

普通螺栓群的偏心受拉分析*

朱 华

李燕秋

(盐城工学院建筑工程系,江苏 盐城 224003 盐城建筑工程学校,江苏 盐城 224002)

摘 要 对普通螺栓群偏心受拉进行了分析,通过工程实际算例对两种简化计算方法与精确计算的结果进行比较,并得出相应的结论。

关键词 普通螺栓群; 弯矩; 轴力

分类号 TU31 **文献标识码** A **文章编号** 1008-5092(2000)02-0028-03

连接是钢结构设计的主要内容,连接的好坏直接影响到构件的受力性能。普通螺栓群连接是钢结构中的一种常见的连接方式,它的受力方式可分为轴心受力与偏心受力两种。较普遍存在的为偏心受力,偏心受拉便是其中一种。此时螺栓群受力为一偏心拉力,力的作用线不通过螺栓群的形心,有一偏心距(如图1)。

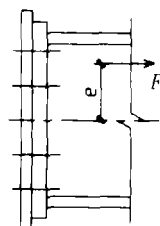


图1 偏心受力螺栓群

1 两种常用简化计算方法

部分高校教材中采用的将力向形心进行简化得到轴心力 F 和弯矩 $M = Fe$ (如图2)^[1],则一个螺栓受力: F 由螺栓平均承担 $F^N = F/n$,弯矩作用下,连接板有顺 M 方向旋转的趋势,旋转中心在最外排螺栓处,各螺栓受力与其到形心的距离成正比,最外排螺栓受力最大, $F^M = My_1 / \sum y_i^2$,则 $F_i = F^N + F^M \leq F_t$

Fig.1 General Bolts under Bending Moment and Tension

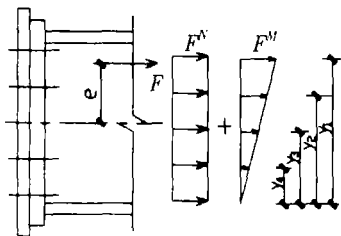


图2 近似计算受力图示

Fig.2 Graphical Expression of Approximate Calculation

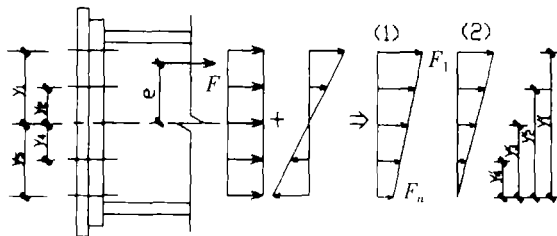


图3 受力大小偏心图示

Fig.3 Graphical Expression of Big or Small Eccentric Compression

《钢结构计算手册》是采用判断大小偏心的方法进行计算的^[2]。先将力向形心简化得轴心力 F 和弯矩 $M = Fe$,以判断最下排螺栓受力(如图3)。

$$(1) \frac{F}{n} - \frac{My_1}{\sum y_i^2} \geq 0 \quad F_{\max} = \frac{F}{n} + \frac{My_1}{\sum y_i^2} \leq F_t,$$

$$(2) \frac{F}{n} - \frac{My_1}{\sum y_i^2} \leq 0 \quad F_{\max} = \frac{(M + F \frac{y_1}{2}) y_1}{\sum y_i'^2} \leq F_t。$$

* 收稿日期:1999-12-21

第一作者简介:朱 华(1974),女,江苏建湖县人,助教。

2 推导精确计算公式

下面分析实际受力:(1)各螺栓受力成线性比例关系;(2)采用同一种螺栓时应力也成线性比例关系。

全部螺栓受拉则可得(如图4):

$$\frac{F_1 - F_n}{y'_1} = \frac{F_2 - F_n}{y'_2} = \dots = \frac{F_{n-1} - F_n}{y'_{n-1}}, F_i = \frac{y'_i}{y'_1} (F_1 - F_n) + F_n \quad (i = 1 \dots n). \quad (1)$$

