

斜对接焊缝连接的强度计算与设计

吕国斌 聂建国

(土建系)

摘 要: 本文对现行《钢结构设计规范》中的第7.1.1条注①的来源进行了说明, 并讨论了三级质量的斜对接焊缝的强度计算问题, 指出现行规范关于不需进行强度验算的斜对接焊缝的倾角值是偏于安全的。

关键词: 钢结构、对接焊缝连接。

中图分类号: TG40

钢结构是由若干部件通过一定的连接方法而组成的, 其连接方法可分为焊接、普通螺栓连接和高强度螺栓连接等。焊缝连接是目前钢结构最主要的连接方式。焊缝形式主要有对接焊缝和角焊缝。采用对接焊缝连接的优点是构造简单, 用料经济, 传力均匀平缓。现行《钢结构设计规范》(GBJ17-88)^[1] 规定, 当通过一、二级焊缝质量检查时, 对接焊缝与焊件等强, 当焊缝质量等级为三级时, 对接焊缝的抗拉强度 f_w 低于焊件强度, 此时对于轴心受拉连接可以采用斜对接焊缝(如图1所示)使连接与焊件等强, 当斜焊缝与作用力间的夹角 θ 满足 $\tan\theta < 1.5$ 时, 焊缝强度可不作验算, 但现行规范条文说明并未对 $\tan\theta < 1.5$ 的来源加以解释。文献〔2〕曾对这一问题作过讨论, 但在得出斜对接焊缝不能提高连接承载力的结论的推导过程中, 把焊缝金属当做焊件进行了处理。为了加深对斜对接焊缝在 $\tan\theta < 1.5$ 不需进行强度验算的理解和更合理地在对接连接中使用斜焊缝, 本文拟对斜对接焊缝的强度计算和设计问题作进一步的讨论。

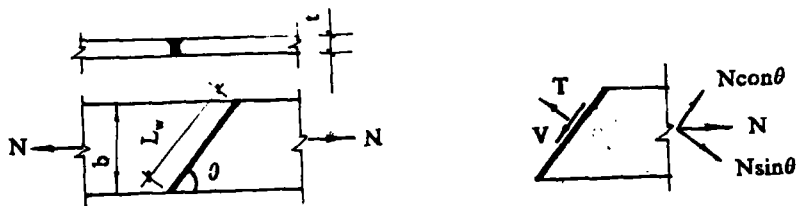


图1 斜对接焊缝连接

1 $\tan\theta < 1.5$ 的理论依据

实验研究表明, 对接焊缝的抗压强度 f_c 与焊件强度相同, 而抗拉强度 f_w 与焊缝质量等级有关, 一、二级焊缝质量可以保证焊缝抗拉强度与焊件强度相同, 但对于三级质量的焊缝, 由于仅进行外观检查, 焊缝内部各种缺陷如气孔、夹渣等不易发现, 它们对焊缝抗

拉强度影响较大, 因而三级焊缝的 f_t^w 低于焊件的抗拉强度, 此时为了充分利用焊件的抗拉强度, 可以采用斜对接焊缝, GBJ17-88 规定, 当焊缝与作用力间的夹角符合 $\lg\theta < 1.5$ 时, 其强度可以不进行验算。

如图 1 所示的斜对接焊缝连接, 考虑右半部分隔离体的平衡条件可以得到:

$$N \sin\theta = T = l_w t f_t^w \quad (1)$$

$$N \cos\theta = V = l_w t f_v^w \quad (2)$$

式中 f_t^w 和 f_v^w 分别为对接焊缝的抗拉设计强度和抗剪设计强度, (1) 式除以 (2) 式便可得到同时满足斜焊缝的抗拉强度和抗剪强度的 $\lg\theta$ 的上限值为:

$$\lg\theta = f_t^w / f_v^w \quad (3)$$

由规范表 3.2.1-4 可知, 对于三级质量的对接焊缝, $f_t^w / f_v^w = 1.48$, 可以近似取 $f_t^w / f_v^w = 1.5$, 因此 (3) 式变为

$$\lg\theta = 1.5 \quad (4)$$

可见只要 $\lg\theta \leq 1.5$, 就能保证斜对接焊缝连接与焊件等强。以上公式推导并未牵涉到是否采用引弧板的问题, 下面就是否采用引弧板分别对公式 (1) 和 (2) 进行讨论将可得到一些有用的结果。

