

文章编号:1673-9469(2008)03-0001-03

冷弯薄壁型钢轴心受压构件局部屈曲后强度分析

史三元,景晓昆

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:冷弯薄壁型钢具有较大的受压屈曲后强度,目前常用有效宽度法和直接强度法两种方法分析。本文通过算例与试验结果对比,找到了两种方法与试验结果之间的极限承载力差值,其中《冷弯薄壁型钢结构技术规范》提出的有效宽度法偏于保守,而直接强度法的分析结果较为接近,在工程应用中可以考虑采用直接强度法分析。

关键词:冷弯薄壁型钢;屈曲后强度;有效宽度法;直接强度法

中图分类号: TU511

文献标识码: A

The analysis of local post - buckling strength of cold - formed thin - walled steel axial compression members

SHI San-yuan, JING Xiao-kun

(School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: Cold - formed thin - walled steel has large post - buckling strength under compression, effective width method and direct strength method are used to analyze at present. In this paper, with a comparison between the numerical example and experimental results, the different values of ultimate bearing capacity between the two methods and experimental results are found, effective width method given by the technical code of cold - formed thin - walled steel structure is conservative and the results of direct strength method are relatively close to the experimental results, in engineering direct strength method can be taken into account.

Key words: cold - formed thin - walled steel; post - buckling strength; effective width method; direct strength method

由于冷弯薄壁型钢的宽/厚比较大,受压时在应力水平低于钢材屈服点时就可能发生局部屈曲。板件发生局部屈曲后,截面应力出现不均匀分布。屈曲后强度主要由靠近支承边的部分截面承受。冷弯薄壁型钢结构设计不仅允许板件出现局部屈曲,而且还可以利用屈曲后强度^[1,2]。目前,考虑受压构件屈曲后强度的计算方法有有效宽度法和直接强度法两种。本文通过有效宽度法计算结果、直接强度法的有限元分析结果与试验结果的对比分析,提出了可用于工程实际的分析方法。

1 有效宽度法

1.1 基本原理

将沿板宽 b 上不均匀分布的应力,假设以板边缘最大应力 σ_{\max} 均匀分布在一个假想的有效宽度 b_e 上(图1)。这个有效宽度 b_e 可由非均匀应力分布的曲线面积和两块均匀应力 σ_{\max} 矩形面积相等所确定^[1],即

$$\int_0^b \sigma dx = b_e \sigma_{\max} \quad (1)$$

$$b_e = \int_0^b \sigma dx / \sigma_{\max} \quad (2)$$

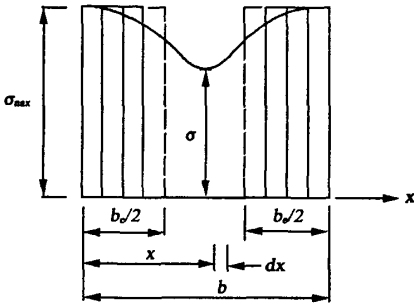


图1 有效宽度

Fig.1 Effective width

1.2 计算公式

文献[3] 规定有效宽度的统一计算公式为

$$\frac{b_e}{b} = \begin{cases} 1 & b/t \leq 18\alpha\rho \\ \sqrt{\frac{21.8\alpha\rho}{b/t}} & 18\alpha\rho < b/t < 38\alpha\rho \\ \frac{25\alpha\rho}{b/t} & b/t \geq 38\alpha\rho \end{cases} \quad (3)$$

式中 b_e - 板件受压区宽度; α, ρ - 计算系数。

因此,只要知道有效宽度 b_e ,就可以计算出屈曲后的极限荷载

$$P = tb_e \sigma_{\max} \quad (4)$$

2 直接强度法

2.1 基本原理

直接强度法在计算过程中直接使用构件的全截面,而不用有效宽度,将边缘应力进行折减。先通过有限元法确定考虑了板件间相关关系的弹性局部屈曲应力 σ_{cr} ,再算出受压构件的弹性局部屈曲荷载 $P_{cr} = A\sigma_{cr}$,最后可以计算得出板件屈曲后构件的极限荷载 $P_l^{[4]}$ 。

2.2 计算公式

轴心受压构件屈曲后的极限荷载^[5]:

$$P_l = \begin{cases} P_u & \lambda_l \leq 0.776 \\ \left[1 - 0.15 \left(\frac{P_{cr}}{P_u} \right)^{0.4} \right] \left(\frac{P_{cr}}{P_u} \right)^{0.4} P_u & \lambda_l > 0.776 \end{cases} \quad (5)$$