又根据平衡 $\sum_{i=1}^n F_i = F$, 对外边缘求矩 $\sum M = F \times (e + \frac{h}{2})$,

将式1分别代入式可得

$$\sum_{i=1}^n \frac{y'_i}{y'_1} (F_1 - F_n) + nF_n = F; \quad (2)$$

$$F_1 \times y'_1 + F_2 \times y'_2 + \dots + F_n \times y'_n = F \times (e + \frac{h}{2}). \quad (\text{式中 } h \text{ 为螺栓群的连接长度}) \quad (3)$$

综合上述两式解得

$$F_1 = \frac{F[(e + \frac{y'_1}{2}) \times y'_1 \times (\sum_{i=1}^n y'_i - y'_1 \times n) - y'_1 (\sum_{i=1}^n y_i'^2 - y'_1 \sum_{i=1}^n y'_i)]}{\sum_{i=1}^n y_i'^2 (\sum_{i=1}^n y'_i - y'_1 \times n) - \sum_{i=1}^n y'_i (\sum_{i=1}^n y_i'^2 - y'_i \sum_{i=1}^n y'_i)}, \quad (4)$$

$$F_n = \frac{F_1 \times \sum_{i=1}^n y'_i - y'_1 \times F}{\sum_{i=1}^n y'_i - y'_1 \times n}. \quad (5)$$

部分螺栓受拉,部分螺栓受压(如图5):受拉考虑螺栓承担,受压时考虑端板承压,从应力的线性比例关系可得:

$$\frac{\sigma_1}{y_1 - c} = \frac{\sigma_2}{y_2 - c} = \dots = \frac{\sigma_c}{c}, \text{ 则 } \sigma_i = \frac{y_i - c}{y_1 - c}$$

$$\sigma_i (i = 1, \dots, n_t), \sigma_c = \frac{c}{y_1 - c} \sigma_1$$

又根据受力平衡 $\sum_{i=1}^n \sigma_i \times Ae_i = F$, 对点 O 求矩

$$\sum_{i=1}^n \sigma_i \times Ae_i \times (y_i - c) = F \times (e + y_1 - c - \frac{h}{2}),$$

如采用同一型号的螺栓则 $F_i = \sigma_i \times Ae$, (Ae 为螺栓受拉有效直径)。将 σ_i 的表达式代入得:

$$\sum_{i=1}^{n_t} \frac{y_i - c}{y_1 - c} \times \sigma \times Ae - \sigma_c \times \frac{bc}{2} = F (n_t \text{ 为受拉螺栓数}), \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n_t} \frac{y_i - c}{y_1 - c} \times \sigma_1 \times Ae \times (y_i - c) + \sigma_c \times \frac{bc}{2} \times \frac{2c}{3} = F \times (e + y_1 - c - \frac{h}{2}) (n_t \text{ 为受拉螺栓数}), \quad (7)$$

综合6、7两式可解得两个未知量 c 与 σ_1 , 根据 $F_1 = \sigma_1 \times Ae$,

$$\text{则 } c = \frac{n_t \times Ae}{b} \times \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n_t} y_i}{n_t (e + \frac{h}{2})} - 1 + \sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^{n_t} y_i}{n_t (e + \frac{h}{2})} - 1 \right]^2 + \frac{2b}{n_t^2 Ae} \left[\sum_{i=1}^{n_t} y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n_t} y_i^2}{e + \frac{h}{2}} \right]} \right\}, \quad (8)$$

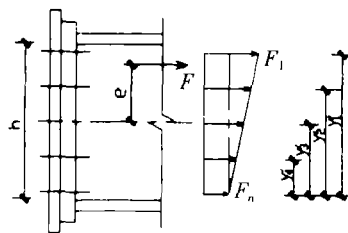


图4 全部受拉精确计算图示

Fig.4 Graphical Expression of Accurate Calculation about all Tension General Bolts

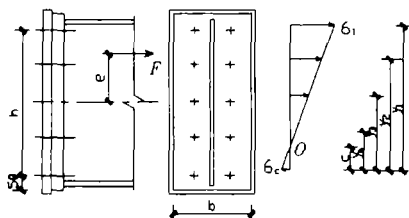


图5 部分受拉精确计算图示

Fig.5 Graphical Expression of Accurate Calculation about part Tension General Bolts

$$F_1 = \frac{F \times (e + y_1 - \frac{h}{2} - c) \times Ae \times (y_1 - c)}{Ae \times \sum_{i=1}^{n_1} (y_i - c)^2 + \frac{bc^3}{3}} \quad (9)$$

