

文章编号: 1002-0268 (2005) 02-0020-04

纤维沥青混凝土试验及应用

孙同策, 孙国忠

(衡水市交通局公路管理处, 河北 衡水 053000)

摘要: 对国道 106 线衡水北段纤维沥青混凝土试验中所采用不同类型纤维及纤维用量的沥青混合料马歇尔试验结果进行研究, 分析纤维对沥青混合料马歇尔试验结果的影响及原因, 从中得出纤维沥青混合料马歇尔指标的变化规律, 为纤维沥青混凝土路面结构的设计和施工提供参考依据, 并为推广纤维沥青混凝土路面结构做出尝试。

关键词: 纤维沥青混合料; 马歇尔试验; 指标; 规律

中图分类号: U414

文献标识码: A

Experiment and Application of Fibre-asphalt Concrete Construction

SUN Tong-ce, SUN Guo-zhong

(Road Department Of Hengshui Traffic Bureau, Hebei Hengshui 053000 China)

Abstract: This article researches the different results of Marshal Experiment for having used different type and dosage of fibre in asphalt mixture at No 106 national highway in the north of Hengshui, analyzes the fibre's effect on the result of Marshal Experiment and the reasons, and concludes the change pattem of indexes of Marshal Experiment, providing reference for the design and construt of the fibre-asphalt concrete construction, and give the example of popularizing such road surface construction.

Key words: Fibre-asphalt mixture; Marshal Experiment; Index; Law

0 概况

随着现代经济的发展, 公路交通发生了日新月异的变化, 现代交通向着速度快、密度大、轴载重、渠化分明的方向发展, 这对公路建设者提出了更高的要求。沥青路面具有平整度好、便于施工等方面的优势, 成为主要采用的路面结构, 但是沥青路面在实际使用中存在许多技术和质量方面的问题, 比如早期破损、推移、拥包、车辙、开裂、唧浆、表面性能快速降低以及使用寿命不足等等, 这些问题是对公路建设人员提出的新的挑战。近年来, 在沥青混合料中掺加纤维以提高沥青路面的使用性能的方法受到了普遍的关注。2002 年 8 月, 在长安大学的指导下, 在国道 106 线衡水北段 K260+187~K261+792 修筑了三段掺加不同纤维的沥青路面试验段, 进行了纤维沥青混凝

土路面试验和施工方面的初步探索。

1 试验路段的布置

试验路段布置见图 1。

K260+187 K260+663 K261+175 K261+792

普通 AC-16I	木质素纤维 AC-16I	聚酯纤维 AC-16I	聚丙烯腈纤维 AC-16I	普通 AC-16I
--------------	-----------------	----------------	------------------	--------------

图 1

2 原材料

沥青材料为盘锦 AH-90, 纤维材料有木质素纤维、聚酯纤维、聚丙烯腈纤维, 矿质集料有石灰岩碎石、砂子、矿粉。矿料级配选用 AC-16 I, 为了避免级配范围的影响, 组成设计中采用规范规定的级配中值。

收稿日期: 2004-01-05

作者简介: 孙同策 (1972-), 男, 河北武强人, 工学硕士, 现从事路面结构研究和公路建设管理工作。

3 马歇尔试验检测结果与分析

3.1 纤维用量对马歇尔试验结果的影响

纤维用量是指纤维占全部纤维沥青混合料的质量百分比。纤维用量不同, 纤维在混合料中的分散性、有效比表面积以及对混合料的加强作用也不尽相同。为此, 本试验中掺加不同聚酯纤维用量对 AC-16 I 混合料的马歇尔试验结果进行比较, 纤维用量分别为 0、0.20%、0.35%、0.50%, 其试验结果如表 1 和图 2 所示。

表 1 纤维用量对马歇尔试验结果的影响

纤维用量 / %	最佳沥青用量 / %	密度 / $g \cdot cm^{-3}$	稳定度 / kN	流值 / 0.1mm	空隙率 / %	V_a / %	IMA / %
0.00	4.49	2.442	10.01	26.40	3.10	10.94	14.04
0.20	4.55	2.433	10.23	27.77	3.45	11.05	14.50
0.35	4.65	2.428	10.62	30.56	3.65	11.27	14.92
0.50	4.64	2.419	10.13	31.83	3.82	11.20	15.02

