

蔗渣纤维用量对 SMA-13 混合料 马歇尔指标的影响

黎多迅

海口新海轮渡码头有限公司,海南 海口 570312

摘要:为促进蔗渣在沥青路面的使用和推广,提高玛蹄脂碎石沥青(stone matrix asphalt, SMA)混合料的路用性能,根据马歇尔试验方法,采用5种蔗渣纤维质量分数(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)和5种油石比(5.6%、5.9%、6.2%、6.5%、6.8%)成型 SMA-13 混合料试件,确定 SMA-13 混合料的最佳油石比,分析 SMA-13 混合料马歇尔技术指标随蔗渣纤维质量分数的变化规律,并采用单因素方差分析方法分析蔗渣纤维质量分数对 SMA-13 混合料马歇尔技术指标影响的显著性。结果表明:蔗渣纤维质量分数一定时,随油石比的增大, SMA-13 混合料的马歇尔稳定度先增大后减小,流值和沥青饱和度不断增大,空隙率不断减小,矿料间隙率先减小后增大;油石比一定时,随蔗渣纤维质量分数的增大, SMA-13 混合料的马歇尔稳定度、沥青饱和度先增大后减小,流值、空隙率和矿料间隙率不断增大。不同质量分数的蔗渣纤维对 SMA-13 混合料的马歇尔技术指标具有显著影响,按影响由强到弱排序为马歇尔稳定度、流值、矿料间隙率、空隙率、沥青饱和度。当蔗渣纤维质量分数由 0.1%增至 0.3%时,马歇尔稳定度增大 41.3%并达到最大马歇尔稳定度,流值较小,空隙率、矿料间隙率及沥青饱和度均符合规范要求,蔗渣纤维的最佳质量分数为 0.3%。

关键词:沥青路面;蔗渣纤维;SMA-13 混合料;马歇尔指标

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

文章编号:1672-0032(2024)04-0065-08

引用格式:黎多迅. 蔗渣纤维用量对 SMA-13 混合料马歇尔指标的影响[J]. 山东交通学院学报, 2024, 32(4): 65-72.

LI Duoxun. Impact of sugarcane bagasse fiber dosage on Marshall indexes of SMA-13 mixtures[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2024, 32(4): 65-72.

0 引言

玛蹄脂碎石沥青(stone matrix asphalt, SMA)混合料的高温抗车辙和低温抗开裂性能优良,广泛应用于高等级路面建设^[1-4]。纤维是 SMA 混合料不可缺少的成分,可有效防止沥青从混合料中析出^[5]。木质素纤维是常见的路用纤维,价格低廉,吸附沥青能力较好,在道路工程中应用广泛^[6]。但木质素纤维以木材为主要原料,大量使用会破坏我国的森林资源。近年来,随着人们环保意识的增强,绿色道路的概念深入人心,将农业废弃物制成纤维并应用在道路建设中已成为科研人员的研究热点之一^[7-9]。

我国是甘蔗种植大国,每年经制糖业、化工业、水果深加工等工业生产后剩余大量甘蔗渣,采用焚烧方式处理会带来一系列环境问题^[10]。将甘蔗渣制成路用纤维材料,可有效替代木质素纤维和部分矿物纤维,具有重要的经济价值和环保意义^[11-12]。李祖仲等^[13]研究表面改性蔗渣纤维的微观结构、主要成分和力学性能,发现改性蔗渣纤维的吸油率明显提高,可应用在沥青路面建设中。Meneses 等^[14]将蔗渣纤维加入透水磨耗层沥青混合料中,并与合成纤维对比,评价不同纤维沥青混合料的路用性能。Umer

收稿日期:2024-07-16

基金项目:山东省交通运输厅科技计划项目(2023B65)

作者简介:黎多迅(1972—),男,海南乐东人,主要研究方向为公路与桥梁建设,E-mail:779018570@qq.com。

等^[15]以竹纤维和蔗渣纤维为添加剂,测试不同沥青质量分数下沥青混合料的动稳定度和冻融劈裂抗拉强度,发现 2 种纤维的最佳质量分数均为 3%。沥青混合料的马歇尔技术指标与其路用性能密切相关,合理的马歇尔技术指标是 SMA 混合料发挥优良路用性能的关键因素。目前,多数研究集中在蔗渣纤维沥青混合料的路用性能方面,缺少基于不同蔗渣纤维用量对沥青混合料马歇尔技术指标影响规律的研究。

