

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.03.060

破碎卵石沥青混合料黏附性改善研究

刘光军¹, 陈帅², 周恒玉¹, 刘润喜¹

(1. 中交二公局第四工程有限公司, 河南 洛阳 471013; 2. 长安大学 材料科学与工程学院)

摘要:为了将破碎卵石更好地应用在沥青路面中,对破碎卵石与沥青的黏附性进行了研究。采用破碎卵石、SBS改性沥青、水泥、抗剥落剂等为原材料进行试验,通过浸水马歇尔试验与冻融劈裂试验对其水稳定性进行评价。结果表明:采用SBS+2%水泥+0.3%抗剥落剂的黏附性改善效果最好,沥青混合料的水稳定性能够满足规范要求。

关键词: 沥青路面; 破碎卵石; 浸水马歇尔; 冻融劈裂

由于碎石具有较高强度,棱角分明以及多显中性及碱性与沥青黏附性较好等特点,研究人员通常选用碎石作为沥青混合料的原材料。然而,石料在中国的分布极不均匀,如西藏、内蒙、四川、福建等地石灰岩、花岗岩、玄武岩、片麻岩等沥青路面常用的石料匮乏,同时因为集料的需求量巨大,石料的过度开采对山区环境造成不利影响,给当地的沥青路面建设带来了极大的不便,严重制约了沥青路面的发展。再者,若从外地优质石料产地采购石料,一方面加重了当地环境资源的负担;另一方面石料的长途运输也造成能源浪费和加大高速公路建设成本。因此,在沥青路面建设中,急需寻找新的石料品种以取代传统石料。

中国卵石资源储备丰富,全国各地分布广泛,且取材相对容易,如果能将其应用在路面将取得很大的社会效益。然而,卵石作为酸性集料与沥青黏附性较差,要想将其大量地应用于道路上,卵石与沥青的黏附性是关键因素。目前,国内外工程施工中通常添加消石灰来增加黏附性,但其细度较难难以控制,其他措施如选取水泥、抗剥落剂等来增加黏附性,然而单一的添加剂稳定性不好。因此,该文通过几种方案组合研究破

碎卵石与沥青的黏附性,通过沥青混合料残留稳定度与冻融劈裂试验来分析改善效果。

1 原材料试验

1.1 集料

试验选用集料为当地的河卵石,过筛后粒径大于10 cm的部分经过3级破碎加工生产,破碎为符合规范要求的集料:0~5、5~10、10~15 mm。按JTG E42—2005《公路工程集料试验规程》对其进行性能测试。试验采用的矿粉为西藏当地生产的石灰岩矿粉,水泥为P.O.32.5级普通硅酸盐水泥。集料、矿粉与水泥的相关性能指标检测结果如表1~4所示。

1.2 沥青

试验所用的沥青为西藏产SBS-I C沥青。性能试验按JTJ 052—2000《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》进行,其试验结果符合技术规范要求,具体如表5所示。

1.3 抗剥落剂

试验所用抗剥落剂的物理指标如表6所示。

表1 粗集料技术性质指标测试结果

岩性	粒径/ mm	表观相对 密度	毛体积相 对密度	吸水率/ %	压碎值/ %	针片状 含量/%
破碎卵石	5~10	2.68	2.62	1.06	20.8	7.81
	10~15	2.69	2.61	0.83		12.21
石灰岩	5~10	2.71	2.67	0.67	22.1	5.19
	10~15	2.72	2.67	0.73		8.12

表2 细集料物理性能指标

试验项目	单位	技术要求	试验结果	判定结论	试验方法
表观相对密度		≥ 2.45	2.584	合格	T0328
含泥量	%	≤ 3	2	合格	T0333
砂当量	%	60	87.7	合格	T0334

表3 矿粉的物理性能指标测试结果

试验项目	单位	技术要求	试验结果	试验方法	
表观密度	g/cm^3	≥ 2.45	2.791	T0352	
含水密度(不大于)	%	≤ 1	0.7	T0103	
外观		无团粒结块	无	—	
亲水系数		< 1	1	T0353	
	$< 0.6 \text{ mm}$	%	100	100	
粒度成分	$< 0.15 \text{ mm}$	%	90~100	98.1	T0351
	$< 0.075 \text{ mm}$	%	75~100	76.2	

表4 水泥技术指标

项目	表观相对密度	粒度成分/%			外观
		$< 0.6 \text{ mm}$	$< 0.15 \text{ mm}$	$< 0.075 \text{ mm}$	
试验结果	3.009	100	100	98.2	无团粒结块
技术要求	—	100	90~100	75~100	

