

土力学与基础工程

主编 李丽民 蒋建清 林宇亮
主审 李栋伟



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



土力学与基础工程

主 编 李丽民 蒋建清 林宇亮

主 审 李栋伟

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本教材以工程应用为主旨,突出学生专业技术应用能力的培养,采用渐进式项目结构,注重基本理论和原理的整合,以实现土力学和基础工程教学内容的连续系统化。全书内容包括:土的物理性质与工程分类,地基中的应力计算,土的变形性质与地基沉降计算,土的抗剪强度,土压力、地基承载力和土坡稳定,浅基础设计,桩基础及其他深基础,基坑工程,地基处理及复合地基,特殊土地基处理等内容。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

土力学与基础工程/李丽民,蒋建清,林宇亮主编. —北京:北京理工大学出版社,2016.3
ISBN 978-7-5682-1753-8

I. ①土… II. ①李…②蒋…③林… III. ①土力学②基础(工程) IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第316330号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 27

字 数 / 650千字

版 次 / 2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷

定 价 / 75.00元

责任编辑 / 高 芳

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

本书力求实现土力学和基础工程的有机结合,并保持各自的独立性。在教材的内容体系安排上,考虑了有些院校将“土力学”和“基础工程”分开设课的实际情况。本书既能满足“土力学与基础工程”设课的教学需要,又可满足“土力学”和“基础工程”分别设课的教学要求。

本书采用任务驱动式教材模式,以工程应用和学生的能力培养为导向,密切结合应用型本科人才培养目标要求和最新规范、采用任务目标、典型例题、工程案例、知识扩展、实训项目、能力训练、任务自测等形式,尽可能体现理论与实践相结合,突出学生能力的培养。本书系统地介绍了土的物理性质,土力学的基本理论和基本原理,基础工程设计原理和方法,各章安排了大量典型例题、能力训练题、实训项目和知识扩展,以巩固学生所学知识,提高学生解决工程问题能力,开拓学生视野。本书概念清楚,层次分明,覆盖面广,重点突出,既兼顾传统理论,又有创新突破。

本书由湖南科技学院李丽民、湖南城市学院蒋建清、中南大学林宇亮担任主编。全书由李丽民制订编写大纲,并编写了绪论、任务1至任务5、任务10,蒋建清编写了任务6,林宇亮编写了任务7至任务9。全书由李丽民负责统稿。

湖南科技学院李栋伟教授担任本书的主审,详细审阅了编写大纲和全部书稿,并提出了许多宝贵的修改意见,特此致谢。

本书编写过程中参考了相关书籍,并从中引用了部分例题和习题,在此向这些原著的作者表示感谢。

由于编写时间仓促,书中不妥和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
0.1 国内外地基与基础工程成败实例	1
0.2 土力学、地基与基础	5
0.2.1 土力学	5
0.2.2 地基与基础	6
0.3 本课程的发展概况	7
0.4 本课程的特点和学习方法	8
0.4.1 本课程的特点	8
0.4.2 本课程的学习方法	9
任务1 土的物理性质与工程分类	10
1.1 概述	10
1.2 土的组成	11
1.2.1 土中的固相颗粒	11
实训项目 土的颗粒分析试验	16
1.2.2 土中的水	18
1.2.3 土中的气	20
1.2.4 土的结构和构造	20
1.3 土的物理性质指标	21
1.3.1 指标的定义	21
1.3.2 指标的换算	24
1.4 土的物理状态指标	27
1.4.1 无黏性土的物理状态指标	28
1.4.2 黏性土的物理状态指标	30
实训项目 土工试验(土的基本物理性质)	32
1.5 土的渗透性	36
1.5.1 土的渗透定律	36
1.5.2 土的渗透破坏	37
1.6 土的工程分类	39
1.7 土的压实性与工程应用	41
1.7.1 土的击实试验及压实特性	42
1.7.2 土的压实原理及影响压实效果的因素	43
1.7.3 土的工程应用	44
实训项目 土的击实试验	46
知识扩展	48
能力训练	51
任务自测	52

