



21世纪全国高职高专土建系列**技能型**规划教材

地基与基础

主 编 肖明和 王渊辉

张 毅

副主编 邓庆阳 陈玉萍



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材

地基与基础

主 编	肖明和	王渊辉	张 毅
副主编	邓庆阳	陈玉萍	
参 编	穆 兰	赵 娜	葛春兰
	孙 勇	贾玉勇	赵 伟

江苏工业学院图书馆
藏书章



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据高职高专院校土建类专业的教学要求,并按照国家颁布的有关设计新规范、新标准编写而成。

本书共分 12 章,主要内容包括绪论、土的物理性质及工程分类、地基土中的应力计算、地基的变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、建筑场地的工程地质勘察、浅基础设计、桩基础与深基础、基坑围护、地基处理及区域性地基。本书结合高等职业教育的特点,强调针对性和实用性。

本书可作为高职高专建筑工程技术、工程造价、工程监理及相关专业的教学用书,也可作为土建类工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/肖明和,王渊辉,张毅主编.—北京:北京大学出版社,2009.1

(21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-14471-8

I. 地… II. ①肖… ②王… ③张… III. ①地基—高等学校:技术学校—教材 ②基础(工程)—高等学校:技术学校—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 003771 号

书 名:地基与基础

著作责任者:肖明和 王渊辉 张 毅 主编

策 划 编 辑:赖 青 杨星璐

责 任 编 辑:杨星璐

标 准 书 号:ISBN 978-7-301-14471-8/TU·0060

出 版 者:北京大学出版社

地 址:北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址:<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话:邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱:pup_6@126.com

印 刷 者:北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者:北京大学出版社

经 销 者:新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 540 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定 价:39.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024

电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书是根据高等职业院校土建类专业地基与基础课程教学基本要求,并结合高职高专教学改革的实践经验,为适应高职高专教育的需要而编写的。

本书共分 12 章。

第 1 章:绪论,要求掌握地基与基础的概念、重要性及学习要求。

第 2 章:土的物理性质及工程分类,这是本书的基本知识,要求学生熟练掌握土的物理指标的概念及换算方法,掌握土的分类方法。

第 3 章:地基土中的应力计算。

第 4 章:地基的变形。

第 5 章:土的抗剪强度与地基承载力。

其中第 3 章至第 5 章是土力学的基本理论部分,也是本书的重点内容,要求学生掌握土中应力的分布规律及计算方法、两种地基沉降的计算方法;掌握土的抗剪强度定律、抗剪强度指标的测定方法;掌握地基承载力的确定方法。

第 6 章:土压力与土坡稳定,要求学生掌握各种情况下土压力的计算方法;掌握重力式挡土墙的设计及土坡的稳定分析方法。

第 7 章:建筑场地的工程地质勘察。

第 8 章:浅基础设计。

第 9 章:桩基础与深基础。

第 10 章:基坑围护。

第 11 章:地基处理。

第 12 章:区域性地基。

其中第 7 章至第 12 章是关于地基与基础的勘察、设计、基坑围护以及地基处理和区域性地基的有关知识,要求学生能够熟练地阅读和应用建筑场地的工程地质勘察报告;掌握天然地基上浅基础设计的一般方法、基坑围护方法以及各类软弱土地基处理的方法等。

为适应高等职业院校培养高技能、应用型人才的需要,本书在编写过程中,按照国家颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)等有关新规范、新标准,以培养技术应用能力为主线,对基本理论的讲授以应用为目的,以必需、够用为原则,强调针对性和实用性,将理论与工程实际相联系,体现了高等职业教育的特点。

本书由肖明和、王渊辉、张毅担任主编,邓庆阳、陈玉萍担任副主编。参加编写的人员及分工如下:济南工程职业技术学院肖明和编写第 1 章、第 8 章部分内容;山东城市建设职业学院张毅编写第 2 章;阳泉职业技术学院邓庆阳编写第 3 章、第 4 章;开封大学孙勇编写第 5 章;内蒙古机电职业技术学院葛春兰编写第 6 章;石家庄铁路职业技术学院穆



兰编写第 7 章、第 10 章部分内容；济南工程职业技术学院赵娜编写第 8 章部分内容；焦作大学陈玉萍编写第 9 章、第 11 章部分内容；开封大学王渊辉编写第 12 章；济南四建(集团)有限公司贾玉勇编写第 10 章部分内容；中建八局第一建设有限公司赵伟编写第 11 章部分内容。本书建议采用 60~80 学时，部分章节可根据地区性差异进行取舍。

本书在编写过程中参考了国内外同类教材和相关的资料，在此，表示深深的谢意！并对为本书付出辛勤劳动的编辑同志们表示衷心的感谢！由于水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。联系 E-mail: minghexiao@163.com。

