

土建工长培训

系列教材

建筑结构

(上册) (第三版)

郭继武 郭瑶 编著

清华大学出版社

TU3/63

:1

2003

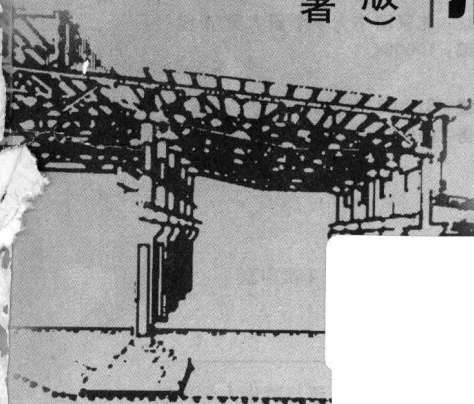
工长培训
系列教材

建筑结构

JIANZHUJIEGOU

(上册) (第三版)

郭继武 郭瑶 编著



清华大学出版社
北京

内 容 提 要

本书是土建工长培训系列教材之一《建筑结构》(上册)第三版,是根据新修订的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写的。上册共两篇:钢筋混凝土结构和砌体结构。

第1篇内容包括:钢筋、混凝土材料的力学性能,受弯构件承载力的计算,受压构件承载力的计算,受扭构件承载力计算,钢筋混凝土构件裂缝和变形计算,现浇钢筋混凝土楼盖和楼梯。第2篇内容包括:块材、砂浆的力学性能,砌体结构构件承载力计算,混合结构房屋的墙、柱设计。

为了使读者掌握书中的基本理论和计算方法,各章均附有典型计算例题和思考题,供读者参考。

本书除适合作为土建工长培训教材外,也可作为土建工程施工人员自学建筑结构的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构(上册)/郭继武,郭瑶编著. —3版. —北京:清华大学出版社,2003(2007重印)

(土建工长培训系列教材/郭继武主编)

ISBN 978-7-302-06929-4

I. 建… II. ①郭… ②郭… III. 建筑结构—技术培训—教材 IV. TU3
中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第061840号

责任编辑:汪亚丁

出版发行:清华大学出版社
http://www.tup.com.cn
c-service@tup.tsinghua.edu.cn
社总机:010-62770175
投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦A座
邮 编:100084
邮购热线:010-62786544
客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京顺义振华印刷厂

装 订 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:140×203 印张:11.25

字数:280千字

版 次:2003年10月第3版

印 次:2007年3月第4次印刷

印 数:7001~9000

定 价:15.80元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:007313-01/TU

第三版说明

本书是土建工长培训系列教材之一《建筑结构》(上册)第三版,是根据新修订的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写的。

上册共两篇:钢筋混凝土结构和砌体结构。第1篇内容包括:钢筋、混凝土材料的力学性能,受弯构件承载力的计算,受压构件承载力的计算,受扭构件承载力的计算,钢筋混凝土构件裂缝和变形的计算,现浇钢筋混凝土楼盖和楼梯。第2篇内容包括:块材、砂浆的力学性能,砌体结构构件承载力计算,混合结构房屋的墙、柱设计和计算。

本书删除了前两版中目前应用较少的内容,力求使第三版内容实用,少而精。为了使读者掌握书中的基本理论和计算方法,各章均附有典型计算例题和思考题,供读者参考。本书除适合作为土建工长培训教材外,也可作为土建工程施工人员自学建筑结构的参考书。

由于编者水平所限,书中可能存在一些疏漏之处,请读者指正。

编 者

2002年9月于北京

目 录

绪论	1
0.1 建筑结构的分类及其应用范围	1
0.2 建筑结构的内容	6

第 1 篇 钢筋混凝土结构

第 1 章 钢筋混凝土材料的力学性能	7
1.1 混凝土的力学性能	7
1.2 钢筋的种类及钢筋的力学性能	17
1.3 钢筋与混凝土的粘结和锚固长度	21
思考题	25

第 2 章 钢筋混凝土结构概率极限状态

设计法	26
2.1 结构的功能及其极限状态	26
2.2 建筑结构设计使用年限和安全等级	27
2.3 荷载的分类及其代表值	29
2.4 材料强度标准值	31
2.5 按承载能力极限状态计算	31
2.6 按正常使用极限状态计算	36
思考题	39
习题	39