任务2 地基中的应力计算	53
2.1 概述	53
2.1.1 应力计算中的符号规定	53
2.1.2 解决工程问题	54
2.2 土的自重应力	54
2.2.1 均质地基土的自重应力	54
2.2.2 成层土的自重应力	55
2.3 基底压力	57
2.3.1 基底压力的分布	57
2.3.2 基底压力的简化计算	59
2.3.3 基础底面附加应力	61
2.4 地基附加应力	61
2.4.1 竖向集中荷载作用下地基附加应力	62
2.4.2 任意分布荷载作用下地基附加应力	64
2.4.3 竖向矩形均布荷载作用下地基附加应力与工程应用	65
2.4.4 竖向三角形分布矩形荷载作用下地基附加应力	69
2.4.5 条形荷载作用下地基附加应力	71
2.5 土的有效应力原理	73
实训项目 土的有效应力原理的工程应用	74
知识扩展	77
能力训练	78
任务自测	79
任务3 土的变形性质与地基沉降计算	80
3.1 概述	80
3.1.1 基本概念	80
3.1.2 解决工程问题	81
3.2 土的压缩性	81
3.2.1 土的压缩试验、压缩性指标及其工程应用	81
3.2.2 土的荷载试验及变形模量	86
3.3 地基沉降计算	88
3.3.1 地基变形特征与允许变形值	88
3.3.2 分层总和法与工程应用	89
3.3.3 规范法与工程应用	94
3.4 地基沉降时间关系与工程应用	98
3.4.1 饱和土的渗透固结	99
3.4.2 太沙基一维固结理论	99
3.4.3 地基沉降预测	105
实训项目 土的固结试验	105
知识扩展	109
能力训练	113

任务自测	114
任务4 土的抗剪强度	115
4.1 概述	115
4.2 土的抗剪强度的基本理论	116
4.2.1 摩尔-库仑破坏准则	116
4.2.2 土的极限平衡条件	118
4.2.3 土的抗剪强度理论的工程应用与发展	120
4.3 土的抗剪强度指标	123
4.3.1 土的抗剪强度指标的测定方法	123
4.3.2 土的抗剪强度指标的选择	131
实训项目 土的直接剪切试验	132
知识扩展	135
能力训练	136
任务自测	137
任务5 土压力、地基承载力和土坡稳定分析	138
5.1 概述	138
5.2 作用在挡土墙上的土压力	139
5.2.1 土压力的类型	139
5.2.2 静止土压力计算	140
5.3 朗肯土压力理论	141
5.3.1 朗肯主动土压力计算	142
5.3.2 朗肯被动土压力计算	143
5.3.3 几种情况下朗肯土压力计算	147
5.4 库仑土压力理论	152
5.4.1 库仑主动土压力计算	152
5.4.2 库仑被动土压力计算	154
5.5 朗肯土压力理论与库仑土压力理论的异同点	155
5.6 挡土墙设计	156
5.6.1 挡土墙的分类	156
5.6.2 挡土墙的构造措施	159
5.6.3 挡土墙的计算	160
实训项目 某工程挡土墙设计	162
5.7 地基的破坏形式及地基承载力	164
5.7.1 地基的破坏形式	164
5.7.2 地基承载力	165
5.7.3 地基极限承载力及其工程应用	169
5.7.4 汉森公式	174
5.8 土坡稳定分析	174
5.8.1 无黏性土坡稳定性分析	174
5.8.2 黏性土坡整体稳定性分析	175

知识扩展	176
能力训练	179
任务自测	180
任务 6 浅基础设计	181
6.1 概述	181
6.1.1 建筑物的安全等级	181
6.1.2 地基基础设计的基本原则和一般步骤	181
6.1.3 浅基础的分类	182
6.2 基础埋置深度的选择	186
6.2.1 与建筑物有关条件与场地环境条件	187
6.2.2 工程地质与水文地质条件	187
6.2.3 地质冻融条件	188
6.3 地基承载力的确定	189
6.3.1 按土的抗剪强度指标确定	190
6.3.2 按地基荷载试验确定	192
6.3.3 按地基规范承载力表确定	194
6.4 基础底面尺寸的确定	197
6.4.1 按地基持力层的承载力计算基底尺寸	197
6.4.2 地基软弱下卧层验算	200
6.4.3 地基变形的计算	202
6.5 刚性基础设计与应用	204
6.6 扩展基础设计与应用	207
6.6.1 扩展基础的构造要求	207
6.6.2 扩展基础的计算	209
6.7 减轻不均匀沉降措施	215
实训项目 某工程浅基础设计	216
知识扩展	220
能力训练	224
任务自测	225
任务 7 桩基础及其他深基础	226
7.1 深基础及其工程应用概述	226
7.2 桩基础分类与施工	227
7.2.1 桩基础分类	227
7.2.2 桩基础施工	230
7.2.3 桩质量检验	236
7.3 单桩竖向承载力确定	236
7.3.1 按材料强度确定单桩竖向承载力	236
7.3.2 按单桩竖向抗压静荷载试验确定单桩竖向承载力	237
7.3.3 按静力触探法确定单桩竖向承载力	239
7.3.4 按经验参数确定单桩竖向承载力	240
7.3.5 按动力试桩法确定单桩竖向承载力	244

