

级配离析对 SMA-13 混合料性能影响研究^{*}赖勤慧¹, 刘启倬², 魏震宇²

(1.江西省高速集团赣州管理处 泰赣养护中心, 江西 赣州 341000; 2.江西交通咨询公司, 江西 南昌 330000)

摘要: 采用室内模拟方法研究级配离析对 SMA-13 混合料性能的影响, 分别对离析级配混合料的体积指标及路用性能进行测定, 找出符合设计要求的级配范围, 为现场施工质量提供控制范围。研究表明, 采用沥青有效油膜厚度相等的原则设计级配离析更贴近现场实际情况; SMA-13 可调整范围为细集料减小 1% 或增加 4%; SMA-13 轻度离析后, 水稳定性有所提高, 但抗车辙性能有所下降, 且细集料增加的下降速度高于粗集料增加的情况。

关键词: 公路; SMA-13 混合料; 级配离析; 体积指标; 路用性能

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)02-0080-04

离析是指摊铺和压实后沥青混合料的实际情况和设计在一定区域内出现差异, 且表现出不同的性质。调查显示, 沥青路面破坏首次发生的地方与施工期间离析的位置非常相似, 据此推断离析是导致路面早期破坏的重要原因之一。目前对沥青混合料离析的研究重点是离析判定指标和检测方法。国内对沥青混合料离析的研究主要基于美国 NCHRP 441 的研究成果和思路, 对离析产生机理、离析对路面性质的影响及实际施工中离析产生过程缺少系统、全面的研究。该文采用室内模拟方法研究离析特征, 根据试验结果分析 SMA-13 沥青混合料发生级配离析后其力学性质的改变和影响路面结构均匀性的体积指标的改变, 提出基于现行规范的检测指标。

1 离析级配方案设计

1.1 原材料

采用江西省某公司生产的 SBS 改性沥青, 其技

术性能(见表 1)符合 JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术规范》的要求。集料采用江西省某公司生产的辉绿岩, 其性能检测结果见表 2。

表 1 SBS 改性沥青的技术指标

项目	技术指标	检测结果
针入度(25℃, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	40~60	59
针入度指数	≥0	0.34
延度(5℃, 5 cm/min)/cm	≥20	26.4
软化点/℃	≥75	76.8
密度/(g·cm ⁻³)	实测	1.038
布氏粘度(135℃)/(Pa·s)	≤3	2.95
闪点/℃	≥230	290
溶解度/%	≥99	99.7
弹性恢复(25℃)/%	≥75	95
贮存稳定性(离析, 48 h 软化点差)/℃	≤2.5	0.6
质量损失/%	±0.8	-0.09
针入度比(5℃)/%	≥65	79
延度(5℃)/cm	≥15	17.7

表 2 粗集料的性能检测结果

项目	各粒径(mm)粗集料的检测结果			技术要求
	10~16	5~10	3~5	
压碎值/%		16.9		≤28
表观相对密度	2.979	2.994	3.028	≥2.50
毛体积相对密度	2.907	2.891	2.892	—
吸水率/%	0.83	1.19	1.55	≤3.0
细长扁平颗粒含量/%	11.3	9.5	—	≤15
<0.075 mm 颗粒含量(水洗法)/%	0.2	0.2	0.5	≤1
与沥青粘附性/级		5		5
洛杉矶磨耗损失/%		17.1		≤30

^{*} 基金项目: 江西省交通运输厅重点科技项目(2013C0007)

1.2 离析配合比

1.2.1 离析级配

在实际工程中,无论有多少档粗集料,细骨料通常只有 1 档,选择粗骨料作为控制离析的标准十分困难,选取细骨料作为控制离析的标准则十分方便。细骨料增加相当于粗骨料减少,模拟细骨料增加和减少的情况就可涵盖整个级配离析的粗、细骨料发生离析的情况。

SMA-13 混合料离析级配设计思路:1) 假定细骨料增加或减少 7%。2) 将细骨料增加或减少的部分分配到各档粗骨料上,分配原则是基于每档粗骨料占总粗骨料的比例(按基准级配进行)。3) 计算离析级配与基准级配的偏差值 S。4) 根据 S 的大小调整细骨料增加或减少百分率,重复前 3 个步骤,直至 S 达到临界值。

