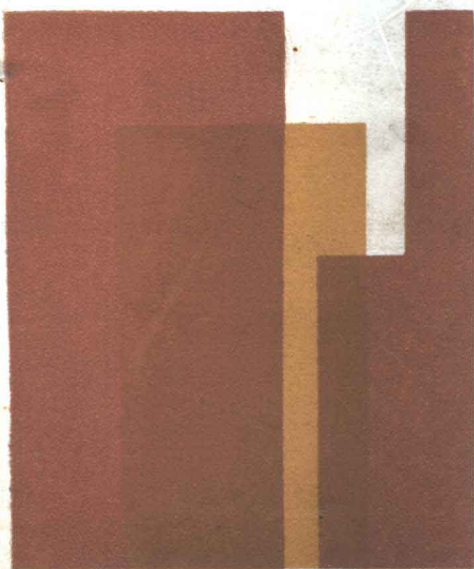


高等学校教学用书 937228

地基及基础

(新一版)

华南理工大学 东南大学
浙江 大学 湖南大学 编



中国建筑工业出版社

TU4
2411K

937228

TU
2411E

高等学校教学用书

地基及基础

(新一版)

华南理工大学 东南大学 编
浙江大学 湖南大学

中国建筑工业出版社

本书第一版作为高等学校工业与民用建筑专业教材已广泛试用10年，印数逾30万册，曾获建设部优秀教材二等奖。为了反映学科发展新水平、结合新的国家标准规范和更好地满足教学要求，原书经全面修订改写、重新审查后再版。

新一版（第二版）系统阐明土的物理性质及分类、地基的应力和变形、土的抗剪强度以及土压力和地基承载力等土力学基本理论；重点论述浅基础的常规设计、连续基础、桩基础和挡土墙等设计计算原理；简明介绍地基勘察、软弱地基处理、区域性地基以及动力机器基础等专题。各章增附习题，以便自学。

本书也可供土建专业勘察、设计、施工技术人员参考。

高等学校教学用书
地 基 及 基 础
(新 一 版)

华南理工大学 东南大学 编
浙 江 大 学 湖南大学

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店总店科技发行所发行
中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

开本：787×1092毫米 1/16 印张：26³/₄ 字数：646 千字

1991年11月新一版 1991年11月第一次印刷

印数：1—30,070册 定价：6.90元

ISBN7-112-01392-5/TU·1025

(6434)

新 一 版 前 言

《地基及基础》教材第一版于1981年6月发行至今已在全国范围内广泛试用了10年。编者在总结长期使用经验、研究教学大纲要求、采纳各方合理建议的基础上,充分考虑学科发展新水平、努力反映成熟成果与观点、具体结合新订的有关规范,从而将第一版全面修订改写。修订要点简介如下:

分散原“工程地质概述”和“山区地基”等章内容,将其融合于第一、五、十各章,以便加强地质知识与有关内容的有机联系,使原书十四章减为十一章。将属于土的物理性质的内容汇集第一章;而将“地基的应力和变形”中的某些内容分散结合于有关章节。总之,对比较庞杂的部分尽量削枝强干,使相对简约的篇幅得以充实丰满,以期达到突出重点、兼顾全面的目的。

“土的抗剪强度”与“土压力和地基承载力”,由原书的有关两章按新系统重新组合分章而成,并在遵照教学上循序渐进、内容上完整统一的前提下,补充、强化了基本概念,更新、增添了重要内容。

第五、六、七、八各章涉及地基勘察、浅基础与桩基础的设计与计算,其内容或系统有较大幅度的变动。综合原“天然地基上浅基础的设计”与“地基上梁和板的分析”,改写成“浅基础的常规设计”和“连续基础”两章,并贯穿以地基-基础-上部结构相互作用的基本概念;更新“桩基础”内容,且充实、突出桩-土相互作用观点,从而在浅基础和桩基础设计传统领域中注入现代观念,相应提高了概念的明确性、应用的合理性和论述的系统性。

“软弱土地基处理”、“区域性地基”以及“动力机器基础”各章在概括、完整地反映各领域发展水平和最新规范基本要点的同时,也着重于内容的精炼扼要,以适应一般的教学需求。

新一版各章均增附适量习题以供选用。此外,第七章至第十一章的内容比一般教学大纲有所扩充,以备教学中取舍选择并提供工程实践参考。

新一版编审单位、人员及分工如下:

华南理工大学(原华南工学院)

杨位洸(主编,绪言、第六章、第七章)

吴湘兴(第八章)

温耀霖(第五章、第十章)

东南大学(原南京工学院)

张克恭(副主编,第二章)

