

文章编号:1673-2049(2005)04-0065-07

高强冷弯薄壁型钢轴压长柱受力性能试验研究

周天华¹,何安康²,周绪红¹,刘永健³,蒋 路²,刘彦军²,王彦敏⁴

(1. 长安大学 建筑工程学院,陕西 西安 710061; 2. 西安建筑科技大学 土木工程学院,陕西 西安 710055;
3. 长安大学 公路学院,陕西 西安 710064; 4. 博思格建筑系统,上海 201613)

摘 要:进行了 15 组 G550 级高强冷弯薄壁型钢方管截面轴压长柱的试验研究,考察了其受力特性及破坏特征,试件的壁厚均为 0.6 mm,截面板件宽厚比分为 42、58、75 三类,长细比分为 40、60、80、100、120 五类。试验研究结果表明:直接利用中国现行规范 GB 50018-2002 对 G550 级高强冷弯薄壁型钢轴压构件进行稳定承载力计算的结果与试验结果相差较大,偏于不安全,必须进行修正。通过对试验结果的比较分析,给出了考虑构件截面板组相关性影响时,采用规范 GB 50018-2002 计算 G550 级高强冷弯薄壁型钢轴压构件稳定承载力的建议,建议方法所得结果与试验结果吻合良好,且偏于安全,可供修订规范和设计时参考。

关键词:高强冷弯薄壁型钢;长柱;试验研究;稳定承载力

中图分类号:TU392.1 **文献标志码:**A

Experimental research on bearing capacity of high-strength cold-formed thin-walled steel long columns

ZHOU Tian-hua¹, HE Bao-kang², ZHOU Xu-hong¹, LIU Yong-jian³, JIANG Lu²,
LIU Yan-jun², WANG Yan-min⁴

(1. School of Architectural Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, China;
2. School of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;
3. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China;
4. Bluescope Buildings, Shanghai 201613, China)

Abstract: The 15 groups long column specimens of box section cold-formed grade G550 high-strength steel were tested under axial compression load. The load capacity and the failure characteristic of the specimens were analyzed. The wall thickness of specimens are all 0.6 mm; the ratios of width to thickness are 42, 58, 75 and the slenderness ratios are 40, 60, 80, 100, 120. The results of experimental research show that using Chinese code GB 50018-2002 to calculate the load capacity of grade G550 high-strength cold-formed thin-walled steel long column is unsafe. By comparing the test results with the calculation by Chinese code GB 50018-2002, a suggestion method of calculating load capacity for the grade G550 high-strength cold-formed thin-walled steel long columns by using Chinese code GB 50018-2002 was presented with consideration of the plate-group interaction of element. The results calculated by suggestion method agree quite well with the test results and are safety. So the suggestion method can be used for the reference to engineering design and revising the code.

Key words: high-strength cold-formed thin-walled steel; long column; experimental research; load capacity of stability

0 引言

壁厚小于 1 mm、屈服强度达 550 MPa 的高强镀锌板材与普通低强钢材 Q235、Q345 等相比,因其强度、塑性和应力强化等存在较大差异,故将这种超薄、高强板材用于冷弯薄壁型钢构件时,在中国现行规范《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018-2002)^[1]中按普通钢材确定的有关稳定性方面的设计规定已不再直接适用于这种板材。为验证高强钢材对 GB 50018-2002 规范相关设计规定的适应性,笔者开展了高强冷弯薄壁型钢构件受力性能系列试验研究,以期提出适用于 G550 级高强冷弯薄壁型钢构件的设计建议。笔者在 G550 级高强冷弯薄壁型钢轴压短柱试验研究^[2]的基础上,对轴压中、长柱的受力性能进行了专题试验研究,并结合 GB 50018-2002 的相关规定提出了建议。

