



高等学校土木工程专业“十三五”系列规划教材·应用型



# 土力学与基础工程 (第2版)

● 主编 李章政 马 煜      主审 李碧雄



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业“十三五”系列规划教材·应用型

# 土力学与基础工程

(第2版)

主 编 李章政 马 煜

副主编 古 巍 章仕灵

主 审 李碧雄



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

土力学与基础工程/李章政,马煜主编. —2版. —武汉:武汉大学出版社, 2017.7

高等学校土木工程专业“十三五”系列规划教材. 应用型

ISBN 978-7-307-19467-0

I. 土… II. ①李… ②马… III. ①土力学—高等学校—教材 ②基础(工程)—高等学校—教材 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 168451 号

责任编辑:邓 瑶

责任校对:方竞男

装帧设计:吴 极

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu\_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:湖北睿智印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:19 字数:523千字

版次:2014年7月第1版 2017年7月第2版

2017年7月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-19467-0

定价:45.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 高等学校土木工程专业“十三五”系列规划教材·应用型

## 编审委员会

顾 问 王世庆 刘 华 杨家仕 戴运良

主任委员 康志华 张志国

副主任委员 罗特军 李平诗 张来仪 何志伟 邹 皓 杨乃忠

王君来 周家纪 袁自峰 李景林

委 员(按姓氏笔画排名)

万胜武 王若志 王星捷 王晓明 王涯茜 白立华

刘 琛 李 然 李忠定 李章政 吴浙文 张士彩

尚晓峰 郝献华 胡益平 段 旻 韩俊强 蒲小琼

蔡 巍 魏泳涛

总责任编辑 曲生伟

秘 书 长 王 睿

## 特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导模式转变为建设性、发现性的学习,从被动学习转变为主动学习,由教师传播知识到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,逐步配备基本数字教学资源,主要包括:

文本:课程重难点、思考题与习题参考答案、知识拓展等。

图片:课程教学外观图、原理图、设计图等。

视频:课程讲述对象展示视频、模拟动画,课程实验视频,工程实例视频等。

音频:课程讲述对象解说音频、录音材料等。

### 数字资源获取方法:

- ① 打开微信,点击“扫一扫”。
- ② 将扫描框对准书中所附的二维码。
- ③ 扫描完毕,即可查看文件。

更多数字教学资源共享、图书购买及读者互动敬请关注“开动土木传媒”微信公众号!



## 第 2 版前言

《土力学与基础工程》第 2 版是在第 1 版的基础上修订而成的。其基本思路有三点：一是按照现行国家标准、规范对书中的公式、提法进行校对，以减少差错；二是删去某些繁杂的理论推导，降低难度，以便更加符合应用型本科学生的培养要求；三是对篇幅进行适度压缩，以应对目前各高校课时普遍偏少的现实。此外，将许多理论性知识、工程图片、视频等以数字资源形式呈现，供学有余力且有兴趣的同学课后扫描使用。这就使得教材的内容非但没有减少，反而有所增加，且更丰富多彩。

本书的知识单元和知识点仍然满足《高等学校土木工程本科指导性专业规范》所提出的基本要求，全书内容包括 12 章：绪论、工程地质概述、土的物理性质和工程分类、地基应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度和地基承载力、土压力和土坡稳定分析、岩土工程勘察、浅基础设计、桩基础设计、软弱地基处理、区域性地基。相对于第 1 版而言，第 2 版将半无限弹性体在竖向集中力作用下的布辛奈斯克解答、饱和黏性土一维固结微分方程的推导、土坡稳定分析的实例、二柱联合基础设计、钢筋混凝土梁板基础设计介绍、预制桩锤击动应力验算等内容移到数字资源中，删去了地基极限承载力计算的曲线和表格，用公式计算更为准确。在数字资源中增加了相对地质年代中宇宙的概念和划分，绝对地质年代的测定方法，各种岩石（岩浆岩、沉积岩、变质岩）的代表，潜蚀和管涌；直剪试验测定土的抗剪强度指标的方法（并给出了最小二乘法拟合直线的公式）、抗剪强度指标标准值的确定方法；重力式挡土墙的实例图片，基坑开挖与支护，边坡加固处理；物探方法介绍，SH 型钻机图片，标准贯入试验视频；砖基础大放脚立体图，毛石基础、筏形基础的施工现场；桩基础类型图以及砂土液化的概念、危害和处理方法等新内容，并不占用课堂教学时间。

