

高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

建筑 结构

J I A N Z H U J I E G O U

◎ 李美娟 主 编

马 巍 副主编
李峻峰

千 洪 主 审

合肥工业大学出版社

高等学校省级规划教材

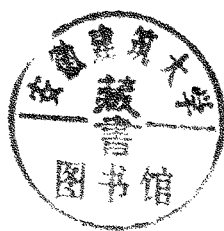
——土木工程专业系列教材

建筑 结 构

李美娟 主 编

马 巍 副主编
李峻峰

干 洪 主 审



合肥工业大学出版社

内 容 提 要

本书根据全国高等学校土建学科教学指导委员会建筑学专业指导委员会制定的培养目标、培养方案和我国现行的新规范、新规程和最新的文献资料编写。书中主要讲述各种建筑结构(钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、高层钢筋混凝土结构、大跨度及其他类型建筑结构),建筑结构抗震设计基础知识以及地基与基础等内容。

本书适用于建筑学及相近专业和土木工程、建筑工程管理等专业的学生,也可供广大专业设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/李美娟 主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2006.12

ISBN 7-81093-525-9

I. 建... II. 李... III. 建筑结构—高等学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 153157 号

建 筑 结 构

主编:李美娟

责任编辑:陈淮民

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn
版 次 2006 年 12 月第 1 版
2006 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 20.75
字 数 508 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥现代印务有限公司

ISBN 7-81093-525-9/TU·24 定价:32.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

安徽省高校土木工程系列规划教材

编委会

主任：千洪

副主任：王建国 汪仁和 沈小璞

委员：（按姓氏笔画排列）

丁克伟	马芹永	戈海玉	卢平
刘安中	孙强	吴约	完海鹰
邵艳	柳炳康	夏勇	殷和平
高荣誉	黄伟		

前 言

编著本书依据的是高等学校土建学科教学指导委员会建筑学专业指导委员会制定的培养目标、培养方案和本课程的教学基本要求，并综合考虑了工程管理及土木工程等各专业的教育标准和培养方案。本书是高等学校省级规划教材，是专门为高等学校建筑类各专业（含建筑学、城市规划、室内设计、建筑装饰、景观园林、艺术设计等）编写的建筑结构课程教材，按我国现行的新规范、新规程和参考最新的文献资料编写而成的。本教材也可作为土木工程专业大专学科以及相关专业的教学用书和有关建筑工程设计与施工技术人员的参考书。

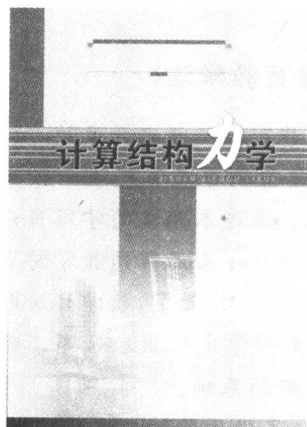
本书主要包括：绪论，建筑结构设计的基本原则，各种建筑结构（钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、高层钢筋混凝土结构、大跨度及其他类型建筑结构），建筑抗震设计基本知识以及地基与基础等内容。在内容上力求简明扼要，结构体系合理，突出适用性、先进性的特点。每章均配有思考题与习题，供学生练习和巩固课本所学内容之用。本教材适用的专业较广，然而各个专业的教学计划学时不尽相同，所以在本书使用时，请根据本校、本专业的实际需要和计划学时的多少而酌情取舍。

全书由合肥工业大学李峻峰（第1章），安徽建筑工业学院严云鹤（第2章）、马巍（第4章）、刘艳（第3章第1~4节）、李美娟（第5章）、褚振文（第6章第5节）、胡俊（第7章）、张国芳（第8章）、程晓杰（第9章），安徽农业大学杨士良（第3章第5、6节）、王强（第3章第7节）和铜陵学院石开展（第6章第1~4节）共同编写。李美娟任主编，马巍、李峻峰任副主编。全书由安徽建筑工业学院干洪教授主审。

