

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2025.03.017

欢迎按以下格式引用:刘占科,杨文伟,马亚维.基于概念分析的钢结构连接教学研究[J].高等建筑教育,2025,34(3):144-151.

基于概念分析的钢结构连接 教学研究

刘占科,杨文伟,马亚维

(兰州大学 土木工程与力学学院,甘肃 兰州 730000)

摘要:通过深入分析现行国家标准 GB 50017—2017《钢结构设计标准》中钢结构连接部分的教学内容特点,基于“以教学效果为核心”的教学理念,提出了“基于概念分析”的教学方法。在此基础上,进行了钢结构焊缝连接的概念分析与应用研究,以及基于概念分析的钢结构螺栓连接承载力公式的对比研究。教学实践表明,基于概念分析的钢结构连接教学方法揭示了连接所蕴含的本质逻辑,便于学生扎实掌握连接公式的应用,进一步促进学生更好的理解规范中相关条文。

关键词:钢结构连接;设计标准;焊缝连接;螺栓连接;概念分析

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2025)03-0144-08

钢结构设计原理是土木工程专业重要的专业基础课^[1],也是土木工程专业必修课^[2]。钢结构连接作为本课程的重要教学内容,其内容主要源自设计标准,而设计标准是土木工程和结构工程设计的重要依据^[3]。为提升钢结构连接的教学效果,相关研究已在国内相继开展^[1,4,5]。

自以教学效果为中心的教学思想在钢结构连接教学中应用后^[1],作者在“回头看”“向前看”、表格图例对比等多种教学方法的基础上,创新性地发展了基于概念分析的教学方法。概念是逻辑的起点,是理论的支点。所谓概念分析,即指对设计标准或教科书中关于钢结构连接的基本概念进行分析,深入挖掘其蕴含的深层含义,并基于概念分析的结果,对钢结构连接教学中的重点和难点进行深入剖析,构建了一套清晰、明确地向初学者传授知识的新方法和新思路。

一、钢结构连接教学内容的特点分析

钢结构连接方式分为焊缝连接和紧固件连接,其中焊缝连接又分为对接焊缝和角焊缝连接,紧固件连接分为普通螺栓连接、高强度螺栓连接等。现行国标 GB 50017—2017《钢结构设计标准》^[6]

修回日期:2022-07-15

基金项目:教育部产学合作协同育人项目(202102202012,202102202029);甘肃省高等教育教学成果培育项目:工科教育中科研资源转化为教学内容的理论逻辑与实践路径;兰州大学教育教学改革研究项目(202119)

作者简介:刘占科(1981—),男,兰州大学土木工程与力学学院副教授,主要从事钢结构、钢-混凝土组合结构研究,(E-mail)liuzhk@lzu.edu.cn。

中的直角角焊缝的强度计算公式与螺栓连接承载力计算公式分别如表1和表2所示。

表1 GB 50017—2017中直角焊缝的强度计算公式

通过焊缝形心的拉力、压力或剪力作用		各种力综合作用下
正面角焊缝	侧面角焊缝	
$\sigma_f = \frac{N}{h_e l_w} \leq \beta_f f_t^w$	$\tau_f = \frac{N}{h_e l_w} \leq f_t^w$	$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{\beta_f}\right)^2 + \tau_f^2} \leq f_t^w$

表2 GB 50017—2017中螺栓连接承载力的计算公式

连接类型	普通螺栓		高强度螺栓	
	摩擦型连接		承压型连接	
	$N_v = \min(N_v^b, N_c^b)$		$N_v = \min(N_v^b, N_c^b)$	
抗剪连接	$N_v^b = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b$ $N_c^b = d \sum t f_c^b$	$N_v^b = 0.9 k n_i \mu P$	$N_v^b = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b$ 或 $N_v^b = n_v \frac{\pi d_c^2}{4} f_v^b$ $N_c^b = d \sum t f_c^b$	
受拉连接	$N_t^b = \frac{\pi d_c^2}{4} f_t^b$	$N_t^b = 0.8 P$	$N_t^b = \frac{\pi d_c^2}{4} f_t^b$	
剪-拉连接	$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1.0$ $N_v \leq N_c^b$	$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1.0$	$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} \leq 1.0$ $N_v \leq N_c^b / 1.2$	