邵信发(第一章)

浙江大学

王铁儒(第九章)

张季容（第三章、第四章）

湖南大学

周光龙（第5-4节之三、第10-6节）

王贻荪（第十一章）

周汉荣（第4-6节、第10-4节、第10-5节）

本书新一版由同济大学叶书麟审阅。

编 者

1991年1月

第一版前言

本试用教材是根据1978年讨论通过的教材编写大纲进行编写的。在编写过程中,各编写单位积极收集资料,广泛征求意见,力求使本书能较好地满足大多数院校的教学要求,适当地吸收国内外比较成熟的新内容,以适应我国基本建设现代化的需要。

工业与民用建筑专业的“地基及基础”课程要求阐明土力学和地基基础设计的基本原理、简要介绍与本专业有关的工程地质基本知识,并具有内容广泛、地区性较强等特点。考虑到各院校所属部委不同、地区不同、具体要求不同、本书内容相应有所扩充,以便于各按所需适当选择取舍。

本书编写单位及各章编写人如下:

南京工学院——第一章(刘学尧、张克恭),第二章(邵信发),第三章(张克恭);
浙江大学——第四章(张季容),第五章(张季容),第十章(王铁儒);华南工学院——绪言(杨位洸),第六章(温耀霖),第七章(吴仁培),第八章(杨位洸),第九章(吴湘兴),第十一章(温耀霖);湖南大学——第十二章(周汉荣),第十三章(王贻荪),第十四章(周光龙)。

本书由华南工学院任主编(由杨位洸负责,余绍襄、吴湘兴参加了部分工作),南京工学院任副主编(由张克恭负责)。

本书由同济大学土力学及基础工程研究室主审,全书由叶书麟审阅,朱百里、李书萍、曹名葆、祝龙根、王天龙、宰金璋、蔡伟铭等参加了有关章的审阅工作。

主审单位于1979年9月在上海主持召开了审稿会。会议邀请了西安冶金建筑学院、天津大学、清华大学、重庆建筑工程学院、北京工业大学以及中国建筑工业出版社的代表参加初稿的审议。此外,还有一些兄弟院校和有关设计、科研单位或派代表列席审稿会或来函对初稿提出许多宝贵的意见。这些都对本书质量的提高起了很大作用,在此谨致衷心的感谢。

限于编者的水平,本书不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

1980年8月

目 录

新一版前言

第一版前言

绪言	1
一、地基及基础的概念(1);二、本课程的特点和学习要求(3);三、本学科发展概况(3)	
第一章 土的物理性质及分类	6
1-1 概述	6
1-2 土的生成	6
一、地质作用的概念(6);二、矿物与岩石的概念(7);三、地质年代的概念(10);	
四、第四纪沉积物(层)(11)	
1-3 土的组成	14
一、土的固体颗粒(14);二、土中的水和气(18);三、土的结构和构造(20)	
1-4 土的三相比例指标	21
一、指标的定义(22);二、指标的换算(24)	
1-5 无粘性土的密实度	26
1-6 粘性土的物理特征	27
一、粘性土的界限含水量(27);二、粘性土的塑性指数和液性指数(28);三、粘性土的灵敏度	
和触变性(29)	
1-7 土的渗透性	30
1-8 土的压实原理	31
1-9 地基土(岩)的分类	32
一、岩石的工程分类(33);二、碎石土(34);三、砂土(34);四、粉土(34);五、粘	
性土(35);六、特殊土(36);七、细粒土按塑性图分类(38)	
习题	39
第二章 地基的应力和变形	40
2-1 概述	40
2-2 土中自重应力	40
2-3 基底压力(接触应力)	43
一、基底压力的简化计算(43);二、基底附加压力(45)	
2-4 地基附加应力	45
一、竖向集中力下的地基附加应力(46);二、矩形荷载和圆形荷载下的地基附加应力(49);	
三、线荷载和条形荷载下的地基附加应力(55);四、非均质和各向异性地基中的附加应	
力(59)	
2-5 地基沉降的弹性力学公式	61
2-6 土的压缩性	64
一、基本概念(64);二、压缩曲线和压缩性指标(65);三、土的变形模量(68)	
2-7 地基的最终沉降量	72
一、按分层总和法计算(72);二、按规范方法计算(75);三、地基最终沉降量计算方法的讨	

