

关于轴心钢压杆腹板宽厚比规定的探讨

何 运 林

(西北农学院水利系)

摘 要

本文为编制交通部《船闸设计规范第四篇闸门及阀门》的需要,对我国现行规范(TJ11-74)所列轴心钢压杆腹板宽厚比公式的问题进行了剖析,分别按弹塑性阶段及弹性阶段,导出了严密的新公式,并与世界各国规范所列轴心钢压杆腹板宽厚比规定进行了对比分析。

一、我国现行规范公式的来源

在轴心受压构件中,腹板的计算高度 h 。与其厚度 δ 之比,是根据等稳定原则,即腹板的局部屈曲时的临界应力 σ_{Lj} 等于或高于构件正体失稳时的临界应力 σ_L 而导出的。为了便于探讨存在的问题,现推导如下:

$$\sigma_{Lj} \geq \varphi \sigma_s$$

式中 $\varphi = \frac{\sigma_L}{k_2 \sigma_s}$ 轴心受压构件的纵向弯曲系数。将 φ 代入上式得:

$$\sigma_{Lj} \geq \frac{\sigma_L}{k_2} \quad (1)$$

式中 σ_{Lj} ——轴心受压构件腹板局部屈曲时的临界应力,在弹塑性阶段导得:

$$\sigma_{Lj} = \frac{\pi^2 E \sqrt{\tau}}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{\delta}{h_0} \right)^2 K \quad (\lambda \leq \lambda_p)$$

$$\tau = \frac{E_1}{E} \quad \text{弹性模量修正系数,取 } 0.5;$$

K ——无量纲系数,与不受载边的支承情况、板的外形比值等有关,对焊接组合工字形截面的轴心受压柱,不受载边(与两个翼缘连接的焊缝边)的支承假定为简支,则 $K = 4$;

$\mu = 0.3$, 材料的泊桑化;

$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 钢材的弹性模量。

将诸值代入上式则得:

$$\sigma_{L1} = 760 \left(\frac{100 \delta}{h_0} \right)^2 \sqrt{\tau} \quad (2)$$

σ_L ——轴心受压构件正体失稳的临界应力，在弹塑性阶段，世界各国所采用的曲线极不一致，美国用C、R、C抛物线，日本用约翰逊抛物线、英国、瑞士、意大利、比利时和加拿大用泰特马耶直线，法国用柏利公式，德国用耶硕克公式，奥地利及印度用正割公式，苏联所用曲线概念不清楚接近正割公式。本文系用我国研究出来的抛物线公式，略低于日本，略高于美国，公式为：

$$\sigma_L = \sigma_s - 0.43 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^2 \sigma_s, \quad (\lambda \leq \lambda_p) \quad (3)$$

k_2 ——特殊安全系数，采用我国公式；当 $\lambda \leq \lambda_p$ 时、

$$k_2 = 1 + 0.28 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^2 \quad \text{取平均值} 1.15,$$

λ_p ——比例极限时的长细化

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.57 \sigma_s}} = 123 \quad (A_s),$$

$\sigma_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$ 钢材的屈服点 (A_s)。

将 (2)、(3) 两式代入 (1) 式得：

$$760 \left(\frac{100 \delta}{h_0} \right)^2 \sqrt{\tau} \geq \left[1 - 0.43 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^2 \right] \sigma_s \frac{1}{k_2},$$

再将 τ 、 λ_p 、 σ_s 、 k_2 等值代入并简化得：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq \frac{50.5}{\sqrt{1 - 0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2}} \quad (4)$$

令

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2}}$$

$$x = -0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2$$

故

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{1 + x}}$$

采用微分近似计算：

$$f(x) \approx f(0) + f'(0)x$$

因

$$f'(x) = -\frac{1}{2} (1+x)^{-\frac{3}{2}}$$

$$f'(0) = -\frac{1}{2}$$

故
$$f(x) \approx 1 + \frac{1}{2} \times 0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2$$

即
$$\frac{1}{\sqrt{1 - 0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \times 0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \quad (5)$$

将(5)式代入(4)式得：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 50.5 \left[1 + \frac{1}{2} \times 0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \right]$$

简化得：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 50.5 + 7.2 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \quad (6)$$

将曲线近似取成直线并考虑 $\sigma_s \neq 2400 \text{ kg/cm}^2$ 的情况，最后得到：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 50 \sqrt{\frac{2400}{\sigma_s}} + 0.1 \lambda \quad (7)$$

