

新世纪土木工程专业系列规划教材

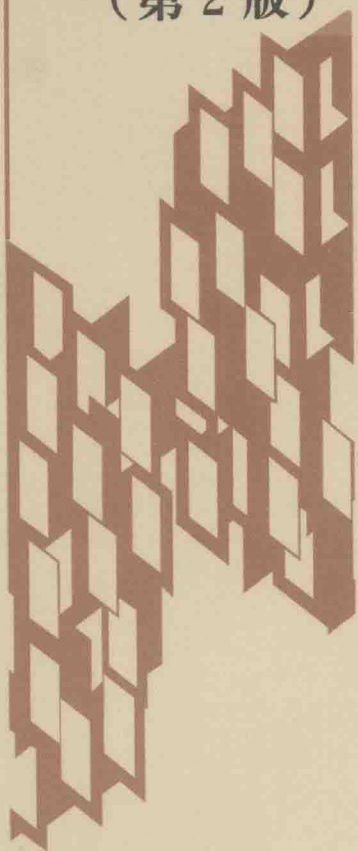


基 础 工 程

J I C H U G O N G C H E N G

(第2版)

石名磊 主编
龚维明 主审



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

新世纪土木工程专业系列规划教材

基 础 工 程

(第 2 版)

石名磊 主编

龚维明 主审

东南大学出版社

· 南京 ·

内 容 摘 要

本教材内容体系主要由勘察概要、基础设计和地基处理三部分组成。主要内容包括:基础工程概念与设计原则,地基勘察概要,单独扩大浅基础与连续浅基础,桩基与沉井深基础,地基处理,土工支挡和基坑支护等。本教材各章均附有习题,并附有大量的工程案例。

本教材为高等学校土木工程、道路工程、桥梁工程、岩土工程和港口工程等专业教学用书,可供相关专业师生学习和参考,也可作为相关技术人员及参加国家注册结构工程师(岩土)考试的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程 / 石名磊主编. —2 版. —南京:东南大学出版社, 2015. 3

ISBN 978-7-5641-3026-8

I. ①基… II. ①石… III. ①基础(工程)—高等学校—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 023013 号

基础工程

出版发行	东南大学出版社
社 址	南京市四牌楼 2 号 邮编 210096
出 版 人	江建中
网 址	http://www.seupress.com
电子邮箱	press@seupress.com
经 销	全国各地新华书店
印 刷	虎彩印艺股份有限公司
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	25.50
字 数	620 千
版 次	2015 年 3 月第 2 版
印 次	2015 年 3 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5641-3026-8
定 价	56.00 元

新世纪土木工程专业系列规划教材编委会

顾问 丁大钧 容柏生 沙庆林

主任 吕志涛

副主任 蒋永生 陈荣生 邱洪兴 黄晓明

委员 (以姓氏笔画为序)

丁大钧 王 炜 冯 健 叶见曙 石名磊 刘松玉

吕志涛 成 虎 李峻利 李爱群 沈 杰 沙庆林

邱洪兴 陆可人 舒赣平 陈荣生 单 建 周明华

胡伍生 唐人卫 郭正兴 钱培舒 曹双寅 黄晓明

龚维明 容柏生 程建川 蒋永生

再版前言

2002年2月《基础工程》第一版出版,并列入《新世纪土木工程专业系列教材》。

本次再版,作者在第一版基础上,通过工程实践、教学践行和广泛调研,遵循高校土木工程专业培养方案,以国内现行建设系统国家标准为核心,相关建筑、公路和港口等规范与规程为依据,吸收了国内外成功实践经验和成熟设计理论,对教材内容进行了重新的整合、拓宽和更新;依托东南大学《长学制广义基础工程课程体系一体化构建》教改项目,针对东南大学土木工程、道桥工程、岩土工程和港口工程等多个专业课程设置特点,强化了基础工程设计原则与分析原理等基础内容,兼顾了建筑类、交通类和港口类本科专业或专业方向“基础工程”模块化本科教学需要;同时再版教材的内容更新与近年来相关规范重新修订紧密衔接,并适度反映了勘察、设计与施工领域的新理念与新方法。

