

村镇建筑技术培训班教材

建筑结构

姚国祥 龙自乾 编

城乡建设环境保护部乡村建设局
城乡建设环境保护部教育局

村镇建筑技术培训班教材

建 筑 结 构

姚国祥 龙自乾 编

城乡建设环境保护部乡村建设局
城乡建设环境保护部乡村建设局教育局

出版说明

村镇建筑技术培训班教材共八册：“建筑制图与构造”、“建筑测量”、“建筑材料”、“建筑力学”、“建筑结构”、“建筑施工”、“建筑设计”、“建筑水电知识”。

教材内容从我国村镇建筑的实际出发，注意了地方性和针对性，文字通俗。适用于培训具有初中以上文化程度的初级技术人才，也可供从事村镇建设工作的干部、知识青年和农村“五匠”参考和自学。

* * *

本教材编辑小组成员为：李祯祥、程上直、姚国祥、何福继、黄运铨、余德池，由李祯祥、程上直任正副组长。

* * *

《建筑结构》由四川省建筑工程学校姚国祥、龙自乾编写，姚国祥为主编，山西省建筑工程学校何荣生审阅。本书插图由四川省建筑工程学校李湘绘制。

前

言

我国十亿人口，八亿在农村。农业是国民经济的基础，农村的经济建设与发展，直接关系到四个现代化的进程，是今后二十年经济发展的战略重点之一。

由于党在农村政策的落实，农村政治经济形势发生了巨大变化，乡村建设工作，也开始从单纯的农房建设，进入对整个村镇进行综合规划，综合建设的新阶段。要把我国现在还比较落后的村镇，逐步建设成现代化的，高度文明的社会主义新农村，相应的也迫切需要培养造就一大批村镇建设专门人才，建立起一支村镇建设的专业队伍。

为了满足村镇建设人才培养的需要，我们组织部系统部分中等专业学校教师，编写了“建筑制图与构造”、“建筑测量”、“建筑材料”、“建筑力学”、“建筑结构”、“建筑施工”、“建筑设计”、“建筑水电知识”等八册，适用于短期培训村镇建筑设计、施工人员学习用的教材。具有初中毕业文化水平、学完教材全部内容约需六个月。学习结束，可获得村镇建设初级技术人员必备的基本知识，能从事村镇一般建筑的施工、设计和建设管理工作。这套教材也可用来举办三个月左右的短训班，学习部分课程，达到能从事单方面工作的目的。如开设“建筑制图与构造”、“建筑材料”、“建筑测量”和“建筑施工”课程，结业后可以从事施工工作；开设“建筑制图与构造”、“建筑材料”、“建筑测量”、“建筑设计”、“建筑水电知识”课程，结业后可以从事简单建筑的建筑设计工作；开设“建筑制图与构造”、“建筑材料”、“建筑力学”、“建筑结构”课程，结业后可以从事简单建筑的结构设计工作。

编写村镇建筑技术培训班教材，没有经验，加上时间仓卒，书中缺点错误在所难免，希望广大读者批评指正，以便进一步修订。

城乡建设环境保护部乡村建设局

城乡建设环境保护部教育局

一九八二年六月

目 录

第一篇 钢筋混凝土结构

绪 论	1
第一章 钢筋混凝土材料的主要物理力学性能	3
§ 1—1 混凝土的主要力学性能	3
§ 1—2 钢筋的主要力学性能	5
§ 1—3 钢筋与混凝土之间的粘结力	6
附录 1—1 绑扎骨架和绑扎网中受力钢筋搭接时的最小搭接长度 L_d	7
附录 1—2 在搭接长度 L_d 区段内受力钢筋接头面积的允许百分率	7
第二章 钢筋混凝土结构的基本计算原理	8
§ 2—1 钢筋混凝土结构的安全度	8
§ 2—2 钢筋混凝土结构构件的基本计算原理	8
附录 2—1 混凝土的标准强度、设计强度和弹性模量	10
附录 2—2 钢筋的设计强度、弹性模量	11
附录 2—3 钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件设计安全系数	13
附录 2—4 楼、屋面均布活荷载	14
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面强度计算	15
§ 3—1 钢筋混凝土梁在荷载作用下的受力分析	15
§ 3—2 单筋矩形截面受弯构件正截面强度计算	19
§ 3—3 双筋矩形截面受弯构件计算	23
§ 3—4 T 形截面梁正截面强度计算	26
§ 3—5 钢筋混凝土受弯构件的构造措施	31
附录 3—1 钢筋的计算截面面积及理论重量表	36
附录 3—2 板宽 100cm 内各种钢筋间距时钢筋截面面积表	37
附录 3—3 分布钢筋的直径及间距参考表	37
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面强度计算	38
§ 4—1 概 述	38
§ 4—2 斜截面强度计算	40
§ 4—3 梁的斜截面构造措施	46
第五章 钢筋混凝土受压构件	48
§ 5—1 钢筋混凝土轴心受压构件	48

