

土力学与地基基础

韦敏才 主 编

重庆大学出版社

内 容 提 要

全书共分9章, 主要内容包括土的物理性质和工程分类、土中应力与变形、土的抗剪强度和地基承载力理论、土压力和土坡稳定、工程地质勘察、浅基础设计、桩基础和其他深基础、软土地基处理和区域性地基。为便于自学, 本书简化理论推导, 加强实践性内容和例题, 各章后均附思考题及习题。

本书可作为土建类专业教学用书, 也可供有关技术人员参考。

土力学与地基基础

韦敏才 主 编

责任编辑: 梁 涛 版式设计: 梁 涛

责任校对: 任卓惠 责任印制: 秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人: 张鹤盛

社址: 重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编: 400030

电话: (023) 65102378 65105781

传真: (023) 65103686 65105565

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 399千

1998年12月第1版 2005年2月第2次印刷

印数: 6 001—9 000

ISBN 7-5624-1705-9/TU·58 定价: 20.00元

本书如有印刷、装订等质量问题, 本社负责调换
版权所有, 请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书, 违者必究。

前 言

《土力学及地基基础》一书, 针对专科实际, 理论上以够用为度, 加强实用性和实践性, 突出西部地区山地较多、地基复杂的特点。全书共 9 章, 按 70 学时编写, 适合建工类三年制专科教学使用。由于西部包括了西南、西北的广阔地域, 而地基的区域性又很强, 所以各院校在教学中可根据本地区实际对教材作适当取舍。

本书由韦敏才主编, 各章节参加编写的人员为: 绪论、第二章、第八章以及第九章的山区地基、滑坡、红粘土地基、膨胀土地基由韦敏才编写; 第一章、第七章由张英编写; 第三章、第六章由孔思丽编写; 第四章、第五章以及第九章的湿陷性黄土地基、地基基础抗震验算由刘永户编写。

本书由重庆建筑大学黄求顺教授主审, 黄教授对本书的编写提出了宝贵的意见和建议, 谨此致谢。

限于编者水平, 本书不妥之处在所难免, 希望得到读者的批评指正。

编 者

1996 年 12 月

目 录

绪 论	1
第一章 土的物理性质和工程分类	3
第一节 工程地质简介	3
第二节 地下水	11
第三节 土的组成	14
第四节 土的物理性质指标	20
第五节 土的物理状态指标	26
第六节 土的工程分类	29
思考题及习题	32
第二章 土中应力与变形	34
第一节 土中自重应力	34
第二节 基底压力	35
第三节 土中附加应力	38
第四节 土的压缩性	45
第五节 地基最终沉降量的计算	47
第六节 土的固结和地基固结度	55
思考题及习题	59
第三章 土的抗剪强度和地基承载力理论	61
第一节 土的抗剪强度	61
第二节 土的极限平衡条件	63
第三节 土的抗剪强度指标的测定方法	66
第四节 按地基土塑性区范围确定地基承载力	71
第五节 地基土的极限承载力	75
思考题及习题	79
第四章 土压力和土坡稳定	80
第一节 挡土墙上的土压力	80
第二节 朗金土压力理论	82
第三节 库仑土压力理论	86
第四节 《规范》推荐计算方法	97
第五节 特殊情况下土压力计算	99
第六节 挡土墙设计	101
第七节 土坡稳定分析	108
思考题及习题	112
第五章 工程地质勘察	113
第一节 工程地质勘察的任务和内容	113
第二节 地质勘察方法	115
第三节 工程地质勘察报告	119

思考题及习题	122
第六章 浅基础设计	123
第一节 概述	123
第二节 浅基础分类	125
第三节 基础埋置深度的选择	128
第四节 地基承载力的确定	132
第五节 浅基础的设计与计算	138
第六节 梁板式基础	155
第七节 减轻不均匀沉降的措施	163
思考题及习题	168
第七章 桩基础和其他深基础	169
第一节 桩的类型	169
第二节 单桩承载力的确定	173
第三节 群桩承载力	184
第四节 桩基础设计计算	188
第五节 其他深基础简介	201
思考题及习题	203
第八章 软弱土地基处理	206
第一节 软土的特性和地基处理方法分类	206
第二节 碾压夯实法	207
第三节 换土垫层法	209
第四节 深层挤密法	211
第五节 排水固结法	213
第六节 化学加固法	214
思考题及习题	216
第九章 区域性地基	217
第一节 山区地基	217
第二节 山地灾害及其防治	221
第三节 红粘土地基	226
第四节 膨胀土地基	227
第五节 湿陷性黄土地基	231
第六节 地基基础抗震设计	240
思考题及习题	247

绪 论

一、地基与基础的概念

任何建筑物都是支承在地层上的。土与其他固体连续介质不同,它是由矿物颗粒、水和空气所组成的三相松散介质,强度低,压缩性大。因此,建筑物的上部荷载不能直接通过墙、柱传给土层,而是通过扩大尺寸的下部结构把荷载传给土层。荷载在土层中产生的附加应力和变形向土层四周和深处扩散并逐渐减弱。建筑物的下部结构即最下面部分称为基础,而由于建筑物荷载产生了不可忽视的附加应力和变形的那一部分地层称为地基。

地基基础设计应满足强度和变形两个基本要求:

1) 强度条件:在上部荷载作用下,地基不发生剪切破坏,保证建筑物的稳定;

2) 变形条件:地基不产生过大变形(沉降或不均匀沉降),保证建筑物不破坏并能正常使用。许多良好的地基承载力较高,压缩性较低,容易满足设计要求,这种不需处理而可直接利用的地基称为天然地基。另一种较软弱的需经过人工处理才能达到设计要求的地基称为人工地基。

一般根据埋置深度不同,把基础分为浅基础和深基础。通常埋深不大(3~5 m以内),采用简便方法即可施工的基础,称为浅基础,例如,单独基础、条形基础、十字交叉基础、筏基、箱基等;埋深较大,一般要采用特殊的施工方法修建的基础,称为深基础。当建筑物上部荷载较大,地基土质又较软弱时,常采用深基础,例如,桩基础、沉井、地下连续墙等。

