

● 普通高等学校工程管理专业规划教材 ●
高等学校工程管理专业指导委员会审订

工程地质与地基基础

GONGCHENG DIZHI YU DIJI JICHU

主 编 陈 洪 江



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

普通高等学校工程管理专业规划教材
高等学校工程管理专业指导委员会审订

工程地质与地基基础

主编 陈洪江

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本书是根据全国高等学校土建类教学指导委员会(工程管理专业委员会)编制的本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求,并结合作者多年的教学实践编写而成的。

本书为工程管理专业学生提供了必需的工程地质和地基基础知识,系统地阐述了土木工程中的地质问题和工程建设项目的的主要基础类型。全书共分6篇13章,第1篇为工程地质基础知识,主要介绍建筑工程所涉及的地质问题;第2篇为土力学,包括地基土的物理性质和工程分类、地基应力和沉降、土的抗剪强度和地基承载力、土压力和土坡稳定;第3篇为岩土工程勘察;第4篇为基础工程设计,包括浅基础设计、桩基础设计、基坑工程、地基基础的抗震;第5篇为地基处理,包括软弱土地基处理和特殊土地基处理;第6篇为岩土工程概预算与招投标。

本书内容丰富、文字简明、重点突出。每章编排有本章提要和学习要求,并有复习思考题和习题便于学生自学。本书还注重英汉双语教学,在常用专业名词后都附有英文注释,并配有多媒体电子课件。

本书可作为高等学校工程管理专业的本科教材,也可供建筑工程、道路桥梁工程、地下工程、工程造价等有关专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质与地基基础/陈洪江主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2008.2
ISBN 978-7-5629-2656-6

I. 工… II. 陈… III. 工程地质 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 018737 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司

经 销 者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:19

字 数:474 千字

版 次:2008 年 2 月第 1 版

印 次:2008 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换
本社购书热线电话:(027)87394412 87397097 87383695

前 言

“工程地质与地基基础”课程是工程管理专业四年制本科生选修的一门核心专业基础课,它是由两门相互独立而又相互交叉的学科综合而成的。课程讲授工程地质及地基基础的有关知识,这是土木工程的一个重要组成部分。本课程的目的是通过教学使学生了解工程地质勘察的基本内容和工作方法;熟悉工程地质基础知识和理论;具备正确提出工程地质勘察任务及要求并运用勘察资料进行工程设计与施工的基本能力,具备依据工程地质勘察成果进行一般的工程地质问题分析并制定合理处理措施的基本能力;了解土力学的基本知识;熟悉建设工程项目的主要基础类型和特点;掌握常用基础类型的计算分析方法,掌握建设工程项目施工过程中软弱土地基处理的方法;具备进行建设工程项目浅基础设计、桩基础设计的基本能力。

目前全国许多高校都设有工程管理专业,但本课程的教学都是借用土木工程专业的教材,工程地质与地基基础是分为两门课至三门课来完成的,不适合工程管理专业难度小而知识面宽的要求。本书正是为适应工程管理专业的教学需要而编写的。

本书按照全国高等学校土建学科教学指导委员会(工程管理专业委员会)编制的本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求编写。在编写过程中力求理论联系实际,在内容上反映岩土工程学科的新理论、新成果,反映相关学科的新规范和新规定。本书参考了有关最新规范,如《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001),《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002),《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94),《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002),《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)。

本书还注重英汉双语教学,在常用专业名词后都附有英文注释。每章编排有本章提要和学习要求,并有复习思考题和习题便于学生自学。

本书由华中科技大学陈洪江编写绪论、第1章、第6章、第9章、第10章,华中科技大学张光永编写第2章~第5章,武汉科技大学王瑞芳编写第7章、第8章、第11章、第12章,华中科技大学葛莉编写第13章,由陈洪江统稿并担任主编。

由于编者水平有限,书中缺点与不当之处在所难免,诚恳地欢迎读者批评和指正。书中引用了众多学者的文献和研究成果,在此对他们表示诚挚的谢意。

编者

2007年7月

目 录

0 绪论	1
0.1 本课程的研究内容	1
0.2 工程地质与地基基础的重要性	2
0.3 本课程特点和学习方法	4
学习要求	5
复习思考题	5

第 1 篇 工程地质基础知识

1 工程地质概论	6
1.1 地质作用	6
1.2 矿物和岩石	7
1.3 风化作用	12
1.4 土的成因类型	13
1.5 地质构造	16
1.6 不良地质条件	19
1.7 地下水	20
学习要求	24
复习思考题	25
习题	25

