

Optimization of Rubber Asphalt Mixture Gradation based on High Temperature Performance

Xin Yuan

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: There is a big difference between rubber powder modification and other modified asphalt. The high temperature performance of rubber asphalt mixture depends largely on the mutual intrusion between mineral materials, and the gradation plays an important role in its high temperature performance. Based on the SMA intermittent graded mixture, the high temperature performance of the rubber asphalt was evaluated by adjusting the content of the ore powder and using the rutting test at different temperatures. The results show that the discontinuous graded mixture with 8% mineral powder has the best high temperature stability.

Keywords: Rubber asphalt mixture; Intermittent graded; Mineral powder; Temperature; Rutting test

基于高温性能的橡胶沥青混合料级配优化研究

袁鑫

重庆交通大学, 重庆市, 400074

摘要: 橡胶粉改性与其它改性沥青存在着较大差异, 橡胶沥青混合料的高温性能很大程度上依赖于矿料间的相互嵌挤作用, 级配对其高温性能具有重要作用。以 SMA 间断级配混合料为基础, 通过调整矿粉的含量, 采用不同温度下车辙试验来评价橡胶沥青的高温性能, 结果表明矿粉含量为 8% 时的间断级配混合料表现出最优的抗高温稳定性。

关键词: 橡胶沥青混合料; 间断级配; 矿粉; 温度; 车辙试验

1 引言

沥青混合料是由具有一定级配的矿料和沥青结合料组合而成, 其高温性能的形成机理一方面来源于主骨料的充分嵌挤作用, 提供加大的内摩阻力; 另一方面来源于沥青胶浆较大的粘结强度。利用橡胶粉改性形成的橡胶沥青具有较高的粘结力, 但在高温条件下, 仅依靠其粘结力不足以抵抗车辆荷载所引起的水平剪切作用; 在橡胶沥青混合料施工过程中由于橡胶沥青的高回弹变形量, 可能导致混合料的疲劳性解体。结合国内针对橡胶沥青的应用研究表明其更适用

于间断级配和开级配混合料。本研究结合室内车辙试验, 以 SMA-13 间断级配为基础, 研究橡胶沥青混合料的高温稳定性, 对混合料的级配进行优化。

2 原材料与试验方法

2.1 橡胶沥青

基质沥青选用 SK70# 沥青, 内掺 19% 的 30 目橡胶粉, 在 195℃ 下制拌 60min 加工得到橡胶沥青, 其常规指标测试结果如表 1, 可以看出, 橡胶沥青各项结果均符合规范要求。

Table 1. Test results of conventional indicators for rubber asphalt

表 1. 橡胶沥青的常规指标测试结果

检验项目	检测结果	设计要求
针入度 (25℃, 100g, 5s) (0.1mm)	52	30~70
软化点 (R&B) (℃)	68	>65
180℃ 粘度 (Pa.s)	3	2.5~5.0
弹性恢复, 25℃ (%)	80	≥60

2.2 集料

集料所具有的特性对沥青混合料的高温性能有着显著影响, 坚硬且较多破碎面的近似方形的集料经摊铺压实后形成具有良好嵌锁作用的混凝土, 且表现出

较好的高温稳定性。综合考虑, 本研究的粗集料选用玄武岩, 细集料选用石灰岩, 填料选用 P.O32.5R 普通硅酸盐水泥, 其主要指标如表 2-4。

Table 2. Test results of basalt coarse aggregate index
表 2. 玄武岩粗集料指标测试结果

指标	试验结果	技术标准
表观密度 (g/cm ³)	2.923	≥2.60
毛体积相对密度 (g/cm ³)	2.830	—
压碎值 (%)	11.0	≤24
水洗法<0.075mm (%)	0.2	≤1
针片状含量 (%)	7.8	≤15
吸水率 (%)	1.83	≤2
洛杉矶磨耗值 (%)	15.6	≤26
软石含量 (%)	0	≤1

Table 3. Test results of limestone fine aggregate index
表 3. 石灰岩细集料指标测试结果

指标	试验结果	技术标准
表观密度 (g/cm ³)	2.725	≥2.5
细度模数	3.0	—
砂当量 (%)	78.4	≥65
坚固性 (%)	1.2	≤12

Table 4. Performance index of 32.5R ordinary portland cement
表 4. 32.5R 普通硅酸盐水泥性能指标

材料	密度 (g/cm ³)	凝结时间 (min)		抗压强度 (MPa)			抗折强度 (MPa)		
		初凝	终凝	3d	7d	28d	3d	7d	28d
P.O32.5R	3.10	161	345	18.1	37.0	44.7	3.8	4.9	6.8

