

建 筑 结 构

熊丹安 刘声扬 肖贵泽 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

华南理工大学出版社

前 言

本书是根据与建筑类相关的专业对建筑结构课程设置的要求而编写的。书中包括土建三大结构——混凝土结构、钢结构、砌体结构——的基本内容,并将三者融合,统一概念,避免各自成书当时的内容重复,以节约篇幅。另外,书中还编入了建筑结构选型的一般知识等。因此,通过学习本书,不仅可掌握三大结构的基本设计原理和设计计算方法,同时,还可结合建筑要求进行合理的结构型式选择和结构平面布置。

本书在编写时以各种现行新规范和新标准为准,教材中的符号和术语则采用《工程结构设计基本术语和通用符号》(GBJ132—90)的规定。编者力求突出重点,简明实用,开创新意。全书例题量较大,各章末有小结、思考题和习题。

本书编写人员为武汉工业大学熊丹安(概论、第一、二、四、五、六、八、十二、十三章)、刘声扬(第十章)、武汉城市建设学院肖贵泽(第三、七、九、十一章)。

由于编者水平所限,书中不当之处,欢迎读者批评指正。

编者

1996年3月

粤新登字 12 号

内 容 提 要

本书将土建三大结构——混凝土结构、钢结构、砌体结构——的基本内容,统一概念,避免各自成书时的内容重复,以节约篇幅。另外,书中还编入了房屋结构形式选择的基本知识,因此,通过学习本书,读者可掌握三大结构的基本设计原理和设计方法,还可结合建筑要求进行合理的结构形式选择。

本书开创新意,突出重点,简明实用。全书例题量较大,各章末有小结、思考题和习题。

本书适用于大专院校与建筑类相关的各专业(建筑学专业、房地产专业、给排水专业、建筑力学专业……),除可作为全日制院校教材外,还适合于成人教育(电大、夜大、函大……)和土建技术人员的培训教材。

建 筑 结 构

熊安丹 刘声扬 肖贵泽 编
责任编辑 陈 亮

*

华南理工大学出版社出版发行
(广州五山·邮码 510641)
湖北省国营华严彩印厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:23.75 插页:1 字数:590 千字
1996 年 5 月第 1 版 1996 年 5 月第 1 次印刷
印刷:1—8000 册
ISBN7-5623-0899-3/TU·29
定价:22 元

目 录

概 论	(1)
第一节 建筑和结构的关系	(1)
第二节 建筑结构的分类	(1)
第三节 建筑结构课程的任务和学习方法	(3)
第一章 结构材料的力学性能及选用原则	(5)
第一节 建筑钢材	(5)
第二节 混凝土	(10)
第三节 钢筋与混凝土的相互作用——粘结力	(14)
第四节 砌体材料	(16)
复习思考题	(17)
第二章 结构构件的设计方法	(18)
第一节 作用、作用效应和抗力	(18)
第二节 结构可靠度理论和概率极限状态设计法	(20)
小 结	(26)
复习思考题	(26)
第三章 钢筋混凝土轴心受拉构件	(27)
第一节 轴心受拉构件的受力特点	(27)
第二节 轴心受拉构件的承载力计算	(29)
第三节 轴心受拉构件的裂缝宽度验算	(30)
小 结	(31)
复习思考题	(31)
习 题	(31)
第四章 钢筋混凝土受弯构件	(32)
第一节 钢筋混凝土受弯构件的一般构造规定	(32)
第二节 受弯构件正截面性能的实验研究	(34)
第三节 受弯构件正截面承载计算公式	(36)
第四节 受弯构件按正截面承载力的设计计算	(39)
第五节 受弯构件剪弯段的受力特点及斜截面受剪破坏	(52)
第六节 受弯构件斜截面的受剪承载力计算	(55)
第七节 受弯构件斜截面抗弯承载力及有关构造要求	(62)
第八节 受弯构件的裂缝宽度和挠度验算	(73)
小 结	(77)
复习思考题	(77)
习 题	(78)
第五章 钢筋混凝土受压构件	(81)
第一节 受压构件的分类及构造要求	(81)
第二节 轴心受压构件正截面受压承载力	(83)

