

高职高专建筑工程系列教材

土力学与地基基础



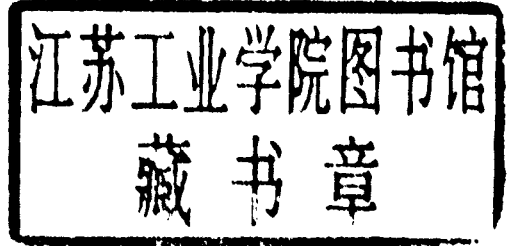
● 主 编 王雅丽
副主编 都 焱

重庆大学出版社

TULIXUE YU DIJI JICHU

土力学与地基基础

主 编 王雅丽
副主编 都 焱



重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本教材是高职高专建筑工程专业系列教材之一,本书参照国家最新发布的国家标准,可使读者尽快学习和掌握新规范的内容。全书共 10 章,内容包括土的物理性质及工程分类;土中应力计算;地基变形计算;土的抗剪强度和地基承载力;土压力与土坡稳定、地基勘察;天然地基上浅基础设计;桩基础及其他深基础;地基处理;特殊土地基与山区地基。本书内容简明,实用性强,每章均有思考题、习题,大部分习题附有参考答案,便于自学。

本书可作为高等专科学校、高等职业技术学院、成人高校等土建类专业的专业基础课教材,也可作为土建类专业勘察、设计及施工技术人员的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础/王雅丽主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.9

(高职高专建筑系列教材)

ISBN 7-5624-2443-8

I. 土... II. 王... III. ①土力学—高等学校:技术学校—教材

②地基—基础(工程)—高等学校:技术学校—教材 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 063350 号

土力学与地基基础

主 编 王雅丽

副主编 都 焱

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:蓝安梅 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

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

重庆科情印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:462 千

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2443-8/TU·141 定价:25.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,为培养适应社会需要的高等技术应用性人才,由全国多所高职高专院校一批有经验、能力强的教师组成编写队伍,进行本系列教材的编写。

本书根据教育部对高职高专教材编写的要求来编写,编写中力图体现基础理论以“必需、够用、能用”的原则,加强应用性、实用性和针对性。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。对例题进行了精选,并进行必要的思路分析,便于读者较快、较好地掌握解题方法。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、夜大、函大等教育的教学与自学需要。

本书编写的主要依据为:《建筑地基基础设计规范》(GB5002-2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94-94)、《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)、《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2000)、《砌体结构设计规范》(GB50003-2001)等,同时编入了一定的新技术、新方法。

由于我国各地区地基情况差别较大,具体内容应根据本地区情况有所选择和侧重。特别是第9章、第10章可根据实际情况取舍。本教材配合有《土力学与地基基础学学习指导》,可帮助读者更好的学习。

本书由王雅丽主编,编写绪论、第2章、第3章、第4章、第6章;都焱为副主编,编写第5章、第7章、第8章;第1章由苏欣编写;第9章、第10章由王春梅编写。全书由王雅丽进行统稿、修改。

由于编写时间仓促及编者水平有限,书中难免有不当或不妥之处,恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2004年3月

目 录

绪论	1
0.1 土力学与地基基础课程简介	1
0.2 本课程的任务和作用	3
0.3 本课程的特点和学习要求	4
第1章 土的物理性质和工程分类	5
1.1 土的生成与基本特征	5
1.2 土的组成	8
1.3 土的物理性质指标及其计算	12
1.4 土的物理状态指标	17
1.5 土的压实原理	21
1.6 地基土的工程分类	23
思考题	28
习题	28
第2章 土中应力计算	30
2.1 土中应力形式	30
2.2 土中自重应力	30
2.3 基底压力	33
2.4 土中附加应力	35
思考题	53
习题	54
第3章 地基变形计算	55
3.1 土的压缩性	55
3.2 地基最终沉降量计算	60
3.3 应力历史对地基沉降的影响	70
3.4 地基沉降与时间的关系	71
3.5 建筑物沉降观测与地基变形允许值	78
思考题	81
习题	82

第4章 土的抗剪强度和地基承载力	84
4.1 土的抗剪强度与极限平衡理论	84
4.2 土的剪切试验	88
4.3 土的剪切特性	94
4.4 地基的临塑荷载和临界荷载	98
4.5 地基的极限承载力	102
思考题	107
习题	107
第5章 土压力和土坡稳定	108
5.1 挡土墙的作用与土坡的划分	108
5.2 挡土墙的土压力类型	109
5.3 朗肯土压力理论	110
5.4 库仑土压力理论	115
5.5 特殊情况下的土压力计算	121
5.6 挡土墙设计	125
5.7 土坡稳定分析	134
思考题	138
习题	138
第6章 地基勘察	140
6.1 地基勘察的目的和任务	140
6.2 地基勘察的方法	141
6.3 地基勘察报告书	148
6.4 验槽	156
思考题	157
习题	158
第7章 天然地基上浅基础设计	159
7.1 基础的划分及地基基础设计原则	159
7.2 浅基础的类型	162
7.3 基础埋置深度的确定	166
7.4 地基承载力的确定	171
7.5 基础的设计与计算	176
7.6 柱下条形基础	199
7.7 十字交叉基础	201
7.8 筏板基础	203
7.9 减轻不均匀沉降的措施	208
思考题	211
习题	212

