

文章编号: 1001-4888(2022)03-0389-10

冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件 拉压力学性能试验研究^{*}

马辉, 刘方达, 刘喜洋, 强佳琪, 张国恒

(西安理工大学 土木建筑工程学院, 陕西西安 710048)

摘要: 为研究冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件的拉压力学性能, 对光伏支架构件的 31 个试件进行轴拉和轴压试验研究, 观察试件轴向拉压荷载下的破坏过程及破坏特征, 获取试件的荷载-位移曲线、承载力及变形等性能指标, 分析支架构件的拉压受力破坏机理。结果表明, 冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件在轴拉荷载作用下均发生强度破坏, 构件抗拉承载能力较高; 而轴压荷载作用下支架构件则发生失稳破坏, 构件承载能力较低且变形能力较差。在试验研究基础上, 结合现有规范的计算方法, 提出了适应于冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件的拉压承载力计算公式, 计算结果与试验结果吻合较好。本文研究结果可为该光伏支架构件的推广应用提供技术参考。

关键词: 光伏支架; 冷弯薄壁型钢; 高强度合金钢; 拉压性能; 破坏形态

中图分类号: **文献标识码:** A **DOI:** 10.7520/1001-4888-21-084

0 引言

随着我国经济的快速发展, 能源短缺问题已经成为制约可持续发展的瓶颈之一, 使用传统的化石能源对生态环境造成巨大的破坏, 面对社会生产的需要, 亟需能源绿色转型^[1]。太阳能作为清洁能源, 对解决我国当前能源问题有重要意义。近几年, 我国大力支持在各地兴建光伏电站, 而光伏支架系统作为太阳能光伏发电的主要结构形式, 对于系统的安全性至关重要, 因此, 研究光伏支架结构的力学性能具有重要意义, 冷弯薄壁型钢光伏支架如图 1 所示。冷弯薄壁高强度合金钢支架与传统的冷弯薄壁型钢支架相比, 具有性能稳定、承载力强、耐腐蚀、美观大方、成本较低等优点^[2], 因此冷弯薄壁高强度合金钢在太阳能光伏支架领域具有广阔的应用前景。

目前, 冷弯薄壁型钢主要应用在低层冷弯型钢住宅和门式刚架结构中。Schafer^[3]通过对冷弯薄壁型钢进行弹性屈曲模拟, 发现直接强度法在冷弯薄壁结构中可进行性能预测, 并以此扩大了直接强度法的应用范围。Naderian 等^[4]在普通有限条法的基础上, 提出了一种用于冷弯薄壁型钢结构屈曲分析的广义有线条法, 可用于研究冷弯薄壁型钢的畸变屈曲、局部屈曲、整体屈曲。Yang 等^[5]对冷弯薄壁高强度钢构件进行轴压试验, 发现扭性屈曲和局部屈曲会相互作用, 对构件强度产生明显影响。姚行友等^[6]对冷弯薄壁构件进行轴压试验, 建立了畸变屈曲分析的有限元模型, 明确了影响畸变屈曲轴压构件承载力的主要因素。赵金友等^[7]对冷弯薄壁卷边槽钢受弯构件进行有限元模拟分析, 验证了直接强度法可应用于计算冷弯薄壁型钢受弯构件。何子奇等^[8]对冷弯薄壁畸变与整体屈曲的轴压试件进行承载力分

^{*} 收稿日期: 2021-04-12; 修回日期: 2021-05-27

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(2022JM-258)

通信作者: 马辉(1985—), 男, 工学博士, 副教授, 主要从事钢与混凝土组合结构及混合结构研究。Email: mahuiwell@163.com



图 1 冷弯薄壁型钢光伏支架

Fig. 1 Photovoltaic bracket with cold-formed thin wall steel

析,发现采用规范的方法得出的计算结果与试验值不符,并提出了相关公式的修改意见。姚永红等^[9]对腹板 V 形加劲冷弯薄壁卷边槽钢构件进行轴压试验,提出了基于直接强度法设计腹板 V 形加劲冷弯薄壁卷边槽钢轴压构件畸变屈曲承载力的计算方法。国内外对冷弯薄壁型钢的研究较多,而对冷弯薄壁高强度合金钢研究较少,规范也缺少相关设计规定,因此,有必要对冷弯薄壁高强度型钢及其光伏支架应用进行研究。

