

抗剥落剂对酸性集料沥青混合料性能影响研究

魏道凯¹, 韩 焱², 文海东¹, 邵 华²

¹日喀则市交通运输局, 西藏 日喀则

²山东省交通科学研究院, 山东 济南

Email: 1250142159@qq.com

收稿日期: 2021年6月28日; 录用日期: 2021年7月14日; 发布日期: 2021年7月21日

摘 要

为了分析抗剥落剂对酸性集料(花岗岩)沥青混合料性能改善效果, 本文通过粘附性试验、汉堡车辙试验、冻融劈裂试验、低温弯曲试验和四点弯曲疲劳试验, 对花岗岩沥青混合料(是否添加抗剥落剂)的路用性能分析评价, 研究结果表明: 与常规花岗岩沥青混合料相比, 抗剥落剂可以有效改善提升花岗岩与沥青的黏附等级和延迟沥青的剥落时间; 掺加抗剥落剂后, 花岗岩沥青混合料的高温性能、水稳定性、低温性能和抗疲劳性能均有明显提升。

关键词

抗剥落剂, 酸性集料, 花岗岩沥青混合料, 路用性能

Research on the Influence of Anti-Stripping Agent on the Performance of Acidic Aggregate Asphalt Mixture

Daokai Wei¹, Ye Han², Haidong Wen¹, Hua Shao²

¹Shigatse City Transportation Bureau, Shigatse Xizang

²Shandong Transportation Institution, Jinan Shandong

Email: 1250142159@qq.com

Received: Jun. 28th, 2021; accepted: Jul. 14th, 2021; published: Jul. 21st, 2021

Abstract

In order to analyze the effect of anti-stripping agent on the performance improvement of acid aggregate (granite) asphalt mixture, this paper analyzes and evaluates the road performance of gra-

nite asphalt mixture (whether anti-stripping agent is added) through adhesion test, Hamburg rutting test, freeze-thaw splitting test, low temperature bending test and four-point bending fatigue test. The research results show that: compared with the conventional granite asphalt mixture, the anti-stripping agent can effectively improve the adhesion level of granite and asphalt and delay the peeling time of the asphalt; after adding the anti-stripping agent, the high temperature performance and water stability of the granite asphalt mixture performance, low temperature performance and fatigue resistance have been significantly improved.

Keywords

Anti-Stripping Agent, Acidic Aggregate, Granite Asphalt Mixture, Road Performance

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在我国公路工程中, 沥青混合料所用石料常选用与沥青粘附性较好的碱性石灰岩集料和偏中性玄武岩集料[1] [2] [3] [4] [5], 然而, 伴随着我国公路事业的高速发展及当前严峻社会大环境, 优质集料已远远不能满足供应需求, 给公路建设带来了极大压力和挑战, 针对玄武岩和石灰岩集料紧缺现状, 开展弱碱性、中性、弱酸性石料的适用性研究成为公路建设发展的迫切需求, 而石质坚硬、致密、耐磨性好、骨架嵌挤作用及力学性质优良的花岗岩集料映入眼帘。

花岗岩集料一般规模较大、分布较广。在我国, 花岗岩广泛分布在 26 个省、自治区和直辖市。花岗岩是一种深成火成岩, 主要成分 SiO_2 , 含量约为 65%~85%。由于花岗岩系属酸性, 在不经过特殊处理工艺的情况下, 与沥青的粘附性极差, 作为路用集料铺筑沥青路面很难保证其水稳性, 易出现沥青膜剥离, 产生掉粒、松散、坑槽等水损破坏, 极易导致花岗岩沥青路面的耐久性低下。因此, 在充分发挥花岗岩的这些优势的基础上, 采取何种有效措施, 改善花岗岩集料与沥青的粘附性, 提高花岗岩沥青混合料的抗剥落能力, 防止花岗岩沥青路面过早出现水损破坏及疲劳破坏等问题[6] [7] [8] [9] [10], 是高速公路建设中一项亟待解决的研究课题。

