

沥青混合料高温蠕变试验方法研究

王锦河

(西藏自治区交通厅, 西藏 拉萨 850001)

摘要: 沥青混合料是一种颗粒性的黏弹性材料。沥青混合料力学特性的颗粒性特征决定了无侧限的单轴蠕变试验方法, 通常在常温下可以采用较高的应力水平; 在高温时却只能采用较低的应力水平, 否则试件将会提前破坏。然而, 道路使用过程中所承受的重载往往超过 0.8 MPa 路面温度也达到 60°C 。因此, 采用厚车辙板试件 ($30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) 进行单轴蠕变试验 (即单轴贯入蠕变试验), 利用厚车辙板试件本身为荷载作用下的沥青混合料提供侧向约束, 为研究沥青混合料在高温、重载作用下的黏弹特性提供合理的试验方法。

关键词: 沥青混合料; 单轴贯入蠕变试验; 蠕变劲度

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1674-0696(2009)01-0060-03

Research on High Temperature Creep Test of Asphalt Mixture

WANG Jin-he

(Department of Tibet Communications, Tibet Lasa 850001, China)

Abstract A asphalt mixture is a viscoelastic material with grain composition. Grain composition of asphalt mixture determines the higher stress level is adopted in uniaxial creep test at normal temperature. Only lower stress level can be adopted at high temperature, or the sample will be undermined in advance. However, the load is always heavier than 0.8 MPa and the pavement temperature is over 60°C in the service period. Therefore, the thick rutting plates ($30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) are used in uniaxial penetration creep test (that is single axis penetration creep test). Making use of the lateral restraint thick rutting plates provide for the asphalt mixture under load, a reasonable test method for the investigation of viscoelastic properties of asphalt mixture under heavy load and at high temperature is obtained.

Key words asphalt mixture; uniaxial penetration creep test; creep stiffness

1 引言

用于沥青混合料高温性能的蠕变试验方法包括, 试验室圆柱试件的单轴静载、动载、重复蠕变试验, 三轴静载、动载、重复蠕变试验, 径向静载、动载、重复蠕变试验, 弯曲静载、动载、重复蠕变试验, 扭转剪切蠕变试验。静载通常指对试件进行恒定应力加载; 动载通常指对试件连续施加正弦波形应力; 重复加载通常指对试件施加间歇式的正弦或梯形波应力。

单轴静载蠕变试验是最简单、最实用的方法, 且试验设备相对简单, 因此被广泛使用^[1]。但是由于单轴静载蠕变试验不能体现混合料的侧向约束作用, 一方面使其不能较好的反应骨架型沥青混合料的嵌挤作用; 另一方面使其不能在高温、重载条件下研究沥青混合料的黏弹特性。因此研究人员引

入了三轴试验方法。三轴试验方法是借助气体或液体压力为圆柱体试件提供围压来模拟实际道路的约束作用。通过有限元计算路面内部的应力图和三轴试验的应力图可以发现, 三轴试验的应力分布和实际路面不同, 而且三轴试验的试验过程和试验设备复杂, 难以使用和普及^[2]。综上所述, 本文采用厚车辙板试件 ($30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) 代替传统的圆柱体试件进行单轴蠕变试验 (即单轴贯入蠕变试验), 利用厚车辙板试件自身为荷载作用下的混合料提供侧向约束, 为研究沥青混合料在高温、重载作用下的黏弹特性提供合理的试验方法。

2 试验设计

2.1 材料来源及试件制备

本次试验采用的沥青混合料均来自环道试验中的实体路面。通过对实体路面的切割、分层、再加

收稿日期: 2008-10-02; 修订日期: 2008-11-05

作者简介: 王锦河 (1965-), 男, 辽宁锦州人, 硕士, 从事工程项目管理工作。E-mail: zhanghong0472@sina.com; Tel: 13908916173

工, 制备成厚车辙板试件和标准 Shell 蠕变试验方法所需的圆柱体试件。

2 2 试验温度

沥青混凝土是一种黏弹塑性材料, 其材料特性与环境温度有密切联系。为准确反映材料特性, 本文根据实测得到的环道试验路面的实际温度梯度, 用插值法确定环道不同路面结构各层中点的平均温度为蠕变试验温度, 如表 1。

