

文章编号:1005-0523(2013)05-0063-06

硅质石灰岩在高速公路沥青路面抗滑表层中的运用

刘 岩^{1,2}, 张德豪¹, 黄从俊¹

(1. 合肥市规划设计研究院, 安徽 合肥 230041; 2. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 嘉定 201804)

摘要:为了分析硅质石灰岩在高速公路沥青路面抗滑表层中的适用性,采用SBS改性沥青,对硅质石灰岩AC-13沥青混合料的路用性能和长期磨耗性能进行了试验研究。结果表明:AC-13硅质石灰岩沥青混合料的高稳定性、水稳定性和抗滑性能均满足规范要求;加速加载试验结果表明硅质石灰岩沥青混合料经过长期磨耗作用后,试件表面仍具有较高的摩擦系数,可以在较长的运营时间内保持较好的抗滑性能。综上,硅质石灰岩可用于高速公路沥青路面抗滑表层的建造。

关键词:硅质石灰岩;抗滑表层;沥青混合料;长期抗滑磨耗性能

中图分类号:U414

文献标志码:A

进入20世纪80年代以来,随着我国经济的迅速发展,高等级公路的里程不断增加。迄今为止,我国通车里程已经达到世界第2位。高速公路的建设,需要大量的石料,道路建筑材料是修筑公路桥梁的物质基础,其性能直接影响工程的使用质量和使用期限。通常高速公路沥青表面磨耗层的抗滑要求对石料提出了较高的要求,要求石料抗压强度高、耐磨耗而且要满足粘附性要求,目前高速公路沥青路面抗滑表层所用粗集料主要为玄武岩和花岗岩^[1]。贵州都新线改扩建工程沿线缺乏类似于玄武岩这样的硬质石料,如果远距离运输玄武岩,将大大增加工程造价并可能影响工程进度。因此,寻找当地可用于高速公路沥青路面抗滑表层的材料成为了该高速公路修筑必须要解决的问题。通过细致勘探分析,探明沿线部分地段有较大数量的硅质石灰岩分布,硅质石灰岩属于石灰岩,但是其石质坚硬,经过初步测试,其抗压强度和磨光值要较普通的石灰岩高。因此,对硅质石灰岩的工程性质进行试验研究,充分就地取材、降低工程造价很重要,为贵州工程建设特别是高等级沥青路面建设具有重要的现实意义。

主要从集料的特性以及混合料的性能两个方面并结合加速加载试验获得混合料长期磨耗性能,对硅质石灰岩用于沥青路面抗滑表层的可行性进行了研究。

1 原材料

1.1 沥青

本研究采用的SBS(苯乙烯-丁二烯嵌段高聚物)改性沥青的相关技术性质试验结果见表1。

1.2 集料

本研究粗、细集料均采用硅质石灰岩,共有9.5~13.2 mm, 4.75~9.5 mm和0~4.75 mm三档规格料,填料采用石灰岩磨制矿粉,相应的技术性质试验结果见表2~表4,可以看出,硅质石灰岩的各性能指标均满足沥青路面设计规范的要求,且性能良好,可用于沥青路面表层的建设中去。

收稿日期:2013-07-25

作者简介:刘岩(1988—),男,硕士研究生,研究方向为道路工程材料。

表1 SBS改性沥青试验指标

Tab.1 Test indexes of SBS modified asphalt

检测项目	技术要求	检测结果	检测项目	技术要求	检测结果
软换点(环球法)/℃	≥60	64.3	相对密度	实测	1.036
延度(5 cm·min ⁻¹ , 5℃)/cm	≥20	35.1	静放离析软化点差(163℃, 45 h)/℃	≤2.5	1.6
针入度(100 g, 5 s, 25℃)/0.1 mm	30~60	57.1	运动粘度, 135℃/(Pa·s)	≤3	2.25
旋转薄膜加热试验	延度(5 cm·min ⁻¹ , 5℃)/cm	≥15	溶解度/%	≥99.0	99.6
	针入度比/%	≥65	闪点(开口式)/℃	≥230	308
	损失量/%	≤0.6	弹性恢复, 25℃/%	≥75	96

