

文章编号:1671-8879(2005)05-0025-04

多碎石沥青混合料路用性能

常小马, 田见效, 邵丽霞

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要:为了研究多碎石沥青混合料的路用性能,采用不同矿料组配条件下的沥青混合料类型,进行低温抗裂性、高温稳定性、路面渗水和路面抗滑性等项路用性能指标试验。结果表明,不同矿料组配条件下沥青混合料的路用性能变化显著,其中多碎石沥青混合料因其良好的矿料级配组成,使其具有优良的路用性质。

关键词:道路工程;多碎石沥青混合料;高温;稳定性;透水性

中图分类号:U414.75

文献标识码:A

Properties of asphalt with plentiful aggregate

CHANG Xiao-ma, TIAN Jian-xiao, SHAO Li-xia

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to study the pavement performance of asphalt-mixture with plentiful broken stone, a series of comparison experiments are carried out for analyzing the difference of the characteristics under different gradation, including the stability high temperature, crack resistance at low temperature, water permeability and anti-skidding performance. Tests results show that the gradation obviously affects the pavement performance of asphalt mixture, and the pavement performance of asphalt mixture with plentiful broken stone is superior to the others. 10 tabs, 7 refs.

Key words: road engineering; asphalt mixture with plentiful aggregate; high temperature; stability; water permeability

0 引 言

中国自 20 世纪 80 年代中期开始兴建高速公路以来,已建成高速公路约 12 000 km^[1]。目前,中国已进入了以建设高速公路、一级公路等高等级公路为主的新时期。已建成的高等级公路中沥青路面以其良好的行车舒适性和优异的路用性能得到了公路建设者和使用者的普遍认可,沥青路面也占到了高等级公路路面的 95% 以上。但是在实际应用过程中,发现常规类型的沥青混合料自身的缺陷也是非常明显的,

其中沥青混凝土中的 I 型空隙率较小(2%~6%),具有透水性小和耐久性好的特点,但路面纹理小,抗滑性能差是其明显缺点;II 型沥青混凝土和抗滑表层(AK 型)结构,由于其碎石含量大,细集料和矿粉含量相对较少,空隙率明显大于 I 型沥青混凝土(6%~10%),虽然路面表面纹理深度可达到规定要求,抗高温变形能力强,但路表水易透入中、下面层,甚至到达基层而导致路面结构损坏,同时沥青膜老化加快使路面耐久性降低^[2]。为解决路面的抗滑性能及耐久性问题,许多研究人员已开展了多方面研究,并取得了

收稿日期:2004-11-10

作者简介:常小马(1968-),男,陕西高陵人,长安大学实验师。

一定的成果^[3]。本文通过对多碎石沥青混合料深入地系统地研究,以期能使其在生产中推广应用,从而提高沥青路面的使用品质和寿命。

1 多碎石沥青混合料结构组成

多碎石沥青混合料是一种密实-骨架结构,其整体结构是密实的,大部分骨料几乎互相接触形成骨架,填充骨架空隙的材料主要是沥青-矿粉胶浆,中间粒径颗粒很少,即由高含量的粗集料、高含量的矿粉、低含量的中间粒径颗粒和适当的沥青组成的混合料。在这种密实-骨架结构的混合料中,沥青胶浆作为骨料的填充部分,它对整个混合料性质的影响(特别是高温状态下)不象在密实-悬浮结构中那么大^[3]。粗集料的骨架作用使混合料具有良好的抵抗变形能力,高含量的矿粉与混合料中的沥青形成沥青-矿粉胶浆充分填充于粗集料的骨架中间^[4]。因而从结构方面来看,多碎石沥青混合料具有空隙率小,抗变形能力强的特点。

