

ATB40 在旧水泥混凝土路面改建中的应用技术研究

冯新军^{1,2}, 郝培文¹, 查旭东²

(1. 长安大学公路学院 西安市 710064; 2. 长沙理工大学公路工程学院 长沙市 410076)

摘 要: 结合旧水泥混凝土路面改建实体工程,对大粒径沥青稳定碎石基层(ATB40)在旧水泥混凝土路面上代替半刚性基层的应用技术,包括路面结构设计、ATB40 的配合比设计、路用性能以及施工技术进行了研究。结果表明:ATB40 应用于旧水泥混凝土路面改建中,可以有效防止路面反射裂缝的产生,并具有良好的高温稳定性和水稳定性。

关键词: ATB40; 旧水泥混凝土路面; 反射裂缝; 路用性能

为了解决高等级公路半刚性基层沥青混凝土路面普遍存在的反射裂缝、抗车辙能力不足和耐久性较差等问题,国内已对大粒径沥青碎石基层进行了较多的室内研究并铺筑了一些试验路,结果表明:(1)大粒径沥青碎石基层作为一类柔性结构层,具有很强的柔性和变形能力,作为应力消散层,可明显提高路面抗反射裂缝的能力;(2)由于大粒径沥青碎石基层集料粒径的增大和粗集料的增多,粗集料易形成骨架结构,可以抵抗较大的塑性和剪切变形,具有良好的抗车辙能力;(3)大粒径沥青碎石基层可以与沥青混凝土面层粘结牢固,并且由于其模量接近,使路面结构受力更均匀,耐久性得到了提高。但是,在旧水泥混凝土路面改建中,由于旧水泥混凝土路面一般裂缝、接缝破坏及错台较多,整体性差,在沥青混凝土加铺后,反射裂缝往往更为突出。在这样严酷的条件下,大粒径沥青碎石基层是否仍然可以减少加铺层的反射裂缝,提高路面的抗车辙能力和耐久性,国内对此研究较少,特别对最大公称粒径为37.5 mm 的沥青混合料研究更少。为此,结合浙江省衢州市路网改造工程,深入研究大粒径沥青碎石基层ATB40 在旧水泥混凝土路面改建中的应用技术,具有重要的经济价值和社会意义。

1 依托工程概况

本次研究结合浙江省S21 省道龙葛线二级公路

改建工程进行。龙葛线起点为K22+700,终点为K32+700,全长10 km,是连接龙游与兰溪、诸葛两地的重要通道,于1990 年前后建成水泥混凝土路面,路面宽为9 m。由于近年来交通量快速增长,重车超载现象普遍,大吨位运矿石料车来往较多,致使水泥混凝土路面的破板率较高,路面损坏比较严重。虽经多次大修和小段路面加铺,但效果不理想,很大程度上影响了行车安全。为积极响应浙江省交通厅提出的“畅通工程,绿色通道”的号召,修复完善行车道路面、绿化美化公路显得十分必要。

为了确定试验路的路面结构方案,首先对选定的试验路段K22+700~K24+400 旧水泥混凝土路面进行了现场详细调查和检测,包括路况调查、弯沉检测、承载板检测和落锤式便携弯沉仪(PFWD)检测。通过对路面破损类型包括裂缝类、接缝类和变形类的调查,采用路面状况指数(PCI)和断板率(DBL)两项指标综合评定后认定该路段路面状况为差。从贝克曼梁弯沉仪、PFWD(直径10 cm 板)和承载板检测结果来看:弯沉代表值为41.0(0.01 mm),变异系数为0.88;动回弹模量 E_t 平均值为2 480.0 MPa,变异系数为0.79;而静回弹模量平均值为565.1 MPa,变异系数为0.46。显然检测结果变异性都很大,表明旧水泥混凝土路面强度和刚度存在较大的不均匀性,路面破损较严重,板底存在较多脱空现象。因此,必须对旧路面进行技术处理后,才能在上面加铺路

面结构层。处治时,应适当进行灌浆或压密处理,以避免旧水泥混凝土面板开裂、松动而造成加铺层路面结构的开裂破坏。

2 试验路路面结构设计

为了确定合适的大粒径沥青碎石基层的厚度,采用自行开发研制的公路沥青混凝土路面辅助设计系统(HAPDS 2002)对试验路路面结构进行设计,主要设计参数参照原设计和路况调查结果选取。具体设计如下。

