

基于旋转压实法的沥青混合料路用性能研究

孙喜军

(河南中州路桥建设有限公司, 河南 周口 466000)

摘要: 选用旋转压实法对 AC-16、AC-20 和 ATB-30 3 种混合料展开配合比设计, 确定其最佳油石比分别为 4.6%、4.4%、3.1%; 从动稳定度、低温抗开裂性及水稳定性等方面评价 3 种混合料的路用性能和紫外线老化性能。结果表明, 通过旋转压实法设计的 3 种混合料在抗车辙、抗低温开裂、抑制水损害及抗老化方面都表现出较好的性能。

关键词: 公路; 沥青混合料; 旋转压实; 路用性能

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)06-0054-03

相关研究表明, 按照马歇尔试验方法设计的沥青混合料的体积指标及路用性能指标与沥青路面现场施工所得到的指标吻合度较低, 马歇尔设计原理存在一定的局限。因此, 现阶段 Superpave 及 GTM 原理中相关试件成型都选用旋转压实法, 该方法可使矿料与沥青更嵌挤密实, 能更好地模拟现场沥青路面施工效果, 同时可评价混合料的压实特性。该文在已有研究的基础上采用旋转压实法成型试件, 通过试验研究沥青混合料的路用性能和老化性能。

1 沥青混合料原材料及配合比设计

1.1 集料及沥青

粗集料选用优质石灰岩, 矿粉为碳酸钙粉末。AC-16、AC-20 混合料采用 SBS I-C 改性沥青, ATB-30 沥青稳定碎石采用 SK-90# 道路石油沥青, 两种沥青的相关参数试验结果见表 1 和表 2。

1.2 旋转压实沥青混合料试件成型

对不同沥青混合料试件成型方式和路面现场取芯试件进行线性相关性分析, 结果见表 3。

表 1 SBS I-C 改性沥青的性能试验结果

检测项目	技术要求	检测结果
针入度(25 ℃, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	60~80	71
延度(5 ℃, 5 cm/min)/cm	≥30	43.4
软化点/℃	≥55	73.5
溶解度/%	≥99	99.7
密度/(g·cm ⁻³)	实测值	1.029
质量损失/%	±1.0	-0.18
薄膜烘箱试验 25 ℃针入度比/%	≥60	84
延度(15 ℃, 5 cm/min)/cm	≥20	28.2

表 2 SK-90# 道路石油沥青的性能试验结果

检测项目	技术要求	检测结果
延度(15 ℃, 5 cm/min)/cm	≥100	>100
软化点/℃	≥45	48.5
溶解度/%	≥99.5	99.8
密度/(g·cm ⁻³)	实测值	1.032
质量损失/%	±0.8	-0.23
薄膜烘箱试验 残留针入度比/%	≥57	62
延度(10 ℃, 5 cm/min)/cm	≥8	9.7

表 3 各压实方式与现场压实的相似性

压实方式	相似度/%	压实方式	相似度/%
旋转压实	45	揉搓压实	23
钢轮碾压	25	马歇尔击实	7

由表 3 可知: 4 种试件成型方式中, 室内马歇尔试件与路面现场取芯试件的线性相关性最小, 室内旋转压实试件与路面现场取芯试件的线性相关性最大。该文采用 HXY-150 型旋转压实仪成型沥青混合料试件。

1.3 沥青混合料级配设计

沥青混合料配合比设计应综合考虑公路等级、气候环境及交通量变化等, 矿料筛分结果应满足相关规范级配上下限的要求, 且最终确定的目标配合比应结合工程实际情况在理论配比的基础上进行适当调整。参照设计规程及筛分试验结果确定表 4 所示 AC-16、AC-20 和 ATB-30 沥青混合料的设计级配, 其最佳油石比分别为 4.6%、4.4%、3.1%。3 种混合料的技术指标检测结果见表 5。

表 4 3 种沥青混合料的级配范围及设计级配

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%												
		31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-16	上限	100	100	100	100	92	80	62	48	36	26	18	14	8
	下限	100	100	100	90	76	60	34	20	13	9	7	5	4
	设计级配	100	100	100	94.3	85.4	69.8	47.1	35.7	25.9	16.7	13.4	10.3	6.4
AC-20	上限	100	100	100	92	80	72	56	44	33	24	17	13	7
	下限	100	100	90	78	62	50	26	16	12	8	5	4	3
	设计级配	100	100	95.4	85.7	72.3	60.4	40.5	31.4	23.6	17.3	10.7	9.3	5.9
ATB-30	上限	100	90	72	66	60	51	40	32	25	18	14	10	6
	下限	90	70	53	44	39	31	20	15	10	8	5	3	2
	设计级配	95.2	81.6	63.7	54.6	51.2	40.4	31.3	24.8	16.9	13.8	10.8	7.2	4.6

