



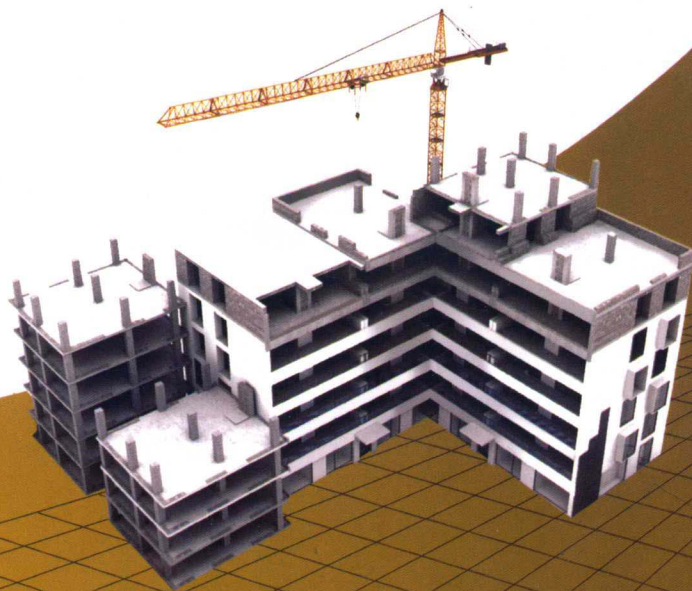
高等学校**土木工程**专业“十二五”规划教材

GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE SHIERWU GUIHUA JIAOCAI

建筑地基 与基础

JIANZHU DIJI YU JICHU

主 编 周 晖 胡 萍



注册岩土工程师专业考试参考用书



中南大学出版社

www.csupress.com.cn



高等学校土木工程专业“十二五”规划教材

GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE SHIERWU GUIHUA JIAOCAI

建筑地基 与基础

JIANZHU DIJI YU JICHU

主 编 周 晖 胡 萍



注册岩土工程师专业考试参考用书



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

建筑地基与基础/周晖,胡萍主编. —长沙:中南大学出版社,
2014. 12

ISBN 978 - 7 - 5487 - 1253 - 4

I. 建... II. ①周... ②胡... III. ①地基 - 高等学校 - 教材
②基础(工程) - 高等学校 - 教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 300286 号

建筑地基与基础

主编 周 晖 胡 萍

☐责任编辑 周兴武

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 19 ☐字数 480 千字

☐版 次 2015 年 1 月第 1 版 ☐2015 年 1 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 1253 - 4

☐定 价 58.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

本书系统阐述了建筑地基与基础的基本原理,同时也介绍了较多相关规范推荐的基础工程的新技术、新工艺和新经验。全书共分4章,包括地基基础设计概述、地基计算、浅基础和桩基础等。本书在编写过程中,参照了最新版本的《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94—2008)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTGD63—2007)、《铁路桥涵地基与基础设计规范》(TB10002.5—2005)、《港口工程地基规范》(JTS 147-1—2010)、《建筑边坡工程规范》(GB50330—2002)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120—2012)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB50009—2012)、《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106—2003)等相关规范。

本教材以建筑工程方向为主,同时也兼顾了水利、交通、铁道等方面的基础工程问题,基本保证了每个知识点后配有相应的例题和详尽的解析,这些例题都是编者从“注册岩土工程师”资格考试的历年试题中精心挑选和改编的,由于这些题当年都经过专家组集体反复推敲和琢磨,相对比较严谨,也有一定代表性,是非常经典的题目,通过学习和练习,读者可以达到举一反三的效果。因此,本教材可供土木工程专业的本、专科生作教材和准备参加注册岩土工程师专业考试的工程师们参考。

前言 PREFACE

《建筑地基与基础》研究的对象是地基与基础问题,是土木工程专业的主干课程。随着科学技术的发展,国内外工程建设中地基与基础的理论与技术日新月异。近年来我国住建部也颁发了很多新的国家标准与规范,使得地基与基础的设计与施工有了新的准绳。同时,随着2002年注册土木工程师(岩土)职业资格制度纳入国家专业技术人员职业资格制度,注册岩土工程师考试逐渐成为从事岩土方向工作者必须参加的职业考试,而地基与基础是其中非常重要的考核内容。

