

玄武岩纤维提升温拌再生混合料路用性能研究

雷江¹, 罗友鸿², 裴鑫雨³

(1.贵州省望谟县农村公路管理局, 贵州 望谟 552300; 2.贵州省册亨县农村公路管理局, 贵州 册亨 552200; 3.重庆交通大学 土木工程学院, 重庆 400074)

摘要: 将 0~0.5% 的玄武岩纤维(BF)加入温拌再生沥青混合料(WRMA)中, 研究不同 BF 掺量对 WRMA 性能的提升效果。结果表明, BF 掺量为 0.3% 时, WRMA 的各项路用性能相对未掺 BF 的 WRMA 有明显提升且均满足规范要求, 其中 WRMA 的动稳定度提升效果最明显, 破坏应变、残留稳定性和冻融劈裂强度比 TSR 的提升效果也明显。

关键词: 公路; 温拌再生沥青混合料(WRMA); 玄武岩纤维; 路用性能

中图分类号: U416.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)06-0092-03

纤维以其环保、价格低廉、能提升沥青混合料性能等优点引起了广泛关注, 已有不少学者通过将不同品种纤维和各类沥青混合料结合使用来研究纤维对混合料性能的增强作用。张勤玲等就新沥青和玄武岩纤维(BF)掺量进行研究, 得出不同掺量新沥青和 BF 对再生混合料性能的提升效果不同, 但没有表明再生技术的类型, 缺少针对性; 王恩等在冷拌再生中应用纤维, 发现纤维在保持冷再生混合料长期稳定性上有着不俗的功效; 马煜缨从压实特性角度进行试验研究, 得出矿物纤维对抵抗变形的作用最大。BF 是一种无机矿物型纤维, 具有强度高、耐久性好、韧性好、可适用于各类环境等优点, 被作为改性材料广泛应用于各种材料中以提升材料的性能, 其中以水泥砼和沥青混合料最常见。目前对 BF 在提升沥青混合料、冷再生和热再生混合料性能方面的研究较全面, 但对 BF 对温拌再生沥青混合料(WRMA)性能影响的研究还不够全面。鉴于此, 该文以重庆市合川区某沥青路面改造工程为依托, 通过车辙试验、小梁弯曲破坏试验、浸水马歇尔稳定度试验、冻融劈裂试验等研究不同掺量 BF 对 WRMA 性能的影响。

1 原材料

1.1 旧路面沥青混合料(RAP)

分别从铣刨现场得到不同区域同一深度且具有代表性的 RAP, 为得到更接近于实际的试验数据, 对不同区域的 RAP 均匀取样后进行 6 组试验, 取其平均值, 得出沥青含量、针入度、延度、软化点等(见表 1 和表 2)。

表 1 RAP 沥青含量试验结果

试件编号	沥青含量/%	试件编号	沥青含量/%
1	4.35	4	4.42
2	4.29	5	4.39
3	4.51	6	4.47
平均值			4.41

表 2 RAP 沥青的主要技术指标

项目	试验值
针入度(25 °C)/(0.1 mm)	61.4
延度(5 cm/min, 15 °C)/cm	81
软化点/°C	53

1.2 新沥青

为最大程度恢复 RAP 的性能, 选用标号比 RAP 中老化沥青高的 90# 基质沥青, 其主要性能指标见表 3。

表 3 90# 基质沥青的主要技术指标

项目	试验值
针入度(25 °C)/(0.1 mm)	91
60 °C 动力黏度/(Pa·s)	168
软化点/°C	45.8
溶解度(三氯乙烯)/%	99.7
延度(5 cm/min, 15 °C)/cm	126
残留延度(10 °C, 5 cm/min)/cm	9
蜡含量/%	1.3
残留针入度比(25 °C)/%	59
闪点/°C	249
密度(25 °C)/(g·m ⁻³)	1.02

1.3 再生剂

选用 SZS 沥青再生剂, 按照规范要求对其进行

检测,结果见表4,均满足规范要求。

表4 SZS 沥青再生剂的技术指标

项目	技术指标	规范要求
15℃密度/(g·m ⁻³)	0.97	0.94~1
闪点/℃	248.0	≥220
四组分/%	饱和分	<30
	芳香分	>50
	胶质	10~20
	沥青质	<1
60℃运动黏度/(mm ² ·s ⁻¹)	311.0	300~320

