

桥梁非机动车道浇筑式沥青混合料性能参数研究

闫东波, 卢现林, 刘 艳

(重庆特铺路面工程技术有限公司, 重庆市 400026)

摘 要:我国地域宽广,经济发展和基础设施建设迅速,大量人行天桥、公园步道的建设为浇筑式沥青混凝土的应用提供了广阔的空间。通过对机动车道和非机动车道车辆荷载和施工环境进行差异分析,采用不同改性沥青进行刘埃爾流动性试验和贯入度试验,提出了用于桥梁非机动车道浇筑式沥青混合料的性能参数和技术标准,为非机动车道浇筑式沥青混合料的应用提供了有益的参考。

关键词:桥梁工程;非机动车道;铺装;浇筑式沥青混合料;刘埃爾流动性;贯入度

中图分类号: U443.33

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)10-0189-04

0 引 言

浇筑式沥青混凝土起源于欧洲,在我国已有近 20 年的应用历史。浇筑式沥青混合料具有一定的流动性,摊铺后无须碾压,冷却成型后就能抵抗车辆荷载作用。因其施工简易、极其致密、耐久性好等特点,被广泛应用于钢桥面铺装工程。目前,我国钢桥面铺装应用浇筑式沥青混凝土方案的结构组合基本上是“防水黏结层+浇筑式沥青混凝土下面层+碾压式沥青混凝土上面层”。然而,非机动车道、中分带、检修道、人行道等部位,往往由于宽度不足、存在拉索等障碍、无法承受重型施工设备等原因,给碾压式沥青混凝土的施工带来困难。因此,采用全厚式浇筑式沥青混凝土铺装是一个比较好的选择。我国地域宽广,经济发展和基础设施建设迅速,除了钢桥面铺装附属部位外,还有大量的人行天桥、公园步道的建设,为浇筑式沥青混凝土的应用提供了更广阔的空间。

浇筑式沥青混凝土用于桥梁非机动车道、人行道、人行天桥、公园步道等非机动车通行的场合,能够解决构造、施工、路用性能等方面的问题。(1)无须碾压的浇筑式沥青混凝土对基面的平整度状态要求不高,具有找平功能。(2)无须大型摊铺、碾压设备进入施工区域,能够解决这些场合对空间和承载力的限制。(3)浇筑式沥青混凝土不透水和空气,耐久性好,作为一种柔性材料,变形能力强,无须设置

接缝,能够解决人行天桥或人行道常见的局部脱层、接缝唧浆、坑洞等弊病。因此,欧洲发达国家在非机动车通行场合应用浇筑式沥青混凝土铺装十分普遍。

目前在桥梁非机动车道、中分带、检修道、人行道等场合应用浇筑式沥青混凝土时,由于工程体量较小,并未单独进行性能要求和配合比设计,而是直接采用车行道浇筑式沥青混凝土的性能和材料。目前,我国已形成钢桥面铺装浇筑式沥青混凝土的行业标准^[1],其技术性能要求未对车行道和非机动车道进行区分。如果非机动车道的浇筑式沥青混凝土铺装工程体量增加,采用非必要的高标准,就会造成较大浪费。为此,有必要针对桥梁非机动车道的浇筑式沥青混合料性能参数进行研究。

1 性能参数

由于国内外使用环境条件的极大差异,浇筑式沥青混凝土在欧洲已经成熟的技术性能参数并不能完全适用于我国。我国一些学者也针对我国的具体情况对浇筑式沥青混合料的性能评价指标进行了研究^[2-7],但根据大量工程项目的应用经验和行业标准的推荐^[1],普遍采用刘埃爾流动性试验来评价浇筑式沥青混合料的施工和易性,采用贯入度试验来评价高温稳定性。浇筑式沥青混合料的沥青含量较高,低温柔韧性通常能够满足使用要求。本文基于施工和易性和高温稳定性两项性能参数,分析桥梁非机动车道浇筑式沥青混凝土的施工和使用条件,确定其性能要求。

浇筑式沥青混合料的施工和易性和高温稳定性是相互制约的两项参数。对浇筑式沥青混合料的施工

收稿日期: 2021-02-07

作者简介: 闫东波(1978-),男,硕士,教授级高级工程师,从事特殊铺装技术研究与应用工作。

和易性贡献的主要因素为沥青用量和混合料温度,沥青用量越高、混合料温度越高,施工和易性越好;反之亦然。对浇筑式沥青混合料的高温稳定性贡献的主要因素为沥青性能和沥青用量,沥青的高温性能越好、沥青用量越低,混合料的高温稳定性越好;反之亦然。沥青用量对浇筑式沥青混合料的施工和易性和高温稳定性均产生影响,但影响的方向相反。因此,在研究和确定浇筑式沥青混合料的性能参数和技术指标时,必须平衡施工和易性和高温稳定性两项指标。

