

不同材料土工布防治反射裂缝效果试验研究

刘溪溪, 谢海巍, 刘尊青, 宿松亚

(新疆农业大学 交通与物流工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:为缓解半刚性基层沥青路面裂缝病害,选取新型防裂基布和聚酯玻璃纤维布 2 种不同材料土工布进行防治反射裂缝试验效果研究。通过室内试验,对 2 种土工布的厚度、质量、拉伸强度、撕裂强度、CBR 顶破强力等关键指标进行检测,对比分析其物理性质和受力性能。结果表明,聚丙烯材质的新型防裂基布具有良好的抗撕裂性,其能承受的顶破强力约为聚酯玻璃纤维布的 4 倍,抗拉强度保持率和强力保持率高于聚酯玻璃纤维布,其防反射裂缝效果优于聚酯玻璃纤维布。

关键词:公路;半刚性基层;反射裂缝;防裂基布;聚酯玻璃纤维布

中图分类号:U418.6

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2022)02-0077-03

采用半刚性基层的沥青路面容易出现裂缝,尤其是反射裂缝,多通过在沥青层和水稳层之间加铺土工布来缓解反射裂缝的产生。张晶等通过监测基层预锯缝对应位置处路面结构层的应变、变形、温度及路面横缝密度,对防裂基布的防裂效果进行了评价;布穷通过室内试验模拟反射裂缝的产生,分析了不同荷载作用次数下防裂基布的防反射裂缝效果;辛顺超等以沥青混合料黏弹性理论为基础,通过弯拉和劈裂强度试验,对比分析了不同裂缝防治方案下路面结构的强度特性,结果表明采用防裂基布可提高沥青砼路面的耐疲劳损伤性能;严胜红对比分析了防裂基布复合式应力吸收层与应力吸收层对反射裂缝的防护性能,结果表明防裂基布的铺设能有效分担水平荷载,延缓由基层反射裂缝引起的开裂破坏;冯振中通过理论数值分析、室内试验及现场试验,提出了土工布防治沥青路面反射裂缝方案;丁一军等通过反射裂缝足尺试验评价玻璃纤维土工格栅抑制反射裂缝的效果,结果表明加入聚酯纤维和在基层与面层之间铺设玻璃纤维格栅可抑制反射裂缝的发展;Walubita L. F.等基于沥青混合料拉伸试验研究不同土工合成材料基层的抗裂性能,结果证明土工合成材料可减轻反射裂缝的产生和发展;Neves J.等通过数值模拟验证了土工合成材料在路基中的加固作用;Norambuena-Contreras J.等对土工合成材料防反射裂缝的有效性进行了验证;Yi Chao Jue 等阐述了聚酯玻璃纤维布对沥青路面反射裂缝的防治作用。土工合成材料对延缓反射裂缝的产生和扩展有一定效果,但不同材料土工布的防裂效果差异有待进一步研究。该文选取新型防裂基

布(聚丙烯类)和聚酯玻璃纤维布(聚酯类)2 种不同材料土工布,通过室内试验测试其关键指标,对比分析其防裂效果。

1 半刚性基层裂缝成因分析

半刚性基层裂缝可分为荷载型裂缝和非荷载型裂缝。荷载型裂缝主要是由基层承受的荷载超过基层材料的抗拉强度而引起;非荷载型裂缝主要为干缩和温缩裂缝,裂缝的产生与自身材料性能有关。经过拌合压实的材料由于水分蒸发和无机结合料与集料遇水发生水化反应,混合料含水量不断下降,引发无机结合料稳定材料的体积收缩——干缩,从而导致裂缝。同时昼夜温差导致路面基层热胀冷缩,造成基层表面开裂。基层产生的裂缝尖端很容易出现应力集中现象,导致裂缝继续向面层延伸,在行车荷载和温度耦合作用下,沥青面层层底拉应力超过材料的抗拉强度,导致底部开裂并延伸至路面,形成反射裂缝。土工布作为功能层或夹层设置在路面结构中,其抗拉性、抗撕裂性可较好地抵抗和分散面层层底承受的拉应力和基层因干缩、温缩裂缝产生的集中应力,起到防裂的作用。

