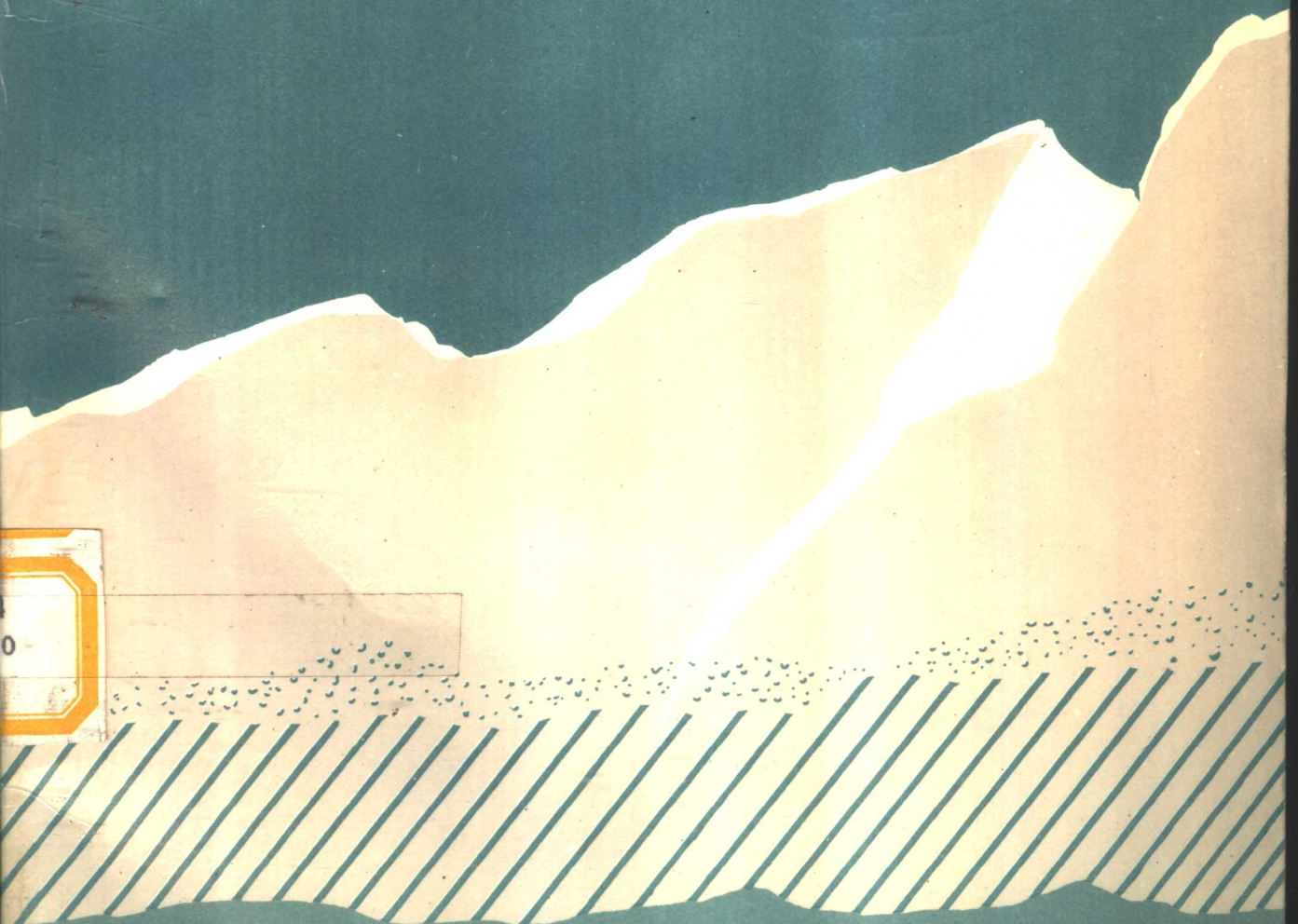


土力学与 基础工程

○ 邵 全 韦敏才 主编 ○ 重庆大学出版社



内 容 提 要

本书包含土力学和基础工程两大部分,系统地阐述了土的物理性质和分类、土中应力与变形、土的抗剪强度、土压力、地基承载力等土力学的基本理论;根据有关现行国家规范,重点介绍了浅基础、桩基础以及挡土墙的设计和软弱土地基处理的原理及方法;结合西南地区山多震害频繁等特点,介绍了山区地基、边坡工程、地基基础抗震等内容;最后简单地介绍了岩土工程中计算机的应用(附有实例)。本书深入浅出,便于自学,各章后面均附思考题和习题。

本书主要为高等学校建筑工程专业本、专科教材,亦可供土建勘察、设计和施工技术人员参考。

土力学与基础工程

邵 全 韦敏才 主编

李广信 陈 轮 主审

责任编辑 彭 宁 黄世芳

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆电力印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:21 字数:524千

1997年7月第1版 1997年7月第1次印刷

印数:1~4000

ISBN 7-5624-1430-0/TU·38 定价:21.00元

前 言

本书是按照建筑工程专业(原工民建专业)“地基基础课程基本要求”,结合西南地区地质特点和实践经验,根据我国现行的建筑地基基础、桩基础和软土地基处理等有关规范而编写的。主要作为建筑工程专业大学本、专科教材(专科教学中对带“*”号的内容可以省略),同时也是土建工程技术人员的一本实用参考书。

本书由云南工业大学邵全、昆明理工大学韦敏才共同主编。全书共11章,主要内容和编写人员如下:绪论(邵全),第一章土的物理性质及工程分类(云南工业大学陈勇),第二章土中应力与变形(韦敏才),第三章土的抗剪强度和地基承载力(昆明理工大学阮永芬),第四章土压力和挡土墙(邵全),第五章工程地质勘察(云南工业大学陈颖辉),第六章浅基础(邵全),第七章桩基础及其他深基础(其中桩基础由陈颖辉编写、其他深基础及深基坑支护简介由昆明理工大学田毅编写),第八章软弱土地基处理(邵全),第九章山区地基和边坡工程(韦敏才),第十章地基基础抗震(田毅),第十一章岩土工程计算机应用简介(韦敏才)。

本书由清华大学李广信教授、陈轮博士主审。为保证本书的质量,主审对书稿进行了认真审阅,提出了宝贵的意见和建议,谨此致谢。

本书书稿经过三次修改而成,力求贯彻“理论概念清楚,注重实践应用”的原则。限于编者的水平,不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

