

普通高等院校“十二五”规划教材

基础工程

主编 赵敏 王亮 邓祥辉



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

普通高等

基础工程

主编 赵敏 王亮 邓祥辉

常州大学图书馆
藏书章



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书根据土木工程专业本科教学的基本要求和工程设计的实用性要求,参照了现行规范、国内外基础工程研究的新技术、新工艺、新经验编写,全书共分5章,包括绪论,天然地基上的浅基础设计,桩基础,基坑工程和地基基础抗震。全书内容简明扼要,重点突出,列举了大量的典型例题,便于读者掌握基础设计的知识。

本书既可作为各高等院校土木专业的教材,也可供相关专业师生或工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/赵敏,王亮,邓祥辉主编. —西安:西安交通大学出版社,2012.8
ISBN 978-7-5605-4452-6

I. ①基… II. ①赵… ②王… ③邓… III. ①地基-基础(工程) IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 163880 号

书 名	基础工程
主 编	赵 敏 王 亮 邓祥辉
责任编辑	王 欣

出版发行	西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路10号 邮政编码 710049)
网 址	http://www.xjtpress.com
电 话	(029)82668357 82667874(发行中心) (029)82668315 82669096(总编办)
传 真	(029)82668280
印 刷	陕西奇彩印务有限责任公司

开 本	787mm×1092mm 1/16	印 张	12	字 数	286 千字
版 次	2012 年 8 月第 1 版		2012 年 8 月第 1 次印刷		
定 价	ISBN 978-7-5605-4452-6/TU·74 22.00 元				

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿邮箱:jdjgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

现在的土木工程专业涵盖了过去的八个相关专业,形成了“大土木”的框架体系。为了适应专业教学的需要,便于对学生进行“厚基础、宽专业”的培养,按照高等学校土木工程专业指导委员会的有关精神和要求,大部分院校将该专业课程划分为专业基础课与专业方向课两大类。基础工程属于专业方向课程,它是在以前土力学地基基础课程的基础上分设出的专业课程,分设目的是便于区分不同专业方向间教学内容的侧重点。

本书参照最新版的行业规范、专著、教材和文献编写,是一本专业性较强的书籍,主要介绍了 ± 0.000 以下基础工程的设计原理、常用施工方法、构造要求等内容,既可以作为工程专业学生的教材,也可以作为土建类设计、施工、管理技术人员查阅相关知识和工作的参考。

全书共分为5章,包括了绪论、天然地基上浅基础的设计、桩基础、基坑工程、地基基础抗震。其中,第1章、第4章、第5章由赵敏编写,第2章由王亮编写,第3章由邓祥辉编写,全书由赵敏统稿。本书在编写过程中参考和引用了大量的行业规范、专著、教材和文献,何晖教授给出了许多宝贵的意见,在此对他们的贡献表示深切的感谢。由于作者水平有限,书中难免有不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2012年4月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 基础工程的研究内容	(1)
1.2 地基基础设计原则	(2)
1.2.1 地基基础设计等级	(2)
1.2.2 地基基础设计原则	(3)
1.2.3 地基基础荷载取值规定	(4)
1.2.4 地基基础常规设计方法	(5)
1.3 本课程的特点和学习要求	(6)
第 2 章 天然地基上的浅基础设计	(8)
2.1 概述	(8)
2.1.1 地基基础设计内容与步骤	(8)
2.1.2 浅基础的设计方法	(9)
2.2 浅基础的类型	(9)
2.2.1 刚性基础	(10)
2.2.2 柔性基础	(10)
2.2.3 独立基础	(11)
2.2.4 条形基础	(11)
2.2.5 筏板基础	(12)
2.2.6 箱形基础	(13)
2.2.7 壳体基础	(14)
2.3 基础埋置深度的选择	(14)
2.3.1 相邻建(构)筑物的影响	(14)
2.3.2 建筑物的用途类型及荷载大小性质的影响	(15)
2.3.3 工程地质和水文地质条件的影响	(15)
2.3.4 土的冻胀影响	(16)
2.4 地基承载力确定	(18)
2.4.1 按土的抗剪强度指标确定	(19)
2.4.2 按地基载荷试验确定	(19)
2.4.3 按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002),公式确定	(21)
2.5 基础底面尺寸设计	(22)
2.5.1 按持力层设计基底面积	(22)
2.5.2 软弱下卧层验算	(26)