1 试件

试件截面厚度 t 均为 0.6 mm,板件宽厚比 b/t 分为 42、58、75 三类,每类宽厚比试件的长细比 λ 又分为 40、60、80、100、120 五类,故试件共分 3 大类 15 组,见表 1。中、长柱试件设计成如图 1 所示的方管闭口截面形式,方管截面由两个帽形截面 G550 冷弯薄壁型钢通过夹具组合而成,夹具形式分单钉式和双钉式两种,单钉式夹具间距约 80~100 mm,双钉式夹具间距约 170~250 mm,试件端部留出约 2~3 mm 的空隙,以防止夹具与试验台座接触。试验表明:两种形式的夹具在试验过程中,均能较好地保证组合截面的共同工作。这里需要说明的是:本次试验原计划每组做 2 个试件,共计 30 个试件,但第一批试验采用单钉式夹具,夹具对弯曲变形较大试件的弯曲刚度有增强效应,致使部分试件承载力偏大(超过欧拉荷载);鉴于此,改用双钉式夹具又补充做了第二批试验(表中带 * 号的),两批试验实际共做了 57 个试件;最后通过对比分析,去掉夹具、荷载偏心等因素影响较大的部分试件,仅保留 32 个有效试件的试验结果以供分析。各试件的初弯曲值约 0.5~1.0 mm;均小于 $L/1\,000$;截面的弯角半径[图 1(a)] $r=0.6$ mm, $R=1.2$ mm;截面积按板件展开宽度乘以厚度 $t=0.6$ mm 计算(含腹板卷边的截面积)。主要材料性能指标按文献[2]中的试验结果取

弹性模量 $E \approx 2.16 \times 10^5$ MPa,屈服强度 $f_y \approx 710$ MPa。

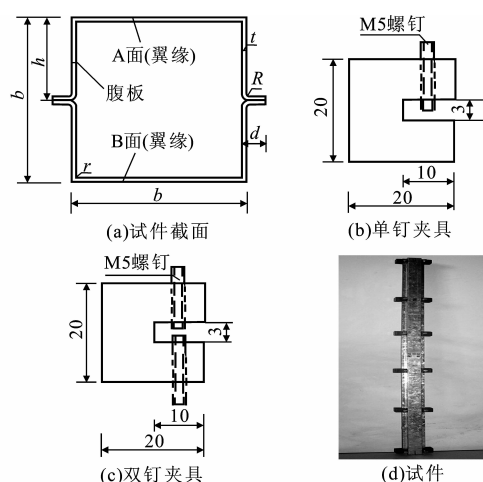


图 1 长柱试件/mm

Fig. 1 Specimens of long columns

2 试验装置及测点布置

试验采用 YE-200A 型液压试验机,试验机上、下台座设置单向刀口铰,如图 2 所示,刀铰线方向与试件帽形钢卷边方向重合(对中),刀口端板厚度为 22.5 mm,试件与刀铰端板直接承压,两刀口之间距离 $L_1 = L + 45$ mm。各试件的测点布置如图 2 所示,在各长柱跨中截面 A、B 两面(翼缘板)上对称布置 6 个应变片,以测试试件的轴力与应变关系;在各长柱跨中截面 A、B 两面中部分别布置位移计 D_1 、 D_2 ,以测量各级荷载下试件的弯曲变形;在试验机台座上布置位移计 D_3 ,以测量各级荷载下长柱的轴向压缩变形。试验全程由 TDS-602 数据采集仪(自带计算机处理系统)采集和记录数据。

3 试验过程及破坏特征

试验时,首先对试件进行几何对中,并施加约 1 kN 的预压荷载,通过应变片读数检查物理对中情况并调整。试验过程中,手动控制连续匀速加载,间断打点采集记录数据;当荷载接近极限荷载时,可从数据采集仪及 X-Y 函数记录仪中看到应变和弯曲变形大幅度增加,此时荷载增加缓慢,试件随即发生弯曲破坏。所有试件试验现象和破坏特征可以简要归纳为:

(1) 大部分试件在整体失稳之前都发生了板件

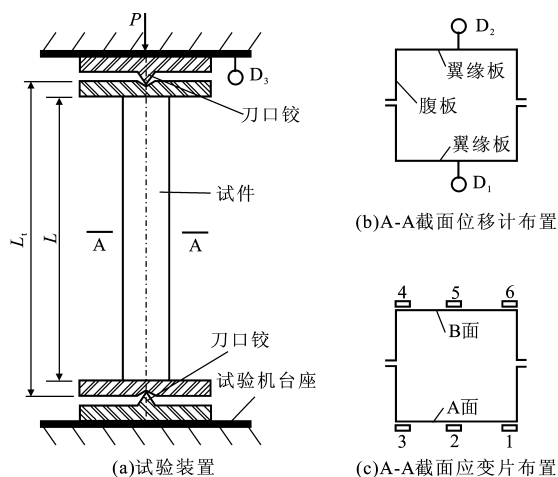


图 2 试验装置及测点布置

Fig. 2 Test equipment and arrangement of measuring points
局部屈曲现象[图 3(a)]。宽厚比越大的试件($b/t=75$)局部屈曲现象出现的越早也越明显,局部屈曲对试件整体屈曲的相关影响较大;宽厚比较小的试件($b/t=42$)局部屈曲现象出现的较晚甚至不出现。