(7)式即为现行《钢结构设计规范》(TJ17-74)第61条所列公式。

二、我国现行规范公式存在的问题

(1) 数学推导中的问题

规范所列公式系由(4)式按微分近似计算得(6)式，再将(6)式近似简化而来。我们按公式(4)、(6)、(7)三式，假定不同的 λ 值，分别求得相应的 $\frac{h_0}{\delta}$ 的极限值列入表1，再根据表1数值绘成图1。从表1及图1明显看出：(6)、(7)两式的计算结果比较接近，而与(4)式相差较大，特别是当 $\lambda > 100$ 以后，差值越来越悬殊，最大差值达到60%以上。

分析其原因，主要是由公式(4)变换到公式(6)的数学推导过程中，采用了级数运算的前两项。台劳级数为：

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!} (x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!} (x - x_0)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} (x - x_0)^n + \dots$$

当上式中的 $x_0 = 0$ ，则得到马克劳林级数，即

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} x + \frac{f''(0)}{2!} x^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n + \dots$$

取前两项就得到下式：

$$f(x) \approx f(0) + \frac{f'(0)}{1!} x$$

该式相当于下列微分近似计算的应用:

当 $|\Delta x|$ 很小时,

$$f(x_0 + \Delta x) \approx f(x_0) + f'(x_0) \Delta x$$

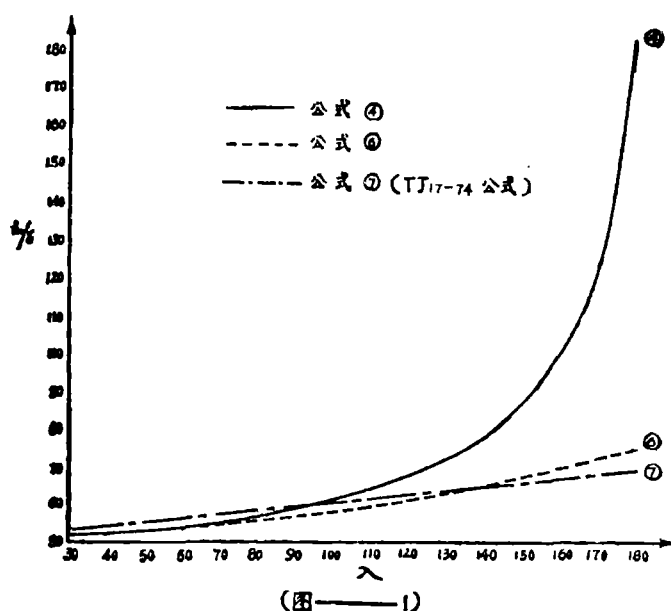
若令 $x_0 = 0$, 并将 Δx 换写成 x , 即得

$$f(x) \approx f(0) + f'(0)x$$

很显然, 上式的适用条件为 $|x|$ 很小时。而在由 (4) 式推导到 (5) 式中, 相应于 (4) 式的 x 为 $x = -0.285 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2$, 当 $\lambda \leq 100$ 时, $|x| \leq 0.285$; 当 $\lambda > 100$ 时, 则 $|x| > 0.285$, 且随 $\frac{\lambda}{100}$ 的平方增大而增大, 显然不满足 $|x|$ 很小的条件。因而在 $\lambda > 100$ 以后, (4) 式与 (7) 式的差值就越来越大 (图 1)。

表 1 公式 (4)、(6)、(7) 计算表

	30	40	60	80	100	120	130	140	150	160	170	180
(4)	51.2	51.7	53.3	55.9	59.7	65.8	70.1	76.1	84.3	97.1	120.2	182.3
(6)	51.1	51.7	53.1	55.1	57.9	60.9	62.7	64.6	66.7	68.9	71.3	73.8
(7)	53	54	56	58	60	62	63	64	65	66	67	68
$\frac{(7)-(4)}{(4)} \times 100\%$	4%	4%	5%	4%	0.5%	-6%	-10%	-16%	-23%	-32%	-44%	-63%