本书可作为高等学校土木工程专业建筑工程方向或工民建方向、工程管理专业、工程造价专业等的教学用书，也可供广大工程技术人员参考。完成全书教学任务，大约需要 48 学时。

《土力学与基础工程》第 2 版由四川大学李章政完成修订，并提供全部数字资源素材。书中如有不妥之处，敬请读者批评指正。

李章政

2017 年春

# 第 1 版前言

《土力学与基础工程》主要由土力学和基础工程两部分组成。土力学属于力学原理和方法知识领域,以地基土为研究对象,讨论应力和变形及强度、稳定等方面的问题,理论性较强;基础工程属于结构基本原理和方法知识领域,涉及地基基础设计、地基处理等方面的理论和技术,具有明确的专业性、实践性。一些学校将其作为两门课程分别开设,另一些学校将其作为一门课程讲授。本书可作为高等学校土木工程专业建筑工程方向或工民建方向、工程管理专业、工程造价专业等的教学用书,也可供广大工程技术人员参考。

编者依据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》所提出的知识单元和知识点,并主要参考《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)编写本书。全书内容包括绪论、工程地质概述、土的物理性质和工程分类、地基应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度和地基承载力、土压力和土坡稳定分析、岩土工程勘察、浅基础设计、桩基础设计、软弱地基处理、区域性地基,共 12 章。本书比较系统地介绍了工程地质的基本概念,土的物理性质,土力学的基本理论、基本原理,基础工程设计原理和方法,体现知识体系的系统性和实用性。书中配了很多工程实际图片,以增强初学者的感性认识;各章还安排了大量的习题与思考题,以使学生巩固所学知识、掌握实际设计技能。根据学生层次不同,完成全书教学任务,需要 48~60 学时。

本书由四川大学李章政、四川大学锦城学院马煜担任主编,四川大学锦江学院古巍、成都理工大学工程技术学院章仕灵担任副主编,昆明理工大学津桥学院代彦芹担任参编。

具体编写分工为:

四川大学,李章政(前言、第 1 章、第 3 章、第 10 章、第 11 章);

四川大学锦城学院,马煜(第 2 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 12 章);

四川大学锦江学院,古巍(第 9 章);

成都理工大学工程技术学院,章仕灵(第 4 章);

昆明理工大学津桥学院,代彦芹(第 5 章)。

四川大学李碧雄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!

在本书的编写过程中,编者参考了有关书籍,并从中引用了部分例题和习题,在此表示感谢。

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

2014 年 4 月

# 目 录

1 绪论 .....	(1)
1.1 土力学与地基基础的概念 .....	(1)
1.2 地基基础失效案例与对策 .....	(4)
1.3 课程内容和学科发展简介 .....	(7)
本章小结 .....	(11)
习题与思考题 .....	(11)
参考文献 .....	(11)
2 工程地质概述 .....	(12)
2.1 地质作用与地质构造 .....	(12)
2.2 岩石的成因类型 .....	(19)
2.3 土的成因类型 .....	(21)
2.4 不良地质现象 .....	(23)
2.5 地下水与土的渗透性 .....	(25)
本章小结 .....	(32)
习题与思考题 .....	(32)
参考文献 .....	(33)
3 土的物理性质和工程分类 .....	(34)
3.1 土的三相组成 .....	(34)
3.2 土的结构和构造 .....	(38)
3.3 土的三相比例指标 .....	(40)
3.4 土的物理状态 .....	(44)
3.5 岩土的工程分类 .....	(49)
本章小结 .....	(51)
习题与思考题 .....	(52)
参考文献 .....	(53)
4 地基应力计算 .....	(54)
4.1 土的自重应力 .....	(54)
4.2 基底附加压力 .....	(56)
4.3 地基附加应力 .....	(59)
4.4 有效应力原理 .....	(69)
本章小结 .....	(71)



