

基础工程 设计原理

DESIGN PRINCIPLE OF FOUNDATION ENGINEERING

主编 罗晓辉

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

主审 卢亦炎

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

基础工程设计原理

Design Principle of Foundation Engineering

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良

李杰 姜忻良 吴瑞麟 张智慧

本书主编 罗晓辉

本书主审 卢亦炎



华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础工程设计原理/罗晓辉 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2007 年4月
ISBN 978-7-5609-3943-8

I. 基… II. 罗… III. 地基-基础(工程)-建筑设计 IV. TU47

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第008352号

基础工程设计原理

罗晓辉 主编

责任编辑:蒋玉霞

封面设计:张璐

责任校对:朱霞

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

印刷:湖北新华印务有限公司

开本:850mm×1168mm 1/16

印张:20.25

字数:400 000

版次:2007 年4月第1版

印次:2007 年4月第1次印刷

定价:38.00 元

ISBN 978-7-5609-3943-8/TU·127

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

随着我国经济的发展,各类民用建筑(特别是高层建筑)、工业建筑及其大型桥梁工程的大量兴建,在岩土力学理论不断提高的基础上,各种新型建筑基础的应用使得基础工程的设计理论有了极大的进步。为适应各项新的国家技术规范、行业技术规范的颁布,以及面向 21 世纪土木工程专业教学内容拓展的需要,作者适当汲取国内外较为成熟的基础工程设计新理论、新工艺与新技术,编写了本教材。

本书为普通高等院校土木工程专业系列教材之一,也可供土建、交通、水利、铁道等部门从事岩土工程勘察、设计、施工的技术人员学习和使用。

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人的道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设高速持续发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材中不仅要内容上体现人文素质教育和科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下特点:

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡所谓“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、教材编写内容及数量等方面也做了相应改变,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才。我们也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士

王 思 敬

2006年6月于北京

前 言

随着我国经济发展的需要,各类民用建筑(特别是高层建筑)、工业建筑及大型桥梁工程的大量兴建,在岩土力学理论不断提高的基础上,各种新型建筑基础的应用使得基础工程的设计理论有了极大的进步。为适应各项新颁布的国家技术规范、行业技术标准,以及面向 21 世纪土木工程专业教学内容拓展的需要,适当汲取国内外较为成熟的基础工程设计新理论、新工艺与新技术,编写了《基础工程设计原理》教材。

与本教材相适应的“基础工程设计原理”课程的参考学时分配如下:

参考学时分配表

章 节	学 时 数
第 1 章 绪论	1
第 2 章 柱下独立基础设计	5
第 3 章 条形基础设计	6
第 4 章 筏板与箱形基础设计	6
第 5 章 桩基础设计	10
第 6 章 特种基础设计	8
第 7 章 复合地基理论	6
合 计	42
基础工程课程设计	一周

本教材为普通高等院校土木工程专业系列教材之一,也可供土建、交通、水利、铁道等部门从事岩土工程勘察、设计、施工的技术人员使用。本书由华中科技大学罗晓辉主编,内蒙古农业大学杨永新、武汉工程大学张电吉为副主编。全书共分 7 章,其中第 1、4、5 章由华中科技大学罗晓辉编写;第 2 章由内蒙古农业大学杨永新编写;第 3 章由武汉工程大学张电吉编写;第 6 章由华中科技大学徐辉编写;第 7 章由天津城市建设学院尚军编写。全书由武汉大学卢亦炎教授主审。

由于编者水平有限,书中难免存在错误与不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 11 月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 基础工程设计原则与方法	(3)
1.2.1 基础工程设计原则	(3)
1.2.2 基础工程设计方法	(4)
1.3 本课程的特点和学习要求	(6)
第2章 柱下独立基础设计	(8)
2.1 基础埋深的选择	(8)
2.1.1 建筑物自身的条件	(8)
2.1.2 工程地质和水文地质条件	(9)
2.1.3 环境因素的影响	(10)
2.2 地基承载力的确定	(14)
2.2.1 根据土的抗剪强度理论公式计算确定地基承载力特征值	(14)
2.2.2 根据地基土静载荷试验确定地基承载力特征值	(16)
2.2.3 地基承载力特征值的修正	(16)
2.3 刚性基础设计	(17)
2.3.1 刚性基础的变形特点和容许宽高比	(17)
2.3.2 刚性基础的材料及特点	(19)
2.3.3 刚性基础的设计	(20)
2.3.4 软弱下卧层验算	(22)
2.4 钢筋混凝土独立基础设计	(26)
2.4.1 钢筋混凝土独立基础的特点	(26)
2.4.2 钢筋混凝土独立基础的分类	(26)
2.4.3 独立基础的构造要求	(27)
2.4.4 钢筋混凝土独立基础的设计内容和计算步骤	(27)
2.5 岩石锚杆基础	(42)
2.5.1 岩石锚杆基础的构造要求	(42)
2.5.2 锚杆承受的拔力	(43)
2.5.3 单根锚杆抗拔承载力计算	(43)
2.6 地基变形验算与不均匀沉降控制	(45)
2.6.1 地基的变形特征	(45)
2.6.2 建筑物地基的允许变形	(46)

