

文章编号: 0451—0712(2006)08—0049—04

中图分类号: U418.6; U416.216

文献标识码: B

农村公路薄层水泥混凝土路面的研究

韩瑞民, 弥海晨

(西安公路研究所 西安市 710054)

摘 要: 通过理论计算和两段试验路试铺, 以及成本分析和试验路性能观察, 认为薄层水泥混凝土路面是一种经济合理、适合农村公路路面的新型结构。

关键词: 农村公路; 薄层水泥混凝土; 路面

农村公路中许多中低级路面仍是晴天“扬灰”, 雨天“水泥”, 尤其是连天阴雨通车, 如果不能及时养护维修, 对道路将会造成更大的损坏。因此, 如何保证农村公路畅通的问题是当前需要解决的主要问题。解决畅通的问题可以采用以下两种途径: 一是加强维修养护, 及时修补坑槽, 进行补料、整平; 二是进行路面改造升级, 修筑水泥、沥青混凝土路面。

目前在农村公路中, 由于水泥混凝土路面养护工作量较少、耐久性好, 因而受到青睐。但是其工程造价高, 因此降低水泥混凝土路面造价是农村公路水泥混凝土路面研究的关键技术之一。针对此, 笔者在“农村公路路面修筑技术研究”项目中, 对薄层水泥混凝土路面在农村公路中的应用进行了研究。

1 农村公路薄层水泥混凝土路面方案设计

1.1 研究(设计)思路

在陕南, 水泥、石灰、河砂、山砂、砾石等材料非常丰富, 水泥混凝土路面已相当普遍, 其施工技术、工艺也非常成熟, 但传统的水泥混凝土路面造价比

较高。县乡公路中常用的 18 cm 厚水泥稳定类基层加铺 20 cm 厚 C30 水泥混凝土面板的结构, 其造价一般在 60 元/m² 左右。那么, 要铺筑 1 km 长、6.0 m 宽的四级公路路面, 需资金约 36 万元。由于工程建设资金缺口较大, 往往造成修好一条路, 却欠下大量债务的被动局面。因此, 探索一种既能满足农村公路低交通量、轻载重的使用要求, 又能节约投资、降低工程造价的路面结构形式显得极为重要。

公路超薄水泥混凝土路面(Ultra-Thin White-topping, 简称 UTW), 是指厚度为 50~100 mm、接缝间距较小(0.6~1.8 m)的水泥混凝土罩面层, 粘结于旧沥青混凝土路面上形成的路面结构。在 20 世纪 90 年代, 美国开始研究和修筑了这种路面结构, 试验路段主要修筑于车速慢、交通量较小或有车辆频繁制动(启动)的城市街道、道路交叉口、停车场和测重站等路段, 使用效果良好, 于 1998 年在各州道路机构中推广使用。其研究主要采用铺筑试验路的方法, 对 UTW 路面在各种荷载条件作用下的使用状况进行评价, 定性分析各种因素对 UTW 路面使

收稿日期: 2006—04—07

沥青混凝土路面平整度涉及内容很广, 影响因素很多, 关系到路基、路面施工全过程, 情况复杂, 只有加强施工现场的管理, 精心组织施工, 才能保证路面平整度, 提高路面工程质量。

参考文献:

- [1] 交通部公路司. 2005 年全国公路统计资料摘要[Z].
- [2] 孙祖望, 刘洪海. 沥青路面平整度的传递规律及其试验研究[R].

- [3] 北京市道路工程质量监督站. 2005 年度新建及大修工程监督工作报告[R].
- [4] 交通部. 公路工程质量鉴定办法[Z].
- [5] 周晓青, 孙立军, 颜利. 路面平整度评价发展及趋势[Z].
- [6] 张超, 等. 路基路面试验检测技术[M]. 人民交通出版社.
- [7] 周绪利. 北京市公路局质量监督处统计数据[Z].
- [8] JTJ 002—87, 公路工程名词术语[S].
- [9] JTJ 059—95, 公路路基路面现场测试规程[S].
- [10] JTG F40—2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].