第 3 章 受弯构件承载力计算	40
3.1 概述	40
3.2 梁、板的一般构造	41
3.3 受弯构件正截面承载力的试验研究	47
3.4 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算的 基本原理	51
3.5 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	62
3.6 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	70
3.7 T 形截面受弯构件正截面承载力计算	79
3.8 受弯构件斜截面承载力计算	89
3.9 纵向受力钢筋的切断与弯起	108
3.10 受弯构件钢筋构造要求的补充	113
思考题	119
习题	120
 第 4 章 受压构件承载力计算	121
4.1 概述	121
4.2 轴心受压构件	122
4.3 偏心受压构件	129
思考题	147
习题	147
 第 5 章 受扭构件承载力计算	148
5.1 概述	148
5.2 钢筋混凝土纯扭构件承载力计算	149
5.3 钢筋混凝土剪扭构件承载力计算	151
5.4 钢筋混凝土弯剪扭构件承载力计算	152

思考题	155
-----------	-----

第 6 章 钢筋混凝土构件变形和裂缝

的计算	156
6.1 概述	156
6.2 钢筋混凝土受弯构件变形计算	156
6.3 钢筋混凝土构件裂缝宽度计算	167
思考题	174

第 7 章 现浇钢筋混凝土楼盖设计

7.1 概述	175
7.2 肋形楼盖的受力体系	177
7.3 单向板肋形楼盖计算简图	179
7.4 钢筋混凝土连续梁(板)的内力计算	181
7.5 单向板的计算与构造	194
7.6 次梁的计算与构造	199
7.7 主梁的计算与构造	202
7.8 双向板的计算与构造	206
7.9 现浇钢筋混凝土楼梯	227
思考题	239

第 2 篇 砌体结构

第 8 章 砌体材料及其力学性能

8.1 块材	241
8.2 砂浆	245
8.3 砌体抗压强度	246

8.4	砌体结构按承载力计算基本表达式	251
8.5	砌体轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度	257
8.6	砌体弹性模量	261
8.7	块材及砂浆的选择	263
	思考题	264
第 9 章	砌体结构构件承载力计算	265
9.1	受压构件承载力计算	265
9.2	轴心受拉、受弯、受剪构件承载力计算	276
9.3	砌体局部受压承载力计算	281
	思考题	293
	习题	294
第 10 章	混合结构房屋墙、柱设计	295
10.1	墙体承重体系	295
10.2	房屋静力计算方案及其计算简图	299
10.3	墙、柱高厚比的验算	306
10.4	多层刚性方案房屋墙、柱承载力的验算	314
10.5	单层房屋墙、柱承载力的验算	328
10.6	一般构造要求	339
	思考题	341
	习题	341
附录		342
参考文献		350

绪 论

0.1 建筑结构的分类及其应用范围

在房屋建筑中,由构件(屋架、梁、柱、基础等)组成的能承受“作用”的体系叫做建筑结构,它在房屋建筑中起骨架作用。这里所指的“作用”,是指施加在结构上的荷载(如恒载、活载等),或引起建筑结构外加变形和约束变形的原因(如地震、基础沉降、温度变化等)。由于前者直接作用在结构上,故称为直接作用;而后者则是以变形的形式作用在结构上的,故称为间接作用。

建筑结构可按所用的材料和承重结构的类型来分类。

0.1.1 按所用材料划分

1) 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土是由混凝土和钢筋两种材料构成的。钢筋混凝土结构的应用范围十分广泛,除工业与民用建筑,如多层与高层住宅、旅馆、办公楼、大跨的大会堂、剧院、展览馆和单层、多层工业厂房等采用钢筋混凝土建造外,其他特种结构,如烟囱、水塔、水池等,也多采用钢筋混凝土建造。

钢筋混凝土之所以应用这么广泛,主要是由于它具有以下优点:

(1) 强度高 钢筋混凝土的强度很高,适用于建造各种类型的承重结构,近代许多高层建筑大都采用钢筋混凝土建成。

(2) 耐久性好 因为钢筋包裹在混凝土内,在正常情况下,它

可以长期保持不锈,而且混凝土的强度还能随龄期的增长有所增加。因此,钢筋混凝土结构耐久性极好,几乎不必维修。

(3) 可塑性好 根据工程需要,钢筋混凝土可制成各种形状的结构构件和结构。这样,就给选择合适的结构形式提供了有利条件。

(4) 耐火性好 混凝土耐火性能是比较好的。钢筋在混凝土保护层保护下,在发生火灾时的一定时间内,不致很快达到软化温度而导致结构破坏。

(5) 可就地取材 钢筋混凝土除钢筋和水泥外,所需大量砂石材料,可就地取材,便于组织运输,为降低工程造价提供了有利条件。

(6) 抗震性能好 钢筋混凝土因为整体性好,并具有一定的延性^①,在地震烈度较高地区,常采用钢筋混凝土建造层数较多的建筑、烟囱及水塔等。

钢筋混凝土除具有上述优点外,也还存在着一些缺点。如自重重大,抗裂性能差,现浇施工时耗费模板多,工期长等。随着生产和科学技术的发展,钢筋混凝土的这些缺点正逐步得到克服。如采用轻骨料混凝土,以减轻混凝土的自重;采用预应力混凝土提高构件的抗裂性;以及采用预制钢筋混凝土构件克服模板耗费多和工期长等缺点。

2) 砌体结构

砌体结构是指用普通粘土砖、承重粘土空心砖(简称空心砖)、硅酸盐砖、中小型混凝土砌块、中小型粉煤灰砌块,或料石和毛石等块材,通过砂浆砌筑而成的结构。

我国古代遗留下来的砖石砌体结构很多,如驰名中外的万里长城、隋代李春所建的河北赵县安济桥、南北朝时建的河南登封嵩

^① 结构受力后容许变形的能力称为延性。

岳寺塔等,这些砖石砌体建筑的高超技艺反映了我国劳动人民的智慧。

砌体结构有就地取材、造价低廉、耐火性能好以及容易砌筑等优点。因此,在工业与民用建筑中获得了广泛的应用。在现代建筑中,除用于单层与多层建筑外,在特种结构,如烟囪、水塔、小型水池和重力式挡土墙等,也广泛采用砌体结构。

砌体结构除具有上述一些优点外,还存在着自重大、强度低、抗震性能差等缺点。

3) 钢结构

钢结构是由钢材制成的结构。它的主要优点是:强度高、重量轻、质地均匀、制作简单以及运输方便等。主要缺点是:容易锈蚀,维修费用高,耐火性能差等。

钢材是国民经济各部门不可缺少的材料,必须最大限度地节约钢材。因此,在工程建设中应当按照合理使用,充分发挥其优点的原则来利用钢材。目前,钢结构多用于工业与民用建筑中的屋盖、重工业厂房、高层建筑及高耸结构的广播电视发射塔等。

4) 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制成的结构。由于木结构具有就地取材,制作简单,便于施工等优点,所以,过去在一般工业与民用建筑中应用颇为广泛。解放后,由于我国社会主义建设事业的发展,木材用量与日俱增,而其产量又受到自然生长条件的限制,因此,节约木材对我国社会主义建设有着十分重要的意义。国务院曾颁发《节约木材暂行条例》,详细阐述了节约木材的意义,并规定在基本建设方面应尽量少采用木结构。因此,目前在大中城市的房屋建筑中已很少采用木结构,只有在林区和农村房屋建筑中还有应用。

木结构有易燃、易腐蚀和结构变形大等缺点,因此,在火灾危险性大或周围环境温度高的建筑中,以及在潮湿且不易通风的生



产性房屋中,均不宜采用木结构。

0.1.2 按承重结构类型划分

1) 混合结构

混合结构是指由砌体结构构件和其他材料制成的构件所组成的结构。例如,竖直承重构件用砖墙、砖柱,水平构件用钢筋混凝土梁、板所建造的结构就属于混合结构。

由于混合结构有就地取材、施工方便、造价便宜等优点,所以混合结构在我国城市和广大农村应用十分广泛,多用于六层及六层以下的住宅、旅馆、办公楼、教学楼以及单层工业厂房中。

2) 框架结构

框架结构是由纵梁、横梁和柱组成的结构。目前,我国框架结构多采用钢筋混凝土建造,也有采用钢框架的。

框架结构建筑布置灵活,可任意分割房间,容易满足生产工艺和使用上的要求。它既可用于大空间的商场、工业生产车间、礼堂、食堂,也可用于住宅、办公楼、医院、学校建筑。因此,框架结构在单层和多层工业与民用建筑中获得了广泛应用。

