

钢筋混凝土结构 极限状态实用计算

Gangjinhunningtu Jiegou
Jixianzhuangtai Shiyongjisuan

王永平 编

人民交通出版社

钢筋混凝土结构 极限状态实用计算

Gangjinhunningtu Jiegou
Jixianzhuangtai Shiyongjisuan

王永平 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书用 101 个计算实例系统地介绍了交通部 1985 年新颁发的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85) 中钢筋混凝土结构构件按极限状态法设计的基本方法与步骤, 并给出了基本公式、受力计算图示、适用条件和实用设计计算程序。书后还附有常用设计所需资料。

本书可供从事公路与城市道路专业、桥梁工程专业的有关技术人员和大专院校师生参考及自学使用。

钢筋混凝土结构极限状态实用计算

王 永 平 编

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 16.75 字数: 379千

1989年9月 第1版

1989年9月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5500册 定价: 8.55元

基本符号

内 外 力

- M_j ——计入安全系数的荷载引起的弯矩；
 M ——由使用荷载引起的弯矩；
 M_{g1} ——施工阶段结构的重力（又称恒载）引起的弯矩；
 M_{g2} ——使用阶段较施工阶段增加的那部分结构自重（又称II期恒载）引起的弯矩；
 M_0 ——消压弯矩；
 M_y ——由预加应力引起的弯矩；
 M_f ——截面开裂弯矩；
 N_j ——计入安全系数的荷载引起的纵向力；
 N_y ——扣除预应力损失后预应力钢筋的有效预加力；
 N_c ——局部承压时的纵向力；
 Q_j ——计入安全系数的荷载引起的剪力；
 Q ——由使用荷载引起的剪力；
 Q_y ——由弯起的预应力钢筋引起的剪力；
 Q_{hk} ——斜截面内混凝土和箍筋的共同抗剪能力；
 Q_v ——斜截面内弯起钢筋的抗剪能力；
 M_T ——计入安全系数的荷载引起的扭矩。

应 力

- σ_g, σ'_g ——受拉区钢筋的应力及受压区钢筋的应力；
 σ_y, σ'_y ——扣除相应阶段预应力损失后，受拉区及受压区预应力钢筋的有效预应力；
 σ_k ——预应力钢筋张拉控制应力；
 σ, σ_h ——使用荷载及预加应力产生的混凝土法向应力；
 σ'_a ——混凝土达到抗压设计强度时，受压区中预应力钢筋的应力；
 σ_{y1} ——消压时预应力钢筋中的应力增量；
 σ_{y2} ——截面开裂后预应力钢筋的应力增量；
 σ_{hx} ——预加力和使用荷载在计算的主应力点产生的混凝土法向应力；
 σ_{hy} ——竖向预应力钢筋引起的混凝土竖向压应力；
 σ_{zt}, σ_{zd} ——混凝土主拉应力和主压应力；
 σ_{ha} ——混凝土法向压应力；
 σ_{hl} ——混凝土法向拉应力；
 σ_{yk} ——竖向预应力钢筋中的有效预应力；
 τ ——使用荷载和弯起的预应力钢筋在计算的应力点产生的剪应力，或组合梁结合面

上的剪应力。

材料指标

- E_g, E_y ——普通钢筋及预应力钢筋的弹性模量;
 E_h ——混凝土的弹性模量;
 G ——混凝土剪切模量;
 R_g, R_g^b ——钢筋抗拉设计强度及标准强度;
 R_k ——钢筋抗压设计强度;
 R_y, R_y^b ——预应力钢筋抗拉设计强度及标准强度;
 R'_y ——预应力钢筋抗压设计强度;
 R ——混凝土立方抗压强度;
 R_c, R_c^b ——混凝土轴心抗压设计强度及标准强度;
 R_L, R_L^b ——混凝土抗拉设计强度及标准强度;
 R_{sk} ——箍筋抗拉设计强度;
 R_{gw}, R_{yw} ——弯起的非预应力钢筋及弯起的预应力钢筋的抗拉设计强度;
 ν ——混凝土的泊桑比。