用性能的影响程度,提出了一些有价值的结论。2001年陕西省铜川公路管理局和长安大学进行的“超薄水泥混凝土路面修筑技术研究”项目,在铜黄二级公路上修筑了试验段,并对这种路面的结构进行了系统研究。

由“超薄水泥混凝土路面修筑技术研究”项目中提供的设计案例表明:其路面使用初期标准轴载为200次/日,交通量平均增长率为5%,设计年限内累计标准轴载作用次数为406 683次;原沥青混凝土路面顶面计算回弹弯沉值为61(0.01 mm);UTW路面聚丙烯纤维网混凝土设计弯拉强度为5.0 MPa,设计的路面板厚度为6 cm、平面尺寸为0.9 m×0.9 m的方案可行。

如果UTW路面在小交通量农村公路中适用,则可以降低工程造价,缓解建设资金紧张的问题。针对于此,“农村公路路面修筑技术研究”项目组于2003年,在汉中南郑县黄塘路(黄官镇~塘口乡)和汉台区铺汉路(铺镇~汉王乡)水泥混凝土路面工程施工中,铺筑了两段薄层小尺寸水泥混凝土路面试验段。结合上述已有研究成果,同时考虑到小交通量农村公路中标准轴载作用次数一般都在50次/日以下,因此从路面水泥混凝土板承受荷载应力方面来看,如果采用普通水泥混凝土,板厚为8~12 cm可以满足荷载要求。考虑到农村公路中污染严重,板块尺寸过小,接缝过多,板角隅裂缝发生机率将增加,同时施工不便,因此本项目结合试验段实际路面宽度,板块确定为边长在1.25 m以上的矩形板块。由于本项目试验路采用的是普通水泥混凝土,板厚相应增加,因此本项目称为“薄层水泥混凝土路面”。

1.2 试验段路面设计

虽然农村公路交通车辆组成复杂,但是重载车辆很少,设计年限内累计标准轴载作用次数 N_e 小于100 000次,考虑到安全性,设计验算取100 000次;考虑到农村公路交通量小,基层顶面容许回弹弯沉按 $l_0=70(0.01 \text{ mm})$ 控制;水泥混凝土设计弯拉强度 $f_r=5.0 \text{ MPa}$,弯拉弹性模量 E_c 取30 000 MPa;荷载安全系数 k_c 按中等交通等级取1.2,应力折减系数 $k_j=1.0$;路面与基层的接触按最不利情况——层间滑动接触对待;拟定路面板厚为10 cm,板面尺寸为1.8 m×1.8 m。按“超薄水泥混凝土路面修筑技术研究”项目中提供的设计方法进行验算。

路面顶面当量回弹模量值 E_s 为:

$$E_s = 13\,739 / l_0^{1.04} = 166 \text{ MPa}$$

$$E_c / E_s = 181$$

查“超薄水泥混凝土路面修筑技术研究”项目中提供的诺谟图,板底弯拉应力 σ_{p0} 为1.31 MPa,层间滑动接触荷载应力影响系数 $k_h=1.8$;荷载应力疲劳系数 $k_f=N_e^{0.0516}=1.81$ 。

荷载疲劳应力为:

$$\sigma_{pr} = k_f k_c k_j k_h \sigma_{p0} = 5.13 \text{ MPa}$$

“超薄水泥混凝土路面修筑技术研究”项目中路面厚度设计标准为 $\sigma_{pr} = (0.095 \sim 1.03) f_r$,由于 $\sigma_{pr} = 5.13 \text{ MPa} \leq 1.03 f_r (=5.15 \text{ MPa})$,因此本验算中拟定的板厚为10 cm、板面尺寸为1.8 m×1.8 m是可行的。

根据“超薄水泥混凝土路面修筑技术研究”项目结论(当路面板与地基滑动接触时,板底最大弯拉应力随板厚增大而减小,随板平面尺寸的增大而增大),同时考虑到验算条件均为较不利情况,因此设计安全系数较大,试验路采用板厚为10 cm、板边长为1.25~1.8 m的路面板安全可行。