教学实践中,各专业或专业方向的基础工程教学大纲的内容选择,可以基于交通土木大类的基本内容(主要包括:简单浅基础设计、常规桩基础设计和地基处理)为核心,合理选择不同专业或方向的选修内容,实现“基础工程”本科教学的基本知识体系统一与方向选修模块多样的有机统一。例如陆域基础工程(土木工程专业),可增加连续浅基础设计;而水域基础工程(桥梁工程专业或港口工程专业),则宜增加沉井基础。此外,授课内容教学深度,亦可针对不同专业和方向特点调整,例如近岸基础工程(港口工程),桩基础内容宜加强水平作用下桩基分析与设计;而陆域基础工程,则宜增加体现桩土共同作用最新发展成果的“减沉”疏桩基础设计新理念。

本教材重新修订,力求适应多专业或多方向本科专业教学的不同要求,适用培养国家注册结构(岩土)工程师备选人才。限于水平,难免存在未尽善之处,请广大师生和读者不吝指正,以便于进一步修订完善。

东南大学交通学院、土木学院的多个专业教研室相关教师组成编写组,负责全书的编写工作。上海理工大学环境与建筑学院、内蒙古大学交通学院相关教师参与了本教材编写。本教材由东南大学石名磊教授主编,东南大学龚维明教授主审。本教材主要内容包括:基础工程设计方法、工程地质勘察概述、地基处理、简单扩展浅基础、连续浅基础、桩基础、沉井基础、支挡结构和支护结构。具体编写人员分工如下:绪论、第一章(章定文),第二章(童立元),第三章(邵俐),第四章(季鹏),第五章(谢耀峰),第六章(丁建文),第七章(张宏)第八章(李仁民)。

本教材编写时间较紧,难免存在不足之处,希望读者在使用过程中多提宝贵意见,以使本教材日臻完善。本课程备有教学课件等资源,如有需要可与主编联系。联系方式:mingleish@163.com。

编 者

2015年1月

序

东南大学是教育部直属重点高等学校,在 20 世纪 90 年代后期,作为主持单位开展了国家级“20 世纪土建类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”课题的研究,提出了由土木工程专业指导委员会采纳的“土木工程专业人才培养的知识结构和能力结构”的建议。在此基础上,根据土木工程专业指导委员会提出的“土木工程专业本科(四年制)培养方案”,修订了土木工程专业教学计划,确立了新的课程体系,明确了教学内容,开展了教学实践,组织了教材编写。这一改革成果,获得了 2000 年教学成果国家级二等奖。

这套新世纪土木工程专业系列教材的编写和出版是教学改革的继续和深化,编写的宗旨是:根据土木工程专业知识结构中关于学科和专业基础知识、专业知识以及相邻学科知识的要求,实现课程体系的整体优化;拓宽专业口径,实现学科和专业基础课程的通用化;将专业课程作为一种载体,使学生获得工程训练和能力的培养。

新世纪土木工程专业系列教材具有下列特色:

1. 符合新世纪对土木工程专业的要求

土木工程专业毕业生应能在房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁道工程、交通工程、桥梁、矿山建筑等的设计、施工、管理、研究、教育、投资和开发部门从事技术或管理工作,这是新世纪对土木工程专业的要求。面对如此宽广的领域,只能从终身教育观念出发,把对学生未来发展起重要作用的基础知识作为优先选择的内容。因此,本系列的专业基础课教材,既打通了工程类各学科基础,又打通了力学、土木工程、交通运输工程、水利工程等大类学科基础,以基本原理为主,实现了通用化、综合化。例如工程结构设计原理教材,既整合了建筑结构和桥梁结构等内容,又将混凝土、钢、砌体等不同材料结构有机地综合在一起。

2. 专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列

由于各校原有基础和条件的不同,按土木工程要求开设专业课程的困难较大。本系列专业课教材从实际出发,与设课群组相结合,将专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列。每一系列包括有工程项目的规划、选型或选线设计、结构设计、施工、检测或试验等专业课系列,使自然科学、工程技术、管理、人文学科乃至艺术交叉综合,并强调了工程综合训练。不同课群组可以交叉选课。专业系列课程十分强调贯彻理论联系实际的教学原则,融知识和能力为一体,避免成为职业的界定,而主要成为能力培养的载体。