7.3.6 单桩竖向承载力特征值	244
7.4 桩水平承载力与位移	245
7.4.1 单桩水平静荷载试验	245
7.4.2 水平受荷桩内力及位移分析	247
7.5 桩侧负摩擦力	251
7.6 群桩基础计算	253
7.6.1 群桩工作特点	253
7.6.2 承台下土对荷载的分担作用	254
7.6.3 复合基桩竖向承载力特征值	255
7.6.4 桩顶效应简化计算	256
7.6.5 桩基竖向承载力验算	257
7.6.6 桩基软弱下卧层承载力验算	258
7.6.7 桩基竖向抗拔承载力及负摩擦力	258
7.6.8 桩基水平承载力与沉降验算	259
7.7 桩基工程设计	261
7.7.1 桩类型及规格选择	262
7.7.2 桩数及桩位布置	263
7.7.3 桩身截面强度计算	265
7.7.4 承台设计	266
7.8 其他深基础简介	275
7.8.1 沉井基础	275
7.8.2 地下连续墙	278
实训项目 某桩基工程设计	280
知识扩展	284
能力训练	285
任务自测	286
任务8 基坑工程	287
8.1 概述	287
8.1.1 基坑支护结构类型与工程应用	289
8.1.2 作用于支护结构上的荷载与土压力计算	295
8.2 基坑稳定性分析	295
8.2.1 基坑渗流稳定性分析	295
8.2.2 基坑抗隆起稳定性分析	297
8.2.3 支护结构踢脚稳定性分析	300
8.2.4 基坑整体稳定性分析	301
8.3 基坑开挖与支护	303
8.3.1 基坑地下水控制	303
8.3.2 基坑支护结构设计	306
8.3.3 基坑开挖与支护工程监测	320
实训项目 某工程基坑支护与监测方案设计	323
知识扩展	327

能力训练	334
任务自测	335
任务9 地基处理及复合地基	336
9.1 常用地基处理方法及其应用概述	336
9.2 复合地基工程应用理论	338
9.2.1 复合地基概念与分类	338
9.2.2 复合地基作用机理与破坏模式	339
9.2.3 复合地基有关设计参数	341
9.2.4 复合地基承载力与变形计算	343
9.3 换土垫层法工程应用	346
9.3.1 垫层设计	347
9.3.2 垫层施工要点	349
9.4 排水固结法工程应用	349
9.4.1 袋装砂井固结排水法和塑料排水板预压法	350
9.4.2 天然地基堆载预压法	351
9.4.3 真空预压法	355
9.5 挤密法工程应用	357
9.6 夯实法与振冲法工程应用	359
9.6.1 夯实法	359
9.6.2 振冲法	362
9.7 化学加固工程应用	365
9.7.1 灌浆法	365
9.7.2 高压喷射注浆法	368
9.7.3 水泥土搅拌法	372
9.8 托换技术工程应用	377
9.8.1 桩式托换	379
9.8.2 灌浆托换	381
知识扩展	382
能力训练	388
任务自测	388
任务10 特殊土地基处理	389
10.1 特殊土地基及其工程处理应用概述	389
10.2 软土地基	389
10.2.1 软土工程特性及评价	390
10.2.2 软土地基的工程措施	391
10.3 湿陷性黄土地基	392
10.3.1 黄土的特征和分布	392
10.3.2 影响黄土地基湿陷性的主要因素	392
10.3.3 湿陷性黄土地基的勘察与评价	393
10.3.4 湿陷性黄土地基工程的处理	396
10.4 膨胀土地基	397

