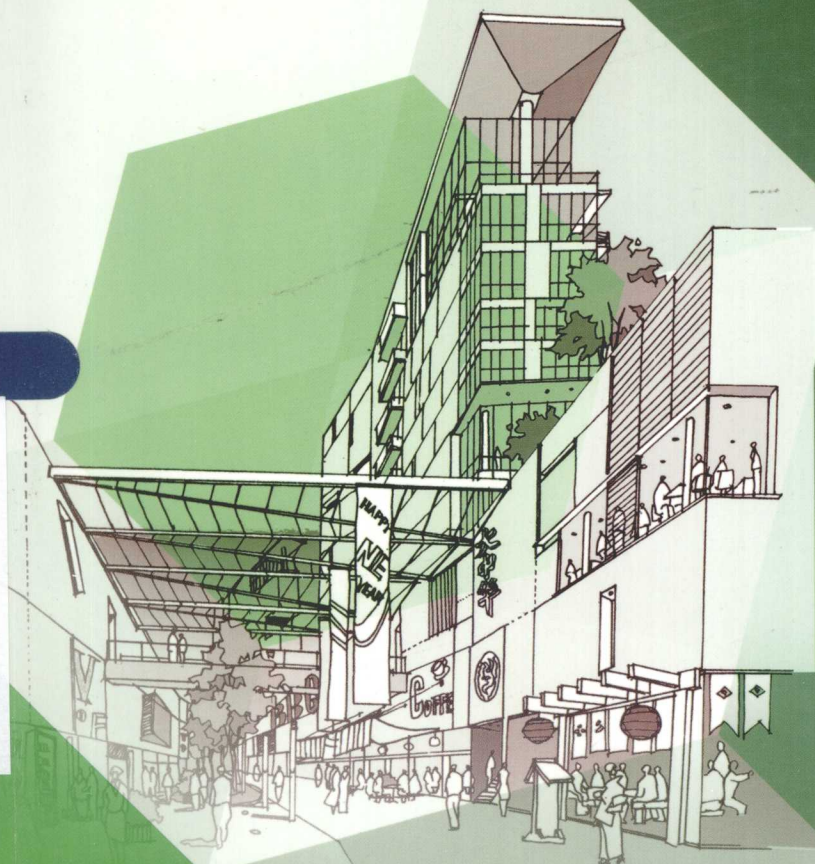


高等学校土木建筑专业
应用型本科系列规划教材

基础工程

程 晔 王丽艳 ◎ 主编

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



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

014030579

TU47-43
57

高等学校土木建筑专业应用型本科系列规划教材

基础工程

主 编 程 晔 王丽艳
副主编 王 蕊 于清泉



东南大学出版社



北航

C1717289

TU47-43
57

内 容 简 介

本书根据全国高等学校土木工程专业指导委员会编制的教学大纲编写。内容包括了地基基础的设计原则、浅基础、桩基础、挡土墙、基坑工程、地基处理、特殊土地基、地基基础抗震等基础工程设计和施工的相关知识。注重基本概念阐述和工程设计实践,并与我国现行的有关规范或规程保持一致。每章的重要知识点有例题讲解,章后附有习题与思考题。

本书可作为高等学校土木工程专业本科教材,也可供从事土木工程研究、设计和施工等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程 / 程晔,王丽艳主编. —南京:东南大学出版社, 2014. 2

ISBN 978-7-5641-2609-4

I. ①基… II. ①程… ②王… 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 015502 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

责任编辑:史建农 戴坚敏

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:大丰市科星印刷有限责任公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:23.75

字 数:608 千字

版 次:2014 年 2 月第 1 版

印 次:2014 年 2 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-2609-4

印 数:1—3 000 册

定 价:49.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025—83791830

高等学校土木建筑专业应用型本科系列 规划教材编审委员会

名誉主任 吕志涛

主任 蓝宗建

副主任 (以拼音为序)

陈蓓 陈斌 方达宪 汤鸿

夏军武 肖鹏 宗兰 张三柱

秘书长 戴坚敏

委员 (以拼音为序)