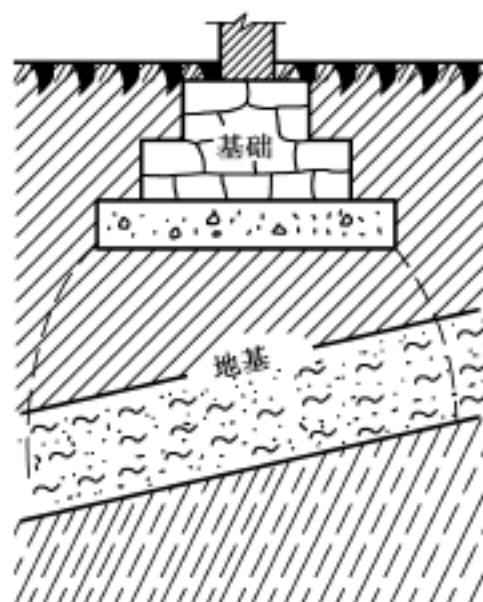


图 0-1 地基与基础示意图

二、地基基础的重要性

地基基础是建筑物的根基。地基基础工程造价约占建筑物总投资的 1/5 左右。它又属于隐蔽工程,一旦出事,往往事先不易发现,事后补救困难且花费大。许多建筑的破坏失事,都是由于地基基础设计或施工不当所造成的。国内外由于地基基础设计不当导致建筑失败的例子屡见不鲜,应引以为戒。



图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓

上海工业展览馆,建于 1954 年。中央大厅上部是框架结构,总重约 100 000 kN,下面为两层箱形基础,高 7.27 m,平面尺寸 44 m×45 m。两侧系条形基础,用沉降缝隔开。基础置于厚 14 m 的淤泥质软粘土上。建成后,当年下沉 0.6 m。

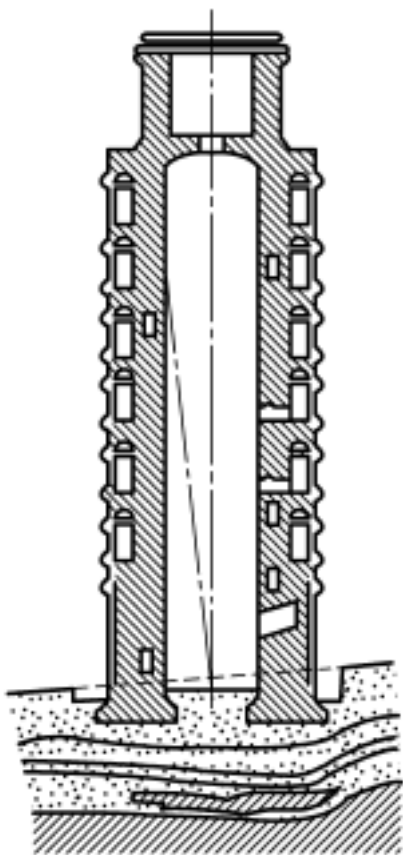


图 0-3 比萨斜塔

1932 年曾于塔基灌注了 1 000 t 水泥,也未奏效。至今塔身最大下沉已达 3 m,塔顶水平偏移 5.3 m,倾斜 5.8° ,成了世界上最棘手的基础工程难题。

三、本学科的特点和学习要求

本学科是一门理论性和实践性都很强的课程,与工程力学、建筑材料、建筑结构、施工技术和工程地质等学科密切相关。前五章主要阐述了土力学的基本原理,后四章根据工程需要,介绍了浅基础、桩(深)基础、软土地基处理和区域性地基的设计原理和基本方法。

本书内容丰富,涉及面广。各章节内容虽然不同,但都从不同角度贯穿了应力、变形、强度和稳定的问题。学习中要抓住这条线,同时要特别注意土的特性,掌握土工试验基本方法,了解地质勘察的内容和方法,注意现行国家规范的基本要求。

地基基础设计是针对不同地基和上部结构进行的,几乎没有完全相同的工程实例,因此,地基基础设计,切切不可生搬硬套。学习本课程一定要在弄清概念,掌握原理的基础上,重视理论联系实际,注意如何针对不同的上部结构和地质情况,采用相应的地基基础设计和施工方法,重点培养自己分析问题和解决问题的能力。

目前大厅平均沉降达 1.6 m。墙面因不均匀沉降而产生大裂缝,进厅台阶出现错开现象。

图 0-2 为加拿大特朗斯康谷仓地基滑动破坏情况。该谷仓建于 1931 年,由 65 个筒仓组成,高 31 m,底面为 $59.4\text{ m} \times 23.5\text{ m}$,厚 2 m 的钢筋混凝土片筏基础。谷仓自重 20 000 t,当装谷 27 000 t 后,明显下沉,24 小时内西侧下沉 8.8 m,东端上抬 1.5 m,整体倾斜 26.53° 。事后勘查发现,基础下有厚达 16 m 的高塑性软粘土层,经核算基底平均压力为 320 kPa,大大超过了地基极限承载力(251 kPa),因而造成地基破坏,致使谷仓失稳。幸好该谷仓整体刚度较大,上部结构没有破坏。后来在地基中做了 70 个支承在深 16 m 的基岩上的混凝土墩,使用 388 个 50 t 的千斤顶和支承系统,才把仓体矫正,但其标高比原来降低了 4 m。

著名的意大利比萨斜塔(图 0-3),建于 1173 年,塔高 55 m,共八层,自重 144 MN,修建到第二层(高 24 m)时,发现倾斜而停工,100 年后,续建至塔顶。建成后塔身不断地下沉和倾斜,