1.4 玄武岩纤维

选用的玄武岩纤维为BFCS-13 μm~6 mm短切纱,其外观见图1,主要技术指标见表5。



图1 玄武岩纤维

表5 BFCS-13 μm~6 mm短切纱的技术指标

项目	技术指标
单纤直径/μm	13
短切长度/mm	6
密度/(g·cm ⁻³)	2.648
熔点/℃	>1 450
耐酸碱性	强
抗拉强度/MPa	2 800~3 800
吸油率/%	178.6

2 路用性能研究

试验过程中,再生剂掺量一般根据RAP中沥青含量确定,将RAP中沥青质量的6.5%作为SZS再生剂掺量;温拌剂选用Sasobit-LM,掺量为沥青质量(包括RAP中的老化沥青)的3%。在WRAM中分别掺入0~0.5% BF进行6组对比试验,分析BF对WRMA性能的提升效果。

2.1 高温稳定性

将6组不同BF掺量的WRAM依次进行车辙试验,分别轮碾45和60 min,研究WRAM的动稳

定度。不同BF掺量WRAM的动稳定度见图2。

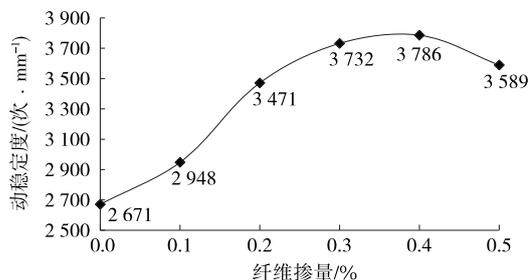


图2 不同BF掺量WRAM的车辙试验结果

由图2可知:不同BF掺量WRMA的动稳定度均满足规范要求,掺入BF后,WRMA的高温稳定性提升效果显著。BF掺量为0.4%时,WRMA的动稳定度最优;BF掺量为0~0.3%时,动稳定度提升效果最显著;进一步提高掺量,WRMA的动稳定度无明显变化甚至有一些降低。这是由于纤维会吸收沥青并在混合料中结团,过多地掺入纤维可能会影响混合料的其他性能。纤维的最佳掺量为0.3%~0.4%。

掺纤维再生混合料的黏弹性得到极大提升,因而掺纤维后再生混合料的高温稳定性得到改善。随着BF的掺入,WRMA的流动性在一定程度上降低,内摩擦力增加,这是WRMA高温稳定性上升的主要原因之一。

2.2 低温抗裂性

在-10℃的环境中对6组不同BF掺量WRMA小梁试件进行弯曲破坏试验,得到最大破坏应变(见图3)。

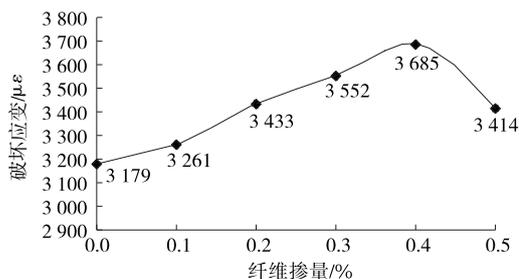


图3 不同BF掺量WRAM的小梁弯曲破坏试验结果

由图3可知:WRMA的破坏应变随着BF掺量的增大而增加,BF掺量为0.4%时,WRMA的破坏应变最大,抗裂性最好,破坏应变比未掺纤维时提高15.3%。结合路面在低温环境下产生裂缝的原因,玄武岩纤维可通过自身的韧性产生弹性恢复,给再生混合料提供良好的加韧和自愈能力。

小梁弯曲破坏试验中,会出现沿沥青混合料颗

粒之间的界面不断产生裂缝的现象,随着裂缝的不断延伸扩大,难免会遇到混合料中的大颗粒,经过挤压和剪切后,会沿裂缝界面发生破坏。BF 可提升 WRMA 的柔韧性和界面强度,因而掺纤维再生混合料的破坏应变比未掺纤维混合料大得多。

2.3 水稳定性

浸水马歇尔稳定度可反映 WRMA 在发生水损害时抗剥落的能力,但存在一定不足。为进一步分析 WRMA 抵抗水损害的能力,通过冻融劈裂试验模拟路面破坏的真实状态,试验结果见图 4、图 5。

