

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.02.051

聚合物改性沥青薄层修补料路用性能及力学性能试验研究

杨三强, 黄士周*

(河北大学 建筑工程学院, 河北 保定 071002)

摘要: 为快速解决与修补公路沥青路面出现的麻面、龟裂等问题,采用高黏性改性沥青和碎石为原材料制成的新型路面养护薄层修补料修补路面,不仅高效快速而且不会对交通造成任何影响。研究结果表明:方案1的总体性能优于其他方案,聚合物改性沥青薄层修补料所用的改性沥青采用方案1的配比设计,研究得出集料采用S12、S14级配碎石;通过薄层修补料路用性能试验研究可知,经薄层修补料处理过路面相对于原路面在平整度、构造深度、摩擦系数等方面均具有较大的改善与提高;对薄层修补料力学性能试验研究可知,薄层修补料结构层与原路面结合良好,黏结紧密,构成了完整的一体结构,薄层修补料与沥青混合料路面的黏结力平均值为5 MPa;使用探地雷达对路面进行探测可知,薄层修补料与原沥青混合料路面挤嵌良好,形成了整体结构。

关键词: 改性沥青;薄层修补料;路用性能;力学性能;试验研究

随着公路里程的不断增长、交通流量的快速增加,公众需求也随之日益提高,如何做好路面养护工作,使公路保持一个良好的运行状态,是中国广大公路工作者面临的重大问题。该文开展聚合物改性沥青薄层修补料性能试验研究解决公路养护问题,具有重要意义。

依托新疆G30高速公路路面养护项目,采取试验室内研究以及工厂加工生产,对基质沥青进行改性,得到性能优良的高黏改性沥青。采用探地雷达以及现场观测等研究方法,对比分析原路面与修补过路面的平

整度、构造深度、摩擦系数、层间黏结等指标的差异。

1 工程背景

G30连霍高速公路善鄯试验段位于中国北方具有火州之称的吐鲁托盆地,区域最高气温达49℃,降雨量分布极不均匀(吐鲁番—托克逊地区仅几毫米),试验路段裂缝、坑槽、车辙病害异常严重。

G30₁₂和库高速公路试验段位于南疆地区,地处

- *****
- [10] Dias W P S, Khoury G A, Sullivan P J E. The Thermal and Structural Effects of Elevated Temperatures on the Basic Creep of Hardened Cement Paste[J]. *Materials & Structures*, 1990, 23(6): 418—425.
- [11] 冯竟竟, 王强, 韩松, 等. 高温诱致水泥浆体微观结构劣化现象的研究[J]. *电子显微学报*, 2010(6).
- [12] 宁艳红. 聚丙烯纤维混凝土受高温作用后的渗透性能[D]. 北京交通大学硕士学位论文, 2009.
- [13] Hager I, Carré H, Krzemień K. Damage Assessment of Concrete Subjected to High Temperature by Means of the Ultrasonic Pulse Velocity—Upv Method[J]. 2013, 32(32): 197—211.
- [14] Al-Rousan R Z, Haddad R H, Swesi A O. Repair of Shear-Deficient Normal Weight Concrete Beams Damaged by Thermal Shock Using Advanced Composite Materials[J]. *Composites Part B Engineering*, 2015, 70: 20—34.
- [15] Okamoto, Kenji, Tsuruta, Ken, Naitou, Takafumi. Development and Application of PIC Form[J]. *Advanced Materials Research*, 2015, 1 129: 159—161.

收稿日期: 2018-08-27

基金项目: 河北省教育厅重点项目(编号: ZD2016073); 河北省高层次人才培养项目(编号: B2017005024); 河北省自然科学基金资助项目(编号: B2018201106)

作者简介: 杨三强, 男, 博士(后), 教授, E-mail: ysq0999@163.com

* 通信作者: 黄士周, 男, 硕士, E-mail: 1120231854@qq.com.