3 实际工程算例分析

下面我们利用实际工程中的螺栓连接,进行分析比较这两种简化计算与精确分析的误差,如图 6:一钢屋架下弦节点的连接,竖向力由支托承担,螺栓群只考虑偏心受拉,采用 M24 普通 C 级螺栓,连接板宽 $b = 200 \text{ mm}$,螺栓有效截面积 353 mm^2 ,栓距 100 mm ,端距 50 mm ,分别比较以下 5 种情况的最外排螺栓的受力。

表 1 算例计算结果汇总表

Table 1 The Summarizing Schedule of Calculated result of Examples

实例	力 (F/kN)	偏心距 (e/mm)	简化算法一 (F_1/kN)	简化算法二		精确计算	
				(F_n/kN)	(F_1/kN)	受压(C/mm)	(F_1/kN)
1	150	200	66.4	< 0	46.67	18	44.64
2	150	50	53.3	10	30	0	30
3	200	150	55	< 0	40	33	38.49
4	200	50	46.7	20	60	0	30
5	50	150	10	< 0	11.67	33	11.2

4 结论

(1)当全部螺栓受拉时(实例 2、4),简化算法二的结果与精确计算的结果一致。说明此时假定螺栓受力由轴心受拉与弯矩作用两部分叠加,且弯矩作用时螺栓旋转中心在形心处是正确的。

(2)部分螺栓受拉部分螺栓受压,(实例 1、3、5)简化算法二计算的结果与精确计算的结果比较误差相对较小,并且数值比精确计算时要偏大,说明采用此种方法时是偏安全保守的。当然从经济角度来讲较浪费,但此种方法计算比精确计算时简单得多,所以,实际普通工程中可采用此种方法。

(3)简化计算的第一种方法的结果有很大的随机性,在实例(1、2、3、4)中它的计算结果都比精确计算时要大,而在实例(5)中它却比精确计算时小,说明该种方法的简化中由于未考虑旋转中心下移产生的附加力矩,使得它的计算结果受不同受力情况的影响,有时安全有时危险,对于这种不定性的计算方法,从工程安全角度出发,不宜采用,尤其一些高校教材中应进行修改。

参 考 文 献

- 1 罗邦富,魏明钟,沈祖炎,等.钢结构计算手册[M].北京:建筑工业出版社,1988.70.
- 2 梁启智,王仕统,林道勤,等.钢结构[M].广州:华南理工大学出版社,1988.62.
- 3 卢铁鹰.钢结构[M].重庆:西南师大出版社,1993.98.

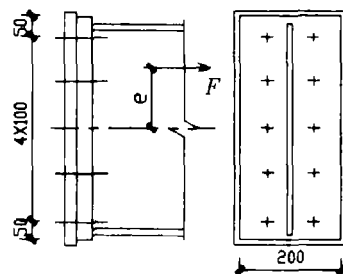


图 6 算例普通螺栓群偏心受力图

Fig.6 Graphical Expression of the example about General Bolts under Bending Moment and Tension

(下转第 37 页)

The program of the PFI-rhythm in the human body

*Li Ping*¹⁾ *Zhang Yunhe*²⁾

- (1) Department of Computer Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
(2) Communist Party Committee of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC

Abstract The article introduces the rhythm curve that is the law of the development of three kinds of function (physique, feeling and intelligence) in the human body. Give the True BACIC program and use it in the practice.

Keywords Rhythm Curve; Program; Use

(上接第 30 页)

Calculation of Common Bolts Under Bending Moment and Tension

*Zhu Hua*¹⁾ *Li Yanqiu*²⁾

- (1) Department of Constrection Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
(2) Yancheng Construction Engineering Civil School, Jiangsu Yancheng 224002, PRC

Abstract Analysis the working state of general bolts under bending moment and tension. According to analysis the engineering example, assimilate two simplified and exactness calculate method, give apply conclusion.

Keywords general bolts; bending moment; internal force