

文章编号:1673-2049(2013)04-0091-07

采用 GB 50018—2002 计算壁厚小于 2 mm 的 受弯构件承载力的适用性分析

高婷婷¹,周绪红^{1,2},刘永健¹,石 宇¹

(1. 长安大学 建筑工程学院,陕西 西安 710061; 2. 重庆大学 土木工程学院,重庆 400045)

摘要:对各国已有的壁厚小于 2 mm 的冷弯薄壁型钢梁受弯性能试验中的 86 根槽形、40 根 Z 形、6 根帽形和 6 根工字形冷弯薄壁型钢梁的试验资料进行总结。采用中国《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)第 5.3 节中受弯构件的相关规定计算各构件的极限弯矩,将计算结果与试验结果进行比较。结果表明:按中国规范 GB 50018—2002 规定计算壁厚小于 2 mm 的冷弯薄壁型钢受弯构件承载力是可行的,试验值均大于规范理论计算值,规范理论计算值偏于安全。

关键词:冷弯薄壁型钢;受弯构件;承载力;规范;壁厚

中图分类号:TU375.4

文献标志码:A

Applicability Analysis of Bear Capacity of Flexural Members with Thickness Less than 2 mm Calculated Using GB 50018—2002

GAO Ting-ting¹, ZHOU Xu-hong^{1,2}, LIU Yong-jian¹, SHI Yu¹

(1. School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China;

2. School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: The experiments at home and abroad about bending behaviour of cold-formed thin-wall steel beams with thickness less than 2 mm were summarized, including eighty-six channel-section specimens, forty Z-section specimens, six hat-section specimens and six I-section specimens. The specimens' bending capacity was calculated by the provisions of chapter 5.3 in Chinese Current *Technical Code of Cold-formed Thin-wall Steel Structures* (GB 50018—2002), and the calculation results were compared with the test results. The results show that the process of calculating bearing capacity according to Chinese Code GB 50018—2002 is feasible, and the test results are higher than code calculation values, which means the using of calculation formula set in the norm is reasonable.

Key words: cold-formed thin-wall steel; flexural member; bear capacity; code; thickness

0 引言

近年来,冷弯薄壁型钢结构住宅体系在各国得到广泛应用,此类房屋的冷弯薄壁型钢构件的壁厚大都在 2 mm 以下,而中国《冷弯薄壁型钢结构技术

规范》(GB 50018—2002)^[1]第 4.3.1 条中规定冷弯薄壁型钢结构的主要承重构件壁厚不宜小于 2 mm。本文中笔者对各国已有的壁厚 2 mm 以下的冷弯薄壁型钢受弯构件的试验资料进行总结,按照槽形截面、Z 形截面、帽形截面和工字形截面进行分

收稿日期:2013-08-22

基金项目:国家自然科学基金项目(51108033);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2012ZD006,2013G3283001);

国家级大学生创新创业训练计划项目(20120710098)

作者简介:高婷婷(1987-),女,陕西延安人,工学博士研究生,E-mail:gaotingting325@163.com。

类,并采用中国规范 GB 50018—2002 第 5.3 节中受弯构件的相关规定计算各构件的极限承载力,以讨论采用中国规范 GB 50018—2002 计算壁厚小于 2 mm 的冷弯薄壁型钢梁承载力的适用性。

1 冷弯薄壁型钢槽形截面梁

1.1 试验概况

图 1 为冷弯薄壁型钢槽形截面梁,其中, t 为壁厚, b 为受压翼缘宽度, h 为腹板高度, a 为卷边宽度, c 为二次卷边宽度。

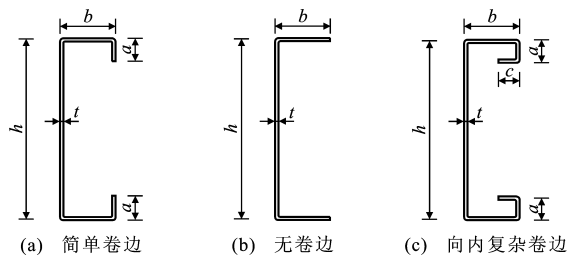


图 1 冷弯薄壁型钢槽形截面梁

Fig. 1 Channel-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel

表 1 冷弯薄壁型钢槽形截面梁按 GB 50018—2002 计算结果与试验结果比较

Tab. 1 Comparisons Between Calculation Results by GB 50018—2002 and Test Results About Channel-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel

文献来源	试件编号	h/mm	a/mm	b/mm	c/mm	t/mm	l/mm	F_y/MPa	$M_{\text{test}}/(\text{kN} \cdot \text{m})$	$M_{\text{GB}}/(\text{kN} \cdot \text{m})$	$M_{\text{GB}}M_{\text{test}}^{-1}$
文献[2]	1	202.00	49.80	16.50		1.80	5 500	547.10	11.80	12.43	1.05
	2	203.50	52.00	14.30		1.33	5 500	280.80	5.50	4.82	0.88
	3	207.50	49.00	17.30		0.88	5 500	146.10	1.90	1.59	0.84
	4	204.00	50.80	13.50		1.19	5 500	313.20	4.80	4.10	0.85
	5	206.00	50.30	17.30		0.86	5 500	140.60	1.80	1.48	0.82
	6	306.00	51.00	13.50		1.65	5 500	232.90	10.70	9.28	0.87
	7	303.50	52.30	13.80		1.70	5 500	586.50	11.10	11.71	1.05
	8	256.50	52.50	13.30		1.60	5 500	153.50	5.80	5.54	0.95
	9	254.00	49.30	17.00		1.45	5 500	531.20	9.60	9.70	1.01
	10	253.00	50.30	16.00		1.23	5 500	350.40	7.00	5.62	0.80
	11	152.00	50.50	16.00		1.45	5 500	391.90	5.90	4.86	0.82
	12	95.00	47.80	9.80		1.41	5 500	224.00	1.90	1.72	0.90
文献[3]	13	203.50	52.00	13.30		1.94	5 500	350.20	11.70	10.31	0.88
	14	204.00	52.00	13.50		1.93	5 500	355.40	11.10	10.39	0.94
	15	204.00	51.50	13.30		1.39	5 500	277.00	6.30	5.14	0.82
	16	204.50	50.30	13.50		1.25	5 500	309.70	5.80	4.50	0.78
	17	204.00	50.30	13.80		1.21	5 500	315.70	5.40	4.26	0.79
	18	305.00	49.30	13.80		1.66	5 500	251.70	11.80	9.76	0.83
	19	304.50	50.80	13.80		1.70	5 500	309.00	15.50	11.40	0.74
	20	255.50	50.30	13.50		1.45	5 500	223.10	7.90	6.09	0.77
	21	153.00	51.30	13.50		1.57	5 500	241.00	5.10	3.93	0.77
	22	100.00	50.30	13.80		1.41	5 500	392.50	3.10	2.80	0.90
	23	93.00	50.30	11.80		1.41	5 500	233.50	2.30	1.78	0.77

Yu 等^[2-3]对两端简支的冷弯薄壁型钢槽形截面梁进行了畸变屈曲试验和局部屈曲试验研究,梁的截面形式见图 1(a)。畸变屈曲试验中槽形钢共 15 个试件,其中有 12 个试件壁厚小于 2 mm,壁厚变化范围为 0.86~1.80 mm;局部屈曲试验中槽形钢共 12 个试件,其中有 11 个试件壁厚小于 2 mm,壁厚的变化范围为 1.21~1.94 mm,试件长度 l 均为 5.5 m,具体尺寸见表 1,其中, F_y 为试件的屈服强度, M_{GB} 为按 GB 50018—2002 计算的极限弯矩, M_{test} 为试验得出的极限弯矩。畸变屈曲试验壁厚小于 2 mm 的 12 个试件中有 3 个发生局部屈曲破坏,其余 9 个均为畸变屈曲破坏。局部屈曲试验的试件均为局部屈曲破坏(表 1)。

