



全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材

地基与基础

主编 肖先波 副主编 金 怡 主审 陈建峰



全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材

地基与基础

主编 肖先波 副主编 金怡 主审 陈建峰

内容提要

本书根据高职高专建筑工程技术专业人才培养目标与规格要求,紧密结合最新的规范、标准编写而成,系统地阐述了土力学与地基基础的主要内容,包括工程地质与勘察、地基变形计算、土的抗剪强度和地基承载力、土坡稳定与挡土墙、浅基础工程、桩基础工程、基坑工程和地基处理 8 个单元的内容。

根据工程特性,本书对传统的土力学与地基基础内容进行了整合与取舍,突出了应用性、针对性与时代性。同时,书中配有大量插图,以图文并茂的形式展示,易于读者理解。

本书为高职高专建筑工程技术专业教材,也可供土建类其他专业选择使用,同时可作为成人教育、相关职业岗位培训教材以及有关的工程技术人员的参考或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础 / 肖先波主编. — 上海: 同济大学出版社, 2009. 8

全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材
ISBN 978-7-5608-4030-7

I. 地… II. 肖… 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 115991 号

全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材

地基与基础

肖先波 主编 金 怡 副主编 陈建峰 主审
责任编辑 高晓辉 责任校对 杨江淮 封面设计 周卫民

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址: 上海市四平路 1239 号 邮编: 200092 电话: 021-65985622)
经 销 全国各地新华书店
印 刷 苏州望电印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 18.5 插页 6
字 数 462 000
印 数 1—5 100
版 次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-4030-7

定 价 34.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

编委会

顾问 杜国城

主任 张建荣

副主任 杨力彬 胡兴福

委员 (按姓氏笔画排序)

王 戎	王延该	王陵茜	冯占红	白 锋
孙玉红	刘晓平	刘晓勤	任雪丹	牟培超
杜 军	张 伟	李 进	李 峰	肖先波
宋岩丽	张 磊	张建荣	杨太生	孟小鸣
杨力彬	季荣华	赵 研	赵琼梅	胡兴福
徐 淳	曾跃飞			

“十一五”期间,中央财政投入 100 亿元专项资金支持职业技术教育发展,其中包括建设 100 所示范性高职院校计划,各省市也纷纷实施省级示范性高职院校建设计划,极大地改善了办学条件,有力地促进了高等职业教育由规模扩张向内涵提升的转变。

但是,我国高等职业教育的办学水平和教学质量尚待迅速提高。课程、教材、师资等“软件”建设明显滞后于校园、设备、场地等“硬件”建设。课程建设与教学改革是提高教学质量的核心,也是专业建设的重点和难点。在我国现有办学条件下,教材是保证教学质量的重要环节。用什么样的教材来配合学校的专业建设、来引导教师的教学行为是当前大多数院校翘首以盼需要解决的课题。

同济大学出版社依托同济大学在土木建筑学科教学、科研的雄厚实力,借助同济大学在职业教育领域研究的领先优势,组织了强有力的编辑服务团队,着力打造高品质的土建类高等职业教育教材。他们按照教育部教高[2006]16 号文件精神,在全国高职高专土建施工类专业教学指导分委员会的指导下,组织全国土建专业特色鲜明的高职院校的专业带头人和骨干教师,分别于 2008 年 7 月和 10 月召开了“高职高专土建类专业新理念教材”研讨会,在广泛交流和充分讨论的基础上,确立了教材编写的指导思想。具体主要体现在以下四个方面:

一、体系上顺应基于工作过程系统的课程改革方向

我国高等职业教育课程改革正处于由传统的学科型课程体系向工作过程系统化课程体系转变的过程中,为了既顺应这一改革发展方向又便于各个学校选用,这套教材又分为两个系列,分别称之为“传统教材”和“新体系教材”。“传统教材”系列的书名与传统培养方案中的课程设置一致,教材内容的选定完全符合传统培养方案的课程要求,仅在内容先后顺序的编排上会按照教学方法改革的要求有所调整。“新体系教材”则基于建设类高职教育三阶段培养模式的特点,对第一阶段的教学内容进行了梳理和整合,形成了《建筑构造与识图》、《建筑结构与力学》等新的课程名称,或在原有的课程名称下对课程内容进行了调整。针对第二阶段提高学生综合职业能力的教学要求编写了系列综合实训教材。