10.4.1 膨胀土特性 397

10.4.2 膨胀土地基的勘察和评价 398

10.4.3 膨胀土地基计算及工程措施 400

10.5 山区地基及红黏土地基 401

10.5.1 土岩组合地基..... 401

10.5.2 岩溶..... 402

10.5.3 红黏土地基..... 404

10.6 冻土地基及盐渍土地基 405

10.6.1 冻土地基 405

10.6.2 盐渍土地基..... 409

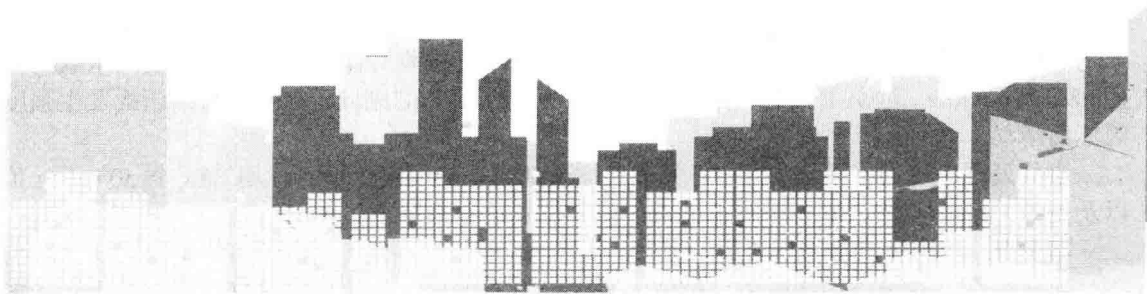
实训项目 某工程地基处理方案..... 410

知识扩展..... 413

能力训练..... 418

任务自测..... 418

参 考 文 献..... 419



绪 论

土力学与基础工程是一门新的学科，当人们开始学习这门课程时，可能会想到：为何要学习本课程？本课程有何特点？在土木建筑等有关专业中究竟起什么作用？如果土力学理论掌握不好，地基基础工程处理不当，会出现什么后果？这些问题，通过了解国内外工程失事的实例和成功的经验，可以得到启示。

0.1 国内外地基与基础工程成败实例

随着我国大型、重型、高层建筑和有特殊要求的建筑物日益增多，国内在地基和基础设计与施工方面积累了不少成功的经验。国外有不少成功的范例，然而也有不少失败的教训。

案例 1：加拿大特朗斯康谷仓

工程概况：如图 0-1 所示，该谷仓平面呈矩形，南北向长 59.44 m，东西向宽 23.47 m，高 31.00 m，容积 36 368 m³，容仓为圆筒仓，每排 13 个，5 排共计 65 个圆筒仓。谷仓基础为钢筋混凝土筏形基础，厚度 61 cm，埋深 3.66 m。

事故简介：谷仓于 1911 年动工，1913 年完工，空仓自身质量 20 000 t，相当于装满谷物后满载总质量的 42.5%。1913 年 9 月装谷物，10 月 17 日当谷仓已装了 31 822 t 谷物时，发现 1 小时内竖向沉降达 30.5 cm，结构物向西倾斜，并在 24 小时内倾斜度离垂线达 26°53'，谷仓西端下沉 7.32 m，东端上抬 1.52 m，上部钢筋混凝土筒仓坚如磐石（图 0-2）。

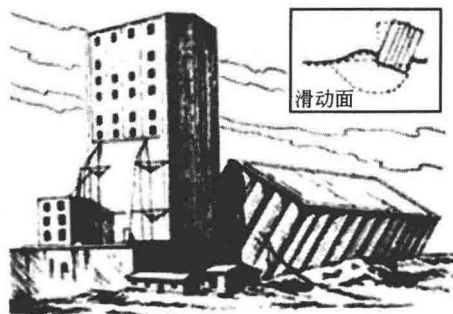


图 0-1 特朗斯康谷仓

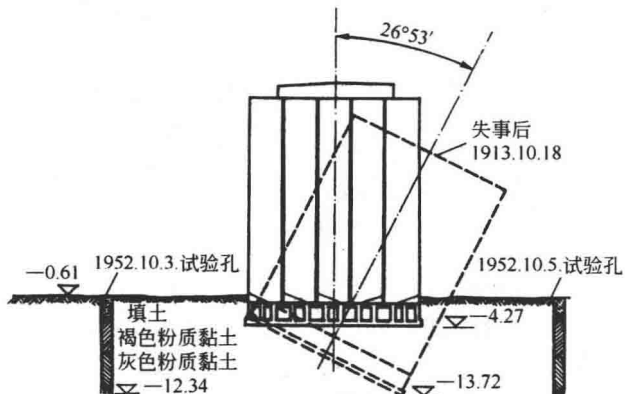


图 0-2 特朗斯康谷仓倾斜示意图

事故原因：谷仓地基土事先未进行调查研究，根据邻近结构物基槽开挖试验结果，计算地基承载力为 352 kPa，应用到此谷仓。1952 年经勘察试验与计算，谷仓地基实际承载力为 193.8~276.6 kPa，远小于谷仓破坏时发生的压力 329.4 kPa，因此，谷仓地基因超载发生强度破坏而滑动。

事故处理：事后在下面做了 70 多个支撑于基岩上的混凝土墩，使用 388 个 50 t 千斤顶以及支撑系统，才把仓体逐渐纠正过来，但其位置比原来降低了 4 m。

案例 2：我国香港宝城滑坡

事故简介：我国香港地区人口稠密，平地已没有地皮，新建住宅只好建在山坡上。1972 年 5—6 月大暴雨，6 月雨量竟达 1 658.6 mm，引起山坡残积土软化而滑动。7 月 18 日 7 时，宝城路附近，2 万 m³ 残积土从山坡上下滑，巨大滑动体正好冲过一幢高层住宅——宝城大厦，顷刻间宝城大厦被冲毁倒塌并砸毁相邻一幢大楼一角约五层住宅，死亡 120 人，引起震惊，对岩土工程倍加重视，如图 0-3 和图 0-4 所示。



