

沥青与玄武岩粗集料黏附性水煮法试验 及评价方法的改进

肖春发, 罗卫, 张仕, 符亚军

(湖南省建筑科学研究院, 湖南 长沙 410002)

摘要: 常规的沥青与粗集料黏附性水煮法试验很难合理评价不同吸水率玄武岩的抗水剥离能力,通过改进测试环境,寻找并确定合理的集料含水量,测试沥青裹覆集料后,在水煮过程中剥落所需要的时间,从而评价沥青与不同吸水率玄武岩的黏附性能,由此判断玄武岩集料能否应用到沥青混合料中。

关键词: 玄武岩; 水煮法; 黏附性; 改进

玄武岩是优质的沥青路面筑路材料,在建设高峰期,玄武岩集料供不应求,各地也有吸水率较大的玄武岩集料出现,虽然相关规范中对集料吸水率有要求,但这些集料在常规的与沥青黏附性试验(以下均称黏附性试验)中,均有较好的检测指标,从而常常误导参建各方采用这类集料,实际应用后,路面往往会出现较严重的水损害,常规检测方法已不能真实评价沥青与高吸水率玄武岩集料的黏附性。该文通过改进试验方法,选择4种不同吸水率玄武岩粗集料,确定合理的含水量比,在该含水量比状态下与沥青裹覆,测试在水煮过程中沥青膜剥落所需要的时间,不同吸水率玄武岩抗水剥离能力呈现显著的差异和规律,吸水率与剥落

时间建立对应关系,并通过其他玄武岩集料验证对应关系,确定黏附性等级划分,评价集料的抗水剥离能力。作为吸水率指标的补充,改进的黏附性等级评价可作为粗集料是否合格的判断方法,为混合料设计及原材料选择提供参考。

1 常规黏附性试验

取通车后留样的4种不同吸水率的13.2~19 mm玄武岩碎石,按照测试规范要求,各取一组系牢烘干后充分与沥青裹覆,在微沸水中水煮3 min,测试沥青膜的剥落程度,结果如表1所示。

表1 不同吸水率玄武岩与沥青黏附性试验测试结果及路面实际状况

编号	吸水率/ %	浸入沥青 时间/s	剥落程度	评价等 级/级	实际路面状况
1 [#]	5.23	45	沥青膜完全保存,几乎无剥离	5	出现了较严重的水损害
2 [#]	2.47	45	沥青膜完全保存,几乎无剥离	5	出现了水损害
3 [#]	1.41	45	沥青膜完全保存,几乎无剥离	5	基本无水损害病害
4 [#]	0.74	45	沥青膜完全保存,几乎无剥离	5	状况较好

由测试结果可以看出:在常规测试方法下,不同吸水率玄武岩的黏附性均为较理想的5级,无法合理判断高吸水率玄武岩的抗水剥离能力。

2 常规黏附性试验的缺陷

黏附性试验主要是模拟沥青与碎石在高温情况下

裹覆,在100℃的水中沸煮一定时间后,沥青膜的剥离程度,但沥青混合料拌和过程中,集料的加热时间、沥青的掺入量都是标准化控制的,与试验室的情况有显著的不同,同时实际路面的抗水损害影响因素有荷载、雨水冲刷等。玄武岩黏附性试验主要有以下几点缺陷:

(1) 未考虑高吸水率玄武岩内部孔隙存在残留水

的情况对黏附性的影响。在拌和楼里,集料加热温度及时间是标准化的,临时更换一种集料后,往往不会临时提高加热温度及延长加热时间,高吸水率玄武岩集料孔隙内势必残留水的存在,而在室内试验中,集料要烘干至恒重并干燥,室内试验与拌和楼实际生产存在较大出入。

(2) 未考虑雨水冲刷对黏附性的影响。路面淋雨后,在车辆荷载作用下,雨水冲刷孔隙,对面层内部集料表面的沥青膜有冲刷作用,而室内试验是在微沸的水中进行,几乎没有水流动,也不会产生冲刷作用。

(3) 黏附性试验沥青膜厚度远远大于拌和楼沥青混合料沥青膜厚度。拌和楼中是将沥青加入到集料中拌和,沥青含量往往只有百分之几,而室内试验是将碎石浸到沥青中,有足够的沥青充分裹覆集料表面,沥青膜厚度也远远超过混合料。

