

沥青混合料车辙试验方法的分析

李向光,伍衡山*,谭劲旅,易灵芝

(南华大学 城市建设学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:讨论了沥青路面车辙产生的原因,简要介绍了车辙的评价方法.论述了试件成型碾压次数的确定方法,高温稳定性指标(动稳定度和相对变形指标)的选择,不同养护时间对试验结果的影响等问题.

关键词:车辙试验;车辙产生的原因;试件碾压次数;养护时间

中图分类号:U416.217 **文献标识码:**B

Analysis on the Test Methods of Asphalt Pavement Track

LI Xiang-guang, WU Heng-shan*, TAN Jin-lv, YI Ling-zhi

(School of Urban Construction, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: This paper discusses the cause of asphalt pavement track and briefly introduces the evaluation method of the track. It also explores the problems such as the way to determine the scrunch numbers of test section, the index choice of the performance used in the high temperature and the influence of different curing time on the result of test.

Key words: Track test; The cause of asphalt pavement track; Scrunch numbers of test section; Curing time

随着高速公路在我国的大规模修建,沥青路面的使用性能越来越受到重视.沥青路面受车辙的影响日益严重,车辙不仅降低了路面的使用寿命,还严重影响着行车安全性,是高速公路沥青路面的主要病害.车辙主要产生于高温时沥青混合料的永久变形.本文对车辙产生的几种原因进行了较系统的分析,并简要介绍了车辙的评价方法.

1 车辙的形成机理

车辙是沥青路面在车辆荷载反复作用下产生

竖向永久变形的积累.这种变形主要发生在夏季高温时节,是沥青混合料高温稳定性不足在重交通道路上的反映.车辙的形成过程可简单分为三个阶段^[1]:1)开始阶段的压密过程;2)沥青混合料的流动;3)矿质骨料的重新排列及矿质骨架的破坏.

根据车辙形成机理,可将其分为三大类型^[2]:

1) 失稳型车辙

它是由于沥青路面结构层在车轮荷载作用

收稿日期:2008-10-09

作者简介:李向光(1982-),男,山东潍坊人,南华大学城市建设学院硕士研究生.主要研究方向:结构工程.

* 通讯作者.

下,其内部材料的流动产生横向位移而形成。通常发生在轮迹处,当沥青混合料的高温稳定性不足时,在外力作用下就会产生这种车辙。这种车辙一般都有剪切变形产生的两侧隆起现象,对主要行驶双轮车的路段,车辙断面成W型。

2) 结构型车辙

这是由于路面结构在交通荷载作用下产生整体永久变形而形成,这种变形主要是由于路基变形而产生。这种车辙的宽度较大,两侧没有隆起现象,横断面成浅盆状的U字型(凹型)。

3) 磨损型车辙

由于沥青路面结构顶层的材料受车轮磨擦和自然环境因素作用下持续不断损耗而形成。

在我国,由于基层基本上是半刚性基层,强度及板体性好,基层及基层以下的变形极小,除了某些基层施工不良的路段外,结构型车辙很少。磨损型车辙在我国也较少,可以通过法律手段来阻止。三种类型车辙中以失稳型车辙最为严重,而且影响因素多而复杂,对于这种车辙可以说没有有效地维修方法,唯一只有将车辙部位铣刨掉用新的混合料修补,或将原来材料再生改造以更换产生车辙的层次。

但另外还有一种在国外较少发生的车辙,在我国却常常发生,它是由于沥青面层本身的压密造成的,这是非正常的车辙。有些高速公路施工时没有充分压实或为了片面追求压实度在降温下碾压造成压实度不足。在这样的路段上,沥青层在交通车辆的反复碾压作用下,空隙率不断减小,待到极限残余空隙率后才趋于稳定。这类车辙两侧没有隆起,只有下凹,呈U字型或W型。