本教材是在安徽建筑工业学院及土木工程学院领导和参编的各兄弟院校的大力支持下编写的，在编写过程中得到很多同志的鼓励并提出许多宝贵意见；特别是干洪教授为提高教材质量做了大量辛苦的主审工作；合肥工业大学出版社及陈淮民老师对书稿的编辑、校对付出了大量的心血；安徽建筑工业学院土木工程学院计算机中心的施国栋老师对书中的图稿处理给予了大量的帮助。在此一并向他们致以衷心的感谢！

限于时间仓促及编者的水平，书中难免存在一些缺点和问题，欢迎广大读者使用后批评指正。

2006年10月



干 洪 主编

定价:20.00 元

书号:7-81093-132-6

《计算结构力学》

本书为土木工程专业重要的技术基础课之一。由于它涉及的学科面较广,内容较多,没有统编教材。本教材是作者经过十多年的艰苦努力,在教学改革上取得了一定成绩,并积累了大量的教学心得的基础上写成。教材侧重对学生基本技能、创新能力的培养和训练。对教学内容进行了优化整合,结合了近阶段课题研究成果,程序设计部分可直接用于工程实际。



肖亚明 主编

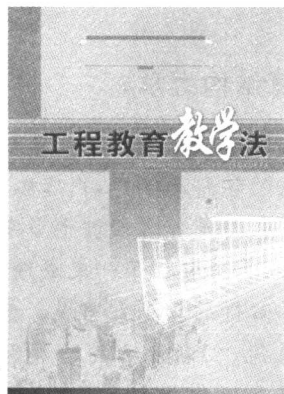
定价:23.00 元

书号:7-81093-298-5

《钢结构设计原理》

本书为高等学校土木工程专业本科的专业基础教材,主要讲述钢结构设计的基本理论和方法。全书共分为6章,分别为:绪论,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件及拉弯和压弯构件。各章均附有设计计算例题,思考题和习题,以利有关基本理论和设计方法的学习和掌握,书后还给出大量的附表,可供设计计算和工程设计应用。

本书可作为高等院校土木工程专业以及相近专业本科生的教材,经过一定删节也可用作专科生的教材,还可供相关工程技术人员参考。



孙 强 主编

定价:18.00 元

书号:7-81093-110-5

《工程教育教学法》

本书是为土木工程职教师班开设的一门专业课程,也是适应目前高等教育发展而设立的一个特色专业课程。通过本课程的学习可以使工科学生了解高等学校专业课程的教学特点与教学方法。熟悉教学大纲、教案、教学日历的编写和实施,为培养工科学生毕业后从事工科职业教育工作打下良好的基础。

适用范围:本书除了用于教材之外,还可以作为从事土木工程专业及职业技术教育的教师和大中专学生的参考书。



何夕平 主编

定价:20.00 元

书号:7-81093-299-3

《建设工程监理(附案例分析)》

本书着重介绍了建设工程监理的主要理论和实际运作方法,共分10章,包括:建设工程监理的概念和相关法律法规;监理工程师;工程监理企业;监理组织;监理规划;建设工程监理目标控制;组织协调;合同管理;风险管理;信息管理和建设工程监理案例分析。本书按照当前最新法规、标准规范的有关要求编写,内容新颖、实用、可操作性强。同时,针对监理工作中经常遇到的问题和处理方法编成14个案例并加以分析,以指导读者尽快掌握建设工程监理的主要内容和工作方法,提高分析问题和解决问题的能力。

