

钢筋混凝土结构

习题及例题集

(上册)

杨 熙 坤

哈尔滨建筑工程学院

序 言

钢筋混凝土结构按极限状态的计算理论及计算方法，在教学与实际应用中往往发生某种困难，这是由于缺乏较为系统的教学及实际应用参考资料之故。

作者无意阐述钢筋混凝土结构全部理论、结构计算及构造要求等问题，但尽可能使本书成为钢筋混凝土结构教学与实际应用较为完善的参考资料。

作者提出结构计算的基本方法之一——试算法，将使钢筋混凝土结构计算趋于系统化，为电子计算机在工程结构中的应用创造一定条件。

本书较详细阐述钢筋混凝土结构计算的基本公式、适用条件及计算步骤，并提供数量较多的思考题、习题和例题（包括工程实例），将使读者对于钢筋混凝土结构基本理论的理解及其在工程结构的实际应用是有益的。

本书承蒙建筑工程系主任李德滋教授、林荫广付教授、张铁铮付主任以及党总支吕宗仁书记的支持与鼓励；还承蒙钢筋混凝土结构教研室曹声远付教授、朱聘儒付教授的鼓励与支持，敬请王振东付教授、唐岱新付教授及刘作华讲师审阅并提供宝贵意见，在此一并表示感谢。

本书由于写作时间仓促、作者水平所限，错误或不当之处难免，敬请读者批评指正。

作 者

一九八〇年十二月于哈尔滨

基本符号

内 外 力

- M ——标准荷载作用下产生的弯矩, 简称弯矩;
 Q ——标准荷载作用下产生的剪力, 简称剪力;
 N ——标准荷载作用下产生的纵向力, 简称纵向力;
 M_T ——标准荷载作用下产生的扭矩, 简称扭矩;
 M_F ——垂直截面的抗弯强度;
 Q_h ——斜截面端压区混凝土的抗剪强度;
 Q_{kh} ——斜截面端压区混凝土和钢箍的抗剪强度;
 Q_P ——斜截面端压区混凝土、钢箍和弯起钢筋的抗剪强度;
 N_P ——垂直截面的抗压(拉)强度;
 M_{TF} ——构件的抗扭强度;
 M_f ——受弯构件的抗裂度;
 N_f ——轴心受拉构件的抗裂度。

材 料 指 标

- E_s ——钢筋的弹性模量;
 E_h ——混凝土的弹性模量;
 R_s, R'_s ——钢筋的抗拉及抗压设计强度;
 R_{sk}, R_{sw} ——钢箍及弯起钢筋的抗拉设计强度;
 R ——混凝土的立方强度;
 R_a ——混凝土的轴心抗压设计强度;
 R_w ——混凝土的弯曲抗压设计强度;
 R_t ——混凝土的抗拉设计强度;
 R_f ——混凝土的抗裂设计强度。

几 何 特 征

- a_s, a'_s ——受拉及受压钢筋 A_s, A'_s 的合力作用点, 分别至截面近边的距离;
 a_k ——单肢钢箍的截面面积;
 A_s, A'_s ——纵向受拉及受压钢筋的截面面积;
 A_w ——配置在同一弯起平面的弯起钢筋截面面积;
 A_{js} ——间接钢筋的换算截面面积;
 A ——构件的截面面积;

- A_k ——混凝土的截面面积；
 A'_k ——混凝土受压区的截面面积；
 A_{ke} ——构件的核心截面面积；
 b ——矩形截面宽度，T形或工字形截面的肋部宽度；
 b_i, b'_i ——T形或工字形截面受拉及受压区的翼缘宽度；
 d ——圆截面的直径或钢筋直径；
 d_{ke} ——构件的核心截面直径；
 e, e' ——纵向力作用点至钢筋 A_s 、 A'_s 合力作用点之间的距离；
 e_0 ——纵向力作用点至截面重心（或形心）之间的距离；
 h ——截面高度；
 h_0 ——截面的有效高度；
 h_i, h'_i ——T形或工字形截面受拉及受压区的翼缘高度；
 J ——截面的惯性矩；
 J_0 ——换算截面的惯性矩；
 W ——混凝土截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 S ——沿构件轴线方向间接钢筋的间距，或螺旋式钢筋的螺距或钢箍间距；
 S_0 ——混凝土有效截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩；
 S_h ——混凝土受压区截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩；
 x ——混凝土的受压区高度；
 ξ ——混凝土受压区的相对高度或纵筋配筋特征系数 $\xi = \frac{x}{h_0} = \mu \frac{R_g}{R_w} = \frac{A_s R_g}{b h_0 R_w}$ 。

计 算 系 数

- K ——强度设计安全系数；
 K_f ——抗裂度设计安全系数；
 n ——钢筋与混凝土弹性模量比值 $n = \frac{E_s}{E_c}$ ；
 φ ——纵向弯曲系数；
 η ——考虑纵向弯曲影响的偏心距增大系数；
 μ ——纵向钢筋的配筋率；
 μ_K ——钢箍的配筋率；
 ξ_K ——钢箍配筋特征系数 $\xi_K = \mu_K \frac{R_{gK}}{R_a} = \frac{n a_K R_{gK}}{b S R_a}$ ；
 B ——刚度；
 f ——挠度；
 δ_f ——裂缝宽度。