与机动车通行的情况不同,非机动车通行的场所多数无法采用大型设备进行施工作业,对浇筑式沥青混合料要求有更好的施工和易性。从非机动车通行和人行方面来看,对浇筑式沥青混合料的高温稳定性要求则偏低。基于这些特点,对非机动车道的浇筑式沥青混合料性能参数研究,宜首先保证施工和易性,在良好的施工和易性基础上再研究混合料的高温稳定性。

2 施工和易性

桥梁非机动车道、人行道、检修道或中分带等区域受到空间限制,碾压式沥青混凝土的施工较困难,采用浇筑式沥青混凝土具有明显优势。但是,同样由于空间或荷载限制,上述区域的浇筑式沥青混合料一般无法采用机械方式摊铺,而多采用人工抹平,如图1所示。这要求浇筑式沥青混合料具有比车行道浇筑式沥青混合料更好的流动性。

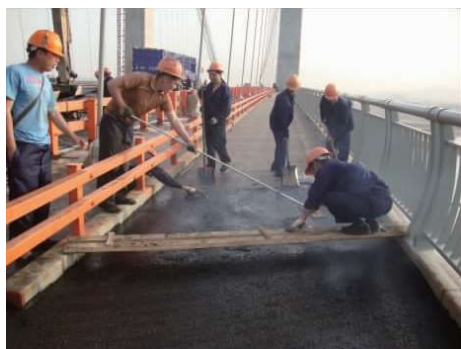


图1 人行道浇筑式沥青混合料人工抹平

《公路钢桥面铺装设计与施工技术规范》(JTG T3364-02—2019)规定,实验室拌制时,温度在230~240℃刘埃爾流动性宜控制在5~20 s,现场流动性可适当降低要求,未对非机动车通行情况的施工和易性做明确要求。

首先确定判断非机动车道浇筑式沥青混合料施工和易性的基本准则。(1)试验条件与JTG T3364-

02—2019的规定一致,即混合料温度为230~240℃。(2)刘埃爾流动性数值越低越好,以满足不使用大型摊铺设备的需要,人工即可抹平。实验室成型浇筑式混合料试件时,以无须人工辅助、混合料能够自流平为准。(3)混合料在丧失流动性之前,需保持均匀状态,不能出现明显的离析现象。实验室对离析现象的判断方法为:将已经拌制好的浇筑式沥青混合料在搅拌锅中静置5 min,观察表面状况,碎石和沥青明显分离,碎石下沉、沥青上浮为离析。

车行道浇筑式沥青混凝土一般采用高强度聚合物改性沥青,沥青的针入度小、软化点高,价格一般比较高。考虑非机动车道对浇筑式沥青混合料高温稳定性要求降低,这里除了按JTG T3364-02—2019技术指标要求采用高强度改性沥青进行试验外,还采用常规的SBS沥青进行试验。两种改性沥青的性能检测结果如表1所示。

表1 改性沥青主要性能检测结果

试验参数	沥青种类		试验方法
	高强度改性沥青	SBS改性沥青	
针入度(25℃,100 g, 5 s)/0.1 mm	35.1	45.2	T 0604
延度(5℃,5 cm/min)/cm	30.6	27.9	T 0605
软化点(环球法)/℃	108.2	67.4	T 0606

根据表1所示数据来看,高强度改性沥青的高温性能明显优于SBS改性沥青。

采用玄武岩碎石、石灰石矿粉,拟合至JTG T3364-02—2019中浇筑式沥青混合料建议级配范围的中值级配,拌制浇筑式沥青混合料,进行刘埃爾流动性试验,然后将混合料在230~240℃下静置5 min后,观察表面状况。不同流动状况如图2所示,试验检测结果如表2所示。

根据表2所示试验结果,可以分析得到如下结论或规律:

(1)高强度改性沥青和SBS改性沥青均可用于拌制浇筑式沥青混合料。

(2)当浇筑式沥青混合料的刘埃爾流动性接近或超过20 s时,混合料难以自流平,但可以通过人工辅助方式抹平,混合料无离析现象,是适宜机械方式摊铺的浇筑式沥青混合料。