鉴于此, 本文主要通过粘附性试验、冻融劈裂试验、汉堡轮辙试验、低温弯曲试验和四点弯曲疲劳试验, 对掺加抗剥落剂的花岗岩集料粘附性及其沥青混合料的水稳性、高温性能、低温性能和疲劳寿命全面评价, 分析抗剥落剂对花岗岩集料及混合料路用性能影响。

2. 花岗岩沥青混合料设计

2.1. 原材料

2.1.1. 集料

粗、细集料选用洁净、干燥, 无风华的花岗岩石料, 填料选用优质石灰岩集料磨得的矿粉, 经室内试验验证, 本次实验所用花岗岩集料性能指标均满足规范(公路沥青路面施工技术规范 JTG F40-2004)要求。

2.1.2. 沥青

为了更好地评价抗剥落剂对酸性集料花岗岩沥青混合料的性能影响, 沥青胶结料选用最普通的 70 号 A 级道路石油沥青, 沥青的主要技术指标见表 1, 由下表可知, 沥青各项指标均满足 JTG F40-2004 规范要求。

Table 1. Main technical indicators of 70#-A base asphalt**表 1.** 70#-A 基质沥青主要技术指标

指标	单位	检测结果	技术要求
针入度(25℃, 100 g, 5 s)	0.1mm	68	60~80
针入度指数 PI		0.03	-1.5~+1.0
软化点(R&B)	℃	49	≤46
60℃动力粘度	Pa·s	195	≤180
10℃延度	cm	>27.6	≤20
15℃延度	cm	>100	≤100
蜡含量(蒸馏法)	%	1.8	≥2.2
闪点	℃	315	≤260
溶解度	%	99.92	≤99.5
密度	g/cm ³	1.033	实测记录
TFOT 或 RTFOT 后			
质量变化	%	-0.06	±0.8
残留针入度比(25℃)	%	72	≤61
残留延度(10℃)	cm	7.4	≤6
残留延度(15℃)	cm	16.6	≤15

2.2. 配合比设计

本文选用 SMA-13 和 AC-20 两种级配型花岗岩沥青混合料, 经过室内马歇尔试验验证, 最终混合料合成级配见表 2。

Table 2. Gradation of each layer mixture of the optimized asphalt surface layer**表 2.** 优化后沥青面层各层混合料的级配

级配	通过下列筛孔尺寸(mm)的百分通过率(%)													
	筛孔	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-20	-	99.6	94.9	88.9	79.0	63.9	38.8	27.0	20.8	14.5	9.0	6.2	3.9	
SMA-13	-	-	-	100.0	96.9	68.3	27.7	18.2	16.1	14.1	12.4	11.5	10.7	

3. 性能评价

3.1. 集料粘附性

对于抗剥落剂的选用主要为胺类与非胺类两大类, 本文我们主要初选 A、B、C 三种应用较多的非胺类抗剥落剂, 选用的三种抗剥落剂主要参数见表 3。

Table 3. Technical parameters of anti-stripping agent**表 3.** 抗剥落剂技术参数

检测项目	A	B	C
密度(g/cm ³)	1.02	0.97	0.98
推荐掺量	0.3%~0.6%	0.4%~0.6%	0.4%~0.7%
类型	非胺类	非胺类	非胺类

