

大粒径沥青混合料级配离析测量和评价方法

刘红瑛, 叶松, 谭发茂, 陈治君

(长安大学 道路结构与材料交通行业重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要: 沥青混合料离析是造成沥青路面局部损坏的根本原因之一, 大粒径沥青混合料由于粗集料含量多, 因此比一般的沥青混合料更容易产生集料离析. 笔者采用自行开发的一种集料离析测量仪评价了大粒径沥青混合料的离析特性, 通过对 5 种不同级配沥青混合料进行离析试验, 验证了测定方法的可靠性. 试验结果表明: 采用贝雷法设计的大粒径沥青混合料相对于普通 AC 型沥青混合料具有较强的抗离析性能; 采用前后料仓集料通过率之差可以有效评价沥青混合料的集料级配离析.

关键词: 大粒径沥青混合料; 级配; 离析; 评价; 指标

中图分类号: U416.61 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2014.02.006

0 引言

沥青混合料离析现象是造成沥青路面局部损坏的根本原因之一, 已引起国际上的普遍关注. 集料级配离析是指混合料中粗集料与细集料分离, 呈现出粗或细集料在某一部位局部集中的现象^[1]. 产生离析的沥青混合料路面在雨天汽车荷载动水压力作用下会加速破坏, 从而发展成为坑槽、推挤等破坏, 严重影响了路面的使用功能^[2-3]. 大粒径沥青混合料由于最大公称粒径大且粗集料含量多, 因此比一般的沥青混合料更加容易产生集料离析问题^[4]. 目前对沥青混合料离析的定性分析及控制措施方面的研究居多, 而对沥青混合料离析的定量评价, 尤其是直接针对集料颗粒的分布状态来评价沥青混合料离析的研究还很少, 传统的沥青混合料离析检测方法, 如目测法和铺砂法, 以及新兴的热成像和激光表面构造度量等无损检测方法, 虽然各有其优点, 但大多只能评价路表面的离析状况^[5-6]. 笔者针对大粒径沥青混合料的离析现象, 提出了大粒径沥青混合料离析的合理评价方法与指标.

1 沥青混合料级配离析试验及评价指标

目前大粒径沥青混合料配合比设计时还没有考虑级配离析问题, 由此设计的混合料最大问题

是由于离析而导致沥青路面渗水. 包秀宁、陈静云等人^[7-8]提出的路面颗粒材料离析性的评价方法主要针对纯集料级配, 而不能对沥青混合料离析进行评价, 笔者开发了一种集料离析测量仪, 能很好地模拟沥青混合料在拌合与运输过程的集料离析, 可用来评价大粒径沥青混凝土施工时的离析程度, 从而及时对级配进行重新设计, 以改善大粒径沥青混合料的均匀性. 试验仪器剖面如图 1 所示.

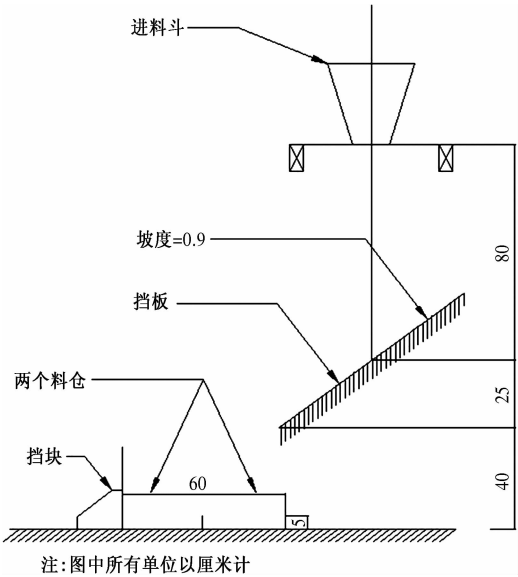


图 1 集料级配离析装置剖面图

Fig. 1 The test device of aggregate gradation segregation

收稿日期:2013-11-25; 修订日期:2014-11-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51278060)

作者简介:刘红瑛(1971-), 女, 河南通许人, 长安大学副教授, 博士, 研究方向为路面工程, E-mail: superpave@163.com.

试验时为防止沥青混合料粘在挡板上需在挡板上贴上蜡纸.把在 130 ~ 140 ℃ 下拌和好的 6 ~ 8 kg 沥青混合料装入料斗,摊平后打开料斗下的阀门,使混合料自然下落.等料完全掉入挡板下部的两个料仓后,把前后料仓的混合料分别装入容器,进行抽提试验计算集料的通过率.