图 0-3 宝城滑坡（一）



图 0-4 宝城滑坡（二）

事故原因：山坡上残积土本身强度较低，加之雨水渗入，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。

案例 3：意大利比萨斜塔

工程概况：全塔共 8 层，高度为 55 m。塔身呈圆筒体，1~6 层由优质大理石砌成，顶部 7~8 层采用砖和轻石料。塔身每层都有精美的圆柱与花纹图案，是一座宏伟而精致的艺术品。1590 年伽利略在此塔做落体试验，发现了物理学上著名的落体定律。斜塔成为世界上最珍贵的历史文物，吸引无数世界各地游客，如图 0-5 所示。

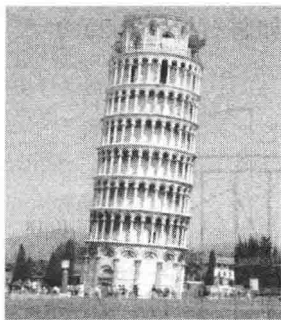


图 0-5 比萨斜塔

事故简介：该塔自 1173 年 9 月 8 日动工，至 1178 年建至第四层中部，高度约 29 m 时，因塔明显倾斜而停工。94 年后，于 1272 年复工，经 6 年时间，建完第七层，高 48 m，再次停工中断 82 年。于 1360 年再复工，至 1370 年竣工。全塔总重约 145 MN，基础底面平均压力约 50 kPa。目前塔向南倾斜，南北两端沉降差 1.80 m，塔顶离中心线已达 5.27 m，倾斜 5.5°，成为危险建筑。1990 年 1 月 4 日封闭。

事故原因：地基持力层为粉砂，下面为粉土和黏土层，强度较低，变形较大。

事故处理：1838—1839 年，挖环形基坑卸载；1933—1935 年，基坑防水处理、基础灌浆加固；1990 年 1 月封闭；1992 年 7 月，加固塔身，用压重法和取土法进行地基处理；目前已向游人开放。

案例 4：我国苏州虎丘塔

工程概况：苏州虎丘塔位于苏州市虎丘公园山顶，落成于宋太祖建隆二年（公元 961 年）

(图 0-6), 距今已有 1 054 年悠久历史。全塔 7 层, 高 47.5 m。塔的平面呈八角形, 由外壁、回廊与塔心三部分组成。塔身全部由青砖砌筑, 外形仿楼阁式木塔, 每层都有 8 个壶门, 拐角处的砖特制成圆弧形, 建筑精美。1961 年 3 月 4 日, 国务院将此塔列为全国重点保护文物。

事故简介: 1956—1957 年间对上部结构进行修缮, 但使塔重增加了 2 000 kN, 加速了塔体的不均匀沉降。1957 年, 塔顶位移为 1.7 m, 到 1978 年发展到 2.3 m, 重心偏离基础轴线 0.924 m。底层塔身发生不少裂缝, 东北方向为竖直裂缝, 西南方向为水平裂缝, 砌体多处出现纵向裂缝, 部分砖墩应力已接近极限状态, 成为危险建筑而封闭。

事故原因: 地基土层由上至下依次为杂填土、块石填土、粉质黏土夹块石、风化岩石、基岩等, 由于地基土压缩层厚度不均及砖砌体偏心受压等原因, 造成该塔向东北方向倾斜。

事故处理: 在国家文物管理局和苏州市人民政府领导下, 召开多次专家会议, 采取在塔四周建造一圈桩排式地下连续墙, 并对塔周围与塔基进行钻孔注浆和树根桩加固塔身, 由上海市特种基础工程研究所承担施工, 基本遏制了塔的继续沉降和倾斜。

案例 5: 美国提顿坝

工程概况: 提顿坝位于美国爱达荷州的提顿河上, 是一座防洪、发电、旅游、灌溉等综合利用工程。大坝为土质心墙坝。最大坝高 126.5 m (至心墙齿槽底)。坝顶高程 1 625 m, 坝顶长 945 m。土基坝段坝上游坡: 上部为 1:2.5, 下部为 1:3.5。坝下游坡: 上部为 1:2.0, 下部为 1:3.0。左岸为发电厂房, 装机 16 MW。右岸布置有 3 孔槽式溢洪道。该坝于 1972 年 2 月动工兴建, 1975 年建成。