第三节 偏心受压构件的受力性能 (88)
 第四节 矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算 (92)
 第五节 对称配筋 I 形截面偏心受压构件的配筋计算 (101)
 第六节 偏心受压构件斜截面受剪承载力及大偏心受压的裂缝宽度验算 (102)
 小 结 (103)
 复习思考题 (104)
 习 题 (104)
 第六章 钢筋混凝土受扭构件扭曲截面承载力计算..... (106)
 第一节 矩形截面纯扭构件承载力 (106)
 第二节 矩形截面剪扭构件承载力 (107)
 第三节 矩形截面弯扭构件承载力 (108)
 第四节 受扭构件的构造要求和 T 形、I 形截面的受扭计算 (109)
 小 结 (112)
 复习思考题 (113)
 习 题 (113)
 第七章 钢筋混凝土梁板结构..... (114)
 第一节 概述 (114)
 第二节 整浇楼(屋)盖的受力体系 (114)
 第三节 单向板肋形楼盖的设计计算 (118)
 第四节 双向板肋形楼盖按弹性理论的计算方法 (138)
 第五节 楼梯的计算与构造 (143)
 小 结 (151)
 复习思考题 (151)
 习 题 (152)
 第八章 砌体结构..... (153)
 第一节 砌体的力学性能 (153)
 第二节 砌体结构构件的承载力计算 (157)
 第三节 混合结构房屋的静力计算方案 (168)
 第四节 墙、柱的高厚比验算和一般构造要求 (171)
 第五节 圈梁、过梁和挑梁 (175)
 第六节 刚性方案房屋的墙体计算 (181)
 小 结 (185)
 复习思考题 (186)
 习 题 (186)
 第九章 预应力混凝土结构的一般知识..... (187)
 第一节 预应力混凝土的基本概念 (187)
 第二节 预应力混凝土构件设计的一般规定 (189)
 第三节 预应力混凝土构件计算的一般原理 (191)
 复习思考题 (194)
 习 题 (194)
 第十章 钢结构..... (195)
 第一节 钢结构的特点和应用范围 (195)
 第二节 钢结构的连接 (196)

第三节 受弯构件(梁)	(225)
第四节 轴心受力构件和拉弯、压弯构件	(243)
第五节 钢屋盖	(255)
小 结	(272)
复习思考题	(273)
习 题	(274)
第十一章 浅基础	(276)
第一节 浅基础的埋置深度	(276)
第二节 刚性基础	(277)
第三节 柱下钢筋混凝土独立基础	(279)
小 结	(287)
复习思考题	(287)
习 题	(287)
第十二章 多层框架结构	(288)
第一节 多层框架的结构布置	(288)
第二节 杆件的截面尺寸和框架计算简图	(291)
第三节 荷载取值	(294)
第四节 竖向荷载作用下的内力近似计算——分层法	(294)
第五节 水平荷载作用下的内力近似计算——反弯点法和 D 值法	(296)
第六节 水平荷载作用下侧移的近似计算	(300)
第七节 框架的荷载组合和内力组合	(301)
第八节 框架梁柱的截面配筋	(304)
第九节 现浇框架的一般构造要求	(304)
第十节 多层框架柱基础	(307)
小 结	(331)
复习思考题	(331)
第十三章 建筑结构选型的一般知识	(332)
第一节 多层和高层房屋结构	(332)
第二节 单层大跨度房屋结构	(337)
附录 附表 1 钢筋的强度指标	(346)
附表 2 钢丝、钢绞线的强度指标	(346)
附表 3 钢筋弹性模量	(347)
附表 4 混凝土强度标准值	(347)
附表 5 混凝土强度设计值	(347)
附表 6 混凝土弹性模量	(347)
附表 7 常用材料和构件的自重	(348)
附表 8 民用建筑楼(屋)面均布活荷载标准值及其准永久值系数	(348)
附表 9 混凝土结构受弯构件的允许挠度	(349)
附表 10 裂缝控制等级、混凝土拉应力限制系数及最大裂缝宽度允许值	(350)
附表 11 混凝土保护层最小厚度	(350)
附表 12 每米板宽各种钢筋间距时的钢筋截面积	(351)
附表 13 混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率	(351)
附表 14 钢筋排成一行时梁的最小宽度	(352)

附表 15 连续梁板的计算跨度 (352)

附表 16 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下按弹性分析的内力系数 (353)

附表 17 双向板按弹性分析的计算系数表 (355)

附表 18 部分风荷载体型系数 (359)

附表 19 部分风压高度变化系数 (360)

附表 20 规则框架承受均布水平荷载作用时标准反弯点高度比 (360)

附表 21 上下层横梁线刚度比变化时的修正系数 (361)

附表 22 上下层柱高度变化时的修正系数 γ_2 和 γ_3 (361)

附表 23 钢材的强度设计值 (362)

附表 24 焊缝的强度设计值 (362)

附表 25 螺栓连接的强度设计值 (362)

附表 26 螺栓的有效面积 (363)

附表 27 截面塑性发展系数 γ_x, γ_y (363)

附表 28 部分钢结构受弯构件的容许挠度 (364)

附表 29 钢结构工字形截面简支梁的系数 β_b (364)

附表 30 钢结构受弯构件整体稳定系数 φ_b (365)

附表 31 轧制普通工字钢简支梁的 φ_b (365)

附表 32 钢结构受拉构件的容许长细比 (366)

附表 33 钢结构受压构件的容许长细比 (366)

附表 34 钢结构轴心受压构件的稳定系数 φ (366)

