

矩形截面型钢混凝土梁抗弯承载力计算方法探讨

王庆利¹ 康清梁² 曹平周²

(1. 沈阳建筑工程学院土木工程系 辽宁 沈阳 110015; 2. 河海大学土木工程学院 江苏 南京 210098)

摘要 针对矩形截面型钢混凝土梁抗弯承载力现行计算方法存在的问题进行了研究,提出了以等效应力法为基础的此类型钢混凝土梁的抗弯承载力的新的计算方法.新方法与现行方法比较,计算公式的推导更为简洁顺畅,公式适用范围更广.本文方法可供制订有关规范参考.

关键词 型钢混凝土梁 抗弯承载力 计算假定 等效应力法

中图分类号: TU375.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1980(2002)03-0103-03

型钢混凝土结构以其抗震(振)性能好等诸多优点而在工程中越来越多地被采用,型钢混凝土梁是型钢混凝土结构的基本构件之一,目前对于配置格构式钢梁的空腹型钢混凝土梁抗弯承载力的计算观点基本一致,而对于配置实腹钢梁的实腹型钢混凝土梁抗弯承载力的计算理论区别较大,目前主要流行两种方法:一种是以日本为代表的强度叠加方法^[1],我国设计人员较少采用该方法,应用此方法计算偏于保守^[2];另一种是前苏联的方法,应用此方法计算有少数构件不够安全^[2].目前国内一般以文献^[2]的方法(以下称为传统方法)作为教材或指导设计,它借鉴前苏联的模式并参照有关体系^[3]制定实腹型钢混凝土梁抗弯承载力的计算方法.笔者在应用时发现传统方法存在若干问题,另外,国内现行有关组合结构的规程^[4]尚未收录型钢混凝土梁的条款,也说明尚需深入研究此类问题.本文的研究对象特指具有如图 1(a)所示截面的实腹型钢混凝土梁.本文在继承传统方法成果的基础上,对其计算假定做了若干改进,采用等效应力法^[5]计算矩形截面型钢混凝土梁的抗弯承载力,提出新的计算式.

矩形截面型钢混凝土梁塑性中和轴(以下称为中和轴)的位置常见的情况有三种^[6]:中和轴位于受压纵筋至钢梁上翼缘之间;中和轴位于钢梁腹板;中和轴位于钢梁上翼缘.本文仅讨论后两种情况.

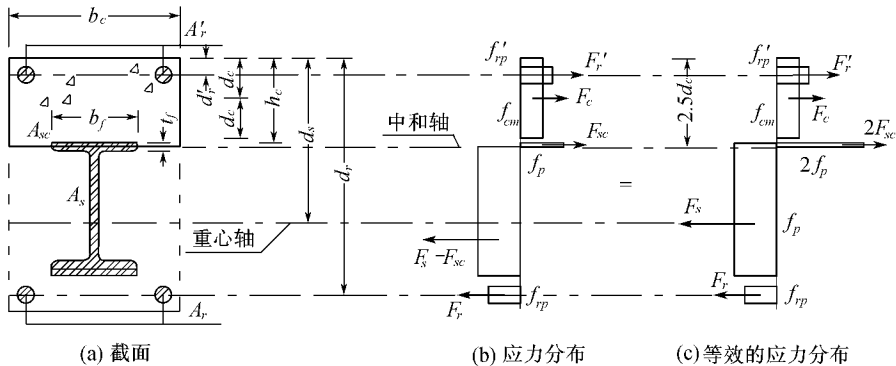


图 1 当中和轴位于钢梁上翼缘时的截面和应力分布

Fig.1 Cross-section and stress distribution of beam when neutral axis lies in the top flange of steel section

1 计算假定

a. 将钢梁和混凝土视为一个整体共同工作,忽略混凝土抗拉强度的影响.为了便于计算,受压区混凝土的应力分布取矩形,混凝土计算受压区高度取 0.8 倍的实际受压区高度.笔者曾经应用多种方法计算文献^[2]中的例 4-2-1 至例 4-2-6,发现计算混凝土的合力时如果忽略其中钢材所占面积的影响,计算结果的