2.6	地基变形验算	(28)
2.6.1	基本概念	(28)
2.6.2	变形验算的内容	(28)
2.6.3	关于允许变形值	(30)
2.7	刚性基础设计	(31)
2.7.1	设计原则	(31)
2.7.2	构造要求	(31)
2.7.3	设计计算	(32)
2.8	独立基础设计	(34)
2.8.1	构造要求	(34)
2.8.2	设计计算	(36)
2.9	墙下钢筋混凝土条形基础设计	(39)
2.9.1	设计原则	(39)
2.9.2	构造要求	(39)
2.9.3	轴心荷载作用下的设计计算	(40)
2.9.4	偏心荷载作用下的设计计算	(41)
2.10	地基计算模型及文克勒地基上梁的计算	(42)
2.10.1	文克勒地基上梁的分析	(42)
2.10.2	柱下钢筋混凝土条形基础设计	(48)
2.10.3	柱下十字交叉条形基础设计	(56)
2.11	筏板基础设计	(58)
2.11.1	筏板基础的结构和构造	(58)
2.11.2	筏板基础内力计算	(59)
2.12	箱形基础设计	(63)
2.12.1	箱形基础的构造	(64)
2.12.2	地基反力计算	(65)
2.12.3	箱形基础内力分析	(65)
2.12.4	结构强度计算	(66)
2.13	减轻建筑物不均匀沉降危害的措施	(67)
2.13.1	建筑措施	(67)
2.13.2	结构措施	(68)
2.13.3	施工措施	(69)
	思考题	(69)
	练习题	(70)
第3章	桩基础	(71)
3.1	概 述	(71)
3.2	桩的类型	(71)
3.2.1	按承载状况分类	(72)

3.2.2	按桩的使用功能分类	(73)
3.2.3	按桩身材料分类	(73)
3.2.4	按成桩方法分类	(74)
3.2.5	按桩径大小分类	(74)
3.2.6	按施工方法分类	(75)
3.3	单桩竖向承载力	(76)
3.3.1	单桩竖向荷载传递机理及破坏模式	(76)
3.3.2	单桩竖向承载力的确定	(78)
3.4	桩的抗拔承载力与水平承载力	(92)
3.4.1	桩的抗拔承载力	(92)
3.4.2	桩的水平承载力	(93)
3.5	群桩基础及其承载力	(97)
3.5.1	群桩效应	(97)
3.5.2	群桩荷载传递及变形	(100)
3.5.3	群桩竖向承载力的确定	(101)
3.5.4	群桩基础的沉降计算	(104)
3.5.5	群桩的水平承载力确定	(106)
3.6	桩的负摩阻力	(109)
3.6.1	负摩阻力的概念及产生条件	(109)
3.6.2	负摩阻力的分布及中性点位置的确定	(110)
3.6.3	负摩阻力的计算	(111)
3.6.4	群桩的负摩阻力	(112)
3.7	桩基础的设计	(114)
3.7.1	桩基础的设计方法	(115)
3.7.2	桩基础的设计步骤	(115)
3.7.3	桩端持力层的选择	(115)
3.7.4	桩型及截面尺寸的选择	(116)
3.7.5	桩的布置	(119)
3.7.6	桩基础的验算	(120)
3.7.7	桩身结构设计	(122)
3.7.8	承台结构设计	(125)
	思考题	(136)
	练习题	(137)

第4章	基坑工程	(138)
4.1	概述	(138)
4.1.1	基坑工程概念及现状	(138)
4.1.2	基坑工程设计内容	(139)
4.2	基坑支护结构型式及破坏类型	(140)