1996年6月于春城

目 录

绪论	1
第一章 土的物理性质和工程分类	4
第一节 工程地质概论	4
第二节 地下水	9
第三节 土的组成	13
第四节 土的物理性质指标	18
第五节 土的物理状态指标	22
第六节 土的工程分类	25
习题及思考题	27
第二章 土中应力与变形	29
第一节 有效应力原理	29
第二节 土中自重应力	30
第三节 基底压力	30
第四节 地基土中的附加应力	32
第五节 土的压缩性	43
第六节 地基最终沉降量的计算	49
第七节 地基变形与时间的关系	60
习题及思考题	66
第三章 土的抗剪强度和地基承载力	70
第一节 土的抗剪强度	70
第二节 Mohr-Coulomb 破坏准则——土的极限平衡条件	71
第三节 土的剪切试验	76
第四节 应力路径	82
第五节 饱和粘性土的抗剪强度	84
第六节 地基的临塑荷载和界限荷载	88
第七节 地基的极限承载力	93
习题及思考题	100
第四章 土压力和挡土墙	103
第一节 挡土墙上的土压力及分类	103
第二节 朗金土压力理论	104
第三节 库仑土压力理论	108
第四节 几种常见工程情况的主动土压力计算	123
第五节 挡土墙设计	130
习题及思考题	135
第五章 工程地质勘察	137
第一节 地质勘察的任务和内容	137
第二节 地质勘察方法	140
第三节 地质勘察报告	144
习题及思考题	146

第六章 浅基础	147
第一节 基础设计原则和浅基础分类	147
第二节 基础埋置深度的选择	152
第三节 地基承载力的确定	155
第四节 基础底面尺寸的确定	166
第五节 浅基础的截面设计	176
第六节 梁、板式基础的实用计算方法	184
第七节 减轻不均匀沉降的措施	194
习题及思考题	201
第七章 桩基础及其它深基础	203
第一节 桩的分类	204
第二节 竖向荷载作用下单桩的工作状态	208
第三节 单桩竖向承载力的确定	212
第四节 群桩承载力	222
第五节 单桩水平承载力	226
第六节 桩基础的设计	234
第七节 其它深基础及深基坑支护简介	250
习题及思考题	254
第八章 软弱土地基处理	255
第一节 概述	255
第二节 换填和强夯法	259
第三节 排水固结法	264
第四节 振冲和挤密桩法	268
第五节 化学加固法	274
习题及思考题	278
第九章 山区地基和边坡工程	280
第一节 山区地基的特点	280
第二节 边坡稳定分析	280
第三节 滑坡	283
第四节 岩土地基和岩溶地基	286
第五节 红粘土地基	288
第六节 膨胀土地基	289
习题及思考题	294
第十章 地基基础抗震	296
第一节 地震和震害	296
第二节 地震区场地条件	298
第三节 地基基础抗震设计	305
习题及思考题	307
第十一章 岩土工程中计算机应用简介	308
第一节 地基计算模型	308
第二节 文克尔地基梁的计算	311
第三节 弹性地基梁板基础设计计算程序简介	318
第四节 边坡稳定计算(简化毕肖甫法)程序简介	326

绪 论

一、地基基础的概念

所有建筑物都建造在地球表面的地层上,其全部荷载最终均由地层来承担。凡是建筑物荷载作用的基础下一定深度内的岩(土)层统称为地基,而使建筑物的荷载能安全、可靠地传给地基的地下扩大的结构部分称为基础。简言之:地基是土层(它与不受建筑物作用的天然土层是有区别的,因此称为地基以示区分),基础是结构,两者在概念上截然不同。

地基是直接利用天然形成的岩(土)体,即地球的表层来承力的。它是自然界的产物,因岩土的性质和形成过程、物质组成成分、气候条件、环境等因素的不同,而变得十分复杂(如土具有三相、孔隙大、可压缩、地区间变化大和分布复杂等特点)。一旦拟建场地确定,人们对其地质条件便没有选择的余地。为使建筑物“基根牢靠”,就必须凭借工程地质学的原理和方法,充分了解地层的成因和构造,分析岩土的工程特性,研究场地的不良地质和水文地质条件,提供设计计算需用之必要参数,加以合理的利用或处理。

对于大多数建筑物来说,只要选择适当的基础型式,对地基进行认真的计算,许多天然地层不需任何处理就可修造建筑物,这种地基称为天然地基。但有些地层,由于强度低或压缩性大,不足以承受建筑物的荷载,需采取处理措施,使其提高强度,降低压缩性,以适应受荷的需要,这种经过处理后的地基称为人工地基。

基础的作用是将建筑物的全部荷载传递给地基,并保证上部结构的安全和稳定。基础的型式概括起来分两大类,即深基础和浅基础。一般地,基础的埋置深度大于5m,需考虑侧向受力和使用专门机具施工的基础称为深基础,如桩基础、沉井、沉箱、地下连续墙等。而埋置深度一般在5m以内,不需考虑侧向受力,仅用敞坑开挖和排水等普通施工工艺就可建造的基础称为浅基础,如独立基础、条形基础、筏板基础、箱形基础等。基础所用材料类型、埋置深度、底面和剖面尺寸需进行选择 and 计算。

为了保证安全,地基必须满足以下强度和变形两方面的要求:

1. 地基土(岩)必须有一定的承载能力且必须稳定。在建筑物使用期间,不仅要求作用在地基上的荷载不超过地基的承载能力,保证地基不发生整体强度破坏或失稳;而且要求不发生开裂、滑动和塌陷等有害现象。

2. 地基的变形不超过建筑物的容许变形。保证建筑物不因地基变形而发生开裂、损坏或影响正常使用。

地基基础作为一门学科,重点研究地基与基础工程间的有关问题。建筑物的地基、基础和上部结构三大部分,各自功能不同,研究方法迥异,却是彼此联系,相互制约,又共同工作的整体,要将三者统一进行设计和计算,还有相当的难度。目前,只能单独计算,综合分析,统一采取相应措施。