(1) 累计标准轴次 $N_e = 7.76 \times 10^6$ 次,设计弯沉值 $l_d = 44.23$ (0.01 mm)。

(2) 主要设计参数取值见表1。

表1 路面结构设计参数

层位	材料名称	厚度 h_i cm	抗压回弹模量 E_i MPa		劈裂强度 S_i MPa
			20℃	15℃	
1	AC13-I	4	1 400	2 000	1.40
2	AC20	6	1 200	1 800	1.00
3	大粒径沥青碎石	设计层	1 000	—	—
4	旧水泥混凝土路面	22	1 500	—	0.65

(3) 路面结构设计结果为大粒径沥青碎石基层厚度取15 cm。

3 大粒径沥青混合料配合比设计

3.1 原材料的技术性质

(1) 沥青。

本研究选用韩国SK-70 沥青,其技术指标见表2,符合规范AH-70 沥青的要求。

表2 沥青的技术性质

试验项目		韩国SK-70 沥青	规范技术要求
针入度(25℃,100g,5s)/0.1 mm		62	60~80
延度(5 cm/min,15℃)/cm		≥100	≥100
软化点(环球法)/℃		48.5	44~54
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)		1.036	≥1
含蜡量(蒸馏法)/%		1.0	≤3
溶解度(三氯乙烯)/%		99.74	≥99.5
旋转薄膜 加热试验 (163℃,85 min)	重量损失/%	0.19	≤0.8
	针入度比/%	71.5	≥58
	延度(25℃)/cm	85	≥50
	延度(15℃)/cm	45	实测记录

(2) 集料。

粗集料、细集料均为石灰岩,矿粉为石灰岩磨制而成。集料的各项技术指标均符合规范要求,实测各档集料视密度见表3。

表3 集料的视密度

矿料粒径 mm	37.5	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
视密度 g/cm ³	2.638	2.683	2.742	2.741	2.730	2.747	2.744	2.744	2.722	2.732	2.719	2.734	2.722	2.750

3.2 大粒径沥青混合料级配组成设计

本研究以国内外大粒径沥青混合料级配设计理论为基础,参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)提出的大粒径沥青稳定碎石基层混合

料ATB40 的级配范围,初步设计了5种级配(表4,其中1号、2号、3号级配分别为级配上限、级配中值、级配下限,4号、5号级配为交叉级配)。5种级配曲线见图1。

表4 ATB40 沥青混合料的设计级配

级配	通过下列筛孔(方孔筛,mm)百分率/%														
	53.0	37.5	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1号级配	100	100	92	85	71	63	57	50	40	32	25	18	14	10	6
2号级配	100	95	83.5	75	60	53	47	40	30	23.5	17.5	13	9.5	6.5	4
3号级配	100	90	75	65	49	43	37	30	20	15	10	8	5	3	2
4号级配	100	99.3	89.6	80.7	64.7	55.9	48.4	40.0	28.6	21.1	14.3	10.1	6.3	3.5	2
5号级配	100	90.7	77.4	69.3	55.3	50.1	45.6	40.0	31.4	25.9	20.7	15.9	12.7	9.5	6

