

高性能微表处的室内试验研究

孙晓立^{1,2}, 张肖宁¹

(1. 华南理工大学 土木与交通学院, 广东 广州 510640; 2. 广东华路交通科技有限公司, 广东 广州 510420)

摘要: 微表处是一种常见的预防性养护技术,然而在高温多雨的广东地区,微表处罩面存在耐磨耗性能差,使用寿命短等缺点,严重阻碍了该技术在广东高速公路的推广应用。为此,开发了新型微表处技术——高性能微表处,该技术的核心是通过掺入适当比例的水性环氧树脂和水性环氧固化剂,使其在室温环境下发生化学交联反应,形成高粘结性能的空间网状结构。室内湿轮磨耗试验结果表明,相对于常规微表处,高性能微表处的耐磨耗性能和抗水损坏性能提高了约60%。长期路用性能结果表明,高性能微表处的抗滑性能和抗剥落性能均明显优于常规微表处。

关键词: 预防性养护; 高性能微表处; 湿轮磨耗试验; 加速加载试验

中图分类号: U418.6

文献标识码: A

Experimental Study on High Performance Micro-surfacing

SUN Xiaoli^{1,2}, ZHANG Xiaoning¹

(1. Department of Civil Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2. Guangdong Hualu Transportation Science and Technology Limited Company, Guangzhou 510420, China)

Abstract: Micro-surfacing is widely used as an effective technology of preventive maintenance. However, for high temperature and rainfall in Guangdong region, micro-surfacing has many disadvantages, such as poor abrasion resistance and short life, which seriously influence the application of preventive maintenance in Guangdong province. Therefore, this study develops a new type of micro-surfacing technology—epoxy high performance micro-surfacing. The core of the new type of micro-surfacing is adding an appropriate proportion water-based epoxy resin and waterborne epoxy curing agent in micro-surfacing mixture. water-based epoxy resin and waterborne epoxy curing agent have chemical reaction, which form high-performance bonding network structure of space. Indoor wet-wheel wear test

results show that anti-wear and resistance to water damage of epoxy high performance micro-surfacing improves about 60%, compared with conventional micro-surfacing. Based on driving wheel pavement analyzer, the indoor accelerated test on epoxy high performance micro-surfacing shows that the anti-sliding and anti-spalling performance of epoxy high performance micro-surfacing is significantly superior to conventional micro-surfacing.

Key words: preventive maintenance; epoxy high performance micro-surfacing; wet-wheel wear test; accelerated test

微表处技术是一种经济、快捷、有效的路面预防养护技术,对防止路面松散、延缓路面老化、提高路面摩擦和填补稳定性车辙有着良好的效果^[1-4]。然而广东地区夏季高温时间长,沥青路面最高温度可达70℃,在高温及重车的挤揉作用下,微表处表面骨料位置及状态重新排列,部分大骨料被压入下层沥青路面中,使宏观构造衰减速度加快。此外,广东省雨季时间长,降雨量大,在车轮荷载作用下产生较大的动水压力,导致微表处出现掉粒剥落现象。

针对常规微表处在广东高温多雨地区耐磨耗性能较差和使用寿命短等缺点,本文提出一种新型微表处技术——高性能微表处。新技术的核心是通过掺入适当比例的水性环氧树脂和水性环氧固化剂,使其在室温环境下发生化学交联反应,形成高粘结性能的空间网状结构,从而大幅提高微表处的耐磨耗性能。室内湿轮磨耗试验和加速加载试验结果表明,相对于常规微表处,高性能微表处具有优良的耐磨耗性能和抗水损坏能力,可以大幅提高微表处的耐磨耗性能和使用寿命,具有较好的推广应用前景。

1 原材料技术指标

1.1 集料

收稿日期: 2011-05-09

第一作者: 孙晓立(1975—),男,博士生,主要研究方向为道路工程。E-mail: sunxiaoli5428@sina.com

通讯作者: 张肖宁(1951—),男,教授,博士生导师,工学博士,主要研究方向为道路工程。E-mail: prozxn@163.com

室内试验集料的各项指标均能满足《微表处和稀浆封层技术指南》的要求(表 1),其中 5~10 mm 碎石:3~5 mm 碎石:0~3 mm 石屑=3:1:6(质量比),集料级配曲线见图 1. 由图 1 可知,粗集料比例较大,级配曲线偏下限.

