

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.12.018

沥青路面车辙病害检测分析及探讨

张永福, 童景盛, 康联国
(中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 近年来,随着国家基建大力发展,带动了沥青路面设计、施工技术的成熟进步。对一些原有沥青路面不满足车辆运行和安全的道路,进行勘查、改造,并对出现的车辙现象原因进行分析,对沥青路面动稳定度、永久变形、流动数等进行探讨。为后期道路沥青路面设计时,能够精益求精,结合当地环境,选择合理的沥青混合料,延长沥青路面的使用寿命。
关键词: 车辙;动稳定度;永久变形;流动数
中图分类号: U416.217 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2022)12-0068-03

0 引 言

车辙是车辆行驶后,在路面上留下车轮的压痕。也是我们对路面能否正常使用,对其进行评价和养护的一个重要指标。车辙的深度直观反映了车辆在行驶时的舒适度,具体表现在沥青混合料的动稳定度、永久变形指标的变化。直接影响在一下方面:车辆行驶横向稳定性,车辆变道困难;车辙也可能积水,形成水坑,带来面层水损坏和行车安全。目前,对沥青路面永久变形的研究也是一个难题,主要是沥青混合料具有粘弹性的特点,影响沥青路面的高温稳定性因素的多样性和复杂性。车辙的计算深度 δ 由轮下的车辙深度 D_1 和车辙每边凸起的材料高度 D_2 ,直接相加得出。公式为: $\delta=D_1+D_2$,见图 1。

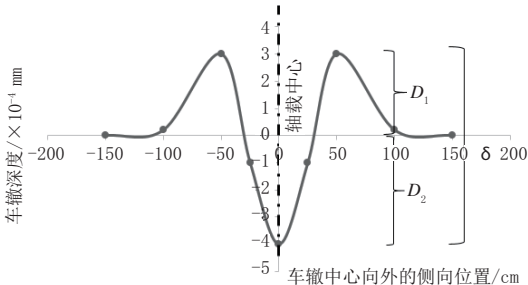


图 1 车辙深度的计算

1 工程概况

兰州市九州经济开发区 S468# 道路已于 2012 年建成通车,路面病害主要为局部路段的车辙、沉

降、大面积龟(块)裂,表层剥落等。加之该路段处于经济开发区进出口干道,随着片区周边大型项目的相继开工建设,重型车辆增多,局部破损严重路段出现路面沉降,沉降轻重不一,车辙破坏严重,人行道存在鼓包、塌陷等问题。

2019 年 4 月 16 日我公司组织相关检测人员对九州经济开发区 S468# 道路车辙现象进行了现场检测,对车辙比较严重的 K0+200、K0+554、K0+805 处进行设置检测点,依据《公路路基路面现场测试规程》,利用 3 m 直尺测定车辙长度、深度,见表 1。每个检测点进行三个取芯试验,进行量取各面层的厚度,与原有沥青混合料的上下面层厚度比较,结果见表 2。

表 1 车道路面车辙检测结果

位置	行车方向		长度 /m	深度 /mm	计算每延米 平均深度 /mm	标准值 /mm
K0+200	左侧	左轮	8.5	50	59	不大于 2.4
		右轮	6.8	70		
	右侧	左轮	7.0	80	73.4	
		右轮	5.5	65		
K0+554	左侧	左轮	5.2	80	77.5	
		右轮	5.0	75		
	右侧	左轮	4.9	60	62.4	
		右轮	4.5	65		
K0+805	左侧	左轮	11	85	82.6	
		右轮	10	80		
	右侧	左轮	9	75	83.3	
		右轮	8.5	92		

注:标准值取《城镇道路工程施工与质量验收规范》(CJJ 1-2008)

2 车辙现象分析

通过对兰州市九州经济开发区 S468# 道路的检

收稿日期: 2022-08-17
作者简介: 张永福(1979—), 男, 学士, 高级工程师, 从事道路设计工作。

表2 车道开挖断面沥青面层厚度统计结果

层位	车道横断面位置的平均厚度/mm					各层变形比例/%			纯压密变形/mm		
	左隆	左轮	中间	右轮	右隆	左轮	右轮	平均	原厚	现厚	压密
上层	42	31.2	43	33	46.7	78	35	56	42.5	39.4	3.1
下层	64	56	66	57	73.3	22	65	44	65.0	63.2	1.8
总厚	106	87.2	109	90	120	100	100	100	107.5	102.5	4.9