目 录

序 言	
基本符号	
第一章 绪论及钢筋混凝土材料的力学性能	1
思考题	1
第二章 钢筋混凝土结构计算原理及安全度	3
第一部份 思考题	3
第二部份 部份思考题解	3
第三章 受弯构件的强度计算	5
第一部份 思考题	5
第二部份 习题	6
第三部份 基本内容及例题	9
第一节 垂直截面强度计算	9
§ 3—1 单筋矩形截面抗弯强度计算	9
(一) 基本公式及适用条件	9
(二) 基本公式及适用条件的应用	11
§ 3—2 双筋矩形截面抗弯强度计算	17
(一) 基本公式及适用条件	17
(二) 基本公式及适用条件的应用	20
§ 3—3 单筋T形截面抗弯强度计算	29
(一) 基本公式及适用条件	29
(二) 基本公式及适用条件的应用	32
§ 3—4 双筋T形截面抗弯强度计算	40
(一) 基本公式及适用条件	40
(二) 基本公式及适用条件的应用	43
第二节 斜截面强度计算	54
§ 3—5 斜截面抗剪强度计算	55
(一) 基本公式及适用条件	55
(二) 基本公式及适用条件的应用	59
§ 3—6 保证垂直截面及斜截面抗弯强度的构造要求	70
(一) 保证垂直截面抗弯强度的构造要求	70
(二) 保证斜截面抗弯强度的构造要求	71
第四部份 部份思考题解	79

第四章 受压构件的强度计算	81
第一部份 思考题.....	81
第二部份 习题.....	82
第三部份 基本内容及例题.....	89
第一节 轴心受压构件强度计算.....	89
§ 4—1 配置纵向钢筋及钢箍的柱.....	89
(一) 基本公式及适用条件.....	89
(二) 基本公式及适用条件的应用.....	90
§ 4—2 配置纵向钢筋及螺旋式(或焊接环)钢筋的柱.....	92
(一) 基本公式及适用条件.....	92
(二) 基本公式及适用条件的应用.....	93
第二节 偏心受压构件强度计算.....	94
§ 4—3 矩形截面非对称配筋构件强度计算.....	94
(一) 基本公式及适用条件.....	94
(二) 基本公式及适用条件的应用.....	96
§ 4—4 矩形截面对称配筋构件强度计算.....	117
(一) 基本公式及适用条件.....	117
(二) 基本公式及适用条件的应用.....	118
§ 4—5 T形及工字形截面非对称配筋构件强度计算.....	132
(一) 基本公式及适用条件.....	133
(二) 基本公式及适用条件的应用.....	136
§ 4—6 T形及工字形截面对称配筋构件强度计算.....	166
(一) 基本公式及适用条件.....	166
(二) 基本公式及适用条件的应用.....	168
第四部份 部份思考题解.....	187
第五章 受拉构件的强度计算	195
第一部份 思考题.....	195
第二部份 习题.....	195
第三部份 基本内容及例题.....	196
第一节 轴心受拉构件强度计算.....	196
§ 5—1 轴心受拉构件强度计算.....	196
(一) 基本公式.....	196
(二) 基本公式的应用.....	196
第二节 偏心受拉构件强度计算.....	197
§ 5—2 矩形截面偏心受拉构件强度计算.....	197
(一) 基本公式及适用条件.....	197
(二) 基本公式及适用条件的应用.....	199
第六章 受扭及受弯——扭构件的强度计算	215

第一部份 思考题	215
第二部份 习题	215
第三部份 基本内容及例题	215
§ 6—1 矩形截面受扭构件强度计算	216
(一) 基本公式	216
(二) 适用条件	217
(三) 构造要求	217
§ 6—2 矩形截面受弯——扭构件强度计算	217
(一) 基本公式	217
(二) 适用条件	218
(三) 基本公式及适用条件的应用	218
第七章 钢筋混凝土构件抗裂度、裂缝宽度及变形(刚度)计算	222
第一部份 思考题	222
第二部份 习题	222
第三部份 基本内容及例题	222
第一节 轴心受拉构件抗裂度及裂缝宽度计算	223
§ 7—1 轴心受拉构件抗裂度及裂缝宽度计算	223
(一) 基本公式	223
(二) 基本公式的应用	224
第二节 受弯构件抗裂度及裂缝宽度计算	224
§ 7—2 受弯构件抗裂度及裂缝宽度计算	225
(一) 基本公式	225
(二) 基本公式的应用	226
第三节 受弯构件变形(刚度)计算	229
§ 7—3 受弯构件变形(刚度)计算	229
(一) 基本公式	229
(二) 基本公式的应用	229
附 录	
附表(一) A_0 与 r_0 、 ξ (或 A_{02} 、 r_{02} 、 ξ_2) 函数关系表	231
附表(二) 轴心受压构件纵向弯曲系数 φ	232
附表(三) 偏心受压构件 T 形截面系数 V	232
附表(四) 受弯构件不需作变形验算的最小截面高度	232