Maduliat 等^[4]对 42 根壁厚在 1.55 mm 左右的冷弯薄壁槽形钢梁进行了纯弯试验研究,组成梁截面的钢槽截面形式见图 1,具体尺寸见表 1。试件长度均为 0.5 m,试验整个过程保证试件不发生整体屈曲破坏。试验中 42 个试件的受压翼缘均发生了局部屈曲和畸变屈曲相关作用的破坏,腹板的受压区域也发生了局部屈曲破坏(表 1)。

续表 1

文献来源	试件编号	h/mm	a/mm	b/mm	c/mm	t/mm	l/mm	F_y/MPa	$M_{\text{test}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}M_{\text{test}}^{-1}$
文献[4]	24	121.68	66.45			1.57	500	541.00	5.05	5.27	1.05
	25	161.22	47.40			1.54	500	541.00	4.44	4.61	1.04
	26	122.14	44.92	15.94	12.32	1.57	500	528.50	7.88	5.92	0.75
	27	79.85	62.75	14.94	14.20	1.56	500	552.00	4.83	3.72	0.77
	28	111.16	41.49	21.67	12.62	1.57	500	528.50	7.53	5.32	0.71
	29	129.03	41.27	16.29	12.51	1.57	500	528.50	8.13	6.38	0.79
	30	139.88	34.99	15.78	12.39	1.58	500	528.50	8.57	7.11	0.83
	31	110.04	48.23	17.66	11.82	1.59	500	528.50	7.44	5.29	0.72
	32	99.00	56.65	18.06	9.78	1.56	500	552.00	6.77	4.51	0.67
	33	99.83	49.36	17.98	17.12	1.54	500	541.00	6.76	4.72	0.70
	34	94.21	60.10	16.19	10.85	1.54	500	552.00	6.06	4.21	0.69
	35	113.76	50.93	16.50	10.85	1.53	500	541.00	7.47	5.14	0.69
	36	102.90	58.18	14.27	9.98	1.57	500	541.00	6.63	4.72	0.72
	37	121.10	47.59	22.70		1.58	500	542.50	7.98	5.47	0.69
	38	141.02	42.49	13.30		1.58	500	542.50	8.76	6.28	0.72
	39	159.19	31.40	18.70		1.57	500	542.50	8.54	7.37	0.86
	40	161.69	37.01	12.40		1.54	500	542.50	8.75	7.06	0.81
	41	102.68	62.09	17.30		1.56	500	541.00	6.38	4.18	0.66
	42	141.42	47.50	12.50		1.55	500	542.50	8.35	5.99	0.72
	43	121.20	55.88	14.50		1.56	500	542.50	7.81	5.00	0.64
	44	103.61	65.86	12.90		1.57	500	541.00	5.76	4.19	0.73
	45	89.00	39.99	20.00		1.50	500	541.00	4.98	3.44	0.69
	46	89.98	45.00	20.00		1.50	500	541.00	4.97	3.48	0.70
	47	89.96	49.99	20.00		1.50	500	541.00	4.92	3.47	0.70
	48	79.80	35.00	20.00		1.55	500	541.00	3.96	3.10	0.78
	49	79.99	40.20	20.00		1.50	500	541.00	4.24	3.03	0.71
	50	79.98	45.00	20.00		1.52	500	541.00	4.47	3.12	0.70
	51	70.05	29.97	20.00		1.50	500	541.00	3.10	2.43	0.78
	52	70.10	29.97	20.00		1.55	500	541.00	3.30	2.56	0.77
	53	70.00	39.97	20.00		1.50	500	541.00	3.40	2.58	0.76
	54	58.90	25.00	20.00		1.50	300	541.00	2.23	1.88	0.84
	55	60.80	29.96	20.00		1.55	400	541.00	2.51	2.14	0.85
	56	60.40	35.00	20.00		1.55	500	541.00	2.73	2.21	0.81
	57	49.50	19.90	15.00		1.55	190	541.00	1.59	1.44	0.91
	58	50.10	24.99	15.00		1.50	285	541.00	1.70	1.51	0.89
	59	50.10	29.97	15.00		1.50	290	541.00	1.88	1.59	0.84
	60	38.20	14.78	9.80		1.55	170	541.00	0.91	0.83	0.91
	61	39.40	19.75	9.60		1.55	210	541.00	1.07	1.02	0.95
	62	38.50	24.68	9.80		1.55	240	541.00	1.22	1.10	0.90
	63	28.10	10.45	9.20		1.55	85	541.00	0.52	0.44	0.85
	64	29.50	14.50	9.70		1.55	155	541.00	0.65	0.57	0.88
	65	29.00	19.55	9.70		1.55	145	541.00	0.73	0.67	0.92
文献[5]	66	153.46	64.53	15.02		1.50	2 600	541.13	10.43	5.96	0.57
	67	152.70	64.77	16.51		1.50	2 600	541.13	9.47	5.96	0.63
	68	153.54	65.01	16.27		1.90	2 600	534.48	15.86	9.36	0.59
	69	153.38	64.47	16.00		1.90	2 600	534.48	12.94	9.35	0.72

