

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.05.044

钢桥面环氧沥青混合料铺装技术研究

赵正伟
(韶关市住宅建筑工程有限公司, 广东 韶关 512026)

摘 要: 环氧沥青混合料作为典型的桥面铺装材料被广泛应用于钢桥面建设中,但长期的重载交通和温度荷载会降低其耐久性和疲劳寿命。研究采用外掺玄武岩纤维的方式来提升环氧沥青混合料性能,通过对不同掺量(0%、0.2%、0.4%~1%)玄武岩纤维环氧沥青混合料路用性能试验分析,结果表明:玄武岩纤维以三维网状结构分散在沥青混合料中,能够有效增强混合料内部骨料和胶浆的嵌挤效果,0.6%玄武岩纤维能够显著提升沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性和抗疲劳性能。
关键词: 玄武岩纤维;环氧沥青;钢桥面;铺装材料
中图分类号: U445.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-7716(2022)05-0176-04

0 引 言

随着我国路桥建设水平的迅速发展,大跨径桥梁在结构设计、铺装材料、施工技术等方面均发生了较大的变化^[1-2]。20 世纪 90 年代,我国典型的桥面铺装材料主要为改性沥青混合料。21 世纪以来,环氧沥青混合料逐渐应用于各类跨江大桥桥面建设中,长期的铺装使用效果得到验证^[3-4]。近年来,随着交通流和交通荷载的持续增大,传统钢桥面环氧沥青混合料铺装材料往往会出现不同程度的疲劳损伤和剪切开裂问题^[5]。薛永超^[6]、钱振东^[7]等将橡胶材料与环氧沥青进行调配,研究改性环氧沥青混合料路用性能。结果表明,橡胶材料可以改善环氧沥青的低温变形能力。郭忠宝^[8]研发了高模量沥青混合料铺装材料,并对其高韧性能进行了研究。相关研究^[9-10]均表明,添加外掺改性材料可在一定程度上改善环氧沥青铺装材料性能,但已有研究对环氧沥青铺装材料的抗疲劳性能研究较少。左惠宇^[11]、马洪忠^[12]等将玄武岩纤维外掺沥青混合料,并对路用性能进行研究。结果表明,玄武岩纤维具有高抗韧性,可增强沥青路面的抗疲劳性能。本研究采用外掺玄武岩纤维的方式对环氧沥青桥面铺装材料的路用性能进行研究,旨在进一步探究钢桥面环氧沥青混合料铺装技术。

1 原材料与试验方案

1.1 原材料

(1)环氧沥青。研究采用的环氧沥青产自山东,收稿日期:2021-07-31
作者简介:赵正伟(1987—),女,本科,工程师、一级建造师,从事市政工程施工工作。

有 A 组分环氧树脂和 B 组分沥青与固化剂构成,掺配比例为 1:5。环氧沥青主要性能见表 1。

表 1 环氧沥青技术性能

指标项目	测试结果	规范要求
抗拉强度(23℃)/MPa	2.65	≥2.0
断裂伸长率(23℃)/%	162	≥100
吸水率(7 d, 25℃)/%	<0.1	≤0.3
黏度增加到 1 Pa·s/min 的时间	23℃ >200 120℃ 41	— —

(2)集料。研究采用的粗细集料均为玄武岩,集料表观干净无杂尘,粗集料针片状率为 8.7%,压碎值为 14.2%,软石含量低于 1.5%。细集料表观密度为 2.65 g·cm⁻³,吸水率为 1.3%。粗细集料各项性能均符合《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017)要求。

(3)玄武岩纤维。研究采用河南产短切玄武岩纤维,长度为 6 mm,单丝直径为 12 μm。相关技术性能见表 2。

表 2 玄武岩纤维技术性能

指标项目	测试结果	规范要求
密度/(g·cm ⁻³)	2.72	2.65~2.85
伸长率/%	3.2	2.4~3.1
断裂强度/MPa	1 862	1 000~2 200
含水量/%	0.12	≤0.2
弹性模量/MPa	8750	≥7 500