事故简介: 水库于 1975 年 11 月开始蓄水。1976 年春季库水位迅速上升。拟定水库水位上升限制速率为每天 0.3 m。由于降雨, 水位上升速率在 5 月份达到每天 1.2 m。至 6 月 5 日溃坝时, 库水位已达 1 616.0 m, 仅低于溢流堰顶 0.9 m, 低于坝顶 9.0 m。在大坝溃决前 2 天, 即 6 月 3 日, 在坝下游 400~460 m 右岸高程 1 532.5~1 534.7 m 处发现有清水自岩石垂直裂隙流出。6 月 4 日, 距坝 60 m 高程 1 585.0 m 处冒清水, 至该日晚 9 时, 监测表明渗水并未

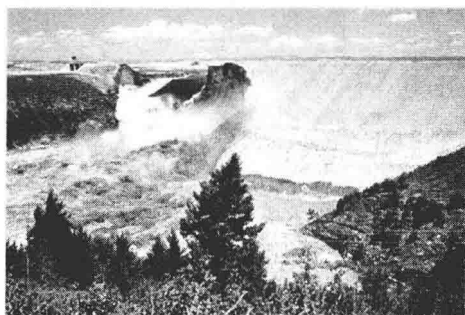


图 0-7 提顿坝

增大。6 月 5 日晨, 该渗水点出现窄长湿沟。稍后在上午 7 时, 右侧坝趾高程 1 537.7 m 处发现流浑水, 流量达 $0.56\sim 0.85\text{ m}^3/\text{s}$, 在高程 1 585.0 m 处也有浑水出漏, 两股水流有明显加大趋势。上午 10 时 30 分, 有流量达 $0.42\text{ m}^3/\text{s}$ 的水流自坝面流出, 如图 0-7 所示, 同时听到炸裂声。随即在坝下 4.5 m, 在刚发现出水同一高处出现小的渗水。下游坝面有水渗出并带出泥土。11 时左右洞口不断扩大并向坝顶靠近, 泥水流量增加。11 时 30 分洞口继续向上扩大, 泥水冲蚀了坝基, 主洞的上方又出现一渗水洞。流出的泥水开始冲击坝

趾处的设施。11 时 57 分坝坡坍塌, 泥水狂泻而下。12 时后坍塌口加宽, 洪水扫过下游谷底, 附近所有设施被彻底摧毁。直接损失达 8 000 万美元, 起诉案 5 500 起, 死亡 14 人, 受灾 2.5 万人, 60 万亩 ($40\,000\text{ m}^2$) 土地被淹, 32 km 铁路受损。

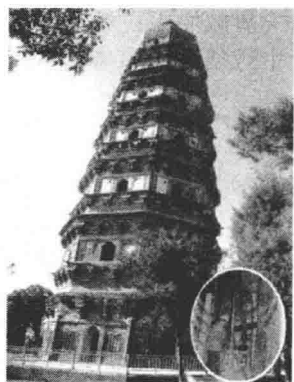


图 0-6 虎丘塔

事故原因：渗透破坏—水力劈裂。当库水由岩石裂缝流至齿槽时，高压水就对齿槽土体产生劈裂而通向齿槽下游岩石裂隙，造成土体管涌或直接对槽底松土产生管涌。



图 0-8 九江大堤决口

案例 6：我国九江大堤决口

事故简介：1998 年长江全流域特大洪水时，万里长江堤防经受了严峻的考验，共发生各种险情 6 000 余处，一些地方的大堤垮塌，大堤地基发生严重管涌，洪水淹没了大片土地，人民的生命财产遭受巨大的威胁。1998 年 8 月 7 日 13 时 10 分九江大堤发生管涌险情，20 分钟后，在堤外迎水面找到两处进水口。又过了 20 分钟，防水墙后的土堤突然塌陷出一个洞，5 m 宽的堤顶随即全部塌陷，并很快形成一宽约 62 m 的溃口，如图 0-8 所示。

事故原因：堤基管涌。

关于地基与基础工程失败的实例还有很多。例如图 0-9 中两个筒仓是某农场用来储存饲料的，建于加拿大红河谷的 Lake Agassiz 黏土层上，由于两筒仓之间的距离较近，在地基中产生的应力发生叠加，使得两筒仓之间地基土层的应力水平较高，从而导致内侧沉降大于外侧沉降，仓筒向内倾斜。图 0-10 为墨西哥城的一幢建筑，该地的土层为深厚湖相沉积层，土的天然含水量高，具有极高的压缩性。由于地基处理不当，可从建筑物外立面清晰地观看到其发生的沉降及不均匀沉降。