2 不同土工材料关键指标试验与抗裂效果分析

新型防裂基布由 100%聚丙烯(半结晶热塑性塑料)连续玻璃纤维材料制作而成,具有低延性和高抗拉性,结合沥青可形成牢固的增强复合材料;材料的各向同性使其易粉碎处理,达到路面材料循环利用的目的。聚酯玻璃纤维布是以玻璃纤维和聚酯纤

维复合而成的土工材料,具有较大的强度,其抗高温性能和抗蠕变性能较好,与热沥青结合后具有较好的黏结性和防水性,粉碎后可进行循环再利用。不同材料土工布的物理性能和材料性能不尽相同,下面通过室内试验分析2种材料的物理性质和受力特性,研究其反射裂缝防治效果。

2.1 厚度、质量对比分析

通过称量测试单位面积土工合成材料在标准大气条件下的质量,反映材料用量及质量稳定性。反映材料力学性能的厚度采用千分尺测量。测试结果见表1。

表1 2种土工材料的物理性能测试结果

材料类型	质量/(g·m ⁻²)	厚度/mm
新型防裂基布	156.0	1.30
聚酯玻璃纤维布	172.6	1.33

由表1可知:新型防裂基布的质量小于聚酯玻璃纤维布,由质量计算公式 $m = \rho Sh$ 可得聚酯的密度大于聚丙烯,聚酯的密度为 1.2~1.37 g/cm³,聚丙烯为 0.851~0.935 g/cm³,与实际相符。在质量、面积和厚度确定的条件下,密度大小决定含丝数量多少,材料密度越小,含丝数量越多,因而单位面积新型防裂基布的含丝数量多于聚酯玻璃纤维布。

2.2 拉伸试验对比分析

采用土工材料宽条拉伸试验测试材料抵抗拉伸断裂的能力,以拉伸强度和最大负荷下材料伸长率表征其抗拉性能。按照规范要求施加荷载直至试件被完全拉伸破坏,试验结果见表2。

表2 2种土工材料的拉伸试验结果

材料类型		拉伸强度/	伸长率
		(kN·m ⁻¹)	(最大负荷)/%
新型防裂基布	纵向	11.5	63.0
	横向	11.1	63.0
聚酯玻璃纤维布	纵向	16.8	65.2
	横向	6.5	63.7

由表2可知:2种土工材料的伸长率为63%~65.2%,无明显差异。新型防裂基布的纵横向抗拉强度差别较小,无明显的方向性,材料纵横向受力均匀;而聚酯玻璃纤维布纵向抗拉强度为横向的2.58倍,表现出明显的方向性。在受到纵向和横向复合应力作用时,防裂基布纵横向抗拉强度基本都能满足,而聚酯玻璃纤维布纵向抗拉强度能满足,横向抗

拉强度难以保障。

2.3 撕破强力对比分析

撕破强力试验是评价土工织物破损扩大难易程度的重要力学指标,反映土工材料在荷载作用下抵抗破损口不断扩大的能力。采用梯形法测试材料受荷载作用直至撕裂破坏时最大破坏应力,2种材质土工布的撕破强力试验结果见表3。由表3可知:新型防裂基布的纵横向撕破强力远高于聚酯玻璃纤维布,分别为聚酯玻璃纤维布的1.55、1.59倍。土工布抵抗破损扩大的能力主要依靠材料的纤维数量和抗拉强度,纤维抗拉强度一定时,纤维数量增加,则抵抗撕裂的强度增大。新型防裂基布单位面积的含丝数量大于聚酯玻璃纤维布,在抵抗撕裂时表现出良好的撕破强力,抵抗破损扩展的能力更好。