§ 5—2 钢筋混凝土偏心受压构件	51
§ 5—3 柱的构造措施	59
第六章 预应力混凝土构件的基本知识	60
§ 6—1 预应力混凝土的概念	60
§ 6—2 施加预应力的方法	62
§ 6—3 张拉控制应力与预应力损失	63
第七章 钢筋混凝土楼盖设计	66
§ 7—1 装配式钢筋混凝土楼盖	66
§ 7—2 现浇整体式钢筋混凝土楼(屋)盖的设计	77

第二篇 砖石结构

绪 论	94
第八章 砖石砌体强度指标及计算原理	95
§ 8—1 影响砌体强度的主要因素	95
§ 8—2 砖石砌体的强度指标	96
§ 8—3 总安全系数的计算原理	99
第九章 无筋砖石砌体的强度计算	100
§ 9—1 轴心与偏心受压砌体的强度计算	100
§ 9—2 混合结构房屋墙、柱的静力计算方案	103
§ 9—3 墙、柱的高厚比验算	105
§ 9—4 多层刚性方案房屋墙、柱的计算	109
§ 9—5 砖石结构房屋的构造要求	110
第十章 拱结构	116
§ 10—1 砖拱的适用范围、构造要求及设计计算	116
§ 10—2 拱的设计实例	118

第三篇 木结构

绪 论	123
第十一章 结构用木材及木结构计算方法	124
§ 11—1 木材的力学性能	124
§ 11—2 木材的容许应力	127

第十二章 基本构件计算	129
§ 12—1 轴心受拉构件.....	129
§ 12—2 轴心受压构件.....	129
§ 12—3 受弯构件.....	131
§ 12—4 偏心受压构件.....	132

第十三章 木屋架	134
§ 13—1 齿联结.....	134
§ 13—2 螺栓联结和钉联结.....	139
§ 13—3 木屋架的设计与计算.....	142

第四篇 地基与基础

绪 论.....	164
----------	-----

第十四章 土力学的基本知识	165
§ 14—1 土的主要物理力学指标.....	165
§ 14—2 无粘性土的特征.....	170
§ 14—3 粘性土的特征.....	170
§ 14—4 土的工程分类.....	172
§ 14—5 地基的容许承载力.....	173

第十五章 土中应力的计算	178
§ 15—1 自重应力和附加应力.....	178
§ 15—2 基础底面压力的计算.....	180

第十六章 地基基础设计的原则	183
§ 16—1 地基计算的一般规定.....	183
§ 16—2 地基基础的设计步骤.....	183
§ 16—3 减少建筑物不均匀沉降的措施.....	184

第十七章 天然地基上浅基础的设计	186
§ 17—1 刚性基础.....	186
§ 17—2 钢筋混凝土板式基础.....	192

第一篇 钢筋混凝土结构

绪 论

一、钢筋混凝土的一般概念

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种物理力学性能完全不同的材料所组织。混凝土是一种人工石料，抗压强度很高，但抗拉强度却很低（约为抗压强度的 $1/9 \sim 1/18$ ）。钢筋的抗拉和抗压能力都很强。为了充分利用材料的性能，把钢筋和混凝土结合在一起共同工作，使混凝土主要承受压力，钢筋承受拉力，以满足工程结构的使用要求。见图 0—1