地基基础工程是一切建筑物赖以存在的根本。它隐蔽于地下,其工程质量和安全关系着建筑物的安危;一旦发生地基基础事故,很难补救,耗资极大。所以,其重要性是显而易见的。

地基基础工程失败的事例不少,下面仅举两个典型例子。

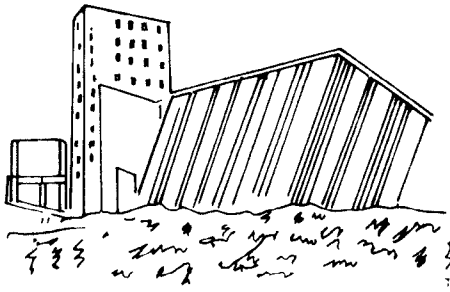


图 0-1 加拿大特朗斯康谷仓

1. 加拿大特朗斯康谷仓(图 0-1):建于 1941 年,由 65 个筒仓组成,高 31m、底面长 59.4m、宽 23.5m,筏板基础厚 0.6m,谷仓自重两万吨重。由于事前未详细勘察到基础下有厚 16m 的软粘土层,建成后装谷 2700t 重就发生整体失稳:西侧沉入土中 8.8m,东侧上抬 1.5m,整体倾斜 $26^{\circ}53'$ 。经核算基底平均压力达 320kPa,超过极限承载力。为补救,作了 70 多个混凝土墩,用 388 个 500kN 的千斤顶才纠正过来,但整个谷仓总体下沉了 4m。

2. 比萨斜塔:(图 0-2)建于 1173 年,塔高 58m,共 8 层,自重 144MN,建至第 2 层(24m)时,发现有不均匀沉降,至现在为止,总下沉量已达 3m 多,塔顶水平偏移 5.3m。近年来,每年倾角增大 $6''$,若不进行加固处理,已难以保存。

当然,由于重视地基基础的问题,成功的工程事例更是屡见不鲜,在此就不赘述了。

二、课程的内容和特点

本课程分为土力学和地基基础两大部分,是一门综合性较强的学科。它涉及到工程地质学、土力学、结构工程和施工技术等学科领域,有其独特的特点。

土力学是一门独立的学科,涉及地质、力学、化学等学科,又广泛应用于建筑、水利水电、港口工程、道路工程、地下工程、农业和国防工程,还是基础工程的理论基础。它是用力学(材料力学、弹性力学和塑性力学)的基本知识以及土工实验所得到的指标和参数来研究土的应力、变形、强度和稳定性的一门技术基础课。由于土的性质千变万化、十分复杂,因此,实验论证显得非常重要。例如:在研究土的应力和变形时,对土作了纯弹性、小应变的假定后,求得土中应力,利用压缩性试验得到指标才能分析土的变形;在研究土的抗剪强度时,又假定土是纯塑性体,用直剪试验和三轴剪切试验得到抗剪强度指标来进行分析。实际上,土从受荷一开始就表现为弹塑性性状。因此,对土的这两种极端的假定与土的实际本构关系(即应力-应变关系)不符,出于工程实际设计的要求,目前只能以这两种假定为基础,通过一系列试验研究的结果作必要的修正来进行分析和研究。所以在学习土力学部分时,即要重视力学的基础理论,又要重视试验的论证和操作,了解岩、土与钢、砼等材料的特点和区别,了解学科的特点,才能学好它。

地基基础是将土力学知识用于基础工程设计的一门专业课,它以材料力学、钢筋混凝土结构、砌体结构和施工技术等课为前导,以我国现行《地基基础设计规范》(以后各章简称《规范》)为依据,全面讲述如何进行基础的设计和计算,既具实用性,又有理论指导,是属应用学科。

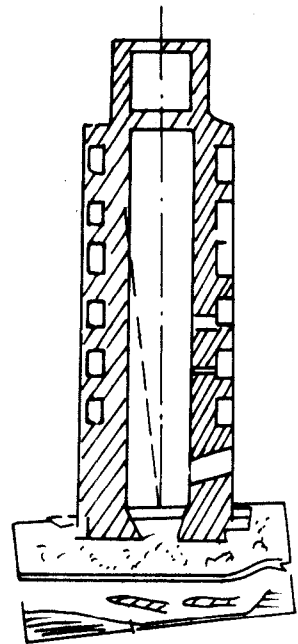


图 0-2 比萨斜塔

因此,在学习本课程时,不仅要学习和掌握土中应力、变形、强度、土压力和稳定等问题的计算和求解,而且要重视试验和工程地质勘察的指标参数确定方法,更要求掌握各种基础的设计方法及局限性。只有这样,才能在工程实践中,因地、因建筑物特点而正确地予以运用和实践。

三、发展历史的简单回顾

世界各文明古国劳动人民长期实践经验的积累,促进了土力学和地基基础的发展。世界7大奇观,中国的万里长城、赵州桥、大运河和开封塔等存在至今,以其雄伟壮观有力地证明了“劳动者创造了历史”这一真理。

土力学发展的开端在于工业革命的兴起。1773年法国的C. A. 库仑(Coulomb)发表了砂土的抗剪强度公式和土压力理论;1857年英国W. J. M. 朗金(Rankine)从不同途径提出了挡土墙土压力和强度理论;1885年法国J. 布辛奈斯克(Boussinesq)得出了半无限弹性体在集中力作用下的应力和变形解;1922年瑞典W. 弗兰纽斯(Fellenius)为解决铁路坍方问题给出了土坡稳定分析方法,这一系列课题的解决,奠定了学科的初步基础。

在继承前人研究成果的基础上,不断地总结、提高和发展创新,美国K. 太沙基(Terzaghi)1925年发表了著名的《土力学》一书,1929年又发表了《工程地质学》,这些科学著作的问世,标志着土力学成为一门独立学科的出现。

由于工程实践的迫切需要和信息技术的发展,本学科起步虽晚,但发展较快。从1936年召开第一届国际土力学与基础工程会议起,至今已召开了十几层,各地区也都相继开展大量类似的学术会议和交流,使这一学科从理论上、现场测试手段上、数值分析方法上以及实践应用技术采用等方面都有了突飞猛进的发展。

自建国以来,我国在本学科方面的发展也是非常快的。理论上,陈宗基教授关于土流变学和粘土微观结构的研究;黄文熙教授关于砂土液化、考虑土侧向变形的地基沉降计算方法和土的本构关系等问题的研究,都对现代土力学的发展作出了重大的贡献。近年来,由于电子计算机技术的应用,土的弹塑性模型(包括动力模型)研究迅速发展,并向可靠、应用方向迈进。同时,我国对结构型式、桩基承载力分析、特殊土地基的综合分析研究等领域方面,迈入世界先进水平之列。此外,在测试手段上,不仅向自动记录方向发展,而且向原位测试方向发展。在设计和施工实践方面,我国独创了管柱基础、浮运式沉井、箱基逆作法、组合复合桩基施工等技术,并形成了勘察、设计和施工的一系列配套技术。这一切努力为我国地基基础学科的发展和规范的制订提供了有力的资料和依据,奠定了坚实的基础。