式中参数 $\lambda_l = \sqrt{P_u/P_{cr}}$; P_u - 弹塑性极限荷载。

3 算例分析

冷弯薄壁卷边槽钢轴心受压短柱试验^[6],其截面尺寸:腹板 $H = 160\text{mm}$,翼缘 $B = 60\text{mm}$,卷边 $D = 20\text{mm}$,壁厚 $t = 3\text{mm}$ 。短柱两端简支,长度 $L = 500\text{mm}$,钢材屈服强度 $f_y = 337\text{N/mm}^2$,弹性模量 $E = 200031\text{N/mm}^2$,泊松比 $\mu = 0.3$ 。

3.1 有效宽度法

根据文献[3]中受压板件的系数计算公式可得

$$\text{腹板的宽厚比 } \frac{b}{t} = 53.3 > 18\alpha\rho = 28, \frac{b}{t} =$$

$$53.3 < 38\alpha\rho = 59.1$$

$$\text{腹板的有效宽度 } b_e = 111.60\text{mm}$$

$$\text{翼缘板的宽厚比 } \frac{b}{t} = 26.7 > 18\alpha\rho = 13.6,$$

$$\frac{b}{t} = 26.7 < 38\alpha\rho = 28.7$$

$$\text{翼缘板的有效宽度 } b_e = 42.31\text{mm}$$

$$\text{屈曲后的极限荷载 } P = tb_e \sigma_{\max} = 224.70\text{kN}$$

3.2 直接强度法

直接强度法需用有限元分析,本文用 ANSYS 有限元分析。选用具有双重非线性特征的壳单元 Shell181 模拟卷边槽钢,使用 Von Mises 屈服准则和相关流动准则,选择双线性随动强化准则,考虑钢材强化时认为强化模量为弹性模量的 1/100,分析中考虑了几何非线性和材料非线性。

有限元分析得出弹性局部屈曲应力 $\sigma_{cr} = 244.45\text{N/mm}^2$

受压构件的弹性局部屈曲荷载 $P_{cr} = A\sigma_{cr} = 255.21\text{kN}$

$$\text{短柱的承载力 } P_u = Af_y = 351.83\text{kN}$$

$$\text{参数 } \lambda_l = \sqrt{P_u/P_{cr}} = 1.174 > 0.776,$$

所以轴心受压短柱的屈曲后极限荷载

$$P_l = \left[1 - 0.15 \left(\frac{P_{cr}}{P_u} \right)^{0.4} \right] \left(\frac{P_{cr}}{P_u} \right)^{0.4} P_u = 268.59\text{kN}$$

3.3 结果分析

根据两个轴心受压短柱试验结果,其临界屈曲荷载为 242.89kN 和 242.73kN,极限荷载是 298.97kN 和 302.41kN,二者的比值分别为 1.231

和 1.246,说明构件具有一定的屈曲后强度^[5]。有效宽度法和直接强度法与试验结果比较见表 1。

表 1 轴心受压短柱极限承载力结果比较

Tab.1 The result comparison of ultimate bearing capacity of short column subjected to axial load

方法	试验结果 平均值	有效 宽度法	直接 强度法
极限承载力(kN)	300.68	224.70	268.59
极限承载力差值(%)	0	25.27	10.67

由表 1 可以看出,有效宽度法和直接强度法计算出的极限荷载都小于试验结果,说明计算结果是安全的。

有效宽度法和直接强度法都考虑了板组的相关性(即相邻板件的约束影响),比较符合板件的实际工作情况。有效宽度法计算的结果较为保守,有一系列繁琐的计算过程;而直接强度法计算中需要用有限元分析软件确定弹性局部屈曲应力。

4 结论

1)《冷弯薄壁型钢结构技术规范》建议使用有效宽度法,计算的结果偏于安全,直接强度法计算

结果与试验结果较为接近。

2)计算复杂截面形式的冷弯薄壁型钢构件的屈曲后强度时,可以采用直接强度法。


3)直接强度法只能计算轴心受压和受弯构件的屈曲后强度,对于压弯构件、弯剪组合构件等还没有相应的设计公式,还需要大量的理论和试验研究。

参考文献:

- [1] 何保康,周天华.冷弯型钢截面局部屈曲和 AISI 规定有效宽度计算的统一法则[J].建筑钢结构进展,2005,7(4):6-10.
- [2] 巩俊松,邓长根.冷弯薄壁型钢受弯构件特有的失稳模式[J].河北工程大学学报(自然科学版),2007,24(4):24-27.
- [3] GB50018-2002,冷弯薄壁型钢结构技术规范[S].
- [4] 陈骥.冷弯薄壁型钢构件的直接强度设计法[J].建筑钢结构进展,2003,5(4):5-13.
- [5] SCHAFFER B W, PEKOZ T. Direct strength prediction of cold-formed steel members using numerical elastic buckling solutions[A]. SHANMUGUN N E, LIEW J Y R, THEVENDRAN V. Thin-Walled Structures, Research and Development[C]. The Netherlands: Elsevier. 1998, 137-144.
- [6] 王春刚,张耀春,张壮南.冷弯薄壁斜卷边槽钢受压构件的承载力试验研究[J].建筑结构学报,2006,27(3):1-9.