编者根据多年的教学经验,充分考虑了本科阶段土木工程专业的教学大纲要求和“注册岩土工程师”资格考试的要求,参考了《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94—2008)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—2012)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120—2012)、《港口工程地基规范》(JTS147—1—2010)、《公路桥梁地基与基础设计规范》(JTGD63—2007)、《铁路桥梁地基与基础设计规范》(TB10002.5—2005)等相关规范规程,编写了本教材。

本教材以建筑工程方向为主,同时也兼顾了水利、交通、铁道等方面的地基与基础问题,严格按照规范编排每个章节的内容,并基本保证了每个知识点后配有相应的例题和详细的解析。这些例题都是编者从“注册岩土工程师”资格考试的历年试题中精心挑选和改编的,由于这些题当年都经过专家组集体反复推敲和琢磨,相对比较严谨,也有一定代表性,是非常经典的题目。通过学习和练习,读者可以达到举一反三的效果。本书适用于土木工程专业的本、专科生和准备参加注册岩土工程师专业考试的工程师们使用。

本教材第1章由胡萍、尹吉淑编写,第2章由周晖、胡萍编写,第3章由周晖、樊军伟编写,第4章由肖仁成、熊志彪编写。

本教材的出版得到了湖南省高校土木工程重点学科建设专项资金的资助,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,尽管已校核和整理多遍,书中难免存在不足和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编者
2014年12月

目 录 CONTENTS

1 地基基础设计概述	(1)
1.1 地基基础设计原则	(1)
1.1.1 概率极限状态设计法与极限状态设计原则	(1)
1.1.2 地基基础设计基本规定	(2)
1.1.3 荷载资料	(4)
1.1.4 岩土工程勘察资料	(6)
1.1.5 地基基础设计内容和步骤	(6)
1.2 地基分类之一	(7)
1.2.1 天然地基	(7)
1.2.2 人工地基	(9)
1.3 基础分类之二	(10)
1.3.1 浅基础	(10)
1.3.2 深基础	(16)
1.4 地基、基础与上部结构共同工作	(18)
1.4.1 地基与基础的相互作用	(19)
1.4.2 地基变形对上部结构的影响	(20)
1.4.3 上部结构刚度对基础受力状况的影响	(21)
1.4.4 地基计算模型	(22)
2 地基计算	(25)
2.1 基础埋置深度	(25)
2.2 地基承载力	(31)
2.2.1 地基破坏的性状	(32)
2.2.2 地基的临塑荷载和临界荷载	(36)
2.2.3 地基的极限承载力 p_u	(39)
2.2.4 按规范确定地基承载力	(46)
附录 G 查表法确定地基承载力	(59)
2.2.5 地基承载力验算	(68)
2.3 地基变形计算	(75)
2.3.1 单一土层的压缩量计算	(75)
2.3.2 用分层总和法计算地基变形	(77)
2.3.3 按《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)计算地基变形	(81)
2.4 地基稳定性计算	(88)

2.5 软弱地基	(96)
2.5.1 一般规定	(96)
2.5.2 利用与处理	(96)
2.5.3 减小不均匀沉降的建筑措施	(98)
2.5.4 减小不均匀沉降的结构措施	(99)
练习题	(99)
3 浅基础	(106)
3.1 浅基础常用类型及适用条件	(106)
3.2 无筋扩展基础	(106)
3.3 钢筋混凝土扩展式基础(柔式基础)	(110)
3.3.1 扩展基础	(110)
3.3.2 柱下条形基础	(120)
3.3.3 高层建筑筏形基础	(121)
练习题	(128)
4 桩基础	(130)
4.1 概述	(130)
4.1.1 桩基础及其应用	(130)
4.1.2 桩和桩基础的分类	(131)
4.2 单桩轴向荷载的传递	(132)
4.2.1 单桩轴向荷载的传递过程	(132)
4.2.2 单桩轴向荷载传递的一般规律	(133)
4.2.3 单桩在轴向荷载作用下的破坏型式	(133)
4.2.4 桩的负摩阻力	(134)
4.3 单桩竖向抗压极限承载力	(140)
4.3.1 一般规定	(140)
4.3.2 按单桩竖向静载试验确定单桩竖向极限承载力标准值	(141)
4.3.3 按原位测试法确定单桩竖向极限承载力标准值	(142)
4.3.4 按经验参数法确定单桩竖向极限承载力标准值	(145)
4.3.5 桩基竖向承载力特征值	(154)
《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)中有关桩基的计算规定	(161)
《铁路桥涵地基与基础设计规范》(TB10002.5—2005)中有关桩基的计算规定	(169)
附录 E 桥梁桩基当作实体基础的检算	(173)
4.4 桩基水平承载力	(174)
4.4.1 单桩在水平荷载作用下的破坏机理和特点	(174)
4.4.2 单桩及单排桩中基桩的内力和位移计算	(175)