2.3 试验方法

橡胶沥青高温性能评价方法及指标的选择是橡胶沥青混合料设计的关键技术之一, 综合国内外研究进展及评价沥青混合料高温性能的试验方法, 考虑到试验的方便和直观性。因此, 本研究确定以室内车辙试验作为橡胶沥青混合料高温性能评价的主要方法。根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程 JTG E20-2011》要求在实验室成型 300mm×300mm×50mm 的车辙板试件。

3 不同级配得橡胶沥青混合料车辙试验分析

3.1 级配选择

级配对沥青混合料的高温稳定性起着重要作用, 本研究依据传统的骨架-密实结构的 SMA 沥青混合料, 粗集料较细集料占比多, 且具有较好的高温稳定性, 但由于橡胶沥青混凝土在拌合摊铺碾压等过程中胶粉处于不稳定的物理化学状态, 容易导致混合料在压实的反复作用下导致混合料疲劳性解体。基于此, 本研究结合橡胶沥青的材料特性, 以提高混合料的高温性能为目的, 对 AR-SMA-13 的矿料级配进行调整。

本研究选择 0.075mm 和 2.36mm 作为控制性筛孔, 将矿粉 (0.075mm 筛孔以下) 的含量由规范中值

10%调整为 8%和 6%。然后对应增加 2.36mm 的筛孔通过率，其余筛孔的通过率保持与规范中值相同。标定 8%的矿粉含量为级配 I，标定 6%的矿粉含量为级配 II。调整之后的级配如表 5。

Table 5. Three different rubber asphalt mixes
表 5. 三种不同橡胶沥青混合料级配

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配中值	95	62.5	27	20.5	19	16	13	12	10
级配 I	95	62.5	27	18.5	17	14	11	10	8
级配 II	95	62.5	27	16.5	15	12	9	8	6

3.2 最佳油石比确定

Table 6. Results of marshall test for three different grades of rubber asphalt mixture
表 6. 三种不同级配橡胶沥青混合料马歇尔试验测定结果

级配类型	最佳油石比 (%)	毛体积密度 (g/cm ³)	VV (%)	VMA (%)	VFA (%)	稳定度 (kN)	流值 (mm)
级配中值	6.2	2.428	4.1	17.0	75.1	7.90	2.67
级配 I	6.4	2.432	4.2	17.3	75.2	8.26	2.30
级配 II	6.5	2.435	4.1	17.8	76.8	8.22	2.52

3.3 不同试验温度下的动稳定度及变形规律

三种不同级配的橡胶沥青混合料分别在各自的最佳油石比下成型车辙试件，并在 60℃和 70℃条件下分别进行车辙试验，试验结果见表 7 和图 1，2。

佳油石比下成型车辙试件，并在 60℃和 70℃条件下分别进行车辙试验，试验结果见表 7 和图 1，2。

Table 7. Test results of three different grades of rubber asphalt mixture rutting
表 7. 三种不同级配橡胶沥青混合料车辙试验结果

混合料类型	试验温度 (°C)	试验条件		动稳定度 (次/mm)	相对变形 (%)
		时间 (min) 及变形 (mm)			
		45	60		
AR-SMA-13	60	2.824	3.005	3481	3.58
	70	3.846	4.128	2234	4.52
AR-SMA-13 I	60	1.673	1.830	4013	2.65
	70	2.332	2.534	3342	3.311
AR-SMA-13 II	60	2.753	2.922	3728	3.10
	70	3.699	3.923	2812	3.89

注：AR-SMA-13 I，AR-SMA-13 II 分别对应前文的级配 I 和级配 II

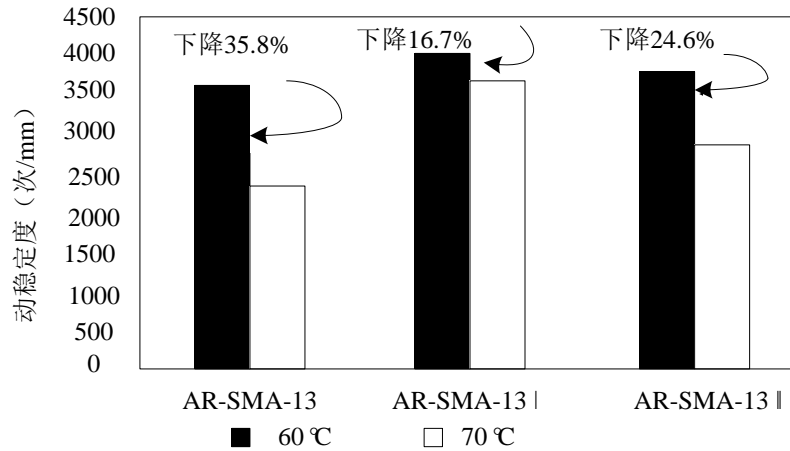


Figure 1. Comparison of dynamic stability of rutting test of three
图 1. 三种不同级配橡胶沥青混合料车辙试验动稳定度对比