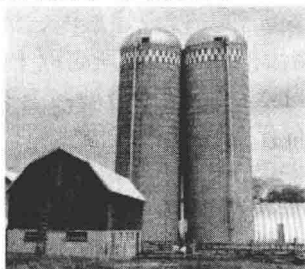


图 0-9 加拿大红河谷的饲料筒仓



图 0-10 墨西哥城一幢建筑的不均匀沉降

地基与基础工程成功的经典案例也有很多。

(1) 我国的赵州桥。赵州桥(图 0-11)位于河北赵州，由隋代石工李春所修建，造型美观，净跨 37.02 m。基础建于黏性土地基，桥台砌置于密实的粗砂层上，基底压力 500~600 kPa，但地基并未产生过大变形，1 400 多年来，估计沉降量仅几厘米，按照现行相关规范验算，地基承载力和基础后侧被动土压力均能满足要求，且经无数次洪水和地震的考验而安然无恙。

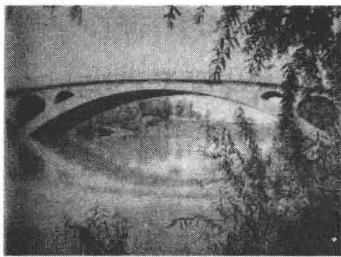


图 0-11 赵州桥

(2) 苏州市里河桥新邨 3 号住宅。该住宅为六层楼，建筑面积 1 200 m²。地基原为河塘积填区的茭白田，施工时地表积水深 50~60 cm。地基持力层为高压缩性的饱和淤泥质土，经适当处理，采用 30 cm 厚板式基础。该住宅于 1979 年 7 月动工，当年 11 月竣工。1980 年 7 月现场调查结构完好，使用正常。

(3) 广州白云宾馆。地面以上 33 层，高 114.5 m，总重近 10⁶ kN。地基覆盖层厚薄悬殊，最浅 10 m，最深 27.75 m。为适应抗震、抗台风的要求，采用桩基与墩 287 根，所用钢筋混凝土灌注桩直径 1 m，单桩承载 4 500 kN，混凝土墩直径 2 m 多，宾馆建成后使用良好，沉

降小于 4 mm。

土是建筑物的地基，是地下建筑的环境，对土工程性质认识的偏差可能会导致损失巨大的事故；地基与基础是建筑物的根本，其勘察、设计和施工质量的好坏将直接影响建筑物的安危、经济和正常使用，必须慎重对待地基与基础。地基基础设计时要充分掌握土的工程性质，从实际出发做多种方案比较，不能盲目套用，以免发生工程事故。只有深入了解地基情况，掌握勘察资料，运用土力学与基础工程的相关理论，解决好地基和基础的强度、变形和渗透等核心问题，经过精心设计与施工，才能使基础工程做到既经济合理，又能保证质量。由于基础工程是在地下或水下进行的，施工难度大，据统计，在一般高层建筑中，其造价约占总造价的 25%，工期占总工期的 25%~30%。当需要采用深基础或人工地基时，其造价和工期所占的比例更大。此外，地基和基础属于隐蔽工程，一旦出现问题，不仅损失巨大，且补救十分困难。因此，土力学与基础工程在土木工程中具有十分重要的作用，它可以解决工程实践问题，这正是土力学与基础工程存在的价值及我们学习土力学与基础工程的目的。

0.2 土力学、地基与基础

0.2.1 土力学

土是地壳岩石经物理、化学、生物等风化作用的产物，是矿物或岩石碎屑构成的松软集合体。土由固体颗粒、水和空气三相组成，包括颗粒间互不连接、完全松散的无黏性土和颗粒间虽有连接，但连接强度远小于颗粒本身强度的黏性土。土与其他连续固体介质相区别的最主要特征就是它的多孔性和散体性，由此决定了土体的一系列物理特性和力学特性。由于其形成年代、生成环境及物质成分不同，工程特性也复杂多变。例如，我国沿海及内陆地区的软土，西北、华北和东北等地区的黄土，高寒地区的永久冻土，以及分布广泛的红黏土、膨胀土和杂填土等，其性质各不相同。因此，在建筑物设计前，必须充分了解、研究建筑场地相应土层的成因、构造、地下水情况、土的工程性质、是否存在不良地质现象等，进而对场地的工程地质条件做出正确的评价。

土的基本特性如下：

(1) 碎散性。土是岩石风化或破碎的产物，是非连续体，受力以后易变形，强度低。体积变化主要是孔隙变化，剪切变形主要由颗粒相对位移引起。

(2) 三相体系。土本身是多相介质，它由固相（土骨架）、液相（水）和气相（空气）三相体系组成。这就决定了土在受到外力时，将由土骨架、孔隙、介质共同承担外力作用，存在较复杂的相互作用关系，且存在孔隙流体流动的问题。

