

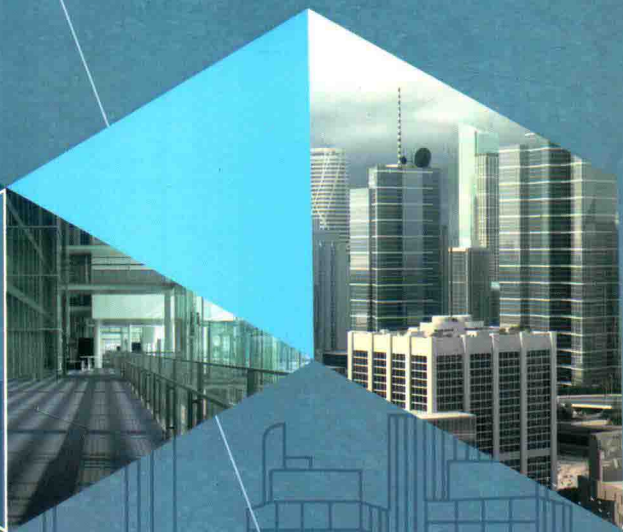


全国高等院校土木与建筑专业“十三五”规划教材

荷载与结构 设计方法

HEZAI YU JIEGOU SHEJI FANGFA

主编 © 廖玉凤 李其廉



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

中国高等院校土木与建筑专业“十三五”规划教材

荷载与结构设计方法

主 编 廖玉凤 李其廉

副主编 刘 卉 谭 珊



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

全书共10章,内容包括荷载与结构设计方法概述、重力作用、水作用、风荷载、地震作用、其他荷载与作用、工程结构荷载的统计分析、结构构件抗力的统计分析、结构可靠度分析与计算、结构可靠度设计等。

