

# 灌入式复合路面路用性能研究

马志华<sup>1</sup>, 葛浩<sup>2</sup>

(1.江苏省南通市公路管理处, 江苏 南通 226001; 2.江苏东交工程设计顾问有限公司, 江苏 南京 210002)

**摘要:**近年来,灌入式复合路面在交叉路口、货运通道等车辙病害严重路段得到广泛应用。鉴于灌入式复合路面室内成型过程相对复杂,文中提出了试验标准化作业流程,并采用灌浆饱满度指标评价成型效果;为全面评价灌入式复合路面混合料的路用性能,为灌入式复合路面的推广提供参考,分别对 6 种不同类型混合料的高温稳定性、水稳定性及低温抗裂性进行了对比分析。

**关键词:**公路;灌入式复合路面;成型方法;灌浆饱满度;路用性能

**中图分类号:**U416.224

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-2668(2017)01-0101-03

灌入式复合路面又称半柔性路面,是应用于重载交通条件下交叉路口、货运通道等渠化交通严重的路段,用于解决其频繁发生的车辙病害的一种新型路面结构形式。该类型路面是将一定级配的水泥砂浆通过一系列工艺填充至骨架空隙型基体沥青混合料(空隙率达 20%~25%)中,通过凝结固化作用复合形成一种介于柔性路面与刚性路面之间的路面结构形式。基体沥青空隙中填充的水泥砂浆能改变原有沥青路面在高温状态下易发生变形的特性,达到提高路面抗车辙性能的效果。为全面验证灌入式复合路面的路用性能,为其推广应用提供依据,下面通过对比试验,对不同类型混合料的高温性能、低温性能及水稳定性能进行评价。

## 1 混合料性能试验方案

按照 19 和 13.2 mm 两种常用最大公称粒径,分别采用 SBS-GRAC-13、70<sup>#</sup>-GRAC-13、SBS-AC-13、SBS-GRAC-20、70<sup>#</sup>-GRAC-20、SBS-AC-20 等 6 种不同类型沥青混合料进行浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验、车辙试验、低温小梁弯曲试验,通过残留稳定度、强度对比分析其水稳定性,以动稳定度对比分析其高温稳定性,以极限弯拉应变、劲度模量对比分析其低温抗裂性,全面评价灌入式复合路面混合料的路用性能。

## 2 混合料成型方法

灌入式复合路面混合料是一种特殊的混合料,其室内成型过程相对复杂,主要分为基体沥青制作、灌入材料制作、灌入材料填充等步骤,在室内成型试验中需对试件进行标准化作业,以减少试件成型质

量对试验结果的影响。

(1) 灌浆饱满程度。室内成型试件时,对灌入式复合路面混合料的灌浆饱满程度进行检测,以评价灌注材料填满基体沥青混合料的饱满程度,评价成型效果。灌浆饱满度  $V_g$  按下式计算:

$$V_g = \frac{(m_2 - m_1) / \rho}{VV_v} \times 100\%$$

式中: $V_g$  为灌浆饱满度(%); $m_1$ 、 $m_2$  分别为灌浆前后试件质量(g); $\rho$  为灌入体密度(g/cm<sup>3</sup>); $V$  为试件体积(cm<sup>3</sup>); $V_v$  为基体沥青空隙率(%).

(2) 试件成型要求。灌入式复合路面混合料成型涉及到基体沥青成型、灌入材料生产、灌浆、养生等多个环节,每个步骤都对后期灌入式复合路面混合料性能造成较大影响。其成型工序如下:基体沥青试件成型→冷却试件,测试基体沥青空隙率→拌制灌入材料→称量试件灌入前后质量变化,计算试件的灌浆饱满度→在标准养护条件下养护 7 d,进行相关性能试验。

## 3 混合料性能试验结果与分析

### 3.1 水稳定性试验

目前,国内沥青混合料水稳定性试验应用最为广泛的是浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验。浸水马歇尔试验简单、区分度较低,但残留稳定度可作为对比值分析混合料的水稳定性能;冻融劈裂试验的饱水过程主要包括真空饱水、冻融和高温水浴等 3 个阶段,可有效模拟路面在不同条件下的实际水稳定情况。因此,采用冻融劈裂试验和浸水马歇尔试验相结合的方式评价灌入式复合路面混合料的水稳定性。各类型混合料水稳定试验结果见表 1。

