

T 0713—2000 沥青混合料单轴压缩试验(圆柱体法)

沥青混合料的单轴压缩试验,对沥青混合料试件按规定方法逐级加载卸载,测定试件的抗压回弹模量,以及一次性加载至破坏时的最大应力即抗压强度,均以 MPa 计。1983 年试验规程 T 03—83 关于沥青混合料抗压强度试验,规定的试验条件是参照前苏联的方法及我国的工程实践制定的。多年来,实际进行的并不多,主要是试验目的不明确,试验条件与美国等国家标准也有较多差别,主要考虑《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—97)对材料设计参数的要求,列出了材料抗压强度和回弹模量的测定方法。

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定热拌沥青混合料的抗压回弹模量和抗压强度。按照《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)确定沥青混合料结构层的设计参数时应按本方法执行。如无特殊规定,用于计算弯沉的抗压回弹模量的标准试验温度为 20℃,用于验算弯拉应力的抗压回弹模量的标准试验温度为 15℃。加载速率为 2mm/min。

1.2 本方法适用于直径 $100\text{mm} \pm 2.0\text{mm}$ 、高 $100\text{mm} \pm 2.0\text{mm}$ 的沥青混合料圆柱体试件。

沥青混合料单轴压缩试验所用的试件在国外有不同的规定,ASTM D 1074 及 AASHTO T 167 规定压后圆柱体试件的直径与高度比为 1:1,并规定试件的高度与直径之差不超过 $\pm 2.5\%$,直径不小于集料最大粒径的 4 倍,亦不小于 5.08cm(2in),通常采用直径 101.6mm、高度 $101.6\text{mm} \pm 2.5\text{mm}$ 的圆柱体。我国原试验规程 T 03—83 中也规定为 1:1 试件,试件尺寸有 $\phi 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 、 $\phi 70\text{mm} \times 70\text{mm}$ 、 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 三种,均采用静压法成型。现仅保留 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 圆柱体。故本方法规定圆柱体试件仍用静压法成型,也可用搓揉法或振动成型法制作。

2 仪器与材料技术要求

2.1 万能材料试验机。其他可施加荷载并测试变形的路面材料试验设备也可使用,但均必须满足下列条件:

2.1.1 最大荷载应满足不超过其量程的 80%,且不小于量程的 20% 的要求,宜采用 100kN,分度值 100N。具有球形支座,压头可以活动与试件紧密接触。

2.1.2 具有环境保温箱,控温准确至 0.5℃。当缺乏环境保温箱时,试验室应设置空调,控温准确至 1.0℃。

2.1.3 能符合加载速率保持 2mm/min 的要求。试验机宜有伺服系统,在加载过程中速率基本不变。

2.2 变形量测装置:抗压试验加载用上下压板,下压板下有带球面的底座。压板直径为 120mm,在直径 102mm 处有一浅的放置试件的圆周刻印。下压板直径线两侧有立柱顶杆,上压板直径线两侧装有千分表架,表架中心与顶杆中心位置一致(图 T 0713-1)。当试验机具有自动测定试件垂直变形或自动测记试件的压力与变形曲线功能时,可以直接使用,不必另外配备变形量测装置。

2.3 千分表:1/1 000mm,2 只。

2.4 恒温水槽:用于试件保温,温度能满足试验温度要求,控温准确至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。恒温水槽的液体应能不断循环回流,深度应大于试件高度50mm。

2.5 台秤或天平:感量不大于0.5g。

2.6 温度计:分度值 0.5°C 。

2.7 秒表、卡尺。

3 方法与步骤

3.1 准备工作

3.1.1 按本规程 T 0704 用静压法成型沥青混合料试件,也可从轮碾机成型的板块试件上用钻芯机钻取试件。试件尺寸应符合直径 $100\text{mm} \pm 2.0\text{mm}$ 、高 $100\text{mm} \pm 2.0\text{mm}$ 的要求。如有条件,可采用振动压实或搓揉法成型试件(试件尺寸及成型方法应在报告中注明)。试件的密度应符合马歇尔标准击实密度 $100\% \pm 1.0\%$ 的要求。