3. 教材内容具有现代性,用整合方法大力精减

对本系列教材的内容,本编委会特别要求不仅具有原理性、基础性,还要求具有现代性,纳入最新知识及发展趋向。例如,现代施工技术教材包括了当代最先进的施工技术。

在土木工程专业教学计划中,专业基础课(平台课)及专业课的学时较少。对此,除了少而精的方法外,本系列教材通过整合的方法有效地进行了精减。整合的面较宽,包括了土木工程各领域共性内容的整合,不同材料在结构、施工等教材中的整合,还包括课堂教学内容与实践环节的整合,可以认为其整合力度在国内是最大的。这样做,不只是为了精减学时,更主要的是可淡化细节了解,强化学习概念和综合思维,有助于知识与能力的协调发展。

4. 发挥东南大学的办学优势

东南大学原有的建筑工程、交通土建专业具有 80 年的历史,有一批国内外著名的专家、教授。他们一贯严谨治学,代代相传。按土木工程专业办学,有土木工程和交通运输工程两个一级学科博士点、土木工程学科博士后流动站及教育部重点实验室的支撑。近十年已编写出版教材及参考书 40 余本,其中 9 本教材获国家和部、省级奖,4 门课程列为江苏省一类优秀课程,5 本教材被列为全国推荐教材。在本系列教材编写过程中,实行了老中青相结合,老教师主要担任主审,有丰富教学经验的中青年教授、教学骨干担任主编,从而保证了原有优势的发挥,继承和发扬了东南大学原有的办学传统。

新世纪土木工程专业系列教材肩负着“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的重任。因此,为了出精品,一方面对整合力度大的教材坚持经过试用修改后出版,另一方面希望大家在积极选用本系列教材中,提出宝贵的意见和建议。

愿广大读者与我们一起把握时代的脉搏,使本系列教材不断充实、更新并适应形势的发展,为培养新世纪土木工程高级专门人才作出贡献。

最后,在这里特别指出,这套系列教材,在编写出版过程中,得到了其他高校教师的大力支持,还受到作为本系列教材顾问的专家、院士的指点。在此,我们向他们一并致以深深的谢意。同时,对东南大学出版社所作出的努力表示感谢。

中国工程院院士 吴志清

目 录

绪论	1
0.1 地基及基础的概念	1
0.2 基础工程发展概况	3
0.3 课程特点及学习要求	4
第1章 地基基础设计基础知识	6
1.1 设计原则	6
1.2 共同工作基本原理	13
1.3 地震工程基础概述	18
1.4 岩土工程勘察概述	26
第2章 单独扩展浅基础	35
2.1 单独扩展基础分类	35
2.2 地基承载力	36
2.3 基础埋置深度	46
2.4 地基承载力、变形与稳定分析	49
2.5 单独扩展基础设计	61
2.6 减轻不均匀危害的措施	74
第3章 支挡结构	82
3.1 挡土墙类型	82
3.2 荷载效应分析	83
3.3 挡土墙设计	101
3.4 重力式挡土墙	106
3.5 悬臂式、扶壁式挡土墙	113
3.6 加筋土挡墙	122
第4章 连续浅基础	128
4.1 弹性地基梁	129
4.2 地基模型	137
4.3 柱下条形基础	141
4.4 筏形、箱形基础	152
4.5 地下室设计中几个问题	166

第 5 章 桩基础	170
5.1 概述	170
5.2 单桩竖向抗压承载力	177
5.3 特殊作用基桩承载力	190
5.4 基桩承载力验算	198
5.5 桩基结构分析	204
5.6 桩基沉降与验算	217
5.7 桩基础设计	220
5.8 基桩内力与位移计算	223
第 6 章 沉井基础	257
6.1 概述	257
6.2 类型与构造	258
6.3 施工与控制	263
6.4 设计与计算	268
6.5 其他深基础简介	286
第 7 章 地基处理	290
7.1 软土地基	290
7.2 处理方法	290
7.3 排水固结	292
7.4 置换加固	303
7.5 深层密实	318
7.6 特殊地基	328
第 8 章 基坑支护结构	344
8.1 概述	344
8.2 基坑稳定性分析	349
8.3 支挡结构分析	356
8.4 构件强度分析	365
8.5 基坑支护设计	372
8.6 地下水控制	377
参考文献	395