表2 粗集料基本性能指标

Tab.2 Test indexes of coarse aggregate

指标	技术要求	试验结果	指标	技术要求	试验结果
压碎值/%	≤20	10.2	坚固性/%	≤12	1.9
洛杉矶磨耗率/%	≤28	13.1	针片状/%	≤10	1.3
粘附性(加抗剥落剂)/级	≤5	5	软石含量/%	≤2.5	0
磨光值/BPN	≤42	51	表观相对密度/(g·cm ⁻³)	9.5~13.2 mm ≥2.60	2.810
水洗法(0.075 mm)/%	9.5~13.2 mm ≤0.8	0.4		4.75~9.5 mm ≥2.60	2.084
	4.75~9.5 mm ≤0.8	0.6			

表3 细集料基本性能指标

Tab.3 Test indexes of fine aggregate

指标	技术要求	试验结果	指标	技术要求	试验结果
表观相对密度/(g·cm ⁻³)	≥2.60	2.821	砂当量/%	≥60	66
坚固性/%	≤12	3.4	棱角形(流动时间)/s	≤30	35

表4 填料基本性能指标

Tab.4 Test indexes of slag

指标	技术要求	试验结果	指标	技术要求	试验结果
表观密度/(g·cm ⁻³)	≥2.5	2.705	含水量/%	≤1.0	0.1
< 0.6 mm	100	100	外观	无团粒结块	无团粒结块
粒度范围/%	< 0.15 mm	90~100	亲水系数	≤1	0.6
< 0.075 mm	75~100	91.4			

表5 沥青混合料设计级配

Tab.5 Design gradation of asphalt mixture

筛孔/mm	筛孔通过率/%						
	1#集料	2#集料	3#集料	矿粉	级配上限	级配下限	合成级配
16	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	100.0

筛孔/mm	筛孔通过率/%						
	1#集料	2#集料	3#集料	矿粉	级配上限	级配下限	合成级配
13.2	77.7	100.0	100.0	100.0	100	90	94.9
9.50	18.1	95.9	99.4	100.0	85	68	80.1
4.75	2.4	3.3	78.7	100.0	68	38	48.2
2.36	2.1	2.7	55.0	100.0	50	24	34.8
1.18	2.0	2.5	36.5	100.0	38	15	24.3
0.60	1.8	2.4	26.5	100.0	28	10	18.7
0.30	1.8	2.2	18.6	100.0	20	7	14.2
0.15	1.7	2.1	13.9	100.0	15	5	11.5
0.075	1.6	1.7	7.6	91.4	8	4	7.7

2 沥青混合料路用性能试验研究

2.1 最佳沥青用量的确定

采用马歇尔试验方法确定沥青混合料的最佳油石比,试验结果如表6所示。

表6 马歇尔试验结果
Tab.6 Marshall test results

油石比/ %	表干密度/ (g·cm ⁻³)	空隙率/ %	沥青饱和度/ %	矿料间隙率/ %	稳定度/ kN	流值/ 0.1 mm
4.2	2.419	7.9	51.2	16.2	10.40	27.3
4.7	2.480	6.0	61.3	15.5	11.44	31.2
5.2	2.473	4.6	69.8	15.1	10.96	34.6
5.7	2.470	4.1	74.0	15.6	10.82	36.6
技术要求		2~6	65~75	≥14	≥8	20~40

根据最佳油石比(OAC计算方法,相应于密度最大值、稳定度最大值、空隙率中值以及沥青饱和度的中值的沥青用量的平均值作为C₁值,以同时满足空隙率、饱和度、稳定度、流值要求的区间作为C_{min}和C_{max}值,最终计算最佳油石比C。

$C_1=(4.8\%+5.2\%+4.7\%+5.2\%)/4=5.0\%$, $C_{min}=4.9\%$, $C_{max}=5.7\%$, $C_2=(C_{min}+C_{max})/2=5.3\%$, $C=(C_1+C_2)/2=5.3\%$ 。