(2) 弹性模量修正系数 τ 的取值问题

现行规范所列公式在理论推导过程中,取弹性模量修正系数 τ 为一常数,是不合理的。根据理论分析, τ 值是随构件临界应力的减小而逐渐增大,也就是随构件长细比的增大而增大,这个关系从 $\sigma \sim \lambda$ 关系曲线上亦可看得出来。现将 τ 与 σ_L 的关系分析如下:

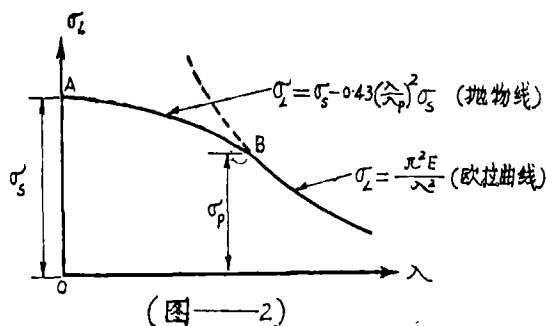
轴心受压构件在弹塑性阶段的屈曲临界应力,可采用我国研究的抛物线公式表示:

$$\sigma_L = \sigma_s - 0.43 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^2 \sigma_s$$

上述方程式代表图——2中的A B曲线。式中 λ_p 为 $\sigma_L = \sigma_p$ 时的长细比,即

$$\lambda_p^2 = \frac{\pi^2 E}{0.57 \sigma_s}, \text{ 将此式代入上式得:}$$

$$\sigma_L = \sigma_s - \frac{0.245 \sigma_s^2}{\pi^2 E} \lambda^2 \quad (8)$$



在弹塑性阶段, σ_L 可用下式表示:

$$\sigma_L = \frac{\pi^2 E \tau}{\lambda^2}$$

由此得:
$$\lambda^2 = \frac{\pi^2 E \tau}{\sigma_L}$$

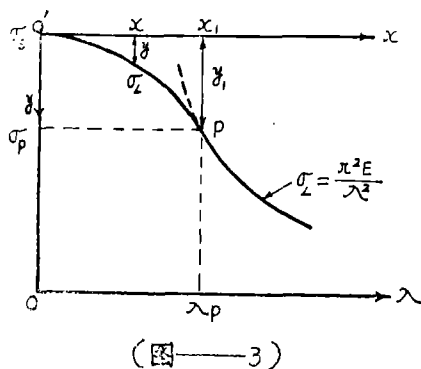
将上式代入(8)式消去 λ 后,可得 τ 的表达式为:

$$\tau = \frac{(\sigma_s - \sigma_L) \sigma_L}{0.245 \sigma_s^2} \quad (9)$$

采用F. Bleich用来代替切线模量概念的抛物线方程,如图3所示,抛物线O'P线段表示弹塑性阶段的柱子曲线,其抛物线公式为:

$$\frac{y_1}{y} = \frac{x_1^2}{x^2}$$

将 σ 和 λ 代入上式得:



$$\frac{\sigma_s - \sigma_p}{\sigma_s - \sigma_L} = \frac{\lambda_p^2}{\lambda^2}$$

故得
$$\sigma_L = \sigma_s - (\sigma_s - \sigma_p) \frac{\lambda^2}{\lambda_p^2}$$

上式称为F. Bleich 公式, 美国长柱研究委员会 (C. R. C) 就是利用上式取 $\sigma_p = 0.5 \sigma_s$ 导得了约翰逊公式。美国AISC规范就是以此式为根据。由 F. Bleich 公式同理导得 τ 的表达式为:

$$\tau = \frac{(\sigma_s - \sigma_L) \sigma_L}{(\sigma_s - \sigma_p) \sigma_p} \quad (10)$$

按 (9) 式求得 $\sigma_L \sim \tau$ 的关系列入表 2。

表 2 τ 值

λ	30	40	50	60	70	80	90	100	110	123
σ_L	2057 (2075)	2044 (2065)	2027 (2057)	2005 (2041)	1977 (2020)	1938 (1989)	1892 (1954)	1832 (1907)	1752 (1844)	1609 (1693)
τ	0.500 (0.500)	0.516 (0.516)	0.536 (0.529)	0.561 (0.555)	0.593 (0.598)	0.634 (0.654)	0.681 (0.723)	0.737 (0.802)	0.804 (0.890)	0.902 (1.00)

(注)① 公式 (9) 中 $\sigma_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$

② 圆括号内的数值为按F. Bleich 所制的表求得, 该表采用钢材

$\sigma_s = 2329 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_p = 1765 \text{ kg/cm}^2$ 。

