

DOI: 10.13379/j.issn.1003-8825.2016.02.24

水泥处治旧沥青路面结构铣刨料填筑路床的试验研究

张思峰¹, 马帅帅¹, 马冠兴², 刘涛²

(1. 山东建筑大学交通工程学院, 济南 250101; 2. 泰安市公路局, 山东泰安 271000)

摘要: 在旧沥青路面材料的再生利用中, 为提高再生材料的强度和稳定性, 一般都需加入一定量的稳定剂, 其中水泥类稳定剂因较沥青类价格低廉、稳定效果显著等优点而有着广泛的应用。为提高旧沥青路面材料的综合利用率, 通过对旧路面结构铣刨料添加不同剂量的水泥并进行回弹模量及无侧限抗压强度试验, 确定了水泥处治旧沥青路面结构铣刨料填筑路床的最佳掺灰比。最后, 通过对实际工程中路床弯沉值的测定, 评价了水泥处治旧沥青路面材料填筑路床的路用性能。

关键词: 水泥处治旧沥青路面; 铣刨料; 掺灰比; 路床; 路用性能

中图分类号: U416.4

文献标志码: A

文章编号: 1003-8825(2016)02-0110-04

0 引言

旧沥青路面改造一般会产生大量废旧铣刨料, 如果能对这些废旧铣刨料进行再生利用, 不但能节省大量建设资金, 还可保护环境、节约资源, 从而获得巨大的经济和社会效益。

目前在混合料的再生利用方面, 冷再生技术相对于热再生技术而言, 由于更具环保及节能等优势, 从而获得了越来越广泛的应用。许多学者开展了这方面的研究工作, 如杜红云等^[1]采用三种不同的乳化沥青用量对旧沥青路面材料进行冷再生, 通过测定马歇尔稳定度、流值等参数给出了合理的乳化沥青用量; 李秀君等^[2]采用有限元法对泡沫沥青混合料冷再生基层在不同路面结构组合下的力学性能进行了研究, 分析了泡沫沥青再生基层在不同路面结构组合下的应力应变响应; 张淑文等^[3]则采用主骨料填充体积法预估沥青用量, 为乳化沥青冷再生混合料的设计和应用提供了参考; 张志清等^[4]分析了泡沫沥青冷再生混合料用于道路大修工程中的合理路面结构组合, 徐剑等^[5]则通过劈裂试验、车辙试验对泡沫沥青和乳化沥青冷再生混合料性能进行了对比试验, 分析了乳化沥青和泡沫沥青再生混合料性能的优缺点及其适用范围。

但是, 目前在废旧沥青路面结构铣刨料的冷再生利用中还存在以下问题: 一是由于较高的铣刨料

掺量会阻断新老沥青的融合, 因此铣刨料的利用率还相对较低; 二是受到材料成份、强度等因素影响, 铣刨料的应用还主要限于路面面层; 三是现阶段应用的稳定剂也主要为价格昂贵的乳化沥青和泡沫沥青等, 一定程度上限制了冷再生技术的推广应用。

本文为提高废旧沥青路面结构铣刨料的综合利用率, 降低旧路改造的建设成本, 将旧沥青路面面层、基层及底基层材料全部铣刨后, 采用价格低廉的水泥作为稳定剂再生路床, 这不仅可解决冷再生利用中的上述问题, 也可为废旧沥青路面结构铣刨料的再生利用提供新思路, 但此方面的相关文献还很少见, 更没有对其施工参数优化方面的相关报道。基于此, 在通过室内试验确定水泥处治旧沥青路面结构铣刨料填筑路床最佳掺灰比的基础上, 结合工程实际, 分析了水泥处治旧路面结构铣刨料再生路床的路用性能, 为类似工程的设计与施工提供参考。

1 试验原材料

试验所用原材料取自山东省某省道大修工程沥青路面结构铣刨料, 其面层及基层结构为 6 cm 沥青面层 + 32 cm 水稳碎石基层 + 16 cm 水稳碎石底基层。

1.1 铣刨料最佳含水量及最大干密度测定

首先, 通过从路段的不同位置对铣刨料进行取样, 检测得到铣刨料的含水量在 0.46% ~ 0.53% 之间^[6], 平均含水量为 0.49%, 含水量很小。因此, 在进行室内最佳含水量及最大干密度测试时, 可忽略其对总掺水量的影响。

