

表1 轮盘的应力值(MPa)

位置 r(mm)	5	15	24	75	30	45	7
本文解	σ_r	0	49.38	41.56	90.61	76.59	31.90
	σ_θ	125.93	67.06	55.27	69.98	69.23	52.47
二次近似解 ^[1]	σ_r	0	49.5	41.4	90.2	76.3	31.9
	σ_θ	126.2	66.6	55.0	69.7	68.9	52.2

参 考 文 献

- 1 丁有宇, 周宏利, 徐 铸, 刘振田. 汽轮机强度计算. 北京: 水利电力出版社, 1985. 362~ 415

- 2 Timoshenko S, Goodier J N. Theory of Elasticity, 3rd ed. McGraw-Hill, 1970. § 32
- 3 Kanwal R P. Generalized Functions. Academic Press, 1983. 20~ 51
- 4 王燮山. 奇异函数及其在力学中的应用. 北京: 科学出版社, 1993. 52~ 59
- 5 吴厚钰. 透平零件结构和强度计算. 北京: 机械工业出版社, 1983. 127~ 145

(本文于1996年1月12日收到)

工字形截面剪应力计算探讨

黄炳生

(南京建筑工程学院, 南京 210009)

摘要 对工字形截面上最大剪应力精确公式进行简化分析, 提出了剪应力近似公式, 该公式计算方便, 精度较好, 实用性强

关键词 剪应力, 工字形截面, 近似公式

双轴对称工字形截面是钢结构中最常用的截面形式之一. 在弯矩和剪力共同作用下, 截面上最大剪应力 τ_{max} 发生在腹板中部. 根据材料力学, 精确计算公式为

$$\tau_{max} = \frac{VS_{max}}{I_x t_w} \quad (1)$$

此式需计算截面面积矩 S_{max} 和惯性矩 I_x , 而 S_{max} 、 I_x 的计算较繁琐, 同时 S_{max} 、 I_x 与截面各部分尺寸之间不是简单的线性关系, 结构设计中不便于根据剪力选择截面尺寸. 因此钢结构中, 在初选腹板尺寸时采用近似公式, 有时工程上为计算方便, 截面验算时也用近似公式. 但各教材计算式不一致, 归纳起来有3种

$$\tau_{max} = \frac{V}{A_w} \quad (2)$$

$$\tau_{max} = 1.2 \frac{V}{A_w} \quad (3)$$

$$\text{和 } \tau_{max} = 1.5 \frac{V}{A_w} \quad (4)$$

式中 A_w 为腹板面积

式(2)用腹板承受剪力的平均剪应力代替截面上最大剪应力; 式(4)假定忽略翼缘抗剪作用, 剪力全部由腹板承受, 根据矩形截面的最大剪应力为平均剪应力的1.5倍而得到. 显然式(3)值介于式(2)和式(4)之间. 事实上, 翼缘也承担部分剪力, 用哪个计算式较合适, 精确度较好呢?

如图1所示工字形截面其惯性矩 I_x 和面积矩 S_{max} 为

$$I_x = \frac{1}{12} t_w h_0^3 + \frac{1}{12} b t^3 + 2bt \left(\frac{h_0 + t}{2} \right)^2 = \frac{1}{12} t_w h_0^3 + \frac{1}{2} b t h_0^2$$

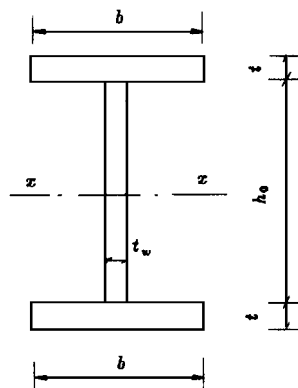


图1

$$S_{\max} = \frac{1}{2} h_0 t_w \cdot 14 h_0 + b t \cdot \frac{h_0 + t}{2} = \frac{1}{8} t_w h_0^2 + \frac{1}{2} b t h_0$$

因此, 由式(1)得

$$\tau_{\max} = \frac{V}{t_w} \left(\frac{\frac{1}{8} t_w h_0^2 + \frac{1}{2} b t h_0}{\frac{1}{12} t_w h_0^3 + \frac{1}{2} b t h_0^2} \right) = \alpha \cdot \frac{V}{A_w} \quad (5)$$

式中 $A_w = t_w h_0$ 为腹板面积, $A_f = b t$ 为一个翼缘面积

$$\alpha = \frac{3}{2} \left(\frac{A_w}{A_f} + 4 \right) / \left(\frac{A_w}{A_f} + 6 \right)$$

为了看清 α 值的大小及其随 $\frac{A_w}{A_f}$ 比值的变化情况,

我们取一些 $\frac{A_w}{A_f}$ 的数值列于表1.

从表1看出 $\alpha > 1.0$, 因此按式(2)计算, 结果偏

小, 按此式验算截面不安全 对一般工字形截面,

表1

A_w/A_f	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
α	1.016	1.031	1.045	1.059	1.071	1.083	1.095
A_w/A_f	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
α	1.105	1.115	1.125	1.134	1.143	1.151	1.159
A_w/A_f	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	
α	1.167	1.174	1.181	1.188	1.194	1.2	

$\frac{A_w}{A_f} < 4.0$, 从而 $\alpha \leq 1.2$, 因此式(4)计算结果偏大,

误差很大 显然用式(3)计算工字形截面上最大剪应力较合理

对式(5)线性化可得到

$$\tau_{\max} = 1.01 \frac{V}{A_w} + 0.05 \frac{V}{A_f} \quad (6)$$

对一些工字形截面分别按精确公式(1)、式(3)和式(6)计算 τ_{\max} , 列于表2

表2

截面尺寸 (cm)	bt	10 × 1.2	32 × 2	28 × 1.4	16 × 2	14 × 1.4
	$h_0 t_w$	20 × 0.8	116 × 1	100 × 0.8	116 × 1	100 × 0.8
	A_w/A_f	1.333	1.813	2.041	3.626	4.082
τ_{\max}/V (1/mm ²)	式(1)	646.5	94.8	139.2	101.2	148.8
	式(3)	750.0	103.4	150.0	103.4	150.0
	(误差)	(16%)	(9.1%)	(7.8%)	(2.1%)	(0.8%)
	式(6)	672.9	94.9	139.0	102.7	151.8
	(误差)	(3.9%)	(0.1%)	(-0.1%)	(1.5%)	(2.0%)

从表2看出, 式(3)、式(6)的计算结果总比精确值稍大, 式(3)的误差较大, 而式(6)误差较小, 特别当 A_w/A_f 为2.0左右时(一般梁截面为此值), 误差很小 式(6)是一个很有用的计算式, 同精确公式相比, 计算简便, 而误差较小 误差主要是由于在 I_x 和 S_{\max} 中略去高阶项引起的

综上所述, 结构设计中由抗剪强度选择腹板尺寸时, 用式(3)计算方便; 而验算截面抗剪强度, 用式(6)计算精度较高, 误差都在工程允许的范围内, 计算也很方便

参 考 文 献

- 1 孙训方等编 材料力学 北京: 人民教育出版社, 1979
- 2 欧阳可庆主编 钢结构 上海: 同济大学出版社, 1986
- 3 钟善桐主编 钢结构 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1987
- 4 黎钟, 高云虹编 钢结构 北京: 高等教育出版社, 1990
(1995年9月15日收到第1稿,
1996年5月5日收到修改稿)

更正

本刊第18卷第4期52页第14行“梁的弯矩圆”应为“梁的弯矩图”