

Research on Technology of Regeneration Micrometer at Yongwu Expressway

Pan SHEN¹, Guofeng LI¹, HeJIAING¹, Chun WANG², Heng YAN¹

1 Yunnan Gongtong Construction Group Co., Ltd., Kunming, 650032

2 Chang'an University, Xi'an 710064, China

Abstract

In this paper, the applicability of the blending ratio design method of regenerated micro-surfacing based on shear strength was verified for the technical characteristics of the micro-surfacing mixture, and the design results were successfully applied to the prevention of Yongwu Expressway. In the paving of the maintenance engineering test section, it provides engineering experience for the further promotion and application of the technology of the regenerative micrometer.

Key Words

Highway Engineering, Regenerative Micro-surfacing, Shear Strength, Mix Design, Preventive Maintenance

DOI:10.18686/xdjt.v1i2.441

永武高速公路再生微表处技术研究

沈 盼¹ 李国锋¹ 蒋 鹤¹ 王 春² 严 恒¹

1.云南公投建设集团有限公司, 昆明, 650032

2.长安大学, 陕西西安, 710064

摘 要

本文针对微表处混合料的技术特性, 对基于抗剪强度的再生微表处混合料配合比设计方法的适用性进行了验证分析, 并将设计结果成功应用在了永武高速公路预防性养护工程试验路段的铺筑中, 为再生微表处技术的进一步推广应用提供了工程经验。

关键词

公路工程; 再生微表处; 抗剪强度; 配合比设计; 预防性养护

1. 引言

微表处是我国高速公路路面养护的重要手段^[1], 微表处工程质量决定着高速公路养护效率和水平, 可见如何提高微表处性能已经成为我国公路工程研究领域面临的紧迫并且重要的课题。基于长期以来对微表处性能及机理的深入研究^[2], 以及对冷再生混合料的课题研究, 发现在微表处混合料中掺加再生料可取得良好的路用效果, 从而可使微表处得到更广泛的推广。本文通过研究验证了基于抗剪的再生微表处混合料配合比设计方法的适用性, 并成功将其应用于云南永武高速试验路的铺

筑。

2. 原材料技术性质

2.1 沥青路面再生料 (RAP 料)

本文中为保证 RAP 料的稳定, 选用的 RAP 料全部来自于上面层的铣刨, 铣刨机铣刨速度控制 4~8m/min 之间, 采用振动筛分设备对 RAP 料进行筛分, 将粒径为 0~9.5mm 的 RAP 料作为一档料与新集料混合, 合成级配。对铣刨旧料进行检验, 具体规格、技术性质见表 1。经过对 RAP 料燃烧后的集料进行筛分, 得到其集料级配曲线如图 1 所示。

表 1 RAP 技术性质试验结果汇总表

项目	检测项目	要求	试验方法	RAP-9.5
RAP	含水率(%)	实测		0.50
	RAP 级配	实测		见图 1
	沥青含量(%)	实测	JTG F41	4.3
	砂当量 (%)	>55	附录 A	86
	理论最大密度(g/cm ³)	实测		2.551
RAP 中的沥青	针入度 (0.1mm)	40-100		40
	软化点 (°C)	>53	JTG F41	58
	15°C 延度 (cm)	实测	附录 A	24
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量、压碎值	实测	抽提, JTG E42	24.81

2.2 改性乳化沥青

本研究采用的乳化沥青为 SBR 改性乳化沥青, 由 SK-70# 沥青、慢裂快凝型乳化剂 MQK-1D、改性剂 SBR-1468D、盐酸调节剂、水和稳定剂 (PVA 及氯化钙) 等制备而成^[4]。其性能试验结果及要求如表 2 所示。