论 (83)	
2-8 应力历史对地基沉降的影响	81
一、沉积土层的应力历史 (84); 二、地基固结沉降的计算 (87)	
2-9 地基变形与时间的关系	89
一、饱和土的有效应力原理 (89); 二、饱和土的渗透固结 (90); 三、太沙基一维固结理论 (91); 四、地基瞬时沉降的计算 (96); 五、地基次固结沉降的计算 (97); 六、利用沉降观测资料推算后期沉降量 (97)	
习题	99
第三章 土的抗剪强度	101
3-1 概述	101
3-2 库伦公式和莫尔-库伦强度理论	101
一、库伦公式 (101); 二、莫尔-库伦强度理论 (102)	
3-3 抗剪强度的测定方法	104
一、直接剪切试验 (105); 二、三轴压缩试验 (106); 三、无侧限抗压强度试验 (107); 四、十字板剪切试验 (108)	
3-4 孔隙压力系数	109
3-5 饱和粘性土的抗剪强度	111
一、不固结不排水抗剪强度 (111); 二、固结不排水抗剪强度 (112); 三、固结排水抗剪强度 (113); 四、抗剪强度指标的选择 (114)	
3-6 应力路径	116
3-7 无粘性土的抗剪强度	117
习题	118
第四章 土压力及地基承载力	120
4-1 概述	120
4-2 挡土墙上的土压力	121
4-3 朗肯土压力理论	122
一、主动土压力 (123); 二、被动土压力 (125); 三、几种情况下的土压力计算 (126)	
4-4 库伦土压力理论	129
一、主动土压力 (129); 二、被动土压力 (135); 三、粘性土上的土压力 (136); 四、朗肯理论与库伦理论比较 (137); 五、库尔曼图解法 (138)	
4-5 挡土墙设计	140
一、挡土墙的类型 (140); 二、挡土墙的计算 (141); 三、重力式挡土墙的体型选择和构造措施 (144)	
4-6 地基破坏型式和地基承载力	145
4-7 浅基础的地基临塑荷载	147
4-8 浅基础的地基极限承载力	149
一、普朗德尔极限承载力理论 (149); 二、太沙基承载力理论 (150); 三、魏锡克极限承载力公式 (151)	
4-9 土坡和地基的稳定分析	154
一、土坡稳定分析 (154); 二、地基稳定分析 (157)	
习题	159
第五章 地基勘察	161
5-1 概述	161

5-2 地质构造	161
一、褶皱构造(162); 二、断裂构造(162)	
5-3 地形和地貌	163
一、地形和地貌的定义(163); 二、几种地貌单元(163)	
5-4 水文地质条件	164
一、地下水的埋藏条件(164); 二、地下水的腐蚀性(165); 三、动水力、流砂和潜蚀(165)	
5-5 地基勘察的任务和内容	167
一、地基勘察与岩土工程等级的关系(167); 二、选址勘察基本要求(168); 三、初步勘察基本要求(168); 四、详细勘察(168); 五、勘察任务书(169)	
5-6 地基勘察的方法	169
一、工程地质测绘与调查(169); 二、勘探工作(170); 三、测试工作及指标整理(176)	
5-7 地基勘察报告书	180
一、勘察报告书的编制(180); 二、勘察报告实例(181); 三、勘察报告的阅读与使用(184)	
习题	186
第六章 浅基础的常规设计	187
6-1 概述	187
6-2 地基、基础与上部结构相互作用的概念	188
一、基本概念(188); 二、地基与基础的相互作用(189); 三、上部结构刚度的影响(192)	
6-3 浅基础的若干类型	194
一、扩展基础(194); 二、联合基础(197); 三、独立基础(198)	
6-4 基础埋置深度的选择	199
一、与建筑物有关的条件(199); 二、工程地质条件(199); 三、水文地质条件(200); 四、地基冻融条件(200); 五、场地环境条件(201)	
6-5 地基承载力设计值	201
一、按土的抗剪强度指标确定(201); 二、按地基载荷试验确定(204); 三、按规范承载力表确定(205)	
6-6 按地基承载力确定基础底面尺寸	210
一、按地基持力层的承载力计算基底尺寸(210); 二、软弱下卧层的验算(214)	
6-7 地基变形验算和基底尺寸调整	215
一、地基变形验算(215); 二、按允许沉降差调整基底尺寸(220)	
6-8 防止不均匀沉降损害的措施	223
一、建筑措施(223); 二、结构措施(227); 三、施工措施(228)	
习题	229
第七章 连续基础	231
7-1 概述	231
7-2 地基计算模型	231
一、文克勒地基模型(231); 二、半空间地基模型(232); 三、压缩层地基模型(233); 四、邻近荷载和基础埋深的影响(234); 五、相互作用分析的基本条件和常用方法(235)	
7-3 文克勒地基上梁的计算	236
一、无限长梁的解答(236); 二、有限长梁的计算(238); 三、地基上梁的柔度指数(239); 四、基床系数的确定(242)	
7-4 地基上梁的数值分析	245
一、有限差分法(245); 二、有限单元法(248); 三、地基柔度矩阵(251); 四、迭代计算步	

