

中等专业学校教学用书

鋼筋混凝土結構与 构件檢驗

陝西省建筑工程学校 合編
武汉城市建設学院

只限学校内部使用



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



钢筋混凝土结构与构件检验

陕西省建筑工程学校
武汉市建设学院 合編

中国工业出版社

本书介绍钢筋混凝土结构与构件检验基本专业知识，着重叙述弯曲构件和偏心、中心受压构件的基本计算；梁的抗裂性与刚性；装配式预应力钢筋混凝土和芯棒结构的原理及基本计算原则；钢筋混凝土结构与构件检验的目的与任务，试验计划的编制、试验方法的确定和试验资料的整理；各种试验仪表和设备，等等。

本书可作土建类中等专业学校混凝土与建筑制品专业教学用书，也可供其他专业师生及土建工程技术人员参考。

钢筋混凝土结构与构件检验

陕西省建筑工程学校 合编
武汉城市建设学院

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本787×1092¹/₁₆·印张13·字数309,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数001—843·定价（9-4）1.25元

统一书号：15165·388（建工-22）

編 者 的 話

本书分三篇：第一篇——鋼筋混凝土的基本理論；第二篇——装配式鋼筋混凝土結構；第三篇——鋼筋混凝土結構檢驗。第一篇着重叙述弯曲构件和偏心、中心受压构件的基本計算；亦对梁的抗裂性和剛性作了介紹。第二篇着重叙述装配式預应力鋼筋混凝土和芯棒結構的原理，基本計算原理，并列举了預应力組合梁、單面大梁等例題。第三篇分別叙述鋼筋混凝土檢驗的目的和任务，試驗計劃的編制、試驗方法的确定和試驗資料的整理，也介紹了各种試驗仪表与設備。

本书在編写过程中，力求重点突出，兼顧一般：个别叙述，系統总结；并尽量理論联系实际，避免繁瑣，以便讀者举一反三，学以致用。

本书由陝西省建筑工程学校吳紹丕和武汉城市建設学院肖延琳两位同志執筆編写，建筑科学研究院西安分院亦派員参加了审校工作。在拟訂編写大綱时，还征求了結構、制品等方面教师的意見。但由于編者政治和业务水平有限，在內容选择和章节編排上，一定有許多缺点和問題，希望讀者提出批評与指正，以便再版时修改。

陝西省建筑工程学校

武汉城市建設学院

1961年4月西安

目 录

重要符号说明	6
--------	---

第一篇 钢筋混凝土的基本理论

第一章 概 论	10
(1-1) 基本概念	10
(1-2) 发展简史	10
(1-3) 混凝土结构的优缺点及应用范围	11
(1-4) 混凝土的物理力学性能	12
(1-5) 钢筋	14
(1-6) 钢筋混凝土的共同工作	17
(1-7) 按“极限状态”计算钢筋混凝土结构的基本原则	19
第二章 受弯构件	23
(2-1) 概述	23
(2-2) 单筋矩形截面	25
(2-3) T形截面梁	28
(2-4) 双筋矩形梁	33
(2-5) 钢筋的截断	36
(2-6) 箍筋计算	37
(2-7) 箍筋和弯筋计算	41
(2-8) 倾斜截面的弯曲强度	44
(2-9) 扭矩计算	49
第三章 轴心及偏心受压受拉构件	52
(3-1) 轴心受压	52
(3-2) 轴心受拉	53
(3-3) 偏心受压构件	53
(3-4) 偏心受拉构件	65
第四章 抗裂性及刚性	67
(4-1) 受弯构件刚性及挠度的计算	67
(4-2) 弯曲构件裂缝开展的计算	71
(4-3) 轴心拉力构件的抗裂性计算	77

第二篇 装配式钢筋混凝土结构

第五章 装配式一般结构	80
(5-1) 基本计算及构造原理	80
(5-2) 装配式结构的接头和锚固	87

(5-3) 装配式板	90
(5-4) 装配式梁	97
(5-5) 装配式柱和基础	106

第六章 装配式预应力结构

(6-1) 概述	110
(6-2) 预应力混凝土的计算原理和构造	111
(6-3) 预应力损失	116
(6-4) 轴心受拉构件的应力计算	118
(6-5) 弯曲构件的应力计算	125
(6-6) 端头挤压计算	131
(6-7) 轴心受拉构件	134
(6-8) 预应力弯曲构件	135
(6-9) 制造、运输、安装过程的验算	142
(6-10) 配置预应力构件筋的弯曲构件	144
(6-11) 刚度计算	146
(6-12) 带芯棒大型屋面板实例	147
(6-13) 预应力桁架	152

