

建 筑 工 程 专 业 系 列 教 材

建筑结构设计原理

赵积华 主 编

河海大学出版社

建筑工程专业系列教材

建筑结构设计原理

主 编 赵积华



河海大学出版社

责任编辑 毛积孝
特约编辑 刘德友
责任校对 李 芸

建筑工程专业系列教材
建筑结构设计原理
赵 积 华 主 编

出版发行:河海大学出版社
(南京西康路1号 邮政编码:210098)
经 销:江苏省新华书店
印 刷:河海大学印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 27.875 字数 695 千字
1999 年 2 月第 1 版 1999 年 2 月第 1 次印刷
印数 1—6000 册

ISBN 7-5630-1344-X/TU·47

定价:39.00 元

编写说明

“建筑工程专业系列教材”共包括 11 本,它们是:《建筑力学》、《建筑施工测量》、《建筑制图与识图》、《民用建筑构造》、《建筑材料》、《建筑结构设计原理》、《地基与基础》、《建筑施工技术》、《建筑施工组织与管理》、《工程事故分析与处理》、《建筑工程造价》。本丛书内容简明扼要,通俗易懂,具有新颖性、实用性、可操作性强等特点,是建筑工程类大中专学校以及岗位培训的理想教材,也可用作建筑工程类自学考试人员、工程技术人员的自学教材及参考资料。

丛书编委会

“建筑工程专业系列教材”编写委员会

主任委员	徐其耀				
副主任委员	姚纬明				
主 编	赵积华				
副 主 编	王 亮	张银发	殷惠光	贾德智	毛积孝
编 委	徐震宇				
	(以姓氏笔画为序)				
	王 亮	王 赫	王明金	毛积孝	叶燕华
	刘子彤	刘石英	刘永福	杨伯成	张国华
	张银发	陈晓荣	林晓东	赵积华	胡朝斌
	姚伯金	贾德智	顾建平	徐永铭	徐秀丽
	徐震宇	徐德良	殷惠光	陶耀光	曹露春
	盛永锡	韩爱明	程晓武	雷 英	滕晓维

序

改革开放以来,我国建筑业得到了前所未有的大发展,但是由于建筑业是一个传统产业,从业人员总体文化素质不高,所以基本上还处于粗放型经营的状态,科技含量不高。随着科学技术的突飞猛进,许多新技术、新材料、新工艺不断涌现。作为国民经济支柱产业之一的建筑业,只有不断增加技术含量,积极应用新技术,紧紧依靠科技进步和提高劳动者素质,才能使建筑业高速度、高效益、健康发展,也才能巩固和发展其支柱产业地位。这就需要广大教育工作者不断研究并传授新知识;需要建筑工程技术人员加强学习,不断提高业务素质;需要即将加入建筑行业的新兵,扎扎实实地接受岗前培训。这实际上已经成为当前建筑工程教育所面临的时代大课题。

在这样的大背景下,河海大学出版社组织出版了这套建筑工程专业系列教材。这套教材,对广大从事教学工作的人员来说,体系完备,内容新颖,对新理论、新技术、新材料、新工艺都有涉及,且结合教学实践进行编排,易于讲解;对建筑工程专业各层次的在校学生、广大工程技术人员和接受岗位培训的人员来说,理论阐述简明扼要,文字通俗易懂,紧密结合工程实践介绍常用的技术方法,应用性强,易于理解和应用。

这套教材从建筑制图到施工技术、从建筑结构到建筑材料、从建筑施工测量到施工组织与管理,涉及到建筑工程专业的各个方面。它既是建筑工程专业各层次教学的基本教材、重要参考用书,更是建筑工程专业职业教育、技术培训的理想教材。

愿这套教材能成为建筑工程专业学生学好专业知识、建筑业从业人员提高业务素质的良师益友,愿广大建筑工程专业学生、建筑业从业人员,通过系统的学习和培训,为我国建筑业的发展创造出更加辉煌的业绩。

徐其耀

一九九八年十一月十九日

前 言

本书主要阐述了房屋建筑设计的基本原理及其方法。其内容包括钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构及砌体结构,并对结构抗震作了介绍。

本书力图内容完整、实用,对先进的技术方法作了一定篇幅的阐述。

全书共五篇。

第一篇由赵积华编写;

第二篇中第一章由赵积华编写,第二章~第八章由叶燕华编写,第九章由陶耀光编写,第十章由滕晓维、盛永锡、赵积华编写;

第三篇由徐秀丽编写;

