

文章编号: 1002-0268 (2006) 10-0037-04

沥青混合料高温稳定性评价指标的试验研究

岳学军, 黄晓明

(东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 通过大量的室内试验, 对沥青混合料高温性能的4种评价指标(动稳定度、车辙试验相对变形、单轴蠕变试验劲度模量、Superpave混合料最大次数下的残余空隙率)进行了比较分析。研究表明, 采用不同评价指标来评价沥青混合料的高温性能, 其基本规律是一致的; 车辙试验的相对变形指标比较直观、准确; 单轴蠕变试验与SHRP Superpave混合料高温性能的评价方法较为接近。车辙动稳定度指标有一定的局限性, 建议采用其他3项指标来评价沥青混合料的高温性能。

关键词: 车辙试验; 动稳定度; 相对变形; 单轴蠕变试验; 劲度模量; Superpave混合料; 残余空隙率

中图分类号: U416.217

文献标识码: A

Experiment Research on High-temperature Deformation Indexes of Asphalt Mixtures

YUE Xue-jun, HUANG Xiao-ming

(College of Traffic and Transportation Engineering, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: Based on the experiment data, comparative study was made of the indexes to evaluate the high-temperature deformation behavior of asphalt mixtures including dynamic stability, relative deformation of wheel Tracking test, creep moduli of the static uniaxle creep test, the residual air voids in the maximum gyratory compaction test of Superpave. The experiment research showed that different evaluation indexes were based on the same rule. The relative deformation of wheel tracking test is direct and accurate. Static creep test is closed to the SHRP Superpave test for the evaluation of the high-temperature deformation behavior. Dynamic stability from wheel tracking test has some limitation as an index for high-temperature deformation behavior of asphalt mixtures. Thus other three indexes were suggested.

Key words: Wheel Tracking test; dynamic stability; relative deformation; static uniaxle creep test; creep moduli; asphalt mixture of Superpave; residual air voids

0 引言

沥青混合料的高温稳定性是混合料重要性能, 沥青路面早期损坏的病害中车辙变形就是其突出的表现, 为此高温性能的试验研究及评价指标的选取是混合料设计的关键技术之一。综合国内外研究情况, 沥青混合料高温稳定性性能的试验方法主要有: 单轴高温蠕变试验(无侧限); 车辙试验; SHRP-Superpave设计中评价沥青混合料高温性能的体积指标

试验, 即最大旋转压实次数下的残余空隙率。

本文结合江苏近年来沥青及沥青混合料试验研究成果, 对上述几种高温稳定性指标进行分析评价, 找出科学合理的混合料高温稳定性评价指标。

1 沥青混合料高温稳定性试验方法简介

1.1 单轴静载蠕变试验

高温蠕变试验通过蠕变劲度模量来评价混合料的高温稳定性, 劲度模量通过试验按下式求得:

收稿日期: 2005-05-17

作者简介: 岳学军(1970-), 男, 河南新乡人, 博士研究生, 研究方向为道路工程. (yxj724@sohu.com)

$$S_{\alpha,\varepsilon} = \sigma' / \varepsilon_{永久}$$

式中, $S_{\alpha,\varepsilon}$ 为蠕变劲度模量, MPa; σ' 为应力, MPa; $\varepsilon_{永久}$ 为永久应变(10^{-6})。

通过直接在蠕变试验过程中测量试件的变形来求得。实际上已包括了上述弹性、粘性和粘弹性三部分的综合影响, 可满足工程应用的要求。

本次试验采用 SHRP 简单剪切试验机 SST (Superpave simple shear test)

试验温度: $T=60$; 施加压力: $\alpha_0=0.1$ MPa; 加载时间: $t=60$ min; 预载: 0.002 MPa。

试件采用设计空隙率成型。

1.2 车辙试验

车辙试验最初由英国道路研究所 (TRRL) 开发, 方法简单, 结果直观而且与实际沥青路面的车辙相关性甚好。沥青混合料车辙试验是用一块碾压成型的板块试件 (300 mm×300 mm×50 mm), 在规定温度条件 (60) 下, 以 1 个轮压为 0.7 MPa 的实心橡胶轮胎在其上行走, 测量试件在变形稳定期时, 每 1 mm 变形需要行走的次数, 即称为动稳定度, 次/mm。