在模拟级配离析之前,先确定 SMA-13 的基准级配。如图 1 所示,基准配合比为 10~16 mm:5~10 mm:3~5 mm:0~3 mm:矿粉=39:33:6:13:9。从基准配合比来看,SMA-13 不存在严重离析,因为细骨料仅占 13%,只可能出现轻度和中度离析。根据离析级配的设计思想,SMA-13 离析级配、各筛孔通过率见表 3 和表 4。

1.2.2 离析油石比

由于级配离析的发生与装卸料、运输、摊铺有关,沥青在该环节中仅起到粘结和润滑作用,可认为

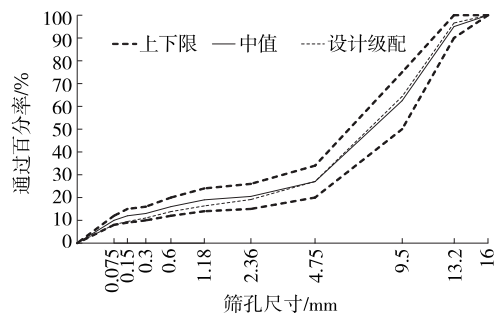


图 1 SMA-13 的基准级配曲线

表 3 SMA-13 的离析级配

离析分类	级配 编号	各档料(mm)的配合比/%				
		10~16	5~10	3~5	0~3	矿粉
轻度离析	1#	42	36	7	6	9
	2#	36	30	5	20	9
中度离析	3#	45	39	7	0	9
	4#	32	28	5	26	9

注:1#、3#级配分别为细集料减少 7%、13%,2#、4#级配分别为细集料增加 7%、13%。

表 4 SMA-13 离析级配各筛孔通过率和级配偏差值

筛孔尺寸/ mm	各级配的通过率/%			
	1#	2#	3#	4#
16.000	100.0	100.0	100.0	100.0
13.200	96.2	96.7	95.9	97.1
9.500	60.7	66.3	57.3	70.0
4.750	21.1	33.4	15.2	39.4
2.360	14.2	25.6	9.3	30.5
1.180	12.7	21.1	9.2	24.6
0.600	11.5	16.9	9.2	19.3
0.300	10.1	12.3	9.2	13.2
0.150	9.1	10.0	8.8	10.3
0.075	7.9	8.3	7.8	8.5
级配偏差值	10.26	10.20	19.51	19.79

骨料表面的沥青油膜厚度在运输过程中不发生变化。试验中,以沥青膜有效厚度不变的原则确定 SMA-13 混合料中沥青用量,并确定每个级配的油石比。如果仅改变级配而保证油石比不变,似乎只是改变了级配的单个变量,实则改变的还有裹附在集料表面的沥青膜厚度及集料与集料之间的机械咬合力等,即力学特性都将改变。表 5 为根据沥青膜有效厚度不变原则计算的离析后级配的油石比。

表 5 SMA-13 离析后级配的油石比

离析类型	级配编号	油石比/%
轻度离析	1#	5.7
	2#	6.5
中度离析	3#	5.5
	4#	6.8

2 级配离析对混合料体积指标的影响

通过室内制备马歇尔试件模拟级配离析,对比基准配合比的指标,探究离析对混合料体积指标(吸水率、空隙率、马歇尔稳定度、流值等)的影响,并确定 SMA-13 级配离析的临界配合比。检测结果见表 6、表 7。

3 级配离析对混合料路用性能的影响

对 SMA-13 各离析级配进行路面性能试验,检测各离析级配混合料的力学性能,探究离析对路面使用性能(水稳定性及高温稳定性)的影响。

3.1 水稳定性

浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验是评价沥青混

表6 SMA-13 离析配合比体积指标检测结果

检测项目	基准配合比的 检测结果	各离析配合比的检测结果			
		1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
油石比/%	6.1	5.7	6.5	5.5	6.8
毛体积密度/(g·cm ⁻³)	2.557	2.475	2.595	2.415	2.594
理论最大相对密度	2.640	2.670	2.630	2.682	2.614
空隙率/%	3.3	7.3	1.3	10.0	0.8
矿料间隙率/%	17.8	20.2	16.6	22.1	16.7
沥青饱和度/kN	81.1	63.8	91.9	54.9	95.4
稳定度	11.90	9.76	13.31	6.92	15.27
流值/(0.1 mm)	42.1	38.1	50.2	27.8	67.8