试件是按一定标准密度或压实度成型的,因此需要对成型后试件的密度或压实度进行计算评价以确保试件满足成型要求,即按照试件的实际几何尺寸计算试件的体积,然后根据试件实际质量计算出试件的密度,要求成型后试件的密度不超过马歇尔标准击实密度的 $\pm 1\%$ 。

3.1.2 试件成型后不等完全冷却即可脱模,用卡尺量取试件高度,最高部位与最低部位的高度差超过2mm时试件应作废。用于抗压强度试验的试件数不得少于3个,用于抗压回弹模量的一组试件数宜为3~6个。

整平试件的两个端面是本试验取得较好结果的关键,必须认真进行。必须用平面加载刚性板放在试件顶面检查是否有翘动和脱空现象。若最高部位与最低部位的高度差超过2mm,试件应作废。

3.1.3 将试件放置在室温条件下24h,用卡尺在各个试件上下两个断面的垂直方向上正确量取试件直径,取4个数的平均值作为试件的计算直径(d),准确至0.1mm。

3.1.4 用卡尺在各个试件的4个对称位置上正确量取试件高度,取4个数的平均值作为试件的计算高度(h),准确至0.1mm。

3.1.5 按本规程规定的方法测定试件的密度、空隙率等各项物理指标。

3.1.6 将试件置于规定的试验温度(15°C 或 20°C)的恒温水槽中保温2.5h以上,保温时试件之间的距离应不小于10mm。此时压板、底座也应同时保温。在有空调的试验室内测试时,将室温调至要求的温度,试件放置12h以上。

试验温度,按《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—97)的规定采用 20°C 或 15°C 。用于计算弯沉的抗压回弹模量的标准试验温度为 20°C ,用于计算弯拉应力的抗压回弹模量的标准试验温度为 15°C 。

3.1.7 使试验机环境保温箱或空调试验室达到要求的试验温度。

沥青混合料是黏弹性材料,不同的温度和加载速率对混合料的变形性能影响很大,因此试验过程

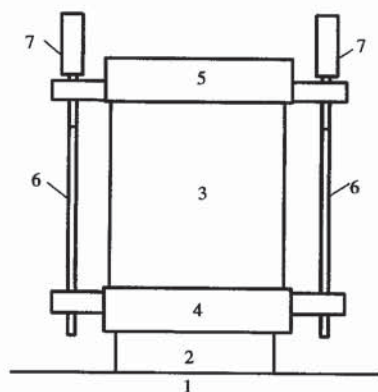


图 T 0713-1 变形量测装置

1-试验机台;2-球座;3-试件;4-下压板;5-上压板;6-顶杆;7-千分表或其他变形量测装置

中,必须高度重视这一点。如果试验机缺乏环境保护箱,可以考虑在安装有空调的房间内进行,对 20℃ 和 15℃ 试验温度来说,空调保温应该没有太大困难。

3.2 抗压强度试验步骤

3.2.1 将下压板、底座置于试验机升降台座上对中,迅速取出试件放在下压板中央刻线位置,加上上压板。

在进行强度试验时,试件需放置在竖向荷载的中心位置。如采用测力计,测力计中心、球形支座、上压板、试件及下压板(或半球形支座)应处在同一条直线上,避免偏载对试验结果的影响。

3.2.2 将试件从恒温水槽中取出,立即置于压力机台座上,以 2mm/min 的加载速率均匀加载直至破坏,读取荷载峰值(P),准确至 100N。

关于加载速率,无特殊规定时,采用 2mm/min。根据需要也可用其他速率。

3.3 抗压回弹模量试验步骤

3.3.1 确定加载级别:按 3.2 的方法测试抗压强度平均值 P ,大体均匀地分成 10 级荷载,分别取 0.1 P 、0.2 P 、0.3 P ……0.7 P 七级(可取成接近的整数)作为试验荷载。