欧亚大陆腹地、远离海洋。冬季极端低温 $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、干旱少雨、降雨量分布极不均匀、温差大,这些气候特点使得沥青路面材料遭受严酷的考验,由此引发了车辙、温度疲劳裂缝、低温开裂等多种早期病害。

G30₁₄奎屯至克拉玛依高速公路,该区域路面面临大温差条件和应力疲劳破坏导致半刚性基层道路出现大量由水泥稳定基层变形破坏引起的反射裂缝,诱发了多种严重道路病害。

2 聚合物改性沥青薄层修补料原材料试验研究

2.1 聚合物改性沥青

聚合物改性沥青采用塔化 60[#] 基质沥青与克炼 90[#]、超源化工 90[#] 基质沥青混合掺配,再加入 SBS 改性剂、矿粉、稳定剂等特殊改性剂配制而成。试验通过掺配不同比例的改性剂,得出不同聚合物改性沥青技术指标,聚合物改性沥青配比及指标检验结果如表 1 所示。

对比分析表 1 可知:方案 1 的总体性能优于其他方案,聚合物改性沥青薄层修补料所用的改性沥青采用方案 1 的配比设计。

2.2 集料

所用集料为玄武岩碎石,其物理性能指标及筛分结果如表 2、3 所示。

3 聚合物改性沥青薄层修补料路用性能试验研究

聚合物改性沥青薄层修补料主要应用于高速公路路面麻面、龟裂等病害,能有效减小行车荷载对路面结构的冲击作用。由于其与路面结构黏结紧密,形成不透水层,对于路面的抗水损害作用明显。聚合物改性沥青薄层修补料路用性能主要从路面平整度、构造深度、摩擦系数、力学性能以及黏结性能等方面进行研究,对比分析修补后路面与原路面在性能上的差异,进而体现出聚合物改性沥青薄层修补料对于解决高速公路实际问题的重要性。

表 1 聚合物改性沥青配比及指标检验结果

方案	基质沥青种类	油浆/ %	SBS161B/ %	稳定型橡 胶(硫 化)/%	矿粉/ %	石油 树脂/ %	稳定 剂/ %	针入度/ (0.1 mm)	软化 点/ ℃	延度/ mm	25 ℃ 弹性恢 复/%	60 ℃ 动力黏度/ (Pa·s)
1	塔化 60 [#] : 克炼 90 [#] =4 : 6	12	6.0	8	10	2	0.15	66.7	87.3	51.7	73	58 436.5
2	塔化 60 [#] : 克炼 90 [#] =4 : 6	8	6.5	8	8	2	0.10	64.6	90.2	55.1	70	53 648.4
3	塔化 60 [#] : 超源化工 90 [#] =4 : 6	8	5.0	10	10	—	0.10	67.5	82.0	43.1	68	54 264.7
4	塔化 60 [#] : 超源化工 90 [#] =6 : 4	8	6.5	8	10	—	0.15	54.3	91.5	38.6	71	42 651.8
5	塔化 60 [#] : 超源化工 90 [#] =7 : 3	8	6.5	8	10	—	0.10	50.4	94.3	31.2	67	37 543.9

表 2 集料筛分结果

规格	公称粒径/ mm	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%								
		13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S12	5~10	100	92.5	6.5	1.0	—	—	—	—	—
S14	3~5	—	100	93.5	4.5	2.0	—	—	—	—

