

公路技术资料



人民交通出版社

公路技术资料

(9)

结构稳定手册

日本长柱研究委员会 编 辑

四川省交通局勘察设计院

北京市建筑工程学校道桥教研组

节 译

人 民 交 通 出 版 社

1 9 7 7 年 · 北 京

公路技术资料

(9)

结构稳定手册

本专辑系根据日本长柱研究委员会
1971年在东京出版的《结构稳定手册》英文版本节译
人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092_{毫米} 印张: 15.5 字数: 350千

1977年6月第1版

1977年6月第1版第1次印刷

印数: 0001--10,000册 定价(科三): 1.25元

(限国内发行)

毛主席语录

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

出版说明

日本长柱研究委员会编辑的《结构稳定手册》，是在原有《弹性稳定要览》一书的基础上增添较新资料后于1971年出版的。原手册包括四部分（直杆；构架和曲杆；板；薄壳），对结构物的几何形状，边界条件和荷载情况以及计算方法均有介绍。

本着“洋为中用”的原则，我们摘译了《直杆》、《构架和曲杆》两篇中的一部分内容，如等截面杆、变截面杆和组合杆件在各种荷载下的压屈数据，以及刚架、桁架、拱和曲梁等的压屈数据及图表公式。我们希望读者批判地使用，剔除糟粕，参考有用部分。

目 录

第一篇 直 杆

采用符号	1
一、弹性压屈	5
1.1 中心荷载的等截面杆	5
1.2 偏心荷载的等截面杆和具有初始曲率的长柱	54
1.3 在弹性地基上的等截面杆	65
1.4 变截面柱	74
1.5 混合构件和组合构件	136
二、梁的侧向压屈	167
1 弹性侧向压屈	167
1.1 窄梁	167
1.2 I形梁及宽翼缘梁	186
1.3 T形梁	196
1.4 变截面的窄梁	200
1.5 约束梁	211
1.6 其 他	218
2 侧向压屈强度设计公式	221
3 非弹性侧向压屈	235
4 其 他	246

第二篇 构架和曲杆

采用符号	251
一、刚架（竖向荷载下的框架压屈）	253
二、桁架（平面桁架）	304
1.1 平面内压屈	304
1.2 平面外压屈	309

1.3 侧向压屈	310
三、拱和曲梁	328
1 抛物线拱	328
1.1 均布垂直荷载	328
1.2 非均布垂直荷载	347
2 圆弧拱	351
2.1 均布径向荷载	351
2.2 均布垂直荷载	391
2.3 非均布荷载	402
2.4 纯弯曲	407
2.5 支点上承受水平力	415
2.6 拱顶承受集中荷载	425
2.7 冲击荷载, 阶式荷载和矩形荷载	436
2.8 静水压力	441
3 在拱顶连接的楔形圆弧拱	442
4 正弦式坦拱	449
4.1 均布垂直荷载	449
4.2 按正弦曲线分布的垂直荷载	449
4.3 按正弦曲线分布的径向荷载	455
4.4 集中垂直荷载	457
4.5 水平推力	460
4.6 随机垂直荷载	460
5 轴线具有任意形状的拱	462
6 圆 环	463
6.1 均布外压力	463
6.2 均布压力和圆周力	475
6.3 孔穴中的圆环	478

第一篇 直 杆

采用符号

- A_f : 翼缘面积
 A_w : 腹板面积
 b : 矩形(截)面宽度, 板的宽度
 b_e : 有效板宽
 D : 板的每单位宽度的抗挠刚度, 或板的抗挠刚度 (每单位宽度)
 d : 截面高度
 E : 应力应变弹性模量
 E_{st} : 应变硬度模量 (初始的)
 E_t : 切向模量
 e : 大梁截面形心至剪应力中心的距离 (若剪应力中心在形心与压应力翼缘之间为正, 反之为负), 从剪应力中心至槽形腹板的中间平面的距离
 f_b : 由于弯曲引起的压应力
 g : 从梁的剪应力中心至横向荷载作用点 (荷载在剪应力中心之下为正, 反之为负)
 h : 矩形截面高度, 在翼缘分力间板梁腹部的净高
 h_e : 从截面形心至压应力翼缘形心的距离
 h_t : 从截面形心至拉应力翼缘形心的距离
 h_w : 腹板高度
 I : 截面的惯性矩