第七章 装配式特种结构

(7-1) 弹性地基梁	155
(7-2) 压力管	156
(7-3) 电杆	157
(7-4) 管桩	158

第八章 整体式结构概论

(8-1) 梁式板肋形楼盖	158
(8-2) 井式板	167
(8-3) 刚架	167

第三篇 构件试验

第九章 构件试验的目的和任务

(9-1) 概述	163
(9-2) 对试验对象考察的基本任务	163

第十章 静力试验

(10-1) 构件静力试验方案	167
(10-2) 选择荷载的原则及荷载设备	168
(10-3) 试验构件的支座	173
(10-4) 构件试验时加卸荷的程序	174

(10-5) 試驗用仪表設備	175	(11-1) 試驗結果的觀察和記錄	190
(10-6) 各种常用仪表的构造原理、安裝 和維護方法	176	(11-2) 构件破損時的一般特征	191
(10-7) 靜力試驗用仪表的布置原則	186	(11-3) 試驗資料的記錄和整理	191
(10-8) 仪表的校正和維修	186	(11-4) 結果分析	195
(10-9) 試驗的安全措施	189	(11-5) 試驗報告	196
第十一章 試驗資料的整理和分析	190	附录	197
		主要參考資料	208

重要符号说明

(1) 普通混凝土部分

R_{np} ——混凝土受压计算强度。

R_{nt} ——弯曲时混凝土受压计算强度。

R_p ——混凝土受拉计算强度。

R_a ——钢筋计算强度。

E_{σ}^{κ} , E_{δ} ——混凝土受压标准及计算弹性模量。

E_a^{κ} , E_a ——钢筋的标准及计算弹性模量。

n ——钢筋弹性模量和混凝土弹性模量之比。

σ_a ——钢筋应力（当计算受弯构件刚度及裂纹展开时）。

m, cm, mm ——分别表示米、厘米和毫米。

η ——工作条件系数。

m_a ——钢筋工作条件系数。

m_n ——当按横向力计算时箍筋和弯筋及相似钢筋的工作条件系数。

N^{κ} , N ——标准及计算纵向力。

M^{κ} , M ——标准及计算弯矩。

$M_{\kappa p}$ ——计算扭矩。

Q ——计算横向力。

l ——构件的计算跨度。

l_0 ——构件的计算长度。

l_1 ——板的较短跨度。

l_2 ——板的较长跨度。

b ——正方形截面的边长或矩形截面的宽度（在基础计算中，柱的边长用 b_1 ）。

b_n ——T形或工字形截面翼缘宽度；当计算构件强度时，位置在受压区域；当计算刚度时，位置在受拉区域。

b_n' ——当计算构件刚度时T形或工字形截面位置在受压区域内的翼缘宽度。

b_x ——受扭矩形构件核心宽度。

h ——矩形、T形或工字形截面高度。

h_0 , h_0' ——截面的有效高度（ $h_0 = h - a$, $h_0' = h - a'$ ）。

h_n ——T形或工字形截面翼缘厚度；当计算构件强度时，位置在受压区域；当计算刚度时，位置在受拉区域。

h_n' ——当计算构件刚度时，T形或工字形截面位置在受压区域内的翼缘厚度。

h_x ——受扭矩形构件核心高度。

a ——由钢筋 F_a 截面重心到较近截面边缘的距离。

a' ——由钢筋 F_a' 截面重心到较近截面边缘的距离。

d ——圆截面的直径或多角形截面内切圆的直径。

r ——回转半径。

x ——当计算构件强度时截面受压区域的高度。

x_{cp} ——当计算构件刚度时截面受压区域的平均高度。

ξ, ξ_{cp} ——受压区域相对高度 ($\xi = x/h_0$; $\xi_c = x_c/h_0$)。

z ——单筋构件受弯时内偶力的臂长; 由混凝土受压区域重心至钢筋 F_a 截面重心的距离。

z_0, z_x ——弯筋 F_0 及箍筋 F_x 至混凝土受压区域重心的距离。

e_0 ——由法向力 N 到截面形心轴的距离。

e ——由法向力 N 到钢筋 F_a 截面重心的距离。

e' ——同上, 但到钢筋 F'_a 截面重心的距离。

F ——混凝土横截面的全部面积。

F_0 ——混凝土受压区域的面积。

F_a ——下列纵钢筋的截面面积:

于轴心受压构件内的全部柔性钢筋; 于受弯构件内的受拉钢筋; 于偏心受压构件内, 在截面受拉或较小受压边的纵钢筋。

F'_a ——下列纵钢筋的截面面积:

于受弯构件内的受压钢筋; 于偏心受压构件内, 在截面较大受压边的纵钢筋。

F_x ——为箍筋或螺旋钢筋或焊环钢筋所包围的核心内混凝土的截面面积。

F_0 ——在一个斜截面中弯筋截面面积。

F_x ——在一个垂直平面内各肢箍筋的总截面面积。

f_c, f_x, f_n ——当计算受扭构件时钢筋截面面积; 分别为一支螺旋钢筋的, 一支附加箍筋的及一根附加纵钢筋的。

S_0 ——全部混凝土有效面积对钢筋 F_a 截面重心的面积矩。

S'_0 ——同上, 但对钢筋 F'_a 截面重心。

S_0 ——混凝土受压面积对钢筋 F_a 截面重心的面积矩。

μ 及 μ' ——钢筋配筋率

$$\left(\mu = \frac{F_a}{bh_0}; \quad \mu' = \frac{F'_a}{bh_0}; \quad \mu_1 = \frac{F_a}{bh}; \quad \mu'_1 = \frac{F'_a}{bh} \right)。$$

μ_p ——T形截面中对梁肋言的 (即用梁肋有效面积表示的) 钢筋配筋率。

S ——螺旋钢筋的螺距或焊环钢筋的间距。

α, α' ——当计算强度时构件截面特征

$$\left(\alpha = \frac{F_a}{bh_0} \cdot \frac{m_a R_a}{R_u}; \quad \alpha' = \frac{F'_a}{bh_0} \cdot \frac{m_a R_a}{R_u} \right)。$$

a ——当计算受弯构件刚度时的截面特征

$$\left(a = 3 \frac{F_a}{bh_0} \cdot \frac{E_a}{E_s} \right)。$$

φ ——纵向弯曲系数。

ψ ——当计算刚度时考虑裂纹间受拉混凝土工作的系数。

ρ ——当荷载长时间作用时, 构件刚度降低系数。

B_{kp}, B ——当荷载短时间及长时间作用时相应的构件刚度。

f_{kp}, f ——当荷载短时间及长时间作用时相应的构件挠度。

η ——计算刚度时内偶力臂的相对长度 ($\eta = z/h_0$)。

C ——计算受弯构件刚度的系数。

l_m ——裂缝间距。

a_m ——裂缝展开宽度。

γ' ——受压区域悬伸翼缘面积对肋的有效面积的比值。

$$\left(\gamma' = \frac{(b_n - b)h_n}{bh_0} \right)。$$

γ_1 ——同上，但为受拉翼缘对肋面积

$$\left(\gamma_1 = \frac{(b_n - b)h_n}{bh_0} \right)。$$

(2) 預应力混凝土部分

$M_{0\beta}^*$ ——所檢查的截面一边的外力时截面核心点的力矩。

N_0 ——在混凝土預压以前預应力鋼筋 F_n 、 F_n' 和非預应力鋼筋 F_a 、 F_a' 的合力。

$M_{0\sigma}^*$ ——截面預压力对核心点的力矩。

R_{np}^* 和 R_{np} ——混凝土抗压标准强度和設計計算强度（棱柱体强度）。

R_{ny}^* 和 R_{ny} ——混凝土弯曲受压标准强度和設計計算强度。

R_a^* 和 R_{ay} ——混凝土抗拉标准强度和設計計算强度。

R 和 R' ——混凝土立方体强度（混凝土标号）和混凝土受預应力作用时的立方体强度。

R_n^* 和 R_{ny} ——預应力鋼筋的标准强度和設計計算强度（强度极限或流限）。

R_a^* 和 R_{ay} ——非預应力鋼筋的标准强度和設計計算强度（流限）。

E_n^* 和 E_a ——鋼筋的标准彈性模数和計算彈性模数。

F_n 和 F_a ——相应为預应力纵向鋼筋和非預应力纵向鋼筋的截面面积；在軸心受压及軸心受拉构件中是指所有鋼筋；在受弯、偏心受压及偏心受拉构件中是指位于混凝土受較大預压区域的受拉鋼筋。