第一章 土的物理性质和工程分类

* 第一节 工程地质概论

一、地质作用

地球层圈的最外层是地壳,它的成分、构造及外形均在不断变化。导致其不断变化的动力称为地质作用。地质作用可分为两大类:即内力地质作用和外力地质作用。

内力地质作用来自地球内部,它是由于地球的旋转能和放射性元素蜕变产生的热能引起的。它主要表现为岩浆活动、地壳的升降、褶皱与断裂、地震等。

外力地质作用来自地球外部,它主要是由于太阳能、重力势能引起的。如气温变化、风、霜、雨、雪、山洪、河流、冰川和生物活动等,造成地表岩石的风化、剥蚀、搬运、沉积及固结成岩的作用均称为外力地质作用。应该指出的是,由于人类在改造自然的过程中对于环境保护没有引起足够重视,造成了环境破坏,如沙漠化、水土流失、下流河道淤积等。

内外力地质作用是相互独立又相辅相成的,不过,在一定的时间和地点常常是一种作用占优势。就地壳的发展而言,内力地质作用占主导地位,它引起地壳的升降,使岩层和地表形成隆起和拗陷;而外力地质作用试图抵消这种结果。错综复杂的地质作用,形成了地球表面生动活泼的地形地貌。

二、地质年代

根据地壳上不同时代的岩石在形成过程中的时间和顺序,地质学上把地质历史划分为若干大小不同的年代。地质年代有绝对地质年代和相对地质年代之分。绝对地质年代是根据地层中放射性元素的蜕变特征确定;相对地质年代说明岩石在生成时间上的先后顺序。在地质学中,根据地层对比、古生物学等方法把地质年代划分为五大代,每代又分若干纪,每纪再细分若干世及期。在对应的代、纪、世、期中形成的地层,对应地划分为界、系、统、阶,具体的划分见表 1-1。

三、岩石的成因类型及特征

(一) 岩石及矿物

岩石是一种或多种矿物的集合体。我们常说的土,广义上也属于岩石的范畴。

所谓矿物是指那些组成地壳的元素和化合物。矿物按其不同的形成过程可分为原生矿物和次生矿物。由岩浆冷凝而直接形成的矿物称为原生矿物,如常见的石英、长石、云母等,它们化学性质较为稳定。岩石在水、大气、有机物等化学作用及生物化学作用影响下(化学风化),逐渐被破坏,这种破坏作用不仅破坏了岩石的结构,而且使其化学成分改变,生成新的矿物,这些新生成的矿物就是次生矿物。如粘土矿物、氧化物、氢氧化物等,常见的如蒙脱石、伊里石、高岭石等都属于次生矿物。

表 1-1 地质年代表

代界	纪 (系)	距今年数	地壳构造运动	地史时期主要现象	
新生代 Kz	第四纪	全新世(Qh 或 Q4)	(百万年) 0.012—	喜玛拉雅构造	近代各类型的堆积
	(Q)	更新世(Qp)	1 或 2—		冰川广布,黄土生成
	晚第三纪 (N)	上新世(N2)	12—	阶段	第三纪山系形成,地势分异显著
		中新世(N1)	25—		
	早第三纪 (E)	渐新世(E3)	40—	(新阿尔卑斯)	哺乳类分化
		始新世(E2)	60—		被子植物繁盛,哺乳类大发展
	古新世(E1)	70—			
中生代 Mz	白垩纪(K)		燕山构造阶段 (旧阿尔卑斯)	广大海侵,晚斯造山运动强烈,岩浆活动 生物界显著变革	
	朱罗纪(J)			爬行类极盛,第二次森林广布,煤田生成	
	三叠纪(T)		180—	陆地增大,爬行类发育,哺乳类开始	
古生代 Pz	晚古生代	二叠纪(P)	海西构造阶段 (华力西)	陆地增大,造山作用强烈,生物界显著变革	
		石炭纪(C)		早期珊瑚发育,爬行类昆虫发生,北半球 煤田生成,南半球末期冰川广布	
	Pz2	泥盆纪(D)		陆相沉积及陆生植物发育,鱼类极盛,两 栖类发育	
	早古生代	志留纪(S)		400—	加里东构造 阶段
奥陶纪(O)		440—	地势较平,海水广布,无脊椎动物极盛		
Pz1		寒武纪(Є)	500—	浅海广布,生物初步大量发展	
元古代 Pt	晚元古代	震旦纪(Z)	950—	早期地势不平,冰川广布,晚期海侵加广	
		青白口纪			
		蓟县纪			
	Pt2	长城纪			
早元古代 Pt1		1800—		早期沉积巨厚,晚期造山作用变质强烈, 岩浆岩活动	
太古代 Ar		2700—		早期基性喷发,继以造山作用,变质强烈, 花岗岩侵入	
地球形成,地壳局部分异,大陆 开始形成。		6000—			

注:第四纪更新世地质时代再细分为:晚更新世 Q3,中更新世 Q2,早更新世 Q1。

由于粘土矿物是很细小的扁平颗粒,其比表面是很大的(比表面是指粘土矿物表面积与其体积之比),有很强的与水相互作用的能力,且比表面愈大,这种能力就愈强。

(二)岩石的成因类型

自然界的岩石按其成因类型可分为三大类:岩浆岩(火成岩)、沉积岩和变质岩。

1. 岩浆岩(火成岩):它是由岩浆的侵入和喷出所形成。岩浆是存在于地壳深处的处于高温、高压条件下的呈熔融状态成分复杂的硅酸盐物质。当地壳出现破裂带时,局部压力失去平衡,岩浆就沿破裂带上升,有的直达地表并喷出地面,冷凝后形成喷出岩;有的来不及达到地表就冷凝,形成侵入岩。侵入岩按其距地表的深浅,又分为深成岩和浅成岩。喷出岩和侵入岩统称岩浆岩(火成岩)。

喷出岩在冷凝过程中压力和温度降低很快,其矿物多来不及结晶,因而不易观察到矿物的晶体。这类岩石常见的有流纹岩、玄武岩等。深成岩形成于地壳下部,受上层岩石覆盖,冷凝时压力大、冷凝慢,矿物有很好的结晶环境,晶体颗粒生长较大,如花岗岩、正长岩等。浅成岩则介于喷出岩与深成岩之间,如花岗斑岩、正长斑岩等。