沥青混合料试件的动稳定度按下式计算,

$$DS = \frac{(t_2 - t_1) \times 42}{d_2 - d_1} \times c_1 c_2$$

车辙试验另一个评价高温稳定性性能的指标是相对变形指标, 即在规定作用次数、时间下所产生的变形与试件总厚度的比值, 这个次数根据实际交通荷载和沥青混合料使用要求的不同而不同, 计算公式为

$$\delta_r = \frac{\Delta}{l} \times 100\%$$

本次试验为了方便对比是在车辙试验时间 60 min(42 次/min)作用次数下, 测定沥青混合料车辙试验总变形(车辙深度), 据此来计算车辙试验的相对变形。

1.3 SHRP Superpave 间接评价高温稳定性的方法

Superpave 技术是美国公路战略研究计划(SHRP)的重要研究成果, 对高温稳定性的评价, Superpave 采用的是体积方法来评价。首先依据交通量 ESAL's 的大小确定旋转压实成型的压实次数, 包括 $N_{初始}$ 、 $N_{设计}$ 、 $N_{最大}$ 3 种压实水平, $N_{设计}$ 压实水平下的体积参数用来确定混合料设计压实水平下的各项试验参数, 包括空隙率、矿料间隙率、饱和度及粉胶比等。在混合料各种材料组成及特性确定以后, $N_{最大}$ 压实水平下的体积参数用以检验混合料在大交通量下抵抗

长期塑性变形的能力, 即间接表示混合料抗车辙变形的能力, SHRP 提出的 $N_{最大}$ 压实水平下的压实度要求是不应大于 98%, 即空隙率应大于 2%。

混合料的体积性质决定了路面的变形性能, Superpave 混合料设计空隙率为 4%, 在大交通量、长期荷载作用下路面混合料的残余空隙率不应小于 2%, 据此, Superpave 用以评价混合料抵抗永久变形的能力。

2 单轴蠕变试验、车辙试验动稳定度及 SHRP 高温性能指标的对比研究分析

对江苏某高速公路 3 种设计方法确定的中面层沥青混合料高温性能进行分析对比。其中, 级配 1 采用的马歇尔方法规范 AC-20I 中值设计; 级配 2 完全遵照 Superpave 方法设计; 级配 3 采用马歇尔方法, 但是级配设计时避开了 Superpave 限制区来进行设计。3 种混合料设计结果见表 1。

表 1 各级配设计试验结果

Tab.1 Test results of each gradation design													
级配	下列筛孔(方孔筛)的通过率/%												
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
1	100	91.6	79.3	73.1	62.6	47.4	40.1	22.3	16.8	10.9	9.0	7.3	
2	100	97.5	/	79.9	60.0	39.8	27.0	16.4	12.6	8.3	7.1	6.2	
3	100	92.8	82.0	68.4	55.5	42.0	33.6	18.4	13.9	9.0	7.5	6.1	

采用车辙试验、单轴蠕变试验及 SHRP 方法来评价其热稳定性时, 其试验结果见表 2。

表 2 3 种级配类型的沥青混合料性能比较试验

Tab.2 Comparative test of performance of asphalt mixtures of three kinds of gradation					
级配类型	油石比	车辙动稳定度/(次·mm ⁻¹)	平均应变(×10 ⁻⁶)	粘性劲度模量/MPa	SHRP 高温性能评价指标(最大次数下的残余空隙率)%
级配 1	4.5	909	265.4	376.8	1.1
级配 2	4.4	1 346	146.6	682.1	2.5
级配 3	4.4	915	212.7	470.1	1.6

从表 2 的数据可以看出, 车辙试验动稳定度指标与蠕变试验粘性劲度模量规律一致, 级配 2 具有很好的高温稳定性。但从试验数据的粘性劲度模量可以明显地看出, 各设计级配高温性能的优劣, 见图 1。

从单轴蠕变试验及 SHRP 高温评价性能指标来看, 二者试验结果一致, 级配 2 具很好的高温稳定性, 从试验数据的结果也可以很好地看出, 3 种试验级配高温性能的差别。

析结果如图 2、图 3 所示。

图 1 设计沥青混合料高温性能的比较

Fig.1 Comparison of thermal stability of asphalt mixture

3 车辙试验动稳定度与相对变形指标的试验研究分析

表 3 给出了江苏省院近年对沥青混合料车辙试验数据。

表 3 沥青混合料车辙试验相对变形及动稳定度

Tab.3 Relative deformation and dynamic stability of wheel trucking test of asphalt mixture