绪 论

0.1 地基及基础的概念

任何建(构)筑物都建造在一定的地层(土层或岩层)上,通常将直接承受建筑物基础荷载或受建筑基础荷载影响的地层称为地基。地基岩土体是自然界的产物,自然环境与生成过程复杂,导致其物质组成、物理力学性质与工程特性多变。因此,建筑物设计之前,必须进行岩土工程勘察(Geotechnical Investigation)。

从材料属性角度,天然地基与天然岩土完全相同,天然地基为承受建(构)筑物基础荷载影响的那部分岩土,是天然岩土的一部分。天然沉积土是地壳组成部分除岩层、海洋外的统称。天然沉积土为基础主要持力层且控制基础工程设计时,称为土质地基。土质地基处于地壳的表层,施工方便,基础工程造价较经济,是一般房屋建筑、中、小型桥梁与涵洞、水库与水坝等建筑(构)筑物基础设计经常选用的持力层。地基基础工程设计中,地基承载力分析是决定基础底面尺寸的主要控制节点之一。当岩层距地表很近,或构筑物基底荷载水平偏高、作用复杂,土质地基不能满足设计要求时,则宜选择岩石地基。一般情况下,岩基相对土质地基的力学性能优越许多,基本属于连续高强度介质。因此,当岩层埋深浅,施工方便时,岩石地基应是首选地基持力层。

相对基础上部荷载和基础自重,天然地基综合承载性能(强度、稳定与变形)良好,且可以满足设计要求时,未进行加固处理的地基称为天然地基;反之,当天然地基软弱且综合承载性能不能满足设计要求时,或基础沉降超过正常使用允许值时,或环境变化引起特殊土胀缩与软化时,或地震荷载作用时的液化地基承载力丧失时,天然沉积土地基无法满足设计要求,则必须通过置换、密实、排水、胶结和加筋等进行特殊加固与处理,人工处理改善后的地基,则称为人工地基(一般系指土质地基中的软土地基或特殊土地基处置)。

基础是将建(构)筑物承受的各种荷载扩散、传递至地基的下部结构或构件,参见图 0-1。基础一般应埋入地面下一定深度,进入较好的地层(持力层)。根据基础的埋置深度、施工工艺特点,可分为浅基础和深基础。基础埋置深度浅($D \leq 5 \text{ m}$),基础结构简单,只需采用常规坑槽开挖工艺、敞坑排水等简单施工程序就可建造的基础,称为浅基础。浅基础结构形式主要有简单扩展基础(如柱下单独基础和墙下条形基础和结构下独立基础)、联合基础、连续浅基础(如柱下条形基础、十字型基础、筏板基础和箱型基础)。基础埋置或穿越较深进入良好持力层,并需借助特殊施工方法建造时,称为深基础。深基础结构形式主要有桩基础、沉井基础和地下连续墙基础等。其中,桩基础(Pile Foundation)应用十分广泛,相对于其他类型深基础,桩基施工和易性(水域、陆域)、设置灵活性(垂直、倾斜)与经济造价等优势

明显,且桩基可与多种类型浅基础灵活配伍优化,形成桩台基础、桩筏基础和桩箱基础等多种组合基础形式。

技术层面上,基础结构类型选择主要取决于上部结构特征(例如变形敏感性)、荷载水平与作用性质,以及地基性质。例如单层厂房排架结构(变形不敏感结构),荷载较小、作用简单,且场址工程地质良好、土层分布简单时,排架柱下单独扩展基础自然成为首选方案;反之,高层结构荷载较重、作用复杂(存在地震、风荷载等水平作用),且对地下空间有特殊使用要求,则宜根据工程地质条件,采用连续基础、桩基础和桩筏、桩箱组合基础等形式;大型、大跨索结构桥梁主墩、主锚基础(抗拔作用),则视具体情况可以分别采用大型桩台基础和沉井基础。此外,当浅表层地基主要持力层软弱(强度不足)或地基刚度偏低(沉降偏大)时,路基等柔性建(构)筑物或基础自身刚度(油罐下独立基础等)偏高等,宜可采用地基处理方式形成人工地基。

