

设置沥青稳定基层的沥青路面结构分析*

王国忠^{1,2}, 赵 尘¹, 张 雁²

(1. 南京林业大学土木工程学院, 南京 210037; 2. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018)

摘要: 本文以东北地区(Ⅱ₁)半刚性基层沥青路面的典型结构为原型,分析了设置沥青稳定碎石基层对路面结构的影响。通过结构分析提出了沥青稳定基层混合料模量和厚度的取值范围,从而为柔性基层沥青路面结构设计提供一定的依据。

关键词: 沥青稳定基层; 基层模量; 基层厚度

中图分类号: U 416.217 **文献标识码:** A

ANALYSIS OF STRUCTURE OF ASPHALT PAVEMENT WITH
ASPHALT STABILIZED BASE COURSEWANG Guo-zhong^{1,2}, ZHAO Cen¹, ZHANG Yan²

(1. College of Civil Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

2. Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: Taking the typical structure of semi-rigid base course asphalt pavement in northeast area (Ⅱ₁) as prototype, the influence of the structure of asphalt pavement with installing the asphalt stabilized base course was analyzed. Through structural analysis, the scope of asphalt stabilized base course mixture module and thickness was suggested in order to offer certain basis for the structural design of flexible base course asphalt pavement.

Key words: Asphalt stabilized base course; module of base; thickness of base

从我国公路建设的发展来看,为了适应自然因素(温度等)和人为因素(轴载等)的作用,路面结构包括基层材料也在不断更新和完善。其发展大致经历了 3 个阶段^[1]:适应中、低交通的泥结碎石及级配砾石路面,基层主要采用手摆片石、碎石土、碎砖等当地材料;随着公路里程的快速增长,为改善路面行车质量,采用沥青表面处治路面,其代表性的基层材料为石灰土;进入 20 世纪 80 年代以来,为适应高等级公路重交通、重载对道路的要求,1 种以无机结合料稳定粒料(土)类为基层、沥青混凝土为面层的所谓“半刚性路面”被大量应用。沥青稳定碎石基层是 1 种不同于半刚性基层的基层类型。英国在 20 世纪 40 年代~60 年代铺筑了不同基层类型与厚度的试验路段,经过 20 多年的观测发现,使用半刚性材料铺筑的路面,由于干缩的影响,使得路面的有效使用寿命降低;而采用沥青稳定基层的路面使用性能令人满意。目前,英国的高速公路多采用沥青稳定材料作基层。美国地沥青协会也推荐使用全厚式路面,认为这种路面能够有效地减小水损害,使得路面结构的受力协调,并有利于采用统一的沥青材料从而保证路面质量^[2]。

随着我国西部大开发进程的深入,高寒地区公路建设规模不断扩大。以东北地区沥青路面为例,其典型的基层材料为水泥稳定砂砾或二灰碎、砾石,从使用的效果看,由于高寒地区特殊的气候条件,在该地区半刚性基层强度形成困难、板体性差、收缩变形较大,从而引起路面开裂等病害。针对高寒地区半刚性基层路面出现的诸多问题,考虑沥青稳定材料作基层具有现实意义。本文以东北地区(Ⅱ₁)半刚性基层沥青路面的典型结构为原型,分析了沥青稳定碎石基层的模量和厚度对路面结构的影响。

* 收稿日期: 2003-11-26

作者简介: 王国忠(1969—),男,讲师,博士生,主要研究方向路面结构及材料路用性能。

1 结构分析模型

本文以东北地区(Ⅱ₁)半刚性基层典型沥青路面结构为原型(图1)。在保持其他结构层参数不变的前提下,设置沥青稳定碎石基层,结构模型如图2所示。各结构层的设计参数根据公路沥青路面设计规范(JTJ014-97)推荐范围选取,以东南大学公路路面设计程序系统(HPDS2001)分析沥青混凝土面层、半刚性基层、底基层层底最大应力等控制指标。层间接触条件采用完全连续体。