试验 结果	混合料 类型	下列时间(min)的变形/mm						动稳定度 /(次·mm ⁻¹)	相对变 形/%
		1	6	7	30	45	60		
1	SMA	0.13	0.40	0.43	0.73	0.83	0.91	9 000	1.82
2	SMA	0.17	0.64	0.77	1.60	1.90	2.15	2 625	4.3
3	Sup13	0.12	0.45	0.47	0.81	0.89	0.98	6 300	1.96
4	Sup13	0.49	0.76	0.79	1.11	1.24	1.34	5 727	2.68
5	Sup13	0.19	0.49	0.54	0.88	0.99	1.10	6 300	2.2
6	SMA	0.30	0.75	0.78	1.08	1.17	1.22	12 600	2.44
7	SMA	0.45	0.86	0.89	1.31	1.44	1.55	6 300	3.1
8	SMA	0.15	0.99	1.06	1.66	1.84	1.96	5 250	3.92
9	AK-13	0.05	0.35	0.38	0.77	0.92	1.02	6 300	2.04
10	AK-13	0.02	0.13	0.14	0.30	0.37	0.43	10 500	0.86
11	AK-13	0.05	0.43	0.47	1.04	1.28	1.46	3 938	2.92
12	AK-13	0.42	0.89	0.93	1.35	1.48	1.60	6 300	3.2
13	AK-13	0.28	0.48	0.50	0.75	0.85	0.95	5 727	1.9
14	SMA	0.09	0.38	0.40	0.71	0.83	0.93	9 000	1.86
15	SMA	0.02	0.21	0.23	0.63	0.78	0.90	6 300	1.8
16	AK-13	0.52	0.71	0.73	0.97	1.07	1.15	7 875	2.3
17	AK-13	0.34	0.69	0.71	1.03	1.13	1.21	7 000	2.42
18	AK-13	0.50	0.88	0.90	1.23	1.34	1.43	7 000	2.86
19	AC	0.15	0.82	0.90	2.17	2.91	3.57	955	7.14
20	AC	0.15	1.01	1.13	3.05	4.09	5.00	716	10.0
21	AC	0.14	0.90	0.97	2.03	2.53	3.03	1 260	6.06
22	AC-20	0.20	0.78	0.86	2.10	2.82	3.52	900	7.04
23	AC-20	0.14	0.83	0.92	2.26	2.87	3.43	1 167	6.86
24	AC-20	0.11	0.65	0.71	1.61	1.94	2.22	2 333	4.44
25	AC	0.16	0.65	0.74	1.62	2.06	2.42	1 750	4.84
26	AC	0.17	0.67	0.71	1.44	1.77	2.07	2 032	4.14
27	AC	0.38	1.19	1.26	2.22	2.59	2.89	2 100	5.78
28	AC	0.34	0.97	1.05	2.24	2.82	3.26	1 432	6.52
29	AC	0.17	0.81	0.88	2.02	2.56	3.08	1 260	6.16
30	AC	0.13	0.79	0.86	1.91	2.30	2.65	1 800	5.30

将上述数据按上、中、下面层混合料的不同类型进行动稳定度与相对变形关系的相关性分析，分

图 2 上面层动稳定度与相对变形之间关系

Fig.2 Relationship between dynamic stability and relative deformation of upper surface

图 3 中下面层动稳定度与相对形之间的关系

Fig.3 Relationship between dynamic stability and relative deformation of median and lower surface

由图 2 可知，二者的相关系数为 0.525 6，相关性不是很理想。

由图 3 可知，二者的相关系数为 0.828 2，相关性较好。

从上述试验数据的总结分析可以看出，当车辙试验测试的动稳定度数据较小时，动稳定度与相对变形具很好的相关关系；当动稳定度数据很大时二者的相关关系较差；当动稳定度数据较大时，其远远偏离回归曲线。

通过上述分析说明，动稳定度与相对变形用于衡量沥青混合料的高温性能并不能完全统一（特别是在车辙动稳定度很大时）。显然相对变形反映的是沥青混合料加载时间内的总变形，而动稳定度是一个间接指标。当车辙动稳定度测试结果很大时并不一定能说明其车辙试验的总变形就小，这一点可以从车辙动稳定度的定义上找到解释。

我国采用车辙试验的动稳定度指标作为衡量混合料高温性能的一个间接指标，主要是基于实践的试验认识过程。在整个变形中，开始阶段的几次碾压可产生很大的变形，与试件接触的好坏是数据波动的重要原因。另外，总变形可区分试验结果的差别，但不便估计变形的发展情况。因此采用动稳定度作指标是比较合理的，同时对于预测沥青混合

料长期的抗变形性能具较大的意义。总变形指标反映的是沥青混合料受荷载作用下的变形性能,但是实际的试验情况并非这样,车辙要求成型的空隙率在混合料的设计空隙率附近,按此要求混合料的压密变形应很小。另一方面当车辙试验动稳定度数据很大时,测量变形的精度要求很高,若使用国产仪器,则试验误差很大。为此采用相对变形指标来衡量沥青混合料的高温性能具有很大的优点。