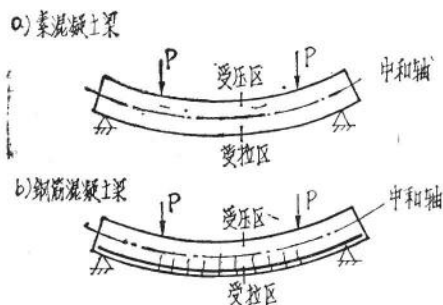


图 0—1

上图有两根简支梁，一根为素混凝土梁，另一根为钢筋混凝土梁，即在梁的受拉区配有钢筋。由试验可知：素混凝土梁在荷载作用下，受拉区边缘的混凝土一旦开裂，梁在瞬间即脆断而破坏，梁的承载能力很低。对于钢筋混凝土梁，受拉区配置了适量的钢筋，拉区的拉力主要由钢筋承担，压区的压力由混凝土承担。与素混凝土梁相比，在拉区边缘混凝土开裂后，还可以继续加荷载，拉区的应力全部由钢筋承受，直到受拉钢筋的应力达到屈服强度，

压区混凝土被压碎，梁才破坏。这样，钢筋与混凝土两种材料的强度均得到了较充分的利用，从而使钢筋混凝土梁的承载能力比素混凝土梁的承载能力提高很多。

钢筋和混凝土这两种性质不同的材料为什么能结合在一起有效地共同工作呢？这主要由于混凝土在硬化后，它与钢筋之间产生了良好的粘结力，使两者可靠地结合在一起，从而在外荷载作用下，钢筋与相邻的混凝土能够共同变形。再者，钢筋与混凝土两种材料的温度线膨胀系数接近（钢为 1.2×10^{-5} ；混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ），当温度产生较大的变化时，不致由于变形不同而破坏二者之间的粘结力。

二、钢筋混凝土结构的主要优缺点

钢筋混凝土结构除了能充分利用钢筋与混凝土两种材料的力学性能外，还具备以下优点。

1、耐久性能好。在钢筋混凝土结构中，混凝土的强度随时间的增加而增长，钢筋由于受到混凝土的保护而不易锈蚀。所以钢筋混凝土结构与砖石结构，钢结构和木结构相比耐久性要好。建成以后几乎不要保修和维修。

2、耐火性能好。因为钢筋被包在混凝土内，混凝土又是不良导热体，在遇到火灾时，钢筋温度不会很快上升软化，失去承载力，与钢、木结构相比，钢筋混凝土结构具有较好的耐火性。

3、整体性能好。钢筋混凝土结构特别是现浇钢筋混凝土结构与其他结构相比，整体性能好，只要设计得当，具有较好的抗震性能。

4、可模性好。钢筋混凝土可以根据需要浇制成各种形状和尺寸的结构。

5、就地取材。钢筋混凝土所用的原材料砂和石子，一般均易于就地取材。还可以将工业废料（如矿渣、粉煤灰等）制成人造骨料用到钢筋混凝土结构中去。

6、节约钢材。钢筋混凝土结构由于合理地发挥了材料的性能，在一定的范围内可以代替钢结构，从而节约了钢材降低了造价。

但是，钢筋混凝土结构也存在一些缺点：普通钢筋混凝土自重大，对于大跨度房屋，高层建筑是不利的；钢筋混凝土结构在制作过程中耗用大量木材做模板；此外钢筋混凝土结构还存在隔热，隔音性能较差，加固和折修困难，施工受季节气候条件影响等缺点。但是，这些缺点随着科学技术水平的提高，是可以逐步得到克服的。如采用轻质骨料，钢制定型模板等等。

三、钢筋混凝土结构在村镇建设中的应用概况

钢筋混凝土结构产生、发展，至今已有一百多年的历史。目前在我国工业与民用建筑中已经广为应用。近些年来，随着我国农村经济的发展，农民生活水平的不断提高，村镇建设事业得到了迅速的发展，钢筋混凝土结构在村镇建设中的应用已经逐渐普遍。全国许多省市的农村，用钢筋混凝土和预应力混凝土建造许多住宅、商店、中小型影剧院，仓库、各种生产车间等等。除此而外，还有将钢筋混凝土结构用于农田灌溉设施，给水排水工程，桥梁和涵洞工程等等。

随着农村经济的进一步发展，农村科学技术水平进一步普及提高，钢筋混凝土结构在农村建设中的应用必将进一步普遍，在建设社会主义新农村中必将发挥着越来越大的作用。

第一章 钢筋混凝土材料的主要物理力学性能

§ 1—1 混凝土的主要力学性能

一、立方强度与混凝土标号

根据我国《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74)(以下简称《规范》)规定,以边长为20cm的混凝土立方体标准试块,在标准条件下(温度 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $\geq 90\%$)养护28天,用标准的试验方法所测得的抗压极限强度(以 kg/cm^2 为单位),简称为混凝土的立方强度。《规范》规定以这个强度值作为混凝土的标号,用R表示。