附表 35 热轧普通工字钢截面特性 (368)

附表 36 热轧普通槽钢截面特性 (369)

附表 37 热轧等边角钢截面特性 (370)

附表 38 热轧不等边角钢截面特性 (371)

概 论

无论是简单的建筑物,还是功能复杂的高楼大厦,一般都包含基础、墙体、柱、楼板、屋盖等结构构件。这些结构构件组成房屋的骨架,形成结构整体,承受各种外部作用(如荷载、温度变化、不均匀沉降等)。这种建筑物的结构整体称为建筑结构。

第一节 建筑 and 结构的关系

建筑物应该具有两个方面的特质:一是它的内在特质,即安全性、适用性和耐久性;二是它的外在特质,即使用性和美学要求。前者取决于结构,后者取决于建筑。

结构是建筑物的基本组成部分,是建筑物赖以存在的物质基础,在一定的意义上,结构支配着建筑。这是因为,任何建筑物都要耗用大量的材料和劳力来建造,建筑物首先必须抵抗(或承受)各种外界的作用(如重力、风力、地震……),合理地选择结构材料和结构型式,既可满足建筑物的美学原则,又可以带来经济效益。一个成功的设计必然以经济合理的结构方案为基础。在决定建筑设计的平面、立面和剖面时,就应当考虑结构方案的选择,使之既满足建筑的使用和美学要求,又照顾到结构的可能和施工的难易。

现在,每一个从事建筑设计的建筑师,都或多或少地承认结构知识的重要性。但是在传统的影响下,他们常常被优先培养成为一个艺术家。然而,在一个设计班子中,需要由建筑师来沟通与结构工程师的关系,从设计的各个方面充当协调者。现代建筑技术的发展,新材料和新结构的采用,使建筑师在技术方面的知识受到局限。只有对基本的结构知识有较深刻的了解,建筑师才有可能胜任自己的工作,处理好建筑 and 结构的关系。反之,不是结构妨碍建筑,就是建筑给结构带来困难。

美观对结构的影响是不容否认的。当结构成为建筑表现的一个完整的部分时,就必定能建造出较好的结构和更满意的建筑。今天的问题已经不是“可不可以建造”的问题,而是“应不应该建造”的问题。建筑师除了在建筑方面有较高的修养外,还应当在结构方面有一定的造诣。

第二节 建筑结构的 basic 要求和分类

一、建筑结构的 basic 要求

新型建筑材料的生产、施工技术的进步、结构分析方法的发展,都给建筑设计带来了新的灵活性。但是,这种灵活性并不排除现代建筑结构需要满足的 basic 要求。这些要求是:

(一)平衡

平衡的 basic 要求就是保证结构和结构的任何一部分都不发生运动,力的平衡条件总能得到满足。从宏观上看,建筑物总应该是静止的。

(二)稳定

整体结构或结构的一部分作为刚体不允许发生危险的运动。这种危险可能来自结构自身,例如雨篷的倾覆(图 0-1);也可能来自地基的不均匀沉陷或地基土的滑移(滑坡),例如意大利

的比萨斜塔由于地基不均匀沉降引起的倾斜。

(三) 承载能力

结构或结构的任何一部分在预计的荷载作用下必须安全可靠,具备足够的承载能力。结构工程师对结构的承载能力负有不容推卸的责任。

(四) 适用

结构应当满足建筑物的使用目的,不应出现影响正常使用的过大变形、过宽的裂缝、局部损坏、振动等。

(五) 经济

结构的经济性体现在多个方面。现代建筑的结构造价通常不超过建筑总造价的 20%~30%,因此所采用的结构应当使建筑的总造价最经济。结构的经济性并不是指单纯的造价,而且结构的造价受材料和劳动力价格比值的影响,还受施工方法、施工速度以及结构维护费用(如钢结构的防锈、木结构的防腐等)的影响。

(六) 美观

美学对结构的要求有时甚至超过承载能力的要求和经济要求,尤其是象征性建筑和纪念性建筑更是如此。应当懂得,纯粹质朴和真实的结构会增加美的效果,不正确的结构将明显地损害建筑物的美观。

上述各项要求,综合起来即是“技术先进、经济合理、安全适用、确保质量”的结构设计原则。

二、建筑结构的分类

(一) 按材料分类

根据结构所用材料的不同,建筑结构可分为以下几类:

1、混凝土结构

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。钢筋混凝土和预应力混凝土结构,都由混凝土和钢筋两种材料组成。钢筋混凝土结构是应用最广泛的结构。除一般工业与民用建筑外,许多特种结构(如水塔、水池、高烟囱等)也用钢筋混凝土建造。