- I_c : 压应力翼缘绕 y 轴的惯性矩
 I_{fi} : 一个翼缘绕 y 轴的惯性矩
 I_p : 截面的极性惯性矩
 I_{sa} : 加劲杆绕腹板面轴(线)的惯性矩
 I_t : 拉应力翼缘绕 y 轴的惯性矩
 I_x, I_y : 截面的惯性矩, x 与 y 表示坐标轴
 J : 扭转常数
 j : 侧向扭转压屈常数, 在加劲板中的节间数目
 K : 有效或当量长度系数
 L, l : 杆件长度, 特别指横向无联系的长度
 M : 力矩
 M_a, M_b : 作用在梁型柱 a 端与 b 端的力矩
 M_{max} : 最大弯矩
 M_p : 极限力矩(塑性力矩)
 M_x, M_y, M_z : 分别为对坐标轴 x, y 和 z 的力矩
 M_y : 屈服弯矩
 N : 名义轴向荷载
 P : 支柱轴向荷载
 P_{cr} : 临界荷载
 P_E, P_{Ex}, P_E, P_o : 欧拉弯曲荷载
 P_{max} : 最大支柱荷载
 P_t : 支柱荷载的切向模量
 P_y : 在屈服情况下支柱轴向荷载
 Q : 在中心荷载支柱内的横向剪力
 r : 杆件的回转半径
 r_o : 截面绕其剪力中心的极回转半径, 在缀合柱中弦杆的回转半径
 r_x : 绕形心轴(强轴) $x-x$ 的回转半径

- r_y : 绕形心轴 (弱轴) $y-y$ 的回转半径
- t_t : 拉力翼缘厚度
- t_w : 箱型截面梁的腹板厚度, 腹部厚度
- u : 在 x 方向的位移
- v : 在 y 方向的位移
- w : 在 z 方向的位移
- $X-X, x-x$: 坐标轴
 - x : 坐标轴, 特别指主轴, 距离
 - x_0 : 在 x 轴方向的形心与剪应力中心间的距离
- $Y-Y, y-y$: 坐标轴
 - y : 坐标轴, 特别指主轴
 - y_c : 从 $x-x$ 轴形心至 T 形翼缘面的距离
 - y_0 : 在 y 轴的形心与剪力中心间的距离
 - z : 坐标轴
 - β : 截面的扭转角
 - ϵ_{st} : 在初始应变硬化的应变
 - ϵ_y : 屈服应力的弹性应变
 - ν : 泊松比
 - σ : 正应力
 - σ_E, σ_e : 欧拉压屈应力
 - σ_y : 屈服应力
 - ϕ : 旋转角, 曲率
 - θ : 旋转角
 - τ : 剪应力

一、弹性压屈

1.1 中心荷载的等截面杆

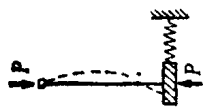
a) 弹性压屈

已 知 条 件	计 算 公 式 及 图 表
1 一端旋转受约束, 但可自由侧移, 另一端固定。 	$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

已知条件	计算公式及图表
2 一端铰接, 另一端固定。 	$P_{cr} = 2.046 \frac{\pi^2 EI}{l^2}$ 系数的精确值为 2.04574
3 上端是弹簧常数为 c 的弹性支座, 下端固定。 	$P_{cr} = \mu_0 \frac{EI}{l^2}$ 系数 μ_0 可从下式求得: $\tan \mu = \mu \left(1 - \frac{\mu}{c} \frac{EI}{l^2} \right)$

4

上端铰接，下端固定在刚性底座上，该底座用弹簧支撑在水平方向上（弹簧常数为 c ）。



$$P_{cr} = \mu_0 \frac{EI}{l_2^2}$$

系数 μ_0 可从下式求得：

$$\tan \mu = \mu \left/ \left(1 + \frac{\mu}{c} \frac{EI}{l_2^2} \right) \right.$$