4.2.1	基坑支护结构型式分类	(140)
4.2.2	常用的支护结构介绍	(141)
4.2.3	支护结构的破坏类型	(145)
4.3	支护结构上的荷载计算	(147)
4.3.1	土压力与水压力	(147)
4.3.2	支护结构设计的荷载组合	(149)
4.4	桩墙式支护结构内力分析	(150)
4.4.1	悬臂式支护结构	(151)
4.4.2	单支点式支护结构	(158)
4.5	土钉墙内力分析	(164)
4.5.1	土钉墙构造	(164)
4.5.2	土钉抗拉承载力验算	(165)
4.5.3	土钉墙整体稳定性验算	(166)
	思考题	(168)
	练习题	(168)
第 5 章	地基基础抗震	(169)
5.1	地基震害及场地因素	(169)
5.1.1	地基震害	(169)
5.1.2	场地因素	(170)
5.2	天然地基基础抗震设计	(175)
5.2.1	地基基础抗震设计基本原则	(175)
5.2.2	天然地基基础抗震验算	(176)
5.3	桩基抗震验算	(179)
5.3.1	桩基抗震能力和常见震害	(179)
5.3.2	桩基抗震验算	(180)
5.3.3	桩基抗震构造措施	(181)
	思考题	(181)
	练习题	(181)
	参考文献	(182)

第1章 绪论

各类建(构)筑物一般包括三部分,即上部结构、基础和地基。建(构)筑物建在地层上,全部的荷载都由它下面的地层来承担。受建筑物影响的那一部分地层称为地基,它在上部结构的荷载作用下会产生附加应力和变形,而建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础,它将上部结构的荷载传递到地层中去。地基和基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键。

基础工程英语译为“foundation engineering”,是指解决岩土地层中建筑工程的技术问题,也就是包括地基及基础在内的下部结构所产生各种强度、变形与稳定问题。

一般来说,建(构)筑物的基础可分为两类。通常把埋置深度不大(小于或相当于基础底面宽度,一般认为小于5 m)且不需要特殊施工机械和施工技术的基础称为浅基础,如由砖、毛石等材料组成的刚性基础;对于浅层土质不良,需要利用深处良好地层,采用专门的施工方法和机械建造的基础称为深基础,如桩基础。工程中常把开挖基槽(坑)后可以直接修筑基础的地基,称为天然地基;把那些不能满足要求而需要事先进行人工处理的地基,称为人工地基。把室外地面至基础底面的距离称为基础的埋深;把多层土组成的地层中直接与基础底面相接触、承受主要荷载的那部分土层称为持力层;持力层以下的其他土层称为下卧层。

1.1 基础工程的研究内容

基础工程的研究内容主要包括地基和基础的设计、施工和监测。本课程将着重介绍浅基础、桩基础、基坑工程、地基基础抗震等内容,而且在详细介绍地基和基础的设计原理的同时,也将简要介绍一些必要的施工知识。

基础工程设计包括基础设计和地基设计两大部分。基础设计包括基础形式的选择、埋置深度的确定及基底面积、基础内力和截面设计计算等;地基设计主要包括地基土的承载力确定、地基变形计算、地基稳定性计算等。

基础设计时应选择满足上部结构荷载要求、符合使用要求、满足地基承载力和稳定性要求、技术上合理的设计方案,同时必须满足以下三个基本要求。

(1) 强度要求

作用在地基上的荷载不能超过地基的承载力,以保证地基不因土的剪应力超过地基土的强度而破坏,并且地基的承载能力须有足够的安全储备。

(2) 变形要求

基础设计应保证基础沉降或其他特征变形不超过建筑物的允许值,保证上部结构不因沉降或其他特征变形过大而受损或影响正常使用。

(3) 上部结构的其他要求

基础除满足以上要求外,还应满足上部结构对基础结构的强度、刚度和耐久性要求。

基础设计中,由于基础上面为上部结构(如墙或柱),下面与地基土接触,因此应将基础、上

部结构和地基联系在一起考虑,特别是应将地基和基础结合在一起进行设计,以满足地基的稳定性和基础沉降控制的要求。此外,基础的结构刚度、材料的强度和耐久性应符合要求,同时还应考虑施工方便,如基坑的开挖和降水要求、施工机械配置以及工程费用和工期安排等。基础施工受自然条件 and 环境条件的影响要比上部结构大得多,如地下室的抗浮防渗要求、基础抗变形和抗震构造、特殊土地基上的构造要求等均需考虑。

