

纤维微表处混合料试验及应用研究

郭学军¹, 张小林²

(1.江西省新余市公路管理局 分宜分局, 江西 分宜 336600; 2.江西省新余市公路管理局 渝水分局, 江西 新余 338000)

摘要:为解决普通微表处混合料抗裂、抗车辙、耐久性不足及抵抗重交通能力差等问题,将一定量聚丙烯纤维加入普通微表处混合料中,对其配合比和路用性能进行室内试验研究,结果表明,纤维微表处混合料中纤维的最佳掺量为 0.1%,最佳油石比取 7.2%;纤维微表处混合料在最佳油石比 7.2%下具有良好的高温稳定性及抗松散性能;工程应用结果表明,采用纤维微表处混合料维修后,路面的平整度得到显著提高,构造深度与摩擦系数也得到提高,路面抗车辙能力得到增强。

关键词:公路;纤维微表处混合料;配合比;油石比;路用性能

中图分类号:U418.6

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)05-0110-04

微表处是在一定配合比下将乳化沥青、集料、水及添加剂拌和均匀铺筑在原路面上形成沥青封层,达到路面维修及预防性养护的目的。在高等级公路维修与养护中,微表处以其施工工艺简单、恢复交通快、技术成本低等优势而得到广泛应用。但普通微表处存在抗裂性、耐久性、抗车辙性能不足及抵抗重交通能力差等问题。该文在前人研究的基础上,针对普通微表处存在的问题,将一定量聚丙烯纤维加

入其中制成纤维微表处混合料,对其路用性能进行试验研究。

1 试验材料

(1) 改性乳化沥青。试验选用壳牌乳化沥青,其性能见表 1。

(2) 纤维。采用束状单丝聚丙烯纤维,其性能见表 2。

表 1 改性乳化沥青性能检测结果

检测项目	技术要求	检测结果
破乳速度	慢裂	慢裂
粒子电荷	阳离子(+)	阳离子(+)
筛上剩余量(1.18 mm)/%	≤0.1	0.02
恩格拉粘度 E_{25}/s	3~30	4.6
标准粘度 $C_{25.3}/s$	12~60	15.1
含量/%	≥60	61.3
针入度(25 ℃, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	40~100	72
蒸发残留物	软化点/℃	≥57
	延度(5 ℃)/cm	≥20
	溶解度(三氯乙烯)/%	≥97.5
		99.7
贮存稳定性/%	1 d	≤1
	5 d	≤5

表 2 聚丙烯纤维性能检测结果

检测项目	检测结果	检测项目	检测结果
规格/mm	6	熔点/℃	165
纤维直径/mm	0.02±0.01	断裂强度/MPa	≥350
密度/(g·cm ⁻¹)	0.90	吸水性/%	0.11
断裂伸长率/%	15~20	抗酸碱性	强

(3) 集料。以玄武岩作为集料,其性能指标检测结果见表 3。

(4) 填料与水。矿粉填料采用石灰岩,其性能满足规范要求。试验用水不应含有杂质及可溶物质,选用自来水。

表 3 集料性能指标检测结果

材料类型	检测项目	技术要求	检测结果
粗集料	石料压碎值/%	≤26	13.5
	洛杉矶磨耗损失/%	≤28	10.8
	石料磨光值/BPN	≥42	62
	坚固性/%	≤12	9
	针片状含量/%	≤15	8.1
细集料	坚固性/%	≤12	6.3
矿料	砂当量/%	≥65	79

2 配合比设计

2.1 矿料级配

纤维微表处混合料采用 MS-3 型级配,取其中值作为试验级配。级配组成见表 4 及图 1。

2.2 纤维最佳掺量

不同纤维掺量对微表处混合料的拌和性能及纤维的有效比表面积会造成一定影响。为确定纤维最佳掺量,在 7.0%油石比条件下,分别取纤维掺量 0、

表 4 纤维微表处矿料级配组成

级配类型	通过以下筛孔(mm)的质量百分率/%							
	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5
MS-3	5~15	7~18	12~25	19~34	28~50	45~70	70~90	100
试验级配	10	12.5	18.5	26.5	39	57.5	80	100

