

文章编号: 0451-0712(2006)02-0005-07

中图分类号: U443.361

文献标识码: B

板式橡胶支座抗压弹性模量检测方法的研究

胥明, 黄跃平, 周明华

(东南大学土木工程学院 南京市 210096)

摘要:交通部新修订的行业标准《公路桥梁板式橡胶支座》JT/T4-2004代替JT/T4-1993和JT3132.3-90,已于2004年6月1日正式实施。新标准对比原标准有较大变化,在内容上做了重大修改调整和补充,使现行标准条文内容更趋于完善。其中对部分力学性能项目的检测和检测方法以及对测试结果的评价做出了规定。本文根据JJF1059-1999《测量不确定度评定与表示》的要求,系统地对公路桥梁板式橡胶支座的抗压弹性模量检测结果的不确定度进行了研究。针对橡胶支座性能检测结果的不确定度特点,分析了测试过程中的方法、设备、量具和检测环境等因素对测试结果的影响程度。

关键词:板式橡胶支座; 抗压弹性模量; 不确定度; 检测方法; 支座自动检测系统

板式橡胶支座广泛应用于公路、铁路和市政桥梁工程,橡胶支座通常采用多层薄钢板作为加劲层与橡胶叠合形成。放置加劲钢板层主要是起到阻止橡胶横向变形,提高橡胶支座的竖向抗压刚度的目的。同时橡胶支座具有较大的水平剪切变形能力,以满足上部结构对桥梁支座要求的使用功能。

为了保证橡胶支座的规范使用,交通部行业标准JT/T4-2004《公路桥梁板式橡胶支座》,于2004年6月1日开始实施。代替了原标准JT/T4-1993《公路桥梁板式橡胶支座》和JT3132.3-90《公路桥梁板式橡胶支座成品力学性能检验规则》,两部旧标准合二为一。新版标准与原相关标准相比,对支座的试样、试验要求、性能测定方法、测定结果数值修约以及性能测定结果准确度等方面都做了较大修改和补充。

1 新老标准的主要修改要点

1.1 抗压弹性模量计算方法的修改

抗压弹性模量是橡胶支座设计的重要参数, JT/T4-2004对橡胶支座抗压弹性模量做出了重大的修改,见表1。抗压弹性模量计算方法考虑了支座抗剪弹性模量的影响,将原标准的计算公式 $E = 66S - 162$ 改为:

$$E = 5.4GS^2$$

式中: E 为抗压弹性模量, MPa; G 为抗剪弹性模量, MPa; S 为形状系数。

在《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD62-2004)中规定支座抗剪弹性模量 G 取 1.0 MPa。

1.2 形状系数计算方法的修改

形状系数是直接影响支座抗压弹性模量的重要参数,与 E 成正比例平方关系。JT/T4-2004对支座形状系数计算方法做了重大修改,统一采用支座有效承载面积 A_0 计算(即加劲钢板面积),使得形状系数 S 的计算值较原标准小,将影响抗压弹性模量的理论计算值。主要目的是为了支座的安全使用。

$$\text{圆形支座形状系数为: } S = \frac{d_0}{4t_1}$$

$$\text{矩形支座形状系数为 } S = \frac{l_{0a} \cdot l_{0b}}{2t_1(l_{0a} + l_{0b})}$$

其中, d_0 、 l_0 为加劲钢板尺寸; t_1 为中间单层橡胶片厚度。

1.3 橡胶支座力学性能检测方法的修改

(1) 试验方法与检验规则。

新标准对检测用试验机做出了规定。要求上下压板有足够的刚度,检测用计量器具的精度与分辨率及加载速率应符合表2规定。

表 1 抗压弹性模量新老标准的比较

JT/04-2004				JT/T4-1993 和 JT3132.3-90			
项目	符号	定义	指标	项目	符号	定义	指标
抗压弹性模量	E	$E=5.4 \text{ GS}^2$	$E \pm E \times 20\% (\text{MPa})$	抗压弹性模量	E	$E=66S-162$	$E \pm E \times 20\% (\text{MPa})$
实测抗压弹性模量	E_1	$E_1 = \frac{\sigma_{10} - \sigma_1}{\epsilon_{10} - \epsilon_1}$		实测值		$E = \frac{\sum_{i=1}^k (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{\sum_{i=1}^k (\sigma_i - \bar{\sigma}) \epsilon_i}$	