编 者

2008 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1	4.5 建筑物沉降观测与地基允许 变形值	98
1.1 地基与基础的概念	2	本章小结	100
1.2 地基与基础的重要性	4	习题	101
1.3 本课程内容与学习要求	6	第 5 章 土的抗剪强度与地基承载力	103
1.4 地基与基础工程的发展概况	7	5.1 概述	105
本章小结	8	5.2 库仑定律与土的极限平衡条件	105
习题	8	5.3 土的抗剪强度的测定方法	111
第 2 章 土的物理性质及工程分类	9	5.4 饱和粘性土的抗剪强度	117
2.1 概述	10	5.5 无粘性土的抗剪强度	120
2.2 土的生成	11	5.6 地基的临塑荷载、临界荷载及 极限荷载	120
2.3 土的组成与结构构造	13	5.7 地基承载力的确定方法	127
2.4 土的物理性质指标	19	本章小结	131
2.5 无粘性土的密实度	24	习题	131
2.6 粘性土的物理特征	26	第 6 章 土压力与土坡稳定	134
2.7 土的渗透性	28	6.1 概述	135
2.8 土的压实原理	31	6.2 土压力的类型与影响因素	136
2.9 地基土(岩)的工程分类	32	6.3 静止土压力的计算	137
本章小结	37	6.4 朗肯土压力理论	138
习题	38	6.5 库仑土压力理论	142
综合实训	39	6.6 用规范法计算土压力	144
第 3 章 地基土中的应力计算	48	6.7 特殊情况下的土压力计算	146
3.1 土层自重应力	49	6.8 挡土墙设计	148
3.2 基底压力	50	6.9 土坡稳定分析	157
3.3 土中附加应力	53	本章小结	159
本章小结	67	习题	160
习题	68	综合实训	161
第 4 章 地基的变形	70	第 7 章 建筑场地的工程地质勘察	162
4.1 土的压缩性和压缩指标	71	7.1 概述	163
4.2 地基最终沉降量的计算	77	7.2 工程地质勘察的内容	163
4.3 应力历史对地基沉降的影响	89	7.3 工程地质勘察的方法	166
4.4 地基变形与时间的关系	92		



7.4 工程地质勘察报告	170	第 10 章 基坑围护	277
7.5 验槽与基槽的局部处理	175	10.1 概述	278
本章小结	178	10.2 基坑支护结构的类型及特点	281
习题	178	10.3 水泥土重力式挡墙设计	282
第 8 章 浅基础设计	180	10.4 排桩或地下连续墙式支护结构 设计	289
8.1 概述	181	10.5 土钉墙设计与施工	307
8.2 浅基础的类型及材料	184	10.6 基坑工程施工对环境的影响	308
8.3 基础埋置深度	190	本章小结	312
8.4 基础底面尺寸的确定	195	习题	313
8.5 地基的验算	197	第 11 章 地基处理	314
8.6 刚性基础设计	200	11.1 概述	315
8.7 墙下钢筋混凝土条形基础设计	203	11.2 换填法	318
8.8 柱下钢筋混凝土独立基础设计	207	11.3 排水固结法	322
8.9 柱下钢筋混凝土条形基础设计	214	11.4 密实法	324
8.10 十字交叉钢筋混凝土条形基础 设计	216	11.5 化学加固法	328
8.11 筏板基础	218	11.6 加筋	330
8.12 箱形基础	221	本章小结	332
8.13 减轻建筑物不均匀沉降的措施	222	习题	332
本章小结	225	第 12 章 区域性地基	334
习题	226	12.1 软土地基	335
第 9 章 桩基础与深基础	228	12.2 湿陷性黄土地基	338
9.1 概述	229	12.3 膨胀土地基	342
9.2 桩的类型及各类桩的主要特点	230	12.4 红粘土地基	345
9.3 单桩承载力	233	12.5 盐渍土地基	347
9.4 群桩承载力	248	12.6 冻土地基	349
9.5 桩基础设计	254	12.7 地震区的地基与基础问题	350
9.6 沉井基础	263	本章小结	356
9.7 地下连续墙	270	习题	356
9.8 高层建筑深基础	273	参考文献	359
本章小结	275		
习题	275		

第 / 章

绪 论

学习目标

通过本章的学习，了解地基与基础在工程中的重要性、地基与基础工程的发展概况；熟悉本课程的内容和学习要求；熟练掌握地基与基础的概念、地基与基础设计的基本要求。

学习要求

能力目标	知识要点	相关知识	权重
熟悉本课程的内容和学习要求	本课程各章的主要内容及学习要求	工程地质学、土力学、建筑结构、建筑材料及建筑施工	0.3
掌握地基与基础的概念	地基的概念、人工地基、天然地基；基础的概念、浅基础、深基础	土的概念、应力和变形、持力层、下卧层；建筑物上部结构和下部结构、基础埋置深度	0.5
掌握地基与基础设计的基本要求	地基承载力要求和变形要求、基础结构本身的强度和刚度要求	基础底面压力、建筑物允许变形值、地基反力	0.2