中粒式沥青混凝土上面层	$E_1=1400\text{MPa}$	$h_1=5\text{cm}$
粗粒式沥青混凝土下面层	$E_2=1200\text{MPa}$	$h_2=7\text{cm}$
水泥稳定砂砾基层	$E_3=1000\text{MPa}$	$h_3=30\text{cm}$
二灰土底基层	$E_4=600\text{MPa}$	$h_4=35\text{cm}$
土 基	$E_0=50\text{Mpa}$	

图1 东北地区(Ⅱ₁,T3)半刚性基层典型结构

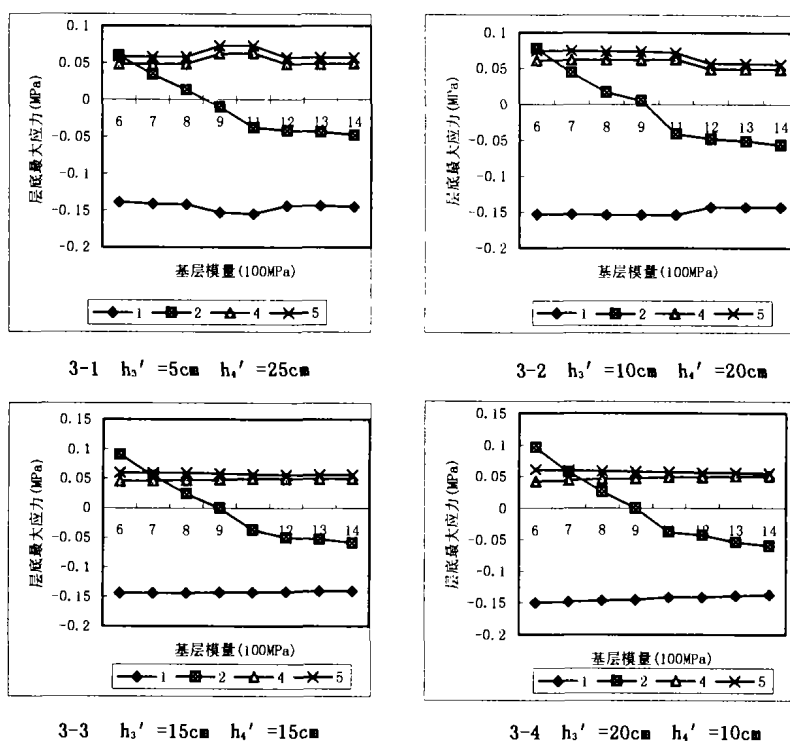
中粒式沥青混凝土上面层	$E_1=1400\text{MPa}$	$h_1=5\text{cm}$
粗粒式沥青混凝土下面层	$E_2=1200\text{MPa}$	$h_2=7\text{cm}$
沥青碎石稳定基层	$E_3'=?$	$h_3'=?$
水泥稳定砂砾底基层	$E_4'=1000\text{MPa}$	$h_4'=?$
二灰土垫层	$E_5=600\text{MPa}$	$h_5=35\text{cm}$
土 基	$E_0=50\text{Mpa}$	

图2 设置沥青稳定基层的路面结构

2 沥青稳定碎石基层模量的影响

在分析沥青稳定基层模量对路面各结构层底最大应力的影响时,保持原结构总厚度不变,即 $h_3'+h_4'=h_3=30\text{cm}$,并且其他各结构层的厚度、模量与原结构相同。基层厚度分别取 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm、30cm,沥青稳定碎石基层模量从 600MPa 到 1400MPa,各结构层底最大应力计算结构见图3(拉应力为正,压应力为负)。

从图3可以看出无论沥青稳定碎石基层的模量和厚度取何值,路面结构上面层层底处于压应力状态;面层层底(沥青稳定碎石基层顶面)在基层模量小于 900MPa 时受拉,在大于 900MPa 时受压,且应力值随基层模量变化较大;水泥稳定砂砾底基层、二灰土垫层层底始终处于受拉状态,当 h_3' 等于 5cm 和 10cm 时,其应力值随基层模量变化略有起伏,当基层厚度在 10cm~25cm 范围内,应力值随基层模量增大而减小,但变化幅度不大;图3已经退化成了沥青混凝土面层(12cm)+沥青稳定碎石基层(30cm)+二灰土底基层(35cm)的路面结构,土基顶面应力随基层模量增加呈减小趋势。