2 试验路段概况

2.1 黄塘路试验段

黄塘路板块尺寸根据试验路段宽度和计算选用1.25 m×1.50 m,路面结构和接缝见图1,板面布置见图2。

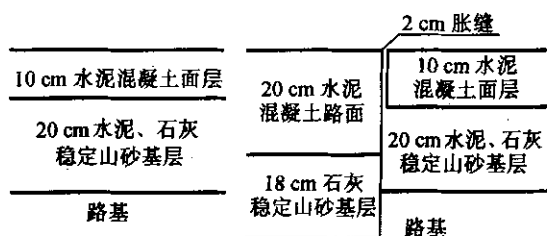


图1 黄塘路与试验路路面结构及其接缝示意

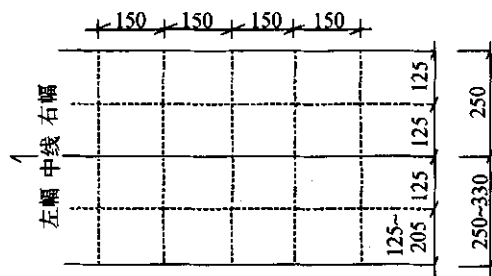


图2 黄塘路试验段路面板块平面布置

2.2 铺汉路试验段

铺汉路板块尺寸根据试验路实际情况和计算选

用 1.75 m×1.75 m,路面结构和接缝见图 3,板面布置见图 4。

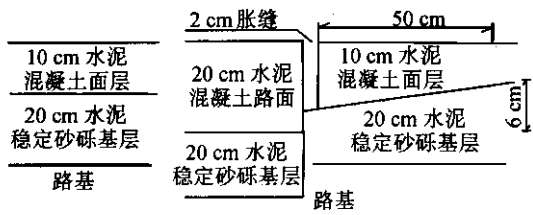
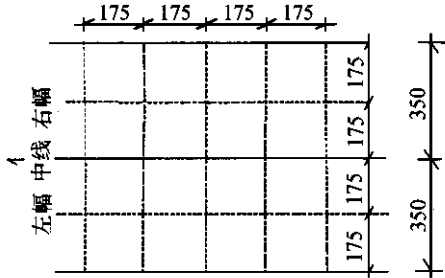


图 3 铺汉路与试验路路面结构及其接缝示意



注: 单位为 cm, 虚线为切缝。

图 4 铺汉路试验路段路面板块平面布置

3 成本分析

3.1 黄塘路试验段

黄塘路试验段成本分析详见表 1。

表 1 黄塘路试验段成本分析

路面类型	基 层		面 层		单价 合计 元/m ²	备 注
	厚度 cm	单价 元/m ²	厚度 cm	单价 元/m ²		
①20 cm 水泥混凝土	18	14.90	20	43.11	58.01	水 泥 290 元/t, 砾石 34 元/m ³ , 未含拉杆钢筋 (1.11 元/m)。
②3 cm 沥青碎石	20	28.30	3	20.80	49.10	含 15 cm 底基层、1 cm 乳化沥青下封层。
③10 cm 薄层水泥混凝土	20	16.60	10	24.72	41.32	水 泥 348 元/t (42.5 级水泥), 碎石 50 元/m ³ , 不设拉杆钢筋。
③与① 比较	+2	+1.70	-10	-18.39	-16.69	每公里节约成本 29%。
③与② 比较		-11.70		+3.92	-7.78	每公里节约成本 15.8%。

注:表中成本分析材料单价为 2003 年市场价。

(1)试验段 10 cm 薄层水泥混凝土路面比 20 cm 水泥混凝土路面结构节约资金为 16.69 元/m²,节省钢材为 0.22 元/m² (φ14 纵缝拉杆钢筋, 单价为 1.11 元/m)。若 20 cm 水泥混凝土路面生产路段按 5.0 m 宽的路面计算 (不含加宽值), 路面造价为 29.12 万元/km, 而试验路段路面造价为 20.66 万元/km。采用薄层水泥混凝土路面后, 试验段可节约资金 8.46 万元/km, 占 20 cm 厚水泥混凝土路面 (18 cm 厚水泥稳定类基层) 结构造价的 29%。

(2)试验段 10 cm 薄层水泥混凝土路面比 3 cm 沥青碎石路面节约资金 7.78 元/m²。若沥青碎石路面生产段按 5.0 m 宽路面计算 (不含加宽值), 路面造价为 24.55 万元/km。采用薄层水泥混凝土路面后, 试验段节约资金 3.89 万元/km, 占沥青碎石路面结构造价的 15.8%。

3.2 铺汉路试验段

铺汉路试验段成本分析详见表 2。

表 2 铺汉路试验段成本分析

路面类型	基 层		面 层		单价 合计 元/m ²	备 注
	厚度 cm	单价 元/m ²	厚度 cm	单价 元/m ²		
①20 cm 水泥混凝土	20	17.00	20	42.80	59.80	水泥 260 元/t, 砾石 32 元/m ³ , 未含拉杆钢筋 (1.11 元/m)。
②3 cm 沥青碎石	20	28.30	3	20.80	49.10	含 15 cm 底基层、1 cm 乳化沥青下封层。
③10 cm 薄层水泥混凝土	20	17.50	10	25.30	42.80	水泥 330 元/t (42.5 级水泥), 碎石 48 元/m ³ , 不设拉杆钢筋。
③与① 比较		+0.50	-10	-17.5	-17.00	每公里节约成本 28.7%。
③与② 比较		-10.80		+4.50	-6.30	每公里节约成本 12.8%。