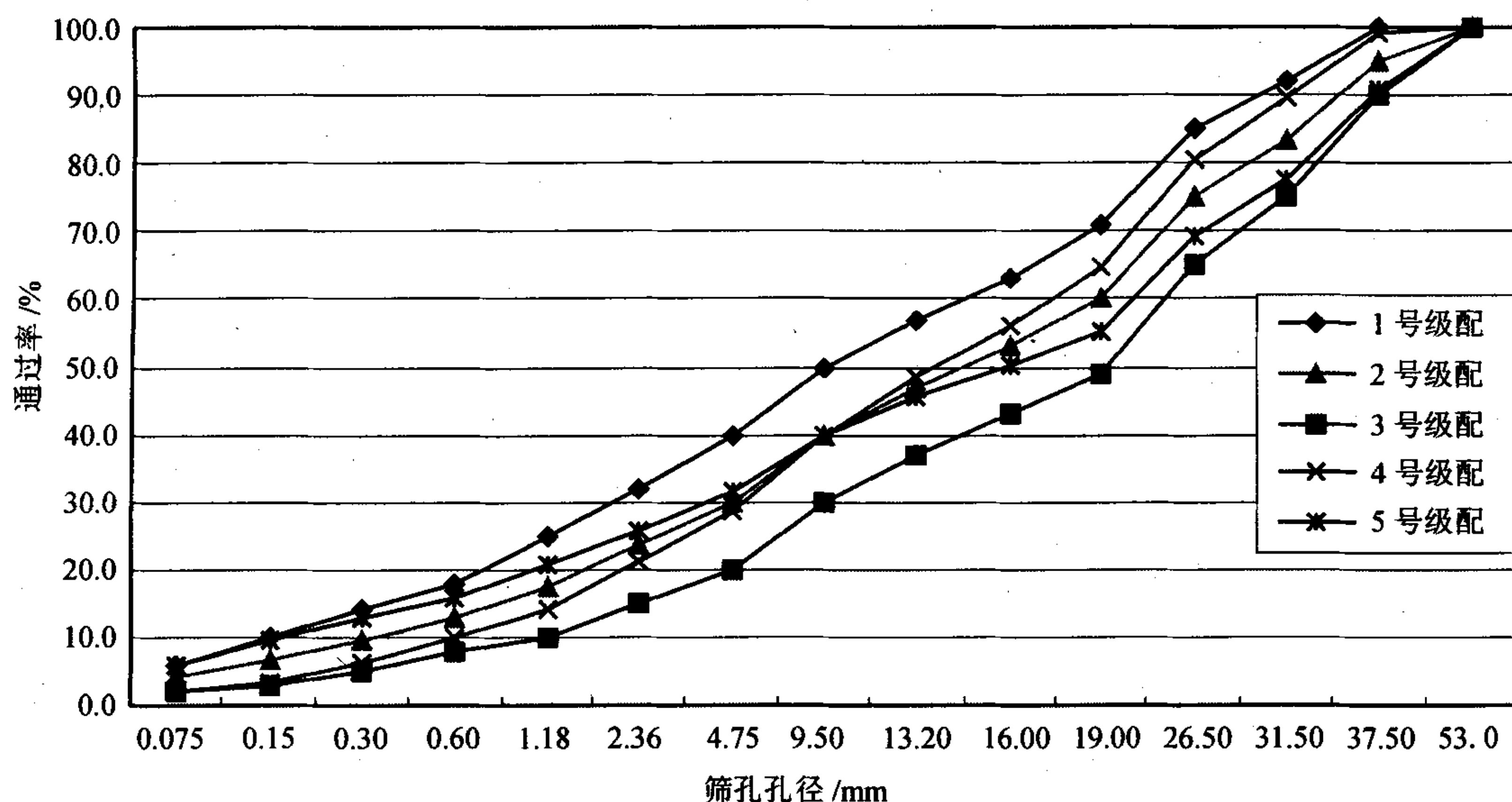


图1 ATB40 沥青混合料设计级配曲线

3.3 最佳沥青用量和最优级配的确定

大粒径沥青混合料最佳沥青用量的确定按大马歇尔试验配合比设计方法进行,试件尺寸为 $\phi 152.4 \text{ mm} \times 95.3 \text{ mm}$,击实次数为双面各112次。试验确定5

种级配的最佳沥青用量依次为3.2%、2.9%、2.9%、2.9%、3.2%,5种级配在最佳沥青用量下的大马歇尔试验结果见表5。

表5 5种级配在最佳沥青用量时的大马歇尔试验结果

级配	最佳沥青用量 %	技术性质							
		视密度 g/cm^3	最大理论密度 g/cm^3	空隙率 %	矿料间隙率 %	沥青饱和度 %	稳定度 kN	流值 mm	马歇尔模数 kN/mm
1号	3.2	2.490	2.589	3.83	11.52	66.77	32.20	4.89	6.77
2号	2.9	2.474	2.595	4.66	11.55	59.77	19.87	6.08	3.51
3号	2.9	2.451	2.589	5.32	12.18	56.43	19.73	6.06	3.27
4号	2.9	2.468	2.596	4.95	11.86	58.32	26.93	6.16	4.38
5号	3.2	2.476	2.579	4.00	11.64	65.69	27.40	6.91	4.11
技术要求		—	—	3~6	>11.5	40~70	≥ 15	1.5~4	—

从表5可以看出:5种级配在最佳沥青用量时的各项技术指标均符合施工规范规定的ATB40的技术要求,其中1号级配的马歇尔稳定度和模数最大,流值最小,而且空隙率接近4%。结合浙江省衢州市的气候条件,选定1号级配为试验路大粒径沥青稳定碎石基层的级配。