本文对蔗渣纤维 SMA-13 混合料进行配合比设计,通过马歇尔、谢伦堡沥青析漏试验、肯塔堡飞散试验检验试件的路用性能,分析不同质量分数的蔗渣纤维对 SMA-13 马歇尔稳定度、流值、空隙率、矿料间隙率及沥青饱和度的影响规律,为蔗渣纤维沥青混合料的大规模应用提供参考依据。

1 试验材料及方法

1.1 原材料

采用 SBS(I-C)改性石油沥青,根据文献[16]检测沥青样品技术指标,结果如表 1 所示。以玄武岩为粗、细集料,以石灰石矿粉为填料,根据文献[17]检测矿料性能,相关指标及检测结果如表 2 所示。

表 1 SBS(I-C) 改性石油沥青技术指标检测结果

项目	针入度 (25 ℃)/ 0.1 mm	针入度 指数 PI	软化 点/℃	延度 (5 ℃)/cm	运动黏度 (135 ℃)/(Pa·s)	TFOT ^① 后残 留物质量 变化/%	TFOT 后残留物 针入度比 (25 ℃)/%	TFOT 后残留 物延度(5℃)/ cm
试验结果	68	-0.2	71.5	58	2.3	0.23	73	24
规范要求 ^[16]	60~80	≥-0.4	≥55.0	≥30	≤3.0	≤±1.00	≥60	≥20

①TFOT(thin film oven test)为薄膜烘箱试验。

表 2 矿料基本技术指标及检测结果

项目	粗集料				细集料		矿粉	
	石料压碎 值/%	洛杉矶磨耗 损失/%	坚固性/%	吸水率/%	砂当量/%	棱角性(流动 时间)/s	含水量/%	亲水系数/%
试验结果	15.6	11.5	6	1.03	70.5	32.6	0.35	0.52
规范要求 ^[17]	≤26.0	≤28.0	≤12	≤2.00	≥60.0	≥30.0	≤1.00	<1.00

蔗渣纤维长 5~10 cm,将甘蔗渣清洗干净,去除杂质;采用湿法^[18]将其粉碎至平均长度为 3~5 mm,平均直径为 0.45~0.65 mm;放入烘箱中干燥至所需含水量后保存备用。

1.2 试验设计

为得到沥青混合料的最佳油石比,研究蔗渣纤维质量分数对 SMA-13 混合料马歇尔技术指标的影响规律,分别采用 5 种蔗渣纤维质量分数(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)和 5 种油石比(5.6%、5.9%、6.2%、6.5%、6.8%)成型马歇尔试件,共设计 25 组试验试样,其中矿粉质量分数均为 10%。

采用干拌法拌和蔗渣纤维沥青混合料^[19],为每组试样制备 4 个试件。按设计级配要求将称量好的粗、细集料及矿粉在 163 ℃下预热,再将集料和蔗渣纤维放入搅拌机中搅拌均匀,先后加入沥青、矿粉搅拌均匀,总拌和时间为 3 min。将拌和均匀的 SMA-13 混合料放入预热的圆柱形模具中,插捣至规定次数,再用标准击实仪每面击实 50 次^[20]。