注:表中成本分析材料单价为 2003 年市场价。

(1)试验段 10 cm 薄层水泥混凝土路面比 20 cm 水泥混凝土路面结构节约资金为 17.00 元/m²,节省钢材为 0.22 元/m² (φ14 纵缝拉杆钢筋, 单价为 1.11 元/m)。若 20 cm 水泥混凝土路面生产路段按 7.0 m 宽的路面计算 (不含加宽值), 路面造价为

42.01 万元/km,而试验路段路面造价为 29.96 万元/km。采用薄层水泥混凝土路面后,试验段可节约资金 12.05 万元/km,占 20 cm 厚水泥混凝土路面(20 cm 厚水泥稳定类基层)结构造价的 28.7%。

(2)试验段 10 cm 薄层水泥混凝土路面比 3 cm 沥青碎石路面节约资金为 6.30 元/m²。若沥青碎石路面生产段按 7.0 m 宽路面计算(不含加宽值),路面造价为 34.37 万元/km。采用薄层水泥混凝土路面后,试验段节约资金为 4.41 万元/km,占沥青碎石路面结构造价的 12.8%。

4 试验路使用性能

4.1 黄塘路试验段

试验段于 2004 年 1 月 11 日施工结束。据 2004 年 5 月 27 日的观测,气温为 32℃,该试验段在通车 4 个多月期间,偶有 20 多 t 重的大货车经过,K0+462 处路右侧胀缝设置处、邻路中线纵向连续 3 块板发生最高 50 mm、平均 30 mm 高的拱起,靠近胀缝处一块板已在行车碾压下出现横向断裂。据 2004 年 10 月 30 日的观测,气温为 8℃,纵向拱起的 3 块板已基本与左侧面板持平,高差不到 5 mm,发生横向断裂的一块板板角出现破碎。分析此病害原因主要有 4 条:

(1)大货车超重荷载应力超过了水泥混凝土板抗拉强度,从而导致水泥混凝土板的断裂;

(2)厚板处 18 cm 基层与薄板处 20 cm 基层之间接茬设计不够合理,未做楔形斜面而采用垂直相接,从而造成应力传递不均,导致病害产生;

(3)在浇筑面层水泥混凝土前,可能对基层顶面除尘不够彻底,降低了面层与基层之间的粘结力;

(4)可能由于施工原因,薄、厚板处胀缝未完全断开,加之夏季气温高,胀缝处面板发生膨胀,造成薄板拱起,在行车作用下导致薄板横向断裂。

但由于此裂缝只在试验段的一头出现,另一头却完好无损,而试验段两头接缝(胀缝)、搭接方法和施工工艺等均相同,因此,此病害尚需进一步观察。

从总体看,该试验路段建成通车近 2 年,运行状

况良好,行车舒适,再没有出现其他断板、掉角、沉陷、唧泥等路面病害。2006 年 3 月观测时,路面病害没有进一步发展,使用性能良好。

4.2 铺汉路试验段

试验段于 2003 年 12 月 28 日施工结束,运行通车 2 年多来,经观测未出现断板、裂缝、掉角、错台、坑洞、沉陷、唧泥等病害,表面平整度好,行车舒适,质量稳定可靠。2006 年 3 月观测时,路面病害没有出现,使用性能良好。

5 结论

通过对薄层水泥混凝土路面理论计算和两段试验路试铺,以及成本分析和试验路性能观察,主要得到以下结论:

(1)在设计年限内累计标准轴载作用次数小于 100 000 次的农村公路中,采用板厚为 10 cm、板边长为 1.25~1.8 m 的薄层水泥混凝土路面安全可行;

(2)试验段运行通车 2 年多来的观测结果显示,薄层水泥混凝土路面在农村公路中使用性能良好,但是其长期使用效果有待于进一步观察;

(3)薄层水泥混凝土路面节约成本,经济效益可观,与传统的水泥混凝土路面相比平均可节约成本 28.85%,与沥青碎石路面相比平均可节约成本 14.3%(不计养护成本)。

总之,薄层水泥混凝土路面适应农村公路特点,在满足通行要求的前提下,可以大大减轻农村公路建设资金的压力,加快农村公路发展速度,提高农村公路通行能力,从而促进地方经济快速发展。在建设资金紧缺的情况下,推广薄层水泥混凝土路面结构具有较好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 西安公路研究所. 农村公路路面修筑技术研究[R]. 2005.
- [2] 铜川市公路局,长安大学. 超薄水泥混凝土路面修筑技术研究[R]. 2002.