

地基基础

贵州科技出版社

地 基 基 础

重庆建筑工程学院

贵 州 工 学 院

云 南 工 学 院

昆 明 工 学 院

广 西 大 学

西 南 交 通 大 学

编写

贵 州 科 技 出 版 社

内 容 提 要

本书是在考虑山区(包括丘陵地区)工程地质特点,及反映多年来山区地基基础工程的实践,并根据我国重新修订《地基基础设计规范》(GBJ 7-89)编写。

全书共十二章。其内容为建筑场地的工程地质条件概述,土的物理性质及工程分类,地基土的应力与变形,土的抗剪强度与土压力,地基承载力,工程地质勘察,浅基础设计,桩基础及其他深基础,软弱土地基处理,山区地基,边坡工程,基础工程数值分析简介。

本书为高等学校工业与民用建筑专业的教材,亦可供土建勘察、设计施工技术人员参考。

地 基 基 础

黄求顺 杨世忠 主编

贵州科技出版社出版 贵州工学院印刷厂印刷
787×10927毫米 16开本 21.75印张 530千字
1990年5月 第一版 1990年5月 第1次印刷
印数: 1-4000

ISBN 7-80584-007-5
TU. 001 定价: 7.00元

《地基基础》编委

主编 黄求顺 杨世忠

编委 (以编写章节为序)

黄求顺 王秀彰 韦敏才

张诩言 周京华 邵全

黄绍铿 柯尊敬 夏永承

杨世忠

前 言

为适应山区建设的需要,本书是在考虑山区(包括丘陵地区)工程地质特点,及反映多年来山区地基基础工程的实践经验,并根据我国即将颁布实施的《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)有关条款规定而进行编写的。

本书系云南工学院于1987年发起西南六所院、校共同编写,以作为高等学校工业与民用建筑专业“地基基础”教材。本书由重庆建筑工程学院黄求顺、贵州工学院杨世忠担任主编。

全书分为十二章。其中绪论、建筑场地的工程地质条件概述、工程地质勘察、软弱土地基处理,由重庆建筑工程学院黄求顺编写;土的物理性质及工程分类由昆明工学院王秀彰编写;地基的应力与变形由昆明工学院丰敏才编写;土的抗剪强度与土压力由云南工学院张诩言编写;地基承载力由西南交通大学周京华编写;浅基础设计由云南工学院邵全编写;桩基础及其它深基础由广西大学黄绍铿编写;山区地基由广西大学柯尊敬负责编写;边坡工程由西南交通大学夏永承负责编写;基础工程数值分析简介由贵州工学院杨世忠编写。广西大学庞永胜参加编写了山区地基第一节、第二节及边坡工程一章中的滑坡部分;广西大学杨朝海参加编写了山区地基一章中的第四节、第五节和第六节,及边坡工程中的崩塌部分。

本书初稿完成后,先后集体讨论修改两次,并于1989年3月在昆明互审后,最后由杨世忠通审。

本书编写过程中得到了各编委所在院校热情的帮助和支持,在此深表感谢。

编委1989年3月于昆明

目 录

绪 论

- 一、地基与基础的基本概念..... (1)
- 二、历史的简单回顾..... (2)
- 三、本学科的重要性与学习方法..... (3)

第一章 建筑场地的工程地质条件概述

第一节 地质作用与地质年代..... (5)

- 一、地质作用的概念..... (5)
- 二、地质年代的划分..... (5)

第二节 岩石的成因类型与特征..... (7)

- 一、岩石的定义..... (7)
- 二、岩石的成因类型..... (7)
- 三、岩石的结构和构造..... (8)
- 四、岩石的风化作用..... (8)

第三节 地质构造及其与工程的关系..... (9)

- 一、褶皱构造..... (10)
- 二、断裂构造..... (10)
- 三、地震..... (11)

第四节 第四纪沉积物及其工程特性..... (12)

- 一、残积物..... (12)
- 二、坡积物..... (13)
- 三、洪积物..... (14)
- 四、河流冲积物..... (14)
- 五、湖沼沉积物..... (17)
- 六、风积物..... (17)
- 七、我国第四纪沉积层分区..... (18)