(2)所有试件的最终破坏模式均为弯曲失稳破坏[图 3(b)]。但由于几何对中的程度不同,试件的弯曲失稳分为两类:①试件对中不很理想,开始加载时,试件便在偏心压力的作用下产生弯曲变形,从而最终发生极值点失稳,单钉式夹具对这类试件的极限荷载影响较大;②试件对中较理想,试件破坏前弯曲变形不明显,试验过程中整个试件基本保持挺直,直到试验极限荷载时,发生突然弯曲失稳而破坏,其破坏模式接近于理想轴压杆件,单钉式和双钉式两种夹具试件的试验结果相差不大。

(3)所有试件破坏之前,试件端部均无承压破坏,夹具均无脱落,截面基本无开口变形;大多数试件的跨中截面最后都发生了折曲破坏,板件宽厚比较小的试件一般为凸曲模式[图 3(c)],板件宽厚比较大的试件一般为凹曲模式[图 3(d)]。

上述试验现象及破坏特征与文献[3]中的试验研究结果基本保持一致。

4 主要试验结果

各试件按照图 2 布置位移计后所测量和记录的荷载与位移关系的典型曲线见图 4;应变片所测量和记录的荷载与应变关系的典型曲线见图 5,其中测点 2 和 5 分别对应图 5 中 2#、5# 曲线。各试件整体失稳破坏时的试验极限荷载 P_t 见表 1。

5 试验与计算稳定承载力比较

中国现行规范 GB 50018-2002 中确定轴心受压

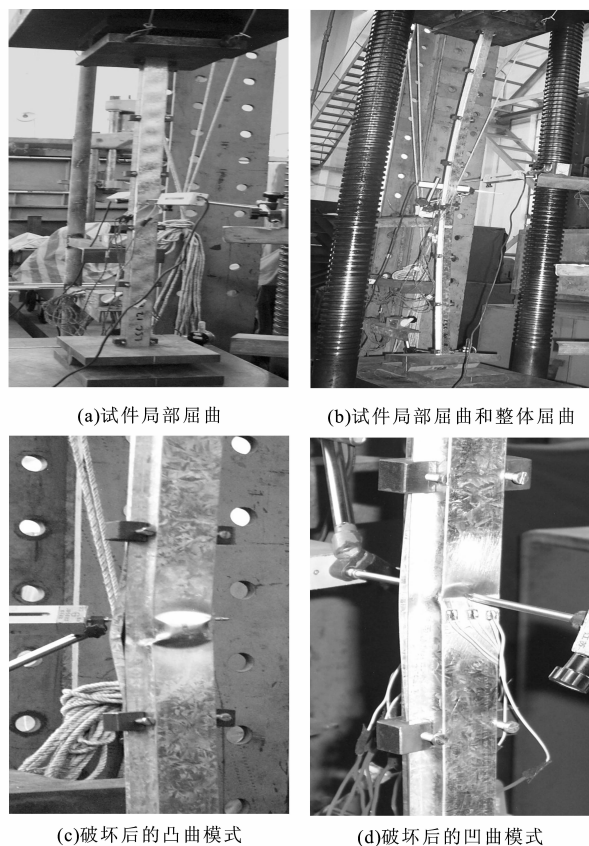


图 3 试件的屈曲和破坏模式

Fig. 3 Buckling and failure mode of specimens

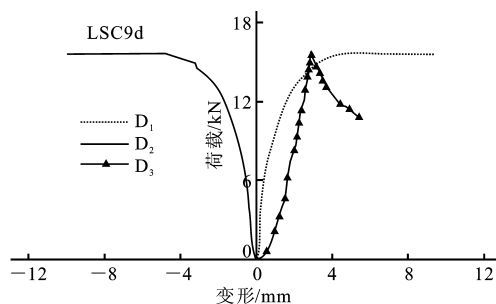


图 4 长柱试件的典型荷载与位移关系

Fig. 4 Typical relation of load and displacement of long column specimens

构件稳定承载力的计算公式为^[1]