(3) 自然变异性。土是自然界的产物，存在非均匀性、各向异性、结构性、时空变异性等自然变异属性。由此可见，土的力学特性非常复杂，其变形、强度和渗透特性是土力学研究的主要问题。

土力学是研究土体应力、变形、强度和渗流等特性及其规律的一门学科，即用力学的基本原理和土工测试技术研究土体的工程性质和在力系作用下土体性状的学科。土力学可以被认为是力学的一个分支，但由于土是具有复杂性质的天然材料，因此在运用土力学理论解决各类土工问题时，还不能像其他力学一样具备系统的理论和严密的数学公式，而必须借助经验、试验辅以理论计算。因此，土力学是一门强烈依赖于实践的学科。

土力学的研究对象是与人类活动密切相关的土和土体，包括人工土体和自然土体，以及与土的力学性能密切相关的地下水。土力学被广泛应用在地基、挡土墙、土工建筑物、堤坝等设

计中。奥地利工程师卡尔·太沙基首先采用科学的方法研究土力学，被誉为“现代土力学之父”。

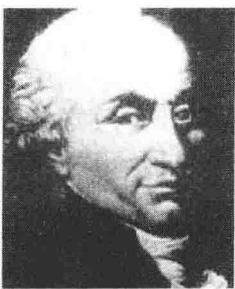


图 0-12 卡尔·太沙基

卡尔·太沙基(Karl Terzaghi, 1883—1963)(图 0-12)美籍奥地利土力学家，现代土力学的创始人。1883 年 10 月 2 日生于布拉格(当时属奥地利)。1904 年和 1912 年先后获得格拉茨工业大学的学士和博士学位。

太沙基早期从事广泛的工程地质和岩土工程的实践工作，接触到大量的土力学问题，后期转入教学岗位，从事土力学的教学和研究工作，并着手建立现代土力学。他先后在麻省理工学院、维也纳高等工业学院和英国伦敦帝国学院任教，最后长期在美国哈佛大学任教。

太沙基连续在 1936 年的第 1 届到 1957 年的第 4 届国际土力学及基础工程会议上被选为主席。1923 年太沙基发表了渗透固结理论，第一次科学地研究土体的固结过程，同时提出了土力学的一个基本原理，即有效应力原理。1925 年，他发表的世界第一本土力学专著《建立在土的物理学基础的土力学》被公认为进入现代土力学时代的标志。其随后发表的《理论土力学》和《实用土力学》全面总结和发展了土力学的原理和应用经验，至今仍为工程界的重要参考文献。

0.2.2 地基与基础

任何建筑物都建造在一定的地层上。通常把支承建筑物荷载且受建筑物影响的那一部分地层称为地基。地基可分为天然地基和人工地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果地基软弱，其承载力不能满足设计要求，则需对地基进行加固处理(如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、加筋技术等进行处理)，这种地基称为人工地基。

基础是建(构)筑物中将结构所承受的各种荷载传递到地基上的结构组成部分，一般应埋入地下一定的深度，进入较好的地层。基础根据埋置深度不同可分为浅基础和深基础。通常把埋置深度不大(埋深 $d \leq 5\text{ m}$)，只须经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础称为浅基础。若浅层土质不良，须把基础埋置于深处的好地层(埋深 $d > 5\text{ m}$)，就得借助于特殊的施工方法，建造各种类型的深基础，如桩基、墩基、沉井和地下连续墙等。地基与基础的相对位置如图 0-13 所示。根据地基与基础的接触关系，地基中的地层分为覆盖层、持力层和下卧层。其中直接与基础底面接触的土层称为持力层，地基基础设计时，通常应选择强度较高、

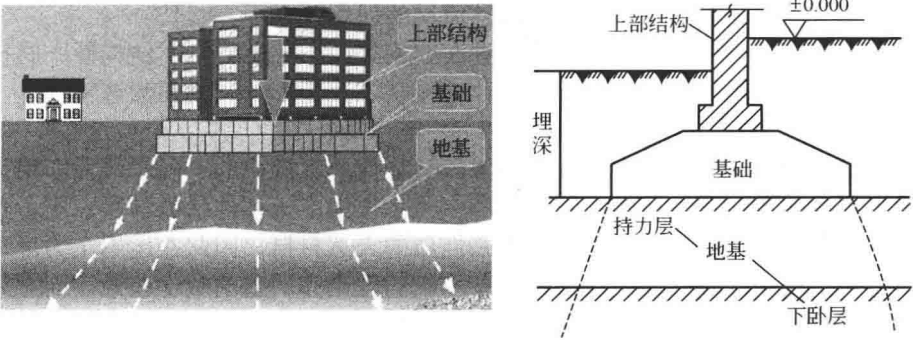


图 0-13 地基与基础的示意图