本书可作为高等学校土木工程专业的教学用书,也可作为全国注册结构工程师执业资格考试、全国注册土木工程师(岩土)执业资格考试用书。

图书在版编目(CIP)数据

荷载与结构设计方法 / 廖玉凤, 李其廉主编. — 上海: 上海交通大学出版社, 2016

ISBN 978-7-313-14517-8

I. ①荷… II. ①廖… ②李… III. ①建筑结构—结构载荷—结构设计—高等学校—教材
IV. ①TU312

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第024532号

荷载与结构设计方法

主 编: 廖玉凤 李其廉

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本: 850mm×1168mm 1/16

字 数: 440千字

版 次: 2016年1月第1版

书 号: 978-7-313-14517-8/TU

定 价: 42.00元

地 址: 上海市番禺路951号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

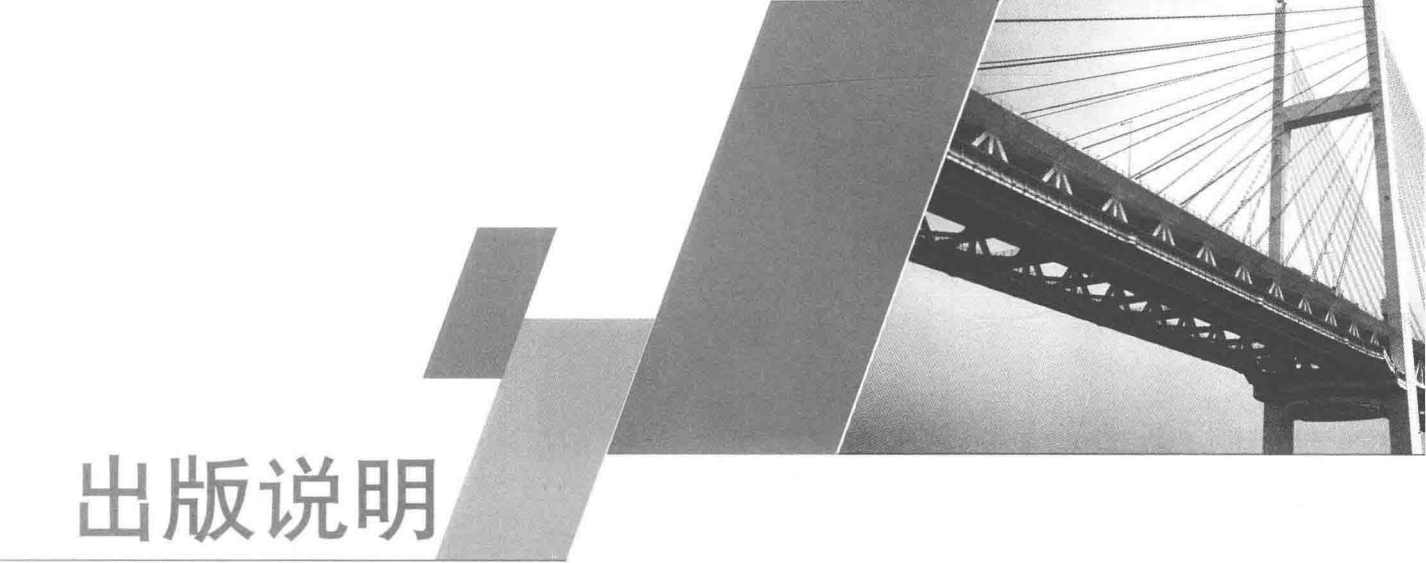
印 张: 16

印 次: 2016年1月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 010-62478365



出版说明

改革开放以来,随着社会的不断进步,经济的不断发展,我国建筑业也得到了飞速发展,成为国民经济的支柱产业。同时,我国工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化及全球经济一体化的不断深入,给建筑业提供了较大的发展空间,也对建筑业的从业人员提出了更高的要求。机遇与挑战并存的现状,要求建筑业不断优化人才队伍结构,加强人才队伍建设。

高等教育承担着培养高级专门人才、发展科学技术文化、促进现代化建设的重大任务,在建筑业人才培养工作中占据重要的位置。为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》及建筑业发展规划,进一步深化高等教育教学改革,提高土木与建筑专业人才培养质量,满足建筑业对人才的需求,我们在充分调研的基础上,联合高校及企业,共同策划出版了全国高等院校土木与建筑专业“十三五”规划教材。

本系列教材的编写原则及特点为:

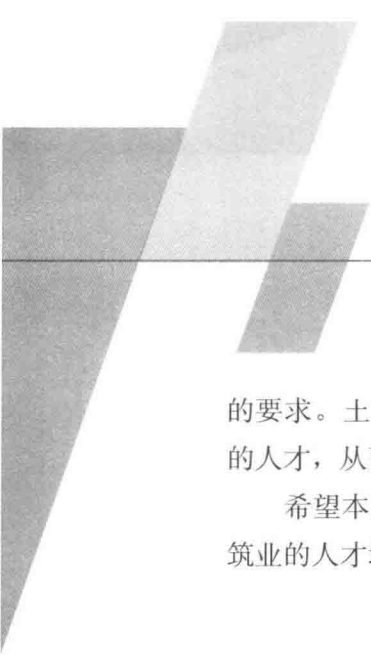
(1) 充分体现土木与建筑专业的特色,结合建筑业发展趋势,融入“绿色建筑、节能建筑、科技创新、可持续发展”等行业理念,紧扣土木与建筑专业教育教学改革精神,旨在培养高素质、高质量的专门人才和拔尖人才。

(2) 以适应社会实际需要为宗旨,注重理论与实践相结合,力求教材内容实用,重点突出,深入浅出;围绕高等教育的培养目标和教学要求,注重学生基本技能的培养。

(3) 与建筑业相关执业资格考试紧密结合,与建筑业最新的标准、规范一致,突出应用型的特点,围绕当前工程生产实际,紧扣当前用人单位需求,更好地为人才培养服务。

(4) 理论知识体系完整,引用大量实例,根据不同课程需要设置学习目标、小结、思考与练习等,同时穿插“知识链接”“课堂讨论”“小提示”等形式活泼的栏目,激发学生的学习兴趣,增强趣味性。