几何特征

- L ——梁、板、拱、桁架等的计算跨径;
 L_0 ——板的净跨径;
 L_1 ——梁的悬臂长度;
 l_0 ——构件的计算长度;
 l ——构件支点间长度或支座铰、摆柱的长度或钢筋的总长度;
 a, a' ——钢筋 A_g 与 A_y 的合力点及 A'_g 与 A'_y 的合力点到截面近边的距离;
 a_g, a'_g ——钢筋 A_g 的合力点及 A'_g 的合力点到截面近边的距离;
 a_y, a'_y ——预应力钢筋 A_y 的合力点及 A'_y 的合力点到截面近边的距离;
 e ——纵向力至构件受拉边钢筋合力点的距离;
 e' ——纵向力至构件受压边钢筋合力点的距离;
 e_g ——纵向力至构件受拉边非预应力钢筋 A_g 合力点的距离;
 e_y ——纵向力至构件受拉边预应力钢筋 A_y 合力点的距离或预应力钢筋重心至截面重心轴的距离;
 e'_g, e'_y ——纵向力至构件受压边非预应力钢筋 A'_g 合力点的距离和预应力钢筋 A'_y 合力点的距离;
 e_0 ——纵向力作用点至截面重心轴的距离;
 A_g, A'_g ——纵向受拉钢筋及纵向受压钢筋的截面面积;
 A_y, A'_y ——受拉区预应力钢筋及受压区预应力钢筋的截面面积;
 A ——构件截面面积或构件端部区段沿荷载轴线剖切的计算截面面积;
 A_0 ——构件换算截面面积;
 A_k ——同一截面内箍筋总截面面积;
 A_w ——弯起钢筋的截面面积;

A_{yw} ——弯起预应力钢筋截面面积;
 A_c ——混凝土局部承压面积;
 A_d ——混凝土局部承压时的计算底面积;
 A_{he} ——包罗在钢筋网或螺旋形配筋范围内的混凝土核心面积;
 A_{jg} ——间接钢筋换算截面面积;
 a_k ——箍筋的单肢截面面积;
 a_j ——螺旋式配筋的截面面积;
 a_{j1}, a_{j2} ——间接钢筋网沿 l_1 方向及沿 l_2 方向单根钢筋的截面面积;
 d ——构件圆截面的直径或钢筋直径;
 d_{he} ——构件核心直径或螺旋圈的直径;
 I_h ——构件截面惯性矩;
 I_0 ——换算截面惯性矩;
 I_{01} ——截面开裂后换算截面惯性矩;
 W_0 ——对换算截面受拉边缘的截面抵抗矩;
 s_0 ——计算主应力点以上(或以下)部分的换算截面面积对换算截面重心轴的面积矩,或混凝土有效截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩;
 S ——间接钢筋层的距离,螺旋式配筋或钢筋网的间距;
 s_k ——箍筋间距;
 s_{yk} ——预应力箍筋的间距;
 b ——矩形截面宽度或T形截面腹板宽;
 b_i, h_i ——受拉翼缘宽度及厚度;
 b'_i, h'_i ——受压翼缘计算宽度及厚度;
 h ——截面高度;
 h_0 ——截面有效高度;
 h'_0 ——受压钢筋合力点至远边截面边缘的距离;
 x ——混凝土受压区高度;
 r ——圆形截面半径,截面最小回转半径;
 c ——斜截面投影长度或承托长度;
 α ——弯起钢筋与构件纵向轴线的夹角或承托下缘与水平线夹角;
 δ ——钢垫板厚度。

计 算 系 数

n_g, n_y ——非预应力钢筋及预应力钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值;
 φ ——纵向弯曲系数;
 μ ——配筋率或摩阻系数;
 μ_t ——间接钢筋的体积配筋率;
 μ_k ——箍筋的配筋率;
 ρ ——斜截面内纵向受拉主筋的配筋率;
 η ——考虑挠度影响的纵向力偏心距增大系数;
 α_e ——考虑偏心距对 η 值的影响系数;