收稿日期: 2015-07-24

作者简介: 张思峰(1976-), 男, 山东济宁人。副教授, 博士, 主要从事地基处理及边坡加固等方面的科研工作。
E-mail: sddxzsf@163.com。

在拌合厂堆放的铣刨料会由于堆放环境的影响而使其含水量变化较大,因此铣刨料保存时,应采取必要措施以保证其含水量的稳定,为后续拌合铺筑创造良好条件。

为了测试铣刨料的最佳含水量,共制备试件5个,其相应含水量分别为3%,4%,5%,6%,7%。通过绘制干密度与含水量的关系曲线,得到本沥青路面铣刨料试样的最佳含水量为5.9%,最大干密度为 2.08 g/cm^3 。

1.2 水泥

通过在铣刨料中添加水泥以增加再生材料的强度和刚度,本试验中采用的再生材料水泥为P.C32.5复合硅酸盐水泥。

2 室内试验

路基回弹模量是进行路面结构设计的必要参数,而抗压强度则反映了再生材料的基本性能,因此对上述两参数的测定具有重要的工程意义。

2.1 回弹模量试验方案

以最优含水量为控制标准,分别掺加1%,2%,3%,4%的水泥对路面结构铣刨料进行稳定,根据水泥含量的不同,制作4组试件,每组试件制备2个,共8个试件。按照《公路土工试验规程》(JTG E40—2007),采用强度仪法进行混合料的回弹模量试验。根据4种水泥含量与其对应的含水量及击实筒的容积,计算得到材料的用量,见表1。

表1 混合料拌和消耗量

水泥掺量/%	含水量/%	水:水泥:骨料	水/g	水泥/g	骨料/g	总质量/g
1	5.5	5.56:1:100	333.6	60	6000	6393.6
2	5.7	5.81:2:100	348.6	120	6000	6468.6
3	5.9	6.08:3:100	364.8	180	6000	6544.8
4	6.1	6.34:4:100	380.4	240	6000	6620.4

在标准恒温恒湿养护箱中养护7天后的击实试件,见图1。



图1 养生结束的试件

计算每级荷载下回弹模量,计算式为

$$E = \frac{\pi p D}{4l} (1 - \mu^2) \quad (1)$$

式中: E 为回弹模量, kPa; p 为承载板上的单位压力, kPa; D 为承载板直径, cm; l 为相应于单位压力的回弹变形, cm; μ 为混合料泊松比,取0.25。

每个试样的回弹模量由 $p-l$ 关系曲线上直线段的数值确定,试件的回弹模量由平行试验的平均值确定。

2.2 无侧限抗压强度试验方案

对试件进行脱模后,按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51—2009),采用路面强度试验仪进行水泥稳定铣刨料的无侧限抗压强度试验。试件无侧限抗压强度的计算式为

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

式中: R_c 为试件的无侧限抗压强度, MPa; P 为试件

破坏时的最大压力, N; A 为试件截面积, mm^2 , $A = \frac{1}{4} \pi D^2$ D 为试件直径, mm。

2.3 试验结果分析

2.3.1 回弹模量试验结果分析

根据式(1),计算得到8个试件的回弹模量,见表2。

表2 不同水泥掺量试件回弹模量

试件编号	水泥掺量/ %	回弹模量/ MPa	平均值/ MPa	增幅/ %
1-1	1	451.56	453.31	14
1-2		455.05		
2-1	2	558.61	517.88	
2-2		477.15		
3-1	3	741.75	692.69	
3-2		643.62		
4-1	4	1786.65	1820.05	
4-2		1853.44		