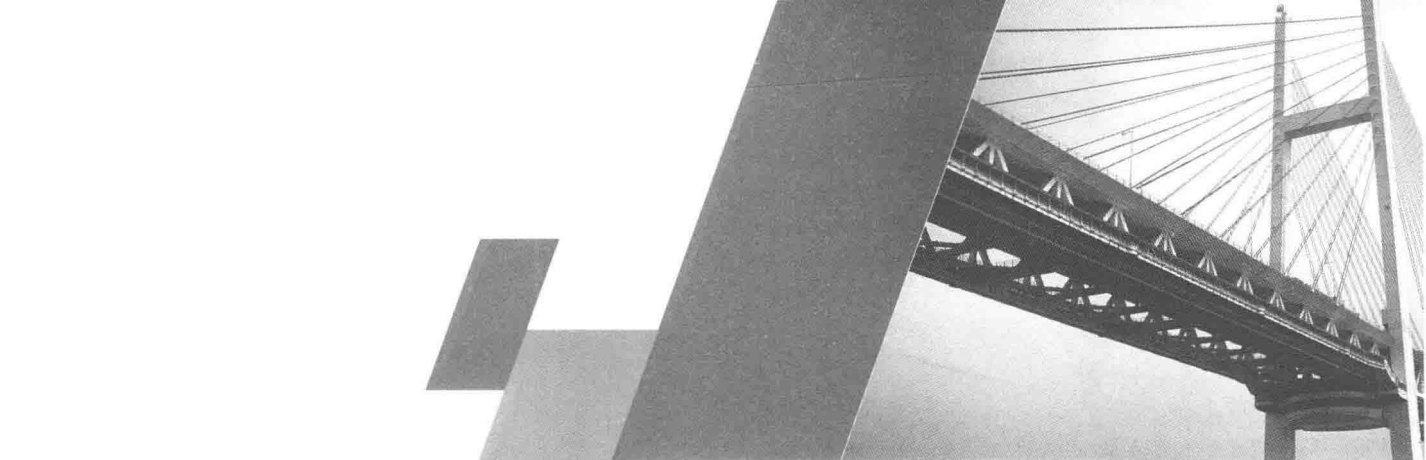
随着建筑业的不断发展,建筑市场也逐渐凸显出一些问题,而这些问题多数源于建筑行业从业者的整体素养不高,这就对建筑业的人才培养提出了更高



的要求。土木与建筑专业教育只有与行业需求相适应，才能培养出优秀的人才，从而促进行业的可持续发展。

希望本系列教材的出版，能促进土木与建筑专业教育的发展，为建筑业的人才培养做出贡献。

全国高等院校土木与建筑专业“十三五”规划教材
编委会



前言

根据全国高等学校土木工程专业指导委员会对土木工程人才的培养目标，“荷载与结构设计方法”被列为土木工程专业的基础课程。作为一个结构工程师，应掌握各类工程结构荷载取值方法、荷载产生的背景、工程结构可靠度设计原理及方法，2011年修订的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》则将本课程内容列入“核心知识单元和知识点”。

本书遵循《工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50153—2008）、《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）、《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2001）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）、《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223—2008）、《公路桥梁抗震设计细则》（JTG/T B02-01—2008）、《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2015）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2011）、《公路桥梁抗风设计规范》（JTG/T D60-01—2004）等标准进行编写，主要介绍了工程结构各类荷载及作用的概念、原理、计算方法，以及结构可靠度分析原理和满足可靠度要求的结构设计方法。

