

DOI: 10.20035/j.issn.1671-2668.2024.06.016

引用格式:李禅禅,周立,李科畅,等.旧水泥路面加铺薄层罩面层间阻裂材料抗反射裂缝性能研究[J].公路与汽运,2024,40(6):85-88+138.

Citation: LI Chanchan, ZHOU Li, LI Kechang, et al. Study on the anti-reflective crack performance of interlayer crack resisting materials in the thin cladding coated on old cement pavement[J]. Highways & Automotive Applications, 2024, 40(6): 85-88+138.

旧水泥路面加铺薄层罩面层间阻裂材料 抗反射裂缝性能研究

李禅禅¹, 周立², 李科畅¹, 李金辉³

(1.招商中铁控股有限公司, 广西南宁 530021; 2.重庆市智翔铺道技术工程有限公司, 重庆 400067;

3.广西岑兴高速公路发展有限公司, 广西南宁 530021)

摘要:为评价层间阻裂材料对旧水泥路面加铺薄层罩面复合结构抗反射裂缝性能的影响,分别成型不加铺阻裂材料、加铺自黏式抗裂贴、加铺土工格栅的3种不同复合结构试件进行滚动荷载疲劳试验和加铺层(OT)试验。结果表明,加铺阻裂材料可延缓罩面层反射裂缝的产生,自黏式抗裂贴的抗反射裂缝性能优于土工格栅;对旧水泥路面接缝进行灌缝可在一定程度上延缓反射裂缝的产生。对旧水泥路面加铺薄层罩面时,建议采用在层间增设自黏式抗裂贴并对接缝进行灌缝处理的技术方案,以提高复合结构的抗反射裂缝能力和使用寿命。

关键词:公路;水泥路面;薄层罩面;层间阻裂材料;抗反射裂缝性能

中图分类号:U418.6

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2024)06-0085-04

水泥混凝土路面是中国高等级公路路面主要结构形式之一,具有强度高、耐磨性与耐久性好等特点。但随着交通量的快速增加,水泥混凝土路面破损加剧,亟须进行改造。目前常用方法为“白改黑”,即在旧水泥路面上加铺沥青罩面,修复旧水泥路面裂缝及恢复路面性能^[1]。“白改黑”复合式路面以混凝土路面为刚性基层,由于旧混凝土路面存在大量接缝,且在交通荷载、气候条件、温度差异等因素影响下沥青加铺层极易出现反射裂缝,“白改黑”复合式路面的使用性能下降。因此,对“白改黑”复合式路面反射裂缝的防治及阻裂材料的优选很重要^[2]。

针对旧水泥路面加铺薄层沥青罩面层后极易出现反射裂缝的问题,宋丽霞等结合弹性断裂理论,采用 ANSYS 软件对加铺结构中应力吸收层尖端应力进行计算,结果表明,在复合结构中设置应力吸收层可有效减小应力集中,应力吸收层厚度为 2.5 cm 时抗反射裂缝效果最优^[3]。为评价不同抗反射裂缝材料的防反射裂缝效果,欧震宇等成型“白改黑”路面结构进行车辙试验,结果表明,玻纤格栅的防反射裂缝效果优于土工复合基布及聚酯玻纤布^[4];凌天清等选取玻纤格栅、FHGS 格栅、聚酯玻纤布、橡胶沥

青应力吸收层,以无防反射裂缝措施为参照组,通过车辙试验评价复合式路面层间夹层的抗反射裂缝能力,结果表明,在复合结构层间添加应力吸收层能起到延缓反射裂缝产生的作用,其中 FHGS 格栅效果最佳^[5];柳力等成型直接加铺、加铺浸渍土工布、加铺高黏高弹沥青混合料的 3 种刚柔复合式结构路面,采用刻度观测法直观判断复合试件的疲劳试验开裂程度,结果表明,加铺高黏高弹沥青混合料的复合结构的抗裂性能最优^[6];郑茂参等通过行车荷载型试验及温度荷载型试验评价 4 种抗裂贴的抗反射裂缝性能,试验结果表明,抗裂贴用于刚性基层沥青路面抗反射裂缝可行,抗裂贴拉伸强度是影响其抗反射裂缝性能的主要因素^[7]。目前针对旧水泥路面加铺层间阻裂材料抗反射裂缝性能的研究主要采用车辙试验仪,通过滚动荷载疲劳加载试验,以沥青层首次出现裂缝及出现贯通裂缝时加载指数或时间为评价指标,评价手段相对单一,且成型的复合结构往往不能正确模拟复合路面结构的真实情况,如原路面存在的脱空等。为更好地评价旧水泥路面加铺沥青罩面层间阻裂材料的抗反射裂缝性能,本文以滚动荷载疲劳试验、加铺层(Overlay Test, OT)试验

