

文章编号: 0451-0712(2006)07-0035-02

中图分类号: U416.217

文献标识码: B

水对沥青混凝土路面疲劳寿命影响初探

刘松¹, 张学锋¹, 叶志华¹, 沈成武²

(1. 湖北交通工程检测中心 武汉市 430051; 2. 武汉理工大学 武汉市 430063)

摘 要: 在无水 and 有水两种状态下沥青混凝土路面的单轴压缩疲劳试验结果表明, 水对沥青混凝土路面的疲劳寿命影响显著, 在两种状态下具有不同的破坏形式。在 0.7 MPa 压力作用下, 有水状态下沥青混凝土路面疲劳寿命只有无水状态下疲劳寿命的 18.7%。

关键词: 沥青混凝土路面; 疲劳寿命

沥青混凝土是一种多孔介质, 由于配合比设计及施工等方面的原因, 难免存在一些连通或半连通的空隙, 雨水会顺着这些连通空隙流动。特别是在路表排水不畅的情况下, 雨水较易渗入。在半连通空隙的路面以及排水不畅的桥面, 雨水长期积存于沥青混凝土中, 加速了沥青混凝土路面的损坏。为探索水对沥青混凝土路面疲劳性能的影响程度, 湖北省京珠高速公路建设指挥部进行了专门研究。

疲劳抗力是指沥青混凝土承受重复载荷作用不破坏的能力。对沥青混凝土疲劳性能的研究, 国外已有 40 多年的历史, 取得了很多研究成果。我国在这方面的研究工作虽然起步较晚, 但也做了大量工作。目前, 沥青混凝土的疲劳试验研究可分为 3 种类型: 一是实际路面在真实汽车荷载作用下的疲劳破坏试验; 二是足尺路面结构在模拟汽车荷载作用下的疲劳破坏研究; 三是试验室小型试件的疲劳试验研究。前两类试验结果比较准确可靠, 但因耗资大、周期长, 开展得并不多。因此, 笔者采用周期短、费用少的小型试件疲劳试验方法进行试验研究。

1 试验方法

试验的目的是了解无水和有水状态下沥青混凝土面层的疲劳破坏形式, 测试在不同轴向应力水平下沥青混凝土的疲劳寿命。

1.1 试件准备

采用实际沥青混凝土路面芯样进行试验。试样直径为 100 mm, 试样高度为沥青混凝土面层的设计

厚度 16 cm, 包括 4 cm 表面层 Superpave 12.5、6 cm 中面层 AC-20I 和 6 cm 下面层 AC-20。在不破坏试样结构的前提下, 对芯样端面进行局部修补加工。

1.2 试验设备和装置

主要试验设备为 PLG-100 疲劳试验机, 辅助装置为钢质带底开口圆筒。

为了进行有水状态下的疲劳试验, 特制一个钢质带底开口圆筒(钢筒)。其内径为 180 mm、内高 220 mm、壁厚 5 mm、筒底厚 10 mm, 底板带有卡口, 便于与试验机工作台面固定。试验时, 先将钢筒固定于试验机台面上, 再将有水试件(试件浸入水中 48 h)置于该筒内适当位置, 并注入适量水, 使水面漫过试件顶部。

1.3 试验原理

采用单轴无反向应力的轴向压缩疲劳试验, 在交变应力的作用下, 测量交变应力的最大值小于试件的强度极限时发生的疲劳破坏, 破坏前所经历的循环次数称为疲劳寿命 N 。施加在试件上的应力越小, 试件的疲劳寿命越长。交变应力的最大应力值与试件材料的强度极限的比值称为应力比 S , 其规律是应力比 S 越大疲劳寿命 N 越小。对于给定的若干个应力比 S , 通过试验可以测得与各应力比所对应的疲劳寿命 N , 从而可绘出反映应力比与疲劳寿命关系的 $S \sim N$ 曲线。

分别让试件处于无水和有水状态下进行疲劳试验, 可测得无水和有水状态下的 $S \sim N$ 曲线。两种曲线的差异反映了水对沥青混凝土疲劳性能的影响。

1.4 加载控制模式、荷载频率和波形

沥青混凝土的疲劳响应与加载控制方式有关。本试验采用应力控制方式,施加荷载的峰、谷值始终保持不变,连续进行荷载循环,试件破坏后中止试验。本试验采用轴向均布加压方式,上端部加压面的直径为 60 mm,小于试件的直径,以减少试件侧边边界效应的影响。