第 2 篇 土力学

2 地基土的物理性质和工程分类	26
2.1 土的组成及其结构构造	26
2.2 土的物理性质指标	30
2.3 土的物理状态指标	36
2.4 土的工程分类	39
学习要求	41
复习思考题	41
习题	41
3 地基应力和沉降	43
3.1 土中自重应力	43
3.2 基底压力	46
3.3 地基附加应力	49
3.4 土的压缩性	61

3.5 地基最终沉降量·····	66
学习要求·····	76
复习思考题·····	76
习题·····	77
4 土的抗剪强度和地基承载力·····	79
4.1 莫尔-库仑强度理论·····	80
4.2 抗剪强度的测定方法·····	83
4.3 地基承载力和地基破坏形式·····	89
4.4 地基临塑荷载和临界荷载·····	90
4.5 地基极限承载力·····	94
学习要求·····	96
复习思考题·····	96
习题·····	96
5 土压力与土坡稳定·····	98
5.1 挡土墙及土压力类型·····	98
5.2 朗肯土压力理论·····	101
5.3 库仑土压力理论·····	107
5.4 挡土墙设计·····	112
5.5 土坡稳定性分析·····	117
学习要求·····	122
复习思考题·····	122
习题·····	122

第3篇 岩土工程勘察

6 岩土工程勘察·····	124
6.1 概述·····	124
6.2 岩土工程勘察等级和阶段·····	125
6.3 岩土工程勘察方法·····	129
6.4 地基土的野外鉴别与描述·····	133
6.5 岩土工程勘察报告·····	136
学习要求·····	140
复习思考题·····	141
习题·····	141

第4篇 基础工程设计

7 浅基础的常规设计·····	143
7.1 概述·····	143

7.2	浅基础的类型	146
7.3	基础埋置深度的选择	150
7.4	地基承载力特征值	153
7.5	基础底面尺寸的确定	157
7.6	地基变形验算与建筑物沉降观测	162
7.7	无筋扩展基础设计	164
7.8	扩展基础设计	168
7.9	柱下条形基础、片筏基础、箱形基础简介	174
7.10	防止不均匀沉降的措施	177
	学习要求	182
	复习思考题	182
	习题	182
8	桩基础与深基础	185
8.1	桩基础的适用性	185
8.2	桩的分类与质量检测	186
8.3	单桩竖向承载力	194
8.4	群桩竖向承载力	204
8.5	桩基础设计	208
8.6	其它深基础简介	217
	学习要求	220
	复习思考题	220
	习题	220
9	基坑工程	221
9.1	基坑工程的现状与主要特点	221
9.2	基坑开挖支护方法的分类和基坑变形	222
9.3	基坑工程的设计内容和选型	226
9.4	基坑开挖降排水	231
9.5	基坑工程开挖监测与控制	233
	学习要求	234
	复习思考题	234
	习题	235
10	地震区的地基基础	236
10.1	地震的概念	236
10.2	建筑场地类别与震害	237
10.3	地基基础抗震设计原则	241
	学习要求	243
	复习思考题	244
	习题	244

第 5 篇 地基处理

11 软弱土地基处理	245
11.1 概述.....	245
11.2 换土垫层法.....	249
11.3 预压固结法.....	252
11.4 碾压法及夯实法.....	255
11.5 挤密碎石桩法和振冲法.....	256
11.6 水泥土搅拌法.....	260
学习要求.....	263
复习思考题.....	263
习题.....	263
12 特殊土地基和山区地基	264
12.1 概述.....	264
12.2 湿陷性黄土地基.....	264
12.3 膨胀土地基.....	268
12.4 岩溶、土洞和红粘土地基	271
学习要求.....	274
复习思考题.....	275
习题.....	275

第 6 篇 岩土工程概预算与招投标

13 岩土工程概预算与招投标	276
13.1 岩土工程概预算.....	276
13.2 岩土工程招投标.....	282
13.3 岩土工程监理.....	284
13.4 岩土工程合同.....	289
学习要求.....	293
复习思考题.....	293
习题.....	293
参考文献.....	295

0 绪 论

本章提要

工程地质学是研究与工程建设有关的地质问题的一门学科。地基基础是研究地基及包含基础的地下结构设计和施工的一门学科。它们从不同角度研究作为建筑物地基的岩土体的问题,都属于岩土工程范畴。地基与基础是建筑物的根基,它的勘察、设计和施工质量,直接关系到建筑物的安危。进行地基基础设计的主要理论依据是土力学。岩土问题与工程建设的关系十分密切,往往是影响投资和制约工期的主要因素。