1.3 测试方法

1.3.1 压实 SMA-13 混合料密度试验

采用表干法进行压实 SMA-13 混合料密度试验^[21]。沥青混合料试件的毛体积相对密度

$$\gamma_f = m_a / (m_f - m_w),$$

式中: m_a 为干燥试件的空中质量, m_f 为试件的表干质量, m_w 为试件的水中质量。

1.3.2 马歇尔试验

将恒温水浴后的试件放在自动马歇尔试验仪上,加载速度为 50 mm/min,根据压力和试件变形曲线得到试件的稳定度 M_s 和流值 F_L 。试件的空隙率

$$E_{VV} = (1 - \gamma_f / \gamma_t) \times 100\%,$$

式中 γ_t 为沥青混合料理论最大相对密度。

试件的矿料间隙率

$$E_{VMA} = (1 - P_s \gamma_f / \gamma_{sb}) \times 100\%,$$

式中: γ_{sb} 为矿料合成毛体积相对密度, P_s 为各种矿料在沥青混合料中的质量分数之和。

沥青饱和度

$$E_{VFA} = 100\% \times (E_{VMA} - E_{VV}) / E_{VMA}。$$

1.3.3 谢伦堡沥青析漏试验

采用谢伦堡沥青析漏试验检测 SMA-13 混合料析出的沥青质量。沥青析漏损失

$$\Delta m = 100\% \times (m_d - m_b) / (m_e - m_b), \quad (1)$$

式中: m_d 为烧杯及黏附物质的总质量, m_e 为烧杯及沥青混合料总质量, m_b 为烧杯质量。

1.3.4 肯塔堡飞散试验

采用肯塔堡飞散试验检测 SMA-13 混合料中集料脱落的程度。根据文献[16]中的 T0733—2011 试验方法,将质量为 m_e 的试件放在温度为 20 ℃ 的恒温水槽中浸泡 20 h,取出后擦除试件表面水分,测量总质量,再放进洛杉矶试验仪中旋转 300 转,测量其残余质量 m_h ,沥青混合料的飞散损失

$$\Delta S = 100\% \times (m_e - m_h) / m_e。 \quad (2)$$

2 SMA 混合料配合比设计

2.1 矿料级配设计

采用 SMA-13 矿料级配类型制备沥青混合料,合成级配曲线如图 1 所示。

根据蔗渣纤维沥青混合料马歇尔试验结果绘制油石比关系曲线图,以空隙率为 4% 时的油石比为最佳油石比^[22-23],并按文献[20]要求检验各技术指标。蔗渣纤维质量分数分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%,沥青混合料的最佳油石比分别为 5.66%、5.78%、5.96%、6.03%、6.15%。

沥青混合料的最佳油石比随蔗渣纤维质量分数的增大而增大。纤维增多,纤维比表面积增大,纤维吸附自由沥青的能力提高^[24],最佳油石比增大。

2.2 配合比设计检验

通过谢伦堡析漏试验和肯特堡飞散试验验证 SMA-13 混合料的力学性能及体积指标符合文献[16]要求。根据式(1)(2)分别对不同蔗渣纤维质量分数的 SMA-13 混合料计算沥青析漏损失和飞散损失,结果如表 3 所示。

由表 3 可知:所有 SMA-13 混合料配合比设计检验均符合要求,基于最佳油石比下的 5 种蔗渣纤维 SMA-13 混合料配合比设计合理。

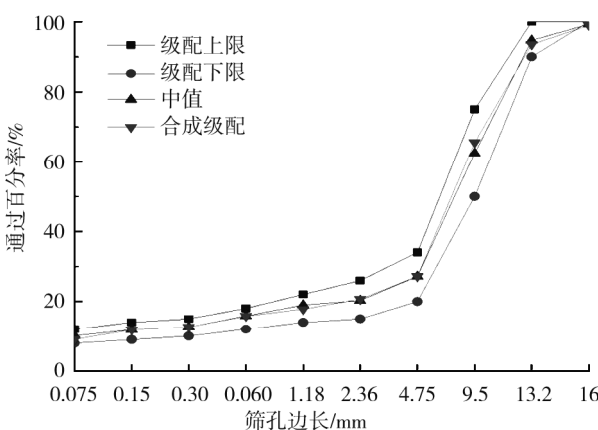


图 1 SMA-13 矿料级配曲线

表3 沥青混合料析漏试验结果

单位: %

蔗渣纤维质量分数	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
析漏损失	0.094	0.071	0.062	0.053	0.061
飞散损失	7.08	6.13	4.67	5.24	5.87

注:析漏损失技术标准为不大于0.100%,飞散损失的技术标准为不大于15.00%。

3 蔗渣纤维质量分数对马歇尔技术指标的影响

3.1 马歇尔稳定度

在不同蔗渣纤维质量分数 w (0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%) 及不同油石比 (5.6%、5.9%、6.2%、6.5%、6.8%) 下, SMA-13 混合料的马歇尔稳定度变化如图2所示。

