

比较教学法在钢结构设计原理课程中的应用

李素娟

(唐山学院 土木工程系,河北 唐山 063000)

摘要: 钢结构设计原理是一门理论性强、计算公式较多的课程。纷繁复杂的公式使学生容易产生混淆。在课程教学中,针对不同的教学内容:不同构件设计、同一构件设计、构件与连接设计、焊缝连接中弯与扭的区分,分别采用比较教学方法,帮助学生辨别同类教学内容之间的异同,抓住教学内容的实质,从而掌握教学内容。

关键词: 钢结构;受弯构件;普通螺栓连接;角焊缝;比较教学

中图分类号: G642.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2011)04-0085-04

钢结构设计原理是土木工程专业的一门基础课程,该课程理论性、实践性较强,课程难度较大。随着各种高强钢材和新型材料、结构的开发,计算机技术和实验手段的现代化,施工机械的不断更新和施工能力的不断增强,钢结构技术也在不断更新和发展,随之而来的是社会对于钢结构人才的更高要求。作为钢结构教学人员,如何提高授课效率,特别是在当今课时普遍偏少的情况下改善教学效果是值得探讨的课题。课时少,内容多是钢结构教学的难点之一,在如此情况下要提高教学质量离不开学生自身学习能力的培养。培养学生的自学能力则要引导学生学会分析比较。

一、比较教学法的定义

所谓比较是就两种或两种以上同类的事物辨别异同或高下,通过比较找出同类事物的联系与区别。比较教学法是把彼此之间具有某种联系的教学内容放在一起加以对比分析,以分析其异同,帮助学生认识其本质差异。教学中恰当采用比较教学法,一方面可以帮助学生分析同类问题的共性,便于学生抓住教学内容的实质,另一方面通过比较可以发现同类问题中单一问题的特殊性,有助于学生对相似教学内容的区分,并理解教学内容,从而应用这些理论知识去解决实际工程问题。

在教学中较多地采用比较法教学能使学生的理解能力、分析问题能力都得以提高^[1]。不仅如此,还可以培养学生的观察、分析能力,发现、解决问题的能力,更能开拓学生视野,培养学生的创新思维能力。

收稿日期:2011-05-03

作者简介:李素娟(1979-)女,唐山学院土木工程系讲师,工学硕士,主要从事结构工程研究和钢结构研究,(E-mail)lisujuan-1979@163.com。

二、比较教学法在课程中的应用

(一) 不同构件设计的比较教学

钢结构的计算虽多,但是基本构件只有受弯构件,轴心受力构件,拉、压弯构件三种。三类构件设计的理论依据、计算公式可能各不相同,但三类构件的设计却存在共性,即:都要考虑承载能力极限状态和正常使用极限状态,而对于承载能力极限状态的设计都要考虑强度、整体稳定、局部稳定几个方面,如此把知识点之间用“线”串起来,则有助于学生在头脑中形成知识网络,便于理解和记忆。

(二) 计算公式的比较教学

对于工字形截面单向受弯构件来说,强度计算公式和整体稳定计算公式形式上较为相似:

强度计算公式^[2]:

$$\frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} \leq f_0 \quad (1)$$

整体稳定计算公式^[2]:

$$\frac{M_x}{\varphi_b W_x} \leq f_0 \quad (2)$$

1. 二者的相似之处

(1) 内容上的相似之处,式子左边都代表截面上的应力,右边都代表钢材的强度设计值;

(2) 形式上的相似之处:公式左边都包括弯矩 M 、抵抗矩 W 一项,分式的分母分别含有一个系数 γ_x 和 φ_b 。

2. 二者的区别

(1) 两式中参数 γ_x 和 φ_b 的物理意义相去甚远, γ_x 为考虑截面部分发展塑性而引入的截面塑性发展系数,取值 ≥ 1.0 ; φ_b 为梁绕 x 轴弯曲时的整体稳定系数,取值 ≤ 1.0 ;

(2) 同为抵抗矩,两式中 W 却不完全相同。式(1)中 W_{nx} 为截面对 x 轴的净截面模量,而式(2)中 W_x 为按受压纤维确定的梁毛截面模量,非常明确一个为净截面模量,一个为毛截面模量。净截面模量只有在强度计算时才使用,而毛截面模量多在稳定计算(个别时候强度计算也用)时使用。另外计算时出于安全的考虑,式(1)中 W_{nx} 一般代入按截面受压纤维和受拉纤维确定的抵抗矩的较小者,而(2)式中 W_x 则明确指出需按受压纤维确定,这主要是考虑到梁的整体失稳往往是从受压翼缘的侧向弯曲开始。两个参数只有对截面关于中和轴对称,截面无削弱时取值才相同,而对其他情况,取值则要分别计算。