0.1 本课程的研究内容

工程地质与地基基础是土木工程管理专业(工程项目管理方向)的一门专业课程。其任务是保证各类工程建设项目既安全、经济又正常使用,不发生地基基础工程事故。因此,需要学习和掌握工程地质的基本知识和地基基础设计原理及处理方法。

工程地质与地基基础是由两门相互独立又相互交叉的学科综合而成的,它们都是工程实用科学,都是研究作为建筑物地基的岩土体的形成、分布及其工程性状,应用于解决地基基础的设计与施工的岩土工程领域,但两者的学科内涵不同,研究方法不同。

工程地质学(Engineering Geology)是研究与工程建设有关的地质问题的一门学科。其任务是研究岩土地层和不良地质现象的形成、发展变化的规律并提出相应的工程措施,为工程提供建筑场地的基础资料。工程地质研究是通过工程勘察来实现的,具体来说,就是通过地质调查测绘、勘探、试验、观测、理论分析等手段,查明建筑场地的工程地质条件,论证可能存在的工程地质问题,选择最佳的建筑场地,对不良的地质条件采取有效的工程措施,预测工程修建后对地质环境的影响,提出保证建筑工程的安全、经济和正常使用的合理建议。

地基基础(Foundation)是研究地基及包含基础的地下结构设计和施工的一门学科。地基是承受建筑物荷载作用的岩土层,基础是设置于建筑物底部将上部结构物荷载传递给地基的下部结构(图 0.1)。地基和基础的设计往往不能截然划分,正确的基础设计必须建立在合理的地基评价基础上。“地基”、“基础”在英语中用同一名词“Foundation”,这反映了两者的不可分割性。地基基础和上部结构构成了建筑物的整体。为确保建筑物的安全和正常使用,在地基与基础设计中必须同时满足以下两个技术条件:

(1)地基的变形(Deformation)条件

要求建筑物地基的沉降量、沉降差、倾斜和局部倾斜都不能大于地基变形允许值。

(2)地基的强度(Strength)条件

要求建筑物地基保持稳定性,不发生滑动破坏,必须有一定的地基强度安全系数。

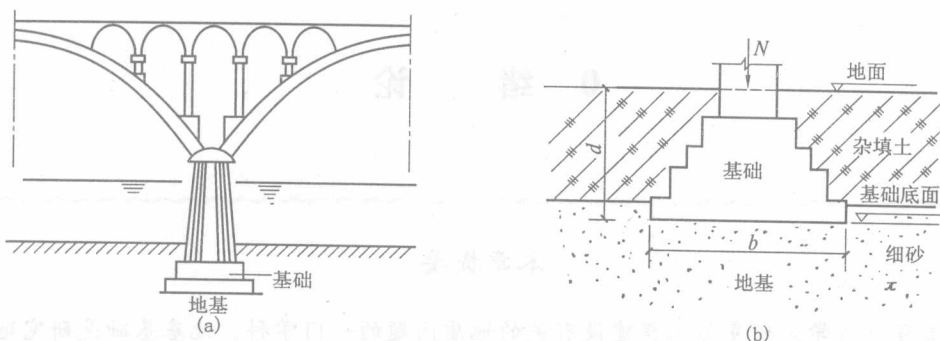


图 0.1 地基与基础

进行地基基础设计的主要理论依据是土力学(Soil Mechanics)。它是研究土体在工程建筑作用下的应力、变形和强度规律的一门学科,是力学的一个分支。由于土是一种自然地质作用形成的产物,种类繁多,性质复杂多变,所以土力学的研究方法也和其他学科有所不同,主要采用勘探与试验、理论分析和工程实践相结合的办法。

当天然地基不能满足工程建设要求时,就必须采取一定的措施使地基满足使用要求。常用的措施有:重新考虑基础设计方案,选择合适的基础类型,对地基进行处理形成人工地基。地基处理(Ground Treatment)的方法很多,具体做法可以因地制宜,即根据土质条件、地下水情况、结构类型、荷载大小、施工期限、设备以及造价等因素综合考虑确定。