根据计算结果并结合现场材料及当地的气候条件,沥青混合料的最佳油石比定为5.0%。

2.2 路用性能研究

2.2.1 高温稳定性评价

高温稳定性是指沥青混合料在高温条件下,能够抵抗车辆荷载的反复作用,不发生显著永久变形,保证路面平整度的特性^[3]。在目前的路面设计中,通常采用车辙试验的结果做为沥青混合料高温稳定性能的评价指标。对硅质石灰岩沥青混合料进行0.7 MPa, 60℃条件下的车辙试验^[4],试验结果见表7。

表7 沥青混合料车辙试验结果
Tab.7 Rutting test results of asphalt mixtures

测定值/(次·mm ⁻¹)			平均值/(次·mm ⁻¹)	技术要求
第1次	第2次	第3次		
6 213	6 440	6 617	6 423	≥2 800

注:动稳定度表示在车辙试验最后15 min内,试件在温度60℃,轮压为0.7 MPa下,产生1 mm变形所需要的车轮作用次数。

由表7中试验结果可知,该级配下的高温抗车辙能力满足规范中对普通沥青混合料的动稳定要求,并超出规范要求很多,具有较好的高温抗变形能力,满足贵州地区夏季较为炎热的环境要求。

2.2.2 水稳定性评价

贵州地区潮湿多雨,沥青混合料在水和车辆荷载的共同作用下,沥青会从集料颗粒表面剥离,造成混合料粘结强度的降低,松散的集料颗粒被滚动的车轮带走,沥青路面形成松散、坑洞等“水损害”^[5]。为了保证沥青路面具有良好的使用性能,沥青混合料应具有较好的水稳定性。参照《公路沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000)的规定,通过浸水马歇尔试验和冻融劈裂强度试验评价沥青混合料的水稳定性,试验结果见表8。

表8 水稳定性试验结果
Tab. 8 Water stability test results

残余稳定度	未浸水稳定度/kN	浸水后稳定度/kN	残余稳定度/%	技术要求/%
	11.45	10.48	91.5	90
冻融劈裂强度比	未冻融劈裂强度/MPa	冻融后劈裂强度/MPa	残留强度比/%	技术要求/%
	11.18	10.01	89.5	80

由表8可知,硅质石灰岩普通沥青混合料马歇尔试件的残留稳定度、冻融劈裂强度比均满足《公路沥青路面施工技术规范》在年降雨量>1 000 mm的潮湿地区的要求,具有较好的水稳定性,可用于贵州地区多雨气候环境下的公路面层建设。

2.2.3 低温稳定性评价

当冬季气温降低时,沥青面层将产生体积收缩,而在基层结构与周围材料的约束作用下,沥青混合料不能自由收缩,将在结构层中产生温度应力。沥青混合料低温弯曲试验试验温度一般为-10℃,鉴于贵州地区全年温度都不低于0℃,属于典型的冬温区,一般冬季气温依然在20℃左右,可以考虑不进行低温弯曲试验,此外参考水稳定性研究中的冻融劈裂试验结果,可以判断出该硅质石灰岩改性沥青混合料的低温性能可以满足贵州地区的冬季使用要求,但若应用于其他地区,比如四川、山西等冬寒区,甚至一些冬严寒地区,则必须进行低温弯曲试验,测试该沥青混合料的低温抗裂性能。

2.2.4 抗滑性能评价

沥青路面的抗滑性能是一项重要的路用性能,主要取决于集料自身的表面特性(微观构造)与混合料的级配所决定的表面构造深度(宏观构造)^[6]。摆式仪法是一种常用的沥青路面抗滑性能检测方法,测定的摩擦系数(摆值BPN)值可以综合性地反映路面抗滑性能。在室内用轮碾法制备玄武岩、硅质石灰岩、花岗岩和普通石灰岩沥青混合料车辙板试件,采用摆式仪法测定混合料表面摩擦系数,试验结果见表9。