混凝土标号是评定混凝土强度的主要指标之一,也是决定混凝土其他力学性能的主要参数。

《规范》规定的混凝土标号等级有:75、100、150、200、250、300、400、500和600。

混凝土的强度值的大小和采用的水泥标号,水灰比的大小,骨料(砂和石子)的性质,混凝土的级配,制作方法(人工或机械振捣),养护条件,混凝土的龄期等因素有关系,而且与试验的方法密切相关。目前试压的方法有两种:试件上下表面涂润滑剂和不涂润滑剂。不涂润滑剂的试块在试压时与垫板之间存在摩擦力,阻止混凝土试块在试压过程向横向扩张(即横向变形),因而提高了混凝土的抗压极限强度。涂有润滑剂的试块,上下表面与垫板间的摩擦力较之前者大大减小,因此所得的抗压极限强度低。我国《规范》规定的试验方法是不涂润滑剂的。两种情况的试块在破坏时的情况见图1—1

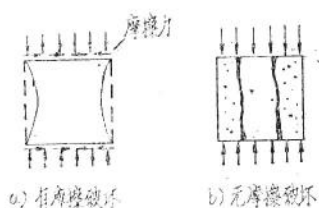


图 1—1

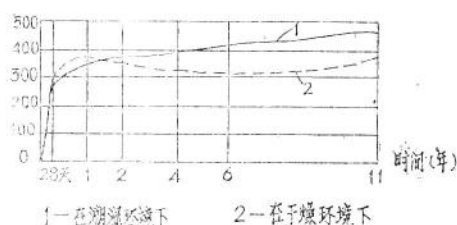


图 1—2 混凝土强度随龄期而增长

由于用20cm边长的立方体做试块,用料多,重量大,试验时又需要大吨位的试验机,我国目前所采用的试块有向较小的方向发展的趋势,目前有边长15cm和10cm的两种立方试块。根据大量试验资料,建议15cm和10cm边长的试块强度乘以下列换算系数:

边长为10cm的立方试块—0.9;

边长为15cm的立方试块—0.95;

混凝土的抗压极限强度随着混凝土的龄期增长逐渐增加。增长的速度开始较快,后来逐渐缓慢,增长过程可以持续几年,如图1—2所示,在潮湿环境中往往延续更长。

二、轴心抗压强度（棱柱体强度）

混凝土的抗压强度不仅与试块的尺寸有关，而且与形状有关。考虑到混凝土结构的实际工作情况，受压构件是棱柱体而不是立方体，所以采用棱柱体试件。

棱柱体试件的高宽比（即 h/b ）等于 $3 \sim 4$ 时垫板与试件之间的擦摩力对试件的横向变形约束基本消除，在这种情况下测得的抗压极限强度称为混凝土的棱柱抗压强度或称轴心抗压强度用 R_a 表示。

根据数理统计，轴心抗压强度平均值 $\bar{R}_a$ 与立方强度平均值 $\bar{R}$ 之间的关系可以近似地用下式表示：

$$\bar{R}_a = 0.8 \bar{R} \dots\dots\dots (1-1)$$

目前我国《规范》中取用：

$$\bar{R}_a = 0.7 \bar{R} \dots\dots\dots (1-2)$$

三、轴心抗拉强度

混凝土轴心抗拉强度是混凝土抗拉强度指标，也是确定混凝土抗裂度的重要指标。

混凝土试件的尺寸为 $10 \times 10 \times 15\text{cm}$ ，两端预埋钢筋，钢筋位于试件轴线上，将钢筋夹在拉伸机上，试件破坏时的平均拉应力即为混凝土的轴心抗拉强度，用 R_L 表示。混凝土的轴心抗拉强度很低，一般为立方强度的 $1/9 \sim 1/18$ 。根据我国《规范》的规定，它的平均值与立方强度的关系为：

$$\bar{R}_L = 0.5 \bar{R}^{2/3} \dots\dots\dots (1-3)$$

四、混凝土的弹性模量

混凝土是弹塑性材料，它在受力后的变形值由弹性变形与塑性变形两部分组成。混凝土在应力不大的情况主要是弹性变形，所以我国《规范》规定：在应力为 $0 \sim 0.5R_a$ 之间反复试压十次，取 $\sigma_h = 0.5R_a$ 时所测得变形值作为确定混凝土弹性模量指标的依据