2 斜对接焊缝计算问题的进一步分析

2.1 采用引弧板的情况

由图 1 所示隔离体的抗剪强度条件可以得到:

$$\frac{N \cos\theta \sin\theta}{b t} \leq f_v^w \quad (5)$$

为了充分利用材料, 可以取 $N = b t f$, 其中 f 为焊件的抗拉设计强度。将 $N = b t f$ 代入 (5) 式可以得到:

$$\cos\theta \sin\theta \leq f_v^w / f \quad (6)$$

由规范表 3.2.1-4 可以知道 $f_v^w / f = 0.58$, 因此 (6) 式便成为:

$$\sin 2\theta \leq 1.16 \quad (7)$$

由 (7) 式可以知道, 在斜焊缝的倾角为任意值时, 斜对接焊缝的抗剪强度均能满足连接与焊件等强的要求, 因此剩下的问题只需讨论斜焊缝的抗拉强度问题。由斜对接焊缝的抗拉强度条件可以得到 (参看图 1):

$$\frac{N \sin^2 \theta}{b t} \leq f_t^w \quad (8)$$

由等强条件可以得到:

$$\sin^2 \theta \leq f_t^w / f \quad (9)$$

对于三级质量的对接焊缝, $f_t^w / f \approx 0.85$, 把它代入 (9) 式并进行三角函数运算便有:

$$tg\theta \leq 2.4 \quad (10)$$

(10) 式表明, 对于采用引弧板的三级质量的斜对接连接, 在 $tg\theta \leq 2.4$ 时就能保证连接与焊件等强, 即对于三级质量的对接焊缝, 在焊缝倾角满足 $tg\theta \leq 2.4$ 时就可不必进行焊缝强度验算。

2.2 不采用引弧板的情况

由焊缝的抗拉强度条件可以得到:

$$\frac{N \sin \theta}{\left(\frac{b}{\sin \theta} - 10\right)t} \leq f_t^w \quad (11)$$

对(11)式进行适当变换并将 $N/bt = f$ 代入(11)式便有:

$$\sin^2 \theta \leq \frac{f_t^w}{f} \left(1 - \frac{10}{b} \sin \theta\right) \quad (12)$$

$$\text{即: } \sin^2 \theta + \frac{8.5}{b} \sin \theta - 0.85 \leq 0 \quad (13)$$

求解(13)式便可得到 $\sin \theta$ 与 b 之间的关系, 再通过三角函数运算就可得到 $tg\theta$ 与 b 之间的关系。 $tg\theta$ 随 b 的变化曲线如图2所示, 显然, $tg\theta$ 的值随 b 的增大而增大, 但由(10)