1.2 试验方案

研究采用的玄武岩纤维掺量从 0%、0.2%、0.4%~1.0%不等,将玄武岩纤维掺入环氧沥青混合料中进行路用性能测试。混合料的级配采用 SMA-13,油石比为 5.8%,级配曲线如图 1 所示。如图 2~图 4 所示,

采用车辙试验、低温弯曲试验、三点疲劳试验分别测试纤维改性环氧沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性和抗疲劳性能。

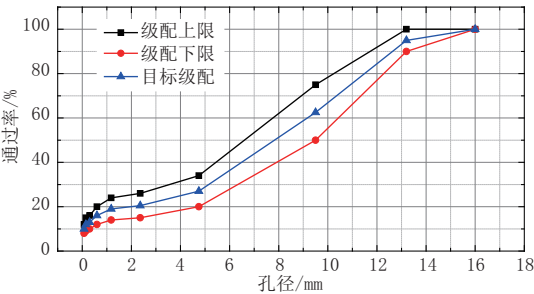


图 1 SMA-13 级配曲线

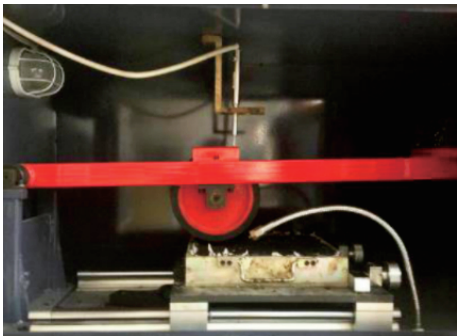


图 2 车辙试验



图 3 低温小梁试验

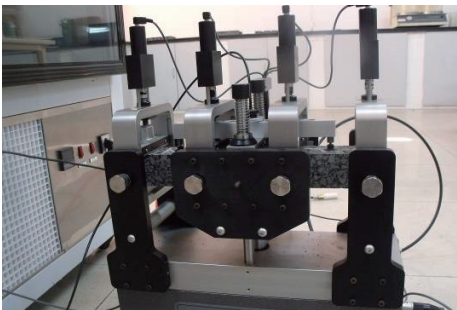


图 4 疲劳性能试验

2 纤维改性环氧沥青混合料性能研究

2.1 高温稳定性

大跨径桥梁钢桥面在夏季高温环境下铺装层温度可达到 55~70℃。为真实模拟高温环境下沥青面层的抗车辙变形能力,试验采用的加载温度为 70℃。考虑到重载交通对钢桥面铺装应力影响,分别采用 0.7 MPa、0.8 MPa、0.9 MPa 三个不同应力加载等级进行车辙试验。试验结果见表 3。

表 3 环氧沥青混合料车辙试验结果

玄武岩纤维掺量 /%	0.7 MPa		0.8 MPa		0.9 MPa	
	车辙深度 /mm	动稳定度 / (次·mm ⁻¹)	车辙深度 /mm	动稳定度 / (次·mm ⁻¹)	车辙深度 /mm	动稳定度 / (次·mm ⁻¹)
0	0.95	12 356	4.32	8 245	9.34	6 852
0.2	0.87	13 875	3.68	9 534	8.65	7 475
0.4	0.73	15 862	3.21	10 236	7.88	8 932
0.6	0.60	16 875	2.18	11 325	6.25	9 257
0.8	0.65	16 241	3.45	10 457	7.15	8 862
1.0	0.71	14 325	3.92	9 865	8.76	8 135