$$E_h = \frac{\sigma_h}{\epsilon_t} \dots\dots\dots (1-4)$$

式中 σ_h ——混凝土的应力取 $\sigma_h = 0.5R_a$ ；

ϵ_t ——重复多次后的弹性应变，取 $\epsilon_t = \epsilon_h - \epsilon_s$ （ ϵ_s —多次残余应变）根据大量试验，可以用下式计算

$$E_h = \frac{10^6}{2.2 + \frac{330}{R}} \dots\dots\dots (1-5)$$

五、混凝土的收缩与徐变

混凝土在空气中硬化的过程中，由于物理化学的作用，体积缩小，这种现象称为混凝土收缩。

如果在混凝土的凝固过程中加强养护，使构件保持在潮湿的环境中，则能减少收缩。减少水泥用量，减少水灰比，施工时加强混凝土的振捣也可以减少收缩。

混凝土的收缩对结构是有害的，它可以引起结构产生收缩裂缝。

混凝土在长期荷载作用下，其变形随时间增长，这种现象称为混凝土的徐变。徐变是不可恢复的变形。混凝土的徐变可以持续3~4年。影响混凝土徐变的因素与加荷的大小，龄期长短，水泥用量，周围环境的干燥程度等有关。混凝土的徐变会造成受弯构件产生较大的变形，使预应力混凝土构件产生应力损失。

§ 1—2 钢筋的主要力学性能

一、钢筋的强度与变形

从钢筋的应力——应变曲线可知，软钢有明显的流幅，硬钢无明显的流幅，见图1—3。

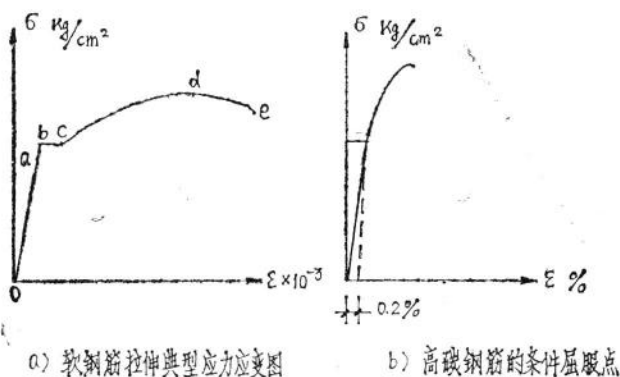


图 1—3 钢筋拉伸应力应变图

软钢拉伸应力应变图中 b 点对应的应力称为屈服强度，d 点对应的应力为极限强度。由于硬钢无明显流幅，在实用上取残余应变为 0.2% 时的应力作为假定的屈服强度，以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

钢筋断裂后的伸长值与原长的比率称为伸长率，伸长率的大小标志着钢筋塑性的大小，为了使钢筋在断裂前有足够伸长，保证钢筋混凝土构件在破坏前有明显的征兆，需要根据强度和塑性两个指标选择钢筋品种。钢筋的强度指标为屈服强度和极限强度两项，塑性指标为伸长率和冷弯两项。

钢筋按我国《规范》规定，划分为五级：Ⅰ级钢筋（3号钢）、Ⅱ级钢筋（16锰）、Ⅲ级钢筋（25锰硅）、Ⅳ级钢筋（44锰₂硅、45硅₂钛、40硅₂钒、45锰硅钒）、Ⅴ级钢筋（热处理44锰₂硅、45锰硅钒）以及高强度钢丝（即高碳钢）。表面形状有光面与变形等两种形式。

二、钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求

- 1、强度。所谓强度指的是钢筋的屈服强度与极限强度。
- 2、塑性。为了保证钢筋混凝土结构不脆性破坏，要求钢筋在破坏前有明显的残余变

形，目前用伸长率与冷弯两项指标衡量。

3、可焊性。在一定工艺条件下要求钢筋焊接后不产生裂纹和过大的变形，保证焊接接头性能良好。

4、与混凝土之间有良好的粘结力（又称握裹力）。为了保证钢筋和混凝土共同工作，必须有足够的粘结力。钢筋表面的形状对粘结力有明显影响。变形钢筋的粘结力比光面钢筋大。

在寒冷地区，为了防止钢筋脆性破坏，对钢筋的低温性能也有一定的要求。

§ 1—3 钢筋与混凝土之间的粘结力

钢筋与混凝土在一起共同工作主要靠它们之间的粘结力。根据试验表明，所谓粘结力是由三部分组成：因为混凝土收缩，将钢筋紧握而产生摩擦力；因混凝土颗粒的化学作用，产生了混凝土与钢筋之间的胶结力；由于钢筋表面凹凸不平与混凝土之间产生的机械咬合作用。