以土力学、岩石力学、工程地质学和地基基础工程学为理论基础,以解决和处理在工程建设中出现的所有与岩土体有关的工程技术问题的一门地质和工程紧密结合的新专业学科称为岩土工程(Geotechnical Engineering)。它是近三四十年在西方工业化国家首先发展起来的,在我国只有 20 多年的历史。岩土工程的类型包括地基与基础、边坡和地下工程等问题,其工作内容包括岩土工程的勘察、设计、治理、测试、监测和监理,贯穿于各类土木工程的全过程。岩土问题与工程建设的关系十分密切,往往是影响投资和制约工期的主要因素。在本书最后一章,谈到岩土工程概预算(Budgetary Estimate)和招投标(Bidding)等问题。这是专为工程项目管理方向学生而编入的内容。

0.2 工程地质与地基基础的重要性

各种土木工程,如房屋、公路、桥梁、隧道等工程,都修建在地表或地下,建筑场地工程地质条件的优劣直接影响到工程的设计方案类型、施工工期的长短和工程投资的大小。国家规定任何工程建设必须在进行相应的地质勘察工作、提出必要的地质资料的基础上,才能进行工程设计和施工。在进行工程建设时,首先应了解建筑场地的地形地貌特征;其次应了解地基岩土层的种类、性质、分布、地质构造,以及影响建筑环境的不良地质现象,如滑坡、地震、岩溶土洞等,必须做好建筑场地的地质勘察。

地基与基础是建筑物的根基,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。由于基础工程在地下或水下进行,施工难度大,造价、工期和劳动消耗量在整个工程中占的比重均较大,根据建筑物复杂程度和设计施工合理性的不同,基础工程费用在

建筑物的总造价中所占的比重变幅很大,在软土地区,可达百分之十几甚至超过 20%,其工期可占总工期的 1/4 以上,如果采用人工基础或深基础,工期和造价所占比例将更大。随着城市的发展,高层建筑越来越多,基础的埋置深度越来越大,因此,基础工程费用占建筑物总造价的比例越来越高。所以地基与基础在建筑工程中的重要性是显而易见的。任何一个成功的基础工程都是工程地质学、土力学、结构计算知识的运用和工程实践经验的完美结合,在某些情况下,施工可能是决定基础工程成败的关键。

据统计,世界各国建筑工程事故中,以地基基础事故居首位。而且,一旦发生地基基础事故,因位于建筑物下方,补救非常困难。工程实践中地基基础事故屡见不鲜,以下实例可见一斑。

始建于 1911 年的加拿大特朗斯康谷仓,主体结构由 65 个圆柱形筒仓组成,高 31m,宽 23m,长 60m,其下为筏板基础。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时,基底压力超过了地基承载力,致使谷仓一侧突然陷入土中 7.32m,另一侧则抬高 1.5m,仓身倾斜达 27° 。如图 0.2 所示。这是地基发生整体滑动、建筑物失稳的典型例子。由于该谷仓整体性较强,谷仓完好无损,事后在主体结构下面做了 70 多个支承于基岩上的混凝土墩,用 388 个 500kN 的千斤顶,才将仓体扶正,但其标高比原来降低了 4m。

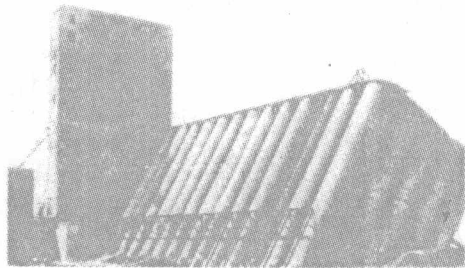


图 0.2 加拿大谷仓因地基强度不足而倾斜

1982 年修建的某县大旅店,建筑面积 4190m^2 ,采用七层框架结构和天然地基上柱下独立基础。设计前曾作过简易勘探,但对地基软弱土层情况不重视。做完基础后沉降 15mm,之后施工过程中沉降越来越大,上部结构也有不少裂缝出现。但这些情况未引起足够重视,加之上部结构设计当中也存在问题。因此,在竣工前突然倒塌,南面两层楼均陷入地下。死亡 4 人,重伤 1 人,经济损失达 60 万元,事后经调查分析,建筑物倒塌的根本原因是地基承载力明显不足。

著名的意大利比萨斜塔则是因地基不均匀沉降过大而导致塔身严重倾斜的典型实例。比萨斜塔高 55m,始建于 1173 年,建造至一半时因塔身南倾而停工,以后时建时停,至 1370 年才竣工。此后,塔身不断南倾,南侧下沉近 3m,北侧下沉 1m 多,南北两端沉降差达 1.8m,塔顶中心点偏离垂直中心线 5.27m,倾斜度达 5.5° 。如图 0.3。为拯救这一举世闻名的精美建筑,意大利政府多次组建拯救机构,对斜塔进行纠偏和地基加固。