表7 SMA-13 级配离析的临界配合比

离析情况	各档料(mm)的配合比/%				
	10~16	5~10	3~5	0~3	矿粉
细集料-1%	40	33	6	12	9
细集料+4%	36	32	6	17	9

合料水稳定性的主要方法,前者偏重检测混合料抵抗水损坏的能力,后者的浸水环境更严格,也更贴近实际情况。离析混合料水稳定性试验结果见图2。

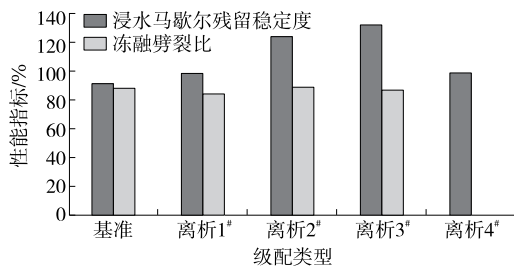


图2 SMA-13 离析混合料的水稳定性

由图2可知:油石比与沥青混合料残留稳定度之间并没有线性关系。细集料离析减少,浸水马歇尔残留稳定度上升,甚至在中度离析中,浸水48 h后稳定度大于仅浸水0.5 h的情况,而粗集料离析使浸水马歇尔残留稳定度先增加后减少。但无论哪种离析,马歇尔残留稳定度均满足大于85%的要求,也大于基准配合比91.6%。可见,混合料轻度离析,路面水稳定性有所提高。

3.2 高温稳定性

采用车辙试验评价沥青混合料的高温稳定性,试验条件为60℃、轮压0.7 MPa,试件尺寸为300 mm×300 mm×50 mm。试验结果见图3。

由图3可知:相比于基准配合比15 000次/mm的动稳定度,无论是细集料增加或粗集料增加的离析情况,动稳定度均有所下降,即沥青混合料的高温

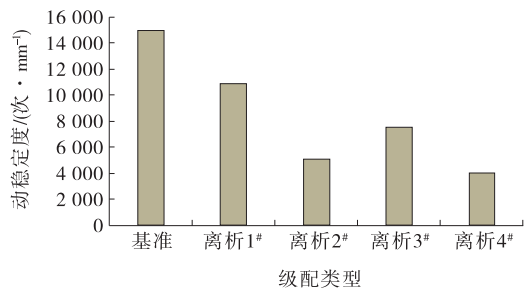


图3 SMA-13 离析混合料的动稳定度

稳定性降低;且相比于粗集料增多,细集料增加对动稳定度的影响更大。对于上面层SMA-13,技术指标对动稳定度的要求并不高,仅大于3 000次/mm即可,即使离析程度很大也可满足这个指标。考虑到现有技术的进步和沥青性能的改进,现有动稳定度指标应有所提高。

从车辙试验不仅可看出细集料离析对动稳定度的影响,还能从车辙板表面直观看到细集料对车辙的影响。车辙主要发生在炎热的夏季,通常分为失稳车辙、结构车辙、磨耗车辙,其中以失稳车辙最严重,主要是由车辆荷载下内部材料向两边流动发生横向位移所致。发生细集料离析增加时轮迹十分明显(见图4),右边轮迹明显,变形过大,即使动稳定度满足要求也不合格。

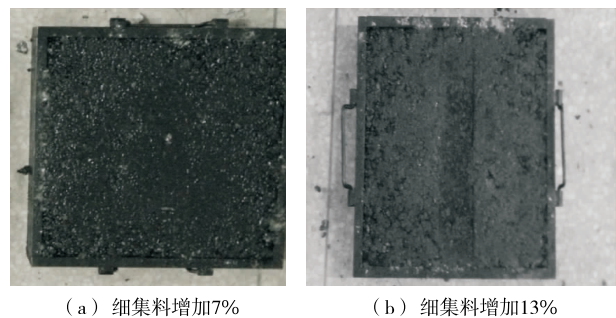


图4 细集料增加的两组车辙板

4 结论

该文以级配偏差值为指标设计离析级配,并根据有效沥青油膜厚度等效的原则计算离析级配的油石比。通过研究 SMA-13 离析的吸水率、空隙率、马歇尔稳定度、流值等体积指标,发现现有针对离析的分类标准并不合适,轻度和中度离析指标差别不大,且轻度离析时各项体积指标下降较大,建议将轻度离析重新定义为严重离析。通过试验分析离析后沥青路面的水稳定性及高温稳定性等路用性能,发现细集料减少有助于提高 SMA-13 路面的水稳定性,细集料增加则对路面的水稳定性基本没有影响;无论是细集料增加或粗集料增加所发生的离析,动稳定度均有所下降,即沥青路面的高温稳定性有所下降,且细集料增加对动稳定度的影响比粗集料增多的影响更大。