- γ_b ——构件工作条件系数；
- γ_c ——混凝土安全系数；
- γ_s ——钢筋安全系数；
- ξ_{lg} ——钢筋混凝土构件受压区高度界限系数；
- ξ_{ly} ——预应力混凝土构件受压区高度界限系数；
- ξ ——计算的受压区高度系数；
- m ——斜截面顶端正截面处的剪跨比；
- g ——钢筋半径相对系数；
- β ——混凝土局部承压强度提高系数或等效矩形应力图高度系数；
- β_{he} ——配置间接钢筋时局部承压强度提高系数；
- C_1 ——考虑钢筋表面形状的系数；
- C_2 ——考虑荷载作用的系数；
- C_3 ——与构件形式有关的系数；
- λ ——预应力度；
- $\varphi_{(t, \tau)}$ ——混凝土徐变系数；
- γ ——受拉区混凝土塑性系数。

目 录

基本符号	1
§1 单位	5

绪 篇 钢筋混凝土结构按极限状态 设计原理与安全度

§0-0-1 极限状态概念与分类	1
§0-0-2 极限状态设计法的安全度确定	1
§0-0-3 极限状态设计表达式	4

第一篇 普通钢筋混凝土结构计算

第一章 按承载力极限状态计算——强度计算	5
§1-1-1 轴心受压构件计算	5
一、普通箍筋柱	5
二、螺旋式箍筋柱	7
§1-1-2 轴心受拉构件计算	11
§1-1-3 受弯构件计算	12
一、单筋矩形截面	12
二、双筋矩形截面	20
三、翼缘位于受压区的单筋 T 形截面	30
四、翼缘位于受压区的双筋 T 形截面	40
五、等高简支梁的斜截面抗剪	45
六、斜截面的抗剪	56
§1-1-4 偏心受压构件计算	56
一、矩形截面	56
二、T 形截面	88
三、圆形截面	100
§1-1-5 偏心受拉构件计算	103
§1-1-6 受扭构件计算	110
§1-1-7 局部承压计算	112
第二章 按正常使用极限状态计算	117
§1-2-1 变形计算	117

§1-2-2 裂缝宽度验算.....	119
第三章 深梁计算.....	121

第二篇 预应力混凝土结构计算

第一章 全预应力混凝土结构的计算.....	124
§2-1-1 按承载能力极限状态计算——强度计算.....	124
一、轴心受压构件计算.....	124
二、轴心受拉构件计算.....	127
三、受弯构件计算.....	128
四、偏心受压构件计算.....	148
五、局部承压.....	154
§2-1-2 按正常使用极限状态计算.....	156
一、应力验算.....	156
二、变形计算.....	172
第二章 部分预应力混凝土结构计算.....	177
§2-2-1 部分预应力混凝土的概念.....	177
一、部分预应力混凝土的基本概念.....	177
二、预应力度及消压弯矩.....	177
三、消压弯矩 M_0 的计算.....	177
四、部分预应力的分类.....	178
五、〔计算实例〕.....	178
§2-2-2 正常使用极限状态计算.....	190
一、应力计算.....	190
二、变形验算.....	196
三、裂缝验算.....	200
§2-2-3 综合例题.....	203
附录 I 混凝土的设计强度和标准强度.....	249
附录 II 混凝土的弹性模量.....	249
附录 III 钢筋的设计强度和标准强度.....	250
附录 IV 钢丝的设计强度和标准强度.....	250
附录 V 钢筋的弹性模量.....	251
附录 VI 钢筋混凝土构件的纵向弯曲系数 φ	251
附录 VII 钢筋混凝土矩形和 T 形截面受弯构件强度计算表.....	252
附录 VIII T 形截面系数 ν 值表.....	253
附录 IX 预应力混凝土构件的纵向弯曲系数 φ	253
附录 X 钢筋的截面面积及理论质量.....	254
附录 XI 各种钢筋间距时每米板宽中的钢筋截面面积.....	255
参考文献.....	256