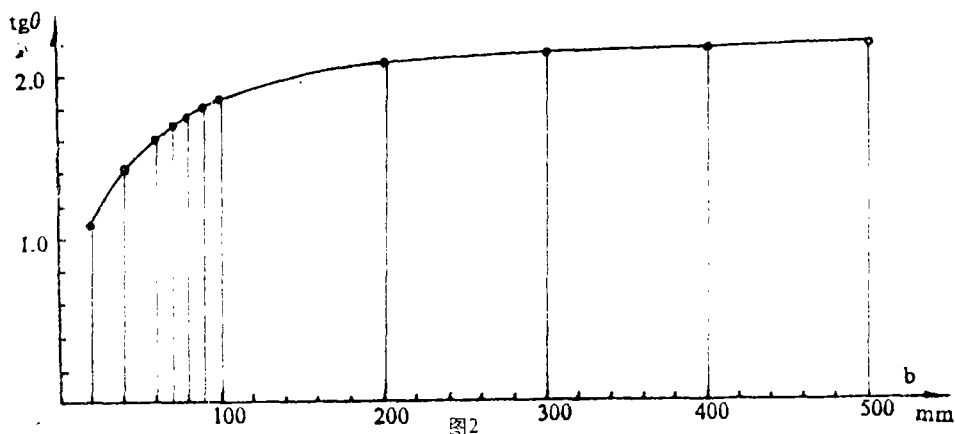


图2

式可知, $tg\theta$ 的最大值为 2.4。在 $b = 50\text{mm}$ 时, 只要 $tg\theta \leq 1.55$, 斜对接焊缝抗拉强度就能满足连接与焊件等强的条件。而斜对接焊缝的剪应力 τ 为:

$$\tau = \frac{N \cos \theta}{\left(\frac{b}{\sin \theta} - 10\right)t} \quad (14)$$

当 $b = 50\text{mm}$ 时, $\sin \theta = 0.84$, $\cos \theta = 0.54$, 由(14)式可以得到 $\tau = 0.55f \leq f_v^w = 0.58f$, 当 $b = 100\text{mm}$ 时, $\tau = 0.45f$, 因此可以得出结论, 在 $b \geq 50\text{mm}$ 时, 即使不采用引弧板, 对于三级质量的斜对接焊缝连接, 在焊缝抗拉强度满足的前提下, 抗剪强度总能满足连接与焊件等强的条件。

图2表明, 对于三级焊缝质量的斜对接焊缝连接, 满足连接与焊件等强要求的 $tg\theta$ 值

与焊件宽度有关, 计算分析表明不采用引弧板时, $tg\theta$ 可以偏于保守地取值如下:

$$tg\theta \leq \begin{cases} 1.5, & 50 \leq b < 100 \\ 1.8, & 100 \leq b < 200 \\ 2.1, & b \geq 200 \end{cases} \quad (15)$$

在采用引弧板时, 只要 $tg\theta < 2.4$ 即可满足三级质量的斜对接连接与焊件等强的要求。

对于宽度较大的焊件, 如果将 $tg\theta$ 的限值适当放宽, 则可节省大量的人力和焊条, 以上计算表明, 适当放宽 $tg\theta$ 的限值是可行的, 现行规范对 $tg\theta$ 的限值偏于保守。

3 结论

3.1 在三级焊缝质量的斜对接连接中, 满足连接与焊件等强要求的倾角与是否采用引弧板有关, 在采用引弧板时, $tg\theta < 2.4$ 就可不进行焊缝强度验算, 在不采用引弧板时, $tg\theta$ 满足 (15) 式时就可以保证连接与焊件等强。

3.2 三级质量的斜对接焊缝强度由抗拉强度控制, 在抗拉强度满足的条件下, 抗剪强度都能满足。

3.2 现行《钢结构设计规范》(GBJ17-88) 关于三级焊缝质量的斜对接连接在 $tg\theta < 1.5$ 时可不进行焊缝强度验算的规定是偏于安全的。本文计算结果表明, 对三级焊缝质量的斜对接焊缝连接满足与焊件等强的 $tg\theta$ 限值可适当放宽, 这有利于省工省料。

参 考 文 献

- (1) 中华人民共和国国家标准, 钢结构设计规范(GBJ17-88). 中国计划出版社, 1989 年.
- (2) 张正国. 斜对接焊缝强度计算问题. 郑州工学院学报, 第 12 卷第 1 期, 1991 年.
- (3) 陈绍蕃主编. 钢结构. 西安冶金建筑学院, 1986 年.

Calculation and design on the inclined butt welding in welding connection

Lu Guobin Nie Jianguo

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: Discussions on the current code (GBJ17-88) are conducted. Analyses about the strength prediction of butt welding with the third grade quality are carried out in detail. on the basis of the analyses, the upper limit on the value of $tg\theta$ about the inclined butt welding in the current code is conservative

Keywords: Steel Structures, Connection, butt welding.