加拿大特朗斯康谷仓, 1913 年秋完工, 建筑面积 $59.44\text{m} \times 23.47\text{m}$, 高 31m , 容积 $36\,368\text{m}^3$, 由 65 个钢筋混凝土圆柱形筒仓组成, 基础采用钢筋混凝土筏板基础, 厚 61cm , 埋置深度 3.66m , 谷仓自重 $200\,000$ 吨, 相当于装满谷物后满载总重量的 42.5% 。建成当年 10 月第一次装谷子 $31\,822\text{m}^3$, 约 1h 后, 发现谷仓下沉达 30.5cm , 没有引起重视, 任其发展, 24h 内整座谷仓倾斜, 西端下沉 7.32m , 东端抬高 1.52m , 仓身整体倾斜 $26^\circ 53'$ 。由于谷仓整体刚度较高, 地基破坏后, 钢筋混凝土筒仓仍保持完整, 无明显裂缝。事故发生后, 经勘察发现, 谷仓的场地位于冰川湖的盆地中, 地基中存在冰河沉积的粘土层, 厚 12.2m , 粘土层上面是更近代沉积层, 厚 3.0m , 粘土层下面为固结良好的冰川下冰碛层, 厚 3.0m 。谷仓加载后使基础底面上的平均压力达 329.4kPa , 超过了地基的极限承载力 276.6kPa , 因而造成地基发生强度破坏而整体失稳。事后为了修复筒仓, 在基础下面设置了 70 多个混凝土墩, 支承在 16m 深的基岩上, 使用了 388 个 500kN 的千斤顶以及支撑系统, 逐渐将倾斜的筒仓纠正过来, 经过纠倾处理后, 谷仓于 1916 年起恢复使用, 但修复后的谷仓的位置比原来下降了 4m 。如图 1.1 所示。

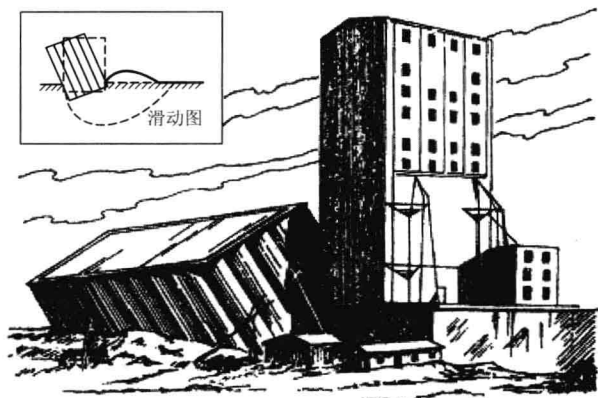


图 1.1 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

地基、基础和上部结构是建筑物系统的三大组成部分。在地基、基础设计中, 技术人员首先要选择一个适合上部结构的地基和基础。它应满足两个基本要求: 一是能承受上部建筑荷载; 二是不产生过大沉降及沉降差。从技术和经济的角度看, 地质资料越可靠, 就越可能获得最好的地基、基础设计方案。因此掌握地质资料在建筑地基设计中是十分重要的。

1.1 地基与基础的概念

1.1.1 土的概念

土是自然界岩石经过物理、生物和化学风化等作用所形成的产物, 是多种大小不同矿物颗粒的集合体。它是由固体土颗粒、水和空气三相物质组成的三相体系。土的最主要特点就是它的散粒性和多孔性, 以及由于它的自然条件和地理环境的不同所形成的具有明显区域性的一些特殊性质。

1.1.2 地基的概念

当土层承受建筑物的荷载作用后, 使土层在一定范围内改变其原有的应力状态, 产生

附加应力和变形, 该附加应力和变形随着深度的增加向周围土中扩散并逐渐减弱。我们将受建筑物影响在土层中产生附加应力和变形所不能忽略的那部分土层称为地基。

地基是有一定深度和范围的, 当地基由两层及两层以上土层组成时, 通常将直接与基础底面接触的土层称为持力层; 在地基范围内持力层以下的土层称为下卧层(当下卧层的承载力低于持力层的承载力时, 称为软弱下卧层), 如图 1.2 所示。

