

文章编号:1671-8879(2006)06-0023-04

旧水泥混凝土路面沥青加铺层的力学分析

葛折圣^{1,2}, 张卫军³

(1. 东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096; 2. 深圳市天健(集团)股份有限公司,
广东 深圳 518034; 3. 安徽省高速公路总公司, 安徽 合肥 230001)

摘 要:以南京—连云港高速公路南京段水泥混凝土路面改造工程为研究对象,采用弹性和粘弹性理论分析了加铺层结构为 4 cm SMA13+8 cm SUPERPAVE25+10 cm 的沥青稳定碎石 LSM25 沥青混凝土加铺层的受力特性。研究表明:沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层表面的竖向位移有一定的影响,随着深度的增加,这种影响逐渐减弱;沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层不同深度处的竖向应力的影响较小;高温稳定性是沥青稳定碎石 LSM25 层沥青混合料材料设计的重点;SUPERPAVE25 混合料设计的重点是控制材料的疲劳性能;加铺层厚度 $h=19$ cm 时, SUPERPAVE25 层底拉应变最大,增加和减小加铺层厚度, SUPERPAVE25 层底拉应变呈现减小趋势;随着沥青稳定碎石模量的提高,加铺层中各深度处的竖向压应变和水平方向应变明显降低。

关键词:道路工程;旧水泥混凝土路面;沥青混凝土;加铺层;粘弹性

中图分类号:U416.216

文献标识码:A

Mechanic property of asphalt concrete overlay on old cement concrete pavement

GE Zhe-sheng^{1,2}, ZHANG Wei-jun³

(1. School of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, Jiangsu, China;
2. Shenzhen Tonge Group Co Ltd, Shenzhen 518034, Guangdong, China;
3. Anhui Province General Expressway Co Ltd, Hefei 230001, Anhui, China)

Abstract: The freeway Nanjing—Lianyungan was reconstructed through paving an asphalt concrete overlay on the old cement concrete pavement. The structure of the overlay is 4 cm SMA13+8 cm SUPERPAVE25+10 cm LSM. The mechanic performance of the overlay was studied with visco-elasticity theory. The results show that the overlay's visco-elasticity property has a certain effect on the settlement of pavement with vertical stress, its stability at high temperature must be taken into account to design LSM, the key point of designing SUPERPAVE25 is to control its fatigue behavior. When the thickness of the overlay is 19 cm, the strain under SUPERPAVE25 reaches the largest value. With the increasing of LSM modulus, the vertical and horizontal strain in the overlay is reduced obviously. 2 tabs, 11 figs, 6 refs.

Key words: road engineering; old cement concrete pavement; asphalt concrete; overlay; visco-elasticity

收稿日期:2005-06-20

基金项目:高等学校博士学科点专项基金项目(2000028608)

作者简介:葛折圣(1974-),男,安徽桐城人,东南大学博士研究生。

0 引言

目前中国很多水泥混凝土路面正处于维修、待修状态,旧水泥混凝土路面行车舒适性差,车速难以提高的状况是目前急需解决的问题,然而至今仍没有行之有效的解决方法^[1-2]。

本文以宁连(南京—连云港)公路南京段水泥混凝土路面改造工程为应用研究对象,针对旧水泥混凝土路面加铺改造,运用新技术、新材料,采用弹性和粘弹性理论分析沥青混凝土加铺层的受力特性。通过对加铺层受力特性的分析,为加铺层的结构设计和材料设计提供依据。

1 加铺层结构与材料

宁连公路南京段水泥混凝土路面加铺层结构见图 1。在此基础上对结构层厚度和模量进行变化,分析不同情况下应力应变变化情况。沥青混凝土层为粘弹性层^[3],其余为线弹性层。

作用图式:单轴双轮、双圆荷载。双圆中心距离 3δ 保持不变,接触压力 and 接触面积可变。路面材料参数见表 1、表 2。

表 1 路面材料参数

结构层材料	$E(20\text{ }^{\circ}\text{C})/\text{MPa}$	μ	厚度/cm
SMA13	1 500	0.25	4
SUPERPAVE25	1 500	0.25	8
LSM25	1 000	0.25	10
旧路面	10 000	0.15	22
旧基层	1 000	0.15	

