

高弹微表处配合比设计及路用性能研究

陈计生, 詹成根, 孙磊, 康宏亮

(中交第三公路工程局有限公司 工程总承包分公司, 北京 100124)

摘要: 针对沥青砼在长期使用后出现的高温车辙、疲劳开裂问题, 提出了一种新型微表处混合料预防性养护及修补技术, 并对其配合比进行了设计, 对其路用性能进行了分析。结果表明, 与常规微表处混合料相比, 高弹微表处混合料具有良好的高温抗变形能力、低温抗开裂性能, 在常规沥青路面、桥面铺装养护及其他特殊路面、钢桥面铺装领域均具有一定应用价值。

关键词: 公路; 高弹微表处; 乳化沥青; 配合比设计; 路用性能

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)02-0094-03

微表处是在稀浆封层的基础上发展起来的路面预防性养护方法, 是用具有一定级配的屑或砂、填料(水泥、石灰、粉煤灰、石粉等)与聚合物改性乳化沥青、外掺剂和水按一定比例拌制成流动型混合料, 再均匀洒布于路面上的封层, 具有防水、耐磨、抗滑、提高路面平整度、防止路面老化与松散、延长路面使用寿命、填补已稳定的车辙、开放交通时间短等性能优势, 也可直接用于新建道路的表面磨耗层, 减少昂贵石料的使用, 降低工程造价, 减少早期水损坏的发生。微表处作为常规的路面养护技术, 在国内外应用相当广泛, 使用效果良好。高弹微表处是一项经济高效的道路预防性养护技术, 与常规微表处相比, 其采用更优质的原材料和严格的级配设计, 具有较好的抗变形、抗开裂及抗疲劳耐久性能。该文研究高弹微表处的配合比设计及路用性能。

1 高弹改性乳化沥青制备

乳化沥青用于道路工程, 最终起作用的仍是沥青本身的技术性能, 而沥青自身组成和化学结构决定其具有温度反应敏感、高温易流淌、低温易脆裂、弹性及抗老化能力差等性能, 直接影响道路使用性能和使用寿命。为提高和改善乳化沥青的技术性能, 像热施工中的沥青一样, 乳化沥青也可通过添加改性剂提高其高温稳定性、低温柔韧性、粘附性及抗

老化性能。

1.1 原材料

- (1) 沥青。选用 SK70[#] 基质沥青。
- (2) 水。用于微表处的水应无色、透明, 无异味, 无杂质; pH 值为 6.0~8.5; 硬度 ≤ 8 度。
- (3) 乳化剂。结合经济及性能要求, 选择慢裂快凝型乳化剂 MQK-1D, 其性能指标见表 1。

表 1 MQK-1D 乳化剂的技术指标

项目	性能指标
物理状态	琥珀色液体
闪点/°C	29
沸点/°C	64
密度(25 °C)/(g·cm ⁻³)	0.97~0.98
粘度(10 °C)/(Pa·s)	1.430
pH 值(25 °C)	10~12
乳液颗粒电荷	+

(4) 改性剂。改性乳化沥青常用改性材料主要为高分子聚合物, 国内常用的有 SBR 胶乳、SBS 乳液、CR 胶乳、EVA 乳液等, 其类型及性能特点见表 2。选择 SBR 胶乳、SBS 胶乳及高弹体改性剂作为乳化沥青改性剂进行比选。

(5) pH 助剂。pH 助剂用于调节乳化剂皂液酸碱度, 使乳化剂充分溶解, 发挥最大的乳化效应。

表 2 改性剂类型及性能特点

改性剂类型	代表改性剂	改性剂特点
热塑性橡胶类	SBS、SB、SIS	兼具橡胶和热塑性塑料的特性, 常温下显示橡胶弹性, 受热时呈可塑性
橡胶类	SBR、CR、EPDM	在很宽的范围内具有高弹性和伸缩性
热塑性树脂类	EVA、PE	可反复软化(或熔化)及冷却凝固

这里选用 34%~36% 浓度的盐酸调节皂液的 pH 值,并采用精密酸度计(精确到 0.01)对调节酸碱度过程进行控制。

1.2 改性剂的影响

将乳化沥青与不同改性剂复配,形成复合式高弹改性乳化沥青,复配比例及性能测试结果见表 3,主要从乳化沥青蒸发残留物三大指标考察改性乳化沥青的性能。

表 3 不同改性剂改性乳化沥青性能对比

类型	软化点/ ℃	针入度/ (0.01 mm)	延度(5℃)/ mm
SK70 [#] 基质沥青	49.4	76.8	1.3
SBS 改性乳化沥青	62.1	58.5	8.7
SBR 改性乳化沥青	81.9	56.1	25.1
高弹乳化沥青	47.9	176.0	94.9
高弹改性乳化沥青	60.0	100.0	110.0