第一章 土的物理性质和工程分类

作为建筑物的天然地基是地壳表层的岩石和土, 它们的工程性质特性直接决定和影响着建筑物的安全性、稳定性和耐久性, 以及建筑物的工程造价。

地基中的岩石与土是自然历史的产物。它们经历了漫长的地质历史和各种复杂的自然环境, 因而它们的工程性质特性不仅与其组成成分有关, 还与其形成过程、堆积年代以及所处的自然环境有密切的关系。为了正确地分析和评价建筑场地的工程性质, 进行建筑地基基础设计, 必须首先弄清场地的岩石、土层的分布, 以及其物理性质和力学性质。岩石和土层的物理性质又在较大的程度上决定着它们的工程力学性质, 因此, 岩石和土层的物理性质是岩石和土层最基本的工程特性。

第一节 工程地质简介

一、地质作用

建筑物的天然地基是地壳表层的岩石和土。地壳是地球的表层部分, 它的物质成分、外表形态和内部构造, 都在不断地运动、变化和发展中。这种引起地壳成分、形态和构造发生演变的作用, 称为地质作用。

地质作用根据能量来源不同, 可以分为内力地质作用和外力地质作用两大类:

1. 内力地质作用

由于地球内部的重力、地球自转产生的旋转能以及放射性元素蜕变产生的热能等, 引起地壳成分、形态和构造发生变化的地质作用, 称作内力地质作用。

内力地质作用的结果主要有: 岩浆活动、变质作用和地壳的构造运动等。主要表现为: 火山作用——岩浆喷出地面; 侵入作用——岩浆侵入岩层断裂带; 地下岩石在高温高压作用下, 结构、构造和成分变化, 形成变质岩; 地壳垂直运动即升降运动——造成陆海迁移; 水平运动即造山运动——形成褶皱; 断裂运动——发生地震或形成断裂等。

2. 外力地质作用

由于地球的重力势能和太阳辐射热能等引起的, 仅在地壳表层进行的地质作用, 就是外力地质作用。它包括昼夜温差、四季变化、雨雪、河流、湖泊、海洋、冰川、风、生物等的作用, 在漫长的地质年代里, 造成岩石风化、破碎、剥蚀、搬运、沉积和胶结, 其结果是对地壳不断地侵蚀, 促使地表形态不断改变, 并形成新的岩石或堆积物。

内力地质作用和外力地质作用是相互独立又相互联系同时进行的, 但在一定时期和地点, 则是某种地质作用占主导地位。对地壳的发展来说, 内力地质作用起着决定性的作用, 它引起地壳的升降, 形成地表的隆起、凹陷、褶皱、断层等, 从而改变了外力地质作用的过程。

二、地质年代

地质年代是指地壳的发展历史、地壳运动、沉积环境及生物演变相应的时间段落。

地球形成至今大约有 60 亿年的历史,在这 60 亿年里,地壳不断受到内力地质作用和外力地质作用,经历了复杂的演变,形成了多种类型的地质构造、地貌形态,以及复杂多样的岩石和土。早期沉积的土,由于沉积历史长久,在自重或上覆土压力作用下,不断压密,从而强度较高且压缩性低,具有较好的工程特性。由此可见,在对建筑场地的稳定性评价、强度和变形分析时,不仅要了解地质构造、地貌形态和岩层关系,还必须具备地质年代的知识。

地质年代主要是按古生物的演变、地壳运动和岩层形成等重大变化来划分的。我国地质年代的划分见表 1-1,地质年代的时间划分为代、纪、世、期,与之相对应的地层单位划分为界、系、统、阶。

三、岩石的成因类型及特征

1. 岩石及矿物

岩石是指颗粒间牢固联结,呈整体或具有节理裂隙的岩体。

岩石是一种或多种矿物的集合体,岩石的特征及其工程特性,主要取决于它的矿物成分。矿物是地壳中天然生成的自然元素或化合物,它具有一定的化学成分、物理性质和形态。

地壳中已发现的矿物有 3 000 多种,但是主要组成岩石的矿物只有 30 几种,如石英、长石、云母等。根据矿物生成的条件,矿物可分为原生矿物和次生矿物两类。原生矿物是由地壳内部岩浆冷凝后直接生成的,如长石、石英等;次生矿物是由原生矿物经风化作用后生成的,如长石风化后生成的高岭石,或在水溶液中析出的方解石等。

2. 岩石的成因类型

岩石按成因条件分为:岩浆岩(又叫火成岩)、沉积岩和变质岩三大类。

岩浆岩包括喷出岩和侵入岩。在地壳以下深处高温、高压的熔融岩浆(主要成分为 SiO_2)沿着地壳薄弱地带上升侵入地壳或喷出地表,岩浆喷出地表后冷凝生成的岩石,称为喷出岩;岩浆侵入地壳逐渐冷凝形成的岩石,称为侵入岩。

沉积岩是露出地表的各原岩经风化剥蚀作用而成的岩石碎屑物质、溶液析出物或有机质等,再经风、雨雪水等的搬运、沉积、胶结、硬化而生成的次生岩石。沉积岩在地表分布最为广泛,占地球表面积大约 70% 以上,是最常见的建筑地基,也是建筑材料的重要来源。

地壳中的各种原岩,由于地壳运动、岩浆活动,在高温、高压及某些化学物质作用下,使原岩的物理、化学性质产生变化,改变了原岩的结构、构造甚至矿物成分,生成另一种新的岩石,称为变质岩。

岩浆岩、沉积岩和变质岩是按成因划分的三大岩类,其亚类的划分及其结构、构造等特性见表 1-2、表 1-3 和表 1-4。

四、地质构造

地球在漫长的地质历史发展过程中,在各种地质作用下,地壳不断运动演变,如垂直升降运动、水平运动等,造成地层不同的构造形态(如地壳中岩体的位置、产状及其相互关系等),称为地质构造。地质构造主要有褶皱构造和断裂构造(图 1-1)。

