

文章编号:1671-8879(2005)06-0021-04

测试方法对沥青混合料抗压回弹模量的影响

姚爱玲^{1,2}, 张西玲¹, 王选仓²

(1. 西安建筑科技大学 材料科学与工程学院, 陕西 西安 710055;

2. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要: 沥青混合料回弹模量是路面结构设计中一个重要的参数。针对常见的 AC-16I、AC-20I 两种沥青混合料, 在大型精密设备——材料试验系统(MTS)上对其回弹模量进行了试验与分析。试验在 0.1~0.7 MPa 单位压力下, 分别用“顶面法”与“侧面法”测试了竖向位移, 顶面法中又采用了 MTS 机架位移传感器和线性位移传感器两种方法, 侧面法用了应变规引伸仪测试竖向应变。结果表明, 在 0.7 MPa 单位压力下, 侧面法比顶面法的回弹模量更接近部颁规范推荐值。同时测出了不同温度下沥青混合料回弹模量, 建立了回弹模量与温度之间的关系, 为合理确定沥青路面的设计参数提供依据。

关键词: 道路工程; 沥青混合料; 回弹模量; 线性位移传感器; 引伸仪应变规; 温度

中图分类号: U414.75

文献标识码: A

Affect of test methods on compression module of asphalt mixture

YAO Ai-ling^{1,2}, ZHANG Xi-ling¹, WANG Xuan-cang²

(1. School of Materials Science and Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China; 2. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Compression module of asphalt is an important parameter for designing pavement structure. This paper introduces the experiment of compression module of two basic asphalt mixtures—AC-16 I and AC-20 I. During the experiment, material test system (MTS), a fine measuring instrument, was used, and vertical deformations were measured by using two kinds of methods often used in China. One is “top surface measuring”, which includes axial displacement transducer of MTS and linear variable differential transducers (LVDT). Another is “side surface measuring” that measures the vertical deformation on the height of certain part of the sample's side surface with strain gage extensometers. The experiments find that under 0.7 MPa unit pressure, extensometers is a better method than LVDT in making the parameter more close to the compression module values suggested by *Specifications for Design of Highway Asphalt Pavement*. The experiments also measured the compression module of asphalt mixture under different temperature and established the relations between compression modules and temperature. The results of the experiments offer further references for choosing design parameters of asphalt pavement. 7 tabs, 5 figs, 6 refs.

Key words: road engineering; asphalt mixture; compression module; LVDT; extensometers; temperature

收稿日期: 2004-05-20

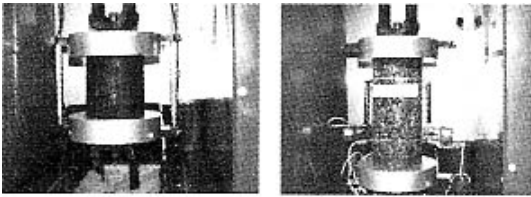
作者简介: 姚爱玲(1965), 女, 陕西澄城人, 长安大学高级工程师, 西安建筑科技大学博士研究生。

0 引言

沥青混合料回弹模量是路面结构设计的一个重要参数,其取值是否合理,关系到路面结构设计能否满足路面使用期限内的质量要求,关系到是否经济。回弹模量值取得过大,路面厚度必然较薄,不能满足使用的要求;取值偏小,路面设计厚度增加,又会给工程带来不必要的浪费。目前进行路面结构设计前,鉴于试验条件的限制和实用方便两方面的原因,设计单位一般采用“从规范中查取”的方法,这使得设计过程变得简练^[1,2]。但由于材料的差异,方法的不同,回弹模量的变化范围较大,很多设计单位因此采用了不合理的设计参数,这是近年来路面出现早期破坏的原因之一。本文通过试验研究,力图给出测试回弹模量的较为精确的方法,为合理进行路面结构设计提供依据^[3,4]。

1 回弹模量测试方法

由于测试应变方法的不同,回弹模量的测试有多种,目前采用较多的有顶面法、侧面法、承载板法。不同的测试方法结果相差很大,在这几种方法中,承载板法测试结果最大,顶面法最小,侧面法居中。室内承载板法由于可操作性较差,目前已很少有人使用,顶面法由于借助千分表,一般单位都有,推广性较好,被规范推荐为标准的测试方法。顶面法是直接在试件的顶端测出试件整个高度内的变形,侧面法是用传感器或者电测的方法测出试件部分高度内的变形,本文采用的应变测试方法见图 1。



