

DOI:10.3963/j.issn.1671-4431.2009.16.012

## 柔性基层沥青路面抗车辙性能理论研究

牛志力

(河南省高速公路发展有限责任公司,郑州 450052)

**摘要:** 通过对柔性基层与半刚性基层沥青路面的工作特性进行理论对比分析表明,柔性基层路面结构与半刚性路面结构相比最大剪应力变化幅度很小,沥青混凝土路面车辙主要发生在深度10 cm以内,较厚的沥青稳定碎石基层并不会增加出现车辙的危险性,柔性基层沥青路面更不容易出现结构性车辙问题。

**关键词:** 道路工程; 柔性基层; 沥青路面; 剪应力; 车辙

**中图分类号:** U 416.217

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-4431(2009)16-0044-03

## Theoretical Research on Anti-rutting Performance of Flexible Base Asphalt Pavement

NIU Zhi-ti

(Henan Expressway Development Co Ltd,Zhengzhou 450052,China)

**Abstract:** Through the theoretical comparative analysis of the work characteristics to the flexible base and semi-rigid base asphalt pavement, the results show that there is little variation amplitude of the maximum shear stress compared the flexible base asphalt pavement to the semi-rigid base asphalt pavement. The rutting of the asphalt pavement will mainly appear in the depth of 10 cm. The risk of the rutting problem will not be increased by the appropriate thickness of the asphalt macadam base. The structural rutting problem will appear more difficultly to the flexible base asphalt pavement.

**Key words:** road engineering; flexible base; asphalt pavement; shear stress; rutting

现有实体工程调查表明,只要路面结构的设计、施工不出现问题,柔性基层路面的破坏一般始于面层,面层的车辙、开裂,这些破坏按从上到下的顺序发展、延伸,其破坏属于功能性破坏。面层最主要的破坏形式是车辙,车辙主要是由于路面结构处于反复剪切应力状况下而产生的塑性蠕变累积,路面最大剪应力主要产生于5—10 cm的范围内。对于柔性基层路面内部出现的微小裂缝,由于沥青材料的粘弹性,所以这些微小裂缝往往能够自愈,而不至于象半刚性基层材料,出现裂缝后,将迅速进入裂缝扩展阶段。因此柔性基层路面的这种破坏属于功能性破坏,可以通过面层的预防性养护得以补救。为了保持路面的行车舒适性和良好的服务性能,需要定期进行沥青罩面或铣刨加铺,维修方便快捷、负面影响相对较小。国内对半刚性基层沥青路面的使用经验非常丰富,相关研究表明在半刚性基层沥青路面结构组合设计上存在不合理的地方,如何减少半刚性路面裂缝,国内道路界也进行了大量研究工作,采用柔性基层沥青路面结构形式是一种主要的措施,而柔性基层在我国目前还缺乏系统的应用研究,没有进行大面积的推广应用。

收稿日期:2009-04-05.

作者简介:牛志力(1968-),男,高级工程师.E-mail:jin197902@sina.com

# 1 国外对柔性基层沥青混凝土路面抗车辙性能的评述

对于沥青稳定柔性基层沥青混凝土路面,一般来说整个沥青混凝土层的厚度将要达到 25—35 cm,甚至达到 40—50 cm,因此人们担心是否会出现严重车辙。沥青混合料是粘弹性材料,在荷载作用下具有明显的蠕变特性,因此而产生永久变形。然而,国外许多研究认为,沥青稳定基层沥青混凝土路面并没有想象中会出现严重的车辙,反而认为当沥青混凝土层厚度大于 18 cm 时,出现车辙的速率会迅速降低。英国 45 条密级配碎石基层道路调查结果指出,当沥青混凝土层厚度为 18—36 cm 时,车辙率与厚度无明显的关系。同时认为厚沥青混凝土层道路,大部分车辙发生在表层,此时的车辙不表示道路的整体结构强度不足,不会发生结构性变形<sup>[1-3]</sup>。然而,国外对于柔性基层沥青混凝土路面车辙为什么不是想象中那么严重的原因,尚未见详细的报道。

