

文章编号 1000-5013(2000) 02-0161-03

等边角钢四肢方阵式格构柱截面的优化设计

彭 兴 黔

(华侨大学土木工程系, 泉州 362011)

摘要 在钢结构格构柱截面设计中, 要保证结构的安全又要考虑节约用料, 而格构柱截面宽度正是能体现安全和经济双重要求的重要几何参数. 考虑有关格构柱构造要求, 根据准则优化法, 以格构柱用钢量为目标函数, 分缀板式和缀条式, 导出等边角钢四肢方阵式格构柱截面宽度和选用角钢型号的直接设计公式. 计算结果表明, 该设计具有安全、经济和简明的特点, 便于工程实际应用.

关键词 等边角钢, 格构柱, 优化设计

中图分类号 TU 311.2

文献标识码 A

文 [1] 导出等边角钢四肢方阵式格构柱截面设计的角钢选用公式, 克服以往试算的弊端. 文 [2] 在文 [1] 的基础上, 考虑格构柱剪切变形对整体稳定性的影响, 对缀板柱和缀条柱式分别采用换算长细比计算稳定系数, 使设计与格构柱实际相符合. 文 [1, 2] 的设计参数取值偏于危险, 不满足整体稳定的要求, 文 [3] 对错误作出更正, 并给出安全的设计表达式. 但是, 以上的工作只解决设计的简便问题, 并未体现设计的经济要求, 其原因在于格构柱截面宽度这一重要参数是作为已知值给定的. 本文考虑有关格构柱构造的要求, 采用准则优化法, 较好地确定出等边角钢四肢方阵式格构柱截面宽度, 使设计更加经济合理.

1 缀板式格构柱截面设计

格构柱截面如图 1 所示, 其换算长细比^[1]为

$$\lambda_{oy} = 1.1547 \lambda_y = 1.1547 \frac{\mu L}{i_y}. \quad (1)$$

根据回转半径与截面宽度的近似关系, $i_y = 0.43 h$ ^[4] 代入式(1), 有

$$\lambda_{oy} = 2.6853 \frac{\mu L}{h}. \quad (2)$$

立柱的截面面积由稳定条件确定, $A = P / \varphi$, 式中稳定系数 φ 可近似计算^[1]为 $\varphi = c(\lambda_{oy})^{-d}$, 式中拟合系数 c, d 的数值见表 1. 将式(2)代入 $\varphi = c(\lambda_{oy})^{-d}$, 再代入 $A = P / \varphi$, 得

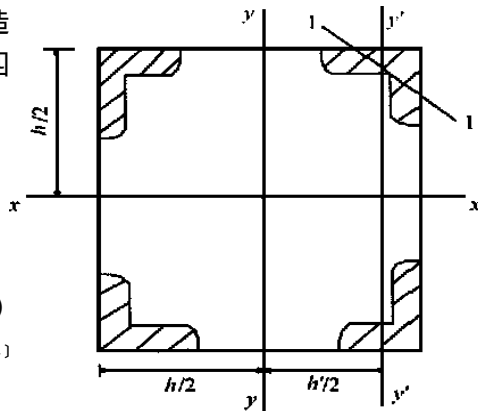


图 1 格构柱截面示意图

$$A = \frac{P}{cf} \left(\frac{2.6853 \mu L}{h} \right)^d.$$

(3)

由规范规定^[6],可近似地取缀板宽为 $2/3h$,长为 $0.86h$,即截面回转半径的2倍,厚为 $h/40$.因此,得缀板柱的用钢量为

$$V = AL + 0.0573h^3n,$$

(4)

式中的后一项为缀板总体积, n 为格构柱缀板道数. 缀板中心间距取 $2.5h$,可满足分肢稳定要求,则 $n = L/2.5h$. 将式(3)一起代入式(4),有

$$V = \frac{PL}{cf} \left(\frac{2.6853 \mu L}{h} \right)^d + 0.0229h^2L.$$

(5)

令 $\frac{dV}{dh} = 0$, 得

$$h = \left[\frac{21.815 dP}{cf} (2.6853 \mu L)^d \right]^{\frac{1}{2+d}}.$$

(6)

式(6)即为缀板柱截面宽度计算公式,截面面积由式(3)计算,柱的总体积由式(5)计算.

2 缀条式格构柱截面设计

考虑缀条柱的斜缀条与单肢轴线的夹角为 45° ;且为单缀条体系,则缀条柱的用钢量为

$$V = AL + \sqrt{2} A_d L,$$

(7)

式中 A_d 为斜缀条截面积之和. 由此可知,缀条柱的截面宽度主要取决于构造要求. 规范规定缀条柱单肢长细比不大于立柱长细比的0.7倍. 在无横缀条情况下,单肢的计算长度为 $2h$,有 $2h/i_1 \leq \lambda_{oy}$, 式中 i_1 为单肢最小回转半径. 从安全和方便考虑,缀柱换算长细比可近似为

$$\lambda_{oy} = 1.1\lambda_y = 2.5581 \frac{\mu L}{h},$$

(8)