表 2 各种沥青混合料不同时刻的蠕变柔量

时间/min	各种沥青混合料的蠕变柔量/(10^{-4} MPa)		
	LSM25	SUPERPAVE25	SMA13
0	0.63	0.73	0.32
10	9.92	15.62	5.21
20	10.20	16.10	5.60
30	10.41	16.39	5.95
40	10.49	16.56	6.25
50	10.57	16.75	6.53
60	10.62	16.73	6.81

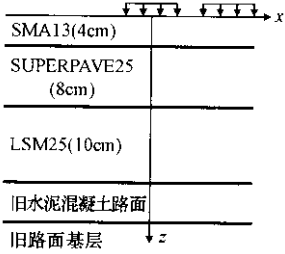


图 1 加铺后的路面结构

2 计算工具

本文利用 Kenlayer 程序^[4-5]进行计算。该程序对粘弹性模型采用拟合、对非线性采用迭代的方法,计算任一点应力、应变和位移,适用于单轮、双轮、双轴双轮和三轴双轮荷载作用下的层状体系。各层性质可以是线弹性、非线性或粘弹性层状体系。

3 加铺层受力特性分析

3.1 沥青混凝土的粘弹性对加铺层受力特性的影响
分别用弹性和粘弹性程序对同一加铺层结构进行计算,以探明沥青混凝土的粘弹性对加铺层受力特性的影响程度。图 2 给出了加铺层不同深度处的竖向位移的计算结果。

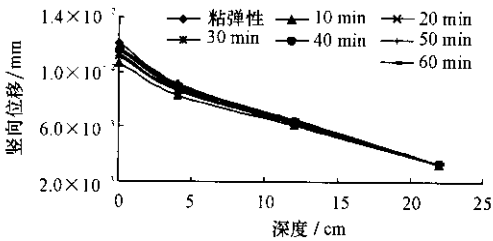


图 2 竖向位移的比较

由图 2 可见,沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层表面的竖向位移有一定的影响,随着深度的增加,这种影响逐渐减弱。

图 3 给出了加铺层不同深度处的竖向应力的计算结果。

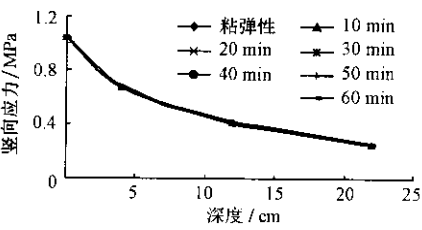


图 3 竖向应力的比较

由图 3 可见,沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层不同深度处的竖向应力的影响较小。

图 4 给出了加铺层不同深度处的竖向压应变的计算结果。

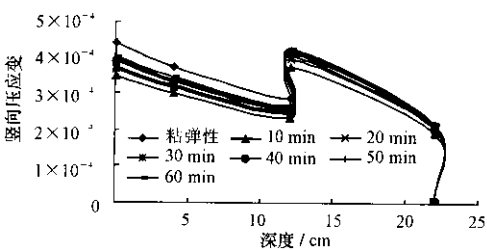


图 4 竖向压应变的比较

由图 4 可见,沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层不同深度处的竖向应变的影响较为显著。这说明:①加铺层不同深度处的竖向压应变与加铺层的高温稳定性相对应,这也是沥青混凝土粘弹性的突出表现,因此在考虑沥青混凝土的抗车辙性能时必须考虑材料的粘弹性性质;②LSM25 层顶面的压应变最大,因此高温稳定性是该层沥青混合料材料设计的重点。

图 5 给出了加铺层不同深度处的水平方向应变的计算结果。

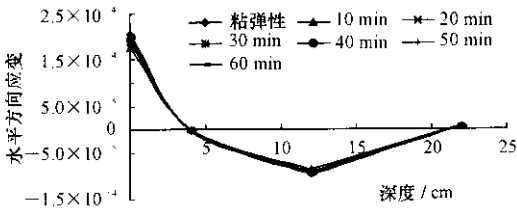


图 5 水平方向应变的比较

由图 5 可见,沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层不同深度处的水平方向应变有一定影响。计算结果表明,SUPERPAVE25 层底拉应变最大。因此,SUPERPAVE25 混合料设计的重点是控制材料的疲劳性能。