混凝土结构具有节省钢材、就地取材(指占比例很大的砂、石料)、耐火耐久、可模性好(可按需要浇捣成任何形状)、整体性好的优点。缺点是自重较大、抗裂性较差等。

2、砌体结构

砌体结构是由块体(如砖、石和其它材料的砌体)及砂浆砌筑而成的结构,目前大量用于居住建筑 and 多层民用房屋(如旅馆、办公楼、商店、教学楼等)中,并以砖砌体的应用最为广泛。

砖、石、砂等材料具有就地取材、成本低等优点,结构的耐久性和耐腐蚀性也很好。缺点是结构自重大、施工砌筑速度慢、现场作业量大等,且烧砖要占用大量土地。

3、钢结构

钢结构是以钢材为主制作的,主要用于大跨度的建筑屋盖(如体育馆、剧院等)、吊车吨位很大或跨度很大的工业厂房骨架和吊车梁,以及超高层建筑的房屋骨架等。

钢结构材料质量均匀、强度高,构件截面小、重量轻,可焊性好,制造工艺比较简单,便于工业化施工。缺点是钢材易锈蚀,耐火性较差,价格较贵。

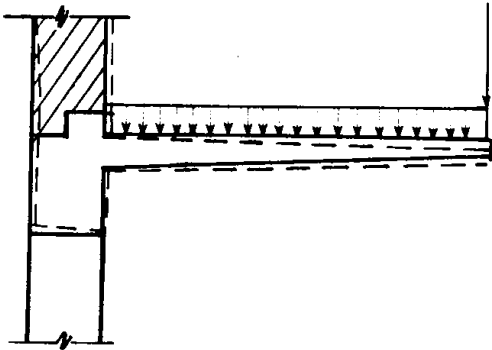


图 0-1 雨篷的倾覆

4、木结构

木结构是以木材为主制作的结构,但由于受自然条件的限制,我国木材相当缺乏,目前仅在山区、林区和农村有一定的采用。

木结构制作简单、自重轻、容易加工。缺点是木材易燃、易腐、易受虫蛀。

(二)按受力和构造特点分类

根据结构的受力和构造特点,建筑结构可分为以下几种主要类型:

1、混合结构

混合结构的楼、屋盖一般采用钢筋混凝土结构构件,而墙体及基础等采用砌体结构,“混合”之名即由此而得。

2、排架结构

排架结构主要承重体系是屋面横梁(屋架或屋面大梁)和柱,主要用于单层工业厂房。屋面横梁与柱的顶端铰接,柱的下端与基础固接。

3、框架结构

框架结构由横梁和柱组成主要承重体系。横梁与柱为刚性连接,形成整体刚架;底层柱脚与基础固接。

4、剪力墙结构

纵横布置的成片钢筋混凝土墙体称为剪力墙,剪力墙的高度往往从基础到屋顶、宽度可以是房屋的全宽。剪力墙与钢筋混凝土楼、屋盖整体连接,形成剪力墙结构。

5、其它形式的结构

框架和剪力墙的有机结合可组成框架-剪力墙结构、框支剪力墙结构、框架-筒体结构、筒中筒结构等。

单层房屋中除排架结构外,还有刚架结构。

大跨度房屋的屋盖还有壳体结构、网架结构、悬索结构等。

第三节 建筑结构课程的任务和学习方法

建筑结构课程将介绍建筑结构中常用材料的力学性能和结构设计方法,并较全面地介绍钢筋混凝土结构构件的设计计算、砌体结构的基本设计计算和钢结构构件和连接的设计计算;对于结构布置、结构选型等内容也作适当介绍。通过对本课程的学习,将使建筑学专业或土建类非工业与民用建筑专业的学生具有建筑结构方面的整体知识,对所设计的建筑能选择合适的结构型式,进行一般的结构布置和对结构体系的受力有一定了解,并在建筑设计的基础上,能对较简单的结构和常用结构构件进行设计。

在学习本课程时,应注意它的下述特点:

一、材料的特殊性

除钢材外,其余结构材料(如混凝土、砌体等)的力学性能都不同于材料力学中所学的匀质弹性材料的性能。

二、公式的实验性

由于混凝土和砌体材料的特殊性,故其计算公式一般是在试验分析的基础上建立的,因此应注意相关公式的适用范围。

三、设计的规范性

建筑结构构件的设计计算依据是现行的各种有关国家标准和规范。本书涉及的主要有：《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)、《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)、《钢结构设计规范》(GBJ17—88)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)、《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)等。书中的有关内容,是其相应《规范》的具体表现。

四、解答的多样性

无论是进行结构布置还是结构构件设计,同一问题往往有多种方案或解答,故需综合考虑多方面因素,以选择较合理的解答。

第一章 结构材料的力学性能及选用原则

结构材料的力学性能,主要是指材料的强度和变形能力,以及材料的本构关系(即应力-应变关系)。了解结构构件所用材料的力学性能,是掌握结构构件的受力性能、计算理论和设计方法的基础。