对比表1与表2可知,GB 50017—2017中直角角焊缝连接的强度计算公式与螺栓连接的承载力计算公式具有如下相同点:

(1)不涉及具体内力类型,即计算式中无连接所承受的内力类型,这是设计标准中连接强度计算或承载力计算公式统一性的体现。然而,这也造成了在采用GB 50017—2017中的计算公式时,需针对具体连接形式及其内力情况分别分析并计算。教科书中钢结构连接的计算式较多即出于此。

(2)各种力综合作用下的直角焊缝的强度计算公式,以及承受剪-拉作用的普通螺栓、高强度螺栓承压型连接计算式的第一个式子,均为求平方和后再开根号的形式,其形式与第四强度理论的形式类似。

然而,直角角焊缝连接的强度计算公式与螺栓连接的承载力计算公式也有以下不同点:

(1)直角角焊缝连接以应力形式进行承载力计算,而螺栓连接以力的形式进行承载力计算。这是因为焊缝连接是连续的,这里的连续是指一条焊缝从起始到终止是连续的,而螺栓连接中螺栓与螺栓之间是离散的。

(2)焊缝连接可以承受任意一种内力,包括轴力、剪力、弯矩和扭矩,而螺栓连接中单个螺栓仅能承受剪力、拉力或剪-拉作用。

针对以上直角角焊缝连接的强度计算公式与螺栓连接的承载力计算公式的相同点与不同点,为进行强度计算或承载力计算,需将不通过直角角焊缝(或焊缝群)、螺栓群形心的内力转化为过形心的内力。然而,当构件的内力通过连接形成的节点进行传递时,可能由于内力的方向、所在平面的不同,同一组内力的性质也不同。如图1所示的承受偏心力的三面围焊焊缝群,对于该连接而言,力 F 为偏心力;对于焊缝群而言,则将力 F 平移至通过焊缝群形心后可得过其形心的剪力 V 和顺时

针扭矩 T , 其中 $T = F(r_x + e)$ 。

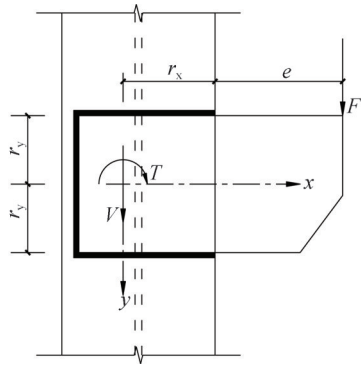


图1 承受偏心力的三面围焊

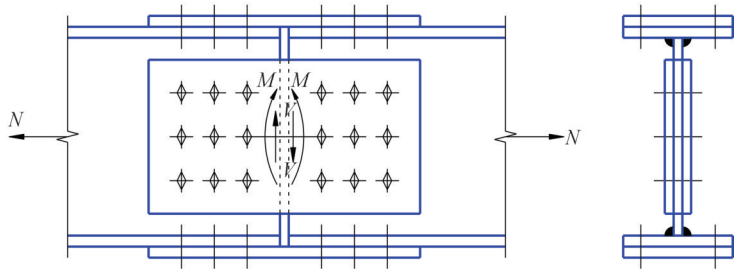


图2 钢构件的拼合连接

对于图2给出的某钢构件拼接连接处的轴力 N 、剪力 V , 以及弯矩 M , 可按构件层级、连接层级及单个螺栓层级对内力进行分析: (1) 对构件而言, N 、 V 、 M 分别为轴力、剪力和弯矩; (2) 对连接一侧的螺栓群而言, N 和 V 均为剪力, 而 M 是扭矩。其中剪力 V 平移至螺栓群的形心后, 尚产生一个附加扭矩; (3) 对连接一侧的螺栓群的某个螺栓而言, N 、 V 、 M 均产生剪力。