骤 (252); 五、有限差分法算例 (253)	
7-5 刚性基础的基底反力、沉降和倾斜计算	258
7-6 地基上板的有限差分分析法	260
一、地基上板的微分方程式 (261); 二、地基上板的差分方程式 (261); 三、差分方程组的建立和求解 (263)	
7-7 柱下条形基础	267
一、柱列下的单向条形基础 (267); 二、交叉条形基础 (272)	
7-8 筏板基础	274
一、构造要求 (274); 二、内力计算 (275)	
7-9 箱形基础	276
一、构造要求 (277); 二、简化计算 (278)	
7-10 补偿性基础概要	279
一、基本概念 (279); 二、应考虑的几个主要问题 (280)	
习题	283
第八章 桩基础	284
8-1 深基础概述	284
一、桩基础的适用性 (284); 二、沉井基础 (284); 三、地下连续墙 (285)	
8-2 桩的分类	286
一、预制桩与灌注桩 (286); 二、按设置效应分类 (290)	
8-3 单桩轴向荷载的传递	291
一、端承桩与摩擦桩 (291); 二、桩身轴力和截面位移 (291); 三、桩侧摩阻力的分布 (293); 四、桩侧负摩阻力 (295)	
8-4 单桩轴向承载力的确定	297
一、按静载荷试验确定 (297); 二、按土的抗剪强度指标确定 (299); 三、按规范的经验公式确定 (302); 四、动力打桩公式 (303)	
8-5 群桩的竖向承载力	304
一、粘土中的群桩 (305); 二、粘土中的带桩基础 (306); 三、砂土中的群桩 (306); 四、规范的经验方法 (307)	
8-6 桩的水平承载力	307
一、概述 (307); 二、水平静载荷试验 (307); 三、按理论计算 (310)	
8-7 桩基础设计	314
一、设计的内容和步骤 (314); 二、桩的类型、截面和桩长的选择 (314); 三、桩的根数和布置 (316); 四、桩基中各桩的荷载验算 (317); 五、桩身结构设计 (318); 六、承台设计 (320)	
习题	325
第九章 软弱土地基处理	326
9-1 概述	326
9-2 碾压法及夯实法	328
一、重锤夯实法 (329); 二、机械碾压法 (329); 三、振动压实法 (329); 四、强夯法 (330)	
9-3 换土垫层法	332
一、换土垫层及其作用 (332); 二、砂垫层 (或碎石垫层) 的设计要点 (332); 三、砂垫层 (或碎石垫层) 的施工要点 (335)	
9-4 排水固结法	335

一、排水固结法原理 (335)；二、砂井固结理论 (337)；三、砂井的应用和设计 (342)；	
四、砂井施工简介 (346)	
9-5 挤密法和振冲法	346
一、挤密及振冲作用机理 (346)；二、设计和计算原理 (348)	
9-6 高压喷射注浆法和深层搅拌法	351
一、高压喷射注浆法加固原理 (351)；二、深层搅拌法加固作用原理 (352)；三、高压旋喷注浆法和深层搅拌法的设计 (353)	
习题	355
第十章 区域性地基	356
10-1 概述	356
10-2 湿陷性黄土地基	356
一、黄土的特征和分布 (356)；二、湿陷发生的原因和影响因素 (357)；三、湿陷性黄土地基的勘察和评价 (358)；四、湿陷性黄土地基的工程措施 (362)	
10-3 膨胀土地基	362
一、膨胀土的特性 (362)；二、膨胀土地基的勘察与评价 (365)；三、膨胀土地基的工程措施 (367)	
10-4 岩溶、土洞和红粘土地基	368
一、岩溶发育的条件 (369)；二、岩溶地基稳定性评价和处理措施 (369)；三、土洞地基 (370)；四、红粘土地基 (371)	
10-5 滑坡	371
一、滑坡的形态、特征和分类 (372)；二、滑坡的形成条件 (373)；三、滑坡推力的计算 (374)；四、滑坡的预防 (376)	
10-6 地震区的地基基础问题	377
一、地震的概念 (377)；二、地基的震害现象 (380)；三、地基基础抗震设计原则 (382)	
习题	384
第十一章 动力机器基础	386
11-1 概述	386
11-2 振动对地基的影响及机器基础的设计步骤	387
一、振动对土性质的影响 (387)；二、振动作用下地基的承载力 (388)；三、动力机器基础设计的一般步骤 (388)	
11-3 大块式基础振动计算理论简述及地基动力参数	389
一、大块式基础振动计算理论简述 (389)；二、天然地基动力参数 (390)；三、桩基动力参数 (393)	
11-4 大块式机器基础振动计算方法	393
一、竖向振动 (393)；二、水平回转耦合振动 (397)；三、扭转振动 (399)	
11-5 银锤基础的设计	400
一、银锤基础的构造及设计的一般原则 (400)；二、银锤基础振动的控制条件 (403)；三、银锤基础的振动计算 (402)；四、银锤基础设计实例 (405)	
11-6 曲柄连杆机器基础设计简述	407
一、曲柄连杆机器的运动机理及扰力 (407)；二、曲柄连杆机器基础的构造及设计一般原则 (408)；三、曲柄连杆机器基础的振动计算 (408)	
11-7 振动基础在土中引起的波动及防振措施	410
一、土中的体波和面波 (410)；二、振动基础在土中引起的波动的传播特征 (411)；三、地面振动随距离的衰减 (412)；四、减少动力机器基础振动影响的措施 (412)	
习题	414