程晔 戴望炎 董良峰 董祥

郭贯成 胡伍生 黄春霞 贾仁甫

金江 李果 李幽铮 刘殿华

刘桐 刘子彤 龙帮云 吕恒林

唐敢 王丽艳 王照宇 徐德良

于习法 余丽武 喻骁 张剑

张靖静 张伟郁 张友志 赵冰华

赵才其 赵玲 赵庆华 周桂云

周 佶

总前言

国家颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,要“适应国家和区域经济社会发展需要,不断优化高等教育结构,重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模”;“学生适应社会和就业创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺”。为了更好地适应我国高等教育的改革和发展,满足高等学校对应用型人才的培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等的要求,东南大学出版社携手国内部分高等院校组建土木建筑专业应用型本科系列规划教材编审委员会。大家认为,目前适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对于培养应用型人才的院校来说起点偏高、难度偏大、内容偏多,且结合工程实践的内容往往偏少。因此,组织一批学术水平较高、实践能力较强、培养应用型人才的教學经验丰富的教师,编写出一套适用于应用型人才培养的教材是十分必要的,这将有力地促进应用型本科教学质量的提高。

经编审委员会商讨,对教材的编写达成如下共识:

一、体例要新颖活泼。学习和借鉴优秀教材特别是国外精品教材的写作思路、写作方法以及章节安排,摒弃传统工科教材知识点设置按部就班、理论讲解枯燥无味的弊端,以清新活泼的风格抓住学生的兴趣点,让教材为学生所用,使学生对教材不会产生畏难情绪。

二、人文知识与科技知识渗透。在教材编写中参考一些人文历史和科技知识,进行一些浅显易懂的类比,使教材更具可读性,改变工科教材艰深古板的面貌。

三、以学生为本。在教材编写过程中,“注重学思结合,注重知行统一,注重因材施教”,充分考虑大学生人才就业市场的发展变化,努力站在学生的角度思考问题,考虑学生对教材的感受,考虑学生的学习动力,力求做到教材贴合学生实际,受教师和学生欢迎。同时,考虑到学生考取相关资格证书的需要,教材中

还结合各类职业资格考试编写了相关习题。

四、理论讲解要简明扼要,文例突出应用。在编写过程中,紧扣“应用”两字创特色,紧紧围绕着应用型人才培养的主题,避免一些高深的理论及公式的推导,大力提倡白话文教材,文字表述清晰明了、一目了然,便于学生理解、接受,能激起学生的学习兴趣,提高学习效率。

五、突出先进性、现实性、实用性、可操作性。对于知识更新较快的学科,力求将最新最前沿的知识写进教材,并且对未来发展趋势用阅读材料的方式介绍给学生。同时,努力将教学改革最新成果体现在教材中,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的知识点和关键点,突出实用性和可操作性。

六、强化案例式教学。在编写过程中,有机融入最新的实例资料以及操作性较强的案例素材,并对这些素材资料进行有效的案例分析,提高教材的可读性和实用性,为教师案例教学提供便利。

七、重视实践环节。编写中力求优化知识结构,丰富社会实践,强化能力培养,着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力,注重实践操作的训练,通过实际训练加深对理论知识的理解。在实用性和技巧性强的章节中,设计相关的实践操作案例和练习题。

在教材编写过程中,由于编写者的水平和知识局限,难免存在缺陷与不足,恳请各位读者给予批评斧正,以便教材编审委员会重新审定,再版时进一步提升教材的质量。本套教材以“应用型”定位为出发点,适用于高等院校土木建筑、工程管理等相关专业,高校独立学院、民办院校以及成人教育和网络教育均可使用,也可作为相关专业人士的参考资料。

高等学校土木建筑专业应用型
本科系列规划教材编审委员会

前 言

本书根据全国高等学校土木工程专业指导委员会编制的教学大纲编写。各章作者充分考虑了教学的要求,注重基本概念讲解,着重阐明基本原理和基本方法,力求深入浅出。同时,在写作上与现行有关工程技术规范的精神保持一致,取材方面以房屋建筑为主。

本教材参编单位、人员和分工如下:南京航空航天大学程晔编写第1、2、5、10章;三江学院于清泉编写第3、4章;江苏科技大学王丽艳编写第6、7、8章;金陵科技学院王蕊编写第9章。

在本教材的编写中,南京航空航天大学的王巍巍、商红磊、夏佩云,江苏科技大学的高鹏、符仁建等多位研究生参与了资料整理、绘图等具体工作。

作者参考和引用了许多科研、高校和工程单位的研究成果和工程实例。

在此一并表示衷心感谢!

