

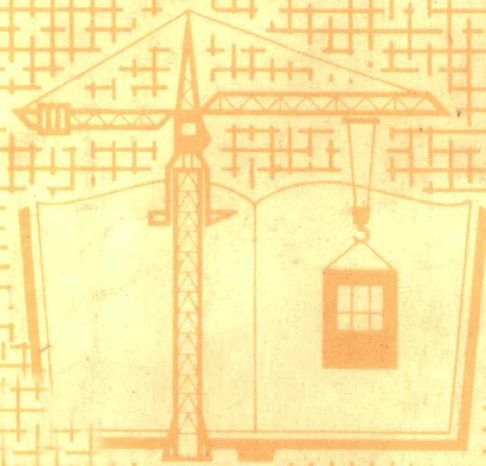
552

801051

44177

地基及基础

华南工学院 南京工学院 编
浙江大学 湖南大学



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社

552

44177

800051

552
44177

高等学校试用教材

地基及基础

华南工学院 南京工学院

浙江大学 湖南大学

编

中国建筑工业出版社

本书简要地介绍了工程地质基本知识、土的物理性质及其分类、工程地质勘察；阐明了土力学中有关应力、变形、强度的主要概念和基本理论；重点叙述了浅基础、地基上的梁和板、桩基础、挡土墙的设计原理，以及软弱地基处理、特殊土地基、山区地基、动力机器基础、地震区的地基基础问题等。

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

高等学校试用教材

地 基 及 基 础

华南工学院 南京工学院 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)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

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：29 $\frac{1}{4}$ 字数：712 千字

1981年6月第一版 1987年7月第四次印刷

印数：180,201—251,250册 定价：3.90元

统一书号：15040·4084

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,以便于各校所需适当选择取舍。

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、辛金璋、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

绪言

- 一、地基及基础的概念(1);二、本课程的特点和学习要求(4);
- 三、本学科发展概况(4)

第一章 工程地质概述 9

- 1-1 地质作用和地质年代 9
 - 一、地质作用的概念(9);二、地质年代表(11)
- 1-2 岩石的类型和特征 11
 - 一、主要造岩矿物(11);二、岩石的成因类型和主要特征(13);三、岩石的工程分类(17)
- 1-3 地质构造 20
 - 一、褶皱构造(20);二、断裂构造(21);三、地质构造与工程的关系(22)
- 1-4 第四纪沉积物 24
 - 一、残积物、坡积物和洪积物(24);
 - 二、冲积物(Q⁴) (26);三、其它沉积物(28)
- 1-5 地下水 29
 - 一、地下水的埋藏条件(29);二、土的透水性(30);三、动水压力、流砂和潜蚀(31);四、地下水的侵蚀性(32)

第二章 土的物理性质及分类 34

- 2-1 概述 34
- 2-2 土的组成 34
 - 一、土的固体颗粒(34);二、土中的水和气(37);三、土的结构和构造(40)
- 2-3 土的三相比例指标 41
 - 一、指标的定义(41);二、指标的换算(44)
- 2-4 无粘性土的密实度 45

2-5 粘性土的物理特征 47

- 一、粘性土的界限含水量(47);
- 二、粘性土的塑性指数和液性指数(48);三、粘性土的活动度和灵敏度(49)

2-6 土的压实原理 50

2-7 地基土的分类 51

- 一、碎石土分类(52);二、砂土分类(52);三、粘性土分类(53);
- 四、特殊土分类(54);五、细粒土按塑性图分类(55)

第三章 地基的应力和变形 57

3-1 概述 57

3-2 土中自重应力 58

3-3 基底压力 60

- 一、基底压力的实测资料(60);
- 二、基底压力的简化计算(61);
- 三、基底附加压力(63)

3-4 地基附加应力 63

- 一、竖向集中力下的地基附加应力(64);二、矩形荷载和圆形荷载下的地基附加应力(66);三、线荷载和条形荷载下的地基附加应力(77);
- 四、非均质和各向异性地基中的附加应力(80)