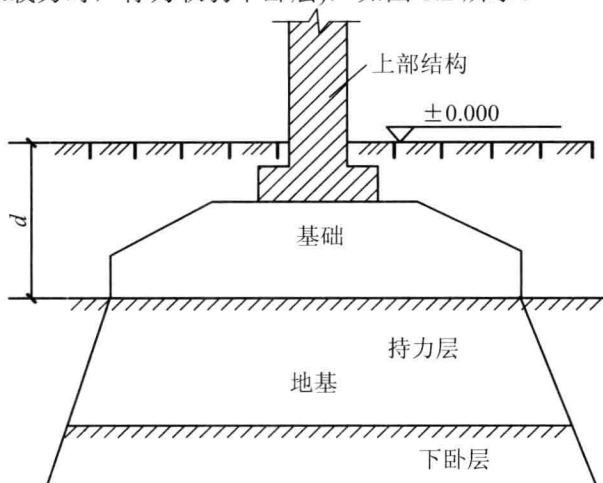


图 1.2 地基与基础示意图



特别提示

- 地基是有一定深度和范围的, 只有将土层中附加应力和变形所不能忽略的那部分土层才能称之为地基。

良好的地基应该具有较高的承载力和较低的压缩性, 如果地基土较软弱, 工程性质较差, 需对地基进行人工加固处理后才能作为建筑物地基的, 称为人工地基; 未经加固处理直接利用天然土层作为地基的, 称为天然地基。由于人工地基施工周期长、造价高, 而且基础工程的造价一般约占建筑物总造价的 10%~30%。因此, 建筑物应尽量建造在良好的天然地基上, 以减少基础部分的工程造价。



特别提示

- 天然地基不能计入工程总造价, 人工地基可以将经过人工加固处理的部分计入工程总造价。

1.1.3 基础的概念

建筑物的下部通常要埋入土层一定深度, 使之坐落在较好的土层上。我们将埋入土层一定深度的建筑物下部承重结构称为基础, 它位于建筑物上部结构和地基之间, 承受上部结构传来的荷载, 并将荷载传递给下部的地基, 因此, 基础起着上承和下传的作用, 如图 1.2 所示。

基础都有一定的埋置深度(简称埋深), 根据基础埋深的不同, 可分为浅基础和深基础。对一般房屋的基础, 若土质较好, 埋深不大($d \leq 5\text{m}$), 采用一般方法与设备施工的基础, 称



为浅基础,如独立基础、条形基础、筏板基础、箱形基础及壳体基础等;如果建筑物荷载较大或下部土层较软弱,需要将基础埋置于较深处($d > 5\text{m}$)的好土层上,并需采用特殊的施工方法和机械设备施工的基础,称为深基础,如桩基础、沉井基础及地下连续墙基础等。



特别提示

- 基础埋置深度是指设计室外地坪至基础底面之间的距离。

1.1.4 地基与基础设计的基本要求

为了保证建筑物的安全和正常使用,地基与基础设计应满足以下基本要求。

(1) 地基承载力要求:应使地基具有足够的承载力($\geq$ 基础底面的压力),在荷载作用下地基不发生剪切破坏或失稳。

(2) 地基变形要求:不使地基产生过大的沉降和不均匀沉降($\leq$ 建筑物的允许变形值),保证建筑的正常使用。

(3) 基础结构本身应具有足够的强度和刚度,在地基反力作用下不会发生强度破坏,并且具有改善地基沉降与不均匀沉降的能力。

1.2 地基与基础的重要性

基础是建筑物的主要组成部分,应具有足够的强度、刚度和耐久性,以保证建筑物的安全和使用年限,而且由于地基与基础位于地面以下,属隐蔽工程,它的勘察、设计和施工质量的好坏,直接影响建筑物的安全,一旦发生质量事故,其补救和处理往往比上部结构困难得多,有时甚至是不可能的。



应用案例 1-1

苏州市虎丘塔,位于苏州市西北虎丘公园山顶,原名云岩寺塔,落成于宋太祖建隆二年(公元 959—961),全塔七层,塔高 47.5m,塔底直径 13.66m。塔平面呈八角形,由外壁、回廊及塔心三部分组成,塔身全部砖砌,外形完全模仿楼阁式木塔,每层都有八个壶门,拐角处的砖特制成圆弧形,十分美观。1961 年 3 月 4 日国务院将此塔列为全国重点文物保护单位。虎丘塔地基为人工地基,由大块石组成,人工块石填土层厚 1~2m,西南薄,东北厚;下为粉质粘土,呈可塑至软塑状态,也是西南薄,东北厚;底部为风化岩石和基岩。由于地基土压缩层厚度土质不均匀及砖砌体偏心受压等原因,造成塔身向东北方向严重倾斜,塔顶偏离中心线 2.32m,塔身东北面出现若干条垂直裂缝,而西南面塔身裂缝则呈水平方向。后来对该塔地基进行了加固处理,第一期加固处理是在塔身周围建造了一圈桩排式地下连续墙,第二期加固处理是采用注浆法和树根桩加固塔基,基本控制了塔的继续沉降和倾斜。苏州市虎丘塔示意图如图 1.3 所示。