2 试验用原材料技术指标

2.1 沥青

兰炼 AH-90 重交通道路石油沥青,其主要技术指标见表 1。

2.2 集料

陕西临潼花岗岩碎石,灞河中砂,矿粉为陕西富平石灰岩磨制而成。其主要技术指标见表 2。

2.3 抗剥落剂

AST-1 型抗剥落剂,掺量为沥青质量的 0.3%。加入抗剥落剂后,石料与沥青的粘附性等级提高到 4 级。

3 矿料组配和最佳沥青用量

为使研究结果具有可比性,试验分别采用《沥青

表 1 沥青技术指标

试验项目		试验结果
针入度 (25 ℃,100 g,5 s)		90.3(0.1 mm)
延度 (5 cm·min ⁻¹)	5 ℃	9 cm
	15 ℃	>100 cm
	25 ℃	>100 cm
软化点(环球法)		48 ℃
含蜡量		2.2%
薄膜加热试验 (163 ℃,8 h)	质量损失	0.04%
	针入度比	76.6%
	延度(25 ℃,5 cm·min ⁻¹)	>100cm

表 2 矿料物理力学指标

粗集料 视密度/ (g·cm ⁻³)	砂子视 密度/ (g·cm ⁻³)	矿粉 密度/ (g·cm ⁻³)	集料 压碎 值/%	集料 冲击 值/%	集料 坚固 性/%	碎石 粘附 性
2.644	71.2	2.680	17.7	24.3	2.34	2

路面设计规范》中推荐的 AK16、AC-16I 两种级配中值和多碎石沥青混合料 SAC-16 级配中值等 3 种形式,各矿料级配组成见表 3。

试验采用马歇尔法确定,可取油石比 4.0%,4.5%,5.0%,5.5%,6.0%。矿料加热温度 165℃,沥青加热温度 160℃,混合料拌和温度 145℃,试件击实温度 135℃,试件按双面各击 75 次。对成型好的马歇尔试件在常温下放置 24 h 后进行其物理指标和力学指标试验,试验结果见表 4。

4 多碎石沥青混合料路用性能

4.1 低温抗裂性能

沥青混合料的低温抗裂性能反映沥青混合料在低温条件下的路用工程性质。试验时把试件(尺寸为 40 mm×40 mm×200 mm)置于 0 ℃的环境箱中恒温 4~5 h,然后在 MTS 上测定其弯曲应变,试验

表 3 SAC-16 沥青混合料矿料级配组成

级配类型	筛孔尺寸/mm	19.00	16.00	13.20	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
SAC-16	级配范围	100	95~100	75~90	55~70	30~40	22~31	16~24	12~20	10~18	8~15	6~10
SAC-16	采用级配	100	97.5	82.5	62.5	35.0	26.5	20.0	16.0	14.0	11.5	8.0
AK-16A	级配范围	100	90~100	70~90	50~70	30~50	22~37	16~28	12~23	8~18	6~13	4~9
AK-16A	采用级配	100	95.0	80.0	60.0	40.0	29.5	22.0	17.5	13.0	9.5	6.5
AC-16 I	级配范围	100	95~100	75~90	58~78	42~63	32~50	22~37	16~28	11~21	7~15	4~8
AC-16 I	采用级配	100	97.5	82.5	68.0	52.5	41.0	29.5	22.0	16.0	11.0	6.0

结果见表 5。

表 4 SAC 混合料马歇尔试验结果

级配类型	油石比/%	视密度/(g·cm ⁻³)	稳定度/kN	流值/0.1 mm	空隙率/%	饱和度/%	矿料间隙率/%	残余稳定度/%
SAC-16	4.832	2.383	13.30	34	4.02	74	15.6	92
AK-16A	4.641	2.331	9.74	28	6.16	63	16.4	86
AC-16 I	5.012	2.386	4.10	35	3.21	78	14.6	96

表 5 沥青混合料 0℃弯曲试验结果

级配类型	AK-16A	AC-16I	SAC-16
0℃弯曲应变/10 ⁻⁶ ε	11.77	15.62	21.45

试验结果表明,多碎石沥青混合料具有优异的低温抗裂性能,分别比 AK-16A、AC-16I 提高了 82.2%、37.3%。

4.2 高温稳定性试验

沥青混合料马歇尔试验不能全面评价混合料在高温条件下受车轮荷载作用的抗变形能力,因此本文采用沥青混合料的车辙试验来评价多碎石混合料的高温稳定性能,试验结果见表 6。试验采用日本三井公司生产的车辙测试系统进行干燥状态下的车辙试验,试验条件为