2.6.3 要求验算地基变形的建筑物范围	(46)
2.6.4 不均匀沉降控制和减轻不均匀沉降的措施	(48)
【思考题】	(49)
【习题】	(49)
第3章 条形基础设计	(51)
3.1 概述	(51)
3.2 刚性条形基础与钢筋混凝土条形基础设计	(51)
3.2.1 刚性条形基础的设计原则	(51)
3.2.2 刚性条形基础的构造要求	(52)
3.2.3 刚性条形基础的设计计算步骤	(52)
3.2.4 钢筋混凝土条形基础设计原则	(53)
3.2.5 基础截面的设计计算步骤	(54)
3.2.6 墙下条形基础的构造要求	(55)
3.3 地基计算模型	(57)
3.3.1 地基计算模型的概念	(57)
3.3.2 文克尔地基模型	(57)
3.3.3 弹性半空间地基模型	(58)
3.3.4 有限压缩层地基模型	(59)
3.4 弹性基础梁计算理论	(61)
3.4.1 弹性地基梁的解析法	(61)
3.4.2 弹性地基梁的有限单元法	(69)
3.4.3 基床系数 k 的确定方法	(71)
3.4.4 基床系数法适用的条件	(72)
3.5 交叉弹性地基梁的结点计算	(74)
3.5.1 节点荷载的初步分配	(74)
3.5.2 节点荷载的调整	(76)
3.6 柱下条形基础的构造要求与设计算例	(76)
3.6.1 柱下条形基础的构造	(76)
3.6.2 柱下条形基础计算	(77)
【思考题】	(81)
【习题】	(82)
第4章 筏板与箱形基础设计	(83)
4.1 概述	(83)
4.2 筏板基础及其构造要求	(83)
4.2.1 一般规定	(83)
4.2.2 构造要求	(84)
4.3 筏板基础内力计算	(85)

4.3.1 筏板基础底面积和板厚确定原则	(85)
4.3.2 筏板基础的地基反力	(86)
4.3.3 平板式筏板内力计算	(86)
4.3.4 梁板式筏板内力计算	(96)
4.4 筏板基础设计示例	(98)
4.5 箱形基础构造要求及其地基计算	(106)
4.5.1 基本概念	(106)
4.5.2 构造要求	(107)
4.5.3 箱形基础防水措施	(110)
4.5.4 地基计算	(112)
4.6 箱形基础的内力计算与结构设计	(119)
4.6.1 基底反力计算	(119)
4.6.2 箱形基础内力计算	(121)
4.7 箱形基础设计示例	(124)
【思考题】	(131)
【习题】	(131)
第5章 桩基础设计	(133)
5.1 概述	(133)
5.1.1 桩基础方案选择的一般原则	(133)
5.1.2 桩基础的设计原则	(134)
5.1.3 桩基础的设计内容	(135)
5.2 桩与桩基础的分类及设计选型	(135)
5.2.1 桩的分类	(135)
5.2.2 桩基的分类	(141)
5.2.3 桩基勘测与设计选型	(142)
5.3 单桩竖向荷载传递与破坏模型	(143)
5.3.1 单桩竖向荷载传递	(143)
5.3.2 单桩的破坏模型	(145)
5.3.3 桩侧摩阻力和桩端阻力的分布特性	(146)
5.3.4 桩侧负摩阻力的产生与作用	(147)
5.4 单桩竖向承载力的确定	(150)
5.4.1 按桩身材料强度确定	(150)
5.4.2 依据土的抗剪强度计算确定	(151)
5.4.3 原位测试方法	(153)
5.4.4 按经验公式方法确定	(157)
5.4.5 桩的抗拔承载力	(167)
5.5 水平荷载作用下的单桩工作性能	(168)