绪篇 钢筋混凝土结构按极限状态 设计原理与安全度

§ 0-0-1 极限状态概念与分类

“极限状态”就是一个结构或其一部分濒于失效的瞬时状态，一旦超过了这一瞬时状态结构就不能正常工作了。

根据结构或构件不能继续正常工作时的特征，《公桥规》参照我国“建筑结构设计统一标准”和 CEB、FIP、ISO 的有关原则，把极限状态分为两类：

(一) 承载能力极限状态——结构或构件承载能力已发挥到最大限度，此时外力再有微小的增加就有破坏的危险，称之为承载能力极限状态。例如结构构件或其联接因荷载过大而即将破坏的状态；结构或构件即将失稳的状态；由结构破坏即将变成机动体系的状态；反复荷载即将引起疲劳破坏的状态等，都属于这种极限状态。显然，这种极限状态关系到结构全部或部分的破坏或倒塌。结构一旦超过这种状态，就会导致人员伤亡和大量的经济损失，所以这种状态应避免发生，或者出现的机遇（或概率）应极低。这是结构安全与可靠的前提，因此任何结构或构件均需按这种极限状态进行计算。

(二) 正常使用极限状态——结构或构件的使用功能已经发挥到最大限度，此时虽未丧失承载能力，但已达到即将不能满足正常的使用要求，而须降低使用标准的状态。例如：过大的裂缝，过大的挠度，局部的损伤以及过大的不适宜的振动等，都属于这种极限状态。显然由于它是影响正常使用，影响结构的耐久性或使人们产生不能接受的感觉，因而结构达到这种极限状态时，导致人员伤亡和造成经济损失均小于承载能力极限状态，所以和前者相比，可以允许有稍高的出现机遇（当有一定设计或构造可循时，也可以不进行这类验算）。

而所谓“极限状态设计法”，就是要求设计者以某种规定的极限状态作为标准，去设计结构或构件，使其在整个使用期间不出现所规定的极限状态，并按其重要程度不同而使其具有必要的安全度的设计方法。

§ 0-0-2 极限状态设计法的安全度确定

钢筋混凝土结构的安全度问题，就是研究结构的安全性和经济性的对立统一问题。

在我国桥涵钢筋混凝土结构设计中，多年来一直采用容许应力法，其安全性是用材料的强度除以各自的安全系数 k 后，得出的容许应力的形式来保证的，即

$$[\sigma] = \frac{R^b}{k}$$

式中： R^b ——材料的标准强度。

可见，容许应力法的安全度是依定值的安全系数而定的。这个安全系数，由于不是根据

科学的方法，主要是依靠经验而定的，因而往往带有任意性；更无法考虑具有不同变异特点和不同性质的荷载如自重、汽车、人群以及这些荷载的不同组合对结构安全度的不同影响。所以，用安全系数来衡量结构的安全度是不确切的，它使得算出的结构或构件难以保证具有相同的安全水平。

极限状态设计法采用了半概率半经验的方法来估算结构的安全度，这是一个很大的进步。其一，极限状态设计采用了分项的多系数方法代替了单一安全系数（即以系数 γ_g 、 γ_q 、 γ_c 、 γ_s 、 γ_b 代替了系数 k ），可以较为准确地反映不同属性荷载，如永久荷载（恒载），可变荷载（汽车、人群等）的区别，也可以考虑不同荷载组合的影响，更能考虑结构的工作条件和给予不同材料以不同的安全储备。其二，在材料强度和部分荷载的取值上，采用了统计概率的理论。这是因为在公路桥涵设计中，荷载（无论是可变荷载还是永久荷载）以及材料强度等都具有不确定性，都是随机变量。因此，只有通过非确定性模型的数学——数理统计概率方法才能揭示它们的本质和客观规律及其相互关系。

我国《公桥规》采用了国际上通用的“特征值”的方法，来确定荷载（部分荷载）及材料强度的取值。

例如：对钢筋和混凝土强度的取值。

首先，由大量实测的统计资料，得其频率分布图形（亦称经验频率曲线），进而可由数理统计得到与实测频率分布图形相近的理论概率分布（概率密度曲线），一般为“正态分布概率密度函数曲线”。其统计参数为：均值、标准差、变异系数等，均由所统计的资料可求得（图0-0-1）。