(4) 剥落面积的判断存在主观性,无法定量评价。剥落面积的判断全靠肉眼,而且剥落百分比也是大概

估算,测试结果与观察者有关,不同的观察者可能得出不同的结果。

(5) 试验室沸煮时间有争议。水损害有一个时间的过程,微沸状态下煮 3 min,对于玄武岩等碱性石料,几乎看不出什么异常。

3 改进方向

综合以上因素,寻找一种既能考虑玄武岩孔隙中残留水、雨水冲刷的影响,又能考虑沥青膜厚度的折减及定量评价的试验方法,该文考虑了以下的改进方向,以期能反映玄武岩沥青路面实际的抗水损害能力。

(1) 考虑玄武岩中存在一定的含水量,将表 1 中 4 种玄武岩集料饱水后,表干状态放入 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 烘箱烘干 24 h,含水量测试频率按以下方法进行:前 0.5 h 每 10 min 测试一次,12 h 内每 0.5 h 测试 1 次,12 h 后每 1 h 测试一次。测试结果如图 1、2 所示。

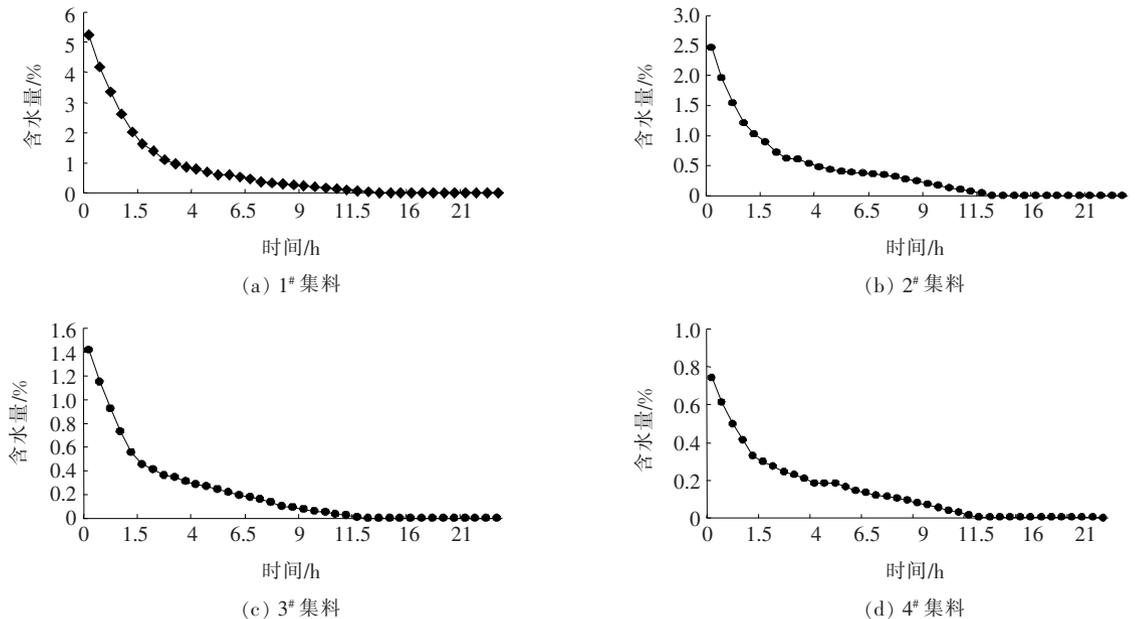


图 1 集料含水量随烘干时间变化图

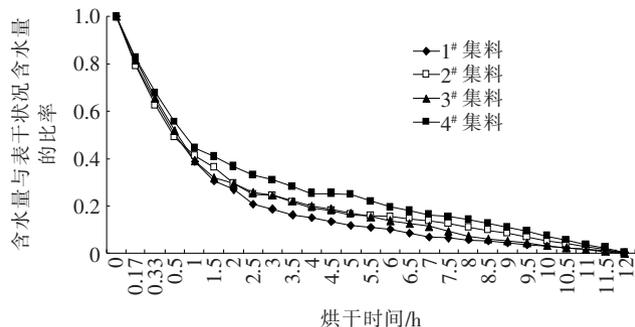


图 2 前 12 h 含水量比变化

由图 1、2 可知:4 组集料含水量在前几个小时内变化较大,越往后变化越小。按 4 组集料的平均值统计,烘干 10、20、30、180、720 min 集料含水量与表干状态含水量的比(以下统称含水量比)分别为 0.81、0.65、0.52、0.25、0.0(表 2)。

