

全国一、二级 注册结构工程师 专业考试教程

住房和城乡建设部执业资格注册中心

宋玉普

组 编

主编

2013



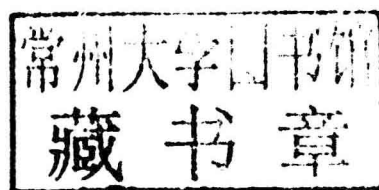
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



全国一、二级注册结构 工程师专业考试教程

住房和城乡建设部执业资格注册中心 组编

宋玉普 主编



机械工业出版社

本书由住房和城乡建设部执业资格注册中心组织,由大连理工大学土木工程学院承担具体的编写任务。

本书在编写过程中,按照2013年注册结构工程师专业考试大纲的要求,紧密结合最新版的《建筑结构荷载规范》、《砌体结构设计规范》、《建筑地基基础设计规范》、《建筑抗震设计规范》、《混凝土结构设计规范》、《高层建筑混凝土结构设计规程》,突出了考试的基本要求和考试导向,并按照注册结构工程师专业考试大纲要求的深度和广度,结合历年的考试真题对考生必须掌握的内容进行了分析和阐述。以便考生熟练掌握考点的同时熟悉解题思路,从而提高实际的应考能力。全书共分7章,主要内容为荷载和地震作用,钢筋混凝土结构,钢结构,砌体结构和木结构,地基与基础,高层建筑结构和高耸结构,桥梁结构。

本书是参加一、二级注册结构工程师专业考试人员的必备考试用书。同时由于内容的全面性和实用性,也可供土木工程方面的设计、施工和监理人员在工作中参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

全国一、二级注册结构工程师专业考试教程/宋玉普主编. —5版.

—北京:机械工业出版社,2013.3

ISBN 978-7-111-41384-4

I. ①全… II. ①宋… III. ①建筑结构-工程师-资格考试-教材
IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第022303号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:薛俊高 责任编辑:薛俊高

封面设计:张静 责任校对:张莉娟 胡艳萍

责任印制:张楠

北京京丰印刷厂印刷

2013年2月第5版·第1次印刷

184mm×260mm·68.25印张·1696千字

标准书号:ISBN 978-7-111-41384-4

定价:168.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

本书编写人员

主 编 宋玉普

副 主 编 王清湘 张 哲

参编人员 殷福新 郭 莹 车 轶 王立成
杨有福 李文武

前言

为了指导参加全国注册结构工程师执业资格考试的考生系统地复习有关专业知识和标准规范,住房和城乡建设部执业资格注册中心依据《一、二级注册结构工程专业考试大纲》组织编写了本书。本书的最大特点是将考试要求的最新标准规范与例题相结合,重点介绍标准规范内容,例题多选用历年考试的类似试题,通过例题解析,使考生加深对标准规范的理解和运用,以巩固考生的专业知识,达到举一反三的目的。书中例题既标明本书的节号,同时标明相应规范的节号,以便对照理解现行的最新规范。复习中应以标准规范为重点,同时注意掌握解题的关键思路。

全书共7章,第1章荷载和地震作用,主要介绍荷载分类和荷载效应组合,楼面和屋面活荷载,吊车荷载,雪荷载,风荷载;抗震设计的基本要求,地震作用和结构抗震验算;内力分析方法;温度作用;偶然荷载。第2章钢筋混凝土结构,主要介绍基本设计规定,材料,钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算,钢筋混凝土受压构件正截面承载力计算,钢筋混凝土受拉构件正截面承载力计算,斜截面承载力计算,扭曲截面承载力计算,受冲切承载力计算,局部受压承载力计算,疲劳验算,正常使用极限状态验算,构造规定,结构构件的基本规定,预应力混凝土结构构件,混凝土结构构件抗震设计,梁板结构,单层厂房。第3章钢结构,主要介绍基本设计规定,受弯构件的强度及其整体稳定和局部稳定计算,轴心受力构件和拉弯、压弯构件的计算,构件的连接计算、构造要求及其连接材料的选用,钢与混凝土组合梁、组合板及混合结构设计,钢结构的疲劳计算及其构造要求,塑性设计的适用范围和计算方法,钢管结构计算,钢结构的防锈、隔热和防火措施,钢结构的制作、焊接、运输和安装,单层钢结构厂房抗震设计。第4章砌体结构与木结构,主要介绍砌体的分类及其力学性能,基本设计规定,无筋砌体构件的承载力计算,圈梁、过梁、墙梁及挑梁的设计方法,配筋砖砌体的设计方法,配筋砌块砌体的设计方法,砌体结构的构造要求,砌体结构构件抗震设计,常用木结构的构件、连接计算和构造要求。第5章地基与基础,主要介绍地基基础设计原则,土的工程性质指标和岩土的分类,土中应力计算,地基最终变形量计算,挡土墙土压力与稳定性分析,地基承载力计算,岩土工程勘察简介,天然地基上的浅基础设计,桩基础设计,软弱地基处理,场地、液化与地基基础的抗震验算。第6章高层建筑结构和高耸结构,主要介绍高层建筑结构设计的基本规定,高层结构计算分析,框架结构设计,剪力墙结构设计,框架及板柱—剪力墙结构设计,筒体结构设计,复杂高层建筑结构设计,混合结构设计,高耸结构设计,多层和高层建筑钢结构设计。第7章桥梁结构,主要介绍桥梁结构的总体布置,桥梁结构设计荷载及荷载组合,钢桥基本构件的设计与计算,钢筋混凝土构件的承载力计算,钢筋混凝土梁式桥的设计计算,桥梁墩台的设计,桥梁支座设计与计算,桥梁抗震设计。