基础工程属于地下隐蔽工程,其质量直接关系到建筑物的安危,其工程费用与建筑物总造价的比例在百分之几到百分之几十之间变化。大量例子表明,基础一旦发生事故,补救并非易事。因此基础工程在整个建筑工程中的重要性是显而易见的。

地基设计中,除了地基稳定性和基础沉降控制的要求外,在基坑开挖中,当开挖至地下水位以下时,会出现渗透稳定的问题,特别是当地基土的级配较差时,在大的水力梯度作用下,会产生流土和管涌破坏。因此在设计中,若在天然地基上通过基础选型无法得到满足时,就必须对地基进行处理,以确保建筑物的顺利施工和安全正常运行。

基础设计时必须掌握足够的资料,这些资料包括两大部分,一部分是地质资料,另一部分是有关上部结构的资料。在分析地质资料时应注意对地基类型进行判别并考虑可能发生的问题,研究土层的分布,查明地下水及地面水的活动规律,还应调查拟建建筑物周围及地下的情况。在分析上部结构时应特别注意建筑物的重要性、建筑物体形的复杂程度和结构类型及其传力体系。

1.2 地基基础设计原则

地基基础设计必须根据建(构)筑物的用途和安全等级、建筑布置和上部结构类型,充分考虑建筑场地和新建工程的地质条件,结合施工条件和环境保护等要求,合理选择地基基础方案,因地制宜、精心设计,力求基础工程安全可靠、经济合理和施工方便,以确保建(构)筑物的安全和正常使用。

1.2.1 地基基础设计等级

地基基础设计的内容和要求与建筑物的设计等级有关,根据地基复杂程度、建筑物规模及重要性,以及由于地基问题可能对建筑物的安全和正常使用造成影响的程度,《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)将地基基础设计分为甲、乙、丙三个等级,供设计时使用,如表 1-1 所示。

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 三十层以上的高层建筑 体形复杂,层数相差超过十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物,次要的轻型建筑物

1.2.2 地基基础设计原则

1. 总设计原则

基础工程设计的目的是设计一个安全、经济和可行的地基与基础,保证上部结构物的安全和正常使用。因此,基础工程的基本设计计算原则是:

- ①地基设计应具有足够的强度,满足地基承载力的要求;
- ②地基与基础的变形满足建筑物正常使用的允许要求;
- ③地基与基础的整体稳定性有足够保证;
- ④基础本身有足够的强度、刚度和耐久性。

2. 强度验算要求

所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定。

3. 变形验算要求

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)规定,地基基础的设计计算应满足承载力极限状态和正常使用极限状态的要求。根据建筑物地基基础设计等级及长期荷载作用下地基变形对上部结构的影响程度,地基基础设计应符合:

- ①设计等级为甲级、乙级的建筑物均应按地基变形设计;
- ②建筑物情况好、地基条件复杂的丙级建筑物地基,尚应做变形验算,以保证建筑物不因地基沉降影响正常使用;表1-2所列范围内设计等级为丙级的建筑物可不作变形验算,但有下列情况之一时,仍应作变形验算。