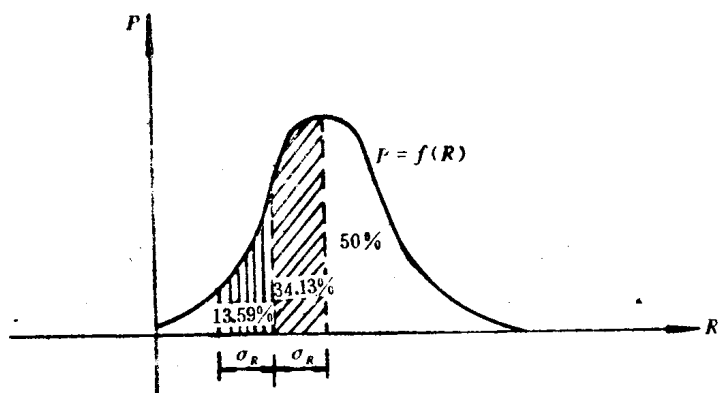


图 0-0-1

再根据安全可靠与经济合理的条件，人们议定一个可以接受的失效概率，依此失效概率的大小去选定“取值保证率系数” K_R ，计算出“特征值”（或称标准值）做为设计值，如材料强度特征值（或标准值）的取定（图0-0-2）即

$$R_k = R_m - k_R \sigma_R$$

式中： R_k ——材料特征强度；

R_m ——材料强度的算术平均值；

σ_R ——材料强度的均方差；

k_R ——取值保证率系数。其取值不同保证率也不同。当取：

$k_R = 1$ 时保证率为84.13%。新《公桥规》称为：“标准强度”；

$k_R = 1.645$ 时保证率为95%（国际标准规范取用值）；

$k_R = 2$ 时保证率为97.725%，新《公桥规》称为“设计强度”。

显然，将具有某一定保证率的特征值作为材料强度的取值标准，比容许应力法采用平均强度合理得多，因为后者无法反映出材料实际质量的离散（变异）程度，因而不符合设计中各变量实际情况。

荷载与材料强度取用特征值，结构中已具有一定安全保证。但应该说明的是，在这种取值基础上，虽然获得一定保证率的安全储备，可是还有一些影响结构安全的因素尚未能考

虑在内。例如，对于荷载，还应考虑到荷载异常地超过特征值的可能性；各种荷载均以其特征值同时出现的机遇会相应减少。计算结构内力（荷载效应）时，计算简图和公式与实际情况之间还有误差等等。对于材料强度还应考虑到实际结构的材料强度与标准试件强度之间的差异；施工中会有局部缺陷及尺寸的偏差；计算承载能力（结构抗力效应）的公式不够精确等。这些诸多的因素目前尚无法用统计的方法一一加以确定，因此，根据以往的工程实践，仍采用经验的定值的分项安全系数来加以考虑。

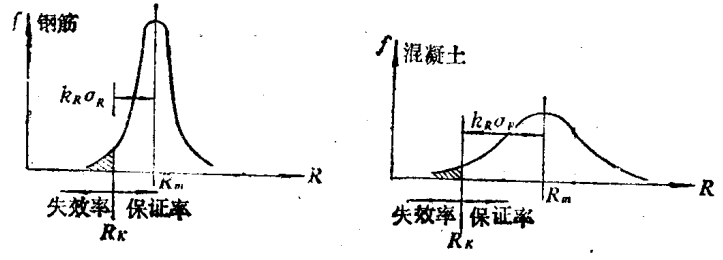


图 0-0-2

在承载能力极限状态设计时，新《公桥规》基于上述荷载及材料强度取值的基础之上，又引入分项安全系数 γ_g 、 γ_q 、 γ_c 、 γ_s 、 γ_b 。并且规定荷载组合及荷载安全系数按下列规定采用：

①当结构重力产生的效应与汽车（或挂车或履带车）荷载产生的效应同号时：

$$\begin{aligned} &1.2S_G + 1.4S'_{Q1} \\ \text{或} &1.2S_G + 1.1S'_{Q1} \\ \text{或} &1.1S_G + 1.3S'_{Q1} + 1.3S_{Q2} \end{aligned}$$

此时还应根据基本可变荷载（汽车、挂车、履带车）效应占总荷载效应的比例，将上列各式中的荷载安全系数予以调整①。

②当结构重力产生的效应与汽车（或挂车或履带车）荷载产生的效应异号时：

$$\begin{aligned} &0.9S_G + 1.4S'_{Q1} \\ &0.9S_G + 1.1S'_{Q1} \\ &0.8S_G + 1.3S'_{Q1} + 1.3S_{Q2} \end{aligned}$$