本书作为一、二级注册结构工程师专业考试的参考书，同时对从事工程设计、施工及管理的技术人员以及高等院校的师生理解、掌握和运用土木工程中的基本规范也有积极的参考作用。

参加本书编写工作的有大连理工大学宋玉普（前言，第1、2章）、王立成、殷福新（第3、6章）、杨有福（第4章）、郭莹（第5章）、车轶（第6章）、李文武（第7章）。全书由宋玉普任主编，王清湘、张哲任副主编。

本书编写、审校过程中得到了清华大学建筑设计研究院副总工程师马宝民、清华规划设计院副总工程师王昌兴、中冶京诚工程技术有限公司教授级高工薄占秀、辽宁省建筑设计研究院总工程师李庆钢、中国建筑西北设计研究院副总工程师杨琦、北京市建筑设计研究院副总工程师薛慧立、北京市政工程设计研究院副总工程师贾引、住房和城乡建设部执业资格注册中心副处长王平以及机械工业出版社建筑分社领导的指导和帮助，他们为本书提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。对于书中存在的不足之处，热忱地希望读者批评指正。

编 者

2013年1月于大连理工大学

目 录

前言

第1章 荷载和地震作用 1

1.1 荷载分类和荷载效应组合 1

1.1.1 荷载分类和荷载代表值 1

1.1.2 荷载组合 3

1.2 楼面和屋面活荷载 9

1.2.1 民用建筑楼面均布活荷载 9

1.2.2 工业建筑楼面活荷载 16

1.2.3 屋面活荷载 17

1.2.4 屋面积灰荷载 17

1.2.5 施工和检修荷载及栏杆 荷载 18

1.2.6 动力系数 19

1.3 吊车荷载 19

1.3.1 吊车竖向和水平荷载 19

1.3.2 多台吊车的组合 20

1.3.3 吊车荷载的动力系数 20

1.3.4 吊车荷载的组合值、频遇值 及准永久值 20

1.4 雪荷载 26

1.4.1 雪荷载标准值及基本雪压 26

1.4.2 屋面积雪分布系数 27

1.5 风荷载 32

1.5.1 风荷载标准值及基本风压 32

1.5.2 风压高度变化系数 33

1.5.3 风荷载体型系数 34

1.5.4 顺风向风振和风振系数 37

1.5.5 横风向和扭转风振 38

1.5.6 结构基本自振周期的经验公式 41

1.5.7 阵风系数 42

1.6 抗震设计的基本要求 49

1.6.1 建筑抗震设防分类和设防 标准 49

1.6.2 地震影响 50

1.6.3 场地和地基 51

1.6.4 建筑形体及其构件布置的 规则性 52

1.6.5 结构体系 54

1.6.6 结构分析 55

1.6.7 非结构构件 56

1.6.8 隔震和消能减震设计 56

1.6.9 结构材料与施工 56

1.6.10 建筑抗震性能化设计 57

1.6.11 建筑物地震反应观测系统 58

1.7 地震作用和结构抗震验算 60

1.7.1 一般规定 60

1.7.2 水平地震作用计算 63

1.7.3 竖向地震作用计算 67

1.7.4 截面抗震验算 67

1.7.5 抗震变形验算 68

1.8 内力分析方法 77

1.8.1 力法 77

1.8.2 力矩分配法 79

1.8.3 静定桁架的计算方法 84

1.9 温度作用 85

1.9.1 一般规定 85

1.9.2 基本气温 85

1.9.3 均匀温度作用 85

1.10 偶然荷载 86

1.10.1 一般规定 86

1.10.2 爆炸 87

1.10.3 撞击 87

参考文献 88

第2章 钢筋混凝土结构 89

2.1 基本设计规定 90