第五节 地下水..... (19)

- 一、地下水的埋藏条件..... (19)
- 二、土的渗透性..... (21)
- 三、地下水的侵蚀性..... (24)

第二章 土的物理性质及工程分类

第一节 土的组成..... (25)

- 一、土的固体颗粒..... (25)
- 二、土中的水..... (29)

三、土中气体	(30)
四、土的结构和构造	(30)
第二节 土的三相比例指标	(32)
一、直接测定的指标	(33)
二、换算指标	(34)
三、指标间换算	(36)
第三节 土的物理状态指标	(39)
一、砂土的密实状态	(39)
二、粘性土的稠度	(41)
第四节 地基土的工程分类	(43)
一、岩石分类	(43)
二、碎石土分类	(44)
三、砂土分类	(45)
四、粉土	(45)
五、粘性土分类	(45)
六、人工填土分类	(45)

第三章 地基土的应力与变形

第一节 概述	(47)
第二节 土中自重应力	(48)
第三节 基底压力	(48)
一、中心荷载作用下的基底压力	(49)
二、偏心荷载作用下的基底压力	(49)
三、基底附加压力	(50)
第四节 地基土中的附加应力	(50)
一、竖向集中荷载作用下的地基附加应力——布辛尼斯克解	(51)
二、矩形荷载作用下的地基附加应力	(52)
三、均布圆形荷载作用下的地基附加应力	(57)
四、条形荷载作用下的地基附加应力	(57)
五、非均质和各向异性地基中的附加应力	(60)
第五节 土的压缩性	(63)
一、基本概念	(63)
二、侧限压缩试验及压缩性指标	(63)
三、土的变形模量 E_0	(65)
第六节 地基最终沉降量的计算	(67)
一、弹性力学计算公式	(68)
二、分层总和法	(69)
三、《规范》推荐的方法	(70)
四、应力历史对粘性土变形的影响	(81)
第七节 地基变形与时间的关系	(83)

(711)	一、饱和粘性土的一维固结理论	(83)
(811)	二、地基固结度	(85)
(911)	三、经验公式	(89)

第四章 土的抗剪强度与土压力

(1)	第一节 土的抗剪强度	(91)
(851)	一、直剪试验与库伦定律	(91)
(881)	二、抗剪强度指标及影响因素	(92)
(9)	第二节 土的强度理论 (极限平衡条件)	(93)
(181)	一、土中某点的应力状态	(93)
(8813)	二、极限平衡条件	(94)
(891)	三、三轴剪切试验	(96)
(141)	四、无侧限抗压强度试验	(97)
(8)	第三节 不同排水条件下土的剪切试验方法	(98)
(841)	一、土的抗剪强度的总应力法和有效应力法	(98)
	二、不同排水条件试验方法	(98)
	三、三轴试验中试样的应力路径	(100)
(2)	第四节 抗剪强度的原位测试方法	(102)
(841)	一、十字板剪切试验	(102)
(841)	二、原位直剪试验	(103)
(741)	三、一次性剪切试验	(103)
(7)	第五节 土压力与挡墙的位移关系	(104)
(741)	一、静止土压力 E_0	(104)
(841)	二、主动土压力 E_a	(105)
(841)	三、被动土压力 E_p	(105)
(6)	第六节 郎金土压力理论	(105)
(031)	一、基本概念	(105)
(071)	二、主动土压力	(106)
(181)	三、被动土压力	(108)
(1)	第七节 库伦土压力理论	(109)
(181)	一、主动土压力	(109)
(921)	二、被动土压力	(111)
(541)	三、库伦公式在运用中的几个问题	(112)
(9)	第八节 特殊情况的土压力计算	(112)
(841)	一、填土面上有均布荷载作用	(112)
(641)	二、墙后填土分层	(113)
	第九节 楔体试算法求土压力	(115)