为加快冷弯薄壁高强度合金钢在我国太阳能光伏支架结构上的工程应用,本文以冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架结构为对象,重点研究冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件的抗拉和抗压受力性能,包括短构件轴拉与轴压、短构件局部加强轴压以及长构件轴压;通过冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件力学性能试验,观察光伏支架构件的试验现象、破坏过程及荷载-位移曲线,分析其破坏机理及极限承载力,为冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架结构的推广应用提供技术支持。

1 试验概况

本文进行了冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件试件的轴心受拉和轴心受压试验,分别为 10 个短构件轴拉、6 个短构件轴压、9 个长构件轴压及 6 个局部加强构件轴压,共计 31 个试件,表 1 为试件参数汇总,图 2(a)~(c)为各类试件图。试验采用 55% 镀铝锌冷弯薄壁高强度合金钢,其屈服强度平均值为 550MPa,抗拉强度平均值为 610MPa,弹性模量为 205GPa,断裂伸长率为 14%,试验加载装置采用 MTS 液压伺服试验机,如图 2(d)所示。

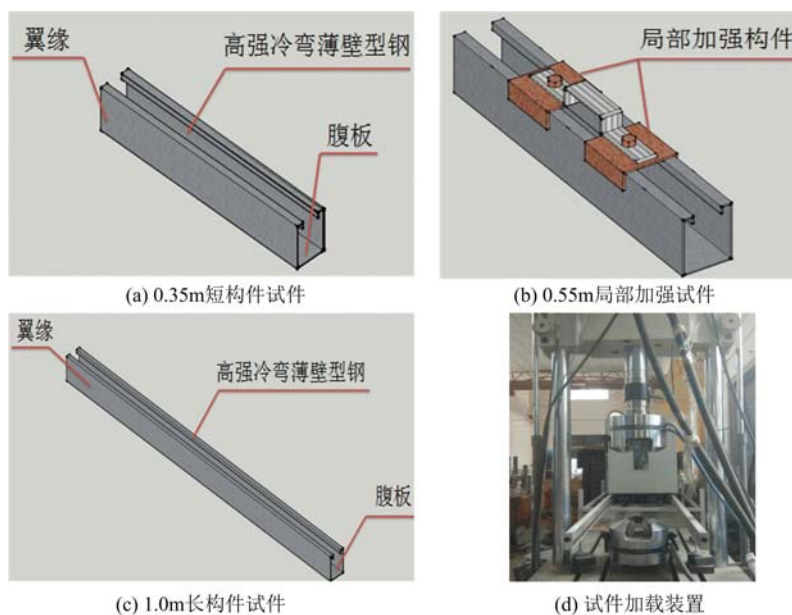


图 2 试验构件及加载装置

Fig. 2 Test members and loading devices

表 1 冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件的试件参数特征
Tab. 1 Parameters of cold-formed high strength steel photovoltaic bracket

试验项目	试件编号	试件长度/mm	翼缘宽度/mm	数量
短构件轴压	C-01~C-06	350	41×52×2×2.5	6
局部加强构件轴压	A-C-01~A-C-06	550	41×52×2×2.5	6
短构件轴拉	T-01~T-09	350	41×52×2×2.5	9
短构件轴拉	T-1-62	350	41×62×2×2.5	1
长构件轴压	C1-01~C1-09	1000	41×52×2×2.5	9

本文试验以位移控制加载,加载前检查试件安装及仪表等是否正常,安装时对试件进行对中,以保证荷载为轴心作用。试验开始加载后,首先对试件进行预加载,消除试件与夹具之间的滑移,此时试件受力很小,可忽略不计,然后开始正式的位移加载,以 1mm/min 的速率进行加载,直至试件发生破坏。

2 试件轴心受拉试验结果分析

2.1 轴拉试验破坏形态

加载初期,试件荷载与位移呈线性增长,试件处于弹性状态,无明显现象;当轴向荷载增加到峰值荷载的 90%时,试件发出清脆的撕裂声,此时试件一侧翼缘产生微倾斜裂缝;随着轴向荷载的继续增加,翼缘原有裂缝不断向腹板延伸,同时另一侧翼缘也产生微倾斜裂缝,并向腹板逐渐延伸;最终试件的翼缘和腹板被撕裂贯通,试件丧失承载力而宣告破坏。冷弯薄壁高强度合金钢短构件的轴心受拉破坏现象如图 3 所示。



