

高耸结构静力测试实验

一、实验目的

1. 测定高耸结构在模拟风荷载作用下的表面正应力大小，并与理论值比较。
2. 了解应变电测原理，学会静态电阻应变仪的使用。

二、实验设备

1. 高耸结构实验装置
2. DH-3818 型静态应变测试仪

三、实验原理和装置

高耸结构装置如下图所示。不锈钢材料，锥形体，高 2750mm，底面外径 60mm，内径 58mm，壁厚 1mm。在 2/3 高处，结构缠有细线，细线沿水平方向绕过定滑轮，在细线末端吊有砝码托盘。这样实验时通过加载砝码，模拟对结构的水平力作用。在结构受拉侧，沿轴线方向选 5 到 6 个截面贴应变片，利用电阻应变仪测出各应变片的应变值，找出变截面最大应力处。

$$\text{由理论推导出的梁纯弯曲时横截面上的正应力公式为 } \sigma = \frac{M}{I_z} y \quad (1)$$

式中 σ : 横截面上的弯矩;

I_z : 梁横截面对中性轴 Z 的惯性矩;

y : 需求应力的测点离中性轴的距离;

假设在 2/3 高处作用水平力 F，则结构弯矩表达式为:

$$M(x) = -Fx + 2/3h F \quad (2)$$

设外径为 D，内径为 d，由几何关系得

$$D(x) = \frac{2(h_{\text{外}} - x)}{h_{\text{外}} / D_{\text{底外径}}} \quad (3),$$

$$d(x) = \frac{2(h_{\text{内}} - x)}{h_{\text{内}} / D_{\text{底外径}}} \quad (4)$$

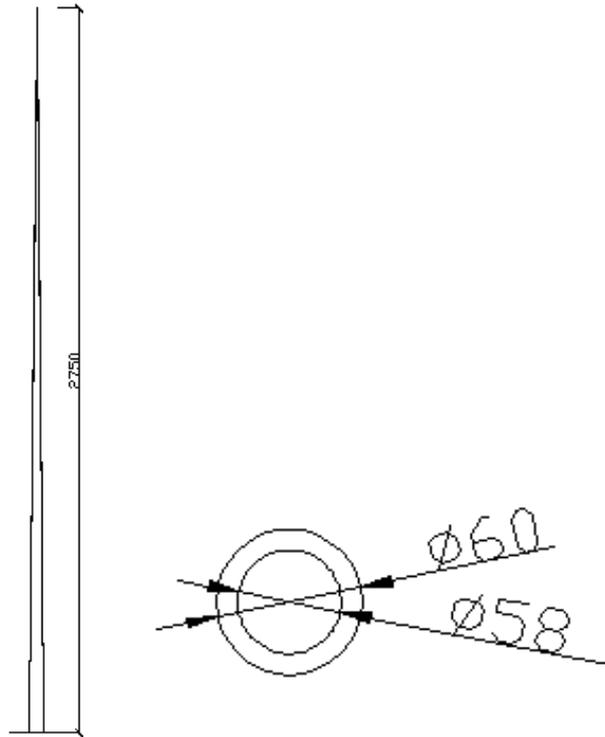
$h_{\text{外}}$: 结构外壁高度，为 2750mm

$h_{\text{内}}$: 结构内壁高度，计算得约 2660mm

由 (3) (4) 式得:

$$I_z(x) = \frac{\pi}{64} [D^4(x) - d^4(x)], \quad (5)$$

$$\text{又 } y = 1/2 D(x) \quad (6)$$



将 (2) (5) (6) 代入 (1) 式, 并带入相关数据, 可求得截面正应力表达式为:

$$\sigma = \frac{(5.5-3x)(2.75-x)}{(2.75-x)^4 - (2.66-x)^4} \cdot \frac{2.75^3 \times 4}{0.03^3 \times 3\pi} F \quad (7)$$

假设单位力 $F=1\text{N}$, 可由上式求得 x 约在 0.997m 处时, 有 $\sigma_{\max} = 0.7875 \text{ MPa}$,

应变仪测得各应变片的应变值, 然后根据单向应力状态的胡克定律求出各点实测的应力值:

$$\sigma_{\text{实}} = E \varepsilon_{\text{实}} \quad (8)$$

式中 E : 材料的弹性模量

$\varepsilon_{\text{实}}$: 应变仪测得的应变值

由于以上推导公式适用于比例极限内, 故结构的加载必须在此范围内。为了观察变形与荷载的线性关系, 实验时采取增量法加载, 即每增加等量载荷 ΔP , 测量各点的应变一次, 观察各次的应变增量是否也基本相同。然后, 再重复加载从零至最终荷载两次。最后, 取三次最终荷载所测得的应变平均值计算各点的应力值 $\sigma_{\text{实}}$ 。

本实验用电测法测量应变, 采取 1/4 桥连接方式。因多点测量, 且各个测量点温度条件相同, 为方便测量, 各测量片公用一个温度补偿片。(具体连接方法查看 DH3818-2 静态应变测试仪说明书)

四、实验步骤

1. 选取测量点

(1) 沿结构受拉侧最外沿选取 5 至 6 个截面, 用卷尺测量各点距离底座距离, 并记录下来;

- (2) 用游标卡尺测量选取截面的直径，并记录下来；
- 在选取点处依次贴应变片，并引出导线；
 - 应变仪准备
 - 接通 DH3818—2 静态应变测试仪，按下开关按钮。
 - 调整应变仪的电阻值和灵敏度系数，使之与所贴电阻应变片的电阻值和灵敏度系数相一致；
 - 按应变仪上面板所示 1/4 桥路接法，依次接好电路。
 - 查看应变仪表面各通道。按下面板 数字键 0，再按平衡键。此时仪器自动平衡所有测点。
 - 加载测量

本实验采取砝码加载的方法。每增加砝码 ΔP ，记录一次各测点的应变读数一次，观察各次的应变增量是否基本相同。然后，再重复加载两次，最后取三次最终荷载所测得的各点的应变平均值计算各点的实测应力。

五、注意事项

- 本实验为变截面问题，最大应力不在结构根部。因此截面选取位置应尽量在理论测算应力最大位置附近。
- 所有连线必须牢固可靠，建议与端子连接用焊锡焊牢。
- 不要随意拉动导线或触碰结构上的电阻应变片。
- 系统必须良好接地。系统接地不好，将产生一定的漂移，稳定度也将受到影响。

附：ANSYS 计算应力结果图



由上图可见，理论最大应力处约在 0.984m 处，应力值为 0.78848×10^6 Pa