表9 抗滑性能试验结果
Tab. 9 Result of skid resistance performance test

石料	玄武岩	硅质石灰岩	花岗岩	普通石灰岩
摩擦系数	70	64	60	55

由表9中数据可知,硅质石灰岩沥青混合料路面摩擦系数在常用路面材料玄武岩沥青混合料和花岗岩沥青混合料之间,说明硅质石灰岩沥青混合料路面具有良好的抗滑能力。

3 长期磨耗性能研究

3.1 沥青混合料长期磨耗性能试验方法

国家“六五”攻关路面长期抗滑性能研究指出,路面竣工时验收摩擦系数的办法是不合理的,即使是品质较差的石灰岩,这时也能达到要求。要比较路面是否抗滑,一般需要一年或两年时间才能做出正确判

断,但若一两年后路面抗滑能力不足,采取补救措施(翻修获罩面)就太费工费时了。因此,应当寻求一种新的方法,使防滑路面的修建具有预见性^[7-9]。

研究借助同济大学道路与交通工程教育部重点实验室的小型加速加载试验设备MMLS13对沥青混合料试件进行长期磨耗性能试验。从试验机理和试验条件上,加速加载试验同实际情况最相似。加速加载试验实际上是一个微型环道试验,如图1,图2所示,成型沥青混合料试件拼接成直道,固定在试验轨道上。试验台下接大功率电动机,可以不同速度($0\sim 80\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)转动。从动的轮胎以一定的负载加在沥青混合料环道上,通过6个加载轮的循环运动,实现路面结构的加速磨耗。



图1 小型加速加载仪MMLS13
Fig. 1 Small accelerated loading apparatus MMLS13

试验使用了三种粗集料:玄武岩、硅质石灰岩和石灰岩。在轮压 0.7 MPa , $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下对使用3种粗集料的AC-13混合料和轮压 0.7 MPa , $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下对试件作加速磨耗试验。混合料空隙率控制在4%左右。制备相应规格的试件置于加速磨耗仪试验台上,施加合适的荷载,将制备的三种粗集料的AC-13混合料车辙板试件放置在实验仪器下,调至合适的的转速,每隔 $1\sim 2\text{ h}$ 测定一次试件表面的摩擦系数(摆值BPN),并观察混合料表面状况的变化情况。

3.2 长期磨耗性能试验结果分析

3种粗集料沥青混合料车辙板长期磨耗性能试验结果如图3所示。

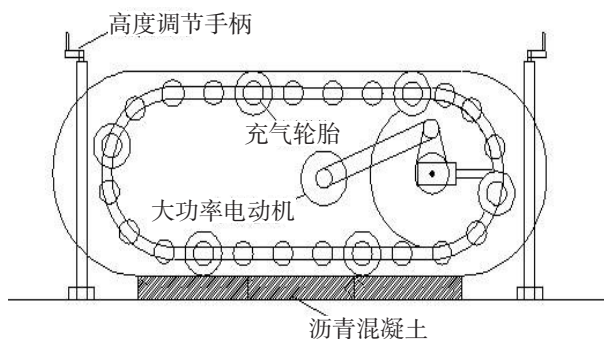


图2 MMLS13结构示意图
Fig.2 Structure diagram of MMLS13

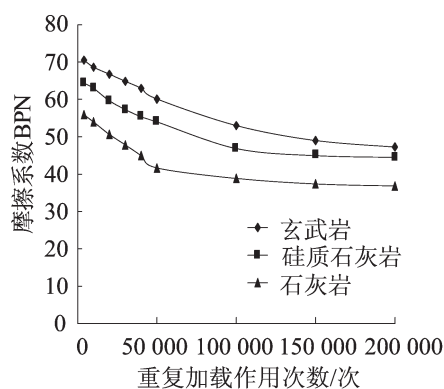


图3 不同粗集料的沥青混合料长期磨耗性能试验结果
Fig.3 The results of long-term wear performance of asphalt mixture material with different coarse aggregates