图 3 冷弯薄壁高强度合金钢短构件的轴拉破坏形态

Fig. 3 Axial tensile failure modes of cold-formed high strength steel short members

2.2 轴拉荷载-位移曲线分析

冷弯薄壁高强度合金钢短构件轴拉试验的荷载-位移曲线如图 4 所示。由图 4 可知,在达到峰值荷载之前,试件的承载力随位移的增大而逐渐增大,且荷载与位移变化规律基本呈线性变化,没有出现突变,表明试件在该加载阶段基本处于弹性受力状态;达到峰值荷载后,试件的荷载-位移曲线基本呈水平状态,说明此时试件处于屈服阶段;当试件位移变形达到荷载-位移曲线水平段的末端时,试件逐渐被拉开裂,导致试件承载力下降迅速。由于材料为高强度合金钢,试件破坏没有出现强化,产生的最终破坏呈脆性特征,但试件加载过程中荷载-位移曲线拥有明显屈服阶段,说明构件具有一定的变形能力。由图 4 可知,截面尺寸越大,所表现出来的承载能力越大。短构件轴拉极限承载力值汇总于表 2。

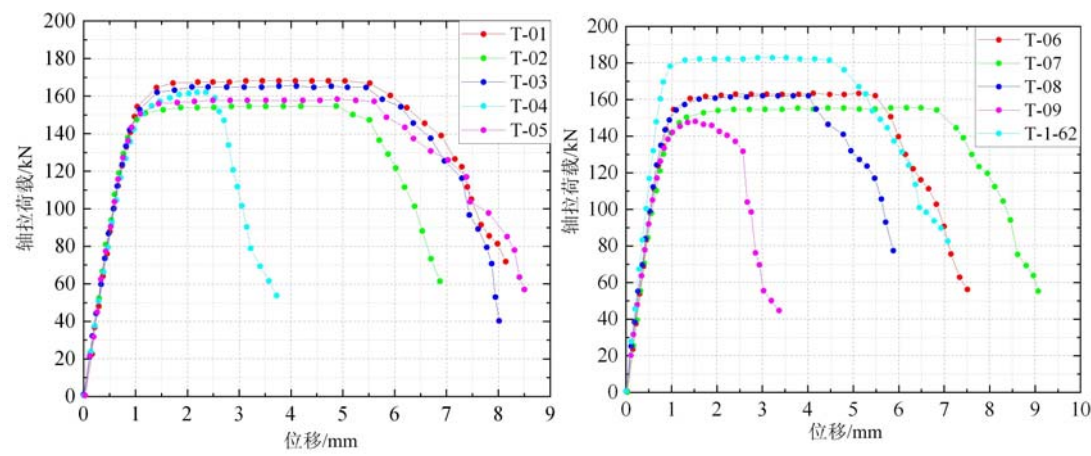


图 4 冷弯薄壁高强度合金钢短构件轴拉荷载-位移曲线

Fig. 4 Axial tension load displacement curve of cold-formed high strength steel short members

表 2 冷弯薄壁高强度合金钢短构件的轴拉极限承载力特征值

Tab. 2 Axial tension ultimate bearing capacity of cold-formed high strength steel short members

试件编号	试件长度/mm	翼缘宽度/mm	极限承载力/kN	峰值特征	特征值大小/kN
T-01	350	52	168.6		
T-02	350	52	153.7		
T-03	350	52	166.0		
T-04	350	52	162.5		
T-05	350	52	158.0	平均值	159.59
T-06	350	52	163.4		
T-07	350	52	155.0		
T-08	350	52	161.3		
T-09	350	52	147.8		
T-1-62	350	62	182.4		

3 试件轴心受压试验结果分析

3.1 轴压试验破坏形态

(1)根据对试验过程的观察分析,冷弯薄壁高强度合金钢短构件轴压试验过程及现象大致可分为两类:

第一类为试件发生开口增大的畸变屈曲失效破坏。加载初期,试件变形较小,无明显试验现象;当轴向荷载增至峰值荷载的 70%时,试件上部槽型开口开始变形增大,此时试件其他部位无明显变形;随着轴向荷载的进一步增加,试件上部翼缘开口继续增大并逐渐向下蔓延,伴随着上部翼缘出现畸变屈曲,随后与畸变翼缘平齐处的腹板出现褶皱;最终试件由于无法承载而宣告破坏。第二类为试件发生侧向变形的畸变屈曲失效破坏:加载初期,试件处于弹性工作状态,变形很小;当轴向荷载增至峰值荷载的 75%时,试件中下部两侧翼缘开始向同一侧弯曲;随着轴向荷载的进一步增加,试件翼缘向同一侧弯曲加剧并向上下蔓延,中下部翼缘出现局部畸变,腹板与畸变翼缘平齐处出现褶皱;最终试件由于无法承载而宣告破坏。根据短构件轴压试验破坏过程可知,试件达到极限承载力时,发生局部失稳破坏,承载力下降较为迅速,具有一定的脆性特征。上述试件的两种受压破坏特征如图 5 所示。

(2)冷弯薄壁高强度合金钢局部加强构件轴压试验过程及现象:加载初期,荷载与位移呈线性增长,试件处于弹性状态,无明显现象;当轴向荷载增加到峰值荷载的 80%时,试件加强区上部两侧翼缘开始



图5 冷弯薄壁高强度合金钢短构件的轴压破坏形态

Fig. 5 Axial compression failure diagram of cold-formed high strength steel short members

向一侧偏移,加强区下部型钢无明显的现象;随着轴向荷载的继续增加,上部翼缘偏移量不断增加,型钢腹板出现褶皱,加强区下部仍无明显现象;最终,由于加强区上部产生较大的变形使试件丧失承载力,试验结束。各试件最终的破坏形态如图6所示。



图6 冷弯薄壁高强度合金钢局部加强构件的轴压破坏形态

Fig. 6 Axial compression failure diagram of cold-formed high strength steel partially strengthened members

(3)冷弯薄壁高强度合金钢长构件轴压试验过程及现象:加载初期,试件无明显现象,荷载与位移呈线性关系;当轴向荷载达到峰值荷载的75%时,试件中部一侧翼缘外鼓,紧接着相邻翼缘平齐处发生内凹,此时翼缘局部屈曲,试件整体表现为向同一侧弯曲;随着轴向荷载的继续增加,试件弯曲逐渐加剧,腹板弯曲处产生褶皱;最终,试件轴压承载力下降到峰值荷载的80%时,试件宣告破坏。各试件都发生整体失稳破坏,且在整体失稳之前都发生了局部屈曲现象。各试件最终的破坏形态如图7所示。



图7 冷弯薄壁高强度合金钢长构件的轴压破坏形态

Fig. 7 Axial compression failure diagram of cold-formed high strength steel long members

3.2 轴压荷载-位移曲线分析

(1)冷弯薄壁高强度合金钢短构件轴压试验的荷载-位移曲线如图8所示。由图8可知,在达到峰值荷载之前,试件承受的荷载随位移的增大而逐渐增大,且荷载与位移变化规律基本呈线性,没有出现突变,表明试件在该加载阶段基本处于弹性受力状态;达到峰值荷载之后,由于试件开始产生畸变屈曲,

承载力快速下降;加载后期,试件变形较大,畸变向上下延伸,但由于受上下夹具的影响,试件变形能力具有一定的增强,刚度降低程度较小,曲线下降变缓;随着位移的增加,试件变形加剧,承载力持续缓慢下降,直至试件因变形过大而失去承载力。各试件极限承载力值汇总见表 3。