由表 2 明显看出, τ 不是常数而系变数, 且对 σ_L 的影响是不宜忽略的。而现行规范所列公式, 在推导中取 $\tau = 0.5$ 显然是不合理的。

(3) 公式的适用范围

关于现行规范所列公式的适用范围, 在规范条文和规范说明中, 均未交待。但从公式的推导来看, 开始采用的是弹塑性阶段的临界应力 σ_L 和 σ_{Li} , 那就是说, 规范所列公式只适用于弹塑性阶段。可是规范说明中, 在 (6)、(7) 两式的比较计算表格内, 却已从 $\lambda = 30$ 计算到 $\lambda = 150$, 即这个公式已用于弹性阶段了。然而, 弹性阶段的 $\tau = 1$, 而原式中取为 0.5; 另外, 轴心压杆的正体失稳的临界应力, 原式采用弹塑性阶段的抛物线公式, 它与弹性阶段的欧拉公式也是不同的。因而, 弹性阶段似应另推公式。

同时根据表 3 所列各国规范的压杆容许长细比 λ 的规定值来看, 14 本规范均为 $\lambda \geq 120$, 即是说在实际工程中, 轴心压杆的 λ 处于弹性阶段 ($\lambda > \lambda_p$) 的情况还是存在的, 因此, 弹性阶段 $\frac{h_0}{\delta}$ 的规定, 不应忽视。

表3 容许长细比 λ

杆 件	工 民 建 钢 结 构									水工钢结构		
	美 国	英 国	法 国	德国 日本 奥地利	意 大 利	比 利 时	瑞 士	苏 联	中 国	西 德	苏 联	中 国
压 杆 (主要构件)	200	180	300	250	150	175	200	120	150	150	120(主) 150(次) 200(联)	120(主) 150(次) 200(联)

三、 本 文 公 式

本文按弹塑性阶段(采用我国柱子曲线和切线模量理论)及弹性阶段,根据轴心受压构件正体稳定与腹板局部稳定的等稳定原则, τ 取变量, k_2 分三种情况考虑,从而分别求得 $\frac{h_0}{\delta}$ 极限值的表达式。

(1) 采用我国柱子曲线, k_2 按三种情况进行推导:

在弹塑性阶段,柱子曲线采用公式(3),对 τ 的计算式,考虑前后一致性,现采用(9)式,并将(9)式代入(2)式得:

$$\sigma_{L1} = 760 \left(\frac{100 \delta}{h_0} \right)^2 \sqrt{\frac{(\sigma_s - \sigma_{L1}) \sigma_{L1}}{0.245 \sigma_s^2}}$$

简化得:

$$\sigma_{L1} = \frac{2400 \left[5776 \times 10^5 \times \left(\frac{\delta}{h_0} \right)^4 \right]}{14.1 + \left[5776 \times 10^5 \times \left(\frac{\delta}{h_0} \right)^4 \right]} \quad (11)$$

将(11)式及(3)式代入(1)式得:

$$\frac{2400 \left[5776 \times 10^5 \times \left(\frac{\delta}{h_0} \right)^4 \right]}{1.41 + \left[5776 \times 10^5 \times \left(\frac{\delta}{h_0} \right)^4 \right]} \geq \left[1 - 0.43 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^2 \right] \sigma_s \frac{1}{k_2}$$

式中 $\lambda_p = 123$ (A₃);

$\sigma_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$ (A₃)

$$k_2 = 1 + 0.28 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^2$$

将诸值代入上式

当 $k_2 = 1.15$ (平均值)时:

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 80 \sqrt[4]{\frac{0.15 + 0.285\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}{1 - 0.285\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}} \quad (12)$$

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{0.15 + 0.285\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}{1 - 0.285\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}} \quad (13)$$

考虑到, 当采用钢材的 σ_s 不等于 2400 kg/cm^2 时, (12) 式应乘以 $\sqrt{\frac{2400}{\sigma_s}}$, 故 (12) 式变为:

$$\frac{h_0}{\tau} \leq 80 \alpha \sqrt{\frac{2400}{\sigma_s}} \quad (14)$$

当 $k_2 = 1$ 时:

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 80 \alpha \cdot \sqrt{\frac{2400}{\sigma_s}} \quad (15)$$

$$\text{式中 } \alpha = \sqrt[4]{\frac{0.285\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}{1 - 0.285\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}} \quad (16)$$

当 $k_2 = 1 + 0.28\left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^2$ 时:

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 80 \alpha k_2 \sqrt{\frac{2400}{\sigma_s}} \quad (17)$$

$$\text{式中 } \alpha k_2 = \sqrt[4]{\frac{0.47\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}{1 - 0.285\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2}} = 1.1332 \alpha \quad (18)$$

上述 α 、 α_k 及 σ_{k_2} 值, 根据 λ 按 (13)、(16) 及 (18) 计算列入表 4。同时, 根据 (14)、(15)、(17) 三式 (按 $\sigma_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$) 将相应 $\frac{h_0}{\delta}$ 的极限值亦算出列入表中, 以便查用。

在弹性阶段, 轴心受压构件腹板屈曲临界应力与构件正体失稳临界应力的等稳定条件为:

$$\sigma_{LJ} \leq \frac{\sigma_2}{k_2} \quad (19)$$

表4 α 、 α_0 、 α_{k_2} 值

λ	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	123
α	0.652	0.673	0.699	0.728	0.760	0.799	0.839	0.883	0.932	0.987	1.004
α_0	0.403	0.468	0.526	0.581	0.635	0.687	0.740	0.795	0.852	0.913	0.933
α_{k_2}	0.457	0.530	0.596	0.658	0.719	0.778	0.838	0.901	0.965	1.034	1.057
(14)式 $\frac{h_0}{\delta}$	52.2	53.8	55.9	58.2	61.0	63.9	67.1	70.6	74.6	78.96	80.3
(15)式 $\frac{h_0}{\delta}$	32.2	37.4	42.1	46.5	50.8	55.0	59.2	63.6	68.2	73.04	74.6
(17)式 $\frac{h_0}{\delta}$	36.6	42.4	47.7	52.6	57.5	62.2	67.0	72.1	77.2	82.7	84.6

式中 σ_{Lj} ——在弹性阶段四边简支板的局部屈曲临界应力，其表达式为：

$$\sigma_{Lj} = 760 \left(\frac{100 \delta}{h_0} \right)^2 \quad (20)$$

σ_L ——弹性阶段轴心受压构件正体丧失稳定的临界应力，根据12个国家的资料，除法国、英国用柏利公式，印度用正割公式，苏联接近正割公式外，其他八个国家都采用欧拉曲线，其方程为：

$$\sigma_L = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (\lambda > \lambda_p) \quad (21)$$

将(20)、(21)两式代入(19)式得：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq \sqrt{\frac{760 \times 100^2 \times k_2}{\pi^2 E}} \lambda$$

式中 k_2 ——特殊安全系数，当 $\lambda_p < \lambda \leq 200$ 时，

$$k_2 = 1.44 - 0.16 \left(1 + \frac{\lambda - \lambda_p}{200 - \lambda_p} \right) = 1.28 \sim 1.12.$$

为使 $\frac{h_0}{\delta}$ 的极限值与弹塑性阶段相衔接，对 k_2 的取值同前：

当 $k_2 = 1.15$ 时：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 0.65 \lambda \quad (22)$$

当 $k_2 = 1$ 时：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 0.61 \lambda \quad (23)$$

当 $k_2 = 1.44 - 0.16 \left(1 + \frac{\lambda - \lambda_p}{200 - \lambda_p} \right)$ 时：

$$\frac{h_0}{\delta} \leq 0.61 \lambda \sqrt{1.44 - 0.16 \left(1 + \frac{\lambda - \lambda_p}{200 - \lambda_p} \right)} \quad (24)$$

将(22)、(23)、(24)三式制成表5,以便查用。

表5

λ	123	130	140	150	160	170	180
(22)式 $\frac{h_0}{\delta}$	80	84.5	91	97.5	104	110.5	117
(23)式 $\frac{h_0}{\delta}$	75	79.3	85.4	91.5	97.6	103.7	109.8
(24)式 $\frac{h_0}{\delta}$	84.9	89.2	95.3	101.2	107.1	112.8	118.3

(2) 采用切线模量理论,按 F. Bleich 的系数进行推导:

如果弹塑性阶段轴心压杆正体失稳的临界应力,不采用我国的抛物线公式(公式(3)),而采用切线模量理论表达式,即

$$\sigma_L = \frac{\pi^2 E \tau}{\lambda^2} \quad (\lambda \leq \lambda_p)$$

根据轴心受压构件正体稳定与腹板局部稳定的等稳定原则,可得下式:

$$\frac{\pi^2 E \sqrt{\tau}}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{\delta}{h_0} \right)^2 K \geq \frac{\pi^2 E \tau}{\lambda^2} \cdot \frac{1}{k_2}$$

令 特殊安全系数 $k_2 = 1$ 将上式简化得

$$\frac{h_0}{\delta} \leq \frac{0.303}{\sqrt[4]{\tau}} \sqrt{K} \lambda$$

$$\text{故得} \quad \frac{h_0}{\delta} \leq C \sqrt{K} \quad (25)$$

$$\text{式中} \quad C = \frac{0.303}{\sqrt[4]{\tau}} \lambda$$

根据(9)、(10)两式知,对于某种钢材的 τ ,它与临界应力 σ_L 有关,而 σ_L 又是长细比 λ 的函数,故 τ 为 λ 的函数(见表2),从而得到 $C = f(\lambda)$ 。F. Bleich 给出了C的表达式为:

$$C = a \sqrt{\lambda} - b$$

对于 $\sigma_s = 2330 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_p = 1760 \text{ kg/cm}^2$ 的钢材,

$$\left. \begin{array}{ll} 20 < \lambda < 108 \text{ 时} & C = 3.37 \sqrt{\lambda} - 2.3 \\ \lambda > 108 \text{ 时} & C = 0.303 \lambda \end{array} \right\} \quad (26)$$

对于腹板的不受载边为简支, $K = 4$, 将K值及(26)式代入(25)式,则得:

$$20 < \lambda < 108 \text{ 时, } \frac{h_0}{\delta} \leq 6.74\sqrt{\lambda} - 4.6 \quad (27)$$

$$\lambda > 108 \text{ 时, } \frac{h_0}{\delta} \leq 0.61 \lambda \quad (28)$$

将(27)、(28)两式的 $\frac{h_0}{\delta} \sim \lambda$ 关系计算列入表6。

表6

λ	30	40	50	60	70	80	90	100	108	120	130	140	150	160	170	180
$\frac{h_0}{\delta}$	32.2	38.0	43.1	47.6	51.8	55.7	59.3	62.8	65.4	73.2	79.3	85.4	91.5	97.6	103.7	109.8

四、世界主要国家规范公式的比较

现将本文公式及世界主要国家有关规范公式，均列入表7，同时按各国公式绘于图4中。

从表7及图4看出，世界主要国家对轴心钢压杆腹板宽厚比的规定，由于推导公式的原则和出发点不同，公式的表示形式也就各不相同，其数值相差亦很大。但总的看来可概括为下列几点：

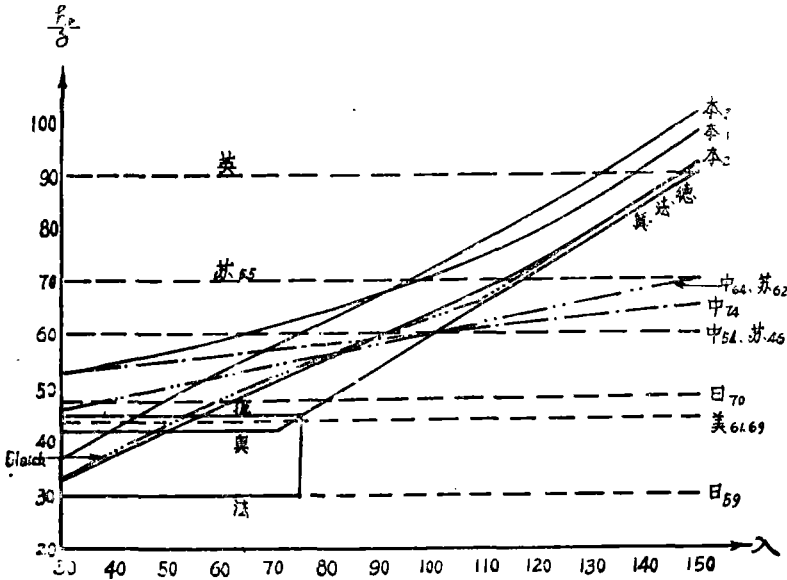
① 英国规范规定得最宽，日本1959年规范规定的最严，其他各国的规定界乎二者之间。