由图2可知:蔗渣纤维质量分数为0.1%~0.5%时, SMA-13 混合料的马歇尔稳定度随油石比的增大而先增大后减小。随油石比增大, 结构沥青膜逐渐形成并在矿料颗粒间充分联结, SMA-13 混合料的结构强度增大, 能抵抗较大荷载。油石比过高, 在矿料颗粒间形成自由沥青并产生润滑作用, 黏结力减弱, 马歇尔稳定度减小。

油石比一定时, 马歇尔稳定度随蔗渣纤维质量分数的增大而先增大后减小, 表明蔗渣纤维在 SMA-13 混合料中存在最佳质量分数。当纤维质量分数由0.1%增至0.3%时, 马歇尔稳定度增大41.3%, 并达到最大马歇尔稳定度, 继续加入蔗渣纤维, 马歇尔稳定度显著减小。加入蔗渣纤维后, 在蔗渣纤维表面形成黏度较高的结构沥青, 矿料颗粒黏结更牢固, SMA-13 混合料的高温抗剪强度提高。蔗渣纤维的质量分数较大时, 在 SMA-13 混合料内部分散不均匀, 纤维聚集, 难以形成稳定的纤维骨架网络结构, 出现应力集中现象, SMA-13 混合料的整体抗剪强度减小。当蔗渣纤维质量分数为0.3%时, SMA-13 混合料的力学性能最佳; 当蔗渣纤维质量分数分别为0.1%、0.2%时, 马歇尔稳定度普遍较小, 不建议采用。

3.2 流值

不同蔗渣纤维质量分数及油石比条件下, SMA-13 混合料的流值变化见图3。由图3可知:蔗渣纤维质量分数为0.1%~0.5%时, SMA-13 混合料的流值随油石比的增大而增大; 油石比一定时, SMA-13 混合料的流值随蔗渣纤维的质量分数由0.1%增至0.2%而增大, 蔗渣纤维的质量分数不小于0.3%时, SMA-13 混合料的流值明显增大, 但变化规律较复杂。油石比增大则沥青增多, SMA-13 混合料的变形增大。流值过大, 破坏荷载下 SMA-13 混合料的垂直变形过大, 主要是因为较大质量分数的蔗渣纤维在沥青混合料内部分散不均, 出现结团现象。

