

填料级配及浓度对心墙沥青混凝土的性能影响分析

杨耀辉, 何建新, 杨海华

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 水工沥青混凝土的力学性能是骨料与沥青胶浆共同作用的结果, 填料的级配和浓度对沥青胶浆的性质有重要影响。本文采用激光粒度分析仪测定了填料级配, 以5种填料级配和3种填料浓度配制沥青胶浆, 对其进行针入度、软化点和拉伸强度试验, 得出填料级配及浓度对沥青胶浆物理、力学性能的影响规律, 随着填料细度及浓度的增加, 沥青胶浆的粘性增大, 物理力学性能增强。填料浓度对心墙沥青混凝土的性能影响较大, 级配相同时, 随着填料浓度的增加, 马歇尔稳定度增大, 流值减小。

关键词: 填料级配; 填料浓度; 心墙沥青混凝土; 沥青胶浆; 力学性能

中图分类号: TV431.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)04-0192-04

Influence of filler gradation and concentration on performance of core wall asphalt concrete

YANG Yaohui, HE Jianxin, YANG Haihua

(College of Hydraulic and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Mechanical properties of asphalt concrete is the result of common effect of aggregate and asphalt mortar. The grading and the concentration of filler have important effect on the properties of asphalt mortar. This paper used laser particle size analyzer to measure the grading of filler. The asphalt mortar was prepared with 5 kinds of filler and 3 kinds of filler concentration, it carried out the test of penetration, softening point and tensile strength, and got the influence law of filler gradation and filler concentration on the physical and mechanical property of asphalt mortar. With the increase of filler fineness and concentration, the physical and mechanical properties of asphalt mortar strengths, the viscosity increases. The filler concentration have greater effect on the performance of core wall asphalt concrete. When the filler gradation is the same, with the increase of filler concentration, Marshall stability increases and the flow value decreases.

Key words: filler gradation; filler concentration; core wall asphalt concrete; asphalt mortar; mechanical property

1 研究背景

心墙沥青混凝土由多级矿料及沥青构成, 沥青胶浆不仅起到填充孔隙的作用, 还起到了粘结粗细集料、传递荷载等作用^[1-2]。在心墙沥青混凝土中, 沥青胶浆由沥青和填料组成, 沥青选定以后, 沥青胶浆的性能很大程度上取决于填料的性能指标。以往的研究中, 大多讨论了填料浓度对沥青胶浆性能的

影响, 而忽略了填料级配的影响^[3-5]。现行的试验规程^[6]及施工规范^[7]中, 没有对0.075 mm以下的颗粒级配提出要求。挪威等发达国家对小于0.075 mm颗粒级配规定^[8]如下: (1) 小于0.075 mm的含量为100%; (2) 小于0.04 mm的含量为80%~90%; (3) 小于0.02 mm的含量为0~20%。生产实践也表明0.075 mm以下的颗粒级配对沥青混凝土的力学性能影响较大, 尤其是在填料用量和沥青用

收稿日期: 2015-03-30; 修回日期: 2015-06-18

基金项目: 新疆维吾尔自治区高校科研计划科学研究重点项目(XJEDU20141016); 自治区级产学研联合培养研究生项目(xjaucxy-yjs-20131080)

作者简介: 杨耀辉(1990-), 男, 山东安丘人, 硕士研究生, 研究方向: 水利水电工程。

通讯作者: 何建新(1973-), 男, 河南扶沟人, 硕士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为水利水电工程。

量较大的水工沥青混凝土中表现的更为显著。本文通过配制5种填料级配、3种填料浓度的沥青胶浆,通过针入度、软化点、拉伸强度及马歇尔稳定度流值试验,研究了填料级配及浓度对沥青胶浆物理、力学性能的影响规律,及对心墙沥青混凝土性能的影响。研究结果可为水工沥青混凝土材料设计提供一定的理论依据和技术支撑。

2 原材料及试验方案

2.1 原材料

原材料包括沥青、石灰石粉(填料)、细骨料、粗骨料。沥青为中国石油克拉玛依石化公司生产的

70A级道路石油沥青(桶装成品),石灰石粉为试验室在球磨机中粉磨后筛分得到,粗细骨料为试验室自行破碎的石灰岩筛分后得到。材料物理性能指标分别见表1~4,技术要求参照SL514-2013水工沥青混凝土施工规范^[7]中的要求。