第一节 建筑钢材

钢是含碳量低于 2% 的铁碳合金(含碳量高于 2% 时为生铁),钢经轧制或加工成的钢筋、钢丝、钢板及各种型钢,统称钢材。在建筑钢材中,大量使用碳素结构钢和普通低合金钢。

一、钢材的机械性能

(一)应力-应变曲线

在钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构以及钢结构中所用的钢材可分为两类,即有明显屈服点的钢材和无明显屈服点的钢材。

有明显屈服点钢材标准试件的拉伸应力-应变曲线如图 1-1 所示。在拉伸的初始阶段(图中 a 点以前),应力 σ 与应变 ϵ 按比例增加,二者呈直线关系,符合虎克定律,且当荷载卸除后,变形完全消失,该阶段称为弹性阶段,其最大应力(即 a 点应力)称为比例极限。当应力超过比例极限

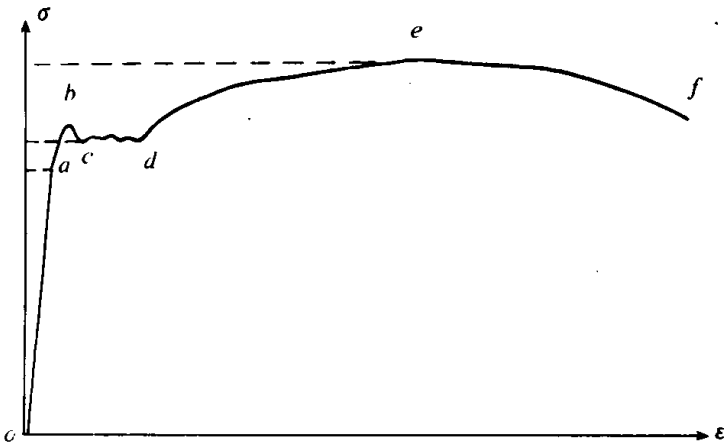


图 1-1 钢材的应力-应变曲线

后,应变的增长速度大于应力的增长速度,当到达 b 点时,应变急剧增加,而应力基本不变,钢材发生显著的、不可恢复的塑性变形,此阶段称为屈服阶段。相应于屈服下限(图中 c 点)的应力称为屈服强度。当钢材屈服塑流到一定程度(图中 d 点),应力-应变曲线又呈上升曲线,曲线最高点(图中 e 点)的应力称为抗拉强度,此阶段称为强化阶段。当钢材应力达到抗拉强度后,试件薄弱断面显著变小,发生“颈缩”现象(图 1-2),应变迅速增加,应力随之下下降,最后直至拉断。

无明显屈服点钢材标准试件的拉伸应力-应变曲线如图 1-3 所示。这类钢材没有明显的屈服点,抗拉强度很高,但变形很小。通常取相应于残余应变(永久变形)为 0.2% 时的应力 $f_{0.2}$ 作为屈服强度,称为条件屈服强度。

在达到屈服强度之前,钢材的受压性能与受拉时的相似,受压屈服强度也与受拉时基本一样。在达到屈服强度之后,由于试件发生明显的塑性压缩,截面面积增大,因而难以得到明确的抗压强度。

(二)强度



图 1-2 钢材的颈缩

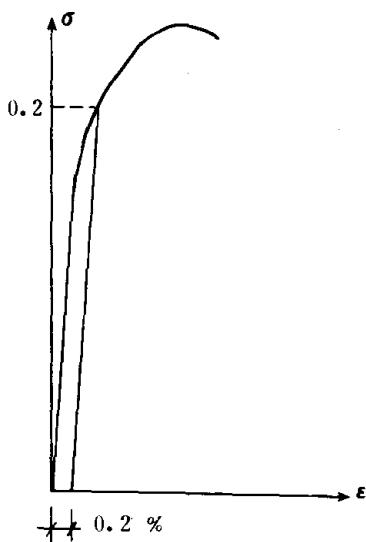


图 1-3 无明显屈服点钢材的应力-应变曲线

钢材的强度指标包括屈服强度和抗拉强度两项。

对于有明显屈服点的钢材,由于钢材的屈服将产生显著的、不可恢复的塑性变形,从而导致结构构件可能在钢材尚未进入强化阶段就发生破坏或产生过大的变形和裂缝,因此在正常使用下,构件中的钢材应力应小于其屈服强度,故屈服强度是钢材关键性的强度指标。此外,在抗震结构中,考虑到受拉钢材可能进入强化段,故要求其屈服强度与抗拉强度的比值(称为屈强比)不大于 0.8,以保证结构的变形能力,因而钢材的抗拉强度是检验钢材质量的另一强度指标。