表 5 3 种沥青混合料的技术指标试验结果

混合料 类型	最佳油 石比/%	空隙率/%	矿料间 隙率/%	沥青饱 和度/%	粉胶比	密实度/%	
						初始压实次数	设计压实次数
AC-16	4.6	4.3	14.8	72.6	1.02	86.3	95.2
AC-20	4.4	4.6	13.8	68.3	1.26	87.1	94.9
ATB-30	3.1	4.8	12.8	66.3	1.12	86.7	95.4

2 沥青混合料路用性能研究

2.1 高温稳定性

沥青砼路面的高温稳定性差是车辙病害形成的主要原因。通过车辙试验分析 AC-16、AC-20 和 ATB-30 混合料的高温稳定性。依据车辙板试模与矿料粒径之间的对应关系,AC-16、AC-20 沥青混合料的车辙板试模尺寸为 300 mm×300 mm×50 mm,ATB-30 沥青混合料的车辙板试模尺寸为 300 mm×300 mm×100 mm。采用 NYCZ-5 型自动车辙试验仪进行试验,试验结果见图 1。

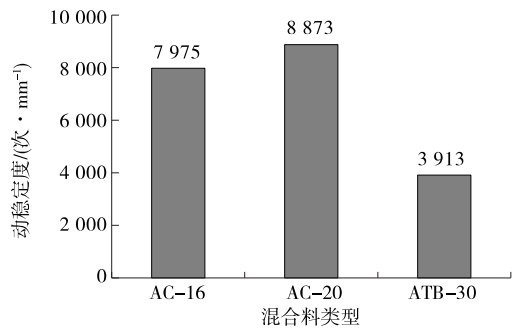


图 1 3 种沥青混合料车辙试验结果

从图 1 可以看出:AC-16、AC-20 混合料的

动稳定度都不小于 7 000 次/mm,大大高于规范要求的不小于 2 400 次/mm,表明其具有很好的高温稳定性;ATB-30 混合料的动稳定度大于 3 500 次/mm,表明其高温稳定性较好。

2.2 低温抗开裂性能

混合料低温环境下抑制裂缝形成的能力可用低温抗开裂性能来评价。选用旋转压实法对混合料试件开展-10℃劈裂强度试验,试验结果见图 2。

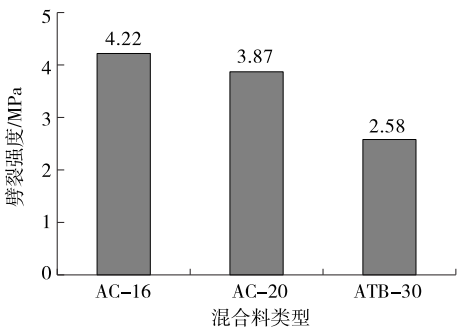


图 2 3 种沥青混合料低温劈裂试验结果

从图 2 可看出:AC-16、AC-20 混合料的低温抗开裂强度很大,表明其具备良好的抑制低温开裂的能力;ATB-30 混合料也具备较好的低温抗开裂能力。

2.3 水稳定性

浸水马歇尔试验是最传统、最直接的评价混合料水稳定性的试验方法,且其操作方便。采用浸水马歇尔试验对3种混合料进行水稳定性试验,试验结果见图3。

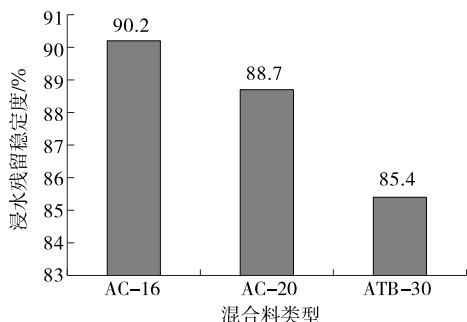


图3 3种沥青混合料浸水马歇尔试验结果

从表3可看出:AC-16、AC-20、ATB-30混合料的浸水残留稳定度分别为90.2%、88.7%和85.4%,满足大于80%的规范要求,表明通过旋转压实成型的混合料都具备很好的抗水毁剥落能力。

