

文章编号:1007-6492(2001)03-0028-03

钢结构节点角钢连接计算

苗同臣¹, 罗国军², 朱明霞¹, 赵迎久³

(1. 郑州大学工程力学系, 河南 郑州 450002; 2. 新郑卷烟厂基建处, 河南 新郑, 451150; 3. 郑州华电钢结构工程技术有限公司, 河南 郑州 450052)

摘 要: 根据目前钢结构设计中常用的中国和美国规范, 并结合实际工程设计特点, 分析了钢结构节点角钢连接的设计方法, 并编制了设计计算的计算机软件. 该计算机软件在输入简单参数后能自动完成螺栓数量的计算、角钢型号的选择以及角钢长度的确定等. 计算方法和程序已在工程实际中应用, 计算结果准确合理, 具有较高的实际应用价值.

关键词: 钢结构; 角钢; 连接; 程序

中图分类号: TU 318.4; TU 393 **文献标识码:** A

0 引言

在钢框架结构特别是在高层、超高层钢结构中, 梁、柱截面大都采用性能较好的 H 型钢, 同时, 为了安装方便、提高功效、缩短工期, 梁柱节点通常采用角钢和端板连接, 连接方式为螺栓连接和焊接. 由于这类节点属于空间板壳受力结构, 对梁柱截面和连接螺栓或焊缝进行精确设计计算十分困难, 工程中均在不同的假设基础上进行简化计算, 尽管计算方法很多, 如文献[1~3]等, 但对实际工程设计中每一个(类)节点的连接件和螺栓数等进行手工计算是非常不现实的, 工作量极大, 时间上也是不允许的, 因此, 必须根据实际工程情况、施工特点, 编制简单实用的设计软件. 本文根据目前钢结构设计常用的中国和美国规范, 并结合实际工程设计特点, 介绍了钢结构节点角钢连接的设计方法, 并编制了设计程序.

1 梁柱节点连接参数

钢结构节点由梁和柱通过连接件(角钢或端板)连接而成, 本文用到的参数如下(长度单位均为 mm, 以下不再说明):

(1) 梁柱几何参数: H (高), B (宽), T (翼缘厚), t (腹板厚), R (翼缘腹板园角半径). 下标 1 表示梁, 下标 2 表示柱.

(2) 材料参数: F_u (抗拉应力), F_y (最小屈服应力). 加入 F_u , F_y 的数值取决于材质, 如 Q345, $F_u = 345$ MPa, $F_y = 510$ MPa. 下标 1 表示梁, 下标 2 表示柱, 下标 3 表示角钢. 程序中输入材质、型号.

(3) 连接螺栓参数: D (螺栓直径), DL (螺栓孔径 = $D + 2$ 或 = $D + 1.5$), LL (螺栓间距), S (螺栓边距, 即螺栓中心到连接件边缘的距离), G (螺栓轨线距, 即梁柱两侧角钢连接中螺栓中心线的距离), P_b (螺栓最小预拉力), H_b (抗拉容许荷载 = $0.8 P_b^{[3,4]}$), V_b (抗剪容许荷载 = $0.9 \cdot f \cdot P_b^{[3,4]}$), f (摩擦系数). 程序中不输入 P_b , H_b , V_b .

(4) 角钢几何参数: t_3 (角钢肢厚), H_3 (角钢肢宽), L (连接角钢长度).

(5) 节点荷载: H (轴力, 沿梁方向), V (剪力, 沿柱方向). 本文暂不考虑弯矩.

螺栓数量和角钢尺寸的计算除参考规范[4~6]外, 还根据实际工程特点作了相应的调整.