二、内容上对应行业标准和职业岗位的能力要求

建筑工程技术专业所对应的职业岗位主要有施工员、造价员、质量员、安全员、资料员等,课程大纲制定的依据是职业岗位对知

识和技能的要求,即相关职业资格标准。教材内容组织注重体现建筑施工领域的新技术、新工艺、新材料、新设备。表达方式上紧密结合现行规范、规程等行业标准,忠实于规范、规程的条文内容,但避免对条文进行简单罗列。另外在每章的开始,列出本章所涉及的关键词的中、英文对照,以方便学生对专业英语的了解和学习。

三、结构上适应以职业行动为导向的教学法实施

职业教育的目的不是向学生灌输知识,而是培养学生的职业能力,这就要求教师以职业行动为导向开展教学活动。本套教材在结构安排上努力考虑到教学双方对教材的这一要求,采用了项目、单元、任务的层次结构。以实际工程作为理论知识的载体,按施工过程排序教学内容,用项目案例作为教学素材,根据劳动分工或工作阶段划分学习单元,通过完成任务实现教学目标。目的是让学生得到涉及整个施工过程的、与施工技术直接相关的、与施工操作步骤和技术管理规章一致的、体现团队工作精神的一体化教育,也便于教师运用行动导向教学法,融“教、学、做”为一体的方法开展教学活动。

四、形式上呼应高职学生的学习心理诉求,接应现代教育媒体技术

针对高职学生的心智特点,本套教材在表现形式上作了较大的调整。大幅增加图说的成分,充分体现图说的优势;版式编排形式新颖;装帧精美、大方、实用。以提高学生的学习兴趣,改善教学效果。同时,利用现代教育媒体技术的表现手法,开发了与教材配套的教学课件可供下载。利用视频动画解释理论原理,展现实际工程中的施工过程,克服了传统纸质教材的不足。

在同济大学出版社同仁和全体作者的共同努力下,“高职高专土建施工类专业新理念教材”正在努力实践着上述理念。我们有理由相信该套教材的出版和使用将有益于高职学生良好学习习惯的形成,有助于教师先进教学方法的实施,有利于学校课程改革和专业建设的推进,并最终有效地促进学生职业能力和综合素质的提高。我们也深信,随着在教学实践过程中不断改进和完善,这套教材会成为我国高职土建施工类专业的精品教材,成为我国高等职业教育内涵建设的样板教材,为我国土建施工类专业人才的培养作出贡献。

**高职高专教育土建类专业教学指导委员会
土建施工类专业指导分委员会
2009年7月**

前言

“地基与基础”是高职高专建筑工程技术专业的一门重要专业课程。近年来,随着我国经济建设的迅猛发展,城市建设日益增多,地基与基础的重要性,也日益受到各方的重视与关注。本书采用了国家最新的规范、规程和有关标准,根据高等职业技术应用型人才培养的要求及工程实际中专业的最新动态编写而成。全书按地基基础工程的作业内容分为工程地质与勘察、地基变形计算、土的抗剪强度和地基承载力、土坡稳定与挡土墙、浅基础工程、桩基础工程、基坑工程、地基处理等 8 个单元,每一单元均有实际工作内容与之对应,并融土力学内容于其中,打破了传统的土力学地基基础教材形式。同时书中大量采用图表,尽量做到图文并茂,以帮助学生充分理解所学内容。

本书绪论、单元 6 和单元 7 由肖先波编写,单元 1 由胡勇编写,单元 2 由李敬海编写,单元 3 由潘东毅编写,单元 4 由潘建康编写,单元 5、单元 8 由金怡编写。全书由肖先波负责统稿并担任该书的主编,金怡为副主编。本书由同济大学土木工程学院陈建峰主审。本书在编写过程中得到了湖州天和建筑设计院及浙江大东吴建设集团部分技术人员的帮助,在此致以深切的谢意。