第四篇由陶耀光、赵积华编写;

第五篇中第一章~第三章由杨伯成编写,第四章~第五章由胡朝斌编写。

全书由赵积华拟定编写大纲、统稿、定稿。

本书在编写过程中得到许多同事、专家的热情帮助,谨在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一篇 总 论

第一章 建筑结构概述	(1)
第一节 建筑结构及分类	(1)
第二节 建筑结构发展概况	(2)
第三节 建筑结构的特点	(3)
第二章 建筑结构设计基本原则	
—— 概率极限状态设计准则	(4)
第一节 建筑结构设计的基本要求	(4)
第二节 结构概率极限状态设计法	(5)
第三节 极限状态设计实用表达式	(10)

第二篇 钢筋混凝土结构

第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能	(14)
第一节 钢筋的力学性能	(14)
第二节 混凝土的力学性能	(18)
第三节 钢筋与混凝土的粘结	(24)
第二章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	(26)
第一节 一般构造要求	(26)
第二节 受弯构件正截面工作性能	(29)
第三节 受弯构件正截面承载力计算的一般原则	(31)
第四节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(34)
第五节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(39)
第六节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	(44)
第三章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	(51)
第一节 受弯构件斜截面承载力的试验研究	(51)
第二节 受弯构件斜截面受剪承载力计算	(53)
第三节 保证斜截面受弯承载力的构造措施	(59)
第四节 受弯构件中钢筋构造要求的补充	(62)
第四章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	(67)
第一节 纯扭构件的承载力计算	(67)
第二节 弯剪扭构件的承载力计算	(70)

第五章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	(75)
第一节 受压构件的构造要求	(75)
第二节 轴心受压构件正截面承载力计算	(78)
第三节 偏心受压构件正截面承载力计算	(82)
第四节 偏心受压构件斜截面承载力计算	(96)
第六章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算	(98)
第一节 轴心受拉构件承载力计算	(98)
第二节 偏心受拉构件正截面承载力计算	(98)
第三节 偏心受拉构件斜截面承载力计算	(102)
第七章 钢筋混凝土构件的变形和裂缝验算	(104)
第一节 钢筋混凝土受弯构件变形验算	(104)
第二节 钢筋混凝土构件裂缝宽度的验算	(110)
第八章 钢筋混凝土楼盖结构	(114)
第一节 概 述	(114)
第二节 整体式单向板肋梁楼盖	(115)
第三节 整体式双向板肋梁楼盖	(129)
第四节 装配式楼盖	(134)
第九章 现浇楼梯	(138)
第一节 概 述	(138)
第二节 现浇板式楼梯	(138)
第三节 现浇梁式楼梯	(143)
第十章 多层及高层建筑结构设计	(149)
第一节 多层及高层建筑结构设计的基本原则	(149)
第二节 设计荷载和地震作用	(155)
第三节 框架结构设计	(162)
第四节 剪力墙结构设计	(174)
第五节 框架——剪力墙结构设计	(187)
第六节 筒体结构设计	(190)

第三篇 预应力混凝土结构

第一章 预应力混凝土构件	(196)
第一节 预应力混凝土的特征与分类	(196)
第二节 预应力混凝土材料	(197)
第三节 后张预应力体系	(201)
第四节 有效预应力的计算	(212)
第五节 预应力混凝土构件截面承载力计算	(222)
第六节 预应力构件的裂缝及变形验算	(234)
第七节 施工阶段验算及构造要求	(239)

第八节 构件设计·····	(247)
第二章 超静定预应力混凝土结构设计与施工 ·····	(258)
第一节 基本概念·····	(258)
第二节 预应力筋的布置及估算·····	(263)
第三节 超静定预应力混凝土结构设计·····	(266)
第四节 PRC 框架结构设计实例 ·····	(268)
第五节 有粘结预应力混凝土结构施工工艺·····	(277)
第三章 后张预应力混凝土板的设计与施工 ·····	(288)
第一节 概 述·····	(288)
第二节 预应力板的设计·····	(290)
第三节 无粘结预应力施工工艺·····	(295)