4 结论

(1) 用动稳定度、车辙试验的相对变形、单轴蠕变试验的劲度模量及 SHRP 高温性能的评价方法来评价沥青混合料的高温性能,其基本规律是一致的。

(2) 从试验数据的分析比较来看,用车辙试验的相对变形指标来评价混合料的高温性能,相对,较直观、准确,各国也有采用此种标准来评价沥青混合料的高温性能。

(3) 单轴蠕变试验与 SHRP Superpave 混合料高温性能的评价方法较为接近,对于具备试验设计条

件的地方可以采用上述两种方法代替沥青混合料的车辙试验。

现行规范沥青混合料高温稳定性车辙动稳定度指标有一定的局限性,采用其他3项指标来评价沥青混合料的高温性能应比动稳定度指标优越。

参考文献:

- [1] 张登良. 沥青和沥青混合料[M]. 北京: 人民交通出版社, 1993.
- [2] 严家级. 道路建筑材料[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [3] 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, 2000.
- [4] 彭波, 袁万杰, 陈忠达. 用车辙系数评价沥青混合料的抗车辙性能[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2005, 33(12): 84-86.
- [5] 伍国富, 邹宏德. 沥青混合料高温稳定性评价指标的试验研究[J]. 市政技术, 2005, 23(6): 345-348.
- [6] 孟书涛, 黄晓明, 范要武, 赵永利, 闫其来. 沥青混合料动稳定度试验的分析[J]. 公路交通科技, 2005, 22(11): 14-16, 49.
- [7] 唐前松, 唐柳. 沥青混合料高温稳定性的车辙试验研究[J]. 公路与汽运, 2004, (6): 54-56.
- [8] 李德超. 动稳定度数据处理方法研究[J]. 公路, 2005, (1): 164-168.



(上接第32页)

更有效地改善轮胎/路面噪声,而且 SMA 路面具有优良的高温抗车辙、低温抗裂、疲劳抗裂、抗滑和耐久等特性^[7]。OGFC 路面也具有优良的降噪功能,而且排水性能比较好,对于改善公路隧道服务环境具有特殊意义,但这种多孔沥青面层的空隙容易被堵塞,从而丧失排水与降噪功能,而且 OGFC 的耐久性不如常规沥青混凝土,使用寿命不一定长,根据上海某隧道的使用经验,OGFC 路面使用一年后孔隙率下降很快,排水功能和降噪功能也随之下降很大。

所以综合来看,隧道内采用低噪音路面的目标与普通道路不完全相同。由于不同的路面在隧道内增加了噪音,但是对车内影响却不大。因此,隧道路面的噪音、耐久、抗滑等应该综合考虑,满足路面耐久的最终目标。

3 结论

(1) 隧道内噪声不易消减,因此隧道内的噪声通常较大;

(2) 虽然洞内噪声明显高于洞外噪声,但当关闭车窗时,车内噪声的提高幅度并不大;

(3) 隧道内衬吸声材料可以降低隧道内噪声,因

此有条件时可以考虑使用;

(4) 采用沥青路面的隧道比采用水泥路面的隧道噪音有所降低,若采用 OGFC 或 SMA 则可在更大程度上降低噪音,但隧道路面必须考虑车内噪音、耐久与抗滑的综合性能,由此合理选择沥青面层混合料的类型。

参考文献:

- [1] GB1495-2002, 汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法[S].
- [2] 周海生, 杨玉明, 葛剑敏, 吕伟民. 路面材料吸音降噪性能的评定[J]. 华东公路, 2002, 2(1): 68-69.
- [3] 晓青. 交通噪声产生的原因及控制方法[J]. 天津汽车, 2002, (3): 7-9.
- [4] 杨良, 郭忠印, 杨学良, 丁志勇, 罗强. 公路隧道路面工作环境调研与分析[J]. 公路, 2004, 3(3): 148-152.
- [5] 师利明, 罗德春, 邓顺熙. 公路隧道内噪声预测和降噪措施的理论研究[J]. 中国公路学报, 1999, 12(增刊): 101-105.
- [6] 杜功焕, 朱哲民, 龚秀芬. 声学基础(上、下册)[M]. 上海: 上海科学教育出版社, 1981.
- [7] 沈金安. 改性沥青与 SMA 路面 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [8] 杨玉明, 王佐民, 葛剑敏, 周海生. 碎石沥青玛蹄脂路面的声振特性实验初探[J]. 同济大学学报, 2003, 31(3): 370-373.