限于水平,难免有欠妥之处,敬请读者指正。

编 者

2014年1月

目 录

1 绪论	1
思考题与习题	5
2 地基基础的设计原则	6
2.1 概述	6
2.2 地基基础设计原则	8
2.3 地基类型	13
2.4 基础类型	17
2.5 地基、基础与上部结构共同工作	19
2.6 线性变形体的地基计算模型	24
思考题与习题	27
3 刚性基础与扩展基础	28
3.1 概述	28
3.2 基础埋置深度选择	31
3.3 地基承载力	36
3.4 地基验算及基础尺寸确定	43
3.5 扩展基础设计	49
3.6 联合基础	59
3.7 减轻不均匀沉降危害的措施	59
思考题与习题	60
4 柱下条形基础、筏形基础和箱形基础	61
4.1 概述	61
4.2 弹性地基上梁的分析	61
4.3 柱下条形基础	68
4.4 筏形基础与箱形基础	78
思考题与习题	97
5 桩基础	99
5.1 概述	99
5.2 桩的竖向抗压承载力和沉降	107
5.3 桩侧负摩阻力	132
5.4 桩的水平承载特性	136
5.5 承台设计	146
5.6 桩基础的设计	153
思考题与习题	159
6 挡土墙	161
6.1 概述	161
6.2 作用在挡土墙上的土压力	161

6.3	朗肯土压力理论	164
6.4	库仑土压力理论	171
6.5	挡土墙的类型	178
6.6	重力式挡土墙	178
6.7	悬臂式挡土墙	189
6.8	扶壁式挡土墙	195
6.9	加筋土挡墙	201
	思考题与习题	206
7	基坑工程	208
7.1	概述	208
7.2	桩墙式支护结构	218
7.3	土钉支护结构	231
7.4	支撑和锚杆系统	236
7.5	基坑的变形分析	246
7.6	基坑的稳定性分析	249
	思考题与习题	254
8	地基处理	257
8.1	概述	257
8.2	物理法加固技术	262
8.3	化学法加固技术	289
8.4	特殊条件下地基处理技术	307
	思考题与习题	319
9	特殊土地基	320
9.1	概述	320
9.2	软土地基	320
9.3	湿陷性黄土地基	323
9.4	膨胀土地基	330
9.5	冻土地基	336
9.6	红黏土地基	340
9.7	山区地基	343
9.8	盐渍土地基	346
	思考题与习题	348
10	地基基础的抗震	350
10.1	概述	350
10.2	地基基础的震害现象	351
10.3	地基基础抗震设计	353
10.4	液化判别与抗震措施	363
	思考题与习题	369
	参考文献	370

1 绪 论

1) 地基及基础的概念

任何建筑物都建造在一定的地层上,通常把直接承受建筑物荷载影响的地层称为地基,如图 1-1。其深度范围是基础宽度(“宽度”一词是指基础底面尺寸的短边)的 1.5~5 倍左右,而其宽度范围为基础宽度的 1.5~3 倍左右,视基础的形状与荷载而异。从理论上讲,基础荷载可以传到很深与很宽范围内的土层上。但由于在远处其产生的土中应力与土自重相比很小且不足以产生工程上有影响的土的变形,因此,在实用上不必注意这些地方,也就不将这些应力与变形很小的地方包含在“地基”一词的含义之内。

未加处理就可满足设计要求的地基称为天然地基。软弱、承载力不能满足设计要求,需对其进行加固处理的(例如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、加筋土技术等方法进行处理)地基,则称为人工地基。

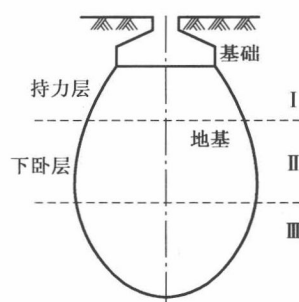


图 1-1 地基与基础示意图
(I、II、III 为土层顺序号)