误差均不足1%。另外,文献3和文献4中,在计算混凝土的合力时都没有考虑其中钢材所占面积的影响,为了使计算式的推导简洁、顺畅,也为了与有关文献3、4更好地衔接,计算混凝土的合力时忽略其中钢材所占面积的影响,这一点与传统方法有所不同。

b. 当全截面塑性发展,要进行抗弯承载力计算时,为了与文献4更好地衔接,假定达到极限状态,纵筋的应力为其强度塑性设计值 f_{rp}' 或 f_{rp} ,即将强度设计值乘以0.9后采用,这一点与传统方法也有所不同,钢梁的应力分布为矩形,考虑到平截面假定、应力全塑性假定和钢梁与混凝土交接面滑移等因素引起的误差,大小为其强度塑性设计值 f_p ,按文献7中钢材的强度设计值乘以0.9后采用;

c. 应用内力平衡求解中和轴及抗弯承载力。

d. 混凝土界限受压区高度

$$x_b = \frac{0.8h_0}{1 + f_p / (0.0033E)}$$

式中: h_0 ——受拉钢材的合力点至梁顶部的距离; E ——钢梁的弹性模量。如果混凝土的计算受压区高度 $2d_c > x_b$,则取 $2d_c = x_b$ 。

2 中和轴位置的判断

中和轴与钢梁的相对位置不同,抗弯承载力的计算式也不同,因此在计算抗弯承载力之初要判断中和轴的位置。当中和轴位于受压纵筋至钢梁上翼缘之间时,应满足条件:

$$F_s + F_r - F_r' - 0.8b_c h_c f_{cm} \leq 0 \quad (1)$$

$$F_s = A_s f_p \quad F_r' = A_r' f_{rp}' \quad F_r = A_f f_{rp}$$

式中: F_s ——钢梁全截面受拉时的合力; A_s ——钢梁的截面面积; F_r ——受拉纵筋的合力; A_r ——受拉纵筋的截面面积; F_r' ——受压纵筋的合力; A_r' ——受压纵筋的截面面积; b_c ——型钢混凝土梁的宽度; h_c ——钢梁上保护层的厚度; f_{cm} ——混凝土的弯曲抗压强度。如果不满足式(1),中和轴位于钢梁内。

中和轴位于钢梁上翼缘时,应满足条件:

$$F_s + F_r - F_r' - 2F_{sf} - 0.8b_c(h_c + t_f)f_{cm} \leq 0 \quad (2)$$

$$F_{sf} = A_{sf} f_p$$

式中: F_{sf} ——钢梁上翼缘全截面受压时的合力; A_{sf} ——钢梁上翼缘的截面面积; t_f ——钢梁上翼缘的厚度。如果不满足式(2),中和轴位于钢梁腹板内。

3 抗弯承载力计算

当中和轴位于钢梁上翼缘时,取其截面和应力分布如图1所示,为了便于计算,将图1(b)的应力分布等效为图1(c)所示的应力分布,按照图1(c)分析。此时

$$h_0 = \frac{F_s d_s - (6.25d_c^2 - h_c^2)b_f f_p / 2 + F_r d_r}{F_s - (2.5d_c - h_c)b_f f_p + F_r} \quad (3)$$

式中: d_s ——钢梁截面重心轴(以下称为重心轴)至梁顶部的距离; b_f ——钢梁上翼缘的宽度; d_r ——梁受拉纵筋合力点至梁顶部的距离。

在图1中对受压混凝土的合力 $F_c = 2d_c b_c f_{cm}$ 取矩,可得

$$M \leq F_r'(d_c - d_r') + F_c(d_r - d_c) + F_s(d_s - d_c) - (2.5d_c - h_c)(0.5d_c + h_c)b_f f_p \quad (4)$$

式中: M ——弯矩设计值; d_r' ——梁受压纵筋合力点至梁顶部的距离;混凝土计算受压区高度:

$$2d_c = \frac{F_s + F_r - F_r' + 2h_c b_f f_p}{b_c f_{cm} + 2.5b_f f_p} \quad (5)$$

当中和轴位于钢梁腹板时,其截面和应力分布如图2所示,为了便于计算,将图2(b)的应力分布等效为图2(c)所示的应力分布之和。此时

$$h_0 = \frac{F_s d_s - F_{sf}(h_c + t_f/2) - [(2.5d_c)^2 - (h_c + t_f)^2]t_w f_p / 2 + F_r d_r}{0.5F_s + t_w(d_s - 2.5d_c)f_p + F_r} \quad (6)$$

