

钢渣微表处混合料的制备及性能研究

李灿华¹, 向晓东¹, 周溪滢¹, 刘思², 焦立新²

(1. 武汉科技大学资源与环境工程学院, 湖北 武汉 430080;

2. 武钢金属资源公司研究中心, 湖北 武汉 430082)

摘要:将钢渣细颗粒应用于微表处混合料的主骨料中,部分替代优质玄武岩,将钢渣粉作为活性填料替代水泥、消石灰等传统的填料,配以玄武岩细颗粒、废旧橡胶粉和SBR改性乳化沥青配制成了MS-3型钢渣微表处混合料。对所成型的钢渣微表处混合料,采用拌和时间、1h湿轮磨耗以及粘聚力等指标来评价其综合路用性能,试验结果表明:钢渣微表处混合料的拌和和时间较长,均超过了规定的120s的最低限度,证明钢渣微表处混合料适宜生产;1h湿轮磨耗值较小,均小于规定的540g/cm²;60min粘聚力的值均大于规定值2N·m,这些都反映出钢渣微表处混合料的优秀路用性能,并在实验室中证明是一种可靠的沥青路面养护材料。钢渣微表处混合料能有效解决钢渣应用不充分、微表处混合料路用性能不够好等问题。

关键词:钢渣;微表处混合料;改性乳化沥青;性能研究

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2013.06.016

中图分类号:TD989,TQ172.44 文献标识码:A 文章编号:1000-6532(2013)06-0059-04

钢渣作为炼钢生产的副产物,产生率约为粗钢产量的15%~20%。2011年我国的粗钢产量达到6.83亿t^[1-2],钢渣产生量达到9000万t,但是我国钢渣利用率低下,钢渣逐年堆积严重,截止到2012年上半年,我国积存的钢渣已有6.2亿多t,而且每年仍以数百万吨的排渣量递增。长期以来钢渣被当作废弃物直接抛弃,大量的钢渣堆积成山,占用了大片用地,造成了环境污染。如何对钢渣进行资源化和高价值综合利用研究,已经成为国内企业界和学术界的一个重要研究课题。

微表处混合料作为一种重要的养护材料的缺点:(1)使用玄武岩为主骨料。玄武岩这种优质石料在我国大多数地区储量不多,价格较高,导致微表处混合料的成本居高不下;(2)传统的微表处混合料的强度不够,铺制成稀浆封层后,容易出现车辙、散粒、与沥青底层错位等状况。将钢渣应用于微表处混合料中能充分发挥钢渣高硬度、高耐磨性,以及钢渣粉与乳化沥青的高黏附性,可以实现变废为宝,提高路面养护材料性能的作用。

1 材料及性质

1.1 改性乳化沥青

使用的SBR改性乳化沥青是由重交通AH-70基质沥青、阳离子慢裂快凝乳化剂和阳离子SBR胶乳制成。其主要性能见表1。

表1 改性乳化沥青的主要技术指标

Table 1 The main indexes of modified emulsified asphalt

测试项目	技术指标	
蒸发残留物含量/%	>62	
筛上剩余量(1.18mm筛)/%	≤0.1	
沥青标准黏度 E25	12~60	
恩格拉黏度 C25.3/S	3~30	
贮存稳定性/%	1d	≤1
	5d	≤5
	电荷	+
蒸发残留物性质	残留针入度比(25℃)/%	4~100
	延度(5℃)/cm	≥53
	软化点(环与球法)/℃	≥20
溶解度(三氯乙烯)/%	≥97.5	

收稿日期:2013-03-11

基金项目:武汉市重大成果转化项目(2013010803010378);武汉钢铁集团公司重大科技专项(20130120)

作者简介:李灿华(1979-),男,博士研究生,工程师,研究方向为冶金渣资源化利用与低碳经济研究。

1.2 矿料性质

将钢渣细颗粒应用于微表处混合料的主骨料中,部分替代以往作为主骨料的优质玄武岩。钢渣细颗粒的公称最大粒径为 9.5 mm,表观密度为 3.300 g/cm³;在 60℃。水里浸泡 120 h 体积稳定;玄武岩细颗粒的公称最大粒径为 4.75 mm,表观密度为 3.146 g/cm³。

1.3 填料性质

1.3.1 钢渣粉

钢渣粉为武钢废弃钢渣破碎后的粉末,其粒度为 0.6 mm 通过率为 100%,0.15 mm 通过率为 90%~100%,0.075mm 通过率为 90%~100%;在 60℃ 热水里浸泡 120 h 体积稳定;钢渣的化学成分为:SiO₂ 含量<20%,Fe₂O₃ 含量>20%,CaO 含量>40%,MgO 含量>6%;MnO、Al₂O₃、SO₃ 以及 R₂O 的含量均

小于 1%;

1.3.2 废旧橡胶粉

废旧橡胶粉来自废旧的车轮胎磨细而成的粉末。其粒度为 0.6 mm 通过率为 100%,0.15 mm 通过率为 90% 以上,0.075mm 通过率为 90% 以上。