$$\left. \begin{aligned} b_e &= b & b/t &\leq 18\alpha\rho \\ b_e &= \left(\sqrt{\frac{21.8\alpha\rho}{b/t}} - 0.1 \right) b & 18\alpha\rho < b/t < 38\alpha\rho \\ b_e &= \frac{25\alpha\rho b}{b/t} & b/t &\geq 38\alpha\rho \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\rho = \sqrt{\frac{235k_1k}{\sigma_1}}$$

$$\sigma_1 = \varphi f$$

$$A_e = A - [2(b - b_e) + 4(h - h_e)]t$$

$$N = \varphi A_e f$$

表 1 试件尺寸及试验极限承载力

Tab. 1 Dimensions of specimens and test ultimate load capacity

编号	b/t	b/mm	h/mm	d/mm	t/mm	L/mm	A/mm^2	P_t/kN
LSC1a	42	24.6	11.9	8.1	0.6	400.5	74.64	25.30
LSC1b		24.7	12.1	8.1	0.6	400.0	75.24	27.49
LSC1c*		24.7	12.4	8.1	0.6	400.3	75.96	28.04
LSC1d*		24.9	12.5	8.0	0.6	400.0	76.20	29.96
LSC2c		24.7	12.0	8.3	0.6	600.5	75.48	18.31
LSC3c		24.6	12.4	8.2	0.6	800.5	76.08	12.23
LSC3d		24.7	12.4	8.1	0.6	800.0	75.96	12.12
LSC4c		24.6	12.4	7.9	0.6	1 000.0	75.36	10.16
LSC4d		24.5	12.3	7.8	0.6	1 000.5	74.76	9.79
LSC5c		25.1	12.2	8.0	0.6	1 200.5	75.72	7.15
LSC5d		25.2	12.4	7.7	0.6	1 199.8	75.60	7.81
LSC6a	58	34.8	17.4	7.9	0.6	560.5	99.60	34.80
LSC6b		34.5	17.5	8.4	0.6	560.8	100.68	34.13
LSC6c*		34.7	17.5	7.9	0.6	560.2	99.72	32.72
LSC7a		34.7	17.1	8.3	0.6	640.5	99.72	28.63
LSC7b		34.6	17.4	8.4	0.6	640.9	100.56	30.37
LSC7c*		34.4	17.6	7.9	0.6	640.7	99.60	29.68
LSC8c*		34.8	17.2	8.2	0.6	1 120.0	99.84	16.38
LSC9c		35.1	17.3	7.6	0.6	1 400.5	99.00	14.52
LSC9d		35.2	17.5	7.9	0.6	1 400.5	100.32	15.62
LSC10b		34.7	16.9	7.7	0.6	1 680.5	97.80	9.16
LSC10c*		34.5	17.7	8.3	0.6	1 680.5	100.92	10.43
LSC11a	75	44.4	22.6	7.8	0.6	720.7	123.36	38.00
LSC11b		44.5	22.5	7.8	0.6	720.5	123.24	38.70
LSC11c*		44.6	22.5	8.1	0.6	719.8	124.08	32.92
LSC12a		44.9	22.8	7.7	0.6	1 079.8	124.20	33.31
LSC12b		45.0	22.5	7.7	0.6	1 079.4	123.60	28.07
LSC12c*		43.3	22.3	8.1	0.6	1 079.5	122.04	26.96
LSC13c		45.0	22.3	7.8	0.6	1 440.2	123.36	23.11
LSC13d*		44.6	22.4	8.1	0.6	1 440.2	123.84	24.82
LSC14c		45.0	22.3	7.9	0.6	1 800.0	123.60	18.20
LSC15c*		45.2	22.5	8.1	0.6	2 159.8	124.80	15.12