第四篇 砌 体 结 构

第一章 砌体材料及砌体的力学性能 ·····	(302)
第一节 砌体材料和砂浆·····	(302)
第二节 砌体的种类和计算指标·····	(303)
第二章 砌体结构构件承载力计算 ·····	(310)
第一节 受压砌体承载力计算·····	(310)
第二节 局部受压承载力计算·····	(317)
第三章 混合结构设计 ·····	(324)
第一节 静力计算方案·····	(324)
第二节 墙柱的高厚比验算·····	(328)
第三节 墙和柱承载力验算·····	(331)
第四节 墙体的构造措施·····	(336)
第四章 过梁、墙梁、挑梁的设计 ·····	(341)
第一节 过 梁·····	(341)
第二节 墙 梁·····	(343)
第三节 挑 梁·····	(346)
第四节 设计实例·····	(349)

第五篇 建筑结构抗震

第一章 概 论 ·····	(352)
第一节 地震基本知识·····	(352)
第二节 地震震害·····	(356)
第三节 工程结构的抗震设防·····	(358)
第二章 场地、地基和基础 ·····	(361)
第一节 建筑场地的分类·····	(361)

第二节	地基和基础的抗震验算·····	(362)
第三节	地基抗震措施·····	(363)
第三章	结构地震作用·····	(368)
第一节	概 述·····	(368)
第二节	动力学基本知识·····	(368)
第三节	水平地震作用的计算·····	(371)
第四节	竖向地震作用·····	(374)
第五节	结构的地震扭转效应·····	(375)
第六节	建筑结构抗震验算·····	(376)
第四章	多层混合结构房屋抗震设计·····	(380)
第一节	结构方案·····	(380)
第二节	墙体抗震验算·····	(382)
第三节	构造措施·····	(386)
第五章	多层钢筋混凝土框架房屋抗震设计·····	(393)
第一节	结构布置及抗震设计一般规定·····	(393)
第二节	框架结构抗震计算·····	(397)
第三节	构造措施·····	(404)
第四节	底层框架砖房抗震设计·····	(410)
附录	·····	(417)
参考文献	·····	(435)

第一篇 总 论

第一章 建筑结构概述

所谓结构是泛指建筑工程、土木工程建筑物、构筑物及其相关组成部分的总称。建筑结构是狭义地指各种建筑工程的承重骨架体系,它是房屋建筑在各类作用下不受破坏的重要保证体系。

第一节 建筑结构及分类

房屋建筑按其服务对象不同,划分为工业建筑和民用建筑两大类。即通常所说的工业与民用建筑。工业建筑指提供生产用的建筑物,如车间、库房、动力站等;民用建筑是指非生产性的居住建筑和公共建筑,如民用住宅、办公楼、商店、医院、宾馆等。

建筑结构是为满足上述工业与民用建筑的功能服务的。建筑结构按其建造结构体系所使用的材料不同,可划分为以下三大类:

一、混凝土结构

混凝土结构通常包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构。

素混凝土结构是指不配置钢筋的混凝土结构。由于混凝土材料抗压性能较好,所以素混凝土结构主要用于承受压力为主的结构,如重力式混凝土挡土墙,混凝土大坝等。

钢筋混凝土结构是指由钢筋和混凝土组成的结构。混凝土由于抗拉性能较差而抗压性能较强,在结构中主要用于受压。钢筋由于其具有良好的抗拉性能,在结构中主要用于受拉。这样在钢筋混凝土结构中,充分利用了混凝土的抗压性能及钢筋的抗拉性能,把两者有机地结合在一起,以满足各种结构的设计需要。

预应力混凝土结构是结构在受外荷载作用之前,通过对混凝土中的预应力钢筋进行机械、电热或化学方法张拉,在构件混凝土中建立起内应力,形成预应力混凝土构件。由预应力混凝土构件组成预应力混凝土结构。在预应力混凝土结构中建立的内应力能达到抵消或部分抵消在外荷载作用下所产生的应力,从而延缓了裂缝出现、开展,提高了构件刚度,减轻了结构自重。采用预应力混凝土结构,可以充分发挥高强度钢材和高强度等级混凝土材料的性能。

二、砌体结构

砌体结构是指将各种块材用砂浆砌筑而成的结构。块材主要包括砖、石材、砌块等。各种

砌体材料与混凝土材料的力学性能类似,其抗压强度远高于其抗拉、抗弯、抗剪强度。因此,砌体结构在建筑结构中主要用于受压。砌体结构常与木结构或钢筋混凝土结构组合形成混合结构。

三、钢结构

钢结构是由钢板、型钢等钢材,用焊接、铆接或螺栓联接而成的结构。由于钢材自重轻,拉、压强度都很高,适合建造大跨度建筑、超高层建筑以及负荷较大的工业厂房等。钢结构常与钢筋混凝土结构结合建造超高层建筑。