表 1 集料技术指标

Tab.1 Technical specifications of aggregate		
测试项目	试验结果	技术规格
压碎值/%	12	≤26
洛杉矶磨耗值/%	13	≤28
石料磨光值(BPN)	53	≥42
粗集料坚固性/%	3	≤12
粗集料针片状质量分数/%	5	≤15
砂当量/%	78	≤65

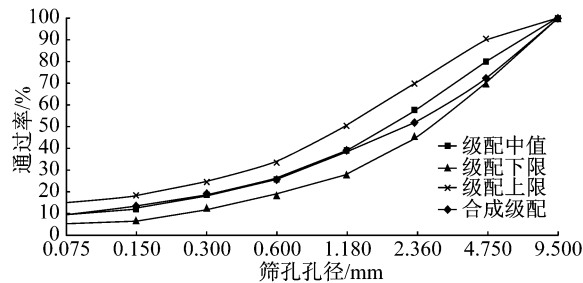


图 1 微表处级配曲线

Fig.1 Grade curves of micro-surfacing

1.2 改性乳化沥青

室内试验采用壳牌改性乳化沥青,技术指标见表 2. 根据表 2 可知,改性乳化沥青各项指标均能满足《微表处和稀浆封层技术指南》对改性乳化沥青的技术指标要求.

表 2 改性乳化沥青技术指标

Tab.2 Technical specifications of modified emulsified asphalt		
测试项目	试验结果	技术规格
蒸发残留物质量分数/%	63.6	≥60
筛上剩余量(1.18 mm 筛)/%	0.02	≤0.1
存储稳定性/1 d	0.8	≤1
恩格拉粘度 E ₂₅	11.76	3~30
残留物针入度/0.1 mm	70.5	40~100
残留物软化点/℃	57	≥57
残留物延度(5℃)/cm	26	≥20

1.3 水性环氧树脂和水性环氧固化剂

室内试验中水性环氧树脂和水性环氧固化剂具体测试结果见表 3.

表 3 水性环氧树脂和水性环氧固化剂测试结果

Tab.3 Test results of water-based epoxy resin and waterborne epoxy curing agent		
测试项目	水性环氧树脂	水性环氧固化剂
固含量/%	98	50
环氧当量(总量)	188	
胺氢当量(总量)		286
挥发性有机化合物质量浓度/(g·L ⁻¹)	1	1
pH	8	8

微表处混合料的耐磨耗能力可用 1 h 的湿轮磨耗值来表征. 1 h 湿轮磨耗值越大,混合料耐磨耗能力越差;反之,则越好. 为了评价高性能微表处的耐磨耗性能,本文将 1%,2%和 3%剂量(与乳化沥青质量比)的水性环氧树脂和相应比例的水性环氧固化剂(水性环氧树脂:水性环氧固化剂=1:1.5(质量比))拌和后加入到改性乳化沥青中,然后根据乳化沥青、集料、填料和水按设计比例拌和成高性能微表处混合料. 不同掺量水性环氧添加剂和未加入水性环氧添加剂微表处混合料的 1 h 湿轮磨耗值试验结果见图 2. 根据图 2 可以得到以下结论:

(1) 与未加水性环氧添加剂的常规微表处磨耗试验结果相比,掺入不同比例水性环氧添加剂的微表处耐磨耗性能均得到显著改善. 这是因为水性环氧树脂和水性环氧固化剂发生化学交联反应后,大幅提高了集料与沥青的粘结能力,从而提高了微表处的抗磨耗性能.

(2) 掺入 2%水性环氧树脂的微表处混合料 1 h 湿轮磨耗值最小. 环氧微表处的耐磨耗性能提高了 56%.

(3) 当水性环氧树脂用量为 3%时,1 h 湿轮磨耗值反而增大. 这是因为 1 h 湿轮磨耗试验的养护时间相对较短,由于水性环氧树脂和固化剂中均含有一定比例的含水量,当水性环氧树脂用量较大时,需要养护的时间要适当延长.

