

[文章编号] 1003—4684(2020)05-0113-04

铁粉对水泥砂浆强度和导热性能的影响

钱 锟, 谭 燕, 肖衡林

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 为研究一种具有更高导热效率且具备一定强度的填埋碳纤维发热线的道路回填材料,对 M30 的水泥砂浆分别内掺 3%、5%、7%、10% 质量分数的铁粉,研究不同铁粉掺量对水泥砂浆的抗压强度、抗折强度以及其导热系数的影响。结果表明:试块抗压强度与抗折强度均随着铁粉掺量的增大而逐渐减小,导热系数随着铁粉掺量的增大呈现先增大后减小的趋势;得到了合适的铁粉掺量,强度满足要求且导热系数达到最大值,为实际工程应用提供参考。

[关键词] 水泥砂浆; 铁粉; 抗压强度; 抗折强度; 导热系数

[中图分类号] TU528 [文献标识码] A

目前,内置碳纤维发热线应用于道路融雪化冰已经比较广泛^[1-2],对已有道路改造,通常需要铲除沥青层,对混凝土层进行开槽,在埋置碳纤维发热线后,需要对开槽勾缝进行回填。实际工程中,往往直接用沥青作为回填材料,但是沥青材料具有强度不足、导热性能较差的缺点^[3]。因此,需要使用具有一定强度且导热性能良好的材料,既可以有效保护碳纤维发热线,又可以减少热能损失。

水泥砂浆是一种传统回填材料,应用广泛,对道路砂浆的强度要求一般为 M20 强度等级以上^[4]。铁粉是指尺寸小于 1 mm 的铁颗粒集合体,是粉末冶金的主要原料。铁粉颗粒的密度一般为 7.854 g/cm³,远远高于细骨料砂的密度(中粗河砂一般为 2.58 g/cm³),将高强度的细骨料混入砂浆中替代河砂可以提高材料力学强度^[5],同时作为金属材料,其导热能力也远远优于普通河砂。郑宇博等^[6]将钢纤维掺入水泥砂浆,得出河砂可以使纤维混杂体系硬化物保持较高的强度,胶砂比为 1:2 时,硬化物的力学性能较好。张伟平、沈雷等^[7-8]对于砂浆混凝土进行导热系数研究,发现砂率、骨料种类及其体积分数、水灰比和饱和度也均对其导热系数有影响,需用热线法导热系数仪来测试这种固体导热系数^[9]。雷岩等^[10]将铁粉加入电缆复合材料之中,结果表明:在电缆复合材料中掺加一定量的铁粉可以降低材料的电阻性能,提高其导热性能。

然而,目前对水泥砂浆内掺铁粉的研究相对较少,笔者通过对不同铁粉掺量的水泥砂浆试块进行抗压、抗折和导热系数试验,研究材料的力学性能和导热性能的变化规律,得出铁粉掺量与材料强度及导热系数之间的关系,为实现新型、高效道路融雪化冰回填材料的研究打下基础。

1 试验方案

1.1 原材料与配合比设计

采用华新水泥(鄂州)有限公司制造的 P·O 42.5R 普通硅酸盐水泥,厦门艾思欧标准砂有限公司生产的标准试验砂以及南通新华铁粉厂生产的中号铁粉,主要为 30~100 目(图 1)。



图 1 中号铁粉

拌合水采用普通自来水,满足规范对水泥基材料试验用水的要求^[4]。考虑到铁粉相比于钢纤维,更易分散和拌和,适当提高胶凝材料的含量,最终胶砂比取为 1:3。由于该配合比砂浆强度要高于 M30 砂浆强度,故对胶凝材料采取内掺的方法,即

[收稿日期] 2020-01-13

[基金项目] 湖北省技术创新专项(2018AAA028);湖北工业大学绿色工业项目(BSQD12060);湖北省教学研究项目(2017314,2016299)

[第一作者] 钱 锟(1996—),男,湖北武汉人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为道路融雪化冰技术

[通信作者] 谭 燕(1981—),女,湖南娄底人,工学博士,湖北工业大学讲师,研究方向为建筑新材料力学性能

用同等质量的铁粉取代同等质量的水泥,达到减少工程成本的目的。分别对 M30 水泥砂浆内掺质量分数为 3%、5%、7%和 10%铁粉进行试验,抗压、抗折和导热系数试验分组见表 1。