表 2 新老标准对检测设备精度的比较

项目	JT/T4-2004			JT/04-1993 和 JT3132.3-90	
	精度	分度值	使用范围	精度	使用范围
检测设备					
试验机竖向力	$\pm 1\%$	—	0.4%~90%	0.5%	15%~85%
水平力	$\pm 1\%$	—	1%~90%	0.5%	15%~85%
竖向与水平变形量	—	0.01 mm	—	—	—
测量转角变形量	—	0.001 mm	—	—	—
加载速率	0.03~0.04 MPa/s			—	

表 3 抗压弹性模量检测加载循环的新老标准对比

JT/T4-2004		JT/T4-1993 和 JT3132.3-90	
1 预压 3 次, 绘制应力应变曲线。		1 预压 3 次。	
2 正式加载循环, 自 1 MPa 起, 以 0.03~0.04 MPa/s 的施力速率均匀加载至 4 MPa, 持荷 2 min 后采集变形值, 然后以每 2 MPa 为一级逐级加载, 每级持荷 2 min 后采集变形值。直至平均压力为止。计算实测抗压弹性模量, 绘制应力应变曲线。		2 正式加载循环, 以 1 MPa 为一级逐级加载, 每级持荷 3 min 后采集变形值。直至平均容许压力为止。计算实测抗压弹性模量。	
3 以连续均匀的速度卸载至压力为 1 MPa, 稳定 10 min 后重复第 2 步骤加载循环, 连续进行 3 次。		3 卸载至压力为 1 MPa, 稳定 10 min 后重复第 2 步骤的加载循环, 连续进行 3 次。	
4 每一块试样的抗压弹性模量 E_1 为 3 次加载实测结果的算术平均值。且单项结果和算术平均值之间的偏差应小于算术平均值的 3%。		4 每一块试样的抗压弹性模量 E_1 为 3 次加载实测结果算术平均值。且单项结果和算术平均值之间的偏差应小于算术平均值的 10%。	

比 ($\epsilon_i = \Delta \epsilon_i / t_i$)。试样橡胶层总厚度可以通过下式计算得到 $t_c = t - nt_0$, 即试样厚度减去钢板总厚度。

(5) 新标准明确要求逐步实现自动数据采集(与国标接轨)。即测试 E 与 G 时, 要求绘制应力~应变曲线, 取值范围是应力~应变呈线性关系区段, 这样有助于判断结果的准确性。

(6) 新标准增加了“仲裁”条款。

其中, 条 A. 7.1 规定两个试验室的测试结果不同有争议时, 则应以试验室温度为 $23 \text{ C} \pm 5 \text{ C}$ 的试验结果为准。两台压力试验机测试结果有争议时, 应以试验设备满足 A. 3.1~A. 3.4 要求的试验机的试验结果为准(自动绘制应力~应变曲线等, 参见表 2)。两台试验机的功能相同时, 可请国家批准的第三方质量监督机构仲裁。

2 抗压弹性模量的检测方法研究

2.1 抗压弹性模量和压缩刚度的基本概念和计算

(2) 新标准调整了检测加载循环的细则。

明确规定了加载速率、加载分级和持荷时间, 并明确要求绘制应力~应变曲线, 见表 3。

(3) 新标准对实测结果做出了具体规定。抗压弹性模量 E_1 测试结果修约到 1 MPa。

(4) 标准明确了累积压缩应变的定义, 即以承载板四角所测的变化平均值, 作为各级荷载下试样的累计竖向压缩变形 Δ_c , 与试样橡胶层的总厚度 t_c 之

理论

Gent, Lindley (1981 年) 提出了橡胶支座竖向刚度计算理论, 计算理论是基于橡胶体为非压缩性的弹性理论建立的。目前各国都采用这一竖向刚度计算理论。其基本概念可理解为一层橡胶体在竖向压缩下的体积变化, 橡胶层在竖向压力的作用下, 产生竖向压缩变形 δ_v 和水平方向的横向变形 δ_h , 如图 1 所示。