5.5.1	水平荷载下单桩的工作性能及其破坏性状	(169)
5.5.2	单桩水平载荷试验	(171)
5.5.3	水平受荷桩的弹性地基计算理论	(173)
5.6	群桩效应与群桩工作性能计算	(181)
5.6.1	群桩效应	(181)
5.6.2	基桩竖向承载力设计值	(184)
5.6.3	基桩水平承载力设计值	(187)
5.6.4	群桩的荷载分配计算	(188)
5.6.5	基桩竖向承载力验算	(194)
5.6.6	群桩工作状态的软弱下卧层验算	(194)
5.6.7	群桩工作状态的沉降计算	(195)
5.7	桩基础设计	(196)
5.7.1	桩的类型、截面和桩长的选择	(196)
5.7.2	桩的根数确定和布置	(197)
5.7.3	桩身结构设计	(199)
5.7.4	承台结构设计	(201)
5.7.5	桩基设计算例	(205)
	【思考题】	(208)
	【习题】	(208)
第6章	特种基础设计	(210)
6.1	概述	(210)
6.1.1	沉井基础	(210)
6.1.2	桩箱与桩筏基础	(212)
6.1.3	壳体基础	(213)
6.2	沉井基础的地基设计	(216)
6.2.1	非岩石地基上沉井基础的计算	(217)
6.2.2	基底嵌入基岩内的计算方法	(218)
6.2.3	桥梁墩台顶面的水平位移	(219)
6.2.4	验算	(220)
6.3	沉井基础的结构计算	(221)
6.3.1	沉井自重下沉验算	(221)
6.3.2	第一节(底节)沉井的竖向挠曲验算	(222)
6.3.3	沉井刃脚受力计算	(223)
6.3.4	井壁受力计算	(230)
6.3.5	混凝土封底及顶盖验算和沉井抗浮验算	(231)
6.3.6	沉井结构设计算例	(232)
6.4	箱(筏)与桩基础的共同作用性能分析	(238)

6.4.1 上部结构、基础和地基的共同作用分析方法	(238)
6.4.2 共同作用性能分析	(239)
6.5 桩箱(筏)基础的简化设计方法	(242)
6.5.1 竖向极限承载力	(242)
6.5.2 桩箱(筏)基础沉降计算	(244)
6.6 壳体基础的设计计算	(250)
6.6.1 正圆锥形壳体基础的计算	(251)
6.6.2 M型组合壳体基础的计算	(254)
【思考题】.....	(255)
【习题】.....	(255)
第7章 复合地基理论	(257)
7.1 概述	(257)
7.1.1 地基处理的概念	(257)
7.1.2 复合地基的常用形式	(258)
7.1.3 复合地基的常用概念	(259)
7.1.4 复合地基的载荷试验	(261)
7.2 复合地基计算理论	(263)
7.2.1 竖向增强体复合地基承载力	(263)
7.2.2 水平向增强体复合地基承载力	(264)
7.2.3 软弱下卧层地基承载力验算	(265)
7.2.4 复合地基沉降计算	(265)
7.3 竖向增强体复合地基	(269)
7.3.1 砂石桩法	(269)
7.3.2 灰土挤密桩法和渣土挤密桩法	(272)
7.3.3 石灰桩法	(274)
7.3.4 水泥土搅拌法	(277)
7.3.5 夯实水泥土桩法	(281)
7.3.6 高压喷射注浆法	(283)
7.3.7 水泥粉煤灰碎石桩(CFG桩)法	(288)
7.4 横向加筋材料复合地基	(290)
7.4.1 加筋挡土墙	(291)
7.4.2 土工合成材料	(298)
7.4.3 土钉墙简介	(303)
7.5 设计实例	(304)
【思考题】.....	(307)
【习题】.....	(307)
参考文献	(309)

第 1 章 绪 论

1.1 概述

任何一种建筑物(构筑物)均可根据建筑物室外(或自然地面)的相对 0.0 m 标高,将整体建筑物划分为相对 0.0 m 标高以上部分的上部结构与相对 0.0 m 标高以下部分的基础结构两大部分。