3-5 地基沉降的弹性力学公式 82

3-6 土的压缩性 86

- 一、基本概念(86);二、压缩曲线和压缩性指标(86);三、土的变形模量(90)

3-7 地基的最终沉降量 95

- 一、按分层总和法计算(95);二、按规范方法计算(98);三、地基最终沉降计算的若干问题(106)

3-8 应力历史对地基沉降的影响 108

- 一、应力历史对粘性土压缩性的影响

(108);二、地基固结沉降的计算(111)	5-4 库伦土压力理论.....154
3-9 地基变形与时间的关系.....114	一、主动土压力(154);二、被动土压力(156);三、库伦公式应用中的几个问题(157)
一、饱和土的渗透固结(114);	5-5 库尔曼图解法.....164
二、一维固结理论(115);三、地基次固结沉降的计算(119);四、地基瞬时沉降的计算(119);五、利用沉降观测资料推算后期沉降量(120)	5-6 特殊情况下的土压力计算.....165
	一、填土面有均布荷载(165);二、成层填土(166);三、墙后填土有地下水(166)
第四章 土的抗剪强度和浅基础的	5-7 挡土墙设计.....168
地基承载力.....122	一、挡土墙的类型(168);二、作用在挡土墙上的力(169);三、挡土墙的计算(169);四、重力式挡土墙的体型选择和构造措施(173)
4-1 土的抗剪强度.....122	5-8 土坡稳定分析.....175
一、无粘性土的抗剪强度(122);	一、无粘性土坡稳定分析(175);
二、粘性土的抗剪强度(123)	二、粘性土坡稳定分析(176)
4-2 土的极限平衡理论.....124	第六章 工程地质勘察.....180
一、土中某点的应力状态(124);	6-1 概述.....180
二、土的极限平衡条件(124)	一、工程地质勘察的目的(180);
4-3 抗剪强度的室内测定方法.....126	二、几种地貌单元(180);三、场地条件和建筑物类别与勘察的关系(181);四、工程地质勘察的工作程序(182)
一、直接剪切试验(126);二、三轴剪切试验(127);三、无侧限抗压强度试验(128)	6-2 工程地质勘察的任务和内容.....182
4-4 饱和粘性土在不同排水条件下的试验结果.....129	一、选址勘察(182);二、初步勘察(182);三、详细勘察(183);四、勘察任务书(184)
一、在不同排水条件下的试验方法(129);二、不排水剪切试验结果(130);	6-3 工程地质勘察方法.....184
三、固结不排水剪切试验结果(131);	一、测绘与调查(184);二、勘探方法(184);三、测试工作(190)
四、排水剪切试验结果(132)	6-4 工程地质勘察报告.....191
4-5 抗剪强度的原位测试方法——十字板剪切仪测定土的抗剪强度.....134	一、勘察报告书的编制(191);二、勘察报告实例(193);三、勘察报告的阅读与使用(195)
4-6 软粘土地基在荷载作用下强度的变化.....135	第七章 天然地基上浅基础的设计.....200
4-7 浅基础的地基临塑荷载.....137	7-1 概述.....200
4-8 浅基础的地基极限承载力.....140	7-2 浅基础的类型.....201
一、极限承载力的理论解(140);	一、墙下条形基础(201);二、单独基础(203);三、柱下梁式基础(203);
二、太沙基承载力理论(142);三、斯肯普顿极限承载力公式(144);四、极限承载力的其它计算公式(144)	四、筏板基础(204);五、箱形基础(205);六、壳体基础(205);七、
第五章 土压力和土坡稳定.....143	
5-1 概述.....148	
5-2 挡土墙上的土压力.....149	
5-3 朗金土压力理论.....150	
一、主动土压力(151);二、被动土压力(152)	