基础是将建筑物承受的各种荷载传递到地基上的实体结构。房屋建筑及附属构筑物通常由上部结构及基础两大部分组成,基础是指室内地面标高(± 0.00)以下的结构。带有地下室的房屋,地下室和基础统称为地下结构或下部结构。基础应埋入地下一定深度,进入较好的地层。根据基础的埋置深度不同可分为浅基础和深基础。埋置深度不大(一般浅于 5 m)的基础称为浅基础;反之,若浅层土质不良,须将基础埋置于较深的良好土层,采用专门的施工方法和机具建造的基础称为深基础。

基础工程既是结构工程中的一部分,又是相对独立的。基础工程设计必须满足四个基本条件:

- (1) 地基强度要求:作用于地基上的荷载不得超过地基承载能力,保证地基不因地基土承受应力超过其强度而破坏,具有足够的安全储备。
- (2) 变形要求:基础沉降不得超过地基变形允许值,保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用。
- (3) 稳定性要求:地基基础保证具有足够防止失稳破坏的安全储备。
- (4) 结构强度等要求:基础结构自身必须满足强度、刚度和耐久性方面的要求。

基础工程勘察、设计和施工质量的好坏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,往往需挡土挡水,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,是建筑物的根本。基础设计和质量直接关系着建筑物的安危。大量例子表明,建筑物发生的事故,很多与基础问题有关。基础一旦发生事故,补救很困难,有时甚至必须爆破重建。

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,采用了筏板基础。建成后贮存谷物时,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 $26^{\circ}53'$,地基发生整体滑动,丧失稳定性。事后发现基础下埋藏有厚达16 m的软黏土层,贮存谷物后使基底平均压力超过了地基的极限承载能力。因谷仓整体性很强,筒仓完好无损。在筒仓下增设70多个支承于基岩上的混凝土墩,用了388个50 t的千斤顶才将其逐步纠正,但标高比原来降低了4 m。



图 1-2 上海的一处高楼因桩基破坏倒覆

2009年6月,上海的一栋竣工未交付使用的高楼整体倒覆。该栋楼整体朝南侧倒下,13层的楼房在倒塌中并未完全粉碎,楼房底部原本应深入地下的数十根混凝土管桩被“整齐”地折断后裸露在外。事发楼房附近有过两次堆土施工,第二次堆土是造成楼房倒覆的主要原因。事发楼盘前方开挖基坑,土方紧贴建筑物堆积在楼房北侧,堆土在6天内即高达10 m。土方在短时间内快速堆积,产生了3 000 t左右的侧向力,加之楼房前方由于开挖基坑出现临空面,导致楼房产生10 cm左右的位移,对PHC桩产生很大的偏心弯矩,最终破坏桩基,引起楼房整体倒覆。

大量事故充分表明,必须慎重对待基础工程。只有深入地了解地基情况,掌握勘察资料,经过精心设计与施工,才能保证基础工程经济合理,安全可靠。

2) 基础工程学科发展概况

基础工程既是一项古老的工程技术,又是一门年轻的应用科学,其工程应用往往超前于理论研究。

追本溯源,世界文化古国的先民,在先前的建筑活动中,就已经创造了自己的基础工艺。如钱塘江南岸发现了河姆渡文化遗址中7 000年前打入沼泽地的木桩;秦代修筑驰道时采用的“隐以金椎”(《汉书》)路基压实方法。

针对不同地质条件和其他自然条件,古代的工匠们采用了巧夺天工的思路建造了建筑物的基础。宋代,蔡襄在水深流急的洛阳江建造的泉州万安石板桥,采用殖蛎固基,形成宽25 m、长1 km的类似筏板基础。北宋初,木工喻皓建造开封开宝寺木塔时(公元989年),因当地多西北风而将建于饱和土上的塔身向西北倾斜,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。