第一章 绪论及钢筋混凝土材料的力学性能

思 考 题

- 1—1 试述钢筋混凝土结构学的主要任务、基本的研究方法与发展方向。
- 1—2 以受弯构件为例试述混凝土中配置适量钢筋的目的。
- 1—3 钢筋与混凝土是两种不同性质的材料为何能共同工作。
- 1—4 钢筋混凝土具有自重较大、抗裂性较差的缺点，为何在目前及今后较长的一段历史时期内仍将成为大量使用的建筑材料。
- 1—5 影响混凝土强度及变形性能的因素有哪些，其中主要影响因素是什么。混凝土抗压强度与哪些试验条件有关，为何有这种关系。
- 1—6 何谓混凝土“立方强度”及标号，两者有何区别，有何用途；我国现行的钢筋混凝土结构设计规范(TJ10—74)规定的混凝土标号有哪些，如何选用。
- 1—7 确定混凝土标号时为何采用边长为20cm的立方试块、温度为 $20^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、养护令期为28天的试验条件。
- 1—8 混凝土立方试块仅尺寸或令期或温度为非标准条件，其余均为标准试验条件时，试问此时如何确定混凝土标号。
- 1—9 为何建立混凝土轴心抗压强度指标，确定轴心抗压强度时为何取 $h/a\geq 3$ 的棱柱体试件；轴心抗压强度平均值与标号平均值有何关系。
- 1—10 为何建立混凝土弯曲抗压强度指标，确定弯曲抗压强度时为何不能直接测定其数值；弯曲抗压强度平均值与轴心抗压强度、标号平均值有何关系。
- 1—11 为何建立混凝土抗拉强度指标，如何确定混凝土抗拉强度；抗拉强度平均值与轴心抗压强度、标号平均值有何关系。
- 1—12 试述混凝土棱柱体在轴心受压一次加荷短期荷载作用下应力应变曲线变化的几个主要阶段，并加以分析说明之。
- 1—13 何谓混凝土轴心受压、受拉极限应变；混凝土极限受压应变及 R_a 相对应的压、拉应变一般为多少。
- 1—14 何谓混凝土徐变，其徐变系数一般为多少；影响混凝土徐变变形值的因素有哪些，其中主要影响因素是什么。
- 1—15 何谓混凝土膨胀与收缩，其收缩系数一般为多少；它与温度变化引起混凝土的膨胀与收缩有何本质的不同；采取何种措施可减少混凝土的膨胀与收缩变形。
- 1—16 何谓混凝土弹性模量，如何确定其弹性模量值；何谓混凝土弹塑性模量，弹性与弹塑性模量有何关系。

1—17 试述建筑钢筋（丝）如何分类；在钢筋混凝土结构中对钢筋（丝）有何主要要求，如何确定上述主要指标。

1—18 试述软、硬钢钢筋（丝）应力应变曲线变化的几个主要阶段；对于软钢钢筋为何确定屈服强度作为设计时抗拉强度指标；钢筋混凝土结构中为何Ⅲ级钢以上钢筋及钢丝在设计时其抗压设计强度低于抗拉设计强度；对于软、硬钢钢筋（丝）达到抗拉设计强度时一般情况下应变值各为多少。

1—19 钢筋为何进行冷加工；如何进行钢筋冷拉，何谓冷拉应力与冷拉率、单控与双控、冷拉时效；如何进行钢筋冷拔；钢筋冷加工后其强度和变形性能有何变化。

1—20 钢筋与混凝土之间粘结强度的组成因素有哪些，如何确定其粘强度值，如何提高其粘结强度，如果钢筋强度充分利用时如何计算其锚固长度；为何受拉钢筋较受压钢筋锚固长些。

1—21 钢筋混凝土与混凝土材料的徐变、收缩值为何不同，钢筋混凝土材料的徐变及收缩系数一般为多少。

1—22 混凝土徐变在钢筋混凝土结构中意义何在；有一钢筋混凝土短柱承受轴向压力 N ，开始时钢筋及混凝土应力分别为 σ_g 、 σ_h ，过一段时间后钢筋及混凝土应力有何变化，试说明之。

1—23 混凝土收缩在钢筋混凝土结构中影响如何；有一钢筋混凝土短柱在空气中恒温条件下看护，开始时钢筋及混凝土应力 $\sigma_g = \sigma_h = 0$ ，过一段时间后钢筋及混凝土应力有何变化，试说明之。