上部结构的自重及其所承受的荷载,如果直接作用在地基土(土层或岩层)上,则地基土会产生过大压力与过大的压缩变形,由此可能导致因地基土强度不足而发生地基土强度破坏、较大的沉降或不均匀沉降。所谓基础,实际上就是将上部结构的底部尺寸经过扩大后的截面,由此将上部结构的自重及荷载传递给地基土。基础底面到室外地面之间的距离称为基础埋置深度(简称埋深),与基础底面相接触的第一层地基土层,称为持力层。持力层以下的地基土层,称为下卧层,如图 1-1 所示。未经人工加固就可以在其上修筑基础的天然土层,称为天然地基。当天然土层承载力较低时,必须经过人工加固后才能在其上修筑基础,这样的地基称为人工地基。所以基础工程的研究对象包含地基与基础两部分,同时由于基础工程处于室外地面标高以下,也称为隐蔽工程。

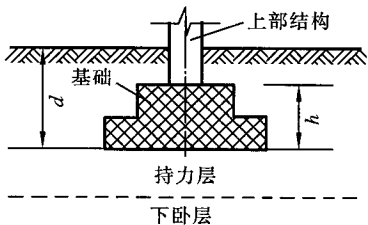


图 1-1 地基与基础

根据基础的埋深,可将基础分成深基础和浅基础两大类。埋深小于基础底面宽度或小于 3~5 m,且可用普通开挖基坑和坑内排水方法修筑的基础,一般称为浅基础。而有些基础,必须埋置在较深的坚实土层上,需用特殊的施工手段和设备修筑,如桩基、沉井、沉箱、地下连续墙等,这样的基础称为深基础。与浅基础相比,深基础耗料多,施工困难,遇水及塌方的概率也较高,因此在设计时应优先考虑天然地基上的浅基础。

由于深基础具有很高的承载能力,因而它广泛地应用于高层建筑和特殊的工业建筑。高层建筑的突出优点在于可以有效地利用土地资源。据有关资料介绍,9~10 层的建筑比 5 层的建筑节约用地 23%~28%,16~17 层的建筑则比 5 层的建筑节约用地 32%~49%。同时,9~10 层的建筑与 5 层的建筑相比,小区市政设施费用可降低 32%。

世界各国或地区对高层建筑的划分标准不同,但根据隶属于联合国教科文组织的世界高层建筑委员会的建议,一般将高层建筑划分为如下四类:第一类,9~16 层,

高度不超过 50 m;第二类,17~25 层,高度不超过 75 m;第三类,26~40 层,高度不超过 100 m;第四类,40 层以上,或高度超过 100 m。我国《高层民用建筑设计防火规范》(GBJ 45—1982)中规定,10 层及 10 层以上的住宅和建筑高度超过 24 m 的其他民用建筑为高层建筑。《钢筋混凝土高层建筑结构与施工规程》(JGJ 3—1989)中规定 8 层和 8 层以上的民用建筑为高层建筑。此规定仅限于钢筋混凝土结构,其高度不超过 200 m。

高层建筑的主要特征是层数多,高度高,重量大。目前,我国最高的建筑已超过 80 层,300 m;国外则已超过 100 层,400 m。由于建筑物高耸,不仅竖向荷载大而集中,而且风荷载和地震荷载引起的倾覆力矩成倍增长,因此要求基础和地基能提供更高的竖直与水平承载力。同时要将沉降和倾斜控制在允许的范围内,并保证建筑物在风荷载与地震荷载作用下具有足够的稳定性。这就对基础的设计与施工提出了更高、更严的要求,需要考虑的因素很多,涉及许多学科。而且,随着层数和高度的逐渐增加,其建设难度也越来越大,其中有一个非常突出的问题,就是高层建筑基础工程施工的环境效应问题。为了满足建筑功能和稳定性要求,高层建筑的基础一般具有较大的埋置深度,有的甚至超过 20 m,因此必须开挖较深的基坑和采取相应的降水措施。实践证明,经济合理的基坑支护结构和各种严密的防护措施是高层建筑基础工程不可分割的组成部分。

高层建筑基础工程的造价和施工工期在建筑总造价和总工期中所占的比例,与上部结构形式和层数、基础结构型式、桩型以及地质复杂程度和环境条件等因素有关。除了钢结构和直接建造在基岩上的浅基础以及岩层埋藏很浅的桩基础以外,就钢筋混凝土结构和一般地质条件而言,采用箱形基础或筏基的高层建筑,其基础工程(包括基坑支护与开挖施工)的费用约占建筑总造价的 10%~20%,相应的施工工期约占建筑总工期的 20%~25%;采用桩基的高层建筑,以上两项的比例分别为 20%~30%和 30%~40%。