表 1-2 可不作地基变形计算的丙级建筑物范围

主要受力层情况	地基承载力特征值 f_{nk}/kPa		$60\leq f_{nk}$ <80	$80\leq f_{nk}$ <100	$100\leq f_{nk}$ <130	$130\leq f_{nk}$ <160	$160\leq f_{nk}$ <200	$200\leq f_{nk}$ <300	
	各土层坡度/%		≤ 5	≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	
建筑类型	砌体承重结构、框架结构(层数)		≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6	≤ 7	
	单层排架结构 (6 m 柱距)	单跨	吊车额定起重量/t	5~10	10~15	15~20	20~30	30~50	50~100
			厂房跨度/m	≤ 12	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
		多跨	吊车额定起重量/t	3~5	5~10	10~15	15~20	20~30	30~75
			厂房跨度/m	≤ 12	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
	烟囱		高度/m	≤ 30	≤ 40	≤ 50	≤ 75		≤ 100
	水塔	高度/m	≤ 15	≤ 20	≤ 30	≤ 30		≤ 30	
容积/ m^3		≤ 50	50~100	100~200	200~300	300~500	500~1000		

注:①地基主要受力层系指条形基础底面下深度为 $3b$ (b 为基础底面宽度),独立基础下为 $1.5b$,且厚度均不小于5m的范围(二层以下一般的民用建筑除外)

②地基主要受力层中如有承载力特征值小于130 kPa的土层时,表中砌体承重结构的设计应符合《建筑地基基础设计规范》第七章的有关要求

③表中砌体承重结构和框架结构均指民用建筑,对于工业建筑可按厂房高度、荷载情况折合成与其相当的民用建筑层数

④表中吊车额定起重量、烟囱高度和水塔容积的数值系指最大值

- A. 地基承载力特征值小于 130 kPa,且体型复杂的建筑;
- B. 在基础上及其附近有地面堆载或相邻基础荷载差异较大、可能引起地基产生过大的不均匀沉降时;
- C. 软弱地基上的建筑物存在偏心荷载时;
- D. 相邻建筑距离过近、可能发生倾斜时;
- E. 地基内有厚度较大或厚薄不均的填土、其自重固结未完成时。

4. 稳定性验算要求

①对经常受水平荷载作用的高层建筑、高耸结构和挡土墙等,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。

②基坑工程应进行稳定性验算。

③当地下水埋藏较浅,建筑地下室或地下构筑物存在上浮问题时,尚应进行抗浮验算。

从以上规定可以知道,基础工程设计前,必须对地基的强度、变形、稳定性进行验算。而在上部结构件设计时,有些是通过构造措施来保证,不需要进行具体的计算。

1.2.3 地基基础荷载取值规定

按现行国家标准,荷载分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载,荷载采用标准值或设计值表达。荷载设计值等于其标准值乘以荷载分项系数。

1. 作用在基础上的荷载

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。例如结构自重、土压力、预应力等。

②可变荷载:在结构使用期间,其值随时间变化,或其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载。例如建筑物楼面活荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载等。

③偶然荷载:在结构使用期内偶然出现(或不出现)、数值很大、持续时间很短的荷载,如地震力、船只或漂浮物撞击力等。

2. 荷载取值

①标准值:荷载的基本代表值,为设计基准期(为确定可变荷载代表值而选用的时间参数)内最大荷载统计分布的特征值,例如在《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)中,住宅楼面的均布活荷载规定为 2.0 kN/m^2 。

②设计值:等于荷载的标准值乘以荷载分项系数。一般设计值大于或等于标准值,在《建筑结构荷载规范》中已有明确确定,永久荷载的分项系数为 1.2 或 1.35,可变荷载为 1.4 或 1.3。当采用某些结构分析程序进行电算时,可取永久荷载和可变荷载的综合分项系数为 1.25。

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(类似失效概率)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。

④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。

在地基基础中,荷载均采用设计值,即根据不同的设计对象采用不同的荷载组合。

3. 荷载组合

在进行地基基础设计时,《建筑地基基础设计规范》规定了作用于基础上的荷载效应组合应按以下原则进行。

①按地基承载力确定基础底面积或按单桩承载力确定桩数时,传至基础或承台底面上的荷载效应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合,即所有荷载均取标准值进行计算。相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值。

②计算地基变形时,传至基础底面上的荷载效应按正常使用极限状态下荷载效应的标准永久组合,不应计入风荷载和地震作用。相应的限值应为地基变形允许值。

③计算挡土墙土压力、地基或斜坡稳定及滑坡推力时,荷载效应应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合,但其分项系数均为1.0。