习题与思考题 .....	(71)
参考文献 .....	(72)
<b>5 地基变形计算</b> .....	(73)
5.1 土的压缩性 .....	(73)
5.2 地基的最终沉降量计算 .....	(77)
5.3 饱和黏性土体一维渗透固结理论 .....	(86)
本章小结 .....	(92)
习题与思考题 .....	(93)
参考文献 .....	(94)
<b>6 土的抗剪强度和地基承载力</b> .....	(95)
6.1 抗剪强度的库仑定律 .....	(95)
6.2 土的抗剪强度指标 .....	(96)
6.3 土的极限平衡理论 .....	(103)
6.4 地基的临塑荷载和临界荷载 .....	(106)
6.5 地基的极限荷载 .....	(111)
本章小结 .....	(115)
习题与思考题 .....	(115)
参考文献 .....	(116)
<b>7 土压力和土坡稳定分析</b> .....	(117)
7.1 挡土墙上的土压力 .....	(117)
7.2 静止土压力 .....	(119)
7.3 朗肯土压力理论 .....	(120)
7.4 库仑土压力理论 .....	(127)
7.5 重力式挡土墙设计 .....	(130)
7.6 土坡稳定分析 .....	(137)
本章小结 .....	(143)
习题与思考题 .....	(144)
参考文献 .....	(144)
<b>8 岩土工程勘察</b> .....	(145)
8.1 岩土工程勘察的基本要求 .....	(145)
8.2 岩土工程勘察方法 .....	(149)
8.3 岩土的野外鉴别与描述 .....	(154)
8.4 岩土工程勘察报告 .....	(157)
本章小结 .....	(160)

习题与思考题	(161)
参考文献	(161)
<b>9 浅基础设计</b>	(162)
9.1 浅基础的类型	(162)
9.2 基础埋置深度	(165)
9.3 地基承载力特征值	(172)
9.4 地基计算	(177)
9.5 无筋扩展基础设计	(186)
9.6 扩展基础设计	(190)
9.7 减轻地基不均匀沉降危害的措施	(202)
本章小结	(206)
习题与思考题	(207)
参考文献	(209)
<b>10 桩基础设计</b>	(210)
10.1 桩基础和基桩分类	(210)
10.2 单桩轴向荷载的传递	(216)
10.3 单桩竖向承载力特征值	(219)
10.4 群桩竖向承载力	(224)
10.5 桩基础设计方法	(231)
本章小结	(247)
习题与思考题	(247)
参考文献	(248)
<b>11 软弱地基处理</b>	(249)
11.1 地基处理方法概述	(249)
11.2 换土垫层法	(252)
11.3 碾压夯实法	(256)
11.4 深层挤密法	(260)
11.5 排水固结法	(264)
11.6 胶结加固法	(268)
本章小结	(270)
习题与思考题	(270)
参考文献	(271)
<b>12 区域性地基</b>	(272)
12.1 山区地基	(272)
12.2 红黏土地基	(277)

12.3 膨胀土地基.....	(281)
12.4 湿陷性黄土地基.....	(285)
12.5 地震液化地基.....	(288)
本章小结.....	(293)
习题与思考题.....	(293)
参考文献.....	(293)



数字资源目录

# 1 绪 论

## 【内容提要】

本章是本书的开篇,主要内容包括土力学与地基基础的概念、地基基础失效案例与对策、课程内容和学科发展简介三个方面。

## 【能力要求】

通过本章的学习,学生应了解土与土力学的概念,明白地基与基础的区别与联系,了解地基基础失效的原因和相应对策,熟悉课程内容,对学科发展有粗略的认识。



5 分钟  
看完本章

## 1.1 土力学与地基基础的概念

### 1.1.1 土与土力学

岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积形成的固体矿物、水和气体的集合体,称为土。或者说,土是岩石依靠物理风化、化学风化或生物风化,并通过暴雨、洪水等作用进行剥蚀与搬运(图 1-1),在流速缓慢的地方沉积下来而形成的混合物;也有些土是岩石风化后未经剥蚀、搬运而留在原处形成的。土中的固体矿物颗粒,形成骨架。颗粒之间的空间,形成孔隙。孔隙是相互连通的,其中充满水和气体。因此,土是由固体颗粒、水和气体所组成的三相体。三者的成分及比例均对土的性质产生影响。