试验表明；粘结应力的分布是曲线形，最大粘结应力在端头一定距离处。见图 1—4。

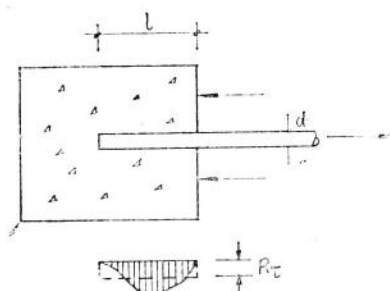


图 1—4 粘结应力分布图

钢筋埋入混凝土的深度称为锚固长度用 L_m 表示。确定锚固长度的原则是当钢筋受拉达到屈服极限时，混凝土与钢筋之间的粘结力也被破坏。锚固长度 L_m 一般应根据钢筋埋入混凝土的拔出试验确定。《规范》规定：钢筋的锚固长度取： $L_m = L_d - 5d$ （ d 为钢筋的直径），钢筋的搭接长度 L_d 按附录 1—1 采用。

为了增加钢筋在混凝土内的锚固作用，在绑扎骨架中的光面钢筋末端应做成弯钩。变形钢筋与焊接网片中的光面钢筋由于与混凝土的粘结力好可不作弯钩。在轴心受压构件中的光面钢筋以及直径为 12mm 以下的受压光面钢筋端部均可不做弯钩。

钢筋端部弯钩的形式一般都做成半圆弯钩如图 1—5 所示。此外还有 90° 直钩和斜钩。

为了便于搬运运输，除小直径的采用盘园外，较大直径的钢筋每根长 10—12m 左右。在实际应用时，钢筋长度常常不能满足要求，则需要将钢筋接长。接长钢筋的方法有焊接和绑扎两种。《规范》对焊接与绑接头的搭接长度，接头受力钢筋截面积占受力钢筋总截面积的百分率都作了具体规定。见附录 1—1，1—2。

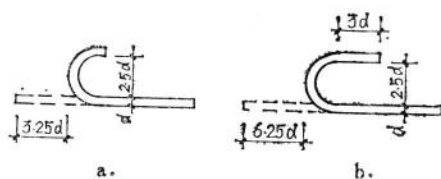


图 1—5 钢筋的半圆弯钩图

附录 1—1 绑扎骨架和绑扎网中受力钢筋 搭接时的最小搭接长度 L_d

附表1—1

项 次	钢 筋 类 型	受 力 情 况	
		受 拉	受 压
1	I 级 钢 筋 5 号 钢 筋	30d	20d
2	II 级 钢 筋	35d	25d
3	III 级 钢 筋	40d	30d
4	冷 拔 低 碳 钢 丝	250mm	200mm

- 注：1. 当混凝土标号为150号时，除冷拔低碳钢丝外，最小搭接长度应按表中数值增加5d。
 2. 位于受拉区的搭接长度不应小于250毫米，位于受压区的搭接长度不应小于200毫米。
 3. 受压钢筋采用 I 级及冷拉 I 级钢筋时，如钢筋末端无弯钩，则其搭接长度不应小于30d。

附录 1—2 在搭接长度 L_d 区段内受力钢筋 接头面积的允许百分率

附表1—2

项 次	接 头 形 式	接 头 面 积 允 许 百 分 率 (%)	
		受 拉 区	受 压 区
1	绑扎骨架和绑扎网中钢筋的搭接接头	25	50
2	焊接骨架和焊接网的搭接接头	50	50
3	受力钢筋的焊接接头	50	不限制
4	预应力钢筋的对焊接头	25	不限制

- 注：1. 接头位置宜设置在受力较小处，在同一根钢筋上应尽量少设焊接接头。
 2. 对装配式构件连接处的受力钢筋焊接接头和后张法预应力混凝土构件的螺丝端杆接头，可不受上表的限制。
 3. 采用绑扎骨架的现浇柱，在柱与基础交接处，如采用搭接接头时，其接头面积允许百分率，可根据设计经验，适当放宽。
 4. 承受均布荷载作用的屋面板、楼板、檩条等简支受弯构件，如在受拉区内配置少于3根受力钢筋时，可在跨度两端各四分之一跨度范围内设置一个焊接接头。
 5. 如有保证焊接质量的可靠措施时，预应力钢筋对焊接头在受拉区内的接头面积允许百分率可放宽至50%。