第五章 地基承载力

(8)	第一节 概述	(117)
-------	---------------	---------

一、地基变形三阶段及地基的界限压力	(117)
二、地基破坏的三种模式	(118)
第二节 按塑性变形区发展范围确定地基承载力	(119)
一、地基的临塑压力 p_{cr}	(119)
二、地基的塑性压力	(121)
第三节 地基的极限承载力	(122)
一、浅基础极限承载力公式	(123)
二、深基础的极限承载力公式	(128)
第四节 地基承载力设计值的确定	(130)
一、按载荷试验确定	(131)
二、按理论公式计算	(133)
三、按《地基规范》表格确定	(136)
四、用其它原位测试方法及经验方法确定地基承载力	(141)
五、岩石地基承载力	(142)
六、地震区地基承载力的计算	(143)

第六章 工程地质勘察

第一节 工程地质勘察工作概要	(145)
一、勘察工作的基本任务	(145)
二、常见几种地貌单元	(146)
三、场地地质条件与勘察工作的关系	(147)
第二节 工程地质勘探方法	(147)
一、工程地质测绘与调查	(147)
二、掘探	(148)
三、钻探	(148)
四、触探	(149)
五、室内试验工作	(150)
六、原位测试	(150)
第三节 建筑场地的勘察内容	(151)
一、选择场址勘察	(151)
二、初步勘察	(151)
三、详细勘察	(152)
四、施工勘察和使用监测	(152)
第四节 工程地质勘察报告	(152)
一、勘察报告书的基本内容	(153)
二、勘察报告实例	(153)

第七章 浅基础设计

第一节 一般设计原则	(158)
一、地基基础设计的基本要求	(158)

二、浅基础的设计步骤框图	(159)
第二节 浅基础的类型	(160)
一、刚性基础	(160)
二、钢筋混凝土基础	(160)
第三节 基础埋置深度的选择	(163)
一、影响基础埋深选择的因素	(163)
二、冻土地基基础的埋深	(165)
第四节 基础底面和剖面尺寸的确定	(167)
一、按地基持力层承载力计算基础底面尺寸	(167)
二、软弱下卧层强度验算	(172)
三、地基的变形验算	(175)
四、稳定性验算	(178)
五、刚性基础设计	(179)
第五节 梁、板式基础的实用算法	(180)
一、基底反力简化计算方法	(180)
二、基础内力计算	(181)
三、柱下条形基础的构造要求	(190)
四、筏板基础的构造要求	(191)
第六节 减轻不均匀沉降危害的措施	(191)
一、地基、基础和上部结构共同工作的概念	(191)
二、建筑设计措施	(193)
三、结构措施	(197)
四、施工和使用方面的措施	(198)

第八章 桩基础及其他深基础

第一节 概述	(199)
第二节 桩的类型	(200)
一、按桩的受力方式分类	(200)
二、按桩的施工方法分类	(201)
第三节 单桩承载力的确定	(204)
一、单桩轴向承载力的确定	(204)
二、水平承载力的确定	(209)
第四节 群桩承载力的计算	(213)
一、群桩效应	(213)
二、群桩的承载力和变形验算	(216)
三、群桩中各桩受力验算	(218)
第五节 桩基础设计	(220)
一、桩基础设计步骤	(220)
二、例题	(226)
第六节 沉井及地下连续墙简介	(230)

(081)	一、沉井基础	(230)
(081)	二、地下连续墙	(232)

第九章 软弱土地基处理

(081)	第一节 软土的特性	(235)
(081)	一、软土的基本性能	(236)
(081)	二、软土的变形特性	(236)
(081)	三、软土的强度	(237)
(081)	第二节 碾压与夯实	(238)
(081)	一、重锤夯实法	(238)
(081)	二、强夯法	(239)
(081)	三、机械碾压法	(240)
(081)	四、振动压实法	(242)
(081)	第三节 换土法	(242)
(081)	一、换土垫层	(242)
(081)	二、加筋土	(244)
(081)	第四节 深层挤密法	(245)
(081)	一、挤密砂桩	(245)
(081)	二、振冲桩	(246)
(081)	三、复合地基的计算	(247)
(081)	第五节 排水法	(248)
(081)	一、电渗排水	(248)
(081)	二、砂井排水	(248)
(081)	第六节 化学加固法	(251)
(081)	一、高压旋喷法	(251)
(081)	二、深层搅拌法	(252)
(081)	三、硅化法	(252)