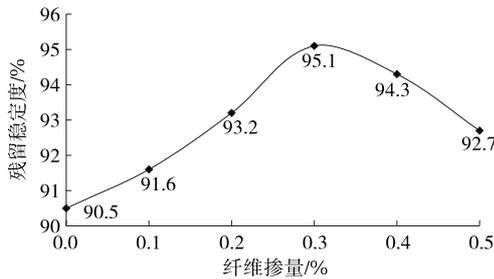


图 4 不同 BF 掺量 WRMA 的浸水马歇尔试验结果

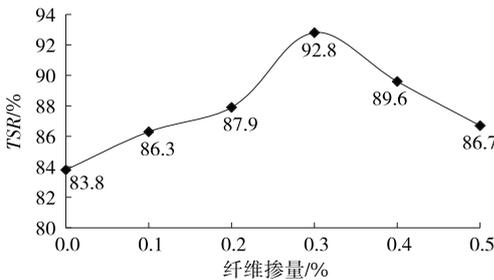


图 5 不同 BF 掺量 WRMA 的冻融劈裂试验结果

由图 4、图 5 可知:参加 BF 的再生混合料的水稳定性均满足规范要求。纤维掺量为 0.3% 时,残留稳定度最大,比未掺纤维时提升 5.1%;BF 掺量为 0.3% 时,WRMA 的冻融劈裂强度和冻融劈裂强度比 TSR 最大,比未掺纤维时提升 10.7%。

再生混合料在拌和和施工过程中无法避免出现空隙,水的流动性和渗透性会使再生混合料空隙中一直存在微量的水,由外部荷载引起的内部水压

力导致混合料内部松动、开裂。根据已有研究,沥青与集料形成的界面无法抵御水的浸入,玄武岩纤维可与沥青和集料形成更稳定、更全面的界面且强度更大,抵御水浸入的能力和在外部荷载作用下的整体性都得到极大提升。同时,WRMA 的油石比随着 BF 的掺入得到提高,油石比的提高使 WRMA 的沥青膜密度增大,能更好地抵御水压力的荷载,增强 WRMA 的水稳定性。

3 结论

(1) 与不参加 BF 相比,BF 使 WRMA 的动稳定度提高 41.7%,破坏应变提高 15.3%,残留稳定度提高 5.1%,TSR 提高 10.7%,即 BF 可综合改善 WRMA 的路用性能。

(2) BF 掺量对 WRMA 路用性能的提升效果有极大影响,综合分析,BF 的最佳掺量为 0.3%。但各地的地理气候、荷载等级、降水量等路面环境不同,实际工程中对 WRMA 路用性能的偏重也不同,为更好地迎合实际情况需求,BF 掺量可在 0.3%~0.4% 进行调整。

(3) 文中只研究了 BF 掺量对 WRMA 路用性能的影响,没有研究不同 RAP 掺配率对 WRMA 路用性能的影响,无法确定最佳 RAP 掺配率,需作进一步试验研究。

参考文献:

[1] 张勤玲,杨保存,王荣,等.玄武岩纤维改善再生沥青混合料路用性能研究[J].公路工程,2016,41(3):17-20+27.
 [2] 王恩,张启志.纤维对乳化沥青冷再生混合料性能的影响[J].新型建筑材料,2020,47(6):74-78.
 [3] 马煜纓.纤维加强再生沥青混合料的压实特性研究[J].科学技术与工程,2014,14(8):256-259.

收稿日期:2021-03-01

(上接第 91 页)

[J].低温建筑技术,2019,41(10):109-111+116.
 [2] 陈伟.软土堤基固结沉降预测的数值仿真分析[J].东北水利水电,2018,36(4):40-41+72.
 [3] 李强,李刚.公路软基路堤实测沉降资料的分析方法[J].公路工程,2010,35(4):142-146.
 [4] 周舟,罗如平.嘉绍高速公路软基工后沉降分析与研究[J].珠江水运,2014(10):66-67.

[5] 彭占淇.基于孔隙变化的软土三维固结分析[D].广州:华南理工大学,2017.
 [6] 谢康和.双层地基一维固结理论与应用[J].岩土工程学报,1994,16(5):24-35.
 [7] 谷亚双,李友云,易真.最小二乘法在地基土工参数获取中的应用[J].数学理论与应用,2013,33(4):40-46.

收稿日期:2020-12-31