钢筋混凝土框架结构超过一定高度后,其侧向刚度将大大降低。这时,在风荷载或地震作用下,其侧向位移就会超过容许值,因此,钢筋混凝土框架结构多用于10层以下建筑。个别也有超过10层的,如北京长城饭店采用的就是18层钢筋混凝土框架结构。

3) 框架-剪力墙结构

计算表明,房屋在风荷载或地震作用下,靠近底层的承重构件的内力(弯矩 M ,剪力 V)和房屋的侧向位移将随房屋高度的增加而急剧增大。因此,当房屋高度超过一定限度后,再采用框架结构,底层的梁、柱尺寸就会很大。这样,房屋造价不仅增加,而且建筑使用面积也会减少。在这种情况下,通常采用钢筋混凝土框架-剪力墙结构。

钢筋混凝土框架-剪力墙结构是在框架结构纵、横方向的适当位置,在柱与柱之间设置几道厚度大于 140mm 的钢筋混凝土墙体而构成的。由于在这种结构中剪力墙在平面内的侧向刚度比框架侧向刚度大得多,所以,在风荷载或地震作用下产生的水平剪力主要由墙来承担,一小部分剪力则由框架来承担,而框架主要承受竖向荷载。由于框架-剪力墙结构充分发挥了剪力墙和框架各自的特点,因此,在高层建筑中采用框架-剪力墙结构比框架结构更经济合理。

4) 剪力墙结构

剪力墙结构是由纵横钢筋混凝土墙所组成的结构。这种墙除抵抗水平地震作用和竖向荷载外,还对房屋起着围护和分割作用。这种结构适用于高层住宅、旅馆等建筑。因为剪力墙结构的墙体较多,房屋的侧向刚度大,因此它可以建得很高。

目前,我国剪力墙结构多用于 12~30 层住宅、旅馆建筑中。高 93m、23 层的北京西苑饭店采用的就是钢筋混凝土剪力墙结构。

5) 筒体结构

随着房屋的层数的进一步增加,房屋结构需要具有更大的侧向刚度,以抵抗风荷载和地震作用,因此出现了筒体结构。

筒体结构是用钢筋混凝土墙围成侧向刚度很大的筒体,其受力特点与一个固定于基础上的筒形悬臂构件相似。为了满足采光的要求,在筒壁上开有孔洞,这种筒叫做空腹筒。当建筑物高度更高,要求侧向刚度更大时,可采用筒中筒结构。这种筒体由空腹外筒和实腹内筒组成,内外筒之间用在自身平面内刚度很大的楼板相联系,使之共同工作,形成一个空间结构。

筒体结构多用于高层或超高层(高度 $H \geq 100\text{m}$)公共建筑中,如饭店、银行、通信大楼等。北京中央彩电中心大楼(26 层,高 107m)采用的就是筒中筒结构。

6) 大跨结构

大跨结构是指在体育馆、大型火车站、航空港等公共建筑中所采用的结构。在这种结构中,竖向承重结构构件多采用钢筋混凝土柱,屋盖采用钢网架、薄壳或悬索结构等。近十几年来,由于电子计算机的迅速推广和应用,使钢网架的内力分析从冗繁的计算中解放出来,从而钢网架也就获得了广泛的应用。我国首先采用钢网架的建筑是北京首都体育馆,它的屋盖宽度为 99m,长度达 112.2m,用钢量仅为 65kg/m^2 。

0.2 建筑结构的内容

建筑结构这门学科包括以下几部分内容。

1) 钢筋混凝土结构

这部分内容主要叙述混凝土、钢材的基本力学性质,钢筋混凝土结构按概率极限状态的设计方法,钢筋混凝土结构构件计算和一般构造要求,预应力混凝土基本原理,以及单层和高层房屋结构计算要点。

2) 砌体结构

叙述砌体结构的基本计算原理、材料的力学性质,砌体结构构件的设计与计算。

3) 钢木结构

讲述钢结构与木结构计算的基本原理,材料的力学性能,钢、木结构构件的连接与计算。

本书的一些内容是根据我国《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)及新修订的有关建筑结构设计规范编写的。这些设计规范反映了我国 50 多年来建筑结构科学研究成果和工程实践经验,它是贯彻国家技术经济政策,提高设计质量,加快设计速度,达到设计标准化、统一化的保证,是工程设计人员进行设计的重要依据。因此,我们必须熟悉规范,学会正确地使用规范。