将 A、B、C 三种抗剥落剂按沥青用量的 0.4% (参照实际工程应用) 掺入, 并对花岗岩骨料进行水煮法黏附性试验, 试验结果如图 1 所示。

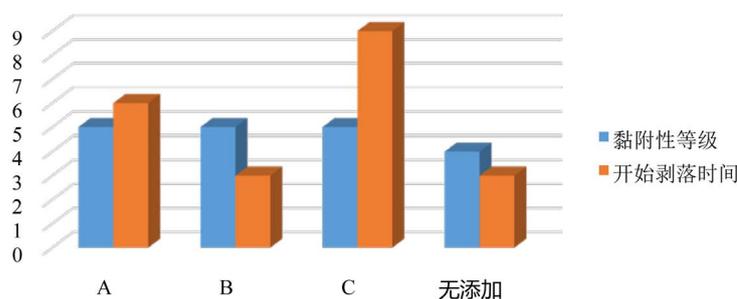


Figure 1. Adhesion test results of granite and asphalt

图 1. 花岗岩与沥青黏附性试验结果

从以上试验结果可以看出, 在掺加 3 种抗剥落剂后, 花岗岩骨料与 70# 沥青的黏附性都增加到了 5 级, 表明抗剥落剂可以有效改善酸性集料 - 花岗岩的粘附性; 从沥青开始从骨料剥落的时间分析, C 型抗剥落剂的抗剥落效果最好, 初始滑落时间比为 1:2:3:2 (不添加: A:B:C), 表明 C 型抗剥落剂对花岗岩改善效果更佳。

3.2. 混合料性能评价

为了全面分析抗剥落剂对酸性集料花岗岩沥青混合料路用性能影响, 本文通过混合料冻融劈裂试验、汉堡轮辙试验、低温弯曲试验和四点弯曲疲劳试验, 对掺加抗剥落剂(C 类抗剥落剂, 0.6% 掺量)的花岗岩沥青混合料(SMA-13、AC-20)的水稳定性、高温性能、低温性能和疲劳寿命全面评价。

3.2.1. 水稳定性

按照试验规程(公路工程沥青及沥青混合料试验规程 JTG E20-2011), 对两种类型花岗岩沥青混合料进行冻融劈裂试验, 试验结果见图 2 所示。

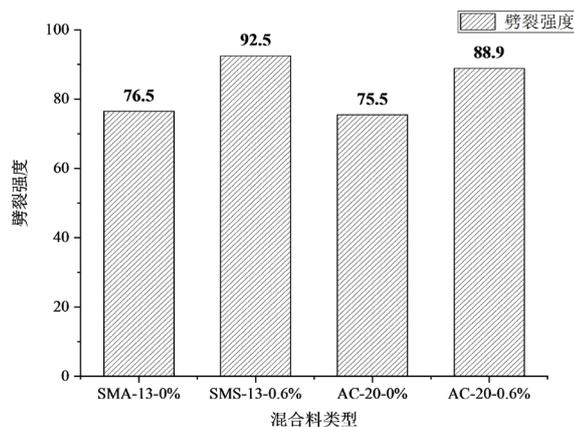


Figure 2. Freeze-thaw splitting strength of different types of granite asphalt mixtures

图 2. 不同种类花岗岩沥青混合料的冻融劈裂强度

由图 2 分析可知, 添加抗剥落剂后, 每种类型花岗岩沥青混合料的冻融劈裂强度显著提高, SMA-13 和 AC-20 型沥青混合料的劈裂强度比约提升 20.9% 和 17.7%, 混合料均表现出良好的水稳定性, 表明抗剥落剂可以有效改善酸性集料花岗岩沥青混合料的水稳定性。

3.2.2. 高温性能

汉堡车辙试验作为一种评价沥青混合料高温抗车辙性能和水稳定性的试验方法，其评价结果与实际路用性能相关性较高，与传统的轮辙试验相比，汉堡轮辙试验是目前测试沥青混合料水敏感性和抗车辙性能试验条件最苛刻的试验设备之一。本次汉堡轮辙试验按照 ASSHTO T324 和美国德克萨斯州的 Tex-242-F 的试验要求(试验条件：碾压次数 20,000 次，50℃水浴)进行，试验结果见图 3 所示。

