

轴向压缩试件的合理尺寸及有效测数范围探讨

祁伏京

(化工系)

摘 要

本文采用电测法对轴向压缩试件通过试验分析,在弹性范围内提出了合理的试件尺寸和有效的数据测取范围,其测量数据的偏差约为5%,满足工程实际要求。

关键词: 偏差; 试件; 电测法。

轴向压缩试验是材料力学的基本试验之一,一般以破坏性试验为主,若在弹性范围内确定受压试件中的应力,往往由于复杂的端部因素影响,应力沿试件的高度分布不均,使得测取足够准确的数据比较困难,依圣维南原理即离端部足够远时,影响可以不计,但过长的试件存在稳定性问题,考虑到在满足工程实际对测量偏差的要求尽可能使试件短一些,但过短的试件端部因素影响较大,所测数据精确度过低,所以,寻求试件的合理尺寸和有效的测数范围是很有必要的。对此,本文通过50余次试验进行了探讨。

1 试验方案

试验用60t油压万能材料试验机对圆柱状45号钢试件($d=5\text{cm}$)加和试件相同材料的垫块($d=5\text{cm}$)在弹性范围内进行轴向压缩。试件和垫块共8个,高径比试件有3:1型和2:1型两种,垫块有1.5:1型和2:1型两种,加工时按国标(GB7314-87)提出了较高精度要求。应变片沿试件轴向和周向粘贴。用电测法测取应变读数,所用仪器为YJB-1A型, YJ-5型静态电阻应变仪。图1是试验装置简图。

试验采用增量法在比例极限内分7级加载($P_{\max}=35\text{t}$),然后取各测点读数的算术平均值以提高数据的准确度。

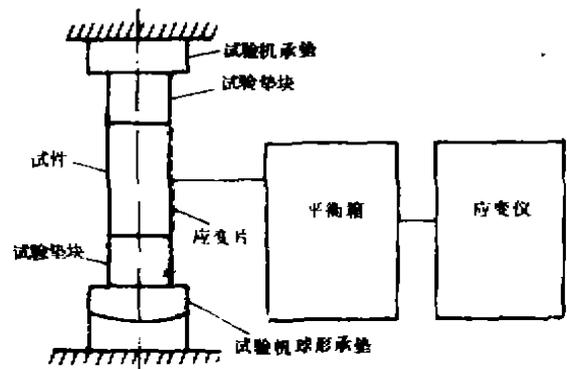


图1 试验装置简图

本文1990年3月5日收到。

为了消除机械滞后,在正式试验前对已贴好应变片的每个试件进行了0-36t的三次压力循环。

2 应变沿试件高度的分布

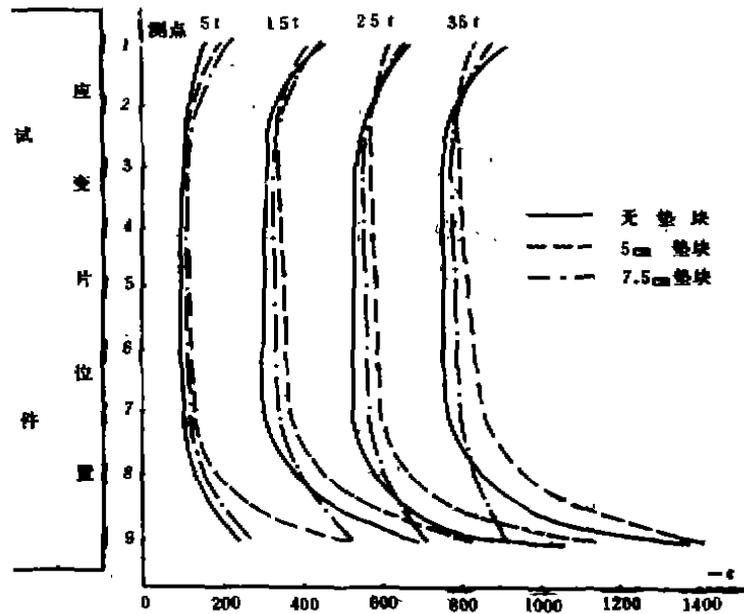


图2 应变沿3:1型试件高度的分布

当试件承受轴向压缩时,因有侧向变形,在试件的上、下端面与试验机承垫之间产生很大的径向摩擦力,试件的加工精度,试验机的精度难以达到理想的程度等等因素使得试件端部受力复杂化。为了减小端部因素的影响,试验时在试验机承垫与试件之间加一垫块。图2和图3是高径比为3:1和2:1型试件在不同垫块和不同载荷台阶下的轴向应变沿试件高度的分布曲线。可见在无垫块和有垫块时,中部分布较均匀,愈向两端无垫块比有垫块时影响较大,短的垫块比长的垫块影响较大,端部因素对应力分布的影响也符合圣维南原理的阐述。