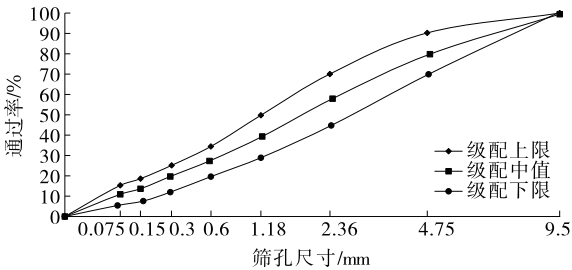


图 1 MS-3 型微表处的级配组成

0.1%、0.2%、0.3%制备试件,按规范要求进行湿轮磨耗及负轮荷试验,结果见表 5。

表 5 不同纤维掺量纤维微表处混合料湿轮磨耗与负轮荷试验结果

纤维掺量/ %	磨耗值/(g·cm ⁻²)		粘砂量/ (g·cm ⁻²)
	1 h	6 d	
0.0	315.7	733.1	578.3
0.1	264.9	663.6	426.9
0.2	425.4	1 005.1	461.1
0.3	676.7	1 382.1	509.7

由表 5 可知:微表处混合料中加入纤维后,其抗车辙能力有所降低,但整体性能有一定提高;其掺量大于 0.1%时,混合料的抗车辙性能下降。因此,确定纤维最佳掺量为 0.1%。下文中纤维掺量均取 0.1%。

2.3 最佳油石比

纤维微表处混合料的抗低温开裂性能在最佳油石比下才会得到提高,必须对普通微表处的油石比

进行修正。在普通微表处最佳油石比的基础上,取纤维掺量为 0.1%,初选 6.0%、6.5%、7.0%、7.5%、8.0% 5 组油石比成型纤维微表处混合料试件进行湿轮磨耗及负轮荷试验。湿轮磨耗试验试件厚度为 6.4 mm、内径为 280 mm,负轮荷试验试件尺寸为 1.27 cm×5.1 cm×38 cm,试验结果见表 6、图 2。

表 6 不同油石比纤维微表处混合料湿轮磨耗及负轮荷试验结果

油石比/ %	磨耗值/(g·cm ⁻²)		粘砂量/ (g·cm ⁻²)
	1 h	6 d	
6.0	520.7	914.8	408.5
6.5	347.6	835.8	411.1
7.0	265.4	663.4	428.2
7.5	232.9	567.2	449.2
8.0	235.5	538.1	494.4

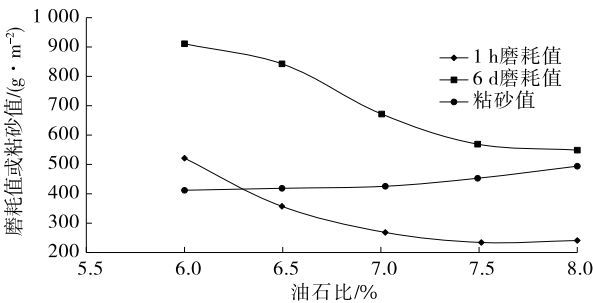


图 2 纤维微表处混合料湿轮磨耗及负轮荷试验结果

相关规范建议微表处混合料试件的 1 h 与 6 d 湿轮磨耗值分别不超过 540、800 g/m²,粘砂值小于

450 g/m²。由图 2 可知:油石比下限由湿轮磨耗试验测定,1 h 湿轮磨耗值对应的石油比下限为 6.0%,6 d 湿轮磨耗值对应的石油比下限为 7.0%;油石比上限由负轮荷试验确定,其值为 7.5%。综上,确定纤维微表处混合料的油石比为 7.0%~7.5%。

根据上述油石比范围,分别配制油石比 7.0%、7.2%、7.5% 的纤维微表处混合料试件进行低温弯曲试验,试件尺寸为 250 mm×30 mm×35 mm,每种油石比制作 3 个平行试件,取其平均值作为试验结果。选用 MTS-25 型万能材料试验机进行试验,加载速率为 50 mm/min,温度为 -10 ℃。试验结果见表 7。