本书除了用于土木工程、工程管理专业的教材之外,还可供相关工程技术人员参考。

目 录

第 1 章 绪 论	1
1. 1 建筑结构分类及其应用范围	1
1. 2 建筑结构的发展简况	3
第 2 章 建筑结构设计的基本原则	5
2. 1 建筑结构设计方法演变	5
2. 2 结构的功能和极限状态	6
2. 3 结构的可靠度和极限状态方程	7
2. 4 可靠指标和目标可靠指标	9
2. 5 极限状态设计表达式	10
第 3 章 钢筋混凝土结构	17
3. 1 钢筋混凝土结构材料力学性能	17
3. 2 受弯构件正截面承载力计算	22
3. 3 受弯构件斜截面承载力计算	42
3. 4 受压构件	55
3. 5 钢筋混凝土平面楼盖	67
3. 6 预应力混凝土结构	98
3. 7 单层厂房结构	109
第 4 章 砌体结构	127
4. 1 砌体结构的基本概念	127
4. 2 砌体材料	128
4. 3 砌体的力学性能	130
4. 4 砌体结构构件的承载力计算	133
4. 5 混合结构房屋的承重体系和静力计算方案	146
4. 6 过梁、圈梁、墙体的构造措施	146
第 5 章 钢结构	152
5. 1 钢结构的材料	152

5. 2	钢结构的连接	158
5. 3	轴心受力构件	177
5. 4	受弯构件	182
5. 5	钢屋盖	189
第 6 章	建筑结构抗震设计基础知识	194
6. 1	地震的基础知识	194
6. 2	抗震设计的基本要求	198
6. 3	场地和地基	204
6. 4	砌体结构和钢筋混凝土结构抗震规定	207
6. 5	结构隔震和消能减震基本介绍	212
第 7 章	高层钢筋混凝土结构	217
7. 1	高层建筑结构体系和结构布置	217
7. 2	高层建筑结构荷载作用	221
7. 3	框架结构设计	225
7. 4	剪力墙结构设计	245
7. 5	框架—剪力墙结构协同工作的基本原理	248
7. 6	筒体结构介绍	251
第 8 章	地基与基础	258
8. 1	地基土的基本知识	258
8. 2	土中应力	262
8. 3	土的变形与地基沉降计算	266
8. 4	地基土的承载力	268
8. 5	天然地基上浅基础设计	269
第 9 章	大跨度及其他类型建筑结构简介	284
9. 1	概论	284
9. 2	巨型框架结构	285
9. 3	网架结构和网壳结构	287
9. 4	桁架结构	289
9. 5	门式刚架结构	290
9. 6	悬索结构和拱结构	292
9. 7	折板结构、薄壳结构和膜结构	293
附录		298
参考文献		321

第 1 章 绪 论

建筑的三个最基本要素包括安全、适用和美观。适用是指该建筑的实用功能,即建筑可提供的空间要满足建筑的使用要求,这是建筑的最基本特性;美观是建筑物能使那些接触它的人产生一种美学感受,这种效果可能由一种或多种原因产生,其中也包括建筑形成的象征意义,形状、花纹和色彩的美学特征;安全是建筑的最基本特征,它关系到建筑物保存的完整性和作为一个物体在自然界的生存能力,满足此“安全”所需要的建筑物部分是结构,结构是建筑物的基础,是建筑物的基本受力骨架,没有结构就没有建筑物,也不存在适用,更不可能有美观。因此,为使建筑作品达到一定的境界,就必须了解其结构组成的有关内容。

1.1 建筑结构分类及其应用范围

建筑结构是由构件(梁、板、柱、基础、桁架、网架等)组成的能承受各种作用、起骨架作用的体系。

建筑结构可按所使用的材料和主要受力构件的承重形式来分类。

1.1.1 按使用材料划分

1. 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构由混凝土和钢筋两种材料组成,是土木工程中应用最广泛的一种结构形式。可用于民用建筑和工业建筑,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,也可用于特种结构,如烟囪、水塔、水池等。

钢筋混凝土结构具有以下主要优点:

(1)可以根据需要,浇注成各种形状和尺寸的结构。为选择合理的结构形式提供了有利条件。

(2)强度价格比相对较大。用钢筋混凝土制成的构件比用同样费用制成的木、砌体、钢结构受力构件强度要大。

(3)耐火性能好。混凝土耐火性能好,钢筋在混凝土保护层的保护下,在火灾发生的一定时间内,不至于很快达到软化温度而导致结构破坏。

(4)耐久性好,维修费用小。钢筋被混凝土包裹,不易生锈,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使用寿命长。

