

鋼筋混凝土柱體 按限界狀態的計算

陳兆鏞 著

8;8

建筑工程出版社

557

7538;8

K.1

132552

鋼筋混凝土柱体按限界状态的計算

陳兆鏞 著

建筑工程出版社出版

• 1957 •

內 容 提 要

本書是根据限界状态的原理論述鋼筋混凝土柱体的計算方法。書中除了闡明按限界状态計算的基本原理以及柱体的一般構造和計算方法外，还着重地介紹了作者演算出来的中心及偏心受压柱体实用的按鋼筋率的系数解法和应用的計算表，目的在使計算手續簡化，提高工作效率。

本書可供土木建筑方面設計及審核工作的工程技術人員参考，也可供土木建筑專業的大專学生閱讀。

鋼筋混凝土柱体按限界状态的計算

陳兆鏞 著

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外南乳士路）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第052號）

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號871 71千字 787×1092 1/32 印張 3 5/16 插圖 4

1957年10月第1版 1957年10月第1次印刷

印數：1—3,050册 定價（10）0.65元

目 录

主要符号	5
第一章 按限界状态计算的基本原理和各项计算指标	9
一、钢筋混凝土结构按限界状态计算是最先进的方法	9
二、限界状态的意义和基本计算法则	10
三、有关按限界状态计算所采用的各项计算指标	14
第二章 中心受压纵钢筋和普通钢筋结构柱体的计算	22
一、中心受压纵钢筋和普通钢筋结构柱体的构造	22
二、中心受压纵钢筋和普通钢筋结构柱体按承载能力计算的方法	25
三、论按承载能力计算纵钢筋和普通钢筋结构柱体实用的方法	27
第三章 中心受压纵钢筋和螺旋钢筋结构柱体的计算	37
一、中心受压纵钢筋和螺旋钢筋结构柱体的构造	37
二、中心受压纵钢筋和螺旋钢筋结构柱体按承载能力计算的方法	38
三、论按承载能力计算纵钢筋和螺旋钢筋结构柱体实用的方法	41
第四章 中心受压有劲性钢筋结构柱体的计算	49
一、中心受压有劲性钢筋结构柱体的构造	49
二、中心受压有劲性钢筋结构柱体按承载能力计算的方法	50
三、论按承载能力计算有劲性钢筋结构柱体实用的方法	53
第五章 偏心受压钢筋混凝土柱体的计算	58
一、偏心受压钢筋混凝土柱体的构造	58
二、偏心受压钢筋混凝土柱体按承载能力计算的方法	62

第六章 論偏心受压矩形截面的柱体按承載能力計算实	
用的方法	74
一、鋼筋率的系数解法的原理和应用公式的导演	75
二、計算表应用的說明和示例	96
主要参考書	104

主 要 符 号

- R —— 混凝土的計算强度或标号, 或材料的計算强度。
 R^H —— 混凝土的标准强度, 或材料的标准强度。
 R_{np} —— 混凝土軸心受压时的計算强度。
 R_{np}^H —— 混凝土軸心受压时的标准强度。
 R_u —— 混凝土撓曲时受压的計算强度。
 R_u^H —— 混凝土撓曲时受压的标准强度。
 R_p —— 混凝土受拉时的計算强度。
 R_p^H —— 混凝土受拉时的标准强度。
 R_a —— 鋼筋的計算强度。
 R_a^H —— 鋼筋的标准强度。
 E_δ —— 混凝土受压时的計算彈性模量。
 E_δ^H —— 混凝土受压时的标准彈性模量。
 N —— 計算的縱向力; 結構物的計算內力。
 N^H —— 由标准荷載所生的內力。
 N_δ —— 混凝土或核心混凝土支持的計算承載力。
 N_a —— 縱鋼筋支持的計算承載力。
 N_σ —— 螺旋鋼筋支持的計算承載力。
 N_{ax} —— 勁性鋼筋支持的計算承載力。
 $N_{\delta'}$ —— 当用鋼量大于 3 % F_δ 时应扣除的同截面混凝土的計算承載力。
 $\bar{N}$ —— 由工作条件系数 m 除以計算縱向力 N 之后的計算縱向力
 $(\bar{N} = \frac{N}{m})$ 。
 $[\bar{N}]_{1-4}$ —— 混凝土或鋼筋代替的承載力。
 M —— 撓曲力距。
 F_a —— 縱鋼筋的截面积: 在軸心受压構件中为全部鋼筋的截面积;