(2) 考虑沥青膜厚度比实际施工中,增加试验过程中的不利条件,在滚沸水环境下进行试验,并且将碎石置于沸泡上方,以沸泡对碎石及沥青膜的冲击来模拟冲刷作用。

表 2 关键时间节点含水量比统计

序号	烘干时间/min	与表干状态含水量比				
		1#	2#	3#	4#	平均
1	表干	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	10	0.80	0.79	0.82	0.82	0.81
3	20	0.64	0.62	0.65	0.68	0.65
4	30	0.50	0.49	0.52	0.56	0.52
5	180	0.19	0.24	0.25	0.31	0.25
6	720	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(3) 不再按 3 min 的煮沸时间考虑,也不按常规检测方法观察剥落面积,而是按完全剥落,即碎石表面裸露、沥青全浮于水面上所需要的时间来记录试验结果。

4 试验方案及结果分析

按表 2 所示关键时间节点所代表的含水量比,分别取表干、烘干 10、20、30、180、720 min 的碎石,裹覆 70# 石油沥青后在滚沸的水中进行试验,且将碎石置于沸泡上方,模拟水流冲刷,测读沥青膜完全剥落所用的时间,在不同的烘干状态下,测试结果如表 3 所示。

表 3 不同烘干状况下剥落时间统计

烘干时间/min	剥落时间/s			
	1# 集料 (吸水率 5.23%)	2# 集料 (吸水率 2.47%)	3# 集料 (吸水率 1.41%)	4# 集料 (吸水率 0.74%)
表干(未烘)	366	300	450	350
10	536	783	902	1 083
20	1 104	1 085	1 065	1 012
30	1 286	1 264	1 102	1 093
180	1 457	1 526	1 127	1 152
720	1 530	1 637	1 297	1 233

由表 3 可知:

(1) 烘干时间越长,剥落时间越长。吸水率较大的 1#、2# 集料剥落时间前 30 min 内增加幅度较大,180 min 后增加幅度较小;吸水率较小的 3#、4# 集料剥落时间增长相对 1#、2# 集料平稳,并且在烘干状态下剥落时间小于 1#、2# 集料。

(2) 从吸水率依次减少的 1#~4# 集料的顺序来看,表干未烘及烘干 20 min 状态的剥落时间基本上看

不出明显差别,烘干至 10 min 时,随着 1#~4# 集料吸水率的减少,剥落时间呈增大的趋势,30 min 及以后,随着吸水率的减少,剥落时间同时减少。

不妨按水煮剥落时间越长,抗水剥离能力越好来评价沥青与集料的黏附性。以上结果显示常规烘干超过 180 min 以上的方法,高吸水率玄武岩表现的抗水剥离能力远优于低吸水率玄武岩,而实际路面病害表现出来的沥青路面抗水损害能力恰恰相反。

选择具有代表性的烘干 10 min 的集料进行试验,表现出来的结果是吸水率由大到小,其剥落时间由短变长,抗水剥离能力逐渐提高。因此烘干 10 min 所代表的含水量比可以作为沥青与玄武岩黏附性试验条件之一。但由于只烘干 10 min,虽然表面水分烘干了,但集料温度并没有上来,沥青裹覆后,在悬挂冷却过程中,受碎石本身温度的影响,多余的沥青并不能流掉,对测试结果有一定影响。为此需要找到一种新的方法,既能保证 10 min 时的含水量,又能保证碎石的温度。

将碎石水煮饱和后取出,由于水煮集料本身和水均为 100 °C,碎石表面水分会有一部分自然蒸发,干毛巾拭去余水,此时的含水量比与烘干 10 min 相当,温度也能得到保证,用改进的方法测试后,剥落时间也能呈现较好的规律(表 4)。

表 4 改进后的方法与烘干 10 min 方法对比

集料	烘干 10 min 方法		改进后方法	
	剥落时间/s	含水量比	剥落时间/s	含水量比
1#	536	0.80	557	0.82
2#	783	0.79	769	0.81
3#	902	0.82	922	0.80
4#	1 083	0.82	1 010	0.79