(a)顶面法(LVDT)测试图 (b)侧面法(Extensimeter)测试图
图 1 应变测试装置图

从图 1 可以看出,用顶面法测试时,上、下压板与试件之间的间隙会同时被千分表或者线性位移传感器 LVDT (linear variable differential transducers) 当作变形测试出来,尤其是当试件表面平整性太差时,间隙会更大,势必导致回弹变形偏大,同时试件两端与刚性板接触产生应力紊乱,可能也会造成模量不准。而侧面法是测出试件部分高度的变形,所以不存在试件表面带来的误差问题。本次试验均是在长安大学大型精密设备材料试验系统

(MTS)完成,顶面法采用了 MTS 机架位移传感器及高精度的 LVDT,侧面法采用了高精度的引伸仪 (Extensometer)。

2 试验用材料

对 AC-16 I 和 AC-20 I 两种混合料进行了试验,试验用材料是洛阳-三门峡高速公路的上面层与中面层第 8 合同段材料。AC-16 I 采用 SBS 改性沥青,基质沥青为埃索 AH-70, AC-20 I 采用基质沥青埃索 AH-70,其三大指标见表 1。矿料合成级配见表 2、表 3。

表 1 沥青原材料检验结果

材料名称	针入度(100 g, 5 s, 25 ℃)	软化点/℃	延度(5 ℃)/ (5 cm · min ⁻¹)
埃索 AH-70	63.6	49.5	>100

表 2 AC-16 I 矿料合成级配

筛孔孔径 /mm	合成 级配	要求级配	
		下限	上限
19.00	100.0	100	100
16.00	96.1	95	100
13.20	84.3	78	90
9.50	73.8	65	76
4.75	50.2	42	56
2.36	36.2	30	40
1.18	23.7	20	28
0.60	17.8	13	23
0.30	12.9	9	18
0.15	8.6	7	14
0.075	6.3	4	9

表 3 AC-20 I 矿料合成级配

筛孔孔径 /mm	合成 级配	要求级配	
		下限	上限
26.50	100.0	100	100
19.00	96.9	95	100
16.00	85.4	75	90
13.20	71.1	62	80
9.50	60.8	52	72
4.75	46.3	38	58
2.36	34.5	28	46
1.18	27.0	20	34
0.60	22.8	15	27
0.30	14.1	10	20
0.15	9.1	6	14
0.075	6.6	4	8

3 试验结果与分析

3.1 试验简介

试验用试件均按照现行交通部部颁标准《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》,用静压法成型成 Φ100 mm、h=100 mm 的圆柱体试件,控制试件压实度为 100%。

试验时将荷载分为 7 级,加载范围为:0.1~0.7 MPa,采用逐级加载-卸载。以 2 mm · min⁻¹ 的加载速率加到预定荷载后直接卸载,然后稳定 30 s,测出加载后变形及卸载后变形,计算出回弹变形。侧面法及顶面法均可以实时记录加-卸载过程中的变形、力随时间变化的关系曲线,顶面法与侧面法所得力、位移、时间关系的走势相同,顶面法 LVDT 变形与时间的关系曲线见图 2(a);侧面法中力与变形关

系曲线见图 2(b)。图中纵坐标为负值,是与仪器设定受压为负有关。

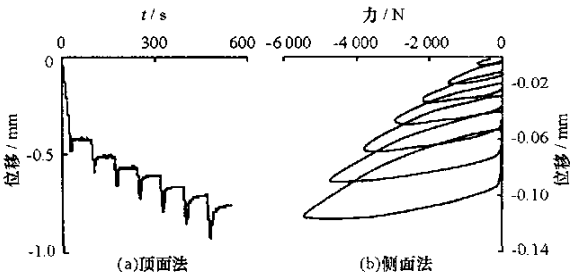


图 2 力、位移与时间的关系曲线

由于沥青混合料的粘弹性,随着力的增加,荷载与变形滞回曲线图中,滞回面积不断增加,图 2(b)反映出荷载与变形的实时曲线图。滞回曲线面积的增大说明塑性变形的存在。

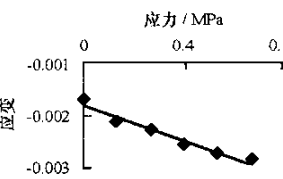


图 3 应力-应变关系曲线

根据曲线图 2(a)或图 2(b)计算并绘出应力与回弹应变关系曲线(图 3),基本上呈直线关系,利用斜率算出回弹模量^[1]。

3.2 回弹模量试验结果

3.2.1 AC-16 I

用顶面法、侧面法测出的结果相差较大,AC-16I 混合料在不同温度时的回弹模量试验汇总与统计结果见表 4。绘制出温度与回弹模量关系曲线见图 4。表 4 虽然仅列出了 90%保证率的值,但是为了便于比较,也计算出了 95%保证率的值,并在图 4 中绘制出来。