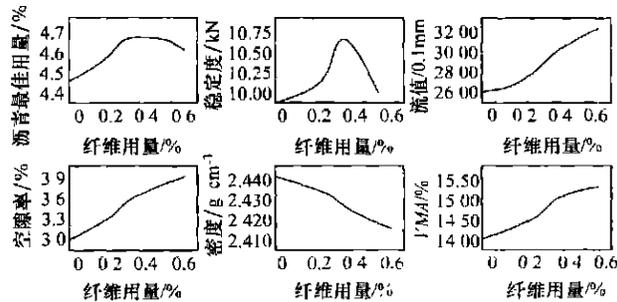


图 2 纤维用量对马歇尔试验结果的影响

从图 1 中可以看出, 随着纤维用量的增加, 沥青混合料的最佳沥青用量出现最大值; 混合料的密度降低; 空隙率和 IMA 增大; 稳定度出现最大值; 流值逐渐增大。

由于纤维的加入如同填料一样, 需要有更多的沥青包裹在纤维的表面, 纤维越多其比表面积越大, 表面吸附的沥青越多。但是, 当纤维用量过多时, 纤维在沥青混合料中的分散性将受到限制, 会产生结团成束现象, 造成纤维总的比表面积不增加, 故混合料的最佳沥青用量也不再增加。由此可见, 加入的纤维并非越多越好, 应视其分散性而定。

纤维的相对密度比矿料小, 体积较疏松, 纤维加入混合料后要占用一定的空间, 且纤维有一定的弹性效应, 在相同的击实功能下, 纤维沥青混合料的密实过程相对要困难些, 从而使纤维沥青混合料的密度下降, 纤维用量越高, 密度越低, 故施工过程中应提高压实功能或增加压实遍数以提高纤维沥青混合料的密实度。正因为纤维沥青混合料的密度有所下降, 纤维

要占据一定的空间, 密实过程受到一定限制, 造成孔隙率有所增大。同时沥青所占的体积百分比增加, 因而 IMA 也将增大。

流值同沥青用量的关系十分密切, 沥青用量越大, 流值也越大。纤维加入后, 混合料的最佳沥青用量增加, 同时纤维又有提高混合料的抗变形能力的作用, 因此, 纤维混合料的流值随纤维用量的增加也是增大的, 但其增加幅度变缓。

3.2 纤维类型对马歇尔试验结果的影响

3.2.1 在最佳沥青用量下纤维类型对马歇尔试验结果的影响

纤维类型不同, 结构组成也不一样, 在混合料中的作用也不尽相同, 本试验采用了目前国内常见的三类纤维, 分别按马歇尔试验确定出各种纤维在相同用量下 (0.25%) 的最佳沥青用量, 在测试出最佳沥青用量下, 马歇尔试验结果如表 2 和图 3。

表 2 在最佳沥青用量下纤维类型对马歇尔试验结果的影响

纤维类型	最佳沥青用量 / %	密度 / $g \cdot cm^{-3}$	空隙率 / %	IMA / %	稳定度 / kN	流值 / 0.1mm
聚酯纤维 a	4.64	2.435	3.6	14.85	11.41	30.9
聚丙烯腈纤维 b	4.69	2.434	3.7	14.99	11.95	30.2
木质素纤维 c	5.08	2.424	3.9	16.17	11.22	32.4
不加纤维 d	4.49	2.442	3.2	14.04	10.91	26.4

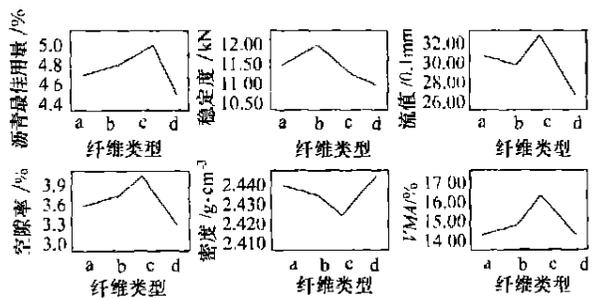


图 3 在最佳沥青用量下纤维类型对马歇尔试验结果的影响

从试验结果看, 各种纤维沥青混合料最佳沥青用量均有所增加, 其增长幅度与纤维类型有关; 纤维加入后混合料密度均有所下降; 各种纤维沥青混合料的稳定度均有所增加; 流值的变化同沥青用量关系密切, 沥青用量越高, 流值越大, 故木质素纤维混合料的流值最大。

3.2.2 在相同沥青用量下纤维类型对马歇尔试验结果的影响

为比较相同沥青用量下纤维类型对马歇尔试验结果的影响, 在普通混合料的最佳沥青用量 (4.5%) 下, 进行掺加纤维的马歇尔试验, 其结果如表 3 和图

4所示。

表3 在相同沥青用量下马歇尔试验结果

纤维类型	密度 $/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	空隙率 $/\%$	IMA $/\%$	稳定度 $/\text{km}$	流值 $/0.1\text{mm}$
聚酯纤维	2.425	4.9	15.87	11.15	30.9
聚丙烯腈纤维	2.422	5.1	15.97	11.69	31.2
木质素纤维	2.405	5.8	16.56	10.59	32.6
不加纤维	2.442	3.1	14.04	10.91	26.4