绪 言

一、地基及基础的概念

建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担，受建筑物影响的那一部分地层称为地基；建筑物向地基传递荷载的下部结构就是基础（参看图0-1）。

组成地层的土或岩石是自然界的产物。它的形成过程、物质成分、工程特性及其所处的自然环境极为复杂多变。因此，在设计建筑物之前，必须进行建筑场地的地基勘察，充分了解、研究地基土（岩）层的成因及构造、它的物理力学性质、地下水情况以及是否存在（或可能发生）影响场地稳定性的不良地质现象（如滑坡、岩溶、地震等），从而对场地的工程地质条件作出正确的评价。这是做好地基基础设计和施工的先决条件。以上涉及工程地质学和土力学的部分内容是学好本课程的基本知识。

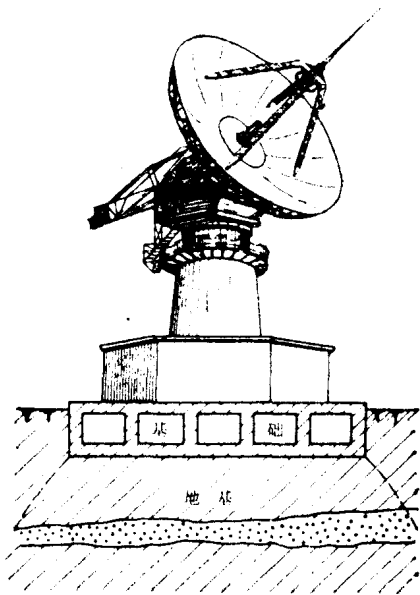


图 0-1 地基及基础示意图

建筑物的建造使地基中原有的应力状态发生变化。这就必须运用力学方法来研究荷载作用下地基土的变形和强度问题，以便使地基基础设计满足二个基本条件：（1）要求作用于地基的荷载不超过地基的承载能力，保证地基在防止整体破坏方面有足够的安全储备；（2）

控制基础沉降使之不超过地基的变形允许值，保证建筑物不因地基变形而损坏或者影响其正常使用。研究土的应力、变形、强度和稳定以及土与结构物相互作用等规律的一门力学分支称为土力学。它是本课程的理论基础。

基础结构的型式很多。设计时应该选择能适应上部结构、符合使用要求、满足地基基础设计两项基本要求以及技术上合理的基础结构方案。通常把埋置深度不大、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统称为浅基础（各种单独的和连续的基础）。反之，浅层土质不良，而须把基础埋置于深处的好地层时，就要借助于特殊的施工方法，建造各种类型的深基础（桩基础、沉井和地下连续墙等）了。选定适宜的基础型式后，地基不加处理就可以满足要求的，称为天然地基，否则，就叫做人工地基（例如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、土工聚合物加筋等方法处理过的地基）。

建筑物的地基、基础和上部结构三部分，虽然各自功能不同、研究方法相异，然而，对一个建筑物来说，在荷载作用下，这三方面却是彼此联系、相互制约的整体。目前，要把三部分完全统一起来进行设计计算还有困难。但在处理地基基础问题时，应该从地基

基础-上部结构相互作用的整体概念出发,全面地加以考虑,才能收到比较理想的效果。

地基和基础是建筑物的根本,又属于地下隐蔽工程。它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。实践表明,建筑物事故的发生,很多与地基基础问题有关,而且,地基基础事故一旦发生,补救并非容易。此外,基础工程费用与建筑物总造价的比例,视其复杂程度和设计、施工的合理与否,可以变动于百分之几到几十之间。因此,地基及基础在建筑工程中的重要性是显而易见的。工程实践中,地基基础事故的发生固然屡见不鲜,然而,只要严格遵循基本建设原则,按照勘察-设计-施工的先后程序,切实抓好这三个环节,那末,地基基础事故一般是可以避免的。以下举二个可以借鉴的实例。

