

盐分对 AC-13C 纤维沥青混合料性能影响的研究

刘向杰¹, 李文凯²

(1. 河南交通职业技术学院, 河南 郑州 450000; 2. 河南交院工程技术有限公司)

摘要:针对盐分浸泡作用下沥青混合料抗水毁能力的研究不多,该文选用浸水马歇尔及冻融劈裂试验,结合理论分析和室内试验,分析浸泡在不同种类盐溶液中木质素纤维、聚酯纤维、玄武岩纤维3种沥青混合料的抗水毁能力以及马歇尔力学性能的变化趋势。试验结果表明:3种纤维混合料的马歇尔稳定度和流值,均较普通混合料大,玄武岩纤维对混合料稳定度及流值改善效果最优;经过饱和 NaCl 和饱和 Na_2SO_4 溶液浸泡后,3种纤维混合料的水稳定性均有所降低,但较普通混合料有所增强,从浸水马歇尔残留稳定度试验结果分析可知,聚酯纤维对混合料抗水毁能力改善效果最优,从冻融劈裂残留强度比试验结果分析可知,玄武岩纤维对混合料抗水毁能力改善效果最优。

关键词:纤维; 矿料级配; 油石比; 沥青混合料; 水稳定性

氯盐由于其成本低且融雪效果好,是目前北方雨雪天气最常用的融雪剂。据统计,中国每年会使用上千万吨的氯盐融雪剂来保证雨雪天气道路的正常通行, Cl^- 会通过路面内部的空隙渗透进去加快沥青的老化,降低沥青与矿料之间的黏结能力,加快沥青路面病害的形成,同时大量氯盐遗留在绿化带内会严重影响植被的生长。在沥青混合料中掺入纤维来改善沥青路面的抗水毁能力,在中国现阶段高等级公路建设中正在慢慢被推广,常见的纤维种类包括:木质素纤维、聚酯纤维、玄武岩纤维等。沥青玛蹄脂主要使用的是木质素纤维,靠纤维吸附沥青混合料中的自由沥青,从而提高沥青路面的使用性能。木质素纤维抗拉强度较低,对混合料性能的改善程度有限,近年来,力学性能较强的聚合纤维以及玄武岩纤维正在被推广。封基良等对纤维沥青混合料增强机理及其性能进行研究,提出纤维的技术指标和要求,促进了纤维在沥青混合料中的推广应用;汤寄予等研究了玄武岩纤维对沥青混合料水稳定性的影响,同时进行马歇尔试验及车辙试验确定纤维最佳掺量为0.4%;熊锐等分析了硫酸盐侵蚀环境下影响沥青混合料耐久性的因素,试验表明:在硫酸盐侵蚀下,沥青混合料的性能衰减比清水更快,且沥青混合料的性能随盐溶液浓度的增加而减小。现有关于盐溶液对纤维沥青混合料的研究不多,该文在前人研究的基础上,开展马歇尔试验、浸水马歇尔以及冻融劈裂试验研究,评价不同类型纤维混合料力学性

能及抗水毁能力受盐溶液的影响程度,对延长沥青路面的使用寿命具有指导意义。

1 原材料及配合比设计

1.1 矿料及沥青

该文粗集料选择玄武岩碎石,粒径分别为10~15、5~10、3~5 mm;细集料为0~3 mm石灰岩碎石;填料为石灰岩磨细矿粉。粗、细集料以及矿粉相关技术指标均满足规范要求。选用的改性沥青为SBS I-D,参照JTG E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的要求,对SBS I-D沥青进行相关性能的检测,试验结果见表1。

表1 SBS I-D性能指标检测结果

技术指标	单位	实测结果	技术要求
针入度	0.1 mm	48.3	30~60
软化点	℃	83.5	≥60
延度(15℃)	cm	32.4	≥20
密度	g/cm^3	1.021	实测值
135℃运动黏度	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	2.3	≤3
闪点	℃	264	≥230
溶解度	%	99.3	≥99
弹性恢复(25℃)	%	84	≥75