而 $i_y = 1.55i_1$. 由文[1]可知,立柱截面面积与单肢最小回转半径的关系为 $A = 4ai_1^b$, 式中系数 a, b , 按表2选值. 将 $2.5581(\lambda_y)^{-d}$ 代入 $A = P/Q_f$, 考虑 $2h/i_1 \leq \lambda_y$, 式(8)和 $A = 4ai_1^b$ 的关系,得

$$h = \left[\frac{P}{4acf} \left(\frac{2.5581 \mu L}{(2.8571)^b} \right)^{d+b} \right]^{\frac{1}{2b+d}},$$

(9)

表2 不同肢厚(mm)下的等边角钢 $A \sim i_1$ 拟合系数 a, b 数值表

系数	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
a	3.09	3.94	4.88	5.83	6.77	7.40	9.60	11.54	13.24	15.24
b	1.10	1.01	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01

式中长度单位按厘米计. 式(9)即为缀条柱截面宽度计算公式,而截面积计算为

$$A = \frac{P}{cf} \left(\frac{2.5881 \mu L}{h} \right)^d,$$

(10)

而缀条柱总体积则由式(7)算得.

3 算例

两端铰支的立柱由4根等边角钢(A_3)组成,其截面如图1所示. 已知柱长 $L = 6\text{ m}$, 轴向压力 $P = 450\text{ kN}$, 材料设计强度 $f = 170\text{ MPa}$, 角钢肢厚 6 mm , 试作截面设计(f 值不符现行规

范, 文 [2] 已有说明. 为便于比较, 除截面宽度未给出外, 其余参数为文 [1] 中数值). (1) 设计成缀板柱. 一般格构柱为中柔度杆, 由表 1 得 $c = 12.12$, $d = 0.67$. 将已知值代入式 (6), 得 $h = 233$ mm. 再代入式 (3), 得 $A = 37.3 \text{ cm}^2$. 查型钢表, 选角钢 4 L80 × 6, $A = 4 \times 9.4 \text{ cm}^2 = 37.6 \text{ cm}^2$. 经验算, $\sigma = \frac{P}{QA} = 160.6 \text{ MPa}$, $\lambda_1 = 26.9 < \lambda_y / 2 = 30.7$. 它满足整体稳定和单肢局部稳定要求, 缀板厚取 6 mm, 满足缀板构造要求. 此缀板柱的用钢量 $V = 30\,777.2 \text{ cm}^3$. 文 [1] 算例原截面宽度为 181 mm, 应选用角钢 4 L100 × 6, 其缀板柱的用钢量 $V = 34\,943.1 \text{ cm}^3$. 本文的缀板柱设计, 可节约钢材 11.9%. (2) 设计成缀条柱. 由表 1 可得 $c = 12.12$, $d = 0.67$; 由表 2 可得 $a = 5.83$, $b = 1.03$. 将已知值代入式 (9), 得 $h = 272$ mm. 代入式 (10), 得 $A = 32.6 \text{ cm}^2$, 再查型钢表, 选角钢 4 L70 × 6, $A = 4 \times 8.16 \text{ cm}^2 = 32.64 \text{ cm}^2$. 斜缀条选用 4 L40 × 5, $A_d = 4 \times 3.79 \text{ cm}^2 = 15.16 \text{ cm}^2$. 经验算, $\sigma = \frac{P}{QA} = 163.2 \text{ MPa}$, $\lambda_1 = 32.9 < 0.7\lambda_y = 35.4$, 可满足整体与局部稳定及构造的要求. 此缀条柱的用钢量 $V = 324\,47.7 \text{ cm}^3$. 文 [1] 算例缀条柱应选角钢 4 L90 × 6, 其用钢量 $V = 38\,400 \text{ cm}^3$. 本文的缀条柱设计, 可节约钢材 15.5%. 计算结果表明, 本文的等边角钢四肢方阵式格构柱截面的优化设计, 具有简便和经济的特点, 利于实际应用.

参 考 文 献

- 1 任治章. 等边角钢四肢方阵式格构柱截面设计的近似方法[J]. 力学与实践, 1997, 19(2): 59 ~ 60
- 2 李宗利, 王正中. 等边角钢四肢方阵式格构柱截面直接设计法[J]. 力学与实践, 1998, 20(4): 18 ~ 19
- 3 彭兴黔. 关于“等边角钢四肢方阵式格构柱截面直接设计法”的讨论[J]. 力学与实践, 1999, 21(3): 73 ~ 74
- 4 欧阳可庆. 钢结构[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991. 363 ~ 364
- 5 中华人民共和国建设部. GBJ 17-88 钢结构设计规范[S]. 北京: 计划出版社, 1989. 97 ~ 98

Optimizng Designing the Section of the Trellis Columns of Angle Steel with Equal Legs and in Quadruped Square Matrix

Peng Xingqian

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract In designing the section of the trellis column of steel structure, both safety of construction and saving of material should be considered. The width of the section of trellis column is exactly the important geometric parameter embodying the demands of safety and economy. Taking the demand of the construction of trellis column into account and taking steel consumption of trellis column as objective function, a formula based on criterion optimization is derived, in the types of lace plate and lace bar, for directly designing the width of the section of trellis columns of angle steel with equal legs and in quadruped square matrix as well as the model of angle steel to be chosen. As shown by the results from calculation, the author's design is safe, economic and concise; it is convenient for practical application to engineering.

Keywords angle steel of equal legs, trellis column, optimizing design