

土工合成材料加筋沥青混凝土路面耐久性分析

吕 鹏¹,刘利民²,陈丽丽³,王旭龙³,褚景英³

(1. 石家庄铁道大学土木工程学院,河北 石家庄 050043; 2. 中煤邯郸设计工程有限责任公司,河北 邯郸 056031;
3. 青岛旭域土工材料股份有限公司,山东 青岛 266111)

摘要 通过室内试验系统研究了玻纤格栅和聚酯玻纤布提高沥青路面低温抗裂性、高温稳定性和抗疲劳性能,采用无加筋层、中间加铺玻纤土工格栅或聚酯玻纤布进行了对比试验。试验结果表明,聚酯玻纤布加筋结构具有较好的低温抗裂性能,而玻纤格栅加筋结构的高温稳定性较好。

关键词 土工合成材料; 沥青混凝土; 玻纤格栅; 聚酯玻纤布; 加筋路面; 耐久性

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1006-7647(2012)S1-0001-03

沥青路面在车辆荷载和环境自然因素的作用下,沥青混合料的物理、力学性能受气候和时间因素的影响而逐渐衰减,当其结构强度与稳定性不足时,易产生裂缝、车辙等路面病害。基于土工合成材料具有整体性强、抗拉强度高、高温稳定性好、耐久性好等优良的物理力学特点,与沥青混合料形成沥青混凝土面层加筋结构后,提高了沥青混凝土路面的疲劳寿命、抗反射裂缝和抗高温车辙能力等,成为沥青路面路用技术性能改善的一个有效途径。本文通过室内试验系统研究玻纤格栅和聚酯玻纤布提高沥青路面低温抗裂性、高温稳定性和抗疲劳性能。试验采用了无加筋层、中间加铺两种不同刚度的玻纤土工格栅或加铺聚酯玻纤布进行了对比试验,两种玻纤格栅强度为 50 kN/m 和 20 kN/m,聚酯玻纤布的强度为 8 kN/m。

1 低温抗裂试验

1.1 试验方案

试验采用 AC-13、AC-20 两种沥青混合料级配,作为对比设置纯沥青混合料、低强度玻纤格栅复合沥青混合料、高强度玻纤格栅复合沥青混合料及聚酯玻纤布复合沥青混合料 4 种结构形式的试样(分别称为 1 号、2 号、3 号和 4 号)。根据 JTJ 052—2000《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》先碾压成型 300 mm×300 mm×50 mm 车辙板,为了符合施工现场实际情况,先制作一个车辙板试件而后在其上铺设

土工合成材料,再在其上制作车辙板,如图 1 所示^[2]。车辙板成型完成后,隔日脱模,在切割机上切割成 250 mm×35 mm×30 mm 小梁试件,切割时使得土工材料位于车辙板中部。每块车辙板切割 6 个小梁作为平行试样,试验采用仪器为 WDW-1020 微控电子万能材料试验机,试验温度为 -10℃,加载速率为 50 mm/min,试验数据由试验机自动记录。利用小梁低温弯曲试验来评价加筋路面的低温抗裂性能。

1.2 试验结果分析

根据试验结果计算其评价指标,包括抗弯拉强度 R_B 、破坏时的梁底最大弯拉应变 ϵ_B 及破坏时的弯曲劲度模量 S_B 。试验结果见表 1。

表 1 小梁低温弯曲试验结果

试样	抗弯拉强度/MPa	弯拉应变/ 10^{-6}	弯曲劲度模量/MPa
1 号	7.148	7 000	1 003
2 号	6.755	5 572	1 258
3 号	8.642	7 910	1 071
4 号	7.596	7 817	961

由表 1 可以看出:

a. 各种结构类型小梁的弯拉强度指标从大到小顺序为 3 号、4 号、1 号、2 号,弯拉应变指标为 3 号、4 号、1 号、2 号,弯曲劲度模量指标为 2 号、3 号、1 号、4 号。加入高强度玻纤格栅及聚酯玻纤布后试件抗弯拉强度及弯拉应变均提高,只有聚酯玻纤布弯曲劲度模量减小。加入低强度格栅弯拉强度与弯拉应变均减小而劲度模量增大,原因可能是由于加



(a) 1号(纯沥青混合料)



(b) 2号(中间加低强度玻纤格栅)



(c) 3号(中间加高强度玻纤格栅)



(d) 4号(中间加聚酯玻纤布)

图1 4种结构形式试样制作过程

入格栅后减小了小梁试件的有效高度,导致低强度格栅所起的增强幅度小于强度下降的幅度。

b. 根据试验结果,3号试样的弯曲劲度模量较1号试样增加了6.8%,而4号的弯曲劲度模量比1号试样减小了6.0%。可见,在抗低温裂缝方面聚酯玻纤布比玻纤格栅更好一些。

高强度玻纤土工格栅和聚酯玻纤布加筋沥青路面材料使抗拉强度提高,主要原因是材料脆性由于土工合成材料的韧性贡献而得到缓解,土工合成材料铺设在沥青面层中,由于其具有较强的拉应力,提高了面层内的横向拉伸强度,当试件底部拉应力超过沥青混凝土拉伸强度后沥青底层出现裂缝,裂缝延伸到土工合成材料处时,由于土工合成材料的存在改变了裂缝尖端的受力状况,使得应力集中得到分散,限制了裂缝的扩展^[3]。说明土工合成材料加筋路面具有良好的韧性,即具有良好的低温抗裂能力。聚酯玻纤布加紧效果在低温条件下效果更好,其劲度模量得到明显降低。