3.2 层间连续状态对加铺层受力特性的影响

图 6 给出了层间完全连续状态和 LSM25 层与旧水泥路面间光滑联结(其他各层完全连续)时的加铺层不同深度处的水平方向应变的计算结果。

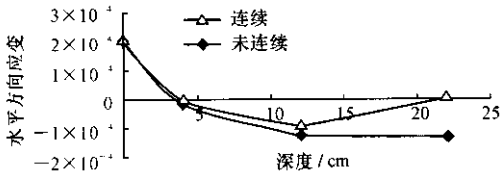


图 6 不同联结状态时加铺层水平方向应变的比较

由图 6 可见,加铺层层底与旧水泥路面间的联结状态对加铺层不同深度处的水平方向应变的影响显著。光滑联结时,加铺层不同深度处的水平方向应变明显增大。因此,在加铺层施工过程中,加强加铺层与旧水泥路面间的联结非常重要,这是防止加铺层底部开裂的重要途径之一[6]。

3.3 加铺层厚度对 SUPERPAVE25 层底拉应变的影响

加铺层的厚度对加铺层层底抗裂性能有一定的影响。下面通过计算分析加铺层厚度对 SUPERPAVE25 层底拉应变的影响。图 7 给出了不同厚度时,SUPERPAVE25 层底拉应变的计算结果。

由图 7 可见,随着加铺层厚度的改变,加铺层厚度 $h=19\text{ cm}$ 时,SUPERPAVE25 层底拉应变最大,

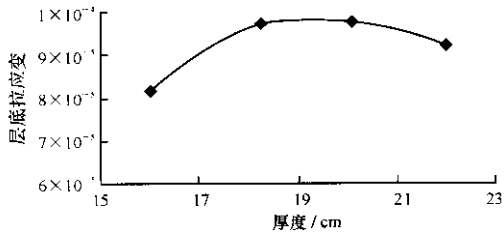


图 7 不同厚度时 SPURPAVE25 层底拉应变

增加和减小加铺层厚度,SUPERPAVE25 层底拉应变呈现减小趋势。说明加铺层厚度为 22~24 cm 是比较合理的。

3.4 沥青稳定碎石模量对加铺层受力特性的影响

分析沥青稳定碎石层的模量对加铺层受力特性的影响,为沥青稳定碎石的混合料设计提供依据。其他参数不变,改变沥青稳定碎石的模量,计算加铺层中各深度处的竖向压应变,图 8、图 9 为计算结果。

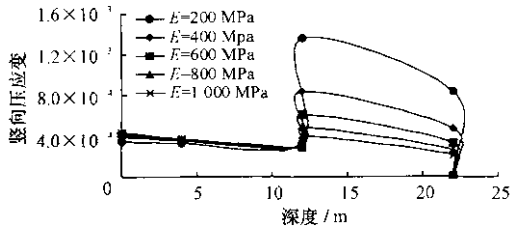


图 8 加铺层中各深度处的竖向压应变

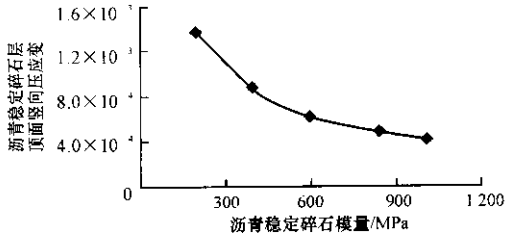


图 9 沥青稳定碎石层模量对该层顶面竖向压应变的影响

由图 8、图 9 可见,随着沥青稳定碎石层模量的提高,加铺层中各深度处的竖向压应变明显降低,尤其是沥青稳定碎石层顶面的压应变急剧下降。

其他参数不变,改变沥青稳定碎石的模量,图 10、图 11 为加铺层中各深度处的水平方向应变的计算结果。

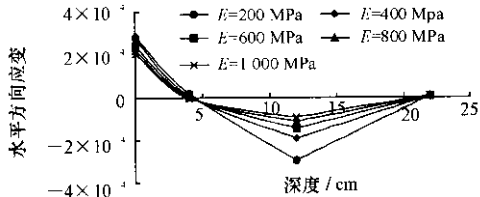


图 10 加铺层中各深度处的水平方向应变

由图 10、图 11 可见,随着沥青稳定碎石层模量的提高,加铺层中各深度处的水平方向应变也明显降

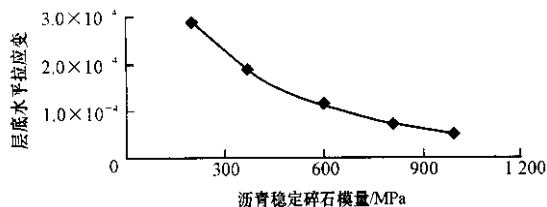


图 11 沥青稳定碎石层模量对 SUPERPAVE25 层底水平拉应变的影响

低,尤其是 SUPERPAVE25 层底拉应变急剧下降。

以上分析表明,在沥青稳定碎石混合料设计时,应该选用密级配,提高混合料的模量,可以降低沥青稳定碎石层顶面压应变和 SUPERPAVE25 层底拉应变,以提高加铺层结构的整体强度和抗变形能力。

