

T 0739—2011 沥青混合料四点弯曲疲劳寿命试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于采用四点弯曲疲劳试验机在规定试验条件下,测定压实沥青混合料承受重复弯曲荷载的疲劳寿命。

1.2 标准的试验条件为试验温度 $15^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$,加载频率 $10\text{Hz} \pm 0.1\text{Hz}$,采用恒应变控制的连续偏正弦加载模式。也可根据需要进行其他试验条件。

1.3 试验终止条件为弯曲劲度模量降低到初始弯曲劲度模量 50% 对应的加载循环次数。

1.4 本方法适用于试验室轮碾成型的沥青混合料板块试件或从现场路面钻取板块试件,切割成长度为 $380\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 、厚度为 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 、宽度为 $63.5\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的小梁试件。

2 仪器与材料技术要求

2.1 测试系统:测试系统基本技术要求和参数见表 T 0739-1。

表 T 0739-1 测试系统基本技术要求和参数

项 目	范 围	分 辨 率	准 确 度
荷载控制与测量	0 ~ 5kN	2N	$\pm 5\text{N}$
位移控制与测量	0 ~ 5mm	$2\mu\text{m}$	$\pm 5\mu\text{m}$
频率控制与测量	5 ~ 10Hz	0.005Hz	$\pm 0.01\text{Hz}$
温度控制与测量	-10 ~ 30 $^{\circ}\text{C}$	0.25 $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

2.2 加载装置:气动或者液压加载装置,能够为疲劳试验系统提供循环动力荷载,可根据试验要求输出不同频率、不同振幅的偏正弦加载波形。并保证每次加载循环结束时,应使试件回到原点(初始位置)。试件夹持系统采用三等分间距布设夹头,相邻夹头中心间距一般为 0.119m,梁跨距为 0.357m。各夹头宜采用可调节加持力大小的小型电机进行夹持。

2.3 数据采集与控制装置:使用计算机控制每个加载循环,测量梁的峰值位移,计算梁的峰值拉应变,调整施加荷载保证峰值位移的水平为一常量,确保试验期间与期望的峰值拉应变水平保持一致。并能够实时记录和计算加载次数、荷载大小、试件位移、最大拉应力、最大拉应变、相位角、劲度模量、耗散能及累计耗散能等用户所需的相关技术指标。

2.4 环境箱:环境箱应保持箱体内试验温度均匀分布,能够准确测量并显示试件测试位置的温度,保证试验温度误差在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内。同时应能使加载装置与外部数据采集等控制装置顺利连接,并具有足够的内部空间容纳加载装置,除了试验的试件,至少还能存放两个养生试件,同时能够允许调整加载装置,方便试件放入和移出。

2.5 其他:游标卡尺、天平等。

3 方法与步骤

3.1 准备工作

3.1.1 试件准备:按照振动轮碾成型的方法制作沥青混合料板块试件,或者从现场路面切割板块试件。然后用高精度金刚石双面锯对板块试件进行切割,取碾压成型方向为试件长度方向制作梁试件,试件的尺寸应符合长度 $380\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 、高度 $50\text{mm} \pm 6\text{mm}$ 、宽度为 $63\text{mm} \pm 6\text{mm}$ 的要求。一块 $400\text{mm} \times 300\text{mm} \times 75\text{mm}$ 的沥青混凝土板块通常可切制4根小梁试件。

3.1.2 试验前试件的存放:沥青混合料板块试件和切割后的试件存放温度应不超过 35°C ,切割好的试件应在30d内完成试验。存放期间,试件应水平放置于表面平整并具有一定刚度的硬玻璃板(或瓷砖)上,防止试件发生变形。

3.1.3 试件尺寸测量:应用游标卡尺测量试件的宽度和厚度,分别测定5个位置,即试件的两端20mm内的点位、梁中点的10mm内的点位及距离梁中点各90mm的点位,准确至0.01mm。取5个测量值的平均值为试件尺寸,准确至0.1mm。如果宽度或者厚度的5个测量值中的任何一个值与平均值相差大于1.5mm,则该梁试件作废。

3.1.4 试件体积参数测量:沥青混合料疲劳和弯曲性能较大程度上依赖于混合料的实际压实水平,每一根小梁试件在进行疲劳试验前需先进行空隙率(VV)和矿料间隙率(VMA)的测定。试件实际空隙率应在目标空隙率 $\pm 0.5\%$ 范围内,实测矿料间隙率(VMA)应在目标矿料间隙率 $\pm 0.5\%$ 范围内,超过该范围的试件应作废。