正如上文所述, 内力的分层级转化是精确计算承载力的基础, 这也是初学者容易忽视的环节。因此, 在进行每个连接的分析与计算之前, 应重点强化对内力分层级转化的训练。

二、焊缝连接的教学方法

(一) 直角角焊缝类型的概念分析

在现行国标 GB 50017—2017^[6]中, 直角角焊缝被分为正面角焊缝与侧面角焊缝, 其中正面角焊缝是指作用力垂直于焊缝长度方向的直角角焊缝, 侧面角焊缝是指作用力平行于焊缝长度方向的直角角焊缝。正面角焊缝与侧面角焊缝的强度计算公式分别如表1。

初学者在掌握了正面角焊缝、侧面角焊缝概念后, 即可对直角角焊缝的强度进行计算。当焊缝或焊缝群承受图3(a)所示的通过焊缝形心的 N_x 或 (和) N_y 时, 由于作用力 N_x 或 (和) N_y 的方向与焊缝长度方向之间的平行或垂直关系明确, 故表1中的 σ_f 、 τ_f 易于计算, 其中 τ_f 为剪应力, 由图3(b)确定; 而 σ_f 为正应力 σ_\perp 和剪应力 τ_\perp 的合应力, 由图3(c)确定。

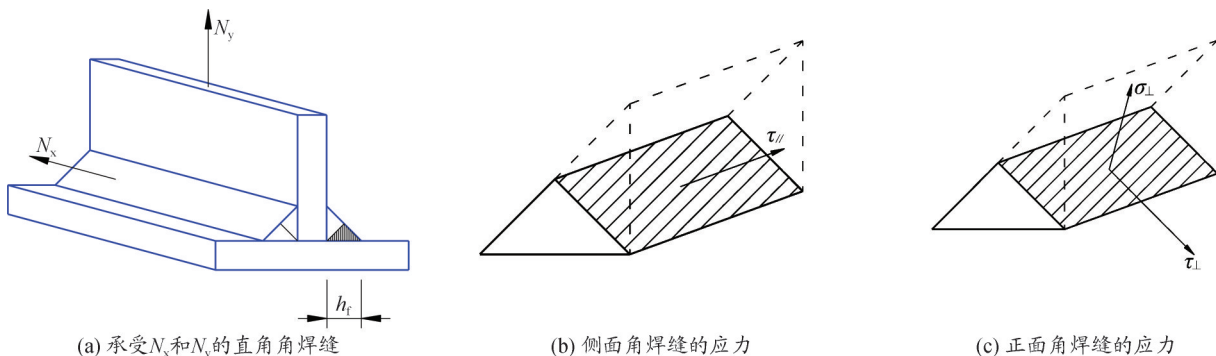


图3 直角角焊缝

在进行如上直角角焊缝的强度计算中, 初学者往往容易忽略直角角焊缝分类概念中隐藏的两个重要信息。

(1)脱离了具体受力情况无法判定直角角焊缝是正面角焊缝还是侧面角焊缝。

对于直角角焊缝或直角角焊缝群,判定一条焊缝是正面角焊缝还是侧面角焊缝,必须以通过焊缝形心的作用力的方向与焊缝长向的相对关系为依据。如图3(a)中的直角角焊缝,对于 N_x 为侧面角焊缝,对于 N_y 则为正面角焊缝。若 N_x 与 N_y 都为0,则图3(a)中的直角角焊缝既不是正面角焊缝也不是侧面角焊缝。

(2)为判定一条直角角焊缝是正面角焊缝还是侧面角焊缝,必须有与其长向垂直或(和)平行的力作为判定依据。

判定一条直角角焊缝是正面角焊缝还是侧面角焊缝,是为了确定该焊缝在内力作用下产生的是 σ_f 还是 τ_f 。根据直角角焊缝分类的概念,正面角焊缝或侧面角焊缝完全依赖于该直角角焊缝所承受的内力的方向与焊缝长向的相对关系。

以上两条隐藏信息,分别从“无”和“有”两个角度阐明了内力及其方向在直角角焊缝分类中的重要性。正确理解上述两条信息的价值,可对直角角焊缝的强度计算起到事半功倍的效果。