4 结 语

(1) 沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层表面的竖向位移有一定的影响,随着深度的增加,这种影响逐渐减弱。

(2) 沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层不同深度处的竖向应力的影响较小。

(3) 加铺层不同深度处的竖向应变与加铺层的高温稳定性相对应,因此在考虑沥青混凝土的抗车辙性能时必须考虑材料的粘弹性性质。

(4) LSM25 层顶面的压应变最大,高温稳定性是该层沥青混合料材料设计的重点。

(5) 沥青混凝土加铺层的粘弹性性质对加铺层不同深度处的水平方向应变有一定影响。

(6) SUPERPAVE25 层底拉应变最大,因此 SUPERPAVE25 混合料设计的重点是控制材料的疲劳性能。

(7) 加铺层层底与旧水泥路面间的联结状态对加铺层不同深度处的水平方向应变的影响显著,因此在加铺层施工过程中,加强加铺层与旧水泥混凝土路面间的联结非常重要。

(8) 随着加铺层厚度的改变,加铺层厚度 $h=19$ cm 时, SUPERPAVE25 层底拉应变最大,增加和减小加铺层厚度, SUPERPAVE25 层底拉应变呈现减小趋势,表明加铺层厚度为 22~24 cm 比较合理。

(9) 随着沥青稳定碎石模量的提高,加铺层中各深度处的竖向压应变和水平方向应变明显降低,尤其是沥青稳定碎石层顶面的压应变和 SUPERPAVE25 层底拉应变急剧下降。表明在沥青稳定碎石混合料设计时,应选用密级配,提高混合料的模

量,可降低沥青稳定碎石层顶面压应变和 SUPERPAVE25 层底拉应变,以提高加铺层结构的整体强度和抗变形能力。

参考文献:

References:

- [1] 张 鹏. 旧水泥混凝土路面黑色罩面反射裂缝的防治[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2005, 25(3): 16-44. ZHANG Peng. Defence methods for reflective cracks in existed cement concrete black pavement[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(3): 16-44.
- [2] 关宏信, 张起森, 郑健龙. 旧水泥混凝土路面搭板罩面的应力[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2005, 25(6): 25-28. GUAN Hong-xin, ZHANG Qi-sen, ZHENG Jian-long. Stress of asphalt overlay laying on cracked concrete pavement repaired with bridging slab[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(6): 25-28.
- [3] 陈拴发, 郑木莲, 杨 斌, 等. 破裂水泥混凝土路面板沥青加铺层温度应力影响因素[J]. 交通运输工程学报, 2005, 5(3): 25-30. CHEN Shuan-fa, ZHENG Mu-lian, YANG Bin, et al. Thermal stress influence factors of asphalt overlay on cement concrete pavement cracking slab[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(3): 25-30.
- [4] 武健民, 伍石生. 用三维有限元方法评价带接缝的旧水泥混凝土路面罩面[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2002, 22(1): 10-13. WU Jian-min, WU Shi-sheng. Evaluation of overlay on cement concrete slab with joints by 3D FEM[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22(1): 10-13.
- [5] 周富杰, 孙立军. 复合路面荷载型反射裂缝的力学分析和试验路验证[J]. 土木工程学报, 2002, 35(1): 50-56. ZHOU Fu-jie, SUN Li-jun. Behavior analysis of reflection cracking in composite pavement[J]. China Civil Engineering Journal, 2002, 35(1): 50-56.
- [6] 查旭东, 王秉纲. 基于同伦方法的路面模量反算研究[J]. 中国公路学报, 2003, 16(1): 1-5. ZHA Xu-dong, WANG Bing-gang. Backcalculation of modulus for pavements based on homotopy method[J]. China Journal of Highway and Transport, 2003, 16(1): 1-5.