2. 沉积岩:在地表或接近地表的先成岩石,经风化剥蚀而成碎屑和溶液,再经风、流水、冰川等搬运,最后沉积固化所形成的岩石,称为沉积岩。沉积岩按其成因、成分、结构构造等特征,又可分为碎屑岩(如砾岩、砂岩)、粘土岩(如页岩、泥岩)、化学和生物化学岩(如石灰岩、白云岩)三类。沉积岩在地表的分布最广,且多呈层状分布。

3. 变质岩:地壳中的先成岩石,在高温、高压及某些活泼的化学物质作用下,其成分、结构、构造发生变化,形成新的岩石,称为变质岩。如砂岩变质成石英岩,泥岩变质成板岩,石灰岩变质成大理岩等。由于变质过程均在固态下完成,故变质岩或多或少会保留一些其母岩的特征。

(三)岩石的结构

岩石的结构是指岩石中矿物颗粒的大小、形状、结晶程度及其内部结合的特征。岩石主要的结构形式有如下几种:

1. 晶质结构:多见于岩浆岩。按岩石中矿物的结晶程度又可区分为:显晶结构(多见于深成岩)、斑晶结构(多见于浅成岩)和隐晶结构(多见于喷出岩)等类型。

2. 碎屑结构:多见于沉积岩,是由各种大小不同的颗粒胶结而成。常见的胶结物有硅质、钙质、铁质、粘土质等。

3. 变晶结构:多见于变质岩。大多数变质岩形成时都有重结晶的过程,几乎都含有结晶颗粒,其结构常与岩浆岩的晶质结构相似,故名变晶结构。

(四)岩石的构造

岩石的构造专指岩石中矿物颗粒的排列、填充方式及其外貌形态。常见的有以下几类构造:

1. 板状构造:这种构造形式是指岩石中的晶粒分布均匀,无定向排列。如岩浆岩中的花岗岩、沉积岩中的石灰岩、变质岩中的大理岩。

2. 流纹构造:矿物沿岩浆的流动方向定向排列成带状的构造形式,如流纹岩。

3. 层理构造:是沉积岩的固有特征。在沉积岩的形成过程中,在不同时期或因沉积条件不同,先后沉积的物质在颗粒大小、形状、物质成分等方面均有差异,形成层状排列。

4. 片理构造:是变质岩独具的特征。变质岩在形成过程中,大量的片状矿物如云母、绿泥石等均按垂直于压力作用方向进行平行排列,形成片理构造。

(五)岩石的风化作用

岩石在水、空气、太阳能及生物等作用 and 影响下,发生物理和化学的变化,导致岩石破坏,这一过程称为风化。风化作用按其性质又可分为物理风化、化学风化和生物风化 3 种类型。

1. 物理风化:岩石只发生机械的破坏,而化学成分不改变的风化作用称为物理风化。如季节变化、日夜交替导致的温度变化,促使岩石频繁地膨胀收缩,岩石一般由多种矿物组成,热膨胀系数的不同必然造成岩石的崩解破坏。另外,岩隙中的水的冻融,也会造成岩石崩解。

2. 化学风化:岩石在水、氧气、二氧化碳等化学物质的作用下,发生化学分解,不仅结构被破坏,而且化学成分发生改变,这一过程称为化学风化。化学风化有氧化、水化、水解、溶解、碳酸盐化等作用类型。如石灰岩中的碳酸钙在碳酸盐化后形成溶于水的重碳酸钙被水带走,使石

灰岩形成溶洞；如黄铁矿氧化成褐铁矿、正长石水解成高岭石等。

3. 生物风化：由生物活动对岩石造成的破坏称为生物风化。其中包括机械的破坏及化学的破坏。

在自然界中，岩石的风化作用一般是相互联系同时并存的，在不同的时间和地点，不同的风化作用所处的地位也不同，有主次之分。岩石风化后其强度会显著降低。

四、地质构造

(一) 岩石的层位要素(图 1-1)

要描述岩石的空间形态，常采用岩层的层位要素，即走向、倾向和倾角。走向是岩层的延伸方向，即岩层面与水平面交线的方向，通常用方位角表示。倾向是岩层的倾斜方向，即走向在水平面内的垂线方向，倾向与走向正交。倾角是岩层面与水平面的夹角(指锐角)。在地质报告书中，由于倾向与走向相差 90° ，故通常只记录倾向与倾角，如 $N140^\circ \angle 30^\circ$ ，说明岩层倾向于南偏东 40° ，走向为北偏东 50° ，倾角为 30° 。岩层中的裂隙面也可采用这种表示方法。

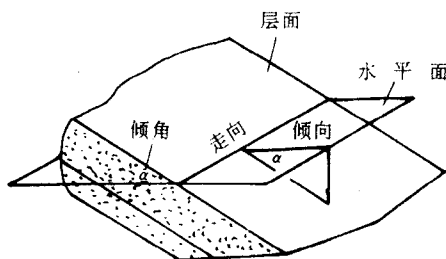


图 1-1 倾斜岩层的位

(二) 褶皱构造(图 1-2)

由于地壳的运动，使岩层受到巨大的力，促使原来呈水平产状的岩层产生波状弯曲，这些波状弯曲称为褶皱。褶皱的凸起部位称为背斜，下部部位称为向斜，向斜与背斜间的倾斜部位称为翼部。褶皱在形成以后，背斜部分受拉应力，使岩层出现许多张开裂纹，在外力地质作用下极易风化，从而形成背斜谷地。向斜部分则正好相反，向斜受压应力，使岩层挤密，不易风化，因此，在老的褶皱构造体系中，常出现向斜山(图 1-3)。

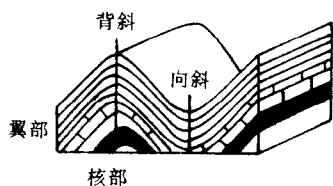


图 1-2 向斜背立体剖面示意图

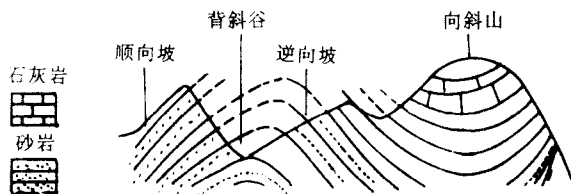


图 1-3 经过侵蚀作用后的皱曲地形的剖面示意图

褶皱的翼部在外力作用下多形成单斜山，单斜山的山坡与岩层平行的称为顺向坡，与岩层倾斜相反的称为逆向坡。在顺向坡上开挖，易使层面临空而发生岩层滑动；而在逆向坡则相对稳定。