式中： S_G ——永久荷载中结构重力产生的效应；
 S'_{Q1} ——基本可变荷载中汽车（包括冲击力）、人群产生的效应；
 S'_{Q1} ——基本可变荷载中平板挂车或履带车产生的效应；
 S_{Q2} ——其他可变荷载中的温度影响力和永久荷载中的混凝土收缩，徐变影响力及基础变位影响力的一种或几种产生的效应。

至于材料安全系数，是在材料强度的概率取值基础上，经综合分析比较取用定值：

$$\gamma_c = \gamma_s = 1.25$$

而结构工作条件系数 γ_b ，则是考虑构件破坏特征的影响。对于主要由钢筋受拉破坏控制的轴向受拉，受弯，偏心受拉构件取 $\gamma_b = 1.0$ ；而对主要由混凝土受压破坏控制的轴心受压，偏心受压，斜截面受剪等，取 $\gamma_b = 0.95$ 。

综上所述，这次新《公桥规》所采用的极限状态，是半概率半经验的极限状态设计法（第 I 水准极限状态设计法）。

① 这一调整主要是考虑以往的工程历史经验，以使新、旧规范合理的衔接，不发生材料用量的激增激减，同时，也为了保证钢筋混凝土桥梁与预应力混凝土桥梁安全指数的协调。

§ 0-0-3 极限状态设计表达式

新《公桥规》采用的极限状态表达式是根据下述原则给出的：

1. 强度计算——承载能力极限状态。

以荷载效应不利的组合的设计值小于或等于结构抗力效应的设计值。即：

$$S_d(\gamma_g G; \gamma_q \sum Q) \leq \gamma_b R_d \left(\frac{R_c}{\gamma_c}; \frac{R_s}{\gamma_s} \right)$$

式中： G ——永久荷载（结构重力）；

γ_g ——永久荷载（结构重力）安全系数；

Q ——可变荷载及永久荷载中混凝土收缩，徐变影响力，基础变位影响力；

γ_q ——荷载 Q 的安全系数；

S_d ——荷载效应函数；

R_c ——混凝土强度设计采用值；

γ_c ——在混凝土强度设计采用值基础上混凝土安全系数；

R_s ——预应力钢筋或非预应力钢筋强度设计采用值；

γ_s ——在钢筋强度设计采用值基础上的钢筋安全系数；

R_d ——结构抗力函数；

γ_b ——结构工作条件系数。

（此时预应力钢筋与普通钢筋混凝土中钢筋一样，作为结构抗力的一部分考虑）。

2. 应力、裂缝宽度与变形的验算——正常使用极限状态。

在使用条件下，构件需要限制最大应力或者限制裂缝宽度，或者控制变形不要过大时，

应进行以下三项验算：

①限制应力：

$$\sigma_d \leq \sigma_L$$

②短期荷载作用下的变形：

$$f_d \leq f_L$$

③限制裂缝宽度：

$$\delta_d \leq \delta_L$$

以上 σ_L 、 f_L 、 δ_L 为应力、变形、裂缝宽度的限值。

应该指出的是：正常使用极限状态的计算是以弹性或弹塑性理论为基础的，不同于以塑性理论为基础的承载能力极限状态的计算；可以使用弹性理论或材料力学的公式与方法；并且在计算时不计入强度计算公式中所应计入的安全系数： γ_g 、 γ_q 、 γ_c 、 γ_s 。它的安全度是由定值的允许限值来决定的。

第一篇 普通钢筋混凝土结构计算

第一章 按承载力极限状态计算

——强度计算

§ 1-1-1 轴心受压构件计算

一、普通箍筋柱

(一)基本公式

$$N_j \leq \phi \gamma_b \left(\frac{1}{\gamma_c} R_a A + \frac{1}{\gamma_s} R'_s A'_s \right)$$

式中: A ——构件截面面积, 当 $\mu = A'_s/A > 3\%$ 时, A 应改用 A_h , $A_h = A - A'_s$;

ϕ ——纵向弯曲系数;