第十章 山区地基

(081)	第一节 山区地基的特点	(254)
(081)	第二节 岩石地基	(255)
(081)	一、影响岩石地基工程性质的主要因素	(255)
(081)	二、岩石地基承载力	(257)
(081)	三、岩石地基上的基础型式	(257)
(081)	四、锚杆计算与锚杆基础的构造要求	(258)
(081)	第三节 岩土混合地基	(259)
(081)	一、概述	(259)
(081)	二、岩土混合地基直接利用的条件	(260)
(081)	三、岩土混合地基的处理方法	(262)
(081)	第四节 岩溶与土洞	(263)

(010)	一、岩溶地基·····	(264)
(011)	二、土洞·····	(268)
(012)	第五节 泥石流 ·····	(270)
(013)	一、泥石流的形成条件·····	(270)
(014)	二、泥石流的防治·····	(271)
(015)	第六节 红粘土地基 ·····	(272)
(016)	一、红粘土的成因·····	(272)
(017)	二、红粘土的性质·····	(272)
(018)	三、红粘土地基的评价·····	(275)
(019)	第七节 膨胀土地基 ·····	(276)
(020)	一、概述·····	(276)
(021)	二、膨胀土的胀缩性质·····	(277)
(022)	三、膨胀土的判别和膨胀土地基评价·····	(278)
(023)	四、膨胀土地基的设计计算·····	(280)
(024)	五、膨胀土地基的处理措施·····	(281)

第十一章 边坡工程

第一节 概述 ·····	(285)
第二节 边坡稳定分析 ·····	(286)
一、库尔曼法·····	(286)
二、摩擦圆法和稳定因素及其应用·····	(287)
三、条分法·····	(292)
第三节 挡土墙 ·····	(298)
一、重力式挡土墙·····	(299)
二、悬臂式和扶壁式挡土墙·····	(304)
三、锚杆挡土墙·····	(304)
四、加筋土挡土墙·····	(305)
第四节 滑坡 ·····	(305)
一、滑坡的形态特征及分类·····	(305)
二、滑坡形成的地质条件及影响因素·····	(306)
三、滑坡的预防措施·····	(308)
四、滑坡的整治·····	(308)
第五节 崩塌 ·····	(314)
一、崩塌的形成条件·····	(314)
二、崩塌的防治·····	(315)

第十二章 基础工程数值分析简介

第一节 概述 ·····	(316)
---------------------	---------

第二节	地基上梁板分析的地基模型	(316)
一、	文克尔地基模型	(317)
二、	半空间地基模型	(317)
三、	压缩层地基模型	(318)
第三节	地基上梁的有限差分法解	(318)
一、	差分方程组的建立	(318)
二、	差分方程组的解	(320)
第四节	地基上梁的有限单元法解	(321)
一、	计算图式及单元分析	(321)
二、	整体分析	(322)
第五节	地基上板的数值分析	(325)
一、	有限差分法	(325)
二、	有限元法	(328)
第六节	单桩工作性状分析	(329)
一、	单桩轴向荷载传递分析	(329)
二、	波动方程在桩的性状分析中应用	(331)
第七章	地基工程应用	(331)
第一节	地基工程应用	(331)
一、	地基工程应用	(331)
二、	地基工程应用	(331)
三、	地基工程应用	(331)
四、	地基工程应用	(331)
五、	地基工程应用	(331)
六、	地基工程应用	(331)
七、	地基工程应用	(331)
八、	地基工程应用	(331)
九、	地基工程应用	(331)
十、	地基工程应用	(331)
十一、	地基工程应用	(331)
十二、	地基工程应用	(331)
十三、	地基工程应用	(331)
十四、	地基工程应用	(331)
十五、	地基工程应用	(331)
十六、	地基工程应用	(331)
十七、	地基工程应用	(331)
十八、	地基工程应用	(331)
十九、	地基工程应用	(331)
二十、	地基工程应用	(331)
第八章	地基工程应用	(331)
第一节	地基工程应用	(331)
一、	地基工程应用	(331)
二、	地基工程应用	(331)
三、	地基工程应用	(331)
四、	地基工程应用	(331)
五、	地基工程应用	(331)
六、	地基工程应用	(331)
七、	地基工程应用	(331)
八、	地基工程应用	(331)
九、	地基工程应用	(331)
十、	地基工程应用	(331)
十一、	地基工程应用	(331)
十二、	地基工程应用	(331)
十三、	地基工程应用	(331)
十四、	地基工程应用	(331)
十五、	地基工程应用	(331)
十六、	地基工程应用	(331)
十七、	地基工程应用	(331)
十八、	地基工程应用	(331)
十九、	地基工程应用	(331)
二十、	地基工程应用	(331)