④在确定基础或桩承台高度、支挡结构截面、计算基础或支挡结构内力、确定配筋和验算材料强度时,上部结构传来的荷载效应组合和相应的基底反力,应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合,采用相应的分项系数。

⑤当要验算基础裂缝宽度时,应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合。

⑥基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数应按有关规范的规定采用,但结构重要性系数 γ_0 不应小于1.0。

⑦设计钢筋混凝土挡土墙时,土压力应按设计值计算,且所取分项系数不小于1.2。

1.2.4 地基基础常规设计方法

在工程设计中,通常把上部结构、基础和地基三者分离开来,分别进行计算。

以图1-1中柱下条形基础上的框架结构设计为例:先视框架柱底端为固定支座将框架分离开来;然后按图1-1(b)所示的计算简图计算荷载作用下的框架内力;再把求得的柱脚支座反力作为基础荷载反方向作用于条形基础上,如图1-1(c),并按直线分布假设计算基底反力,这样就可以求得基础的截面内力;进行地基计算时,则将基底压力(与基底反力大小相等方向相反),如图1-1(d)施加于地基上,并作为柔性荷载(不考虑基础刚度)来验算地基承载力和地基沉降。

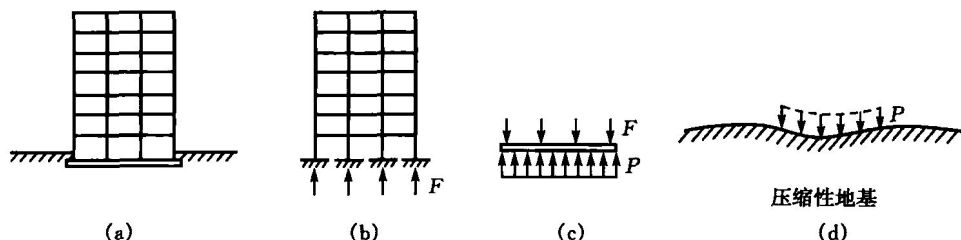


图1-1 地基、基础、上部结构常规设计分析简图

上述设计方法称为常规设计方法。这种设计方法虽然满足了静力平衡条件,但却忽略了地基、基础和上部结构三者之间受荷前后的变形连续性。事实上,地基、基础和上部结构三者

是相互联系成整体来承担荷载而发生变形的,它们原来互相连接或接触的部位,在受荷后一般仍然保持连接或接触,即墙柱底端的位移、该处基础的变形和地基表面的沉降应相互一致,满足变形协调条件。显然,地基越软弱,按常规设计方法计算的结果与实际情况的差别就越大。

由此可见,合理的分析方法原则上应该是地基、基础、上部结构之间必须同时满足静力平衡和变形协调两个条件。只有这样,才能揭示它们在外荷载作用下相互制约、彼此影响的内在联系,从而达到安全、经济的设计目的。鉴于这种从整体上进行相互作用分析难度较大,因此对于一般的基础设计仍然采用常规设计方法,而对于复杂的或大型的基础,则宜在常规设计方法的基础上,区别情况考虑采用地基基础上部结构的相互作用来处理。

常规设计方法在满足下列条件时可认为是可行的。

①沉降较小或较均匀地基:因为若地基不均匀沉降较大,就会在上部结构中引起很大的附加内力,导致结构设计不安全。

②基础刚度较大:基底反力一般并非呈直线分布,它与土的类别及性质、基础尺寸和刚度及荷载大小等因素有关,一般而言,当基础刚度较大时,可认为基底反力近似呈直线分布。

1.3 本课程的特点和学习要求

基础工程是一门工程学科,是岩土工程学的组成部分。本课程建立在土力学的基础之上,涉及工程地质学、土力学、弹性力学、塑性力学、结构设计和施工等学科领域,内容广泛,综合性强,学习时应该突出重点,兼顾全面。