(5)整体浇注的钢筋混凝土结构整体性能好,对抵抗地震、风载和爆炸冲击作用有良好性能。

(6)混凝土中用料最多的沙、石等原料可以就地取材,便于运输,为降低工程造价提供了有利条件。

钢筋混凝土结构也存在着一些缺点,如自重较大,抗裂性能差,现浇施工时耗费模板多,工期长等。随着对钢筋混凝土结构的深入研究和工程实践经验的积累,这些缺点正逐步得到克服,如采用预应力混凝土可提高其抗裂性,应用到大跨结构和防渗结构;采用高强混凝土,可以改善防渗性能;采用轻质高强混凝土,可以减轻结构自重,并改善隔热隔声性能;采用预制钢筋混凝土构

件,可以克服模板耗费多和工期长等缺点。

2. 钢结构

钢结构是由钢板和各种型钢,如角钢、工字钢、槽钢、T型钢、钢管以及薄壁型钢等制成的结构。常用于重工业或有动力荷载的厂房,如冶金、重型机械厂房;大跨房屋,如体育馆、飞机库、车站;高层建筑;轻型钢结构,如轻型管道支架仓库建筑,需要移动拆卸的房屋等。

房屋钢结构具有以下特点:

(1)材料强度高。同样截面的钢材比其他材料能承受较大的荷载,跨越的跨度也大,从而可减轻构件自重。

(2)材质均匀。材料内部组织接近匀质和各向同性,结构计算和实际符合较好。

(3)材料塑性和韧性好。结构不易因超载而突然断裂,对动荷结构适应性强。

(4)便于工业化生产和机械化加工。

(5)耐热不耐火。

(6)耐腐蚀性差,维修费用高。

3. 砌体结构

砌体结构是指用普通粘土砖、承重粘土空心砖、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,通过砂浆铺缝砌筑而成的结构。砌体结构可用于单层与多层建筑以及特种结构,如烟囟、水塔、小型水池和挡土墙等。

砌体结构具有可就地取材、造价低廉、保温隔热性能好、耐火性好、砌筑方便等优点。也存在自重大、强度低、抗震性能差等缺点。

4. 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制成的结构。木结构由于受木材自然生长条件的限制,很少使用。具有就地取材,制作简单,便于施工等优点。也具有易燃,易腐蚀和结构变形等缺点。

1.1.2 按承重结构类型划分

1. 混合结构

混合结构是由砌体结构构件和其他材料制成的构件所组成的结构。如竖向承重结构用砖墙、砖柱,水平承重结构用钢筋混凝土梁、板的结构就属于混合结构。它多用于七层及七层以下的住宅、旅馆、办公楼、教学楼及单层工业厂房中。

混合结构具有可就地取材、施工方便、造价低廉等特点。

2. 框架结构

框架结构是由梁、板和柱组成的结构。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。因此,在单层和多高层工业与民用建筑中广泛使用,如办公楼、旅馆、工业厂房和实验室等。由于高层框架侧向位移将随高度的增加而急剧增大,因此框架结构的高度受到限制,如钢筋混凝土结构多用于10层以下建筑。

3. 剪力墙结构

剪力墙结构是利用墙体承受竖向和水平荷载,并起着房屋维护与分割作用的结构。剪力墙在抗震结构中也称抗震墙,在水平荷载作用下侧向变形很小,适用于建造较高的高层建筑。剪力墙的间距不能太大,平面布置不灵活,因此,多用于12~30层的住宅、旅馆中。