绪 论

一、地基与基础的基本概念

地球上的所有建筑物，无论是高楼大厦还是棚屋茅舍，均以地球为依托，其所有荷载最后均由地球来承担。凡是因建筑物荷载作用而产生应力和变形的岩体或土体，统称为地基。而基础则为安全和可靠地将建筑物荷载传递给地基的地下结构部分，是建筑物地上结构的延续，称为基础工程(图1)。

地基在多数情况下，是直接利用天然形成的(岩)土体，即直接利用地球表壳的表层来承力。地球是自然产物。地球表面的岩土性质极其复杂，因岩土的性质与其形成过程、物质组成成分、气候条件及环境因素有关，这些形成条件目前尚不能在试验室条件下模拟出来，也还不能用一种数学模式表现出来。为解决建筑工程中的有关问题，必须凭借工程地质学的原理和方法，来充分了解地层的成因和构造，分析岩土的工程特性，研究场地的不良地质现象和水文地质条件，提供设计计算用的必要参数。

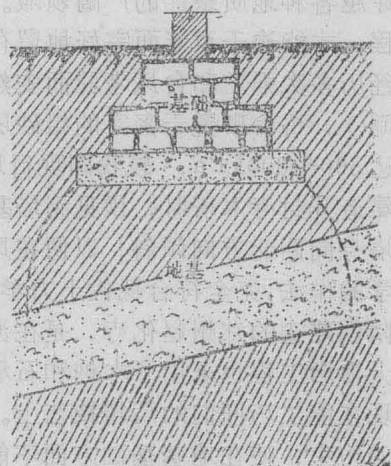


图1 地基与基础示意图

建筑物的建造，使地壳表层岩土的状态发生了变化，这就要求用土力学的原理计算地基的变形和强度稳定性。对于大多数建筑物来说，只要选择适当的基础型式，对地基进行认真的计算，天然的地层不需任何处理便可作为建筑物的地基，这种地基称为天然地基。但是某些地层，由于强度太低或压缩性太大，不足以承受建筑物的荷载，从而需采取种种处理措施，使其强度提高或降低压缩性，使地层适应建筑物荷载的需要，这种经过处理后的地基称为人工地基。

下部基础是建筑结构的一部分，它的任务是将上部结构的荷载妥善地传递给地基，并保证上部结构的安全和稳定。基础工程的型式较多，但概括起来可分为两大类，即浅基础和深基础。一般认为：当基础埋置深度大于5.0 m时，称为深基础，因为基础埋置深度超过一定深度后，基础侧壁与土层间相互作用，不应忽略，此时基础的施工也常需采取某些特殊的措施，如沉井、沉箱、打桩等。浅基础的埋置深度一般小于5.0 m，基础的施工也只需开挖基坑及排水等普通施工工艺，不需特殊的施工方法。

地基基础作为一门学科，重点研究地基与基础工程间的有关问题。建筑物的地基、基础及上部结构三大部分，各自功能不同，研究方法各异，但三者却是彼此联系、相互制约、共同工作的整体，研究时不应将其单独割裂。但是目前要将该三部分完全统一地进行设计和计算，还有相当的困难，还只能进行单独的计算，综合分析，统一采取相应的