续表 1

技术指标	单位	实测结果	技术要求
质量变化	%	-0.14	±1.0
TFOT 后 残留针入度比	%	72.6	≥65
残留延度	cm	36	≥15

1.2 纤维

该文选用木质素纤维、玄武岩纤维、聚酯纤维。3 种纤维的掺量均为沥青混合料的 0.3%。3 种纤维的

示意图见图 1,性能指标见表 2。

1.3 沥青混合料配合比设计及混合料拌和工艺

参照 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》的相关规定,该文选用的 AC—13C 混合料目标级配见表 3,关键筛孔 2.36 mm 的通过百分率为 36.7%。沥青混合料拌和工艺:粗、细集料及矿粉加热温度为 190 ℃,BS I—D 改性沥青加热温度为 170 ℃,粗、细集料干拌时间为 40 s,然后加入纤维拌和 20 s,再加入沥青湿拌 30 s,最后加入矿粉拌和 30 s。



(a) 木质素纤维



(b) 聚酯纤维



(c) 玄武岩纤维

图 1 3 种纤维示意图

表 2 3 种纤维主要技术指标

纤维类型	直径/ μm	长度/ mm	抗拉强度/ MPa	断裂伸长 率/%	密度/ (g·cm ⁻³)
木质素纤维	45	3	<280	15.0~20	0.89
玄武岩纤维	152	9	3 800	3.4	2.62
聚酯纤维	204	12	>500	15.0~28.0	1.32~1.41

表 3 AC—13C 沥青混合料矿料级配

级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100	85	68	50	38	28	20	15	8
下限	90	68	38	24	15	10	7	5	4
目标级配	95.7	77.2	55.4	35.8	27.6	17.4	12.3	9.4	5.7

2 马歇尔试验

沥青混合料马歇尔试件通过饱和 NaCl(浓度 27%)和饱和 Na₂SO₄(浓度 17%)溶液浸泡后开展马歇尔试验,并用饮用水作为参照。马歇尔试验结果见表 4。

由表 4 可以得出:

(1) 在 3 种溶液作用下,3 种纤维混合料均较普通混合料的稳定度高,表明 3 种纤维的掺入能够增强混合料的抗高温性能;在饮用水作用时,木质素纤维、聚

酯纤维、玄武岩纤维混合料的稳定度较普通混合料分别提高 4.1%、8.6%、12.7%,在饱和 NaCl 溶液作用时,3 种纤维混合料的稳定度较普通混合料分别提高 8.0%、13.8%、16.9%,在饱和 Na₂SO₄ 溶液作用时,3 种纤维混合料的稳定度较普通混合料分别提高 6.0%、7.4%、19.3%,其中玄武岩纤维对混合料稳定度的提高效果最优。

(2) 在 3 种溶液作用下,3 种纤维混合料均较普通混合料的流值高,表明 3 种纤维的掺入能够增强混合料抵抗变形的能力,减缓沥青路面在荷载及温缩应力作用时裂缝的产生;在饮用水作用时,木质素纤维、聚

表 4 马歇尔试验结果

试验条件	混合料类型	最佳油 石比/%	毛体积密度/ (g·cm ⁻³)	稳定度/ kN	流值/ mm
饮用水 浸泡	AC—13C	4.9	2.412	9.43	2.7
	AC—13C+0.3%木质素纤维	5.3	2.364	9.82	2.9
	AC—13C+0.3%聚酯纤维	5.1	2.387	10.24	3.1
	AC—13C+0.3%玄武岩纤维	5.1	2.396	10.63	3.3
饱和 NaCl 浸泡	AC—13C	4.9	2.414	7.88	2.6
	AC—13C+0.3%木质素纤维	5.3	2.361	8.51	2.8
	AC—13C+0.3%聚酯纤维	5.1	2.382	8.97	3.0
	AC—13C+0.3%玄武岩纤维	5.1	2.397	9.21	3.1
饱和 Na ₂ SO ₄ 浸泡	AC—13C	4.9	2.410	7.52	2.5
	AC—13C+0.3%木质素纤维	5.3	2.366	7.97	2.7
	AC—13C+0.3%聚酯纤维	5.1	2.384	8.08	2.9
	AC—13C+0.3%玄武岩纤维	5.1	2.393	8.97	3.1