其它型式的基础 (206)	的确定 (262)
7-3 基础埋置深度的选择.....206	8-3 地基上梁的数值分析法.....267
一、工程地质条件 (206); 二、地下水条件 (207); 三、季节性冻土上基础的埋置深度 (207); 四、其它要求 (209)	一、有限差分法 (267); 二、结构力学方法 (271); 三、基底沉降计算问题 (275); 四、有限差分法算例 (278)
7-4 地基土容许承载力的确定.....210	8-4 刚性基础的基底反力和倾斜计算.....282
一、按规范容许承载力表确定 (211);	8-5 地基上板的有限差分分析法.....285
二、按地基土体强度理论计算 (215);	一、地基上板的微分方程式 (285);
三、确定地基土容许承载力的其它方法 (216)	二、地基上板的差分方程式 (286);
7-5 基础底面尺寸的确定.....218	三、差分方程组的建立和求解 (288)
一、按持力层土的容许承载力计算底面尺寸 (218); 二、软弱下卧层的验算 (221); 三、地基的变形验算 (223); 四、按容许沉降差确定基础的底面尺寸 (226)	第九章 桩基础293
7-6 地基、基础和上部结构共同工作的概念230	9-1 概述.....293
一、基本概念 (231); 二、地基变形对上部结构的影响 (231); 三、上部结构的刚度对基础受力状况的影响 (232); 四、地基条件及荷载分布对基础受力状况的影响 (233)	9-2 桩的分类.....293
7-7 钢筋混凝土梁、板式基础的简化计算方法234	一、预制桩 (294); 二、灌注桩 (295)
一、柱下条形基础 (234); 二、柱下交梁基础 (236); 三、片筏基础 (237); 四、箱形基础 (238)	9-3 单桩轴向荷载的传递.....297
7-8 减轻不均匀沉降危害的措施.....241	一、端承桩与摩擦桩 (297); 二、桩侧摩阻力的分布 (298); 三、关于负摩阻力问题 (301)
一、建筑措施 (242); 二、结构措施 (246); 三、施工措施 (248)	9-4 单桩轴向承载力的确定.....302
7-9 补偿性基础概要.....248	一、根据材料强度确定 (302); 二、根据土的支承力确定 (303); 三、单桩的容许抗拔力 (309)
一、基本概念 (248); 二、应考虑的几个主要问题 (249)	9-5 群桩的竖向承载力.....310
第八章 地基上梁和板的分析252	一、群桩的承载力 (310); 二、地基验算 (312)
8-1 概述.....252	9-6 桩的构造与沉桩深度.....313
一、基底反力的分布 (252); 二、地基的计算模型 (254)	一、钢筋混凝土预制桩的构造 (313); 二、灌注桩的构造 (314); 三、沉桩深度控制 (315)
8-2 文克勒地基上梁的计算.....258	9-7 桩基础设计.....316
一、无限长梁的解答 (258); 二、有限长梁的计算 (260); 三、基床系数	一、设计步骤 (316); 二、桩的类型和桩长的选择 (317); 三、桩的根数及布置 (317); 四、桩基中各桩的荷载验算 (319); 五、承台设计 (320); 六、例题 (322)
	9-8 桩的水平承载力.....326
	一、承受水平荷载桩基的设计问题 (326); 二、静载荷试验 (327); 三、按理论计算 (330)
	9-9 深基础简介.....334
	一、墩基础 (334); 二、沉井基础 (335); 三、地下连续墙 (336)

第十章 软弱土地基处理337

10-1 概述337

一、软弱土的特性(337);二、地基处理的一般方法(340)

10-2 土的碾压和夯实341

一、重锤夯实法(341);二、机械碾压法(342);三、振动压实法(343);四、强夯法(343)

10-3 换土垫层344

一、换土垫层及其作用(344);二、砂垫层(或碎石垫层)的设计要点(345);三、砂垫层(或碎石垫层)的施工要点(346)

10-4 堆载预压和砂井堆载预压347

一、概述(347);二、砂井固结理论(348);三、砂井地基固结度计算的修正(352);四、砂井地基设计的若干问题(353);五、砂井的施工(355)

10-5 挤密砂桩及振冲桩355

一、挤密砂桩(355);二、振冲桩(356);三、挤密砂桩和振冲桩设计原理(357)

10-6 化学加固法358

一、高压旋喷法(359);二、电硅化法(360)