措施。事实证明,在处理地基基础有关问题时,考虑到与上部结构共同工作,将对地基基础问题的处理有所补益。众所周知,基础不均匀沉降将在上部结构上产生附加应力;若反过来说,如上部结构有较大的安全储备,则可能忍受由于基础发生不均匀沉降而产生的附加应力,从而补偿了地基基础的不足。因此考虑地基基础与上部结构共同工作,在结构设计中至关重要。

二、历史的简单回顾

人类从事建筑事业,已有数千年的历史,在这漫长的历史长河中,人类不断地探索地基基础新工艺。我国是世界文明古国,远古先民在史前的建筑活动中,便已创造了自己的地基基础工艺。根据考古发掘,我国陕西省西安市半坡村新石器时代遗址和殷墟遗址中,都发现有“土台”和“石础”的基础型式。我国历代修建的无数建筑物,均出色地体现了地基基础方面的高超技艺,举世文明的万里长城和南北大运河,蜿蜒千万里,成功地穿越各种地质条件的广阔领域。宏伟壮丽的宫殿庙宇,要依靠精心设计和建造的基础工程,才能逾千百年而完好地留存至今。遍布全国各地的巍巍宝塔,由于奠基牢固,才能经历多次强震和台风考验而安然无恙。隋朝石匠李春建造的赵州桥(公元605~616年间),桥台砌置于密实的粗砂层上,历时一千三百多年而完好无损,经验算基底压力竟达500~600kPa,较我国现行地基基础设计规范取值还高。北宋木匠喻浩于公元898年建造开封寺木塔时,预见到塔基土质不均匀而可能产生的不均匀沉降,施工时有意地使塔身向西北方向倾斜,以便在风力和自重作用下自动扶正,取得了良好的效果。这些科学的作法,完全符合现代土力学的基本原理。我国在利用木桩作基础方面,也由来已久。隋朝建造的郑州赵化寺,是在淤泥地基中打入木桩而形成的塔基;杭州湾五代时期的大海塘工程也采用了木桩和石承台。我国劳动人民无数的地基基础实践经验,充分地体现在能工巧匠们的高超技艺上。但由于我国长期的封建统治,受到当时生产力发展水平的约束,使在地基基础方面不能发展成一门独立的学科。

作为本学科理论基础的“土力学”,其开端始于十八世纪的欧洲。当时欧洲兴起了工业革命,随着资本主义工业化的发展,为满足向外扩展市场的需要,对交通运输、工业房屋、军事设施提出了越来越高的要求,建筑结构更趋复杂,荷载量也逐渐增大,迫使人们去研究有关土力学的基本理论,以适应日益发展的生产力的需要。1773年法国C·A·库伦(Coulomb)为解决挡土墙上的土压力问题,发表了著名的砂土抗剪强度公式,提出了计算挡土墙上土压力的滑楔理论。90多年后,英国W·J·M·朗金(Rankine, 1869)又从强度理论方面提出了与库伦理论的结果相同,且能适用于粘性土中的又一种土压力理论。此外,法国J·布辛尼斯克(Boussinesq, 1885)得出了半无限弹性体在竖向集中力作用下的应力和变形的理论解;瑞典W·费兰纽斯(Fellenius, 1922)为解决铁路塌方问题提出了土坡稳定的分析解。这一系列课题的解答,为“地基基础”形成一门独立学科奠定了初步的理论基础。

经过一个多世纪的长期酝酿,许多学者通过不懈地努力,继承前人研究成果的同时,不断地总结、提高与发展,为地基基础学科的完善作出了重大贡献。1925年美国K·太沙基(Terzaghi)归纳并发展了已往的成就,发表了著名的《土力学》一书,接着又于1929年发表了《工程地质学》,这些比较系统完整的科学著作的出版,标志着本