2 评价方法

依上所述,车辙主要源于沥青混合料层,因此,正确评价沥青混合料的抗车辙能力尤为重要。国内外普遍进行以下几种室内实验研究:1) 马歇尔稳定度实验;2) 蠕变实验;3) 反复碾压模拟实验,如车辙实验、环道实验。

大量研究分析表明,马歇尔稳定度和流值与沥青路面长期使用性能无关,并且常常流值合格而高温下车辙仍很严重。但该方法经过几十年的广泛使用,仍不失为确定沥青用量的便捷方法。蠕变实验分为三轴压缩剪切蠕变实验和单轴压缩蠕变实验。按加载方式的不同,又分为动态和静态。由路面沥青混合料的实际受力状况可知,动态三轴压缩剪切蠕变实验是最理想的,可实验较复杂。

车辙实验以其省时省力,控制精度高及受力图式清晰而得到推广。

车辙试验方法最初由英国 TRRL 开发的,由于试验方法本身比较简单,试验结果直观且与实际沥青路面的车辙相关性甚好,因此得到了广泛的应用。车辙试验是一种模拟实际车轮荷载在路面上行走而形成车辙的工程试验方法:从广义上讲包括了室内往复车辙试验,旋转车辙试验,大型环道试验、直道试验、野外现场加速加载试验等都可认为是属于车辙试验的范畴,这些试验最基本的和共同的原理就是通过采用车轮在板块状试件或路面结构上反复行走,观察和检测试块或路面结构的响应,用动稳定度或车辙深度来表征试验结果。

车辙试验最大特点是能充分模拟沥青路面上车轮行驶的实际情况,在用于试验研究时,还可以改变温度、荷载、试件厚度、尺寸、成型条件等等,以模拟路面的实际情况,了解各种因素变化对车辙变形的影响。

日前,国外采用最广泛的是室内小型往复式车辙试验机。我国的车辙试验机是按照日本的原型机研制而成的。加载轮外径为 200 mm,轮宽 50 mm,对实心橡胶层的厚度和橡胶硬度也有明确要求。加载速度为 (42 ± 1) 次/min,试验温度为 $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。

2.1 试件成型碾压次数

我国规定的标准板状试件尺寸为 $300\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 50\text{ mm}$,质量按混合料的压实密度计算,并考虑 3% 的富余量。

关于碾压次数,部颁标准《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052 - 2000)^[3] 沥青混合料试件制作方法(轮碾法)说明:启动碾压轮,先在一个方向碾压两个往返(4次),卸荷,再抬起碾压轮,将试件调转方向,再加相同荷载碾压至马歇尔标准密度 $(100 \pm 1)\%$ 为止。试件正式压实前,应经试压,决定碾压次数,一般 12 个往返(24次)左右可达到要求。

从说明可看出,试件规程只给出了一个大概的建议数,即 12 个往返。在实际操作中,12 个往返往往不能达到要求,而不同级配,压实效果也不一样。因此试验中需找出一种简中一易行的办法以控制压实效果。试验所需试件各种集料和沥青质量,是根据马歇尔试验压实表观密度、试模内部尺寸($300\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 50\text{ mm}$)和各种集料及沥青在混合料中的比率确定的。例如,要计算每个试件中沥青用量,可用下式:沥青用量 = 密度 ×

(300 mm × 300 mm × 50 mm) × 混合料中沥青占有率. 因此, 要使混合料碾压至规范要求的马歇尔标准密度(100 ± 1)%, 一种简单易行的办法就是控制试件的厚度, 当试件高度与试模高度一致时, 混合料的密度与马歇尔密度就相差无几.

2.2 车辙试验动稳定度指标

试件在试验中, 变形大致可以分为两个阶段: 压密阶段和继续变形阶段^[4]. 刚开始, 试件空隙率较大, 混合料的变形增加很快, 此阶段可以理解为混合料的压密阶段. 当试件空隙率达到一定值时, 试件继续变形. 如果沥青用量适当, 级配较好, 变形较小; 反之, 则由于沥青的润滑作用, 混合料滑移, 变形加剧, 这个阶段可以称为继续变形阶段.