2.1.1 一般规定 90

2.1.2 结构方案 90

2.1.3 承载能力极限状态计算 91

2.1.4 正常使用极限状态验算 92

2.1.5 耐久性设计 94

2.1.6 防连续倒塌设计原则 96

2.1.7 既有结构设计原则 96

2.2 材料 98

2.2.1 混凝土 98

2.2.2 钢筋	100	2.7.5 在轴向压力和扭矩共同作用下 的矩形截面钢筋混凝土构件 的受扭承载力计算	169
2.3 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力 计算	104	2.7.6 在剪力和扭矩共同作用下构件 受剪扭承载力计算	169
2.3.1 受弯构件正截面承载力计算的 基本假定	104	2.7.7 在弯矩、剪力和扭矩共同作用下 的弯剪扭构件承载力计算	171
2.3.2 单筋矩形截面正截面受弯承载 力计算	106	2.7.8 多项作用下钢筋混凝土矩形截面 框架柱的承载力计算	171
2.3.3 双筋矩形截面正截面受弯承载 力计算	109	2.7.9 协调扭转的钢筋混凝土 构件计算	172
2.3.4 T形截面正截面受弯承载力 计算	111	2.8 受冲切承载力计算	176
2.4 钢筋混凝土受压构件正截面承载力 计算	116	2.8.1 不配置箍筋或弯起钢筋的板受冲 切承载力计算	176
2.4.1 概述	116	2.8.2 配置箍筋或弯起钢筋的板受冲切 承载力计算	177
2.4.2 轴心受压构件正截面承载力 计算	117	2.8.3 矩形截面柱与基础交接处的受冲切 承载力计算	178
2.4.3 偏心受压构件正截面承载力 计算	120	2.9 局部受压承载力计算	181
2.4.4 双向偏心受压构件正截面承 载力计算	142	2.9.1 截面尺寸限制条件	181
2.5 钢筋混凝土受拉构件正截面承载力 计算	144	2.9.2 局部受压承载力计算	181
2.5.1 概述	144	2.10 疲劳验算	185
2.5.2 轴心受拉构件承载力计算	144	2.10.1 基本假定	185
2.5.3 大偏心受拉构件正截面承载 力计算	144	2.10.2 钢筋混凝土受弯构件的疲劳 验算	185
2.5.4 小偏心受拉构件正截面承载 力计算	146	2.10.3 预应力混凝土受弯构件的疲 劳验算	187
2.5.5 对称配筋双向偏心受拉构件 承载力计算	147	2.11 正常使用极限状态验算	188
2.6 斜截面承载力计算	149	2.11.1 裂缝控制等级	188
2.6.1 受弯构件斜截面承载力计算	149	2.11.2 裂缝宽度计算方法	189
2.6.2 偏心受压构件斜截面受剪承 载力计算	163	2.11.3 混凝土压应力、钢筋拉应力 和预应力筋的等效应力计算	190
2.6.3 偏心受拉构件斜截面受剪承 载力计算	165	2.11.4 抗裂验算	192
2.7 扭曲截面承载力计算	166	2.11.5 变形验算	196
2.7.1 受扭构件截面限制条件	166	2.12 构造规定	201
2.7.2 不需进行构件受剪扭承载力 计算的条件	167	2.12.1 伸缩缝	201
2.7.3 受扭构件的截面受扭塑性 抵抗矩	167	2.12.2 混凝土保护层	202
2.7.4 纯扭构件的受扭承载力计算	168	2.12.3 钢筋的锚固	203
		2.12.4 钢筋的连接	205
		2.12.5 纵向受力钢筋的最小配筋率	207
		2.13 结构构件的基本规定	208
		2.13.1 板	208
		2.13.2 梁	212

