

超薄罩面纤维提升性能技术研究

郑坤伟¹, 邓温悌¹, 邓婕¹, 吕泉²

(1. 广东省公路建设有限公司江罗分公司, 广东 广州 510000; 2. 同济大学 道路与交通工程交通部重点实验室, 上海市 201804)

摘要: 以广东省江罗高速公路预防养护工程为依托, 对超薄罩面沥青混合料进行研究。为提升超薄罩面沥青混合料的路用性能, 选定玻璃纤维粉材料作为核心添加剂使用, 玻璃纤维粉具有重量轻、耐久性强、成本低等特性, 且更为环保。将玻璃纤维粉分为0.02%、0.04%、0.06%、0.08% 4档不同掺量作为外掺物加入沥青混合料中。根据高速公路路用性能要求, 选取高温车辙试验、水稳定性试验、渗水试验、抗滑试验进行材料性能影响因素检测试验, 研究结果显示: 玻璃纤维粉最佳掺量为0.04%, 当掺量为0.04%时动稳定度到达峰值, 提升了约12.42%; 冻融劈裂抗拉强度比和残留稳定度分别提高了约7.72%和7.08%; 渗水性能与抗滑性能试验结果也均满足相关规范技术要求。试验结果表明, 适量玻璃纤维粉的掺入可以有效改善超薄罩面沥青混合料的路用性能, 并为预防养护工程提供相关的研究数据及参考建议。

关键词: 超薄罩面; 玻璃纤维粉; 路用性能

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)03-0271-04

Research on Technology of Improving Performance of Ultra-thin Overlay Fiber

ZHENG Kunwei¹, DENG Wenti¹, DENG Jie¹, LYU Quan²

(1. Jiangluo Branch of Guangdong Highway Construction Co., Ltd., Guangzhou 510000, China; 2. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Relying on the preventive maintenance of Jiangluo Expressway in Guangdong Province, the ultra-thin overlay asphalt mixture is studied. To improve the pavement performance of ultra-thin overlay asphalt mixture, the glass fiber powder material is selected as the core additive for use. The glass fiber powder has the characteristics of light weight, strong durability and low cost, and is more environmentally friendly. The glass fiber powder is divided into 0.02%, 0.04%, 0.06% and 0.08%, and 4 different dosages are added into the asphalt mixture as an admixture. According to the performance requirements of expressway, the high-temperature rutting test, water stability test, water seepage test and anti-skid test are selected to detect the factors affecting material properties. The research results show that the optimal dosage of glass fiber powder is 0.04%. When the dosage is 0.04%, the dynamic stability reaches its peak, which is increased by about 12.42%. The freeze-thaw splitting tensile strength ratio and the residual stability are increased by about 7.72% and 7.08%, respectively. The test results of water permeability and anti-skid performance also meet the technical requirements of relevant specifications. The experimental results show that the addition of an appropriate amount of glass fiber powder can effectively improve the pavement performance of ultra-thin overlay asphalt mixture, and provide the relevant research data and reference suggestions for the preventive maintenance project.

Keywords: ultra-thin overlay; glass fiber powder; pavement performance

0 引言

江罗高速公路属于广东省高速公路网规划中第四横线的一部分, 2015年一期通车, 2016二期通车。主线路线为双向6车道, 设计时速120 km/h。本高速

公路自通车后, 由于使用年限较短, 管养单位未对全线进行过专项养护处治, 仅对病害路段进行过修补, 通过实地勘察, 发现该路面性能衰减, 路面破损评定指数PCI小于92或接近92路段, 研究决定采用超薄罩面进行预防养护。本文以该路段预防性养护为背景, 考虑本高速公路荷载与耐久性要求较高, 现针对该预防性养护技术增加核心添加剂以提高其性能, 本研究将遴选优质外掺纤维材料对超薄罩面沥

收稿日期: 2024-06-20

作者简介: 郑坤伟(1993—), 男, 本科, 助理工程师, 从事公路建设管理工作。

青混合料进行性能提升改善。目前国内超薄面罩的研究多为极配设计、拌合及施工工艺为主^[1-3]。纤维因其特性,常用于沥青混合料中^[4-5],有研究显示通过添加纤维可以有效提高超薄面罩的路用性能,而纤维选择多为玄武岩纤维、木质纤维、聚酯纤维等^[6-7]。玻璃纤维粉相比其它纤维更具环保和成本效益,且表现出了更好的拉伸强度、弹性系数及较强的刚性等特点。本次研究将选用玻璃纤维粉作为外掺物,加入超薄面罩,进行分析对比。本次工程提供相关研究数据及更具效益的养护方案。

1 原材料

1.1 沥青

试验选用SBS改性沥青,测定后的各项技术指标见表1。

表1 SBS改性沥青检测结果

检测项目	检测结果	规范标准
针入度(25℃,100g,5S)(0.1mm)	45	30~50
软化点TRB/℃	91	≥70
延度5℃,5cm/(min·cm ⁻¹)	30.5	≥20
旋转黏度180℃/(Pa·s)	2.2	1.5~4.0
弹性恢复25℃/%	92.6	≥75