从表 3 可看出:与未改性乳化沥青蒸发残留物三大指标对比,采用高弹改性后的乳化沥青蒸发残留物三大指标中针入度和延度得到大幅度提高,但软化点降低;采用 SBS 胶乳改性后的乳化沥青,其蒸发残留物的软化点有所提升但提升幅度有限,针入度有所降低但降低幅度有限,5℃延度有所提高但仍不满足路用乳化沥青的性能要求;采用 SBR 胶乳改性后的乳化沥青,其蒸发残留物三大指标中的软化点和延度均有不同程度提高,其中延度提高较多,能满足路用乳化沥青的性能要求,但对于钢桥面铺装,其高温性、感温性及变形性均需进一步改善。从综合性能来看,同时采用 2 种或 3 种改性剂的改性乳化沥青的蒸发残留物性能指标较好,同时适当提高 SBR 胶乳含量有助于提高高弹改性乳化沥青的整体性能。因此,初选 2 种改性乳化沥青(SBR 改性乳化沥青、高弹改性乳化沥青)进行后续微表处混合料试验,分析其性能差别。

2 配合比设计

2.1 矿料选择

采用玄武岩(5~10、3~5 mm)和石灰岩石屑(0~3 mm),为保证 0.075 mm 通过率,采用一定掺量石灰岩矿粉。

2.2 级配设计

考虑到 MS-3 型微表处良好的构造深度和摩擦系数,选用该级配(见表 4)进行微表处配合比设计和性能研究。

表 4 集料筛分结果与级配设计

级配类型	不同筛孔(mm)的通过百分率/%						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15 0.075
上限	100	90	70.0	50.0	34.0	25.0	18.0 15.0
下限	100	70	45.0	28.0	19.0	12.0	7.0 5.0
中值	100	80	57.5	39.0	26.5	18.5	12.5 10.0
设计值	100	73	47.3	30.5	22.9	14.1	10.5 7.5

2.3 初选级配确定

根据级配设计和实际工程经验,以油石比 6.0% 为中点,以 0.5% 为间隔,选取 3 个油石比 5.5%、6.0%、6.5% 进行油石比验证。选取油石比 6.0% 进行高弹微表处稀浆混合料拌和试验,拌和温度 28℃,外加剂为硫酸铝,试验结果见表 5。

表 5 高弹微表处混合料拌和试验结果

试件 编号	集料/ g	水泥/ g	水/ g	改性乳化 沥青/g	外加剂/ g	拌和时 间/s
1	100	0.0	7	9.7	—	>180
2	100	0.5	7	9.7	—	60
3	100	0.5	8	9.7	—	105
4	100	1.0	7	9.7	—	90
5	100	1.0	10	9.7	—	180
6	100	1.0	8	9.7	0.2	100
7	100	1.5	10	9.7	—	136

根据表 5,试件 1 偏稀,试件 2 稠度过小,试件 5 状态好,故初步确定该试件级配为高弹微表处混合料的配合比,即集料 100 g、水泥 1 g、水 10 g,油石比为 6%。

2.4 配合比验证

按照初步确定的配合比进行稀浆混合料粘聚力试验、湿轮磨耗试验、负荷车轮粘附砂试验及轮辙变形试验,试验温度 28℃,结果见表 6。由表 6 可知:高弹微表处混合料的各项性能均满足 JTG/T F40-02-2005《微表处和稀浆封层技术指南》的要求。

表 6 高弹微表处混合料性能验证试验结果

测试项目	测试结果	规范要求	
粘聚力/(N·m)	30 min	1.5	>1.2
	60 min	2.3	>2.0
湿轮磨耗值/ (g·m ⁻²)	1 h	189	≤540
	6 d	560	≤800
粘附砂量/(g·m ⁻²)	260	≤450	
轮辙变形/%	2.95	≤5	