2 钢渣微表处混合料设计

2.1 级配设计

我国微表处混合料按矿料公称最大粒径的不同,可分为 MS-2 型和 MS-3 型。MS-3 型微表处,公称最大粒径为 9.5mm,适用于高速公路、一级公路的罩面和车辙填充;MS-2 型微表处,公称最大粒径为 4.75mm,适用于中等交通量高速公路,一、二级公路的罩面。其各自的级配范围见表 2。

表 2 我国微表处级配范围

Table 2 The gradation range of micro-surfacing mixture

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
MS-2	100	90~100	65~90	45~70	30~50	18~30	10~21	5~15
MS-3	100	70~90	45~70	28~50	19~34	12~25	7~18	5~15

通过对钢渣微表处混合料各组成成分进行筛分以及粒度分布分析,确定了以 MS-3 型连续性级配为设计标准的混合料级配,见表 3。此级配设计合理,完全满足《公路沥青施工技术规范》JTG F40-2004^[3] 中微表处的级配设计要求。

表 3 钢渣微表处混合料 MS-3 型连续性级配设计表

Table 3 The continuous gradation design of steel-slag micro-surfacing mixture MS-3

孔径/mm	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配/%	100	77.6	57.4	42.4	30.3	21.2	11.8	7.1

2.2 组成设计

表 4 钢渣微表处混合料组成设计/%

Table 4 The mixture design of steel-slag micro-surfacing mixture

配比	钢渣细颗粒	玄武岩细颗粒	钢渣粉	废旧橡胶粉	水	SBR 改性乳化沥青
1	72	10	2	2	6	8
2	72	10	3	1	8	6
3	72	10	1	3	8	6
4	75	9	2	2	6	6
5	70	12	2	2	7	7

由于沥青微表处混合料由多种成分构成,各组

分的不同可能会影响混合料的整体性能。为了研究钢渣细颗粒成分(1.18~4.75 mm)对微表处混合料的影响,以及混合料中各组分之间的配伍性,特设计了五种微表处混合料组成成分设计方案,见表 4。

3 混合料制备及测试

3.1 钢渣微表处混合料的制备

钢渣微表处混合料的制备方法:在室温下,按配合比称取钢渣细颗粒、玄武岩细颗粒、钢渣粉及废旧橡胶粉后倒入拌和锅中以 79RPM 的转速搅拌 90s 后,倒入称取好的水及 SBR 乳化沥青再以 79RPM 的转速搅拌 10s。

3.2 测试方案

3.2.1 拌和试验^[4]

拌和试验主要确定沥青混合料的可拌和时间(Mixing Time)和初凝时间(Set Time),从而为确定较佳的沥青用量和水泥用量提供依据。按照规范要求依次加入原材料拌和并开始计时,注意观察混合料的拌和状态:当稀浆混合料变稠,手感到有力时,

表明混合料开始有破乳的迹象,此刻的时间即为可拌和时间;继续拌和,当混合料完全抱团,无法拌和时,此刻的时间为不可施工时间。

3.2.2 湿轮磨耗试验^[5]

湿轮磨耗试验(Wet Track Abrasion Test,简称WTAT)是模拟汽车轮胎在湿润状态下与路面的磨耗作用,检验改性乳化沥青的性能及用量、与骨料的粘附性及设计的混合料配合比是否合理,能否满足行车磨耗的需要,重点验证微表处中沥青含量是否充足。WTAT是微表处试验中很重要的一环,它不仅确定沥青用量的下限,也可评估稀浆混合料成型后的抗磨耗性能。此外,还可以评价混合料各个组分的配伍性,若配伍性不好,即使各个组分材料质量优良,也无法得到高性能的混合料,此时混合料的湿轮磨耗值往往无法满足要求,仅仅靠增大沥青用量也无法提高耐磨耗能力。

按规定制作试件,烘干保温,置于湿轮磨耗仪上,在 $(25\pm 1)^\circ\text{C}$ 的水浴中转动磨耗头磨耗 $(300\pm 2)\text{s}$ 后停止,冲洗烘干,计算试件磨耗前后的质量损失。磨耗值按照公式(1)计算:

$$WTAT = \frac{m_a - m_b}{A} \quad (1)$$

式中:WTAT——微表处混合料的磨耗值, g/m^2 ;

m_a ——磨耗前的试件重,g;

m_b ——磨耗后的试件重,g;

A——磨耗头胶管的磨耗面积(由仪器说明书提供), m^2 。

我国规范要求微表处浸水1h的WTAT值不大于 $540\text{g}/\text{m}^2$,浸水6d的WTAT值不大于 $800\text{g}/\text{m}^2$ 。

3.2.3 粘聚力试验^[3]

粘聚力(Cohesion Torque)试验是在 0.193MPa 压力下不同时段的最大扭矩,以此来确定稀浆混合料的固化时间和开放交通时间(Traffic Time)。按照规定方法制作试样,将成型30min后的试件置于粘聚力试验仪上进行试验,每30min测定一次其最大扭矩,试件最大扭矩达到 $2.0\text{N}\cdot\text{m}$ 的时间即为固化时间。固化时间加上初凝时间就是稀浆封层早期开放交通的时间。规范要求微表处30min粘聚力不