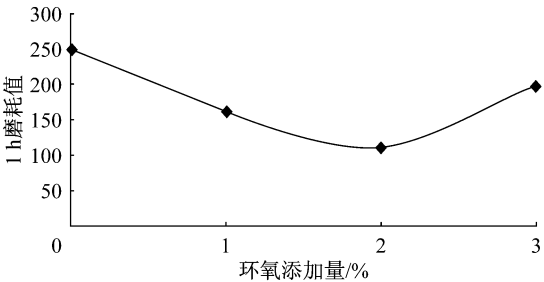


图 2 高性能微表处的 1 h 湿轮磨耗值

Fig.2 1 h wet wheel wear values of epoxy high performance micro-surfacing

2 湿轮磨耗试验结果与分析

2.1 高性能微表处的耐磨耗性能

2.2 高性能微表处的抗水损坏性能

微表处混合料的抗水损坏性能可用6 d的湿轮磨耗值来表征。6 d湿轮磨耗值越大,混合料的抗水损坏能力越差;反之,则越好。为了评价高性能微表处混合料的抗水损坏性能,本文将1%,2%和3%剂量(与乳化沥青质量比)的水性环氧树脂和相应比例的水性环氧固化剂拌和后加入到改性乳化沥青中,然后配制成微表处混合料。不同掺量水性环氧添加剂和未加入水性环氧添加剂微表处混合料的6 d湿轮磨耗值试验结果见图3。由图3可以得到以下结论:

(1) 随着水性环氧添加剂用量的增加,微表处的抗水损坏能力增强。与常规微表处6 d湿轮磨耗试验结果相比,掺入2%水性环氧树脂的微表处混合料的6 d湿轮磨耗值减少了57%。

(2) 水性环氧添加剂用量为3%时,微表处的6 d湿轮磨耗值与1 h湿轮磨耗值相差很小。这是因为6 d湿轮磨耗试验养护时间较长,微表处混合料中水性环氧添加剂在养护时间内充分固化,从而大幅提高微表处的抗水损坏能力。

(4) 根据室内试验结果和工程经济性,本文建议水性环氧树脂的掺量宜控制在2%以内。

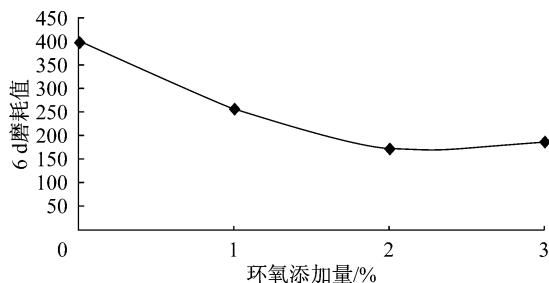


图3 高性能微表处的6 d湿轮磨耗值

Fig.3 6 d wet wheel wear values of epoxy high performance micro-surfacing

3 加速加载试验结果与分析

3.1 路面功能加速加载试验系统

本文以华南理工大学开发的“轮胎驱动式路面功能加速加载试验系统”为试验平台评价高性能微表处的路用性能,如图4所示^[5-6]。

试验条件:环境温度为25℃,轮胎压力为0.7 MPa,主动轮的速度为1 500 r·min⁻¹。试验采用水泥混凝土试模作为微表处养护措施的载体,摊铺时根据实际的施工条件和厚度进行模拟,为了保证水性环氧添加剂能够充分固结,微表处试件的养护时

间为2 h,安装好试件后进行加速加载试验。

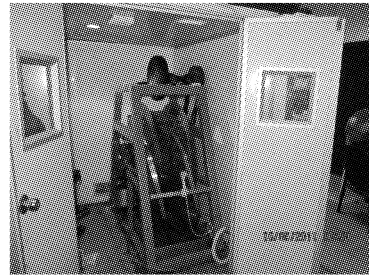


图4 轮胎驱动式路面功能加速加载试验系统

Fig.4 Setup of driving wheel pavement analyzer

3.2 高性能微表处的抗滑性能研究

图5和图6为采用不同用量水性环氧添加剂的微表处抗滑性能与荷载作用次数之间的关系。根据试验结果可知:相对于常规微表处,高性能微表处抗滑性能衰减速度较慢,而且水性环氧添加剂用量越大,高性能微表处的抗滑性能越好。

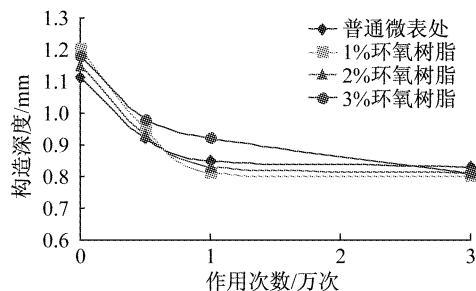


图5 高性能微表处的构造深度曲线

Fig.5 Curve of texture depth of epoxy high performance micro-surfacing

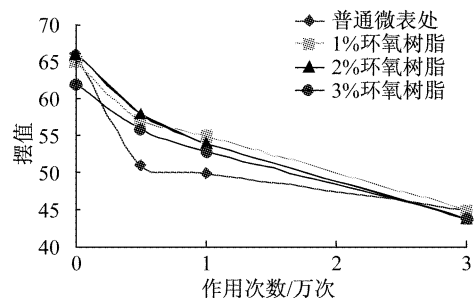


图6 高性能微表处的摆值曲线

Fig.6 Curve of British pendulum number of epoxy high performance micro-surfacing

3.3 高性能微表处的抗剥落性能研究

图7为高性能微表处和常规微表处的抗剥落性能试验结果,根据试验结果可知:

(1) 掺入水性环氧添加剂后,微表处混合料质量损失率明显减少,抗剥落性能显著提高。

(2) 水性环氧添加剂用量越大,微表处混合料

的抗剥落性能越好. 掺入 2% 的水性环氧添加剂, 在荷载作用 3 万次后, 高性能微表处的质量损失率为 1.08%, 远小于普通微表处的质量损失率(2.36%). 说明加入水性环氧添加剂可以大幅提高沥青与集料的粘结力, 微表处掉粒现象明显减少, 抗剥落能力明显提高.

(3) 掺入 3% 和 2% 水性环氧添加剂的微表处质量损失率相差较小, 分别为 1.08% 和 0.78%. 根据加速加载试验结果, 本文建议水性环氧添加剂用量宜控制在 2% 以内.

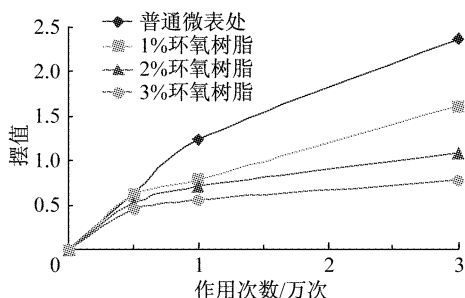


图7 高性能微表处的质量损失率曲线

Fig.7 Curve of mass lose of epoxy high performance micro-surfacing

3 结论

根据室内磨耗试验和加速加载试验的试验结果, 得出以下主要结论:

(1) 相对于常规微表处, 高性能微表处的耐磨耗性能和抗水损坏性能提高了约 60%, 因而可大幅提高微表处的使用寿命.

(2) 高性能微表处的抗滑性能和抗剥落性能明显优于常规微表处, 尤其是解决了常规微表处掉粒现象严重的问题.

(3) 宜适量添加水性环氧添加剂, 本文建议水

性环氧添加剂的掺量为 2%.

(4) 根据水性环氧添加剂的市场价格, 使用高性能微表处混合料每平方米大约增加工程费用 3~6 元, 增加工程造价相对较小, 具有较好的工程应用前景.

参考文献:

- [1] 交通部科学研究院. 微表处和稀浆封层技术指南[S]. 北京: 人民交通出版社, 2006.
China Academy of Transportation Science of the Ministry of Transport. Technical guidelines for micro-surfacing and slurry seal [S]. Beijing: China Communications Press, 2006.
- [2] 陈俊, 彭彬, 黄晓明. 微表处路面使用状况调查与分析[J]. 公路交通科技, 2007, 24(12): 34.
CHEN Jun, PENG Bin, HUANG Xiaoming. Investigation and analysis of work state of micro-surfacing [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(12): 34.
- [3] 彭余华, 唐翠仁, 张倩. 微表处在沥青路面养护中的应用[J]. 中外公路, 2005, 8(25): 59.
PENG Yuhua, TANG Cuiren, ZHANG Qian. Application of micro-surfacing on asphalt pavement [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2005, 8(25): 59.
- [4] 居浩, 黄晓明. 微表处混合料性能影响因素研究[J]. 公路, 2007, 7: 212.
JU Hao, HUANG Xiaoming. Research on factors affecting performance of micro-surfacing mixture [J]. Highway, 2007, 7: 212.
- [5] 王端宜, 雷超旭. 一种主驱动轮式路面材料加速加载测试方法及装置: 中国, 200910038827.0[P]. 2009-09-16.
WANG Duanyi, LEI Chaoxu. A master drive wheel load accelerated pavement material test methods and devices: China, 200910038827.0[P]. 2009-09-16.
- [6] 雷超旭. 路面表面功能加速加载系统研究[D]. 广州: 华南理工大学土木与交通学院, 2010.
LEI Chaoxu. Study on pavement surface function accelerated loading system [D]. Guangzhou: South China University of Technology. School of Civil Engineering and Transportation, 2010.