2.3 矿料

本文在选择矿料时采用了两种不同岩性的石料, 粗集料采用玄武岩, 细集料选用石灰岩, 经检测各项技术指标均满足规范要求, 检测结果如表 3 所示。

表 2 SBR 改性乳化沥青试验结果与技术要求

试验项目	单位	规范要求 (BCR)	测定值	试验方法	
筛上剩余量 (1.18mm 筛)	%	≤0.1	0.03	T0652	
电荷		+	+	T0653	
沥青标准粘度 C _{25.3}	s	12~60	13.5	T0621	
蒸发残留物含量	%	≥60	60.8	T0651	
蒸发残留物性质	针入度 (25°C, 5s)	0.1mm	40~100	69.8	T0604
	软化点	°C	≥53	64.5	T0606
	延度 (5°C)	cm	≥20	> 35	T0605
	溶解度(三氯乙烯)	%	≥97.5	98.8	T0607
储存稳定性	1d	%	≤1	0.5	T0655
	5d	%	≤5	3.6	

表 3 矿料技术指标

材料名称	检测项目	检测结果	技术要求	试验方法
粗集料	石料压碎值, %	9	≤26	T0316
	洛杉矶磨耗损失, %	8	≤28	T0317
	石料磨光值, BPN	43	≥42	T0321
细集料	坚固性, %	6	≤12	T0314
	坚固性, %	6	≤12	T0340
	砂当量, %	66	≥65	T0334

3.旧料掺配比例确定以及合成级配

3.1 确定旧料掺配比例

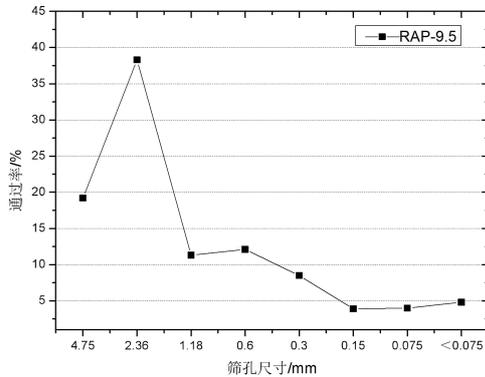


图1 9.5mm-RAP 燃烧后分计筛余结果

本文选用 MS-III作为目标级配, MS-III分计筛余如图2所示。

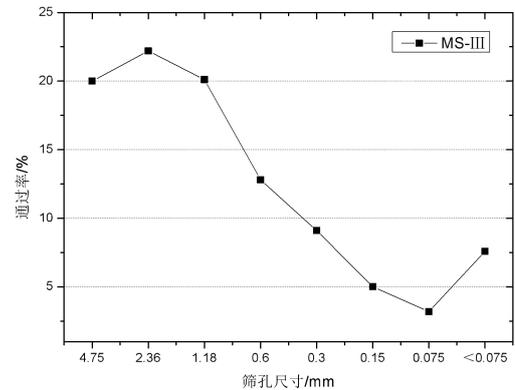


图2 目标 MS-III分计筛余图

表4 MS-III 筛分汇总结果表

筛孔尺寸 (mm)	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	0
目标筛余 (%)	20	22	20	13	9	5	3	8
RAP 筛余 (%)	19.8	37.6	11.2	12.3	8.1	3.1	3.5	4.4
比值 (%)	101	54	178	105	111	161	85	181

根据 RAP 旧料燃烧后的筛分结果 (图 1) 和 MS-III目标级配的分计筛余曲线 (图 2), 分别计算各筛孔对应的分计筛余比值, 经分析可知, 所对应比值的最小值应作为 RAP 掺配比例的最大值。由表 4 可知, 对于 MS-3 这种矿料级配 2.36mm 对应的比值最小, 仅为 54%, 所以用 RAP 来合成 MS-3 目标级配时其最大掺量应不超过 54%。本文最终在综合考虑再生料对微表处混合料性能影响后, 选择 RAP 掺量为 30%。