续表 1

文献来源	试件编号	h/mm	a/mm	b/mm	c/mm	t/mm	l/mm	F_y/MPa	$M_{\text{test}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}M_{\text{test}}^{-1}$
文献[5]	70	203.74	75.88	16.16		1.50	2 600	513.40	13.47	7.95	0.59
	71	203.70	76.08	16.42		1.50	2 600	513.40	12.20	7.95	0.65
	72	203.53	79.27	17.51		1.90	2 600	510.48	21.76	12.39	0.57
	73	202.60	77.92	17.28		1.90	2 600	510.48	18.85	12.34	0.65
文献[6]	74	89.96	41.67	15.57		1.00	1 800	272.60	2.17	1.96	0.90
	75	90.19	41.74	15.59		1.00	1 800	272.60	2.35	1.96	0.83
	76	89.84	41.68	15.65		1.00	2 400	272.60	1.84	1.47	0.80
	77	90.12	41.68	15.55		1.00	2 400	272.60	1.79	1.47	0.82
	78	89.48	41.70	15.58		1.00	2 400	272.60	1.83	1.47	0.80
	79	88.65	41.27	15.69		1.00	3 000	272.60	1.38	1.16	0.84
	80	89.66	41.29	15.59		1.00	3 000	272.60	1.33	1.16	0.87
	81	140.12	41.62	15.79		1.00	1 800	272.60	3.08	2.10	0.68
	82	140.45	42.47	15.79		1.00	1 800	272.60	3.16	2.09	0.66
	83	140.25	42.50	15.55		1.00	2 400	272.60	2.38	1.56	0.65
	84	140.14	41.75	15.64		1.00	2 400	272.60	2.35	1.52	0.65
	85	140.09	42.55	15.96		1.00	3 000	272.60	1.92	1.26	0.66
	86	139.87	42.79	15.76		1.00	3 000	272.60	1.84	1.27	0.69
平均值											0.79
标准差											0.11

Pham 等对两端简支的槽形梁受弯性能进行了试验研究,截面梁的钢槽截面形式见图 1(a),试验共 12 个试件,其中有 8 个试件壁厚小于 2 mm,壁厚分别为 1.5、1.9 mm,具体尺寸见表 1。试件计算长度均为 2.6 m,试验整个过程保证试件不发生截面受剪、整体屈曲破坏。试验现象表明,6 个试件仅发生局部屈曲,其余 2 个试件同时发生了局部屈曲与畸变屈曲相关作用的破坏(表 1)。

何保康等对 13 根两端简支冷弯薄壁型钢槽形截面梁的受弯承载力性能进行了试验研究。截面梁的卷边钢槽截面形式见图 1(a),板厚均为 1 mm,腹板的高度为 41 mm,受压上翼缘宽度分为 89、40 mm 两类,每类试件跨度分为 1 800、2 400、3 000 mm 三组,试件实际测量尺寸见表 1。所有试件在加载过程中受压翼缘均出现了明显的局部屈曲波曲变形,翼缘板宽 140 mm 的试件比翼缘板宽 89 mm 的试件局部屈曲出现得更早。大部分试件最终在跨中纯弯段内发生弯折破坏,只有 3 个试件发生弯折破坏的位置在靠近跨中纯弯段的集中力加载点处。