4.4.3	单桩水平承载力的确定	(178)
4.4.4	单桩水平静载试验	(182)
4.4.5	群桩基础	(184)
4.5	桩基抗拔承载力	(186)
4.5.1	概述	(186)
4.5.2	抗拔桩基承载力验算	(187)
4.5.3	单桩竖向抗拔静载试验	(189)
4.6	桩基础常规设计	(190)
4.6.1	基本设计规定	(190)
4.6.2	桩基构造	(201)
4.6.3	桩基础设计步骤与程序	(207)
4.6.4	选择桩型	(208)
4.6.5	桩径、桩长的拟定	(208)
4.6.6	根数及平面布置	(210)
4.6.7	桩基承载力验算	(210)
4.6.8	桩基沉降计算	(215)
4.6.9	桩身承载力与裂缝控制验算	(228)
4.6.10	承台计算	(233)
4.7	桩基施工	(246)
4.7.1	灌注桩施工	(246)
4.7.2	混凝土预制桩与钢桩施工	(257)
4.7.3	承台施工	(266)
4.8	桩基工程质量检查和验收	(267)
4.8.1	一般规定	(267)
4.8.2	施工前检验	(267)
4.8.3	施工检验	(267)
4.8.4	施工后检验	(268)
	《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—2003)的有关规定	(268)
	附录 E 芯样试件加工和测量	(271)
	练习题	(273)
	附录一 附加应力系数 α 、平均附加应力系数 $\bar{\alpha}$	(283)
	附录二 桩基等效沉降系数 Ψ_e 计算参数	(286)
	参考文献	(293)

1 地基基础设计概述

大树伤根则枯，无根即倒。地基基础是建筑物的根基，若地基基础不稳固，将危及整个建筑物的安全。因此，基础工程的设计必须根据上部结构传力体系特点、建筑物对地下空间使用功能的要求、地基土质的物理力学性质，结合施工设备能力，考虑经济造价等各方面因素，合理选择地基基础设计方案。本章将介绍地基基础设计的有关基本原则，并介绍地基类型、基础类型和地基与基础、上部结构共同作用的基本原理。

1.1 地基基础设计原则

1.1.1 概率极限状态设计法与极限状态设计原则

概率极限状态设计法是“以概率理论为基础的极限状态设计法”的简称。承载能力的极限状态，即结构或杆件发挥了允许的最大承载能力的状态。或虽然没有达到最大承载能力，但由于过大的变形已不具备使用条件，也属于极限状态。所谓“极限状态”，就是当结构的整体或某一部分，超过了设计规定的要求时，这个状态就叫做极限状态。极限状态又分为：承载能力极限状态与正常使用极限状态。

这里讲“概率计算”，就是以结构的失效概率来确定结构的可靠度。过去容许应力法采用了一个安全系数 K (简称单一系数法)，就是只用一个安全系数来确定结构的可靠程度。而现在采用了多个分项系数(简称多系数法)，把结构计算划分得更细更合理，针对不同情况，给出了不同的分项系数。这些分项系数是由统计概率方法进行确定的，所以具有实际意义。来自于工程实践，诸多的分项系数从不同方面对结构计算进行修订后，使其材料得以充分发挥和结构更加安全可靠。这些系数都是结构在规定的时间内，在规定的条件下，完成预定功能的概率(也即可靠度)。所以这个计算方法的全称应该为“以概率理论为基础的极限状态设计法”。