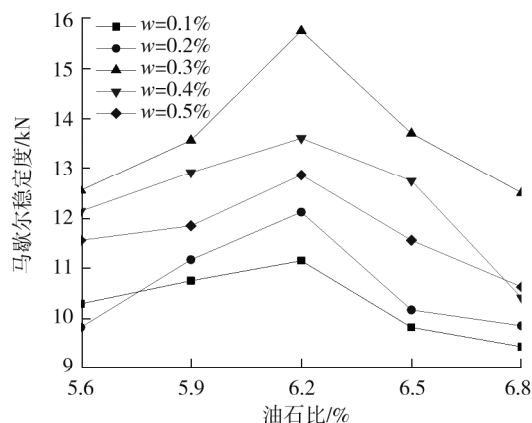


图2 不同蔗渣纤维质量分数及油石比下, SMA-13 混合料的马歇尔稳定度试验结果

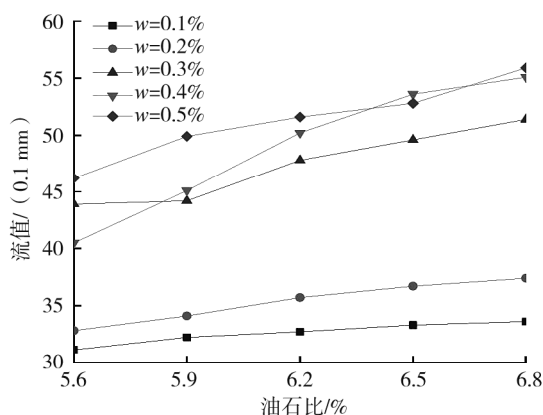


图3 不同蔗渣纤维质量分数及油石比条件下, SMA-13 混合料的流值试验结果

3.3 空隙率

SMA-13 混合料的空隙率随不同蔗渣纤维质量分数和油石比的变化趋势如图 4 所示。

由图 4 可知:蔗渣纤维质量分数为 0.1%~0.5% 时,SMA-13 混合料的空隙率随油石比的增大而不断减小;油石比为 5.6%~6.8% 时,SMA-13 混合料的空隙率随蔗渣纤维质量分数的增大而增大。沥青增多能有效填充矿料间隙,减少 SMA-13 混合料内部空隙。蔗渣纤维占据一定空间,在 SMA-13 混合料中的总体积占比增大,阻碍矿料颗粒的有效接触,导致 SMA-13 混合料的空隙率增大。当蔗渣纤维质量分数由 0.1% 增至 0.3% 时,SMA-13 混合料的空隙率平均增大 10.4%,蔗渣纤维质量分数由 0.3% 继续增至 0.5% 时,SMA-13 混合料的空隙率平均增大 15.46%。蔗渣纤维质量分数过大,在 SMA-13 混合料内部形成纤维团聚,空隙结构较大。

3.4 矿料间隙率

合理的矿料间隙率有利于形成稳定的矿料骨架结构,结合足够的沥青可提升 SMA-13 混合料的整体耐久性和表面抗滑性能。SMA-13 混合料的矿料间隙率随不同蔗渣纤维质量分数和油石比的变化趋势如图 5 所示。

由图 5 可知:1) 蔗渣纤维质量分数为 0.1%~0.5% 时,SMA-13 混合料的矿料间隙率随油石比增大而先减小后增大;油石比为 5.6%~6.8% 时,矿料间隙率随蔗渣纤维质量分数的增大而增大。2) 当油石比较小时,SMA-13 混合料中的沥青填充到矿料空隙中,形成沥青膜包裹在集料表面,SMA-13 混合料内部结构更紧密,矿料间隙率减小;随油石比不断增大,过多的沥青会增大矿料颗粒的流动性,矿料间隙率增大。3) 当蔗渣纤维质量分数由 0.1% 增至 0.3% 时,矿料间隙率平均增大 5.12%;继续加入蔗渣纤维,矿料间隙率显著增大。蔗渣纤维作为填充物存在于矿料间隙中,减少矿料颗粒间的紧密堆积程度,增大 SMA-13 混合料内部的空隙。蔗渣纤维在压实过程中产生架桥效应,阻碍集料颗粒间的紧密接触,压实后的矿料间隙率增大。