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).
- [2] 丛林,郑晓光,郭忠印.施工离析对沥青混合料性能的影响分析[J].同济大学学报:自然科学版,2007,35(4).
- [3] 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:自然科学版,2010,38(3).

(上接第 72 页)

的施工工艺、17%的水泥掺量,水泥搅拌桩处理珠江三角洲冲积平原淤泥质黏土的成桩效果较好,桩体施工质量有保障,无侧限抗压强度能达到 1.2 MPa。

(2) 水泥搅拌桩无侧限抗压强度随着水泥掺量、龄期的增加而增长,其中水泥掺量是影响强度的主要因素,施工中应严格控制水泥最低用量。

(3) 运用质量监测系统对桩长、喷浆量、搅拌速度及钻进速度等关键参数进行实时监控,能极大地降低水泥搅拌桩大面积施工管理难度和成本。

(4) 打桩施工中可根据土层情况,对打桩设备进行升级改造,自动调整水泥用量和相关施工工艺参数,遇到桩底土层性质与设计不符时自动调整桩长,实现打桩智能化及对每根桩、每个土层的精细化施工,最大限度保障水泥搅拌桩施工质量。

参考文献:

- [1] JGJ 79-2012,建筑地基处理技术规范[S].

- [4] 韩立志,梁增洁,彭余华,等.AC-25 级配离析的分形评价标准及预测方法[J].长安大学学报:自然科学版,2014,34(6).
- [5] Taisir S Khedaywi, Thomas D White. Effect of segregation on fatigue performance of asphalt paving mixtures [J]. Transportation Research Record, 2015(4).
- [6] 胡佳寅.沥青混合料级配离析特性的分形评价与控制技术研究[D].西安:长安大学,2013.
- [7] 周泽汉.沥青混合料离析特性研究[D].长沙:长沙理工大学,2008.
- [8] 陈长锡.沥青混合料装料、卸料过程中的离析研究[D].西安:长安大学,2015.
- [9] 张肖宁.沥青路面施工质量控制和保证[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [10] 沙庆林.沙庆林院士论文选集[M].北京:人民交通出版社,2010.
- [11] 唐娴.沥青混合料离析与评价指标[D].西安:长安大学,2008.
- [12] 周吴军.基于分形理论沥青路面离析判别方法研究[D].长沙:湖南大学,2009.
- [13] JTG E20-2011,公路沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [14] 祝海折.快速评价沥青混合料离析新方法的应用研究[J].公路交通技术,2016(2).

收稿日期:2018-07-13

- [2] 陈波.水泥搅拌桩处理软基施工中的监理质量控制措施[J].浙江水利科技,2008(3).
- [3] 吕国庆.浅谈水泥搅拌桩处理软基施工的质量控制措施[J].广东科技,2007(3).
- [4] 聂海岩,岳海飞,刘辉.浅谈软土地基水泥搅拌桩施工和管理[J].公路交通科技:应用技术版,2010(7).
- [5] 彭子泳,许发明.水泥搅拌桩加固软土地基应用技术研究[J].广东公路交通,2012(3).
- [6] 李宜成,高国龙,王庆,等.滨海地区淤泥质黏土水泥土搅拌桩施工技术研究[J].广东土木与建筑,2018(9).
- [7] 谢胜华,刘松玉,杜广印.双向粉喷桩处理海相软土室内强度对比分析[J].安徽工业大学学报:自然科学版,2013,30(3).
- [8] 朱云飞,寇盼盼.水泥搅拌桩配合比设计[J].公路交通科技:应用技术版,2018(9).
- [9] 齐善忠,郑俊垚.地质条件对水泥搅拌桩桩体强度影响的试验研究[J].黄河水利职业技术学院学报,2018,30(4).

收稿日期:2018-12-18