对于无明显屈服点的钢材(钢结构中的钢材除高强度螺栓外都属于有明显屈服点的钢材,无明显屈服点的钢材仅为混凝土结构中的热处理钢筋和钢丝),其条件屈服强度不易测定,这类钢材在质量检验时以其抗拉强度作为主要强度指标,并以抗拉强度 f_u 的 0.8 倍作为条件屈服强度。

(三)塑性

塑性是指钢材破坏前产生变形的能力。反映塑性性能的指标是“伸长率”和“冷弯性能”。

伸长率是指试件拉断后原标距的伸长值与原标距的比值(以百分率表示):

$$\delta = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 l_1 ——试件原标距长度,一般取 $5d$, d 为试件直径;

l_2 ——试件拉断后的标距长度;

δ ——伸长率(%),当 $l_1 = 5d$ 时记为 δ_5 。

伸长率大的钢材塑性好,拉断前有明显预兆;伸长率小的钢材塑性差,破坏会突然发生,呈脆性特征。有明显屈服点的钢材有较大的伸长率。

冷弯性能是指钢材在常温下承受弯曲时产生塑性变形的能力。对不同直径或厚度的钢材,要求按规定的弯心直径弯曲一定的角度而不发生裂纹。冷弯性能可间接反映钢材的塑性性能和内在质量。

钢材的屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯性能是检验有明显屈服点钢材的四项主要质量指标,对无明显屈服点的钢筋则只测定后三项。

(四)弹性模量

钢材在弹性阶段的应力和相应应变的比值为常量,该比值即钢材的弹性模量。

$$E_s = \frac{\sigma_s}{\epsilon_s} \tag{1-2}$$

式中 σ_s ——屈服前的钢材应力(N/mm²);
 ϵ_s ——相应的钢材应变。

钢材的弹性模量可由拉伸试验测定,钢结构采用 $E=206 \times 10^6 \text{N/mm}^2$,钢筋的弹性模量见附表 3。同一品种钢材的受拉和受压弹性模量相同。

二、钢材的冷加工

钢材在常温下经剪切、冷弯、辊压、冷拉、冷拔等冷加工过程,性能将发生显著改变,强度提高、塑性降低,使钢材产生硬化,增加钢结构脆性破坏的危险。但在钢筋混凝土结构中,有时采用经控制的冷拉或冷拔后的钢筋,现对其特性介绍如下:

(一)钢筋的冷拉

冷拉是将钢筋拉伸至超过其屈服强度的某一应力、然后卸荷,以提高钢筋强度的方法。如图 1-4 所示,曲线 oAd 为钢筋冷拉前的应力-应变曲线, A 点为钢筋的屈服点;当钢筋拉伸至 a 后卸荷,其卸荷曲线为 ao' (ao' 平行于 AO),卸荷后的残余应变为 oo' ;此时如立即对钢筋再次拉伸,新的应力-应变曲线将是 $o'acd$,屈服点提高至 a 点,这种现象称“冷拉强化”;若钢筋冷拉后停留一段时间后再进行拉伸,则应力-应变曲线将是 $o'a'c'd'$,屈服点进一步由 a 提高到 a' ,极限强度也略有提高,这种随时间而变化的特性,称为“冷拉时效”或“时效硬化”。

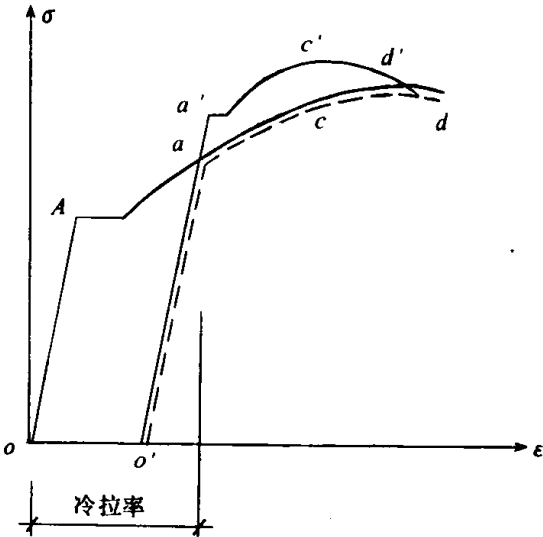


图 1-4 钢筋冷拉原理

钢筋经冷拉和时效硬化后,强度有所提高,但塑性降低。合理地选择冷拉控制点 a 可使钢筋保持一定的塑性而又能提高钢筋的强度,达到节省钢材的目的。

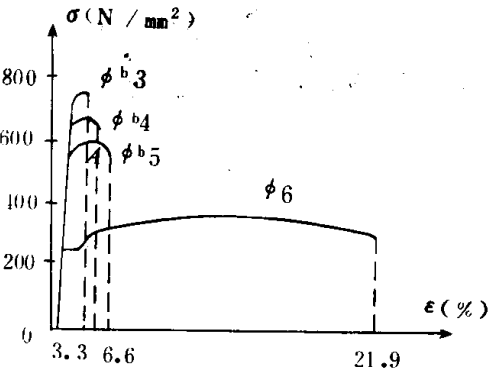


图 1-5 冷拔对钢筋性能的影响

必须注意的是:焊接时产生的高温会使钢筋软化(强度降低、塑性增加),因此对需要焊接的钢筋应先焊好再进行冷拉;此外,冷拉只能提高钢筋的抗拉强度而不能提高钢筋的抗压强度,一般不采用冷拉钢筋作受压钢筋。由于钢筋冷拉后塑性降低、脆性增加,故不得用冷拉钢筋制作吊环。