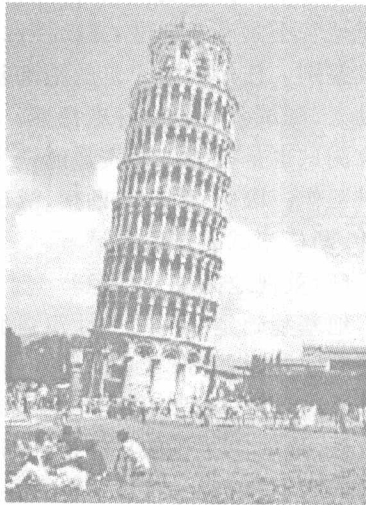


图 0.3 意大利比萨斜塔

苏州名胜虎丘塔,共七层,高 47.5m,底层直径 13.7m,呈八角形,全为砖砌,在建筑艺术上是个奇迹,国务院公布为全国重点文物保护单位。目前,该塔倾斜严重,塔顶离中心线达 2.31m。经勘探发现,该塔位于倾

斜基岩上,覆盖层一边深 3.8m,另一边深为 5.8m。而且在千余年前建造该塔时没有扩大基础,直接把塔身置在地基上,造成不均匀沉降,引起塔身倾斜,危及安全。

上海展览馆于 1954 年建造。中央大厅上部为框架结构,质量达 1 万 t,箱形基础分两层,平面尺寸为 46.5m×46.5m,基础高度为 7.27m,总质量约 1.05 万 t。大厅两翼为条形基础,采用沉降缝隔开。地基为深厚(约 14m)的淤泥质粘土层,建成后当年基础即下沉 0.6m,目前大厅平均沉降达 1.6m,由于大厅的较大沉陷影响,相邻的东西两翼和展览大厅产生不均匀沉降,使墙面有较大的裂缝,进厅台阶也错裂。

归纳起来,与岩土有关的工程问题主要有强度破坏问题(包括地基、边坡、挡土墙、基坑的稳定性等问题)、变形破坏问题(包括地基的沉降和不均匀沉降问题)、渗透破坏问题(包括流砂、管涌、冻胀、溶蚀的问题)。

0.3 本课程特点和学习方法

本课程内容广泛,综合性强,包括工程地质基础知识、土力学理论、岩土工程勘察、基础工程设计、地基处理、工程经济与管理六大部分内容,理论性、实践性均较强,涉及建筑力学、建筑结构和施工技术几个学科领域。本书在涉及这些学科的有关内容时仅引述其结论,要求理解其意义及应用条件,而不把注意力放在公式的推导上。

作为工程项目管理专业的学生,学习本课程要重视工程地质基本知识的学习,要学会阅读和使用工程地质勘察资料;要熟悉土的应力、变形、强度、土压力等土力学基本原理,结合建筑结构和施工知识来分析解决地基基础问题,熟悉天然地基浅基础和桩基础的设计和施工方法;要掌握岩土工程概预算和岩土工程招投标,从而科学地管理工程建设项目设计、施工和运营的全过程。

学习时需要重视以下几个方面:

(1) 重视工程地质勘察及现场原位测试方法

土力学计算和基础设计中所需的各种参数,必须通过土的现场勘察和室内土工试验测定。由于地基土具有多样性、复杂性和易变性,不同场地、不同深度的地基土的物理力学性质会有很大差别。任何一项建筑的地基基础工程,几乎找不到完全相同的实例。设计施工时,必须通过勘察、测试获得土的各项指标。各项指标测定的准确与否,直接影响设计结果和施工方案。原位测试也是检验工程质量的一个重要手段。可以说,地基基础工程从开始到结束都离不开测试工作。因此,地基的勘察、测试在地基基础工程中的作用十分重要。工程越重大,土性越复杂,勘察测试的作用越显著。

(2) 重视地区性工程经验

地基基础是一门实践性很强的学科,又由于土与结构物相互作用的复杂性,目前在解决地基基础问题时,还带有一定程度的经验性,因此,就有大量的经验公式。《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)就是理论和经验的总结。除了全国性地基基础设计规范外,还有不少行业性、地区性的规范与规程,世界各国的规范,更是各不相同。学习时,必须仔细地分析各种公式的基本假定及其适用条件,并结合当地的实践经验加以应用,力戒千篇一律地不分地区而机械地套用地质资料和地基基础设计方案。