为评价手段,同时考虑接缝灌缝的影响,分别成型不加铺阻裂材料、加铺自黏式抗裂贴、加铺土工格栅并预留接缝的复合结构,评价加铺阻裂材料对复合结构抗反射裂缝性能的影响。

1 试验原材料

沥青采用 SBS 改性沥青,其技术指标见表 1。级配按照超薄罩面 EMC-10 进行设计,级配范围见表 2。根据马歇尔试验结果,确定薄层罩面的最佳油石比为 5.5%。复合结构层间黏结剂选用溶剂型黏结剂,该材料由沥青、橡胶、树脂等复合而成,技术指标见表 3。自黏式抗裂贴与土工格栅的技术指标分别见表 4、表 5。

表 1 SBS 改性沥青的技术指标

技术指标	技术要求	试验结果
针入度/(0.1 mm)	30~60	51
软化点/℃	≥50	82.7
5℃延度/cm	≥20	33
弹性恢复/%	≥75	91
135℃黏度/(Pa·s)	≤3	2.1

表 2 EMC-10 沥青混合料的级配范围

孔径/mm	通过率/%	孔径/mm	通过率/%
9.500	90~100	0.600	12~22
4.750	32~44	0.300	8~18
2.360	23~33	0.150	6~16
1.180	16~26	0.075	6~10

表 3 溶剂型黏结剂的技术指标

技术指标	技术要求	试验结果
固体质量分数/%	≥42	51
23℃拉伸强度/MPa	≥0.80	1.3
23℃断裂伸长率/MPa	≥400	689
23℃黏结强度/MPa	≥0.80	1.5

表 4 自黏式抗裂贴的技术指标

技术指标	技术要求	试验结果
厚度/mm	≥2.0	2.1
横向断裂伸长率/%	≤20	6.9
纵向断裂伸长率/%	≤20	6.5
横向拉伸强度/[N·(50 mm) ⁻¹]	≥28	31.7
纵向拉伸强度/[N·(50 mm) ⁻¹]	≥28	33.1

表 5 土工格栅的技术指标

技术指标	技术要求	试验结果
抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	≥50	57
应变 5%抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	≥35	37.9

2 试验方法

选取滚动荷载疲劳试验及 OT 试验评价水泥路面加铺薄层罩面层间阻裂材料的抗反射裂缝性能^[8-9]。

2.1 滚动荷载疲劳试验

行车荷载作用下复合结构路面受到剪切-弯拉-剪切的循环作用^[10],滚动荷载疲劳试验能最大程度地模拟复合结构的实际受力情况。利用车辙试验仪开展滚动荷载疲劳试验,试验温度控制在 25℃,采用标准试验荷载,胶轮的滚动速率为 42 次/min,滚动荷载为 0.7 MPa。试验前在车辙试模中铺设 2 cm 厚橡胶垫,再在水泥块底部铺设 1 cm 厚橡胶垫,模拟水泥路面板底的脱空状态(见图 1)。以加铺层初始裂缝产生时荷载作用次数及加铺层贯穿裂缝产生时荷载作用次数为指标评价复合结构的抗裂性能。

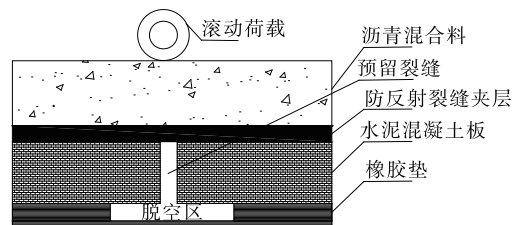


图 1 滚动荷载疲劳试验模型

2.2 OT 试验

OT 试验中,以试验仪器中一块钢板为固定端,另一块钢板按照一定频率(一般为 0.1 Hz)进行反复拉伸,模拟反射裂缝开裂过程,最大拉伸位移设置为 0.625 mm^[11]。采用单阶段加载方式,加载周期为 10 s,分别为加载 5 s、卸载 5 s。图 2 为 OT 试验模型。