10-7 软弱土地基处理设计与施工的若干问题360

一、软土地基处理应注意的问题(360);二、冲填土地基处理的几点经验(362);三、杂填土地基处理的几点经验(362)

第十一章 特殊土地基363

11-1 湿陷性黄土地基363

一、湿陷性黄土的特征和分布(363);二、黄土的湿陷性及其评定(364);三、湿陷性黄土地基的勘察和评价(369);四、湿陷性黄土地基的工程措施(371)

11-2 膨胀土地基374

一、膨胀土的特征及其对建筑物的危害(374);二、膨胀土地基的勘察与评价(377);三、膨胀土地基的工程

措施(379)

11-3 红粘土地基概述381

一、红粘土的工程性质(381);二、红粘土地基的设计和施工要点(381)

第十二章 山区地基383

12-1 概述383

12-2 岩石和岩土地基383

一、岩石地基(383);二、岩土地基(386)

12-3 滑坡387

一、滑坡的形态(388);二、滑坡的特征(388);三、滑坡的分类(389);四、滑坡的形成条件(389);五、滑坡的预防(390);六、滑坡推力的计算(392);七、滑坡的整治(395)

12-4 崩塌和泥石流401

一、崩塌(401);二、泥石流(402)

12-5 岩溶和土洞403

一、岩溶(403);二、土洞(406)

第十三章 动力机器基础407

13-1 振动对地基土的影响及机器基础的设计步骤408

一、振动对土的性质影响(408);二、振动作用下地基的承载力(409);三、动力机器基础设计的一般步骤(409)

13-2 大块式基础振动计算理论简述及地基动力参数410

一、大块式基础振动计算理论简述(410);二、天然地基动力参数(411);三、桩基动力参数(414)

13-3 大块式机器基础振动计算方法415

一、竖向振动(415);二、水平回转耦合振动(418);三、扭转振动(421)

13-4 锻锤基础的设计422

一、锻锤基础的构造及设计的一般原则(422);二、锻锤基础振动的控制条件(424);三、锻锤基础的振动计算(424);四、锻锤基础设计实例(427)

13-5 曲柄连杆机器基础的设计430

一、曲柄连杆机器的运动机理及扰力计算(430);二、曲柄连杆机器基

基础的构造及设计一般原则(431);	14-1 地震的概念.....446
三、曲柄连杆机器基础的振动计算(431);	一、地震的成因及地震带的分布(446);
四、曲柄连杆机器基础设计实例(434)	二、地震波及其特征(447);
13-6 框架式机器基础设计简述.....439	三、地震的震级和烈度(448);
一、框架式机器基础的构造(439);	四、影响震害程度的场地因素(450);
二、框架式机器基础动力计算简述(439)	五、场地因素与建筑物的地震反应(451)
13-7 振动基础在土中引起的波动及防振措施.....440	14-2 地基的震害现象.....452
一、土中的体波和面波(440);	一、砂土的振动液化(452);
二、振动基础在土中引起的波动的传播特征(442);	二、地震滑坡和地裂(453);
三、地面振动随距离的衰减(442);	三、土的震陷(454)
四、减少动力机器基础振动影响的措施(443)	14-3 地基基础抗震设计原则.....454
第十四章 地震区的地基基础问题.....446	一、抗震设计的一般原则(454);
附录 主要计量单位及其换算关系.....459	二、一般地基的抗震验算(456);
	三、不良地基的处理原则(456)

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工程地质勘察，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的内容是学好本课程所必需的基本知识。

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容许变形值，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、墩基础、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、机械夯实、土桩挤密、堆载预压、电化学加固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、