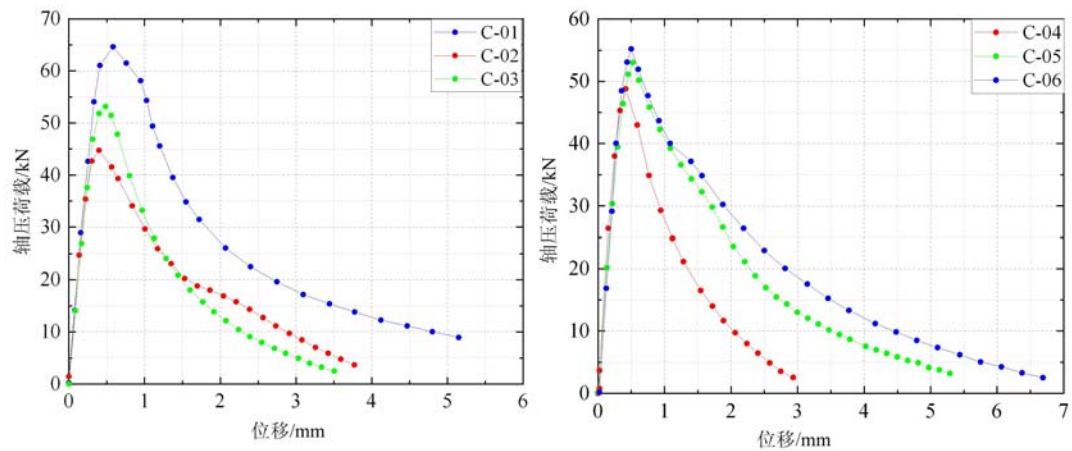


图 8 冷弯薄壁高强度合金钢短构件轴压荷载-位移曲线
Fig. 8 Axial compression load displacement curve of cold-formed high strength steel short members

表 3 冷弯薄壁高强度合金钢构件轴压极限承载力值

Tab. 3 Ultimate bearing capacity of cold-formed high strength steel members under axial compression loads

试验类型	试件编号	试件长度/mm	翼缘宽度/mm	极限承载力/kN	峰值特征	特征值/kN
短构件	C-01	350	52	64.7	平均值	53.25
	C-02	350	52	44.7		
	C-03	350	52	53.2		
	C-04	350	52	48.7		
	C-05	350	52	53.0		
	C-06	350	52	55.2		
局部加强短构件	A-C-01	550	52	70.2	平均值	63.6
	A-C-02	550	52	63.3		
	A-C-03	550	52	60.0		
	A-C-04	550	52	58.5		
	A-C-05	550	52	65.2		
	A-C-06	550	52	64.6		
长构件	C1-01	1000	52	59.3	平均值	50.2
	C1-02	1000	52	49.2		
	C1-03	1000	52	51.3		
	C1-04	1000	52	44.9		
	C1-05	1000	52	50.2		
	C1-06	1000	52	51.1		
	C1-07	1000	52	46.7		
	C1-08	1000	52	49.9		
	C1-09	1000	52	49.1		

(2)冷弯薄壁高强度合金钢局部加强构件轴压试验的荷载-位移曲线如图9所示。由图9可知,局部加强构件的曲线变化与未加强的构件相似,不同在于荷载峰值变大,说明局部加强措施能够提升构件承载能力。

(3)冷弯薄壁高强度合金钢长构件轴压试验的荷载-位移曲线如图10所示。由图10可知,在达到荷载峰值前,荷载与位移呈线性关系;峰值荷载后,两侧翼缘发生局部屈曲并向同侧弯曲,从而使得试件发生弯曲变形,试件刚度急剧下降,表现为荷载-位移曲线迅速下降,最终试件由于整体失稳而宣告破坏。

高强度冷弯薄壁型钢与普通冷弯薄壁型钢轴压破坏相似,短试件、局部加强试件和长试件均未达到强度而产生屈曲破坏,长试件与短试件相比承载力较低,局部加强会大幅度提高试件承载能力。

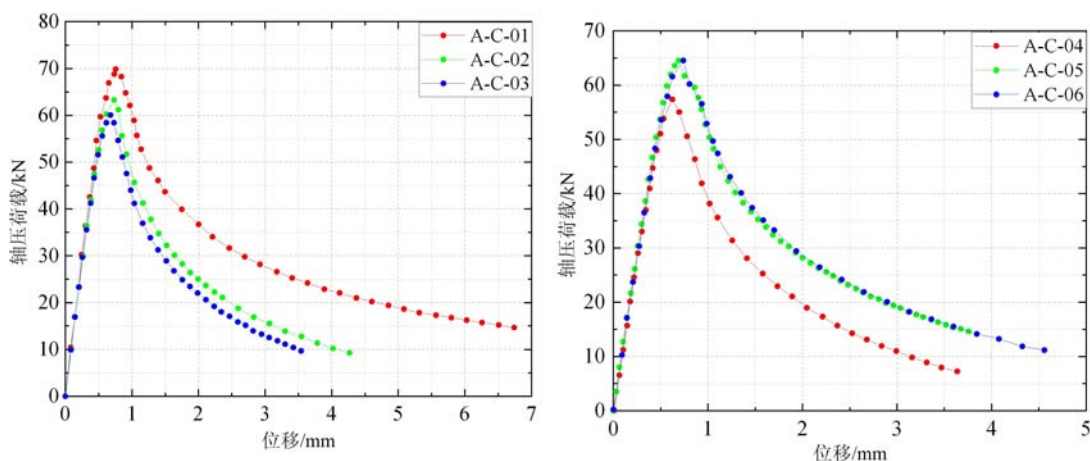


图9 冷弯薄壁高强度合金钢局部加强构件轴压荷载-位移曲线

Fig. 9 Axial compression load displacement curve of cold-formed high strength steel partially strengthened members