3.5 沥青饱和度

SMA-13 混合料的沥青饱和度随不同蔗渣纤维质量分数和油石比的变化趋势如图 6 所示。

由图 6 可知:1) 当纤维质量分数一定时,SMA-13 混合料的沥青饱和度随油石比增大而不断增大;当油石比一定时,沥青饱和度随蔗渣纤维质量分数的增大

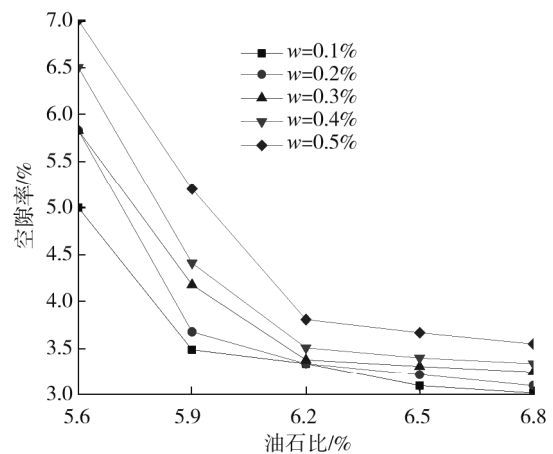


图 4 不同蔗渣纤维质量分数及油石比下, SMA-13 混合料的空隙率试验结果

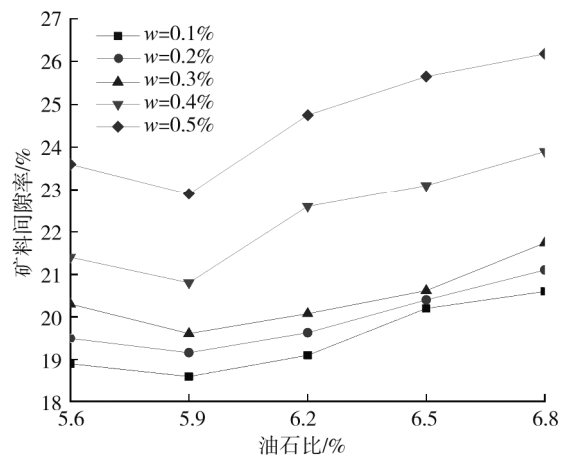


图 5 不同蔗渣纤维质量分数及油石比下, SMA-13 混合料的矿料间隙率试验结果

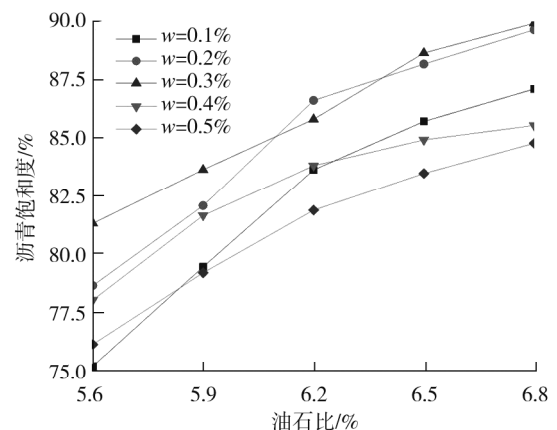


图 6 不同蔗渣纤维质量分数及油石比下, SMA-13 混合料的沥青饱和度试验结果

先增大后减小。2) 油石比增大时, 掺入 SMA-13 混合料中的沥青更多, 更充分地填充矿料间隙。3) 当蔗渣纤维质量分数由 0.1% 增至 0.3% 时, 沥青饱和度平均增大 4.54%, 加入蔗渣纤维有助于分散沥青, 促使沥青在集料表面均匀分布, 增加沥青的填充效果, 沥青饱和度增大; 过多的蔗渣纤维限制沥青的自由流动, 难以有效填充矿料间隙, 沥青饱和度减小。

3.6 方差分析

为检验不同质量分数的蔗渣纤维是否对 SMA-13 混合料的马歇尔技术指标产生显著影响, 统计分析马歇尔稳定度 M_s 、流值 F_L 、空隙率 E_{VV} 、矿料间隙率 E_{VMA} 、沥青饱和度 E_{VFA} 的试验结果, 所有数据均呈正态分布且具有方差齐性。采用单因素方差分析在特定置信度限制下确定显著性。本文设定显著性水平 $\alpha=0.05$ ^[25], SMA-13 混合料单因素方差分析结果如表 4 所示。

表 4 SMA-13 混合料单因素方差分析结果

马歇尔技术指标	差异	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	偏 Eta 方
M_s	组间	46.415	4	9.104	8.548	2.58×10^{-10}	0.804
	组内	11.300	15	1.065			
	总计	57.715	19				
F_L	组间	11.488	4	3.622	27.830	2.90×10^{-11}	0.672
	组内	5.603	15	0.130			
	总计	17.091	19				
E_{VV}	组间	18.866	4	4.716	5.311	0.007	0.586
	组内	13.320	15	0.888			
	总计	32.186	19				
E_{VMA}	组间	103.618	4	38.404	40.251	7.49×10^{-8}	0.617
	组内	44.312	15	0.954			
	总计	167.930	19				
E_{VFA}	组间	811.865	4	202.966	3.622	0.029 4	0.491
	组内	840.346	15	56.023			
	总计	1 652.21	19				

由表 4 可知: 所有测量得到的 $P < 0.05$, 表明不同质量分数的蔗渣纤维对 SMA-13 混合料的马歇尔技术指标均有显著影响。根据偏 Eta 方指标, 马歇尔各技术指标受蔗渣纤维质量分数影响按从强到弱排序为马歇尔稳定度、流值、矿料间隙率、空隙率、沥青饱和度, 应根据 SMA-13 混合料的马歇尔技术指标的变化综合考虑, 确定合理的蔗渣纤维质量分数范围。