2 确定单侧连接螺栓数量

根据结构要求, 角钢长度不小于梁高的一半:

$$2S + (LL - 1)N \geq H_1/2, \text{即}$$

$$n_1 = \frac{(H_1/2) - 2S}{LL - 1}; \quad (1)$$

根据抗剪强度条件

收稿日期: 2001-05-30; 修订日期: 2001-07-02

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(0111041400)

作者简介: 苗同臣(1963-), 男, 河南省南乐县人, 郑州大学副教授, 硕士, 主要从事力学及结构静态特性分析方面的研究.

$$n_2 \geq \frac{V}{2V_b}; \quad (2)$$

根据抗拉强度条件

$$n_3 \geq \frac{H}{2H_b}; \quad (3)$$

根据支撑件挤压强度条件

$$n_4 \geq \frac{V}{2 \cdot 0.9 \cdot F_{y2} \cdot T \cdot D}, \quad (4)$$

这里,梁与柱腹板连接时, $T = t_2$; 梁与柱翼缘连接时, $T = T_2$.

考虑拉剪联合作用,按美国标准^[5,6]:

$$n_5 \geq \frac{V}{2V_b(1 - H/(2 \cdot N \cdot P_b))}; \quad (5)$$

按中国标准^[4]:

$$0.9f(P_b - 1.25H/N) \geq V/2N,$$

$$\text{即} \quad n_5 \geq \frac{V + 2.25H}{1.8f \cdot P_b}, \quad (5)'$$

初选螺栓数量

$$N = \max(n_1, n_2, n_3, n_4, n_5). \quad (6)$$

上式结果向上取整.

按下式验算结构长度是否满足梁高要求:

$$(N - 1)LL + 2S \leq H_1 - 2(T_1 + R_1). \quad (7)$$

若式(7)成立,则选螺栓数为 N , 否则采用双排螺栓(上述公式需作相应修改)重新计算,或采用端板连接(本文暂未涉及).

3 确定角钢尺寸

3.1 确定角钢肢厚(主要根据美国标准^[5,6])

根据角钢挤压强度

$$t_a \geq \frac{V}{2 \cdot N \cdot D \cdot 0.9 \cdot F_{y3}}; \quad (8)$$

根据角钢抗剪强度

$$t_b \geq \frac{V}{2((N - 1) \cdot LL + 2S - N \cdot DL) \cdot 0.4 \cdot F_{y3}}; \quad (9)$$

根据角钢抗拉强度

$$t_c \geq \frac{H}{2((N - 1) \cdot LL + 2S) \cdot 0.6 \cdot F_{y3}}; \quad (10)$$

根据螺栓间距

$$t_d \geq \frac{V}{(LL - D/2) \cdot N \cdot F_{u3}}; \quad (11)$$

根据角钢端距

$$t_e \geq \frac{V}{S \cdot N \cdot F_{u3}}; \quad (12)$$

初定角钢肢厚

$$t_3 = \max\{t_a, t_b, t_c, t_d, t_e\}. \quad (13)$$

该式结果向上取偶数整数.

3.2 确定角钢肢宽

首先,根据初定的角钢肢厚,如图1所示, $a = H_3 + t_1/2 - G/2$, $b = G/2 - t_1/2 - t_1$, 由 $a \leq 1.25b$, 得

$$H_3 \leq \frac{9(G - t_1)}{8} - \frac{5t_3}{4}. \quad (14)$$

该式结果向上取10的倍数.

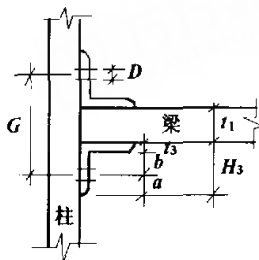


图1 梁柱节点

Fig.1 Beam-column connecting node

其次,验算考虑剪力作用时的角钢肢厚.设 $b' = b - D/2$, $a' = a + D/2$, $r = b'/a'$, $\delta = 1 - DL/LL$,

$$B = \left(1 - \frac{V}{2 \cdot N \cdot V_b}\right) P_b, \quad (15)$$

若 $B \leq H_b$, 则所求肢宽由式(13)确定; 若 $B > H_b$, 则重新确定肢宽和肢厚, 方法步骤如下.