表5 SBS改性沥青技术指标

试验项目	单位	试验结果	技术要求	试验方法	
老化前	针入度(25℃)	0.1 mm	108.7	> 100	T0604
	软化点	℃	55.0	≥ 45	T0606
	延度(5℃)	cm	84.2	≥ 50	T0605
TFOT后 残留物	质量损失	%	-0.9	≤ -1.0	T0609
	针入度比	%	56.7	≥ 50	
	延度比	%	48.3	≥ 30	

表6 抗剥落剂性能指标

项目	单位	检测结果	指标要求
含水率(105℃,1h)	%	0.13	≤ 1.0
黏附等级	级	5	≥ 4
分解温度	℃	380	350
浸水马歇尔残留稳定度	%	95	> 90
冻融劈裂强度比	%	90	> 80

2 石料的黏附性试验方案

传统的水煮法对集料与沥青黏附性评价时,由经验丰富的试验人员进行观测,主观因素影响太大,评价黏附性等级范围较宽,无法通过量化具体表现黏附性,有一定的不足之处。因此该文通过改进水煮法进行黏附性测试,拟定的黏附性试验方案如表7所示。

表 7 黏附性试验方案

方案	内容
1	SBS
2	SBS+2%水泥
3	SBS+0.03%抗剥落剂
4	SBS+2%水泥+0.03%抗剥落剂

表 8 黏附性试验结果

方案	M_0/g	M_1/g	M_2/g	剥落率/%	黏附等级/级
1	7.008	7.601	7.300	50.1	2
2	8.500	9.600	9.501	9.0	5
3	7.300	7.400	7.337	6.3	5
4	4.688	6.101	5.510	4.0	5

测试步骤如下:将集料过 13.2、19 mm 筛,取粒径为 13.2~19 mm 形状接近立方体的集料,用洁净水洗净,置于温度为 105 ℃ 的烘箱中烘干,然后干燥备用。将集料逐个用线(铁丝)在中部系牢,称取质量记为 M_0 ,再置于 105 ℃ 烘箱内 1 h。逐个用线提起加热的集料浸入预先加热的沥青中 1 min 后,轻轻拿出,使集料表面完全被沥青膜裹覆。将其悬挂于试验架上,下面垫一张纸以防沥青流掉,并在室温下冷却 30 min。称其质量 M_1 。将沥青裹覆的集料置于微沸的烧杯中 10 min,取出悬挂于 60 ℃ 的烘箱中烘至恒重(两次质量差不超过 0.1 g)记为 M_2 。则沥青剥落率按式(1)计算,试验结果如表 8 所示。

$$P = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100\% \quad (1)$$

从表 8 可知:方案 1 剥落率较其他方案的剥落率

高,破碎卵石与沥青的黏附性较差,通过添加抗剥落剂与水泥在一定程度上增强了沥青与卵石的黏附性。

3 沥青混合料设计与性能研究

3.1 沥青混合料级配设计

根据 JTG F40—2004《沥青路面施工技术规范》进行 AC-13 沥青混合料级配设计,分析各种改善措施的改善效果。其中方案 2 为 2% 的水泥代替矿粉,方案 3 为向沥青中加入沥青质量 0.03% 的抗剥落剂,具体的级配表如表 9 所示。

3.2 最佳沥青用量确定

矿料级配确定后,凭经验选取沥青的用量为 4.5%~6.5%,按照马歇尔试验方法确定最佳沥青用量,试验结果如表 10、11 所示。

表 9 AC-13 沥青混合料级配设计

级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
设计级配	100	93.0	75.1	45.3	34.2	28.0	23.2	15.8	9.3	6.0
上限	100	100	85.0	68.0	50.0	38.0	28.0	20.0	15.0	8.0
下限	100	90.0	68.0	38.0	24.0	15.0	10.0	7.0	5.0	4.0
中值	100	95.0	76.5	53.0	37.0	26.5	19.0	13.5	10.0	6.0

表 10 破碎卵石试件体积指标测定结果

沥青用量/%	理论最大相对密度	毛体积相对密度	空隙率/%	矿料间隙率/%	沥青饱和度/%	稳定度/kN	流值/mm
4.5	2.471	2.284	7.6	16.5	54.2	15.30	2.1
5.0	2.449	2.308	6.0	15.8	63.0	15.80	2.5
5.5	2.436	2.344	3.7	15.2	75.1	15.99	3.1
6.0	2.423	2.351	2.6	15.3	82.2	16.78	3.6
6.5	2.405	2.348	2.3	15.9	85.1	13.80	4.0