第 1 篇 钢筋混凝土结构

第 1 章 钢筋混凝土材料的力学性能

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种受力性质不同的材料组成的。为了掌握钢筋混凝土构件的受力特性和设计计算原理,必须了解钢筋和混凝土的力学性能。

1.1 混凝土的力学性能

1.1.1 混凝土的强度

1. 立方体抗压强度

边长为 150mm 的立方体试块(图 1-1),在温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度不低于 90% 的环境里养护 28 天,以每秒 $0.2 \sim 0.3 \text{N/mm}^2$ 的加载速度进行试验所测得的抗压强度,叫做立方体抗压强度,用符号 f_{cu} 表示。

根据混凝土立方体抗压强度标准值^①,我国新修订的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)规定,混凝土强度等级分成 14 级:C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、

① 强度标准值是指在正常情况下,可能出现的最小材料强度。

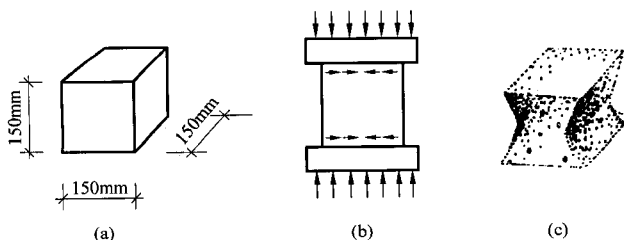


图 1-1 混凝土试样

(a) 立方体试块 (b) 受力示意图 (c) 破坏形态

C75 和 C80(其中 C 表示混凝土,C 后面的数字表示立方体抗压强度标准值,单位为 N/mm^2)。

钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15;当采用 HRB335 级钢筋(钢筋的种类参见 1.2 节)时,混凝土强度等级不宜低于 C20;当采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋以及对承受重复荷载的构件,混凝土强度等级不得低于 C20。

预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30;当采用钢丝、钢绞线、热处理钢筋作预应力钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C40。

试块放在压力机上下垫板间加压时,试块纵向受压缩短,而横向将扩展。由于压力机垫板与试块上下表面之间存在摩擦力,它好像“箍”一样,将试块上下端箍住(图 1-1(b)),阻碍了试块上下端的横向变形,而试块中间部分“箍”的影响较小,混凝土比较容易发生横向变形。随着荷载的增加,试块中间部分的混凝土首先鼓出而剥落,形成对顶的两个角锥体,其破坏形态如图 1-1(c)所示。

试块尺寸不同,试验时试块上下表面摩擦力产生“箍”的作用也不相同。根据大量实验结果的统计规律,对于边长为非标准立方体试块,其抗压强度应乘以下列换算系数,以换算成标准立方体强度:

200mm×200mm×200mm 的立方体试块——1.05;

100mm×100mm×100mm 的立方体试块——0.95。

2. 轴心抗压强度

在工程中,钢筋混凝土轴心受压构件,如柱、屋架受压弦杆等,它们的长度比截面尺寸大得多。因此,钢筋混凝土轴心受压构件中混凝土的强度与混凝土棱柱体轴心抗压强度接近。所以,在计算这类构件时,混凝土强度应采用棱柱体轴心抗压强度(简称轴心抗压强度),用符号 f_c 表示。

混凝土轴心抗压强度,是按照标准方法制作养护的截面为 150mm×150mm、高 600mm^① 的棱柱体(图 1-2),经 28 天龄期,用标准试验方法测得的强度。

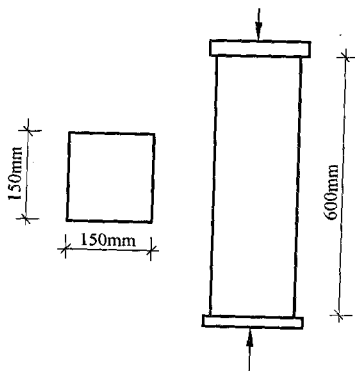


图 1-2 轴心抗压强度试验

我国近年来所做的 122 组棱柱体抗压试验结果如图 1-3 所示。由图可以看出,轴心抗压强度 f_c 与立方体抗压强度 f_{cu} 的关系大致成线性关系,其关系式可写成

$$f_c = \alpha_{cl} f_{cu} \quad (1-1a)$$

^① 棱柱体也有采用 100mm×100mm×300mm 或其他尺寸的。