第二章 钢筋混凝土结构的基本计算原理

§ 2—1 钢筋混凝土结构的安全度

一、钢筋混凝土结构计算的基本原则

一个合理的结构设计必须达到两个目的：一是满足使用要求，二是要比较经济。满足使用要求又从两个方面考虑：首先是安全问题。建筑物必须有足够的安全可靠性，否则会造成房屋倒塌，造成生命财产的损失。其次是建筑物要满足正常使用要求。构件不能产生过大的变形，出现过宽的裂缝（对某些特殊工程不允许构件出现裂缝）。否则就会影响正常使用。所谓经济问题，就是要求建筑物造价较低，不能浪费建筑材料。概括起来，结构设计就是要解决“安全适用”“经济合理”的问题。

二、安全度的概念及其考虑的因素

建筑物的设计、施工到使用要经受多种因素的影响，因此在进行结构设计时，是需要考虑一定的安全储备。这种安全储备的大小，就是结构的安全度。简单地说，结构的安全度就是指结构在正常设计、施工和使用的条件下，对抵抗各种不利因素必须的安全储备大小。

根据长期生产实践经验和大量的科学实验，影响结构安全的不利因素，归纳起来有以下几个方面：

1、荷载的变异性：作用于结构上的荷载种类较多，变化复杂。在进行结构设计时，所估计的荷载很难与实际情况完全一致。在这个问题上，超载对结构会造成不利影响。

2、材料强度的变异性：结构所使用的各种建筑材料，在物理力学性能上，都存在一定的离散性。所以材料试件所测得的强度值与所代表的材料实际强度值之间存在一定的差异。低于试件强度的材料，对结构会产生不利影响。

3、设计假定的误差：结构计算简图和各种计算理论都是建立在一定的假定基础上。这些假定都存在局限性和近似性，与实际情况不完全相符。偏于危险的假定对结构产生不利影响。

4、施工误差的影响：在施工中，按照施工验收规范允许物件的几何尺寸，钢筋位置等存在一定的误差。这些误差对结构的安全也会产生一定的影响。

5、建筑物（或结构物）的重要性：对于大型公共建筑，一旦破坏影响范围大，其设计安全度可以适当提高一些。重要的建筑物安全度亦应提高。有些新结构由于缺乏经验，其安全度也要相应提高。

综上所述，一个结构的设计安全度要考虑的不利因素比较多，既要考虑安全，又要考虑经济合理。要把二者统一，必须认真贯彻党的基本建设方针与政策。

§ 2—2 钢筋混凝土结构构件的基本计算原理

我国《规范》目前采用的结构设计安全度理论为“单一安全系数极限状态计算方法”。

这种方法的基本原理在本节作简要介绍。

一、两种极限状态

结构或构件因外力作用，而达到失去正常工作能力的状态，称为结构的极限状态。

《规范》将结构的极限状态划分两大类：强度极限状态和正常使用极限状态。

1、强度极限状态：强度极限状态又称第一极限状态。

结构或构件在外力作用下达其极限承载力时的状态称为强度极限状态。例如，一根钢筋混凝土梁，在荷载作用下，某个截面的内力达到构件极限承载力时，这根梁处于即将破坏的状态，那么这根钢筋混凝土梁就处于强度极限状态。

如何避免结构在使用或施工阶段出现强度极限状态，是结构设计的前提。所以任何构件必须按强度极限状态，计算它的极限承载力，然后在此基础上，考虑必要的安全储备。

要保证结构具有一定的安全储备，必须满足以下条件：

构件可能产生的最大内力 $\leq$ 构件最小的抵抗力。

《规范》采用经验与数理统计相结合的单一安全系数极限状态计算方法，综合考虑了影响结构安全的各种不利因素，用单一安全系数 K 表示结构的安全度。总的安全系数由二部分组成：一是基本安全系数，主要是考虑荷载的变异，构件强度等因素。二是附加安全系数，主要用来考虑建筑物重要程度等因素。总的安全系数是等于上述两个安全系数的乘积。