此外,如我国举世闻名的万里长城、隋朝南北大运河、赵州石拱桥等工程,都因奠基牢固,虽经历了无数次强震强风仍安然无恙。两千多年来在世界各地建造的宫殿楼宇、寺院教堂、高塔亭台、古道石桥、码头、堤岸等工程,无论是至今完好,还是不复存在,都凝聚着古时建造者的智慧。采用石料修筑基础、木材做成桩基础、石灰拌土夯成垫层或浅基础、砂土水撼加密、填土击实等修筑地基基础的传统方法,目前在某些范围内还在应用。

土力学是基础工程的理论基础,研究工程载体岩土的特性及其应力应变、强度、渗流的基本规律;基础工程则为在岩土地基上进行工程的技术问题,两者互为理论与应用的整体,所以“基础工程”就是岩土地层中建筑工程的技术问题。

18世纪到19世纪,人们在大规模的建设中遇到了许多与岩土工程相关的问题,促进了

土力学的发展。例如法国科学家 C. A. 库仑(Coulomb)在 1773 年提出了砂土抗剪强度公式和挡土墙土压力的滑楔理论;英国学者 W. J. M. 朗肯(Rankine)又从另一途径建立了土压力理论;法国工程师 H. 达西(Darcy)在 1856 年提出了层流运动的达西定律;捷克工程师 E. 文克勒(Winkler)在 1867 年提出了铁轨上任一点的接触压力与该点土的沉降成正比的假设;法国学者 J. 布辛奈斯克(Boussinesq)在 1885 年提出了竖向集中荷载作用下半无限弹性体应力和位移的理论解答。这些先驱者的工作为土力学的建立奠定了基础。

通过许多学者的不懈努力和经验积累,1925 年,美国太沙基(Terzaghi)在归纳发展已有成就的基础上,出版了第一本土力学专著,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,促进了该学科的高速发展。

1936 年,国际土力学与基础工程学会成立,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科学而取得不断发展。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,有力地推动了基础工程学科的发展。

新中国成立后,社会主义经济取得举世瞩目的成就,开展了大规模的基础设施建设,促进了我国基础工程学科的迅速发展。

在基础工程应用技术上,数百米高的超高层建筑物、地下百余米深多层基础工程、大型钢厂的深基础、海洋石油平台基础、海上大型混凝土储油罐、人工岛、条件复杂的高速公路路基、跨海跨江大桥的桥梁基础等工程的成功实践技术,使基础工程技术不断革新,有效地促进了我国基础工程的发展。

自人工挖孔桩于 100 年前在美国问世以来,灌注桩基础得到了极大的发展,出现了很多新的桩型。单桩承载力可达上万吨,最大的灌注桩直径可达数米,深度已超过 100 m。苏通大桥的桩长达到了约 120 m,绍嘉通道的单桩直径达到了 3.8 m。钢管桩、大型钢桩、预应力混凝土管桩、DX 挤扩桩、劲性水泥土搅拌桩等新老桩型也在大量采用。桩基础的设计理论也得到较大的发展和应用,如考虑桩和土共同承担荷载的复合桩基础等。

随着城市的发展,高层和超高层建筑地下室的修建,地铁车站的建造,以及城市地下空间的开发利用等,出现了大量的深基坑工程开挖和支护问题,有的开挖深度达 30 m 以上。基坑工程具有很强的地域性,不同地区采取的支护型式会有不同的特点和习惯做法。基坑工程还具有很强的个性,即使在同一地区同样深度的基坑,由于基坑周围环境条件如建筑物、道路、地下管线的情况不同,支护方案也可能完全不同。近年来,我国在基坑围护体系的种类、各种围护体系的设计计算方法、施工技术、监测手段以及基坑工程的研究方面取得了很大的进展。

土工合成材料,如塑料、化纤、合成橡胶等为原料,制成各种类型的产品,置于土体内部、表面,可加强或保护土体。土工合成材料埋在土体之中,可以扩散土体的应力,增加土体的模量,传递拉应力,限制土体的侧向位移,提高土体及相关建筑物的稳定性。土工合成材料在地基处理方面得到了广泛的应用。

国内外历史上有名的多次大地震导致了大量建筑物的破坏,其中有不少是因基础抗震设计不当所致。经过大量地震震害调查和理论研究,人们逐渐总结发展出基础抗震设计的理论和方法。