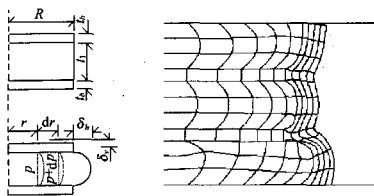


图 1 一层橡胶压缩状态分析模型

根据橡胶材料的不可压缩假定,由 n 层橡胶组成的橡胶支座压缩状态下的竖向刚度 K_0 为:

$$K_0 = \frac{E_1 A_0}{n t_1}$$

式中: E_1 为修正后的橡胶弹性模量; A_0 为支座有效承压面积; n 为橡胶层数; t_1 为单层橡胶层厚度。

即有 $E_1 = \frac{n t_1}{A_0} K_0 = \frac{n t_1}{A_0} \cdot \frac{F_2}{\delta_0}$, F_2 为竖向力, δ_0 为竖向压缩变形。

2.2 抗压弹性模量自动测试系统的设计思路

橡胶支座纵向抗压弹性模量测试系统由压力试验机、压力传感器、位移传感器、信号调理器模块和专用检测软件组成。实现了板式橡胶支座抗压弹性模量测试过程中,竖向力 F 与竖向压缩变形 δ 的实时采集数据、绘制应力~应变曲线、自动分析计算检测结果和统计偏差,并在测试过程中提示用户是否加压完毕。使弹性模量 E_1 测量不确定度仅仅控制在系统误差范围内。排除了手工测试过程中存在的读数、计算以及最终报表等误差与出错。测试系统如图2所示。

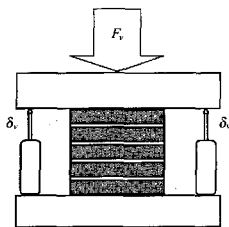


图2 测试系统示意

2.3 抗压弹性模量自动测试流程与实例分析

以直径为150 mm,成品高为28 mm的支座为例,其中间层橡胶厚度为5 mm;中间层钢板厚为2 mm(直径为140 mm,共3层)。则支座试样的有效承压面积为15 386 mm²,支座形状系数为7.0。橡胶层总厚度为20 mm。

根据标准JT/T4-2004规定,支座试样抗压弹性模量范围为303 MPa±60 MPa。

为全面了解评价加载方法对测试结果的影响,我们设计了两套加载方案:一是非标准规定的加载方法(匀速),以常规速率匀速加载和卸载并完成3次加载循环;二是按标准规定持荷检测法,严格按JT/T4-2004规定进行加载与卸载循环,均匀加载

至4 MPa,持荷2 min后采集变形值,然后按每2 MPa为一级逐级加载,每级持荷2 min后采集变形值。

图3(1)为匀速加载时绘制的应力~应变曲线,抗压弹性模量 E_1 测试值见表4。其偏差大于标准规定的3%。支座在加载卸载过程中存在明显滞后。

图3(3)为持荷检测法时绘制的应力~应变曲线,抗压弹性模量 E_1 测试值见表4。其偏差小于标准规定的3%。由图可见,支座在持荷120 s的过程中支座存在明显的蠕变现象,见图4。根据本案实测统计分析,持荷时的平均蠕变为200 με/min。匀速施力法测得结果比标准规定的持荷检测法偏大,超出允许的范围。支座抗压弹性模量检测对比见图5所示。

3 抗压弹性模量测定结果的不确定度

3.1 检测过程中的不确定度概念

抗压弹性模量测定结果估计测量不确定度,是基于误差累积原理和利用试验方法标准及检定标准规定的测量误差要求,提出估计测量不确定度的方法要点。因为支座对于某些例如应变速率或应力速率等控制参数呈现不同的响应,所以不可能对所有试样计算出单一的不确定度值。此处提供的误差累积方法可以看成是实验室的测量不确定度上限。

测定结果的准确度可归纳为两类试验参数所造成,即计量参数与材料和试验参数,并提供了与材料无关及有关参数允许测量不确定度值(%)和误差累积计算总测量不确定度期望值(%)的方法。