(二) 直角焊缝分类概念的应用

当作用于焊缝或焊缝群上的拉力、压力或剪力不通过焊缝形心时,首先需将内力平移通过焊缝或焊缝群的形心,然后再进行计算。对于承受偏心力的三面围焊(图1),教科书^[7]将 F 平移通过螺栓群的形心后,得到剪力 V 和顺指针的扭矩 T ,且假定了螺栓群的3条焊缝平均承担剪力 V ,判定出扭矩 T 作用下最危险点为最危险点1和最危险点2。因此,可选择最危险点1作为对象进行该焊缝群的强度计算。尽管教科书^[7]中已经给出了在扭矩作用下的应力最大点,既有应力 σ_f ,也有应力 τ_f ,然而初学者往往存在的疑惑是,为什么扭矩在最不利点上产生的应力既有 σ_f 也有 τ_f ?

为解决以上疑惑,作者补充了直角角焊缝类型的判定图(图4a),在该图中可取最不利点处的微面积 dA ,其中微面积 dA 的长向与焊缝1的长向一致,根据材料力学知识可知在 dA 上作用有横截面的剪应力 τ ,其合力 $V_f = \tau dA$ 在 x 向、 y 向分别有分力 N_x 和 N_y 。由于分力 N_x 的方向与焊缝1的长向平行,故对应的应力为 τ_f ,可记为 $\tau_{f,T}$;而分力 N_y 的方向与焊缝1的长向垂直,故对应的应力为 σ_f ,可记为 $\sigma_{f,T}$ 。此外,剪力 V 的方向与焊缝1的长向垂直,故对应的应力为 σ_f ,可记为 $\sigma_{f,V}$ (图4b)。基于以上分析,可确定内力和应力的基本关系,(1)内力的基本关系:通过焊缝群形心的剪力 $V = F$,顺时针扭矩 $T = F(r_x + e)$;(2)应力的基本关系: $\sigma_f = \sigma_{f,T} + \sigma_{f,V}$, $\tau_f = \tau_{f,T}$,其中 $\sigma_{f,T} = T r_x / I_p$, $\tau_{f,T} = T r_y / I_p$, $\sigma_{f,V} = V / (\sum h_e l_w)$ 。将 σ_f 与 τ_f 代入表1中的各种力综合作用下的强度计算公式即可完成计算。

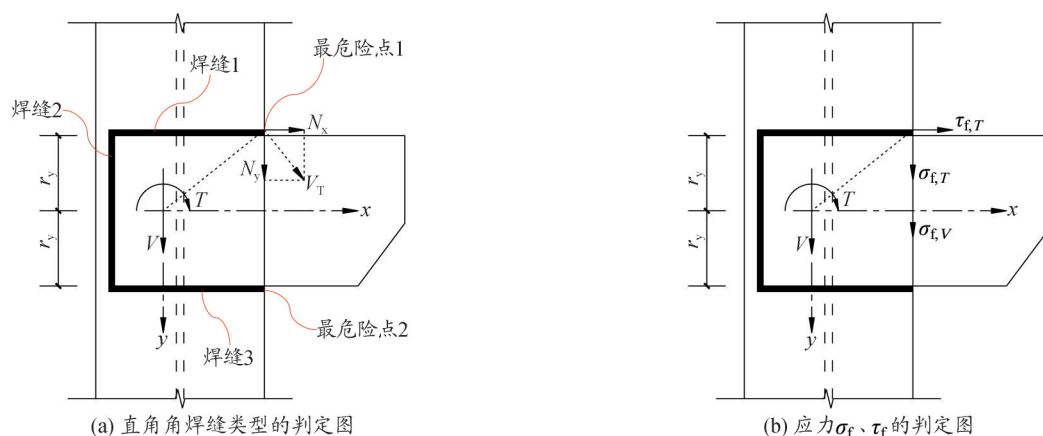


图4 承受偏心力的三面围焊焊缝群的焊缝类型及应力判定

通过如上基于直角角焊缝分类的概念分析和概念应用,初学者即可判定,对于剪力 V ,焊缝1是正面角焊缝;对于扭矩 T ,焊缝1既是正面角焊缝也是侧面角焊缝;因此,可较好地掌握该类问题的分析方法和解算步骤。