表 11 沥青混合料最佳沥青用量马歇尔试验结果

沥青用量/%	理论最大相对密度	毛体积相对密度	空隙率/%	矿料间隙率/%	沥青饱和度/%	稳定度/kN	流值/mm
5.53	2.428	2.348	3.5	15.2	78.3	16.04	3.4

3.3 水稳定性研究

根据 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》,以 5.53% 为最佳沥青用量制作马歇尔试件,按照双面各击实 75 次制作两组试件,每组 5 个。其中,一组试件在常温下测试稳定度;另一组置于 $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ 恒温水浴箱中 48 h 后测试残留稳定度。而冻融劈裂试验则以双面各击实 50 次制作两组试件,其中一组在常温下;另一组在经过冻融后测试其劈裂强度,通过上面两种方法对改善方法进行分析,试验结果如表 12、13 所示。

表 12 沥青混合料的残留稳定度

方案	浸水 0.5 h		浸水 48 h		残留稳定度/%
	稳定度/ kN	流值/ mm	稳定度/ kN	流值/ mm	
1	15.57	3.1	12.46	3.3	80.0
2	15.62	3.4	13.78	3.2	88.2
3	15.76	3.4	13.51	3.3	85.7
4	15.64	3.2	14.14	3.3	90.4

表 13 沥青混合料冻融劈裂试验结果

方案	劈裂强度/MPa		TSR/ %	标准 TSR/ %
	冻融前	冻融后		
1	1.03	0.80	77.0	80
2	1.21	0.99	82.3	80
3	1.00	0.83	82.4	80
4	0.98	0.84	85.2	80

由表 12 可知:方案 1 在不通过任何改善措施条件下,其残留稳定度无法满足规范要求,为了保证路面质量要求,规范提出残留稳定度大于 85%,方案 3 残留稳定度虽然满足要求,但只比规范略大,说明沥青与集料黏附性也不是很稳定。方案 2 与方案 4 中,沥青与集料的黏附性较好,分别比未经改善的方案 1 增加了 8.2% 与 10.4%,比标准残留稳定度增加了 3.2% 与 5.4%。从表 13 可知:方案 1 的冻融劈裂强度比较低,水稳定性较差,不能满足规范要求,方案 2 与方案 3 虽然满足要求,但冻融劈裂强度比不是很高,长期性能较

差。方案 4 高于规范要求的冻融劈裂强度比,具有较好的抗水损害性能。

综上分析,沥青与破碎卵石集料黏附性较差,在通过不同的改善措施后,混合料的抗水损害性能都有不同程度的提高。方案 2 与方案 3 虽然都可以满足规范要求,但其冻融劈裂强度比较低,在长期服役过程中抵抗水损害能力较弱,方案 4 的残留稳定度与劈裂强度远高于规范要求,因此方案 4 为最佳方案。

4 结论

(1) 破碎卵石与沥青的黏附性较差,但其强度高,抗压耐磨,各项指标符合施工技术要求。

(2) 通过对传统的水煮法进行改善,改进的评价方法能够定量地分析集料与沥青的黏附性。

(3) 通过单独添加水泥与抗剥落剂都能在一定程度上提升沥青与破碎卵石间的黏附性,但将两者复合有更好的效果。

参考文献:

- [1] 陈锦. 破碎砾石在沥青面层中的应用研究[D]. 长沙理工大学硕士学位论文,2016.
- [2] 李健. 破碎砾石路用性能研究[D]. 长安大学硕士学位论文,2011.
- [3] 段文正. 花岗岩矿料在沥青混凝土路面中的应用[J]. 公路,2007(10).
- [4] 黄俊峰. 片麻岩沥青混凝土水稳定性研究[D]. 武汉理工大学硕士学位论文,2009.
- [5] 凌天清,林晓,许志鸿. 辉绿岩在高速公路沥青路面表面层的应用研究[J]. 交通标准化,2006(1).
- [6] 武银君,王福满,张宜洛. 不同类型抗剥落剂对花岗岩沥青混合料性能影响研究[J]. 中外公路,2016(1).
- [7] 李丽娟,王玮. 基于均匀设计的抗剥落剂组合对机制砂与沥青黏附性的影响研究[J]. 中外公路,2018(1).
- [8] 马本刚,董赛,杨伟. 水泥代替部分矿粉对 ATB-30 沥青稳定碎石水稳定性的影响[J]. 公路交通科技(应用技术版),2013(5).
- [9] 向浩,朱洪洲,钟伟明. 沥青混合料水稳定性评价方法综述[J]. 中外公路,2016(6).