(责任编辑 闫纯有)

冷弯薄壁型钢轴心受压构件局部屈曲后强度分析

作者: [史三元](#), [景晓昆](#), [SHI San-yuan](#), [JING Xiao-kun](#)
作者单位: [河北工程大学, 土木工程学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (3)
被引用次数: 2次

参考文献(6条)

1. 何保康;周天华 [冷弯型钢截面局部屈曲和AISI规定有效宽度计算的统一法则](#)[期刊论文]-[建筑钢结构进展](#) 2005 (04)
2. 阮俊松;邓长根 [冷弯薄壁型钢受弯构件特有的失稳模式](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2007 (04)
3. GB 50018-2002. [冷弯薄壁型钢结构技术规范](#)
4. 陈骥 [冷弯薄壁型钢构件的直接强度设计法](#)[期刊论文]-[建筑钢结构进展](#) 2003 (04)
5. SCHAFFER B W;PEKOZ T [Direct strength predication of cold-formed steel members using numerical elastic buckling solutions](#) 1998
6. 王春刚;张耀春;张壮南 [冷弯薄壁斜卷边槽钢受压构件的承载力试验研究](#)[期刊论文]-[建筑结构学报](#) 2006 (03)

本文读者也读过(10条)

1. [任杰](#), [王俊峰](#) [冷弯型钢屈曲后强度计算方法研究](#)[会议论文]-2008
2. [蒋路](#), [何保康](#), [马荣奎](#), [杨松龄](#), [Jiang Lu](#), [He Baokang](#), [Ma Rongkui](#), [Yang Songling](#) [中美规范关于卷边槽形受弯构件承载力比较分析](#)[期刊论文]-[工业建筑](#)2007, 37 (6)
3. [李海平](#) [腹板屈曲后强度压弯构件的极限承载力研究](#)[期刊论文]-[广东建材](#)2007 (9)
4. [王春刚](#), [张耀春](#) [冷弯薄壁型钢短柱极限承载力研究](#)[会议论文]-2004
5. [郭鹏](#), [何保康](#), [毛辉](#) [美国AISI规范中关于冷弯型钢构件设计的直接强度法](#)[会议论文]-2006
6. [胡波](#), [沈小璞](#), [HU Bo](#), [SHEN Xiao-pu](#) [冷弯薄壁型钢构件稳定性的计算方法](#)[期刊论文]-[合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 30 (6)
7. [李国俊](#), [周成飞](#), [尹居民](#), [LI Guo-jun](#), [ZHOU Cheng-fei](#), [YIN Ju-min](#) [等效加劲截面及直接强度法计算](#)[期刊论文]-[山西建筑](#)2009, 35 (6)
8. [任润田](#), [REN Run-tian](#) [焊接结构中单向受压板件屈曲后承载力研究](#)[期刊论文]-[山西建筑](#)2009, 35 (16)
9. [戈昕](#), [董晶](#), [董凤举](#), [GE Xin](#), [DONG Jing](#), [DONG Feng-ju](#) [薄板屈曲后强度理解及设计应用](#)[期刊论文]-[工程建设与设计](#)2010 (1)
10. [李国俊](#), [高秀华](#), [LI Guo-jun](#), [GAO Xiu-hua](#) [冷弯薄壁型钢构件的直接强度法](#)[期刊论文]-[山西建筑](#)2007, 33 (22)

引证文献(3条)

1. [史三元](#), [邵莎莎](#), [陈林](#), [李尚飞](#) [多层冷弯薄壁型钢结构住宅抗震性能分析](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2010 (4)
2. [史三元](#), [邵莎莎](#), [陈林](#), [李尚飞](#) [多层冷弯薄壁型钢结构住宅抗震性能分析](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2010 (4)
3. [史三元](#), [冉莉](#), [李旭光](#) [初始预应力值对张弦梁结构受力性能的影响](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2010 (1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjyxb200803001.aspx