3.2 试验步骤

3.2.1 试件养生:小梁试件宜直接放入环境箱内进行养生,应在试验温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 条件下养生4h以上方可进行试验。

3.2.2 试件安放:将养护好的试件放入四点弯曲疲劳加载装置内,用夹具进行固定。使位移传感器LVDT滑轮接触试件表面,调整位移传感器到试件中部,LVDT的读数尽可

能接近于零。

3.2.3 试验参数选择:选择偏正弦加载模式,在试验参数设定界面输入试件编号和尺寸、目标拉应变、加载频率及试验终止标准等参数。

3.2.4 在目标试验应变水平下预加载 50 个循环,计算第 50 个加载循环的试件劲度模量为初始的劲度模量,作为确定试件疲劳失效判据的基准劲度模量。

3.2.5 开始试验:当确定好初始劲度模量后,试验机应在 50 个循环内自动调整并稳定到试验所需要的目标拉应变水平,同时按选择的加载循环间隔监控和记录试验参数和试验结果,确保系统操作正确。当试件达到疲劳试验终止条件时,自动停止加载。

4 计算

4.1 最大拉应力按式(T 0739-1)计算。

$$\sigma_t = \frac{L \times P}{w \times h^2} \quad (\text{T 0739-1})$$

式中: σ_t ——最大拉应力(Pa);

L ——梁跨距,即外端两个夹具间距(一般为 0.357m)(m);

P ——峰值荷载(N);

w ——梁宽(m);

h ——梁高度(m)。

4.2 最大拉应变按式(T 0739-2)计算。

$$\varepsilon_t = \frac{12 \times \delta \times h}{3 \times L^2 - 4 \times a^2} \quad (\text{T 0739-2})$$

式中: ε_t ——最大拉应变(m/m);

δ ——梁中心最大应变(m);

a ——相邻夹头中心间距(为 $L/3$,一般为 0.119m)(m)。

4.3 弯曲劲度模量按式(T 0739-3)计算。

$$S = \frac{\sigma_t}{\varepsilon_t} \quad (\text{T 0739-3})$$

式中: S ——弯曲劲度(Pa)。

4.4 相位角按式(T 0739-4)计算。

$$\varphi = 360 \times f \times t \quad (\text{T 0739-4})$$

式中: φ ——相位角($^{\circ}$);

f ——加载频率(Hz);
 t ——应变峰值滞后于应力峰值的时间(s)。

4.5 单个循环耗散能按式(T 0739-5)计算。

$$E_D = \pi \times \sigma_1 \times \varepsilon_1 \times \sin\varphi \quad (\text{T 0739-5})$$

式中: E_D ——单个循环耗散能(J/m^3)。

4.6 累积耗散能按式(T 0739-6)计算。

$$E_{CD} = \sum_{i=1}^n E_{Di} \quad (\text{T 0739-6})$$

式中: E_{CD} ——疲劳试验过程中累积耗散能(J/m^3);

E_{Di} ——第*i*次加载的单个循环耗散能(J/m^3),按式(T 0739-5)计算。

5 报告

5.1 同一种沥青混合料,在相同试验条件下应至少进行3次平行试验。平行试验结果按试验数据的离散程度应进行弃差处理,弃差标准为:当一组试件的测定值中某个测定值与平均值之差大于标准差的*k*倍时,该次试验数据应予以舍弃,同时应保证每组试验的有效试件不少于3根。有效试件数为*n*时的*k*值见表T 0739-2。

表 T 0739-2 有效试件数为 *n* 时的 *k* 值

有效试件数 <i>n</i>	临界值 <i>k</i>	有效试件数 <i>n</i>	临界值 <i>k</i>
3	1.15	7	1.94
4	1.46	8	2.03
5	1.67	9	2.11
6	1.82	10	2.18

5.2 报告应包括如下内容:

5.2.1 混合料类型、集料公称最大粒径、沥青含量、集料来源、沥青品种、沥青混合料板块试件的制作日期、从路面切割试件的日期、空隙率等相关信息。

5.2.2 试验条件参数,包括加载模式、目标拉应变、试验温度、频率、失效条件等。

条文说明

目前四点弯曲疲劳试验机通常提供两种加载波形,即偏正弦和正弦。国内外大量的试验研究表明,移动的车轮荷载对路面产生接近于偏正弦曲线的应力应变效应。本规范主要参照美国 AASHTO T 321—03标准,采用偏正弦波作为疲劳试验的标准加载波形。