(二)钢筋的冷拔

冷拔是用强力将钢筋拔过比其直径略小的硬质合金拔丝模,钢筋受到纵向拉力和横向挤压力的作用,截面变小而长度伸长,内部结构发生变化。经过连续冷拔,钢筋强度就可提高 40%~90%,但塑性显著降低,且没有明显的屈服点(图 1-5)。冷拔可以同时提高钢筋的抗拉强度和抗压强度。

三、建筑钢材的品种

我国目前常用的钢材由碳素结构钢及普通低合金钢制造。碳素结构钢分为低碳钢(普通碳素钢)、中碳钢和高碳钢,随含碳量的增加,钢材的强度提高,但塑性降低;在低碳钢中加入硅、锰、钒、钛、铌、铬等少量合金元素,使钢材性能有较显著的改善,成为普通低合金钢。

(一) 钢筋

按照生产加工工艺和力学性能的不同,用于建筑工程中的钢筋有热轧钢筋、冷拉钢筋、热处理钢筋以及钢丝、钢绞线等。其中热轧钢筋和冷拉钢筋属于有明显屈服点的钢筋、钢丝、钢绞线等属于无明显屈服点的钢筋。

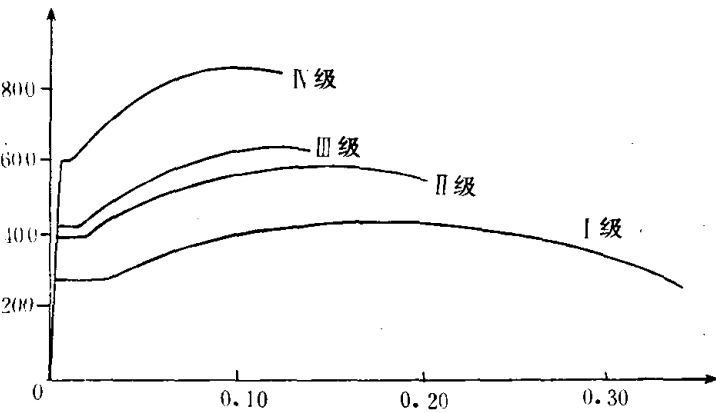


图 1-6 各种热轧钢筋的应力-应变曲线

热轧钢筋又分为 I 级(Q235^{*})、II 级(20MnSi、20MnNb(b))、III 级(25MnSi)、IV 级(40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi)，由冶金工厂直接轧制成型。其中 I 级钢筋为低碳钢，II ~ IV 级钢筋为普通低合金钢，随着级别的提高，钢筋的强度随之提高而塑性降低(图 1-6)。

由热轧钢筋经冷拉后的冷拉钢筋，其屈服强度的均高于相应级别的热轧钢筋，但塑性降低。

钢丝类有碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线(用碳素钢丝绞在一起)以及冷拔低碳钢丝等；热处理钢筋是由强度大致相当于 IV 级

的某些特定钢号钢筋(40Si2Mn、48Si2Mn、45Si2Cr)经淬火和回火处理后得到的钢筋，热处理改善了钢材的力学性能，钢筋强度大幅度提高，而塑性降低不多。

钢筋按其外形特征，可分为光面钢筋和变形钢筋两类。I 级钢筋都是光面钢筋，II、III、IV 级钢筋一般都是变形钢筋。目前广泛使用的变形钢筋是纵肋与横肋不相交的月牙纹钢筋(图 1-7a)。与螺纹钢筋(图 1-7b)相比，月牙纹钢筋避免了纵横肋相交处的应力集中现象，改善了钢筋的疲劳强度和冷弯性能、便于轧制；不足的是与混凝土的粘结强度略有降低。