测,发现路面结构层的永久变形,主要是集中在沥青面层。沥青混合料是由矿料、沥青胶浆和空气组成。在温度和荷载作用下,通过沥青胶浆的流动,对沥青混合料原有矿质结构进行破坏等机理。将沥青混合料的永久变形大致划分为三个阶段,即初期压实阶段、中期稳定变形阶段、后期破坏失稳阶段,见图2。

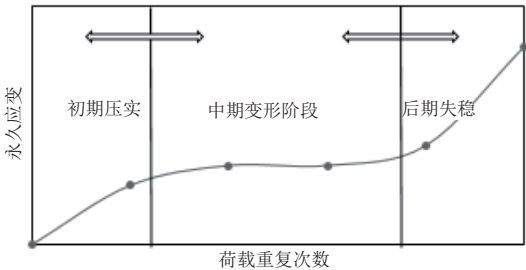


图2 沥青混凝土变形划分阶段

2.1 初期压实阶段

主要表现在道路运行初期,因沥青混合料面层没有形成完全压实而过度追求平整度,导致出现车辙现象。在高温季节和交通量增加的情况下,孔隙率不断降低,达到极限空隙率后趋于稳定。

现场踏勘初始车辙现象,主要在车行道轮胎附近,两侧没有凸起,只有凹面。对于不在轮胎范围内的部位,影响不大。这属于施工不当造成的非正常情况下的车辙现象。为了减少车辙的形成,加固碾压是设计中最重要工序,不要盲目追求平整度,忽略压实的适宜性,孔隙率应符合规定的可控范围。

沥青混合料主要有沥青胶浆,在高温和荷载作用下主要借用于流变学的应用,表现为沥青的蠕变现象,面层平整度下降,造成明显车辙现象。混合料含沥青占比越大,说明其流动性增加,永久变形也增大。

在这一阶段,道路刚通车,压应变速率快速增大,沥青混合料的永久变形随着增大;在“永久变形-荷载次数”的抛物线中,表现为“凸”形。

2.2 中期变形阶段

该阶段,在正常的道路行驶过程中,沥青混合料处于半固胶状态,自身产生流动的形态,填满沥青的部分空隙,从而产生了沥青混凝土的缓慢变形,体积

略有变化,开始慢慢产生剪切变形。沥青混合料的压应变速率维持不变,近视为稳定状态。

根据 David Roylance 所编写的《屈服和塑性流动》^[1],沥青面层粘结措施不好,在高温下集料的位移还会沿着行车方向进行,直接表现为推移病害。而沥青混合料的推移正是由车辆长时间的运行,施加了一个水平应力;在其应力大于沥青混合料塑性的屈服点时,沥青混合料不能够恢复到原有状态。屈服应力通常在仅有单轴应力的拉伸试验中确定,预测合适发生时,根据屈服准则来判断,见图3。本质上的粘性流动过程,跟液体的流动十分地相似,发生塑性流动时通常体积不变,相应的泊松比 $V=1/2$ 。

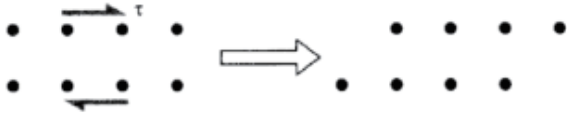


图3 水平应力作用下下滑移

此种车辙现象的主要表现为:影响的范围大,车轮两侧没有明显隆起现象,呈“V”形横断面形式。因为在我国道路设计中,基层设置半刚性材料,而路面采用沥青混合料,为流动性车辙。对这一阶段所产生的车辙现象,主要是通过新材料和改造再生材料等措施,预防车辙现象的产生。

2.3 后期失稳阶段

此阶段,路段在重型车辆反复作用下,其沥青混合料的承载能力超出其稳定极限。随着车辆运行次数的增加,对原有粗骨料产生了挤压,原有的沥青及胶浆,流向车行道自由端,重新对骨架进行排列,通过剪切变形,不再有体积变化。当水平应力超过某一点时,应变有非常明显的增加,而水平应力先是下降,然后作微小的波动,这种水平应力基本保持不变,而应变显著增加的现象,称为屈服或者流动。而流动数表示该阶段达到迅速破坏起点时,荷载作用的次数,一般用“FN”表示。