研究将不同玄武岩纤维掺量和不同应力加载条件下混合料的车辙深度和动稳定度绘制成图,如图 5、图 6 所示。

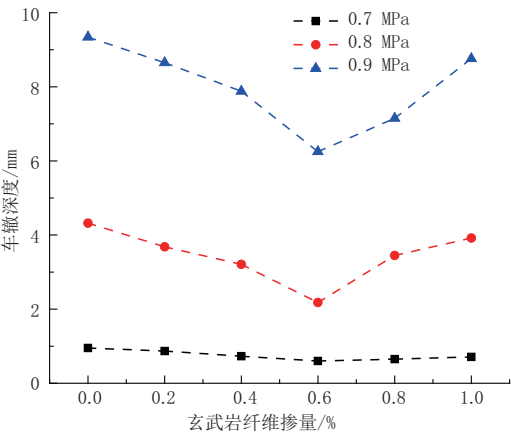


图 5 纤维改性环氧沥青混合料车辙深度

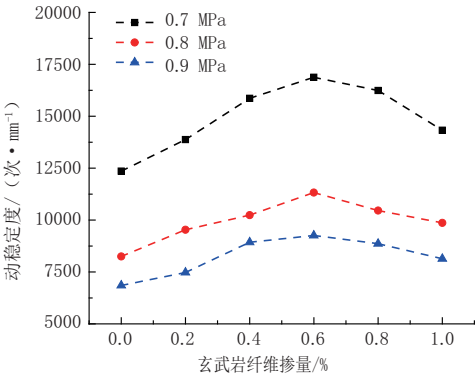


图 6 纤维改性环氧沥青混合料动稳定度

由以上图表可知,玄武岩纤维和不同应力加载等级均会对环氧沥青混合料的车辙深度和动稳定度产生影响。70℃温度、0.7 MPa 应力加载条件下,不同玄武岩纤维掺量下环氧沥青混合料的车辙深度均小于 1 mm,动稳定度值达到 1.2 万次 /mm。其中,车辙深度随纤维掺量增大呈先减小后增大,动稳定度值呈先增大后减小的趋势。0.8 MPa 和 0.9 MPa 应力控制条件下,混合料的车辙深度和动稳定度随纤维掺量变化均呈相应趋势。不同应力控制条件下,0.6%玄武岩纤维环氧沥青混合料的动稳定值整体最优。以

0.7 MPa 应力加载等级为例,0.6%玄武岩纤维掺量下混合料的动稳定度相较于普通环氧沥青混合料提升36.6%,表明0.6%玄武岩纤维对环氧沥青混合料高温稳定性的性能提升效果最明显。玄武岩纤维分散在环氧沥青混合料中,纤维通过沥青胶浆能够有效地搭骨架集料,纤维在混合料中能够形成网状组织结构,能进一步增强骨料嵌挤作用,在一定程度上限制了高温环境下集料位移和胶浆变形,从而提高环氧沥青混合料整体的高温稳定性。

2.2 低温抗裂性

环氧沥青常温环境下柔韧性低、劲度模量较大,在低温环境下易造成沥青铺装层开裂破坏。研究采用低温弯曲试验对玄武岩纤维沥青混合料的抗弯强度和极限破坏应变进行测试,试验结果见表4。

表4 环氧沥青混合料低温抗裂结果

玄武岩纤维掺量 / %	抗弯强度 / MPa	极限破坏应变 / $\times 10^{-6}$
0	28.12	2 556
0.2	30.38	2 997
0.4	34.58	3 365
0.6	36.89	3 854
0.8	35.27	3 523
1.0	33.54	3 127