施工规范^[7]中对于填料细度的规定是0.075 mm通过率不小于85%,为进一步研究填料级配对沥青胶浆性能的影响,通过不同的粉磨时间控制填料级配,并采用LS-POP-6型激光粒度分析仪对5种不同级配的填料进行粒度分析,结果列于表5,级配曲线见图1。

粗骨料、细骨料级配曲线见图2。

表1 沥青物理性能指标

| 指标 | 针入度 (25℃,100g,5s)/0.1mm | 延度 (5cm/min,15℃)/cm | 延度 (5cm/min,10℃)/cm | 软化点(环球法)/℃ |
|------------|----------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| SL514-2013 | 60~80 | ≥100 | ≥25 | ≥46 |
| 样品检测结果 | 72.5 | 110.2 | 68.5 | 49.0 |

表2 石灰石粉物理性能指标

| 指标 | 表观密度/ (g·cm ⁻³) | 亲水系数 | 含水率/% |
|----------------|--------------------------------|------|-------|
| SL514-2013 | ≥2.5 | ≤1.0 | ≤0.5 |
| 1 [#] | 2.70 | 0.56 | 0.1 |
| 2 [#] | 2.70 | 0.63 | 0.1 |
| 3 [#] | 2.70 | 0.71 | 0.1 |
| 4 [#] | 2.70 | 0.77 | 0.1 |
| 5 [#] | 2.71 | 0.86 | 0.1 |

2.2 试验方案

2.2.1 试样制备 将5种石灰石粉与沥青按质量配比1:1,2:1和3:1配制不同浓度的沥青胶浆,参照DL/T5362-2006《水工沥青混凝土试验规程》^[6]沥青的针入度、软化点的要求制样;沥青胶浆拉伸强度试验参照沥青延度试验的试样制备方法,将制备好的沥青胶浆浇入八字模中,将试样在室温下冷却30 min后,高出试模的沥青胶浆用热刮刀刮除,试件放在试验温度(10℃)下恒温2 h,每组3个试样;参考心墙沥青混凝土配合比设计方法^[9],选定3[#]石灰石粉,保证各级矿料用量不变,以5种沥青用量配制

表3 细骨料(直径0.075~2.36 mm)物理性能指标

| 指标 | 超径率/ % | 表观密度/ (g·cm ⁻³) | 吸水率/ % | 坚固性/ % | 水稳定 等级 | 含泥量/ % | 有机质 含量 |
|---------------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SK514-2013 | ≤5 | ≥2.55 | ≤2 | ≤15 | ≥6 | ≤2 | 浅于标准色 |
| 0.075~2.36 mm | 0 | 2.71 | 0.5 | 2 | 10 | 0.4 | 浅于标准色 |

表4 粗骨料(2.36~19 mm)物理性能指标

| 指标 | 表观密度/ (g·cm ⁻³) | 与沥青粘 附性/级 | 针片状 颗粒含量/% | 压碎率/ % | 吸水率/ % | 含泥量/ % | 坚固性/ % |
|-------------|--------------------------------|--------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SL514-2013 | ≥2.6 | ≥4 | ≤25 | ≤30 | ≤2 | ≤0.5 | ≤12 |
| (2.36~19)mm | 2.72 | 5 | 4 | 17 | 0.5 | 0.3 | 3 |

表5 石灰石粉粒度分析结果

| 粒径/ mm | 石灰石粉通过率/% | | | | |
|-----------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# |
| 0.002 | 3.93 | 3.90 | 1.71 | 1.23 | 0.49 |
| 0.010 | 47.65 | 36.79 | 29.79 | 22.65 | 11.93 |
| 0.020 | 73.76 | 55.51 | 47.50 | 37.00 | 21.24 |
| 0.040 | 98.78 | 83.10 | 75.31 | 64.69 | 48.77 |
| 0.075 | 100.00 | 96.18 | 89.27 | 86.04 | 80.06 |
| 0.100 | 100.00 | 100.00 | 98.12 | 94.22 | 91.01 |
| 0.150 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.64 | 95.20 |

不同填料浓度的沥青混凝土,由于心墙沥青混凝土的填料浓度一般不低于1.6且不高高于2.2^[10],本次试验选用填料浓度区间为1.6~2.0,每组成型6个马歇尔试件。