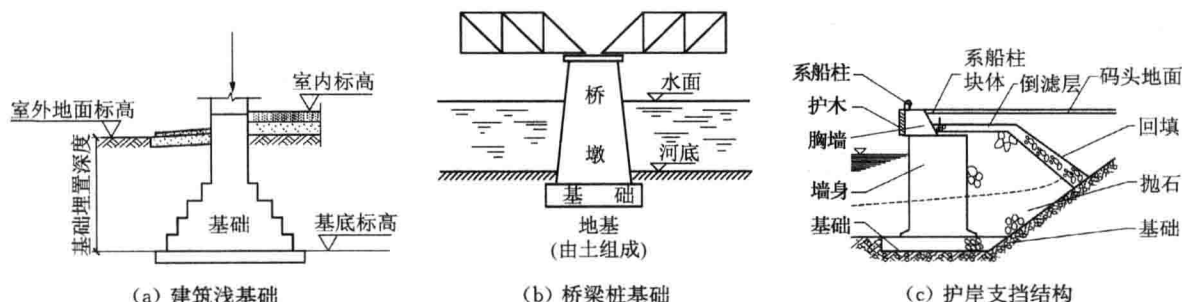


图 0-1 地基及基础示意图

地基与基础是建筑物的根基,广义上统称为基础工程(Foundation Engineering)。基础工程设计时,地基必须满足的两个基本条件:

- (1) 作用于地基上的荷载不得超过地基承载能力,以保证地基具有足够抵抗承载力破坏的安全储备(地基强度);
- (2) 地基沉降不得超过基础变形容许值,以保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用(地基刚度)。

同时,特殊地质与地貌条件,或特殊荷载作用下,尚需考虑地基基础的稳定验算要求,例如水平荷载作用下的倾覆稳定、边坡上基础的整体滑动稳定等(整体稳定)。

基础工程设计在满足上述条件的同时,还应满足基础结构或构件结构设计要求,即基础结构(或构件)的强度、刚度与耐久性设计要求。

建(构)筑物荷载作用下,地基、基础和上部结构三部分彼此联系、相互制约。基础工程设计应根据工程地质勘察资料,综合考虑地基、基础与上部结构的相互作用以及施工条件,进行经济技术比较与环境影响分析,选取安全可靠、经济合理、技术先进、施工简便和环境安全的地基基础方案。

基础工程中地基勘察、基础设计和施工,将直接影响建筑物的安危、经济和正常使用。基础工程施工常在地下或水下进行,往往需要辅助以地下支护、截、降、排和止水等措施,施工难度大。在一般高层建筑中,其造价约占总造价的 25%,工期约占 25%~30%。若需采用深基础或人工地基,其造价和工期所占比例更大。此外,基础工程为隐蔽工程,一旦失事,

损失巨大,基础托换补救技术复杂、造价高。因此,基础工程在土木工程中具有重要地位。

随着大型、重型、高层建筑和大跨径桥梁等建设项目的日益增多,在基础工程设计与施工方面积累了不少成功的经验和工程实例,也有不少失败的教训。例如 1913 年建造的加拿大特朗斯康谷仓,由 65 个圆柱形筒仓组成,高 31 m,宽 23.5 m,采用整体筏板基础。设计时未进行地基勘察,采用了毗邻建筑地基承载力参数 (352 kPa)。使用后,谷仓西侧突然陷入土中 8.8 m,东侧抬高 1.5 m,仓身整体倾斜 $26^{\circ}53'$,参见图 0-2。事后(1952 年)工程勘察调查揭示,筏板基础下主要持力层为厚达 16 m 的黏土层,该土层地基极限承载力仅为 193.8~276.6 kPa,远小于筏板基底作用荷载(329.4 kPa),导致地基承载力失稳破坏。由于谷仓筏板基础与上部结构的整体刚度良好,事故发生后筒仓结构完好无损,采用在筒仓筏板下增设 70 多个支承于基岩上的混凝土墩,并用 388 个 50 t 的千斤顶将其逐步纠偏,扶正后筏板基础标高相对原设计整体降低了 4 m。