试件回弹模量随水泥掺量的变化曲线,见图2。

由表2、图2可以看出,随着水泥掺量的增加,试件的回弹模量逐渐增大,当水泥掺量仅为1%时,其值已达到453.31 MPa,为通常情况下土基回弹模量的10倍之多。

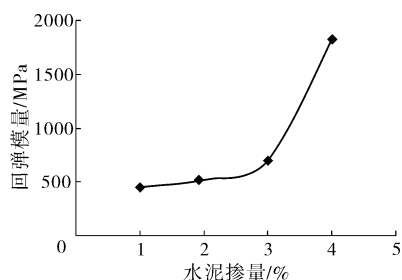


图 2 回弹模量随水泥掺量的变化曲线

因此,采用水泥稳定旧沥青路面结构铣刨料填筑路床完全满足工程需要。此外,当水泥掺量大于 3 % 后,回弹模量增加明显,但根据已有研究成果^[7-8],半刚性混合料在水泥剂量为 3 % 左右时的混合料干缩应变和干缩系数最小,而温缩应变和系数随着水泥剂量的增加呈线性增长。对水泥稳定旧沥青路面结构铣刨料填筑路床来说,3 % 的水泥掺量不仅有助于发挥水泥对沥青路面铣刨料的稳定作用,还能最大程度上减小水泥稳定混合料的长期温缩和干缩性能,有助于延长路面结构使用寿命。

2.3.2 无侧限抗压强度试验结果分析

为测试再生材料的抗压性能及其随水泥掺量的变化趋势,将脱模后的试件置于强度仪上进行无侧限抗压强度试验,记录试验仪最大压力,通过式(2)计算其无侧限抗压强度,见表 3。

表 3 不同水泥掺量试件抗压强度

试件编号	水泥掺量/ %	最大压力/ kN	抗压强度/ MPa	抗压强度 平均值/MPa
1-1	1	18.02	9.01	8.65
1-2		16.58	8.29	
2-1	2	38.61	19.31	20.37
2-2		42.88	21.44	
3-1	3	67.60	33.80	31.81
3-2		59.65	29.83	
4-1	4	97.02	48.51	45.03
4-2		83.11	41.56	

无侧限抗压强度随水泥剂量的变化曲线,见图 3。

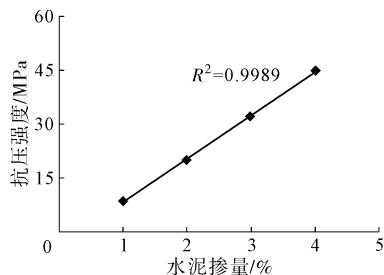


图 3 无侧限抗压强度随水泥掺量的变化曲线

由图 3 可以看出,相同尺寸的试件,随水泥掺量的增加,其极限抗压强度随之增大,而且高水泥含量的试件破坏后,其完整性更好。无侧限抗压强度与水泥掺量之间基本呈线性关系,而非回弹模量与水泥掺量之间所反映的非线性关系,这可能与回弹模量试验中承载板尺寸较小而产生误差有关。

3 现场测试

3.1 工程简介

山东省某省道沿线煤炭资源丰富,由于煤炭采空区顶板垮落沉陷,导致该道路几十公里路面出现大面积坑槽、沉陷、龟裂等病害。结合煤炭采空区现有路况及改建工程要求,将路面结构破碎后产生的 12 万 m^3 铣刨料掺加 3 % 的水泥后全部用于填筑路床。部分施工过程,见图 4、图 5。



图 4 旧路面铣刨



图 5 再生路面材料回填路床

3.2 路用性能评价

路床填筑完成后,根据《公路路基路面现场测试规程》(JTG E60—2008),利用 5.4 m 贝克曼梁弯沉仪,对 K106+400~K107+400 和 K115+000~K117+000 段路床的回弹弯沉进行了测试,以评价再生路面结构铣刨料填筑路床的整体承载能力。计算路段代表弯沉值的计算式为

$$L_r = \bar{l} + Z_a S \quad (3)$$

式中: L_r 为代表弯沉, 0.01 mm; $\bar{l}$ 为平均弯沉, 0.01 mm; Z_a 为 95 % 保证率系数; S 为弯沉标准差。

K106+400~K107+400 段共设测点数 50 个,计算得到平均回弹弯沉值为 87.68 (0.01 mm), 弯沉标准差为 17.44; K115+000~K117+000 段共设测点数 102 个,计算得到平均回弹弯沉值为 104.5, 弯沉标准差为 14.56。根据式(3),计算得上述两路段

代表弯沉值分别为 116.4 (0.01 mm) 和 128.5 (0.01 mm), 均远小于设计弯沉值 232.9 (0.01 mm), 满足设计要求。

4 结论和建议

通过对路面结构铣刨料掺加不同剂量的水泥并制作试件,进行了铣刨料-水泥混合料的力学性能测试,并通过现场试验对再生混合料填筑路床的路用性能进行了评价,得出主要结论如下:

(1) 试件回弹模量试验结果表明,回弹模量随水泥掺量的增加而逐渐增大,当水泥掺量大于 3% 时,回弹模量增加明显。随水泥掺量的增加,其极限抗压强度基本呈线性增加。

(2) 考虑到水泥稳定旧沥青路面结构铣刨料的温缩和干缩特性,建议工程中采用 3% 的掺灰比,并在最佳含水量下进行压实。

(3) 现场试验结果表明,采用水泥稳定旧沥青路面结构铣刨料填筑路床工程效果显著,回弹弯沉值远小于设计弯沉值,大大提高路基的抗变形能力。

参考文献(References):

- [1] 杜红云,陈宇亮. 冷再生旧沥青路面材料评价及乳化沥青用量研究[J]. 路基工程, 2011 (1): 84-86.
Du H Y, Che Y L. Evaluation of cold recycling asphalt pavement material and study of emulsified asphalt proportion [J]. Subgrade Engineering, 2011 (1): 84-86.
- [2] 李秀君,张永平,拾方治. 泡沫沥青冷再生基层路面结构力学性能分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2009, 37 (1): 47-51.
Li X J, Zhang Y P, Shi F Z. Analysis of mechanical performance of cold recycled pavement with foamed asphalt [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2009, 37 (1): 47-51.
- [3] 张淑文,张肖宁. 乳化沥青冷再生设计与施工质量控制研究[J]. 路基工程, 2011 (5): 77-79, 82.
Zhang S W, Zhang X N. Emulsified asphalt cold recycling design and construction quality control [J]. Subgrade Engineering, 2011 (5): 77-79, 82.
- [4] 张志清,丛铨东,隗文博,等. 泡沫沥青冷再生混合料在道路大修工程中的应用研究[J]. 北京工业大学学报, 2014, 40 (8): 1156-1162.
Zhang Z Q, Cong C D, Xi W B, et al. Application research on road repair engineering material of cold recycled mixture foamed asphalt [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2014, 40 (8): 1156-1162.
- [5] 徐剑,黄颂昌,秦永春,等. 乳化沥青和泡沫沥青冷再生混合料性能研究[J]. 公路交通科技, 2010, 27 (6): 20-24.
Xu J, Huang S C, Qin Y C, et al. Performance of cold recycled mixtures with emulsified asphalt or foam asphalt [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2010, 27 (6): 20-24.
- [6] JTG F41—2008 公路沥青路面再生技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
JTG F41—2008 Technical specifications for highway asphalt pavement recycling [S]. Beijing: China Communications Press, 2008.
- [7] 王艳,倪富健,李再新. 水泥稳定碎石基层收缩性能影响因素试验研究[J]. 公路交通科技, 2007, 24 (10): 30-34, 52.
Wang Y, Ni F J, Li Z X. Test research on influential factor for shrinkage performance of cement-treated macadam base [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (10): 30-34, 52.
- [8] 于新,黄晓明. 低剂量水泥稳定碎石基层干缩温缩性能研究[J]. 公路交通科技, 2007, 24 (7): 52-55.
Yu X, Huang X M. Analysis on shrinkage and temperature contraction character for low dosage cement stabilized aggregate [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (7): 52-55.

Experimental Research on Cement Treated Old Asphalt Pavement Structure Milling Materials Filling Roadbed

ZHANG Sifeng¹, MA Shuaishuai¹, MA Guanxing², LIU Tao²

(1. College of Traffic Engineering, Shandong Jianzhu University, Ji'nan 250101, China;

2. Tai'an City Highway Bureau, Tai'an 271000, Shandong, China)

Abstract: For the recycling of old asphalt pavement materials, in order to improve the strength and stability of recycled materials, a certain amount of stabilizer should be added. Compared with the asphalt type stabilizer, the cement stabilizer has a wider application because of its low cost, remarkable stabilization effect and so on. To improve the comprehensive utilization ratio of old asphalt pavement materials, the cement was added to the old pavement structure milling materials, and the best mixing ratio of cement was determined for the application of milling materials filled roadbed through the laboratory test of modulus of resilience and unconfined compressive strength. At last, based on the measurement of roadbed deflection value in a practical engineering project, the pavement performance of the cement treated old asphalt pavement materials filling roadbed was evaluated.

Key words: cement treated old asphalt pavement; milling material; cement mixing ratio; roadbed; pavement performance