4 结论

本文采用马歇尔试验方法对 SMA-13 混合料进行配合比设计, 研究在沥青混合料中不同质量分数 (0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%) 的蔗渣纤维对沥青混合料的稳定度、流值、空隙率、矿料间隙率及沥青饱和度的影响。

1) 蔗渣纤维质量分数为 0.1%~0.5% 时, 随油石比的增大, SMA-13 混合料的马歇尔稳定度先增大后减小, 流值和沥青饱和度不断增大, 空隙率不断减小, 矿料间隙率先减小后增大。

2) 当石油石比为 5.6%~6.8% 时, 随蔗渣纤维质量分数的增大, SMA-13 混合料的马歇尔稳定度和沥青饱和度先增大后减小, 流值、空隙率和矿料间隙率均增大。

3) 蔗渣纤维质量分数对 SMA-13 混合料马歇尔技术指标均有显著影响,按马歇尔技术指标受纤维质量分数影响由强到弱排序为马歇尔稳定度、流值、矿料间隙率、空隙率、沥青饱和度。

4) 当蔗渣纤维质量分数由 0.1% 增至 0.3% 时,马歇尔稳定度增大 41.3%,达到最大马歇尔稳定度,高温抗剪切性能最好;蔗渣纤维质量分数为 0.3% 的 SMA-13 混合料的流值较小,且其他各项指标均符合规范要求,推荐蔗渣纤维的最佳质量分数为 0.3%。

参考文献:

- [1] 吴红. SMA 沥青混合料指标控制与工程性能研究[J]. 路基工程, 2024(3): 54-59.
- [2] 朱春风, 程永春, 梁春雨, 等. 硅藻土-玄武岩纤维复合改性沥青混合料路用性能试验[J]. 吉林大学学报(工学版), 2020, 50(1): 165-173.
- [3] SHAFFIE E, RASHID H A, SHIONG F, et al. Performance characterization of stone mastic asphalt using steel fiber[J]. Journal of Advanced Industrial Technology and Application, 2021, 2(2): 22-33.
- [4] EKARIZAN S, MOHD N A A, PUTRA J R, et al. Statistical approach model to evaluate permanent deformation of steel fiber modified asphalt mixtures[J]. Sustainability, 2023, 15(4): 3476-3497.
- [5] 王文盛. 冻融循环条件下玄武岩纤维增强沥青混合料的损伤特性及微观机理研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2020.
- [6] GAO J F, WANG H N, LIU C C, et al. High-temperature rheological behavior and fatigue performance of lignin modified asphalt binder[J]. Construction and Building Materials, 2020, 230: 117063.
- [7] WANG K, LI X G, HU P, et al. Influence of modified stalk fibers on the fatigue performance of asphalt binder[J]. Coatings, 2023, 13(11): 1912-1929.
- [8] 程培峰, 王聪, 张开元, 等. 水稻秸秆纤维沥青胶浆流变性能影响因素研究[J]. 功能材料, 2021, 52(12): 12116-12123.
- [9] WANG K, WU Q, HU P, et al. Road performance and microscopic mechanism analysis of modified straw fiber asphalt binder[J]. Advances in Materials Science and Engineering, 2023, 2023(1): 2328556.
- [10] THEJASWI P, VENGALA J, DHAREK M S, et al. Sugarcane bagasse fibers for enhancing moisture susceptibility properties in stone mastic asphalt[J]. Advances in Materials Science and Engineering, 2023, 2023(1): 5378738.
- [11] LI Z Z, ZHANG X L, FA C G, et al. Investigation on characteristics and properties of bagasse fibers: performances of asphalt mixtures with bagasse fibers[J]. Construction and Building Materials, 2020, 248: 118648.
- [12] 张鹏. 掺蔗渣纤维再生沥青混合料在市政路面工程中的应用研究[D]. 西安: 长安大学, 2021.
- [13] 李祖仲, 李梦园, 刘卫东, 等. 蔗渣纤维表面改性及其沥青混合料路用性能[J]. 吉林大学学报(工学版), 2024, 54(6): 1738-1745.
- [14] MENESES J P C, SUDO LUTIF TEIXEIRA J E S, ALVAREZ A E, et al. Exploratory study on the addition of sugarcane bagasse fibers to permeable friction course mixtures[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2021, 33(9): 4021241.
- [15] UMER K, GEREMEW A, JEMAL A. The comparative study on the performance of bamboo fiber and sugarcane bagasse fiber as modifiers in asphalt concrete production[J]. Social Science Electronic Publishing, 2022, 8(7): 3977529.
- [16] 中华人民共和国交通运输部, 交通运输部公路科学研究院. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程: JTGE 20-2011[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [17] 中华人民共和国交通运输部, 交通运输部公路科学研究院. 公路工程集料试验规程: JTG 3432-2024[S]. 北京: 人民交通出版社, 2024.
- [18] 陈唯希. 蔗渣纤维理化性质及其沥青胶浆流变性能研究[D]. 西安: 长安大学, 2022.
- [19] 陈飞, 张林艳, 李先延, 等. 天然纤维沥青混合料研究与应用进展[J]. 应用化工, 2022, 51(5): 1472-1479.
- [20] 中华人民共和国交通部, 交通部公路科学研究所. 公路沥青路面施工技术规范: JTG F40-2004[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [21] 吴琼. 玉米秸秆纤维改性工艺参数优化及 AC-13 纤维沥青混合料性能研究[D]. 济南: 山东交通学院, 2023.
- [22] 熊余康. 生物质纤维沥青混合料的路用性能研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2023.
- [23] 陈闯闯. 不同种类纤维 SMA-13 沥青混合料性能试验研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2023.
- [24] 董娟, 司有翔, 谢巍, 等. 秸秆改性沥青胶浆的黏温特性及改性机理研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2023, 42(12): 37-44.