我国研究车辙变形的指标为动稳定度^[5]. 动稳定度的含义是指沥青混合料在高温条件下(试验温度一般是具有代表性的 60℃), 混合料每产生 1 mm 变形时, 所承受标准轴载(试验采用 0.7 MPa 轮压)的次数. 计算公式如下:

$$DS = (t_2 - t_1) \times N / (d_2 - d_1) \times C_1 \times C_2$$

式中: DS —沥青混合料的动稳定度, 次/mm;

d_1, d_2 —对应于时间 t_1, t_2 的变形量, mm;

C_1 —试验机类型修正参数, 曲柄连杆驱动试件的变速行走方式为 1.0, 链驱动试验轮的等速方式为 1.5;

C_2 —试件系数, 试验制备的宽 300 mm 的试件为 1.0, 从路面切割的宽 150 mm 的试件为 0.8;

N —试验轮往返速度, 通常为 42 次/min.

一般, $t_1 = 45 \text{ min}$, $t_2 = 60 \text{ min}$; $\Delta d = d_2 - d_1$ 为这 15 min 内的变形. 通常来说, 动稳定度指标取最后 15 min 的变形, 是为了消除由于试件本身的压密变形. 但笔者认为, 试件本身的压密变形也是车辙的一种形式, 消除这种变形, 不能全面评价沥青混合料的动稳定度, 特别是评价压实度不足的混合料. 因为在我国, 有些高速公路施工时没有充分地压实, 也有的片面追求平整度, 在降低温度后碾压, 造成压实度不足, 致使通车后的第一个高温季节混合料继续压密(比正常情况严重)形成车辙.

通过分析试验曲线(图 1)可以看出, NO. 1 与 NO. 2 混合料动稳定度相同(45 min 和 60 min 之间曲线平行), 车辙深度却相差很大. NO. 1 的车辙比 NO. 3 的车辙深得多, 动稳定度反而大些(45 min 和 60 min 之间曲线, NO. 1 斜率比 NO. 3 小), 这显然与实际情况不符.

3 个试件动稳定度变异系数试验规程要求小于 20%, 普通沥青混合料往往都不能达到要求.

现在一些改性沥青混合料的动稳定度很高, 有些甚至超出想象, 试验误差可见一斑. 从动稳定度的计算公式也可以看出, 当 Δd 很小时, DS 值就很高, Δd 的大小决定于 45 min 和 60 min 的变形差值. 而一般试验设备的精确度只能达到 0.01 mm, 所以当某些改性沥青的高温性能很好时, 45 min 后变形很小, 国产传感器的精度不能满足要求, 误差很大.

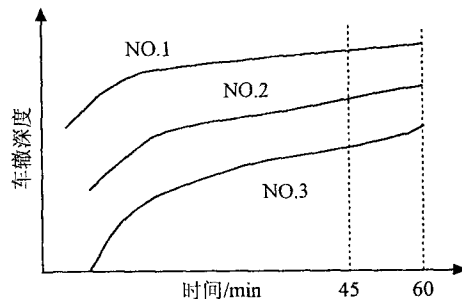


图 1 车辙深度试验曲线

Fig. 1 Test curve of track depth

鉴于以上原因, 笔者认为采用法国车辙试验相对变形指标能更好地表现沥青混合料的高温稳定性, 特别是分析动稳定度较高的改性沥青混合料. 计算公式如下:

$$\delta = \Delta L / L \times 100\%$$

式中: δ —试件相对变形; ΔL —试件产生的总变形; L —试件的厚度.

3 恒温室中养护时间

《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000)^[4]规定: 将试件连同试模一起, 置于已达到试验温度(60 ± 1)℃的恒温室中, 保温不少于 5 h, 也不多于 24 h.