2.2.2 试验方法 沥青胶浆的针入度、软化点试验

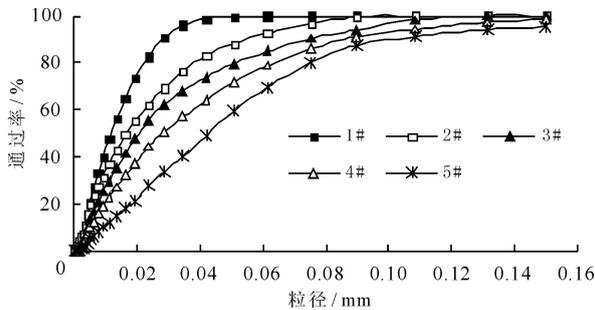


图1 石灰石粉级配曲线

参照文献[7]规定的方法进行,沥青胶浆的拉伸强度采用电子拉力试验机(最大量程为1 000 N,精度为1%)测定。

心墙沥青混凝土性能通过马歇尔稳定性试验进行,该试验方法对由粘稠石油沥青配制的沥青混凝土规定的试验温度为60℃,也是为了满足材料热稳定性的要求。对于心墙沥青混凝土而言,新疆地区常年的工作温度稳定在8~10℃,不存在热稳定性的要求。再者沥青混凝土是温度敏感性材料,水工沥青混凝土中的沥青含量偏大,其温度敏感性更大,即温度越高,其性能的稳定性越差。所以适当降低试验温度,对提高试验结果的重复性,评价沥青混凝土的性能都是有利的。结合当前我国马歇尔试验仪的性能特点,本次沥青混凝土马歇尔试验温度采用了40℃。

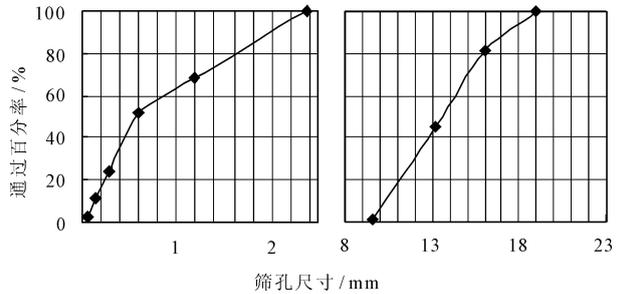


图2 粗细骨料级配曲线

3 试验结果及分析

3.1 针入度及软化点试验结果

5种不同填料级配沥青胶浆在同种填料浓度下的针入度和软化点试验结果见图3、4。从图3、4可以看出,填料浓度相同时,随着填料级配越细,沥青胶浆的针入度越来越小,软化点不断升高;填料级配相同时,随着浓度的增大,也有相同的规律。石灰石粉级配变细,就有更大的比表面积与沥青发生交互作用,产生了更多的结构沥青,从而使沥青胶浆的粘度增加,针入度减小,软化点升高。有研究指出且经试验人员验证,随

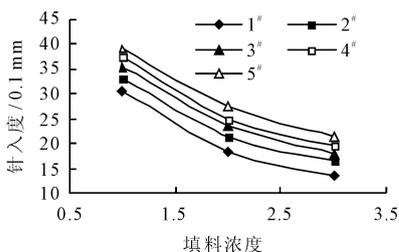


图3 针入度试验结果

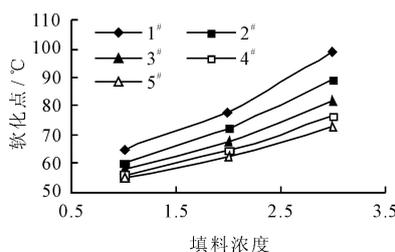


图4 软化点试验结果

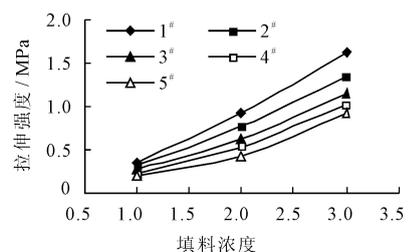


图5 拉伸强度试验结果

着填料级配变细,填料的亲水系数降低,表明填料与沥青的粘附性增强,而随着填料浓度的增加,单位质量内,有更多的填料与沥青产生交互作用,沥青胶浆中的结构沥青含量增加,粘度增大。但填料级配过细、浓度太高又会使沥青胶浆过于粘稠,从而影响沥青胶浆与骨料的裹覆效果和沥青混凝土的施工性能。