按照上述配合比,采用3.5% SBR改性乳化沥青取代高弹改性乳化沥青进行常规微表处稀浆混合料试验,试验温度28℃,试验结果见表7。由表7可知:在相同级配和配合比情况下,常规SBR微表处混合料的性能能满足《微表处和稀浆封层技术指南》的要求;两种微表处相比,在相同油石比条件下,高弹微表处混合料的1h和6d湿轮磨耗值、轮碾车辙变形均小于SBR微表处,且其1h湿轮磨耗值非常小,说明高弹微表处混合料的抗磨耗能力和抗水损能力优良,抗车辙性能好于SBR微表处。

表7 常规SBR微表处混合料试验结果

测试项目	测试结果	规范要求	
粘聚力/(N·m)	30 min	1.3	>1.2
	60 min	2.2	>2.0
湿轮磨耗值/(g·m ⁻²)	1 h	441	≤540
	6 d	632	≤800
粘附砂量/(g·m ⁻²)	327	≤450	
轮辙变形/%	3.71	≤5	

3 路用性能研究

3.1 高温稳定性

鉴于JTG/T F40-02-2005《微表处和稀浆封层技术指南》没有直接针对微表处混合料高温稳定性的试验方法,依据JTG E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》,将稀浆混合料按照设计配合比搅拌均匀,模拟施工现场在自然环境温度下待混合料破乳固化后置于烘箱中加热至170~180℃,按照热拌混合料的方式碾压成型(300×300×50)mm车辙试件(见图1),测试60、70℃时2种微表处混合料的动稳定度,结果见表8。

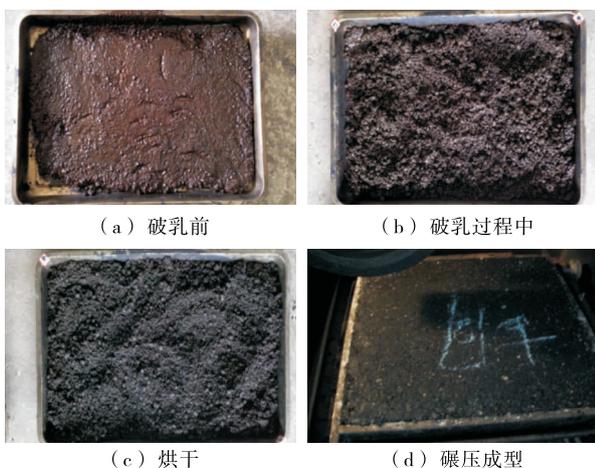


图1 微表处混合料车辙试件成型过程

表8 微表处高温稳定性试验结果

微表处类型	试验温度/℃	60 min 位移/mm	动稳定度/(次·mm ⁻¹)
高弹	60	2.286	5 357
	70	2.458	4 036
SBR	60	2.281	5 384
	70	2.385	4 100

从表8可看出:2种微表处的高温性能都为优良,60℃动稳定度都超过5 000次/mm,70℃动稳定度也达到4 000次/mm,这可能与微表处混合料中掺加的水泥有很大关系。

3.2 低温弯曲性能

采用低温极限弯拉应变评价混合料的低温性能,一般极限应变越大,抗裂性能越好。分别成型2种微表处混合料300mm×100mm×50mm大梁试件,在-10℃进行低温弯曲试验,结果见表9。

表9 微表处混合料低温弯曲试验结果

微表处类型	挠度/mm	抗弯强度/MPa	弯拉应变/με	劲度模量/MPa
高弹	1.258	10.87	9 718.66	1 121.24
SBR	0.968	8.76	7 560.72	1 161.34

从表9可看出:2种微表处混合料的低温弯拉应变都大于7 000 με,具有良好的低温弯曲性能;两者相比,高弹微表处混合料的低温弯曲性能有较大提高,其低温抗开裂能力优于SBR常规微表处。

4 结论

(1) 采用2种或3种改性剂的改性乳化沥青的蒸发残留物性能指标较好,同时适当提高SBR胶乳含量有助于提高高弹改性乳化沥青的整体性能。

(2) 在相同油石比条件下,高弹微表处混合料的1h和6d湿轮磨耗值、轮碾车辙变形率都比SBR微表处的小,且1h湿轮磨耗值非常小,高弹微表处混合料的抗磨耗能力和抗水损能力优良,抗车辙性能好于SBR微表处。

(3) 高弹微表处混合料具有良好的高温抗变形能力、低温抗开裂性能,在路面养护领域具有一定应用价值。

参考文献:

[1] JTG E20-2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规

(下转第101页)