表 1 试验分组				kg/m ³
试验编号	水泥	砂	水	铁粉
A1	585.9	1757.8	293.0	0
A2	568.4	1757.8	293.0	17.6
A3	556.6	1757.8	293.0	29.3
A4	544.9	1757.8	293.0	41.0
A5	527.3	1757.8	293.0	58.6

1.2 试件制备方案

将水泥、砂和铁粉按比例混合,使用 JJ-5 型砂浆搅拌机先进行两分钟慢搅(自转 140±5 r/min,公转 62±5 r/min),同时缓慢加入相应质量的自来水,慢搅完毕后再进行两分钟快搅(自转 285±10 r/min,公转 125±10 r/min)。全部搅拌完毕后分别注入抹油后的 40 mm×40 mm×160 mm 和 70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm 的试模以及 Φ61.8 mm×Φ20 mm,体积约为 60 cm³ 的环刀之中,浇筑成型后放置振捣台进行 1 min 的振捣,随后立即用塑料薄膜覆盖以防硬化期间水分蒸发,24 h 后拆模并移至标准养护室(温度 20±5℃,相对湿度 95%)养护 28 d。养护完毕后分别进行抗压、抗折和导热系数试验,每种试验同一铁粉掺量需制备三组相同试块以减小试验误差。

1.3 抗压试验

对不同铁粉掺量的的五组试块进行抗压试验,试块规格为 70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm(图 2)。将试件安放在试验机的下压板或下垫板上,试件的承压面应与成型时的顶面垂直,试件中心应与试验机下压板或下垫板中心对准。开动试验机,当上压板与试件或上垫板接近时,调整球座,使接触面均衡受压。承压试验应连续而均匀加荷,加荷速度为 1 kN/s,当砂浆强度不大于 2.5 MPa 时,宜取下限。当试件接近破坏并迅速变形时,停止调整试验机油门,直至试件破坏,然后记录破坏荷载,抗压试验结果见表 2。

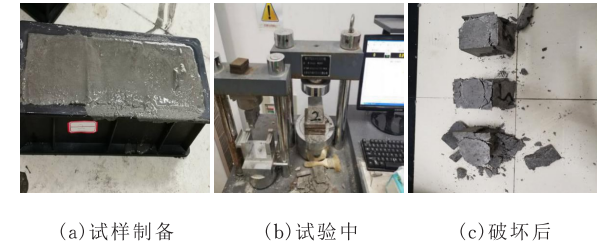


图 2 抗压试验

表 2 抗压强度				MPa
试验编号	试块组别			三组试验结果取值
	1	2	3	
A1	36.9	37.4	36.4	36.90
A2	35.7	34.8	34.1	34.87
A3	33.1	32.9	32.3	32.77
A4	30.3	31.7	30.5	30.83
A5	28.9	28.6	29.6	29.03

1.4 抗折试验

采用美特斯工业系统(中国)有限公司生产的抗折抗压试验机,对不同铁粉掺量的试块进行抗折试验,试块规格为 40 mm×40 mm×160 mm。将试件一侧放置试验机支撑圆柱上,试件长轴垂直于支撑圆柱,控制 50 N/s±10 N/s 的速率均匀地将荷载垂直加在棱柱体相对侧面上,直至试块破坏,记录试件折断时施加于棱柱体中部的荷载,得到抗折强度见表 3,试件破坏前后见图 3。抗压强度计算公式如下:

$$R_f = \frac{1.5 F_f L}{b^3}$$

式中: R_f 为抗折强度, F_f 为折断时施加于棱柱体中部的荷载, L 为支撑圆柱之间的距离, b 为棱柱正方形截面的边长。其中, $L=100\text{ mm}$, $b=40\text{ mm}$ 。

表 3 抗折强度				MPa
试验编号	试块组别			三组试验结果取值
	1	2	3	
A1	11.0	11.1	10.5	10.87
A2	10.2	10.0	9.7	9.97
A3	9.5	9.2	9.1	9.27
A4	8.8	8.6	8.5	8.63
A5	8.0	7.4	8.2	7.87

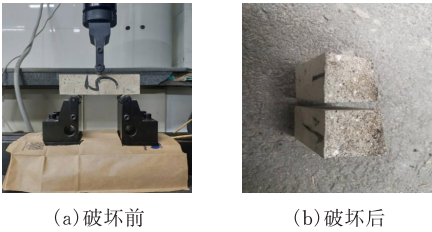


图 3 抗折试块

1.5 导热系数试验

使用湘潭湘仪仪器有限公司生产的 DRE-Ⅲ 导热系数测试仪,对五组不同铁粉掺量的圆饼状试块进行导热系数试验,规格为 Φ61.8×20 mm(图 4)。将传感器用两块圆饼试块盖住夹紧,连接到仪器上,在电源电压测试均正常后进行调零,先对有机玻璃以及石英玻璃进行测试,确定仪器测试结果正常后,调好参数对各个试块进行测试,试验结果见表 4。