对于这些,虽然课本中也有解释,但是作为学生往往混为一谈,更搞不清参数的物理意义及取值,尤其是对于抵抗矩 W 这个参数,往往不加考虑,就用 $\frac{I_x}{(\frac{h}{2})}$ 去求,难免会出错。因此,在教学中应注重采

用比较教学法帮助学生分析公式之间的异同。

在受弯构件的讲解中,除了对受弯构件自身强度与稳定的比较外,还可以将钢结构构件与混凝土结构构件进行对比,以突出钢结构构件的设计特点,从而使学生不至于把新学的钢结构理论知识与混凝土结构混淆。

(三) 有关线性分布的比较教学

构件和连接的强度计算,看似毫不相关,实质存在着一定的联系。截面上的应力或内力线性分布则是连接这不同内容的桥梁。

1. 构件受弯

当图1(a)所示构件单向受弯时,理论分析表明横截面上任意点的正应力与它到中和轴的距离成正比,如图1(b)所示,即:沿截面高度正应力按直线规律变化^[3],且经过推导求得截面上任意点的应力计算公式为:

$$\sigma = \frac{My}{I_x} \quad (3)$$

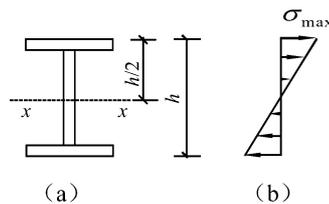


图1 受弯构件截面的应力分布

根据上式离中和轴最远处纤维,即截面上、下翼缘外侧表面纤维应力最大,且对于该处纤维 $W_x = \frac{I_x}{y_{max}}$,故截面最大正应力计算式变为 $\sigma_{max} = \frac{M}{W_x}$ 。对于按照弹性方法设计的构件即可依据此式计算其强度。

考虑钢构件连接时截面可能受到削弱,进而影响其承载力,安全起见,把式中 W_x (注:此处 W_x 不完全等同于3.2节(2)式)变为 W_{nx} ,再考虑钢材具有一定的塑性,设计中允许部分截面发展塑性,在式中引入塑性发展系数 γ_x ,就变成《钢结构设计规范》中单向受弯构件的抗弯强度计算公式,即3.2中(1)式。

2. 角焊缝受弯

在图 2(a) 所示角焊缝连接中, 当力矩作用平面与焊缝群所在平面垂直时, 焊缝受弯^[4], 抽象出来的焊缝有效截面如图 2(b) 所示, 此时弯矩在焊缝有效截面上产生垂直于焊缝长度方向的应力 σ_f , 该应力沿焊缝长度呈线性分布(图 2(c)), 其中角焊缝的上、下端应力最大, 参照前边的受弯构件的正应力计算方法, 在不考虑焊缝截面发展塑性的前提下, 得出焊缝截面的最大正应力计算公式:

$$\sigma_{f_{\max}} = \frac{M}{W_w} \quad (4)$$

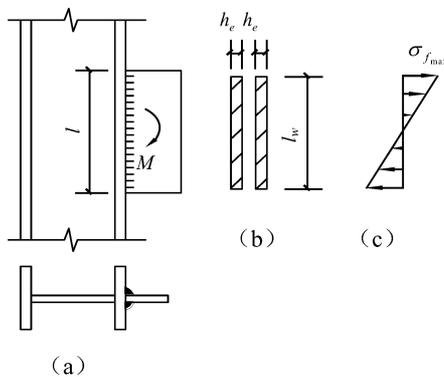


图 2 弯矩作用下角焊缝的应力分析

3. 普通螺栓连接受弯

图 3(a) 所示普通螺栓群在弯矩作用下, 从上至下, 各排螺栓的受力分别为 N_1^M 、 $N_2^M \dots N_i^M$, 其中上部螺栓受拉, 与螺栓拉力相平衡的压力可看做由端板和柱翼缘板承担, 考虑到螺栓连接受弯后, 上部端板和柱翼缘会分开, 分开后会伴随中和轴下移, 但是下移后的具体位置不易计算, 可偏于安全地假定中和轴在最下一排螺栓位置处, 同时假定中和轴以上螺栓内力呈线性分布图 3(b), 因此根据连接的力矩平衡关系, 可求得螺栓最大内力:

$$N_1^M = \frac{My}{m \sum y_i^2} \quad (5)$$

经过前述分析, 在三处不同的计算中, 存在着三个共性: 一是计算中均是在弯矩作用下的计算; 二是在计算中都用了线性分布, 最大应力或最大内力的最大都与计算点至中和轴的距离有关; 三是截面应力、螺栓内力力矩之和与外力在该截面产生的力矩存在平衡关系。