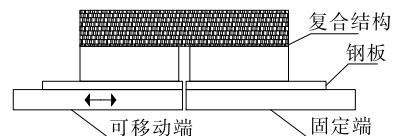


图 2 OT 试验模型

通过测定 OT 试验中各周期的峰值荷载计算荷载损失程度,评价试件的抗反射裂缝性能,荷载损失程度越小,试件的抗反射裂缝性能越佳^[12]。复合结

构试件在某次循环的最大荷载与初始循环最大荷载相比衰减 93% 以上时,认为试件发生破坏,试验结束。从前期研究结果来看,在 1 200 次加载周期下复合结构的荷载损失程度从未达到 93%。因此,以 1 200 次加载周期为试验结束条件,以第一周期最大荷载及荷载损失程度为指标评价复合结构的抗反射裂缝性能。

3 试件制备

为模拟实体“白改黑”工程中的复合结构,采用“水泥下层+层间黏结层+沥青上层”的结构。为模拟采用阻裂材料的实体工程复合结构,采用“水泥下层+层间黏结层+层间阻裂层+沥青上层”的结构。

试件成型过程:将规格为 300 mm×300 mm×50 mm 的水泥板切割为 2 块 300 mm×145 mm×50 mm 的水泥板,放入 300 mm×300 mm×75 mm 车辙板中进行拼接,拼接处预留 10 mm 作为接缝;以 0.3 kg/m² 的涂布量在水泥板上均匀涂布溶剂型黏结剂;将裁剪好的土工格栅或自黏式抗裂贴工整铺在水泥板上,用轮碾机进行碾压;在装入水泥板的车辙试件中成型 2.5 cm 厚 EMC-10 沥青混合料,并进行压实,得到滚动荷载疲劳复合结构试件。将按上述步骤成型的试件切割为 150 mm×75 mm×38 mm 的试件,得到 OT 复合结构试件。

灌缝处理方法:在涂布溶剂型黏结剂前对接缝进行灌缝,灌缝材料为 SBS 改性沥青。

4 试验结果与分析

4.1 滚动荷载疲劳试验结果与分析

滚动荷载疲劳试验结果见表 6、表 7。

表 6 常规条件下滚动荷载疲劳试验结果

层间阻裂材料	疲劳加载次数/次	
	初裂时	裂缝贯穿时
无层间阻裂材料	1 171	2 103
自黏式抗裂贴	3 257	6 481
土工格栅	2 360	4 225

表 7 灌缝后滚动荷载疲劳试验结果

层间阻裂材料	疲劳加载次数/次	
	初裂时	裂缝贯穿时
无层间阻裂材料	1 362	2 649
自黏式抗裂贴	3 793	7 225
土工格栅	2 654	4 615

从表 6、表 7 可以看出:1) 在不灌缝的情况下,复合结构中增设自黏式抗裂贴、土工格栅试件初始裂缝出现时的疲劳加载次数比不设层间阻裂材料试件的疲劳加载次数分别增加 1.78 倍、1.02 倍,增设自黏式抗裂贴、土工格栅试件裂缝贯穿时的疲劳加载次数比不设层间阻裂材料试件的疲劳加载次数分别增加 2.08 倍、1.01 倍。在旧水泥路面加铺薄层罩面复合结构中增设层间抗裂材料可有效延缓反射裂缝的产生,其中自黏式抗裂贴的抗裂效果优于土工格栅。2) 加铺层初裂及贯穿裂缝出现时,相比不灌缝时,灌封时复合结构中不设层间阻裂材料试件、增设自黏式抗裂贴和土工格栅试件的疲劳加载次数均有所增加,说明对旧水泥路面进行灌缝处理后再加铺罩面层可延缓反射裂缝的产生。

4.2 OT 试验结果与分析

OT 试验结果见表 8、表 9 和图 3、图 4。

表 8 常规条件下 OT 试验结果

层间阻裂材料	试件编号	第一周期最大荷载/kN		荷载损失率/%	
		试验值	均值	试验值	均值
无层间阻裂材料	1-1	0.527		85.7	
	1-2	0.501	0.495	81.4	84.9
	1-3	0.458		87.6	
加铺自黏式抗裂贴	2-1	0.844		71.0	
	2-2	0.743	0.808	75.2	73.3
	2-3	0.838		73.6	
加铺土工格栅	3-1	0.703		78.3	
	3-2	0.687	0.704	80.1	79.2
	3-3	0.721		79.2	