表 1 蠕变试验温度

环道结构	结构层材料	试验温度 /℃
A	SMA-13	59
	SUP-20	57
	SUP-25	53
	LSM-25	-
B	SMA-13	59
	SUP-20	55
	SUP-25	48

2 3 压头尺寸

同济大学孙立军教授在对单轴贯入试验方法深入研究后指出, 将路面模型化简为一定尺寸的小型试件, 其上施加一定的荷载, 当小型试件尺寸与压头尺寸比值 (r/R) 足够小时, 其受力状态应与路面的完全一致^[3]。

在高等级路面设计中, 根据各结构层功能的差异设计不同的沥青混合料, 因此根据各种沥青混合料公称最大粒径选择合理的压头, 可以避免压头大小与沥青混合料公称最大粒径的尺寸效应, 得到准确的、稳定的试验结果。综上所述, 在单轴贯入蠕变试验中, 参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—2000) 中 T 0702—2000~T 0704—1993 的内容, 对于最大公称粒径小于等于 26.5 mm 的沥青混合料采用相应最大公称粒径 4~5 倍大小的压头, 基本可以忽略尺寸效应对蠕变试验的影响。

本文中不同最大公称粒径混合料对应压头尺寸如表 2。

表 2 各结构层对应压头尺寸及顶面受到最大荷载

混合料类型	压头尺寸 /mm	最大荷载 /MPa
SMA-13	66	1.4
SUP-20	95	1.2
SUP-25	106	1.0

2 4 各结构层受到的最大荷载

本文通过 ANSYS 软件, 建立长宽为 3.5 m × 3.5 m 足尺实体环道模型; 将标准双圆均布荷载简化为单圆均布荷载作用在模型上面层中心; 设定模型底部沿竖直方向位移为 0, 模型前后、左右方向位

移为 0, 且各结构层之间完全连续。计算所需各沥青层抗压回弹模量采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(T 0713—2000) 方法测定; 其他结构层的弹性参数采用《公路路基路面现场测试规范》(T 0943—95) 方法测定的回弹模量表示。

考虑到重载条件下各结构层顶面受到的最大荷载大小, 计算时单圆均布荷载压强为 1.4 MPa, 由 ANSYS 计算出 A、B 两种路面结构中, 各结构层顶面受到的最大荷载如表 2。

2 5 试验设备

试验采用重庆交通科研设计院的 MTS 材料试验系统进行, 由计算机精确控制荷载并能自动采集变形数据。时间、荷载与位移数据直接记录到计算机文件中并可以运用数学工具软件进行数据处理。

2 6 试验方法

单轴贯入蠕变试验采用等时间多级荷载试验方法, 按照加载 60 s 卸载 360 s 的时间序列重复加载, 以 0.1 MPa 0.2 MPa 0.3 MPa……1.4 MPa 的加载方式逐级加载。因为随着路面结构深度的变化, 各结构层顶面受到的压应力大小不同, 所以, 对不同结构层的沥青混合料进行了相应荷载级别条件下的单轴贯入蠕变试验, 不同结构层混合料对应最大试验荷载如表 2。

单轴蠕变试验同样采用等时间多级荷载试验方法, 按照加载 60 s 卸载 360 s 的时间序列重复加载, 以 0.1 MPa 0.2 MPa 0.3 MPa 0.4 MPa 0.5 MPa 的加载方式逐级加载。

在试验前, 将制备好的厚车辙试件和圆柱体试件(下统称为试件)用砂轮在试件的上下表面打磨, 并且在硬质、平的钢板上找平, 同钢板一起放进烘箱, 在试验温度下保存 24 h 试验时再将试件放到试验仪器的刚性承载板上, 为防止试件端面摩擦力的影响, 试验时在试件两端面垫上聚四氟乙烯薄膜。

3 试验结果

通过单轴蠕变试验和单轴贯入蠕变试验, 可以得到两种蠕变试验中各级荷载下的沥青混合料蠕变劲度; 将同一试件得到的各级蠕变劲度进行线性回归可以得到线性相关系数 R^2 。蠕变劲度及 R^2 如表 3 和表 4。