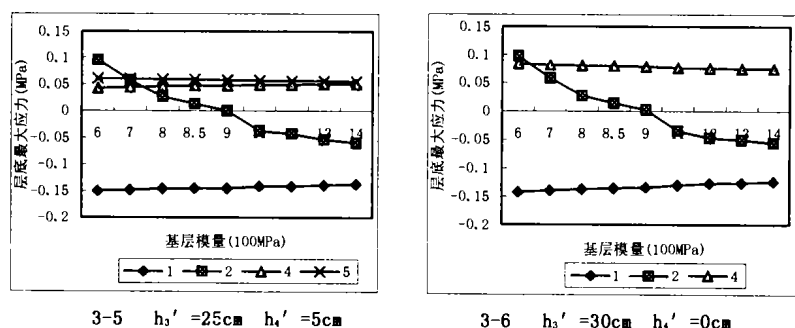


图3 沥青稳定碎石基层模量对各结构层层底应力的影响

图中:

- 1——中粒式沥青混凝土上面层 2——粗粒式沥青混凝土下面层
4——水泥稳定砂砾底基层 5——二灰土垫层

3 沥青稳定碎石基层厚度的影响

选取基层为 800MPa、900MPa、1100MPa、1400MPa, 分别分析基层厚度变化对路面各结构层层底最大应力的影响(基层厚度从 5cm 变化到 25cm), 其结果见图 4。

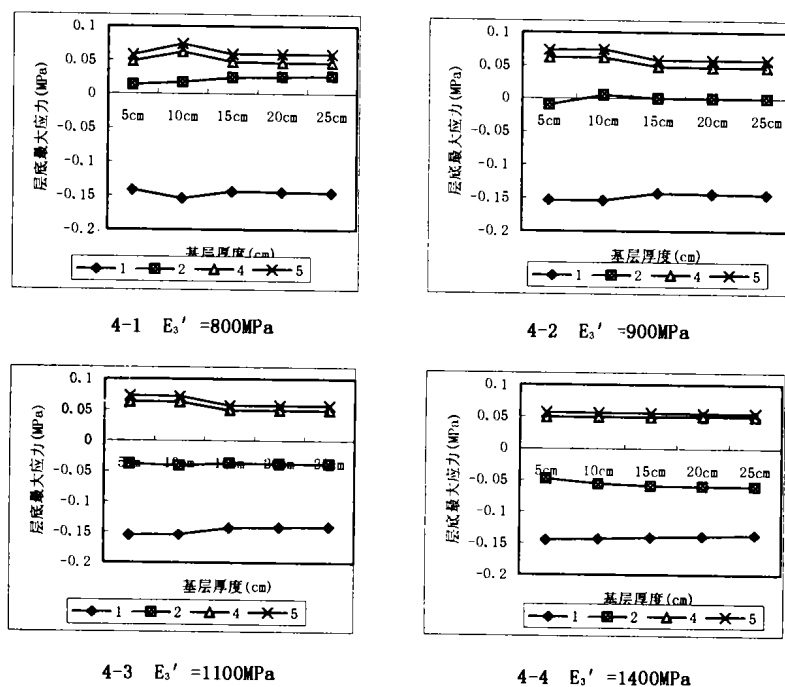


图4 沥青稳定碎石基层厚度对各结构层层底应力的影响

图中:

- 1——中粒式沥青混凝土上面层 2——粗粒式沥青混凝土下面层
4——水泥稳定砂砾底基层 5——二灰土垫层

随基层厚度的增加,从图4可以看出:水泥稳定砂砾底基层、二灰土垫层层底应力减小,但变化幅度不大;路面上面层层底最大应力变大;面层层底应力当模量小于900MPa时呈现拉应力,且随着基层厚度的增加而增加,当基层模量大于900MPa时呈现压应力,且随着基层厚度的增加有减小的趋势。

4 沥青稳定碎石基层模量和厚度的综合影响

从以上分析可以得出:沥青稳定碎石基层的模量与厚度对路面各结构层层底应力均有影响,特别是对面层层底应力影响较大。为了进一步分析基层模量、厚度综合作用,进行正交试验。