(3)当浇筑式沥青混合料的刘埃爾流动性低于5 s时,混合料迅速自流平,但存在明显离析现象。

(4)浇筑式沥青混合料的刘埃爾流动性为5~15 s

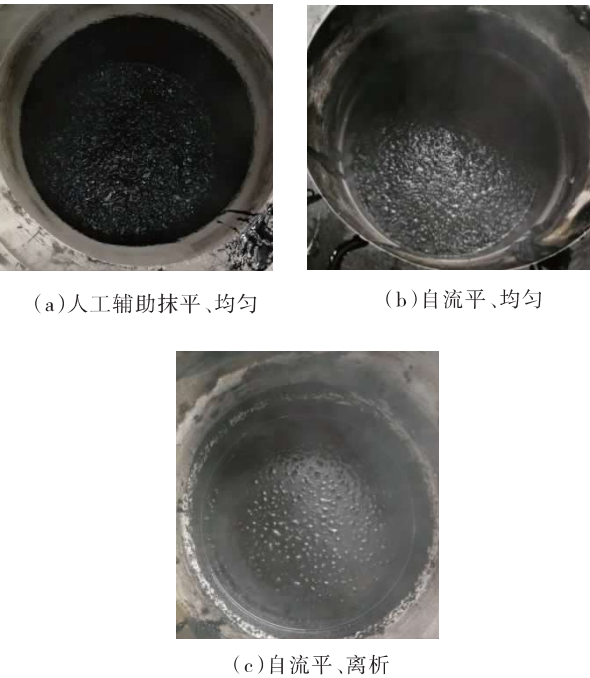


图 2 浇筑式沥青混合料状态

表 2 不同沥青的混合料流动性试验结果

沥青 结合料	油石比 /%	流动性 /s	混合料外观状态
高强度 改性沥青	7.3	>60	人工辅助抹平,表面有空隙,无离析
	7.6	32	人工辅助抹平,表面有空隙,无离析
	7.9	19	人工辅助抹平,表面均匀致密,无离析
	8.2	15	自流平,表面均匀致密,无离析
	8.5	10	自流平,表面均匀致密,无离析
	8.8	6	自流平,表面均匀致密,无离析
	9.0	5	自流平,表面均匀致密,无离析
	9.3	5	自流平,表面均匀致密,无离析
	9.6	3	自流平,表面均匀致密,离析
SBS 改性 沥青	6.9	>60	人工辅助抹平,表面有空隙,无离析
	7.2	35	人工辅助抹平,表面有空隙,无离析
	7.4	16	自流平,表面均匀致密,无离析
	7.5	12	自流平,表面均匀致密,无离析
	7.8	9	自流平,表面均匀致密,无离析
	8.0	6	自流平,表面均匀致密,无离析
	8.2	4	自流平,离析
	8.4	3	自流平,离析

时,混合料能够自流平,且无离析现象,符合非机动车道、桥梁人行道或检修道等区域对浇筑式沥青混合料施工性能的要求。

3 高温稳定性

JTG T3364-02—2019 规定,浇筑式沥青混合料的贯入度应为 1~4 mm (试验温度为:夏炎热区

60℃,夏热区 55℃,夏凉区 50℃),相应试验温度条件下贯入度增量的要求不大于 0.4 mm。浇筑式沥青混合料用于中央分隔带或人行道等时,贯入度和贯入度增量技术要求可酌情降低,但未给出具体技术要求值。

标准贯入度试验设备的主要参数为^[1]:加载砝码和贯入杆的总荷载为 515.0±9.81 N,贯入杆直径为 25.2 mm。据此换算浇筑式沥青混合料试件的加载压力为 1.03±0.02 MPa。

非机动车通行与机动车通行的主要区别是所承受的荷载不同,在各自相应的荷载作用下,贯入度不大于 4 mm、贯入度增量不大于 0.4 mm 时,可以认为混合料性能满足路用要求。理论上,应该按照非机动车道的常规荷载(考虑一定超载)对浇筑式沥青混合料进行贯入度试验,以贯入度不大于 4 mm、贯入度增量不大于 0.4 mm 为技术标准。但为了试验方法的统一,应将对应于非机动车道荷载压力下满足贯入度不大于 4 mm、贯入度增量不大于 0.4 mm 的混合料性能要求转换为标准压力(1.03±0.02 MPa)下的贯入度试验结果。

3.1 荷载分析

非机动车道的主要通行对象为行人和非机动车辆(自行车、三轮车、电动自行车等)。实际使用时,摩托车和电动三轮车也经常通行,且比行人和非机动车辆对铺装影响更大。在做铺装受力设计时,应按照较不利情况来考虑和分析,本文按照摩托车荷载分析。目前,我国尚未对自行车、摩托车、三轮车等车型的外形参数和载重量参数做出统一规定,部分省市出台了一些具体的要求,车辆生产厂家一般都制定有企业标准。这里根据摩托车轮胎规格及其负荷能力^[8]进行荷载分析,并假设轮胎接地长度等于轮胎宽度,车辆荷载通过轮胎对路面产生的荷载压力如表 3 所示。