根据试验路工程需要, RAP 掺量为 30%, 新旧料合成级配如表 5 所示, 级配曲线如图 3 所示。

3.2 新旧料合成级配

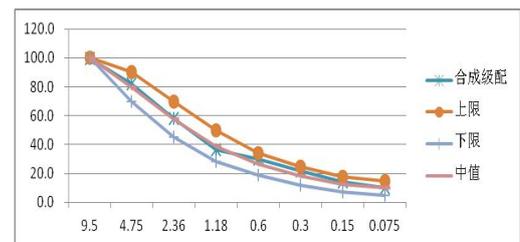


图3 MS-III型微表处合成级配曲线图

表5 MS-III型微表处混合料的合成级配

筛孔尺寸 (mm)	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	规范	100.0	90.0	70.0	50.0	34.0	25.0	18.0
	上限	100.0	90.0	70.0	50.0	34.0	25.0	18.0
	下限	100.0	70.0	45.0	28.0	19.0	12.0	7.0
中值	100.0	80.0	57.5	39.0	26.5	18.5	12.5	10.0
合成级配	100.0	82.3	57.9	36.6	29.9	21.6	14.3	10.2

4.确定改性乳化沥青最佳用量

4.1.1 施工性能试验

4.1 确定最佳改性乳化沥青用量范围

(1) 拌合试验

拌合试验^[3]主要用于确定微表处混合料的可拌合时间和成浆状态,从而为最佳改性乳化沥青用量的选择提供依据。

为了确定微表处混合料合适的外加水量,在不同改

性乳化沥青、不同外加水量(占集料质量的比例)和水泥掺量的情况下进行拌合试验,结果见表6所示。试验时外加水和水泥均通过外掺法进行添加。

表6 拌合试验结果

序号	改性乳化沥青用量 (%)	外加水量 (%)	水泥用量 (%)	可拌合时间 (s)	备注
1	9.0	8.5	1.0	166	拌合时间偏长, 早期强度不足
2	9.5	8.0	1.0	>180	拌合时间过长, 早期强度不足
3	10.0	7.5	1.0	154	拌合适宜, 但是早期强度不足
4	10.5	7.5	1.0	>180	拌合时间过长, 早期强度不足
5	9.0	8.5	1.5	174	拌合时间偏长, 早期强度不足
6	9.5	8.0	1.5	162	适宜
7	1.0	7.5	1.5	168	适宜
8	10.5	7.5	1.5	>180	拌合时间过长
9	9.0	8.5	2.0	179	拌合时间过长
10	9.5	8.0	2.0	166	适宜
11	10.0	7.5	2.0	172	适宜
12	10.5	7.5	2.0	>180	拌合时间过长

由表6可知:对于RAP掺量30%的MS-III型再生微表处混合料,采用1.5%的水泥剂量、8.0%的用水量、9.5%的改性乳化沥青用量时掺配的再生微表处混合料具有合适的拌合时间、初凝时间以及良好的和易性。

(2) 粘聚力试验

微表处混合料的初凝时间和开放交通时间主要通过粘聚力试验来评价,其值大小对微表处是否能够满足快速开放交通的要求具有重要影响。本文根据拌和试验初步确定的各材料用量检验了再生微表处混合料的粘聚力,试验结果如表7所示。

表7 粘聚力试验结果

	粘聚力值 (N·m)					
	30min	试件状态	60min	试件状态	90min	试件状态
规范	≤1.2N·m		≤2.0N·m			
RAP-30%微表处	1.28	破碎	2.46	完整	2.70	完整

从表7所列数据可以看出,再生微表处混合料在各规定时间点的粘聚力值均达到了指南要求,故采用水泥剂量1.5%,用水量为集料质量的8.0%符合粘聚力《微表处和稀浆封层技术指南》要求,这也表明掺加30%的RAP并不会影响微表处混合料的早期强度。

4.1.2 路用性能试验

(1) 改性沥青用量范围确定

根据以上试验确定的材料比例,改变改性乳化沥青用量分别进行湿轮磨耗试验和负荷轮粘砂试验^[5],进而确定再生微表处混合料的改性乳化沥青用量范围,试验结果如表8所示。

表 8 湿轮磨耗试验与负荷轮粘砂试验结果

改性乳化沥青用量 (%)	再生微表处混合料	
	1h 湿轮磨耗值 (g/m ²)	粘附砂量 (g/m ²)
8.5	329.05	389.34
9.0	239.14	403.45
9.5	129.81	432.48
10.0	100.00	460.84
10.5	86.44	487.00