② 苏联1946年及1955年规范、日本1959年及1970年规范、美国AISC 1961年及1969年规范、英国1959年规范以及我国1954年规范（规结—4—54）等，其 $\frac{h_0}{\delta}$ 的规范值均为一常数，公式来源一般未考虑腹板局部与杆件正体的等稳定原则，因而 $\frac{h_0}{\delta}$ 值与杆件的长细比不发生关系，显然是不合理的。

③ 我国1964年及1974年规范、苏联1962年规范，其 $\frac{h_0}{\delta}$ 的规定，均按腹板局部与杆件正体的等稳定原则求得，因而比其他各国公式都较为合理。但是，据苏联1962年规范公式的来源，其前提和原则与我国1974年规范相同，因而存在的问题也类似，这是不足之处。

④ 本文公式(1)、(2)、(3)（见表7），基本上吸取了上述各式的优点，克服其缺点，当不计 k_2 时，其数值与F. Bleich公式很接近。但F. Bleich公式在 $\lambda_p = 108$ 处的连接不平滑，且钢材的取值与我国尚有差异，推导公式所采用的柱子曲线也不相同。

⑤ 德、法、奥三国公式，在 $\lambda > 75$ 时，三式相同，据德国公式的来源系按弹性阶段求得。当 $\lambda > 110$ 时与本文第2式很接近，但当 $\lambda < 110$ 时，则出现显著的折线或台阶。



(图—4)

结 语

各国规范对轴心钢压杆腹板宽厚比 $\frac{h_0}{\delta}$ 的规定,均不同程度存在一些问题,多数公式未考虑等稳定原则,其 $\frac{h_0}{\delta}$ 值为一常数,不够合理,少数公式虽然考虑了等稳定原则,但某些因素考虑不够严密或被忽略,因而所得结果不够准确。

本文公式,既考虑了腹板局部与构件正体的等稳定原则,采用了我国研究的柱子曲线,又考虑了弹性模量修正系数 τ 随 σ_c 和 λ 的变化关系,同时分别按弹塑性及弹性两阶段导出了公式,再考虑了不同材质等因素,因而与其他各式比较,考虑因素较为全面,其成果亦相应要合理些。

参 考 文 献

- (1) 《钢结构设计规范》TJ 17—74(试行), 1975年, 北京。
- (2) 《铁结构设计规范》TJ 17—74 修订说明, 1974年, 北京。
- (3) 苏联《钢结构设计标准及技术规范》H_N Ty—1—46, 高等教育出版社。
- (4) 苏联《钢结构设计标准及技术规范》H_N Ty121—55, 建筑工程出版社。
- (5) 《钢结构设计规范试行草案》规结—4—54, 中华人民共和国建筑工程部编, 建筑工程出版社。
- (6) 《水利水电工程钢闸门设计规范》SDJ 13—78(试行)。水利电力出版社。

- (7) 金属结构的屈曲强度, F. 拍拉希, 科学出版社。
- (8) 关于受压钢构件翼缘和腹板宽厚比的规定, 《钢结构设计规范》计算组, 1973年。
- (9) 中心受压钢杆, 《钢结构设计规范》计算组, 1972年。
- (10) Steel Structures Design and Behavior
Charles G. Salmon, John E. Johnson。
- (11) 美国房屋钢结构设计制造和安装规范 AISC, 1961年。
- (12) 国外钢结构规范关于中心受压钢杆件的计算, 《钢结构设计规范》计算组, 1972年。

Discussion on the width-to-thickness Ratio Stipulations for the Web Plate of Steel Members Subject to Axial Compression

He Yunlin

Abstract

This paper aims at compiling ((Gate and Valve of Lock Design Specifications Vol. IV)) for the Ministry of Communication. Therefore, the analyses have been made of the questions formulas of the width-to-thickness ratio stipulations for the web plate of the steel members subject to axial compression in the current specifications (TJ₁₇₋₇₄) in our country. And an exact new formula has been developed in accordance with the elastic-plastic behaviors and elastic behaviors respectively in this paper. Meanwhile, a contrast analysis has also been carried out of the width-to-thickness ratio stipulations for the web plate of steel members subject to axial compression in the specifications of many other countries in the world.