2.13.3 柱、梁柱节点及牛腿	219	3.2.1 受弯构件强度计算	365
2.13.4 墙	227	3.2.2 受弯构件整体稳定计算	367
2.13.5 叠合构件	228	3.2.3 受弯构件局部稳定计算及加劲肋 设计	369
2.13.6 装配式结构	235	3.2.4 梁的刚度	376
2.13.7 深受弯构件	236	3.2.5 组合梁腹板考虑屈曲后强度的 计算	377
2.13.8 预埋件及连接件	240	3.3 轴心受力构件和拉弯、压弯构件的 计算	391
2.14 预应力混凝土结构构件	244	3.3.1 轴心受力构件的强度计算	391
2.14.1 一般规定	244	3.3.2 轴心受力构件的长细比计算	392
2.14.2 预应力损失值计算	251	3.3.3 轴心受压构件的整体稳定	393
2.14.3 预应力混凝土构造规定	254	3.3.4 轴心受压构件的局 部稳定	397
2.15 混凝土结构构件抗震设计	264	3.3.5 格构式轴心受压构件设计	400
2.15.1 一般规定	264	3.3.6 拉弯、压弯构件的强度计算	407
2.15.2 材料	269	3.3.7 拉弯、压弯构件的长细比 计算	407
2.15.3 框架梁	269	3.3.8 实腹式单向弯曲压弯构件的 整体稳定计算	408
2.15.4 框架柱及框支柱	272	3.3.9 实腹式双向弯曲压弯构件的 整体稳定计算	409
2.15.5 铰接排架柱	278	3.3.10 压弯构件的局部稳定 计算	410
2.15.6 框架梁柱节点	280	3.3.11 格构式单向弯曲压弯构件的 整体稳定计算	411
2.15.7 剪力墙及连梁	283	3.3.12 格构式双向弯曲压弯构件的 整体稳定计算	412
2.15.8 预应力混凝土结构构件	291	3.3.13 格构式压弯构件的缀件 计算	413
2.15.9 板柱节点	293	3.3.14 构件的计算长度	413
2.16 梁板结构	316	3.4 构件的连接计算、构造要求及其 连接材料的选用	433
2.16.1 单向板肋梁楼盖	316	3.4.1 焊缝连接的构造要求	433
2.16.2 双向板肋梁楼盖	320	3.4.2 螺栓连接和铆钉连接的 构造要求	433
2.17 单层厂房	324	3.4.3 焊缝连接计算	434
2.17.1 结构组成	325	3.4.4 螺栓（铆钉）连接计算	440
2.17.2 支撑作用和布置原则	326	3.4.5 组合工字梁翼缘连接	446
2.17.3 排架计算	327	3.4.6 梁与柱的刚性连接	447
2.17.4 单层厂房柱的设计	331	3.4.7 连接节点处板件的计算	448
2.17.5 吊车梁设计	332	3.5 钢与混凝土组合梁、组合板 及混合结构设计	460
2.17.6 屋架设计	334		
2.17.7 柱下锥形（阶形）单独基础 设计	337		
2.17.8 厂房抗震计算要点	342		
2.17.9 抗震构造措施	344		
参考文献	352		
第3章 钢结构	354		
3.1 基本设计规定	355		
3.1.1 设计原则	355		
3.1.2 荷载和荷载效应计算	355		
3.1.3 材料选用	357		
3.1.4 设计指标	358		
3.2 受弯构件的强度及其整体稳定 和局部稳定计算	365		

3.5.1 钢与混凝土组合梁设计的一般规定	460	4.3.3 轴心受拉构件	532
3.5.2 钢与混凝土组合梁设计的构造要求	460	4.3.4 受弯构件	532
3.5.3 钢与混凝土组合梁抗弯设计	461	4.3.5 受剪构件	533
3.5.4 钢与混凝土组合梁抗剪设计	463	4.4 圈梁、过梁、墙梁及挑梁的设计方法	534
3.5.5 抗剪连接件的计算	463	4.4.1 圈梁	534
3.5.6 组合梁挠度计算	465	4.4.2 过梁	535
3.5.7 压型钢板组合楼板设计	467	4.4.3 墙梁	536
3.5.8 混合结构设计	469	4.4.4 挑梁	543
3.6 钢结构的疲劳计算及其构造要求	478	4.5 配筋砖砌体的设计方法	546
3.6.1 钢结构疲劳计算的一般规定	478	4.5.1 网状配筋砖砌体构件	546
3.6.2 钢结构的疲劳计算	478	4.5.2 砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层的组合砌体构件	549
3.7 塑性设计的适用范围和计算方法	483	4.5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组成的组合砖墙	552
3.7.1 塑性设计的一般规定	483	4.6 配筋砌块砌体的设计方法	553
3.7.2 塑性设计时构件截面板件宽厚比限值	483	4.6.1 正截面受压承载力计算	553
3.7.3 塑性设计时的允许长细比	484	4.6.2 斜截面受剪承载力计算	556
3.7.4 构件的计算	484	4.6.3 构造规定	557
3.8 钢管结构计算	487	4.7 砌体结构的构造要求	562
3.8.1 构造要求及一般规定	487	4.7.1 墙、柱的高厚比	562
3.8.2 支管与主管的连接焊缝计算	487	4.7.2 一般构造要求	565
3.8.3 杆件和节点承载力	488	4.7.3 框架填充墙	566
3.9 钢结构的防锈、隔热和防火措施	495	4.7.4 夹心墙	567
3.10 钢结构的制作、焊接、运输和安装	496	4.7.5 防止或减轻墙体开裂的主要措施	568
3.11 单层钢结构厂房抗震设计	496	4.8 砌体结构构件抗震设计	570
3.11.1 一般规定	496	4.8.1 一般规定	570
3.11.2 抗震验算	496	4.8.2 砖砌体构件	574
3.11.3 抗震构造措施	498	4.8.3 混凝土砌块砌体构件	581
参考文献	501	4.8.4 底部框架-抗震墙砌体房屋抗震构件	583
第4章 砌体结构与木结构	502	4.8.5 配筋砌块砌体抗震墙	586
4.1 砌体的分类及其力学性能	503	4.9 常用木结构的构件、连接计算和构造要求	590
4.1.1 砌体的分类	503	4.9.1 木结构构件的计算	590
4.1.2 材料强度等级	504	4.9.2 木结构连接的计算	597
4.1.3 砌体的计算指标	505	参考文献	603
4.2 基本设计规定	511	第5章 地基与基础	604
4.2.1 设计原则	511	5.1 地基基础设计原则	605
4.2.2 房屋的静力计算	513	5.1.1 地基基础设计等级	605
4.2.3 耐久性规定	520	5.1.2 地基基础设计内容	605
4.3 无筋砌体构件的承载力计算	522	5.1.3 岩土工程勘察规定	608
4.3.1 受压构件	522		
4.3.2 局压构件	527		