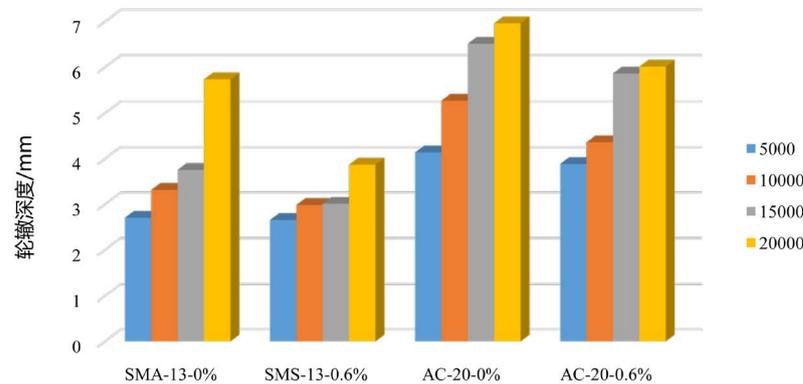


Figure 3. Hamburg rut depth of different types of granite asphalt mixtures
图 3. 不同种类花岗岩沥青混合料的汉堡轮辙深度

由图 3 分析可知，在 50℃高温浸水、20,000 次碾压条件下，掺加抗剥落剂的 SMA-13、AC-20 两种类型花岗岩沥青混合料表现出具有较好的高温抗车辙性能和水稳定性。根据以往工程经验，沥青路面中面层极易车辙病害，在经过 20,000 次的轮载后，两种类型花岗岩沥青混合料的轮辙深度都小于规范要求的轮辙深度不大于 12.5 mm 的要求；相同碾压次数下，掺加抗剥落剂的花岗岩沥青混合料轮辙深度更小，混合料在碾压 20,000 次后，车辙深度约降低 15.%和 13.7%，表明抗剥落剂有效改善了花岗岩沥青混合料的高温抗车辙性能和水稳定性。

3.2.3. 低温性能

按照 JTG E20-2011 试验规程要求，对 SMA-13 和 AC-20 两种类型花岗岩沥青混合料进行小梁低温弯曲试验，对混合料的低温性能评价分析，试验结果如图 4 所示。

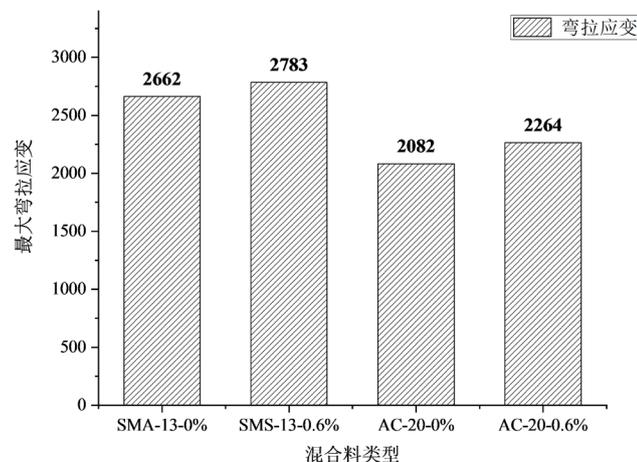


Figure 4. Maximum flexural strain of different types of granite asphalt mixtures
图 4. 不同种类花岗岩沥青混合料的最大弯拉应变

在 JTG E20-2011 试验规范中,我国以沥青混合料在低温时的最大弯拉应变来表征其低温性能,因而对两种类型、是否掺加抗剥落剂的 4 种花岗岩沥青混合料的最大弯拉应变数据分析可知,花岗岩沥青混合料最大弯拉应变均大于 2000 $\mu\epsilon$, 均满足规范要求,相同试验环境下, SMA-13 最大弯拉应变比(掺加:不掺假)为 1.04:1, AC-20 最大弯拉应变比(掺加:不掺假)为 1.09:1, 掺加抗剥落剂后,花岗岩沥青混合料的最大弯拉应变虽有提升,但改善效果不明显。