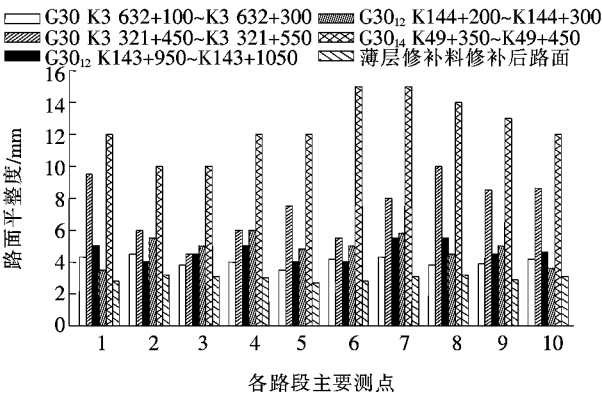
3.1 路面平整度试验研究

对不同高速公路试验段的平整度进行调查,结果如图 1 所示。

由图 1 可知:G30₁₄ K49+350~K49+450 路段损害严重。薄层修补料修补路面的平整度要明显优于沥青混合料原路面。

表 3 碎石指标检验结果

指标	单位	测试值
石料压碎值	%	18.5
洛杉矶磨耗损失	%	22.4
表观相对密度		2.56
吸水率	%	4.8
坚固性	%	11.3
针片状颗粒含量	%	8.6
水洗法<0.075 mm 颗粒含量	%	0.05
软石含量	%	1.2



3.2 路面构造深度试验研究

对不同高速公路试验段的构造深度进行调查,结

图 1 不同高速公路试验段平整度统计图(允许偏差:5 mm)

果如表 4 所示。

表 4 不同高速公路试验段构造深度调查统计

桩号	不同部位	实测值/mm						平均值/ mm
		横向直径			竖向直径			
G30 K3 632+100~	原路面	21.0	21.5	22.0	20.0	21.0	21.0	21.08
K3 632+300	薄层修补料处理过路面	29.0	30.0	30.0	30.0	30.5	30.0	30.0
G30 K3 321+450~	原路面	29.0	29.5	30.0	29.5	30.0	29.0	29.5
K3 321+550	薄层修补料处理过路面	29.0	28.0	28.5	28.0	28.5	29.0	28.5
G30 ₁₂ K143+950~	原路面	25.0	26.0	26.0	24.0	25.5	25.0	25.3
K143+1 050	薄层修补料处理过路面	29.0	30.0	30.5	30.0	29.5	30.0	29.8
G30 ₁₂ K144+200~	原路面	21.0	20.0	21.0	20.0	20.5	21.0	20.6
K144+300	薄层修补料处理过路面	30.0	29.5	30.0	30.5	30.0	29.5	30.0
G30 ₁₄ K49+350~	原路面	17.5	18.0	18.0	18.0	18.5	18.0	18.0
K49+450	薄层修补料处理过路面	29.0	29.0	30.0	29.5	28.5	29.0	29.0

由表 4 可知:相同路段条件下,聚合物改性沥青薄层修补料修补后路面的构造深度较原沥青混合料路面构造深度平均提高了 40%。

3.3 路面摩擦系数试验研究

不同高速公路试验段的摩擦系数统计结果见表 5。

表 5 不同高速公路试验段摩擦系数调查

测点桩号	路面不同部位	实测摆值/BPN					测点平均摆值/BPN	路表温度/℃
		1	2	3	4	5		
G30 K3 632+100	原路面	34	36	34	34	34	34.4	74
	薄层修补料处理过路面	55	48	46	49	47	49.0	72
G30 K3 632+200	原路面	35	36	37	35	36	35.8	73
	薄层修补料处理过路面	52	50	53	51	54	52.0	74
G30 K3 321+450	原路面	36	32	32	30	30	32.0	72
	薄层修补料处理过路面	42	46	46	44	45	44.6	71
G30 K3 321+550	原路面	35	36	33	32	32	33.6	72
	薄层修补料处理过路面	46	48	47	45	48	47.0	73
G30 ₁₂ K143+950	原路面	36	37	36	39	40	37.6	71
	薄层修补料处理过路面	50	49	51	49	52	50.0	72
G30 ₁₂ K144+200	原路面	42	50	50	43	42	45.4	71
	薄层修补料处理过路面	51	52	50	54	54	52.2	71