三、螺栓连接的教学方法

(一) 基于概念分析的高强度螺栓在剪-拉作用下承载力计算公式的对比

对于高强度螺栓连接在剪-拉作用下的承载力计算公式,作者发现初学者通常容易混淆摩擦型连接和承压型连接的计算式。究其原因,主要是对两类连接中剪力传力机制不清楚,对连接的破坏模式缺乏明确的判断。

为解决该问题,可综合应用数理推导与数形结合法。首先需明确在高强度螺栓承压型连接中,螺栓直接参与传力,即依靠栓杆与孔壁的挤压完成剪力的传递,因此要么栓杆在剪-拉作用下发生破坏,要么栓孔孔壁被挤压破坏;而栓杆在剪-拉作用下发生破坏为强度破坏,故其承载力计算公式与第四强度理论类似。

其次,对于高强度螺栓摩擦型连接中的单个螺栓,由于其不直接参与传递剪力,假定单个螺栓可传递的剪力与被连接板件之间的压力成正比关系,则当螺栓上作用拉力 N_t 后,由表2可得单个螺栓可承担的剪力为

$$N_v = 0.9k n_t \mu (P - N_t)。$$
 (1)

将表2中的 $N_v^b = 0.9k n_t \mu P$ 和 $N_t^b = 0.8P$ 代入式(1),并消去 P 可得

$$N_v = N_v^b \left(1 - \frac{0.8N_t}{N_t^b} \right)。$$
 (2)

对于受剪承载力设计值 N_v 和受拉承载力设计值 N_t 都确定的高强度螺栓摩擦型连接,由于 N_v/N_v^b 和 N_t/N_t^b 都大于0,故有以下不等式成立:

$$1 = \frac{N_v}{N_v^b} + \frac{0.8N_t}{N_t^b} < \frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b}。$$
 (3)

由式(3)可知有 $N_v/N_v^b + N_t/N_t^b > 1$ 。对于确定的 N_v^b 和 N_t^b ,当限制 N_v 和 N_t 使得其满足

$$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1$$
 (4)

时,意味着对单个螺栓承受的 N_v 和 N_t 有所降低,从而使得 N_v 和 N_t 的计算值偏于安全。

图5(a)给出了高强度螺栓承压型连接中单个螺栓在剪-拉作用下栓杆破坏的计算公式与第四强度理论的对比,其中第四强度理论采用应力表示;图5(b)给出了高强度螺栓摩擦型连接中单个螺栓在剪-拉作用下的破坏的计算公式。显然,式(1)一式(4)的数理推导和图5的数形结合法的综合应用,对于揭示两类连接的不同,夯实专业素养具有重要作用。

(二) 基于概念分析的高强度螺栓摩擦型连接螺栓群承载力计算式的建立

对于承受拉力、弯矩和剪力共同作用的高强度螺栓摩擦型连接的螺栓群(图6),教科书^[7-8]通常将单个螺栓的承载力计算公式转化为88规范^[9]中的计算公式

$$N_v^b = 0.9n_t \mu (P - 1.25N_t)，$$
 (5)

然后进一步建立螺栓群承载力的计算式。由于式(5)与式(4)等价,故基于式(5)建立图6所示的螺栓群的承载力计算公式。然而,基于概念分析建立高强度螺栓摩擦型连接螺栓群的承载力计算式更符合认知规律和基本逻辑。