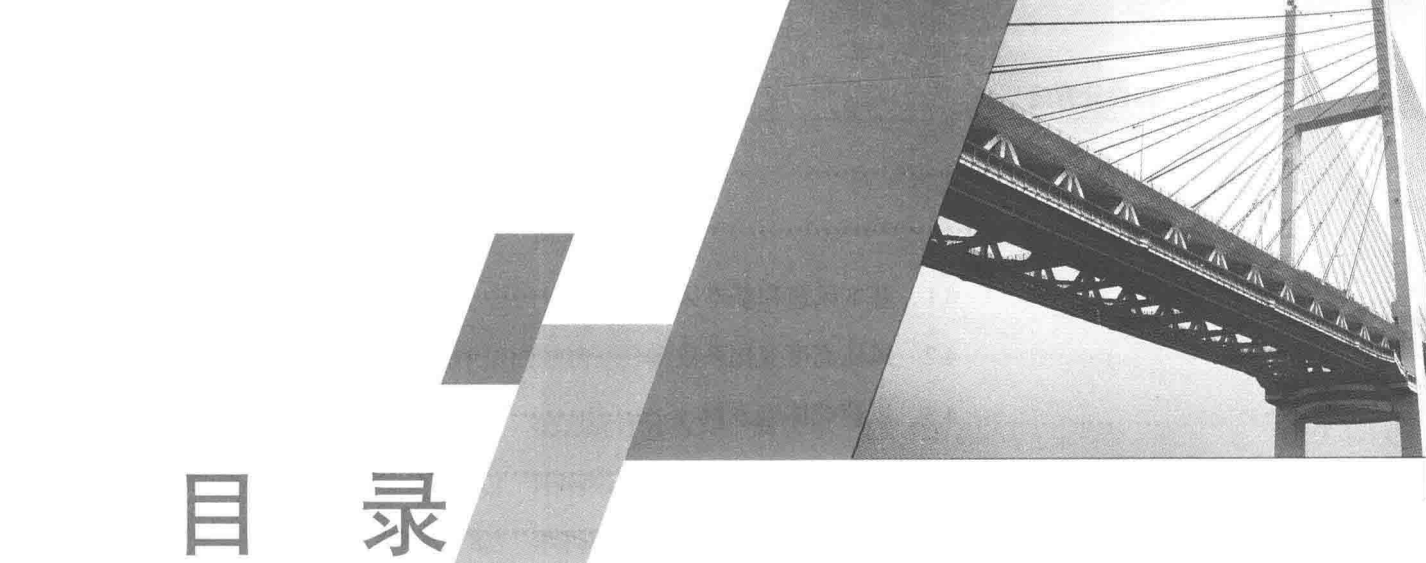
本书共有两大部分，第1部分介绍工程结构荷载，共6章，具体为：第1章荷载与结构设计方法概述、第2章重力作用、第3章水作用、第4章风荷载、第5章地震作用、第6章其他荷载与作用；第2部分介绍工程结构可靠度设计原理与方法，共4章，具体为：第7章工程结构荷载的统计分析、第8章结构构件抗力的统计分析、第9章结构可靠度分析与计算、第10章结构可靠度设计。各章章前配有“本章导读”和“学习目标”，章后附有“本章小结”和“本章练习题”，其中“本章练习题”为全国注册结构工程师执业资格考试和全国注册土木工程师（岩土）执业资格考试的相关试题。



本书由西南石油大学廖玉凤、河北科技大学李其廉担任主编，长春工程学院刘卉、长江大学工程技术学院谭珊担任副主编。具体编写分工如下：第1章由刘卉编写，第2~5章由廖玉凤编写，第6章由谭珊编写，第7~10章由李其廉编写。全书由廖玉凤统稿。

本书编写过程中参考了相关标准、图集及其他资料，在此谨向相关的作者表示诚挚的谢意。由于编者水平有限，书中存在的疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者



目 录

第1章 /	荷载与结构设计方法概述	1
1.1	工程结构荷载与作用	1
1.2	作用效应及作用分类	2
1.3	结构设计方法	3
第2章 /	重力作用	7
2.1	结构自重	7
2.2	土的自重应力及侧向应力	8
2.3	楼面及屋面活荷载	19
2.4	厂房吊车荷载	30
2.5	汽车荷载	33
2.6	人群荷载	38
2.7	雪荷载	39
第3章 /	水作用	46
3.1	静水压力	47
3.2	流水压力	48
3.3	波浪作用力	50
3.4	冰压力	57
3.5	撞击力	62

第4章 /	风荷载	67
4.1	基本风速和基本风压	68
4.2	风压高度变化系数	71
4.3	风荷载体型系数	77
4.4	顺风向风振	84
4.5	横风向风振	90
4.6	桥梁风荷载	96
第5章 /	地震作用	108
5.1	地震基础知识	108
5.2	地震烈度区划与地震作用	118
5.3	单质点体系水平地震作用	123
5.4	多质点体系水平地震作用	131
5.5	结构的扭转地震效应	141
5.6	竖向地震作用	146
5.7	地震作用及抗震计算方法	148
5.8	公路桥梁地震作用	150
第6章 /	其他荷载与作用	169
6.1	温度作用	169
6.2	变形作用	173
6.3	胀冻力	176
6.4	爆炸作用	179
6.5	汽车动态作用	182
6.6	预加力	184
6.7	浮力作用	186
第7章 /	工程结构荷载的统计分析	189
7.1	荷载的概率模型	189

7.2	荷载的代表值	194
7.3	荷载效应组合	197
第8章 /	结构构件抗力的统计分析	201
8.1	抗力统计分析的一般概念	201
8.2	影响结构构件抗力的不定性因素	202
8.3	结构构件抗力统计参数	206
8.4	结构构件抗力概率分布	209
第9章 /	结构可靠度分析与计算	211
9.1	结构可靠度的基本原理	211
9.2	结构可靠度的基本分析方法	215
9.3	结构体系可靠度分析	221
第10章 /	结构可靠度设计	228
10.1	结构设计的目标和原则	228
10.2	结构概率可靠度直接设计法	231
10.3	结构概率可靠度设计的实用设计表达式	233
	参考答案	240
	参考文献	244