4. 框架—剪力墙结构

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剪力墙所组

成的结构。该种结构形式充分发挥了框架、剪力墙结构的各自特点,在高层建筑中得到了广泛的应用。

5. 筒体结构

由剪力墙构成的空间薄壁筒体,称为实腹筒;由密柱、深梁框架围成的体系,称为框筒;如果筒体的四壁由竖杆和斜杆形成的桁架组成,称为桁架筒;如果体系是由上述筒体单元组成,称为筒中筒或成束筒,一般由实腹的内筒和空腹的外筒构成。筒体结构具有很大的侧向刚度,多用于高层和超高层建筑中,如饭店、银行、通讯大楼等。

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。竖向承重结构多采用柱,屋盖采用钢网架、薄壳或悬索结构等。

1.2 建筑结构的发展简况

石结构、砖结构和钢结构已有悠久的历史,并且我国是世界上最早应用这三种结构的国家。

早在五千年前,我国就建造了石砌祭坛和石砌围墙(先于埃及金字塔)。我国隋代在公元595~605年由李春建造的河北赵县安济桥是世界上最早的空腹式单孔圆弧石拱桥。该桥净跨37.37m,拱高7.2m,宽9m;外形美观,受力合理,建造水平较高。

我国生产和使用烧制砖也有三千年以上的历史,早在西周时期(公元前1134年~前771年)已有烧制的砖瓦。在战国时期(公元前403~前221年)便有烧制的大尺寸空心砖。至秦朝和汉朝,砖瓦已广泛应用于房屋结构。

我国早在汉明帝(公元60年前后)时便使用铁索建桥(比欧洲早70多年)。用铁造房的意识也比较悠久。例如现存的湖北荆州玉泉寺的13层铁塔便是建于宋代,已有1500年历史。

与前面三种结构相比,砌块结构出现较迟。其中应用较早的混凝土砌块问世于1882年,也仅百余年历史。而利用工业废料的炉渣混凝土砌块和蒸压粉煤灰砌块在我国仅有30年左右的历史。

混凝土结构最早应用于欧洲,仅有170多年的历史。

1824年,英国泥瓦工约瑟夫·阿斯普丁(Joseph·Aspadin)发现了波特兰水泥(因硬化后的水泥石的性能和颜色与波特兰岛生产的石灰石相似而得名),以后,混凝土便开始在英国等地使用。1850年,法国人郎波特(Lanbot)用加钢筋的方法制造了一条水泥船,开始有了钢筋混凝土制品。1867年,法国人莫尼埃(Manier)第一次获得生产配有钢筋的混凝土构件的专利。以后,钢筋混凝土日益广泛应用于欧洲的各种建筑工程。及至1928年,法国人弗列新涅提出了混凝土收缩和徐变理论,采用了高强钢丝,并发明了预应力锚具后,预应力混凝土开始应用于工程。预应力混凝土的出现,是混凝土技术发展的一次飞跃。它使混凝土结构的性能得以改善,应用范围大大扩展。由于预应力混凝土结构的抗裂性能好,并可采用高强度钢筋,故可应用于大跨度、重荷载建筑和高压容器等。

改革开放以来,我国的建设事业蓬勃发展,建筑结构在我国也得到迅速发展。高楼大厦如雨后春笋般涌现。我国已建成的高层建筑有15000多幢,其中超过100m的有200多幢。我国香港特别行政区的中环广场大厦(图1-1)建成于1992年,78层,301m高(不计塔尖),建成之时是世界上最高的钢筋混凝土结构建筑。上海浦东的金茂大厦(图1-2)建成于1998年,93层,370m高(不计塔尖),钢和混凝土组合结构,是我国第二、世界第四高度的高层建筑。1999年我

国已建成跨度为 1385m,列为中国第一、世界第四跨度的钢筋混凝土桥塔和钢悬索组成的特大桥梁——江阴长江大桥(图 1-3)。在材料方面,高强混凝土(不低于 C60)在我国已得到较普遍的应用。