本课程的特点是根据建筑物对基础功能的特殊要求,通过各种手段了解拟建场地的工程地质和水文地质条件,结合上部结构荷载大小、功能要求等情况,选用合理的基础工程设计方案,然后运用土力学及工程结构的基本设计原理,分析地层与基础工程的相互作用及其强度、变形和稳定性,最后给出合理的基础工程设计计算结果和建造技术措施,确保建筑物的安全与稳定。原则上,基础工程设计是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。

在学习过程中,读者应以掌握土力学、钢筋混凝土课程中的相关内容为基础,比如地基承载力确定、土坡稳定分析方法、挡土墙土压力计算、钢筋混凝土基本构件截面设计等;同时还应了解和学会使用工程地质勘察报告书;应明确任何成功的基础工程都是岩土力学、工程地质学、结构计算等知识的运用和工程实践经验的完美结合;应了解上部结构、基础和地基是作为一个整体协调工作的,一些常规计算方法不考虑三者共同工作是有条件的,在评价计算结果时应考虑这种影响,并采取相应的构造措施。

由于地基土性质的复杂性以及建(构)筑物类型、荷载情况又各不相同,因而在基础工程中不易找到完全相同的实例,这就要求设计者以岩土力学基本理论为基础,以工程勘察结果为依据,灵活采用合适的基础形式和选用最佳的处理方案去解决基础工程问题。另外,在建筑、道桥、水利、港口等不同行业,基础工程的设计、施工不尽相同,在学习基础工程课程时,既要重点掌握基础与岩土地层共同作用的机理及其工程性状,掌握其变形与稳定性的分析方法以及各项基础工程的技术措施,又要学会根据各行业相关规范的不同要求进行基础工程设计与计算。

我国地域辽阔,土类多种多样。某些土类(如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土和多年冻土等)还具有不同于一般土类的特殊性质,必须针对地基特性采取适当的工程措施,这些内容在有关地基处理的教科书中有介绍。本书力求用简短的篇幅将地基基础设计原理讲解清楚,同时为了服务于工程实践,教材中也汇编了有关规范和手册中对设计、试验及施工方法的具体规定和建议。

随着我国经济建设的发展,相信会碰到更多的基础工程问题,也会不断出现新的热点和难点,而基础工程将在克服这些难点的基础上得到新的发展。

第2章 天然地基上的浅基础设计

2.1 概 述

地基分为天然地基和人工地基两类,基础按照埋置深度和施工方法的不同又可分为浅基础和深基础两类。一般在天然地基上修筑浅基础施工简单,造价较低;而人工地基及深基础往往造价较高,施工也比较复杂。因此在保证建筑物的安全和正常使用的前提下,应首先选用天然地基上浅基础方案。

在地基设计时,应考虑的几个因素:

- ①建筑基础所用的材料及基础的结构形式;
- ②基础的埋置深度;
- ③地基土的承载力;
- ④基础的形状和布置、与相邻基础、地下构筑物 and 地下管道的关系;
- ⑤上部结构的类型、使用要求及其对不均匀沉降的敏感性;
- ⑥施工期限、施工方法及所需的施工设备等。

2.1.1 地基基础设计内容与步骤

天然地基上浅基础的设计,包括下述各项内容与步骤:

- ①确定作用在基础上的各类荷载标准值、设计值大小及其作用位置;
- ②选择基础的材料、类型,进行基础平面布置;
- ③选择基础的埋置深度;
- ④确定地基承载力设计值;
- ⑤确定基础的底面尺寸;
- ⑥必要时进行地基变形与稳定性验算;
- ⑦进行基础结构设计(按基础布置进行内力分析、截面计算和满足构造要求);
- ⑧绘制基础施工图,提出施工说明。

上述浅基础设计的各项内容是互相关联的。设计时可按上列顺序,首先确定荷载大小、选择基础材料、类型和埋深,然后逐步进行计算。如发现前面的选择不妥,则须修改设计,直至各项计算均符合要求且各数据前后一致为止。