(三) 断裂构造

岩层在巨大的水平力作用下发生断裂，这种构造称为断裂构造(图 1-4)。地质学中将断裂构造分为裂隙(节理)和断层两种类型。断裂构造的断裂面两侧岩体没有或仅有微小的相对位移时称为裂隙；有显著位移时称为断层。断裂构造使岩层失去连续性，特别在裂隙发育地区，可将岩体切割成块状，使其整体强度大幅度下降。在陡坡上，节理可将岩体切割成孤立的细长柱，

一旦失稳,便形成崩塌现象。新断层的出现,常伴随有强烈的地震。

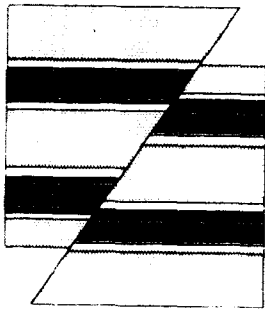


图 1-4 断层示意图

五、第四纪沉积物

第四纪是地质年代中距今较近的一个纪,它的沉积物的沉积历史不长,未及固结成岩,是一种松散的物质(即通常所说的“土”)。大多数情况下,建筑物均以第四纪沉积物作为地基。不同成因类型的第四纪沉积物其工程性质也不同,现介绍几种主要的。

(一)残积物 Q^1 (图 1-5)

岩石风化得到的碎屑物质,一部分被风、流水等带走,而另一部分留在原地,这些未被搬运走的物质称为残积物。残积物主要分布在岩石出露地区,具有与岩石相同的矿物,残积物与岩石之间隔着风化层。由于风化剥蚀产物未经搬运,其颗粒未被磨圆或分选,没有层理,孔隙大,均匀性差。当利用残积层作为地基时,要特别注意不均匀沉降。若残积层的厚度不大时,可将其清除,将地基直接放置在基岩上。



图 1-5 残积物层剖面

(二)坡积物 Q^2 (图 1-6)

地势较高处的物质,在重力、雨、雪、流水等的洗刷、剥蚀作用下,顺斜坡向下逐渐移动,沉降在山麓或较平缓的山坡上,这些沉积物称为坡积物。坡积物随斜坡自上而下呈现由粗而细的分选现象。其矿物成分与下卧基岩无直接联系,这是它与残积物的明显区别。坡积物土质不均匀,厚度变化大,尤其是新近堆积的坡积物,土质疏松,压缩性高。利用坡积层作地基时,除应注意不均匀沉降外,还应防止滑坡的产生。

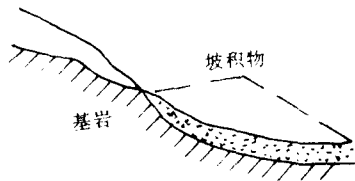


图 1-6 坡积物层断面

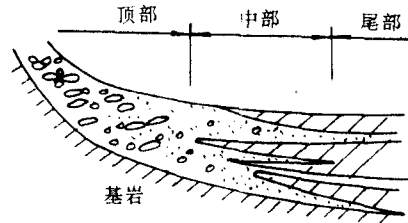


图 1-7 洪积物(层)断面

(三)洪积物 Q^3 (图 1-7)

在山区,由于暴雨或融雪,大量的水流汇集到山间峡谷,形成山洪急流,具有很大的剥蚀搬运能力,它冲刷地表,并席卷大量的石、砂、泥冲向山谷。洪流冲出山谷到达山麓后,其冲力减少,大量的块石、砂、泥顺次堆积,形成洪积扇地貌。当洪积扇逐渐扩大,与附近的洪积扇连接成片,便形成洪积裙或洪积平原。

洪积层的分布具有明显的分选性,其顶部以粗碎屑物质为主,该部洪积物厚度较薄,但强度较高,地下水位较低,是建筑物的理想地基。在中部,碎屑物经过长距离搬运,磨圆度较好,洪积物以卵石和砂为主,厚度也较大。因山洪有周期性,故该部常夹有透镜体或条带状的细粒碎屑及粘性土的混合物,使洪积物呈现不均匀性。在洪积扇的尾部,即山洪的末端,洪水已变为缓流,其沉积物多为淤泥质粘性土,土质均匀,但承载力较低。若在形成过程中受到周期性的干燥

气候影响,土中胶体发生凝聚,则该区域内的洪积物强度也较高。

(四)河流冲积物(Q^{al})

河流冲积物是指河流中夹带的泥砂,在适宜的条件下沉积而成的沉积物。河流冲积物具有明显的层状构造,磨圆度和分选性均较好。河流冲积物在河流的各段都存在,但其性质有明显差异,下面分别介绍。

在山区河谷,其特点是河流落差大,流速急,向下切割侵蚀严重,故沉积物厚度不大且不连续。沉积物以卵石、砾石为主,分选性差,多分布在近代河床河湾处的河漫滩地带。洪水期河漫滩常被淹没,故不适宜作建设物地基,但山区河谷冲积物是良好的建筑材料。

河流从山谷流入平川,流速大减,河流所携带的碎屑物质便沉积下来,形成冲积扇,冲积扇的面积和厚度均较大,如果有若干条河流从山区密集流出,冲积扇便可连接起来,形成宽广的冲积平原,如华北平原。

河流进入中下游地区,河面宽广,水流平缓。每当洪水泛滥,河水携带泥砂漫出河床,河水消退后,泥砂便沉积在河漫滩上,年积月累,河漫滩不断加厚扩大,再加上地壳的上升运动,便形成淤积平原,如江汉平原。

淤积平原如果位于地壳缓慢上升区域,河流便会加强向下和侧面的侵蚀切割,因此河流在新的位置上又将出现新的河漫滩冲积层,原有的河漫滩冲积层已高出许多,在地形上便形成了一条平行于河流的带状阶地。如此反复,便形成多级阶地,从下到上分别称为一级阶地、二级阶地、三级阶地……(图 1-8)。河流阶地是建筑工程的理想场地,这里地形平坦,水源丰富,靠近河流航运方便,许多大城市都建立在河流阶地上,如兰州、武汉、重庆等。特别是二、三级阶地,形成年代相对较早,土层密实,强度较高,不易被洪水淹没,是优良的建筑场地。