为与现行国标GB 50017—2017中的计算公式式(4)保持一致,首先假定并列布置的螺栓群共

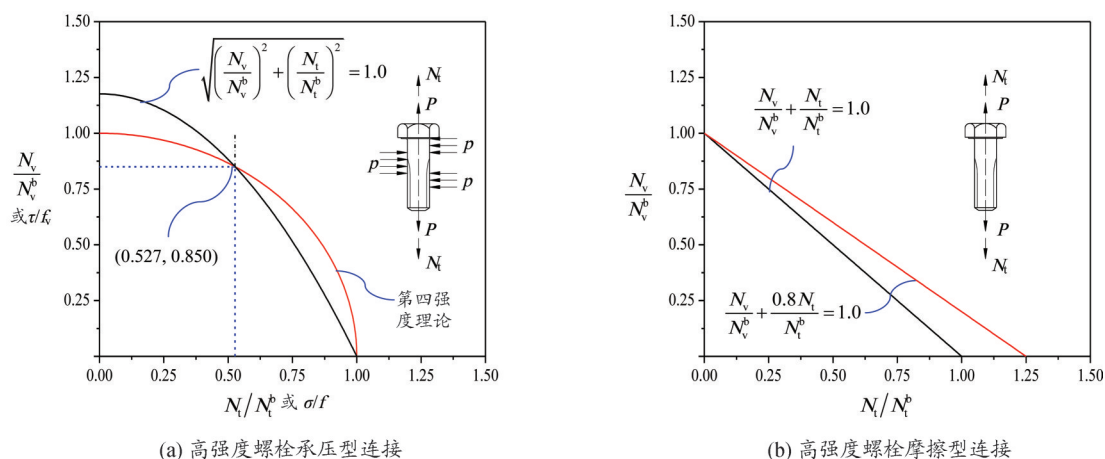


图5 拉-剪作用下螺栓连接中单个螺栓的承载力计算式对比

有 n_b 个螺栓, 则每个螺栓的承载力均需满足

$$\frac{N_{vi}}{N_v^b} + \frac{N_{ti}}{N_t^b} \leq 1.0. \quad (6)$$

对式(6)进行改写, 可得

$$N_{vi} \leq N_v^b \left(1 - \frac{N_{ti}}{N_t^b} \right). \quad (7)$$

对于由 n_b 个螺栓组成的螺栓群, 将式(7)两端分别求和, 可得

$$\frac{\sum N_{vi}}{n_b N_v^b} + \frac{\sum N_{ti}}{n_b N_t^b} \leq 1.0. \quad (8)$$

对于 $\sum N_{ti}$, 教科书^[7-8]已经给出了其计算方法, 而螺栓群承载力满足要求的条件是 $V \leq \sum N_{vi}$, 则由式(8)得到以剪力 V 为验算对象的计算式

$$\frac{V}{n_b N_v^b} + \frac{\sum N_{ti}}{n_b N_t^b} \leq 1.0. \quad (9)$$

显然, 式(9)与 GB 50017—2017 中的式(4)具有一致的形式。采用式(9)不但可以验算螺栓并列布置的连接或螺栓非并列布置的端板连接是否满足要求, 而且该式左侧的计算值还能表明承载力富裕或不足的程度。