1.2 集料

集料选用经过加工破碎后得到的玄武碎石与石屑,填料选用石灰岩矿粉。具体指标见表2、表3。

1.3 纤维

本次研究纤维选择为玻璃纤维粉。玻璃纤维相比木质纤维、玄武岩纤维、聚酯纤维等其它纤维,其造价更低、取材方便、具有更好的强度和韧性等优点。玻璃纤维粉是由玻璃纤维丝先切割后研磨而形

表2 粗集料检测结果

检测项目	检测结果	规范标准
石料压碎值/%	10.2	≤26
洛杉矶磨耗损失/%	14.7	≤28
表观相对密度	2.930	≥2.6
吸水率/%	1.3	≤2.0
粗集料与沥青的黏附性/级	6	≥4
针片状颗粒含量(4.75mm以上)/%	10.4	≤15
水洗法小于0.075mm颗粒含量/%	0.6	≤1

表3 细集料检测结果

检测项目	检测结果	规范标准
表观相对密度	2.868	≥2.5
砂当量/%	71	≥60
棱角性(流动时间)/s	31.6	≥30
亚甲蓝/(g·kg ⁻¹)	1.7	≤2.5

成的粉状,相比玻璃纤维它具有更好的分散能力,在生产拌和中可以避免出现纤维聚团现象。玻璃纤维粉技术指标见表4。

表4 玻璃纤维粉技术指标

性能指标	数值
纤维直径/mm	9~13
密度/(g·cm ⁻³)	2.254
长径比	4:1~8:1
粒度	300~400
纤维成分/%	含碱小于12

2 混合料配合比设计

2.1 混合料配合比设计

因该工程位于南亚热带季风气候地区,全年雨水较充沛,日照紫外线等环境因素,本次超薄面罩沥青混合料设计为空隙型。混合料矿料设计级配见表5,级配曲线见图1。

表5 混合料矿料级配

项目名称	各档筛上通过率百分比/%								
	13.2mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	0.075mm
合成级配	100	96.5	39.3	26.5	18.4	11.3	9.1	7.2	5.3
级配上限	100	100	45	32	25	15	12	10	7
级配下限	100	90	35	20	14	9	7	5	4

由表5和图1可知,混合料合成级配设计基本趋于中值,该级配满足相关规范要求。

2.2 最佳油石比

本次试验将玻璃纤维粉设置为0.2%、0.4%、0.6%、0.8%,4档掺量分别掺入混合料中,设置5.0%为最佳石油比进行马歇尔试验。试验结果见表6。

3 路用性能研究

3.1 高温车辙试验

制作4档不同掺量的玻璃纤维粉沥青混合料试件进行高温车辙试验,试验温度保持在60℃(±1℃),压强为0.7MPa(±5MPa)。试验结果见图2。

从图2可知,当玻璃纤维粉做为外掺加入沥青混

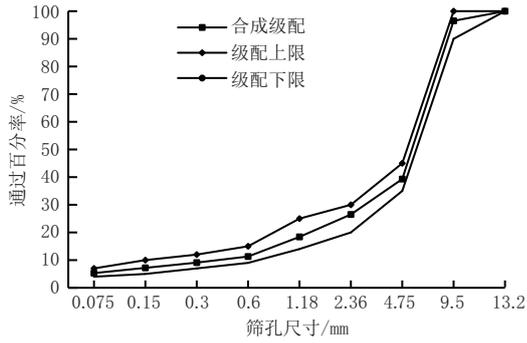


图1 混合料级配曲线图

表6 马歇尔试验结果

玻璃纤维粉掺量/%	油石比/%	空隙率 VV/%	矿料间隙率 VMA/%	沥青饱和度 VFA/%
0.2	5.0	15.1	24.8	38.7
0.4	5.1	15.2	25.0	39.2
0.6	5.2	15.4	24.9	39.0
0.8	5.4	15.0	25.1	39.6

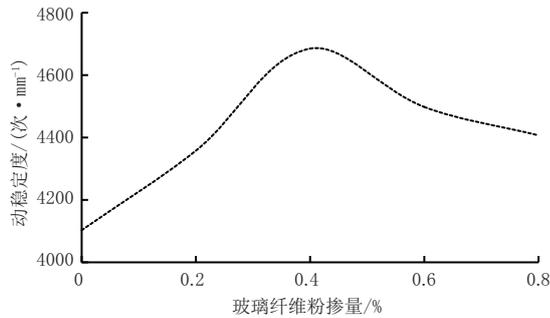


图2 高温车辙试验结果

合料中,动稳定度有明显提升,与未掺入玻璃纤维粉相比,最高增长了约12.42%。当掺量为0.04%时,到达了峰值,随后呈现出下降趋势,当掺量为0.08%时逐渐趋于稳定。