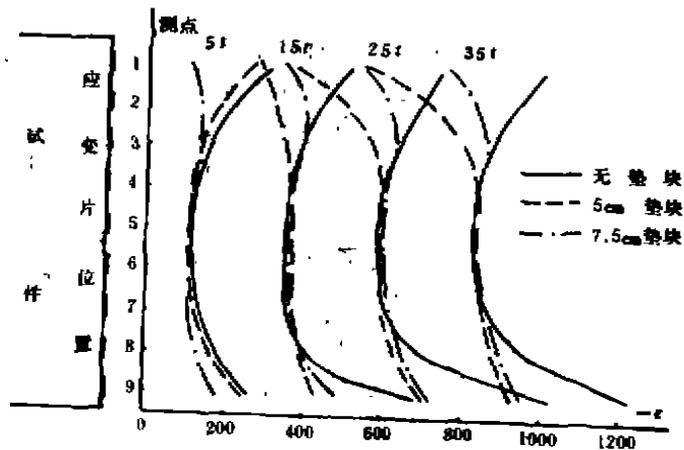


图3 应变沿2:1型试件高度的分布

3 不同情况下的测数范围及其偏差

如上所述, 从对称于试件 $1/2h$ 截面的中部区域测数最佳, 这个区域用 l 表示, 当 l 不同时, 所测数的偏差不同。图 4 和图 5 是不同尺寸试件在不同条件下的 l 与偏差 δ 的关系。其中, δ 是 l 段的测量数据与该段算术平均值的最大偏差。计算方法如下。

用 A 表示读数, i_j 表示测点, i_n 表示载荷台阶, ΔA_{ij} 表示某一测点在某一台阶载荷的读数对前一台阶读数的增量, 则:

$$\Delta A_{ij} = A_{i_n, i_{j+1}} - A_{i_n, i_j}$$

$$\overline{\Delta A_{ij}} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} \Delta A_{ij}}{n-1} \quad n \text{—载荷台阶}$$

$$\overline{\Delta B_k} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta A_{kj}}{k} \quad k \text{—} l \text{段的测点数}$$

$$\text{则: } \delta_k = \frac{\overline{\Delta A_{kj}} - \overline{\Delta B_k}}{\overline{\Delta B_k}} \times 100\%$$

取 δ_k 中的最大值 δ_{max} 作为绘图和列表的依据。由图可见, 一方面, 在 l 一定时, δ 将随垫块和试件尺寸的减小而增大, 这是很显然的, 因为当 l 一定时, 端部因素对 l 的影响将随垫块和试件尺寸的减小而增大。另一方面, 对于同一试件, l 愈长, 愈接近端面, 所以对应的 δ 愈大。