令 $B = H_b$, $T = H/(2N)$, $\beta = (B/T - 1)/r$,

$$\alpha = \begin{cases} 1 & (\beta \geq 1) \\ \min\left(1, \frac{\beta}{\delta(1 - \beta)}\right) & (\beta < 1) \end{cases}$$

$$\text{则} \quad t_r = \sqrt{\frac{8 \cdot T \cdot b'}{LL \cdot F_{y3} \cdot (1 + \alpha\delta)}}. \quad (16)$$

(1) 若 $t_r \leq t_3$, 则由式(12)确定的肢厚满足要求;

(2) 若 $t_r > t_3$, 且式(7)满足, 则 $N = N + 1$, 返回3, 重新确定角钢尺寸;

(3) 若 $t_r > t_3$, 且式(7)不满足, 则角钢肢厚

$$t_3 = t_r \text{ (向上取偶数)}; \quad (17)$$

(4) 若 $t_r >$ 设计最大角钢肢厚, 则采用端板连接.

4 程序设计

(1) 输入参数: 材质型号、螺栓强度级别、所选角钢型号及第1部分(1), (3), (5)中的参数等.

(2) 程序流程: 图2中虚线表示循环操作, 由式(13)~(17)决定.

(3) 输出参数: 节点号、螺栓尺寸、螺栓数量、

螺栓排列方式(单排或双排)、螺栓排列间距、连接角钢型号及长度(长度 = $2S + (N - 1)L$)。

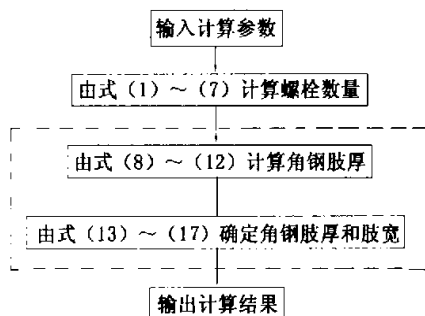


图 2 计算流程图

Fig.2 Computation flow chart

5 结束语

本文所述的设计计算方法和编制的计算机程序已于 2001 年 2 月用于内蒙古某大型电厂的厂房设计(钢节点总数 10000 万以上),设计施工中要求选用材质:梁 Q235 和 Q345、柱 Q345、角钢

Q235;可选角钢尺寸为单排 $L100 \times 100 \times 10$, $L140 \times 140 \times 14$ 和双排 $L200 \times 200 \times 20$;选用 M22 高强度螺栓,预拉力 190 kN,螺栓间距 75,螺栓边距 50,轨线距 140;摩擦系数 Q235 为 0.35, Q345 为 0.4。工程实际应用证明,采用本文编制的计算机程序计算结果正确合理,大大节省了设计时间并缩短了施工工期。

参考文献:

- [1] 郑廷银,刘永福.钢框架齐平端板式梁柱节点的实用算法[J].工业建筑,1998,28(12):13-16.
- [2] 姚 谏.偏心受拉连接中螺栓数的近似计算[J].科技通报,1999,15(4):268-273.
- [3] 李和华.钢结构连接节点设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [4] CBJ 17-88.钢结构设计规范[S].北京:中国计划出版社,1989.
- [5] 美国钢结构学会.钢结构手册[Z].第八版.兰州:兰州石油机械研究所,1986.
- [6] 美国钢结构学会.钢结构细部设计[M].北京:中国建筑工业出版社,1987.

Computation of Angle Connection of the Steel Structure Nodes

MIAO Tong - chen¹, LUO Guo - jun², ZHU Ming - xia¹, ZHAO Ying - jiu³

(1. Department of Engineering Mechanics, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2. Department of Foundation Construction, Xinzheng Cigarette Factory, Xinzheng 451150, China; 3. Zhengzhou Huadian Structural Steel Engineering Ltd., Zhengzhou 450052, China)

Abstract: This paper analyzes the design method of angle connection of steel structure nodes, which includes the calculation of bolt numbers, angle types and angle length based on The Standard of Steel Structure Design of The People's Republic of China and The Steel Construction Manual (AISC). And the method based on the need of practical engineering design, the calculation method and the program have been applied to the practical engineering project and have proved to have remarkable practical value.

Key words: steel structure; angle; connection; program