- 碾压轮荷载:700 N
- 碾压轮与车辙板接触强度:0.7 MPa
- 试验环境温度:60℃
- 碾压轮行驶距离:23+1 cm
- 碾压轮行驶速度:42 次·min⁻¹
- 试验时间:1 h
- 动稳定度: $DS=(42\times 15)/(d_{60}-d_{45})$

其中, d_{60} 为试验时间 60 min 时的试验记录车辙深度(mm), d_{45} 为试验时间 45 min 时的试验记录车辙深度(mm)。

表 6 沥青混合料车辙试验结果

级配类型	试件的减薄量/mm				DS/(次·mm ⁻¹)
	15 min	30 min	45 min	60 min	
AK-16A	0.83	1.28	1.65	2.10	1 400
AC-16I	1.28	1.95	2.70	3.42	875
SAC-16	0.76	1.12	1.37	1.56	3 316

从试验结果可以看出,多碎石沥青混合料具有优良的高温抗车辙性能,同时它的总变形量也远小于其他两种。分析其原因是由于多碎石沥青混合料优良的密实-骨架结构形式^[5],即骨料相互间的嵌挤作用使混合料具有较大的内摩擦力。

4.3 透水性试验

多碎石沥青混合料作为沥青路面的上面层,雨水渗透对路面的使用性能影响非常大。如果大量的雨水渗入中面层甚至下面层或路面基层,将会造成严重损害^[6]。试验时采用中国产路面透水仪,在成型好的车辙板上进行透水性试验(试验时用凡士林密封透水仪底座四周,防止水沿底座渗出),测定单位时间内透入车辙板中水的体积,试验结果见表 7。

表 7 不同级配类型混合料透水性试验结果

级配类型	不同时间渗入不同级配类型沥青混合料中水的体积/mL						
	0	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min
SAC-16	0	1.0	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9
AC-16 I	0	0.6	0.9	1.1	1.3	1.4	1.4
AK-16A	0	1.5	2.6	3.4	3.8	4.3	4.7

SAC-16、AC-16I 和 AK-16A 的透水系数分别为 0.4 mL·min⁻¹,0.3 mL·min⁻¹,1.6 mL·min⁻¹,SAC 沥青混合料的抗渗透能力优于 AK-16A 型,与 AC-16I 型相当。分析原因,主要是因为 SAC 混合料中矿粉的含量较高,混合料的剩余空隙率很小(一般为 5%左右),因而具有良好的抗渗透能力。

4.4 冻融试验

按照马歇尔试验确定的最佳沥青用量,以两面各击实 50 次成型 8 块马歇尔试件,每 4 块为一组。其中一组在真空饱水的负压条件下,保持 15 min 后,恢复常压,让试件在水中继续放置 30 min,然后把试件装入塑料袋中并加入 10 mL 水,把塑料袋密封后和试件一起放入-18℃的冰箱中冰冻 16 h,再在 60℃水中浸泡 24 h 后,与另外一组马歇尔试件一起放入 25℃水中恒温 2 h,做劈裂试验。试验加载速率为 50 mm·min⁻¹,试验结果见表 8。

表 8 混合料冻融试验结果

混合料类型	未冻融试件/MPa	冻融试件/MPa	劈裂强度比 TSR/%
SAC-16	1.03	0.74	71.8
AK-16A	0.84	0.53	63.1
AC-16 I	1.12	0.83	74.1

从试验结果看,多碎石沥青混合料冻融劈裂强度比 TSR 较高,具有良好的抗冻融性,主要是由于多碎石沥青混合料中的胶浆起填充作用,使混合料内部的剩余空隙较少,外界水分很难进入。