河流在入湖或入海口,大量的泥砂由于流速的进一步减慢而沉积下来,形成三角形的冲积地形,称为三角洲。三角洲沉积层的面积宽广,厚度很大。其沉积物的主要特点是颗粒细、孔隙大、含水量高,富含有机质,承载力低。

此外还有湖沼沉积物和风积物等。

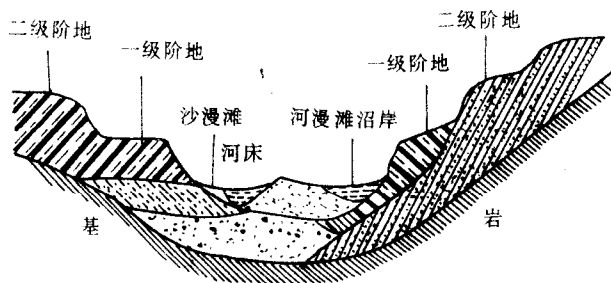


图 1-8 平原河谷横断面示例(垂直比例尺放大)

第二节 地下水

地下水是以各种形式存在于地壳岩石和土壤空隙中的水,有气态、液态和固态等不同形式。大气水、地表水和地下水之间关系极为密切,它们都参加着自然界的水循环。

地下水是一种宝贵的自然资源,它可作为工农业及居民用水,一些含特殊矿物的水还有医疗保健作用。对于工程建设来说,有时地下水的危害也是极大的,如引起边坡失稳,侵蚀混凝土等。因此,不论从利用或防治的目的出发,都必须对地下水进行研究。

一、地下水的埋藏条件

地下水存在于地表以下土和岩石的孔隙、裂隙或溶洞中,按其埋藏的条件分为上层滞水、潜水和承压水,见图 1-9。

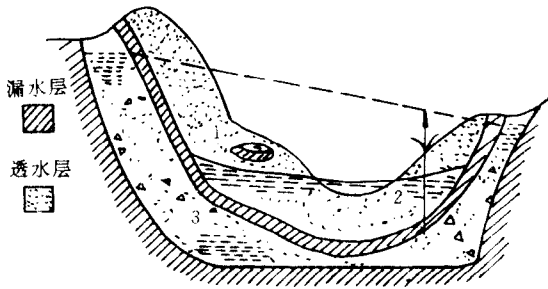


图 1-9 地下水埋藏示意图

1—上层滞水;2—潜水;3—承压水

上层滞水:存在于局部隔水层(或弱透水层)之上的重力水称为上层滞水。它具有自由水面,埋藏较浅,易受污染,分布范围有限,其补给主要来源于大气降水,往往在融雪或大量降水后才聚集较多,所以上层滞水只可作为季节性的或临时性的水源。

潜水:埋藏在地面以下第一个稳定隔水层之上具有自由水面的地下水称为潜水。在重力作用下,它能从高处向低处流动,大气降水和上层滞水均可补给潜水。

潜水分布广,埋藏浅,故常作为供水水源。潜水水面即工程地质上常说的地下水位线(面)。

承压水:存在于两个稳定隔水层之间的有压地下水称为承压水。从地面打井穿过隔水顶板时,地下水便在井中上升甚至喷出地面。由于隔水顶板的存在,承压水的分布区与补给区是不一致的,水量受气候影响不大,水量稳定且水质良好,是理想的供水水源。

二、地下水的运动规律

地下水在土中往往是可以流动的,流动的难易程度称为土的透水性。

地下水的运动有层流、紊流、混合流三种形式。层流是指地下水在岩土孔隙或微裂隙中渗透,水流连续,水质点有序地互不混杂地流动,一般流速不大。紊流是地下水在岩土裂隙或洞穴中流动,水质点无序,混杂地流动,流速较大。混合流是介于层流和紊流之间的一种运动形式。

(一)层流规律——达西定律

地下水在土中渗流,速度一般很小,属层流运动,可按法国科学家达西(Darcy)根据实验总结的线性渗透规律计算,见图 1-10。其表达式如下:

$$Q = kAi \quad (1-1)$$

式中 Q ——渗透流量,即单位时间流过砂柱断面的水量,单位: $\text{m}^3/\text{昼夜}$;

A ——过水面积(实验中即砂柱断面积), m^2 ;

i ——水头梯度, $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$ (实验中即 A, B 两点的水头差与其距离之比)。

k ——土的渗透系数,是与土性质相关的一个特定常数,单位: $\text{m}/\text{昼夜}$ 。

通过某一过水面积 A 的流量 Q 是流速 V 与面积 A 的积,即 $Q = AV$,代入式(1-1)得:

$$V = Q/A = ki \quad (1-2)$$

实验表明:水在砂土中的流动完全符合达西定律(线性规律);而在粘土中流动时就存在起始梯度 i_0 ,只有当水头梯度 $i > i_0$ 时,水才开始在粘土中渗流(即 $V \neq 0$);反映在 $V-i$ 曲线图上或存在一曲线段(图 1-11), A 点对应于起始梯度,在 $A-B$ 段, $V-i$ 不成线性关系,过 B 点后,

又转为线性。为简化计算,反向延长其直线与 i 轴得一截距 i_B ,以 i_B 作为起始梯度,则适用于粘性土的达西定律简化为 $V=k(i-i_B)$ 。

土的渗透系数可通过现场抽水试验或室内渗透试验确定。表 1-2 标出各种土的渗透系数变化范围。

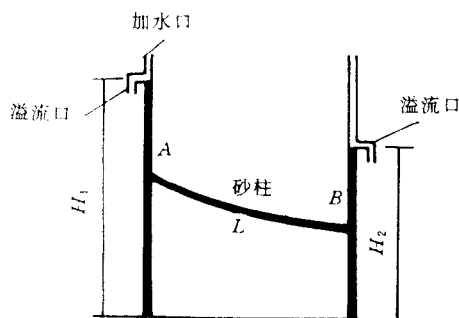


图 1-10 达西试验示意图

表 1-2 各种土的渗透系数参考值

土的名称	渗透系数(mm/s)
致密粘土	$<10^{-6}$
粉质粘土	$10^{-5} \sim 10^{-6}$
粉土、裂隙粘土	$10^{-3} \sim 10^{-5}$
粉砂、细砂	$10^{-2} \sim 10^{-3}$
中砂	$1 \sim 10^{-2}$
粗砂、砾石	$10^3 \sim 1$