- [25] MOHAMMAD S P, MOHAMED R K. Performance evaluation of stone mastic asphalt and hot mix asphalt mixtures containing recycled concrete aggregate[J]. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014, 2014(1): 863148.

Impact of sugarcane bagasse fiber dosage on Marshall indexes of SMA-13 mixtures

LI Duoxun

Haikou Xinhai Ferry Terminal Co., Ltd., Haikou 570312, China

Abstract: To promote the use and popularization of sugarcane bagasse in asphalt pavement, and to improve the performance of stone matrix asphalt (SMA) mixtures, SMA-13 specimens are prepared using five different mass fractions of sugarcane fiber (0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%) and five different bitumen-to-stone ratios (5.6%, 5.9%, 6.2%, 6.5%, 6.8%) based on the Marshall test method. The optimal bitumen-to-stone ratio of the asphalt mixture is determined, and the variation of Marshall technical indexes with the mass fraction of sugarcane fibers is analyzed. Single-factor analysis of variance is used to determine the significance of the influence of sugarcane fiber mass fractions on the Marshall technical indexes of the asphalt mixture. The results show that with a constant mass fraction of sugarcane fiber, as the bitumen-to-stone ratio increases, the Marshall stability of the SMA-13 mixture first increases and then decreases, while the flow value and bitumen saturation continuously increases, and the void ratio decreases continuously, with the aggregate interstitial ratio initially decreasing and then increasing. With a constant bitumen-to-stone ratio, as the mass fraction of sugarcane fiber increases, the Marshall stability of the SMA-13 mixture first increases and then decreases, while the flow value, void ratio, and aggregate interstitial ratio increases continuously, with bitumen saturation first increasing and then decreasing. Sugarcane fibers of different mass fractions significantly influence the Marshall technical indicators of the SMA-13 mixture, ranked in order of influence from strongest to weakest as Marshall stability, flow value, aggregate interstitial ratio, void ratio, and bitumen saturation. When the mass fraction of sugarcane fiber increases from 0.1% to 0.3%, the Marshall stability increases by 41.3% to reach maximum Marshall stability, with low flow value and compliant void ratio, aggregate interstitial ratio, and bitumen saturation, indicating the optimal mass fraction of sugarcane fiber to be 0.3%.

Keywords: asphalt pavement; bagasse fiber; SMA-13 mixture; Marshall index

(责任编辑:王惠)