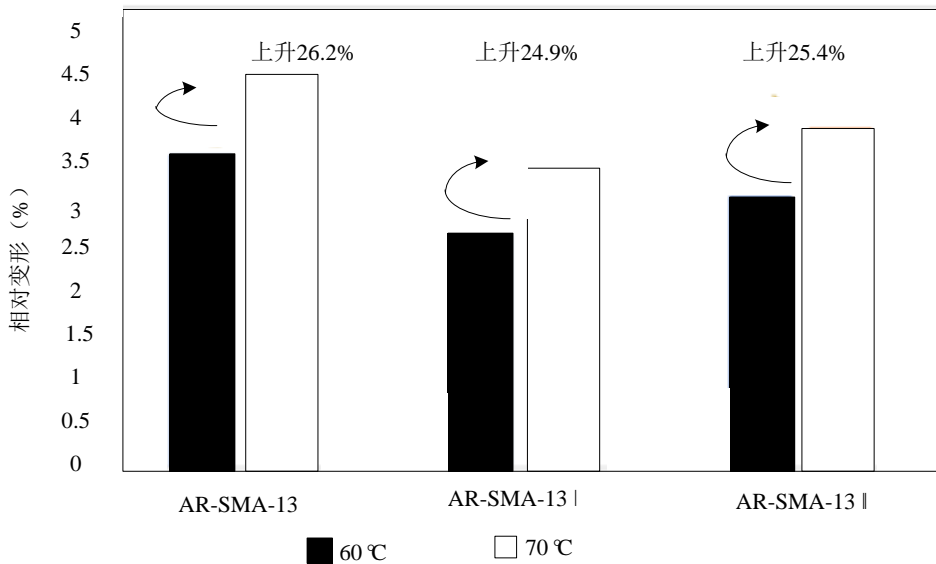


Figure 2. Comparison of relative deformation of rutting test of three different grades of rubber asphalt mixture
图 2. 三种不同级配橡胶沥青混合料车辙试验相对变形对比

从对比实验结果可以看出：

无论从 60°C 还是 70°C 条件下的车辙试验，从动稳定度和相对变形来看，均有 AR-SMA-13 < AR-SMA-13 II < AR-SMA-13 I，即矿粉占比为 8% 的混合料表现具有较优的高温稳定性。从这点可以看出，70°C 下的橡胶沥青混合料的高温稳定性评价结果和标准试验的结果吻合。

试验温度提高到 70°C 后，AR-SMA-13 橡胶沥

青混合料动稳定度下降幅度最大，为 35.8%，相对变形上升了 26.2%；而 AR-SMA-13 I 橡胶沥青混合料动稳定度下降幅度最小，为 16.7%，相对变形上升也是最少，为 24.9%，从以上两点充分说明了 AR-SMA-13 I 橡胶沥青混合料（其中矿粉含量为 8%）具有比 AR-SMA-13 和 AR-SMA-13 II 这两种混合料具有更优的抗高温稳定性。

4 结语

综上所述, AR-SMA-13 I 级配的橡胶沥青混合料, 其橡胶沥青含量适中, 矿粉含量为 8%, 2.36mm 筛孔通过率为 18.5%, 形成的混合料具有较高的粘结性, 保证了混合料的高温性能。采用玄武岩作为沥青混合料的粗集料, 保证了混合料的强度, 采用碱性的石灰岩作为细集料, 有效的提高了胶结料与集料的粘结能力。通过对矿粉含量的调整, 充分说明矿粉和细集料对形成的骨架-密实结构的形成起着一定的促进作用, 从而提高了橡胶沥青

混合料的高温性能。

References (参考文献)

- [1] 李昆, 黄卫东, 王伟. 基于高温性能的橡胶沥青混合料级配选择. 公路工程. 2009, 34(5).
- [2] 肖川. 橡胶沥青及混合料高温性能与施工工艺研究. 重庆交通大学. 2009.
- [3] 陈振华. 基于高温稳定性能的橡胶沥青混合料应用技术研究. 2017.
- [4] 杨戈, 黄卫东, 李彦伟等. 橡胶沥青混合料高温性能评价指标的试验研究. 建筑材料学报. 2010, 13(6), 753-758.
- [5] 范斌卫, 王广山, 陈德云等. 橡胶沥青混合料高温性能的影响因素分析. 筑路机械与施工机械化. 2017, (6).