基础施工图应清楚标明基础的布置、各部分的平面尺寸和剖面。注明设计底面或基础底面的标高。如果基础的中线与建筑物的轴线不一致,应标明。如建筑物在地下有暖气沟等设施,也应标示清楚。至于所用材料及其强度等级等方面的要求和规定,应在施工说明中提出。如果地基软弱,为了减轻不均匀沉降的危害,在进行基础设计的同时,尚需从整体上对建筑设计和结构设计采取相应的措施,并对施工提出具体要求。

2.1.2 浅基础的设计方法

浅基础的设计方法一般有常规设计方法和考虑地基、基础及上部结构相互作用的设计方法两种。

常规设计方法:把上部结构、基础和地基三者分离出来,分别对三者进行计算的设计方法称为常规设计方法。该方法满足了静力平衡条件,但忽视了地基、基础和上部结构三者受荷后的连续性。

考虑地基、基础和上部结构相互作用设计方法:考虑上部结构、基础和地基三者作用。该方法满足了静力平衡条件,又可满足地基、基础和上部结构三者受荷后的连续性。

基础的上方为上部结构的墙、柱,而基础底面以下则为地基土体。基础承受上部结构的作用并对地基表面施加压力(基底压力),同时,地基表面对基础产生反力(地基反力),两者大小相等,方向相反。基础所承受的上部荷载和地基反力应满足平衡条件。地基土体在基底压力作用下产生附加应力和变形,而基础在上部结构和地基反力的作用下则产生内力和位移,地基与基础互相影响、互相制约。进一步说,地基与基础之间,除了荷载的作用外,还与它们抵抗变形或位移的能力有着密切关系。而且,基础及地基也与上部结构的荷载和刚度有关。即:地基、基础和上部结构都是互相影响、互相制约的。它们原来互相连接或接触的部位,在各部分荷载、位移和刚度的综合影响下,一般仍然保持连接或接触,墙柱底端位移、该处基础的变位和地基表面的沉降相一致,满足变形协调条件。上述概念,可称为地基-基础-上部结构的相互作用。

考虑地基、基础和上部结构相互作用设计方法既考虑了受力平衡,又符合变形协调一致条件,具有一定理论计算的完备性。然而,由于其考虑因素众多,计算过程复杂,不能够满足工程设计计算的要求,因此,为了简化计算,在工程设计中,通常把上部结构、基础和地基三者分离开来,分别对三者进行计算:视上部结构底端为固定支座或固定铰支座,不考虑荷载作用下各墙柱端部的相对位移,并按此进行内力分析;而对基础与地基,则假定地基反力与基底压力呈直线分布,分别计算基础的内力与地基的沉降。这种传统的分析与设计方法,即为常规设计法。这种设计方法,对于良好均质地基上刚度大的基础和墙柱布置均匀、作用荷载对称且大小相近的上部结构来说是可行的。在这些情况下,按常规设计法计算的结果,与进行地基-基础-上部结构相互作用分析的差别不大,可满足结构设计可靠度的要求,并已经过大量工程实践的检验。

基底压力一般并非呈直线(或平面)分布,它与土的类别性质、基础尺寸和刚度以及荷载大小等因素有关。在地基软弱、基础平面尺寸大、上部结构的荷载分布不均等情况下,地基的沉降和分力将受到基础和上部结构的影响,而基础和上部结构的内力和变位也将调整。如按常规方法计算,墙柱底端的位移、基础的挠曲和地基的沉降将各不相同,三者变形不协调,且不符合实际。而且,地基不均匀沉降所引起的上部结构附加内力和基础内力变化,未能在结构设计中加以考虑,因而也不安全。只有进行地基-基础-上部结构的相互作用分析,才能合理进行设计,做到既降低造价又能防止建筑物遭受损坏。目前,这方面的研究工作已取得进展,人们可以根据实测资料和借助电子计算机,进行某些结构类型、基础形式和地基条件的相互作用分析,并在工程实践中运用相互作用分析的成果或概念。

2.2 浅基础的类型

浅基础根据基础所用材料的性能可分为:刚性基础和柔性基础。根据它的形状和大小可