F_n' 和 F_a' ——在受弯、偏心受压及偏心受拉构件中位于混凝土受較小預压区域的相应为預应力和非預应力纵向鋼筋截面面积。

F ——构件横截面面积。

F_{gn} ——考虑到鋼筋 F_n 、 F_n' 、 F_a 及 F_a' 的换算截面面积。

F_{yul} ——截面受拉部分寬出的面积。

W_0 和 W_0' ——相应为不考虑和考虑受拉区域混凝土塑性的构件换算截面对受拉边缘纖維的抵抗矩。

y_n 和 y_n' ——相应为鋼筋 F_n 和 F_n' 的重心到构件换算截面 F_{gn} 重心的距离。

e_0 ——从构件换算截面 F_{gn} 重心到合力 N_0 的距离。

m ——結構（构件）的工作条件系数。

m_x ——鋼筋張拉准确系数。

σ_0 、 σ_0' ——在預应力損失出現以前（为鋼筋在台座上張拉时的控制应力）相应为鋼筋 F_n 和 F_n' 中的应力。

σ_{01} 和 σ_{01}' ——同上，发生在混凝土預压前，部分預应力損失（可能由于鋼絲应力的松弛，錨具的变形，受張拉的鋼筋与承受拉应力的設備之間的溫度差所引起）。

σ_{02} 和 σ_{02}' ——同上，在全部預应力損失出現以后。

σ_{n1} ——在鋼筋 F_n 及 F_n' 中的預应力損失发生于混凝土預压完毕以前。

σ_{n2} ——同上，发生于混凝土預压完毕以后。

σ_{n3} ——同上，但发生全部損失。

σ_n 和 σ_n' ——在預应力損失出現以前（为鋼筋在混凝土上張拉时的控制应力）相应为在鋼筋 F_n 和 F_n' 中的預应力。

$$(\sigma_H = \sigma_0 - n\sigma_\delta; \sigma'_H = \sigma'_0 - n\sigma'_\delta)。$$

σ_{H_1} 和 σ'_{H_1} ——同上，发生在混凝土預压前，部分預应力损失（可能由于錨具的变形，鋼絲束、鋼絞綫或鋼筋与孔道壁間的摩擦所引起）出現以后。

σ_{H_2} 和 σ'_{H_2} ——同上，在全部預应力损失出現以后（建立的預应力）。

σ_a 和 σ'_a ——在非預应力鋼筋水平面上的混凝土由于受預压及受实际的或假定的外力而到达零应力时，由于混凝土收縮和蠕变而引起的、相应为非預应力鋼筋 F_a 和 F'_a 中的应力。

σ'_c ——在混凝土受压破坏的构件极限状态下，驗算强度时鋼筋 F'_H 中的应力。

σ_δ ——当混凝土預压完毕时，在垂直于构件截面任何纖維中之混凝土的預应力：

- 1) 在預应力损失出現以前 (σ_δ)；
- 2) 在混凝土預压前某些預应力损失出現以后 (σ_{δ_1})；
- 3) 在全部损失出現以后（建立的預应力）(σ_{δ_2})。

第一篇 钢筋混凝土的基本理論

第一章 概 論

(1-1) 基 本 概 念

钢筋混凝土结构，是由钢筋及混凝土两种性质不同的材料结合在一起，共同承担外力的构件。

混凝土是一种人工石材。和天然石材一样，混凝土抗压强度高，抗拉强度低，容易产生裂缝，故纯混凝土梁的承载能力很小，若在混凝土梁的受拉区域放上钢筋，全部拉力或大部分拉力由钢筋来承担，这样就会提高承载能力。

钢筋与混凝土为什么能结合在一起共同工作，应从三个方面研究：

1. 混凝土与钢筋表面间存在有粘结力，当外力作用时，使钢筋与混凝土的相邻部分获得相同的变形，从而共同受力；
2. 混凝土与钢筋有相近的线膨胀系数（混凝土为： $0.0000148-0.00001$ ；钢筋为 0.000012 ），当温度变化时，不会发生很大的温度应力；混凝土为不良导热体，能防止钢筋遭受剧烈的温度变化；
3. 混凝土包住钢筋时，能防止钢筋被锈蚀。

(1-2) 发 展 簡 史

钢筋混凝土结构出现于十九世纪后半叶。钢筋混凝土自出现以来，在结构型式、应用范围、施工方法及设计理论等方面有了很大的发展，最初只能制造最简单的结构，如梁、板、柱等，而最早的计算理论是以材料力学为基础按许可应力的方法，由于各国工业的不断发展，使混凝土结构的应用范围亦不断扩大，各国科学家、工程师对混凝土的研究兴趣也大有增加，出现了许多新型结构，因此钢筋混凝土的设计理论随着发展了。

苏联人民在十月革命后的几个五年计划期间，对混凝土结构学的发展作了伟大的贡献。

在第一个五年计划中的伏尔加水电站动力站的主楼，就用混凝土结构的设计；许多厂房采用混凝土刚架、拱、吊车梁……等。并建立了全国性的设计机构来制定大型工厂及联合企业的设计，而这些工厂中混凝土结构常居于首要地位。