图 1-1 暴雨剥蚀与洪水搬运

土的固体颗粒之间没有联结或联结很弱,组成松散,含水,含气,不同于其他建筑材料。土体具有以下三个特性。

#### (1) 强度低

土体发生破坏,是剪应力过大所致,因此土的强度是指抗剪强度。土的

抗剪强度由摩擦力或摩擦力和黏聚力组成,其强度大大低于钢材、混凝土、砖石、木材等建筑材料的强度。

### (2) 变形大

土颗粒之间联结很弱或无联结,在荷载作用下土颗粒很容易发生相对位移,土中水和气体从孔隙排出而使孔隙体积减小,所以土的压缩变形较大。而且,土的变形并不是在加荷(载)瞬间就完成的,而是要经历一定时间才能完成。除了弹性变形外,还有部分不可恢复的塑性变形存在。

### (3) 透水性大

土颗粒之间具有无数连通的孔隙,形成水气通道,使水可以通过孔隙流动。水在土体内流动称为渗透,又称渗流。砂、石的孔隙大,透水性很大;黏性土的孔隙小,透水性较小。与混凝土等材料相比,土的渗透性很强。

土可以作为建筑材料直接利用,比如修筑土石坝、路基,作为混凝土的骨料(集料)。在广大农村地区,还有一些村民居住在干打垒房屋内或土坯房内。土作为建筑材料中砖、瓦的直接材料,已有数千年的历史。土的另一作用,就是作为建筑物或构筑物的地基,承受建筑物或构筑物的所有荷载。

土力学是研究土体的应力、应变、强度、渗流和稳定性的一门学科,是力学的一个分支。它为土体的利用与处理提供理论支撑,是地基基础设计的理论基础。

## 1.1.2 地基和基础

支承基础的土体或岩体,称为地基。任何建筑物或构筑物都是建造在地层上的,地基是地层的一部分。基础上的压力通过一定深度和宽度的土体或岩体来承担,这部分土体或岩体就是地基。直接和基础底面接触的土层,称为基础的持力层,简称持力层。土层、地基和基础之间的关系如图 1-2 所示。

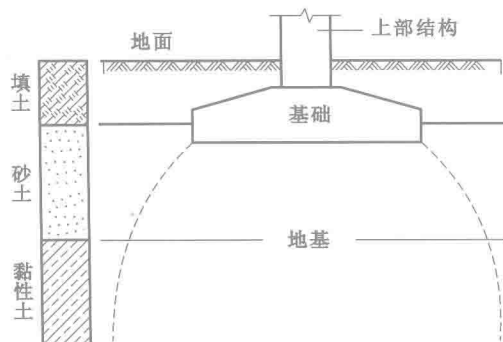


图 1-2 土层、地基和基础之间的关系

地基包括岩石地基和土层地基两类。凡是未经人工处理就能满足设计要求的地基,称为天然地基;如地基软弱,需要经过人工加固处理,才能满足设计要求,这样的地基称为人工地基。很明显,人工地基的施工成本高于天然地基。

为了保证建筑物的安全,地基需要满足强度、刚度和稳定性条件。强度条件要求地基不发生剪切破坏,即作用于地基上的荷载不超过地基的承载能力;刚度条件就是地基在建筑物荷载作用下的变形不能太大,从而保证建筑物不因地基变形而发生开裂、损坏或者影响正常使用;稳定性条件要求在建筑物使用期间,地基不应发生开裂、滑移和塌陷等有害地质现象,基坑施工过程中开挖边坡不发生滑移。



基坑开挖与支护

将房屋上部结构所承受的各种作用(或荷载)传递到地基上的结构组成部分,称为基础。建筑基础是建筑结构的最下面部分,通常位于地面以下,所以又称下部结构。基础的作用是承担上部荷载,并将上部荷载和自身重量(重力)传递给地基。基础底面直接和地基接触,它们之间的作用与反作用,称为基底压力。因为地基的承载能力较低,所以基础底面尺寸要加以扩大,以减小基底压力,满足地基承载力要求(强度条件)、变形要求和稳定性条件。基础本身还应满足安全性、适用性和耐久性等方面的功能要求。