概率极限状态设计法：将工程结构的极限状态分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两大类。按照各种结构的特点和使用要求，给出极限状态方程和具体的限值，作为结构设计的依据。用结构的失效概率或可靠指标度量结构可靠度，在结构极限状态方程和结构可靠度之间以概率理论建立关系。这种设计方法即为基于概率的极限状态设计法，简称为概率极限状态设计法。其设计式是用荷载或荷载效应、材料性能和几何参数的标准值附以各种分项系数，再加上结构重要性系数来表达。对承载能力极限状态采用荷载效应的基本组合和偶然组合进行设计，对正常使用极限状态按荷载的短期效应组合和长期效应组合进行设计。

1. 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(如滑动失稳等)。

2. 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损坏(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。

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。根据建筑物功能使用要求，长期荷载作用下地基变形对上部结构的影响程度，地基基础设计和计算应满足以下设计原则：

- (a)各级建筑物均应进行地基承载力计算，防止地基土体剪切破坏，有些建筑物尚应验算稳定性；
- (b)进行必要的变形验算，控制地基变形计算值不超过允许值；
- (c)基础结构尺寸、构造、材料应满足长期荷载作用下的强度、刚度和耐久性要求。

1.1.2 地基基础设计基本规定

1)地基基础设计应根据地基复杂程度、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分为三个设计等级，设计时应根据具体情况，按表 1-1 选用。

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物 30 层以上的高层建筑物 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 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	场地和地质条件简单、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 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

建筑地基基础设计等级是按照地基基础设计的复杂性和技术难度确定的，划分时考虑了建筑物的性质、规模、高度和体型，对地基变形的要求，场地和地基条件的复杂程度，以及由

于地基问题对建筑物安全和正常使用可能造成影响的严重程度等因素。

在地基基础设计等级为甲级的建筑物中, 30 层以上的高层建筑, 不论其体型复杂与否均列入甲级, 这是考虑到其高度和重量对地基承载力和变形均有较高要求, 采用天然地基往往不能满足设计需要, 而需考虑桩基或进行地基处理; 体型复杂、层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物是指在平面上和立面上高度变化较大、体型变化复杂, 且建于同一整体基础上的高层宾馆、办公楼、商业建筑等建筑物。由于上部荷载大小相差很大、结构刚度和构造变化复杂, 极易出现地基不均匀变形, 为使地基变形不超过建筑物的允许值, 地基基础设计的复杂程度和技术难度较大, 有时需要采用多种地基和基础类型或考虑采用地基与基础和上部结构共同作用的变形分析计算来解决不均匀沉降对基础和上部结构的影响问题; 大面积的多层地下建筑物存在深基坑开挖的降水、支护和对邻近建筑物可能造成严重不良影响等问题, 增加了地基基础设计的复杂性, 有些地面以上没有荷载或荷载很小的大面积多层地下建筑物, 如地下停车场、商场、运动场等还存在抗地下水浮力的设计问题; 复杂地质条件下的坡上建筑物是指坡体岩土的种类、性质、产状和地下水条件变化复杂等对坡体稳定性不利的情况, 此时应做边坡稳定性分析, 必要时应采取整治措施; 对原有工程影响较大的新建建筑物是指在原有建筑物旁和在地铁、地下隧道、重要地下管道上或旁边新建的建筑物, 当新建建筑物对原有工程影响较大时, 为保证原有工程的安全和正常使用, 增加了地基基础设计的复杂性和难度; 场地和地基条件复杂的建筑物是指不良地质现象强烈发育的场地, 如泥石流、崩塌、滑坡、岩溶土洞塌陷等, 或地质环境恶劣的场地, 如地下采空区、地面沉降区、地裂缝地区等, 复杂地基是指地基岩土种类和性质变化很大、有古河道或暗浜分布、地基为特殊性岩土, 如膨胀土、湿陷性土等, 以及地下水对工程影响很大需特殊处理等情况, 上述情况均增加了地基基础设计的复杂程度和技术难度。对在复杂地质条件及软土地区开挖较深的基坑工程, 由于基坑支护、开挖和地下水控制等技术复杂、难度较大; 开挖深度大于 15 m 以及基坑周边环境条件复杂、环境保护要求高时对基坑支挡结构的位移控制严格, 也列入甲级。