地基土的性质还具有明显的区域性。我国地域辽阔,地基土种类较多,西南多岩溶,东南

多软土,西北多黄土,东北多冻土……这些千差万别的土类构成了建筑物的地基,而它们都有其自身的特性。如果对这些土类的特性认识不充分,则往往会出现问题,如黄土的湿陷、冻土的冻胀等,都会引起工程事故。教学中,不同地区可根据当地的土类特性对本课程的教学内容适当增删。

(3) 注意理论联系实际

土的物理力学性质以及它受荷载后应力和变形十分复杂,目前的土力学计算理论还很难和实际情况完全吻合,一些设计方法借助于弹性力学等理论,有些则是建立在实验基础上的经验方法。这些设计方法都有一定的适用条件和应用范围,也都有一定的近似性。因此,学习本课程时要注意理论联系实际。在应用这些理论时,不能不管具体情况,盲目生搬硬套。也由于上述的原因,基础课的一些学习方法和思维方式也不完全适应本课程。如一些设计型的习题,其解答往往可以有多种,有的答案从理论上讲并没有错误,但从工程实际考虑可能是不合理的,学习时要适应这种方法。

(4) 注意各行业、各地区岩土工程概预算标准的不同

我国各地岩土条件和施工技术水平差异较大,且岩土工程涉及的部门、行业多,而各个行业系统大多都有自己的施工技术规范、(概)预算定额和取费标准,除岩土工程勘察外,其他岩土工程项目目前尚无全国统一的定额和取费标准;又由于国家推行工程招标投标制,打破行业垄断,因此,一个岩土工程施工单位有可能承揽不同系统、不同地区的岩土工程项目,作为工程项目管理人员和造价工程师,必须注意尽量收集、仔细阅读不同系统、不同省市的相关定额和取费标准的有关文件,使岩土工程(概)预算更具有针对性、准确性。

学习要求

通过绪论的学习,应了解工程地质和地基基础研究的主要内容及任务;正确认识工程地质和地基基础的重要性;了解本课程特点和基本要求。

复习思考题

- 0.1 工程地质学的研究内容和任务是什么?
- 0.2 何谓地基? 何谓基础? 进行地基与基础设计时必须满足哪两个条件?
- 0.3 土力学是一门什么样的学科? 它对地基基础设计起什么样的作用?
- 0.4 什么是岩土工程? 包含哪些内容?
- 0.5 本课程学习时要注意哪些问题?

第1篇 工程地质基础知识

1 工程地质概论

本章提要

工程地质与建筑物的关系十分密切。各类建筑物都建造在地壳的表层上,建筑场地工程地质条件的优劣直接影响到工程的设计方案类型、施工工期的长短和工程投资的大小。工程地质学通过工程地质勘察,研究建筑场地的岩土类型及性质、地质结构与构造、地形地貌、水文地质、不良地质现象和天然建筑材料等工程地质条件,预测和论证工程地质问题发生的可能性并采取必要的防治措施,以确保建筑物的安全、稳定和正常运行。工程地质工作是各类土木工程设计和施工的基础,是岩土工程的重要组成部分。

1.1 地质作用

地球是人类生活和从事工程活动的场所。地球形成以来,一直处于不断地运动和变化之中,因而引起地壳构造和地表形态不断地发生演变。在地质历史发展的过程中,由自然动力引起的地球和地壳物质组成、内部结构及地表形态不断变化发展的作用,称为地质作用(Geological Process)。土木工程建筑场地的地形地貌和组成物质(土与岩石)的成分、分布、厚度与工程特性,都取决于地质作用。

地质作用按其动力来源可分为内力地质作用和外力地质作用。内力地质作用是由地球内部的能量所引起的,包括地壳运动、岩浆作用、变质作用、地震作用。外力地质作用是由地球外部的能量引起的,主要来自太阳的辐射热能,它引起大气圈、水圈、生物圈的物质循环运动,形成了河流、地下水、海洋、湖泊、冰川、风等地质营力,各种地质营力在运动的过程中不断地改造着地表。外力作用的方式,一般按风化→剥蚀→搬运→沉积→硬结成岩的程序进行,未经成岩作用所生成的沉积物就是通常所说的“土”。

内力地质作用与外力地质作用紧密关联、互相影响,内力地质作用决定地表的基本形态和内部构造,外力地质作用破坏和重塑地表形态,对地壳的发展而言,内力地质作用一般占主导地位。地壳上升时,遭受剥蚀。地壳下降时,接受沉积。