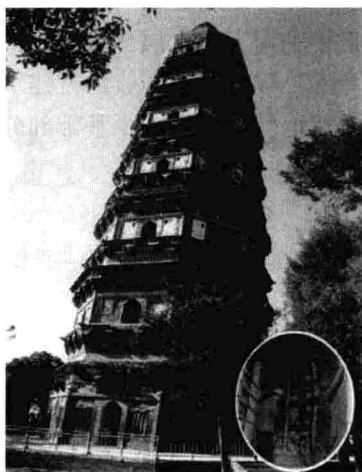


图 1.3 苏州市虎丘塔

应用案例 1-2

意大利比萨斜塔，位于比萨市北部，是比萨大教堂的一座钟塔，在大教堂东南方向约 25m 处，是一座独立的建筑，周围空旷。比萨斜塔的建造，经历了三个时期：第一期，于 1173 年 9 月 8 日动工至 1178 年，建至第 4 层、高度约 29m 时，因塔倾斜而停工；第二期，钟塔施工中断 94 年后，于 1272 年复工至 1278 年，建完第 7 层、高 48m 时，再次停工；第三期，经第二次施工中断 82 年后，于 1360 年再复工至 1370 年竣工，全塔共八层，高度为 55m。该塔地基土的土层分布从上至下依次为耕填土 1.6m、粉砂 5.4m、粉土 3.0m、粘土 15.5m、砂土 2.0m、粘土 12.5m、砂土 20.0m，地下水位深 1.6m，位于粉砂层。目前塔北侧沉降约 0.9m，南侧沉降约 2.7m，沉降差约 1.8m，塔倾斜约 5.5° ，塔顶偏离中心线 5.27m，等于我国虎丘塔塔顶偏离中心线距离的 2.3 倍。该塔建成六百多年，每年下沉约 1mm。由于钟塔的沉降在不断加大，为了游人的安全，该塔于 1990 年 1 月 14 日被封闭，并对塔身进行了加固，用压重法和取土法对地基进行了处理，目前，该塔已向游人开放，意大利比萨斜塔示意图如图 1.4 所示。

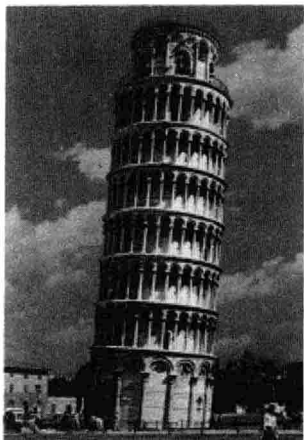


图 1.4 意大利比萨斜塔

【案例点评】

比萨钟塔倾斜的原因有：①钟塔基础底面位于第二层粉砂层中；由于施工不慎，南侧粉砂局部外挤，造成基础偏心受压，使塔南侧地基中的附加应力大于北侧，导致钟塔向南倾斜；②钟塔基底压力高达 500kPa，超过了持力层粉砂的地基承载力，地基产生塑性变形，使塔下沉，并且由于钟塔南侧的基底压力大于北侧，南侧地基的塑性变形必然大于北侧，使钟塔的倾斜加剧；③由于钟塔地基中的粘土层厚度达 28m，处于地下水位以下，呈饱和状态，在长期重荷作用下，土体发生蠕变，也是钟塔继续缓慢倾斜的一个原因；④在钟塔建成后的历史进程中，由于比萨平原的深层抽水，促使地下水位下降(相当于在地面进行大面积加载)，这是钟塔倾斜的重要原因。

应用案例 1-3

墨西哥市艺术宫，是一座巨型的具有纪念性的早期建筑，该艺术宫落成于 1904 年，至今已有 100 余年的历史。该建筑所处地区的土层分布为：地表层为人工填土与砂夹卵石硬壳层，厚度 5m；其下为超高压缩性淤泥，其天然孔隙比 e 高达 7~12，天然含水量 w 高达 150%~600%，为世界罕见的软弱土，厚度达 25m。在上部结构传来的荷载作用下，这座艺术宫严重下沉，沉降量高达 4m，临近的公路下沉 2m，致使公路路面至艺术宫门前高差达 2m，参观者需步下 9 级台阶，才能从公路进入艺术宫。这是地基沉降最严重的典型实例，墨西哥市艺术宫示意图如图 1.5 所示。