表 1-1 地质年代表

代	纪	世	距今年数 /百万年	构造运动	我国地史主要特征				
新生代 (K _z)	第四纪(Q)	全新世(Q ₄)	2 或 3 12 25 40 60 70	喜马拉雅期	地球表面发展成现代地貌, 近代各类松散堆积物形成, 人类出现并发展				
		更新世(Q ₃ ~Q ₁)							
	第三纪(N)	晚第三纪(N)			上新世(N ₂)	燕山期	我国大陆轮廓基本形成, 大部分地区为陆相沉积, 台湾岛、喜马拉雅山形成。哺乳动物和被子植物繁盛		
		中新世(N ₁)							
	早第三纪(E)	渐新世(E ₃)			135			燕山期	构造运动频繁, 岩浆活动强烈, 地层发育, 华北形成许多内陆盆地。三迭纪时华南为浅海沉积, 以后为大陆环境 生物进化显著, 恐龙繁盛, 被子植物出现
		始新世(E ₂)							
古新世(E ₁)									
中生代 (M _z)	白垩纪(K)	晚白垩世(K ₂)	180	燕山期	构造运动频繁, 岩浆活动强烈, 地层发育, 华北形成许多内陆盆地。三迭纪时华南为浅海沉积, 以后为大陆环境 生物进化显著, 恐龙繁盛, 被子植物出现				
		早白垩世(K ₁)							
	侏罗纪(J)	晚侏罗世(J ₃)				180	燕山期	构造运动频繁, 岩浆活动强烈, 地层发育, 华北形成许多内陆盆地。三迭纪时华南为浅海沉积, 以后为大陆环境 生物进化显著, 恐龙繁盛, 被子植物出现	
		中侏罗世(J ₂)							
		早侏罗世(J ₁)							
	三迭纪(T)	晚三迭世(T ₃)				225	华力西期	构造运动十分广泛, 以天山地区较强烈。华北地区为陆相沉积, 华南为浅海相沉积 地层以砂岩、页岩、石灰岩为主。植物繁盛, 是鱼类、两栖类动物大量繁殖时代	
中三迭世(T ₂)									
早三迭世(T ₁)									
古生代 (P _z)	晚古生代 (P _{2z})	二迭纪(P)	晚二迭世(P ₂)	400	加里东期	寒武纪, 我国大部分地区为海相沉积, 生物初步发育。至中奥陶世后, 华北上升为陆地, 华南仍为浅海, 海生无脊椎动物繁盛时代 地层以海相石灰岩、砂岩、页岩等组成为主			
			早二迭世(P ₁)						
		石炭纪(C)	晚石炭世(C ₃)				440	加里东期	寒武纪, 我国大部分地区为海相沉积, 生物初步发育。至中奥陶世后, 华北上升为陆地, 华南仍为浅海, 海生无脊椎动物繁盛时代 地层以海相石灰岩、砂岩、页岩等组成为主
			中石炭世(C ₂)						
			早石炭世(C ₁)						
		泥盆纪(D)	晚泥盆世(D ₃)				500	加里东期	寒武纪, 我国大部分地区为海相沉积, 生物初步发育。至中奥陶世后, 华北上升为陆地, 华南仍为浅海, 海生无脊椎动物繁盛时代 地层以海相石灰岩、砂岩、页岩等组成为主
	中泥盆世(D ₂)								
	早泥盆世(D ₁)								
	早古生代 (P _{1z})	志留纪(S)	晚志留世(S ₃)	600	吕梁运动	元古代地层在我国分布广, 发育全、厚度大、出露好 低等生物开始大量繁殖			
			中志留世(S ₂)						
			早志留世(S ₁)						
		奥陶纪(O)	晚奥陶世(O ₃)				800	吕梁运动	元古代地层在我国分布广, 发育全、厚度大、出露好 低等生物开始大量繁殖
中奥陶世(O ₂)									
早奥陶世(O ₁)									
寒武纪()	晚寒武世() ₃	2 500	五台运动	构造运动频繁, 岩浆活动强烈, 形成古老的片麻岩、大理岩等, 构成地壳的古老基底					
	中寒武世() ₂								
	早寒武世() ₁								
元古代 (P ₁)	震旦纪(Z)	晚震旦世(Z ₃)	2 500	五台运动	构造运动频繁, 岩浆活动强烈, 形成古老的片麻岩、大理岩等, 构成地壳的古老基底				
		中震旦世(Z ₂)							
		早震旦世(Z ₁)							
元古代 (P ₁)	早元古代 (P _{1d})								
太古代 (A _r)									

表 1-2 岩浆岩分类简表

颜 色			浅色(浅灰、浅红、肉红色)		深色(深灰、深绿、黑色)		
化学成分(SiO ₂ 含量)			酸性 (>65%)	中性(65% ~52%)	基性 (52% ~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	

表 1-3 沉积岩分类简表

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

表 1-4 主要变质岩简表

名 称	鉴 定 特 征				
	主 要 矿 物	颜 色	结 构	构 造	
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	有显著的丝绢 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	方解石	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、浅红色	等粒变晶	块 状	小刀刻划不动

1. 褶皱构造

地壳中原本呈水平产状的层状岩层, 在水平运动作用下, 发生波状弯曲现象。每一个波状弯曲是一个褶曲, 两个或两个以上连续、完整的褶曲就形成了褶皱构造。

在实际中, 可以看到的山区褶曲, 由于其形成年代已久, 经受长期的风化剥蚀作用, 褶曲顶部被侵蚀变化成低洼谷地(称背斜谷, 图 1-2), 而两侧的坚硬岩层及向斜部分就相对突出山地(即向斜山)。

褶曲地区地形起伏不平, 经多次构造运动的褶曲地区, 岩层受到强烈破坏, 裂隙发育, 倾斜角大, 如果在该类地区的斜坡或坡脚上建造建筑物时, 要特别注意分析其稳定性。

2. 断裂构造

岩体受地壳运动作用, 在其内部产生许多断裂面, 使岩石失去了原有的连续性, 甚至发生相互错动, 称为断裂构造。断裂构造又分为裂隙(又称节理)构造和断层构造两种。

断裂面两侧岩层没有或仅有很小的移动, 称为裂隙。一般情况下, 裂隙大多是有规律地成群出现。由于裂隙破坏了岩石的整体性, 有利于大气和水的渗入, 从而加速了岩石的风化, 也就降低了岩石地基的承载力, 常造成边坡的滑动和崩塌。如果岩石为可溶性的石灰岩等, 水沿裂隙流动, 可能发展成为溶洞。