表 1 不同混合料浸水马歇尔试验及冻融劈裂试验结果

%

混合料类型	浸水马歇尔试验结果		冻融劈裂试验结果	
	灌浆饱满度	残留稳定度	灌浆饱满度	劈裂强度比
SBS-GRAC-13	97.4	94.2	96.3	85.3
70 <sup>#</sup> -GRAC-13	96.9	93.2	96.7	83.9
SBS-AC-13	—	90.3	—	87.7
SBS-GRAC-20	96.7	95.1	96.9	85.2
70 <sup>#</sup> -GRAC-20	96.9	96.4	96.2	84.9
SBS-AC-20	—	90.6	—	90.5

由表 1 可知:灌入式复合路面混合料的残留稳定度明显高于常规 SBS 沥青混合料,而冻融劈裂强度比低于常规 SBS 沥青混合料。出现这种情况的原因与两种试验的试验条件有一定关系。在残留稳定度试验中,混合料需进行 60 ℃ 恒温水浴 48 h,灌入沥青混合料中水泥浆的强度在高温和高湿环境下得到增长,在一定程度上抵消了灌入式复合路面混合料中基体沥青在高温和高湿条件下粘结效果的衰

减,这也从另一个角度证明灌入式复合路面混合料的水稳定性较好。而在冻融劈裂试验中,混合料需真空保水后在-18 ℃ 条件下静置 16 h,这一冻融循环条件对水泥砂浆的强度造成较大影响,导致灌入式复合路面混合料的冻融劈裂强度比有所下降。

### 3.2 高温稳定性试验

目前,国内采用车辙试验评价沥青混合料的高温稳定性。各类型混合料车辙试验结果见表 2。

表 2 不同混合料动稳定度试验结果

混合料类型	灌浆饱满度/%	动稳定度/(次·mm <sup>-1</sup> )		混合料类型	灌浆饱满度/%	动稳定度/(次·mm <sup>-1</sup> )	
		测试值	平均值			测试值	平均值
SBS-GRAC-13	96.4	11 700	13 600	SBS-GRAC-20	96.3	11 500	11 240
	96.7	14 500			97.1	11 900	
	97.1	14 600			96.9	10 320	
70 <sup>#</sup> -GRAC-13	96.5	12 900	12 500	70 <sup>#</sup> -GRAC-20	97.3	12 000	11 700
	96.7	13 350			96.2	10 900	
	96.2	11 250			96.5	12 200	
SBS-AC-13	—	4 960	5 130	SBS-AC-20	—	5 100	4 960
	—	5 520			—	4 770	
	—	4 910			—	5 010	

由表 2 可知:灌入式复合路面混合料由于灌入材料的加入,改变了原沥青混合料在高温状态下易发生变形的性质,大幅提高了混合料的高温性能,其高温性能远高于常规 SBS 改性沥青混合料,而两种不同胶结料的灌入式复合路面混合料的高温性能相差不大。这是由于灌入材料的硬化起到抵抗变形的作用,而胶结料对抗车辙性能的贡献相对较小。

### 3.3 低温稳定性试验

除高温稳定性、水稳定性外,低温性能也是沥青路面重要的性能指标。尤其是灌入式复合路面中加入了水泥砂浆,使整体成为一种半刚性材料,低温抗

裂性能对其使用寿命具有重要意义。采用低温小梁弯曲试验分析灌入式复合路面混合料的低温性能,通过规定温度(-10 ℃)和加载速率时混合料弯曲破坏的力学参数即破坏弯拉应变评价其低温抗裂性能。各类型混合料低温小梁弯曲试验结果见表 3。

由表 3 可知:灌入式复合路面由于其自身特点,刚度增加,与 SBS 改性沥青混合料相比,其具有较高的抗弯拉强度,破坏弯拉应变小、劲度模量大,其低温抗裂性能不如常规 SBS 改性沥青混合料,但其破坏弯拉应变能满足规范要求,说明灌入式复合路面混合料具有一定的低温抗裂性能。采用 SBS 改