表 4 AC-16 I 抗压回弹模量与温度的关系 /MPa

温度 /℃	平均值			代表值(90%)		
	顶面法(机 架位移)	顶面法 (LVDT)	侧面法	顶面法(机 架位移)	顶面法 (LVDT)	侧面法
10	613	785	2 420	404	620	1 742
15	537	728	1 617	483	593	1 081
20	500	640	1 071	401	547	786
25	437	560	846	317	451	668

从表 4 可看出,侧面法基本上是顶面机架法的 2~4 倍;是 LVDT 法的 1.5~3 倍,而且,现行规范推荐值与侧面法试验结果比较接近,也可能是试验系统误差,顶面法试验结果偏小。当然这两种方法之间的关系还需进一步验证。从图 4(a)可看出,机架位移平均值虽然有良好的关系曲线,但不论是 90%还是 95%保证率下的回弹模量与温度的关系

曲线都不好,这说明试件之间的离散性较大,试验结果不稳定。图 4(c)中侧面法的试验结果不论是平均值还是 90%、95%保证率的回弹模量试验结果都较稳定,试验均匀性好,模量随温度降低的情况用多项式回归,线性非常好,相关系数均大于 99.5%(表 5)。图 4(b) LVDT 法测试结果介于侧面法与机架位移法之间,90%、95%保证率的值走势也较好。

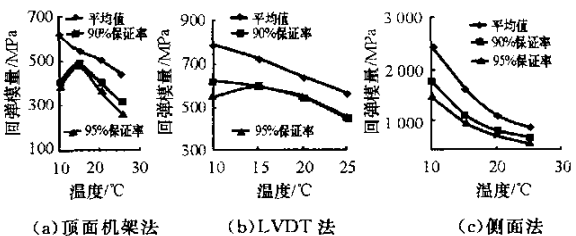


图 4 AC-16 I 回弹模量与温度关系曲线

表 5 AC-16 I 回弹模量与温度关系的回归关系式(侧面法)

项目	二次多项式	A	B	C	相关系 数/%
平均值	$E=AT^2+BT+C$	5.791	-308.09	4 292.5	99.99
90%保证率	$E=AT^2+BT+C$	5.428	-260.39	3 794.4	99.74
95%保证率	$E=AT^2+BT+C$	4.065	-201.51	3 096.0	99.90

3.2.2 AC-20 I

用与前面相同的方法,得出 AC-20 I 混合料温度与回弹模量关系(表 6)。

表 6 中面层 AC-20 I 回弹模量与温度的关系 /MPa

温度 /℃	平均值			代表值(90%)		
	顶面法(机 架位移)	顶面法 (LVDT)	侧面法	顶面法 (机架)	顶面法 (LVDT)	侧面法
10	419	824	4 376	359	651	3 488
15	420	720	2 890	365	545	2 200
20	485	626	1 958	402	502	1 636
25	573	580	1 226	501	463	1 035

从图 5(a)可以看出:AC-20 I 机架法的测试结果更差,有违背常规的结果,即回弹模量反而随着温度的增加而增大,说明机架位移试验结果是不可靠的;LVDT 法试验的均匀性较好,但结果明显偏小,很难能客观地反映回弹模量的规律;侧面法测试结果很稳定,而且 90%保证率时的回弹模量值与规范推荐值比较接近,对平均值、90%、95%保证率不同情况下的回弹模量与温度的关系用多项式回归,相关性很好,这充分的说明了侧面法的稳定性与可靠性。回归关系见表 7^[5,6]。

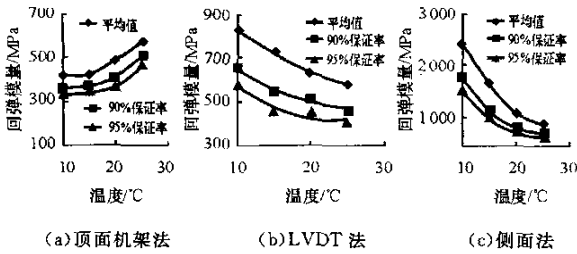


图5 AC-20 I 回弹模量与温度关系曲线

表7 AC-20 I 回弹模量与温度关系的回归关系式(侧面法)