1.2 中国规范计算结果与试验结果的比较

中国规范 GB 50018—2002 中规定冷弯薄壁型钢构件计算一般不考虑塑性发展,以截面边缘屈服为准则,且没有规定畸变屈曲的计算方法。采用 GB 50018—2002 中规定的有效宽度法计算上述文献中槽形截面梁的极限承载力 M_{GB} ,并与试验结果

M_{test} 进行比较(表 1)。

从表 1 可以看出,对于受弯的冷弯薄壁槽形梁,GB 50018—2002 计算的弯矩值平均低于试验值的 21%,这说明按 GB 50018—2002 计算壁厚小于 2 mm 的冷弯薄壁槽形受弯构件承载力是可行的,且偏于安全。

2 冷弯薄壁型钢 Z 形截面梁

2.1 试验概况

Nguyen 等^[7]对两端铰支的 Z 形截面冷弯薄壁钢梁进行了试验研究。试验共涉及不同截面尺寸的试件 30 个,其中 27 个试件为复杂卷边截面,其二次卷边宽度分别为 0、10、15、20 mm,另外 3 个试件为简单卷边截面,卷边宽度分别为 30、35、40 mm。所有试件壁厚均在 2 mm 以下,具体尺寸见表 2。所有复杂卷边截面的一次卷边宽度均为 20 mm,截面形式如图 2(a)~(c)所示。

试件的长度均为 1 880 mm,试件由 2 个相同尺寸的 Z 形截面背对背组成。由于梁的长度较短,2 个 Z 形截面又相互约束,侧向刚度较大,整个试验避免了试件整体失稳的发生。除 1 个试件为受剪屈曲外,其余试件都是在加载点处发生局部屈曲和畸变屈曲破坏(表 2)。