苏联在1928年已将薄壳结构用于建筑上，并奠定了薄壳结构的理论基础。装配式结构的推广在苏联比其他国家为早，预应力结构在此时亦开始萌芽。

增产节约是社会主义工业化的根本方针之一，苏联科学家在社会主义工业化的实践

中，經過試驗研究的結果，創立了新的設計理論——“破損階段”的設計理論，更能真實的反映結構的工作狀況，且節約大量的鋼材與水泥。

近年來鋼筋混凝土結構日益發展，生產方法工廠化，預應力結構、空間薄殼結構已普遍應用；“極限狀態”的理論已代替了“破損階段”的理論。

我國解放十一年來，建築業的發展速度是很快的。在第一個五年計劃中，新建的大型廠房就大量採用裝配式鋼筋混凝土構件，全國各地建立了許多鋼筋混凝土構件預制廠，鋼筋混凝土結構已成為各設計院、科學研究院的主要設計和研究課題之一。在1959年，壳体結構在北京國慶工程及我國一些城市的公共建築物中開始應用。預應力結構應用比較廣泛：如鐵道、橋梁、水工建築物、工業與民用建築等；建築工程部門在1960年提出推廣五種新結構（裝配式結構、預應力結構、薄殼結構、鋼絲網結構、懸索結構），其中有四種結構為混凝土結構。這個指示的貫徹將進一步推動我國建築業的繁榮和發展。

（1-3） 混凝土結構的優缺點及應用範圍

一、優點

1. 耐火性——鋼筋並不耐火，如在高溫時即嚴重變形，而混凝土為不良導體，當混凝土包住鋼筋時就能經受高溫，根據歷史資料，保護層為2.5cm時，放在1000—1100°C高溫時，結構物可保持一小時不破壞，若為5cm保護層則可堅持二小時之久。

2. 耐久性——混凝土不象鋼結構那樣會銹蝕，也不象木結構那樣易腐朽，如果注意了配料、水灰比、振搗方法及養護條件等，混凝土的強度將隨時間的增長而增大。經觀察結果，強度可增長至十多年，甚至卅年，而最高強度比28天的強度大三倍左右。故混凝土結構比較符合百年大計要求。

3. 整體性——在建築工地澆制的結構是一個整體，由預制構件裝配成的結構加以適當聯結，也可成為一個整體。整體性對抵抗震動荷重有良好效果。

4. 剛性——等跨而承受相同荷重的混凝土結構，比鋼、木結構的截面都大一些，因而剛性（ EJ ）係數大，變形小。

5. 可塑性——可以塑造成有利於使用、製造及性能良好的型式，如壳体、工字形、空心形等。

二、缺點

1. 費工費料——在現場澆搗時，需要大量腳手架、模板，耗費大量木材，而混凝土漿要運到模板上去澆搗，這些水平與垂直的運輸需耗費大量勞動力，裝配式結構為克服這一缺點創造了有利條件。

2. 自重——斷面大、容重大，當跨度較大時，自重成為主要荷重，但壳体及預應力結構的發展和高標號及高強度鋼材的出現已逐步減輕混凝土結構的自重。

3. 容易發生裂縫——混凝土可拉性極小，約伸長1/10000時，即出現裂縫，使有害氣體或液體侵蝕結構，如能對受拉部分預加壓力就能克服這一缺點。

三、应用范围

混凝土结构的应用范围已经扩大，在房屋建筑上的楼面、屋面、基础、柱等可用钢筋混凝土结构，砖墙也可用大型预制板材来代替。从前在重型或大跨度结构中照例用钢结构，而现在24m、30m的屋架多采用钢筋混凝土桁架。在我国已经成功的设计与试制了61m的桁架，还设计了许多大跨度薄壳结构。

在桥梁建筑上，钢筋混凝土亦广泛的应用，我国铁道部已成功的并成批的制造预应力钢筋混凝土桥面结构。武汉长江大桥即用钢筋混凝土作管桩基础。

在水工结构上，如水库、水闸、船坞、水电站、水管、水塔等均广泛应用。

可以预料，随着混凝土科学的不断发展，不断完善，以及工业化程度的不断提高，它的缺点将进一步克服，而应用范围将更加扩大。

(1-4) 混凝土的物理力学性能

一、混凝土的力学强度

1. 立方体强度及标号——混凝土的立方体强度是以20cm的立方体作成标准试件，龄期28天后在压力机下加压，所得的极限受压强度：

$$R = \frac{N}{F}$$

即为混凝土立方体强度。立方体强度通常作为混凝土的标号，除表示立方体受压强度外，它和长方体（棱柱体）受压、受弯、受拉、受切的极限强度指标有一定关系。重混凝土的标号有：50、75、100、150、200、300、400、500、600等九个等级；轻混凝土有：35、50、75、100、150、200等六个等级。