荷载与结构设计方法概述

本章导读

目前,各类工程结构已普遍采用基于可靠性理论的概率极限状态设计法。本章主要介绍工程结构上的荷载、作用及作用效应、作用分类,土木工程结构设计方法的演变,即由容许应力设计法、破损阶段设计法、多系数极限状态设计法向基于可靠性理论的概率极限状态设计法发展的过程。

学习目标



1. 掌握荷载和作用的概念及它们之间的关系。
2. 了解作用在结构上的主要荷载类型,熟悉直接作用与间接作用的区别。
3. 了解作用(或荷载)的不同分类原则以及在不同原则下划分的各种作用(或荷载)类型。
4. 了解土木工程结构设计方法的演变发展过程。

1.1 工程结构荷载与作用

结构是指由各连接部件有机组合而成、能承受作用并具有适当刚度的系统,是各种建筑物及其他构筑物的承重骨架。工程结构是指用建筑材料建造的房屋、道路、桥梁、隧道、堤坝、塔架等工程设施。工程结构有两项基本功能:一是为人类提供良好的生活和生产服务,满足人类使用要求和审美要求,如建造房屋遮风避雨、形成人类活动空间,架桥铺路为人群和车辆提供通道;二是承受和抵抗结构使用期间可能出现的各种环境作用,如房屋结构要承受自重、人群和家具设备质量、风荷载及雪荷载等,桥梁结构除了要承受自身质量、车辆荷载和人群荷载外,还要承受车辆制动力、冲击力、撞击力、离心力、水压力和土压力等,在地震区的工程结构还要承受地震作用。工程结构设计的目的就是要保证所建造的结构安全适用,能够在规定的设计使用年限内以具有适当可靠度且经济的方式满足规定的各项要求,因此工程结构设计首先要确定结构上的作用。

结构上的作用是指施加在结构上的集中力或分布力和引起结构外加变形或约束变形的各种原因的总称。《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)中将引起工程结构产生作

用效应的原因归结为两种。一种是直接施加于结构上的集中力或分布力,习惯上称为“荷载”。例如,结构自重;作用于楼面的人群、家具、设备的重力;作用于桥面的车辆、人群的重力,施加于结构物上的风压力、水压力、土压力等,它们都直接施加于结构,使其产生内力、发生变形,这类力也称为直接作用。另一种是不以力的形式出现在结构上的作用,归类为间接作用,它们都是引起结构外加变形和约束变形的原因,如地面运动、基础沉降、材料收缩、温度变化等。无论是直接作用还是间接作用,都将使结构产生应力、内力、变形和裂缝等作用效应。

在工程结构中,由于常见能使结构产生效应的原因多数归结为直接作用在结构上的外力,长期以来,习惯上将所有引起结构反应的原因统称为“荷载”。按照国际通用做法和现行国家标准,“作用”泛指使结构产生内力和变形的所有原因,包括直接作用和间接作用;而“荷载”仅等同于施加于结构上的直接作用。

1.2 作用效应及作用分类

1.2.1 作用效应

作用在结构上产生的内力(弯矩、扭矩、剪力、压力和拉力等)和变形(挠度、扭转、弯曲、拉伸、压缩和裂缝等)称为作用效应。由直接作用,即荷载引起的效应,称为荷载效应。由间接作用引起的效应,根据引起作用的原因,分别相应地称为地震作用效应、温度变化作用效应(或温度变化效应)、地基变形作用效应(或地基变形效应)等。

1.2.2 作用分类

各种作用对结构产生的影响力是不一样的,不同作用的取值方法也存在差异。《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)规定,在工程结构设计中,为便于考虑不同的作用所产生的效应,可将结构上的各种作用按下列原则进行分类。

1. 按随时间的变化分类

作用按随时间的变化分类较为广泛,是结构作用的基本分类方法。若按随时间的变化,结构上的作用可分为永久作用、可变作用和偶然作用。

(1)永久作用。永久作用是指在结构设计基准期内始终存在且其量值变化与平均值相比可以忽略不计的作用,或其变化是单调的并趋于某个限值的作用。如结构自重、土的侧压力、静水压力、预应力、钢材焊接应力等。混凝土收缩和徐变、基础不均匀沉降在若干年内已经基本上完成,它们均随时间单调变化而趋于限值,也可列入永久作用。