酯纤维、玄武岩纤维混合料的流值较普通混合料分别提高 7.4%、14.8%、22.2%，在饱和 NaCl 溶液作用时，3 种纤维混合料的流值较普通混合料分别提高 7.7%、15.4%、19.2%，在饱和 Na₂SO₄ 溶液作用时，3 种纤维混合料的流值较普通混合料分别提高 8%、16%、24%；通过试验结果分析可知，玄武岩纤维对混合料增韧效果较优。

3 水稳定性

抗水毁能力是评价沥青路面水稳定性的重要指

标，沥青路面在车辆轴载及冬季冻融循环作用下会加速结构层的开裂，研究沥青混合料的水稳定性，对延长道路使用寿命及行车舒适性显得尤为重要。常见的水损害包括：松散、裂缝、麻面等。评价混合料水稳定性的方法有多种，主要包括：浸水车辙试验、冻融劈裂及浸水马歇尔试验等。该文选用冻融劈裂及浸水马歇尔试验来评价混合料的抗水毁能力，普通混合料及 3 种纤维混合料浸水马歇尔试验结果和冻融劈裂试验结果见表 5。

由表 5 可以得出：
(1) 在饮用水的作用下，3 种纤维混合料马歇尔

表 5 浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验结果

试验条件	类型	稳定度/ kN	浸水马歇尔 稳定度/kN	浸水马歇尔残 留稳定度/%	未冻融劈裂 强度/MPa	冻融后劈裂 强度/MPa	冻融劈裂残 留强度比/%
饮用水	AC—13C	9.43	8.28	88	0.78	0.64	82
	AC—13C+0.3%木质素纤维	9.82	8.84	90	0.85	0.71	83
	AC—13C+0.3%聚酯纤维	10.24	9.47	92	0.87	0.76	87
	AC—13C+0.3%玄武岩纤维	10.63	10.12	95	0.88	0.78	89
饱和 NaCl	AC—13C	7.88	6.79	86	0.68	0.46	68
	AC—13C+0.3%木质素纤维	8.51	7.49	88	0.77	0.54	70
	AC—13C+0.3%聚酯纤维	8.97	8.11	90	0.79	0.62	78
	AC—13C+0.3%玄武岩纤维	9.21	8.05	87	0.85	0.71	84
饱和 Na ₂ SO ₄	AC—13C	7.52	6.36	85	0.65	0.42	65
	AC—13C+0.3%木质素纤维	7.97	6.92	87	0.74	0.5	68
	AC—13C+0.3%聚酯纤维	8.08	7.16	89	0.75	0.55	73
	AC—13C+0.3%玄武岩纤维	8.97	7.77	87	0.81	0.64	79

稳定度和浸水马歇尔稳定度均得到了提高,其中玄武岩纤维混合料浸水马歇尔残留稳定度到达最大 95%,表明玄武岩纤维对混合料抗水毁能力改善效果最优。

(2) 饱和 NaCl 溶液浸泡后的浸水马歇尔稳定度较饮用水均降低,普通混合料、木质素纤维、聚酯纤维、玄武岩纤维混合料降低幅度分别为 18.0%、15.3%、14.4%、20.5%;饱和 NaCl 溶液浸泡后,3 种纤维混合料的浸水马歇尔稳定度较普通混合料分别提高 10.3%、19.4%、18.6%,其中聚酯纤维混合料浸水马歇尔残留稳定度达到最大 90%。

(3) Na_2SO_4 溶液浸泡后的浸水马歇尔稳定度较饮用水和 NaCl 溶液均降低,表明 Na_2SO_4 溶液对沥青路面水损害程度最大;饱和 Na_2SO_4 溶液浸泡后,3 种纤维混合料的浸水马歇尔稳定度较普通混合料分别提高 8.8%、12.6%、22.2%,其中聚酯纤维混合料浸水马歇尔残留稳定度达到最大 89%;从浸水马歇尔残留稳定度试验结果分析,聚酯纤维对沥青路面抗水毁能力改善效果最优。