图 1.5 墨西哥市艺术宫



应用案例 1-4

日本新潟市公寓，在 1964 年 6 月 16 日发生的 7.5 级大地震中，由于当地大面积砂土地基产生了液化（地基土呈液态），致使地基丧失了承载力。据统计，此次地震共造成 2890 幢房屋受到不同程度的毁坏，其中新潟市 3 号公寓高层建筑为其中之一。地震后，3 号公寓因地基土发生液化，被震沉并倾斜成约 65° ，无法使用，房屋的上部结构经检查仍完好，并未损坏。日本新潟市 1964 年震害状况如图 1.6 所示。

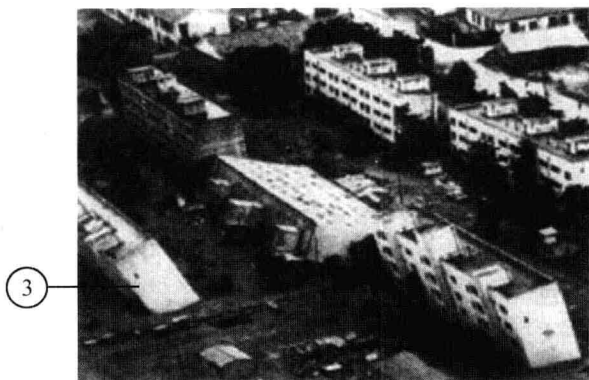


图 1.6 日本新潟市 1964 年震害

以上工程案例足以说明地基与基础的重要性，因此，在对地基与基础进行设计时，一定要充分掌握地基土的工程性质，要从实际出发，做出多种方案进行比较，以免发生工程事故。

1.3 本课程内容与学习要求

地基与基础是一门理论性和实践性均较强的专业课，它涉及工程地质学、土力学、建筑结构、建筑材料及建筑施工等学科领域，所以内容广泛、综合性强，学习时应理论联系实际、抓住重点、掌握原理、搞清概念，从而学会设计、计算与工程应用。从建筑工程技术专业的要求出发，学习本课程时应注意以下几方面内容。

(1) 应该重视工程地质基本知识的学习，掌握土的物理性质指标，培养学生阅读和使用工程地质勘察资料的能力，能够在工程现场进行验槽。

(2) 要紧紧抓住土的应力、变形、强度这一核心问题，掌握土的自重应力和附加应力的计算、地基变形的计算及地基承载力的确定。

(3) 应用已掌握的基本概念和原理并结合建筑结构理论和施工知识，能够熟练地进行浅基础和深基础的设计、挡土墙的设计、软弱土的地基处理及基坑围护设计等，从而提高学生分析和解决地基与基础方面的工程问题。

本书共分 12 章：第 1 章“绪论”，要求掌握地基与基础的概念、重要性及学习要求。第 2 章“土的物理性质及工程分类”，是本课程的基本知识，要求熟练掌握土的物理指标的概念及换算方法；掌握土的分类方法。第 3 章“地基土中的应力计算”、第 4 章“地基的变形”、第 5 章“土的抗剪强度与地基承载力”，是土力学的基本理论部分，也是本课程的重点内容，要求学生掌握土中应力的分布规律及计算方法、两种地基沉降的计算方法；

掌握土的抗剪强度定律、抗剪强度指标的测定方法；掌握地基承载力的确定方法。第6章“土压力与土坡稳定”，要求掌握各种情况下土压力的计算方法；掌握重力式挡土墙的设计及土坡的稳定分析方法。第7章“建筑场地的工程地质勘察”至第12章“区域性地基”，是关于地基与基础的勘察、设计、基坑围护以及地基处理和区域性地基的有关知识，要求学生能够熟练地阅读和应用建筑场地的工程地质勘察报告；掌握天然地基上浅基础设计的一般方法、基坑围护方法，以及各类软弱土地基处理的方法等。

1.4 地基与基础工程的发展概况

地基与基础是土木工程领域的一个重要分支，是人类在长期的生产实践中发展起来的。它既是一项古老的工程技术，又是一门年青的应用学科。早在几千年以前，我们的祖先就已在建筑活动中创造了自己的地基与基础工艺。例如：①在我国西安半坡村新石器时代遗址的考古发掘中，就发现有土台和石础，这就是古代建筑的地基与基础形式；②公元前2世纪修建的举世闻名的万里长城及后来修建的京杭大运河等，如果不处理好有关地基与基础问题，怎么能够穿越各种地质条件的广阔地区，而被誉为亘古奇观；③遍布各地的巍巍高塔，宏伟壮丽的宫殿、寺院等都必须有坚固的地基与基础，才能历经千百年多次强震、强风暴的考验而留存至今。