(2)可变作用。可变作用是指在结构设计基准期内,其量值随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略不计的作用。如楼面活荷载、车辆荷载、人群荷载、车辆冲击力和制动力、风荷载和雪荷载、流水压力、波浪荷载、温度变化引起的结构内力效应等均属于可变作用。

(3)偶然作用。偶然作用是指在结构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。如地震作用、爆炸力、船只或漂流物撞击力等均属于偶然作用。

2. 按随空间的变化分类

按随空间的变化,结构上的作用可分为固定作用和自由作用。

(1)固定作用。固定作用是指在结构上具有固定空间分布的作用。当固定作用在结构某一点上的大小和方向确定后,该作用在整个结构上的作用即得以确定。如结构自重、固定的设备荷载等。

(2)自由作用。自由作用是指在结构上给定的范围内具有任意空间分布的作用。如楼面上的人群和家具荷载、厂房中的吊车荷载、桥梁上的车辆荷载等。由于自由作用在结构空间上可以任意分布,设计时必须考虑它在结构上引起最不利效应的分布位置和大小。

3. 按结构的反应特点分类

按结构的反应特点,结构上的作用可分为静态作用和动态作用。

(1)静态作用。静态作用是指使结构产生的加速度可以忽略不计的作用,如结构自重、楼面上人群荷载、雪荷载、土压力等。

(2)动态作用。动态作用是指使结构产生的加速度不可忽略不计的作用,如地震作用、设备振动、阵风脉动、打桩冲击等。在进行结构分析时,对于动态作用应当考虑其动力效应,运用结构动力学方法考虑其影响;也可采用乘以动力系数的简化方法,将动态作用转换为等效静态作用。

4. 按有无限值分类

按有无限值,结构上的作用又可分为有界作用和无界作用。

(1)有界作用。有界作用是指具有不能被超越的且可确切或近似掌握其界限值的作用,如水坝的最高水位压力等。

(2)无界作用。无界作用是指没有明确界限值的作用,如爆炸、撞击等。

1.3 结构设计方法

在早期的工程结构中,保证结构的安全主要是依赖经验。随着科学的发展和技术的进步,土木工程结构设计在结构理论上经历了从弹性理论到极限状态理论的转变,在设计方法上经历了容许应力设计法、破损阶段设计法、多系数极限状态设计法和基于可靠性理论的概率极限状态设计法4个阶段的发展。

1.3.1 容许应力设计法

19世纪以后,材料力学、弹性力学和材料实验科学迅速发展,钢作为比较理想的弹性材料得到广泛应用,Navier等人提出了基于弹性理论的容许应力设计法。该方法将工程结构材料都视为弹性体,用材料力学或弹性力学方法计算结构或构件在使用荷载作用下的应力,要求截面内任何一点的应力不得超过材料的容许应力,即

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (1-1)$$

材料的容许应力 $[\sigma]$,由材料破坏试验所确定的极限强度(如混凝土)或流限(如钢材) f 除以安全系数 K 得到,即

$$[\sigma] = \frac{f}{K} \quad (1-2)$$

式(1-2)中的安全系数 K 是根据经验确定的,其值在各个历史时期不同,而且在不同的规范中也不尽相同。实践证明,这种设计方法没有考虑材料的非线性性能,忽视了结构实际承载

能力与按弹性方法计算结果的差异,对荷载和材料容许应力的取值也都凭经验确定,缺乏科学依据,不能正确揭示结构或构件受力性能的内在规律,目前绝大多数国家已不再采用。

1.3.2 破损阶段设计法

由于容许应力法存在缺陷,20世纪30年代,苏联学者格沃兹捷夫、帕斯金尔纳克等经过研究提出了破损阶段设计法。该方法按破损阶段进行构件计算,并假定构件材料均已达到塑性状态,依据截面所能抵抗的破损内力建立计算式。以受弯构件正截面承载能力计算为例,要求作用在截面上的弯矩 M 乘以安全系数 K 后,不大于该截面所能承担的极限弯矩 M_u ,即

$$KM \leq M_u \quad (1-3)$$

与容许应力法相比,破损阶段设计法因考虑了结构材料的塑性性能,更接近于构件截面的实际工作情况,有了很大的进步。但缺点是,安全系数仍凭经验确定,且只考虑了承载力问题,没有考虑构件在正常使用情况下的变形和裂缝问题。

