

钢结构防火涂料耐火试验加载量计算

B. 1 已知条件

钢梁为 Q235 钢材, 抗弯强度为 f (N/mm^2)。钢梁安装方式为水平简支, 计算跨度为 L_0 (mm)、受压翼缘宽度为 b_1 (mm)、翼缘厚度为 t_1 (mm)、腹板厚度为 d (mm)、截面高度 h (mm)、截面回转半径为 i_y (mm)、截面模量为 W_x (mm^3)、强度折减系数为 k 、屈服强度为 f_y (N/mm^2)、自重为 g (N/m)。标准盖板自重经称量为 q_0 (N/m)。

B. 2 均布荷载计算

钢梁受载后其截面上实际产生的最大弯矩 M_{\max} 采用式 (B. 1) 计算:

$$M_{\max} = (1/8) q_{\max} L_0^2 \dots\dots\dots (\text{B. 1})$$

按 GB 50017—2003 中 4. 1 规定, 钢梁截面上的设计弯矩 M_x 应符合式 (B. 2) 的要求。

$$M_x / (\gamma_x W_x) \leq k f \dots\dots\dots (\text{B. 2})$$

式中, 对于工字形截面 $\gamma_x = 1. 05$, 当梁受压翼缘自由外伸宽度与其厚度之比大于 $13 \sqrt{235/f_y}$ 而不超过 $15 \sqrt{235/f_y}$ 时, $\gamma_x = 1. 0$ 。

由式 (B. 2), 钢梁截面上的设计弯矩极限值 $M_{\text{极限}}$ 应采用式 (B. 3) 计算:

$$M_{\text{极限}} = k \gamma_x W_x f \dots\dots\dots (\text{B. 3})$$

依据 6. 5. 5 的规定, $M_{\max}=M_{\text{极限}}\times 60\%$, 由式 (B. 1) 和式 (B. 3) 推出
均布荷载 q_{\max} :

$$q_{\max}=4.8k\gamma_x W_x f / L_0^2 \dots\dots\dots (B. 4)$$

B. 3 稳定性验证

B. 3. 1 验证原则

按 GB 50017—2003 中 4. 2. 1 规定, 若 $L_0/b_1>13$, 则应计算梁的整体稳定性。

B. 3. 2 稳定系数的计算

按 GB 50017—2003 中 B. 5 规定, 对于均匀弯曲的受弯构件:

(1) 当 $\lambda_y < 120\sqrt{235/f_y}$ 时, 对于双轴对称的工字形截面 (含 H 型钢), 其稳定系数 φ_b 可按式 (B. 5) 计算。

$$\varphi_b = 1.07 - \frac{\lambda_y^2}{44000} \cdot \frac{f_y}{235} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

$$\lambda_y = L_0 / i_y.$$

(2) 当 $\lambda_y < 120\sqrt{235/f_y}$ 时, 其稳定系数 φ_b 应按 GB 50017—2003 中 B. 1 和 B. 2 的规定进行计算, 并且当计算所得的 $\varphi_b > 0.6$ 时, 应采用式 (B. 6) 对其进行修正计算。

$$\varphi'_b = 1.07 - 0.282 / \varphi_b \dots\dots\dots (B. 6)$$

B. 3. 3 验证条件

按 GB 50017—2003 中 4. 2. 2 规定, 在处于整体稳定的条件下, 钢梁截面上的最大弯矩 M_{\max} 应符合式 (B. 7) 的要求。

$$M_{\max} \leq k_f \varphi_b W_x \dots\dots\dots (B. 7)$$

当稳定系数经过修正后, 应采用 φ_b' 代替式 (B. 7) 中的 φ_b 。

若不符合以上验证条件, 应按 GB 50017—2003 中 4. 2 规定, 以梁的整体稳定性计算均布荷载 q_{\max} 。

B. 4 加载量计算

依据 6. 5. 5 的规定, 试件的实际加载量 F 采用式 (B. 8) 计算:

$$F = (q_{\max} - g - q_0) L_0 \dots\dots\dots (B. 8)$$

示例 1:

已知: 试验基材为 GB/T 11263—2017 规定的 HN400×200 热轧 H 型钢, $f=215$ N/mm²、 $L_0=4200$ mm、 $b_1=200$ mm、 $t_1=13$ mm、 $d=8$ mm、 $h=400$ mm、 $i_y=45.4$ mm、 $W_x=1190000$ mm³、 $k=0.9$ 、 $f_y=235$ N/mm²、 $g=646.8$ N/m, 所用标准盖板自重经称量 $q_0=573.3$ N/m。求钢梁的实际加载量 F 。

计算程序如下:

(1) 均布荷载计算:

由于梁受压翼缘自由外伸宽度与其厚度之比为 $\frac{b_1-d}{2t_1} = \frac{200-8}{2 \times 13} = 7.38$, 而 $13 \sqrt{235/f_y} = 13$ 、 $15 \sqrt{235/f_y} = 15$, 所以 $\gamma_x=1.05$ 。由式 (B. 4) 得:

$$q_{\max} = 4.8k_y W_x f / L_0^2 = 4.8 \times 0.9 \times 1.05 \times 1190000 \times 215 / 4200^2 = 65.790 \text{ kN/m}$$

(2) 稳定性验证:

因 $L_0/b_1 = 4200/200 = 21 > 13$, 应计算梁的整体稳定性。

$\lambda_y = L_0/i_y = 4200/45.4 = 92.51 < 120\sqrt{235/f_y} = 120$, 由式 (B. 5) 得:

$$\varphi_b = 1.07 - \frac{\lambda_y^2}{44000} \cdot \frac{f_y}{235} = 1.07 - \frac{92.51^2}{44000} \cdot \frac{235}{235} = 0.88$$

由式 (B. 1) 得:

$$M_{\max} = (1/8) q_{\max} L_0^2 = (1/8) \times 65.790 \times 4200^2 = 145067 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\text{而, } k\varphi_b W_x = 0.9 \times 215 \times 0.88 \times 1190000 = 202633 \text{ N}\cdot\text{m}$$

所以, $M_{\max} < k\varphi_b W_x$, 满足稳定性要求。

(3) 加载量计算:

由式 (B. 8) 得:

$$F = (q_{\max} - g - q_0) L_0 = (65790 - 646.8 - 573.3) \times 4.2 = 271 \text{ kN}$$

示例 2:

已知: 试验基材为 GB/T 706—2016 规定的 36b 热轧工字钢, $f = 215 \text{ N/mm}^2$ 、

$L_0 = 4200 \text{ mm}$ 、 $b_1 = 138 \text{ mm}$ 、 $t_1 = 15.8 \text{ mm}$ 、 $d = 12.0 \text{ mm}$ 、 $h = 360 \text{ mm}$ 、

$i_y = 26.4 \text{ mm}$ 、 $W_x = 919000 \text{ mm}^3$ 、 $k = 0.9$ 、 $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ 、 $g = 643.8 \text{ N/m}$ 、

所用标准盖板自重经称量 $q_0 = 573.3 \text{ N/m}$ 。求钢梁的实际加载量 F 。

计算程序如下:

(1) 均布荷载计算： 由于梁受压翼缘自由外伸宽度与其厚度之比为

$$\frac{b_1 - d}{2t_1} = \frac{138 - 12.0}{2 \times 15.8}, \text{ 而 } 13 \sqrt{235/f_y} = 13, 15 \sqrt{235/f_y} = 15, \text{ 所以 } \gamma$$

$\gamma_x = 1.05$ 。由式 (B. 4) 得:

$$q_{\max} = 4.8 \gamma_x W_x f / L_0^2 = 4.8 \times 0.9 \times 1.05 \times 919000 \times 215 / 4200^2 = 50.808 \text{ kN/m}$$

(2) 稳定性验证:

因 $L_0/b_1 = 4200/138 = 30 > 13$, 应计算梁的整体稳定性。

$\lambda_y = L_0/i_y = 4200/26.4 = 159.09 > 120 \sqrt{235/f_y}$, 按 GB 50017—2003 中 B. 2 的规定计算梁的整体稳定系数:

查表 (见 GB 50017—2003 中表 B. 2), 当 $L_0 = 4000 \text{ mm}$ 和 $L_0 = 5000 \text{ mm}$ 时, 其对应稳定性系数分别为 0.93 和 0.73。采用线性插值法计算, 当 $L_0 = 4200 \text{ mm}$ 时, 梁的稳定性系数 $\varphi_b = 0.89 > 0.6$, 按式 (B. 6) 对其进行修正:

$$\varphi_b' = 1.07 - 0.282/\varphi_b = 1.07 - 0.282/0.89 = 0.75$$

由式 (B. 1) 得:

$$M_{\max} = (1/8) q_{\max} L_0^2 = (1/8) \times 50.808 \times 4200^2 = 112032 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\text{而, } k\varphi_b' W_x = 0.9 \times 215 \times 0.75 \times 919000 = 133370 \text{ N}\cdot\text{m}$$

所以, $M_{\max} < k\varphi_b' W_x$, 满足稳定性要求。

(3) 加载量计算:

由式 (B. 8) 得:

$$F = (q_{\max} - g - q_0) L_0 = (50808 - 643.8 - 573.3) \times 4.2 = 208 \text{ kN}$$