图 1-1 香港中环广场大厦



图 1-2 上海金茂大厦

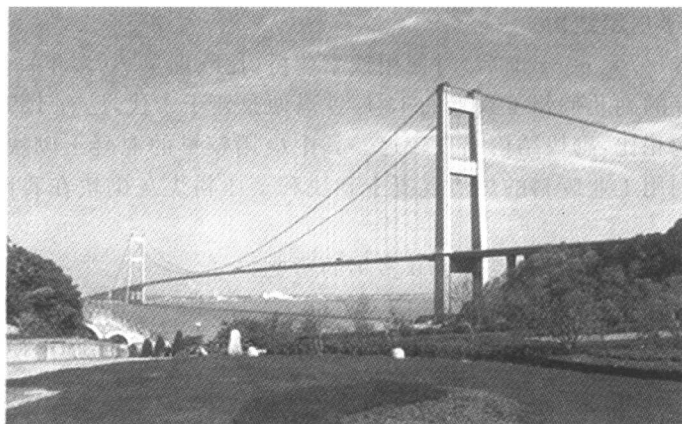


图 1-3 江阴长江大桥

以上成就表明,我国在建筑结构的实践和科学研究方面均已达到世界先进水平。

思考题

1. 什么叫建筑结构?
2. 什么叫砌体结构? 它有哪些优缺点?
3. 什么叫钢结构? 它有哪些优缺点?
4. 钢筋混凝土结构有哪些优缺点?
5. 举例说明我国在建筑结构的实践和研究方面所取得的巨大成就。

第 2 章 建筑结构设计的基本原则

结构的可靠概率亦称结构可靠度。更确切地说,结构在规定的时间内、规定的条件下,完成预定功能的概率称为结构可靠度。由此可见,结构可靠度是结构可靠性的概率度量。由于可靠概率 P_s 和失效概率 P_f 是互补的,即 $P_f + P_s = 1$,因此,结构可靠性也可用结构的失效概率来度量。目前,国际上已经比较一致地认为,用结构的失效概率来度量结构的可靠性比较能确切地反映问题的本质。

2.1 建筑结构设计方法演变

2.1.1 设计基准期和设计使用年限

必须指出,结构的可靠度与使用期有关。这是因为设计中所考虑的基本变量,如荷载(尤其是可变荷载)和材料性能等,大多是随时间而变化的,因此,在计算结构可靠度时,必须确定结构的使用期,即设计基准期。换句话说,设计基准期是为确定可变作用及与时间有关的材料性能等取值而选用的时间参数(我国取用的设计基准期为 50 年)。还须说明,当结构的使用年限达到或超过设计基准期后,并不意味着结构立即报废,而只意味着结构的可靠度将逐渐降低。

设计使用年限是设计规定的一个期限,在这一规定的时期内,结构或结构构件只需进行正常的维护(包括必要的检测、维护和维修)而不需进行大修就能满足预期的功能,即结构在正常设计、正常施工、正常使用和维护下所应达到的使用年限。换句话说,在设计使用年限内,结构和结构构件在正常的维护下应能保持其使用功能,而不需进行大修加固。结构的设计使用年限应按表 2-1 采用。若建设单位提出更高要求,也可按建设单位的要求确定。

表 2-1 设计使用年限分类

类别	设计使用年限/年	示例
1	5	临时性建筑
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋的构筑物
4	100 以上	纪念性建筑和特别重要的建筑结构

2.1.2 结构设计方法演变

众所周知,建筑结构处于双重空间,一是自然空间,二是建筑空间。所谓自然空间,就是指建筑物建于地球表面,处于自然界中,建筑结构要能抵御自然界的作用,如风、雪、雨及地震等;所谓建筑空间,就是指建筑结构构件根据建筑功能的要求,按照一定组合原则形成主体结构,要能够承担在使用过程中作用,如人群、家具、设备及构件自重。如何设计才能保证建筑结构既安全可靠,又经济合理,在很大程度上取决于设计方法。

最早的建筑结构设计理论是以弹性理论为基础的容许应力计算法。这种方法要求在规定的标准荷载下,按弹性理论计算的应力不大于规定的容许应力。容许应力系由材料强度除以安全系数求得,安全系数则根据经验和主观判断来确定。