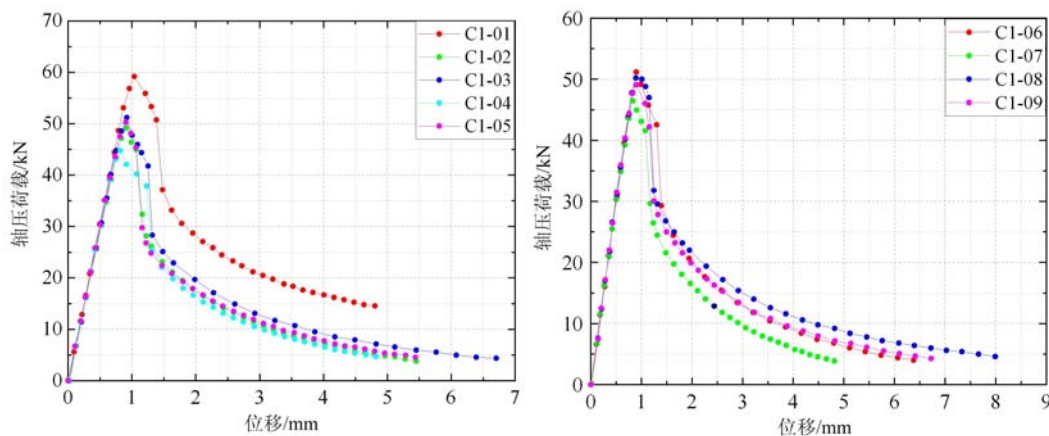


图10 冷弯薄壁高强度合金钢长构件轴压荷载-位移曲线

Fig. 10 Axial compression load displacement curve of cold-formed high strength steel long members

4 构件拉压承载力计算方法

(1)冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架短构件的轴心受拉为强度破坏,按材料强度来计算承载能力,根据《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB50018—2016)^[10]的计算方法来验算,如式(1)所示:

$$N_t \leq A_n f \quad (1)$$

式中: A_n 为构件的净截面面积; f 为钢材的抗拉强度设计值; N_t 为轴心受拉承载力。

根据式(1),取 $f=550\text{MPa}$,可计算得到翼缘 52mm 构件的抗拉承载力为 160.6kN,翼缘 62mm 的构件抗拉承载力为 182.6kN,构件的试验值与计算值接近。由于构件材料为高强度合金钢,相较于低

强钢没有明显的强化阶段,破坏发生的变形较小,类似于脆性破坏,为保证结构的安全可靠,进行冷弯薄壁高强度合金钢材料强度指标的修正,取 $f = 0.9 f_y$ 代入式(1)计算,其中 f_y 为钢材屈服强度。修正后,构件的计算承载力与试验承载力接近,满足计算要求,表 4 为构件承载力计算值与试验值的比较。

(2)冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架短构件轴心受压破坏属于畸变屈曲破坏,因此需计算该构件的畸变屈曲承载力。本文根据《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》(JGJ227-2011)^[11]中给出的“有效截面法”进行计算,按照式(2)、式(3)及式(4)验算构件的畸变屈曲承载力。

$$N \leq A_{ef} f \quad (2)$$

$$\lambda_{ef} \leq \sqrt{f_y / \sigma_{ef}} \quad (3)$$

$$A_{ef} = \begin{cases} A \left[1 - \frac{\lambda_{ef}^2}{4} \right], & \lambda_{ef} < 1.414 \\ A [0.055 (\lambda_{ef} - 3.6)^2 + 0.237], & 1.414 \leq \lambda_{ef} \leq 3.6 \end{cases} \quad (4)$$

式中: σ_{ef} 为构件的轴压畸变屈曲应力,可采用文献[11]附录 C 方法计算; A 为构件的毛截面面积; A_{ef} 为畸变屈曲时构件的有效截面面积; f_y 为钢材的屈服强度,为满足材料计算要求,结合强度破坏,可取 $f = 0.9 f_y$ 。