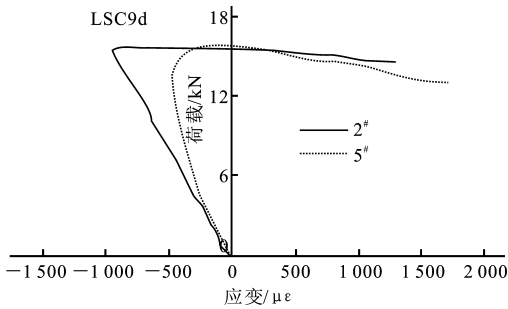


图 5 长柱试件的典型荷载与应变关系

Fig. 5 Typical relation of load and strain of long column specimens

式中： φ 为试件稳定系数； A_e 为试件有效截面面积。

φ 、 A_e 的计算规定都是基于 Q235、Q345 钢材制定的。为了验证 GB 50018-2002 规范对高强钢材的适用性并寻求合适的计算方法，笔者将以现行规范^[1]对 Q235 钢轴心受压构件稳定承载力的计算方法为基础，通过改变其中的一些参数，用 3 种方法进行计算，分析比较试验结果和按现行规范^[1]对传统低强度钢材规定方法计算的结果，找出两者之间的差距，并通过修正现行规范^[1]方法，以达到满足利用现行规范^[1]进行高强冷弯薄壁型钢轴心受压构件设计计算的目的。按式(1)计算时，翼缘板按加劲板件计算，腹板按两块加劲板件计算，板件屈曲系数 $k=4.0$ ，并考虑板组相关的约束影响，板组约束系数 k_1

和试件有效截面积 A_e 的取值见文献[4],其他量的符号意义见文献[1]。

5.1 按规范^[1]计算与试验结果对比(方法1)

按试件毛截面长细比 λ (试件计算长度取 L_1),直接在规范^[1]中查 Q235 钢的稳定系数表,得稳定系数 φ ;以试件材料的屈服强度 $f_y = 710$ MPa 代替式(1)中的钢材设计强度 f ,即可按式(1)依次求得各试件考虑板组相关约束影响的有效截面积 A_e 和稳定承载力 $N_1 = \varphi A_e f_y$ 。计算稳定承载力 N_1 和试验值 P_t 的比较见表 2 和图 6。该方法实际上是直接利用现行规范^[1]计算高强冷弯薄壁型钢轴心受压构件的方法,通过比较可知:计算值 N_1 明显大于相应的试验值 P_t , $P_t/N_1 \approx 0.41 \sim 0.91$ 。此外,当毛截面长细比 λ 较大时,计算值 N_1 甚至大于欧拉荷载 N_E ,见表 2 和图 6,这表明直接利用现行规范^[1]计算高强冷弯薄壁型钢轴心受压构件不合理且偏于不安全,应做修正。

5.2 修正 λ 的计算与试验结果对比(方法2)

采用修正长细比 $\lambda_c = \lambda \sqrt{f_y/235}$,代替方法 1 中构件毛截面长细比 λ ,由 λ_c 在规范^[1]中查 Q235 钢的稳定系数表,得到相应的稳定系数 φ_c ;再将 φ_c 、 A_e 代入公式 $N_2 = \varphi_c A_e f_y$ 中,即可得到相应的计算稳定承载力 N_2 ;计算时,有效截面积 A_e 的计算和 f_y 的取值同方法 1。 N_2 与试验结果 P_t 的比较见表 2 和图 6。该法的实质是:考虑高强材料强度的影响,先将试件毛截面长细比 λ 乘以强度调整系数 $\sqrt{f_y/235}$ 进行修正,然后再按现行规范^[1]直接计算高强冷弯薄壁型钢轴心受压构件的稳定承载力。通过比较可知:采用修正构件长细比 λ 的方法计算的结果 N_2 与试验值 P_t 已较接近, $P_t/N_2 \approx 0.84 \sim 1.297$ 。当构件毛截面长细比 λ 大于 90 时,计算结果 N_2 与试验值 P_t 吻合较好且偏安全;但当 λ 小于 90 时,该方法仍偏于不安全,尚需进一步修正。

5.3 同时修正 λ 和强度的计算与试验结果对比(方法3)

根据笔者对 G550 级高强冷弯薄壁型钢短柱的试验研究结果^[4],当考虑板组相关性影响时,先将材料强度值取为 $0.85 f_y$ (对材料强度进行修正),再按方法 2 采用修正长细比 λ_c 进行计算 ($f_y = 710$ MPa),即:

(1)以 $0.85 f_y$ 代替方法 2 中的 f_y ,按方法 2 得修正长细比 λ_c 和相应的稳定系数 φ_c 。

(2)以 $0.85 f_y$ 代替式(1)中的钢材设计强度 f ,

计算 A_e (过程同方法 1)。

(3)将得到的 φ_c 和 A_e 代入 $N_3 = \varphi_c A_e (0.85 f_y)$ 中,即可得到相应的各试件计算稳定承载力 N_3 。

N_3 与试验结果 P_t 比较见表 2 和图 6。通过比较表 2 和图 6 可知:该方法计算的理论值 N_3 与试验值 P_t 较为接近。从整体上看,有部分试件理论值 N_3 超出试验值 P_t 达 5%,故可以认为:与试验结果相比,该方法已基本满足要求,且绝大部分试件偏于安全。