标准试验温度定于 15°C ,主要依据1993年哈尔滨建筑大学在交通部科研项目“沥青路面设计指标与参数的研究”中,根据国内各地区的气温资料,最终计算得出的我国沥青混合料疲劳当量温度为 15°C 而定,且与现行沥青路面设计规范中取疲劳计算模量按 15°C 抗压模量标准相一致。除此原因外,选择一个相对较低的温度(低于美国标准的 20°C 试验温度 5°C)有利于获得一个更为真实的疲劳结果。疲劳试验过程是一个长时间的作用过程,在试验研究过程中发现:若在疲劳试验温度较高或沥青标号较大的情况下,试件容易在夹头部位发生较严重的蠕变变形(小应变水平情况下,会达到在厚度方向上 1mm 左右的变形),进而影响其本身与试验理论计算模型的相符性。实际上理想的情况是各地区通过气象资料研究得到各地的当量温度,再依据各自的当量温度进行疲劳试验。但目前国内尚未有各地区的当量温度计算方法与计算结果。现阶段而言,建议选择 15°C 作为试验温度,并允许根据需要开展不同温度的疲劳试验研究。

对试件,一般宜直接放入环境箱内进行养生;若采用恒温水浴进行养生,应在试验温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 条件下养生 2h 以上,且试件放入环境箱内仍应在试验温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 条件下稳定 1h 后方可进行试验。

平行试验时,试件尺寸或体积指标不合格的试件应作废。因此,必须具备足够的试件确保获得有效的试验数据。由于疲劳试验结果离散性比较大,因此,要求进行3次以上的平行试验,以便对平行试验结果进行统计分析,并剔除异常结果。

对试验所用的试件规定储存日期不超过 30d ,试验前应确保没有变形且未受到外力作用,否则将影响疲劳特性。在试件的存放期间,应该将试件水平放置在具有一定刚度的表面光滑的平板上。

在进行疲劳试验时,若要获得沥青混合料完整的疲劳特性,试验方案设计应覆盖一定温度范围、拉应变水平和加载频率。通常获得一条完整的疲劳曲线应选择3个或3个以上的试验水平,且疲劳寿命次数宜涵盖几千次至几百万次的范围。对于常规的基质沥青混合料,根据国内外大量的疲劳试验结果,建议选择的试验温度范围为 $5\sim 25^{\circ}\text{C}$;目标拉应变范围一般为 $200\sim 750\mu\epsilon$;加载频率范围为 $5\sim 15\text{Hz}$ 。

对特殊沥青混合料的疲劳寿命试验,例如聚合物改性沥青、高黏度改性沥青、环氧沥青或特殊级配沥青混合料,其测试条件应进行相应的调整。如聚合物改性沥青混合料测试的最小拉应变水平可采用 $400\mu\epsilon$ 以上,钢桥面铺装用环氧沥青混合料或高沥青用量的应力吸收层材料测试的最小拉应变水平可选择在 $1000\mu\epsilon$ 以上。以上的试验条件仅供参考,对不同品种的沥青混合料,最合适的测试条件应通过实际试验后再确定。

本试验方法仅为确定沥青混合料四点弯曲疲劳寿命,尚未涉及疲劳方程的建立等内容。通常认为,一般情况下仅需获得疲劳寿命曲线图即能满足工程材料疲劳性能的比较与分析,无需建立疲劳寿命方程,且疲劳方程的建立方法较多,目前国际上也并没有统一的标准。若出于研究需要,各试验单位也可依据情况选定影响疲劳寿命的因素进行疲劳方程的研究。

本试验终止条件为达到弯曲劲度模量降低到初始弯曲劲度模量的 50% 对应的加载循环次数。对于自行设定试验终止条件的疲劳试验,应注明试验终止条件。

T 0751—1993 乳化沥青稀浆封层混合料稠度试验

1 目的与适用范围

本方法规定用圆锥体测定乳化沥青稀浆封层混合料的稠度,用以检验乳化沥青稀浆封层混合料的摊铺和易性,在乳化沥青稀浆封层混合料的配合比设计中确定合适的用