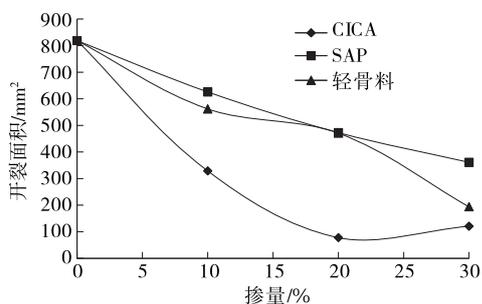


图 5 砼开裂面积随内养护材料掺量的变化

由图 5 可知:1) 随着内养护材料掺量的增加,内养护砼的开裂面积显著下降,裂缝发展得到有效控制,这与上文分析结果一致。其中 CICA 砼的开裂面积远小于 SAP 和轻骨料砼,说明 CICA 内养护材料对砼塑性开裂的改善效果较好,与 SAP、轻骨料相比,对砼抗裂性能的改善具有显著优势。如掺量 20% 时,CICA、SAP、轻骨料砼的开裂面积分别降低 90.5%、42.2%、42.5%。2) CICA 对水泥砼性能的改善存在一定掺量范围。结合内养护材料特性,精确地引入内养护用水量(有效释水率)才能兼顾砼各项性能,内部水分过多或不足均不能促进砼达到理想状态,尤其是对于早期抗裂性能。如掺量 20%、30% 时,CICA 砼的开裂面积分别为 78、121 mm²,掺量 30% 时开裂面积增加。

5 结论

(1) 内养护技术对水泥砼力学性能具有劣化作用,且劣化程度与内养护材料掺量、类型存在密切联系。砼抗压强度和弹性模量随内养护材料掺量的增加呈降低趋势,自主研发的复合型内养护剂 CICA 对砼力学性能的劣化作用远小于 SAP 和轻骨料。

(2) 内养护技术能显著提高砼的抗渗性能,提高其耐久性。砼电通量随内养护材料掺量的增加而显著降低,CICA 对其抗渗性能的改善效果优于 SAP 和轻骨料,且 CICA 掺量为 20%~25% 时对砼的改善效果最佳,电通量较低。

(3) 掺加内养护材料可减少砼的早期变形,提高其抗塑性收缩、自身收缩变形能力,且随材料掺量

的提高,砼的抗裂性能改善效果越明显。CICA 掺量为 20%~25% 时砼的收缩总变形、开裂面积最小,改善程度最佳。

参考文献:

[1] 姚刚,高天,张利.清水混凝土施工的质量缺陷与预控措施[J].重庆建筑大学学报,2004,26(2).

[2] 朱长华,李享涛,王保江,等.内养护对混凝土抗裂性及水化的影响[J].建筑材料学报,2013,16(2).

[3] 陈瑜,邓怡帆,唐琪,等.预湿轻骨料内养护功能及其对混凝土的影响[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2015,12(3).

[4] 陈伟,黄展魏,申培亮.密封养护剂对露石混凝土路用性能的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2015,35(6).

[5] 胡曙光,王发洲,丁庆军,等.轻集料的吸水率与预处理时间对混凝土工作性的影响[J].土木工程与管理学报,2002,19(2).

[6] 马先伟,张家科,刘剑辉.高性能水泥基材料内养护剂用高吸水树脂的研究进展[J].硅酸盐学报,2015,43(8).

[7] Klemm A J, Baker P, Sikora K. The effect of super absorbent polymers on the performance of immature cementitious mortars [J]. Brittle Matrix Composites, 2012(10).

[8] Mousa M I, Mahdy M G, Abdel-Reheem A H, et al. Physical properties of self-curing concrete (SCUC)[J]. HBRC Journal, 2015, 11(2).

[9] 叶华,赵建青,张宇.吸水树脂水泥基材料自养护外加剂的研究[J].华南理工大学学报:自然科学版,2003,31(11).

[10] 陈德鹏,钱春香,高桂波,等.高吸水树脂对混凝土收缩开裂的改善作用及其机理[J].功能材料,2007,38(3).

[11] 詹炳根,丁以兵.掺聚丙烯酸酯类 SAP 低水灰比水泥浆水化研究[J].建筑材料学报,2012,10(2).

[12] 孔祥明,张珍林.高吸水性树脂对高强混凝土浆体孔结构的影响[J].硅酸盐学报,2013,41(11).

收稿日期:2017-02-21

(上接第 96 页)

程[S].

[2] JTG/T F40-02-2005,微表处和稀浆封层技术指南[S].

[3] 詹成根.改性剂及乳化剂对改性乳化沥青性能的影响[J].公路与汽运,2011(5).

收稿日期:2017-08-11