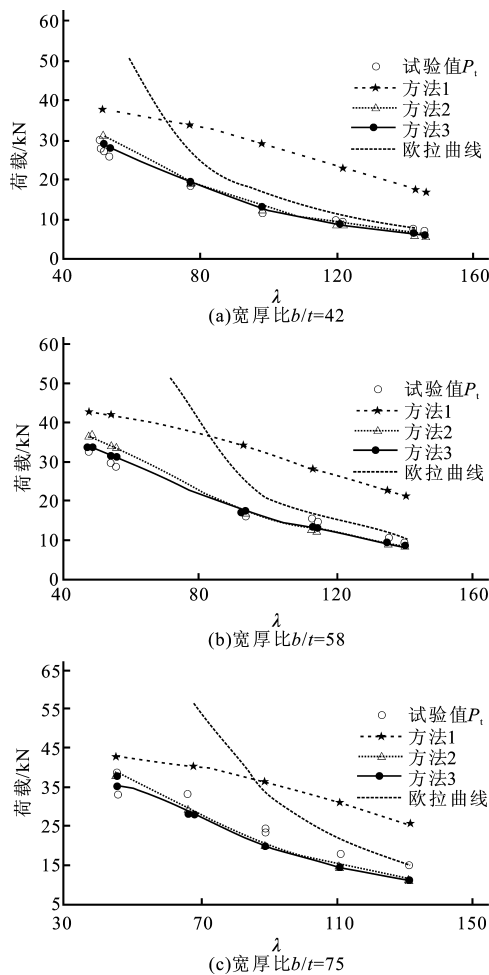


图6 试验和计算极限承载力的比较

Fig. 6 Comparison of ultimate load capacity with tests and calculations

该方法以现行规范^[1]规定的轴心受压构件 Q235 钢的稳定承载力计算方法为基础,通过折减材料的屈服强度 (取 $0.85 f_y$),计算构件的折算长细比 $\lambda_c = \lambda \sqrt{0.85 f_y/235}$,较好考虑了高强冷弯薄壁型钢轴压长柱由于材料特性和局部与整体相关作用而造成的构件承载力的降低作用。该方法符合设计习惯,折算长细比 λ_c 的公式简单实用,与试验结果基本吻合且大部分偏于安全,故建议修订规范^[1]时予以采用。

6 G550、Q235 钢的稳定承载力比较

为了解 G550 高强冷弯薄壁型钢在相同情况下与 Q235 冷弯薄壁型钢轴压构件稳定承载力的差

异,以考察实际工程中运用高强冷弯薄壁型钢究竟有多大的优势,笔者对表 1 中各试件,在考虑截面板组相关性影响时,分别以 G550、Q235 钢计算其稳定承载力,并进行了比较。为方便比较,计算时可取:

表 2 试验和计算极限承载力

Tab. 2 Ultimate load capacity with tests and calculations

编号	b/t	λ	N_E/kN	P_t/kN	N_1/kN	N_2/kN	N_3/kN	P_t/N_3	$\frac{N_3-P_t}{N_3}/\%$
LSC1a	42	53.74	55.10	25.30	37.44	30.13	28.03	0.903	9.736
LSC1b		52.79	57.56	27.49	37.72	30.69	28.46	0.966	3.413
LSC1c*		51.60	60.82	28.04	38.09	31.38	29.02	0.966	3.367
LSC1d*		51.01	62.42	29.96	38.11	31.59	29.17	1.027	-2.699
LSC2c		77.43	26.84	18.31	34.07	19.93	19.51	0.938	6.169
LSC3c		98.20	16.82	12.23	29.17	13.17	13.00	0.941	5.935
LSC3d		97.92	16.89	12.12	29.16	13.22	13.05	0.929	7.132
LSC4c		120.80	11.01	10.16	22.85	8.81	8.75	1.161	-16.122
LSC4d		121.70	10.76	9.79	22.51	8.62	8.56	1.144	-14.385
LSC5c		145.91	7.58	7.15	17.45	6.14	6.12	1.169	-16.910
LSC5d		142.80	7.90	7.81	18.10	6.40	6.37	1.227	-22.668
LSC6a	58	47.76	93.08	34.80	42.24	36.58	33.56	1.037	-3.708
LSC6b		47.89	93.60	34.13	43.07	37.17	34.09	1.001	-0.124
LSC6c*		47.51	94.20	32.72	42.33	36.74	33.68	0.972	2.849
LSC7a		55.25	69.64	28.63	41.99	33.33	31.27	0.916	8.442
LSC7b		54.48	72.22	30.37	42.36	34.01	31.79	0.955	4.470
LSC7c*		53.62	73.85	29.68	41.86	34.05	31.70	0.936	6.362
LSC8c*		93.23	24.49	16.38	34.18	17.42	17.22	0.951	4.863
LSC9c		114.05	16.22	14.52	27.30	12.85	12.76	1.138	-13.754
LSC9d		113.19	16.69	15.62	27.89	13.13	13.05	1.197	-19.722
LSC10b		139.60	10.70	9.16	21.02	8.65	8.61	1.064	-6.445
LSC10c*		134.79	11.84	10.43	22.69	9.55	9.50	1.098	-9.785
LSC11a	75	45.45	127.33	38.00	42.46	38.18	35.54	1.069	-6.910
LSC11b		45.60	126.33	38.70	42.39	38.08	35.46	1.091	-9.127
LSC11c*		45.68	126.77	32.92	42.81	38.41	35.76	0.921	7.945
LSC12a		66.04	60.72	33.31	40.07	29.82	29.36	1.135	-13.465
LSC12b		66.80	59.05	28.07	39.85	29.35	28.43	0.988	1.249
LSC12c*		68.05	56.19	26.96	40.43	28.89	28.02	0.962	3.788
LSC13c		89.05	33.16	23.11	36.04	20.20	19.94	1.159	-15.892
LSC13d*		89.07	33.28	24.82	36.46	20.36	20.09	1.235	-23.520
LSC14c		110.73	21.49	18.20	30.82	14.86	14.76	1.233	-23.344
LSC15c*		131.40	15.41	15.12	25.45	11.65	11.60	1.303	-30.328

(1)对 G550 钢,取其屈服强度 $f_y=550\text{ MPa}$,按本文中方法 3 计算各试件的稳定承载力为 $N_{u1}=\varphi_c A_{e1}(0.85f_y)$ 。

(2)对 Q235 钢,取其屈服强度 $f_y=235\text{ MPa}$,按规范^[1]计算各试件的稳定承载力为 $N_{u2}=\varphi A_{e2}f_y$,由式(1)计算试件的有效截面积 A_{e2} 时,取 $\sigma_1=\varphi f_y$ 。

按本节方法计算的结果见表 3 和图 7。通过比较可知:在构件毛截面长细比 λ 大于 100 时,两者承

载力基本接近,G550 钢略大于 Q235 钢;而对于构件长细比 λ 小于 100 的试件,G550 钢的承载力约为 Q235 钢的 1.1~1.6 倍左右。总的趋势是:当构件毛截面长细比 λ 越小时,G550 钢的稳定承载力较 Q235 钢大的越多,利用高强钢材的优势越明显; λ 越大,两者的差别越来越小,当 λ 大于 100 时,高强钢材轴压构件的稳定承载力优势不太明显。