断层构造是指断裂面两侧岩层, 发生了显著的位移。地壳发生断裂运动时, 断裂面往往是一个带, 大的断层带可宽达数十米至数百米, 长可达数公里至数千公里。断层带中岩石破碎, 岩石和土的物理力学性质变化很大, 其中可能有大量粘土矿物和可溶性矿物。断层形成的年代越新, 它活动的可能性就越大。断层的活动表现为强烈的地震, 也可以表现为缓慢的相对升降运动, 所以在选择建筑场地时, 应尽量避免避开断层带, 尤其是活动的断层带。

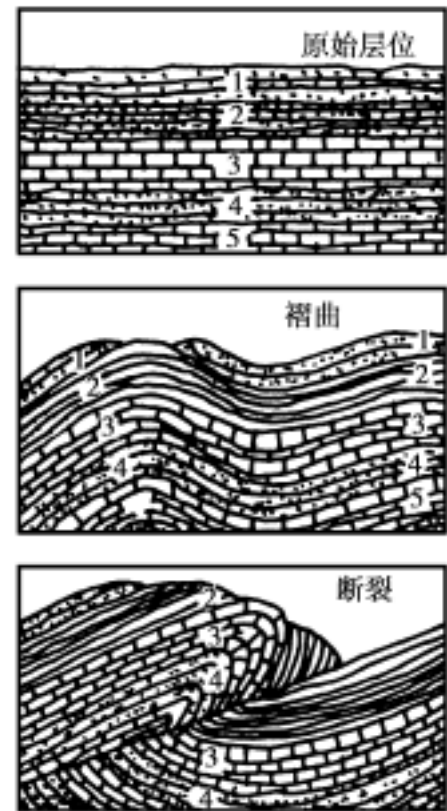


图 1-1 地壳水平运动

1、4—砂岩; 2—页岩;
3、5—石灰岩

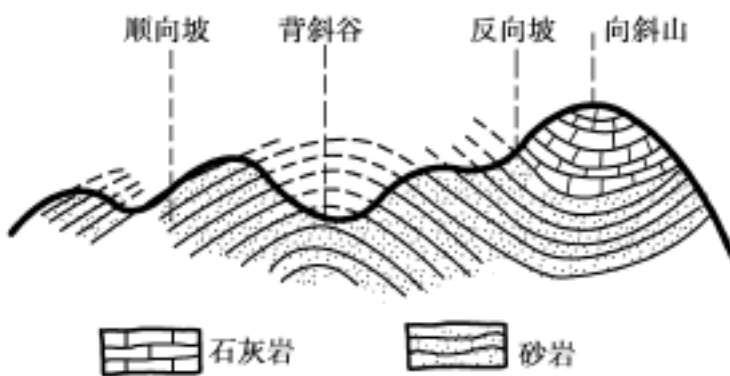


图 1-2 褶曲受侵蚀后剖面



图 1-3 倾斜岩层的产状

3. 地质产状

工程中常采用岩层的层位要素, 称为地质产状, 来确定岩层的空间形态, 包括走向、倾向、倾角(如图 1-3)。岩层延伸的方向, 称为走向, 也就是岩层面与水平面交线的方向; 岩层的倾斜方向, 称为倾向; 倾角则是层面与水平面的夹角。

五、第四纪沉积物

距今大约一百万年的第四纪,地壳原岩风化产物经剥蚀、搬运、沉积作用而形成的沉积物,由于其沉积历史不长,所以只形成了未经胶结硬化的松散沉积物,建筑工程中称之为“土”,也就是第四纪沉积物。

不同成因类型的第四纪沉积物,各具有一定的分布规律和工程力学特性,下面介绍主要的几种成因类型及其工程特性。

1. 残积物、坡积物和洪积物

(1) 残积物

原岩经风化剥蚀后的碎屑物质,一部分被风和降水搬运带走,残留在原地未被搬运带走的那一部分碎屑堆积物,称为残积物(图 1-4)。

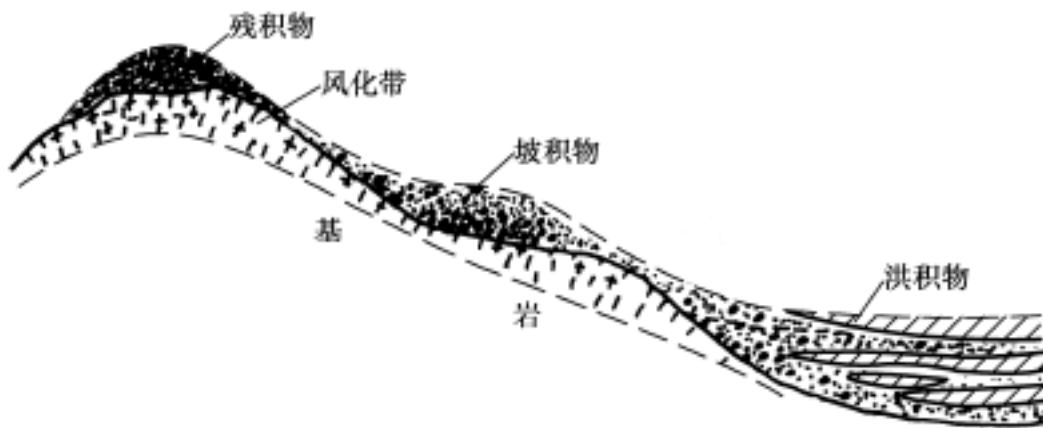


图 1-4 岩石风化作用的产物

残积物的分布受地形的限制,在山区分布在宽广的分水岭上,这是由于雨水在地表的径流速度较小,岩石的风化产物易于保留,残积物的厚度比较厚。在平缓的山坡上或低洼地区也有一定的残积物覆盖。