学科作为一门独立学科的出现。本学科虽较土木工程中的其它学科起步较晚,但发展较快,特别从 50 年代起,新的科技成就渗入了地基基础学科领域,在解决测试技术自动化现代化的同时,人们对岩土的性质有了更深的认识,地基基础学科更出现了令人瞩目的发展。

在土力学理论方面,我国学者的某些成就在国际上有较大的影响。例如 50 年代,陈宗基教授对土流变学和粘土结构的研究;黄文熙教授关于砂土振动液化的研究及考虑土侧向变形的地基变形计算方法的提出,都对现代土力学的发展作出了重大的贡献。近十多年来,由于电算技术的普遍应用,我国在土力学的研究中,把变形和强度问题统一起来加以考虑已取得一定成果,现在应用于土力学分析的非线性模型,已有 20 多种,国内已开始对其中的某些计算模型应用于实际问题的分析中,并对其可靠性和适用条件进行系统研究。我国还对各种基础的结构性能和设计方法,进行了不少的研究和改进;根据我国的国情发展了各种新的基础结构型式。在利用波动方程解来计算桩基础的承载力方面,我国学者的研究工作,已进入世界先进水平的行列。此外,我国在湿陷性黄土地基、软土地基、山区地基、膨胀土地基、红粘土地基、冻土地基等区域性地基方面,通过长期的专门研究和认真的实践,已基本掌握了这些地基的工程特性,创造了一整套行之有效的勘察、设计、地基处理等方法,并制订了自己的设计施工技术规范。

三、本学科的重要性与学习方法

地基基础工程是一切建筑物赖以存在的根本,它又常隐蔽于地下,因此它的工程质量直接关系着建筑物的安危。客观的事实说明:在建筑物的失败事例中,地基基础问题所占比例极大,而且地基基础事故一旦发生,进行补救也相当困难,地基基础工程需要的费用,占建筑物总投资额的比例也是惊人的,一般约占总投资额的 10~20% 甚至更多。地基基础在建筑工程中的重要性,是显而易见的。

国际上不少有名的地基基础工程失败事例,应引以为训。加拿大的特朗斯康谷仓 (Transcona Grain Elevator) 建于 1931 年(图 2),当时由于不了解深部有软土存在,建成后初次贮存谷物时,谷仓西侧突然陷入土中 8.8 m,东侧下沉 1.5 m,整体倾斜了 $26^{\circ}53'$;经核算基底的平均压力为 320 kPa,超过了地基的极限承载力。这是地基发生强度破坏和建筑物丧失稳定性的典型例子,幸好该谷仓的整体刚度较强,仓身没有破坏,用

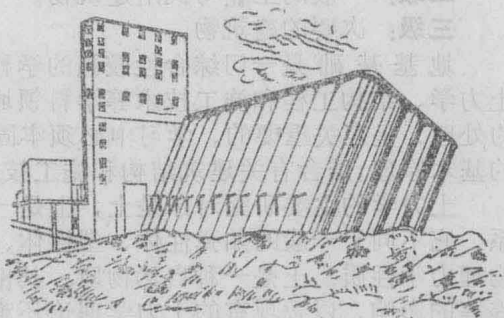


图 2 加拿大特朗斯康谷仓

强大千斤顶矫正仍可使用。著名的意大利比萨斜塔(图 3),建于 1173 年,塔高 58 m,共八层,自重 144 MN。当年修建至第二层(高 24 m)时,便发现有不均匀沉降,近几年来,每年塔身倾角增加 10 s、下沉量增加 300 mm,到现在塔身总下沉量已达 3 m,塔顶水平偏移为 5.3 m;若不进行地基加固处理,则该塔难以保存。墨西哥城的国家剧院,是下沉量过大的例子,该剧院建造在火山灰沉积的湖相盆地里,土层异常松软,剧院投入使用后下沉了约一个楼层,以致剧院入口不得不低于地面。由于地基基础处理不当而导致建筑