不论一般建筑还是高层建筑,其基础工程的安全质量保证和经济的合理性体现在基础工程的地基设计与基础设计两大部分,即要从地基及基础两个方面来考虑基础结构的安全性和经济性,其中安全性是第一位的。就地基而言,必须保证有足够的强度和稳定性并且不能产生过量的变形,其内容包括地基承载力的确定、地基变形计算、地基抗倾覆及抗滑移等计算。必须指出,一旦地基发生破坏,其后果往往是灾难性的:地基发生过量的变形,会导致建筑物的开裂或倾斜,从而影响建筑物的坚固性及正常使用,所以对基础的不均匀沉降量应有所控制;若建筑物的总沉降量过大,则由于建筑物下沉必将改变室内外的设计高差,就有可能造成雨水及污水倒流、管道(水管或煤气管等)变形或断裂等。因此,建筑物的总沉降量应该有所控制,并必须保证地基有足够的强度储备。就基础设计而言,必须保证它有足够的强度、刚度及耐久性。设计内容包括基础型式的选择,以及基础埋深、基础底面大小、基础内力、断面及配筋等计算。

在国内外,土木工程师通过各类建筑的基础工程设计,特别是大型、重型、高层建

筑和有特殊要求的建筑物(构筑物)的设计,以及众多的成功与典型的失败项目,在基础工程设计与施工方面积累了丰富的经验。在许多基础工程相关教材中都采用加拿大特朗斯康谷仓倾斜作为设计失败的典型案例,在此也采用此例。加拿大特朗斯康谷仓建造于1913年(图1-2),由65个圆柱形筒仓组成,高31 m,宽23.5 m,其下为筏板基础。由于事先不了解基础下埋藏有厚达16 m的软黏土层,建成后初次贮存谷物时,基底压力(320 kPa)超过了地基极限承载力,致使谷仓西侧突然陷入土中8.8 m,东侧则抬高1.5 m,仓身整体倾斜 $26^{\circ}53'$ 。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失稳定性的典型范例。由于该谷仓整体性很强,筒仓完好无损。事后在筒仓下增设70多个支承于基岩上的混凝土墩,用388个50 t的千斤顶,才将筒仓纠正过来,但其标高比原来降低了4 m。

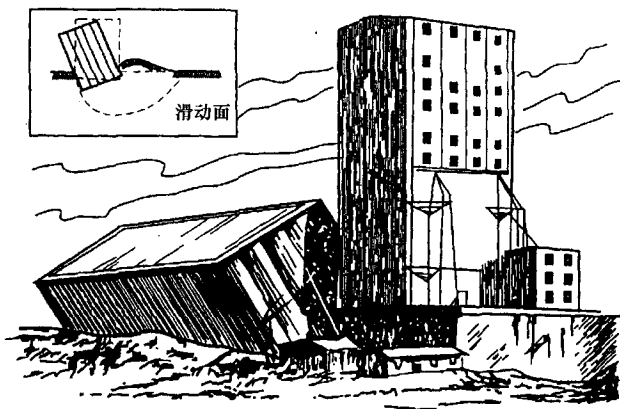


图1-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基破坏情况

特朗斯康谷仓基础工程设计失败的实例及其他事故表明,任何建筑的基础工程的安全性必须慎重对待。只有深入了解地基情况,掌握勘察资料,经过精心设计与施工,才能保证基础工程的质量安全,进而追求其经济的合理性。

1.2 基础工程设计原则与方法

1.2.1 基础工程设计原则

《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)所规定的建筑结构应满足的功能要求,即安全性、适用性、耐久性等,在基础工程设计中均应得到满足。安全性的含义是建筑结构应能承受在施工和使用过程中可能出现的各种作用,在偶然事故发生时以及在发生之后,仍能保持必要的整体稳定性;适用性的含义是建筑结构物在使用过程中应具有良好的工作性能;耐久性的含义是建筑物在正常维护条件下,能完好地使用到设计所规定的年限。