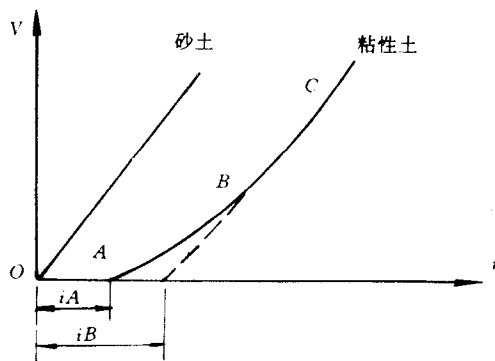


图 1-11 渗流速度与水力梯度的关系

(二) 动水压力

地下水渗流时,对单位土体有一定的冲击压力 G_D ,称为动水压力,它与水渗流时所受到的阻力 T 大小相等,方向相反。

如图 1-12、1-13,在水渗流路线上取出一段砂柱,长度为 L ,横截面积 A ,左右两边的水位分别是 H_1 和 H_2 ,则作用于 AB 水柱上的作用力有:

(1)左半边静水压力 $\gamma_w h_1 A$ 和右半边静水压力 $\gamma_w h_2 A$,两者方向相反(γ_w 是水的重度, $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$)。

(2)水柱重量 $\gamma_w LA$,方向向下。

(3)砂粒对渗流水的总阻力为 $T LA$, T 为单位土体对渗流的阻力(kN/m^3)。

列出水柱体上的平衡方程式如下:

$$\gamma_w h_1 A + \gamma_w LA \cdot \cos\alpha - \gamma_w h_2 A - T LA = 0$$

以 $\cos\alpha = (Z_1 - Z_2)/L$, $h_1 = H_1 - Z_1$, $h_2 = H_2 - Z_2$ 代入上式解此方程:

$$T = \gamma_w (H_1 - H_2) / L = \gamma_w i \quad (1-3)$$

可见,渗透力(动水压力)与土中水力梯度成正比,动水压力 $G_D = T = \gamma_w i$ 。

三、流砂与管涌

当地下水自上而下渗流时,动水压力 G_D 与重力方向一致,将加大土粒之间的压力。当水自下而上渗流时, G_D 与重力方向相反,土间的压力将减小,当 G_D 等于或大于土颗粒浮重度时,即 $G_D = \gamma_w i_{cr} = \gamma'$ 或 $i_{cr} = \gamma' / \gamma_w$ 时,土粒间的压力消失,土处于悬浮状态,随水流动,这种现象叫流砂现象。此时的水头梯度 i_{cr} 称为临界水头梯度, i_{cr} 近似为 1。

当基坑开挖致地下水位以下,且直接从基坑排水时,就可能导致地下水自下而上的渗流,动水压力可使基坑隆起,当 $i > i_c$ 时,会出现流砂现象。流砂现象多发生于颗粒细小的砂土层中,给施工带来极大困难,还严重影响周围建筑物的地基稳定。

对流砂现象的防治,一般可采取以下措施:(1)人工降低地下水位。人工降低水位至可能发生流砂现象的地层以下再行开挖。(2)打板桩:在土中打入板桩,一方面加固坑壁,一方面增长了水的渗流距离,减小了水力梯度。(3)冻结法:用冷冻法使地下水冻结,然后开挖。(4)枯水期开挖或水下开挖:即不排水或向基坑中注水,同时进行开挖,避免因排水造成的水头差,或枯水期水头差小时开挖,增加稳定性。(5)在基坑开挖过程中如局部出现流砂时,可立即抛入大石,也能克服流砂现象。

在天然或人为条件下,细粒土会在动水压力作用下,沿着粗土粒之间的孔隙随水流动,导致土体被破坏,这就是潜蚀,或称管涌。在含有可溶性盐的土层中,可溶性盐溶解后随水流动,也能导致管涌。管涌会破坏地基,形成空洞,产生地表塌陷,影响建筑工程的稳定。管涌产生的条件是细粒土可穿过粗粒土的空隙,常见于缺乏中间粒径的土中。

对管涌的防治可采取:堵截地表水流入土层;设置反滤层;改造土层等方法。

流砂与管涌之间的区别可用表 1-3 表示。

表 1-3 流砂与管涌的区别

流 砂	管 涌
仅在土表面发生	在土体内部或表面进行
方向向上	任意方向
$i > i_c$ 时发生	$i > 0$ 即可能
多发生在均匀细粉砂中	细粒土能穿过粗粒土的缝隙

四、地下水对建筑工程的影响

建筑工程地基内存在地下水,对建筑的稳定性,施工及使用都影响甚大,必须有足够重视。

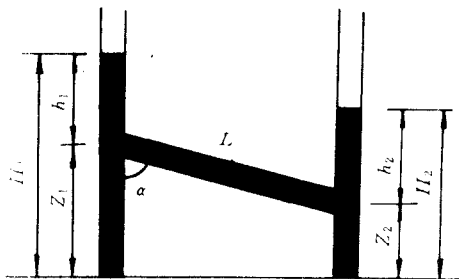


图 1-12 动水压力示意图

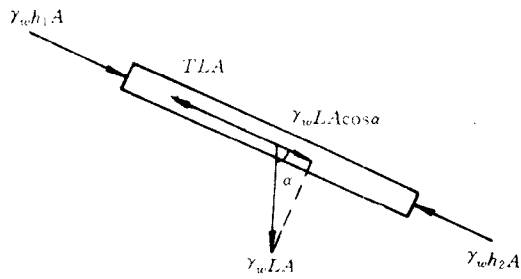


图 1-13 水柱隔离体受力分析

(1)地下水水位变化的影响:地下水在基础面以下发生大幅度升降,能引起一系列的不良后果,甚至危及建筑物的安全。如地下水在压缩层范围内大幅度上升,水使坚硬的岩土浸湿软化,降低了承载力,造成建筑物变形过大;若压缩层范围内地下水大幅度下降,则岩土的自重应力增加,引起基础的附加沉降,如果土质不均匀,还能引起不均匀沉降。

(2)过量开采地下水造成地面塌陷和地面沉降。在大量开采地下水的过程中,地下水的原始平衡状态遭到破坏,改变了天然的水文地质条件,使原先的承压水变为无压水。当某处的水位降低后使全程水力梯度升高,加速了地下水流动,管涌作用大大加强,使地下出现管涌土洞,土不断扩大大,造成地面的塌陷和沉降,引起建筑物不均匀沉降,如桥墩下沉,深井井管断裂等一