3.2 水稳定性试验

本试验采用冻融劈裂试验来验证掺入玻璃纤维粉后的沥青混合料的水稳定性。试验结果见表7。

由表7可知,随着玻璃纤维粉的掺入,沥青混合

表7 不同掺量玻璃纤维粉沥青混合料表面抗滑性能试验结果

玻璃纤维粉掺量/%	潮湿表面温度	温度修正	摆值 F_{BT} (BPN)					平均抗滑值	20 °C时摆值
	$T/^\circ\text{C}$	ΔF (BPN)	1	2	3	4	5	F_{BT} (BPN)	F_{B20} (BPN)
0.02	20.0	0	61	60	59	61	62	60.6	60.6
0.04			62	61	63	64	60	62	62
0.06			62	65	66	64	63	64	64
0.08			64	65	63	66	64	64.4	64.4

试验结果表明,掺入了4档不同玻璃纤维粉的沥青混凝土抗滑性能均满足其相关技术要求。

表7 冻融劈裂试验结果

项目名称	玻璃纤维粉掺量/%				
	0	0.02	0.04	0.06	0.08
冻融劈裂抗拉强度比/%	82.87	86.26	89.81	86.93	86.31
残留稳定度/%	84.68	87.19	91.13	89.22	88.76

料抵抗冻融循环的能力有所提升,这是因为玻璃纤维粉的掺入改善了沥青与集料的吸附能力。当掺量为0.04%时,冻融劈裂抗拉强度比和残留稳定度分别提高了约7.72%和7.08%。

3.3 渗水性能

考虑到实际工程位于广东省,雨水较为充沛,超薄面罩沥青混合料的抗渗水性能较为重要。采用轮碾法分别按照不同掺量的玻璃纤维粉制作4组试件,每组试件为3块车辙板。试验结果为每组3块车辙板试件的平均值。具体试验结果见图3。

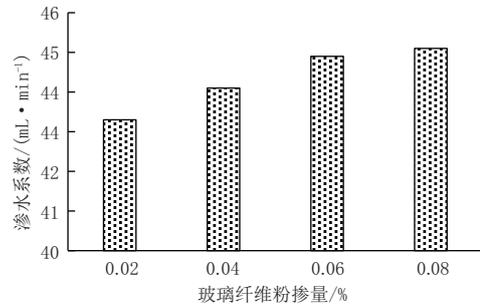


图3 渗水试验结果

如图3所示,不同玻璃纤维粉掺量的沥青混合料渗水系数分别为:0.02%时为43.3 mL/min;0.04%时为44.1 mL/min;0.06%时为44.9 mL/min;0.08%时为45.1 mL/min。试验结果显示4组试件的渗水系数均满足了相关规范。

3.4 抗滑性能

实际工程位于亚热带季风气候地区,雨天较多,路面抗滑性能也较为重要。采用摆式仪法进行试验,试验结果见表8。

4 结论

本文以实际工程为背景,设计了一种外掺玻璃

纤维粉的超薄罩面沥青混合料用于路面预防性养护。通过对其路用性能进行试验研究,得出主要结论如下:

(1)玻璃纤维粉超薄罩面沥青混合料高温性能方面,与未掺入玻璃纤维粉相比,掺量为0.04%时,动稳定度提升到最高,约提升了12.42%。其原因是玻璃纤维粉自身具有一定的断裂延伸率和较高的弹性模量,当玻璃纤维粉加入,使应力分布均匀;

(2)玻璃纤维粉的掺入对超薄罩面沥青混合料水稳定性方面有一定的改善效果,当玻璃纤维粉掺量为0.04%时,冻融劈裂抗拉强度比和残留稳定度分别提高了约7.72%和7.08%。其原因是玻璃纤维粉让沥青与细集料的吸附力增强,使其更好的黏附在一起;

(3)玻璃纤维粉超薄罩面沥青混合料的渗水试验可知,4档不同掺量的级配设计空隙率与渗水系数呈现出良好的二次相关关系,并均满足相关规范;

(4)通过摆式摩擦仪测定出的4档不同掺量的玻璃纤维粉沥青超薄罩面抗滑值 F_{B20} 分别为60.6BPN、

62BPN、64BPN、64.4BPN,其试验结果均满足相关技术需要;

(5)由上述试验结果可得出,适量的掺入玻璃纤维粉对超薄罩面沥青混合料的路用性能有一定的改善提升,本次试验中玻璃纤维粉的最佳掺量为0.04%。

参考文献:

- [1] 张文彪.SMC改性沥青超薄罩面施工技术要点[J].交通建设与管理,2023(3):132-133.
- [2] 李亚龙.超薄罩面SAC-5级配设计与性能研究[J].公路工程,2023,48(1):102-107.
- [3] 赵杰.级配对SMA-5超薄罩面沥青混合料体积特性的影响[J].青海交通科技,2019(4):103-106.
- [4] 梁波,张海涛,刘政,等.纤维改性沥青混合料性能研究进展[J].中外公路,2023,43(3):1-16.
- [5] 聂舒磊,汪开源.不同纤维沥青混合料的疲劳性能研究[J].黑龙江交通科技,2019,42(9):19-21,23.
- [6] 蔡俊华.玻璃纤维超薄罩面沥青混合料路用性能[J].长安大学学报(自然科学版),2019,39(5):20-27.
- [7] 胡宇霖.聚酯纤维对超薄罩面沥青混合料性能的影响分析[J].福建交通科技,2023(3):66-70.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