限于编者水平和时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月

目 录

序 前言

0 绪论	1
0.1 地基与基础的概念	2
0.2 地基与基础的重要性	3
0.3 本课程的内容和特点	4
单元1 工程地质与勘察	5
1.1 工程地质常识	6
1.1.1 地质构造	6
1.1.2 水文地质	10
1.2 土的特性	14
1.2.1 土的组成	15
1.2.2 土的结构	18
1.2.3 土的物理性质指标	20
1.2.4 土的物理状态指标	25
1.2.5 土的工程分类	29
1.2.6 土的基本物理性质实验	31
1.3 工程地质勘察	35
1.3.1 勘察等级划分与勘察要求	35
1.3.2 工程地质测绘	37
1.3.3 勘探工作	38
1.3.4 原位测试	40
1.3.5 地质勘察报告	44
1.3.6 地基勘察报告阅读实例	47
单元小结	61
思考题	61
练习题	62
单元2 地基变形计算	63
2.1 土中应力分析与计算	64
2.1.1 自重应力的分析与计算	65
2.1.2 基底压力的分析与计算	67
2.1.3 附加应力的分析与计算	69
2.2 土的渗透变形与固结	76

2.2.1	渗透力与渗透变形	76
2.2.2	土的固结	78
2.3	地基沉降计算与建筑物沉降观测	82
2.3.1	分层总和法与规范法计算地基沉降	82
2.3.2	建筑物沉降观测	90
2.3.3	土工试验(固结试验)	93
	单元小结	94
	思考题	95
	练习题	95

单元3	土的抗剪强度和地基承载力	97
3.1	土的抗剪强度	98
3.1.1	土的剪切特性	99
3.1.2	抗剪强度指标的测定方法	103
3.1.3	土工试验(剪切试验)	107
3.2	地基承载力的确定	109
3.2.1	地基破坏形式	109
3.2.2	地基承载力的理论计算	110
3.2.3	地基土的极限承载力	112
3.2.4	地基承载力的确定	117
	单元小结	120
	思考题	121
	练习题	121

单元4	土坡稳定与挡土墙	123
4.1	挡土墙的形式及在工程中的应用	124
4.1.1	挡土墙的形式	124
4.1.2	挡土墙在工程中的应用	124
4.2	土压力计算	126
4.2.1	土压力的类型	126
4.2.2	朗金土压力理论	127
4.2.3	库仑土压力理论	131
4.3	挡土墙设计	136
4.3.1	挡土墙的构造	137
4.3.2	挡土墙的计算	140
4.4	土坡稳定分析	143
4.4.1	土坡稳定的意义与影响因素	143
4.4.2	简单土坡稳定分析	143

4.5 挡土墙设计实例	146
单元小结	149
思考题	150
练习题	150

单元5 浅基础工程 151

5.1 浅基础类型及构造要求	152
5.1.1 浅基础的分类	152
5.1.2 常见浅基础构造要求	156
5.2 浅基础设计	159
5.2.1 埋置深度确定	159
5.2.2 浅基础设计计算	162
5.3 浅基础设计实例	171
单元小结	174
思考题	175
练习题	175

单元6 桩基础工程 177

6.1 桩基础类型及构造要求	178
6.1.1 桩基础的特点及适用条件	178
6.1.2 桩的分类及选择	180
6.1.3 桩基构造要求	181
6.2 桩基础设计	186
6.2.1 单桩竖向承载力	186
6.2.2 群桩竖向承载力	195
6.2.3 桩基水平承载力	200
6.2.4 桩基沉降	205
6.2.5 桩承台设计	211
6.3 桩基础设计实例	219
6.3.1 桩基础设计的步骤	219
6.3.2 例题	219
单元小结	223
思考题	224
练习题	224

单元7 基坑工程 225

7.1 概述	226
--------	-----

7.1.1	基坑工程的特点	227
7.1.2	基坑工程的主要内容	227
7.1.3	基坑支护的目的	228
7.2	支护结构选型	228
7.2.1	支护结构的类型	228
7.2.2	常见支护结构的形式	230
7.3	支护结构计算与设计	237
7.3.1	一般规定	237
7.3.2	荷载与抗力计算	238
7.3.3	围护墙计算与设计	240
7.3.4	支护结构稳定验算	243
7.4	基坑工程监测	245
7.4.1	基本规定	245
7.4.2	监测项目	246
7.4.3	监测方法	246
7.5	基坑支护设计实例	247
7.5.1	排桩加内支撑方案实例	247
7.5.2	复合型土钉墙方案实例	257
	单元小结	265
	思考题	265
单元 8	地基处理	267
8.1	概述	268
8.2	常见地基处理方法	270
8.2.1	换土垫层法	270
8.2.2	预压排水固结法	272
8.2.3	复合地基	275
8.2.4	其他处理方法简介	277
8.3	特殊土地基处理	278
8.3.1	膨胀土地基	278
8.3.2	湿陷性黄土地基	279
8.3.3	软土地基	279
	单元小结	280
	思考题	280
	练习题	280
	参考文献	281