但是建筑结构所用材料并不都是匀质弹性材料,而是有着明显的弹塑性性能,如钢筋混凝土结构和砌体结构。因此,这种以弹性理论为基础的设计方法,不能如实反映构件截面应力状态,不能正确地计算出结构构件的截面承载力,也就不能准确地反映建筑结构的可靠性。

新中国成立后,我国建筑结构设计理论的确有了长足的发展。但在 20 世纪 80 年代以前,建筑结构设计理论在不同材料构件设计中采用的设计方法不尽一致。如砌体结构采用了总安全系数法;钢筋混凝土结构采用了半经验、半统计的单一安全系数极限状态设计法。在同一幢建筑物中,建筑结构的可靠性很难表述。

20 世纪 80 年代以后,国际上在应用概率理论来研究和解决结构可靠度问题,并在统一各种结构基本设计原则方面取得了显著的进展,使结构可靠度理论进入一个新的阶段。在学习国外科研成果和总结我国工程实践经验的基础上,我国于 1984 年颁布试行《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—1984)(以下简称原《统一标准》),也是采用以概率理论为基础的极限状态设计法。原《统一标准》把概率方法引入到工程设计中来,从而使结构设计可靠度具有比较明确的物理意义,使我国的建筑结构设计基本原则更为合理,并开始趋向统一。原《统一标准》的应用是我国在建筑设计概念上的重大变革,并对提高我国建筑结构设计规范的质量和逐步形成完整的体系起了重大的推动作用。

近年来,我国对原《统一标准》进行了修订,2002 年颁布了《建筑结构可靠度设计统一标准》(GBJ50068—2001)(以下简称为《统一标准》),将我国建筑结构可靠度设计提高到一个新的水平。本书介绍的建筑结构设计方法,就是按新《统一标准》中近似概率理论的极限状态设计法。

2.2 结构的功能和极限状态

2.2.1 结构的功能

建筑结构设计的基本目的是在一定经济条件下,使结构在预定的使用期限内,能满足设计所预期的各种功能要求。结构的功能要求包括安全性、适用性和耐久性。

(1) 安全性

要求能够承受正常施工和正常使用时可能出现的各种作用(例如:荷载、温度、地震等),以及在偶然事件发生时及发生后,结构仍能保持必需的整体稳定性,即结构只产生局部损坏而不会发生连续倒塌。

(2) 适用性

要求在正常使用时具有良好的工作性能(例如:不发生影响使用的过大变形或振幅;不发生过宽的裂缝)。

(3) 耐久性

要求在正常的维护下具有足够的耐久性,不发生锈蚀和风化现象。

2.2.2 结构的极限状态

在建筑结构使用中,整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计的某一功

能要求,此特定状态称为该功能的极限状态。极限状态是区分结构工作状态可靠或失效的标志。结构的极限状态可分为两类:承载力极限状态和正常使用极限状态。

1. 承载力极限状态

承载力极限状态是指对应于结构或结构构件达到最大承载力,出现疲劳破坏或不适于继续承载的变形。包括:当结构构件或连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏),或因为过度变形而不适于继续承载;整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆等);结构转变为机动体系;结构或结构构件丧失稳定(如压屈等);地基丧失承载力而破坏(如失稳等)。超过承载力极限状态后,结构或构件就不能满足安全性的要求。

2. 正常使用极限状态

正常使用极限状态是指对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定的极限值。当结构或结构构件出现下列状态之一时,应认为超过了正常使用极限状态。影响正常使用或外观的过大变形;影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括裂缝);影响正常使用的其他特定状态。超过了正常使用极限状态,结构或构件就不能保证适用性和耐久性的功能要求。