从图中可以看出不同粗集料沥青混合料车辙板试件在加速加载实验之前,BPN值都较高,具有较好的抗滑性能;随着加速加载的进行,试件表面摩擦系数逐渐衰减,试验初期其减小速度比较快,后期逐渐趋于稳定;不同集料混合料摩擦系数在同一磨耗次数下的关系为:玄武岩>硅质石灰岩>石灰岩。在经过荷载长期磨耗作用(重复加载200 000次)后,硅质石灰岩沥青混合料试件表面摩擦系数为44.5,是玄武岩混合

料试件表面BPN的94%左右,基本达到玄武岩混合料长期抗滑性能水平,因此在玄武岩资源匮乏的贵州地区,硅质石灰岩可代替玄武岩用于高速公路沥青路面抗滑表层。

5 结论

1) 硅质石灰岩属碱性岩石,其岩石单轴抗压强度高,具有较好的化学稳定性,且与沥青粘结剂的粘附性较好,从而使得硅质石灰岩矿料在热拌沥青混合料的拌制、运输、摊铺过程中仍能保持硅质石灰岩的良好性能,从而能够使其沥青混合料的路用性能得到很好的保持。

2) AC-13硅质石灰岩沥青混合料试件基本路用性能试验可知,马歇尔稳定度、动稳定度、浸水马歇尔残留稳定、冻融劈裂值均满足规范要求。除低温稳定性能鉴于贵州地区特殊的气候环境条件未进行试验研究外,硅质石灰岩沥青混合料的路用性能均符合《公路沥青路面施工技术规范》中对普通沥青混合料路用性能的要求。

3) 通过对玄武岩、硅质石灰岩和普通石灰岩沥青混合料抗滑性能的分析研究,硅质石灰岩沥青混合料路面表面的BPN值满足路面抗滑性能的要求,并且通过加速加载试验分析了硅质石灰岩沥青混合料的长期磨耗性能,结果表明,硅质石灰岩沥青混合料可以在较长的运营时间内保持较好的抗滑性能,可用于高速公路沥青路面抗滑表层的建造。

参考文献:

- [1] 马月明. 广巴公路沿线路面面层材料适用性研究[D]. 长安大学硕士学位论文,道路与铁道工程,2008.
- [2] 中华人民共和国行业标准. JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [3] 班午东. 橡胶颗粒沥青混合料的组成及性能研究[D]. 重庆交通大学硕士学位论文,2011.
- [4] 王坤,陈景雅. Sasobit应用于温拌排水沥青混合料的研究[J]. 华东交通大学学报,2012,29(6):11-15.
- [5] 李立寒,王立久,姜至青. 道路建筑材料[M]. 北京:人民交通出版社,2009:96-98.
- [6] 彭余华,刘惠兴. 花岗岩沥青混合料路用性能[J]. 交通运输工程学报,2010,10(2):6-11.
- [7] 侯岩峰. 高等级公路沥青混凝土路面抗滑性能技术分析及检测新技术研究[J]. 交通标准化,2005(1):1-6.
- [8] 杨众,郭忠印. 沥青混凝土防滑磨耗层防滑性能加速试验方法的研究[J]. 华东公路,2002(2):50-54.
- [9] 张新天,高金坡,原文生,等. 沥青路面抗滑表层构造特征及其影响因素分析[J]. 北京建筑工程学院学报,2005,21(2):33-36.

The Application of Cherty Limestone in the Highway Asphalt Pavement Anti-slide Surface

Liu Yan^{1,2}, Zhang Dehao¹, Huang Congjun¹

(1. Hefei City Planning and Design Institute, Hefei 230041, China; 2. Key Laboratory of Road and Traffic of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: The pavement performance and long-term wear-resistant performance of AC-13 cherty limestone SBS modified asphalt mixture are investigated by laboratory experiments to analyze the anti-slide surface performance in the highway asphalt pavement. It is shown that cherty limestone could be a beneficial option for highway asphalt pavement anti-slide surface. The results of high-temperature stability, water stability and anti-sliding performance tests are subject to standards. The accelerated loading test indicates that the anti-sliding performance remains in good condition during the long-term operation.

Key words: cherty limestone; anti-slide surface; asphalt mixtures; long-term anti-slide and wear-resistant performance