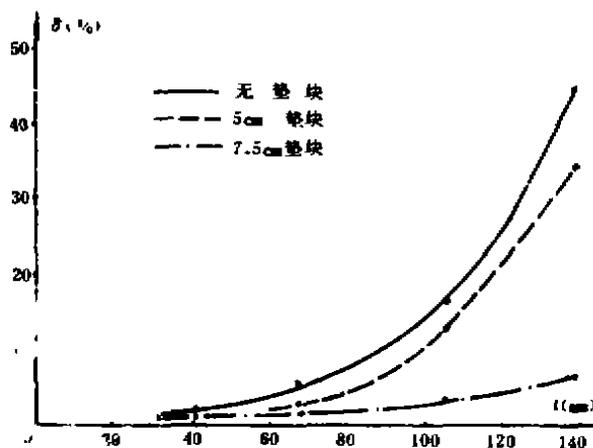


图 4 3: 1 型试件的 δ - l 曲线

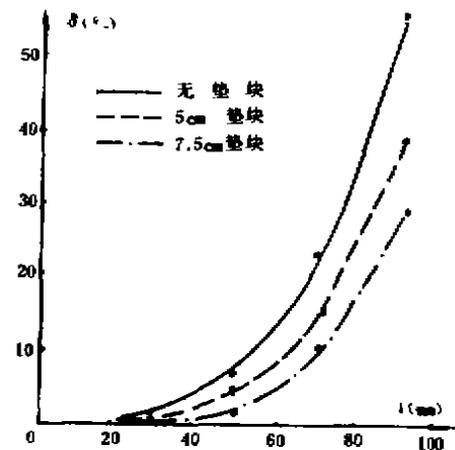


图 5 2: 1 型试件的 δ - l 曲线

高径比为 3: 1 型和 2: 1 型试件在不同垫块和偏差下的 l 值如下表所示。

附表 3: 1 型和 2: 1 型试件在不同垫块和偏差下的 l 值

δ_{max}	3:1 型试件			2:1 型试件		
	1.5:1(垫块)	1:1(垫块)	无(垫块)	1.5:1(垫块)	1:1(垫块)	无(垫块)
2	6.6	5.6	4.2	4.9	3.8	3.2
3	9.2	6.8	5.4	5.4	4.4	3.6
4	11	7.6	6	5.8	4.8	4.0
5	12	8	6.8	6.4	5.0	4.4

从表中的数据可见, 3: 1 型试件比 2: 1 型试件在同一偏差下 l 要大一些, 加垫块时偏差较小, 较大的垫块偏差更小, 不加垫块时偏差最大。往往在做压缩试验时不加垫块。这时, 若在保证一定的精确度条件下, 用电测法测取数据时, 对不同的试件就限置了贴片范围, 例如, 要求测量数据的偏差 δ 小于 3%, 若用 3: 1 型和 2: 1 型试件, 则试件中部的贴片范围分别为 5.4cm 和 3.6cm。

为了检验测量数据的准确度, 取 2: 1 型试件无垫块时和 3: 1 型试件加 1.5: 1 型垫块时的 σ - ϵ 曲线如图 6 和图 7 所示, 除 1, 2, 8, 9 点因靠近端面曲线异常外, 中部 3, 4, 5, 6, 7 各点均服从虎克定律, 所以取试件中部 3 个应变片的平均值为计算依据。

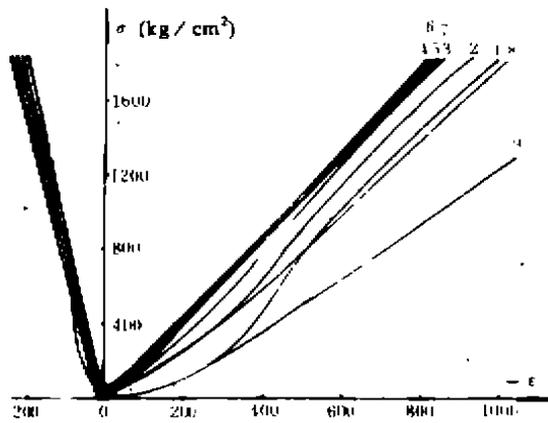


图 6 2: 1 型试件无垫块的 σ - ϵ 曲线

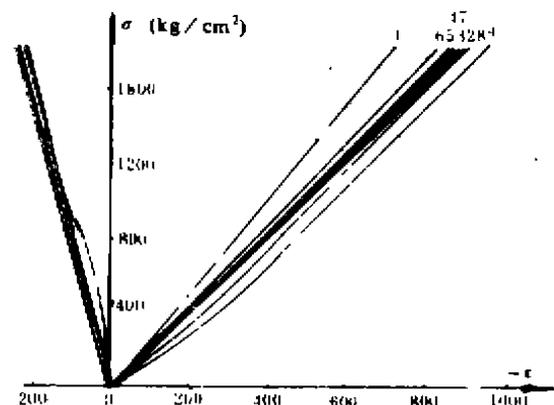


图 7 3: 1 型试件加 1.5: 1 型垫块的 σ - ϵ 曲线

图 8 和图 9 是中部 3 个应变片和中部 5 个应变片的平均值的 σ - ϵ 曲线。

取 $\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ 时的应变值, 由图 8 得:

$$E = \frac{1600}{740 \times 10^{-6}} = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \quad \mu = \frac{220}{740} = 0.3$$

由图 9 得:

$$E = \frac{1600}{750 \times 10^{-6}} = 2.13 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \quad \mu = \frac{220}{750} = 0.29$$