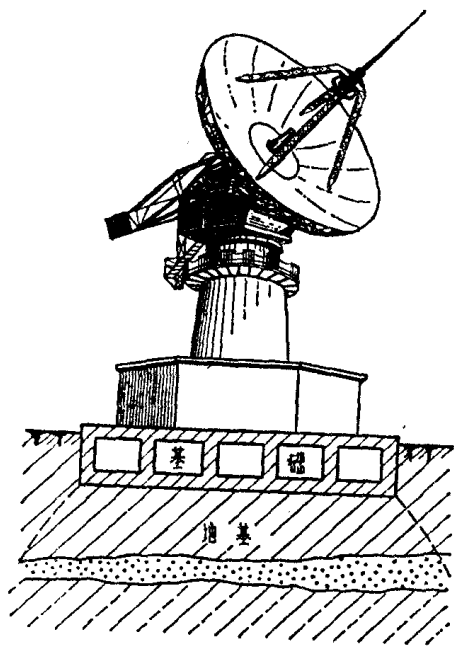


图 0-1 地基及基础示意图

基础和上部结构共同工作的整体概念出发，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。以下举几个实例来说明。

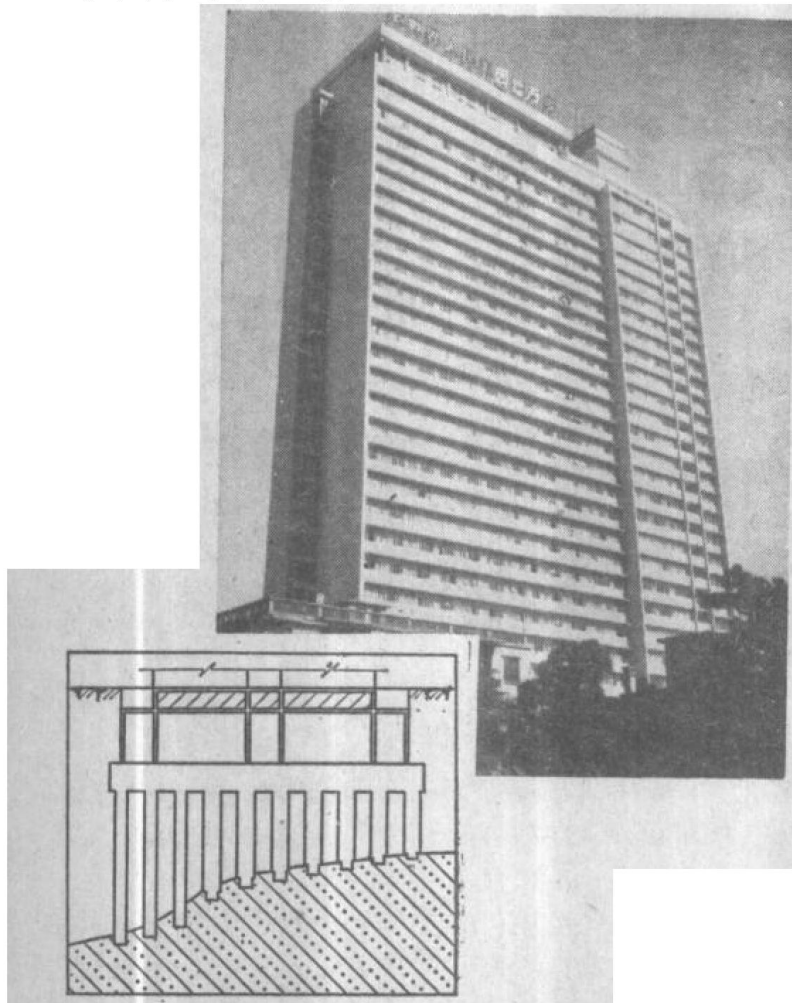


图 0-2 广州白云宾馆基础示意图

广州33层的白云宾馆(图0-2)，高114.05m，总重近十万吨。建筑场地位于丘陵地带。上部覆盖的残积层及坡积层为褐色、红褐色的硬可塑亚粘土，总厚度为10m至27.75m。其下埋藏着第三纪砂岩和砾岩交互成层的基岩，岩面起伏较大。由于高层建筑对整体倾斜的严格限制以及有抗震、抗风等要求，基岩上的覆盖土层不可能作为建筑物的天然地基。所以适当设置了287根直径1m、直达基岩的钢筋混凝土灌注桩和直径2m多的钢筋混凝土墩。施工前，各桩(墩)位都一一通过钻探摸清基岩情况。灌注桩最长达17.25m，下端嵌入新鲜基岩0.5~1.0m。经载荷试验确定单桩容许承载力为450t。基桩(墩)设置后，还用钻机沿桩(墩)身钻取混凝土试样检查施工质量。该楼建成时的沉降观测结果表明，其沉降量不超过4mm。建筑物使用情况良好。