在偏心受压构件中为距纵向力 N 较远一边的钢筋截面积。

F'_a ——纵钢筋的截面积：在偏心受压构件中为靠近纵向力 N 一边的钢筋截面积，或受压钢筋的截面积。

F_{ax} ——劲性钢筋的截面积。

F_c ——螺旋钢筋的化算截面积。

F_0 ——混凝土受压区域的面积。

F_n ——核心混凝土的截面积。

f_c ——螺旋钢筋的截面积。

S_0 ——混凝土全截面面积对钢筋 F_a 截面重心的面积矩。

S'_0 ——混凝土全截面面积对钢筋 F'_a 截面重心的面积矩。

S_a ——钢筋全截面面积对钢筋 F_a 截面重心的面积矩。

S'_a ——钢筋全截面面积对钢筋 F'_a 截面重心的面积矩。

S_0 ——混凝土受压区面积对钢筋 F_a 截面重心的面积矩。

S_{0N} ——混凝土受压区面积对外力 N 作用点的面积矩。

S ——螺旋钢筋的间距(螺距)。

H_0 ——纵向挠曲的计算长度限界。

h ——截面的总高度。

h_0 ——截面的有效高度($h_0 = h - a$)。

h_n —— T 形截面翼板的厚度(高度)。

b ——矩形截面的短边或宽度。

b_n —— T 形截面翼板的宽度。

l ——柱之整个长度或实际长度。

l_0 ——柱之计算长度。

d ——圆形或多边形截面的直径；或纵钢筋的直径。

d_n ——柱截面核心的直径。

d_c ——螺旋钢筋的直径。

a ——由钢筋 F_a 重心到最近的截面边缘的距离；或方形截面的边长。

a' ——由钢筋 F'_a 重心到最近的截面边缘的距离。

e ——由鋼筋 F_a 重心到縱向力 N 作用点的距离。

e' ——由鋼筋 $F_{a'}$ 重心到縱向力 N 作用点的距离。

e_0 ——縱向力 N 对截面几何軸綫的偏心距。

x ——截面受压区的高度。

z ——內力偶的力臂(混凝土受压区的形心至鋼筋 F_a 的距离)。

r ——任意截面的最小慣幅。

g ——柱体單位长度的重量。

n ——超载系数;在計算偏心受压構件时作为 a' 对 h_0 的比值($n = \frac{a'}{h_0}$)。

n' ——計算偏心受压構件时作为 e 对 h_0 的比值($n' = \frac{e}{h_0}$)。

k ——材料的勻質系数。

k_b ——混凝土的勻質系数。

k_a ——鋼筋的勻質系数。

m ——結構物的工作条件系数。

m_a ——鋼筋的工作条件系数。

m_{ac} ——螺旋鋼筋的工作条件系数。

φ ——中心受压的縱向撓曲系数。

η ——偏心受压的縱向撓曲系数。

μ, μ' ——鋼筋率或含鋼系数($\mu = \frac{F_a}{bh_0}$; $\mu' = \frac{F_{a'}}{bh_0}$)。

μ_a ——縱鋼筋对核心混凝土截面的鋼筋率($\mu_a = \frac{F_a}{F_s}$)。

μ_c ——螺旋筋对核心混凝土截面的鋼筋率($\mu_c = \frac{F_c}{F_s}$)。

ω ——螺旋筋对縱鋼筋的比值($\omega = \frac{F_c}{F_a} = \frac{\mu_c}{\mu_a}$)。

p ——鋼筋百分比或百分率;計算偏心受压構件时又作为 e' 对 e 之比值($p = \frac{e'}{e}$)。

α ——分配于混凝土的計算承载力的分配率。

α_b ——核心混凝土的計算承载力的分配率。

α_a ——縱鋼筋的計算承载力的分配率。

α_c ——螺旋筋的計算承载力的分配率。

ϕ ——作为 $m_a R_a$ 对 R_u 的比值 $\left(\phi = \frac{m_a R_a}{R_u} \right)$ 。

$\phi_1 \sim \phi_2$ ——計算偏心受压構件时, 与 μ 及 μ' 有关的計算系数。

第一章 按限界状态計算的基本

原理和各項計算指标

一、鋼筋混凝土結構按限界状态

計算是最先进的方法

苏联在鋼筋混凝土結構計算理論的发展方面，是世界上最先進的国家。在苏联，到現在为止，鋼筋混凝土結構計算業已經过了三个不同的发展阶段——即由資用应力計算法，經過按破損阶段理論計算的改革，而发展至最近广泛采用最先進的按限界状态的計算法。