表 1-1 所列的设计等级为丙级的建筑物是指建筑场地稳定, 地基岩土均匀良好、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以及次要的轻型建筑物。

由于情况复杂, 设计时应根据建筑物和地基的具体情况参照上述说明确定地基基础的设计等级。

2) 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下列规定:

- (1) 所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定;
- (2) 设计等级为甲级、乙级的建筑物均应按地基变形设计;
- (3) 设计等级为丙级建筑物有下列情况之一时, 应作变形验算:
 - (a) 地基承载力特征值 < 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)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；
- (5)基坑工程应验算稳定性；
- (6)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。
- 3)表1-2所列范围内设计等级为丙级的建筑物可不作地基变形验算。

表 1-2 可不作地基变形验算的设计等级为丙级的建筑物范围

地基主要受力层情况			地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)	$80 \leq f_{ak} < 100$	$100 \leq f_{ak} < 130$	$130 \leq f_{ak} < 160$	$160 \leq f_{ak} < 200$	$200 \leq f_{ak} < 300$
			各土层坡度(%)	≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
建筑类型	砌体承重结构、框架结构 (层数)			≤ 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)	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 50	50 ~ 100
			厂房跨度(m)	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
		多跨	吊车额定起重量(t)	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 75
			厂房跨度(m)	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
	烟囱	高度(m)		≤ 40	≤ 50	≤ 75		≤ 100
	水塔	高度(m)		≤ 20	≤ 30	≤ 30		≤ 30
		容积(m ³)		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3*b*(*b*为基础底面宽度)，独立基础下为1.5*b*，且厚度均不小于5 m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，表中砌体承重结构的设计，应符合《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)第7章(软弱地基)的有关规定；
- ③表中砌体承重结构和框架结构均为民用建筑，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。

4)地基基础的设计使用年限不应小于建筑结构的设计使用年限。

1.1.3 荷载资料

《建筑结构荷载规范》(GB50009—2012)：

1. 荷载分类和荷载代表值

结构上荷载可分为下列三类：

- (1)永久荷载：是指在结构使用期间，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。例如结构自重、土压力、预应力等。
- (2)可变荷载：是指在结构使用期间，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。例如楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等。

(3)偶然荷载:是指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。例如爆炸力、撞击力等。

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。

荷载代表值: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。

设计基准值:为确定可变荷载代表值而选用的时间参数。

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)。

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。

频遇值:对可变荷载,在设计基准期内,其超载的总时间为规定的较小比率或超载概率为规定频率的荷载值。

准永久值:对可变荷载,在设计基准期内,其超载的总时间约为设计基准期一半的荷载值。

荷载设计值:荷载代表值与荷载分项系数的乘积。

可变荷载频遇值应取可变荷载标准值乘以荷载频遇值系数;可变荷载准永久值应取可变荷载标准值乘以荷载准永久值系数。

2. 荷载组合

(1)正常使用极限状态下,标准组合的效应设计值 S_k 应按下列式确定:

$$S_k = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-1)$$

式中: S_{Gk} ——永久作用标准值 G_k 的效应;

S_{Qik} ——第 i 个可变作用标准值 Q_{ik} 的效应;

ψ_{ci} ——第 i 个可变作用 Q_i 的组合值系数。

(2)准永久组合的效应设计值 S_k 应按下列式确定:

$$S_k = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1-2)$$

式中: ψ_{qi} ——第 i 个可变作用 Q_i 的准永久值系数。

(3)承载能力极限状态下,由可变作用控制的基本组合的效应设计值 S_d ,应按下列式确定:

$$S_d = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-3)$$

式中: γ_G ——永久作用的分项系数;

γ_{Qi} ——第 i 个可变作用的分项系数。

(4)对由永久作用控制的基本组合,也可采用下列式简化计算:

$$S_d = 1.35 S_k \quad (1-4)$$

式中: S_k ——标准组合的作用效应设计值。

3. 地基基础设计时,所采用的作用效应与相应的抗力限值应符合下列规定:

(1)按地基承载力确定基础底面积及埋深或按单桩承载力确定桩数时,传至基础或承台

底面上的荷载按正常使用极限状态下作用的标准组合，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，传至基础底面上的作用效应力按正常使用极限状态下作用的准永久组合，不计风荷载和地震作用；相应的限值为地基变形允许值；

(3) 计算挡土墙、地基或滑坡稳定以及基础抗浮稳定时，作用效应应按承载力极限状态下作用的基本组合，但其分项系数均为 1.0；

(4) 确定基础或桩基承台高度、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，上部结构传来的作用效应和相应的基底反力、挡土墙土压力以及滑坡推力，应按承载力极限状态下作用的基本组合，采用相应的分项系数；当需要验算基础裂缝宽度时，应按正常使用极限状态下作用的标准组合；

(5) 基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数按有关规范的规定采用，但结构重要性系数 γ_0 不小于 1.0。

1.1.4 岩土工程勘察资料

1. 岩土工程勘察报告应提供下列资料

有无影响建筑场地稳定性的不良地质条件及其危害程度；建筑物范围内的地层结构及其均匀性，以及各岩土层的物理力学性质；地下水埋藏情况、类型和水位变化幅度及规律，以及对建筑材料的腐蚀性；在抗震设防区应划分场地土类型和场地类别，并对饱和砂土及粉土进行液化判别；对可供采用的地基基础设计方案进行论证分析，提供与设计要求相对应的地基承载力及变形参数，并对设计与施工应注意的问题提出建议。

当工程需要时，尚应提供：深基坑开挖的边坡稳定计算和支护设计所需的岩土技术参数，论证其对周边环境的影响；基坑施工降水的有关技术参数及地下水控制方法的建议；用于计算地下水浮力的设计水位。

抗浮设防水位是很重要的设计参数，影响因素众多，不仅与气候、水文地质等自然因素有关，有时还涉及地下水开采、上下游水量调配、跨流域调水和大量地下工程建设等复杂因素。对情况复杂的重要工程，要在勘察期间预测建筑物使用期间水位可能发生的变化和最高水位有时相当困难。此时要论证使用期间水位变化，提出抗浮设防水位时，应进行专门研究。

2. 地基评价宜采用钻探取样、室内土工试验、触探，并结合其他原位测试方法进行

设计等级为甲级的建筑物应提供载荷试验指标、抗剪强度指标、变形参数指标和触探资料；设计等级为乙级的建筑物应提供抗剪强度指标、变形参数指标和触探资料；设计等级为丙级的建筑物应提供触探及必要的钻探和土工试验资料。

