

石灰岩排水沥青路面路用性能及其抗滑持久性研究

王慧¹, 王焱乾¹, 李俊², 曹东伟³, 程冲⁴

(1. 中国路桥工程有限责任公司, 北京市 100011; 2. 交通运输部公路科学研究院;
3. 中路高科(北京)公路技术有限公司; 4. 中交第一公路工程局)

摘要:石灰岩力学性质不如玄武岩,且抗磨光性能较差。为了研究将其用于排水沥青路面时的路用性能和抗滑持久性,首先对比分析了石灰岩排水沥青混合料、玄武岩排水沥青混合料以及玄武岩 SMA 沥青混合料三者的路用性能。然后采用加速磨光设备,通过测试不同磨耗次数之后 3 种类型沥青混合料的摆值,评价了二者的抗滑持久性。研究表明:石灰岩排水沥青混合料的高温性能稍差于玄武岩排水沥青混合料,但是明显优于 SMA 沥青混合料,其他路用性能与二者整体上相当。随着磨耗次数增加,3 种类型沥青混合料的摆值存在一个早期提高然后大幅衰减并逐渐趋于稳定的变化历程。石灰岩排水沥青混合料的摆值衰减幅度大于玄武岩排水沥青混合料和玄武岩 SMA 沥青混合料,应关注其抗滑持久性问题。

关键词: 道路工程; 石灰岩; 排水沥青路面; 抗滑性能; 加速磨光

1 引言

随着对排水沥青路面的不断认识与深入研究,排水沥青路面在中国得到了一定的发展。目前对于排水沥青路面的研究主要集中在其良好的抗滑性能上,同时为了保证安全耐久性,抗滑衰减规律研究也极其重要。根据以往的研究可知,使用一段时间后沥青路面的抗滑性能主要与集料的抗磨光性能有关,而以石灰岩为粗集料的排水沥青路面在使用一段时间后,由于石灰岩集料被磨光将会造成路面抗滑性能的衰减,但是衰减程度和规律却不清楚。

经查阅国内外相关资料可以发现,研究沥青路面抗滑性能衰减规律的主要试验方法是大型足尺环道试验。该试验可以较真实准确地反映路面抗滑性能衰减变化情况,但是所需场所较大,耗资昂贵,不太适合广泛推广使用。还有一种室内的小型加速磨耗试验装置,这种装置使用较为方便,使用费用较低,而且对于试验过程中各种变量的控制较为容易,也能较为准确地模拟路面抗滑性能衰减情况。

该文研究工作主要采用室内加速磨耗装置。同济大学杨众开发的我国第一台小型加速磨耗设备,采用

橡胶轮胎模拟实际车辆轮胎的磨耗作用,且试验速度可调,最大为 80 km/h。交通运输部公路科学研究院自主研发的平板磨光机磨耗原理与其基本相同。该文采用平板磨光机,使用室内加速磨耗一定次数后测试混合料试件磨耗位置摩擦系数的方法,研究石灰岩排水沥青混合料抗滑性能的衰减规律。

2 试验方案

2.1 原材料及沥青混合料

(1) 原材料

PAC-13 沥青混合料采用高黏度改性沥青,SMA-13 沥青混合料采用 SBS 改性沥青,两种沥青的主要技术指标检测结果如表 1 所示。石灰岩和玄武岩粗集料的主要技术指标检测结果如表 2 所示。细集料采用石灰岩质机制砂,填料采用石灰岩质矿粉,均满足相关规范技术要求。

由表 2 可知:与石灰岩相比,玄武岩的致密性更好,结合化学组成、成岩环境等,其密度、力学性能指标以及耐磨性均优于石灰岩。此外,由于玄武岩为基性岩石,一般呈碱性或弱碱性,再加上近年来沥青材料的不断改良,其黏附性等级达到 5 级,与强碱性的石灰岩

表 1 SBS 改性沥青和高黏度改性沥青主要技术指标

技术指标	单位	SBS 改性沥青	高黏度改性沥青
针入度(25 ℃, 100 g, 5 s)	0.1 mm	56.1	44.9
软化点 $T_{R\&B}$	℃	89.1	97.7
延度(5 ℃, 5 cm/min)	cm	30.1	32.5
布氏旋转黏度(对于 SBS 改性沥青, 采用 135 ℃; 对于高黏度改性沥青, 采用 170 ℃)	Pa · s	2.646	1.098
60 ℃ 动力黏度	Pa · s	—	869 000
质量变化	%	+0.053	+0.114
TFOT 老化后 针入度比(25 ℃)	%	80.4	86.9
延度(5 ℃)	cm	17.9	21.8

表 2 石灰岩和玄武岩粗集料主要技术指标

技术指标	单位	石灰岩	玄武岩
表观相对密度		2.816	2.946
毛体积相对密度		2.798	2.873
压碎值	%	17.5	9.9
洛杉矶磨耗值	%	13.6	9.4
黏附性	级	5	5
坚固性	%	2.8	6.7
磨光值		44	48