5.1.4 荷载规定	609	《规范》方法	733
5.2 土的工程性质指标和岩土的分类	611	5.9.3 桩基础的承载力验算——	
5.2.1 土的物理性质指标	611	《规范》方法	735
5.2.2 土的物理状态指标	615	5.9.4 桩基沉降计算——《规范》	
5.2.3 土的其他工程特性指标	618	方法	737
5.2.4 岩土的工程分类	622	5.9.5 桩基承台设计与计算——	
5.3 土中应力计算	625	《规范》方法	740
5.3.1 自重应力	625	5.9.6 岩石锚杆基础——《规范》	
5.3.2 基底压力和基底附加压力	626	方法	748
5.3.3 地基中的附加应力	633	5.9.7 桩基计算——《桩规》方法	750
5.4 地基最终变形量计算	640	5.10 软弱地基处理	780
5.4.1 单一土层的变形计算	640	5.10.1 土的击实性与压实填土	780
5.4.2 单向压缩分层总和法	641	5.10.2 地基处理后地基承载力特	
5.4.3 《规范》推荐的最终变形		征值的修正	782
算法	642	5.10.3 换填垫层法	783
5.5 挡土墙土压力与稳定性分析	655	5.10.4 预压法	785
5.5.1 土压力产生的条件及种类	655	5.10.5 强夯法和强夯置换法	791
5.5.2 朗肯土压力理论	656	5.10.6 振冲法	793
5.5.3 《规范》推荐的土压力		5.10.7 砂石桩法	795
计算方法	668	5.10.8 水泥粉煤灰碎石桩法	797
5.5.4 挡土墙设计	671	5.10.9 夯实水泥土桩法	800
5.5.5 地基稳定性计算	676	5.10.10 水泥土搅拌法	800
5.6 地基承载力计算	677	5.10.11 高压喷射注浆法	805
5.6.1 地基承载力的有关概念	677	5.10.12 石灰桩法	805
5.6.2 地基承载力的确定	677	5.10.13 灰土挤密桩法和土	
5.6.3 地基承载力的验算	685	挤密桩法	806
5.7 岩土工程勘察简介	693	5.10.14 柱锤冲扩桩法	807
5.7.1 岩土工程勘探方法	693	5.10.15 复合地基的概念和各种方法	
5.7.2 岩土工程测试	694	汇总	808
5.8 天然地基上的浅基础设计	696	5.11 场地、液化与地基基础的抗震	
5.8.1 基础埋置深度	696	验算	810
5.8.2 无筋扩展基础设计	700	5.11.1 场地、地基和基础	810
5.8.3 扩展基础——墙下条形		5.11.2 天然地基和基础	812
基础设计	702	5.11.3 液化土与软土地基	813
5.8.4 扩展基础——柱下独立		5.11.4 低承台桩基础抗震承载力	
基础设计	707	验算	819
5.8.5 钢筋混凝土联合基础设计	716	参考文献	820
5.8.6 柱下钢筋混凝土条形基础		第6章 高层建筑结构和高耸结构	822
设计	721	6.1 高层建筑结构设计的基本规定	823
5.8.7 高层建筑筏形基础设计	722	6.1.1 一般规定	823
5.9 桩基础设计	732	6.1.2 房屋适用高度与高宽比	823
5.9.1 桩基础的基本概念	732	6.1.3 结构布置	826
5.9.2 桩的竖向承载力的确定——		6.1.4 楼盖结构	831