根据微表处混合料技术规范要求, 浸水 1h 湿轮磨耗损失不大于 540g/m², 负荷车轮粘附砂量不大于 450g/m², 结合图 4 分析可得, 采用 8.5%~10.0% 乳化沥青用量的微表处混合料的试验结果都能符合我国《微表处和稀浆封层技术指南》的技术指标要求。

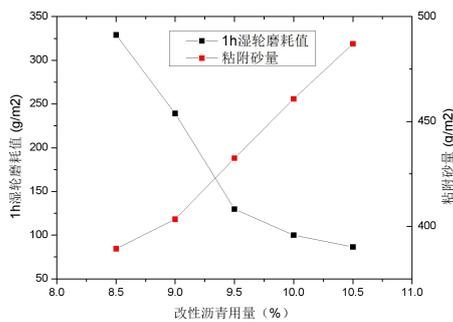


图 4 RAP-30%微表处混合料乳化沥青用量曲线图

4.2 确定最佳乳化沥青用量

4.2.1 扭剪试验^[6]



图 5 摊铺微表处混合料



图 6 扭剪试验拉头

表 9 不同乳化沥青用量下的抗剪强度 (40℃)

改性乳化沥青用量 (%)	8.5	9.0	9.5	10.0
扭剪强度 (MPa)	0.419	0.467	0.513	0.497

(1) 试件成型

首先需要成型 300mm×300mm×50mm 的车辙板, 然后在车辙板上摊铺 1cm 厚的再生微表处混合料, 常温下放置不少于 24h, 如图 5 所示。

(2) 扭剪测试

使用环氧树脂胶将扭剪头粘在铺有再生微表处混合料的车辙板上, 25℃ 静置养生至少 12h, 如图 6 所示。然后将试件在 40℃ 烘箱中保温至少 5 个小时。测试时, 将复合板试件固定, 使用扭矩扳手测量扭矩峰值, 且应在试件立刻进行。

4.2.2 确定最佳乳化沥青用量

由已确定的微表处混合料外加水量和水泥用量, 在 3.1 节确定的乳化沥青用量范围内 (8.5%~10.0%) 变换不同的乳化沥青用量进行扭剪试验, 试验结果如下表 9 所示。

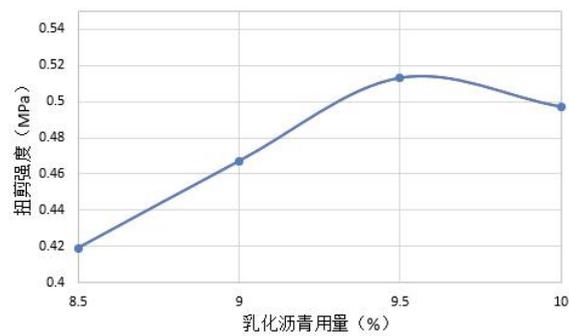


图 7 RAP-30%微表处混合料不同乳化沥青用量下抗剪强度

由图 7 可以看出,掺加再生料之后微表处混合料的扭剪强度随乳化沥青用量的增加出现了明显的峰值,峰值出现在改性乳化沥青用量为 9.5%时,随着油石比的继续增加,扭剪强度均开始下降。所以 RAP-30%微表处混合料的最佳乳化沥青用量最终确定为 9.5%。

5. 试验路概况及施工要点

5.1 试验路概况



图 8 横向裂缝



图 9 纵向裂缝

云南永武高速公路是国家西部开发通道兰州至磨憨公路在云南境内的重要路段,在运营近 7 年之后,一些路段路面出现了不同程度损害,其中部分路段出现了轻微的纵、横向裂缝,局部区域还出现了轻微的拥包,极大地影响了行车安全和舒适性,如图 8 和图 9。针对该路段的预防性养护,研究决定选择再生微表处预防性养护方案。