续表 5

测点桩号	路面不同部位	实测摆值/BPN					测点平均摆值/BPN	路表温度/℃
		1	2	3	4	5		
G30 ₁₂ K144+210	原路面	39	37	33	41	41	39.2	72
	薄层修补料处理过路面	52	52	54	52	50	52.0	73
G30 ₁₂ K144+220	原路面	48	40	44	52	44	45.2	73
	薄层修补料处理过路面	51	52	54	54	52	52.6	72
G30 ₁₄ K49+350	原路面	32	34	32	38	30	33.2	73
	薄层修补料处理过路面	52	56	46	47	45	49.2	70
G30 ₁₄ K49+450	原路面	35	36	33	36	32	35.4	72
	薄层修补料处理过路面	54	55	51	49	48	51.4	71

由表 5 可知:通过对不同高速试验路摩擦系数检测,可知采用养护薄层修补料修补后的路面较老路面摩擦系数平均提高了 30%。

4 聚合物改性沥青薄层修补料力学性能试验研究及检测

路面养护薄层修补料贴在道路龟裂处,经车辆碾压与路面紧密黏结在一起。为研究路面养护薄层修补料与原路面之间的黏结力,借助 AYTJ-10C 黏结强度拉拔仪对钻取芯样进行拉拔试验,结果表明:薄层修补料结构层与原路面结合良好,黏结紧密,构成了完整的一体结构,薄层修补料与沥青路面的黏结力平均值为 5 MPa。

借助探地雷达对原路面以及聚合物改性沥青薄层修补料处理过的路面进行探测,结果表明:薄层修补料处理过的路面雷达探测图界面清晰,分层明显,说明薄层修补料与原沥青路面挤嵌良好,形成了整体结构。原路面雷达探测图界面模糊,说明沥青路面结构裂缝较多,破坏明显。

5 结论

(1) 对比分析聚合物改性沥青配比方案设计,方案 1 的总体性能优于其他方案,聚合物改性沥青薄层修补料所用的改性沥青采用方案 1 的配比设计。

(2) 通过薄层修补料路用性能试验研究可知,经薄层修补料处理过的路面相对于原路面在平整度、构造深度、摩擦系数等方面均有较大的改善与提高。

(3) 对薄层修补料力学性能试验研究可知,薄层

修补料结构层与原路面结合良好,黏结紧密,构成了完整的一体结构,薄层修补料与沥青混合料路面的黏结力平均值为 5 MPa。

(4) 探地雷达探测结果表明:薄层修补料处理过的路面雷达探测图界面清晰,分层明显,说明薄层修补料与原沥青混合料路面挤嵌良好,形成了整体结构。原路面雷达探测图界面模糊,说明沥青混合料路面结构裂缝较多,破坏明显。

参考文献:

[1] 卢纯洁.高速公路沥青路面养护技术及路面状况评价研究[D].华南理工大学硕士学位论文,2016.

[2] 谭忆秋,郭猛,曹丽萍.常用改性剂对沥青粘弹特性的影响[J].中国公路学报,2013(4).

[3] 黄成,王正,俞先江.路用探地雷达在公路病害探测中的应用[J].工程技术研究,2017(2).

[4] 张永辉.SBS 改性沥青和橡胶粉改性沥青机理及路用性能研究[D].长安大学硕士学位论文,2015.

[5] 谭忆秋,邢超,任俊达,等.基于颗粒堆积理论的沥青混合料细观结构特性研究[J].中国公路学报,2017(7).

[6] 刘娜,黄土周,杨三强,等.管廊工程钢渣配重混凝土材料设计与结构受力仿真分析[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2017(2).

[7] 杨三强,刘娜,张帅,等.荒漠地区耐久性沥青路面结构设计指标与路面结构力学分析[J].河北大学学报:自然科学版,2016(6).

[8] 赵毅,梁乃兴,秦旻,等.PR-Module 改性沥青混合料力学性能[J].长安大学学报,自然科学版,2015(4).

[9] 陈忠.探地雷达技术在检测路面内部质量中的应用研究[J].中外公路,2017(2).

[10] 郭士礼.基于随机介质的高速公路探地雷达检测理论研究[D].中国地质大学博士学位论文,2013.