1—24 有一钢筋混凝土直径较大的圆形水池，池底与池壁采用固接，一年前做好池底，而今方做好池壁，试问池壁是否会出现裂缝若出现裂缝试分析裂缝出现原因及其分布。

第二章 钢筋混凝土结构计算原理 及安全度

第一部份 思考题

- 2—1 建筑结构设计基本目的，结构设计理论要解决的根本问题是什么。
- 2—2 何谓钢筋混凝土结构的极限状态，为何建立结构极限状态的概念，在钢筋混凝土结构中有哪些极限状态，试举例说明之。
- 2—3 何谓标准荷载，一般情况下标准荷载是如何确定的；何谓材料的标准强度及设计强度，我国现行规范(TJ10—74)材料(钢筋、混凝土)标准强度及设计强度是如何取值的，其保证率各为多少。
- 2—4 何谓结构的安全度，影响钢筋混凝土结构安全度的主要因素是什么，在我国现行规范(TJ10—74)结构设计中如何考虑这些因素。
- 2—5 试述结构安全度按概率的定义及其几种表达方法。
- 2—6 试述钢筋混凝土结构按极限状态设计理论计算的一般原理，举例说明之。

第二部份 部份思考题解

2—1 解：建筑结构设计的基本目的：是采用经济的方法，使结构在预定条件及予定使用期间内具有各种功能。

所谓预定条件：是指结构在正常设计、正常材料、正常施工及正常使用的条件。

所谓预定期间：是指结构在施工及使用的期间。

所谓各种功能：是指结构在预定条件及予定期间内能安全可靠地承受各种可能的荷载作用，且其抗裂度或裂缝宽度、变形或振动等均应满足正常使用的要求；并且在生物的、化学的以及其它因素的影响之下具有足够的耐久性。

要达到上述基本目的，设计理论必须首先确定结构在予定条件及予定期间内安全可靠与否，正常使用与否的定性标准，或者说结构在予定条件及予定期间内具有各种功能或丧失各种功能的定性标志；必须准确的估量结构在予定期间内承受可能的荷载作用，以及变形、裂缝宽度和振动等荷载效应；必须准确的估量结构本身可能具有的强度、抗裂度，以及结构正常使用和耐久性所允许的变形、裂缝宽度及振动等；与此同时还必须赋予结构最优安全度以及构造措施。上述这些都是设计理论必须解决的根本课题。

按照极限状态的设计理论结构安全可靠与否，正常使用与否的定性标准是结构的极限状态；准确的估量标准荷载及荷载效应——变形 $f_{\max}$ 、裂缝宽度 $\delta_{f\max}$ 等；准确估量结

构本身的抗力——强度、抗裂度以及正常使用和耐久性允许的变形 $[f]$ 、裂缝宽度 $[\delta_f]$ 等，并赋予结构一定的安全度。为了保证结构不出现极限状态其计算原则是（以受弯构件为例）：

$$KM \leq M_p; K_f M \leq M_f; f_{\max} \leq [f]; \delta_{f\max} \leq [\delta_f] \text{ 等。}$$

第三章 受弯构件的强度计算

第一部份 思考题

3—1 何谓受弯构件，梁与板有何区别；何谓单筋、双筋截面受弯构件；钢筋混凝土结构设计包括哪些内容，你对结构计算与构造设计怎样认识。

3—2 梁、板的高度和宽度是根据哪些条件确定的，梁板中各有 哪些 钢筋，其作用、直径、间距、根数以及一般的布置方案是怎样的。

3—3 试述纵向钢筋配筋率 $\mu = \frac{A_s}{bh_0}$ 对受弯构件垂直截面应力状态及破坏特征有何影响，在工程结构中为何必须设计成适筋梁。适筋梁应力状态分为三个阶段意义何在。

3—4 受弯构件垂直截面强度计算的基本假定是什么，目的何在。

3—5 试推导单筋矩形截面梁垂直截面强度计算基本公式，试述其适用条件的意义。采用 I ~ III 级钢钢筋与冷拔低碳钢丝作配筋的构件为何适用条件不一致。

3—6 如何确定混凝土弯曲抗压强度值 R_w ，它与受压区高度有何种关系，为何有这种关系。

3—7 如何确定单筋矩形截面适筋梁适用条件的上限与下限值。

3—8 试述单筋矩形截面受弯构件的抗弯强度的影响因素，若诸影响因素分别按等比例增加，试证哪个因素对抗弯强度影响最大、其次和最次。

3—9 试推导双筋矩形截面受弯构件垂直截面强度计算基本公式，试述其适用条件的意义。单、双筋矩形截面梁的适用条件之一分别为 $KM \leq 0.4bh_0^2 R_w$ 及 $KM \leq 0.5bh_0^2 R_w$ ，试问其物理意义是否相同。

3—10 试推导双筋截面受弯构件适用条件 $Z \leq h_0 - a_s$ 或 $x \geq 2a_s'$ 。

3—11 试述单、双筋矩形截面受弯构件垂直截面强度设计的方法步骤。

3—12 在双筋矩形截面受弯构件垂直截面强度设计中，求 A_s 及 A_s' 时为何能假定 $A_{0.2} = 0.4$ 或 $\xi_2 = 0.55$ ； A_s' 已知求 A_s 时，为何不能假定 $A_{0.2} = 0.4$ 或 $\xi_2 = 0.55$ ；在单筋矩形截面受弯构件垂直截面强度设计中，求 A_s 时又为何不能假定 $A_0 = 0.4$ 或 $\xi = 0.55$ 。