$\gamma_b = 0.95$; $\gamma_c = \gamma_s = 1.25$ 。

(二)实用计算程序

见框图 1-1-1 到框图 1-1-3。

(三)【计算实例】

●例1 已知: 轴心受压柱的截面为 $50 \times 50 \text{cm}$, 其几何长度为 $l = 8.5 \text{m}$, 该柱一端铰接, 一端固定, 承受纵向力 $N_j = 3510 \text{kN}$ 。

材料为 25 号混凝土, II 级钢筋。

求: 所需纵向钢筋的截面面积

解: 根据支承条件 $l_0 = 0.7l$

$$l_0 = 0.7 \times 8.5 = 5.95 \text{m}$$

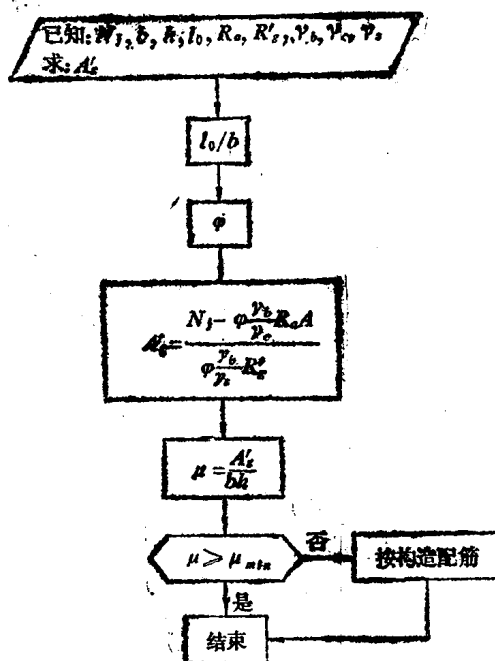
$$\frac{l_0}{b} = \frac{595}{50} = 11.9 \quad \text{查附录 VI 得: } \phi = 0.95$$

依据《公桥规》公式 (4.1.3)

$$A'_s = \frac{N_j - \phi \frac{\gamma_b}{\gamma_c} R_a \cdot A_h}{\phi \frac{\gamma_b}{\gamma_s} R'_s}$$

$$= \frac{3510 - 0.95 \times \frac{0.95}{1.25} \times \frac{14.5}{10} \times 50 \times 50}{0.95 \times \frac{0.95}{1.25} \times \frac{340}{10}} = 36.37 \text{cm}^2$$

设计题(一)



框图 1-1-1

设计题 (二)

已知: $N_j, l_0, R_a, R'_t, \gamma_b, \gamma_c, \gamma_s$
求: b, h, A'_t

设 $\phi = 1$
取 $\mu = (0.5 \sim 1)\%$

复核题

$$A = \frac{N_j}{\frac{\gamma_t R_a + \gamma_b}{\gamma_c} \mu R'_t}$$

若为正方形时, $b = \sqrt{A}$, 取整
若为矩形时, $b \cdot h = A$

l_0/b
查表
 ϕ

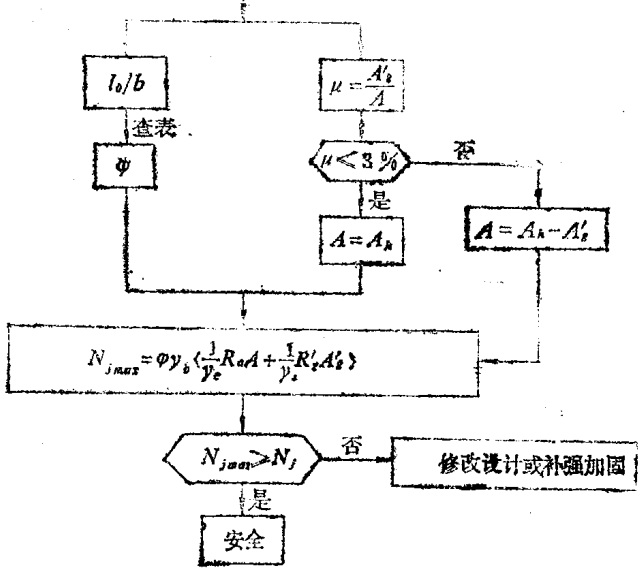
$$A'_t = \frac{N_j - \frac{\gamma_b}{\gamma_c} R_a A}{\phi \frac{\gamma_b}{\gamma_c} R'_t}$$

$$\mu_{实际} = \frac{A'_t}{bh}$$

若 $\mu_{实际} > \mu_{min}$ 否 按构造配筋
是 结束

框图 1-1-2

已知: $N_j, b, h, A'_t, l_0, R_a, R'_t, \gamma_b, \gamma_c, \gamma_s$
求: 柱所能承受的最大纵向压力 N_{jmax}