表 3 不同混合料小梁弯曲试验结果

混合料类型	灌浆饱满度/%	最大荷载/kN	抗弯拉强度/MPa	劲度模量/MPa	破坏弯拉应变/ $\mu\epsilon$
SBS—GRAC—13	97.1	1.29	10.66	3 910	2 441
70 <sup>#</sup> —GRAC—13	96.2	1.17	9.55	4 213	2 022
SBS—AC—13	—	1.09	8.90	3 415	2 957
SBS—GRAC—20	96.3	1.07	9.26	3 866	2 339
70 <sup>#</sup> —GRAC—20	96.7	1.03	8.70	3 920	2 010
SBS—AC—20	—	0.97	8.39	3 117	2 434

性沥青的灌入式复合路面混合料的低温性能略高于采用 70<sup>#</sup>道路石油沥青的灌入式复合路面混合料。

4 结论

(1) 灌入式复合路面具有良好的水稳定性和高温稳定性,即抗水损、抗车辙性能较强,应用于交叉路口、货运通道等车辙严重的路段能起到较好的抗车辙效果。

(2) 灌入式复合路面的低温抗裂性能相对较弱,在冬季温度较低地区宜用于中、下面层。

(3) 基体沥青胶结料采用改性沥青能在一定程度上提高灌入式复合路面的低温抗裂性能。

参考文献:

[1] JTG E20—2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

[2] 凌天清,董营营,夏伟,等.橡胶沥青灌入式半柔性路面的应用研究[J].公路,2009(2).

[3] 王鹏,李华.灌入式复合路面在交叉口路段养护工程中的应用[J].交通世界,2015(2).

[4] 杨宇亮,邹桂莲,张肖宁.半柔性混合料灌入式水泥胶浆的研究[J].公路,2002(6).

[5] 周启伟.灌入式保水性沥青混凝土抗车辙性能及机理分析[J].中外公路,2014,34(2).

[6] 张荣鹏.高性能灌注式半柔性路面材料的研究与应用[D].武汉:武汉理工大学,2009.

[7] 凌天清,周杰,赵之杰,等.灌入式半柔性路面用聚合物改性水泥砂浆的优选研究[J].公路交通科技,2009,23(5).

[8] 覃峰,李春.沥青混合料基灌注式半刚性路面抗腐性能研究[J].公路,2015(6).

收稿日期:2016—06—17

\*\*\*\*\*

(上接第 91 页)

和荷载两个指标确定。常规的城市道路人行道设计要求路基回弹模量  $E$ 。满足某一值,而实际人行道施工中通常未按设计要求测定人行道路基回弹模量,更不可能对人行道路基进行相应处理。根据表 5,人行道基层厚度选用与路基回弹模量关系紧密,如路基回弹模量达不到设计要求,但基层厚度却按拟定的路基回弹模量进行计算或经验值选用,将导致人行道在设计使用年限内出现破损,路基较差路段和设计时考虑无停车路段尤为严重。

4 结语

人行道结构计算及验收指标在城市道路设计相关规范中还没有依据,半刚性基层和柔性基层透水铺装可利用弹性层状理论体系进行计算分析,刚性基层透水铺装可按照水泥砼路面进行设计。根据对嘉兴市海绵城市建设中常用全透型透水人行道的结

构设计和计算,人行道设计中应综合考虑现场土基回弹模量、荷载情况合理选用人行道结构组合形式,确保人行道强度及透水性满足功能要求,提高人行道的使用寿命。

参考文献:

[1] 宋时良.攻克“全透型”透水人行道难关 主推杭州“海绵城市”建设[J].建筑工程技术与设计,2016(5).

[2] 臧金萍.天安门广场人行道改建工程中创新技术的应用[J].市政技术,2013(4).

[3] CJJ/T 188—2012,透水砖路面技术规程[S].

[4] GB/T 25993—2010,透水路面砖和透水路面板[S].

[5] CJJ/T 37—2012,城市道路工程设计规范[S].

[6] 2011JSCS—MR,城市道路工程设计技术措施[S].

[7] 陆津津.城市道路透水人行道结构设计[J].城市建设理论,2013(17).

收稿日期:2016—09—19