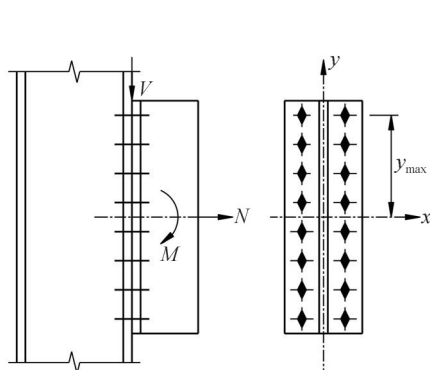


图6 承受拉力、弯矩和剪力共同作用的高强度螺栓摩擦型连接螺栓群

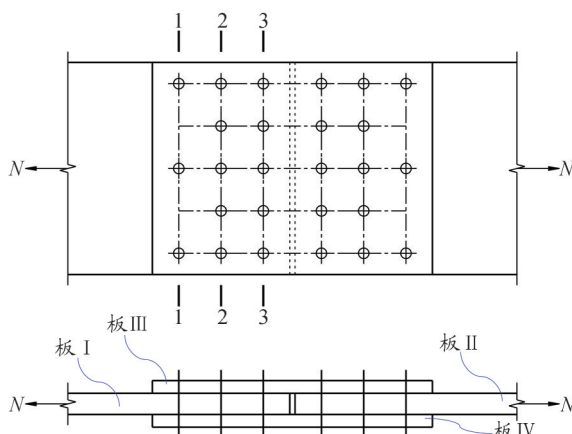


图7 高强度螺栓摩擦型连接的净截面断裂计算

此外,也有初学者疑惑,对于承受拉力、弯矩和剪力共同作用的高强度螺栓承压型连接,通常采用表2中对应的计算式进行验算,即采用单个螺栓的承载力计算式进行整个螺栓群的验算;而对于摩擦型连接,是否也可以采用表2中对应的计算式进行单个螺栓的计算?对此,需要给初学者讲解清楚,高强度螺栓承压型连接依靠的是栓杆对孔壁的挤压传递剪力,当受力最大的螺栓达到其极限承载力时,该螺栓将发生破坏而退出工作,剩余螺栓由于内力重分布后可能相继发生破坏。

对于高强度螺栓摩擦型连接,剪力通过板与板之间的摩擦传递,其破坏特征是板与板之间发生相对滑移。若假定受力最大的螺栓达到其极限承载力而发生板与板之间的相对滑移,则由于连接板件的整体性,必然要求其他螺栓处的板与板之间也发生相对滑移,然而,由于其他螺栓并未达到极限承载力,故不会发生滑移。因此,高强度螺栓摩擦型连接抗剪具有整体性:即使受力最大的螺栓达到其极限承载力,但总剪力不超过各个螺栓提供的剪力之和时,该连接不会发生破坏。

由此可见,对于高强度螺栓承压型连接,其抗剪承载力需计算最危险螺栓的承载力;而对于高强度螺栓摩擦型连接,其抗剪承载力需计算螺栓群的整体承载力。

(三) 基于概念分析的高强度螺栓摩擦型连接中净截面断裂的计算

根据现行国标 GB 50017—2017,采用高强度螺栓摩擦型连接的构件,其净截面断裂的计算公式为

$$\sigma = \left(1 - 0.5 \frac{n_1}{n}\right) \frac{N}{A_n} \leq 0.7f_u \quad (10)$$

应用式(10)的前提是,螺栓群并列布置,若高强度螺栓摩擦型连接螺栓群错列布置,则直接应用式(10)进行计算可能带来安全隐患。为给初学者讲解清楚式(10)的应用范围和适用条件,选择错列布置的高强度螺栓摩擦型连接螺栓群(图7),其中板Ⅰ和板Ⅱ为被连接板,而板Ⅲ和板Ⅳ为盖板,且满足以下要求。

(1)板Ⅰ和板Ⅱ的几何尺寸、材料完全一致,板Ⅰ或板Ⅱ上每个螺栓孔削弱的面积为 $A_{d1} = t_1 d_0$,其中 t_1 为板Ⅰ或板Ⅱ的板厚, d_0 为螺栓孔直径。

(2)板Ⅲ和板Ⅳ的几何尺寸、材料完全一致,板Ⅲ或板Ⅳ上每个螺栓孔削弱的面积为 $A_{d3} = t_3 d_0$;其中 t_3 为板Ⅲ或板Ⅳ的板厚, d_0 为螺栓孔直径。

(3)连接一侧的螺栓总数 $n = n_1 + n_2 + n_3$,其中1-1截面、2-2截面、3-3截面上的高强度螺栓数量分别为 n_1 、 n_2 和 n_3 。

根据如上条件,给出高强度螺栓摩擦型连接净截面断裂计算的內力和净截面面积,如表3所示。显然,当 $n_1 < n_2$ 时,与2-2截面相比,1-1截面的內力大且净截面面积也大,因此不能判定哪个截面控制净截面断裂的计算。故除了按式(10)验算1-1截面的净截面断裂外(此时 $A_n = A_1 - n_1 A_{d1}$),尚需按式(11)验算2-2截面的净截面断裂,其中式(11)中的 $A_n = A_1 - n_2 A_{d1}$,

$$\sigma = \left(1 - \frac{n_1}{n} - 0.5 \frac{n_2}{n}\right) \frac{N}{A_n} \leq 0.7f_u \quad (11)$$