資用应力計算法的主要缺点，在于單獨而且虛拟地决定混凝土和鋼筋的內应力，而忽視了材料的塑性，不考虑在荷載作用下結構物实际受力的情形。这就不能正确反映結構物荷載的真正能力，严重阻碍着建筑技术的发展。采用此种計算法，会使材料浪費，不能得到合理利用。

破損阶段計算法是以試驗所得的破損內力为基础，計算时采用統一的总安全因数，并考虑材料的塑性。此法比資用应力計算法更接近于实际。采用此种方法可以節約材料，特别是節約鋼材。但是此种計算法，因为只采用一个总安全因数来代替对結構物不利而又可能影响强度的所有因数，就不能正确反映出在使用条件內关于某种荷載所引起結構物內部应力的实际情况。譬如以荷載來說，靜荷載变动范围較勁荷載为小，由勁荷載变动所影响的应力一般比靜荷載变动所影响的应力为大；若仅以一个总安全因数来考虑此种不同变

动的影响,就很难使上述两种荷载不同的变动对结构物所生的实际应力与计算应力相符合。

最先进的按限界状态的算法,就是针对上述缺点加以改善的。它的基本特点是分三种限界状态,并在计算过程中采用三种单独的计算系数——过载系数、匀质系数及工作条件系数——来代替总安全因数,而这三种系数的意义不相同。此种算法是更科学和切合实际的,能适应各种结构物不同的特性和要求,同时在保证结构物安全使用的条件下,进一步达到合理使用材料的目的。它是苏联学者卓越贡献的最先进的方法,值得我国学习和推广。

二、限界状态的意义和基本算法则

所谓限界状态是指结构物在受力情形下的某种状态。结构物达到此状态时,就失去对外力抵抗的能力,或发生不容许的变形或局部损坏,不能符合正常使用的要求。因此,限界状态可以理解为结构物的正常使用状态的限界。

当结构物在某种状态中,其内力、应力、变形或局部损坏达到本算法所指定的数值时,则此种状态称为计算限界状态。计算限界状态有下列三种:

1. 第一种限界状态——系按结构物的负荷能力如强度、稳定性或耐久性来计算。在此限界时,结构物即失去抵抗外力作用的能力,或产生剧烈的永久的变形,无法满足使用上的要求。例如,稀少钢筋的梁板,当钢筋的应力达到流限时,发生剧烈下垂或断裂,就是属于此种状态。凡一切结构设计的原则,均不容许有此种状态发生,因此任何设计构件均应进行此种限界状态的计算,以保证使用所要求的安全性。

2. 第二种限界状态——系按结构物的受静荷载或动荷

載作用而产生过量变形或剧烈振动来确定。达此状态时，結構物虽仍能保持强度，但因产生过量变形或发生振动的幅度，妨碍了正常使用上的要求。例如，楼板摇摆下垂、粉刷层剝落，又如机器的基础发生很大的振幅等，均屬此种限界状态。

3. 第三种限界状态——系按結構物裂縫的形成和开展，或局部出現损坏現象等来确定。在此状态时，結構物虽保持着强度和稳定性，但由于裂縫的开展，已使構件不能滿足某种正常使用的要求。例如，不容許有滲水性的油池和压力水管之类有裂縫出現时乃屬于此种状态。

总之，按限界状态計算的目的，首先要滿足結構物的安全条件和使用上的要求，即在結構物使用期內，不容許有某一种不容許的限界状态发生。任何結構物均应进行第一种限界状态的計算，对于具有特殊要求的結構物，則应同时进行其他两种限界状态的計算。

結構物发生某一种限界状态，有許多因素，其中最主要的是由于：

1. 結構物外加的荷載；
2. 材料本身的性質及其机械性能；
3. 結構物的一般工作条件及其制造条件。

按限界状态計算时，要考虑以上每一个因素的影响，以不同意义的計算系数，引用于計算公式之內。茲先將三种系数的意义分述如下：

1. 过载系数——結構物在正常使用情况下，設計規範中規定允許采用的最大外部荷載，称为标准荷載。但考虑荷載的变动，有超过标准荷載（在个别情况下有小于标准荷載者）的情况发生。例如設備荷重在修理及搬移时，有超载可能；結構物施工实际尺寸和設計有差异时，或材料实际單位重