4.5 抗滑性试验

试验选用采砂铺仪和从英国进口的 EL-2000

摆式摩擦系数测定仪,测定压实混合料的表面纹理深度和摩擦系数,结果见表 9。

试验结果表明,多碎石沥青混合料的构造深度和摩擦系数明显优于 AC-16I,但和 AK-16A 基本相当。分析其原因,主要是多碎石沥青混合料的多碎石骨架-密实结构由于粗颗粒的棱角使压实的混合料表面较为粗糙。从粗颗粒及被沥青裹覆颗粒的分布情况来看,矿料内部的嵌挤作用是形成较大纹理的主要原因。试验中也发现,多碎石沥青混合料的表面几乎看不到任何微小空隙^[7]。

表 9 不同级配类型混合料构造深度和摩擦系数试验结果

混合料类型	SAC	AK-16A	AC-16 I
构造深度/mm	1.14	1.18	0.71
摩擦系数/BPN	0.65	0.67	0.55

5 不同级配沥青混合料使用性能评价

现将不同级配的多碎石沥青混合料使用性能汇总于表 10。

表 10 沥青混合料使用性能汇总

级配类型	构造深度	摩擦系数	抗车辙	抗裂	冻融	透水性	抗水坏性
AK-16A	1	1	2	3	3	3	3
AC-16 I	3	3	3	2	1	1	1
SAC-16	2	2	1	1	2	2	2

注:1-优良;2-良好;3-较差。

由表 10 可以看出,AK-16A 的抗滑性能最好,但低温抗裂性能、抗冻融及抗水坏性能均较差;AC-16I 的抗冻融及抗水坏性能最好,但抗滑性能和高温抗车辙性能较差;SAC-16 具有优良的高温抗车辙性能和低温抗裂性能,并且具有良好的抗滑性、抗冻融性和抗水坏性能。

6 结 语

- (1)骨架-密实结构是多碎石沥青混合料具有良好表面特性和高温稳定性的主要原因。
- (2)多碎石沥青混合料具有优异的低温抗裂性和良好的耐久性能。
- (3)多碎石沥青混合料作为沥青路面的上面层具有较好的发展前景。

参考文献:

References:

[1] 沈金安. 改性沥青与 SMA 路面[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
SHEN Jin-an. Modified bitumen and stone mastic asphalt pavement[M]. Beijing: People's Communications Press,1999.

[2] 沙庆林. 半刚性基层沥青路面[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
SHA Qing-lin. Asplalt pavement on semi-rigid road-bass for high-glass highways [M]. Beijing: People's Communications Press,1999.

[3] 张登良, 韩 森, 崔育其. 沥青马蹄脂碎石(SMA)混合料路用性能研究[J]. 西安公路交通大学学报, 1998,18(3B):148-154.
ZHANG Deng-liang, HAN Sen, CUI Yu-qi. Study on performance of mastic asphalt mixture[J]. Journal of Xi'an Highway University , 1998,18(3B):148-154.

[4] 陈拴发, 田见效. 沥青稠度对 SMA 路用性能影响研究[J]. 西安建筑科技大学学报, 2000,32(3):281-284.
CHEN Shuan-fa, TIAN Jian-xiao. Study on the influence of asphalt grade on SMA pavement performance [J]. Journal of Xi'an University of Architecture and Technology, 2000,32(3):281-284.

[5] 郝培文. 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):199-202.
HAO Pei-wen. The effects of aggregate gradations and asphalt gement on permanent deformation of asphalt mixes[J]. Journal of Xi' an Highway University, 1998,18(3B):199-202.

[6] 潘宝峰, 王哲人, 陈静云. 沥青混合料抗冻融循环性能的试验研究[J]. 中国公路学报, 2003,16(2):1-4.
PAN Bao-feng, WANG Zhe-ren, CHEN Jing-yun. Test and study of the alternate freezing and thawing capability of the bituminous mixture[J]. China Journal of Highway and Transport, 2003,16(2):1-4.

[7] 田小草, 郑健龙, 张起森. 老化对沥青结合料粘弹性的影响[J]. 交通运输工程学报, 2004,4(1):3-6.
TIAN Xiao-ge, ZHENG Jian-long, ZHANG Qi-sen. Effect of aging on viscoelastic performance of asphalt binder[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004,4(1):3-6.