上述安全性、适用性、耐久性等要求的实现,在基础工程设计中通过如下三项基

本原则保证。

① 在防止地基土体剪切破坏和丧失稳定性方面,应保证具有足够的安全度。对于高层建筑而言,在满足稳定性方面应考虑所承受的水平荷载的作用。

② 应控制地基的特征变形量,使之不超过建筑物的地基特征变形允许值,以免引起基础和上部结构的损坏,或影响建筑物的使用功能和外观。

③ 基础的形式、构造和尺寸,除应能适应上部结构、符合使用需要、满足地基承载力(稳定性)和变形要求外,还应满足对基础结构的强度、刚度和耐久性的要求。

1.2.2 基础工程设计方法

建筑结构设计通常把上部结构、基础与地基三者作为彼此离散的独立结构单元进行力学分析。以图 1-3(a)所示的柱下条形基础上的平面框架设计为例。分析时把框架分离出来后将底层柱脚固定(或铰接于不沉降的基础上)(图 1-3(b)),然后再计算在荷载作用下的框架内力。再把与求得的柱脚反力相等但方向相反的力系作为基础荷载(图 1-3(c)),按直线分布假设计算基底反力,这样不难求得基础截面内力。进行地基计算时,将基底反力反向施加于地基(图 1-3(d)),并作为柔性荷载(不考虑基础刚度)来验算地基承载力和基础沉降。这种简化的设计方法称为常规设计方法。常规设计方法的缺陷表现在既不遵循上部结构与基础的变形协调条件,也不考虑地基与基础的相互作用。这种简化法常用于连续基础的初步设计,但对于复杂的或大型的基础,其力学性状复杂,宜在常规设计的基础上,根据不同情况采用目前可行的方法考虑地基、基础以及上部结构的相互作用。

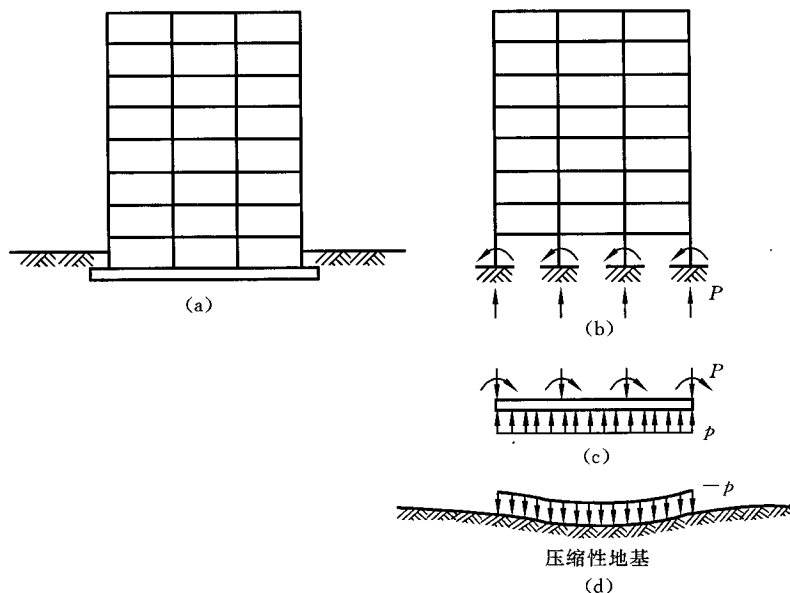


图 1-3 地基、基础、上部结构的常规分析简图

采用常规设计方法时应妥善处理以下几方面问题。

① 充分掌握拟建场地的工程地质条件和地基勘察资料,例如,不良地质现象和发震断层的存在及其危害性,地基土层分布的均匀性和软弱下卧层的位置和厚度,各层土的类别及其工程特性指标等。地基勘察的详细程度应与建筑物的安全等级和场地的工程地质条件相适应。

② 了解当地的建筑经验、施工条件和就地取材的可能性,并结合实际考虑采用先进的施工技术和经济、可行的地基处理方法。

③ 在研究地基勘察资料的基础上,结合上部结构的类型,荷载的性质、大小和分布,建筑布置和使用要求,以及拟建的基础对原有建筑或设施的影响,考虑选择的基础类型和平面布置方案,确定地基持力层和基础埋深。

④ 按地基承载力确定基础底面尺寸,进行必要的地基稳定性和特征变形验算,以便地基的稳定性能得到充分的保证,使地基的沉降不致引起结构损坏、建筑物倾斜与开裂或影响其使用和外观。