图0-2是建于1941年的加拿大特朗斯康谷仓(Transcona Grain Elevator)地基破坏情况。该谷仓由65个圆柱形筒仓组成,高31m,宽23m,其下为片筏基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达16m的软粘土层,建成后初次贮存谷物,使基底平均压力(320 kPa)超过了地基的极限承载力。结果谷仓西侧突然陷入土中8.8m,东侧则抬高1.5m,仓身倾斜27°。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失了稳定性的典型例子。该谷仓的整体性很强,筒仓完好无损。事后在下面做了七十多个支承于基岩上的混凝土墩,使用388个50t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4m。

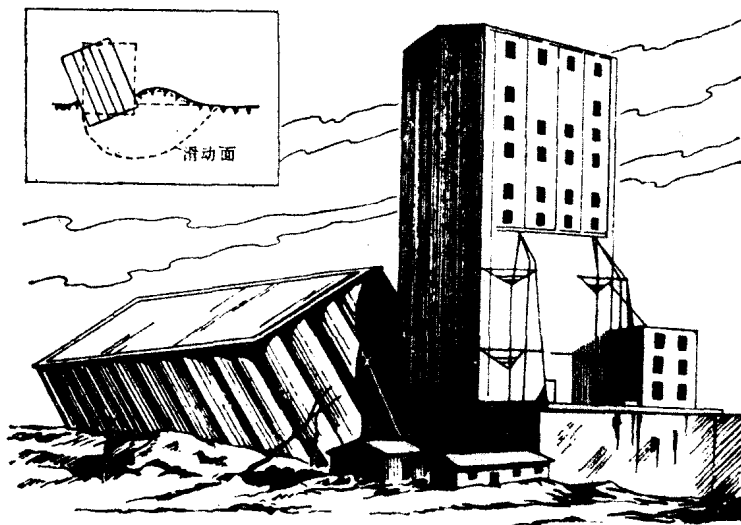


图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

某火车站服务楼建于淤泥层厚薄不匀的软土地基上(图0-3)。在上部混合结构的柱下和墙下分别设置了一般的扩展基础和毛石条形基础。设计时未从地基-基础-上部结构相互作用的整体概念出发进行综合考虑,以致结构布局不当。中间四层的隔墙多、采用钢筋混凝土楼面,其整体刚度和重量都较大。相反地,与之相连的两翼,内部空旷,其三层木楼面则通过钢筋混凝土梁支承于外墙和中柱上,因此,重量轻而刚度不足。由于建筑物各部分的荷载和刚度悬殊,建成后不久,便出现了显著的不均匀沉降。两翼墙基向中部倾斜,致使墙体、窗台、窗顶和钢筋混凝土梁面都出现相当严重的裂缝,影响使用和安全。处理时,起先曾将中部基础加宽,继之又一再加固,都未收到预期的效果;后来只得将两翼木楼面改成钢筋混凝土楼面、拆除严重开裂的墙体、更换部分钢筋混凝土梁,才算基本

解决问题。

二、本课程的特点和学习要求

地基及基础课程涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工几个学科领域,所以内容广泛、综合性强,学习时应该突出重点,兼顾全面。从工业与民用建筑专业的要求出发,学习本课程时,应该重视工程地质的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘

察资料的能力;必须牢固地掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关建筑结构理论和施工知识,分析和解决地基基础问题。

土是岩石风化产物或再经各种地质作用搬运、沉积而成的。土粒之间的孔隙为水和气体所填充,所以,土是一种由固态、液态和气态物质组成的三相体系。与各种连续体(弹性体、塑性体、流体等)比较,天然土体具有一系列复杂的物理力学性质,而且容易受环境条件(温度、湿度、地下水等)变动的影响。现有的土力学理论还难于模拟、概括天然土层在建筑物作用下所表现的各种力学性状的全貌。因此,土力学虽是指导我们从事地基基础工程实践的重要理论基础,但还应通过实验、实测并紧密结合实践经验进行合理分析,才能求得实际问题的妥善解决。而且,也只有反复联系工程实践的基础上,才能逐步提高、丰富对理论的认识,不断增强处理地基基础问题的能力。