表 7 纤维微表处混合料低温弯曲试验结果

油石比/ %	最大弯拉 应变/ $\mu\epsilon$	抗弯拉强 度/MPa	弯曲劲度模 量/MPa
7.0	3 880	9.303	2 451.339
7.2	4 756	10.353	2 197.442
7.5	3 529	8.879	2 546.097

由表 7 可知:随着油石比的增大,纤维微表处混合料的低温抗裂性能呈先增后减的趋势;油石比为 7.2% 时,其各性能指标均满足规范要求,低温抗裂性能最佳,抗裂性能优异。因此,取 7.2% 作为纤维微表处混合料的最佳油石比。

3 路用性能试验分析

3.1 拌和试验

为了确定施工时纤维微表处混合料的用水量、初凝时间与可拌和时间,进行拌和试验,试验结果见表 8。

表 8 纤维微表处混合料拌和试验结果

纤维掺量/ %	用水量/ g	集料/ g	可拌和时间/ s	初凝时间/ min
0.0	13	250	137	21
0.1	17	250	121	10
0.2	18	250	136	14
0.3	18	250	141	16

由表 8 可知:随着纤维掺量的增大,用水量增加,纤维掺量达到 0.1% 时用水量呈较稳定的状态;初凝时间随纤维掺量的增加变化不大;不同掺量下的可拌和时间均在 120 s 以上,符合规范要求。

3.2 抗松散性能

采用肯塔堡飞散试验对纤维微表处的抗松散性

能进行检验。在最佳油石比 7.2% 下,按室内试验确定的配合比制备 3 个试件,养生后采用洛杉矶磨耗试验机进行试验,设备转速为 30 r/min,持续 5 min。试验结果见表 9。

表 9 纤维微表处混合料抗松散性能试验结果

试件编号	试验前质 量/g	试验后质 量/g	飞散损失 率/%
1	1 168.3	1 107.8	5.18
2	1 142.6	1 098.7	3.84
3	1 166.8	1 115.5	4.40
平均值	1 159.2	1 107.3	4.47

由表 9 可知:在最佳油石比 7.2% 下,纤维微表处混合料的飞散损失率平均仅 4.47%,满足相关规范的要求,具有良好的抗松散性能。

3.3 高温稳定性

纤维微表处混合料的高温稳定性采用车辙试验进行检测。在最佳油石比 7.2% 下,按室内试验确定的配合比成型 3 个试件,试件尺寸为 300 mm×300 mm×30 mm,在 45 ℃ 恒温仪中养护 5 h 后进行试验,轮压为 0.7 MPa,速度为 (42±1) 次/min,行走距离为 (23±1) cm。试验结果见表 10。

表 10 纤维微表处混合料车辙试验结果

试件编号	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	t_1 变形 量/mm	t_2 变形 量/mm
1	2 447	1.671	1.875
2	2 783	1.874	1.962
3	2 863	1.697	1.823
平均值	2 698	1.747	1.887

由表 10 可知:在最佳油石比 7.2% 下,纤维微表处混合料的动稳定度平均为 2 698 次/mm,满足相关规范中高速公路上、中面层动稳定 ≥ 800 次/mm 的要求。

4 工程应用

4.1 工程概况

依托云南省某高速公路路面养护工程开展纤维微表处应用研究。该高速公路为双向四车道,路面结构如下:上面层为 3 cm AK-13A;中面层为 4 cm AC-21I;下面层为 5 cm AC-25I;基层为 35 cm 水泥稳定碎石+15 cm 级配碎石。2010 年 1—8 月对其中 K59+300—K80+000 及 K147+000—

K179+112 两路段共 52.812 km 进行整修,主要以行车道的面层处治为主,挖除行车道损坏的旧沥青面层,重新铺筑同等厚度沥青面层。至 2016 年,该高速公路其他部分路段也出现平整度较差、轻微车辙等损害,经现场检查,决定对 K81+237—K82+435 段采用纤维微表处混合料进行维修。所用材料及配合比与上述室内试验相同。