混凝土的立方体强度受很多因素的影响：水泥、砂石的质量、水灰比、配合比、制造方法、施工条件及养护期限、养护条件等的影响，这些因素在建筑材料中已经讲过了。

立方体强度还受摩擦力的影响，试观察两组试件：一组表面上加一层油脂，则摩擦力极小，试件受压力后纵向缩短横向则膨胀（伸长），由于横向膨胀是自由无

阻碍故试件很快裂开。如图1-1b所示。另一组试件表面上不加油脂，由于表面粗糙，当横向膨胀时试件与压力机的接触表面存在着很大的摩擦力，阻碍着试件的横向膨胀，延迟了破坏时间，试件的单位强度增加了，其破坏特征如图1-1a所示。

立方体强度是以未加油脂的试件为试体所得的极限受压强度，立方体强度也受绝对尺寸的影响，试验说明，15cm立方体及30cm立方体的立方强度与20cm立方体的立方强度不同，前者大、后者小，即绝对尺寸愈小强度愈大，绝对尺寸愈大强度愈小。因此标准试

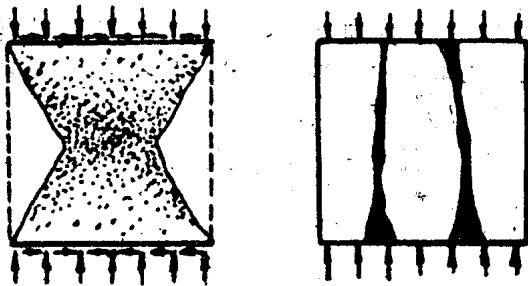


图 1-1 混凝土试块破坏特征

a) 不加油脂；b) 加油脂

件（20cm立方体）的极限抗压强度就是混凝土的标号。若试件为小于20cm立方体时，则极限抗压强度偏高，应乘以小于1的修正系数，若为大于20cm的立方体作试件则极限抗压强度偏低，应乘以大于1的修正系数。

2. 长直强度——试件的高宽比大于和等于3，所得出的单位受压强度，即为长直体或棱柱体的强度。

试验说明，高宽比值不断增加，摩擦力的影响即阻挠试件横向变形的影响就不断减小，长直强度不断降低，直到高宽比等于和大于7.5时摩擦力的影响就没有了。

由此可见，长直强度比立方强度小一些，令 R_{np} 示标准长直强度， R 示标准立方强度，苏联葛沃兹捷夫教授用经验公式表示出二者间的关系，如下式：

$$R_{np} = \frac{1300 + R}{1450 + 3R} R$$

3. 弯曲时受压强度

图1-2示含钢率很大的梁的破损情形。破损的特点，在于受压区域的裂缝与梁边几乎平行，由此可见，弯曲受压强度与立方体强度和长直强度并不相似。



图 1-2 含钢率很大的梁的破损情形

令 R_u 示标准弯曲受压强度，试验证明在低标号时，标准弯曲受压强度等于标准长直强度。在高标号时标准弯曲受压强度大于标准长直强度。

4. 受拉强度

轴心受拉及弯曲受拉的强度实际上是相等的。试验证明受拉强度比立方体强度小得多，影响混凝土受拉强度的因素是极复杂的，而其中最主要的是混凝土的紧密性。

令 R_p 示混凝土受拉极限强度， R_p 与 R 的关系如下式：

$$R_p = \frac{1}{2} \sqrt[3]{(R)^2}$$

5. 受切强度

试验证明，受切强度约为受拉强度的2倍左右，为立方体强度的0.166—0.195倍，受切强度以 R_{cp} 示之。

表 1-1 混凝土的标准强度(kg/cm²)

项次	应力种类	符号	混凝土的标号									
			35	50	75	100	150	200	300	400	500	600
1	轴心受压（棱柱受压）	R_{cp}	28	40	60	80	115	145	210	280	350	420
2	弯曲时受压	R_u	35	50	75	100	140	180	260	350	440	520
3	受拉	R_p	5	6	8	10	13	16	21	25	28	30