9.2%到 16.8%，导热性能最好，因此，铁粉掺量为 5%的新型回填材料，既能满足回填材料所需的强度要求，又具备一定的导热系数，具有较大的应用价值。

将这三组试验的结果用 Origin 拟合成曲线进行对比分析，当试块铁粉掺量为 4.42%时，最大导热系数，具有较好的导热性能，由于两种力学试验的试验结果拟合曲线斜率小于 0，故其力学强度会优于 5%铁粉掺量试块。可见，铁粉掺量与回填材料的强度和导热系数具有很好的相关性，当铁粉掺量约为 4.42%时，道路融雪化冰填埋碳纤维发热线材料各项性能最优。

3 结 论

1)用铁粉替换等质量的水泥掺入水泥砂浆后，随着铁粉掺量的增加，其抗压强度与抗折强度均呈下降趋势。

2)当铁粉掺量达到铁粉与水泥总质量 5%前，随着铁粉掺量的增加，同等质量水泥的减少，水泥砂浆材料导热系数呈现上升趋势；当铁粉掺量在铁粉与水泥总质量的 5%到 10%之间，随着铁粉掺量的增加，同等质量水泥的减少，导热系数大小呈下降趋势。

3)铁粉质量达到铁粉与水泥总质量的 5%时，水泥砂浆导热性能达到最优；而由试验结果拟合得到，最优铁粉掺量为 4.42%。因此，对于埋设的碳纤维发热线会有较高的传热效率，同时具备工程所需

的力学强度。相比其他材料，铁粉价格不高同时用量也不高，具有实际工程应用价值。

[参 考 文 献]

[1] 袁玉卿,张业,郭斌.预埋碳纤维发热线沥青混凝土融雪试验研究[J].中国科技论文, 2019,14(6):637-641.

[2] 胡天文,霍海峰,张佩浩,等.碳纤维沥青混凝土导电特性研究[J].新型建筑材料,2017,44(10):58-61,80.

[3] 袁溪伟.沥青路面高温导热系数研究[D].西安:长安大学,2019.

[4] 建筑砂浆配合比设计规程:JTJ/T98-2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.

[5] 丁小蒙,陈忠范,刘琼,等.不同强度废混凝土对再生细骨料砂浆力学性能的影响[J].东南大学学报(英文版),2019,35(3):374-380.

[6] 郑宇博,杨丽辉,陈宇,等.混杂纤维增强水泥砂浆砂胶比与力学性能的关系[J].混凝土与水泥制品,2019(8):45-49.

[7] 张伟平,童菲,邢益善,等.混凝土导热系数的试验研究与预测模型[J].建筑材料学报,2015,18(2),183-189.

[8] 沈雷,任青文,张林飞,等.开裂混凝土有效导热系数研究:三维模拟与试验验证[J].水利学报,2017,48(6),689-701.

[9] 李栋伟,刘娟,蔡强,等.人工冻融黏土导热系数试验研究[J].地下空间与工程学报,2017,13(6):1452-1456,1471.

[10] 雷岩,谷龙艳.铁粉对电缆复合材料电性能和导热性能的影响[J].许昌学院学报,2015,34(2):99-102.

Influence of Iron Powder on the Strength and Thermal Conductivity of Cement Mortar

QIAN Kun, TAN Yan, XIAO Henglin

(School of Civil Engin.,Architecture and Environment,Hubei Univ.of Tech.,Wuhan 430068,China)

Abstract: In order to study a kind of road backfill material with higher thermal conductivity efficiency and certain strength of landfill carbon fiber hot wire, the influence of different iron powder content on compressive strength, flexural strength and thermal conductivity of cement mortar was studied by mixing 3%, 5%, 7% and 10% iron powder into M30 cement mortar respectively. The results show that the compressive strength and flexural strength of the test block decreased gradually with the increase of the content of iron powder, and the thermal conductivity increased first and then decreased with the increase of the content of iron powder. The suitable content of iron powder was obtained. The strength met the requirements and the thermal conductivity reached the maximum value, which provides a reference for practical engineering application.

Keywords: cement mortar;iron powder;compressive; strength;flexural strength;thermal conductivity