对于荷载施加的水平,不宜超过试件无侧限抗压强度的 60%~70%,即施加的最大荷载为抗压强度的 60%~70%,并以此为标准等间隔划分出 7 个荷载级位。因此在进行模量试验时,应首先进行强度试验,根据强度试验结果确定模量的荷载级位。

3.3.2 将下压板、底座置于试验机升降台座上对中,迅速取出试件放在下压板中央刻线位置,加上上压板,在两侧千分表架上安置千分表,与下压板相应位置的千分表顶杆接触(图 T 0713-1)。如果利用试验机的压力与试件变形自动测试功能时,做好相应的测试准备。

为了保证试验过程中试件变形测量的可靠性,一方面选择稳定的、有足够精度的变形测量仪器(如千分表或位移传感器)。另一方面选择合理的荷载级位,荷载级位过小,试件变形量小,测量误差大;如荷载级位过大,造成试件损伤,影响下级荷载施加后试件回弹变形的可靠性。

在回弹变形测量时,在试件顶面应至少放置两个相同精度的传感器或千分表,且二者应处在同一个直径的两端,距试件中心等距。

3.3.3 调整试验机台座的高度,使加载顶板与压头中心轻轻接触。

3.3.4 以 2mm/min 速率加载至 0.2 P 进行预压,保持 1min,观察两侧千分表增值是否接近,若两个千分表读数反向或增值差异大于 3 倍,则表明试件是偏心受压,应敲动球座适当调整,至读数大致接近,然后卸载,并重复预压一次。卸载至零后记录两个千分表的原始读数。

3.3.5 以 2mm/min 速率加载至第 1 级荷载(0.1 P),立即记取千分表读数及实际荷载数,并以同样的速率卸载回零,开始启动秒表,待试件回弹变形 30s 后,再次记取千分表读数,加载与卸载两次读数之差即为此级荷载下试件的回弹变形(ΔL_1);然后依次进行第 2、3……7 级荷载的加载卸载过程,方法与第 1 级荷载相同,分别加载至 0.2 P 、0.3 P ……0.7 P ,卸载,并分别记取千分表读数及实际荷载,得出各级荷载的回弹变形 ΔL_i 。

从理论上讲,回弹 30s 还不可能完全完成变形恢复,但时间太长又影响试件温度。试验表明,当荷

载较小时,回弹变形完成很快,几秒钟便接近完成。荷载太大时,回弹变形往往在 30s 时还远不能完成。本试验方法这次修订加载值最大为 1.0MPa,或 10kN,比较小,此时回弹变形一般能在 30s 内接近完成。所以,规定加载及卸载后的读数时间都是为了统一试验方法,方便试验操作而人为规定的。静载试验方法与车辆荷载的作用方式有很大不同,国外一般都通过动载试验方法测定,我国也在开展这方面的研究,待切实可行的动载试验方法提出以后,本规程的静载试验方法也就没有意义了。在现阶段,统一加载和读数方法是非常重要的,切不可各行其是。

4 计算

4.1 沥青混凝土试件的抗压强度按式(T 0713-1)计算。

$$R_c = \frac{4 \times P}{\pi \times d^2} \quad (\text{T 0713-1})$$

式中: R_c ——试件的抗压强度(MPa);

P ——试件破坏时的最大荷载(N);

d ——试件直径(mm)。

4.2 按式(T 0713-2)计算各级荷载下试件实际承受的压强 q_i 。在方格纸上绘制各级荷载的压强 q_i 与回弹变形 ΔL_i ,将 q_i - ΔL_i 关系绘成一平顺的连续曲线,使之与坐标轴相交得出修正原点,根据此修正原点坐标轴从第 5 级荷载(0.5P)读取压强 q_5 及相应的 ΔL_5 。沥青混合料试件的抗压回弹模量按式(T 0713-3)计算。

$$q_i = \frac{4 \times P_i}{\pi \times d^2} \quad (\text{T 0713-2})$$

$$E' = \frac{q_5 \times h}{\Delta L_5} \quad (\text{T 0713-3})$$

式中: q_i ——相应于各级试验荷载 P_i 作用下的压强(MPa);