表3 2种土工材料的撕破强力试验结果

材料类型	撕破强力/kN	
	纵向	横向
新型防裂基布	1.029	1.133
聚酯玻璃纤维布	0.666	0.713

2.4 CBR顶破强力对比分析

顶破强力反映土工材料抵抗各种法向静态应力的能力。测试材料经受顶压荷载直至完全损坏时所用的力,结果显示:聚酯玻璃纤维布能承受的顶破强力为0.427 kN;新型防裂基布能承受的顶破强力为1.7 kN,约为聚酯玻璃纤维布的4倍,抵抗法向静态应力的性能良好,优于聚酯玻璃纤维布。

2.5 抗冻融性、抗碱性分析

土工材料的抗冻融性反映其由温差变化引起的结构强度改变。通过检测土工材料撕破强力、拉伸强度、拉伸伸长率和顶破强力在不同冻融循环次数作用下的保持率,分析不同土工材料的抗冻性能。检测结果见表4和图1。由表4、图1可知:2种土工材料在不同冻融循环次数下的撕破强力保持率变化幅度较小;不同冻融循环次数下,新型防裂基布的顶破强力基本不变,而聚酯玻璃纤维布的顶破强力保持率逐渐下降;新型防裂基布的抗拉强度保持率和拉伸伸长率保持率下降幅度较小,而聚酯玻璃纤维布的这2个强度保持率下降幅度较大,尤其是纵向强度保持率下降明显。新型防裂基布的抗冻融性能优于聚酯玻璃纤维布。

土工材料的抗碱性好,则能有效抵抗外界的碱性侵蚀,保障土工布的结构强度。通过抗碱性试验

表 4 2 种土工材料的抗冻融性测试结果

检测项目	冻融次数/次	强度保持率/%			
		新型防裂基布		聚酯玻璃纤维布	
		横向	纵向	横向	纵向
撕破强力	0	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	0.98	0.98	0.98	0.99
	20	0.95	0.89	0.92	0.97
拉伸强度	0	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	0.98	0.97	0.94	0.75
	20	0.96	0.96	0.65	0.62
拉伸伸长率	0	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	0.95	0.98	1.00	0.75
	20	0.87	0.97	0.82	0.61
顶破强力	0	1.00		1.00	
	10	0.99		0.94	
	20	0.99		0.86	

表 5 2 种土工材料的抗碱性测试结果

材料类型	强力保持率/%		断裂伸长保持率/%		质量变化率/%	尺寸变化率/%
	持率/%		保持率/%			
	纵向	横向	纵向	横向		
新型防裂基布	100.0	99.6	91.1	97.9	-1.0	-0.4
聚酯玻璃纤维布	86.6	82.6	82.0	81.0	-2.0	-0.6

3 结论

新型防裂基布、聚酯玻璃纤维布都具有较好的拉伸强度,新型防裂基布纵横向受力均匀,聚酯玻璃纤维布表现出明显的方向性能;新型防裂基布能承受的纵向撕破强力是聚酯玻璃纤维布的 1.55 倍,横向为聚酯玻璃纤维布的 1.59 倍,表现出良好的抗撕裂性能;新型防裂基布能承受的顶破强力约为聚酯玻璃纤维布的 4 倍,其抵抗法向静态应力的能力优于聚酯玻璃纤维布;新型防裂基布的抗拉强度保持率和强力保持率均高于聚酯玻璃纤维布。综合理论和试验结果,新型防裂基布的防反射裂缝能力优于聚酯玻璃纤维布。

参考文献:

- [1] 张海伟,郝培文,张强,等.土工布应力吸收层对沥青路面性能影响试验评价[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2016,39(4):508-513.
- [2] 张晶,付伟,何斌,等.半刚性基层沥青路面防裂基布防裂效果现场试验研究[J].公路,2018(12):48-52.
- [3] 布穷.高寒高海拔地区半刚性基层沥青路面防裂基布复合试件防反射裂缝性能研究[J].青海交通科技,2019(4):113-119.
- [4] 辛顺超,尼玛卓玛,熊鹰,等.西藏地区防反射裂缝沥青路面疲劳损伤与动态蠕变特性研究[J].公路交通技术,2019,35(2):28-34.
- [5] 严胜红.基于 Texas Overlay 的复合式应力吸收层防反射裂缝性能研究[J].中国水运(下半月),2017,17(2):252-253.
- [6] 冯振中.防裂土工布在林芝至拉萨高等级公路路面工程中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2016(2):46-48.
- [7] 丁一军,王润全,王亚军.半刚性基层沥青路面反射裂缝足尺试验研究[J].内蒙古公路与运输,2003(4):5-7.
- [8] WALUBITA L F, FARUK A N M, ZHANG J, et al. Characterizing the cracking and fracture properties of geosynthetic interlayer reinforced HMA samples using

(下转第 83 页)

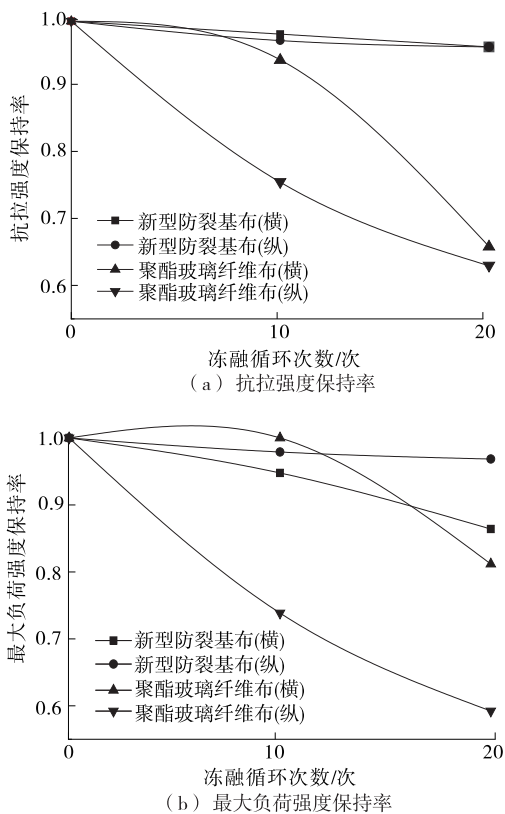


图 1 不同冻融循环次数下强度指标的保持率

测试土工布的质量变化率、尺寸变化率、强力保持率及断裂伸长保持率等指标,结果见表 5。由表 5 可知:2 种土工材料的质量变化和尺寸变化不大;新型防裂基布的强力保持率大,强力基本不变,而聚酯玻璃纤维布的强力保持率较小,强力下降较大;两者的断裂伸长保持率也表现出较大差距。新型防裂基布的抗碱性能优于聚酯玻璃纤维布。