本书重点介绍钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、砌体结构设计原理和方法,同时也阐述结构抗震设计方法。

第二节 建筑结构发展概况

从原始社会的洞穴,发展到原始部落的简易木构建筑,就已经产生了建筑结构的萌芽。二千多年以前,我国已有了“秦砖汉瓦”。我国早期的建筑采用的多为木结构的构架制,砖、石仅作填充维护墙之用,如气势宏伟的北京故宫及大量的民居等。而全长达 6350 多公里的万里长城则是砖砌体的杰作。此外高 40 米、座落在河南登封的嵩岳寺塔是现存最古老的砖砌佛塔。高 54.6 米、举世闻名的意大利比萨斜塔则是全部用白色大理石建造的石砌圆塔。而总高 320 多米的法国埃菲尔铁塔则是有若干构件用铆钉连接而成的铁塔。

自十九世纪中叶,美国人发明水泥以来,钢筋混凝土结构得到了迅猛发展。1861 年法国花匠用水泥砂浆制作花盆,其中放置钢筋网增加其强度,从而开创了“蒙氏体系”。随着十九世纪末工业的发展,水泥、钢材质量不断提高;随着科学研究的深入,计算理论不断改进;由于施工经验的不断积累、完善,钢筋混凝土结构得到相当广泛的应用。到了二十世纪二十年代,德国人制造了钢筋混凝土薄壳结构。1928 年,法国人就已制成了预应力混凝土构件。

随着高层建筑及大跨度建筑的发展需要,建筑材料研究的深入,材料的性能不断提高,使得建造大跨、超高层建筑成为现实。我国目前混凝土抗压强度一般为 $20\sim 60\text{N/mm}^2$,而国外某些工程中混凝土立方体抗压强度高达 $100\sim 300\text{N/mm}^2$ 。现今对混凝土材料的研究,正沿着轻质、高强的方向发展。如轻混凝土、陶粒混凝土、浮石混凝土、膨胀矿渣混凝土等,其自重可由普通混凝土的 24kN/m^3 降至 $13\sim 18\text{kN/m}^3$,大大减轻了结构自重,其抗压强度仍可达 $30\sim 50\text{N/mm}^2$ 。用于钢筋混凝土中钢筋的屈服强度平均为 $235\sim 370\text{N/mm}^2$ 。用于预应力混凝土构件中钢筋屈服强度为 $450\sim 700\text{N/mm}^2$ 。而钢丝的极限强度可高达 1800N/mm^2 左右。国际上也大体如此。德国用轻骨料混凝土建造的飞机库屋盖结构跨度达 90 米。美国休斯敦用轻骨料混凝土建造的贝壳广场大厦高 218 米,50 层。

目前,世界上最高的钢筋混凝土建筑是广州中天大厦(高 322 米,80 层),比称霸世界多年的水塔广场大厦(高 262 米,74 层)还高出 60 米。美国纽约的世界贸易中心大厦(高 417 米,110 层)是最高的钢结构建筑物。称雄世界多年的西尔斯大厦(高 443 米,110 层),已被现今世界第一高度的马来西亚吉隆坡佩重纳斯大厦(高 452 米,95 层)撵下了宝座,打破了西尔斯大厦保持了 23 年的世界最高建筑纪录,这两者都是钢结构与钢筋混凝土结构组合的产物。

我国自改革开放以来,建筑业得到迅猛发展。经过二十年的大发展,已拥有世界排名第四

高度的上海浦东金茂大厦,高 420 米、88 层。不久的将来,在上海浦东还将跃起一座高 460 米,95 层的上海环球金融中心,届时有望成为世界第一高楼。

第三节 建筑结构的特点

一般而言,大多数的建筑结构属于杆件结构体系。它是由若干基本受力杆件所组成。这些杆件在建筑结构中称之为基本构件,如受弯构件、受压构件等。要完成一个结构设计,必须要对组成结构的基本构件进行设计。对基本构件进行设计,必须要了解组成结构基本构件的材料力学性能。本书编排顺序时,采用先针对各种材料(如钢筋混凝土、砌体材料)进行材料的力学性能分析;其次对此种材料组成的基本构件进行受力分析;再研究由此种材料所组成的主体结构的受力特点;最后,根据组成主体结构的基本构件的受力特点,完成每个构件的设计,从而完成整个结构的设计。