4 ATB40 路用性能研究

本研究路用性能试验均采用在最佳沥青用量为3.2%时的1号级配拌制沥青混合料成型试件。

4.1 高温稳定性研究

拌制沥青混合料成型尺寸为 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$

$\times 100 \text{ mm}$ 试件进行60℃车辙试验,结果见表6。按我国沥青混凝土路面气候分区,浙江省衢州市属夏热冬温区(1—4区),按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的规定,1—4区沥青混合料动稳定度应不小于1000次/mm。本试验的动稳定度都不小于2250次/mm,表明ATB40大粒径沥青混合料抗车辙能力远大于普通沥青混合料抗车辙能力,具有优良的高温稳定性。

4.2 低温抗裂性研究

4.2.1 低温弯曲试验

拌制沥青混合料成型 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 试件,然后切割成 $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ 小梁

表 6 ATB40 车辙试验结果

试件编号	动稳定度 次/mm	平均值 次/mm	方差 次/mm	变异系数%
1 号	2 739	2 976	869	29.2
2 号	3 938			
3 号	2 250			

试件进行 0℃ 低温弯曲试验, 试验结果见表 7。从表 7 可以看出, 大粒径沥青混合料的 0℃ 弯曲劲度模量比普通沥青混合料(一般小于 5 000 MPa)要大, 这主要是因为大粒径沥青混合料最佳沥青用量比普通沥青混合料最佳沥青用量要少, 所以其低温抗裂性要差一些。但是作为柔性基层, 它具有很强的柔性和变形能力, 比半刚性基层低温抗裂性要好得多, 它作为应力消散层, 可明显提高路面抗反射裂缝的能力。

表 7 ATB40 低温弯曲试验结果

最大荷载 N	破坏跨中挠度 mm	抗弯拉强度 MPa	最大弯拉 应变	弯曲劲度模量 MPa
1 657	0.198 4	7.767	0.001 190	6 793.324 0

4.2.2 劈裂试验

拌制大粒径沥青混合料, 成型直径为 150 mm、高为 150 mm 的大粒径沥青混合料圆柱体试件, 进行 15℃ 劈裂试验, 试验结果见表 8。由表 8 可以看出, 15℃ 时大粒径沥青混合料的平均劈裂抗拉强度为 1.61 MPa。而水泥稳定类基层 90 d 的劈裂强度在 0.48 MPa~0.87 MPa 之间, 平均值为 0.67 MPa; 二灰稳定类基层 180 d 的劈裂强度在 0.52 MPa~0.80 MPa 之间, 平均值为 0.72 MPa。表明大粒径沥青混合料基层的劈裂抗拉强度是半刚性基层劈裂抗拉强度的 2 倍左右, 所以大粒径沥青混合料基层有很好的抗疲劳性能及低温抗裂性, 可以有效抵抗路面反射裂缝。

表 8 ATB40 劈裂试验结果

劈裂强度标准差/MPa	变异系数/%	平均劈裂强度/MPa
0.13	8.07	1.61

4.3 水稳定性研究

拌制沥青混合料成型大马歇尔试件分别进行浸水大马歇尔试验和冻融劈裂试验, 试验结果见表 9。

ATB40 浸水大马歇尔试验的残留稳定度 MS_0 为 83.2%, 冻融劈裂抗拉强度比为 78.6%。按我国沥青混凝土路面气候分区, 浙江省衢州市属潮湿区, 按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)

表 9 ATB40 浸水大马歇尔和冻融劈裂试验结果

浸水前的马歇尔 稳定度 MS/kN	浸水 48 h 后的马歇 尔稳定度 MS_1/kN	残留稳定度 $MS_0/\%$	规范要求 $MS_0/\%$
32.2	26.8	83.2	≥ 80
未经冻融循环劈裂 抗拉强度/MPa	经冻融循环后劈裂 抗拉强度/MPa	冻融劈裂抗拉 强度比 $TSR/\%$	规范要求 $TSR/\%$
1.12	0.88	78.6	≥ 75

的规定, 潮湿区沥青混合料的残留稳定度要求不小于 80%, 冻融劈裂抗拉强度比不小于 75%, 表明 ATB40 的水稳定性较好。

5 ATB40 的施工关键技术

大粒径沥青混合料由于粒径较大, 粗集料多, 沥青用量较少且施工厚度大, 在施工过程中须预防以下两个常见的问题。

5.1 ATB40 的离析问题

为了防止由于 ATB40 粒径过大造成的离析, 施工过程应注意采取措施防止。在 ATB40 施工过程中主要发现 3 种离析: 随机离析(或称料窝离析)、纵向离析(或称边沿离析)和运输离析。