0

绪论

- 0.1 地基与基础的概念
- 0.2 地基与基础的重要性
- 0.3 本书的内容和特点



单元概述:地基和基础是建筑物的根基。地基的选择或处理是否正确,基础的设计与施工质量的好坏均直接影响到建筑物的安全性、经济性和合理性。本单元主要介绍了地基与基础的基本概念及其重要性。

学习目标:通过本单元的学习,掌握地基与基础的概念及重要性,了解本书的学习内容。

学习重点:

1. 地基与基础的概念。
2. 本书研究的内容。

教学建议:通过图片、视频等资料引入地基基础的概念,通过工程事故实例向学生介绍地基与基础的重要性。

关键词:地基(subgrade);基础(foundation)

0.1 地基与基础的概念

基础(foundation)是建筑地面以下的承重构件,是建筑的下部结构。它承受建筑物上部结构传下来的全部荷载,并把这些荷载连同本身的重量一起传到地基上。地基(subgrade)则是承受由基础传下的荷载的土层(图 0-1)。

地基是由土或岩石组成的,它的形成、成分、工程特性及其所处的自然环境复杂多变。因此,在建筑设计之前,必须进行建筑场地的地基勘察,以充分了解地基土(岩)的成因及构造、物理力学性质、地下水情况以及是否存在不良地质现象(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。

地基可分为天然地基和人工地基。不需要对地基进行处理就可以直接放置基础的天然土层称为天然地基。如天然地层土质过于软弱或有不良的工程地质问题,需要经过人工加固或处理后才能修筑基础的地基称为人工地基。

基础的作用是承受建筑物的荷载,将荷载扩散传到地基上,并调整地基的变形。基础通常埋置于地下,根据埋深可分为浅基础和深基础。一般把埋置深度不大(1~5m),只需经过挖槽、排水等一般施工方法即可建成的基础称为浅基础。而当浅层土质不良,埋深需加大,并需通过特殊的施工方法和施工机械才能完成的基础称为深基础(如桩基础、沉井基础、地下连续墙等)。

为了保证建筑物的安全和正常使用,地基基础设计必须满足以下技术条件:

- (1) 地基的强度条件。地基应有足够的强度,在荷载作用下,不致发生剪切破坏或失稳破坏。
- (2) 地基的变形条件。地基不能产生过大的沉降或不均匀沉降,要求建筑物的沉降量、沉降差、倾斜和局部倾斜都不能超过地基变形允许值,以保证建筑物不因地基变形过大而产生开裂破坏,影响正常使用。
- (3) 基础的强度和刚度条件。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产

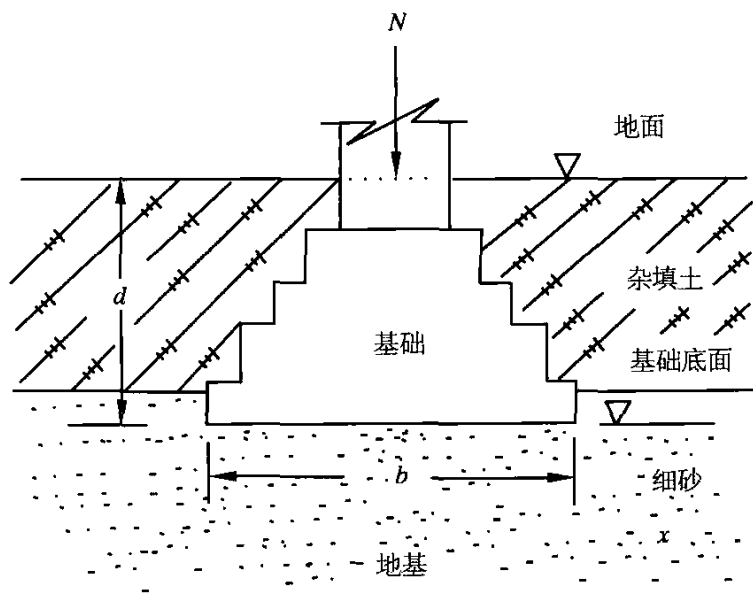


图 0-1 地基与基础示意图

生过大强度破坏,并具有改善沉降与不均匀沉降的能力。

地基、基础与上部结构三部分构成了一个既相互制约又共同工作的整体,合理的分析方法应同时考虑静力平衡和变形协调原则,即共同作用的分析方法。目前,要把三部分完全统一起来进行设计计算难度较大。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,全面加以考虑,才能收到比较理想的结果(图 0-2)。