基础底面到地面的距离,称为基础的埋置深度。根据埋置深度的不同,可将基础分为浅基础和深基础两类。通常把埋置深度小于或等于其底面宽度的基础,称为浅基础,如柱下单独基础[图 1-3(a)]、墙下条形基础、筏形基础、箱形基础等;而对于浅层土质不良,需要利用深处良好地层的承载能力,采用专门施工方法和机具建造的基础,称为深基础,如桩基础[图 1-3(b)]、沉井基础、沉箱基础和地下连续墙等。

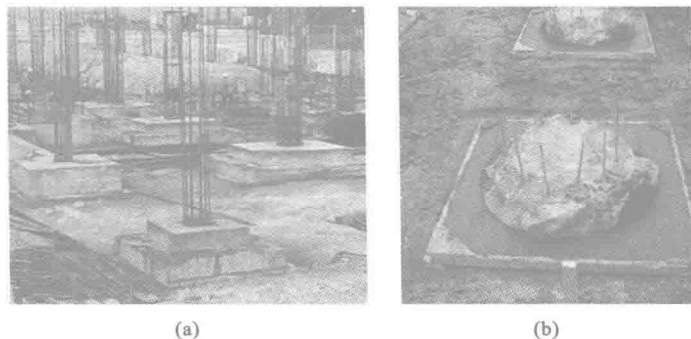


图 1-3 典型的基础形式

(a) 浅基础:柱下单独基础;(b) 深基础:桩基础

基础的设计、施工和检测,统称基础工程。而基础的设计和施工不仅要考虑上部结构的具体情况和要求,还要注意建筑场地土层的具体条件。基础和地基相互关联,不能忽视地基情况而孤立考虑基础的设计和施工。虽然建筑物的地基、基础和上部结构的功能不同,研究方法各异,但在荷载作用下,它们是彼此联系、相互制约的一个整体。地基基础设计,应坚持因地制宜、就地取材、保护环境和节约资源的原则;根据岩土工程勘察资料,综合考虑结构类型、材料情况与施工条件等因素,区分不同设计等级,精心设计,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境。

### 1.1.3 地基基础的重要性

万丈高楼从地起。地基与基础是整个建筑工程中的一个组成部分,是房屋的根基所在。其重要性毋庸置疑。

#### 1.1.3.1 重要性

地基基础的重要性体现在以下两个方面。

##### (1) 占用相当的造价和工期

基础工程在地下或水下进行,施工难度较大,造价、工期和劳动力消耗量在整个工程中所占的比重也较大。统计资料表明,我国多层建筑基础造价超过总造价 25% 的工期占总工期的 25%~30%。如果采用人工地基或桩基础,其造价和工期所占比例会更大。高层建筑和超高层建筑,还要增加基坑开挖和支护的工程量和费用。

## (2) 属于隐蔽工程

基坑回填后,基础埋于地下,属于隐蔽工程。这是施工管理或监理的重点工作之一,通常被确定为质量控制点。一旦发生地基事故或基础事故,因在建筑物下方,整改不易或后果严重。因此,地基、基础的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。统计资料表明,在工程事故中,地基基础事故最多。

### 1.1.3.2 地基基础设计等级

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,《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)将地基基础设计分为甲级、乙级和丙级三个设计等级,详见第9章。

所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的要求;设计等级为甲级、乙级的建筑物,还应按地基变形条件设计。在满足承载力计算的前提下,应按控制地基变形的正常使用极限状态设计。设计等级为丙级的建筑物,一部分需要考虑地基变形,另一部分可不考虑地基变形,详见第9章。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;基坑工程应进行稳定性验算;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。

## 1.2 地基基础失效案例与对策

经过长期的实践,人类在地基基础设计与施工方面均取得了不少成功的经验,大量的高楼大厦如雨后春笋般出现在人们眼前,在解决城市人口激增、用地面积受限的矛盾方面,作出了重要贡献。但是,在工程实践中也有失败的教训,出现了一些工程事故,其中不乏与地基基础失效有关的例子。