采用前后料仓混合料集料通过率之差 $\Delta \sum P_i$ 来评价混合料离析程度.当 $\Delta \sum P_i$ 处于 0 ~ 100 时,混合料属于没有离析或者轻微离析; $\Delta \sum P_i$ 处于 100 ~ 200 时,混合料属于中等程度离析; $\Delta \sum P_i$ 大于 200 时,混合料属于严重离析.

2 不同级配沥青混合料级配离析的评价

2.1 原材料试验

2.1.1 沥青

按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程(JTGE20—2011)》对埃索 A-70#沥青进行测试,见表 1,其结果满足道路石油沥青技术指标 A-70#要求.

表 1 沥青性质测定结果

Tab.1 The test results of asphalt properties		
试验项目	结果	
密度(15 ℃)/(g·cm ⁻³)	1.034 7	
针入度(25 ℃,5 s,100 g)/(1/10 mm)	67	
延度(15 ℃,5 cm/min)/cm	>100	
软化点(环与球)/℃	48.2	
溶解度(三氯乙烯)/%	99.88	
闪点(COC)/℃	305	
薄膜加热试验	质量损失/%	0.05
	针入度比/%	77.59
	延度(163 ℃,5 h)	>100
	延度(15 ℃,5 cm/min)/cm	90.3
	含蜡量(%) (蒸馏法)	2.5

2.1.2 集料

粗集料采用石灰岩,其压碎值为 16.5%;与沥青的粘附性为 5 级.矿粉为石灰岩磨制而成.经测定集料的各项性能指标均符合规范《公路工程集料试验规程 JTGE42—2005》要求.各种规格集料密度测定结果见表 2.

表 2 集料密度测定结果

Tab.2 The test results of aggregate density							
	筛孔尺寸/mm						
	37.5	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5
视密度/(g/cm ³)	2.728	2.725	2.730	2.695	2.726	2.725	2.726
筛孔尺寸/(mm)	4.750	2.360	1.180	0.600	0.300	0.150	矿粉
视密度/(g/cm ³)	2.730	2.714	2.711	2.715	2.711	2.687	2.856

2.1.3 级配确定

本研究采用目前常用的 3 种大粒径沥青混合料级配类型,包括 SUPERPAVE 级配(简称 SP)、体积法设计级配(简称 TJ)以及贝雷法设计级配^[9](简称 BL).最大粒径公称尺寸为 26.5 mm、31.5 mm、37.5 mm,其设计级配的曲线见图 2 所示.同时与目前公认为离析最小的 AC13 沥青混合料作对比^[10].

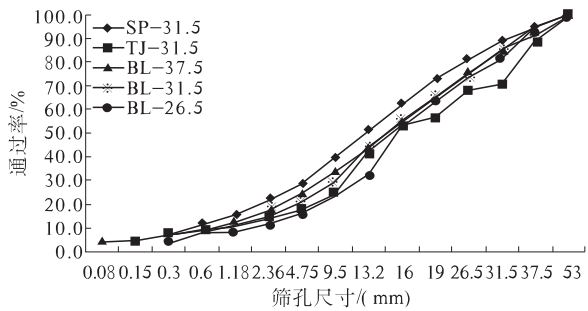


图 2 不同级配通过率曲线图

Fig.2 Passing percent of different gradations

2.2 沥青混合料摊铺之前离析评价

不同级配沥青混合料离析试验结果如表 3 ~ 4 所示.大粒径沥青混合料的 $\Delta \sum P_i$ 都超过了 100,属于中分离析的混合料;而传统的 AC-13 型沥青混合料 $\Delta \sum P_i$ 小于 100,属于不易离析的沥青混合料.

用体积法和 SUPERPAVE 法设计的沥青混合料级配离析特别严重,而用贝雷法设计的 BL-26.5、BL-31.5 两种混合料的离析程度在第二水平上.BL-37.5 由于其最大公称粒径为 37.5 mm,其离析也特别严重.这也说明在最大公称粒径相同的情况下,用贝雷法设计的大粒径沥青混合料抗离析明显优于其他两种设计方法.

大粒径沥青混合料离析水平与级配和最大公称粒径密切相关,公称粒混合料越容易离析.大粒径沥青混合料中大于 4.75 mm 的集料是引起离析的关键因素,在配合比设计与施工时必须采用措施来控制.