地壳在内力和外力地质作用下,形成了各种类型的地形,称为地貌。地表形态可按不同的成因划分为各种相应的地貌单元。在山区,基岩常露出地表;而在平原地区,各种成因的土层覆盖在基岩之上,土层往往很厚。

1.2 矿物和岩石

矿物(Mineral)是组成岩石的基本物质,由一种或多种矿物以一定的规律组成的自然集合体,就称为岩石(Rock)。岩石构成了地球的表层——地壳。

1.2.1 矿物

矿物是指地壳中具有一定化学成分和物理性质的自然元素和化合物。地壳上已被发现的矿物有 3000 多种,但最主要的造岩矿物只有 30 多种。矿物按生成条件可分为原生矿物和次生矿物两大类。原生矿物一般由岩浆冷凝而成,如石英、长石、辉石、角闪石、云母等;次生矿物一般由原生矿物经风化作用直接生成,如由长石风化而成的高岭石、由辉石或角闪石风化而成的绿泥石等,或在水溶液中析出生成,如水溶液中析出的方解石 CaCO_3 和石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等。表 1.1 列出了几种最主要造岩矿物的特征。

表 1.1 最主要造岩矿物的特征

编号	矿物名称	形 状	颜 色	光 泽	硬 度	解理	相对密度	其它特征
1	石 英	块状、六方柱状	无色、乳白色	玻璃、油脂	7	无	2.6~2.7	晶面有平行条纹,贝壳状断口
2	正长石	柱状、板状	玫瑰色、肉红色	玻璃	6	完全	2.3~2.6	两组晶面正交
3	斜长石	柱状、板状	灰白色	玻璃	6	完全	2.6~2.8	两组晶面斜交,晶面上有条纹
4	辉 石	短柱状	深褐色、黑色	玻璃	5~6	完全	2.9~3.6	
5	角闪石	针状、长柱状	深绿色、黑色	玻璃	5.5~6	完全	2.8~3.6	
6	方解石	菱形六面体	乳白色	玻璃	3	三组完全	2.6~2.8	滴稀盐酸起泡
7	云 母	薄片状	银白色、黑色	珍珠、玻璃	2~3	极完全	2.7~3.2	透明至半透明,薄片具有弹性
8	绿泥石	鳞片状	草绿色	珍珠、玻璃	2~2.5	完全	2.6~2.9	半透明,鳞片无弹性
9	高岭石	鳞片状	白色、淡黄色	暗淡	1	无	2.5~2.6	土状断口,吸水膨胀滑粘
10	石 膏	纤维状、板状	白色	玻璃、丝绸	2	完全	2.2~2.4	易溶解于水产生大量 SO_4^{2-}

注:① 硬度是指其抵抗外力刻画的能力,硬度等级越高,硬度越大;

② 解理是指矿物受外力作用后沿一定方向裂开成光滑平面的性质,无解理即称为断口。

1.2.2 岩石

1.2.2.1 岩石的成因分类

自然界中岩石种类繁多,按其成因可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。岩石的主要特征包括矿物成分、结构和构造三方面。岩石的结构是指岩石中矿物颗粒的结晶程度、大小和形状及其彼此间的组合方式等特征。岩石的构造则是由岩石中矿物排列方式及填充方式决定的。各类岩石其矿物成分、结构和构造不同,因此具有不同的工程性质。

(1) 岩浆岩

岩浆岩(Magmatic Rock)又称火成岩(Igneous Rock)。它是由地壳深处的岩浆沿地壳构造薄弱带上升侵入地壳或喷出地面,冷却凝固后形成的岩石。

岩浆岩的主要矿物成分是硅酸盐矿物,如石英、长石、云母、角闪石、辉石等。侵入岩主要是结晶结构,块状构造;喷出岩可以是隐晶质或玻璃质结构,流纹状或气孔状构造,主要取决于岩浆冷凝时的物理环境。常见的岩浆岩有花岗岩、正长岩、闪长岩、安山岩、辉长岩和玄武岩等。岩浆岩分类见表 1.2。

表 1.2 岩浆岩分类

颜 色			浅色(浅灰、浅红、肉红色)至深色(深灰、深绿、黑色)				
化学成分(SiO_2 含量)			酸性 ($>65\%$)	中性 ($65\% \sim 53\%$)	基性 ($52\% \sim 40\%$)	超基性 ($<40\%$)	
成因	结 构	构 造	含正长石		含斜长石		不含长石
			石 英 云 母 角闪石	角闪石 黑云母 辉 石	角闪石 辉 石 黑云母	辉 石 角闪石 橄榄石	辉 石 橄榄石
侵入岩	等 粒	块 状	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩	橄榄岩、辉岩
	斑 粒	块 状	花岗斑岩	正长斑岩	玢 岩	辉绿岩	
喷出岩	斑状、隐晶 质或玻璃质	流纹、气孔 状或杏仁状	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	