图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓地基破坏情况

上述表明,只有掌握完整地基工程勘察资料,深入认识地基岩土工程性状与分布特征,经过精心设计与施工,才能保证基础工程造价经济节约、技术先进合理,结构安全可靠。

0.2 基础工程发展概况

基础工程学是一门古老的工程技术和年轻的应用科学。远在古代人类就已创造了自己的地基基础工艺。如我国都江堰水利工程、举世闻名的万里长城、隋朝南北大运河、黄河大堤、赵州石拱桥以及许许多多遍及全国各地的宏伟壮丽的宫殿寺院、巍然挺立的高塔等等,都因奠基牢固,即使经历了无数次强震、强风仍安然无恙。又如秦代修筑驰道时采用的“隐以金椎”(《汉书》)路基压实方法,以及至今仍在使用的石灰桩,灰土、瓦渣垫层和水撼砂垫层等古有的传统地基处理方法。再如北宋初著名木工喻皓(公元 989 年)建造开封开宝寺木塔时,因当地多西北风而将建于饱和土上的塔身轴线向西北倾斜,以借长期风力作用而渐趋复正,克服建筑物地基不均匀沉降。我国木桩基础更是源远流长。如钱塘江南岸发现的河姆渡文化遗址中 7 000 年前打入沼泽地的木桩世所罕见;《水经注》记载的今山西汾水上三十墩柱木柱梁桥(公元前 532 年)、以及秦代的渭桥(公元前 221~公元前 206 年,《三辅黄图》)等也都为木桩基础;再如郑州隋朝超化寺打入淤泥的塔基本桩(《法苑珠林》)、杭州湾五代大海塘工程木桩等都是我国古代桩基技术应用的典范。只因当时生产力发展水平所限,而未能提炼成技术与理论体系。

通过许多学者的不懈努力和经验积累,1925 年,美国太沙基(Terzaghi)在归纳发展已有成果的基础上,出版了第一本《土力学》(Erdbaumechanik)专著,较系统完整地论述了土力学与基础工程的基本理论和方法,促进了学科的高速发展。1936 年成立了国际土力学与基础工程学会,并举行了第一次国际学术会议,从此土力学与基础工程作为一门独立的现代学科而取得不断进展。许多国家和地区也都定期地开展各类学术活动,交流和总结本学科

新的研究成果和实践经验,出版各类土力学与基础工程刊物,有力地推动了本学科发展。

近年来,我国城市化进程和地下空间开发的需求,给我国基础工程技术提出了新的研究方向和课题。在同一大面积整体基础上建有多栋高层建筑或多层建筑的地基基础设计方法、基础变刚度调平设计方法;深大基础环境影响、回弹以及再压缩变形特征及计算方法;基础结构抗浮设计、桩基工程新技术、既有建筑地基基础的工作性状及工程应用方法;地铁交通枢纽工程的地基基础加固改造等技术方面,取得了丰硕成果,体现出我国基础工程技术的特点和技术先进性。此外,在基础耐久性问题、新材料、新工艺与新设备的使用,以及绿色施工技术的研发等新的发展方向上,我国也在积极开展前沿性探究性研究。在工程地质勘察技术、室内土工试验及原位测试技术;地基处理、新设备、新材料、新工艺的研究和应用方面,取得了很大的进展,近年来连续获得国家发明奖。随着电子技术及各种数值计算方法对各学科的逐步渗透,土力学与基础工程的各个领域都发生了深刻的变化,许多复杂的工程问题相应得到了解决,试验技术也日益提高。

在大量理论研究与实践经验积累的基础上,有关基础工程的各种设计与施工规范或规程等也相应问世或日臻完善,为我国基础工程设计与施工做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量提供了充分的理论与实践依据。

0.3 课程特点及学习要求

本课程是土木工程专业的一门主干专业课程,包括天然地基与基础工程,以及特殊土与人工地基、基坑支护工程和土工结构支挡等内容。本教材内容广泛,综合性和实践性强,主要介绍了基础工程的基本概念、设计原则、勘察要点、基础抗震、扩大浅基础、连续浅基础、桩基础、沉井基础、地基处理、土工支挡和基坑支护等。基础工程涉及工程地质学、土力学、结构设计、建筑材料等多门先修课程,且与材料力学、结构力学和弹性理论等基础课程有着密切的关系。本教材编写在涉及上述课程有关内容时,仅引述其条件和结论,学习时要求理解其本质意义、基本假设及适用条件,而不再过于注重公式的推导过程。必须指出,掌握上述先修课程的基本内容与原理,是学好本课程的基础。