3.2.4. 疲劳寿命

按照试验规程,采用四点弯曲疲劳试验对花岗岩沥青混合料的疲劳寿命分析,试验结果如图 5 所示。

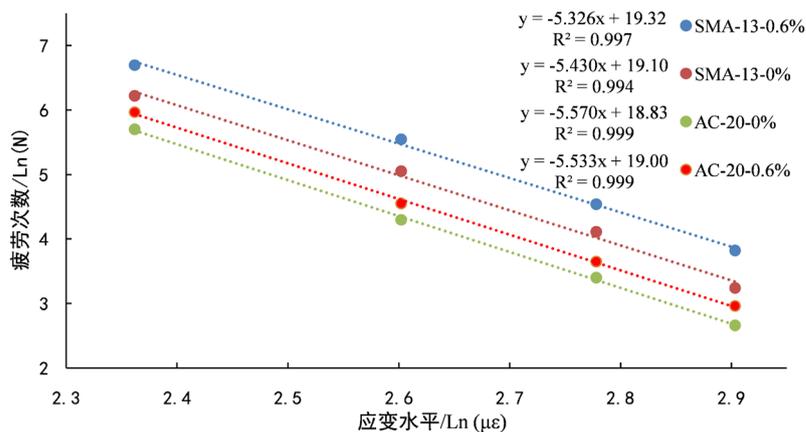


Figure 5. Fatigue life of different types of granite asphalt mixtures

图 5. 不同种类花岗岩沥青混合料疲劳寿命

对图 5 分析可知,以上 4 种花岗岩沥青混合料的疲劳寿命变化趋势一致,随着应变水平增加,混合料疲劳寿命减小;同一应变水平下,掺加抗剥落剂的花岗岩沥青混合料承受的荷载作用次数更大,混合料疲劳寿命更佳;对拟合的疲劳曲线分析,对于同一级配类型,相同试验条件下,掺加抗剥落剂的花岗岩沥青混合料疲劳曲线斜率更小(SMA-13: $5.3268 < 5.4305$; AC-20: $5.5334 < 5.5703$),表明混合料对与应变水平变化的敏感性更小,疲劳曲线截距更大(SMA-13: $19.329 > 19.107$; AC-20: $19.008 > 18.839$),表明混合料的抗疲劳性能更佳。

4. 结论

通过对是否掺加抗剥落剂的花岗岩沥青混合料性能对比可知:

- 1) 抗剥落剂可以有效改善酸性集料(花岗岩)与沥青的粘附性,提升花岗岩骨料与沥青的黏附等级和延迟沥青的剥落时间;
- 2) 与常规花岗岩沥青混合料相比,掺加抗剥落剂后,混合料的高温性能、水稳定性、低温性能和抗疲劳性能均有明显提升。

致 谢

感谢西藏自治区科技计划项目(QYXTZX-RKZ2020-06)资助。

参考文献

- [1] 许成虎,李传海,王鑫洋. 抗剥落剂对花岗岩沥青混合料水稳定性的影响[J]. 公路交通技术, 2020, 36(1): 45-50.
- [2] 丁才. 抗剥落剂对沥青及花岗岩沥青混合料性能影响研究[D]: [硕士学位论文]. 湖南: 长沙理工大学, 2017.

-
- [3] 武银君, 王福满, 张宜洛. 不同类型抗剥落剂对花岗岩沥青混合料性能影响研究[J]. 中外公路, 2016, 36(1): 289-292.
- [4] 许云. 沥青混合料中掺入不同抗剥落剂性能的研究[J]. 中外公路, 2009, 29(5): 246-249.
- [5] 刘平. 抗剥落剂对酸性矿石混合料性能影响的研究[J]. 公路工程, 2017, 42(4): 304-309.
- [6] 李存健, 吴春生, 杜本发. 抗剥落剂对沥青及沥青混合料性能的影响研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2019(3): 26-29.
- [7] 陈垚宏. 抗剥落剂对酸性集料沥青混合料性能的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2012.
- [8] 钱晓鸥. 青海地区酸性石料与沥青粘附性改善技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 陕西: 长安大学, 2007.
- [9] 张宜洛. 花岗岩沥青混合料水稳性解决措施研究[J]. 筑路机械与施工机械化, 2003, 20(1): 9-12.
- [10] 李经辉. 抗剥落剂对花岗岩沥青路用性能的影响研究[J]. 交通科技, 2016(3): 159-161, 162.