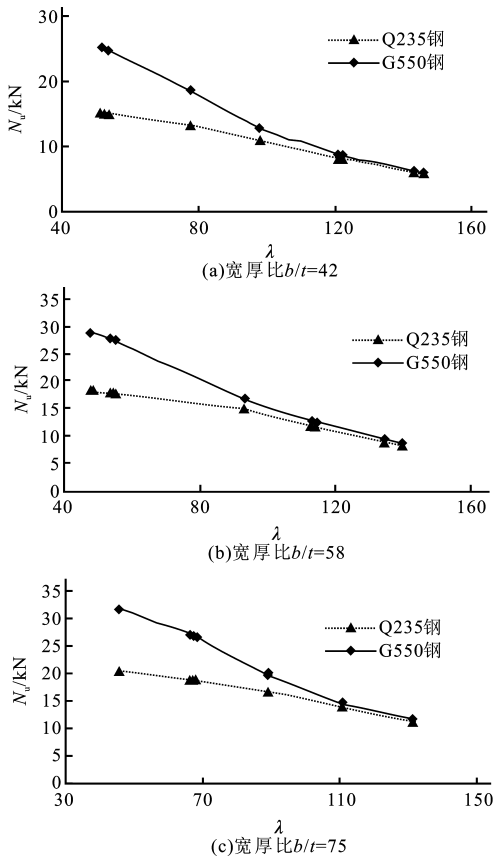


图 7 G550、Q235 钢的极限承载力比较

Fig. 7 Ultimate load capacity comparison of G550 and Q235

7 结 语

(1)所有试件最终破坏形式均为弯曲失稳破坏,除个别试件外,大部分试件在整体失稳破坏之前均发生了局部屈曲,并有一定的屈曲后强度;局部屈曲对整体屈曲的相关作用影响较大;因此,采用有效截面计算构件极限承载力是合理的。

(2)按规范^[1]的相关规定,直接对 G550 级高强冷弯薄壁型钢轴压构件进行稳定承载力计算,其结果与试验结果相比偏于不安全,相差较大,必须对现行规范^[1]的方法进行修正。

(3)通过分析比较,当考虑构件截面板组相关性影响时,按本文中推荐的方法 3 确定的 G550 级高强冷弯薄壁型钢轴压构件的稳定承载力计算值与试验值吻合较好,且偏于安全,可供修订规范和设计参考。

(4)由于 G550 级高强钢材与 Q235 等低强钢材的材料性能存在着较大的差异,致使在相同条件下两者的稳定承载能力也存在着较大差别。当构件毛截面长细比 λ 越小时,G550 构件的稳定承载力较 Q235 构件大的越多,利用高强钢材的优势越明显;随着 λ 的增大,两者的差别越来越小,当 λ 大于 100 时,高强钢材构件的稳定承载力优势不太明显。

表 3 G550、Q235 钢的极限承载力
Tab. 3 Ultimate load capacity with G550 and Q235

编号	b/t	λ	N_{u1}/kN	N_{u2}/kN	N_{u1}/N_{u2}
LSC1a	42	53.74	24.48	14.74	1.66
LSC1b		52.79	24.78	14.91	1.66
LSC1c*		51.60	25.16	15.13	1.66
LSC1d*		51.01	25.26	15.21	1.66
LSC2c		77.43	18.42	13.07	1.41
LSC3c		98.20	12.65	10.77	1.18
LSC3d		97.92	12.70	10.79	1.18
LSC4c		120.80	8.62	7.92	1.09
LSC4d		121.70	8.43	7.77	1.09
LSC5c		145.91	6.06	5.77	1.05
LSC5d		142.80	6.30	5.99	1.05
LSC6a	58	47.76	28.83	18.12	1.59
LSC6b		47.89	29.28	18.38	1.59
LSC6c*		47.51	28.92	18.16	1.59
LSC7a		55.25	27.50	17.83	1.54
LSC7b		54.48	27.89	18.01	1.55
LSC7c*		53.62	27.74	17.87	1.55
LSC8c*		93.23	16.80	14.51	1.16
LSC9c		114.05	12.59	11.39	1.11
LSC9d		113.19	12.87	11.67	1.10
LSC10b		139.60	8.52	8.06	1.06
LSC10c*		134.79	9.39	8.84	1.06
LSC11a	75	45.45	31.47	19.99	1.57
LSC11b		45.60	31.41	19.96	1.57
LSC11c*		45.68	31.65	20.10	1.57
LSC12a		66.04	26.86	18.37	1.46
LSC12b		66.80	26.50	18.58	1.43
LSC12c*		68.05	26.22	18.55	1.41
LSC13c		89.05	19.39	16.33	1.19
LSC13d*		89.07	19.53	16.45	1.19
LSC14c		110.73	14.54	13.37	1.09
LSC15c*		131.40	11.50	10.94	1.05

参考文献:

[1] GB 50018-2002,冷弯薄壁型钢结构技术规范[S].
[2] 周天华,周绪红,何安康,等. G550 级高强薄板钢材的材性及应用[J]. 建筑科学与工程学报,2005,22(2): 43—46.
[3] YANG De-mao, HANCOCK G J, KIM J R R. Compression tests of cold-reduced high strength steel sections; II-long columns[J]. Journal of Structural Engineering,2004, 130(11):1 782—1 789.
[4] 周天华,何安康,周绪红,等. 高强冷弯薄壁型钢轴压短柱受力性能试验研究[J]. 建筑科学与工程学报,2005, 22(3):36—44.