框图 1-1-3

●例2 有一现浇轴心受压柱截面为 $25 \times 25 \text{ cm}$, 计算长度 $l_0 = 6.5 \text{ m}$ 。材料为 15 号混凝土, I 级钢筋, 纵向钢筋 $4\phi 25$ 。

求: 柱所能承受的最大纵向计算力 N_j 的值

解: 纵向钢筋配筋率

$$\mu = \frac{A'_t}{A} = \frac{19.64}{25 \times 25} = 3.14\% > 3\%, \text{ 则 } A \text{ 改换用 } A_h = A - A'_t$$

$$\text{由 } \frac{l_0}{b} = \frac{650}{25} = 26 \quad \text{查附录 VI 得: } \phi = 0.60$$

由于截面长边尺寸小于 30 cm , 且为现浇件, 则 R_a 应乘以 0.8 系数。

$$\begin{aligned}
 N_j &= \phi \gamma_b \left(\frac{1}{\gamma_c} R_a A_b + \frac{1}{\gamma_s} R'_s A'_s \right) \\
 &= 0.60 \times 0.95 \left[\frac{1}{1.25} \left(0.8 \times \frac{8.5}{10} \right) \right. \\
 &\quad \left. \times (25 \times 25 - 19.64) + \frac{1}{1.25} \times 240/10 \times 19.64 \right] \\
 &= 402.65 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

二、螺旋式箍筋柱 (见图1-1-1)

(一) 基本公式

$$N_j \leq \gamma_b \left(\frac{1}{\gamma_c} R_a A_{he} + \frac{1}{\gamma_s} R'_s A'_s + \frac{2}{\gamma_s} R_g A_{jg} \right)$$

式中:

A_{jg} ——间接钢筋换算截面积;

$$A_{jg} = \frac{\pi d_{he} a_j}{S}$$

d_{he} ——构件核芯直径;

a_j ——单根间接钢筋截面面积;

S ——沿构件轴线方向间接钢筋的间距。

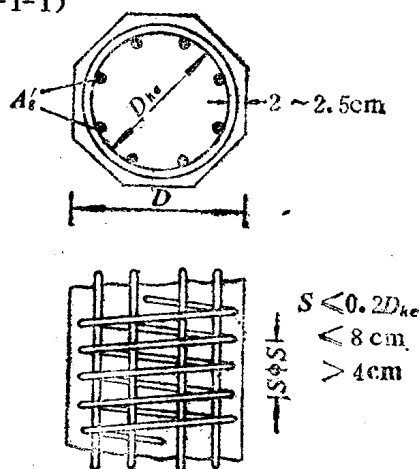


图 1-1-1

(二) 实用计算程序

见框图1-1-4到框图1-1-6。

(三) 【计算实例】

●例3 有一圆形截面轴心受压柱, 直径30cm, 柱高3m, 两端固结; 混凝土为20号; 沿圆周均匀配置6根直径为16mm的纵向钢筋(II级钢), 箍筋采用I级钢, 直径为10mm, 箍筋为螺旋形, 间距为20cm。

求: 此柱所能承受的最大计算纵向力

解: 构件截面面积

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times 30^2}{4} = 707 \text{ cm}^2$$

计算长度 l_0

$$l_0 = 0.5l = 0.5 \times 3 = 1.5 \text{ m}$$

$$\frac{l_0}{d} = \frac{150}{30} = 5 < 7 \quad \phi = 1$$

因为 $S = 20 \text{ cm} > 5 \text{ cm}$, 不满足构造要求, 因此, 按普通箍筋柱计算

$$\frac{l_0}{d} = 5 < 7 \quad \phi = 1$$

$$\mu = \frac{A'_s}{A} = \frac{12.07}{707} = 1.7\% < 3\%$$