(4) 在饮用水浸泡作用时,3 种纤维混合料冻融劈裂残留强度比均较普通混合料大,且玄武岩纤维混合料达到最大 89%,这主要因为纤维的掺入使混合料最佳油石比变大,进而使矿料表面沥青膜的厚度变大,提高了混合料的黏结效果,很好地改善了混合料的抗水毁能力;由于木质素纤维长径比较小且抗拉强度较低,对混合料抗水毁能力改善效果不明显,因此其冻融劈裂残留强度比较低;另外两种纤维长径比较大且抗拉强度高,能够很好地起到加筋增韧的效果,因此水稳定性较好。

(5) 在饱和 NaCl 及饱和 Na_2SO_4 溶液浸泡作用时,3 种纤维混合料冻融劈裂残留强度比均比普通混合料大,且玄武岩纤维混合料最大,分别达到 84%、79%;但 4 种混合料冻融劈裂残留强度比均较饮用水浸泡时降低较多,其中饱和 Na_2SO_4 溶液浸泡作用时降低幅度最大,这主要因为 Na^+ 与沥青作用生成极其不稳定的结构层,减弱了沥青与矿料之间的黏附性,另外 Na_2SO_4 在失水和吸水的过程中,体积会出现反复胀缩的现象,降低了混合料的黏结能力,最终导致抗水毁能力降低。

4 结论

选用 AC-13C 型沥青混合料,通过不同盐溶液对不同纤维沥青混合料水稳定性能的影响研究,得出

以下结论:

(1) 在 3 种溶液作用下,3 种纤维混合料均较普通混合料的稳定度及流值高,表明 3 种纤维的掺入能够增强混合料的强度及抵抗变形的能力,其中玄武岩纤维对混合料稳定度及流值改善效果最优。

(2) 在饱和 NaCl 及饱和 Na_2SO_4 溶液浸泡作用下,3 种纤维混合料及普通混合料的马歇尔稳定度和浸水马歇尔稳定度均出现不同程度的降低,其中 Na_2SO_4 溶液浸泡作用下降低幅度最大,从浸水马歇尔残留稳定度试验结果分析可知,聚酯纤维对混合料抗水毁能力改善效果最优。

(3) 在 3 种溶液浸泡作用下,3 种纤维混合料冻融劈裂残留强度比均比普通混合料大,从冻融劈裂残留强度比试验结果分析可知,玄武岩纤维对混合料抗水毁能力改善效果最优。

参考文献:

- [1] 杨明,熊文林,马运朝,等.隧道路面矿物纤维鉴定方法及扫描电镜下特征研究[J].隧道建设,2011(2).
- [2] 封基良.纤维沥青混合料增强机理及其性能研究[D].东南大学博士学位论文,2005.
- [3] 汤寄予,高丹盈,韩菊红.玄武岩纤维对沥青混合料水稳定性影响的研究[J].公路,2008(1).
- [4] 熊锐,陈拴发,关博文,等.硫酸盐腐蚀环境下沥青混合料耐久性能[J].长安大学学报(自然科学版),2011(6).
- [5] 崔世富.掺木质纤维的多孔沥青混合料性能研究[J].中外公路,2019(2).
- [6] 高桂海,熊梅,钱波.不同外掺纤维增强排水沥青混合料性能研究[J].中外公路,2019(6).
- [7] 余四新,徐飞萍,刘甲荣,等.基于新版沥青路面设计规范的路面结构设计分析[J].中外公路,2019(2).
- [8] 钟彪.沥青混凝土路面预防性养护措施决策与应用[J].中外公路,2018(6).
- [9] 秦凯,马芹永,吴金荣.温度与腐蚀耦合作用下沥青混凝土性能的试验研究[J].硅酸盐通报,2013(5).
- [10] 周育名,李金明,李平,等.考虑公路等级的沥青路面性能衰变预测方法[J].中外公路,2019(1).
- [11] 杨建国.硫酸盐作用下沥青混合料性能研究[J].湖南交通科技,2014(2).
- [12] 熊锐,陈拴发,关博文,等.硫酸盐腐蚀环境下沥青混合料耐久性能[J].长安大学学报(自然科学版),2011(6).
- [13] 陈开群,褚炜安,李祖仲,等.蔗渣纤维沥青胶结料黏度特性及其混合料路用性能研究[J].中外公路,2020(3).
- [14] 杨瑞华,许志鸿,李宇峙.沥青混合料水稳定性评价方法研究[J].同济大学学报,2007(11).