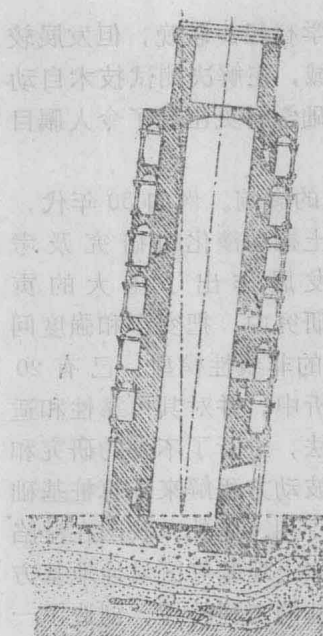


图3 比萨斜塔

失败的例子，不胜枚举。

成功地处理地基基础的例子也很多。我国50年代建成的武汉长江大桥，其基础工程的设计，采用了“管柱基础”，从而解决了地质条件复杂、长江水深流急、桥梁荷载量大、施工季节短等困难，成功地架设了长江第一桥。中国革命历史博物馆场地位于旧护城河的河床上，河床淤泥强度太低，通过研究，采用化学加固处理地基，解决了工期短、质量要求高等问题。鞍钢十号高炉，建立在厚薄不均的压缩性土层上，考虑到产生不均匀沉降的必然性，建造时使高炉有意地向土层薄的一侧倾斜，建成后高炉恰好恢复到直立的位置，保证了生产、节约了投资。类似成功的事例还有很多，只要严格遵循基本建设程序，在勘察、设计和施工各个环节严格把关，地基基础事故是可避免的。

地基基础损坏后，将给建筑物造成极其严重的后果，重新修复不容易，但是也不能因此盲目地加大安全系数，增加大量工程地质勘察、地基基础设计与计算的工作量，更无必要

盲目地采取某些价值昂贵的地基基础处理措施。正确的方法是根据建筑物的安全等级，布置适当的工作量和恰如其分的处理措施。建筑物安全等级是指由于地基损坏而造成建筑物破坏后果的严重程度，如危及人的生命、造成经济损失、造成的社会影响以及修复的可能性等等。根据《建筑结构设计统一标准》的规定，按结构破坏可能产生的后果严重性，采用三级划分。“一级”是后果很严重；“二级”是后果严重；“三级”是后果不严重。按照《建筑结构设计统一标准》的规定，同时考虑到地基基础的特点，建筑物的三个安全等级划分如下：

一级：重要的工业与民用建筑物；20层以上的高层建筑；体型复杂的14层以上的高层建筑；对地基变形有特殊要求的建筑物；单桩荷载在4000kN以上的建筑物。

二级：一般的工业与民用建筑物。

三级：次要的建筑物。

地基基础是一门综合性较强的学科，课程内容比较广泛，它涉及到工程地质学、土力学、结构工程和施工技术等领域。工程地质学的基本知识，对地基基础问题的处理，是至关重要的。学习中必须牢固掌握土中应力、变形、强度和稳定等土力学的基本原理，结合有关建筑结构和施工技术的理论与知识，来分析和解决地基基础问题。

土力学的主要研究对象是土，土是一种由固态、液态和气态物质组成的三相松散体系，它不同于一般的如弹性体、塑性体、流体或粘滞体等各种连续体，而具有更复杂的物理力学性质。土是一种自然物质，其性质又受环境条件如气候、地形、成因、地下水等等的影 响，以致现有的土力学理论还难以完全模拟和概括天然土层在荷载作用下的力学性状全貌。所以土力学虽是指导地基基础工程实践的理论基础，又不能单纯依赖理论计算，正确的方法是强调理论与实践相结合，即在按照土力学基本理论计算的基础上，对土力学未能概括和模拟的某些条件进行经验修正，这就要求建筑工程工作者随时注意收集和积累有关经验，以便对计算结果进行修正。我国地基基础设计规范，收集和整理了全国各地的建筑经验，规范中提出的有关修正值，对一般的地基基础工程的设计和处理，可以采用。但是我国幅员广大地域辽阔，自然地理条件各异、土质不一，规范不能全部概括，必须吸取各地的成功经验，在地基基础的设计、处理和施工中予以借鉴。