二、混凝土的彈性及彈性模數

混凝土受压时的应力应变关系如图1-3所示。

由图可知，混凝土的应力与变形不成正比，那怕是应力很小时，塑性变形就发生了，从而 σ 与 ϵ 的关系再不能用 $E = \sigma/\epsilon$ 来表示了。

由此可见，混凝土受压时的弹性模数是一变数，当 σ 越大， ϵ 增长得更快，则 E 越小，試驗說明，受拉时的弹性模数比受压时的弹性模数小。

E 值随水灰比值、水泥、粒料质量而变。

紧密的混凝土比多孔的混凝土的 E 值大， E 值并随年龄而增长。

E 是混凝土质量的重要指标，大的 E 值使构件变形减小。在計算梁的剛度及分析靜不定結構应力时都与 E 值有关系。

标准弹性模量列于表1-2。

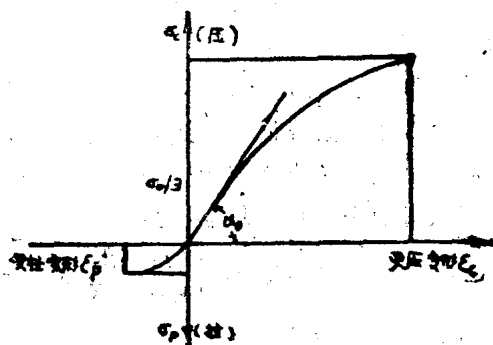


图 1-3 混凝土受压时的应力应变关系

表 1-2 混凝土受压时的标准弹性模量 E_g (kg/cm^2)

項次	混凝土的标号	重 混 凝 土	輕 混 凝 土
1	35	—	60000
2	50	110000	70000
3	75	155000	95000
4	100	190000	110000
5	150	240000	130000
6	200	290000	150000
7	300	340000	—
8	400	380000	—
9	500	410000	—
10	600	430000	—

(1-5) 鋼 筋

一、鋼筋的作用、标号、分类及直径

鋼筋混凝土結構中的鋼筋主要作用在于抵抗拉应力，也用来抵抗压应力、溫度应力；有时虽不直接抵抗外力，但可起构造和分布內力的作用。

现代工业发达的結果，使用在建筑上的鋼筋标号特別多，不过总的說来有两种鋼：

一种是含炭量較少的軟质鋼，称为低炭鋼和中炭鋼，这种鋼的应力应变图正如材料力

学所讲的一样，有明显的屈服点及屈服台阶。另一种是含炭量較高的硬質鋼，其特点是强度高、质脆、沒有明显的屈服点及屈服台阶，通常取它的极限强度为标准强度。

在混凝土结构中，常用鋼筋的标准强度 (R_a^s 示之) 列于表1-3:

表 1-3 鋼筋的标准强度 R_a^s (kg/cm^2)

項次	鋼筋种类	标准强度 R_a^s (kg/cm^2)
1	Cr.0号鋼的热軋圓鋼，扁鋼和型钢	1900
2	Cr.3号鋼的同上鋼筋	2400
3	Cr.0号鋼經过强力拉測的热軋圓鋼	2400
4	Cr.3号鋼的同上鋼筋	2800
5	Cr.5号鋼的热軋变形鋼筋	2800
6	25ГC号鋼的同上鋼筋	4000
7	直徑为5.5mm及5.5mm以下的冷拔鋼絲	5500
8	直徑为6—10mm的同上鋼絲	4500
9	Cr.0号及Cr.3号鋼的冷压变形鋼筋	4500

表中 1—6 項的 R_a^s 值为屈服点值，7—9 項为极限强度值。

鋼筋的分类：鋼筋总的分两大类，即勁性鋼筋及柔性鋼筋。勁性鋼筋如工字鋼、角鋼与槽鋼等。目前建筑工业中勁性鋼筋已很少使用，用途最广的是柔性鋼筋，柔性鋼筋的外形有方形、圓形，而常用者为圓形，鋼筋的表面有光面的和規律变形的，譬如表面上有規律的竹节、螺紋、压扁等，一般說來Cr.0及Cr.3常为光面的，Cr.3有时为竹节的，而Cr.5及25ГC常成螺紋形式，在图1-4、1-5、1-6中示有常用的变形鋼筋。