建筑结构同其它工程学科一样,是建立在科学实验基础上的一门实践性很强的学科。它与研究工程力学的方法类似,只是工程力学中主要研究匀质、连续、各向同性的弹性或弹塑性等材料的几何、物理和平衡方程,而建筑结构与最大的不同点就在于所研究的材料性质不同。如钢筋混凝土是由钢筋与混凝土组成的复合材料,其难点就在于材料性质的非弹性。由于材料性质不同带来一系列受力特点的差异。由于材料性质的复杂性,对其力学性能还难以用一套完善的理论去分析、解释。因此,对实验结果的依赖性很强。有一些计算公式就是根据实验结果进行统计分析得出的。

要完成一个结构设计,除了进行必要的结构计算外,结构方案、构件选型等选择,对计算结果的影响很大。处理同一个建筑,可以用多种方案解决。不同方案的选用取决于建筑功能要求、施工条件、经济效益等诸多方面的因素,需要综合加以考虑。这就需要设计人员必须具备良好的理论基础,丰富的实践经验,加之综合分析问题的能力。

对于结构设计而言,构造处理是对结构计算的必要补充。由于各种因素的影响,并非对结构的每一个部位都可以通过计算加以解决。有相当多的部位需靠构造处理加以解决。解决构造问题,需要对理论的深入理解,重视科学实验结果和积极总结工程实践的经验。

在学习本课程过程中,加强对上述问题的理解,对学习本学科是很有帮助的。

第二章 建筑结构设计基本原则

—— 概率极限状态设计准则

任何建筑结构都是为了建筑物达到建筑设计的功能服务的。为了能使建筑结构满足建筑功能的需要,建筑结构设计应符合安全适用、经济合理、技术先进、保证质量等基本要求。

本章所讨论的建筑结构设计应遵循的原则,适用于混凝土结构、砌体结构等结构设计。

第一节 建筑结构设计的基本要求

一、建筑结构的性能要求

(一) 建筑结构必须满足的各项功能

1. 能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用;
2. 在正常使用时具有良好的工作性能;
3. 在正常维护下具有足够的耐久性能;
4. 在偶然事件发生时及发生后,仍能保持必需的整体稳定性。

其中第 1、4 项是指结构的安全性。所谓安全性是指结构在规定的使用年限内,能承受正常施工和正常使用过程中出现的各种作用以及保持必需的稳定性。

其中第 2 项是指结构的适用性。所谓适用性,是指结构在正常使用时能满足预定的使用要求。

其中第 3 项是指结构的耐久性。所谓耐久性,是指结构在正常维护条件下,结构在规定的使用年限内仍能满足预定功能要求。

(二) 结构的可靠性、可靠度

结构的安全性、适用性、耐久性统称为结构的可靠性。建筑结构能满足安全、适用、耐久的要求,我们就认为该结构是可靠的。

具体地说,结构的可靠性是指结构在规定的时间内、在规定的条件下,完成预定功能的能力。所谓“规定的时间”是指设计基准期。一般设计基准期为 50 年。所谓“规定的条件”是指正常设计、正常施工、正常使用、正常维护条件。所谓“预定功能”是指满足结构功能的需要。

结构的可靠度是可靠性的概率度量。它是指结构在规定时间内、在规定条件下,完成预定功能的概率。可靠度定量地表达了结构的可靠程度。

(三) 设计基准期

衡量结构的可靠程度是有时间限制的。并非结构自完成以后直到永远都能满足结构可靠度要求。随着时间推移,材料的老化、结构受长期荷载作用及自然的影响等都会降低结构的可靠度。所以我们所说的可靠度是有时间限制的。满足结构功能要求的时间称之为设计基准期。《建筑结构设计统一标准》(GBJ68-84)规定设计基准期为 50 年。

(四) 结构的安全等级

根据结构遭受破坏时影响的严重程度,在进行建筑结构设计时,将结构的安全等级划分为

如表 1-2-1 所示的三个等级。

表 1-2-1

建筑结构的安全等级

安全等级	破坏后果	建 筑 物 类 型
一 级	很严重	重要的工业与民用建筑物
二 级	严 重	一般的工业与民用建筑物
三 级	不严重	次要的建筑物

注：①对于特殊的建筑物，其安全等级可根据具体情况另行确定；

②当按抗震要求设计时，建筑结构的安全等级应符合《建筑抗震设计规范》的确定。

二、结构的极限状态

结构设计必须满足结构可靠性的各项要求。当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规定的某一功能要求时，此特定状态就称为该功能的极限状态。