研究将不同玄武岩纤维掺量混合料的抗弯强度和极限破坏强度绘制成图,如图7、图8所示。

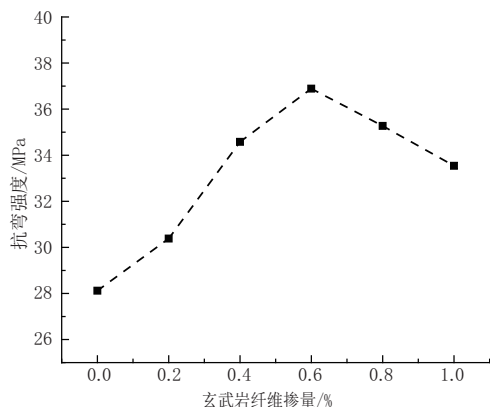


图7 纤维改性环氧沥青混合料抗弯强度

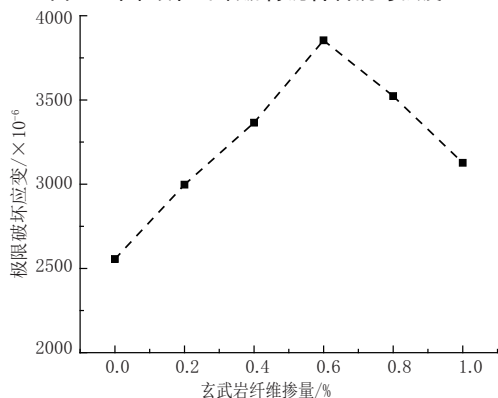


图8 纤维改性环氧沥青混合料极限破坏应变

由以上图表可知,玄武岩纤维外掺改性环氧沥青混合料可以显著增强抗弯强度和极限破坏应变,抗弯强度和极限破坏应变随纤维掺量增加呈先上升后下降趋势。纤维掺量为0.6%时,沥青混合料的抗弯强度和极限破坏应变分别达到36.89 MPa和 $3\,854 \times 10^{-6}$,较普通环氧沥青混合料分别提升31.2%和50.8%。玄武岩纤维以网状结构交织搭接沥青胶浆和骨料,进一步增强混合料内部的稳定性和黏结性,增强混合料在低温环境下抵抗开裂损伤的能力。但纤维掺量过多,会导致纤维的集聚,从而造成混合料的不均匀分布,在外部荷载作用下会导致局部应力集中,在一定程度上降低混合料的抗开裂能力。

2.3 抗疲劳性能

钢桥面环氧沥青混合料的抗疲劳性能直接影响铺装层的耐久性能。随着重载交通的持续增长,对桥面铺装沥青混合料的抗疲劳性能要求也更高。研究采用三点弯曲试验进行疲劳性能研究,试验温度为20℃,应变控制水平分别为 800×10^{-6} ~ $1\,200 \times 10^{-6}$ 不等。试验结果见表5。

表5 纤维改性环氧沥青混合料疲劳寿命结果

玄武岩纤维掺量 / %	不同应变水平下混合料疲劳寿命 / 万次		
	800×10^{-6}	$1\,000 \times 10^{-6}$	$1\,200 \times 10^{-6}$
0	135.5	116.7	82.5
0.2	185.4	136.5	98.6
0.4	216.5	152.8	115.7
0.6	234.8	168.2	124.3
0.8	245.6	175.5	132.5
1.0	251.3	178.6	138.7

钢桥面环氧沥青铺装层一般设计使用寿命不低于15 a,在长期的交通流和温度荷载持续作用下,沥青面层会出现一定的老化和性能削减,从而造成开裂损伤和耐久性降低。研究采用三类不同应变控制水平对不同玄武岩纤维掺量下沥青混合料进行疲劳性能试验。结果表明,随着应变控制水平的增大,混合料的疲劳寿命逐渐减小,如图9所示。以 800×10^{-6} 应变控制水平为例,0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%玄武岩纤维掺量下环氧沥青混合料的疲劳寿命较普通环氧沥青混合料分别提升了36.83%、59.78%、73.28%、81.25%、85.46%。当玄武岩纤维掺量超过0.6%以上时,环氧沥青混合料的疲劳寿命增长速率减缓。玄武岩纤维以网状结构形式可有效增强混合料内部稳定,增强材料的强度和耐久性,延长材料使用寿命。

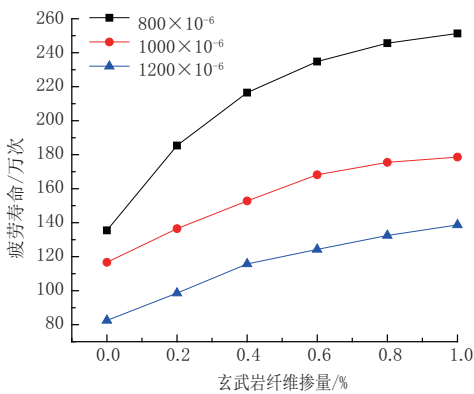


图 9 纤维改性环氧沥青混合料疲劳寿命

3 结 语

本文采用外掺玄武岩纤维的方式来研究其对环氧沥青混合料技术性能的影响规律。通过高温车辙、低温抗裂、疲劳试验研究可知:

(1)环氧沥青混合料的动稳定度随玄武岩纤维掺量的增加呈先上升后下降的趋势,纤维掺量为 0.6% 时,环氧沥青混合料的动稳定度达到最高,较未掺玄武岩纤维沥青混合料提升 36.6%。

(2)玄武岩纤维的掺入可大幅提升环氧沥青混合料的低温抗裂性,玄武岩纤维掺量为 0.6% 时,沥青混合料的抗弯强度和极限破坏应变较普通沥青混合料分别提升 31.2% 和 50.8%。

(3)玄武岩纤维可有效提升混合料内部结构稳定性和材料耐久性。玄武岩纤维掺量为 0.6% 时,混合料抗疲劳性能较未掺纤维沥青混合料提升 73.28%。

(4)通过对玄武岩纤维掺量对环氧沥青混合料性能的系统研究,认为 0.6% 掺量下玄武岩纤维可综合提升环氧沥青混合料路用性能。

参考文献:

[1] 周霄,李修坤,雷红尧.环氧沥青混凝土铺装在大跨径钢箱梁悬索桥中的应用[J].公路,2021(7):100-104.

[2] 杨媛媛,苏凯,程斌.上海长江大桥主桥钢桥面铺装维修方案对比分析[J].城市道桥与防洪,2021(3):133-136,19.

[3] 徐佳欢.桥面铺装环氧沥青混合料路用性能试验研究[J].公路与汽运,2021(3):123-126.

[4] 李斌,周宁可.混凝土桥面铺装病害处治及中修养护施工技术要求[J].城市道桥与防洪,2017(12):134-136,15.

[5] 蒋梦雅,闵召辉,刘頔楠,等.桥面铺装用环氧树脂沥青混凝土微观结构的低温性能研究[J].公路工程,2021,46(1):81-87.

[6] 薛永超,钱振东,夏荣辉.基于低温性能的橡胶颗粒环氧沥青混合料研究[J].湖南大学学报(自然科学版),2016,43(9):120-128.

[7] 钱振东,王睿,陈团结.橡胶粉掺量对环氧沥青及其混合料性能的影响[J].建筑材料学报,2014,17(2):331-335.

[8] 郭忠宝.季冻区钢桥面铺装高模量高韧性沥青混合料技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.

[9] 谢金,杨伟军.纳米 SiO₂/玄武岩纤维增强环氧树脂复合材料的制备和耐久性能研究[J].功能材料,2021,52(5):5176-5180.

[10] 陆志峰.闵浦大桥钢桥面环氧沥青病害维修实践与探讨[J].城市道桥与防洪,2016(8):226-227,240,22.

[11] 左惠宇.玄武岩矿物纤维/岩沥青复合改性沥青性能研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2021.

[12] 马洪忠.玄武岩纤维沥青混合料性能研究[J].北方交通,2020(10):77-79.

(上接第 160 页)

要的质量事故。针对后期桩基施工完毕再进行土体加固等后期弥补方式而言,先换填再沉桩后开挖的方式是相对较经济实效的。

5 结 语

预应力管桩目前应用较广,但是若对管桩的应用条件认识不足,对其处理措施不当,很可能发生工程质量问题。特别是在土体条件较差的软土地区,管桩的设计及施工不当均会对预应力混凝土管桩的偏位产生巨大的影响。因此在软土层采用混凝土预应力管桩需要慎重考虑,若必须采用预应力管桩,应当优先对软土地基进行处理,再选用合适的施工措施来进行桩基施工,以减少软弱土层对施工产生的

负效果。总之,要通过设计、施工共同融合来保证预应力管桩的整体工程质量。

参考文献:

[1] 年延凯,孙旻.深基坑支护设计与施工新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.

[2] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].

[3] 阎岩.道路施工中软土地基处理技术探析[J].工程技术研究,2016,(8):75-76.

[4] 刘书安,丁明华,李涛,等.淤泥质土开挖施工技术[J].建筑技术开发,2015(7):38-41.

[5] 计政华,顾龙声.淤泥质土层上覆素填土强夯地基研究[J].工业 C,2016(5):220-222.

[6] 张志杨.舟山某住宅工程预应力管桩质量事故原因分析[J].安徽建筑 C,2012(1):130-131,124.