综上所述，以受弯构件为例，构件正截面强度计算可用下式表达：

$$KM \leq M_p \dots\dots\dots (2-1)$$

式中： M ——在标准荷载作用下，构件最危险截面的弯矩，

K ——构件强度设计安全系数，

M_p ——受弯构件在强度极限状态时的承载力。

2、正常使用极限状态（又称第二极限状态）。

正常使用极限状态，是指结构或构件达到不能正常使用时的极限状态。例如，钢筋混凝土梁的变形，裂缝到达了影响使用时的极限值。一个结构只是满足了强度条件还是不够的，必须同时满足使用条件的要求。即：

（1）按变形极限状态验算

$$f \leq [f] \dots\dots\dots (2-2)$$

式中： f ——受弯构件在标准荷载作用下产生的挠度；

$[f]$ ——受弯构件在正常使用条件下允许的挠度值

（2）按裂缝极限状态验算构件

有些构件在使用阶段是不允许出现裂缝，如贮液池、有腐蚀性的厂房等，则需要进行构件的抗裂度验算

$$K_f M \leq M_f \dots\dots\dots (2-3)$$

式中： K_f ——抗裂度设计安全系数；

M_f ——构件在裂缝即将出现的极限状态所能承担的弯矩，又称抗裂度。

（3）按裂缝开展极限状态验算构件

一般钢筋混凝土构件是允许出现裂缝的。但是，为了防止钢筋锈蚀，对裂缝的宽度有严格的限制。

$$\delta_{f_{\max}} \leq [\delta_f] \dots\dots\dots (2-4)$$

式中: $\delta_{f_{\max}}$ ——受弯构件或轴心受拉构件在标准荷载作用下产生的最大裂缝宽度;
 $[\delta_f]$ ——构件在正常使用条件下, 允许的裂缝宽度。

二、材料的标准强度与设计强度

1、材料的标准强度: 是在考虑材料实际强度存在离散性以后, 用于检验材料质量的统一强度指标。例如: 钢筋的标准强度, 就是由冶金部颁发的, 检验钢筋质量的强度指标, 简称“冶标”。混凝土的标准强度, 是与混凝土的标号相适应的各种强度指标: 如轴心抗压标准强度 R_a^b , 抗拉标准强度 R_L^b 等等。

2、材料的设计强度: 为了保证结构的安全可靠, 在设计时一般不取材料的标准强度作为设计指标。而是在标准强度的基础上, 考虑一定的安全储备后所采用的强度指标, 这种强度称为设计强度。

混凝土的设计强度, 约为它的标准强度值的80—86%。钢筋的设计强度, 一般取《冶标》规定的钢筋屈服点废品限值。所以一般热轧钢筋的设计强度与标准强度在数值上是基本相同的。对于高强度钢筋, 如高强度钢丝、钢绞线、V级钢等, 其设计强度取标准强度的80%。即取 $0.8\sigma_b$ (σ_b 为《冶标》规定的抗拉强度废品限值)。由此可见按设计强度进行结构设计安全是得到了可靠地保证。

三、作用于结构上的荷载

1、标准荷载: 作用于结构上的荷载, 按其性质划分为两大类:

(1) 恒载——长期作用于结构上的荷载。荷载值的大小是不随时间改变的。例如: 结构自重和固定于结构上的设备等等。

(2) 活荷载——结构在使用过程中或施工时所产生的荷载。这种荷载的数值是随时间变化的。例如: 人群、家俱、一般设备, 风、雪荷载, 地震荷载等等。

在正常使用的情况下, 结构上可能发生的最大荷载值, 称为标准荷载。标准荷载是在调查研究的基础上, 采用数理统计的方法确定的。我国对常用的建筑材料的容重, 各种类型建筑物的使用荷载, 以及风、雪荷载都作了统一规定。这些规定见《工业与民用建筑结构荷载规范》(TJ 9—74) (试行)。简称“荷载规范”。

附录 2—1 混凝土的标准强度、设计强度和弹性模量

混凝土的的标准强度 (公斤/厘米²)

附表2—1

项 次	强度种类	符 号	混 凝 土 标 号								
			75	100	150	200	250	300	400	500	600
1	轴心抗压	R_a^b	52	70	105	140	175	210	280	350	420
2	弯曲抗压	R_w^b	65	90	130	175	220	260	350	440	525
3	抗 拉	R_L^b	8.5	10	13	16	19	21	25.5	30	34