2.4 抗压回弹模量

选用CMT5504型电子万能试验机对成型的 $\phi 100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 试件进行抗压回弹模量试验,试验温度分别为15、20℃,试验结果见图4。

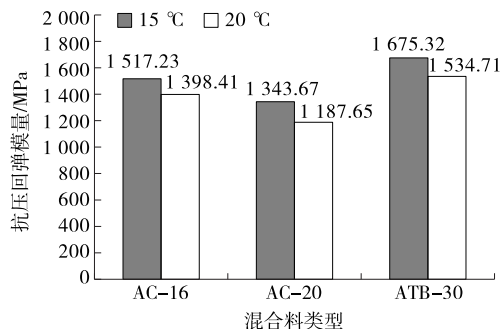


图4 不同温度下沥青混合料抗压回弹模量试验结果

从图4可看出:3种混合料在15、20℃试验环境下都具有较高的抗压回弹模量,其值都随着试验温度的升高而减小。表明通过旋转压实得到的混合料试件具有较高的强度,满足抗压性能要求。

3 旋转压实法沥青混合料老化性能研究

用试验设备发射紫外线模拟太阳光对由旋转压实制作的AC-16C沥青混合料车辙板进行不同周期的紫外线老化,评价老化后混合料的路用性能。

3.1 紫外线老化后的动稳定度

对老化后AC-16C沥青混合料试件进行动稳

定度试验,试验结果见图5。

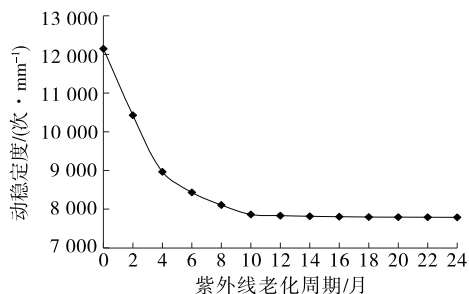


图5 老化后沥青混合料动稳定度试验结果

从图5可知:随着老化周期的增加,AC-16C沥青混合料的动稳定度逐渐降低,老化周期为24个月的动稳定度与未老化试件的相比降低35.9%;老化周期达到4个月,动稳定度逐渐稳定。主要是因为随着老化周期的增加,沥青混合料中沥青的老化程度逐渐增大,沥青变得硬而脆,吸附集料的性能逐渐降低,导致动稳定度降低。

3.2 紫外线老化后的水稳定性

对老化后AC-16C沥青混合料试件分别进行冻融劈裂、浸水马歇尔试验,试验结果见图6、图7。

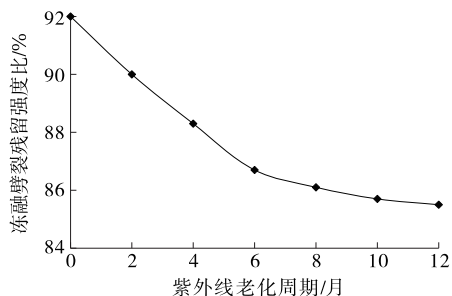


图6 老化后沥青混合料的冻融劈裂残留强度比

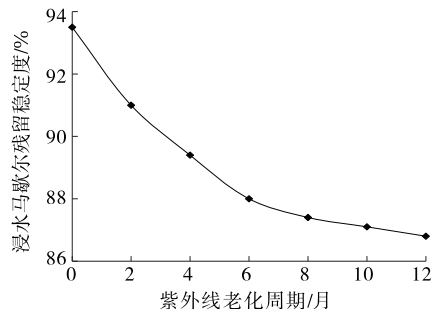


图7 老化后沥青混合料的浸水马歇尔残留稳定度

从图6可以看出:随着紫外线老化周期的增加,AC-16C沥青混合料的冻融劈裂强度比逐渐减小,老化周期达到8个月,降低速率变缓。

从图7可以看出:随着紫外线老化周期的增加,

(下转第84页)

用性能试验结果综合考虑,提出热拌薄层 AC-5 的设计体积参数范围。通过对热拌薄层 AC-5 级配范围的初步尝试,借鉴国内外关于 AC-5 级配的研究成果和应用经验,通过就行等分的方法确定了热拌薄层 AC-5 的改进矿料级配范围。

参考文献:

- [1] 李睿.热拌薄层混合料设计及路用性能研究[D].长沙:长沙理工大学,2018.
- [2] 李蕊,李彦伟,石鑫,等.热拌薄层沥青混合料的设计方法及其路用性能研究[J].中外公路,2012,32(4).
- [3] 王涛,李闯民.热拌薄层 AC-5 沥青混合料体积参数试验研究[J].公路,2015(3).
- [4] JTG F40-2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [5] 陈亚杰.超薄沥青功能层混合料设计及路用性能改善研究[D].西安:长安大学,2012.
- [6] 郝培文,吴徽,张登良.不同沥青用量与级配组成对沥青混合料抗车辙性能的影响[J].西安公路交通大学学报,1998,18(3B).
- [7] 陈景,孙澎涛,李福普,等.沥青混合料渗水系数的研究[J].公路交通科技,2006,23(1).
- [8] Zube Ernest. Compaction studies of asphalt concrete pavements as related to the water permeability test

[A]. 41st Annual Meeting of the Highway Research Board[C].1962.

- [9] E R Brown, R Collins, J A Brownfield. Investigation of segregation of asphalt mixtures in the state of georgia [J]. Transportation Research Record, 1989(2).
- [10] Roberts F L, Kandhal P S, Brown E R, et al. Hot mix asphalt materials, mixture design and construction [M]. 2nd ed. Lanham, M D: NAPA Education Foundation, 1996.
- [11] 李美江,王旭东.沥青混凝土路面水损坏的试验分析[J].公路,2006(7).
- [12] 赵战利.沥青路面抗滑表层研究[D].西安:长安大学,2002.
- [13] National Cooperative Highway Research Program. Thin asphalt concrete overlays[R]. National Cooperative Highway Research Program, 2014.
- [14] 薛小刚.沥青混合料级配优化及配合比设计方法研究[D].西安:长安大学,2005.
- [15] 侯芸,魏道新,田波,等.沥青混合料油膜厚度计算方法[J].交通运输工程学报,2007,7(4).
- [16] 李闯民,王涛.基于 APA 车辙深度的 AC-5 沥青混合料体积参数的标准[J].公路交通科技,2015,32(7).

收稿日期:2018-07-01

(上接第 56 页)

AC-16C 沥青混合料的残留稳定度逐渐减小,老化周期达到 8 个月后降低速率变缓。随着紫外线老化周期的增加,旋转压实成型试件的抗水毁能力下降。这主要是因为随着老化周期的增加,混合料中沥青的老化程度逐渐变大,沥青变得硬而脆,沥青与矿料的粘结性能降低,导致混合料的水稳定性降低。

4 结论

(1) 3 种通过旋转压实成型的沥青混合料试件都具有良好的高温稳定性、很好的抵制低温开裂能力、较高的抗水毁剥落能力,都满足抗压性能要求,且抗压回弹模量都随温度的升高而减小。

(2) 随着紫外线老化周期的增加,旋转压实法成型试件的动稳定度、冻融劈裂残留强度比、浸水马歇尔残留稳定度都逐渐降低,最终趋于稳定。

参考文献:

- [1] 毕海鹏.旋转压实方法与马歇尔击实方法在沥青路面配合比设计中的对比研究[D].长春:吉林大学,2007.

- [2] 郑鑫.基于 Superpave 和马歇尔方法的沥青混合料优化设计研究[D].西安:长安大学,2008.
- [3] 李明珠.旋转压实法设计粗粒式沥青稳定柔性基层配合比研究[J].建材世界,2010,31(1).
- [4] 汤雄.Superpave 在甘肃高速公路沥青路面中的研究与应用[D].重庆:重庆交通大学,2012.
- [5] 蒋应军,孔令飞,陈浙江.ATB-30 沥青混合料 VVCM 与马歇尔设计对比[J].公路交通科技,2015,32(6).
- [6] 张海涛,于腾江.Marshall 与 Superpave 沥青混合料压实次数关系的研究[J].公路交通科技,2015,32(10).
- [7] 豆怀兵.超薄罩面盐化物自融雪沥青混合料组成与性能研究[D].西安:长安大学,2015.
- [8] 程可飞.紫外添加剂对沥青混合料抗紫外线性能及路用性能的影响研究[D].西安:西安建筑科技大学,2014.
- [9] 傅珍,黄振,马峰.玄武岩纤维对老化沥青混合料路用性能的影响[J].材料导报 B:研究篇,2016,30(2).
- [10] 石鑫,李彦伟,张久鹏.沥青路面碾压温度场与有效压实时间分析[J].公路交通科技,2013,30(6).
- [11] 化高伟.抗紫外光添加剂对改善沥青及沥青混合料路用性能的对比[D].西安:西安建筑科技大学,2015.

收稿日期:2018-04-18