表 9 灌缝后 OT 试验结果

层间阻裂材料	试件编号	第一周期最大荷载/kN		荷载损失率/%	
		试验值	均值	试验值	均值
无层间阻裂材料	1-1	0.831		79.4	
	1-2	0.815	0.798	78.5	79.7
	1-3	0.747		81.2	
加铺自黏式抗裂贴	2-1	1.376		72.8	
	2-2	1.185	1.250	70.0	70.4
	2-3	1.189		68.4	
加铺土工格栅	3-1	1.005		77.2	
	3-2	0.920	0.928	68.9	69.9
	3-3	0.859		63.7	

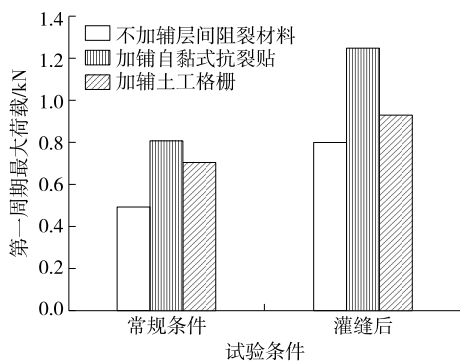


图 3 不同条件下复合结构第一周期最大荷载

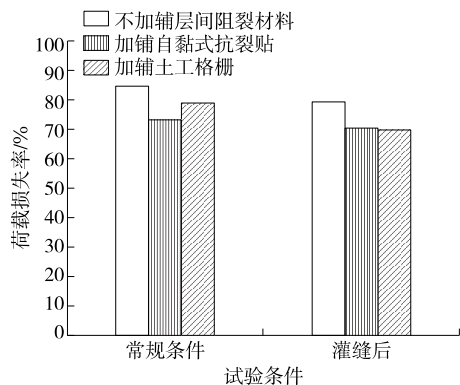


图 4 不同条件下复合结构荷载损失率

由表 8、表 9、图 3、图 4 可知:1) 在 1 200 次加载周期下,3 种复合结构的第一周期最大荷载和荷载损失率存在较大差异。总体而言,加铺抗裂贴复合结构的第一周期最大荷载大于加铺土工格栅及无层间阻裂材料的复合结构,且其荷载损失率小于其他两种结构。这是由于自黏式抗裂贴本身弹性较好,能更好地克服罩面层底应力,且抗裂贴与沥青的相容性较好,吸收部分沥青后形成具有一定抗变形能力的应力吸收层。自黏式抗裂贴的抗反射裂缝性

能优于土工格栅,与滚动荷载疲劳试验结果相符。2) 灌缝条件下,虽然加铺抗裂贴复合结构的荷载损失率与加铺土工格栅复合结构的荷载损失率相差较小,但加铺抗裂贴复合结构的第一周期最大荷载更大,施加更大的荷载才会使加铺抗裂贴复合结构产生反射裂缝。灌缝可在一定程度上提高复合结构的抗反射裂缝能力。

5 结论

本文成型直接加铺、层间加铺自黏式抗裂贴、层间加铺土工格栅的旧水泥路面加铺薄层罩面的复合结构组合试件,通过滚动荷载疲劳试验及 OT 试验分析灌缝及不灌缝条件下层间阻裂材料对复合结构抗反射裂缝性能的影响。结论如下:在复合结构层间加铺自黏式抗裂贴和土工格栅能显著延缓加铺层反射裂缝的产生,自黏式抗裂贴的抗反射裂缝性能优于土工格栅;对旧水泥路面接缝进行灌缝处理能在一定程度上延缓反射裂缝的产生。对旧水泥路面加铺薄层罩面时,推荐采用接缝灌缝+加铺自黏式抗裂贴的技术方案,以最大程度延缓反射裂缝的产生,延长加铺层的使用寿命。

参考文献:

- [1] 梁斌.水泥砼路面养护维修措施及养护决策矩阵研究[J].公路与汽运,2021(2):90-92.
- [2] 李智,姚泽瑞.基于“白加黑”罩面的改进型 UTAC 功能设计与应用[J].公路与汽运,2021(5):95-99.
- [3] 宋丽霞,伍晓华,宋利军.基于应力吸收层的旧水泥混凝土路面沥青加铺层材料研究[J].公路工程,2017,42(3):286-291.