表 3 不同级配沥青混合料抽提试验结果

Tab.3 The extraction test results of different gradation asphalt mixture

筛孔 尺 寸/mm	通过率 P/%											
	TJ-31.5-1		SP-31.5-1		BL-26.5-1		BL-31.5-1		BL-37.5-1		AC-13-1	
	远端	近端	远端	近端	远端	近端	远端	近端	远端	近端	远端	近端
53	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	100.0	—	—
37.5	100.0	100.0	100.0	100.0	—	—	100.0	100.0	87.4	100.0	—	—
31.5	90.0	91.1	94.3	97.3	100.0	100.0	89.8	96.7	—	—	—	—
26.5	61.8	81.6	80.6	94.2	89.7	97.7	77.1	91.8	57.3	96.2	—	—
19	53.2	80.5	67.1	88.6	63.8	92.8	61.0	84.3	44.9	85.3	—	—
16	43.6	72.6	57.0	83.9	52.0	88.1	50.2	77.3	36.5	75.6	100.0	100.0
13.2	36.5	67.0	44.5	73.3	40.2	76.8	39.5	68.6	29.3	61.7	91.4	97.9
9.5	28.5	54.4	31.2	61.1	30.5	62.5	28.6	53.5	19.8	44.7	69.4	86.4
4.75	19.5	32.0	25.6	48.0	24.6	42.4	23.4	35.6	16.1	31.4	45.7	60.0
2.36	12.5	17.7	19.3	30.5	18.1	24.2	17.7	21.1	9.9	17.7	30.5	35.8
1.18	8.5	12.7	14.8	20.8	12.7	15.9	13.6	14.6	5.7	11.2	23.6	24.9
0.6	6.1	9.6	10.8	13.7	8.7	10.1	10.1	10.1	3.3	7.4	21.7	22.1
0.3	4.2	7.1	7.3	8.9	5.4	6.4	7.0	7.2	2.0	5.0	16.0	13.9
0.15	3.1	5.4	4.6	5.0	4.1	4.7	4.2	5.2	1.2	3.3	9.7	6.8
Σ Pi	467.6	631.7	557.2	725.2	449.7	621.6	522.3	665.8	413.4	639.6	407.9	447.7
Δ Σ Pi	164.2		168.0		171.9		143.6		226.2		39.8	

表 4 不同级配沥青混合料抽提试验结果

Tab.4 The extraction test results of different gradation asphalt mixture

筛孔 尺 寸/mm	通过率 P/%											
	TJ-31.5-2		SP-31.5-2		BL-26.5-2		BL-31.5-2		BL-37.5-2		AC-13-2	
	远端	近端	远端	近端	远端	近端	远端	近端	远端	近端	远端	近端
53	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0	100.0	—	—
37.5	100.0	100.0	100.0	100.0	—	—	100.0	100.0	83.8	100.0	—	—
31.5	87.1	100.0	86.6	100.0	100.0	100.0	88.2	97.7	—	—	—	—
26.5	57.5	92.7	72.0	99.2	86.4	99.3	74.3	93.8	55.1	95.4	—	—
19	49.4	91.1	60.1	94.4	65.9	90.2	57.9	86.6	44.4	84.5	—	—
16	43.3	82.0	52.5	90.2	57.8	84.6	47.4	79.3	39.3	76.8	100.0	100.0
13.2	35.9	73.6	38.1	79.6	44.4	74.9	36.1	71.0	28.5	63.5	88.2	98.0
9.5	27.9	59.2	27.8	66.3	31.1	63.7	24.9	56.0	19.7	46.5	62.1	85.8
4.75	20.2	36.3	23.0	51.5	23.1	38.1	20.2	37.5	16.9	34.5	35.3	60.6
2.36	13.9	19.9	18.0	34.0	17.2	24.8	15.4	22.3	12.4	20.1	23.6	38.3
1.18	10.8	14.8	14.2	23.5	13.0	17.0	11.7	15.5	9.1	14.2	19.7	27.5
0.6	8.4	11.2	10.7	17.1	9.1	11.7	8.0	11.0	6.6	10.7	18.5	25.1
0.3	6.6	8.5	7.7	11.9	6.1	7.9	5.6	8.0	4.9	8.2	13.6	17.1
0.15	5.3	6.4	5.0	7.8	4.7	6.2	4.0	6.0	3.1	5.8	8.0	10.6
Σ Pi	466.1	695.5	515.6	775.5	458.8	618.4	493.8	684.6	423.8	660.1	369.1	463.1
Δ Σ Pi	229.4		259.9		159.7		190.8		236.3		94.0	

3 沥青混合料摊铺碾压后离析评价

沥青路面铺筑完成后离析的评价,目前常见的有直观法、铺砂法、核子密度仪法.由于铺砂法操作简单又方便,现阶段不失为一个好办法^[11-12].