6.1.5 水平位移要求和位移限值	832	6.9 高耸结构设计	912
6.1.6 构件承载力设计表达式	834	6.9.1 基本规定	912
6.1.7 结构的设防要求和抗震等级	834	6.9.2 荷载与作用	916
6.1.8 特一级钢筋混凝土构件	837	6.9.3 钢塔架和桅杆结构	918
6.1.9 结构抗震性能设计	838	6.9.4 混凝土圆筒形塔	926
6.1.10 抗连续倒塌设计	840	6.10 多层和高层建筑钢结构设计	932
6.2 高层结构计算分析	841	6.10.1 结构体系和布置	932
6.2.1 一般规定	841	6.10.2 作用效应计算	933
6.2.2 荷载效应组合	844	6.10.3 钢构件设计	936
6.2.3 构件内力的调整	847	6.10.4 节点设计	942
6.2.4 重力二阶效应与结构整体 稳定	848	参考文献	958
6.2.5 结构变形验算	851	第7章 桥梁结构	959
6.3 框架结构设计	852	7.1 桥梁结构的总体布置	959
6.3.1 框架结构设计的一般规定	852	7.1.1 概述	959
6.3.2 框架梁设计	854	7.1.2 桥梁横断面设计	960
6.3.3 框架柱设计	860	7.1.3 桥梁平面设计	962
6.3.4 框架梁柱节点核心区截面 抗震验算	865	7.1.4 桥梁纵断面设计	963
6.3.5 钢筋的锚固和连接	869	7.1.5 桥面系布置	966
6.4 剪力墙结构设计	871	7.2 桥梁结构设计荷载及荷载组合	968
6.4.1 一般设计原则	871	7.2.1 永久作用	968
6.4.2 剪力墙设计	873	7.2.2 可变作用	970
6.4.3 连梁的设计	882	7.2.3 偶然作用	977
6.5 框架及板柱—剪力墙结构设计	885	7.2.4 荷载组合	979
6.5.1 框架—剪力墙结构设计	885	7.3 钢桥基本构件的设计与计算	982
6.5.2 板柱—剪力墙结构设计	887	7.3.1 钢桥的材料	982
6.6 筒体结构设计	891	7.3.2 设计方法	983
6.6.1 一般规定	891	7.3.3 结构构件的强度计算	984
6.6.2 框架—核心筒结构	892	7.3.4 构件的疲劳验算	986
6.6.3 筒中筒结构	893	7.4 钢筋混凝土构件的承载力计算	987
6.7 复杂高层建筑结构设计	894	7.4.1 材料	987
6.7.1 一般规定	894	7.4.2 承载力计算	990
6.7.2 带转换层高层建筑结构	895	7.5 钢筋混凝土梁式桥的设计计算	998
6.7.3 带加强层高层建筑结构	901	7.5.1 行车道板计算	998
6.7.4 错层结构	901	7.5.2 钢筋混凝土主梁的计算	1009
6.7.5 连体结构	902	7.5.3 挠度、预拱度计算	1030
6.7.6 竖向体型收进、悬挑结构	902	7.6 桥梁墩台的设计	1031
6.8 混合结构设计	903	7.6.1 桥梁墩台上的作用和作用 组合	1031
6.8.1 一般规定	903	7.6.2 重力式桥墩计算	1041
6.8.2 结构布置	904	7.6.3 桩柱式桥墩的计算	1048
6.8.3 结构设计	905	7.6.4 柔性墩计算	1054
6.8.4 构件设计	906	7.7 桥梁支座设计与计算	1059
		7.7.1 支座的布置	1059

7.7.2 支座的计算	1060	规定	1068
7.8 桥梁抗震设计	1067	7.8.3 地震力的计算	1068
7.8.1 桥梁抗震设防目标及设防 分类和设防标准	1067	7.8.4 抗震强度和变形验算	1070
7.8.2 桥梁抗震设计基本烈度		7.8.5 抗震措施和对策	1074
		参考文献	1077