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单独基础和毛石条形基础。设计时未从地基、基础和上部结构共同工作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。

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。

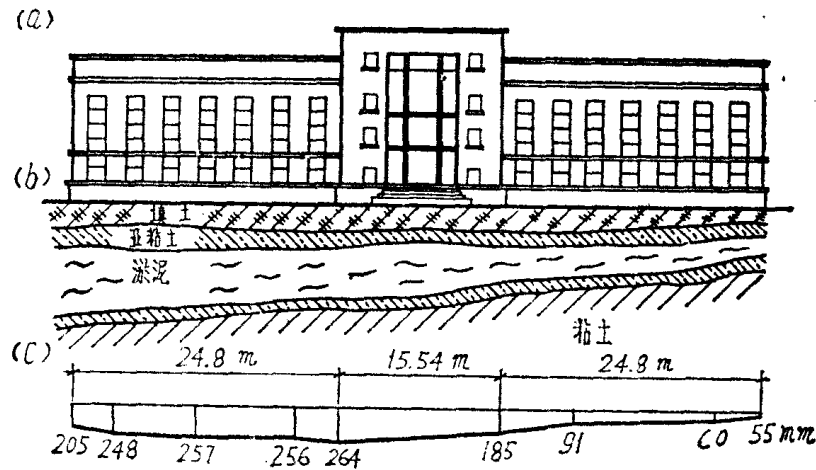


图 0-3 某火车站服务楼
(a)立面图；(b)地层剖面图；(c)建筑物的沉降量

图0-4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(32t/m^2)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4 m。

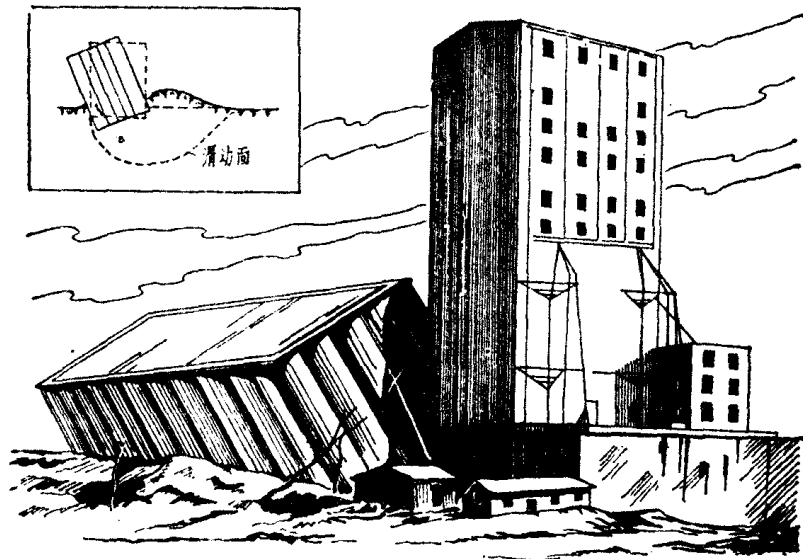


图 0-4 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

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，它是一种由固态、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，也只有在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，建议学习时可以按照需要，对第一、六、八、十~十二和十四各章的内容适当取舍增减。

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。

穷本溯源，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。举世闻名的长城、大运河，蜿蜒千里，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脍炙人口，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 $50 \sim 60 \text{ t/m}^2$ ，这与现行地基基础设计规范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（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。

“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”（恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971年8月第一版，第162页）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，工场手工业转变为现代大工业，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.朗金（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1977年，共计开过9次会议。其间，世界各地（如亚洲、欧洲、非洲、泛美、澳新、东南亚等）和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。