5

上端移动和转动均受弹性约束，下端固定。弹性弹簧常数为：

$$c = \frac{H_0}{y_0}, \quad c_1 = \frac{M_0}{\theta_0}$$

$$P_{cr} = m^2 \frac{EI}{l_2^2}$$

m 可从下式求得：

$$\frac{k(m - \sin m) - m^3}{k(1 - \cos m)} = \frac{m \sin m + k_1(1 - \cos m)}{m \cos m + k_1 \sin m}$$

式中：

已知条件	计算公式及图表
	$k = cl / \frac{EI}{I^2}, \quad k_1 = \frac{c_1}{I} / \frac{EI}{I^2}$ 在下列限定情况下, 其条件可简化为: (1) 无旋转阻力, $k_1 = 0$ ($c_1 = 0$) (a) (2) 无位移动力, $k = 0$ ($c = 0$) (b) $k = \frac{m^3}{m - \tan m}$ $k_1 = - \frac{m}{\tan m}$ (3) 位移受约束, $k = \infty$ ($c = \infty$) (c) $k_1 = \frac{m(\sin m - m \cos m)}{m \sin m + 2 \cos m - 2}$ (4) 旋转受约束, $k_1 = \infty$ ($c_1 = \infty$) (d) $k = \frac{m^3 \sin m}{m \sin m + 2 \cos m - 2}$ 在(a), (b), (c), (d)情况下, m 值可从下图求得:

6

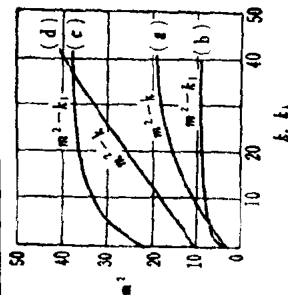
两端的位移和旋转均受到弹性约束。弹性弹簧常数表示如下：

上端

$$c_0 = \frac{H_0}{y_0}, \quad c_1 = \frac{M_0}{\theta_0}$$

下端

$$c_u = \frac{H_u}{y_u}, \quad c_2 = \frac{M_u}{\theta_u}$$



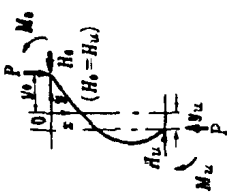
$$P_{cr} = m^2 \frac{EI}{l^2}$$

m 可从下式求得：

$$\frac{m - \sin m + \frac{m^3(1+\alpha)}{k_0}}{1 - \cos m + \frac{\beta m^2}{k_1} - \frac{\beta m^4(1+\alpha)}{k_1 k_0}} = \frac{\frac{m}{k_1} \sin m + 1 - \cos m}{\frac{m}{k_1} (\beta + \cos m) + \sin m}$$

式中：

$$k_0 = c_0 l / \frac{EI}{l^2}, \quad k_1 = \frac{c_1}{l} / \frac{EI}{l^2}, \quad \frac{c_0}{c_u} = \alpha, \quad \frac{c_1}{c_3} = \beta$$

已知条件	计算公式及图表
	当两端约束相等 ($\alpha = \beta = 1$) 时, 上述情况可简化为, $m - \sin m + \frac{2m^3}{k_0} = \frac{m}{k_1} \sin m + 1 - \cos m$ $1 - \cos m + \frac{m^2}{k_1} - \frac{2m^4}{k_1 k_0} = \frac{m}{k_1} (1 + \cos m) + \sin m$ 在下列限定情况下, 其条件可简化为, (1) 无旋转阻力, $k_1 = 0$ ($c_1 = 0$) (e) $m^2 = \frac{1}{2} k_0$ (2) 无位移阻力, $k_0 = 0$ ($c_0 = 0$) (f) $k_1 = - \frac{m(\cos m + 1)}{\sin m}$ 上式负号用 f_1, 正号用 f_2。 (3) 位移约束, $k_0 = \infty$ ($c_0 = \infty$) $k_1 = 2 \left(\frac{m}{2} \right)^2 \frac{\tan \frac{m}{2}}{m - \tan \frac{m}{2}} \quad (g_1)$