第 1 章

荷载和地震作用

考试大纲

一级注册结构工程师

1. 了解以概率理论为基础的结构极限状态设计方法的基本概念。
2. 掌握荷载分类和组合及常用结构的静力计算方法。

二级注册结构工程师

1. 了解结构极限状态设计原理。
2. 掌握荷载分类和组合及常用结构的静力计算方法。

1.1 荷载分类和荷载效应组合

1.1.1 荷载分类和荷载代表值

1. 荷载分类

结构上的荷载可分为下列三类：

(1) 永久荷载 在结构使用期间，其值不随时间变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计，或其变化是单调的并能趋于限值的荷载，包括结构构件、围护构件、面层及装饰、固定设备、长期储物的自重、土压力、水压力，以及其他需要按永久荷载考虑的荷载，如预应力等。

(2) 可变荷载 在结构使用期间，其值随时间变化，且其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载，包括楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载、温度作用等。

(3) 偶然荷载 在结构使用期间不一定出现，一旦出现，其值很大且持续时间很短的荷载，包括爆炸力、撞击力等。

2. 荷载代表值

荷载代表值为设计中用以验算极限状态所采用的荷载量值，例如标准值、组合值、频遇

值和准永久值。

(1) 设计基准期 为确定可变荷载代表值而选用的时间参数。如确定可变荷载标准值时,设计基准期一般规定为 50 年。

(2) 标准值 荷载的基本代表值,为设计基准期内最大荷载统计分布的特征值,例如均值、众值、中值或某个分位值。这是由于荷载本身具有随机性,因而使用期间的最大荷载也是随机变量,所以用它的统计分布的特征值。

永久荷载标准值,对结构自重,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。一般材料和构件的单位自重可取其平均值,对于自重变异较大的材料和构件(如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等),自重的标准值应根据对结构的不利或有利状态,分别取上限或下限值。常用材料或构件单位体积的自重可按荷载规范附录 A 采用。

固定隔墙的自重可按永久荷载考虑,位置可灵活布置的隔墙自重应按可变荷载考虑。

可变荷载的标准值,应根据不同类型的可变荷载,按荷载规范的相应章节规定采用。

(3) 组合值 对可变荷载,使组合后的荷载效应在设计基准期内的超越概率,能与该荷载单独出现时的相应概率趋于一致的荷载值;或使组合后的结构具有统一规定的可靠指标的荷载值。这是考虑到各种可变荷载不可能同时以其最大值(标准值)出现,因此除了一个主要可变荷载(主导可变荷载)外,其余可变荷载应在其标准值上乘以小于 1 的组合系数对可变荷载标准值进行折减,使结构构件在两种或两种以上可变荷载参与组合的情况下,当仅有一种可变荷载参与组合的情况具有大致相同的可靠指标。

(4) 频遇值 对可变荷载,在设计基准期内,其超越的总时间为规定的较小比率或超越频率为规定频率的荷载值。它是正常使用极限状态按频遇组合设计采用的可变荷载代表值。

可变荷载的频遇值应为可变荷载标准值乘以频遇值系数。

(5) 准永久值 对可变荷载,在设计基准期内,其超越的总时间约为设计基准期一半的荷载值。它是正常使用极限状态按准永久组合和频遇组合设计采用的可变荷载代表值。

可变荷载准永久值,应为可变荷载标准值乘以准永久值系数。

建筑结构设计时,对不同荷载应采用不同的代表值[⊖]。

对永久荷载应采用标准值作为代表值。

对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值。

对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。

确定可变荷载代表值时应采用 50 年设计基准期。

3. 极限状态

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,此特定状态称为该功能的极限状态。极限状态分为以下两类:

(1) 承载能力极限状态 结构或结构构件达到最大承载力、出现疲劳破坏、发生不适于继续承载的变形或因结构局部破坏而引发的连续倒塌。

(2) 正常使用极限状态 结构或结构构件达到正常使用的某项规定限值或耐久性能的某项规定状态,如裂缝限值、挠度限值等。

⊖ 黑体表示强制性条文,全书同。

【例 1.1-1】下列哪项验算不属于正常使用极限状态 ()。

- (A) 疲劳验算 (B) 变形验算 (C) 抗裂性验算 (D) 裂缝宽度验算

答案: (A)

解答: 第 1.1.1 节 3 (《混凝土规范》^①第 3.1.3 条)“承载能力极限状态: 结构或结构构件达到最大承载力, 出现疲劳破坏、发生不适于继续承载的变形或因结构局部破坏而引发的连续倒塌。”