表 1 试验方案和试验结果

试 验 号	列号 1 模量 (MPa)	列号 2 厚度 (cm)	列号 3 调差列	参 考 指 标 面层层底 应力(MPa)	底基层层底 应力(MPa)	二灰土垫层 应力(MPa)
1	1(600)	1(5)	3	0.060	0.048	0.059
2	2(900)	1(5)	1	-0.010	0.062	0.062
3	3(1200)	1(5)	2	-0.042	0.048	0.057
4	1(600)	2(15)	2	0.090	0.045	0.060
5	2(900)	2(15)	3	0.000	0.048	0.058
6	3(1200)	2(15)	1	-0.050	0.049	0.056
7	1(600)	3(25)	1	0.096	0.042	0.061
8	2(900)	3(25)	2	0.000	0.047	0.058
9	3(1200)	3(25)	3	-0.043	0.049	0.056

选取影响因素为基层模量和厚度,模量分为 600MPa、900MPa、1200MPa 3 个水平,厚度分为 5cm、15cm、25cm 3 个水平。选取面层、底基层、垫层层底最大应力为评价指标。试验方案和试验结果见表 1。将试验结果按照正交试验的直观分析法进行直观分析,以比较各影响因素对考核指标的影响大小。直观分析的结果见表 2。

表 2 正交试验结果直观分析

考核指标	因 素	分 析 指 标						
		K1	K2	K3	\bar{K}_1	\bar{K}_2	\bar{K}_3	R
面层层底 应力(MPa)	基层模量 A	0.346	-0.010	-0.135	0.115	-0.003	-0.045	0.160
	基层厚度 B	0.008	0.040	0.053	0.003	0.013	0.018	0.015
	调 差 列 C	0.036	0.048	0.017	0.012	0.016	0.006	0.010
底基层层底 应力(MPa)	基层模量 A	0.135	0.157	0.146	0.045	0.052	0.015	0.037
	基层厚度 B	0.158	0.187	0.138	0.053	0.062	0.046	0.016
	调 差 列 C	0.153	0.140	0.145	0.051	0.047	0.048	0.004
二灰土垫层 应力(MPa)	基层模量 A	0.180	0.178	0.169	0.060	0.059	0.056	0.004
	基层厚度 B	0.178	0.174	0.175	0.059	0.058	0.058	0.001
	调 差 列 C	0.179	0.175	0.173	0.060	0.058	0.058	0.002

从表 1、表 2 可以看出,对路面面层层底、底基层层底最大应力各因素影响顺序为:基层模量 A>基层厚度 B>调差列 C;对二灰土垫层最大应力各因素影响顺序为:基层模量 A>调差列 C>基层厚度 B。

5 结论

综合以上分析可以得出以下主要结论:

- 5.1 基层模量从 600MPa 增加到 1400MPa 时,面层压应力均增加,随着基层模量的变大,增加的幅度变小。因此,采用高模量基层时,面层内的压应力较大,从而使得面层形成车辙的可能性增大。
- 5.2 在同一基层厚度下随着基层模量的增加对改善面层底部的受力状态有利。当基层在 900MPa 以上时,面层应力转为受压状态,但过大的基层模量对改善面层底部的受力状态已不明显。在同一基层模量下,沥青稳定碎石基层选用较薄的厚度比较有利。
- 5.3 在沥青稳定碎石基层厚度的取值范围内,使得面层层底最大拉应力不超过 0.1MPa 的基层模量应大于 600MPa。提高基层的模量可以有效地减小面层底部的拉应力,但较高的基层模量将导致面层中较大的竖向压应力,对于路面的抗车辙性能有不利的影响。基层的模量应该保持在 1 个适中的范围,以 800MPa~1200MPa 为宜。
- 5.4 影响设置沥青稳定碎石基层沥青路面性能指标的主要因素是基层模量,厚度影响相对较小。

参 考 文 献:

- [1] 沙庆林. 高等级公路半刚性基层沥青路面[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 杨群,黄晓明. 沥青稳定基层与半刚性基层疲劳设计分析[J]. 公路交通科技,2001.
- [3] 中华人民共和国交通部. 公路沥青路面设计规范[S]. JTJ014-97. 1997.