## 2 沥青混凝土层中剪应力分布的理论分析

### 2.1 沥青混凝土层中最大剪应力的位置

沥青混凝土层的粘性流动通常是在路面温度较高的情况下,车轮荷载的剪应力超过了沥青混合料的抗剪强度,致使沥青混凝土层出现了剪切变形。剪切变形的积累,则逐渐形成大的变形,即产生了车辙。显然在材料模量一定的情况下,剪应力越大,所产生的剪切变形也越大。就目前沥青混凝土路面设计规范按静力荷载计算应力的方式(不考虑行车荷载的水平力),寻找最大剪应力出现的位置,为此需计算不

同位置 and 不同深度(层位)的剪应力<sup>[4,5]</sup>。在计算车轮荷载时是将后轴双轮简化成两个当量直径为 21.3 cm 的圆形均布荷载,其压强为 0.7 MPa,两圆的中心距为  $1.5 \times 21.3 = 31.95$  cm。选取的路面结构及其参数见表 1。

采用壳牌公司开发的层状弹性体系计算软件 BISAR3.0,计算距离双圆荷载中心不同位置的剪应力  $\tau_{xz}$ 。国内外研究表明中面层主要提供沥青路面的抗车辙功能作用,这是因为在这样的层位受到的剪应力可能达到最大,因此根据试验路路面结构方案所选取的计算层位位置为路表面以下 5 cm、6 cm、8 cm 和 10 cm。计算的横向距离分别至双圆中心 0, 5.325 cm, 15.975 cm 和 26.625 cm。计算结果见表 2 和图 1。

表 1 路面结构及其参数

路面层次	厚度/cm	回弹模量/MPa	泊松比
AC-16C 沥青混凝土面层	5	1 800	0.25
AC-20C 沥青混凝土面层	6	1 600	0.25
ATB-30 沥青稳定碎石基层	18	2 600	0.25
级配碎石底基层	30	250	0.25
未筛分碎石底基层	30	200	0.25
土基		50	0.35

表 2 不同位置的剪应力

层位(深度)/cm	至双圆荷载中心不同距离的剪应力/MPa			
	0	5.325 cm	15.975 cm	26.625 cm
5	0.098	0.154	0.212	0.196
6	0.087	0.137	0.217	0.187
8	0.057	0.108	0.206	0.175
10	0.036	0.092	0.176	0.169

由图 1 可见,在双圆荷载的中心处,产生的剪应力非常小,而随着离开双圆中心距离的增大,剪应力增大。当距离中心 15.975 cm,即在中一圆荷载中心处,剪应力达到最大值,这样就确定了最大剪应力的位置。下文讨论不同情况下的最大剪应力均为此位置。

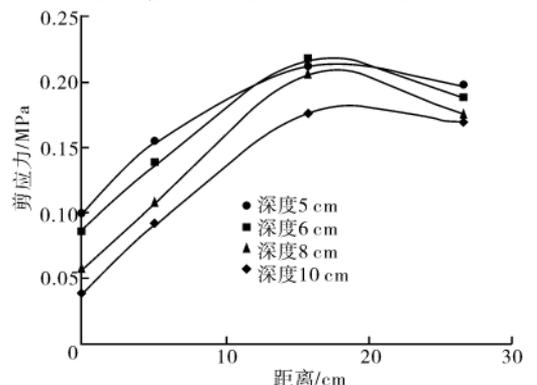


图 1 最大剪应力的位置

2.2 沥青层不同深度下的最大剪应力

由图 1 看出,在距离双圆中心 15.975 cm 处,深度 6 cm 比深度 5 cm、8 cm、10 cm 受到的剪应力要大。由于剪应力沿深度分布关系到沥青混凝土路面车辙产生的深度和层次,为此对剪应力沿深度方向数值变化进行计算分析。计算的路面结构形式为表 3 所选取的 5 种方案,其中方案 1 为半刚性路面结构,其余 4 方案均为柔性路面结构。计算的层位深度分别为 3 cm、5 cm、6 cm、8 cm、10 cm、11 cm、13 cm、16 cm、20 cm 和 24 cm。计算结果见表 4 和图 2。