参考东南大学的《沥青混合料永久变形的三轴重复荷载试验研究》^[2],按照道路原有沥青面层结构,选取不同级配的四中沥青混合料,AC-13F、AC-13C、AC-16 和 AC-20 的比较。流动数为永久应

变对荷载作用次数的变化率,应变率开始增大点对应变为破坏塑性应变。分析影响流动数变化的因素,见表 3 级配形式。

通过三轴荷载试验,分别选用不同温度 40℃、

50℃、60℃下,根据不同的水平应力 0.7、0.8、1.0 MPa,研究沥青混合料流动数的影响。经验证,在温度为 40℃,水平应力在 0.7 MPa 的条件下,试验结果测得见表 4。

表 3 沥青混合料级配

级配类型	筛孔(mm)的质量通过百分率 /%											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13F	100	100	99.2	94.5	83.1	63.2	47.6	31.6	20.3	10.0	7.1	5.2
AC-13C	100	100	99.1	91.5	78.2	47.1	31.8	20.9	14.5	8.8	6.2	5.4
AC-16	100	100	98.8	84.7	67.7	46.8	31.2	19.6	13.6	9.6	7.5	5.7
AC-20	100	95.0	85.6	73.5	64.2	42.2	28.8	18.2	11.8	10.2	6.3	5.2

表 4 沥青用量、孔隙率、流动数(温度 40℃,水平应力 0.7 MPa)

混合料类型	沥青用料 /%	孔隙率 /%	流动数
AC-13F	4.9	4.2	2 049
	5.2	4.2	1 680
	4.9	7.1	1 153
AC-13C	4.6	4.2	2 880
	5.1	4.2	2 180
	4.6	7.1	1 457
AC-16	4.3	4.2	3 280
	4.8	4.2	2 467
	4.3	7.1	1 700
AC-20	4.1	4.2	2 200
	4.6	4.2	1 600
	4.1	7.1	1 253

根据表 4 可知,每种沥青混合料,在孔隙率相同条件下,沥青用料多,流动数小;反之,在沥青用料相同条件下,孔隙率大的流动数小。

通过荷载试验,温度和加载应力对混合料流动数的影响,试验结果见表 5。

表 5 不同温度、应力、流动数

混合料类型	温度 /℃	应力 /MPa		
		0.7	0.8	1.0
AC-13F	40	2 049	1 312	771
	50	522	334	241
	60	198	168	95
AC-13C	40	2 880	1 789	1 357
	50	685	421	278
	60	245	199	105
AC-16	40	3 280	2 625	1 490
	50	745	482	277
	60	288	210	114
AC-20	40	2 200	1 580	965
	50	585	375	268
	60	193	148	102

由表 5 可知,随着温度的增大,相同应力下,流动数减小;相同温度下,随着水平应力的增大,流动数也减小。

损坏时容易使车轮对应的路面部位下凹,车轮作用的路面两侧容易产生隆起现象。在弯道处还明显向外推挤,使车道线与停车线容易变成弯曲的曲线,造成交通事故的发生。

在该阶段,主要表现为沥青混合料的流动特性。一般在道路的上坡、转弯、道路交叉口位置,该处的路面因车辆速度较低,轮胎接地引起的侧向应力较大,对主要行驶双轮车的路段,车辙断面成“W”形横断面,对行驶宽幅单轮车的路段,车辙成非对称形状。导致沥青面层出现了推移破坏,影响道路寿命。

3 结 语

经过对沥青混凝土车辙的形成、破坏,进行剖析,分析产生这种现象的影响。外部有温度、行车荷载等因素的影响;内部主要有沥青的优化级配、油石比、孔隙率等因素影响。对沥青混合料产生塑性变形的情况下,找到沥青混合料的屈服点,绘制沥青混合料变形划分阶段的抛物线,以及预测沥青混合料的后期失稳破坏。

对于工程师,在沥青面层建设时,建议根据当地温度选择合适的沥青种类,可添加一定量的抗车辙剂,应用改性沥青,控制沥青稳定度,延长沥青路面寿命。

参考文献:

[1] David Roylance.屈服和塑性流动 MA021139[Z].剑桥麻省理工学院, 2001.
[2] 薛国强,黄晓明.沥青混合料永久变形的三轴重复荷载试验研究[J]. 交通公路科技,2009,26(11):1-5.