由式(2)~(4)计算出构件畸变屈曲承载力为 67.82kN,对比短构件畸变屈曲变形的承载力,发现“有效截面法”的计算结果与试验值相比偏大,故引入系数对式(2)进行修正,见式(5)。

$$N \leq \alpha_0 A_{ef} f \quad (5)$$

式中: α_0 为强度修正系数,取值与加强措施有关,对于无加强措施的短构件, $\alpha_0 = 0.75$; 当构件中部开口局部加强时,构件承载力具有一定的提高, $\alpha_0 = 0.90$ 。修正后,计算结果满足试验要求。

(3)冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架长构件发生平面外失稳,承载能力需考虑整体失稳。《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2016^[10]中的规定不足,故无法验算整体稳定性。为了便于推广应用,结合现行规范计算冷弯薄壁高强度合金钢长构件轴心受压的承载力,见式(6),通过修正低强钢的长细比^[12],获得高强钢的稳定性系数。文献[12]通过大量计算与试验对比,验证了修正长细比法的适用性。

$$N \leq \varphi A f \quad (6)$$

长构件轴压发生整体失稳,未产生畸变屈曲变形,对于长构件采用整体稳定计算公式(6),根据文献[10]的规定计算卷边 C 型钢的弯扭屈曲换算长细比 λ_w ,查阅选取轴心受压构件的稳定系数 φ ,以 Q345 钢的稳定系数为基准,对 λ 修正,取 $\lambda = 1.5 \lambda_w$,进而确定稳定系数。修正后,计算结果满足试验要求。

表 4 构件拉压承载力计算值与试验值的比较

Tab. 4 Comparison of calculated and experimental values of tensile and compressive bearing capacity of members

类型	试验值 N_t /kN	修正公式计算值 N_c /kN	N_c/N_t
轴向受拉	52mm 翼缘	159.59	144.54
	62mm 翼缘	182.40	164.34
畸变屈曲	52mm 翼缘,未加强	53.25	50.86
	52mm 翼缘,局部加强	63.60	61.04
整体失稳	52mm 翼缘	50.20	48.29

5 结论

本文对冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件分别进行了轴拉、轴压力学性能试验研究,观察了试件的加载过程及破坏现象,获得了试件的力学性能指标,分析了试件的受力破坏机理,主要结论如下:

(1)冷弯薄壁高强度合金钢短构件轴拉为强度破坏,承载能力较高,具有明显的屈服平台;轴压荷载作用下短构件破坏为畸变屈曲破坏,长构件破坏为整体失稳破坏,承载能力较低,变形能力较差。

(2)局部加强构件的轴压承载力明显高于短构件的轴压承载力,大约提高了 19.4%;局部约束能够有效地约束型钢翼缘,防止其过早地发生局部屈曲,从而提高试件的变形能力和承载力。

(3) 增加短构件翼缘的宽度,可以有效地提高试件的轴拉承载力,翼缘宽度从 52mm 提高到 62mm,短构件轴拉承载力提高了 14.3%;而轴压荷载下长构件较短构件更容易发生平面外变形而产生失稳破坏,建议尽量避免细长构件在光伏支架的应用。

(4) 基于现有规范公式,结合冷弯薄壁高强度合金钢光伏支架构件的受力特征,提出了光伏支架轴拉和轴压稳定承载力计算公式的相关修正系数,计算结果与试验结果吻合较好。

参考文献:

- [1] 施晶莹,李灿. 太阳燃料:新一代绿色能源[J]. 科技导报, 2020, 38(23):39—48 (SHI Jingying, LI Can. Solar fuel: a new generation of green energy[J]. Science and technology guide, 2020, 38(23):39—48 (in Chinese))
- [2] 徐彩芝,陆志平. 光伏电站支架选型研究探讨[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2014, 35(6):105—109 (XU Caizhi, LU Zhiping. Discussion on bracket selection of photovoltaic power station[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University(Natural Science Edition), 2014, 35(6):105—109 (in Chinese))
- [3] Schafer B W. Advances in the direct strength method of cold-formed steel design[J]. Thin-Walled Structures, 2019, 140:533—541.
- [4] Naderian H R, Ronagh H R. Buckling analysis of thin-walled cold-formed steel structural members using complex finite strip method[J]. Thin-Walled Structures, 2015, 90:74—83.
- [5] Yang D, Hancock G J. Compression tests of high strength steel channel columns with interaction between local and distortional buckling[J]. Journal of Structural Engineering, 2004, 130(12):1954—1963.
- [6] 姚行友,李元齐,沈祖炎. 高强冷弯薄壁型钢卷边槽形截面轴压构件畸变屈曲性能研究[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(11):1—9 (YAO Xingyou, LI Yuanqi, SHEN Zuyan. Study on distortional buckling behavior of high strength cold-formed thin-walled steel lipped channel section members under axial compression[J]. Journal of Architectural Structure, 2010, 31(11):1—9 (in Chinese))
- [7] 赵金友,高熙皓,饶敏,等. G550 高强冷弯薄壁卷边槽钢受弯构件承载力直接强度法研究[J]. 建筑科学, 2018, 34(3):43—48 (ZHAO Jinyou, GAO Xihao, RAO Min, et al. Study on bearing capacity of G550 cold-formed thin-walled lipped channel members by direct strength method[J]. Architectural Science, 2018, 34(3):43—48 (in Chinese))
- [8] 何子奇,周绪红,邹勃,等. 冷弯薄壁型钢轴压构件畸变与整体相关屈曲承载力计算方法研究[J]. 建筑结构学报, 2019, 40(3):192—199 (HE Ziqi, ZHOU Xuhong, ZOU Bo, et al. Study on calculation method of distortion and overall related buckling capacity of cold-formed thin-walled steel members under axial compression[J]. Journal of Architectural Structure, 2019, 40(3):192—199 (in Chinese))
- [9] 姚永红,武振宇. 腹板 V 形加劲冷弯薄壁卷边槽钢柱试验研究[J]. 实验力学, 2013, 28(6):741—746 (YAO Yonghong, WU Zhenyu. Experimental study on cold-formed thin-walled lipped channel columns with V-stiffeners [J]. Journal of Experimental Mechanics, 2013, 28(6):741—746 (in Chinese))
- [10] GB50018—2016, 冷弯薄壁型钢结构技术规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2016 (GB50018—2016, Technical code for the cold formed thin walled steel structures[S]. Beijing: China Planning Press, 2016 (in Chinese))
- [11] JGJ227—2011, 低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程[S]. 北京:中国环境科学出版社, 2012 (JGJ227—2011, Technical specification for low rise cold-formed thin-walled steel buildings[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2012 (in Chinese))
- [12] 周天华,何保康,周绪红,等. 高强冷弯薄壁型钢轴压长柱受力性能试验研究[J]. 建筑科学与工程学报, 2005, 22(4):65—71 (ZHOU Tianhua, HE Baokang, ZHOU Xuhong, et al. Experimental study on axial compression behavior of high strength cold-formed thin-walled steel columns [J]. Journal of Architectural Science and Engineering, 2005, 22(4):65—71 (in Chinese))

Experimental study on the tensile and compressive mechanical properties of the photovoltaic bracket members with the cold-formed thin wall high strength alloy steel

MA Hui, LIU Fangda, LIU Xiyang, QIANG Jiaqi, ZHANG Guoheng

(School of Civil Engineering and Architecture, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, Shaanxi, China)

Abstract: In order to study the tensile and compressive mechanical properties of the photovoltaic bracket members with the cold-formed high strength steel, 31 test specimens of bracket members are tested under axial tension and axial compression loads in this paper. The destruction process and characteristics of specimens under axial tension and compression loads are observed. The performance indicators of specimens are gotten, such as the load-displacement curves, bearing capacity and deformation. The force mechanism of bracket members under axial tension and compression loads is also studied. The results show that the photovoltaic bracket members with the cold-formed high strength steel are all strength failure under axial tension loads, and the tensile bearing capacity of support members is high. While the support members are all instability failure under axial compression loads, and the bearing capacity of support members is low and the deformation capacity is also poor. On the basis of test researches, combined with the calculation method of existing specification of the formulas for calculating the tensile and compressive bearing capacity of photovoltaic bracket members with cold-formed high-strength steel is proposed. The calculated results are in good agreement with the experimental results, which can provide a technical reference for the popularization and application of the photovoltaic support components.

Keywords: photovoltaic bracket; cold-formed steel; high strength alloy steel; tensile and compressive properties; failure modes