残积物与基岩之间通常由一个风化层(带)相连,它与强风化带之间无明显的区别。由于残积物是原岩风化物未经搬运的产物,所以颗粒不可能被磨圆或分选,而呈棱角状或块状,孔隙大,比较松散,颗粒从地表向深处由细变粗,矿物成分与基岩基本一致;另外残积物的分布受原始地形变化的影响,其厚度分布不均。残积物作为建筑物地基容易引起不均匀变形,尤其是以粘性土组成的残积物。

以残积物作为建筑场地时,如果残积层较薄,则可以将其清除,将基础建在基岩上;如果残积层厚度较大,应对其强度和变形进行验算,当不满足要求时,要采取加固或清除措施。

(2) 坡积物

原岩风化碎屑物质在雨水或融雪水的地质作用下,被逐渐洗刷剥蚀,沿斜坡搬运,在其自重作用下,沉积在较平缓的山坡或坡脚处,称为坡积物(图 1-4)。坡积物一般分布在斜坡或坡脚处,其上部与残积物相接,矿物成分与基岩无直接关系。

坡积物是原岩风化物经短距离搬运后,沉积形成的,因此颗粒自上向下逐渐变细,有一定分选现象,并有微小不规则的层理。由于雨、雪水容易将细粒物质由高处带到低处,所以斜坡上部的坡积物以含泥砂的碎石为主,下部是含碎石的粘性土。坡积物厚度不均匀,厚度差别由几十厘米至几十米不等,其厚度与下卧基岩的倾斜程度有关,在斜坡上一般较薄,只有在平缓的斜坡及坡脚处,厚度才较大。

坡积物由于形成的原因,使其土质混杂不均匀,并且容易沿着基岩倾斜面发生滑动,尤其是新近沉积的坡积物,土质疏松,压缩性高。

在山区及丘陵地区,坡积物分布较为广泛。在工程建设中,对厚度较薄的坡积物可以采取清除的办法;对较厚的坡积物,可以采取桩基等方案。

(3) 洪积物

由暴雨或大量融雪水汇集成的山洪急流,凭借其较大的流速及搬运力,不仅将高处大量的残积物、坡积物剥蚀,而且还冲刷山谷两岸岩石,将大量的块石、砂、泥搬运、携带到山谷冲沟出口,形成洪积物。

山洪冲出山谷冲沟出口后,流速减小,被搬运的粗粒物质如块石、砾石、粗砂等首先大量沉积下来,离山沟越远,沉积的颗粒越细,分布范围也越大,形成洪积扇地貌(图 1-5)。

洪积物大多分布在山前平原地带,一般可以分为 3 个工程地质区:靠近山地的是粗颗粒碎屑堆积物,土质均匀,承载力较高,地下水埋藏较深,是良好的天然地基;离山较远的山前平原开阔地段,碎屑物质经长距离搬运,颗粒磨圆度较好,以卵石和砂等颗粒为主,厚度较大,并且该地段洪积物的形成过程中,受到周期性干燥的影响,土粒析出可溶性盐,受凝聚作用而较密实,是较良好的天然地基;中间地段,土粒粗细混杂,由于地下水溢出地面常形成沼泽地,并有尖灭或透镜体,所以土质软弱,承载力低,不宜作建筑物的天然地基。

应该注意的是:洪积物具有由粗到细的分选现象,但搬运距离不太长,所以颗粒磨圆度较差;由于山洪爆发呈不规则的周期性,所以洪积物成分不一样,且具有不规则交替的层理构造,还有夹层、尖灭或透镜体等。

2. 冲积物

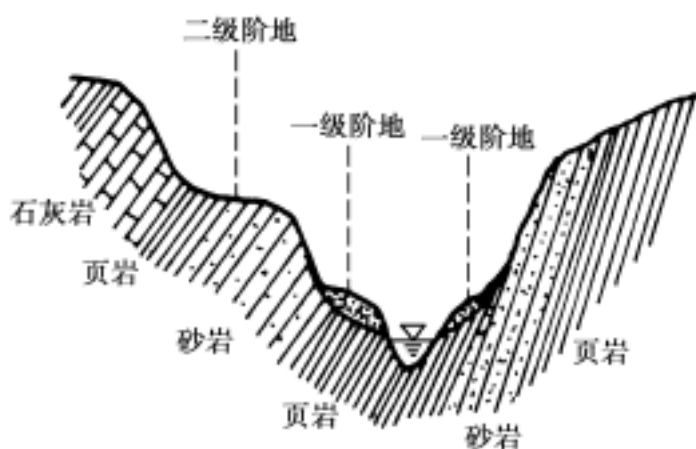


图 1-6 山区河谷横断面

(1) 山区河谷冲积物

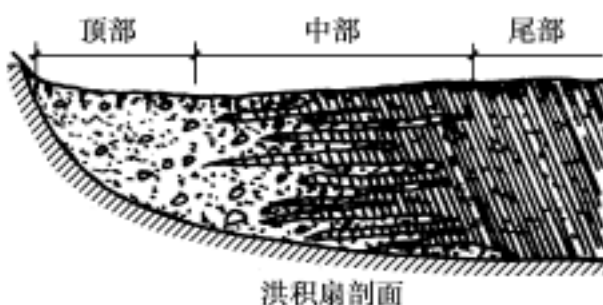
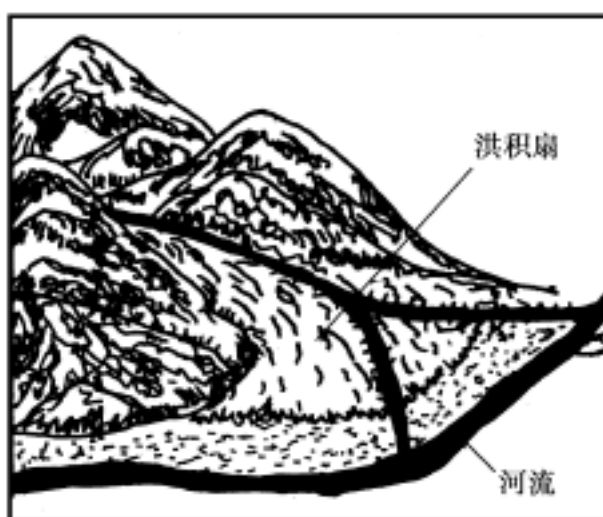