4.2 施工要点

(1) 施工准备。做好纤维微表处配合比设计,并于施工前对其进行现场验证,确保破乳时间与和易性。

(2) 界面处理。摊铺前仔细检查铺装界面状况,对沥青面层病害按设计要求进行处治,并进行彻底清扫,确保微表处与沥青面层界面干净、稳定。

(3) 微表处摊铺。摊铺前确认各材料用量,摊铺时确保材料供给的连续性。为防止乳化沥青在摊铺机内破乳,拌和过程维持一定的稳定性,并在粘层乳化沥青破乳后即刻摊铺。摊铺分段一次性完成。

(4) 注意事项。为确保乳化沥青的破乳温度,在气温高于 10℃ 时进行纤维微表处施工。路面铺筑后进行严格交通管制直至满足通行要求。

4.3 施工监测与评价

该路段微表处施工时温度为 17~23℃。开放通车 6 个月后进行性能检测,结果见表 11。

表 11 纤维微表处路面性能检测结果

检测项目	检测结果
平整度/mm	2
摩擦系数	70
车辙深度/mm	5
构造深度/mm	0.83
渗水系数	62
外观	路面平整,无裂缝

由表 11 可知:该路段采用纤维微表处混合料维修后,路面的摩擦系数、构造深度和防水系数均较

高,且经过高温多雨后未出现车辙与裂缝现象。说明采用纤维微表处混合料进行路面维修,可提高路面的平整度、构造深度与摩擦系数,增强路面的抗车辙能力。

5 结论

(1) 纤维微表处混合料中纤维最佳掺量为 0.1%,最佳油石比为 7.2%。

(2) 在最佳油石比 7.2% 下,纤维微表处混合料的飞散损失率仅 4.47%,具有良好的抗松散性能;动稳定度为 2 698 次/mm,具有良好的高温稳定性。

(3) 采用纤维微表处混合料进行路面维修,路面的平整度得到显著提高,构造深度与摩擦系数也得到提高,抗车辙能力得到增强。

参考文献:

- [1] 鲁圣弟,扈惠敏,王昌引.沥青路面微表处路用性能研究与应用效果评价[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2011,34(4).
- [2] 张争奇,陶晶.微表处技术在高速公路沥青路面养护中的应用[J].中外公路,2006,26(3).
- [3] 蔡旭,王端宜,陈小庭.改性乳化沥青对微表处混合料性能的影响[J].公路,2011(12).
- [4] 黎侃,李新伟,王端宜.聚丙烯单丝纤维微表处路用性能研究[J].公路交通科技,2013,30(8).
- [5] 侯曙光,候强.纤维微表处混合料性能试验[J].南京工业大学学报:自然科学版,2013,35(3).
- [6] 凌天清,李耀楠,董强,等.橡胶颗粒对微表处性能的影响及其降噪效果[J].交通运输工程学报,2011,11(5).
- [7] 居浩,黄晓明.微表处混合料性能影响因素研究[J].公路,2007(7).
- [8] JTG E20—2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [9] JTG F40—2006,微表处和稀浆封层技术指南[S].
- [10] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].

收稿日期:2017-04-11

(上接第 109 页)

- [8] 张继周,缪林昌,杨振峰.冻融条件下岩石损伤劣化机制和力学特性研究[J].岩石力学与工程学报,2008,27(8).
- [9] 张慧梅,杨更社.岩石冻融力学实验及损伤扩展特性[J].中国矿业大学学报,2011,40(1).
- [10] 杨峰,宁正福,胡昌蓬,等.页岩储层微观孔隙结构特

征[J].石油学报,2013,34(2).

- [11] 许玉娟,周科平,李杰林,等.冻融岩石核磁共振检测及冻融损伤机制分析[J].岩土力学,2012,33(10).
- [12] 王萍,屈展.基于核磁共振的脆硬性泥页岩水化损伤演化研究[J].岩土力学,2015,36(3).

收稿日期:2017-06-13