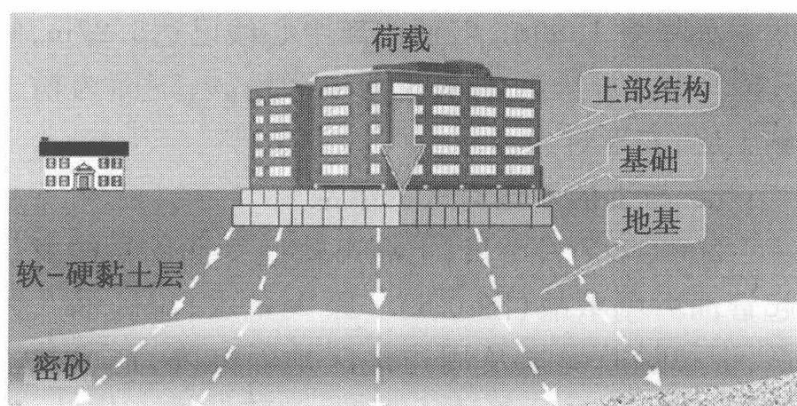


图 0-2 地基、基础与上部结构

0.2 地基与基础的重要性

地基与基础是建筑物的根基,又属于隐蔽工程,它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安全。实践证明,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,补救困难。同时,地基基础工程在整个工程造价中占有较大比例,可达到 40%。因此,地基基础在建筑工程中的重要性显而易见。

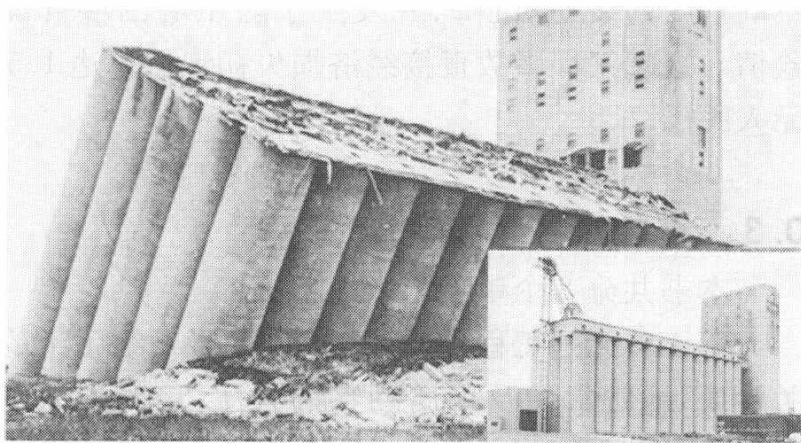


图 0-3 加拿大特朗斯康谷仓

工程实践中,地基基础事故屡见不鲜,表现为建筑物严重下沉、建筑物倾斜、建筑物墙体开裂、基础断裂、地基滑动、地基溶蚀、山坡滑动、堤基管涌等,主要涉及土的强度、土的变形和土的渗透三方面的问题。

1. 与土的强度有关的事故

最典型的是加拿大特朗斯康谷仓地基破坏情况(图 0-3)。谷仓平面呈矩形,长 59.44m,宽 23.47m,高 31.0m,谷仓的基础为钢筋混凝土筏基,厚 61cm,基础埋深 3.66m。谷仓于 1911 年开始施工,1913 年秋完工,谷仓自重 20 000t。1913 年 9 月起往谷仓装谷物,10 月当谷仓装了 $31\,822\text{m}^3$ 谷物时,在 1 小时内垂直沉降达 30.5cm,结构物向西倾斜,并在 24 小时内发生倾倒,倾斜度离垂线达 $26^\circ 53'$,谷仓西端下沉 7.32m,东端上抬 1.52m。倾倒后的上部钢筋混凝土筒仓坚如磐石,表面有极少的裂缝。事故主要原因是设计时未对谷仓地基承载力进行地质勘察,而采用了邻近建筑地基 352kPa 的承载力,1952 年的勘察试验与计算表明,该地基的实际承载力为 193.8~276.6kPa,远小于谷仓地基破坏时 329.4kPa 的地基压力,地基因超载而发生强度破坏。