与計算有不同步,也有超載可能。由于此种荷載变动,有超过标准荷載的危險时,所用的系数称为超載系数(n)。以标准荷載乘超載系数之积,称为計算荷載。

2. 勻質系数——各标准中根据材料的机械性能所規定的材料抵抗外力作用的强度,称为标准强度(R^u)。建筑中使用的材料,不論采自天然或由人工制造,都很难是勻質体,所以它的机械性能及强度等并非定值。特别是利用天然砂、石原料在工地制造的混凝土,它的强度的变动范围比工厂軋制的鋼材要大。考虑由于此种材料机械性能的变动,使材料的实际强度会比标准强度低的危險时所用的系数,称为材料的勻質系数(k)。以勻質系数乘标准强度之积,称为材料的計算强度(R)。

3. 工作条件系数——考虑結構物按工作的特殊性,及制造条件对結構物有利或不利的因素时所用的系数,称为工作条件系数(m)。例如,結構物在侵蝕性环境作用之下,可能引起强度的削弱;在工厂予制的構件有經常檢驗使質量得到保証等情况,均考虑在工作条件系数中。实际上此种系数尚应考虑到可能超載及材料强度可能降低以外的一切影响結構物負荷能力的其他因素。

第一种限界状态(按强度或稳定性)的計算,或称按承載能力計算,应根据計算荷載的作用来进行。其計算的法則如下:

在結構物中的計算內力(法向力、橫剪力、撓矩及其組合)应不大于根据結構物的截面尺寸、材料的計算强度和結構物工作条件的变更等求出的計算承載能力,亦即計算內力不应超过結構物的承載能力。計算公式的基本形式为:

$$N \leq \phi \quad (1-1)$$

或
$$N = nN^u \leq \phi(m, R, F) \quad (1-1)_a$$

式中 N ——結構物中由各种計算荷載在最不利組合下的作用总和所产生的計算內力；

ϕ ——結構物的承載能力，是構件的截面尺寸，材料的計算强度和結構物的工作条件系数的函数；

N'' ——由标准荷載所生的內力；

n ——超載系数；

m ——結構物的工作条件系数；

R —— $kR'' =$ 材料的計算强度；

R'' ——材料的标准强度；

k ——材料的均質系数；

E ——截面的常数(几何特性)。

第二种限界状态的計算，或称按变形的計算。对于在使用时变形值受限制的結構物，应根据标准荷載的作用作此計算，其計算的法則如下：

在标准荷載作用下，結構物的变形或位移不得超过構件設計标准或规范所规定的最大限值。計算公式的基本形式为：

$$\Delta \leq f \quad (1-2)$$

式中 Δ ——位移或变形，是結構物的几何形狀、材料机械性能的指标(彈性、塑性、蠕变)及标准荷載的函数；

f ——在动力荷載作用下位移或振幅的限值。

第三种限界状态的計算，或称按裂紋出現和展开的計算。对在使用时不允許裂紋出現或应限制裂紋展开的結構物，应按标准荷載的作用进行此計算。

规范中指示：按裂紋出現計算的鋼筋混凝土結構，必須是处在液体和气体压力作用下的受拉構件。按裂紋展开計算的鋼筋混凝土結構，必須是处于浸蝕性环境条件下的軸心受拉、偏心受拉、受撓和大偏心距的偏心受压的構件；同样也适用于

处在液体压力下和下列情况中的受撓、偏心受拉和大偏心距的偏心受压的構件，即在承受重复动力荷載或对外界大气作用未加保护，或处于高湿度空气(相对湿度大于 60%)中的一等耐久性房屋和結構物的鋼筋混凝土結構，以及烟囱或用以貯藏松散物体的鋼筋混凝土結構物。裂紋开展度是根据受拉鋼筋的应力并考虑到受拉混凝土的影响而求出，不得超过规定限度。