1.3.3 多系数极限状态设计法

随着对荷载和材料变异性的研究,学者们逐渐认识到各种荷载对结构产生的效应以及结构的抗力均非定值,在20世纪50年代提出了多系数极限状态设计法。该方法的特点是:

(1)明确地将结构的极限状态分为承载能力极限状态和正常使用极限状态。承载能力极限状态要求结构构件可能的最小承载力不小于可能的最大外荷载所产生的截面内力。正常使用极限状态是指对构件的变形及裂缝的形成或开展宽度的限制。该方法规定了结构设计的承载能力、变形、裂缝的出现和开展三种极限状态,比较全面地考虑了结构的不同工作状态。

(2)在承载能力极限状态设计中,不再采用单一的安全系数,考虑了荷载的变异、材料性能的变异及工作条件的不同,引入了多个系数来分别反映荷载、材料性能及工作条件等方面随机因素的影响,其一般表达式为

$$M(\sum n_i q_{ik}) \leq m M_u(k_s f_{sk}, k_c f_{ck}, a, \dots) \quad (1-4)$$

式中 q_{ik} ——标准荷载或其效应;

n_i ——相应荷载的超载系数;

m ——结构构件的工作条件系数;

f_{sk}, f_{ck} ——钢筋和混凝土的标准强度;

k_s, k_c ——钢筋和混凝土的材料匀质系数;

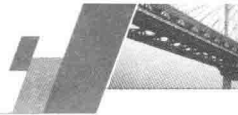
a ——结构构件的截面几何特征。

(3)在标准荷载和材料标准强度取值方面,开始将荷载及材料强度作为随机变量,采用数理统计方法进行调查分析后确定。

多系数极限状态设计法具有近似可靠度理论的一些思路,相比容许应力法和破损阶段设计法有很大进步。其安全系数的选取,已经从纯经验性过渡到部分采用概率统计值,因此该方法本质上属于一种半经验半概率的方法。

1.3.4 基于可靠性理论的概率极限状态设计法

容许应力设计法、破损阶段设计法和多系数极限状态设计法存在的共同问题是:没有把影



响结构可靠性的各类参数都视为随机变量,而是看成定值;在确定各系数取值时,不是用概率的方法,而是用经验或半经验、半统计的方法,因此都属于“定值设计法”。

20世纪40年代美国学者费劳腾脱(A. M. Freudenthal)开创性地提出结构可靠性理论,到20世纪60—70年代结构可靠性理论得到了很大的发展并开始进入实用阶段。

概率极限状态设计法,就是在可靠性理论的基础上,将影响结构可靠性的几乎所有参数都作为随机变量,对全部参数或部分参数运用概率论和数理统计分析,计算结构的可靠指标或失效概率,以此设计或校核结构。国际上按发展阶段和精确程度不同将概率设计法分为三个水准。

1. 水准Ⅰ——半概率法

对荷载效应和结构抗力的基本变量部分地进行数理统计分析,并与工程经验结合,引入某些经验系数,所以尚不能定量地估计结构的可靠性。我国20世纪70年代的大部分规范采用的方法处于水准Ⅰ的水平。

2. 水准Ⅱ——近似概率法

近似概率法对结构可靠性赋予概率定义,以结构的失效概率或可靠指标来度量结构可靠性,并建立了结构可靠度与结构极限状态方程之间的数学关系,在计算可靠指标时考虑了基本变量的概率分布类型并采用了线性化的近似手段,在截面设计时一般采用分项系数的实用设计表达式。我国建筑和公路《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)都采用了这种近似概率法,在此基础上颁布了各种结构设计的新规范。

3. 水准Ⅲ——全概率法

全概率法是完全基于概率论的结构整体优化设计方法,要求对整个结构采用精确的概率分析,求得结构最优失效概率作为可靠度的直接度量。由于这种方法无论在基础数据的统计方面还是在可靠度计算方面都很不成熟,目前还只是处于探索阶段。

理论上,可以直接按目标可靠性指标进行结构设计,但考虑到计算上的烦琐和设计应用上的习惯,目前我国土木工程结构设计采用的近似概率极限状态设计法属于概率极限状态设计法的水准Ⅱ,即“用分项系数表达的、以概率理论为基础的极限状态设计方法”。简言之,概率极限状态设计法用可靠性指标度量结构可靠度,用分项系数的设计表达式进行设计,其中各分项系数的取值是根据可靠指标及基本变量的统计参数用概率方法确定的。

