

浇注式导电沥青混凝土制备及其性能研究

王祎宾¹ 董罗超¹ 刘峰² 曹新建³

1.华北水利水电大学 土木与交通学院 河南 郑州 450045

2.黄河工程咨询监理有限责任公司 河南 郑州 450045

3.安徽省引江济淮集团有限公司 安徽 合肥 230001

【摘要】：为解决寒冷地区道路出现结冰积雪造成的交通事故问题，依据电流热效应，采用 AC-10 浇注式导电沥青混凝土在通电条件下使路面升温，从而达到消除积雪的目的。研究表明：当碳纤维掺量为 0.4%，石墨烯掺量为 0.5%时^[1]，油石比为 10.5%，制备出电阻率为 14.7 ($\Omega \cdot m$) 动稳定度为 1089 (次/mm) 的车辙板试件，小梁试件弯曲极限应为 8.56×10^{-3} ($\mu\epsilon$)，电源电压为 50V 持续通电 700min 试件温度由零度平均升温 12.0 $^{\circ}C$ ，升温效果显著，融雪化冰效率高。

【关键词】：浇注式；导电沥青混凝土；路用性能；融雪化冰

引言

传统的除冰雪技术包括撒布氯盐、机械铲雪、人工扫雪等方法^[2]，存在除雪效率的低下且工作安全性低等问题，同时对环境和路面造成了不可逆的损害。普通沥青混凝土不具备导电性，通过在沥青混合料中掺加导电材料，使原来不导电的沥青混凝土变为具有导电性的沥青混凝土，利用电阻在通电条件下的电流热效应原理（焦耳定律）来消除积雪。

1 浇导电沥青混凝土制备

1.1 浇导电沥青混凝土配合比设计

浇导电沥青混凝土设计级配为 AC-10，根据《公路钢箱梁桥面铺装设计与施工指南》规范要求^[3]，浇导电沥青混凝土需要满足高温稳定性贯入度试验 60 $^{\circ}C$ 贯入度值 1~4mm，贯入度增量 $\leq 0.4mm$ ，施工和易性指标刘埃尔特流动性 $\leq 20s$ ，弯曲极限应变 $\geq 7 \times 10^{-3} \mu\epsilon$ ；动稳定度 ≥ 300 次/mm。

1.2 浇导电沥青混凝土试件成型工艺

浇导电沥青混凝土细骨料占比较大，最大公称粒径不超过 10cm，有较小的孔隙率，类似于自密实混凝土，油石比取中值 10.0%，矿粉的含量占比为 25%，将沥青混合料搅拌锅升温至 220 $^{\circ}C$ ~260 $^{\circ}C$ 范围搅拌 45min，利用自身流动性只需将搅拌完成的沥青混合料倒入模具，使用刮刀轻轻刮平表面即可。

本文采用碳纤维掺量 0.3%、0.4%、0.5% (矿料质量分数)，石墨烯掺量 0.4%、0.5%、0.6% (沥青质量分数)，通过共九组交叉试验成型车辙板和贯入度试件进行升温融冰雪研究。

2 浇导电沥青混凝土路用性能分析

2.1 浇导电沥青混凝土路用性能试验

通过浇导电沥青混凝土混合料刘埃尔特流动性试验来评价沥青混合料的流动性；通过成型贯入度试件和车辙板试件，进行贯入度试验，贯入度增量试验，车辙试验作为评价沥青混合料的高温稳定性指标；利用切割车辙板试件得到小梁试件，进行低温弯曲试验作为评价沥青混合料低温抗裂性指标^[4-5]。试验结果见表 2.1-2 所示。

表 2.1-2 浇导电沥青混凝土试验结果

试验参数	贯入度 (mm)	贯入度增量 (mm)	流动性 (s)	弯曲极限应变 ($\mu\epsilon$)	动稳定度 (次/mm)	
实测值	1~4	≤ 0.4	≤ 20	$\geq 7 \times 10^{-3}$	≥ 300	
碳纤维 0.3%	石墨烯 0.4%	3.13	0.42	15.2	7.69	1006
	石墨烯 0.5%	3.20	0.39	15.7	7.45	988
	石墨烯 0.6%	3.28	0.37	16.3	7.26	965
碳纤维 0.4%	石墨烯 0.4%	2.54	0.31	11.1	8.77	1103
	石墨烯 0.5%	2.63	0.28	12.6	8.56	1089
	石墨烯 0.6%	2.71	0.26	13.2	8.23	1057
碳纤维 0.5%	石墨烯 0.4%	1.98	0.20	8.7	9.91	1198
	石墨烯 0.5%	2.06	0.17	8.9	9.67	1187
	石墨烯 0.6%	2.13	0.15	9.4	9.32	1152