性能测定结果的准确度是受各种试验参数所影响的。所以,在对测定结果做判定时,当试验参数中存在不确定度较大参数时,应持慎重态度。

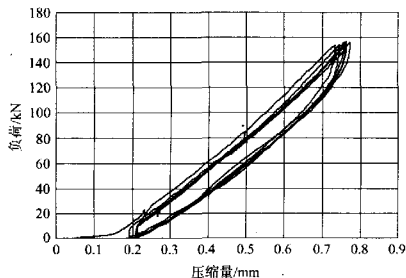
3.2 测量不确定度的主要因素

3.2.1 测量数据的修约

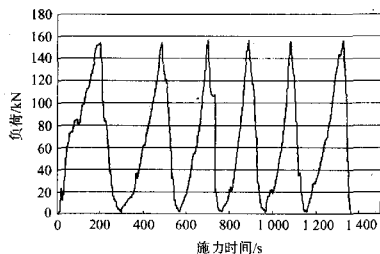
根据JJF1059-1999规定对结果数值修约,修约的不确定度需考虑。

3.2.2 测量设备及器具的精度

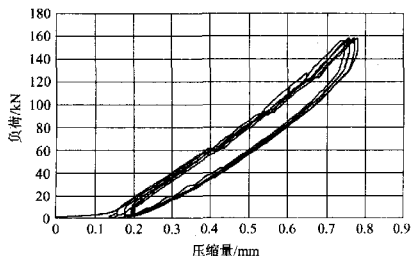
2000 kN试验机(最大相对示值误差±1%),图形记录仪(最小刻度为量程的1%),引伸计(±0.01 mm),游标卡尺(精度±0.02 mm)。测试设备和器具带来的不确定度可以通过定期检定证书及相关资料的数据计算得到。值得注意的是,标准规定引伸计的分辨力为±0.01 mm,而支座压缩过程中总压应变约为5%,即压缩量行程不足1 mm,则引伸计的测量不确定度2%。



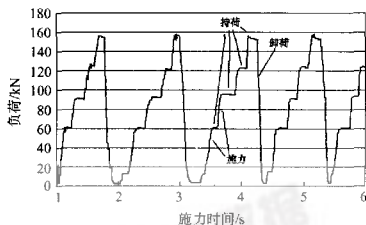
(1) 匀速加载循环荷载~压缩量实测曲线



(2) 匀速加载循环荷载~时间实测曲线



(3) 标准加载循环荷载~压缩量实测曲线



(4) 标准加载循环荷载~时间实测曲线

图3 橡胶支座抗压弹性模量自动检测循环

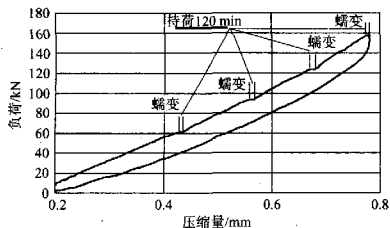


图4 抗压弹性模量检测时的持荷与蠕变

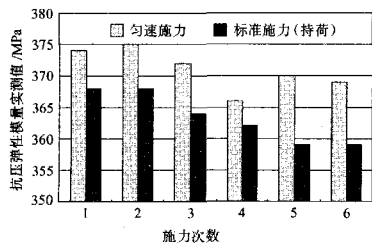


图5 橡胶支座抗压弹性模量检测值对比

表4 抗压弹性模量测试结果

总循环	循环工况	E_1/MPa		
		检测值	平均值	偏差/%
1	第1次预压	355	368.7	5.3
2	第2次预压	379		
3	第3次预压	372		
4	第1次均匀加载	366	368.3	2.8
5	第2次均匀加载	370		
6	第3次均匀加载	369		
7	第1次正式持荷加载	368	366.7	2.2
8	第2次正式持荷加载	368		
9	第3次正式持荷加载	364		
10	第4次正式持荷加载	362	360.0	0
11	第5次正式持荷加载	359		
12	第6次正式持荷加载	359		

3.2.3 测试人员与检测方法

测试人员在测试过程中,对标准的理解程度、对量具读数的差异及对规定测试点(4 MPa 和 10 MPa 应力测量点)确定的差异性,都可能带来测试结果的

不确定度,这可通过大量重复性试验得出。

3.2.4 加载速率与持荷时间

支座应力受应变速率(或应力速率)控制参数影响明显。弹性模量也与应变速率相关,但试验中,应以JT/T4-2004规定的速率和持荷时间进行测定,橡胶支座受应变速率的影响呈现较高的敏感性。在计算累积误差之前需要测定应变速率对材料性能的影响。