3—13 试述影响 T 形截面受弯构件翼缘与肋共同工作的因素有哪些，设计时如何保证翼缘与肋的共同工作。

3—14 试推导第一类及第二类单筋 T 形截面受弯构件垂直截面强度计算基本公式，试述其适用条件的意义。

3—15 试述单筋 T 形截面受弯构件垂直截面强度设计的方法步骤。

3—16 何谓试算法，你对试算法如何认识，试举例说明之。

3—17 试推导双筋 T 形截面受弯构件垂直截面强度计算基本公式，试述其适用条件的意义。

3—18 试述双筋 T 形截面受弯构件垂直截面强度设计的方法步骤。

3—19 试求在均布荷载作用下的矩形截面简支钢筋混凝土受弯构件主压应力、主拉应力及最大剪应力极值的位置及方向，并试证受弯构件混凝土破坏（开裂）的原因是主拉应力而不是主压应力或最大剪应力（钢筋影响忽略不计）。

3—20 试述钢筋混凝土受弯构件斜截面有几种破坏可能，斜截面受剪破坏有那几种主要破坏形态，影响其破坏形态的主要因素有哪些；试述箍筋配筋率 $\mu_k = \frac{n a_k}{b S}$ 、剪跨比 m 对受弯构件斜截面应力状态及破坏特征有何影响，在工程结构中为何必须设计适箍筋梁。

3—21 均布荷载作用下简支梁，荷载分别作用于截面上边、轴线上及截面下边时，斜截面上弯矩和剪力有何不同，何种情况下弯矩或剪力最大。钢筋混凝土梁斜截面抗剪强度计算时，为何取斜截面上的最大剪力值，而不取斜截面与梁轴线相交处垂直截面剪力值。

3—22 试证在均布荷载作用下的矩形截面简支板，何种情况下要作抗弯强度计算，而不必作抗剪强度计算；何种情况下要作抗剪强度计算，而不必作抗弯强度计算。试设计受弯破坏的超筋、适筋以及受剪破坏的试验梁。

3—23 试推导仅配置箍或配置箍筋及弯起钢筋的梁斜截面抗剪强度计算基本公式及适用条件。在有腹筋梁斜截面抗剪强度计算中， α_{kh} 有何意义，如何确定。

3—24 试述有腹筋梁斜截面抗剪强度计算的方法、步骤。

3—25 保证斜截面抗剪强度的构造措施有哪些。

3—26 试述均布荷载作用下仅配置箍筋梁斜截面抗剪强度的影响因素有哪些，若诸影响因素分别按等比例增加，试证哪个因素对抗剪强度影响最大。

3—27 何谓抗剪、抗弯强度材料图，如何作法，它与剪力、弯矩图，与剪力包络图、弯矩包络图有何区别，有何关系，试举例说明之。

3—28 如何保证钢筋混凝土梁所有垂直截面抗弯强度；如何保证所有斜截面抗剪强度；如何保证所有斜截面抗弯强度。

第二部份 习 题

3—1 矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 5.72tm$ ，强度设计安全系数 $K = 1.40$ ；截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50cm^2$ ；混凝土标号为 200 号， $R_w = 140kg/cm^2$ ，钢筋采用 I 级钢， $R_g = 2400kg/cm^2$ 。试求单筋截面纵向受拉钢筋截面面积 A_g 。

3—2 矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 14.50tm$ ，强度设计安全系数 $K = 1.40$ ；混凝土标号为 200 号， $R_w = 140kg/cm^2$ ，钢筋采用 II 级钢， $R_g = 3400kg/cm^2$ 。试求单筋截面尺寸 $b \times h$ 及纵向受拉钢筋截面面积 A_g 。

3—3 矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 18.90tm$ ，强度设计安全系数 $K = 1.40$ ；截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50cm^2$ ；混凝土标号为 200 号， $R_w = 140kg/cm^2$ ，钢筋采用 II 级钢， $R_g = 3400kg/cm$ 。试求单筋截面纵向受拉钢筋截面面积 A_g 。

3—4 单筋矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 10.5tm$ ，强度设计安全系数 $K = 1.40$ ；截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50cm^2$ ， $a_g = 3.5cm$ ；混凝土标号为 200 号， $R_w = 140kg/cm^2$ ，钢筋

为Ⅱ级钢 $4\Phi 18$, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 10.17 \text{ cm}^2$ 。试问受弯构件垂直截面安全与否。

3—5 单筋矩形截面受弯构件截面尺寸 $b \times h = 15 \times 40 \text{ cm}^2$, $a_g = 6 \text{ cm}$; 混凝土标号为250号, $R_w = 180 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅱ级钢 $8\Phi 18$, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 20.36 \text{ cm}^2$ 。试求受弯构件垂直截面的抗弯强度。