应用案例 1-5

赵州桥，又名安济桥，坐落在石家庄东南约四十多公里赵县城南洨河之上，当地俗称为大石桥，建于隋代大业元年至十一年(公元605—616)，由著名石匠李春修建，是世界上现存最早、保存最好的石拱桥，1991年被美国土木工程学会命名为“国际土木工程历史古迹”，标志着赵州桥与巴黎埃菲尔铁塔、巴拿马运河、埃及金字塔等世界著名景观齐名。该桥是一座单孔弧形敞肩石拱桥，大桥通体用巨大花岗岩石块组成，由28道独立石拱纵向并列砌筑而成，全长64.4m，宽9m，净跨37.02m。赵州桥最大的科学贡献，就在于它的“敞肩拱”的创造，即在大拱的两肩，砌了四个并列的小孔，既增大了流水通道、节省石料、减轻桥身重量，又有利于小拱对大拱的被动压力，增强了桥身的稳定性。而桥台则设置成既浅又小的普通矩形，厚度仅1.529m，由五层排石垒成，砌置于密实的粗砂层上，基底压力约为500~600kPa，1400多年来沉降甚微(仅约几厘米)，这就有力地保证了赵州桥在漫长的历史过程中，经受住无数次洪水的冲击，八次大地震的摇撼，以及车辆的重压，至今仍安然无恙。如图1.7所示。

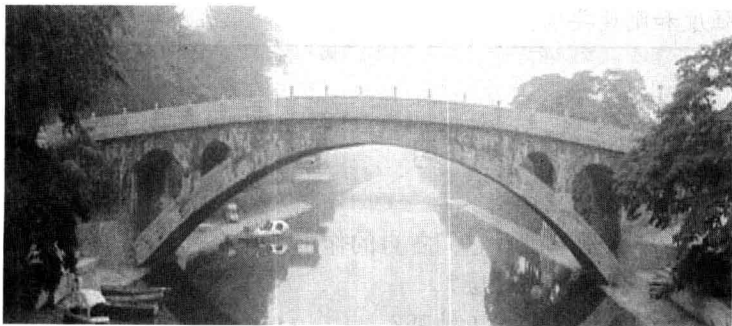


图 1.7 赵州桥——世界最古老的敞肩石拱桥

大量的工程实践证明，我国古代劳动人民在长期的工程实践中，已经积累了有关地基与基础方面极其宝贵的知识和经验，但由于受到当时生产力水平的限制，还未能提炼成为系统的科学理论。



18 世纪欧洲工业革命开始以后,随着资本主义工业化的发展,城市建设、水利、道路等的兴建推动了土力学的发展。1773 年法国的库仑(Coulomb)根据试验创立了著名的土的抗剪公式,提出了计算挡土墙土压力理论;1857 年英国的朗肯(Rankine)通过不同假定,又提出了另一种计算挡土墙土压力理论;1885 年法国的布辛奈斯克(Boussinesq)求得了弹性半空间在竖向集中力作用下,应力和变形的理论解答等。这些古典的理论和方法,直到今天,仍在广泛应用。到了 20 世纪 20 年代,太沙基(Terzaghi)在归纳并发展了前人研究成果的基础上,分别发表了《土力学》和《工程地质学》等专著,这些比较系统完整的科学著作的出现,带动了各国学者对本学科各方面进行研究和探索,并取得不断的进展。自从 1936 年在美国召开第一届国际土力学与基础工程会议起至今,已召开了十余次国际会议,提交了大量的论文、研究报告和技术资料。我国也从 1962 年开始定期召开全国性的土力学与基础工程学术研讨会,这标志着我国在土力学与基础工程领域的迅速发展又迈入了一个新的里程碑。

近年来,由于土木工程建设的需要,特别是计算机的应用和实验测试技术的提高,使得地基与基础工程,无论在设计理论方面,还是施工技术方面,都取得了迅猛的发展。例如:在地基处理方面,出现了如强夯法、砂井堆载预压法和真空预压法、振冲法、深层搅拌法、高压喷射注浆法、加筋法及树根桩法等;在基础方面,出现了如补偿性基础、桩-箱基础、桩-筏基础、沉井基础及地下连续墙基础等。

本章小结

1. 由于地基与基础属于隐蔽工程,其勘察、设计和施工质量的好坏,直接影响建筑物的安全,一旦发生质量事故,其补救和处理往往比上部结构困难得多,有时甚至是不可能的,因此,必须重视地基与基础在整个建筑物中的重要性。

2. 由于地基与基础是一门理论性和实践性均较强的专业课,其内容广泛、综合性强,因此,要求学生应熟悉本课程各章节内容及正确的学习方法,才能不断提高学生分析和解决地基与基础工程中存在的实际问题的能力。

3. 熟练掌握地基的概念及分类,如果根据基础下部的土层来划分,可分为持力层和下卧层(软弱下卧层),如果根据地基是否经过人工加固处理来划分,可分为人工地基和天然地基。