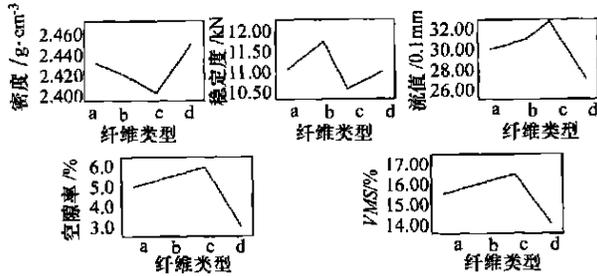


图4 在相同沥青用量下马歇尔试验结果

从试验结果看,掺加纤维后密度均减小。由于木质素纤维的最佳沥青用量比普通混合料的大约 $0.3\% \sim 0.5\%$,故在较低的沥青用量下,木质素纤维没有足够的沥青包裹并填充到矿料空隙中,所以其空隙率最大。相比较而言,聚酯纤维和聚丙烯腈纤维的最佳沥青用量较木质素纤维增加要小,相对密度要大,故其占用空间较小,空隙率要小一些。同理,IMA也是木质素纤维增加最大,而聚酯纤维和聚丙烯腈纤维增加较小。

由于纤维沥青混合料的马歇尔稳定度一般是在其最佳沥青用量处有最大值,所以在较低的沥青用量下,没有足够沥青包裹纤维和矿料,造成混合料间的粘结作用减弱,使得各纤维沥青混合料的稳定度均比最佳沥青用量时的数值低。而木质素纤维的最佳沥青用量最大,在相同的沥青用下,纤维的加筋作用较小,故其稳定度较小。纤维加入后,均可不同程度提高混合料的抗变形能力,具有阻裂效果,所以各种纤维沥青混合料的流值均有所增大。

3.3 结论

从纤维沥青混合料的马歇尔试验结果对比分析中,可以得出以下几点结论:

(1) 同普通沥青混合料相比,纤维沥青混合料的最佳沥青用量均有所增加,纤维越细,表面越粗糙,比表面积越大,在分散性得到充分保证时,其最佳沥青用量也越大。

(2) 纤维沥青混合料的密度随纤维的加入而减小,纤维用量越大,减小的越多。

(3) 纤维加入后,混合料的矿料间空隙率均增

大,其变化规律与空隙率的变化规律相似,但在最佳沥青用量下,饱和度却变化不大,表明纤维加入后,矿料表面的沥青膜厚度增大,提高了混合料的耐久性能。

(4) 纤维沥青混合料的稳定度最大值一般在最佳沥青用量左右取得,沥青用量较低时,因缺少沥青的有效包裹,纤维的加强作用得不到发挥,界面作用反而较普通混合料低。当沥青用量接近其最佳用量时,纤维的加强作用得以体现,稳定度迅速增加,在最佳沥青用量左右达到最大值。若沥青用量再增加,在自由沥青的润滑作用下,稳定度将降低,但比相同沥青用量下的普通混合料高。

4 施工过程中的几个关键性问题

(1) 矿料经过修正平衡面积法最后确定其目标配合比,经过试拌后,从热料仓中取料二次筛分后得到生产配合比,采用马歇尔击实试验确定最佳沥青用量,与普通混合料相比,一般增加 $0.15\% \sim 0.6\%$ 的沥青用量。

(2) 纤维的掺加方式有两种,一是根据每盘沥青混合料的总重量计算出纤维的用量,预先用易熔塑料袋包装好,在热料进入拌缸后,立即投入,在沥青加入前,纤维已经基本均匀分布在矿料中;另一种方式是通过压缩空气从筒仓吹入到拌缸。在这次试验中,采取的是第一种方法。

(3) 为了保证矿料与纤维均匀混合,干拌和湿拌的时间都要延长,拌和时间延长多少,取决于拌缸的构造和拌和方式以及加入纤维的类型和数量。在一般情况下,干拌时间比普通混合料延长 $5 \sim 15\text{s}$,湿拌时间要延长 $5 \sim 10\text{s}$,具体情况应根据纤维的分散性来确定。