3. 建筑物地基均应进行施工验槽

如地基条件与原勘察报告不符时，应进行施工勘察。

1.1.5 地基基础设计内容和步骤

地基基础设计的内容和步骤，在保证建筑物的安全和正常使用前提下，可以用图 1-1 表示。

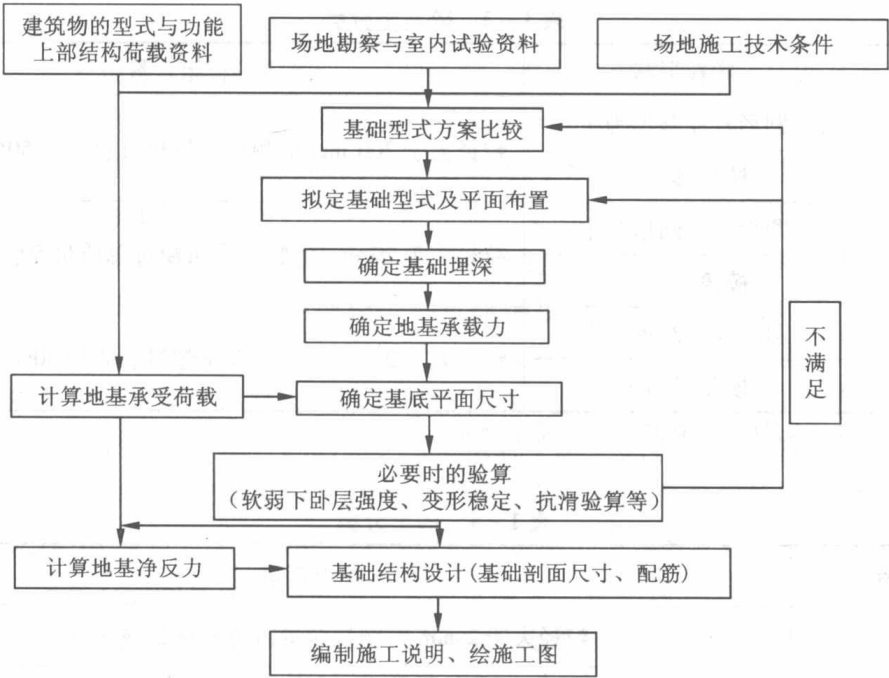


图 1-1 地基基础的设计步骤

1.2 地基分类之一

1.2.1 天然地基

1. 土质地基

在漫长的地质年代中，岩石经历风化、剥蚀、搬运、沉积生成土。按地质年代划分为“第四纪沉积物”，根据成因的类型分为残积物、坡积物、洪积物、平原河谷冲积物（河床、河漫滩、阶地）、山区河谷冲积物（较前者沉积物质粗，大多为砂料所充填的卵石、圆砾）等。粗大的土粒是岩石经物理风化作用形成的碎屑，或是岩石中未产生化学变化的矿物颗粒，如石英和长石等；而细小土料主要是化学风化形成的次生矿物和生成过程中混入的有机物质。粗大土粒其形状呈块状或粒状，而细小颗粒主要呈片状。土按颗粒级配或塑性指数可划分为碎石土、砂土、粉土和黏性土。碎石土和砂土的划分应符合表 1-3、表 1-4 的规定。

(1) 碎石土为粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土，并可按表 1-3 进一步分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾。

(2) 砂土为粒径大于 2 mm 的颗粒含量不超过总质量 50%、粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过总质量 50% 的土，可按表 1-4 分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂。

(3) 粒径大于 0.075 mm 的颗粒不超过全部质量的 50%，且塑性指数小于或等于 10 的土，应定名为粉土。

(4) 黏性土当塑性指数大于 10，且小于等于 17 时，应定名为粉质黏土；当塑性指数大于 17 时，应定名为黏土。

表 1-3 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	粒组含量
漂 石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
块 石	棱角形为主	
卵 石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
碎 石	棱角形为主	
圆 砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
角 砾	棱角形为主	

注：定名时根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

表 1-4 砂土分类

土的名称	粒组含量
砾砂	粒径大于 2 mm 的颗粒含量占总质量 25% ~ 50%
粗砂	粒径大于 0.5 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
中砂	粒径大于 0.25 mm 的颗粒含量超过总质量 50%
细砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过总质量 85%
粉砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过总质量 50%

注：定名时根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

土质地基一般是指成层岩石以外的各类土，在不同行业的规范中其名称与具体划分的标准略有不同，基本分为碎石土、砂土、粉土和黏性土几大类。

地基与我们称为土的材料组成成分相同，不同点是前者为承受荷载的那部分土体，而后者是对地壳组成部分除岩层、海洋外的统称。由于地基是承受荷载的土体，因而在基础底面传给土层的外荷载作用下将在土体内部产生压应力、切应力与相应的变形。根据布辛奈斯克解答可以得到基础底面中心点下土体的竖向压应力沿深度的衰减曲线，当在某一深度处外荷载引起的竖向压应力值等于 $0.1\sigma_{cz}$ (σ_{cz} 为该深度处土体的自重应力) 时，基本将这一深度定为三维半无限空间土体的地基土体应力影响深度的下限值，也可从变形计算中压缩层厚度的概念确定其下限值(即在该值以下的土层产生的变形忽略不计)。地基土层的范围确定后，确定构筑物通过基础传给土层的外荷，地基土层的沉降变形即可求得。根据构筑物的具体要求可计算施工阶段的固结沉降、使用阶段的最终沉降，其数值均应在允许范围内。