防止随机离析的方法是: 目前大部分拌和场配备 4 个冷料斗, 为了生产大粒径沥青稳定碎石, 针对不同的粒料尺寸和级配, 需要对冷配料系统进行修改。此外加强料堆卸料和装料的管理, 可以有效减少随机离析的发生。防止纵向离析的方法是: 正确的装料方式是解决纵向离析的有效手段。在装料时, 应将 ATB40 成批地装入卡车, 拌和楼下的锥体形底部的卸料门应当快速地开启, 打开时卸料门要开到最大使混合料流出不受限制。在分堆装料时, 要尽可能将混合料的前、后料堆靠近卡车的前部和后部, 其他料堆应置于第一、第二堆之间。在摊铺过程中, 要保持摊铺机料斗至少半满, 卸入摊铺机料斗的每一车沥青混合料都会进入料斗内的混合料整体, 这样可明显减少离析现象的发生。防止运输离析的方法是: 在卡车装料过程中, 最好移动卡车位置, 将混合料在卡车中装成前中后 3 小堆, 减少集料滚动的距离。此外, 卡车最好在道路不平整时速度放慢一些。

5.2 ATB40 的压实问题

本试验路的 ATB40 基层厚为 15 cm, 一次摊铺成型, 所以 ATB40 需要高水平的压实效果。ATB40 的碾压温度以靠近表面的混合料温度来控制, 摊铺温度控制为 150℃~165℃, 碾压温度控制为 130℃~

150℃,碾压终了时温度应不低于90℃。为防止碾压过程中的集料破碎问题,ATB40采用的压路机组合方式为:初压采用13t振动压路机静压1遍,复压采用13t振动压路机振动碾压2遍+轮胎压路机碾压4遍,终压采用12t钢轮压路机静压2遍。试验路完工后进行了钻芯试件密度试验,空隙率为5.71%,压实度都大于97%,表明压实效果良好。

6 结语

从试验路施工情况来看,与普通沥青混合料相比,大粒径沥青稳定碎石基层施工工期缩短,沥青用量减少。从试验路通车一年多的情况来看,目前路况良好,没有出现任何路面病害,而半刚性基层沥青混凝土路面已出现了少许反射裂缝,表明ATB40应用于旧水泥混凝土路面改建中可以有效防止路面反射裂缝的产生,并具有良好的高温稳定性和水稳定性。在提高路面耐久性方面,还有待进一步观测。

参考文献:

- [1] 沙庆林. 高等级公路半刚性基层沥青路面[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [2] 张肖宁. 沥青混合料抵抗反射裂缝能力的评价方法研究[J]. 华南理工大学学报, 2001, 29(7).
- [3] 蔡声. 沥青碎石基层在老路改造中的应用研究[J]. 公路, 2003, (12).
- [4] NCHRP REPORT 386. Design and Evaluation of Large Stone Asphalt Mixes [R]. Transportation Research Board National Research council, 2000.
- [5] Kandal P S. Large Stone Asphalt Mixes: Design and Construction[R]. NCAT Report, 1990.
- [6] 刘中林. 大粒径沥青混合料组成设计与路用性能研究[D]. 长安大学, 2002.
- [7] 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).
- [8] JTG F40—2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [9] JTJ 052—2000, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [10] 王富玉, 等. 大粒径沥青混合料的路用性能研究[J]. 公路, 2003, (5).

A Study on Application Technology of ATB40 Used in Reconstruction of Old Cement Concrete Pavement

FENG Xin-jun^{1,2}, HAO Pei-wen¹, ZHA Xu-dong²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. School of Highway Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

Abstract: In combination with reconstruction of the old cement concrete pavement, the application technology of replacing the semi-rigid base by stabilized broken stone base with large size asphalt mixture (ATB40) on the old cement concrete pavement, including pavement structural design, mixture ratio design of ATB40, road performance and construction technology are studied. The results show that the ATB40 is very effective to prevent the emergence of reflection cracks on the old cement concrete pavement overlay, and have good stability at high temperature and the water stability.

Key words: ATB40; old cement concrete pavement; reflection cracks; road performance