3—6 矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 18 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅰ级及Ⅱ级钢, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $R_g' = 2400 \text{ kg/cm}^2$ 。试求双筋截面纵向钢筋截面面积 A_g 、 A_g' 。

3—7 双筋矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 14.38 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 18 \times 45 \text{ cm}^2$; 混凝土标号为300号, $R_w = 220 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅰ级及Ⅱ级钢, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $R_g' = 2400 \text{ kg/cm}^2$, 受压区已有钢筋, $A_g' = 4.61 \text{ cm}^2$ 。试求双筋矩形截面纵向受拉钢筋截面面积 A_g 。

3—8 双筋矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 15 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 45 \text{ cm}^2$, $a_g' = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅰ级及Ⅱ级钢, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $R_g' = 2400 \text{ kg/cm}^2$, 受压区已有受压钢筋, $A_g' = 3.08 \text{ cm}^2$ 。试求双筋矩形截面纵向受拉钢筋截面面积 A_g 。

3—9 双筋矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 14.3 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 55 \text{ cm}^2$, $a_g' = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅱ级钢, $R_g = R_g' = 3400 \text{ kg/cm}^2$, 受压区已有受压钢筋 $3\Phi 20$, $A_g' = 9.41 \text{ cm}^2$ 。试求双筋矩形截面纵向受拉钢筋截面面积 A_g 。

3—10 双筋矩形截面受弯构件承受弯矩 $M = 15 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $a_g' = 3.5 \text{ cm}$, $a_g = 6 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅱ级钢 $5\Phi 22$ 及 $3\Phi 18$, $R_g = R_g' = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 19 \text{ cm}^2$, $A_g' = 7.63 \text{ cm}^2$ 。试进行双筋矩形截面强度校核。

3—11 双筋矩形截面受弯构件截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $a_g' = 3.5 \text{ cm}$, $a_g = 6 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅰ级钢及Ⅱ级钢 $2\Phi 18$ 及 $5\Phi 26$, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $R_g' = 2400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 26.55 \text{ cm}^2$, $A_g' = 5.09 \text{ cm}^2$ 。试求双筋矩形截面的抗弯强度。

3—12 双筋矩形截面受弯构件截面尺寸 $b \times h = 18 \times 45 \text{ cm}^2$, $a_g = a_g' = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为250号, $R_w = 180 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅰ级钢 $3\phi 24$ 及 $3\phi 20$, $R_g = R_g' = 2400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 13.56 \text{ cm}^2$, $A_g' = 9.41 \text{ cm}^2$ 。试求双筋矩形截面的抗弯强度。

3—13 T形截面梁承受弯矩 $M = 6.60 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $b_f' = 35 \text{ cm}$, $h_f' = 8 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅱ级钢, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$ 。试求单筋T形截面必须的纵向钢筋截面面积 A_g 。

3—14 T形截面梁承受弯矩 $M = 16.50 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $b_f' = 35 \text{ cm}$, $h_f' = 10 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅰ级钢, $R_g = 2400 \text{ kg/cm}^2$ 。试求单筋T形截面必须的纵向钢筋截面面积 A_g 。

3—15 T形截面梁承受弯矩 $M = 19.60 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 45 \text{ cm}^2$, $b_f' = 40 \text{ cm}$, $h_f' = 10 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢

筋采用Ⅱ级钢, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$ 。试求单筋T形截面必须的纵向钢筋截面面积 A_g 。

3—16 单筋T形截面受弯构件承受弯矩 $M = 16 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 55 \text{ cm}^2$, $b'_i = 45 \text{ cm}$, $h'_i = 10 \text{ cm}$, $a_g = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为250号, $R_w = 180 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅱ级钢4 $\phi 25$, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 19.64 \text{ cm}^2$ 。试进行单筋T形截面强度校核。

3—17 单筋T形截面受弯构件截面尺寸 $b \times h = 20 \times 60 \text{ cm}^2$, $b'_i = 40 \text{ cm}$, $h'_i = 10 \text{ cm}$, $a_g = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅱ级钢4 $\phi 24$, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 18.08 \text{ cm}^2$ 。试求单筋T形截面抗弯强度。

3—18 单筋T形截面受弯构件截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $b'_i = 40 \text{ cm}$, $h'_i = 8 \text{ cm}$, $a_g = 6 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 140 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋为Ⅱ级钢6 $\phi 25$, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 29.45 \text{ cm}^2$ 。试求单筋T形截面抗弯强度。

3—19 工字形截面受弯构件承受弯矩 $M = 30.92 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $b'_i = 40 \text{ cm}$, $h'_i = 10 \text{ cm}$, $b_i = 30 \text{ cm}$, $h_i = 10 \text{ cm}$; 混凝土标号为250号, $R_w = 180 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅰ级及Ⅱ级钢, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $R'_g = 2400 \text{ kg/cm}^2$, 试求双筋T形截面纵向钢筋截面面积 A_g 、 A'_g 。