3.2 沥青胶浆拉伸强度试验结果

对制备好的沥青胶浆试样进行拉伸试验,并参考文献[6]沥青混凝土拉伸试验的取值规定,由于试验结果的离散性较小,故取平均值作为试验结果,拉伸强度变化曲线见图5。

从图5可以看出,在相同填料浓度时,随着石灰石粉的级配变细,拉伸强度不断增大,石灰石粉的级配影响沥青胶浆的力学性能,进而影响沥青混凝土的性能。且5组不同级配的石灰石粉沥青胶浆随着填料浓度的增加,拉伸强度都有较大幅度的增大。石灰石粉掺入到沥青中后,使原来容积状的沥青变为薄膜状的沥青,更多的自由沥青变为结构沥青,石灰石粉级配越细,其比表面积越大,石灰石粉颗粒表面的结构沥青膜越薄,使沥青胶浆自身的内聚力和粘结力增强,拉伸强度随之增大。相同级配下,随着填料浓度的增加,结构沥青的含量增加,结构沥青膜减薄,沥青胶浆的拉伸强度增大,但填料浓度不宜过高,填料浓度越高,沥青胶浆的变形能力逐渐减弱,由塑性破坏逐渐向脆性破坏转变,水工沥青混凝土的填料浓度一般在2.0左右^[8]。

3.3 马歇尔流值稳定度试验结果

5种不同填料浓度沥青混凝土的马歇尔稳定度、流值试验结果见表6。

表6 马歇尔稳定度流值试验结果

| 填料用量/ % | 沥青用量/ % | 填料 浓度 | 稳定度/ kN | 流值/ (0.1mm) |
|------------|------------|----------|------------|----------------|
| 12 | 6.1 | 2.0 | 12.32 | 39.2 |
| 12 | 6.4 | 1.9 | 11.35 | 44.1 |
| 12 | 6.7 | 1.8 | 10.71 | 46.3 |
| 12 | 7.0 | 1.7 | 10.21 | 52.6 |
| 12 | 7.3 | 1.6 | 9.71 | 55.4 |

从表6中试验结果可以看出,在相同填料用量情况下,增加沥青用量,填料浓度减小,心墙沥青混凝土的填料浓度减小,单位质量沥青胶浆中所含的填料越少,沥青越多,从而填料与沥青的交互作用减弱,沥青胶浆自身的内聚力和粘结力降低,稠度和粘度减小,心墙沥青混凝土的稳定度随之减小;而填料浓度减小,沥青混凝土弹塑性逐渐增强,脆性逐渐减弱,变形能力增加,流值不断增大。

4 结 语

本文研究了填料的级配及浓度对沥青胶浆物

理、力学性能及心墙沥青混凝土性能的影响,得出以下结论:

(1)填料级配不同时,其各项物理性能指标也发生变化,级配越细,密度越小、亲水系数也越小。

(2)填料浓度相同,级配越细,配制的沥青胶浆的针入度越小,软化点越高,沥青胶浆粘性越好,拉伸强度也越大。

(3)随着填料浓度增加,沥青胶浆的拉伸强度增大,针入度降低,软化点升高,但胶浆浓度过高会影响沥青混凝土的施工和易性。

(4)填料浓度对心墙沥青混凝土的性能影响较大,因此,在进行混凝土配合比设计时,应注意填料浓度的选择,为提高水工沥青混凝土的密实性和施工性能,填料浓度一般应控制在1.6~2.0之间,且应尽可能选择级配细的石粉做填料。

参考文献:

- [1] 周亮. 不同填料对沥青胶浆性能影响分析[J]. 公路工程, 2013, 38(1): 24-27.
- [2] 彭勇登. 水泥替代矿粉对沥青胶浆性能的影响[J]. 中外公路, 2006, 26(1): 147-150.
- [3] 谢忠杰. TLA改性沥青胶浆路用性能研究[D]. 长沙:长沙理工大学, 2008.
- [4] 王捷, 龚涌峰. 粉胶比对沥青胶浆和沥青混合料性能的影响[J]. 长沙交通学院学报, 2004, 20(4): 73-77.
- [5] 张华, 钱觉时, 吴文军. 粉胶比对浇注式沥青胶浆高低温性能的影响[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2009, 32(6): 663-667.
- [6] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. DL/T5362-2006, 水工沥青混凝土试验规程[S]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [7] 中华人民共和国水利部. SL514-2013, 水工沥青混凝土施工规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [8] 张怀生. 水工沥青混凝土[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [9] 郭鹏飞, 何建新, 刘亮, 等. 采用天然砾石骨料的浇筑式沥青混凝土配合比设计及性能研究[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(3): 148-150.
- [10] 张应波, 王为标, 杜效鹄. 石灰岩粉填料含量对水工沥青混凝土性能的影响研究[J]. 水力发电学报, 2008, 27(5): 73-77.