黏附性等级相同。

表 3 PAC-13 和 SMA-13 沥青混合料矿料级配组成

混合料类型	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
PAC-13	100	95.0	55.5	20.0	14.5	12.0	10.0	8.5	6.5	5.0
SMA-13	100	95.0	62.5	27.0	20.5	19.0	16.0	13.0	12.0	10.0

(2) 成型石灰岩 PAC-13、玄武岩 PAC-13 和玄武岩 SMA-13 共 3 种沥青混合料的平板磨光试验试件, 分别磨耗 0、10 000、20 000 直至 200 000 次后测试摆值, 对比分析 3 种沥青混合料的抗滑持久性。

2.3 磨耗方案

平板磨光仪如图 1 所示, 加载平台如图 2 所示。



图 1 平板磨光仪



图 2 加载平台

磨耗试件采用直径为 225 mm、高度为 50 mm 的圆柱体, 由车辙板取芯而成。试验在 25 ℃ 的环境温度下完成。为了保证磨耗效果, 在橡胶轮旋转过程中同步喷洒磨耗溶液, 喷洒流量为 20 L/min。磨耗溶液由水和石英砂按照 100 : 6 的比例混合而成, 石英砂的粒径小于 0.063 mm。橡胶轮施加的荷载为 392 N, 旋转速度

为 500 r/min。每磨耗 10 000 次,停止设备运转,并测试试件表面摆值。

3 试验结果与分析

3.1 路用性能试验

不同类型沥青混合料路用性能试验结果见表 4。

表 4 不同类型沥青混合料路用性能试验结果

混合料类型	高温性能		低温性能		水稳定性		
	马歇尔稳定度/kN	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	弯拉强度/MPa	破坏应变/ $\mu\epsilon$	劲度模量/MPa	残留稳定度/%	残留强度比/%
石灰岩 PAC-13	7.1	7 739	6.48	2 279	2 632	90.4	81.2
玄武岩 PAC-13	7.2	9 839	6.92	2 259	3 041	92.4	86.5
玄武岩 SMA-13	6.9	4 662	7.21	2 555	2 598	94.1	90.0

3.2 加速磨光试验

不同磨耗次数之后 3 种类型沥青混合料的摆值测试结果如图 3 所示,磨耗 200 000 次之后的试件外观如图 4 所示。

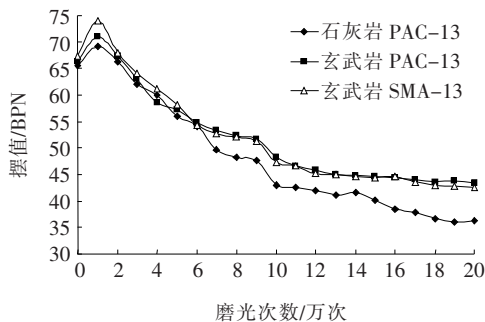


图 3 不同磨光次数之后 3 种类型沥青混合料的摆值



(a) 石灰岩 PAC-13 (b) 玄武岩 PAC-13 (c) 玄武岩 SMA-13

图 4 磨耗 200 000 次之后试件外观

由图 3 可知:随着磨耗次数的增加,3 种类型沥青混合料的摆值均呈现先增后减的变化趋势,摆值增加主要发生在磨耗的前 10 000 次,之后摆值逐渐减少直至趋于稳定。摆值在磨耗前期增大的主要原因在于:沥青混合料集料表面会覆盖一层沥青膜,该沥青膜经过磨耗后逐渐脱落,从而使集料粗糙部分暴露于混合

料表面,此时检测摆值理应大于初始时的检测值。磨耗后期摆值衰减的主要原因在于:集料表面粗糙部分在不断磨耗作用下逐渐变得光滑,抗滑性能随之降低,因此所检测的摆值不断减小。

但是经过 150 000 次左右的磨耗后,摆值的降低速率基本趋于稳定,这主要是因为混合料在经过长时间的磨耗后,集料表面沥青膜已脱落,棱角性也已基本磨平,集料很难继续磨光,因此摆值基本趋于稳定。

具体分析 3 种类型沥青混合料摆值时可以发现:三者初始摆值相差不大,但是随着磨耗次数增加,抗滑性能差异逐渐明显。玄武岩 PAC-13 沥青混合料和玄武岩 SMA-13 沥青混合料的摆值始终保持基本一致,但是石灰岩 PAC-13 与二者的差异却越来越明显。经历 200 000 次磨耗之后,石灰岩 PAC-13 摆值只有 36,衰减幅度达到 44.5%。而玄武岩 PAC-13 和玄武岩 SMA-13 的摆值仍有 43,衰减幅度只有约 36.7%。这表明石灰岩磨光性较差的属性对其长期抗滑性能不利,因此应关注石灰岩排水沥青路面的抗滑持久性问题。建议关注石灰岩排水沥青路面抗滑性能恢复问题,或者可将其用于双层排水沥青路面的下排水层。

4 结论

(1) 由于石灰岩 PAC-13 采用高黏度改性沥青,提供了较高的黏结力,与玄武岩 PAC-13 和玄武岩 SMA-13 相比,其高温性能稍差于前者,但是明显优于后者,其他路用性能则整体上相当。