3—20 双筋工字形截面受弯构件承受弯矩 $M = 44 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 55 \text{ cm}^2$, $h'_i = 12 \text{ cm}$, $b_i = 30 \text{ cm}$, $h_i = 12 \text{ cm}$; 混凝土标号为300号, $R_w = 220 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅰ级Ⅱ级钢, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $R'_g = 2400 \text{ kg/cm}^2$, 受压区已有钢筋 $A'_g = 8.04 \text{ cm}^2$, $a'_g = 3.5 \text{ cm}$ 。试求双筋T形截面纵向钢筋截面面积 A_g 。

3—21 双筋T字形截面受弯构件承受弯矩 $M = 34 \text{ tm}$, 强度设计安全系数 $K = 1.40$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 55 \text{ cm}^2$, $b'_i = 40 \text{ cm}$, $h'_i = 10 \text{ cm}$, $a'_g = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为300号, $R_w = 220 \text{ kg/cm}^2$, 钢筋采用Ⅱ级钢, $R_g = R'_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, 受压区已有钢筋4 $\phi 20$, $A'_g = 12.56 \text{ cm}^2$ 。试求双筋T形截面纵向钢筋截面面积 A_g 。

3—22 双筋T形截面受弯构件截面尺寸 $b \times h = 20 \times 60 \text{ cm}^2$, $b'_i = 40 \text{ cm}$, $h'_i = 12 \text{ cm}$, $a_g = 6 \text{ cm}$, $a'_g = 3.5 \text{ cm}$; 钢筋为Ⅰ级及Ⅱ级钢7 $\phi 24$ 及4 $\phi 20$, $R_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $R'_g = 2400 \text{ kg/cm}^2$, $A_g = 31.67 \text{ cm}^2$, $A'_g = 12.56 \text{ cm}^2$ 。试求双筋T形截面抗弯强度。

3—23 矩形截面受弯构件由均布荷载在计算截面产生的最大剪力值 $Q = 16 \text{ t}$, 强度设计安全系数 $K = 1.55$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $a_g = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 110 \text{ kg/cm}^2$, 箍筋及弯起钢筋采用Ⅰ级和Ⅱ级钢, $R_{gK} = 2400 \text{ kg/cm}^2$, $R_{g\omega} = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha = 45^\circ$ 。试求梁仅配置箍筋时箍筋间距 S 及配置箍筋和弯起钢筋时弯起钢筋截面面积 A_{ω} 。

3—24 T形截面受弯构件由均布荷载在计算截面产生的最大剪力值 $Q = 12 \text{ t}$, 强度设计安全系数 $K = 1.55$; 截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$, $b'_i = 40 \text{ cm}$, $h'_i = 10 \text{ cm}$, $a_g = 3.5 \text{ cm}$; 混凝土标号为200号, $R_w = 110 \text{ kg/cm}^2$, 箍筋及弯起钢筋采用Ⅰ级和Ⅱ级钢, $R_{gK} = 2400 \text{ kg/cm}^2$, $R_{g\omega} = 3400 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha = 45^\circ$ 。试求梁仅配置箍筋时箍筋直径及配置箍筋和弯起钢筋时弯起钢筋截面面积 A_{ω} 。

3—25 矩形截面简支梁由集中荷载与均布荷载在计算斜截面共同产生的最大剪力值 $Q = 16 \text{ t}$, 在集中荷载作用点处截面; 集中荷载与均布荷载共同产生的弯矩 $M = 11.5 \text{ tm}$,

总剪力 $Q = 12.5t$ ，集中荷载产生的剪力 $Q = 10.2t$ ，强度设计安全系数 $K = 1.55$ ；截面尺寸 $b \times h = 20 \times 55 \text{ cm}^2$ ， $a_g = 6 \text{ cm}$ ；混凝土标号为 200 号， $R_a = 110 \text{ kg/cm}^2$ ；箍筋及弯起钢筋为 I 级和 II 级钢， $R_{gK} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ ， $R_{g\omega} = 3400 \text{ kg/cm}^2$ ， $\alpha = 45^\circ$ 。试求梁仅配置箍筋时箍筋间距 S 及配置箍筋和弯起钢筋时弯起钢筋截面面积 A_{ω} 。

3—26 试设计静跨度 $l_0 = 6.60 \text{ m}$ ，承受均布荷载 $q = 3.5 \text{ t/m}$ 的钢筋混凝土简支梁。

3—27 试设计静跨度 $l_0 = 4.80 \text{ m}$ ，承受均布荷载 $q = 1 \text{ t/m}$ ，集中荷载 $p = 16 \text{ t}$ （集中荷载作用点为三等分静跨度）的钢筋混凝土简支梁。

3—28 仅配置箍筋的矩形截面梁由均布荷载在验算截面产生的最大剪力 $Q = 11.7 \text{ t}$ ，强度设计安全系数 $K = 1.55$ ；截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$ ， $a_g = 3.5 \text{ cm}$ ；混凝土标号为 200 号， $R_a = 110 \text{ kg/cm}^2$ ，箍筋为 I 级钢， $R_{gK} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ ，箍筋直径 $\phi 8$ $a_K = 0.503 \text{ cm}^2$ ，肢数 $n = 2$ ，间距 $S = 15 \text{ cm}$ ($S \leq S_{\max}$)。试进行验算截面的抗剪强度校核。