2. 与土的变形有关的事故

最典型的是意大利的比萨斜塔倾斜事故(图 0-4)。该塔 1173 年动工修建,1178 年建至第四层中部,高度约 29m 时,因塔身明显倾斜而停工。94 年后,于 1272 年复工,经 6 年时间,建完第 7 层,高 48m,因再次倾斜而停工中断 82 年。于 1360 年再复工,至 1370 年竣工。全塔共 8 层,高度为 55m。由于倾斜程度过于危险,比萨斜塔曾在 1990 年 1 月 7 日停止向游客开放,经过 12 年的修缮,耗资约 2500 万美元,斜塔被扶正 44cm,2001 年 12 月 15 日再次向游人开放。目前塔向南倾斜,南北

两端沉降差 1.80m,塔顶偏离中心线已达5.27m,倾斜 5.5° 。事故原因为地基持力层为粉砂,下面为粉土和黏土层,变形过大。

3. 与土的渗透有关的事故

2003年7月1日,上海市轨道交通4号线发生一起管涌坍塌事故(图0-5)。因大量水、流砂涌入旁通道,引起隧道受损及周边地区地面沉降,造成三幢建筑物严重倾斜,防汛墙由裂缝、沉降演变至塌陷,隧道区间由渗水、进水发展为结构损坏,附近地面也出现不同程度的裂缝、沉降,并发生了防汛墙围堰管涌等险情。这起工程事故直接经济损失初步估算达1.5亿元人民币。

0.3 本书的内容和特点

本书共分8个单元。

第1单元是工程地质与勘察,主要介绍了土的有关性质、地质常识及地质勘察的方法,目的是能正确阅读地质勘察报告。

第2单元是地基变形计算,主要介绍地基中应力与沉降的计算方法,要求能通过计算对地基场地进行沉降分析。

第3单元是土的抗剪强度和地基承载力,主要介绍土的抗剪强度及地基承载力,要求能进行简单土坡的稳定分析。

第4单元是土坡稳定与挡土墙,主要介绍土坡稳定分析、挡土墙的形式与构造、土压力的计算,要求能进行简单挡土墙的设计。

第5单元是浅基础工程,主要介绍浅基础的类型及设计计算方法,要求掌握常见浅基础的设计方法,能准确识读有关浅基础施工图纸。

第6单元是桩基础工程,主要介绍桩的特点、类型、构造及设计计算方法,要求通过桩的设计计算的学习,能准确识读施工图纸。

第7单元是基坑工程,主要介绍基坑的选型、计算及监测,要求能进行基坑支护施工方案设计。

第8单元是地基处理,要求了解软弱地基的特性及各种地基处理的方法要点与使用范围。

本书涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工几个学科领域,内容广泛、综合性强。学习时应从高职专业的要求出发,重视实践运用,把理论知识落在实际的工程任务中,以地质勘察报告的阅读、地基场地沉降分析、土坡稳定分析、基坑支护施工方案设计、浅基础与桩基础的构造及施工图纸识读等为目的,在完成这些任务的过程中掌握土的应力、变形、强度等土力学基本原理。同时,本书涉及较多相关设计、施工规范,应紧密结合最新的规范来学习。