我国地域辽阔,由于自然地理环境的不同,天然沉积岩土生成历史与赋存环境多样,分布着各种各样的土类。其中,某些土类(如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土、冻土以及山区地基等)作为地基具有其特殊性质,必须有针对性地采取适当的工程措施。同时,天然地基土层性质和分布特征也因地而异,且在较小范围内可能变化很大,使得基础工程中几乎找不到完全相同的实例,地基基础问题具有明显的区域性特征。因此,岩土工程勘探与测试分析成为正确揭示岩土分布,科学提取设计与施工计算参数指标,合理分析评价地基工程特性,科学设计基础工程的前提。因此,学习时应注意理论基础、试验研究与实践经验的综合,通过各个教学环节,紧密结合工程实践,提高理论认识和增强处理地基基础问题的实践能力。

基础工程的设计和施工必须遵循法定的规范、规程。而不同行业(建设部、交通部、铁道部等部门)又有不同的专门规范,尽管广义土木工程专业的应用基础知识相同或相近,但各规范针对各行业特点不尽相同。因此,本课程的学习涉及规范规程较多,建议在课堂教学阶段以大类的基础工程基本内容为核心,掌握一般基础工程设计和施工中的主要内容和基本

方法;同时,应针对不同专业或方向及其课程体系设置的特点,合理组织教学内容,重视通识性国家标准掌握,且应在课程设计中,根据不同专业方向,使用相应行业规范,进行具体工程设计的综合实践训练。

综上所述,学习本课程时,应该重视工程地质的基本知识、培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力;必须牢固地掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理;熟练掌握基础工程设计原理与验算方法;结合有关建筑结构设计理论和施工知识;遵循法定的规范、规程,分析和解决地基基础问题。

思考题

- 0-1 简述地基与基础概念。
- 0-2 试述土质地基、岩石地基的优缺点。
- 0-3 试述浅基础、深基础概念与特点,简述选取原则。
- 0-4 试述基础工程设计中地基、基础必须满足的基本条件。

第1章 地基基础设计基础知识

建(构)筑物基础是连接上部结构与地基之间的过渡结构,其作用是将上部结构承受的各种荷载安全传递至地基,即确保地基承载力满足基础荷载作用要求、地基沉降满足建筑结构允许限值要求、特殊作用或特殊环境条件下地基基础整体稳定,以及基础结构设计要求。

1.1 设计原则

基础工程设计的主要任务包括地基承载力、地基变形和地基基础稳定性分析。同时,还包括基础结构内力分析、截面高度和配筋设计。

以国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)为代表,地基基础工程设计采用了结构工程极限状态设计(Limit State Approach)方法,分别按承载能力极限状态(Ultimate Limit State)和正常使用极限状态(Serviceability Limit State)进行双控设计。当按承载能力极限状态设计时,根据材料和基础结构对作用的响应,可采用线性、非线性或塑性理论计算;当按正常使用极限状态设计时,可采用线性理论计算,必要时可采用非线性理论计算。两种极限状态分析的计算结果,均应满足地基基础的抗力与限值要求。

地基承载力、地基变形和地基基础稳定性分析等涉及岩土介质时(基底地基承载力、基桩承载力验算或桩数确定等),极限状态选择与相应荷载组合的规定具有特殊性。基础结构或构件(截面尺寸、配筋等)的设计,则与一般结构工程极限状态设计相同。

1.1.1 极限状态

结构设计的极限状态设计法,从结构的可靠度指标(或失效概率)来度量结构的可靠度,并且建立了结构可靠度与结构极限状态方程关系。这种设计方法就是以概率论为基础的极限状态设计法,简称概率极限状态设计法。该方法一般要已知基本变量的统计特性,然后根据预先规定的可靠度指标求出所需的结构构件抗力平均值,并选择截面。该方法能比较充分地考虑各有关影响因素的客观变异性,使所设计的结构比较符合预期的可靠度要求,并且在不同结构之间设计可靠度具有相对可比性。但是,对一般常见的结构使用这种方法设计工作量很大,且设计中有些参数统计资料不足,在一定程度上还要依赖经验确定各项参数。

整个结构或构件超过某一特定状态,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。功能极限状态分为下列两类:

1. 承载能力极限状态

承载能力极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载能力或不适于继续承载的变形或变位。当基础结构出现下列状态之一时,应认为超过了承载能力极限状态。