5.2 再生微表处施工要点

5.2.1 再生微表处混合料的制备

将符合粒径要求的已破碎筛分完成的 RAP 料与不同规格的新集料按照配合比试验确定的比例,通过配料机进行配制,并将配制好的混合料存放于场地经硬化的料棚内。



图 10 对 RAP 料进行破碎筛分



图 11 对 RAP 料和新集料采用配料机进行配制

5.2.2 施工准备

在试验段铺筑前,应在处理好的原路面上,撒布改

性乳化沥青粘层油, 撒布量为 $0.3\sim 0.6\text{L}/\text{m}^2$, 以提高微表处与原路面的粘结。施工前应进行拌合时间试验, 查看试件的成型状态以确定是否具备摊铺条件。根据试验段的铺筑情况, 在目标配合比基础上可以对改性乳化沥青用量、用水量等比例进行微调, 以满足《微表处和稀浆封层技术指南》的要求。

5.2.3 摊铺

(1) 调整摊铺车在起点的位置, 并调整摊铺槽宽度、摊铺厚度和拱度;



图 11 再生微表摊铺



图 12 再生微表接头处理

(2) 启动摊铺机, 使拌和器和摊铺槽的螺旋分料器运转, 将各组成材料加入拌和器拌和。

(3) 调节螺旋分料器的转动方向, 使稀浆混合料均匀分布到摊铺槽中, 当充满至摊铺槽 $1/2$ 深度时, 摊铺车以 $1.5\text{km}/\text{h}\sim 3.0\text{km}/\text{h}$ 的速度匀速前进; 摊铺速度应能保证摊铺槽内混合料体积占摊铺槽体积的 $1/2$ 左右, 保证分料器能充分搅拌到混合料。

(4) 摊铺完成, 施工人员应立即将施工末段 $2\sim 4\text{m}$ 范围内材料清除倒掉, 并用高压水枪清洗摊铺槽。

5.2.4 养生及开放交通

再生微表处摊铺结束后, 仍应保持交通封闭, 禁止一切车辆通行。



图 13 摊铺结束封闭交通

5.2.5 验收

2015 年 3 月对云南省永武高速公路 K2585+000~K2592+800 进行了再生微表处施工, 施工路段完工 1 月后, 对现场再生微表处的外观质量、路用性能指标进行了检验, 现场发现再生微表处表面平整、密实、均匀, 现场无松散、无轮迹等现象。路用性能指标试验检测结果如表 10 所示。检测指标全部符合《微表处和稀浆封层技术指南》的要求。

表 10 微表处交工检查与验收的主要质量标准

项目	质量要求	检验结果	方法
抗滑性能	横向力系数 ≥ 54	57	T 0964
	构造深度 TD(mm) ≥ 0.6	0.8	T 0961
	渗水系数 $\leq 10\text{ml}/\text{min}$	0	T 0971

6. 结语

本文针对再生微表处混合料的技术特点, 对筛分后

的铣刨回收沥青混合料的评价与检验、RAP 料和新集料掺配比例的确定、乳化沥青的用量范围的确定、最佳乳化沥青用量的确定等配合比设计流程进行了验证, 研

究表明基于抗剪的再生微表处混合料配合比设计方法具有较高的可行性,其不仅可以准确确定乳化沥青用量,而且设计的混合料具有更加优良的抗剪切性能,用于路面养护工程后,可以更好地改善微表处罩面的使用性能及使用寿命。而永武高速公路再生微表处试验段的成功铺筑,也充分验证了新配合比设计方法的可行性,为再生微表处混合料的进一步推广应用提供了宝贵的工程经验。

参考文献

- [1]沈金安.高速公路沥青路面早期损坏分析与防治对策[M].北京:人民交通出版社,2004
- [2]欧振平.微表处技术在高速公路养护工程中的应用[D].华南理工大学:硕士学位论文,2009
- [3]郑如岩.微表处混合料路用性能室内试验研究[D].华南理工大学:硕士学位论文,2010
- [4]刘伟亮.微表处混合料性能及应用技术研究[D].长安大学:硕士学位论文,2012
- [5]交通部公路科学研究院.微表处和稀浆封层技术指南[M].北京:人民交通出版社,2006.
- [6]刘刚.掺加岩沥青(再生料)微表处混合料配合比设计与技术性能研究[D].长安大学:硕士学位论文,2014