### 1.2.1 地基失效案例

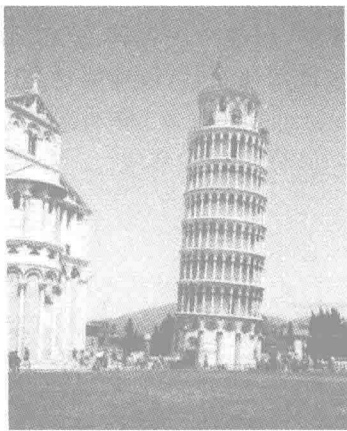


图 1-4 比萨斜塔

地基失效表现为沉降过大或不均匀沉降过大、地基剪切破坏。其经典案例就是比萨斜塔、虎丘塔和特朗斯康谷仓。

#### 1.2.1.1 比萨斜塔

比萨斜塔,位于意大利西部古城比萨市,是比萨大教堂的钟楼,共8层,总高55 m,如图1-4所示。

该塔于1173年破土动工,修建到4层24 m高时出现倾斜。限于当时的技术水平,因不知原因而于1178年停工。在1272年重新开工,倾斜问题不能解决,1278年又停工;1360年再次复工,直到1370年全塔竣工。该塔楼以斜闻名,伽利略曾在此做过自由落体的科学试验,现已成为意大利的重要旅游景点。

全塔总质量大约14500 t,塔北侧沉降超过1 m,南侧下沉近3 m,倾斜严重时塔顶偏离垂直中心线5 m多。这是典型的地基不均匀沉降导致的倾斜。1932年做过一次纠偏处理,当时在塔基灌注了1000 t水泥,但未能奏效。21世纪初,经过科学家和工程技术人员的不懈努力,该塔的倾斜程度明显减小,加固取得成功。

### 1.2.1.2 虎丘塔

虎丘塔位于苏州西北虎丘公园山顶,原名云岩寺塔,如图 1-5 所示。此塔落成于 961 年(宋太祖建隆二年),共 7 层,塔高 47.5 m,塔底直径为 13.66 m。虎丘塔平面呈八角形,由外廊、回廊和塔心组成,为砖砌体结构。1961 年,国务院将其列为重点文物保护单位。1980 年测定塔身向东北方向倾斜,倾角为  $2^{\circ}47'2''$ ,塔顶偏离中垂线 2.31 m。并且还发现,塔身东北面有若干垂直裂缝,西南面出现水平裂缝。



图 1-5 虎丘塔

经过岩土工程勘察,发现虎丘山由硬质凝灰岩和晶屑流纹岩构成,山顶岩面倾斜,西南高,东北低。塔的地基为 1~2 m 厚的大块石人工地基,厚薄不均匀,人工地基下面的土层厚度

也不均匀。土层厚度不均匀,压缩量自然不相等,也就会发生不均匀沉降,从而导致塔的倾斜。此外,南方多暴雨,雨水渗入地基块石层,冲走块石之间的细粒土,形成很多空洞,导致大量雨水下渗入地基土层,加剧了地基的不均匀沉降,这也是塔身倾斜的一个原因。

对虎丘塔斜塔进行过地基加固处理,其做法是先在塔四周建造一圈桩排式地下连续墙,目的是避免塔基土流失和侧向变形,再进行钻孔注浆和树根桩加固塔基,但效果不理想。

### 1.2.1.3 特朗斯康谷仓

加拿大特朗斯康谷仓,平面呈矩形,长度为 59.44 m,宽度为 23.47 m;谷仓高度为 31.00 m,总容积为 36368  $\text{m}^3$ 。每排 13 个圆形筒仓,共布置 5 排,总计 65 个筒仓构成一个整体。基础为钢筋混凝土筏形基础,其中筏板厚度为 61 cm,埋深 3.66 m。