此外,当需要验算板Ⅲ的净截面断裂时,表3中与板Ⅲ对应的內力和净截面面积则提供了最基本的参数。显然,与仅采用GB 50017—2017中的式(10)相比,以上分析及表3中的参数不但可以帮助初学者厘清学习中的理解障碍,而且对保证结构安全可靠具有重要的意义。

四、结语

基于概念分析的钢结构连接教学研究显著提升了该领域的教学效果。概念分析可以通过多种方式实施,包括课前预习、课堂讲授和课后作业练习等。此外,该方法不仅在钢结构连接教学中效

果显著,还可扩展至钢结构稳定性的教学,甚至适用于土木工程专业其他结构设计课程的教学。特别是,若能将与教学内容相关的科研资源,如经典著作和文章等,融入教学过程中,将有助于初学者更好地掌握知识,并培养其对研究思想的理解,实现触类旁通。

表3 高强度螺栓摩擦型连接净截面断裂计算的內力和净截面面积

截面	螺栓数量	板 I		板 III	
		內力	净截面面积	內力	净截面面积
1-1	n_1	$\left(1 - 0.5 \frac{n_1}{n}\right)N$	$A_1 - n_1 A_{d1}$	$\left(1 - \frac{n_2}{n} - \frac{n_3}{n} - 0.5 \frac{n_1}{n}\right) \frac{N}{2}$	$A_3 - n_1 A_{d3}$
2-2	n_2	$\left(1 - \frac{n_1}{n} - 0.5 \frac{n_2}{n}\right)N$	$A_1 - n_2 A_{d1}$	$\left(1 - \frac{n_3}{n} - 0.5 \frac{n_2}{n}\right) \frac{N}{2}$	$A_3 - n_2 A_{d3}$
3-3	n_3	$\left(1 - \frac{n_1}{n} - \frac{n_2}{n} - 0.5 \frac{n_3}{n}\right)N$	$A_1 - n_3 A_{d1}$	$\left(1 - 0.5 \frac{n_3}{n}\right) \frac{N}{2}$	$A_3 - n_3 A_{d3}$

参考文献:

- [1] 刘占科,孙伟. 以教学效果为中心的钢结构连接教学研究[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(1): 73-82.
- [2] 刘学春,白正仙,朱涛,等. 钢结构原理教学内容和教学方法的探讨与实践[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(4): 101-108.
- [3] Barner M S, Brown S A. Design codes in structural engineering practice and education[J]. Journal of Civil Engineering Education, 2021, 147(2): 04020013.
- [4] 李素娟. 比较教学法在钢结构设计原理课程中的应用[J]. 高等建筑教育, 2011, 20(4): 85-88.
- [5] 李晓克,李长永,王慧,等. 钢结构课程中“角焊缝连接”问题研究[J]. 高等建筑教育, 2010, 19(2): 69-71.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢结构设计标准: GB 50017—2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [7] 张耀春,周绪红. 钢结构设计原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [8] 沈祖炎,陈扬骥,陈以一. 钢结构基本原理[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [9] 中华人民共和国冶金工业部. GBJ 17—88 钢结构设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1988.

Teaching study of steel structure connections based on concept analysis

LIU Zhanke, YANG Wenwei, MA Yawei

(School of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, P. R. China)

Abstract: By analyzing the characteristics of teaching content of steel structure connection in the current Standard for Design of Steel Structures (GB 50017-2017), and based on the effect-centered teaching idea, a teaching method named concept-based analysis is proposed. A concept analysis and application study is carried out on weld connection in steel structures, as well as a comparative study on bearing capacity formula for bolt connection in steel structures on the basis of concept-based analysis. Teaching practice shows that, based on the concept-based analysis teaching method, the essential logic contained in steel connection is revealed, by which the application of formulas for steel connection is grasped conveniently by students, and better understanding of the relevant provisions in the standard is further promoted.

Key words: steel connections; design standard; weld connections; bolt connections; concept analysis

(责任编辑 梁远华)