根据结构功能要求，结构极限状态可划分为两类：

（一）承载能力极限状态

承载能力极限状态是指结构或结构构件达到其最大承载能力或不适于继续承载的变形的状态。当结构或构件达到承载能力极限状态后，就不能满足结构安全性的要求。如：

1. 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆、滑移等)；
2. 结构构件或连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏)；或因过大的塑性变形而不适于继续承载；
3. 结构转变为机动体系无法继续承载；
4. 结构或构件丧失稳定因而出现失稳破坏(如受压屈服)。

当结构或构件达到上述某一状态时，即可认为超过了承载能力极限状态。

（二）正常使用极限状态

当结构或构件达到正常使用或耐久性的某项规定限值时，就会影响结构构件的适用性或耐久性。我们称这一状态为正常使用极限状态。

如结构产生：

1. 影响正常使用或外观的变形(如挠度过大)；
2. 影响正常使用或耐久性能的局部损坏(如钢筋锈蚀，混凝土出现裂缝等)；
3. 影响正常使用的振动；
4. 影响正常使用的其它特定状态。

当结构或构件达到上述某一状态时，即可认为超过了正常使用极限状态。

当结构或构件超过正常使用极限状态后，就丧失了结构的适用性和耐久性。一般来说，结构或构件达到正常使用极限状态后，尚未达到承载能力极限状态，不会马上引起结构或构件材料发生破坏，故对正常使用极限状态的要求通常低于对承载能力极限状态的要求。

第二节 结构概率极限状态设计法

一、结构作用和作用效应

能使结构产生内力或变形的所有原因，统称作用。用 Q 表示。

影响结构产生内力和变形的原因很多。如以力的形式直接作用在结构上的荷载,它能使结构产生弯矩、剪力、轴力和变形。而温度、地基不均匀沉降、地震等也能使结构产生内力和变形。所以,作用是一个广泛意义上的概念。通常所说的力或荷载只是作用的一种。

(一)按作用出现的形式,可以把作用划分为二类

1. 直接作用——以力的形式出现。如结构自重;
2. 间接作用——以变形的形式出现。如沉降、地震等。

(二)按作用出现的时间变异,可以把作用划分为三类

1. 永久作用——在设计基准期内其值不随时间变化,或虽有变化,其变化值与平均值相比可以忽略不计。如结构自重、土压力等。
2. 可变作用——在设计基准期内随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略。如风荷载、雪荷载、楼面活荷载等。
3. 偶然作用——在设计基准期内不一定出现,一旦出现,其值很大且持续时间较短。如地震、爆炸、撞击等。

(三)按作用出现位置是否变化,可以把作用划分为二类

1. 固定作用——在结构空间位置上具有固定的分布。如结构自重等。一般情况下称之为恒载。
2. 可动作用——在结构空间位置上一定范围内可任意分布。如工业厂房中的吊车荷载、楼面上人员移动产生的荷载等。一般情况下称之为活荷载,简称活载。

(四)按作用产生的结构反应,可以把作用划分为二类

1. 静态作用——不使结构或结构构件产生加速度,或所产生的加速度可以忽略不计。如结构自重、楼面活载等。
 2. 动态作用——使结构或构件产生不可忽略的加速度。如地震、设备振动等。
- 作用效应是指结构或构件在各种作用的作用下产生的内力和变形。用 S 表示。如弯矩、剪力、挠度、结构位移等。

如一跨度为 l 的简支梁,在均布线荷载 q 的作用下,跨中最大弯矩 $M = \frac{1}{8}ql^2 = (\frac{1}{8}l^2) \cdot q$ 。这里荷载 q 即是作用,弯矩 M 是在 q 作用下梁中产生的最大弯矩,即为效应。

通常效应 S 可表示为 $S = C \cdot Q$ 。这里 C 称之为作用效应系数。可由力学方法计算得到。如 $M = (\frac{1}{8}l^2) \cdot q$ 中 $C = \frac{1}{8}l^2$ 。

二、结构抗力

结构抗力是结构或构件承受内力和变形的能力。用 R 表示。结构抗力是结构或构件自身能力的体现,它反映结构自身抵抗能力的大小。结构抗力主要影响因素是材料强度、构件截面尺寸、计算模型等。实际上研究建筑结构的受力性能,即是研究结构本身的抗力。本书将用大量篇幅阐述结构或构件的抗力。

三、结构功能函数和极限状态方程

我们用 R 表示结构抗力, S 表示作用效应,则结构的各种状态可用下式来表示:

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