(4) 适当提高混合料的出厂温度,一般控制在 $170 \sim 180^\circ\text{C}$ 。

(5) 试拌一盘后要及时进行抽样检测,并仔细观察纤维是否分散均匀。

(6) 摊铺完成后及时进行碾压,初压温度不低于 150°C ,复压温度不低于 120°C ,终压温度不低于 100°C 。

5 试验路段的检测与分析

纤维沥青混合料可以改善沥青路面的高温稳定性和低温抗裂性,并延长使用寿命,为了检验纤维混合料的抗反射裂缝性能,试验路选在旧路补强段,路面结构图5所示。

AC-16I 纤维沥青混凝土 4cm
AC-30I 普通沥青混凝土 6cm
水泥稳定碎石 15cm
旧路面

图 5

纤维沥青混合料与普通沥青混合料相比, 具有粘、连、散的特性, 即粘性较大, 不聚集成团, 松散性较好。摊铺时的工作性能良好, 粗细料分布均匀, 没有离析现象, 表面更加平整, 路面颜色呈微褐色, 这与纤维加入后对沥青的吸附作用有关。

经过冬季和春季行车的作用, 2003 年 5 月对试验路段进行检测, 检测结果如表 4。

表 4 路面弯沉值和表面状况

纤维类型	检测长度 /m	检测 点数	代表值 /mm	外观
聚酯纤维	512	25	0.41	无明显变形
聚丙烯腈纤维	617	30	0.43	无明显变形
木质素纤维	476	24	0.46	横向裂缝 2 条, 间距 62m
不加纤维	300	15	0.53	横向裂缝 7 条, 最小间距 6m

(上接第 16 页)

(2) 通过对 SGC 试件 CT 数分析表明: SGC 试件内部密度分布不均匀, 顶部密度较大, 中、上部密度相对稳定, 下部密度较小; 中部整体均匀性较好, 底部均匀性较差。

(3) 通过对 SGC 试件 CT 图像分析表明: SGC 试件内部孔隙呈不均匀分布, 在试件底部孔隙率明显增大, 相应地, 粗集料和胶质相对减少。在孔隙分布相对均匀的上、中部, 胶浆和粗颗粒的分布呈相互对应的状况, 即胶浆比例增大, 则粗颗粒比例减小。

(4) SGC 试件内部孔隙分布变化规律和扫描层位 CT 数方差变化规律相同。

参考文献:

[1] C E Synolakis, R M Leahy, etc Development of an Asphalt Core Tomographer [J]. Washington: Strategic Highway Research Program, National Research Council, 1993, SHRP-A-656.

在聚酯纤维和聚丙烯腈纤维试验路段没有任何明显病害, 木质素纤维路段的裂缝间距很大, 说明掺加纤维的沥青混合料能够明显改善沥青路面的使用性能, 尽管建设期投资比普通沥青路面高出较多, 但是从减少路面病害和延长路面使用年限等方面综合考虑, 纤维沥青路面的社会效益和经济效益还是高于普通沥青路面, 尤其是在高速公路和一级公路上, 值得大力推广。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通部. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程 (JTJ052-2000) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2000
- [2] 中华人民共和国交通部. 公路改性沥青路面施工技术规范 (JTJ036-1998) [S]. 北京: 人民交通出版社, 1998
- [3] 中华人民共和国交通部. 公路沥青路面施工技术规范 (JTJ032-1994) [S]. 北京: 人民交通出版社, 1994
- [4] 徐至钧. 纤维混凝土技术与应用 [M]. 中国建筑工业出版社, 2003
- [2] Masad Eyad, Tashman Laith, Samedkvan Niranjanan, Little Dallas Micromechanics Based Analysis of Stiffness Anisotropy in Asphalt Mixtures [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2002, 14 (5): 374-383.
- [3] Masad Eyad, Button Joe W. Unified Imaging Approach for Measuring Aggregate Angularity and Texture [J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2000, 15 (4): 273-280
- [4] 李智. 基于数字图像处理技术的沥青混合料体积组成特性分析 [D]. 哈尔滨工业大学博士学位论文, 2002
- [5] 张婧娜. 基于数字图像处理技术的沥青混合料微观结构分析方法研究 [D]. 同济大学博士学位论文, 2000
- [6] 陈正汉, 卢再华, 蒲毅彬. 非饱和土三轴仪的 CT 机配套及其应用 [J]. 岩土工程学报, 2001, 23 (4): 387-392
- [7] 杨更社. 岩体损伤与检测 [M]. 西安: 陕西科学出版社, 1998.
- [8] 李晓军, 张登良. 路基填土单轴受压微观结构 CT 结构分析 [J]. 岩土工程学报, 2000, 22 (2): 205-209
- [9] L B Wang, J D Frost Naga Shashidhar. Microstructure Study of West-Track Mixes from X-ray Tomography Images [R]. Washington: TRB 80th Annual Meeting, 2001 (2632).