分析表 4 和图 2 可以得知,不同路面结构的最大剪应力沿深度的变化的规律非常相似,图 2 表明,在静力荷载作用下接近路面表面剪应力并不大,而随着深度的增加剪应力增大,直至深 6 cm 处达到最大值。然后随着深度的进一步增大,剪应力进一步减小,至 13 cm 深度其剪应力降低至 0.15 MPa 左右。剪应力大于 0.15 MPa 主要发生在 13 cm 深度以内,因此车辙主要可能发生在 11 cm 以内沥青结构层中,下层出现车辙的可能性较小。就不同的路面结构而言,最大剪应力相差不大,但从图 2 中还是可以看出方案 2 路面结构中在 6 cm 处的最大剪应力最小,方案 3 路面结构和方案 5 路面结构中在 6 cm 处的最大剪应力值基本相同,略好于方案 4 路面结构和主体工程路面结构,方案 4 路面结构和方案 1 路面结构(为半刚性路面结构)在 6 cm 处的最大剪应力值非常接近。因此,从理论上来说柔性基层路面结构与半刚性路面结构相比最大剪应力变化幅度不大,不会出现结构性车辙问题。

表 4 不同路面结构条件下沥青层中的最大剪应力沿深度的变化

层位(深度)/cm	不同路面结构的最大剪应力/MPa				
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5
3	0.193	0.153	0.176	0.196	0.176
5	0.235	0.202	0.219	0.234	0.218
6	0.238	0.208	0.223	0.236	0.222
8	0.234	0.200	0.212	0.224	0.211
10	0.219	0.174	0.183	0.195	0.182
11	0.210	0.156	0.169	0.184	0.165
13	0.173	0.147	0.153	0.165	0.150
16	0.130	0.134	0.134	0.136	0.127
20	0.110	0.128	0.116	0.105	0.103
24	0.089	0.118	0.114	0.081	0.087

表 3 5 种路面结构及其参数

路面层次	厚度/cm	回弹模量/MPa	泊松比	
方案 1	AC-16C 沥青混凝土面层	5	1 800	0.25
	AC-20C 沥青混凝土面层	6	1 600	0.25
	AC-25C 沥青混凝土面层	7	1 300	0.25
	水泥稳定碎石层	36	3 800	0.10
	低剂量水泥稳定碎石层	20	3 500	0.10
土基		50	0.35	
方案 2	AC-16C 沥青混凝土面层	5	1 800	0.25
	AC-20C 沥青混凝土面层	6	1 600	0.25
	ATB-30 沥青稳定碎石基层	18	2 600	0.25
	级配碎石底基层	30	250	0.25
	未筛分碎石底基层	30	200	0.25
土基		50	0.35	
方案 3	AC-16C 沥青混凝土面层	5	1 800	0.25
	AC-20C 沥青混凝土面层	6	1 600	0.25
	ATB-30 沥青稳定碎石基层	18	2 600	0.25
	级配碎石层	12	250	0.25
	水泥稳定碎石层	16	3 800	0.10
方案 4	低剂量水泥稳定碎石层	17	3 500	0.10
	土基		50	0.35
	AC-16C 沥青混凝土面层	5	1 800	0.25
	AC-20C 沥青混凝土面层	6	1 600	0.25
	ATB-30 沥青稳定碎石基层	18	2 600	0.25
方案 5	水泥稳定碎石层	18	3 800	0.10
	低剂量水泥稳定碎石层	17	3 500	0.10
	未筛分碎石底基层	10	200	0.25
	土基		50	0.35
	ATB-40 沥青稳定碎石基层	24	2 300	0.25
土基		50	0.35	

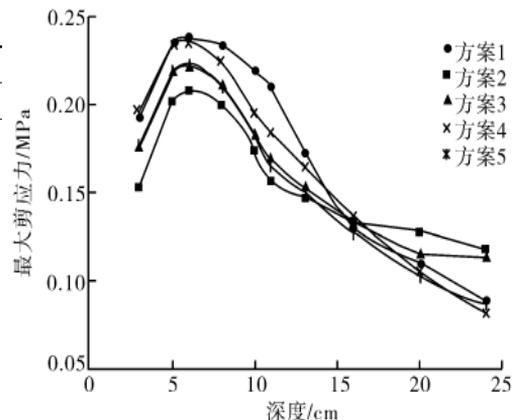


图 2 不同路面结构的最大剪应力沿深度的变化