(下转第 138 页)

参考文献:

- [1] 戚绍礼,魏星灿,钟志彬,等.川西某引水隧洞工程多尺度地质环境特征分析[J].铁道勘察,2021,47(4):48-53.
- [2] 李德武.断层破碎带隧道衬砌受力特性研究[J].岩石力学与工程学报,2005,24(7):1274.
- [3] 李德武.断层破碎带隧道衬砌静力稳定性分析[J].现代隧道技术,2011,48(2):49-53.
- [4] 李胜义.公路隧道穿越地质活断层掘进施工技术[J].铁道建筑技术,2020(9):132-137.
- [5] 刘志春,李文江,孙明磊,等.乌鞘岭隧道 F4 断层区段监控量测综合分析[J].岩石力学与工程学报,2006,25(7):1502-1511.
- [6] 傅鹤林,安鹏涛,成国文,等.富水区隧道环向盲管间距优化分析[J].现代隧道技术,2022,59(2):20-27.
- [7] 赵旭伟.邻近水库富水断层破碎带隧道注浆圈参数研究[J].铁道建筑,2022,62(3):119-121+131.
- [8] 凌同华,周凯,谢伟华,等.深埋隧道断层段循环进尺优化模拟研究[J].交通科学与工程,2016,32(2):73-78.
- [9] 王茜,凌同华,刘唐利,等.穿越断层破碎带隧道入口段施工数值模拟[J].交通科学与工程,2019,35(4):78-84.
- [10] 夏辉,侯克鹏,孙华芬,等.某矿大断面运输巷道支护技术[J].科学技术与工程,2022,22(5):1835-1841.
- [11] 梁斌.隧道围岩与支护结构稳定可靠性分析方法研究[D].长沙:湖南大学,2015.
- [12] 李嘉璐,张微,杨晓华,等.超前全断面与半断面帷幕注浆效果分析[J].公路,2021,66(2):304-311.
- [13] 李利平,李术才,赵勇,等.超大断面隧道软弱破碎围岩空间变形机制与荷载释放演化规律[J].岩石力学与工程学报,2012,31(10):2109-2118.
- [14] 赵文财,范飞飞,李子琦,等.基于大管棚支护的大断面黄土隧道穿越冲沟地貌控制效果分析[J].公路,2020,65(8):380-385.
- [15] 杨晓华,曹扬帆,肖靖,等.开挖方式对跨基覆界面浅埋偏压隧道变形的影响分析[J/OL].建筑科学与工程学报:1-14[2022-09-03].
- [16] 李现宾,王磊.多煤层夹断层影响下隧道开挖进尺分析[J].现代隧道技术,2019,56(增刊2):355-361.
- [17] 田鲁鲁,郭永发,刘正初.单线浅埋隧道下穿高压铁塔施工方案研究[J].铁道勘察,2019,45(3):47-52.
- [18] 林可夫,项彦勇.深埋富水岩体隧道三台阶法施工数值模拟和参数优化:以正盘台隧道工程为例[J].隧道建设(中英文),2021,41(增刊1):199-206.
- [19] 孙州.基于施工过程的大断面隧道变形动态释放规律分析[J].公路与汽运,2022(2):139-142+157.
- [20] 梁松林,张瑞富,段绪彬,等.软弱破碎围岩隧道开挖支护中 CD 法与环形开挖留核心土法对比分析[J].公路与汽运,2023(3):151-154.
- 收稿日期:2023-06-27
- *****
- (上接第 88 页)
- [4] 欧震宇,高冠群,陈畅朗,等.农村公路旧水泥混凝土路面加铺沥青混凝土层防裂试验研究[J].公路,2017,62(12):245-248.
- [5] 凌天清,李修磊,张剑,等.复合式路面层间夹层抗反射裂缝能力的模拟试验[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2010,29(4):536-539.
- [6] 柳力,刘朝晖,李盛.刚柔复合式路面层间抗裂材料疲劳性能研究[J].公路,2016,61(3):7-11.
- [7] 郑茂参,杜鸿儒,李文凯.道路抗裂贴防治反射裂缝性能研究[J].湖南交通科技,2021,47(1):8-11.
- [8] 毕嘉琪,李明.湿铺高分子卷材防治反射裂缝效果研究[J].南华大学学报(自然科学版),2022,36(2):57-62.
- [9] 陈定辉.纤维增强橡胶沥青封层在白改黑路面防裂中的研究与应用[D].重庆:重庆交通大学,2020.
- [10] 李汝凯,刘秘强,周刚,等.DZFH 新型道路抗裂贴防反射裂缝性能研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(10):51-55.
- [11] 袁成.沥青混合料抗反射裂缝试验的基本参数优化研究[D].武汉:武汉工程大学,2015.
- [12] 郝培文,李万军,韩钰祥,等.基于 OT 试验的乳化沥青冷再生面层混合料抗反射裂缝性能研究[J].材料导报,2021,35(增刊2):150-157.
- 收稿日期:2023-09-11