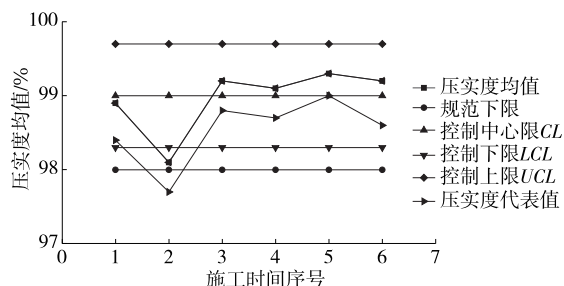


图 4 压实度 \bar{X} 控制图

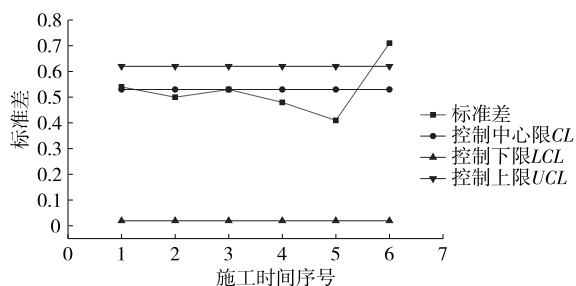


图 5 压实度 S 控制图

由图 4 可知:6 个施工日中,第 2 个施工日的压实度偏移较大,超出控制下限 LCL,压实度代表值已低于规范要求的最低值 98%,处于不合格区,根据表 1,应停工检查,对不合格段采取处理措施。但在图 5 中,第 2 个施工日的压实度处于正常范围。因此,对第 2 施工日的施工情况进行检查,发现当天的出料温度偏低,同时遇到粤东山区极端局部气候,施工中出现了局部降雨,气温下降较快,造成摊铺温度较低,影响了压实度控制。施工单位对压实度不合格段进行铣刨重铺处理,并汲取教训,后续施工中提高出料温度,保证后续施工段落压实度合格。

由图 5 可知:第 6 个施工日的压实度标准差处于预警区,应分析波动原因,及时作出施工调整。但第 6 施工日的 \bar{X} 值满足控制图要求,处于 \bar{X} 的合格区。因此,对第 6 个施工日的压实度数据进行进一步分析,发现第 6 施工日 X_2 和 X_5 2 组数据存在显著的变异性。检查发现,因检测人员操作不当,造成

数据误差较大。第 6 施工日的压实度变异性大是由人为因素造成的,需加强操作人员技术交底和管理。

6 个施工日的压实度检测结果的平均值和标准差在 \bar{X} 和 S 图均未呈链式或周期性波动,说明施工过程中正常,可继续进行施工。交工验收时压实度检测合格率为 100%,顺利通过交工验收。

5 结论

(1) 近山区高速公路的主要环境和交通特点为夏季高温、路线线形复杂、交通荷载以重载为主,其主要病害为车辙、坑槽和透水,压实度不足是造成这些病害的重要原因之一。压实度控制是近山区高速公路路面施工的关键控制指标。

(2) 基于小批量 $\bar{X}-S$ 控制图建立预警区、合格区和不合格区进行压实度控制,能实现压实度的动态控制,确保压实度满足要求。

参考文献:

- [1] 黄丽芳.山岭重丘区 SMA 沥青路面施工过程质量控制机理及方法研究[D].重庆:重庆交通大学,2015.
- [2] 涂裕民.沥青路面施工质量管理方法研究[D].西安:长安大学,2011.
- [3] 李立寒,赵鸿铎,曹林涛.沥青面层施工质量变异性的特征[J].公路交通科技,2006,23(2):27-31.
- [4] 王丽颖.小批量工序质量控制方法及若干关键技术的研究[D].大连:大连交通大学,2007.
- [5] 刘军,冯五一.高温多雨山区高速公路沥青路面设计与施工[J].交通标准化,2009(19):162-165.
- [6] 孙贻国.沙漠公路施工的控制与管理[J].筑路机械与施工机械化,2018,35(10):108-111+117.
- [7] 王增学,靳秀萍.沙漠公路路基施工与质量控制[J].筑路机械与施工机械化,2001,18(3):38-39.

收稿日期:2021-09-10

(上接第 79 页)

the Overlay Tester(OT)[J].Construction and Building Materials,2015,93:695-702.

- [9] NEVES J,LIMA H,GONCALVES M.A numerical study on the implications of subgrade reinforcement with geosynthetics in pavement design[J].Procedia Engineering,2016,143:888-895.
- [10] NORAMBUENA-CONTRERAS J,GONZALEZ-TORRE

- I,FERNANDEZ-ARNAU D, et al.Mechanical damage evaluation of geosynthetics fibres used as anti-reflective cracking systems in asphalt pavements[J].Construction and Building Materials,2016,109:47-54.
- [11] YI Chao Jue,PENG Cheng Zhai.Application of fiberglass-polyester paving mat in engineering[J].Advanced Materials Research,2012,488-489:485-489.

收稿日期:2021-03-29