回顾中华人民共和国成立之际，半封建、半殖民地的旧中国在本学科领域中留下的只是一片空白。只有在中国共产党领导的大规模社会主义建设的推动下，我国的地基基础科

学技术才可能跨进了迅速发展的阶段。建国以来，在勘察测试技术、土的基本性质、土力学理论以及地基基础设计和施工等的具体成就，此处不能尽述。以下只就几个主要方面浅谈我国地基基础领域中的若干发展动态。

（一）地基勘察和土工测试技术

解放后，作为工程建设先导的工程地质勘察工作在全国普遍展开，不但减少了工程建设的盲目性、提高了设计和施工的质量，而且，所积累的丰富资料（包括地基勘察、土工试验、原位测试以及建筑物沉降和变形的长期观测资料等），有的已用于编绘全国或地区性的工程地质分区图、制订地基基础规范、或据以验证一些计算理论，从而促进了本学科的进展。与此同时，我国的勘察测试技术也日益更新，渐趋系统化和标准化。近年来，又开始吸收现代科技的最新成就，从而不断提高勘察测试质量，同时，还朝着现场化、轻便化和自动化（自控、自记、自算）的方向迅速发展。

关于地基勘察方面，我国在逐步普及通用勘察设备的基础上，也研制了一些多功能的新型机具。例如，有一种全液压多功能的车装式工程地质钻机，就具有回转、冲击、振动、静压等四种钻进方式，并可进行多种操作，以满足勘察中钻岩取样和触探的需要。此外，诸如激光、微波、电视钻探以及各种地球物理勘探等新技术也被引用于探测地层分布和地下水情况。今后，在继续发展快速勘察技术的同时，还将加强对岩溶、土洞、滑坡、地震、地基动力特性等复杂工程地质勘察技术的研究和推广。

原位测试技术正日益受到重视。至今，标准贯入试验已经广泛采用，十字板剪切仪也已成批生产；测定土的力学性质以及地基土和桩的承载力的自动记录静力触探仪正不断改进完善、扩大应用范围；原位测定土的变形模量和其它力学指标的旁压仪已得到应用。此外，地基应力和变形的现场量测手段也有新的发展。今后，为了配合土力学计算的新进展，有人认为应该考虑如何在现场连续地测定土的力学指标（不是每隔一定距离取一个试样进行试验室测定）以及对实际工程进行长期、完整的观测问题。

在土工试验方面，近年来，我国制造了新型的自动压缩仪、土与岩石的静三轴仪、振动三轴仪以及测定土的流变特性的仪器，丰富了土的试验室测定内容，提供了新的研究手段。

（二）土力学理论

在土力学理论方面，我国学者的某些成就在国际上是有影响的。早在五十年代，陈宗基教授对土流变学和粘土结构的研究和黄文熙教授关于砂土振动液化的探讨以及考虑土侧向变形的地基沉降计算方法的提出，都对现代土力学的发展有所贡献。其它如土的变形特性和抗剪强度、土体极限平衡理论、挡土墙土压力和土坡稳定等理论方面的研究，也取得了不少成果。

近十余年来，随着电子计算机的日益推广和有限单元法的普遍采用，在土力学研究中已经可以把变形和强度问题统一起来加以考虑了。这是一个带根本性的变革。现在用于土力学分析的非线性应力应变关系已多达二十余种。国内已经开始将其中某些计算模型应用于实际问题的分析，并对其可靠性和适用条件进行研究。此外，对土体变形与时间关系的固结理论的研究，也开始侧重于探讨非线性固结问题。与此同时，土的宏观结构和微观结构以及与此有关的粘土矿物的物理化学性质的研究也受到注意。

（三）基础设计和施工

解放三十余年来，我国不仅对各种浅基础的结构性能 and 设计方法作了不少研究和改

进,而且还发展了各种新的基础结构型式,其中有节约钢筋和混凝土的壳体基础和不挖基槽、兼作地坪的无埋深薄板基础等等。在地基和基础工程施工方面,新技术、新设备、新材料和新施工工艺不断涌现,丰富的施工经验、技术革新和科学研究成果都积极慎重地经过技术鉴定、整理总结后,吸收到我国国家标准《地基和基础工程施工及验收规范》中去。尽管如此,与上部结构相比,基础型式和施工方法的改革仍然是目前建筑工程中的一个薄弱环节,必须给予足够的重视。