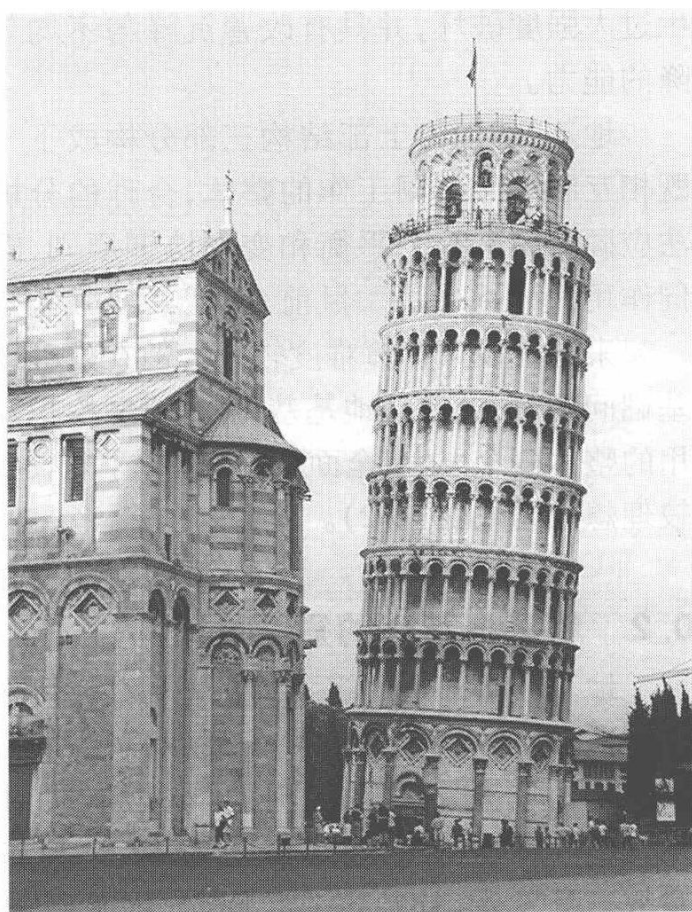


图 0-4 意大利比萨斜塔



图 0-5 上海轨道交通 4 号线事故

单元 1

工程地质 与勘察

- 1.1 工程地质常识
- 1.2 土的特性
- 1.3 工程地质勘察
- 单元小结
- 思考题
- 练习题



单元概述:依据《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)与《土的分类标准》(GBJ 50145—2007)等规范与标准,介绍土的组成与工程特性,三相指标计算与换算;土的物理性质与物理状态的评价;天然地层岩土的鉴别,土的工程性质判定;介绍工程地质的常识以及工程地质勘察的目的与内容,正确阅读与使用岩土工程勘察报告的方法。

学习目标:

1. 能够进行常规土工试验,并进行指标换算,正确评价土的工程性质。
2. 能够对土进行现场鉴别,初步判断土的类别和物理状态。
3. 能够根据工程地质常识,初步阅读建筑场地工程地质勘察报告。

学习重点:

1. 土的常规实验操作以及土的三相指标计算。
2. 土的物理状态与工程鉴别。
3. 工程地质勘察报告的阅读与使用。

教学建议:建议本单元采用“教、学、做”一体的授课方式,为10个学时,采用现场教学法观察土的颜色,鉴别土的不同类型与物理状态;通过取样进行土工实验操作来验证鉴别的准确性;通过阅读典型岩土工程报告,熟悉地质勘察的方法,收集与工程建设有关的信息,理解地质条件评价与基础设计建议。

关键词:地质构造(geologic structure);物理性质(physical property);密度(density);含水率(water ratio);塑性指数(plasticity index);液限(liquid limit);地质勘察(geological exploration);工程地质(engineering geology)

1.1 工程地质常识

1.1.1 地质构造

地质构造(geologic structure)是指在漫长的地质历史发展过程中,地壳在内、外力地质作用下,不断运动演变,所造成的地层形态(如地壳中岩体的位置、产状及其相互关系等)。

1. 地质年代

地质年代是指一个地层单位或地质事件的时代和年龄。地质年代包含两种意义,其一是地质事件从发生至今的年龄,称为绝对年代;其二是各种地质事件发生的先后顺序,称为相对年代。

(1) 绝对年代。绝对年代是利用岩石中残留的放射性元素的蜕变,测定岩石形成后所经历的实际年代(龄),是用距今多少年来表示的。

(2) 相对年代。相对年代是指根据岩石的相对新老关系(形成的先后顺序)建立起来的时代顺序。相对年代主要是依据岩层的沉积顺序、生物演化规律和岩层间相互的接触关系等方面来确定的,只能表示先后顺序,不包括各个时代延续的长短。

按时代早晚顺序表示地壳历史时期的相对地质年代和同位素年龄值的表格称为地质年代表(表1-1)。计算地质年龄的方法有两种:根据生物的发展和岩石形成顺序,将地壳历史划分为对应生物发展的一些自然阶段,即相对地质年代,它可以表示地质事件发生的顺序、地质历史的自然分期和地壳发展的阶段;根据岩层中放射性同位素蜕变产物的含量,测定出地层形成和地质事件发生的年代,