2.2 中国规范计算结果与试验结果的比较

采用 GB 50018—2002 的有效宽度法计算上述

表 2 冷弯薄壁型钢 Z 形截面梁按 GB 50018—2002 计算结果与试验结果比较

Tab. 2 Comparisons Between Calculation Results by GB 50018—2002 and Test Results

About Z-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel

文献来源	试件编号	h/mm	a/mm	b/mm	c/mm	t/mm	$\theta/({}^\circ)$	l/mm	F_y/MPa	$M_{\text{test}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}M_{\text{test}}^{-1}$
文献[2]	1	216.5	62.8	21.3		1.64	50.20	5 500	433.0	10.50	9.84	0.94
	2	214.5	60.5	19.3		1.61	49.30	5 500	417.0	9.00	9.20	1.02
	3	215.0	61.3	20.3		1.57	48.80	5 500	405.1	8.00	8.08	1.01
文献[3]	4	216.0	62.5	23.5		1.84	50.30	5 500	377.6	13.70	11.40	0.83
	5	216.0	62.3	23.5		1.83	50.30	5 500	384.9	15.10	11.43	0.76
	6	216.0	62.8	23.5		1.83	50.20	5 500	380.5	13.90	11.34	0.82
	7	215.0	61.8	40.5		1.63	47.30	5 500	367.3	10.80	9.51	0.88
	8	216.0	60.5	19.0		1.51	50.10	5 500	403.4	11.40	8.06	0.71
	9	216.0	61.5	19.0		1.50	50.40	5 500	406.5	11.20	7.96	0.71
	10	288.5	87.3	22.5		1.79	45.10	5 500	455.5	21.90	15.95	0.73
文献[7]	11	150.0	80.0	20.0		1.20		1 880	560.5	4.63	3.82	0.83
	12	150.0	80.0	20.0	10.0	1.20		1 880	560.5	4.77	4.47	0.94
	13	150.0	80.0	20.0	15.0	1.20		1 880	560.5	4.86	4.78	0.98
	14	150.0	80.0	20.0	20.0	1.20		1 880	560.5	4.73	4.87	1.03
	15	150.0	80.0	20.0		1.50		1 880	529.5	7.06	5.70	0.81
	16	150.0	80.0	20.0	10.0	1.50		1 880	529.5	7.11	6.45	0.91
	17	150.0	80.0	20.0	15.0	1.50		1 880	529.5	7.31	6.81	0.93
	18	150.0	80.0	20.0	20.0	1.50		1 880	529.5	7.13	7.18	1.01
	19	200.0	80.0	20.0		1.50		1 880	515.5	9.49	7.83	0.82
	20	200.0	80.0	20.0	10.0	1.50		1 880	515.5	9.55	8.89	0.93
	21	200.0	80.0	20.0	15.0	1.50		1 880	515.5	9.93	9.42	0.95
	22	200.0	80.0	20.0	20.0	1.50		1 880	515.5	9.46	9.94	1.05
	23	200.0	80.0	20.0		1.90		1 880	495.5	14.74	12.03	0.82
	24	200.0	80.0	20.0	10.0	1.90		1 880	495.5	15.04	13.30	0.88
	25	200.0	80.0	20.0	15.0	1.90		1 880	495.5	15.34	13.93	0.91
	26	200.0	80.0	20.0	20.0	1.90		1 880	495.5	15.22	14.56	0.96
	27	250.0	80.0	20.0		1.90		1 880	508.5	18.86	16.00	0.85
	28	250.0	80.0	20.0	10.0	1.90		1 880	508.5	19.28	17.73	0.92
	29	250.0	80.0	20.0	15.0	1.90		1 880	508.5	19.82	18.60	0.94
	30	250.0	80.0	20.0	20.0	1.90		1 880	508.5	19.78	19.47	0.98
	31	250.0	120.0	20.0		1.90		1 880	506.5	18.16	14.96	0.82
	32	250.0	120.0	20.0	10.0	1.90		1 880	506.5	18.35	16.76	0.91
	33	250.0	120.0	20.0	15.0	1.90		1 880	506.5	18.61	17.66	0.95
	34	250.0	120.0	20.0	20.0	1.90		1 880	506.5	18.37	18.55	1.01
	35	250.0	120.0	30.0		1.90		1 880	511.0	19.61	15.36	0.78
	36	250.0	120.0	35.0		1.90		1 880	511.0	20.01	15.54	0.78
	37	250.0	120.0	40.0		1.90		1 880	511.0	20.50	15.73	0.77
	38	250.0	120.0	20.0	10.0	1.90		1 880	483.0	18.63	16.30	0.87
	39	250.0	120.0	20.0	15.0	1.90		1 880	483.0	18.91	17.15	0.91
	40	250.0	120.0	20.0	20.0	1.90		1 880	483.0	18.91	18.01	0.95
平均值												0.89
标准差												0.09

文献中的冷弯薄壁型钢 Z 形截面梁的极限弯矩 M_{GB} ,并与试验结果 M_{test} 进行比较,如表 2 所示。

从表 2 可以看出,对于受弯的冷弯薄壁 Z 形截面梁,采用 GB 50018—2002 计算的弯矩值平均比试验值低 11%,这说明按 GB 50018—2002 计算壁厚小于 2 mm 的冷弯薄壁 Z 形截面受弯构件是可行

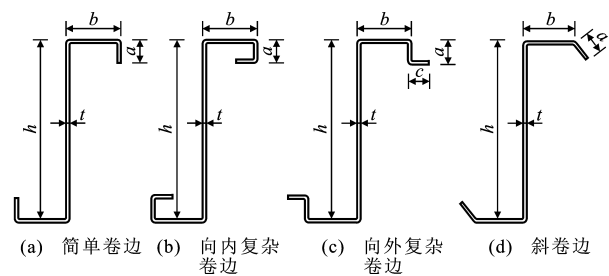


图 2 冷弯薄壁型钢 Z 形截面梁

Fig. 2 Z-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel

的,且偏于安全。对于文献[7]中复杂卷边 Z 形截面梁,在一组试件中,随着二次卷边宽度的增大, M_{test} 增大,但当二次卷边宽度达到最大值 20 mm 时, M_{test} 有所降低。采用 GB 50018—2002 计算却不能出现这一现象, M_{GB} 随二次卷边宽度的增大而增大。