随着我国社会主义建设事业的发展,对基础工程要求的日益提高,我国土力学与基础工

程学科也必将得到新的更大的发展。

3) 基础工程今后发展的重要方向

(1) 基础性状的理论研究不断深入

由于计算机的应用日趋广泛,许多计算方法如有限元法、边界元法、特征线法等都在基础工程性状的分析中得到应用;土工离心机模型试验,已成为验证计算方法和解决包括基础工程在内的土工问题的有力手段。土的本构模型也是基础工程分析中的一个重要组成部分。

(2) 现场原位测试技术和基础工程质量检测技术的发展

为了改善取样试验质量或者进行现场施工监测,原位测试技术和方法有很大发展。如旁压试验、动静触探、测斜仪、压力传感器和孔隙水压力测试仪等测试仪器和手段已被广泛应用。测试数据采集和资料整理自动化、试验设备和试验方法的标准化以及广泛采用新技术已成为发展方向。

(3) 高层建筑深基础继续受到重视

随着高层建筑物修建数量的增多,各类高层建筑深基础大量修建,尤其是大直径桩墩基础、桩筏、桩箱等基础类型更受重视。

由于深基坑开挖支护工程的需要,如地下连续墙、挡土灌注桩、深层搅拌挡土结构、锚杆支护、钢板桩、铅丝网水泥护坡和沉井等地下支护结构的设计、施工方法都引起人们极大兴趣。

(4) 软弱地基处理技术的发展

在我国各地区的经济建设中,有许多建筑物不得不建造在比较松软的不良地基上。这类地基如不加特殊处理就很难满足上部建筑物对控制变形、保证稳定和抗震的要求。因此,各种不同类型的地基处理新技术因需要而产生和发展,成为岩土工程中的一个重要专题。

地基处理的目的在于改善地基土的工程性质,例如提高土的强度、改善变形模量或提高抗液化性能等。地基处理的方法很多,每种方法都有其不同的加固原理和适用条件,在实际工程中必须根据地基土的特点选用最适宜的方法。今后,随着建筑物的层高和荷载的不断增大,软弱地基的概念和范围也有新的变化,各种新的处理方法会不断出现,地基处理技术必然会进一步发展。

(5) 既有房屋增层和基础加固与托换

由于目前城市的快速发展,对原有房屋改建增层工程日趋增多。同时部分原有房屋基础与新建地铁规划冲突,为此必须对已有建筑物的地基进行正确的评价,进行地基基础的加固或托换,相应的工程技术将不断发展。

4) 本课程的特点和学习要求

本课程是土木工程专业的一门核心课程,讲解在岩土地层上建筑物基础及有关结构物的设计与建造的相关知识。本课程的许多内容涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工等学科领域,内容广泛,综合性、理论性和实践性很强。相关先修课程的基本内容和基本原理是本课程学习的基础。

基础工程的工作特点是根据建筑物对基础功能的要求,首先通过勘探、试验、原位测试等了解岩土地层的工程性质,然后结合工程实际,运用土力学及工程结构的基本原理,分析岩土地层与基础工程结构物的相互作用及其变形与稳定的规律,做出合理的基础工程方案

和建造技术措施,确保建筑物的安全与稳定。

基础工程应以工程要求和勘探试验为依据,以岩土与基础共同作用和变形与稳定分析为核心,以优化基础方案与建筑技术为灵魂,以解决工程问题,确保建筑物安全与稳定为目的。

我国地域辽阔,由于自然地理环境的不同,分布着各种各样的土类,地基基础问题具有明显的区域性特征。此外,天然地层的性质和分布也因地而异,且在较小范围内可能变化很大。由于地基土性质的复杂性以及建筑物类型、荷载情况可能又各不相同,因而在基础工程中不易找到完全相同的实例。学习时应注意理论联系实际,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实际基础工程问题的能力。

基础工程的设计和施工必须遵循法定的规范、规程。但不同行业有不同的专门规范,且各行业间不尽平衡。本教材以工民建方向的相关规范为主要依据,学习时应注重相应的设计计算方法的基本原理。在具体实践中,结合所从事的行业,依据相应行业规范开展具体的设计和施工。

思考题与习题

1. 什么是地基? 什么是基础?
2. 基础工程设计需要满足的基本条件有哪些?