式中: t_w 为钢梁腹板的厚度。

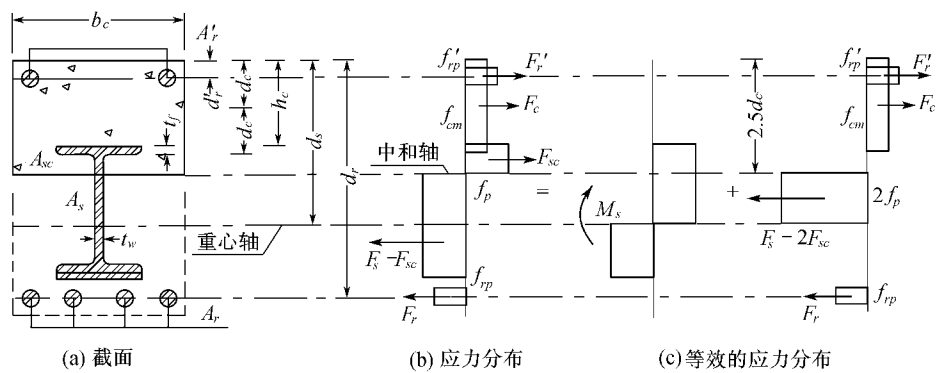


图 2 当中和轴位于钢梁腹板时的截面和应力分布

Fig.2 Cross-section and stress distribution of beam when neutral axis lies in the web of steel section

在图 2 中对 F_c 取矩,可得

$$M \leq M_s + F_r'(d_c - d_r') + F_r(d_r - d_c) + t_w(d_s - 2.5d_c)(0.5d_c + d_s)f_p \tag{7}$$
$$M_s = W_{px}f_p$$

式中: M_s ——钢梁绕自身塑性中和轴的抗弯承载力; W_{px} ——钢梁绕自身塑性中和轴的塑性截面抵抗矩.此时混凝土计算受压区高度

$$2d_c = (F_r - F_r' + 2t_wd_sf_p)(b_c f_{cm} + 2.5t_wf_p) \tag{8}$$

4 结 论

如果单纯从计算结果来看,应用传统方法的计算结果与试验结果吻合较好^[2],这一表象极易掩盖传统方法计算过程中的不妥之处.本文对传统方法计算假定的改进使得计算式的推导变得简洁、顺畅,与现行的有关规范或规程衔接较好.当中和轴位于钢梁腹板时,本文方法的计算式适用范围更广,如也适用于截面非对称配筋的情况.本文方法可供在计算矩形截面型钢混凝土梁抗弯承载力时作为参考.

参考文献:

[1] 日本建筑学会. 钢筋混凝土结构计算标准及解说[S]. 冯乃谦,等译. 北京:原子能出版社,1998.11~12.
[2] 周起敬,姜维山,潘泰华. 钢与混凝土组合结构设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1991.182~196.
[3] GBJ 10-89,混凝土结构设计规范[S].
[4] DL/T 5085-1999,钢-混凝土组合结构设计规程[S].
[5] 王庆利,曹平周,康清梁. 钢-混凝土组合梁正截面承载力计算方法对比[J]. 钢结构,2000,15(增):137~140.
[6] 日本土木学会. 钢-混凝土组合结构设计手册[M]. 李先瑞,等译. 北京:地震出版社,1992.127~144.
[7] GBJ 17-88,钢结构设计规范[S].

Calculation Method for Bending Strength of Reinforced Concrete Beams with Rectangular Cross-Section

WANG Qing-li¹, KANG Qing-liang², CAO Ping-zhou²

(1. Dept. of Civil Engineering, Shenyang Architecture and Civil Engineering Institute, Shenyang 110015, China;

2. College of Civil Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the equivalent stress method, a new method for calculation of bending strength of reinforced concrete beams with rectangular cross section is presented, and corresponding formulas are derived. Compared with the current method, the present method has a wide scope of application, and can be used for the formulation of relevant standards.

Key words: reinforced concrete beams; bending strength; assumption for calculation; equivalent stress method