考虑到试验周期及设备因素,取加载频率为 5 Hz。因正弦波形比较接近于路面实际承受的车轮荷载波形,本研究采用半正弦波荷载进行疲劳试验。为加快试验速度,相邻波形之间不插入间歇时间。为避免循环加载时试件脱空产生的冲击作用,本研究设置正弦波形的最小荷载为最大荷载的 20%。

1.5 应力水平、试件个数、温度和数据采集

应力水平(应力比 S)选用 0.3、0.4、0.5、0.6、0.7 中的 4 或 5 个等级,每一等级应力水平采用 4 或 5 个试件进行试验。室温控制在 18℃~20℃之间。数据采集由仪器自动完成,设置为每分钟采集一次。

2 试验结果分析

2.1 疲劳试验结果及疲劳方程

疲劳试验前,先取 1 组试件进行 18℃~20℃室温时的抗压试验,测得试件轴压强度极限为 2.5 MPa。计算各等级应力水平下的荷载,分别进行疲劳试验,试验结果见表 1。

表 1 疲劳试验结果 万次

试验环境	试件组号	下列应力比时疲劳试验结果				
		0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
有水	1	78.04	115.16	184.65	192.52	360.38
	2	18.34	177.74	123.93	264.72	463.98
	3		100.05	149.98	295.18	353.1
	4	38.34	147.24	120.12	201.16	513.26
	5	45.46	113.29	151.05	244.38	
	平均	45.46	113.29	145.95	239.59	422.68
无水	1	80.2	172.10		605.18	2 500.56
	平均	80.2	172.10		605.18	2 500.56

由于沥青混凝土芯样的配合比、空隙率不完全一样,试验条件不完全相同,疲劳试验数据存在一定的离散性。为此,对同一工况下的疲劳寿命采用统计平均值。现将 36 个芯样在无水、有水状况下不同应力水平与疲劳寿命的关系绘于图 1,以便进行无水 and 有水状况下疲劳寿命的比较分析。

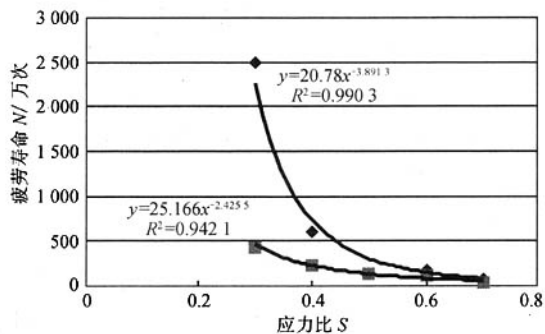


图 1 无水、有水状况下不同应力比与疲劳寿命的关系曲线

无水状态下,沥青混凝土疲劳寿命(万次)为:

$$N_{fw} = 20.78S^{-3.8913} \quad (1)$$

有水状态下,沥青混凝土疲劳寿命(万次)为:

$$N_{fb} = 25.166S^{-2.4255} \quad (2)$$

式中: N_{fw} 和 N_{fb} 分别为无水 and 有水条件下的疲劳寿命; S 为应力比。

公式表明,在同一应力比下,无水疲劳寿命大于有水疲劳寿命。两者之差异反映了水对沥青混凝土疲劳性能的影响。按照标准轴载 0.7 MPa 轮胎气压计算,在无水状态下沥青混凝土路面疲劳寿命为 2.94×10^7 次,有水条件下沥青混凝土路面疲劳寿命为 5.51×10^6 次,后者只有前者的 18.7%。可见,水对沥青混凝土路面疲劳寿命影响显著。

2.2 破坏形式

从试件破坏形式可以明显地发现,在无水试验条件下试件从底面开始开裂,垂直向上扩展,表现为劈裂破坏。在有水试验条件下试件从底面开始开裂,但裂缝是沿与垂直方向呈 20°~45°的角度向上扩展,表现为劈裂和剪切联合作用的破坏形式,扩展的角度大小可能与试件空隙中水的多少及空隙率有关。