⑤ 以简化的或考虑相互作用的计算方法进行基础结构的内力分析和截面设计,以保证基础具有足够的强度、刚度和耐久性。最后绘制施工详图并作出施工说明。

由于上述各方面问题是彼此关联、相互制约的,未必能一次考虑周详,因此基础工程设计工作往往要反复进行才能取得满意的结果。对于规模较大的基础工程,还宜对若干可能方案作出技术、经济比较,然后择优采用。

常规设计方法的缺陷是当地基土性质软弱、结构物荷载分布不均匀且对不均匀沉降敏感时,常规分析结果与实际情况的差别愈大。由此可见,要合理地解决由地基、基础、上部结构组成的超静定问题,应遵循结构力学的基本原理,以地基、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为前提,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。相对于常规设计方法,把考虑静力平衡和变形协调两个条件的设计方法称为合理设计方法。

由常规设计方法到合理设计方法大致经历了三个发展阶段,特别是随着高层建筑结构设计的发展促进了合理设计方法的完善。这三个发展阶段是:不考虑共同作用的阶段,仅考虑基础与地基共同作用的阶段,以及开始全面考虑上部结构与基础和地基共同作用的阶段。

第一阶段主要采用结构力学的方法,将整个静力平衡体系分割成三个部分,各自独立求解(图 1-3)。

第二阶段是不考虑上部结构(仅在绝对柔性与绝对刚性之间作定性估计)与基础之间的变形协调,而按照图 1-3(b)所示的方法求出的柱底固端力作为作用于基础上的外荷载,在基础底面与地基土之间位移连续与变形协调的原则下,进行基础与地基二者的共同作用分析。由此发展起来的是弹塑性地基上的梁和板的理论,后来又进一步发展为筏基的分析和箱形基础的计算理论。

第三阶段是从 20 世纪 80 年代开始,伴随着结构分析的有限元法(特别是子结构

分析技术)的进展和计算手段的极大改善,在力求从理论上解答工程实践中提出的各种问题的艰苦努力过程中逐步发展起来的。其主要特点是统一考虑上部结构、基础和地基三者的共同作用,比较真实地反映其实际工作状态。

在一般情况下,进行基础工程设计时,应具备如下一些基本资料:

- ① 建筑场地的地形图和岩土工程勘察资料;
- ② 建筑物的建筑平面、立面、剖面图,作用在基础上的荷载,设备基础及各种设备管道的布置和标高;

③ 有关施工的设备和技术力量。

根据上述资料,可按下列步骤进行设计:

- ① 选择基础材料及构造形式;
- ② 确定基础埋深;
- ③ 确定地基承载力特征(设计)值;
- ④ 按地基承载力特征(设计)值确定基础底面和尺寸;
- ⑤ 对于需作地基变形计算的建筑物,应进行地基变形验算;
- ⑥ 验算地基的稳定性(建在斜坡上的建筑物);
- ⑦ 确定基础剖面尺寸,对钢筋混凝土基础进行内力计算并进行配筋计算;
- ⑧ 绘施工图,编制施工说明。

1.3 本课程的特点和学习要求

基础工程是土木工程专业的一门主干课程。它涉及力学(材料力学、结构力学、弹性力学)、工程地质学、水力学(对于桥梁工程还涉及桥涵水文学)、土力学、混凝土结构学和施工等多个学科领域,内容广泛,综合性、理论性和实践性都很强。从土木工程专业的要求出发,学习时应重视力学(材料力学、弹性力学)、工程地质学、土力学的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力;牢固掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,并能应用这些基本概念和原理,结合有关结构理论和施工知识,分析和解决基础工程设计问题。

全书介绍常用各类基础工程设计理论与方法,共分为7章。第1章为绪论;第2章介绍在排架结构、框架结构中常用的独立柱基础工作性能与设计理论、方法;第3章介绍柱下条形基础与承重墙下条形基础的设计理论与方法;第4章针对筏板和箱形基础,重点介绍筏板、箱形空间结构与地基的相互作用理论及其设计方法;第5章从桩-土共同工作原理出发介绍桩基础理论和分析方法,以及国家规范和相关行业规范中的桩基础设计方法;第6章以沉井、桩-箱(筏板)和壳体等特种结构基础为对象,主要介绍这些基础结构的适用性、工作原理与常规设计方法;工程上对于软弱地基,通常首先考虑采用某种地基处理方法加固地基后再进行基础结构设计,因此第7章主要介绍地基处理的一些基本理论及常用的处理方法。

《基础工程设计原理》的课程特点主要表现在其理论与方法的综合性与实践性。