图 1-5 洪积扇地貌

在河流地质作用下,河流两岸基岩及基岩上覆盖的坡积物、洪积物剥蚀后,被搬运在河流坡降较平缓处形成的沉积物,称为冲积物。

冲积物一般具有明显的层理构造;颗粒呈圆形或亚圆形,如卵石和漂石,这是因为冲积物是经受了较长距离的搬运,碎屑物质经碰撞、滚磨后,沉积而成的。同时由于搬运距离长,冲积物具有较好的分选性。

冲积物分为山区河谷冲积物(图 1-6)和山前平原冲积物(图 1-7):

山区河谷两岸陡峭,大多数只有河谷阶地,河流流速很大,所以沉积物颗粒粗大,大多数是砂粒填充的卵石和圆砾组成。冲积层厚度不大,分选性差,多由单一的砾石组成。

山区河谷冲积物一般经筛选后,是良好的建筑材料;在高阶地通常是岩石或坚硬土层,可作为建筑物较好的天然地基;在河谷宽阔处是河漫滩冲积物,一般由含粘土的砾石组成,有交错层理,常被洪水淹没,不适宜作建筑物地基。

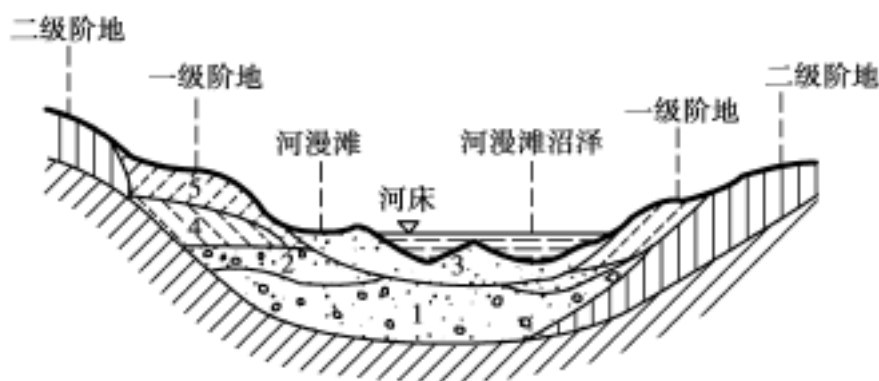


图 1-7 平原河谷横断面

- 1—砾、卵石; 2—中粗砂; 3—粉细砂;
4—粉质粘土; 5—粉土; 6—黄土

(2) 山前平原冲积物

平原河谷流水从上游到下游逐渐缓慢,河谷较浅而宽阔,河床两侧是宽广的河漫滩,河床受到地壳运动而上升时,形成平台状的河流阶地。流水冲刷出新的河床,两侧又出现新的河漫滩,地壳发生多次升降运动,可以形成多级阶地,阶地位置越高,形成年代越久。

平原河流的侵蚀以侧向侵蚀为主,河水冲刷凹岸,把冲刷下来的物质堆积在凸岸,致使河道弯曲发展。但当洪水泛滥时,河水又截弯取直,使原来弯曲部分淤塞成古河道。所以山前平原河谷冲积物不仅有河床冲积物、河漫滩冲积物、河流阶地冲积物,还有古河道冲积物。

河床冲积物,大多是中密的砂砾组成,承载力高且压缩性低,是水工结构物较好的地基;河漫滩冲积物的下层是砂砾、卵石,与河床沉积物相连,上层是较细的颗粒,并夹有局部的淤泥、泥炭等软弱土层,有透镜体、尖灭等存在,地下水位较高,压缩性大,是不良的建筑地基;河流阶地沉积物,是河床沉积物和河漫滩沉积物上升演变形成的,形成时间较长,经过干燥作用,结构强度较高,是建筑物的良好地基;古河道冲积物,土质松软,属不良地基。

由于平原河谷流水从上游到下游逐渐缓慢,所以在河流上游的沉积物大多是经磨圆的粗颗粒,如漂石、卵石、圆砾等组成,中下游就逐渐为砂粒过渡为粉粒和粘粒。这样在河流入海口或入湖口处,大量的细颗粒就沉积下来,形成面积宽广、厚度较大的三角洲沉积物。

在三角洲沉积物地带,地下水位高,水系密布,沉积土多为软粘土,呈饱和状态,承载力低,压缩性大,作建筑地基时,必须妥善处理。但是三角洲沉积物的表面,经过长期的干燥作用,形成了一层厚约为 3 ~5 m 的粘性土硬壳层,其承载力较高,可以作一般建筑物的地基。

除了上述几种第四纪沉积物外,还有由海洋、湖泊、冰川及风等地质作用下形成的海洋沉积物、湖泊沉积物、冰川沉积物等。

第二节 地下水

自然界中,将广泛分布在江河、湖泊、海洋的液态水,或在陆地上的冰、雪,称为地表水;将存在于地壳内土和岩石孔隙、裂隙或溶洞中的水,称为地下水。

在建筑工程中,地下水的存在直接影响到作用在地下结构物上荷载的大小,地下结构物的使用及施工时的防水、排水问题。因此有必要了解地下水的类型、埋藏条件等对建筑工程的影响。