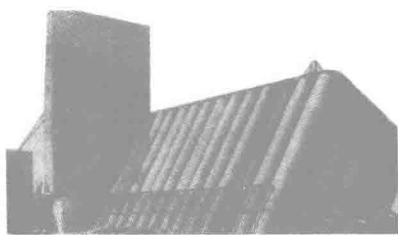


图 1-6 特朗斯康谷仓

工程于 1911 年开工,1913 年秋竣工。当年 9 月起,往谷仓中装稻谷,仔细装载,均匀分布。10 月,当装入稻谷 31822  $\text{m}^3$  时,发现谷仓下沉,1 h 内达到 30.5 cm,没有引起重视和采取有效措施,任其发展。24 h 内西端下沉 7.32 m,东端上抬 1.52 m,整个谷仓倾斜  $26^{\circ}53'$ ,如图 1-6 所示。经过检查,钢筋混凝土筒仓除个别部位出现裂纹外,其余部分完好无损。

该工程未做岩土工程勘察,仅根据邻近工程基槽开挖试验结果进行设计。该基础下有厚达 16 m 的软土层,承载能力远低于设计采用值。在自重和稻谷重量共同作用下,基底实际压力远远大于地基土的极限承载力,引起土体整体剪切滑移破坏,致使结构下陷、倾斜。

纠偏复位措施,是在筒仓下增设 70 个支承于基岩上的混凝土墩,采用 388 个 500 kN 量级的千斤顶,逐渐将倾斜的基础顶起来,使其水平,谷仓扶正。经过处理后,谷仓于 1916 年恢复正常使用,但标高比原来降低了 4 m。

## 1.2.2 基础失效案例

基础失效通常是基础本身强度破坏(承载力不足),基础可发生冲切破坏、剪切破坏和弯曲破坏等。轻者使房屋倾斜不能使用,重者会引起建筑物倒塌。



### 1.2.2.1 德阳某商住楼

1995年12月5日,四川省德阳市旌阳区一幢在建的商住楼发生倒塌,造成17人死亡。图1-7所示为正在清理中的事故现场。

该楼房为8层现浇钢筋混凝土框架结构,灌注桩基础,基础承台厚500mm。事故原因在于,一侧框架柱将承台压穿(冲切破坏),直接刺入土层中达数米深,致使楼房瞬间倾倒,装修工人来不及逃生。

这是典型的基础事故。承台设计的承载力严重不足,在没有楼面活荷载的情况下,承台厚度都还不足以抵抗冲切破坏。



图 1-7 楼房倒塌现场

### 1.2.2.2 莲花河畔景苑

2009年6月27日,上海市闵行区莲花南路莲花河畔景苑小区一幢13层楼顷刻倒塌,如图1-8所示。该楼房处于装修阶段,事故造成一名安徽籍民工死亡。

莲花河畔景苑小区共有10余幢楼房,倒塌的是7号楼,共13层。事故调查组给出的倒楼原因是:紧贴7号楼的北侧在短期内堆土过高,最高处达10m左右;与此同时,紧邻大楼的南侧地下车库基坑正在开挖,开挖深度4.6m,大楼两侧的压力差使土体产生水平位移,过大的水平力超过了桩基的抗侧能力,导致房屋倾倒。

经过检测和复核,勘察、设计符合要求,PHC管桩(高强度混凝土预



图 1-8 莲花河畔景苑

应力管桩)质量符合规范要求。

### 1.2.3 地基工程事故类别

地基工程事故,按其性质可分为强度和变形两大问题。地基强度问题引起的地基事故主要表现在地基承载力不足导致地基丧失稳定性和斜坡丧失稳定性两个方面。地基的变形问题引起的地基事故表现为地基过量变形或不均匀变形,使上部结构出现裂缝、倾斜,削弱和破坏了结构的整体性,并影响建筑物的正常使用,甚至导致建筑物倒塌。

#### (1) 地基失稳事故

基底压力超过地基的承载力,使地基土发生剪切滑移破坏,地基便失稳了。地基失稳破坏,主要发生在软弱地基中。特朗斯康谷仓的下沉、倾斜,就是地基失稳破坏的典型案列。

斜坡失稳以滑坡形式出现。滑坡可以是缓慢的、长期的,也可以是突然发生的。滑坡规模差异很大,滑坡体积从数百立方米到数百万立方米,对工



“莲花河畔景苑”  
倾倒事故视频