笔者认为 5 h 与 24 h 之间相差 19 h, 在 60℃ 的高温条件下对试件的影响很大. 根据时间温度换算法则, 考虑 19 h 的时间效应, 60℃ 养护 24 h 相当于在更高的温度中养护 5 h, 可能是 63℃ 或者是 65℃, 甚至是更高的温度, 因为不同的混合料有不同的移位因子.

而温度对动稳定度的影响是非常明确也是非常显著的. 日本建设省土本研究所给出了动稳定度与试验温度、接地压力的关系式:

$$\lg DS = 8.656 - 0.7095T - 2.285P$$

式中: DS —动稳定度, 次/mm; T —温度, °C; P —接地压力, MPa.

若取 0.7 MPa 的接地压力,则上式成为:

$$1gDS = 7.0565 - 0.7095T$$

以 60℃ 的标准试验温度为例,按上式计算的动稳定度随温度变化的情况显示,试验温度升高 1℃,动稳定度降低 15%;试验温度降低 1℃,动稳定度增加 18%,可见试验温度对动稳定度的影响很大。

试验轮的橡胶硬度虽然随温度变化的幅度不大,但在相同荷载时的轮印面积变化幅度很大。有数据表明,从 20~60℃ 相应的轮印面积变化幅度可达 50%,因此试验轮的接地压力变化幅度可达 60%。

因此,笔者认为在车辙试验时,要注意研究养护时间,且同一组试件相差不能太大,以免影响变异系数,规程养护试件区间范围也应缩小。

4 结语

本文主要讨论了沥青混合料车辙试件成型压实次数,动稳定度指标的选择,养护时间等二方面

问题。提出了确定试件成型压实次数的方法;探讨了衡量沥青混合料高温稳定性的两个指标:动稳定度和相对变形指标。比较结果认为使用相对变形指标较为合理;研究了试件养护时间对试验结果的影响,认为养护试件的时间范围应缩小。

参考文献:

- [1] 张登良. 沥青路面[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 交通部公路科学研究所. JTJ 052-2000 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S]. 北京:人民交通出版社,2000.
- [4] 沈金安. 沥青及沥青混合料路用性能[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [5] 交通部公路科学研究所. JTJ 058-2000 公路工程集料试验规程[S]. 北京:人民交通出版社,2000.

(上接第 87 页)

臭气的强度。从最后检测出的数据分析,该某污水处理厂排放的气体均能达到国家 GB14554-93《恶臭污染物排放标准》和 GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物大气排放标准》。

随着居民对环境质量的要求日趋提高和环保法规的日益强化,污水处理厂恶臭气体控制将迅速增加。由于除臭装置大都属于非标设备,因此要因地制宜地慎重选用各类除臭方案。在选取除臭工艺设施时,应充分考虑各类除臭设施的不同性能和特点。生物滤池除臭工艺具有操作管理简单、运行方式灵活、处理效果好等优点,较适合于市政污水行业恶臭气体净化。

参考文献:

- [1] 惠杨杨. 生物法去除污水处理厂恶臭的研究[D]. 天津:天津大学环境工程学院,2005.

- [2] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京:化学工业出版社,1998.
- [3] 尚 魏,王启山,郭 静. 生物过滤除臭技术在城市污水处理厂中的应用[J]. 天津城市建设学院学报,2006,7(2):121-123.
- [4] 杨卫英,褚莲清. 城市固体废弃物臭气的生物过滤处理法简介[J]. 再生资源研究,2001,8(1):30-32.
- [5] 王爱杰,徐潇文,任南琪,等. 污水厂臭气生物处理技术研究现状与发展趋势[J]. 中国沼气,2005,23(3):15-19.
- [6] Gero Leson, Arther, Winer. Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions[J]. Air Waste Manage Assoc, 1991, 41(8):1045-1054.
- [7] 何厚波,郑金伟,金 彤,等. 生物滤池工艺处理污水厂恶臭气体[J]. 环境科学与技术,2006,29(6):87-89.