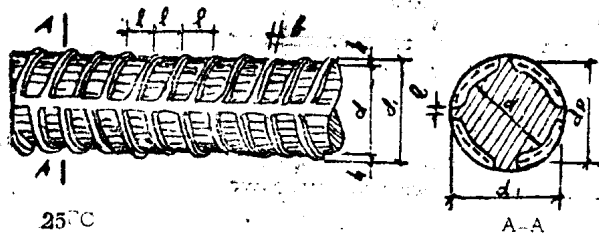


图 1-4 变形鋼筋之一

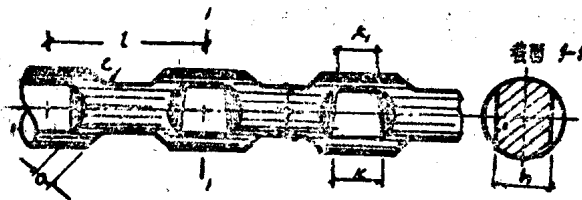


图 1-6 变形鋼筋之三

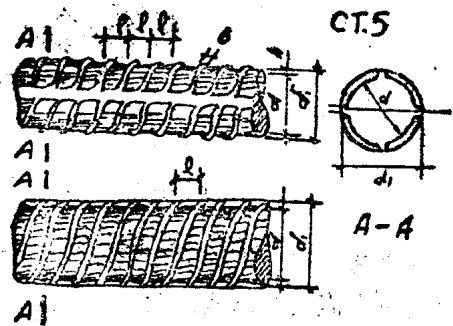


图 1-5 变形鋼筋之二

如果依作用分則有:

1. 受力鋼筋——系梁板中及拉杆中承受拉力，或在柱中承受压力，及在梁中弯起后承受橫向力;
2. 分布鋼筋——系在板中保証受力鋼筋的联合工作;
3. 鋼箍——为固定受力鋼筋的位置，并承担橫向力;

4. 架立钢筋——系固定钢筋的位置，为构成钢筋骨架为一体。
各类钢筋的用途见图1-7。

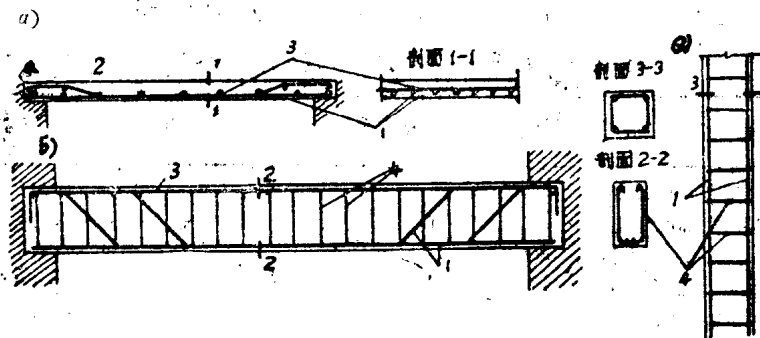


图 1-7 钢筋混凝土构件配筋图

a) 板; b) 梁; c) 柱

1—受力钢筋; 2—架立钢筋; 3—分布钢筋; 4—钢箍

二、弯钩、弯起及接头

为了增强粘结力，常在绑扎的、受力的光面钢筋的末端加上弯钩。常用的弯钩为半圆弯钩，它又分手工半圆弯钩与机器半圆弯钩。在板中常用直角弯钩。各种弯钩见图1-8所示。

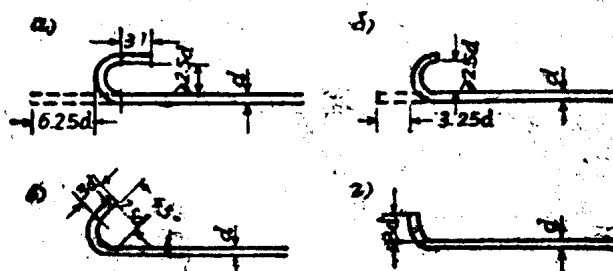


图 1-8 弯钩

a) 手工半圆弯钩; b) 机器半圆弯钩; c) 斜弯钩; d) 直角弯钩

弯起钢筋：钢筋的弯起应成平滑的曲线，通常在梁中弯起成 45° ，板中成 30° ，弯筋的两端应有直段及弯钩，当直段位于受压区域时，直段长为 $10d$ ，当直段位于受拉区域时，直段长为 $20d$ 。弯筋的型式如图1-9所示。

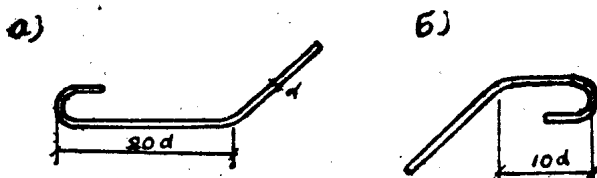


图 1-9 弯筋的构造

a) 光面弯筋断在受拉区时的端部构造; b) 光面弯筋断在受压区时的端部构造

钢筋的接头：