3.2.5 试样参数的误差

试样参数误差包括:试样的有效承载面积误差、支座橡胶层总厚度误差、支座成品高度误差、钢板厚度误差等。

3.2.6 检测环境

实验室的环境温度、湿度对试验数据有重要影响。标准JT/T4-2004明确规定检测环境温度为:23℃±5℃。

3.3 测量总不确定度

本文将各种误差源产生的误差累加在一起的方法已做相当详细的处理。ISO5725-2和测量不确定度的表达指南,对精密度和不确定度的估计给出了指导。下面的分析采用了常规的方和根方法。表5给出了橡胶支座抗压弹性模量试验参数的误差与不确定度的期望值。表5中将各类参数对测量结果影响的数据进行合成,得出所示各种的测量不确定度估计总值为±10.5%,其中测量不确定度的主要来源是胶层分布的不均匀性。

表5 确定橡胶支座抗压弹性模量试验数据的
最大允许测量不确定度(使用方和根方法)

设备	参数	抗压弹性模量性能误差/%
压力试验机	压力	±1
位移计	压缩变形(4只)	±2×4
尺寸偏差	胶层总厚度	±2
	有效承载面积计算	+1
	支座成品高度	±2
	应变速率	±2
	胶层分布不均匀性	±8
总测量不确定度期望值		$\pm(1^2+2^2 \times 4+2^2+1^2+2^2+2^2+8^2)^{0.5} = \pm 9.7$
指标		$\Delta E = E \times 20\%$

4 影响支座抗压弹性模量检测结果的其他因素

4.1 胶层厚度对支座抗压弹性模量的影响

支座受压时,由于橡胶受到加劲钢板的约束,阻止了橡胶层的侧向膨胀,提高了支座竖向承载能力。橡胶支座的形状系数 S 的定义如下: $S = \text{有效承压面积} / \text{单层橡胶层的侧表面积}$ 。形状系数的大小直接影响支座抗压弹性模量的计算值,而橡胶层的厚度又直接影响支座形状系数的大小。因此在《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTJ D62-2004中对形状系数和橡胶层的总厚度有如下规定。

形状系数范围: $5 \leq S \leq 12$

圆形橡胶支座: $\frac{d}{10} \leq t_e \leq \frac{d}{5}$

矩形橡胶支座: $\frac{l_a}{10} \leq t_e \leq \frac{l_a}{5}$

式中: d 为圆形支座直径; l_a 为矩形支座短边尺寸; t_e 为支座橡胶层总厚度。

支座的剪切模量和形状系数决定了支座的抗压应力应变特征曲线。橡胶支座的设计,正是通过调节形状系数来控制极限应变和承载力。文献[3]和文献[4]指出橡胶支座的 ϵ_c 临界弹性应变由 $\epsilon_c = 1/(2S^2)$ 确定。

4.2 胶层不均匀对形状系数和抗压弹性模量的影响

以150 mm圆形支座为例,分析胶层不均匀度对支座承载能力的影响。支座基本参数:成品高28 mm;中间层橡胶厚度5 mm;加劲钢板厚2 mm;钢板层数为4层。

令 E_{11} 、 E_{12} 、 E_{13} 分别为各橡胶层的弹性模量,令 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 分别为所在橡胶层的层间形状系数, t_{e1} 、 t_{e2} 、 t_{e3} 分别为所在橡胶层的层间厚度, t_e 为支座成品总橡胶厚度;且有:

$$t_e = t_{e1} + t_{e2} + t_{e3}; t_{e1} \approx t_{e2} \approx t_{e3} \approx t_e/3$$