一、地下水的类型及埋藏条件

地下水按其埋藏条件,可分为上层滞水、潜水和承压水三种类型,如图 1-8 所示。

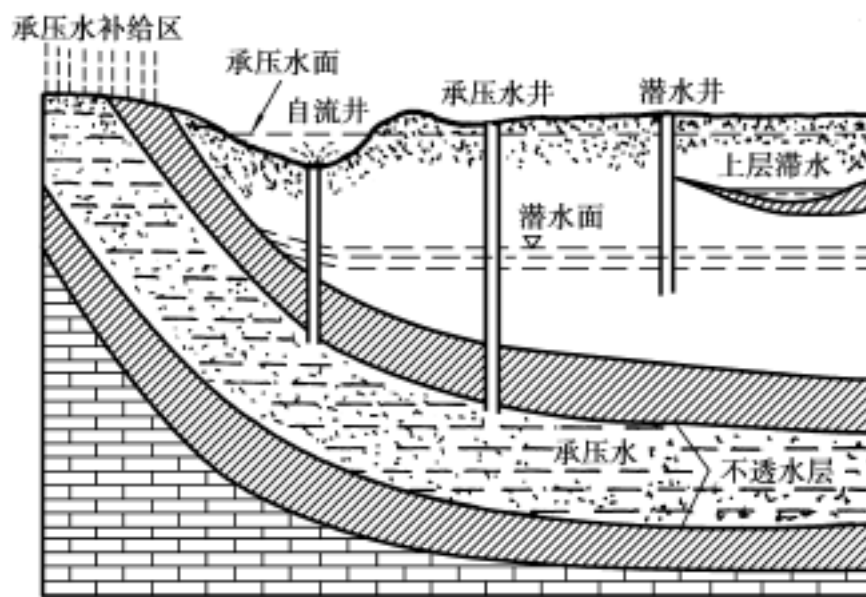


图 1-8 地下水埋藏示意图

1. 上层滞水

在地表以下局部不透层上面的滞水,称为上层滞水。

上层滞水分布面积不大,一般是局部的和不连续的,埋藏浅。在大量降水或融雪水后才能聚集较多的水量,它直接受到大气降水或地表暂时流水,以及气候的影响。

通常情况下,上层滞水对建筑场地的影响不大。但是在雨季或有大量生活、工业废水补给时,可能给施工带来困难。

2. 潜水

埋藏在地表以下第一个隔水层上的地下水,称为潜水。潜水具有自由水面,潜水面的标高为地下水位。

潜水直接由大气降水、地表江河水流渗入而得到补给,同时也由于蒸发或流入江河而排泄,所以其水位常有变动;潜水只承受静水压力,在重力作用下能向低处流动,潜水面的形状与地形起伏相适应;潜水的埋藏深度不同地区有差异。

潜水在自然界中分布广泛,主要存在于有隔水层的第四纪沉积层中和基岩风化层内。在潜水水位以下开挖基坑时,由于潜水面陡降可能出现涌水现象;由于潜水的存在,建筑物的地

地下室有防渗漏和水压力计算问题。

3. 承压水

埋藏在上下两个隔水层之间,承受有超静水压力的地下水。如果将上隔水层凿开,承压水就会上升,甚至喷出地表,成为自流井或喷射井。

承压水埋藏一般较深,有一定的超静水压力。由于有上下隔水层,所以它的埋藏和动态受地表气候、水文条件的影响较小,且不易被污染。

在建筑工程开挖基坑时,如果挖到承压水,堵塞与排泄相当困难,增加施工难度。

二、土的渗透性

水流通过土中孔隙的难易程度,这一性质称为土的渗透性。

1. 渗透系数

(1) 达西定律

地下水的流动通常有层流与紊流两种型式。在土孔隙中或微小的裂隙中,以低速连续渗透时,其流线相互平行,属层流;在岩石的裂隙或空洞中流动时,流速较大,流线相互交错,就是紊流。

达西(Darcy 1885)根据砂土的渗透试验得出层流渗透(又叫直线渗透)定律,即:水在土中的渗透速度与土中某两点的水头差(图 1-9)成正比,与渗透路径 L 成反比,计算公式为:

$$v = ki = k \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (1-1)$$

或 $q = kiA \quad (1-2)$

式中 v ——渗透速度(m/d)。单位时间(d)内流过单位土截面积(m^2)的水量(m^3);

k ——渗透系数(m/d);

i ——水力坡度,也叫水头梯度;

q ——流量,单位时间内的渗透水量, $q = vA$ (m^3/d);

A ——过水截面积(m^2)。

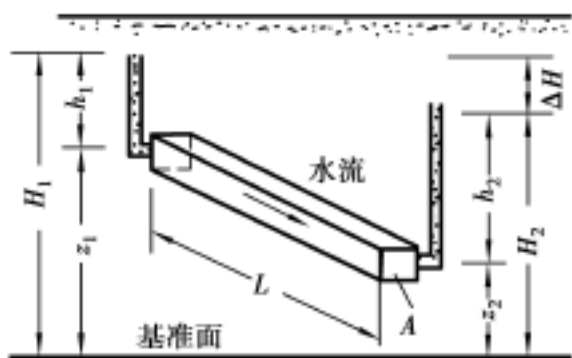


图 1-9 水在土中渗流

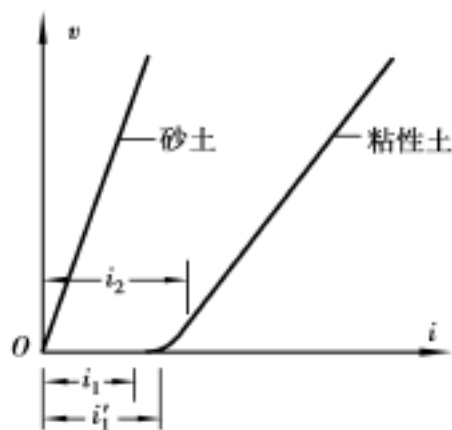


图 1-10 粘性土的起始水力坡度

(2) 渗透系数 k

影响土的渗透系数 k 的因素很多,主要有:土的粒度大小、矿物成分、结构、构造和土中气体含量等。

一般情况下,土粒越细,孔隙越小,渗透系数 k 就越小。当砂土中含较多粉土或粘土颗粒时,渗透性会大大降低。各种岩土渗透系数 k 可以通过试验测定,常见岩土渗透系数 k 的参