2.2 路用性能试验结果分析

(1)当固定石墨烯掺量为0.4%,碳纤维掺量每增加0.1%时,贯入度分别降低18.8%和22.0%;贯入度增量分别降低26.2%和35.5%;流动性分别降低27.0%和21.6%;弯曲极限应变分别增大14.0%和13.0%;动稳定度分别增大9.6%和8.6%。

(2)当固定石墨烯掺量为0.5%,碳纤维掺量每增加0.1%时,贯入度分别降低17.8%和21.7%;贯入度增量分别降低28.2%和39.2%;流动性分别降低19.7%和29.4%;弯曲极限应变分别增大14.9%和13.0%;动稳定度分别增大10.2%和9.0%。

(3)当固定石墨烯掺量为0.6%,碳纤维掺量每增加0.1%时,贯入度分别降低17.4%和21.4%;贯入度增量分别降低29.7%和42.3%;流动性分别降低19.0%和28.8%;弯曲极限应变分别增大13.3%和13.2%;动稳定度分别增大9.5%和9.0%。

综上所述,随着碳纤维掺量的增加,混合料的贯入度,贯入度增量及流动性降低,小梁试件弯曲极限应变和车辙板动稳定度增大,高温稳定性增强。

3 浇捣沥青混凝土融冰雪性能分析

3.1 浇捣沥青混凝土融冰雪试验

根据路用性能试验结果,选用石墨烯掺量为0.5%,碳纤维掺量为0.4%作为最优导电材料掺量成型车辙板试件,变压器输出电压为50V,利用低温恒温试验箱进行车辙板升温融冰雪试验^[6]。试验结果见图3.1-3所示。

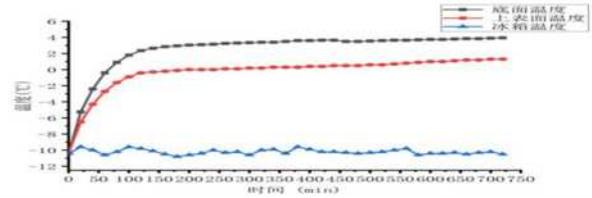


图 3.1-1 0.5%石墨烯+0.4%碳纤维升温除冰结果

3.2 融冰雪试验结果分析

(1)随着通电时间增长,低温恒温箱温度保持-10°C基本不变,车辙板试件的上表面、底面温度持续升高。当通电时间不超过100min时,试件的上表面、底面温度接近线性增长,温度平均增速为1°C/min;当通电时间超过100min后,试件的上表面平均温度为0°C,底面温度不再升高,平均温度为3.5°C。

(2)在通电100min后,试件表面温度升高至0°C以上,此时试件上表面温度不再升高,热量均被冰渣吸收,试件表面覆盖的冰渣开始融化消失,此时已实现除冰雪目的。

4 结论

当石墨烯的掺量为0.5%,碳纤维掺量为0.4%时,通过流动性试验、贯入度试验、低温弯曲试验及车辙试验检验AC-10沥青混合料的路用性能,通过车辙板升温融冰雪试验检验沥青混合料的导电性能,均满足试验目的及规范要求。

浇捣沥青混凝土依靠自身流动性及施工和易性特点,有效降低施工难度和施工成本,提高施工效率,在实际工程应用中具有重要的研究价值。

参考文献:

- [1] 黄维蓉,杨玉柱,宋鹏,郭江川,钟小霞,何霞.石墨烯-碳纤维导电沥青混凝土电热性能研究[J].化工新型材料,2021,49(08).
- [2] 蒋建国,张学磊,刘小明,邓云东,董立明.导电沥青混凝土路用性能影响因素的灰关联分析[J].铁道科学与工程学报,2015,12(04):784-789.
- [3] 重庆交通科研设计院.公路钢箱梁桥面铺装设计与施工指南[S].人民交通出版社,2006.
- [4] 闫东星.导电沥青混凝土路用性能及力-电机敏特性研究[J].公路,2019,64(03):33-37.
- [5] 朱泽远,王卓然,段建平,郭泽琛,马新伟.钢纤维对导电沥青混凝土路面性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2018(03):54-57.
- [6] 葛琪,遇道欣.石墨烯纤维沥青混凝土融雪路面导电效率研究[J].交通科技与经济,2020,22(04).