结构构件按承载力极限状态进行计算后,再根据设计状况,按正常使用极限状态进行验算。

2.3 结构的可靠度和极限状态方程

2.3.1 作用效应和结构抗力

任何结构或构件中都存在对立的两个方面:作用效应 S 和结构抗力 R 。——这是结构设计中必须解决的两个问题。

作用效应 S 是指作用引起的结构或结构构件的内力、变形和裂缝等。

结构抗力 R 是指结构或结构构件承受作用效应的能力,如结构构件的承载力、刚度和抗裂度等。它主要与结构构件的材料性能和几何参数以及计算模式的精确性有关。

结构上的作用分为直接作用和间接作用两种。直接作用是指施加在结构上的荷载,如恒荷载、活荷载和雪荷载等。间接作用是指引起结构外观变形和约束变形的其他作用,如地基沉降、混凝土收缩、温度变化和地震等。

结构上的作用,也可按下列原则分类。

1. 按随时间的变异性分类

(1) 永久作用

在设计基准期内量值不随时间变化,或其变化与平均值相比可以忽略的作用。例如,结构自重、土压力、预加应力等。

(2) 可变作用

在设计基准期内量值随时间变化且其变化与平均值相比不可忽略的作用。例如,安装荷载、楼面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载和温度变化等。

(3) 偶然作用

在设计基准期内不一定出现,而一旦出现,其量值很大且持续时间很短的作用。例如地震、爆炸、撞击等。

2. 按随空间位置的变异分类

(1) 固定作用

在结构上具有可以固定分布的作用。例如,工业与民用建筑楼面上的固定设备荷载、结构构件自重等。

(2) 自由作用

在结构上一定范围内可以任意分布的作用。例如,工业与民用建筑楼面上的人员荷载、吊车荷载等。

3. 按结构的反应特点分类

(1) 静态作用

使结构产生的加速度可以忽略不计的作用。例如结构自重、住宅和办公楼的楼面活荷载等。

(2) 动态作用

使结构产生的加速度不可忽略的作用。例如,地震、吊车荷载、设备振动等。

2.3.2 结构的可靠性和可靠度

结构和结构构件在规定的时间内、规定的条件下完成预定功能的可能性,称为结构的可靠性。结构的作用效应小于结构抗力时,结构处于可靠工作状态。反之,结构处于失效状态。

由于作用效应和结构抗力都是随机的,因而结构不满足或满足其功能要求的事件也是随机的。一般把出现前一事件(不满足其功能要求)的概率称为结构的失效概率,记为 P_f ;把出现后一事件(满足其功能要求)的概率称为可靠度,记为 P_s 。

2.3.3 极限状态方程

结构的极限状态可用极限状态方程来表示。

当只有作用效应 S 和结构抗力 R 两个基本变量时,可令:

$$Z = R - S \quad (2-1)$$

显然,当 $Z > 0$ 时,结构可靠;当 $Z < 0$ 时,结构失效;当 $Z = 0$ 时,结构处于极限状态。 Z 是 S 和 R 的函数,一般记为 $Z = g(S, R)$,称为极限状态函数。相应的, $Z = g(S, R) = R - S = 0$,称为极限状态方程。所以结构的失效概率为:

$$P_f = P(Z = R - S < 0) = \int_{-\infty}^0 f(Z) dZ \quad (2-2)$$

图 2-1 中所示为结构功能函数的分布曲线。

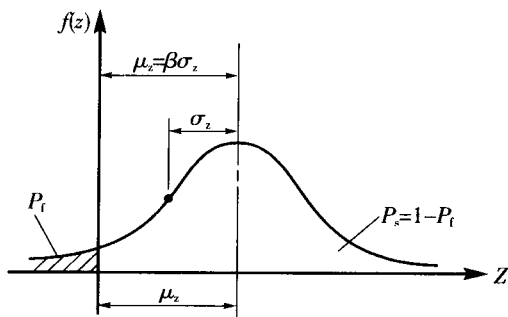


图 2-1 结构功能函数分布曲线

图中纵坐标以左($Z < 0$)分布曲线所围成的阴影面积表示结构的失效概率 P_f ,纵坐标以右(Z