小于 $1.2\text{N}\cdot\text{m}$,60min粘聚力不小于 $2.0\text{N}\cdot\text{m}$ 。粘聚力试验的结果受温度的影响很大,技术规范要求试验在温度 $(25\pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境下进行。

4 试验结果及分析

按照表4设计的五种配比要求,进行了相应的试验,其试验结果见图1~3。

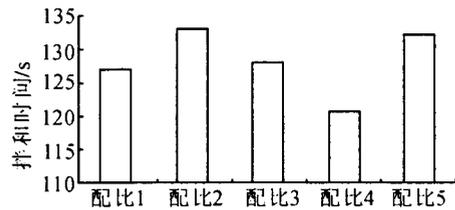


图1 各组成成分方案拌和时间试验结果

Fig. 1 The results of mixing time with various composition

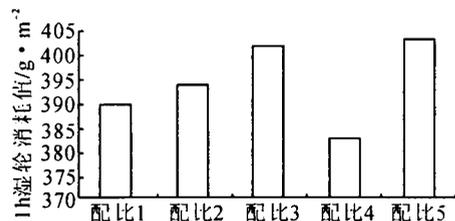


图2 各组成成分方案的1h湿轮磨耗值试验结果

Fig. 2 The results of abrasion of wet round in an hour with various composition

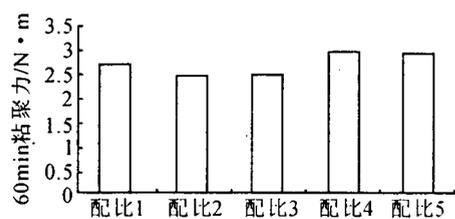


图3 各组成成分方案的粘聚力试验结果

Fig. 3 The results of cohesion with various composition

由图1~3可知,各试验方案的钢渣微表处混合料的拌和时间较长,均超过了规定的120s的最低限度,证明钢渣微表处混合料适宜生产;1h湿轮磨耗值较小,均小于规定的 $540\text{g}/\text{cm}^2$;60min粘聚力的值均大于规定值 $2\text{N}\cdot\text{m}$ 。这些都反映出钢渣微表处混合料的优秀路用性能,并在实验室中证明是一种可靠的沥青路面养护材料。

5 结 论

(1) 钢渣微表处混合料的可拌和时间较长,均超过了规定的 120s 的最低限度,证明钢渣微表处混合料适宜生产;1h 湿轮磨耗值较小,均小于规定的 540 g/cm^2 ;60min 粘聚力的值均大于规定值 $2\text{N} \cdot \text{m}$ 。这些都反映出钢渣微表处混合料的优秀路用性能,并在实验室中证明是一种可靠的沥青路面养护材料。

(2) 钢渣微表处混合料能有效解决钢渣应用不充分、微表处混合料路用性能不够好等问题。而且

它具有高耐磨性、高粘附性等特点,是一种廉价优质的路用养护材料。

参考文献:

- [1] 短讯. 石油沥青, 2012, 26:8.
- [2] 前瞻网. <http://www.qianzhan.com/qzdata/detail/149/20120302-9faa9da567a4cc81.html>.
- [3] JTG F40-2004, 公路沥青施工技术规范[S].
- [4] 徐剑, 秦永春. 微表处混合料可拌和时间的影响因素[J]. 公路交通科技, 2002, 19(1):4-7.
- [5] 徐剑, 秦永春, 黄颂昌. 微表处混合料路用性能的研究[J]. 公路交通科技, 2002, 19(4):39-42.

Study on the Preparation and Properties of Steel-slag Micro-surfacing Mixture

LI Can-hua¹, XIANG Xiao-dong¹, ZHOU Xi-ying¹, LIU Si², JIAO Li-xin²

(1. College of Resources and Environmental Engineering of Wuhan University of Science and Technology,
Wuhan, Hubei, China

2. Research Center of Metal Resources Co. of WISCO, Wuhan, Hubei, China)

Abstract: The fine particle steel-slag can be applied to the aggregate of micro-surfacing mixture, some of them will be instead of high grade basalt which is used for aggregate. The powder steel-slag which is used for active filler can be instead of the traditional packing cement and slaked lime, and then mixed fine particle basalt, waste rubber powder and SBR modification emulsified asphalt, finally the MS-3 steel-slag micro-surfacing mixture will be obtained. Such indexes as mixing time, abrasion of wet round in an hour and cohesion can be used to evaluate the comprehensive pavement performance of mixture. The test results show that mixing time is too long and exceeds the regulated-minimum value of 120s, which proves that steel-slag micro-surfacing mixture is appropriate for production. The value of abrasion of wet round in an hour is relatively small and all less than the regulated value of 540g/cm^2 . The value of cohesion in an hour is all greater than the regulate value of $2\text{N} \cdot \text{m}$. All of those show that steel-slag micro-surfacing mixture have excellent pavement performance and provs a reliable maintain material for bituminous pavement in laboratory, which can solve such problems as insufficiency use of steel-slag and low pavement performance of the mixture.

Key words: Steel-slag; Micro-surfacing mixture; Modified emulsified asphalt; Performance research