通过前述分析, 同时还可以发现: 焊缝受弯时应力计算公式与构件在弹性状态下截面的应力计算公式相同, 而与螺栓内力计算不同, 这就在于无论是构

件还是焊缝其截面是连续的, 而螺栓群是由单个螺栓组成, 且螺栓按一定间距排列, 同时式(3)、(4)计算的是截面上的最大应力, 而式(5)计算的是内力, 因而计算公式与前两者不同。

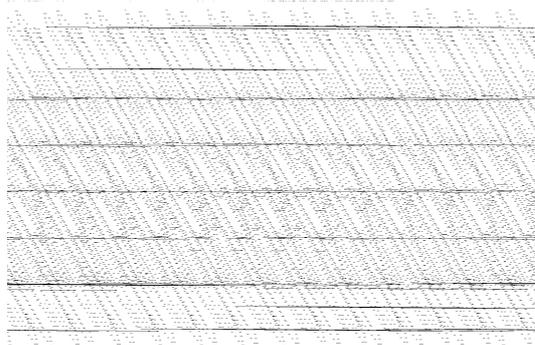


图 3 弯矩作用下普通螺栓的内力分析

(四) 连接中受弯、受扭的比较

连接中的计算占据了钢结构计算中的大部分, 对于同一处连接来说连接方式是不唯一的, 可以焊缝连接, 也可以螺栓连接, 而对于焊缝连接或螺栓连接来说又可以采用不同的连接方法, 而不同方法的连接受力也各不相同, 这就导致连接的计算类型较多, 学生学完以后容易混淆, 这其中连接受弯、受扭不易区分, 连接受力不易搞清, 如何计算应该用哪个公式也就分不清。在此仅以角焊缝为例讲述连接受力的区分。

笔者认为, 在学生区分焊缝群受弯矩还是扭矩时, 不妨从以下两个角度来讲授: 一是看力矩作用位置, 图 4(a) 所示连接, 力矩作用在焊缝有效截面图 4(b) 的平面之内或与之平行时, 焊缝群受扭矩, 反之当力矩所在平面与焊缝有效截面的平面图 2(a)、(b) 垂直时, 焊缝受弯; 二是从力矩将要产生的作用效果区分, 力矩加在接头上, 若使被连板件产生相互平行错动的趋势图 4(a), 那么连接所受力矩为扭矩, 反之如果力矩将要产生的效果是使被连接构件一端有相互分离, 而另一端相互压紧的趋势如图 2(a), 则说明焊缝所受力矩为弯矩。

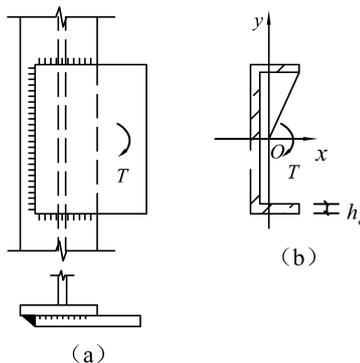


图 4 扭矩作用下角焊缝的受力分析

三、结语

钢结构设计原理属于理论与实践性均较强的课程,内容多,尤其是计算多,使教师教学与学生学习均有费解之处,特别是在课时普遍偏少的情况下,教学方法更显得尤为重要,如何提高教学效果,培养学生独立解决问题的能力更为关键。

虽然该课程中的计算部分占据了全课程的很大篇幅,但是不同构件设计、不同形式的连接设计、构件与连接设计这看似毫不相关的内容,但实质上存在着一定联系,教学中通过比较教学,可以找出这看似不同类问题之中的共性,即找出问题的规律性,然而找出问题的规律性,抓住问题的共性与个性,这正

是教学中要传授的重点所在。利用比较教学法有助于学生抓住教学的重点,便于掌握课程的核心内容,同时还有助于培养学生的创新思维能力。

参考文献:

- [1] 付朝江. 应用型本科钢结构课程教学实践与改革探讨[J]. 福建工程学院学报. 2008, 6(5):484-486
- [2] 中华人民共和国建设部. GB50017-2003 钢结构设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003.
- [3] 刘鸿文. 材料力学(第3版)[M]. 北京:高等教育出版社,1992:171-172.
- [4] 陈绍藩,顾强. 钢结构(上册)—钢结构基础(第2版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.

Comparison teaching method of design principle of steel structure course

LI Su-juan

(Department of Civil Engineering, Tangshan College, Tangshan 063000, Hebei, P. R. China)

Abstract: Design principle of steel structure is a theoretical course, which has many formulas. Numerous and complicated formulas make students confused. According to the different content such as different member design, the same member design, member and connection design, differentiation of bending and torsion aiming at weld connection, we use the comparative teaching method to help students recognize the similarities and differences, grasp the teaching substance and command the teaching content.

Keywords: steel structure; bending member; plain bolt fastening; fillet weld; comparison teaching

(编辑 梁远华)