则当支座受到压力 R 作用时,各层橡胶的压缩量分别为:

$$\text{第1层, } \Delta_1 = \frac{R t_{e1}}{A_0 E_{11}}$$

$$\text{第2层, } \Delta_2 = \frac{R t_{e2}}{A_0 E_{12}}$$

$$\text{第3层, } \Delta_3 = \frac{R t_{e3}}{A_0 E_{13}}$$

橡胶支座成品总压缩量为: $\Delta_c = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$

橡胶支座成品实测抗压弹性模量:

$$E_1 = \frac{R \cdot t_e}{A_0 \Delta_c} = \frac{R \cdot t_e}{A_0 (\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3)}$$

$$\approx \frac{3}{\frac{1}{E_{11}} + \frac{1}{E_{12}} + \frac{1}{E_{13}}}$$

则支座成品的总形状系数为:

$$S^2 = \frac{3}{\frac{1}{S_{11}^2} + \frac{1}{S_{12}^2} + \frac{1}{S_{13}^2}}$$

当中间层橡胶(3层)均匀分布,即 $t_{11}=t_{12}=t_{13}$ 时,有 $S=S_1=S_2=S_3=d_0/(4t_{11})$ 。

设胶层分布偏差为 d_{11} 、 d_{12} 、 d_{13} ,当支座成品厚度为恒定时,则有 $d_{11}+d_{12}+d_{13}=0$ 。

胶层可能有多种不均匀分布形式,如图6所示。为讨论方便,我们令4层加劲板保持平行,取JT/T4—2004规定的层间偏差最大值为 ± 0.4 mm($t_1 < 5$ mm时)为不均匀的偏差。实际检测工作中,不均匀偏差常大于0.4 mm。

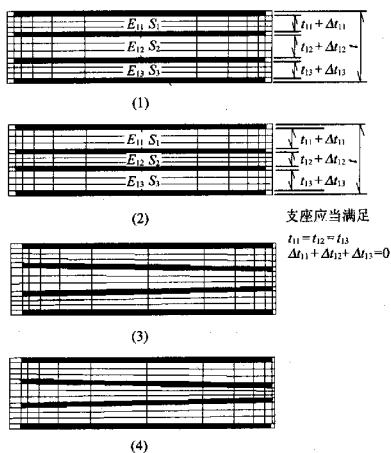


图6 胶层分布不均匀示意

当胶层不均匀分布如图6(1)所示时,第1层与第3层厚度 Δt_{11} 与 Δt_{13} 偏差取 $+0.4$ mm时,其单层形状系数将减小7.4%;第2层形状系数则可能增加19%。第1层与第3胶层的 ϵ_c 临界弹性应变增加了17%,同时第2层胶层的 ϵ_c 临界弹性应变将减小29%。

当胶层不均匀分布如图6(2)所示时,第1层与第3层橡胶厚度 Δt_{11} 与 Δt_{13} 偏差取 -0.4 mm时,第1层与第3层橡胶形状系数将增加8.7%;第2层形状系数则可能减小14%。则第1层与第3胶层的 ϵ_c 临界弹性应变减小35%,而同时第2层橡胶层的 ϵ_c 临

界弹性应变将增加15%。

表6 胶层不均匀对 S 、 E_c 与临界弹性应变点的影响

项 目	第1层	第2层	第3层	成品
厚度偏差	+0.4	-0.8	+0.4	0
胶层厚度/mm	$5^{-0.4}$	$5^{-0.8}$	$5^{+0.4}$	$t_c=15$
形状系数 S	6.48	8.33	6.48	6.954
$\Delta S/S/\%$	-7.43	19.00	-7.43	-0.66
弹性模量 E	264^{-38}	264^{+111}	264^{-38}	261
$\epsilon_c/\%$	1.19	0.72	1.19	—
$\Delta \epsilon_c/\epsilon_c$	16.69	-29.38	16.69	—
厚度偏差	-0.4	+0.8	-0.4	0
形状系数 S	7.61	6.03	7.61	6.954
$\Delta S/S/\%$	8.71	-13.86	8.71	0.66
弹性模量 E	264^{+49}	264^{-74}	264^{+49}	261
$\epsilon_c/\%$	1.38	0.86	1.38	—
$\Delta \epsilon_c/\epsilon_c$	-34.76	15.39	-34.76	—

5 结语

(1)JT/T4—2004《公路桥梁板式橡胶支座》规定形状系数与应力计算一律采用有效承载面积(A_0),不能采用公称面积。

(2)在测定实测抗压弹性模量 E_c 时,应以规定的速率、分级与持荷时间进行加载,并绘制应力~应变曲线。依规定分级方法加载循环和计算方法进行。预压进行3个循环后,正式进行3次加载循环的实测结果与实测结果平均值的偏差应小于3%。若偏差计算结果大于等于3%时,应判定试验无效,并重做试验。