我国在利用箱形基础较大的抗弯刚度来解决高压缩性地基上高层建筑基础建造问题的同时,还通过实测和理论研究,对箱基的性能有了进一步的认识。此外,利用电子计算机的巨大运算能力进行地基上梁和板的分析以及地基、基础和上部结构共同工作理论问题的研究,在我国也正方兴未艾。

许多国家都认为桩基础是实现基础工程工业化的主要方向之一。它在国内的发展也是非常迅速的。在1965年,上海地区在总结了丰富的桩基工程实践经验的基础上对软土中的桩基所作出的分析,以及其他学者对管桩在振动下沉过程中的阻力分析就曾得到国际的重视。现在,桩基的结构型式日益多样化,桩基施工除了采用锤击、振动、冲击、爆扩等能提高工效的沉桩或成孔方法外,还大力发展钻孔、静压等无振动、无噪音的施工工艺和机具。同时,新的桩基承载力理论及各种静力和动力的试桩方法也正在研究和试用。

沉井多用作桥梁的深基础。六十年代初期,我国某桥梁工程首创了结构新颖的巨型浮运式钢筋混凝土沉井,解决了穿过约三十米深水和三十八米覆盖层的桥墩的设计和施工问题。井筒不加填充的沉井,提供了可资利用的空间,因而成为在软土中修筑地下工业建筑物的一种主要结构型式。

地下连续墙是二十多年来迅速发展起来的一种有前途的深基础型式。早在五十年代,我国已将其用于水利工程的截水防渗,效果良好;不久前开始在工业与民用建筑中推广应用,又进一步发挥其挡土承重的功能,目前已有多种结构型式和施工方法了。

(四) 其它

国内多年来使用过换土垫层、重锤表层夯实、土桩挤密、砂井堆载预压等处理湿陷性黄土和软土地基的方法,有的还在改进提高。近年来又对由国外引进的一些较有前途的地基加固新方法进行试验、研究,并在工程中推广采用,其中有所谓“强夯法”、“旋喷法”和“振冲法”等。

我国在湿陷性黄土地基、软土地基、山区地基、膨胀土地基和多年冻土地基等方面,通过长期专门研究和不断实践总结,已经基本掌握了这些区域性地基的工程技术特性,创造了一整套行之有效的勘察、设计和地基处理方法。这就更有利于今后进一步的研究和提高。

出于对动力机器基础和结构抗震设计的需要,土的动力学问题在国内外都愈来愈受到重视。在现场和室内测定土的动力特性、对砂土振动液化的原因、液化可能性和预防措施等方面的研究都正在积极开展并取得了一定成果。机器基础的设计理论,在不断改进现有设计方法的同时,对弹性半空间波动理论及其在机器基础设计中的应用方面也进行了一系列的研究工作。应用有限单元法研究地基土的地震效应,以及用模型试验和理论计算探讨地震时地基土与结构物的相互作用问题,已经列为重要的研究课题。

建国以来,全国各地长期积累的地基基础工程实践经验和科学研究成果,为地基基础

的设计和施工摆脱过去那种盲目套用外国规范、脱离本国实际的落后状态创造了条件。从1971年开始，国家基本建设委员会组织了有关勘察、设计、施工、科研、高等院校等单位，通过广泛的调查研究和必要的科学实验，总结了我国二十多年来的实践经验和科研成果，编制了反映我国经验和特点的一系列有关地基及基础的勘察、设计和施工规范和规程，并陆续批准颁布试行。这对于保证高质量、高速度地完成大规模基本建设任务具有重大的意义。

纵观我国地基及基础学科不长的历史进程，尽管成绩是很大的，然而，与国际先进水平相比，还存在不少差距。我们必须加倍努力，让地基基础科学技术更好地为我国社会主义现代化建设服务。