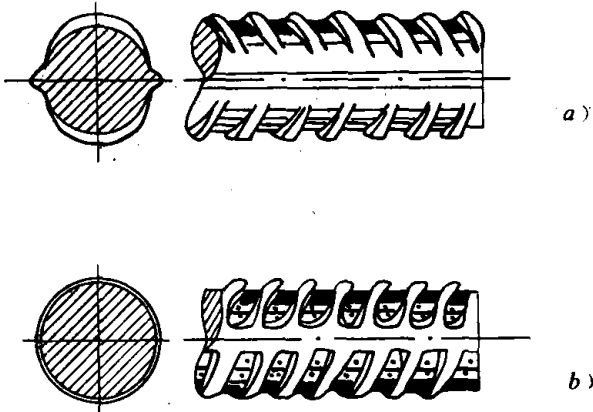


图 1-7 变形钢筋
a) 月牙纹钢筋 b) 螺纹钢筋

(二) 型钢和钢板

钢结构构件一般直接选用型钢，当构件尺寸很大或型钢不合适时则用钢板制作。

型钢有角钢(包括等边角钢和不等边角钢)、槽钢、工字钢等；钢板有厚板(厚度 4.5 ~ 60mm)和薄板(厚度 0.35 ~ 4mm)之分(图 1-8)。

根据《规范》规定，用于钢结构的钢材牌号为碳素结构钢中的 Q235 和低合金结构钢中的

^{*} Q235 为《碳素结构钢》(GB700-88)新标准中牌号，相当于旧标准 GB700-79 中的 A3、AY3。

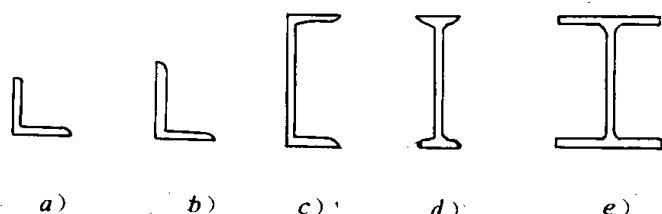


图 1-8 型钢

a)等边角钢； b)不等边角钢；
c)槽钢； d)工字钢； e)H型钢

16Mn、15MnV 三种,其屈服点在钢材厚度小于 16mm 时分别为 235、345 和 390N/mm²(当厚度大于 16mm 时,屈服点随厚度增加而降低)。

Q235 钢还分 A、B、C、D 四个质量等级,它们均保证规定的屈服点、抗拉强度和伸长率。B、C、D 级还保证 180°冷弯(A 级在需方有要求时才进行)和规定的冲击韧性。另外,Q235 钢根据脱氧方法还分沸腾钢、半镇静

钢和镇静钢等,分别用字母 F、b 和 Z 表示,但 Z 在牌号中可省略,如 Q235-A·F 表示屈服点为 235N/mm²、质量等级为 A 级的沸腾钢,而 Q235-B 则表示屈服点为 235N/mm²、质量等级为 B 级的镇静钢。

四、钢材的选用

(一)钢筋

1. 混凝土结构对钢筋性能的要求

在混凝土结构中,钢筋和混凝土共同工作,钢筋按一定的排列顺序和位置布置于混凝土中。钢筋和混凝土之所以能够共同工作,是因为:(1). 混凝土结硬后,能与钢筋牢固地粘结,互相传递应力、共同变形,二者间的粘结力是钢筋和混凝土共同工作的基础。(2). 钢筋和混凝土具有相近的温度线膨胀系数:钢为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$ 。当温度变化时,混凝土和钢筋之间不致产生过大的相对变形和温度应力。(3). 混凝土提供的碱性环境可以保护钢筋免遭锈蚀。混凝土结构对钢筋性能的主要要求是:

(1) 强度。强度是指钢筋的屈服强度和极限强度。如前所述,钢筋的屈服强度是混凝土结构构件计算的主要依据之一,采用较高强度的钢筋可以节省钢材,获得较好的经济效益。

(2) 塑性。要求钢筋在断裂前有足够的变形,能够在破坏前给人们预兆,因此应保证钢筋的伸长率和冷弯性能合格。

(3) 可焊性。在很多情形下,钢筋的接长和钢筋之间连接(或钢筋与其他钢材的连接)需要通过焊接完成,因此要求在一定工艺条件下钢筋焊接后不产生裂纹和过大的变形,保证焊接后的接头性能良好。

(4) 与混凝土的粘结力。为了保证钢筋和混凝土共同工作,要采取一定的措施保证钢筋与混凝土之间的粘结力。

在寒冷地区,对钢筋的低温性能尚有一定的要求。

2. 钢筋的选用原则

(1) 普通混凝土中、小型构件的受力主筋,以及箍筋和构造钢筋,主要采用 I 级钢筋和冷拉 I 级钢筋; II、III 级钢筋一般用于大、中型构件受力主筋。

I、II、III 级钢筋都具有良好的焊接性能,可采用电弧焊或闪光接触对焊,其强度和塑性都能满足要求。

(2) 冷拉 II、III、IV 级钢筋主要用于预应力钢筋。

(3) 高强钢丝、钢绞线、热处理钢筋及甲级冷拔低碳钢丝用作预应力钢筋。

(4) 钢筋混凝土结构构件中常用钢筋直径有(mm):6,8,10,12,14,16,18,20,22,25;大