P_i ——施加于试件的各级荷载值(N);

E' ——抗压回弹模量(MPa);

q_5 ——相应于第 5 级荷载(0.5P)时的荷载压强(MPa);

h ——试件轴心高度(mm);

ΔL_5 ——相应于第 5 级荷载(0.5P)时经原点修正后的回弹变形(mm)。

关于试验数据的整理方法,目前还有一些不同意见,主要是数据本身一般并不成线性关系,而且,随荷载的加大,变形越来越小,故模量反而越来越大。究竟如何整理为好,今后应继续研究。本规程既然规定了修正原点的方法,就应统一采用此法,否则结果会有较大差异。

5 报告

5.1 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,该测定值应予舍弃。有效试件数为 n 时的 k 值列于表 T 0713-1。对其余测定值按式(T 0713-4)的 t 分布法计算整理,得到供路面设计用的抗压回弹模量值。

$$E = E' - \frac{t}{\sqrt{n}} S \quad (\text{T 0713-4})$$

式中: E ——供路面设计用的抗压回弹模量值(MPa);

E' ——一组试件实测的抗压回弹模量的平均值(MPa);

S ——一组试件样品实测值的标准差(MPa);

n ——一组试件的有效试件数;

t ——随保证率而变的系数,高速公路及一级公路的保证率为 95%,其他等级公路的保证率为 90%; $t/\sqrt{n}$ 值见表 T 0713-1 所列。

表 T 0713-1 有效试件数与 t 值的关系

有效试件数 n	临界值 k	$t/\sqrt{n}$	
		保证率 95%	保证率 90%
3	1.15	1.686	1.089
4	1.46	1.177	0.819
5	1.67	0.954	0.686
6	1.82	0.823	0.603
7	1.94	0.734	0.544
8	2.03	0.670	0.500
9	2.11	0.620	0.466
10	2.18	0.580	0.437

5.2 试验结果均应注明试件尺寸、成型方法、试验温度、加载速率,以及试验结果的平均值、标准差、变异系数。必要时注明试件的密度、空隙率等。

本试验记录格式可参照表 T 0713a。

表 T 0713a 沥青混合料单轴压缩试验记录表

荷载等级	单位压力 P (MPa)	千分表读数 (1/1 000mm)						回弹形变 l (1/1 000mm)	回弹模量 E_c (MPa)
		加载			卸载				
		左	右	平均	左	右	平均		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

T 0714—1993 沥青混合料单轴压缩试验(棱柱体法)

沥青混合料的单轴压缩试验是对沥青混合料试件施加单轴压缩荷载至破坏的试验,破坏时的最大应力为抗压强度(以 MPa 计),破坏时的垂直变形与试件的高度之比为破坏压缩应变,两者之比值压缩破坏劲度模量(以 MPa 计)。本规程 T 0713 规定了用圆柱体试件进行无侧限抗压强度的试验,基本上是 ASTM D 1074 的方法。同时规定了供沥青路面设计抗压回弹模量试验方法,但在用于力学计算或科研时,对试件尺寸及加载方法有不同意见。例如圆柱体 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的试件对变形的测定有全高度法与中间取一截作标距的办法,其变形则有用贴应变片或装上夹具用百分表电测的方法等。这些方法的实测结果都有差别,很难说清孰是孰非,且都较繁复。试件采用静压成型也不甚合理。因此国内外也采用另一种试件,即切制棱柱体。本方法是利用轮碾法成型的板块状试件切制成 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 80\text{mm}$ 的棱柱体试件进行压缩试验。由于其端面面积较小,再加上试验时要求加一层聚四氟乙烯薄膜——一种摩擦系数很小的材料作隔离层,这样使端面的影响大为减少,便可以省却另外再贴应变片或装百分表的步骤。测定试件全高度的变形计算压缩应变,并由此计算压缩劲度模量。

T 0713 与 T 0714 虽同为压缩试验,但试件成型方法、尺寸及加载模式不同,各自适用于不同的目的