本研究在实验室用车辙板进行构造深度试验,试件尺寸为 350×300×100 mm,然后按照 JTG E20—2011 中的 T 0731—2000 测量构

造深度.

不同级配大粒径沥青混合料构造深度测定结果如表 5.

表 5 试验结果表明:① 大粒径沥青混合料细料部分在上碾压后的构造深度与不离析时的构造深度相差不大,而粗料部分在上碾压后的构造深度与不离析时的构造深度最大相差 2~3 倍;② 大粒径沥青混合料发生集料离析程度与构造深度具有很好的相关性;③ 粗集料含量越大,大粒径沥青混合料的构造深度也越大.

表 5 不同级配大粒径沥青混合料构造深度测定结果

Tab.5 The structure depth results of different gradation large size asphalt mixture

级配	构造深度/mm								
	离析(细料在上)			正常			离析(粗料在上)		
SP31.5	0.47	0.66	0.53	0.50	0.56	0.53	1.87	1.84	1.48
TJ31.5	0.67	0.71	0.75	0.87	0.72	0.81	1.80	2.52	2.49
BL26.5	0.59	0.36	0.46	0.85	0.74	0.81	0.94	1.00	1.02
BL31.5	0.71	0.72	0.75	0.80	0.83	0.78	2.03	2.38	2.21
BL37.5	0.78	0.69	0.73	0.88	0.79	0.82	2.67	2.59	2.79

4 结论

大粒径沥青混合料易产生集料级配离析,设计良好的混合料可以有效降低离析程度.笔者开发了集料级配离析试验装置,通过采用前后料仓混合料集料通过率之差可以有效评价沥青混合料的离析程度.基于贝雷法设计的大粒径沥青混合料相对更均匀、离析程度小.沥青路面施工成型后可以采用目测法和铺砂法相结合的方法来评价沥青路面是否发生离析,这些方法为沥青混合料级配设计提供了可靠的技术支撑,从而有效减少沥青路面的早期损害,延长路面使用寿命.

参考文献:

[1] 尹健标,王端宜. 沥青路面施工离析与早期损坏关系的研究[J]. 中外公路,2010,30(2):75-78.

[2] 沈金安. 关于沥青混合料的均匀性和离析问题[J]. 公路交通科技,2001,18(6):20-24.

[3] 谭发茂. 沥青混合料离析及其对路面结构均匀性的影响[D]. 天津:天津大学建筑工程学院,2008.

[4] 姜海涛,罗青,曾国东,等. 沥青路面离析的表现形态与机理分析[J]. 公路交通科技,2008,29(11):11

-15.

[5] 潘艳珠,吴文亮,王端宜. 基于数字图像处理技术的沥青混合料级配离析评价方法[J]. 中外公路,2011,31(4):221-224.

[6] 刘大彬,周雄,郭雷. 热拌沥青混合料的离析评价方法[J]. 石油沥青,2013,27(3):61-64.

[7] 包秀宁,张肖宁. 路面颗粒材料离析性的评价方法[J]. 华南理工大学学报,2010,38(3):31-26.

[8] 陈静云,丁银萍,周长红. 基于料堆试验的沥青混合料离析影响因素分析[J]. 东南大学学报,2009,39(1):117-12

[9] 郝培文,徐金枝,周怀治. 应用贝雷法进行级配组成设计的关键技术[J]. 长安大学学报:自然科学版,2004 ,11(6):1-6.

[10] 彭勇,孙立军. 沥青混合料均匀性影响因素的研究,同济大学学报:自然科学版,2006,34(1):59-63.

[11] 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.

[12] 迟凤霞,张肖宁,薛忠军,等. 基于激光纹理仪的沥青路面表面离析评价方法[J]. 中国公路学报,2008,21(5):1-6.

Evaluation Method of Gradation Segregation of Large Size Asphalt Mixture

LIU Hong-ying, YE Song, TAN Fa-mao, CHEN Zhi-jun

(Key Laboratory of Road Structure and Material of MOC, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: The gradation segregation of asphalt mixture is one of the causes of early damage of asphalt pavement; the large size asphalt mixtures have more prone to aggregate segregation due to the coarse aggregate content more than the normal asphalt mixes. This paper developed the measuring instrument of the aggregate segregation of asphalt mix. The different types of asphalt mixes with five gradations had done the gradation segregation test, its reliability was verified. The test results show that large size asphalt mixture using Bailey method design had the strong resistance to segregation characteristics than AC type asphalt mixture; the aggregate pass rate difference between before and after stockbin was suggested to evaluation asphalt mixture gradation segregation.

Key words: large size asphalt mixture, gradation, segregation, evaluation, indictor