4. 熟练掌握基础的概念及分类,根据基础埋置深度、采用的施工方法及施工机械来划分,可分为浅基础和深基础。

5. 熟练掌握地基与基础设计的基本要求,即地基承载力要求、地基变形要求及基础结构本身的强度和刚度要求。

习 题

1. 什么是地基?什么是基础?它们各自的作用是什么?
2. 什么是持力层?什么是下卧层?
3. 什么是天然地基?什么是人工地基?
4. 什么是浅基础?什么是深基础?
5. 简述地基与基础设计的基本要求。
6. 简述与地基基础有关的工程事故主要有哪些。

第2章

土的物理性质及工程分类

学习目标

了解土的形成过程，理解土的基本概念及其结构构造特点；理解土的三相组成，明确土是由土粒、水和空气组成的三相体，掌握土的粒径级配的分析方法；理解各种土物理性质指标和状态指标的定义及表达式，能根据指标判别土的性状；理解土的三相比比例指标的定义并掌握其计算方法，建立土的三相图，掌握各指标的定义和公式，推导换算公式；了解表征土的状态指标，掌握如何利用这些指标对土的状态作出判断；掌握测定土的重度、相对密度、含水量的方法，掌握颗分试验、击实试验原理，能够正确使用液塑限联合测定仪。

学习要求

能力目标	知识要点	相关知识	权重
会通过颗分试验绘出颗粒级配曲线，并会用颗粒曲线判别土的颗粒级配的优劣	土的组成与结构	土的固体颗粒； 土中的水和气； 土的结构和构造	0.2
会测定土的物理性质和物理状态指标，并会进行有关指标的换算	土的物理性质指标； 土的物理状态指标	土的三相比比例指标	0.3
能根据击实试验成果确定有关压实参数，并会进行填土压实质量的检查	土的压实原理	粘性土击实性的影响因素； 土体密实度的评价方法； 液、塑限含水率的测定方法和塑性指数、液性指数的概念及其作用； 粘性土的灵敏度和触变性； 填土压实的质量控制标准	0.3
能对土体分类、定名	地基土(岩)的分类	岩石、无粘性土、粉土、粘性土、特殊土的工程分类	0.2



引例

宝城大厦，该大厦建于某一山坡上，1972年雨季来临时，由于当时出现了连续的大暴雨，引起了山坡上残积土软化而滑动。7月18日清晨7时左右，数万立方米残积土从山坡上下滑，巨大的冲击力正好通过一幢高层住宅——宝城大厦，顷刻之间，宝城大厦被冲毁倒塌。因楼间净距太小，宝城大厦倒塌时，砸毁相邻一幢大楼一角约五层住宅。当时宝城大厦居住着金城银行等银行界人士，由于人们都还在睡梦中，当场死亡120人，这起重大伤亡事故引起了西方世界极大的震惊。宝城大厦滑坡示意图如图2.1所示。



图 2.1 宝城大厦滑坡

原因分析：山坡上残积土本身强度较低，加之雨水入渗使其强度进一步大大降低，使得土体滑动力超过土的强度，于是山坡土体发生滑动。由此可见，掌握土的物理力学性质及正确评价土的工程特性具有重要作用。

2.1 概 述

土是连续、坚固的岩石在风化作用下形成的大小悬殊的颗粒，经过不同的搬运方式，在各种自然环境中生成的沉积物。在漫长的地质年代中，由于各种内力和外力地质作用形成了许多类型的岩石和土。岩石经历风化、剥蚀、搬运、沉积生成土，而土历经压密固结、胶结硬化也可再生成岩石。

土的物质成分包括有作为土骨架的固态矿物颗粒、孔隙中的水及其溶解物质以及气体。自然界中土的性质是千变万化的，在工程实际中具有意义的是由颗粒(固相)、水(液相)和气(气相)所组成的三相体系的比例关系、相互作用以及在外力作用下所表现出来的一系列性质。土的物理性质是指三相的质量与体积之间的相互比例关系及固、液二相相互作用表现出来的性质。前者称为土的基本物理性质，主要研究土的密实程度和干湿状况；后者主要研究粘性土的可塑性、胀缩性及透水性等。各种土的颗粒大小和矿物成分差别很大，土的三相间的数量比例也不尽相同，而且土粒与其周围的水又发生了复杂的物理化学作用。所以，要研究土的性质就必须了解土的三相组成以及在天然状态下土的结构和构造等特征。

土的三相组成、物质的性质、相对含量以及土的结构构造等各种因素，必然在土的轻重、松密、干湿、软硬等一系列物理性质和状态上有不同的反映。土的物理性质又在一定程度上决定了它的力学性质，所以物理性质是土的最基本的工程特性。