4 试验结果分析

4 1 两种蠕变试验的共同点

由表 3 和表 4 可以看出蠕变试验中, 温度是影响沥青混合料蠕变特性最主要的因素; 单轴贯入蠕变试验和单轴蠕变试验都能够反映沥青混合料蠕变特性。对于同一个试件, 逐级加载的单轴贯入蠕变

试验和 0.1~0.4 MPa 逐级加载的单轴蠕变试验,当荷载增大,混合料的蠕变劲度随之增大。这是因为对同一试件而言,每一级荷载都会产生永久变形,这样就使混合料试件的实际高度减小,所以采用逐级递增的加载方式进行的蠕变试验,在试件没有发生结构性破坏前,蠕变劲度随荷载级别的增大而增大。

表 3 单轴贯入蠕变试验得到的蠕变劲度 MPa

荷载等级	SMA 13-59	SUP20-57	SUP20-55	SUP25-53	SUP25-48
0.1	8.5	4.0	11.9	16.3	27.3
0.2	33.0	20.0	33.7	27.6	43.7
0.3	50.1	31.8	53.3	34.1	72.0
0.4	65.9	45.4	68.7	33.2	92.4
0.5	83.9	61.6	85.9	45.4	111.7
0.6	110.2	92.3	132.3	57.2	158.1
0.7	113.2	76.8	117.0	63.2	145.3
0.8	120.6	82.4	130.1	56.9	162.5
0.9	133.8	94.8	140.9	64.6	172.8
1	136.2	101.5	160.5	68.9	184.7
1.1	147.3	101.4	161.2	67.3	191.9
1.2	188.4	138.1	202.7	66.2	208.4
1.3	169.4	-	-	-	-
1.4	170.7	-	-	-	-
R ²	0.946 4	0.924 1	0.957 1	0.881 5	0.948 2

表 4 单轴蠕变试验得到的蠕变劲度 MPa

荷载等级	SMA 13-59	SUP20-57	SUP20-55	SUP25-53	SUP25-48
0.1	3.7	15.1	11.5	12.2	14.5
0.2	19.3	36.1	29.5	22.5	28.1
0.3	25.3	43.4	39.9	38.6	40.3
0.4	31.6	43.2	43.2	39.1	47.6
0.5	36.5	37.5	42.2	36.8	-
R ²	0.937 7	0.495 1	0.794 3	0.818	0.983 5

4 2 两种蠕变试验的不同点

由于单轴贯入蠕变试验各级荷载对应的蠕变劲度均大于相同条件下的单轴蠕变试验,因此车辙板试件模拟实际路面约束作用是明显的。

单轴贯入蠕变试验准确的反映出了混合料的黏弹性性质;而单轴蠕变试验对温度相近的相同混合料 (SUP 20-57℃、SUP 20-55℃) 黏弹性性质的反映存在误差。

单轴贯入蠕变试验中,不同荷载大小与其荷载对应下的沥青混合料蠕变劲度相关性更好,因此单轴贯入蠕变试验更加稳定。

另外,表 4 可以反映出,单轴蠕变试验随着荷载的增加蠕变劲度增加,当荷载增大到一定水平时,蠕变劲度降低 (如 SUP20 SUP25 混合料在 0.5 MPa 荷载下的蠕变劲度),沥青混合料接近蠕变损伤的第三阶段,即加速蠕变阶段^[4],若再增加荷载,则试件破坏。

5 结 论

1)蠕变试验中温度是影响沥青混合料蠕变特性最主要的因素。

2)单轴贯入蠕变试验和单轴蠕变试验都能够反映沥青混合料蠕变特性,但单轴贯入蠕变试验相比单轴蠕变试验能够更合理、更稳定的反映沥青混合料蠕变特性。

3)单轴贯入蠕变试验所施加的荷载大小可以是实际路面各结构层顶面受到的压应力大小,因此单轴贯入蠕变试验为研究沥青路面在高温、重载条件下沥青混合料黏弹性性质,提供合理的试验手段。

参考文献:

[1] 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.

[2] 谭 巍. 沥青混合料高温稳定性的单轴贯入试验研究 (硕士学位论文) [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2007

[3] 孙立军. 沥青路面结构行为理论 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.

[4] 张肖宁. 沥青与沥青混合料的黏弹力学原理及应用 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2006