E 和 μ 的计算值均在所用材料的范围内, 且 σ - ϵ 曲线服从虎克定律, 所以试验数据是可靠的。

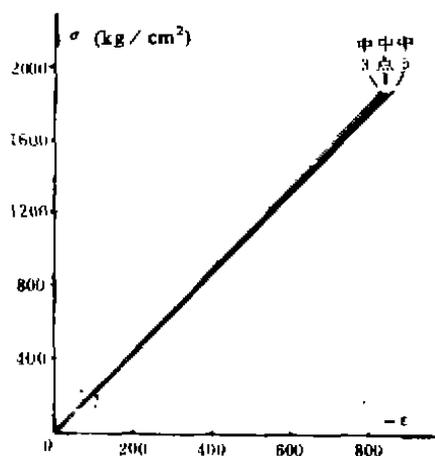


图 8 2: 1型试件无垫块时中部平均值
 σ - ϵ 曲线

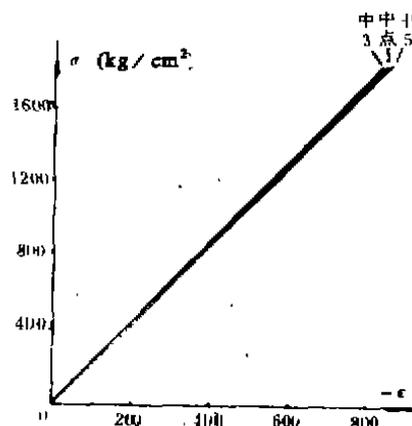


图 9 3: 1型试件加 1.5: 1型垫块时
中部平均值的 σ - ϵ 曲线

4 合理的试件尺寸及有效测数范围

前面谈到, 在满足工程实际对测量偏差要求的前提下尽可能使试件短一些, 但过短的试件端部因素影响到试件整个高度, 使得 l 投过小, 甚至为零, 难以得到, 有时不能得到多个测点的平均值, 使测量的准确度降低。这样就提出了一个恰当的试件尺寸和有效的测数范围的问题。

从图 4 可见, 当 $l < 50\text{mm}$ 时, δ 变化趋势较平缓, $l > 50\text{mm}$ 时, δ 将迅速增大, 而 $l = 50\text{mm}$ 约是 3: 1 型试件的 $1/3h$, 同样由图 5 知, l 约为 30mm 是曲线变化平缓与急剧的分界处, 而 $l = 30\text{mm}$ 约是 2: 1 型试件的 $1/3h$ 。由表可知, 在 $l = 1/3h$ 段测数, 最大偏差小于 3%, 但这时 2: 1 型试件 l 仅为 3.6cm 。若 l 再小因不能粘贴足够的应变片使测点减少从而测量偏差增大, 要使 l 增大一些以增加测点数, 则相同的 δ 时应加长试件, 3: 1 型试件在 δ 为 5% 时, l 为 6.8cm 已有足够的测数范围, 且 6.8cm 约为 3: 1 型试件的 $1/2h$ 。同时 5% 的偏差对于 2: 1 型试件 l 为 4.4cm , 约为 $1/2h$ 。所以, 在 $l = 1/2h$ 范围内测数, δ 略大于 5%, 当然再加长试件, $1/2h$ 的测数范围偏差更小, 但 5% 的偏差已满足工程实际的需要, 且 $l = 1/2h$ 已有足够的测数范围, 试件再长, 必要性不大, 且过长又有稳定性问题。

研究表明, 一方面, 在保证 l 的一定范围, 以取得多个测点的算术平均值, 另一方面, 满足工程实际对偏差的要求, 又尽可能用短一些试件的前提下, $h = (2 - 3)d$ 的试件尺寸是比较合理的; $l = 1/3 \sim 1/2h$ 是有效的中部测数范围, 在这个区域内粘贴应变片, 其测量数据的偏差约为 5%。

感谢陕西机械学院石怀理老师的悉心指导。

参 考 文 献

- 1 贾有权. 材料力学实验. 北京: 人民教育出版社, 1979.
- 2 张如一, 陆耀楨. 实验应力分析. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- 3 肖明耀. 实验误差估计与数据处理. 北京: 科学出版社, 1980.

Investigation of Logical Dimensions and Effective Data-Measuring Regions for the Axial Compression Specimens

Qi Fujing

(Department of Chemical Engineering)

Abstract

This paper, through experimental analysis has proposed both logical dimensions and effective data-measuring regions for the axial compression specimens in the elastic regions. The deviations of data measurement is about 5% which meets the practical demands of engineering.

Key words: Deviation; Specimen; Electrical measuring method.