3 冷弯薄壁型钢帽形截面梁

3.1 试验概况

Pastor 等^[8]对冷弯薄壁帽形截面梁进行了纯弯试验研究,其截面形式见图 3,试件分带卷边和不带卷边 2 种类型,共 6 种截面形式,试件的壁厚分别为

表 3 冷弯薄壁型钢帽形截面梁按 GB 50018—2002 计算结果与试验结果比较										
Tab. 3 Comparisons Between Calculation Results by GB 50018—2002 and Test Results About Hat-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel										
文献来源	试件编号	h/mm	a/mm	b/mm	t/mm	l/mm	F_y/MPa	$M_{\text{test}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}M_{\text{test}}^{-1}$
文献[8]	1	40	40	0	1.5	1 600	312	331	337.62	1.02
	2	40	45	0	1.5	1 600	312	367	370.84	1.01
	3	40	50	0	1.5	1 600	312	399	376.89	0.94
	4	40	40	10	0.6	1 600	280	165	178.19	1.08
	5	40	40	20	0.6	1 600	280	253	270.71	1.07
	6	50	400	20	1.5	1 600	290	1 331	1 362.69	1.02
平均值										1.02
标准差										0.08

冷弯薄壁帽形受弯构件承载力是可行的。

4 冷弯薄壁型钢组合工字形截面梁

4.1 试验概况

周绪红等^[9]对两端简支冷弯薄壁卷边钢槽组合工字形截面梁的受弯性能进行了试验研究。工字形截面梁采用 2 根单轴对称卷边钢槽,通过腹板背靠背连接在一起,截面形式见图 4,试验共 9 个试件,其中有 6 个试件壁厚小于 2 mm,试件实测尺寸见表 4。所有试件最终的破坏形式均为局部失稳后弯曲破坏,梁在弯曲过程中,腹板没有屈曲,自始至终全截面有效承载,而受压翼缘先于腹板屈曲,且在屈曲过程中受到腹板的约束(表 4)。

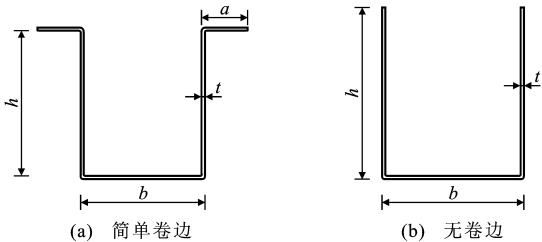


图 3 冷弯薄壁型钢帽形截面梁
Fig. 3 Hat-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel

0.6, 1.5 mm, 具体尺寸见表 3。试件长度均为 1.6 m,试验采用两点加载,整个试验过程采取保证试件不发生整体失稳的措施,所有试件均发生了局部屈曲和畸变屈曲破坏。

3.2 中国规范计算结果与试验结果的比较

采用中国规范 GB 50018—2002 的有效宽度法计算上述文献中提到的帽形截面梁的极限承载力 M_{GB} ,并与试验结果 M_{test} 进行比较,如表 3 所示。从表 3 可以看出,对于受弯的冷弯薄壁帽形截面梁,GB 50018—2002 计算的弯矩值与试验值吻合较好,这说明按 GB 50018—2002 计算壁厚小于 2 mm 的

4.2 中国规范计算结果与试验结果的比较

将组合工字形截面梁看作一个整体,采用中国规范 GB 50018—2002 的有效宽度法计算上述文献中提到的冷弯薄壁工字形截面梁的极限弯矩 M_{GB} ,并与试验结果 M_{test} 进行比较,见表 4。从表 4 可以看出,对于受弯的冷弯薄壁工字形截面梁,采用规范 GB 50018—2002 计算的弯矩值与试验值吻合较好,这说明按 GB 50018—2002 计算壁厚小于 2 mm 的冷弯薄

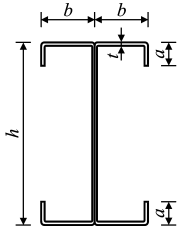


图 4 冷弯薄壁型钢
工字形截面梁
Fig. 4 I-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel

表 4 冷弯薄壁型钢工字形截面梁按 GB 50018—2002 计算结果与试验结果比较
Tab. 4 Comparisons Between Calculation Results by GB 50018—2002 and Test Results
About I-section Beams of Cold-formed Thin-wall Steel

文献来源	试件编号	h/mm	a/mm	b/mm	t/mm	l/mm	F_y/MPa	$M_{\text{test}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}/(\text{kN}\cdot\text{m})$	$M_{\text{GB}}M_{\text{test}}^{-1}$
文献[9]	1	181.0	91.9	17.4	1.459	1 800	229	54.88	54.78	1.00
	2	181.5	91.3	18.2	1.479	1 770	229	56.35	57.07	1.01
	3	179.0	92.6	17.3	1.478	1 800	229	51.00	54.93	1.08
	4	268.5	137.9	20.4	1.478	2 700	229	67.82	71.53	1.05
	5	272.5	136.6	21.4	1.465	2 700	229	68.34	72.46	1.06
	6	271.0	137.9	21.1	1.484	2 700	229	69.17	73.12	1.06
平均值										1.04
标准差										0.03

壁工字形受弯构件承载力是可行的。

5 结 语

采用中国规范《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)计算壁厚小于 2 mm 的 86 根槽形、40 根 Z 形、6 根帽形和 6 根工字形冷弯薄壁型钢梁的极限弯矩,通过计算结果与试验结果比较可知,对于槽形截面梁,采用 GB 50018—2002 计算的弯矩值平均低于试验值的 21%;对于 Z 形截面梁,采用 GB 50018—2002 计算的弯矩值平均低于试验值的 11%;对于帽形和工字形截面梁,采用 GB 50018—2002 计算的弯矩值与试验值吻合较好,这说明 GB 50018—2002 中规定冷弯薄壁型钢受弯构件的承载力计算公式用于计算壁厚小于 2 mm 的构件是可行的,规范计算值偏于安全。因此建议规范 GB 50018—2002 中规定的“主要承重结构构件的壁厚不宜小于 2 mm”宜做修正,以扩大规范 GB 50018—2002 的适用范围。

参考文献:

References:

[1] GB 50018—2002,冷弯薄壁型钢结构技术规范[S].
GB 50018—2002,Technical Code of Cold-formed Thin-wall Steel Structures[S].
[2] YU C,SCHAFER B W. Distortional Buckling Tests on Cold-formed Steel Beams[J]. Journal of Structural Engineering,2006,132(4):515-528.
[3] YU C,SCHAFER B W. Local Buckling Tests on Cold-

formed Steel Beams[J]. Journal of Structural Engineering,2003,129(12):1596-1606.
[4] MADULIAT S,BAMBACH M R,ZHAO X L. Inelastic Behaviour and Design of Cold-formed Channel Sections in Bending[J]. Journal of Thin-walled Structures,2012,51(2):158-166.
[5] PHAM C H,HANCOCK G J. Experimental Investigation of High Strength Cold-formed C-sections in Combined Bending and Shear[J]. Journal of Structural Engineering,2010,136(7):866-878.
[6] 何保康,孙亚楠,苏明周,等. 壁厚 2 mm 以下冷弯薄壁型钢受弯构件性能试验研究[J]. 建筑结构,2009,39(6):61-63,76.
HE Bao-kang,SUN Ya-nan,SU Ming-zhou,et al. Experimental Study on Behavior of Cold-formed Steel Flexural Members with Thickness Less than 2 mm[J]. Building Structure,2009,39(6):61-63,76.
[7] NGUYEN N T B,FUNG T C,YOUNG B. Strength and Behavior of Cold-formed Steel Z-sections Subjected to Major Axis Bending[J]. Journal of Structural Engineering,2006,132(10):1632-1640.
[8] PASTOR M M,ROURE F. Open Cross-section Beams Under Pure Bending[J]. Journal of Thin-walled Structures,2008,46(5):515-528.
[9] 周绪红,王世纪. 薄壁构件稳定理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2009.
ZHOU Xu-hong,WANG Shi-ji. Stability Theory and Its Applications of Thin-walled Member[M]. Beijing: Science Press,2009.