2 抗高温车辙试验

2.1 试验方案

沥青路面应具有良好的高温稳定性,确保高温时期仍具有足够的强度和刚度。利用车辙试验评价其高温稳定性能。试验仍采用上层为AC-13、下层为AC-20材料,试样为尺寸300 mm×300 mm×100 mm车辙板,试样制备方法与小梁弯曲试验相同,试验分4组进行,每组有3个平行试验。试验仪器采用HYCZ-5A双轮自动车辙试验仪,试验温度为60℃,轮压为0.7 MPa。试验数据由试验机自动记

录。试验通过板块状试样与车轮之间的反复相对运动,使试样在车轮的重复荷载作用下,在规定的温度条件下,产生压密、剪切、推移和流动而形成辙槽,以辙槽的深度RD(mm)和动稳定度DS(每产生1 mm辙槽所需碾压次数)来评价沥青混合料在规定温度下抵抗塑性流动变形的能力^[4]。

2.2 试验结果分析

高温车辙试验结果如表2所示,可以看出:

表2 复合沥青路面结构高温稳定性试验结果

试样	车辙平均深度/mm	动稳定度平均值/(次·mm ⁻¹)
1号	1.79	3438
2号	1.91	5928
3号	0.92	9909
4号	1.41	6566

a. 路面中加入土工合成材料后,车辙深度大小依次为2号、1号、4号、3号,动稳定度大小依次为3号、4号、2号、1号。因此,加入高强度玻纤格栅或聚酯玻纤布后可明显减小车辙深度,增大其动稳定度。

b. 采用一定强度玻纤格栅加筋沥青混凝土可显著提高沥青路面的高温稳定性。加入玻纤格栅后,格栅与沥青混合料由于网孔的作用而相互嵌锁,限制了集料的移动,抑制了塑性变形的累积,从而保持矿质骨架的稳定。而聚酯玻纤布降低了面层与基层之间的结合力,与沥青混合料的整体性结合弱于玻纤格栅。

3 抗疲劳性能试验

3.1 试验方案

试样上层采用AC-13,下层为AC-20,分别制作2

块车辙板,土工织物夹在两层之间,试样制备过程如图2所示。试样脱模后利用切割机将试样切割成250 mm×40 mm×40 mm 小梁,每个车辙板切割成6个小梁。试验机采用 LDMT-25 微机控制沥青混合料动态疲劳试验机^[5-6]。

3.2 试验结果分析

试件破坏后如图2所示。



(a) 未加格栅试样



(b) 加高强度格栅试样

图2 沥青试样抗疲劳破坏

根据疲劳理论,在应力控制疲劳试验中,应力与疲劳寿命成双对数线性关系,疲劳方程表达形式为:

$$\lg N_f = a - b \lg \sigma$$

式中: N_f 为试件破坏时加载次数; σ 为弯曲应力; a , b 为试验所确定参数。沥青混合料疲劳方程中的参数 a , b 分别具有不同的意义。 a 值反映了疲劳曲线线位的高低, a 值越大,疲劳曲线线位越高,混合料疲劳性能越好; b 值反映了疲劳寿命对荷载水平的敏感性, b 值越大,疲劳曲线斜率越大,疲劳寿命对于荷载水平的变化越敏感。表3为4种类型疲劳方程汇总。

表3 4种结构类型疲劳方程

试样	疲劳方程	相关系数
1号	$y = 4.2957 - 3.5194x$	0.9137
2号	$y = 4.3553 - 3.6945x$	0.9077
3号	$y = 4.6263 - 3.8616x$	0.9543
4号	$y = -4.487 - 3.7272x$	0.9482

根据试验结果可以看出:

a. 应力水平和疲劳寿命两者之间在双对数坐标下满足良好的线性关系。根据 a 值的大小得出疲劳性能好坏的顺序为3号、4号、2号、1号,根据 b 值的大小得到疲劳寿命对荷载的敏感性程度大小顺序为3号、4号、2号、1号。由表3可知,玻纤格栅和

聚酯玻纤布在各应力水平下均能提高沥青混合料的疲劳破坏寿命。

b. 沥青路面材料表面层的抗压强度远大于抗拉强度,而在荷载作用处面层底部所受的拉应力较表面拉应力大得多,因此在荷载重复作用下路面裂缝在面层底面开始发生。在加入土工合成材料后,试样底层向上发展的裂缝在土工合成材料层位处变为在水平方向上发展,这说明土工合成材料可以有效地阻止裂缝向上发展的趋势,从而减缓了疲劳破坏的速度。

4 结 论

a. 高强度玻纤格栅加筋与聚酯玻纤布均能提高沥青路面低温抗裂性,聚酯玻纤布效果更好。

b. 采用一定强度的玻纤格栅加筋沥青混凝土可显著提高沥青路面的抗车辙能力。

c. 高强度玻纤格栅和聚酯玻纤布均能提高沥青混合料的疲劳破坏寿命,低强度玻纤格栅效果不明显。

参考文献:

[1] 肖永亮. 玻纤格栅提高沥青路面技术性能的研究[D]. 北京: 北京建筑工程学院, 2008.
[2] JTJ 052—2000 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
[3] 钟洲. 聚酯玻纤布防裂隔离层应用技术研究[D]. 上海: 同济大学, 2009.
[4] 孙蔚. 国产玻纤格栅加筋沥青路面抗车辙性能研究[D]. 南京: 东南大学, 1999.
[5] 徐东伟. 沥青路面加铺层力学分析疲劳寿命预估[D]. 西安: 长安大学, 2005.
[6] 郝利生. 玻璃纤维土工格栅在高速公路路面工程中的应用[J]. 内蒙古公路与运输, 2005(4): 36-37.

(收稿日期 2011-09-15 编辑 熊水斌)