- (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆等);
- (2) 结构构件或连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏,或因过度塑性变形而不适于继续承载);
- (3) 结构转变为机动体系;
- (4) 结构或结构构件丧失稳定(如压屈等);
- (5) 地基丧失承载能力而破坏(如失稳等)。

2. 正常使用极限状态

正常使用极限状态对应于结构或构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。当结构、结构构件或地基基础出现下列状态之一时,应认为超过了正常使用极限状态。

- (1) 影响正常使用或外观的变形;
- (2) 影响正常使用或耐久性能的局部破坏(包括裂缝);
- (3) 影响正常使用的振动;
- (4) 影响正常使用的其他特定状态。

1.1.2 地基基础设计原则

由基础以上的建筑物功能要求,长期荷载作用下地基变形对上部结构的影响程度,地基基础设计和验算,应该满足以下设计原则:

- (1) 各级建(构)筑物均应进行地基承载力分析,防止地基土体剪切破坏,对于经常受水平荷载作用的高层建筑、高耸结构和挡土墙以及斜坡上的建筑物,尚应验算基础稳定性;
- (2) 应根据规定进行地基变形分析,控制地基的变形计算值不超过建(构)筑物地基变形特征值限制,以免影响建筑物使用、耐久性和外观;
- (3) 基础结构或构件的尺寸,配筋、材料与构造应满足建筑物长期荷载作用下的强度、刚度和耐久性的要求。另外,应力求灾害荷载作用(地震、风载等)时,经济损失最小。

1.1.3 设计等级

按照现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153)规定:土木工程结构设计时,应根据结构破坏可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性,分别采用一级(很严重)、二级(严重)和三级(不严重)不同的安全等级。现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 5007)根据地基复杂程度、建筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度将地基基础设计分为甲级、乙级和丙级三个设计等级,参见表 1-1。

表 1-1 地基基础设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑； 30 层以上的高层建筑； 体型复杂,层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物； 大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等)； 对地基变形有特殊要求的建筑物； 复杂地质条件下的坡上建筑物(包括高边坡)； 对原有工程影响较大的新建建筑物； 场地和地基条件复杂的一般建筑物； 位于复杂地质条件及软土地区的二层及二层以上地下室的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的七层及七层以下民用建筑及一般工业建筑；次要的轻型建筑物

地基基础设计均应满足承载力分析设计的有关规定,设计等级为甲级或乙级的建筑物均应按地基变形进行设计验算。等级为丙级的建筑物,需要时尚需进行基础稳定验算。

此外,对经常受水平荷载作用的高层建筑、高耸结构、挡土墙和基坑支护工程等,以及建造在斜坡上或边坡附近的建筑物和构筑物尚应验算其稳定性;当地下水埋藏较浅,建筑地下室或地下构筑物存在地下室上浮问题时,尚应进行抗浮稳定验算。

1.1.4 设计状况

在设计规定的期限内,结构或结构构件只需进行正常的维护便可按其预定的目的使用,而不需进行修理加固,这一规定设计期限即为结构的设计工作寿命,参见表 1-2。

表 1-2 设计使用年限分类

类别	设计工作寿命(年)	举例	可变荷载调整系数 γ_L
1	1~5	临时性结构	0.9
2	25	易于替换的结构构件	
3	50	普通房屋和一般建筑物	1.0
4	100 及以上	纪念性建筑及其他特殊重要建筑结构	1.1

地基基础设计工作寿命不小于其承载上部结构的设计工作寿命。根据地基基础设计等级、设计工作寿命等,首先应根据结构在施工中和使用中的环境条件及影响,区分下列三种设计状况:

(1) 持久状况:在结构使用过程中一定出现,其持续期很长的状况。持续期一般与设计工作寿命为同一数量级。

(2) 短暂状况:在结构施工和使用过程中出现概率较大,而与设计工作寿命相比,持续期很短的状况,如施工和维修等。

(3) 偶然状况:在结构使用过程中出现概率很小,且持续期很短的状况,如火灾、爆炸或撞击等。

对应上述三种设计状况,工程结构均应进行承载能力极限状态设计。其中,对持久状况,尚应进行正常使用极限状态设计;对短暂状况,可根据需要进行正常使用极限状态设计;