3—29 仅配置箍筋的矩形截面钢筋混凝土梁，静跨度 $l_0 = 4.80 \text{ m}$ ，截面尺寸 $b \times h = 20 \times 50 \text{ cm}^2$ ， $a_g = 3.5 \text{ cm}$ ；混凝土为 200 号， $R_a = 110 \text{ kg/cm}^2$ ，箍筋为 I 级钢， $R_{gK} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ ，箍筋分布：静跨度三等分的中间部份，箍筋直径 $\phi 6$ $a_K = 0.283 \text{ cm}^2$ ，肢数 $n = 2$ ，间距 $S = 20 \text{ cm}$ ；其余二等分箍筋直径 $\phi 8$ $a_K = 0.503 \text{ cm}^2$ ，肢数 $n = 2$ ，间距 $S = 15 \text{ cm}$ 。试作出梁斜截面抗剪强度材料图。

第三部份 基本内容及例题

受弯构件在弯矩和剪力作用下一般有两种破坏可能：一种是由于弯矩达到构件垂直截面抗弯强度，使构件垂直截面丧失强度而破坏；一种是由于弯矩或剪力达到构件斜截面的抗弯强度或抗剪强度，使构件斜截面丧失强度而破坏。

本章主要研究受弯构件在弯矩和剪力作用下的垂直截面及斜截面的强度计算以及构造要求，使构件不致丧失抗弯或抗剪强度而破坏。

第一节 垂直截面强度计算

本节主要研究钢筋混凝土受弯构件在弯矩作用下垂直截面的强度计算以及构造要求，使构件不致丧失垂直截面抗弯强度而破坏。

§ 3—1 单筋矩形截面抗弯强度计算

按照极限状态计算理论进行单筋截面受弯构件垂直截面强度计算时，是以单筋截面适筋梁的强度极限状态时的应力图形作为计算依据。

一、基本公式及适用条件

单筋矩形截面受弯构件垂直截面达到强度极限状态时，受拉区混凝土由于裂缝出现而退出工作，受拉钢筋首先达到抗拉设计强度 R_g ；然后受压区混凝土达到弯曲抗压设计强度 R_o ，其截面应力图形如图 3—1。

I. 基本公式：

根据强度条件及图 3—1 隔离体的平衡条件：

$$\begin{aligned} \sum N &= 0 & b x R_o &= R_g A_g & (3-1a) \\ \sum M &= 0 \end{aligned}$$

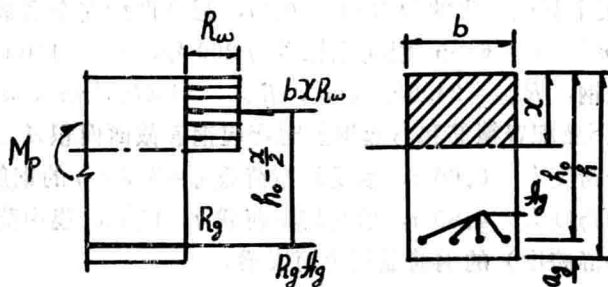


图 3—1

若对受拉钢筋合力作用点取矩：

$$KM \leq M_p = b x R_w \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (3-2a)$$

若对受压区混凝土合力作用点取矩：

$$KM \leq M_p = R_g A_g \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (3-3a)$$

令 $\xi = \frac{x}{h_0}$ 、 $A_0 = \xi(1 - 0.5\xi)$ 、 $r_0 = 1 - 0.5\xi$ 则上述基本公式为

$$\xi b h_0 R_w = R_g A_g \quad (3-1)$$

$$KM \leq M_p = A_0 b h_0^2 R_w \quad (3-2)$$

$$\text{或} \quad KM \leq M_p = R_g A_g r_0 h_0 \quad (3-3)$$

式中 ξ ——混凝土受压区的相对高度；或纵向配筋特征系数；

A_0 ——截面抵抗矩系数；

r_0 ——力臂系数。

上述三个公式可组成三组基本公式，三组基本公式是互相独立的，利用其中任何一组都可求解单筋矩形截面受弯构件的抗弯强度问题。

II. 适用条件

① 为了保证构件为适筋梁，不是超筋梁，规范规定：

对于 I ~ III 级钢作配筋的构件

$$x \leq 0.55 h_0$$

$$\text{或} \quad \mu \leq \mu_{\max} = 0.55 \frac{R_w}{R_g}$$

$$\text{或} \quad \xi \leq 0.55$$

$$\text{或} \quad A_0 \leq 0.4 \quad (3-4)$$

$$\text{或} \quad KM \leq M_{p\max} = 0.4 b h_0^2 R_w$$

上述条件具有同一意义可用图3—2表示之。

对于冷拔低碳钢丝作配筋的构件

$$x \leq 0.45 h_0$$