表 3 车辆荷载压力计算

轮胎规格	设计断面宽度 /mm	负荷能力 (双轮)/kg	计算压力 /MPa
2.00-19	52	109	0.40
2.25-19	61	150	0.40
2.50-21	65	180	0.42
2.75-21	75	200	0.35
3.00-21	80	230	0.35
3.25-21	89	265	0.33
3.50-21	93	290	0.33
3.75-19	99	300	0.30
4.00-19	104	335	0.30

根据表3可知,一般摩托车轮胎理论接地压力达到0.30~0.42 MPa。取其均值0.36作为代表值,非机动车道贯入度试验所用压力值需在此基础上进行适当提高。可借鉴车行道浇筑式沥青混合料标准贯入度试验所用压力与车辆荷载压力之间的对应关系。

《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)对车辆荷载标准值所采用的参数为:后轴重 2×140 kN,后轮着地宽度和长度为 $0.6 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$,计算车辆轮胎的理论接地压力为0.58 MPa。

标准贯入度试验所用压力为1.03 MPa,据此推算非机动车道非标准荷载贯入度试验的压力值为: $0.36 \times (1.03 \div 0.58) = 0.64 \text{ MPa}$ 。

3.2 贯入度试验

按照非机动车道的实际荷载需要,采用0.64 MPa的压力对浇筑式沥青混合料进行贯入度试验。当贯入度为1~4 mm、贯入度增量不大于0.4 mm时,认为混合料满足路用性能要求。本研究采用夏炎热区的试验温度(60℃),试验结果如表4所示。

表4 非标准荷载贯入度试验结果

沥青类型	油石比 /%	贯入度 /mm	贯入度增量 /mm
高强度改性沥青	8.7	3.60	0.34
	9.0	3.95	0.38
	9.3	4.28	0.41
SBS改性沥青	7.7	3.02	0.28
	8.0	3.72	0.39
	8.3	4.85	0.56

根据表4的试验结果可知,达到相同高温性能要求的浇筑式沥青混合料,采用高强改性沥青时,油石比高于采用SBS改性沥青。对于相同的改性沥青,随着油石比的提高,高温稳定性呈下降趋势。当油石比分别为9.0%(高强度改性沥青)和8.0%(SBS改性沥青)时,0.64 MPa压强下的贯入度试验结果刚好满足路用性能要求。以这个状态的浇筑式沥青混合料作为高温性能满足要求的最低标准。

为将非标准荷载满足高温性能要求的最低标准转换为标准荷载下的数值,将油石比为9.0%高强度改性沥青浇筑式混合料和油石比为8.0%的SBS改性沥青浇筑式混合料分别在标准荷载(1.03 MPa)作用下进行贯入度试验。试验结果如表5所示。

分析表5的试验数据可知,随着试件承受荷载的增加,在相同温度和相同时间下,浇筑式沥青混合料试件的贯入深度明显增加。更换改性沥青种类时,

表5 标准荷载贯入度试验结果

类型类别	油石比 /%	非标准荷载压力 0.64 MPa		标准荷载压力 1.03 MPa	
		贯入度	贯入度增量	贯入度	贯入度增量
		/mm	/mm	/mm	/mm
高强度改性沥青	9.0	3.95	0.38	5.91	0.57
SBS改性沥青	8.0	3.72	0.35	5.82	0.55

同种沥青具有相同规律。无论采用高强度改性沥青还是SBS改性沥青,标准荷载下的贯入度试验数据已经远超JTG T3364-02—2019对车行道浇筑式沥青混合料贯入度值的要求,但在非机动车道荷载作用下能够满足要求,说明非机动车通行场合可以采用较低的技术标准。根据高强度改性沥青和SBS改性沥青的浇筑式沥青混合料性能试验结果,按照标准贯入度试验压力,可以对混合料高温性能要求取值为:贯入度不大于5.8 mm,贯入度增量不大于0.55 mm。在这样的技术标准要求下,对于非机动车道的浇筑式沥青混合料铺装,采用SBS改性沥青作为结合料,不仅能够满足路用性能要求,还降低了沥青用量,从而从沥青用量和单价两方面降低工程造价。

4 结 语

本文研究了桥梁非机动车道浇筑式沥青混合料的性能参数,对机动车道和非机动车道车辆荷载和施工环境进行差异分析,通过刘埃尔流动性试验和贯入度试验提出了用于桥梁非机动车道浇筑式沥青混合料的性能参数和技术标准,得出以下结论:

(1)对非机动车道的浇筑式沥青混合料性能参数进行分析,采用刘埃尔流动性和贯入度性能作为评价参数。

(2)非机动车道的浇筑式沥青混合料对施工和易性要求高,要求混合料能够自流平,混合料的刘埃尔流动性宜控制在5~15 s。

(3)对非机动车道的交通荷载情况进行分析,电动三轮车虽划分为机动车类别,却是非机动车通行道面的较不利荷载,非标准荷载贯入度试验压力可采用0.64 MPa。

(4)非机动车道浇筑式沥青混合料的高温稳定性可以采用标准荷载贯入度试验方法进行试验和评价,技术标准可以确定为:贯入度不大于5.8 mm,贯入度增量不大于0.55 mm。

(5)SBS改性沥青能够用于非机动车道的浇筑
(下转第202页)

形成“漏斗”形渗流分布,排水管所形成的“漏斗”形分布共同组成一个大“漏斗”,排水管之间的孔隙水压力明显减小。

(3)随着渗流规律的变化,结构所受孔隙水压力也随之变化,孔隙水压力的变化导致结构所受最大主压应力跟随改变,其变化同样呈现“漏斗”形分布,以排水管为中心,应力值向两侧逐渐增大,多个排水管形成一个大的应力“漏斗”区,存在排水管的区域应力值明显低于同等高度的其他结构处的应力值。

(4)结构所受的孔隙水压力变化只跟随渗流分布范围变化,其最大孔隙水压力的位置和大小并未变化,最大主压应力分布范围同样跟随渗流分布范围进行变化,但其最大主压应力所处的位置和数值都发生了变化,最大主压应力分布范围由整体模型的底部变化到了综合井底部的位置,其数值由原来的1.72 MPa增大到了2.7 MPa。

参考文献:

- [1] 何伟,叶晓峰.我国城市土地利用状况近观透视[J].现代城市研究,2000(6):47-49.
- [2] 杜雨露,王志超.城市地下空间开发利用的必要性探讨[J].四川建材,2016,42(1):100-101,109.
- [3] 陈健.城市地下工程建设中的地下水问题及改善对策分析[J].城市建设理论研究(电子版),2020(14):8.
- [4] 雷永生,邓国华.城市地下铁道工程防水技术探讨——以西安地铁为例[J].地下空间与工程学报,2012,8(3):637-644.
- [5] 郭鸿雁,纪亚英,方林等.基于流固耦合分析的富水隧道外水压力与限量排放标准研究[J].岩土工程学报,2019,41(S1):165-168.
- [6] 华兴,乔卫涛,曾禹人.地下工程对地下流场变化影响——以黔中白云岩区为例[J].地下水,2021,43(3):63-65.
- [7] 木林隆,王乐,李杰等.地下结构对地下水渗流场水位改变的数值分析[J].土木工程学报,2019,52(S1):78-84.
- [8] 张进.富水环境下隧道地下水限量排放的衬砌外水压力分析[J].四川建筑,2020,40(5):96-98,102.
- [9] 王一鸣,皇民.高水压岩溶隧道堵水限排防排水设计研究[J].嘉应学院学报,2019,37(3):75-80.
- [10] 彭文斌.FLAC3D 实用教程[M].北京:机械工业出版社,2007.

(上接第192页)

式沥青混合料,满足路用性能要求。

参考文献:

- [1] JTG T3364-02—2019,公路钢桥面铺装设计与施工技术规范[S].
- [2] 陈仕周,闫东波.钢桥面浇注式沥青混凝土铺装技术[M].北京:人民交通出版社,2015.
- [3] 邵莉,王彬.浇注式沥青混凝土高温稳定性评价指标的评述[J].城市道桥与防洪,2013(4):210-212.
- [4] 雷碧云.钢桥人行道浇注式沥青混凝土铺装技术研究[D].重庆:重庆

交通大学,2018.

- [5] 万涛涛,吴年超.钢桥面浇注式沥青混凝土设计体系研究[J].筑路机械与施工机械化,2015,32(2):81-87.
- [6] 王选仓,侯贵,孙耀宁,等.寒冷地区浇注式沥青混凝土高温稳定性与技术指标研究[J].公路交通科技,2018,35(11):44-50.
- [7] 杜会民,虎见.清水河大桥钢桥面铺装浇注式沥青混凝土高温稳定性评价指标研究[J].公路,2017,62(3):285-287.
- [8] GB/T 2983—2015,摩托车轮胎系列[S].