天然地层的性质和分布,不但因地而异,而且在较小范围内也可能有很大的变化。在进行地基基础设计和土力学计算之前,必须通过勘察和测试取得有关土层分布以及土的物理力学性质指标的充分的可靠的资料。因此,了解地基勘察和原位测试技术以及室内土工试验方法也是本课程的一个重要方面。实际上,这还是科学地认识土的工程特性的入门之阶和掌握地基基础科学实验基本手段的必由之路。

我国地域辽阔,由于自然地理环境的不同,分布着多种多样的土类。某些土类(如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红粘土和多年冻土等)还具有不同于一般土类的特殊性质。作为地基,必须针对其特性采取适当的工程措施。此外,建国以来,由于大量建设工程进入山区,还出现了许多山区常见的地基问题。因此,地基基础问题的发生和解决带有明显的区域性特征。考虑到所在地区不同、具体要求不同,建议教学中可以按照需要对第七章至第十一章的有关内容适当取舍增减。

三、本学科发展概况

地基及基础既是一项古老的工程技术,又是一门年青的应用科学。

追本溯源,世界文化古国的远古先民,在史前的建筑活动中,就已创造了自己的地基基础工艺。我国西安半坡村新石器时代遗址和殷墟遗址的考古发掘,都发现有土台和石础。这就是古代“堂高三尺、茅茨土阶”(语见《韩非子》)建筑的地基基础型式。历代修建的无数建筑物都出色地体现了我国古代劳动人民在地基基础工程方面的高度水平。举

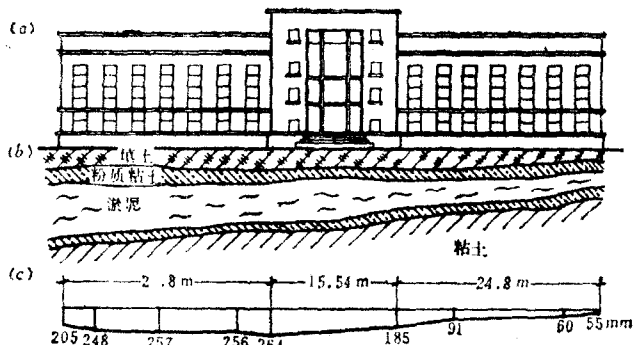


图 0-3 某火车站服务楼

(a) 立面图; (b) 地层剖面图; (c) 建筑物的沉降量

世闻名的长城、大运河，蜿蜒万里，如不处理好有关岩土问题，哪得穿越各种地质条件的广阔地区，而被誉为亘古奇观；宏伟壮丽的宫殿寺院，要依靠精心设计建造的地基基础，才能逾千百年而留存至今；遍布各地的巍巍高塔，是由于奠基牢固，方可历多次强震强风的考验而安然无恙，这些事实，即是明证。下面主要按文献记载，略举我国古代地基基础的点滴做法，以见一斑。

隋朝石工李春所修赵州石拱桥，不仅因其建筑和结构设计的成就而著称于世，就论其地基基础的处理也是颇为合理的。他把桥台砌置于密实粗砂层上，一千三百多年来估计沉降仅约几厘米。现在验算其基底压力约 $500\sim 600\text{kPa}$ ，这与以现代土力学理论方法给出的承载力值很接近。根据宋代古籍《梦溪笔谈》和《皇朝类苑》的记载，北宋初著名木工喻皓（公元989年）在建造开封开宝寺木塔时，考虑到当地多西北风，便特意使建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜，设想在风力的长期断续作用下可以渐趋复正。由此可见，古人在实践中早已试图解决建筑物地基的沉降问题了。

我国木桩基础的使用，由来已久。郑州的隋朝超化寺是在淤泥中打进木桩形成塔基的（《法苑珠林》第51卷）。杭州湾的五代大海塘工程也采用了木桩和石承台。在人工地基方面，秦代在修筑驰道时，就已采用了“稳以金堆”的路基压实方法；至今还采用的灰土垫层、石灰桩、瓦渣垫层，撼砂垫层等，都是我国自古已有的传统地基处理方法。此外，北宋李诫所著《营造法式》记载了古代地基基础的某些具体做法，此处就不一一列举了。