土质地基承受建筑物荷载时，土体内部剪应力(也称切应力)逐渐增大，其数值不得超过土体的抗剪强度，并由此确定了地基土体的承载力。该地基承载力是决定基础底面尺寸的控制因素。其确定方法在本教材 2.2 节中详述。

土质地基处于地壳的表层，施工方便，基础工程造价较经济，是房屋建筑、中、小型桥梁、涵洞、水库、水坝等构筑物基础经常选用的持力层。

2. 岩石地基

当岩层距地表很近,或高层建筑、大型桥梁、水库水坝荷载通过基础底面传给土质地基,地基土体承载力、变形验算不能满足相关规范要求时,则必须选择岩石地基。例如我国南京长江大桥的桥墩基础、三峡水库大坝的坝基基础等均坐落于岩石地基上。

岩石根据其成因不同,分为岩浆岩、沉积岩、变质岩。它们具有足够的抗压强度,颗粒间有较强的连接,除全风化、强风化岩石外均属于连续介质。它较土粒堆积而成的多孔介质的力学性能优越许多。硬质岩石的饱和单轴抗压强度可高达 60 MPa 以上,软质岩石的数值也在 5 MPa 不等。其数量级与土质地基相比,可认为扩大 10 倍以上,当岩层埋深浅,施工方便时,它应是首选的天然地基持力层。而建筑物荷载在岩层中引起的压应力、剪应力分布的深度范围内,往往不是一种单一的岩石,而是由若干种不同强度的岩石组成。同时由于地质构造运动引起地壳岩石变形和变位,形成岩层中有多个不同方向的软弱结构面,或有断层存在。长期风化作用(昼夜、季节温差,大气及地下水中的侵蚀性化学成分的渗浸等)使岩体风化程度加深,导致岩层的承载能力降低,变形量增大。根据风化程度将岩石分为未风化、微风化、中等风化、强风化、全风化岩石。不同的风化等级对应不同的承载能力。实际工程中岩体中产生的剪应力没有达到岩体的抗剪强度时,由于岩体中存在一些纵横交错的结构面,在剪应力作用下该软弱结构面产生错动,使得岩石的抗剪强度降低,导致岩体的承载能力降低。所以当岩体中存在延展较大的各类结构面特别是倾角较陡的结构面时,岩体的承载能力可能受该结构面的控制。

城市地下铁道的修建及公路、铁路中隧道的建设,大部分是在岩石地基中形成地下洞室。洞室的洞壁与洞顶的岩层组成地下洞室围岩。一般情况下,在查明岩体结构特征和岩层中应力条件的基础上,根据岩体的强度和变形特点就可以判别围岩的稳定性。其稳定性与地下洞室某一洞段内比较发育的、强度最弱的结构面状态有关(包括张开度、充填物、起伏粗糙和延伸长度等情况)。目前,国际、国内的有关规范均以围岩的强度应力比(抗压强度与压应力之比)、岩体完整程度、结构面状态、地下水和主要结构面产状五项因素评定围岩的稳定性,同时采用围岩的强度应力比对稳定性进行分级。围岩强度与压应力是反映围岩应力大小与围岩强度相对关系的定量指标。其确定方法在隧道工程有关章节详述。

3. 特殊土地基

我国地域辽阔,工程地质条件复杂。在不同的区域由于气候条件、地形条件、疾风作用在土壤过程中形成具有独特物理力学性质的区域土概称为特殊土。我国特殊土地基通常有湿陷性黄土地基、膨胀土地基、冻土地基、红黏土地基等。

1.2.2 人工地基

土质地基中含水量大于液限,孔隙比 $e \geq 1.5$ 或 $1.0 \leq e < 1.5$ 的新近沉积黏性土为淤泥、淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土、淤泥混砂、泥炭及泥炭质土。这类土具有强度低、压缩性高、透水性差、流变性明显和灵敏度高等特点,普遍承载力较低。它们大部分是海河、黄河、长江、珠江等江河入海地区的主要地层。以上这类土都称之为软黏土。当建筑物荷载在基础底部产生的基底压力大于软黏土层的承载力或基础的沉降变形数据超过建筑物正常使用的允许值时,土质地基必须通过置换、夯实、挤密、排水、胶结、加筋和化学处理等方法对软土地基