4. 可变荷载的代表值和组合值

(1) 承载能力极限状态设计或正常使用极限状态按标准组合设计时, 对可变荷载应按规定的荷载组合采用荷载的组合值或标准值作为其荷载代表值。

可变荷载的组合值, 应为可变荷载的标准值乘以荷载组合值系数。

(2) 正常使用极限状态按频遇组合设计时, 应采用可变荷载的频遇值或准永久值作为其荷载代表值; 按准永久组合设计时, 应采用可变荷载的准永久值作为其荷载代表值。

1.1.2 荷载组合

1. 基本概念

(1) 荷载组合 按极限状态设计时, 为保证结构的可靠性而对同时出现的各种荷载设计值的规定。

(2) 荷载设计值 荷载代表值与荷载分项系数的乘积。

(3) 荷载效应 由荷载引起结构或结构构件的反应, 例如内力、变形和裂缝等。

(4) 基本组合 承载能力极限状态计算时, 永久荷载和可变荷载的组合。

(5) 偶然组合 承载能力极限状态计算时, 永久荷载、可变荷载和一个偶然荷载的组合, 以及偶然事件发生后受损结构整体稳固性验算时永久荷载与可变荷载的组合。

(6) 标准组合 正常使用极限状态计算时, 采用标准值或组合值为荷载代表值的组合。

(7) 频遇组合 正常使用极限状态计算时, 对可变荷载采用频遇值或准永久值为荷载代表值的组合。

(8) 准永久组合 正常使用极限状态计算时, 对可变荷载采用准永久值为荷载代表值的组合。

(9) 等效均布荷载 结构设计时, 楼面上不连续分布的实际荷载, 一般采用均布荷载代替; 等效均布荷载系指其在结构上所得的荷载效应能与实际的荷载效应保持一致的均布荷载。

(10) 从属面积 从属面积是考虑梁、柱等构件均布荷载折减所采用的计算构件负荷的楼面面积。

(11) 建筑结构的等级 根据建筑结构破坏后果的严重程度, 建筑结构划分为三个安全等级。设计时应根据具体情况, 按照表 1.1-1 的规定选用相应的安全等级。

混凝土结构中各类结构构件的安全等级, 宜与整个结构的安全等级相同, 对其中部分结

表 1.1-1 建筑结构的等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的建筑物
二级	严重	一般的建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

注: 1. 对特殊的建筑物, 其安全等级应根据具体情况另行确定。

2. 地基基础设计安全等级及按抗震要求设计时, 建筑结构的等级, 尚应符合国家现行有关规范的规定。

① 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 的简称, 本章下同。

构件的安全等级,可根据其重要程度适当调整。对于结构中重要构件和关键传力部位,宜适当提高其安全等级。

2. 设计应明确结构的用途,在设计使用年限内未经技术鉴定或设计许可,不得改变结构的用途和使用环境。

3. 荷载(效应)组合

建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合,并应取各自的最不利的组合进行设计。

4. 承载能力极限状态

对于承载能力极限状态,应按荷载的基本组合或偶然组合计算荷载组合的效应设计值,并应采用下列设计表达式进行设计:

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (1.1-1a)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,应按各有关建筑结构设计规范的规定采用;

S_d ——荷载组合的效应设计值;

R_d ——结构构件抗力的设计值,应按各有关建筑结构设计规范的规定确定。

《混凝土规范》(GB 50010—2010)规定:对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况,当用内力的形式表达时,结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1.1-1b)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k, \dots) / \gamma_{Rd}$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数:在持久设计状况和短暂设计状况下,对安全等级为一级的结构构件不应小于1.1,对安全等级为二级的结构构件不应小于1.0;对安全等级为三级的结构构件不应小于0.9;对地震设计状况下应取1.0;

S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值:对持久设计状况和短暂设计状况应按作用的基本组合计算;对地震设计状况应按作用的地震组合计算;

R ——结构构件的抗力设计值,应按各有关建筑结构设计规范的规定确定;

γ_{Rd} ——结构构件的抗力模型不定性系数:静力设计取1.0,对不确定性较大的结构构件根据具体情况取大于1.0的数值;抗震设计应用承载力抗震调整系数 γ_{RE} 代替 γ_{Rd} 。

f_c 、 f_s ——混凝土、钢筋的强度设计值;

a_k ——几何参数的标准值,当几何参数的变异性对结构性能有明显的不利影响时,应增减一个附加值。

(1) 对于基本组合,荷载基本组合的效应设计值 S_d 应从下列荷载组合值中取用最不利的效应设计值确定:

1) 由可变荷载控制的效应设计值,即可变荷载占总荷载的百分数较大:

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gjk} + \gamma_{Q1} \gamma_{L1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \gamma_{Li} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1.1-2)$$

式中 γ_{Gj} ——第 j 个永久荷载的分项系数;

γ_{Li} ——第 i 个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数,其中 γ_{L1} 为主导可变荷载 Q_1