结合路面的实际情况,1#、2# 集料铺筑的路面出现了水损害,而 3#、4# 集料路面无明显水损害现象。说明当剥落时间低于 770 s 时,集料的抗水剥离能力较差。

同时,如表 3 所示,随着烘干时间的延长,各种集料的剥落时间呈增大趋势,1#、2# 集料增长速度较快,3#、4# 集料增长速度较慢,在剥落时间约为 1 000 s 时交汇,因此可以认为不论吸水率为多少,剥落时间超过 1 000 s 的,此时的黏附性能为优良,同样也可以作为碎石烘干 10 min 时的黏附性评价标准。

为此,在改进的方法下,根据剥落时间,对黏附性等级进行优良、中、差3个等级划分,优良等级: $>1\ 000\text{ s}$;中等级: $770\sim 1\ 000\text{ s}$ 之间;差等级: $<770\text{ s}$ 。

5 试验方法改进的确定及验证

将改进方法的吸水率—剥落时间测试结果进行回归,结果如图3所示。相关系数 R 达到0.988,相关性较好,说明改进的试验方法是可行的。

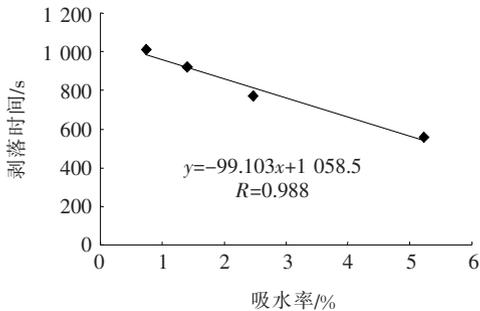


图3 吸水率与剥落时间的回归曲线

通过试验分析,确定对沥青与粗集料黏附性试验及评价方法的改进如下:

(1) 碎石通过水煮饱和后,用干毛巾拭干碎石表面水,立即浸入事先准备好的热沥青中裹覆,让碎石中含有一定比例的水分。

(2) 煮沸采用滚沸的方法,碎石置于沸水中的气泡上方,模拟冲刷作用。

(3) 观察沥青膜剥落所用的时间,以剥落时间作为玄武岩集料抗水剥离能力评价指标。

(4) 按剥落时间,黏附性等级分为优良、中、差3个等级。剥落时间大于 $1\ 000\text{ s}$ 为“优良”等级、处于 $770\sim 1\ 000\text{ s}$ 之间为“中”等级、小于 770 s 为“差”等级。

为验证改进后的试验评价方法,另找3组不同吸水率的玄武岩进行试验,验证结果如下:剥落时间与按回归公式计算的结果差别不大,在 $\pm 10\text{ s}$ 范围内,黏附

性等级评价结果均相同(表5)。

表5 验证结果统计

路面编号	吸水率/%	验证结果		按回归公式计算	
		剥落时间/s	黏附性等级	剥落时间/s	黏附性等级
1 [#]	3.6	712	差	702	差
2 [#]	1.5	902	中	910	中
3 [#]	0.5	1 014	优良	1 009	优良

对采用3种验证材料的路面状况进行调查,3[#]路面几乎无水损害,2[#]路面水损害不明显,1[#]路面有坑槽、松散等明显的病害,路面水损害状况与改进的黏附性试验评价结果相吻合。

6 结语

通过考虑碎石内部一定量的水分,模拟冲刷作用,以剥落时间定量评价集料的抗水剥离能力,并通过试验分析,划分了优良、中、差3个等级的评价标准,通过回归和验证,证实了改进后的沥青与玄武岩粗集料黏附性测试方法可行有效,能真实反映路面的实际抗水损害能力,具有较好的适用性。

参考文献:

- [1] JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [2] JTG E42—2005 公路工程集料试验规程[S].
- [3] 徐鸣遥,李晓林,张立群. 沥青粘附性定量测试新方法[J]. 中外公路,2011(6).
- [4] 张旭,袁峻,杨雨婷. 基于表面能的沥青黏附机理与评价[J]. 中外公路,2017(6).
- [5] 刘向杰. 玄武岩纤维沥青混合料路用性能研究[J]. 中外公路,2018(5).
- [6] 张丽娟,丁燕飞,明恩农,等. 玄武岩纤维筋连续配筋混凝土路面冲断破坏力学分析[J]. 中外公路,2018(3).