2 地基基础的设计原则

2.1 概述

基础是连接上部结构与地基之间的过渡结构。它将上部结构承受的各种荷载传递至地基,并使地基在建筑物允许的沉降变形值内正常工作,从而保证建筑物的正常使用。因此,基础工程的设计必须根据地基土的物理力学性质,上部结构传力体系的特点,建筑物对地下空间使用功能的要求,结合施工设备能力,坚持保护环境,考虑经济造价等各方面要求,合理选择地基基础设计方案。

进行基础工程设计时,必须考虑上部结构、地基、基础之间的相互作用,对于地基选择合理的分析模型。本章将简要介绍基础工程设计的有关基本原则、各种地基类型和基础类型等。

1) 基础工程设计的目的

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,采用不同的安全等级。建筑工程结构应按表 2-1 划分为三个安全等级。现行的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)(以下简称《地基规范》),将地基基础设计分三个设计等级,如表 2-2。现行《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)规定根据建筑使用功能的重要性划分为四个抗震设防类别,如表 2-3。现行《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)规定根据支护结构破坏后果划分三个安全等级,如表 2-4。

同时,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(不需大修)即可按其预定目的使用。此期限为结构的设计使用年限,如表 2-5。

表 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	重要的建筑
二级	严重	一般的建筑
三级	不严重	次要的建筑

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 地基基础设计等级按抗震要求设计安全等级,尚应符合有关规范规定。

表 2-2 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;

续表 2-2

设计等级	建筑和地基类型
甲级	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 2 层及 2 层以上地下室的基坑工程; 开挖深度大于 15 m 的基坑工程; 周边环境条件复杂、环境保护要求高的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物; 除甲级、丙级以外的基坑工程
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下民用建筑及一般工业建筑;次要的轻型建筑; 非软土地区且场地地质条件简单、基坑周边环境条件简单、环境保护要求不高且开挖深度小于 5.0 m 的基坑工程

表 2-3 建筑抗震设防分类

抗震设防类别	抗震建筑类型
甲类	使用上有特殊设施,涉及国家公共安全的重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害等特别重大灾害后果,需要进行特殊设防的建筑
乙类	地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑,以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后,需要提高设防标准的建筑
丙类	除甲、乙、丁类以外按标准要求进行设防的建筑
丁类	使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害,允许在一定条件下适度降低要求的建筑

表 2-4 基坑支护结构的安全等级

安全等级	破坏后果	适用范围
一级	很严重	有特殊安全要求的支护结构
二级	严重	重要的支护结构
三级	不严重	一般的支护结构

表 2-5 设计使用年限分类

类别	设计使用年限(年)	举 例
1	1~5	临时性结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和构筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑结构

根据具体的地基基础设计等级,设计使用年限分类,首先应根据结构在施工和使用中的

环境条件和影响,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,持续期很长的状况,如结构自重、车辆荷载。持续期一般与设计使用年限为同一数量级。

(2) 短暂状况。在结构施工和使用过程中出现概率较大,而与设计使用年限相比,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、撞击等。

对三种设计状况,工程结构均应按承载能力极限状态设计。对持久状况,尚应按正常使用极限状态设计。对短暂状况,可根据需要按正常使用极限状态设计;对偶然状况,可不按正常使用极限状态设计。

2) 基础工程设计的任务

对于不同的设计状况,可采用不同的基础结构体系,并对该体系进行结构效应分析和结构抗力及其他性能的分析。

结构效应分析是基础工程设计的首要任务。确定由于地基反力上部结构荷载作用在基础结构上的作用效应,即基础结构内力——弯矩、剪力、轴力等。

其次,应根据拟定的基础截面进行结构抗力及其他性能的分析,确定基础结构截面的承受能力及其性能。

2.2 地基基础设计原则

2.2.1 概率极限设计法与极限状态设计原则

目前正在发展的极限状态设计法,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。对一般常见的结构使用这种方法设计工作量很大。其中有些参数由于统计资料不足,在一定程度上还要凭经验确定。

整个结构或结构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,此特定状态应称为该功能的极限状态。极限状态分为下列两类:

(1) 承载能力极限状态。这种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。这种极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性