(2) 沉积岩

沉积岩(Sedimentary Rock)又称水成岩(Hydrogenic Rock)。它是在地壳表层常温常压条件下,由原岩(即岩浆岩、变质岩和早期形成的沉积岩)经风化剥蚀而形成岩石碎屑、溶液析出物或有机质等,经流水、风、冰川等搬运到陆地低洼处或海洋中沉积,再经成岩作用而形成的层状岩石。沉积岩广泛分布于地表,占陆地面积的 75%。因此,许多工程都在沉积岩地区建设。沉积岩也是被应用得最广的一种建筑材料。

沉积岩的物质成分主要有:碎屑矿物、粘土矿物、化学沉积矿物和有机质及生物残骸。此外,还有把碎屑颗粒胶结起来的胶结物。胶结物的性质对沉积岩的力学强度、抗水性及抗风化能力都有很大影响,常见的胶结物有硅质(SiO_2)、铁质(FeO 或 Fe_2O_3)、钙质(CaCO_3)和泥质的。硅质(石英、石髓及蛋白石)胶结的岩石致密坚硬、强度高;铁质(赤铁矿、褐铁矿等)胶结的岩石常为红色或紫红色,强度也较高;钙质(方解石、白云石及菱铁矿等)胶结的岩石遇冷稀盐

酸起泡,强度中等且可溶;粘土(泥质)胶结的岩石质地松软、强度低、易湿软、易风化。沉积岩的结构与其沉积物质有关。最主要的构造是层理、层面构造和含有化石。常见的沉积岩有砾岩、砂岩、泥岩、页岩、石灰岩、白云岩等。沉积岩分类见表 1.3。

表 1.3 沉积岩分类

分类名称		物质来源	沉积作用	结构特征	构造特征
碎屑岩	砾岩、角砾岩、砂岩	物理风化作用形成的碎屑	机械沉积作用为主	碎屑结构	层理构造、多孔构造
	火山角砾岩、凝灰岩	火山喷发的碎屑			
粘土岩	泥岩、页岩	化学风化作用形成的粘土矿物	机械沉积和胶体沉积作用	泥质结构	层理构造
化学岩和生物化学岩	石灰岩、泥灰岩	母岩经化学分解生成的溶液和胶体溶液;生物化学作用形成的矿物和生物遗体	化学沉积、胶体沉积和生物沉积作用	化学结构和生物结构	层理构造、致密构造

(3)变质岩

变质岩(Metamorphic Rock)是由组成地壳的岩石因地壳运动和岩浆活动而在固态下发生矿物成分、结构构造的改变形成的新岩石。引起岩石变质的因素主要有温度、压力及化学活动性流体。例如石灰岩在岩浆的高温烘烤下,矿物重新结晶成为大理岩;富含铝的泥质岩石,在地壳运动和温度作用下,变成矿物定向排列的板岩、千枚岩,这些新的岩石均称为变质岩。常见的变质岩还有片岩、片麻岩、石英岩等。变质岩分类见表 1.4。

表 1.4 主要变质岩

名称	鉴定特征				
	主要矿物	颜色	结构	构造	其它
片麻岩	长石、石英、云母	深、浅色相间	斑粒变晶	片麻状	
云母片岩	云母(有少量石英)	白、银灰色	鳞片变晶	片状	有显著的丝绸光泽,质软易剥开
绿泥石片岩	绿泥石	绿色	鳞片变晶	鳞片状	
大理岩	方解岩	白色、灰白色	等粒变晶	块状	滴稀盐酸起泡
石英岩	石英	白色、灰白色、淡红色	等粒变晶	块状	小刀刻画不动

不同类型的岩石,由于它们生成的地质环境和条件的不同,就产生了各种不同的结构和构造。鉴别岩石的方法有很多,但最基本的是根据岩石的外观特征,用肉眼和简单工具(如小刀、放大镜等)进行鉴别。

1.2.2.2 岩石的工程性质及分类

(1)岩石的工程性质

岩石作为建筑物的地基,其工程性质对建筑物的安全、稳定起着重要的作用。岩石的工程