,能抵抗车辆反复作用导致的变形。

(2) 通过高温性能、低温性能、水稳定性等路用性能对比,反应型冷补料比溶剂型冷补料具备更好的抗车辙能力、低温抗裂性能及抗水损害性能。

(3) 高速公路实体工程应用显示反应型冷补料的坑槽修补效果优于溶剂型冷补料,能保证良好的长期路用性能。

参考文献:

- [1] 李强,刘非易,罗宵,等.冷补沥青混合料的制备工艺研究及性能评价[J].武汉工程大学学报,2021,43(2):192—196+201.
- [2] 张祥.坑槽修补冷补料性能评价及力学行为分析[D].乌鲁木齐:新疆大学,2019.
- [3] 刘旦.冷补沥青混合料性能评价研究[J].湖南交通科技,2018,44(3):83—86.
- [4] 邓吉升.冷补沥青混合料路用性能评价及其影响因素分析[D].重庆:重庆交通大学,2018.
- [5] 裴飞鹏,田春玲,董元帅.溶剂型冷补料路用性能研究[J].公路交通科技(应用技术版),2017(5):72—73.
- [6] 盛兴跃,李睿,李璐,等.反应型沥青冷补料制备与性能研究[J].公路交通技术,2016(1):48—52.

收稿日期:2021-04-26

(上接第94页)

在润湿时表现出膨胀行为,使RAP-FA混合物存在潜在的体积不稳定性。

3 结论

(1) 压实的RAP-FA混合物的7d无侧限抗压强度满足基层强度要求。FA替代率超过20%时,RAP-FA混合物的无侧限抗压强度改变不明显,20%为FA最佳掺量。

(2) 干湿循环次数小于6次时,随着干湿循环次数的增加,RAP+20%FA混合物的无侧限抗压强度增大,这是由于RAP中高含量的氧化钙与FA中高含量的二氧化硅、氧化铝之间的化学反应导致C—S—H和C—A—H的生长;干湿循环次数大于6次时,强度减少,这是由于干燥阶段水分含量损失产生大裂纹而使强度降低。但即使在干湿循环6次后强度降低,其20d循环无侧限抗压强度仍高于最低强度要求。

(3) 从环境的角度来看,RAP-FA混合物不会

造成重大的环境风险,可安全地用于路面基层。且回收材料的使用能节能,减少温室气体排放。

参考文献:

- [1] 王海峰,严捍东,杨伟.碱激发粉煤灰水泥再生沥青混凝土性能研究[J].武汉大学学报(工学版),2019,52(6):504—510.
- [2] 张宝龙,吴平,闫新勇,等.表面修饰粉煤灰对沥青路用性能的影响[J].长安大学学报(自然科学版),2018,38(3):43—51.
- [3] 吴平,王选仓.粉煤灰特性对沥青混合料性能的影响[J].公路交通科技,2016,33(12):21—28.
- [4] 郭寅川,申爱琴,张名成,等.沥青路面复合式冷再生基层混合料路用性能影响因素[J].公路交通科技,2014,31(7):32—38.
- [5] 王海峰,郭子雄,马保国.水泥—粉煤灰对再生沥青混凝土性能的影响[J].建筑材料学报,2014,17(1):182—186.

收稿日期:2021-04-20