项目	二次多项式	A	B	C	相关系数/%
平均值	$E=AT^2+BT+C$	7.524 9	-470.94	8 314.3	99.12
90%保证率	$E=AT^2+BT+C$	6.871 6	-399.01	6 753.3	99.89
95%保证率	$E=AT^2+BT+C$	5.178 9	-321.99	5 772.8	99.12

4 结 语

(1)在MTS系统上运用引伸仪侧面法,其测试结果的稳定性、可靠性优于顶面法,建议采用0.1~0.7 MPa单位压力下测试抗压回弹模量时,应首选侧面法。

(2)沥青混合料回弹模量与温度有很好的相关性,呈二次多项式关系 $E=AT^2+BT+C$,相关系数均在99%以上。

(3)不同的混合料回归方程中的系数不同,但数量级相同,模量越大,A、B、C的绝对值越大。AC-16 I 混合料A、B、C值分别为A:4~6、B:-200~-300、C:3 000~4 500;AC-20 I 混合料A、B、C值分别为A:5.0~7.5、B:-320~-470、C:5 770~8 500。对于不同的混合料,回弹模量与温度之间的关系需要再经试验来论证,以便能确定出A、B、C的值,方便设计使用。

参考文献:

References:

[1] JTJ052-2000. 公路工程沥青与沥青混合料试验规程[S]. JTJ052-2000. Test specification of bitumen and bituminous mixtures in highway engineering[S].

[2] JTJ014-97. 公路沥青路面设计规范[S]. JTJ014-97. Specifications for design of highway asphalt pavement[S].

[3] 尹如军,伍石生. 热拌沥青混合料密度的确定和测定方法[J]. 长安大学学报(自然科学版),2004,24(1):17-20. YIN Ru-jun, WU Shi-sheng. Specifying density and its measuring methods of hot asphalt mixture[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2004,24(1):17-20.

[4] 谢洪斌,姚祖康,庄少勤,等. 沥青稳定碎石排水层材料的抗压回弹模量[J]. 公路交通科技,2001,18(4):4-7. XIE Hong-bin, YAO Zu-kang, ZHUANG Shao-qin, et al. Estimating resilient modulus of asphalt treated permeable base materials[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2001,18(4):4-7.

[5] 葛折圣,黄晓明. 沥青混合料应变疲劳性能的试验研究[J]. 交通运输工程学报,2002,2(1):34-37. GE Zhe-sheng, HUANG Xiao-ming. Study on asphalt mixtures fatigue properties by testing[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2002,2(1):34-37.

[6] 潘宝峰,王哲人,陈静云. 沥青混合料抗冻融循环性能的试验研究[J]. 中国公路学报,2003,16(2):1-4. PAN Bao-feng, WANG Zhe-ren, CHEN Jing-yun. Test and study of the alternate freezing and thawing capability of the bituminous mixture[J]. China Journal of Highway and Transport,2003,16(2):1-4.

《建筑科学与工程学报》2006 年征订通知

《建筑科学与工程学报》是由国家新闻出版总署批准,国家教育部主管,长安大学主办的学术性期刊。主要刊载建筑学、结构工程、地下建筑与基础工程、建筑环境与设备工程等专业及相关领域的论文,包括科研、设计、施工方面的研究成果与工程实践总结,同时也刊登建筑材料、桥梁工程、市政工程、防灾减灾、力学等专业中与上述学科交叉的论文,并就一些热点和难点问题,开设“专家论坛”和“院士讲座”。主要读者对象为建筑学与土木工程技术领域的科研人员、工程技术人员和大专院校师生。

《建筑科学与工程学报》为季刊,大16开本,96页,欢迎国内外读者订阅。订阅时可直接汇款至《建筑科学与工程学报》编辑部,每期定价:10.00元,全年定价:40.00元。

开户行:中行西安翠华路支行

账 号:0104134-34148598091001

账 户:长安大学杂志社

联系人:李 艳

地 址:西安市长安中路161号长安大学小寨校区《建筑科学与工程学报》编辑部

邮 编:710061

E-mail: jzxb@chd.edu.cn

电 话:(029)82337253