三、有关按限界状态計算所采用的各項計算指标

(一) 民用和工業建筑中荷載計算的指標

計算荷載的組合，应按下列三种荷載組合的最不利情况进行：

1. 荷載的主要組合——包括結構自重、使用荷載、雪載和吊車工作的荷載。

2. 荷載的附加組合——除主要的組合外，并包括风載、安裝吊車和温度作用的荷載。此时除自重外，計算荷載数值应乘以系数 0.9。

3. 荷載的特殊組合——包括特殊荷載(如地震荷載)、結構自重、使用的荷載和风載。在此情况下，若与风載同时考虑时，則只考虑一个吊車的荷載作用。当考虑此种組合时，除自重外，計算荷載的数值应乘以系数 0.8。

在計算柱、牆和基础的使用荷載时，除学校、剧院以及圖書館、藏書室、档案室等之外，在民用和一般公共房屋中，应按下列規定減值：

1. 从上往下数第一层和第二层，按該层以上所有各层滿載使用荷載的 100% 計算。

2. 第三层和第四层，按該层以上各层滿載使用荷載的

85%計算。

3. 第五層和第六層，按該層以上各層滿載使用荷載的70%計算。

4. 其餘各層均按該層以上各層滿載使用荷載的60%計算。

(計算工業廠房的柱、牆、基礎時，應根據規範的指示按層數降低其使用荷載)。

設計民用及工業建築時，所採用的標準荷載、超載系數和計算荷載可按下表(1—1)取值。

民用和工業建築標準荷載、計算荷載及超載系數

(摘自蘇聯建築法規)

表(1-1)

編號	荷 載 的 分 類	標準荷載 公斤/平方公尺	超載系數	計算荷載 公斤/平方公尺
I 樓板的荷載				
1	擱樓層(不包括特殊設備如通風箱、水槽、電動機等)的荷載.....	75	1.4	105
2	公寓、醫院(大量集聚人群的門廳及禮堂除外)、幼兒園、托兒所并包括一般設備重量在內的荷載.....	150	1.4	210
3	宿舍、辦公室、教室、工業車間的生活間并包括一般設備重量在內的荷載.....	200	1.4	280
4	宿舍、辦公室及生活間走廊的荷載.....	300	1.3	390
5	食堂、餐廳、禮堂并包括一般設備重量在內的荷載.....	300	1.3	390
6	劇院、電影院、俱樂部、學校及車站的正廳和過道以及觀衆台的荷載.....	400	1.2	480
7	工業企業生產車間、倉庫、商店營業室的荷載，按按或資料設計，但不得小於.....	400	按規範的規定或按實際的資料計算但不得小於1.2	—
8	藏書室、資料室的荷載按實際的荷載計算，但不得小於.....	500	1.2	600
9	車間內的工作台(無放置材料和設備重量的可能者)，輕型運輸帶的網廊的荷載，按規範或實際的資料計算，但不得小於.....	200	按規範的規定或按實際的資料計算但不得小於1.2	—

續表(1-1)

編號	荷 載 的 分 類	標準荷載 公斤/平方公尺	超載系數	計算荷載 公斤/平方公尺
10	樓梯、門廳、平台及陽台的荷載： (1) 屬於上列第2和第3項的房屋和房間..... (2) 屬於上列其他各項的房屋和房間.....	300 400	1.4 1.4	420 560
	II 各種 荷 載			
11	吊車所產生的水平和區向荷載.....	按設計資料計算	1.3	—
12	液體的靜水壓力.....	同 上	1.1	—
13	鬆散的物料和基土的自重與壓力.....	同 上	按規範的規定或按實際的資料計算但不得小於1.2	—
14	氣壓.....	同 上	同 上	—
15	除本表第16項的結構以外各種結構的自重	同 上	1.1	—
16	隔熱板和鬆散填料自重.....	同 上	1.2	—

注：1)在計算樓板結構時，應考慮到實際分配在樓板個別構件（如次梁和柱梁等）的荷載。

2)樓板荷載未包括隔牆在內。隔牆重量應按其結構與支承在樓板的情況，按實際資料計算並乘以超載系數1.1。

此外，對風載計算應按規範指示進行並取用超載系數 $n=1.2$ ；對雪載計算亦按規範指示進行，並取用超載系數 $n=1.4$ 。

(二) 材料的計算指標

混凝土容重在1800公斤/立方公尺及其以上者，稱為重混凝土，標號規定為50~600號。容重在1800公斤/立方公尺以下者，稱為輕混凝土，標號規定為35~200號。混凝土的容重按表(1-2)採用。受壓時的標準模量和計算模量按表(1-3)採用。