封建时代劳动人民的无数地基基础实践经验，集中体现于能工巧匠的高超技艺，但是，由于当时生产力发展水平的限制，还未能提炼成为系统的科学理论。

作为本学科理论基础的土力学的发端，始于十八世纪兴起了工业革命的欧洲。那时，随着资本主义工业化的发展，工场手工业转变为近代大工业，建筑的规模扩大了。为了满足向国内外扩张市场的需要，陆上交通进入了所谓“铁路时代”。因此，最初有关土力学的个别理论多与解决铁路路基问题有关。1773年，法国的C.A.库伦（Coulomb）根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式，提出了计算挡土墙土压力的滑楔理论。九十余年后，英国的W.J.M.朗肯（Rankine, 1869）又从不同途径提出了挡土墙土压力理论。这对后来土体强度理论的发展起了很大的作用。此外，法国J.布辛奈斯克（Boussinesq, 1885）求得了弹性半空间在竖向集中力作用下的应力和变形的理论解答；瑞典W.费兰纽斯（Fellenius, 1922）为解决铁路坍方问题作出了土坡稳定分析法。这些古典的理论和方

法，直到今天，仍不失其理论和实用的价值。

在长达一个多世纪的发展过程中，许多研究者承继前人的研究，总结了实践经验，为孕育本学科的雏形而作出贡献。1925年，K.太沙基（Terzaghi）归纳发展了以往的成就，发表了《土力学》（Erdbaumechanik）一书，接着，于1929年又与其他作者一起发表了《工程地质学》（Ingenieurgeologie）。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个方面的探索。从此，土力学及地基基础就作为独立的科学而取得不断的进展。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1989年，共计开过12次国际会议。其间，世界各地（如亚洲、欧洲、非洲、泛美、澳新、东南亚等）以及包括新中国在内的许多国家也都开展了类似的活动，交流和总结了本学科新的研究成果和实践经验。

从五十年代起，现代科技成就尤其是电子技术渗入了土力学及基础工程的研究领域。

在实现实验测试技术自动化、现代化的同时，人们对土的基本性质又有了更进一步的认识。土力学理论和基础工程技术也出现了令人瞩目的进展。因此，有人认为，1957年召开的第四届国际土力学与基础工程会议标志着一个新时期的开始。正当这个时期，年青的中华人民共和国也以朝气蓬勃的姿态步入了国际土力学及基础工程科技交流发展的行列。从1962年开始的全国土力学及基础工程学术讨论会的定期召开，已成为本学科迅速进展的里程碑。纵观横览我国在土力学与基础工程各个领域的理论与实践新成就，已达到难以尽述的境地。

时至今日，土建、水利、桥隧、道路、港口、海洋等有关工程中，以岩土体的利用、改造与整治问题为研究对象的科技领域，因其区别于结构工程的特殊性和各专业岩土问题的共同性，已融合为一个自成体系的新专业——“岩土工程”（Geotechnical Engineering）。它的工作方法就是：调查勘察、试验测定、分析计算、方案论证、监测控制、反演分析、修改定案；它的研究方法是以三种相辅相成的基本手段，即数学模拟（建立岩土本构模型进行数值分析）、物理模拟（定性的模型试验、以离心机中的模型进行定量测试和其它物理模拟试验）和原体观测（对工程实体或建筑物的性状进行短期或长期观测）综合而成的。我国的地基及基础科学技术，作为岩土工程的一个重要组成部分，已经、也必将继续遵循现代岩土工程的工作方法和研究方法阔步前进，从而取得更多、更高的成就，为我国的现代化建设作出更大的贡献。

第一章 土的物理性质及分类

1-1 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。作为建筑物地基的土，是土力学研究的主要对象。

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。因此，土是由颗粒（固相）、水（液相）和气（气相）所组成的三相体系。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。

在处理地基基础问题和进行土力学计算时，不但要知道土的物理性质特征及其变化规律，从而了解各类土的特性，而且还必须掌握表示土的物理性质的各种指标的测定方法和指标间的相互换算关系，并熟悉按土的有关特征和指标来制订地基土的分类方法。

本章主要介绍土的生成、土的组成、土的三相比例指标、无粘性土的密实度、粘性土的物理特征、土的渗透性、土的压实原理以及地基土（岩）的分类。

1-2 土 的 生 成

一、地质作用的概念

构成天然地基的物质是地壳中的岩石和土。地壳的一般厚度为30~80km，它的物质、形态和内部构造是在不断地改造和演变的。导致地壳成分变化和构造变化的作用，称为地质作用。根据地质作用的能量来源的不同，可分为内力地质作用和外力地质作用。

内力地质作用一般认为是，由于地球自转产生的旋转能和放射性元素蜕变产生的热能等，引起地壳物质成分、内部构造以及地表形态发生变化的地质作用，如岩浆活动、地壳运动（构造运动）和变质作用。

岩浆是存在于地壳以下深处高温、高压的复杂硅酸盐熔融体（它的主要成分为 SiO_2 ），富含挥发性物质和金属硫化物。岩浆活动可使岩浆沿着地壳薄弱地带上升侵入地壳或喷出