(3)测定支座抗压弹性模量用的试验机误差应在1%以内,试验用的计量器具(位移计)应在试验前进行标定,其误差应在1%以内。

(4)测定结果的准确度归纳为是由两类试验参数所造成的,即计量参数与材料和试验参数。其中计量参数所造成的测量不确定度起主要作用,因此正确测定方法决定了不确定度的大小。

(5)各技术监督与检测机构应根据标准要求完善板式橡胶支座成品力学性能检测设备与采样技术,并尽快实现自动数据采集。即测试抗压弹性模量 E 与抗剪弹性模量 G 时,要求绘制应力~应变曲线,取值范围是应力~应变曲线呈现线性关系区段,这样有助于判断结果的准确性。

(6)检测环境温度对检测结果有直接影响,这是由于橡胶材料对温度的敏感性造成的,因此在检测

报告中应当注明检测环境温度。在提供检测结果的同时,还应说明所采用的检测方法,并注明测定结果的不确定度。

(7)东南大学力学实验中心研制了支座自动检测系统,经过一年多时间对各种规格支座的检测结果,能满足上述要求。

(8)支座胶层厚度和支座胶层不均匀分布,直接影响抗压弹性模量的检测结果;试验证明,这两个因素将会产生支座局部应力集中,局部胶层表面裂纹萌生概率大幅增加,导致支座提前损坏。

参考文献:

- [1] Lindley P B. Natural Rubber Structural Bearings [J]. Joint Sealing and Bearing System for Concrete Structures. ACI1981.1;353~378.
- [2] Architectural Institute of Japan. Recommendation for the Design of Base Isolated Building [M]. Tokyo: Marozen Corporation, 1993.
- [3] James M Kelly. Tension Buckling in Multilayer Elastomeric Bearings [J]. JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS, ASCE/DECEMBER 2003/1363
- [4] Charles W Roeder. LRFD Design Criteria for Cotton Duck Pad Bridge Bearing. University of Washington Seattle, WA 98195-2700 March 2000
- [5] J YURA, A KUMAR, A YAKUT, C TOPKAYA, E BECKER, J COLLINGWOOD. Elastomeric Bridge Bearings: Recommended Test Methods. NCHRP REPORT 449, University of Texas at Austin, ISSN 0077-5614, 2001.
- [6] JJF1059-1999, 测量不确定度评定与表示[S].
- [7] JT/T4-2004, 公路桥梁板式橡胶支座[S].
- [8] JT/T4-1993, 公路桥梁板式橡胶支座[S].
- [9] JT3132. 3-90, 公路桥梁板式橡胶支座成品力学性能检验规则[S].
- [10] JTG D62-2004, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [11] AASHTO (1997). Standard specification for plain and laminated elastomeric bridge bearings. M251-97, Washington, D. C.
- [12] 周明华, 张蓓. 桥梁橡胶支座的应用前景与质量忧患[J]. 公路, 2003, (4).
- [13] 周明华, 葛宝翔. 公路桥梁橡胶支座的使用寿命与应用对策[J]. 土木工程学报, 2005, (6).

A Study on Compression Modulus Test Methods for Plate Type Elastomeric Pad Bearings

XU Ming, HUANG Yue-ping, ZHOU Ming-hua

(Department of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The new professional standard "Plate Type Elastomeric Pad Bearings for Highway Bridges" (JT/T4-2004) replaces the JT/04-1993 and JT3132. 3-90. The standard has been already released on June 1 in 2004 formally. The content of the new standard is significantly revised and added in comparison to the old standard. The test methods of mechanic properties and the evaluation of test results of elastomeric pad bearings have been stipulated particularly. The uncertainty of compression modulus of elastomeric pad bearings is evaluated and researched. To aim at the uncertainty characteristics of the detecting results of elastomeric pad bearings, the influence degree of factors of test methods, equipments, measuring device, measuring environment etc. are analyzed.

Key words: plate type elastomeric pad bearing; compression modulus; uncertainty; examining method; automatic detecting system of bearing