本章小结



1. 引起工程结构产生作用效应的原因有两种:一种是直接施加于结构上的集中力或分布力;另一种是间接施加于结构上的外加变形和约束变形。通俗地说,“作用”泛指使结构产生内力和变形的所有原因,包括直接作用和间接作用;而“荷载”仅指施加于结构上的直接作用。

2. 作用按随时间的变化可分为永久作用、可变作用和偶然作用;按随空间的变化可分为固定作用和自由作用;按结构的反应特点可分为静态作用和动态作用;按有无限值,结构上的作用又可分为有界作用和无界作用。

3. 结构设计方法经历了从定值法到概率法的历史发展过程,目前采用的近似概率极限状态设计法属于概率极限状态设计法的水准Ⅱ。

本章练习题



一、填空题

1. “作用”泛指使结构产生内力和变形的所有_____,包括直接作用和_____;而“_____”等同于施加于结构上的直接作用。
2. 作用在结构上产生的内力和_____称为作用效应。
3. 结构上的作用按随时间的变化分为_____、可变作用和_____;按随空间的变化分为固定作用和_____;按结构的反应特点分为_____和动态作用;按有无限值又可分为有界作用和_____。
4. 土木工程结构在设计方法上经历了_____、破损阶段设计法、_____和基于可靠性理论的概率极限状态设计法四个阶段的发展。

二、选择题

1. 在《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)中,将结构上的作用分为()两类,其中前者也称为荷载。
A. 永久作用和可变作用 B. 可变作用和永久作用
C. 直接作用和间接作用 D. 间接作用和直接作用
2. 间接作用是引起结构的外加变形和约束变形的原因,包括()。
A. 自重、地震、风、温度 B. 收缩、地震、沉降、温度
C. 自重、地震、沉降、温度 D. 地震、风、收缩、温度
3. 下列各项不属于永久作用的是()。
A. 结构自重 B. 土的侧压力 C. 预应力 D. 温度作用
4. 下列各项不属于可变作用的是()。
A. 楼面活荷载 B. 风荷载 C. 车辆荷载 D. 爆炸力

三、简答题

1. 什么是结构上的作用? 荷载与作用有什么区别?
2. 工程结构上作用的分类方法有哪些? 各种方法是如何分类的?
3. 土木工程结构设计方法是怎么演变的?
4. 何谓概率极限状态设计法?

本章导读

本章首先叙述工程结构重力、土的自重应力及侧向应力的概念及计算方法,然后介绍民用与工业建筑楼面及屋面活荷载、屋面积灰荷载的分布规律,接着分析工业厂房吊车荷载的作用特点,给出公路桥梁和城市桥梁汽车荷载及人群荷载的确定途径,最后讨论雪荷载的确定方法。

学习目标



1. 掌握结构自重的概念及计算方法,了解工程应用中的常用算法。
2. 熟悉土的自重应力的产生背景,掌握土的自重应力的计算式,了解其作用原理;掌握土的重度与有效重度的区别。
3. 掌握土的侧向应力的概念和分类,了解其作用的基本原理,熟悉采用的计算理论及基本假定,掌握各类土侧压力的计算式。
4. 掌握民用和工业建筑楼面和屋面活荷载在工程设计实际应用中的处理方法;了解屋面活荷载、屋面积灰荷载、施工和检修荷载及栏杆水平荷载的取值。
5. 掌握厂房吊车纵向和横向水平荷载的取值,了解厂房内设有多台吊车时的荷载组合。
6. 了解公路桥梁和城市桥梁汽车荷载及人群荷载的取值方法,掌握车辆荷载与车道荷载的区别,熟悉人群荷载的作用。
7. 掌握基本雪压的概念,了解其计算式及影响因素,了解影响屋面雪压的主要因素。

2.1 结构自重

结构自重是指组成结构的材料受地球引力作用而产生的重力,属永久作用。结构自重的标准值可按结构构件的设计尺寸与材料单位体积的自重计算确定,即

$$G_i = \gamma_i V_i \quad (2-1)$$

式中 G_i ——结构中第 i 个基本构件的自重(kN);

γ_i ——结构中第 i 个基本构件的材料单位体积的自重(kN/m³),即材料的重度;