第 8 章 桩基础及其他深基础	213
8.1 桩基础的分类与应用	214
8.2 单桩竖直承载力的确定	218
8.3 群桩承载力	225
8.4 群桩沉降计算	227
8.5 桩基础的设计与计算	228
8.6 其他深基础简介	244
思考题	246
习题	247
第 9 章 地基处理	248
9.1 地基处理的基本概念	248
9.2 换填法	250
9.3 预压法	254
9.4 碾压及夯实法	258
9.5 挤密法和振冲法	261
9.6 化学加固法	266
9.7 地基局部处理	270
思考题	272
习题	272
第 10 章 特殊土地基及山区地基	273
10.1 膨胀土地基	273
10.2 湿陷性黄土地基	276
10.3 红粘土地基	280
10.4 山区地基	281
思考题	285
习题	285
参考文献	286

绪 论

0.1 土力学与地基基础课程简介

0.1.1 本课程的研究对象及研究内容

土是地表的岩石体经风化、剥蚀等地质作用形成松散的堆积物或沉淀物,是自然界的产物。由于土的形成年代、生成环境及矿物成分不同,所以其性质也复杂多样。

土与工程建筑的关系十分密切,归结起来主要有两类:一是在土层上修建各类建筑物,由土承受建筑物荷载,另一类是用土做材料,修筑堤坝、路基等。因此,在进行建筑物设计之前,必须对建筑场地进行勘察和评价,然后根据上部荷载、桥梁涵洞或房屋使用及构造上的要求,采取一些必要的措施,使地基变形不超过其允许值,并保证建筑物和构筑物是稳定的。

地基与基础是两个不同的概念,要认真区分:

地基——承受建筑物荷载的地层。其中直接与基础接触的土层称为持力层,其下受建筑物荷载影响范围内的土层称为下卧层,如图 0.1 所示。地基按地质情况可分为土基和岩基。按设计施工情况分为天然地基(未经过人工处理的地基)和人工地基(详见第 9 章)。

基础——建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础,基础是建筑体的一部分,由钢筋混凝土、素混凝土以及砖等建筑材料筑成。

基础根据埋深不同可分为浅基础和深基础。如土质较好,埋深在 1~5 m 间,这类基础称为浅基础。如果建筑物荷载较大或下部地层较软弱时,需要把基础埋置于深处较好的地层,要采用特殊的基础类型或特殊的施工方法,这种基础称为深基础(例如桩基础、沉井等)。

土力学与地基基础这门课程包括土力学及地基基础两部分。土力学是以土为研究对象,利用力学的一般原理,研究土的特性及其受力后应力、变形、渗透、强度和稳定性及其随时间变化规律的学科。它是力学的一个分支,是为解决建筑物的地基基础、土工建筑物和地下结构物的工程问题服务的。地基基础主要研究常见的房屋、桥梁、涵洞等地基基础的类型、设计计算和施工方法。

虽然建筑物的地基、基础和上部结构三部分各自功能及研究方法不同,但对一个建筑物来

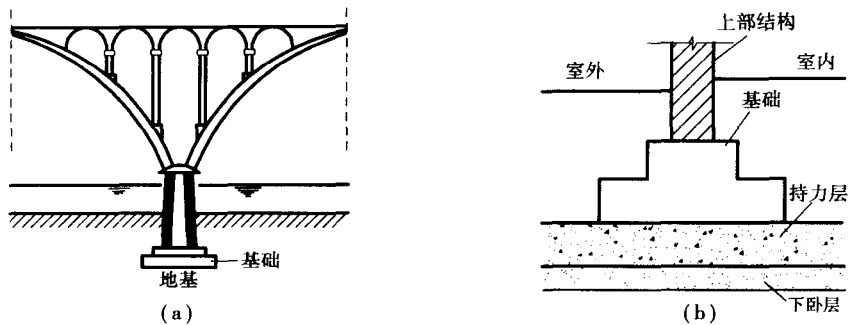


图 0.1 地基与基础

说,在荷载作用下,三者都是相互联系、相互制约的整体。目前,由于受人们对建筑物的研究程度及计算方法的限制,要把三者完全统一起来进行设计计算还不现实,但在解决地基基础问题时,从地基—基础—上部结构相互作用的整体概念出发,全面考虑问题是建筑物设计的发展方向。

0.1.2 本学科发展简史

土力学与地基基础既是一门古老的工程技术,又是一门新兴的理论,它伴随着生产实践的发展而发展,经历了从感性认识到理性认识、形成独立学科和新的发展四个阶段。

我国劳动人民远在春秋战国时期开始兴建的万里长城以及隋唐时期修通的南北大运河,穿越各种复杂的地质条件;隋朝工匠李春在河北省修建的赵州石拱桥,不仅因其建筑和结构设计而闻名于世,其地基基础处理也是非常合理的,他将桥台砌置于密实粗砂层上,1300多年来估计沉降量仅几厘米。现代通过验算确定桥台的基底压力约为 $500 \sim 600 \text{ kPa}$,这与用现代土力学理论方法给出的该土层的承载力非常接近。

18世纪中叶,随着欧洲工业革命的兴起,大规模的城市建设和水利、铁路的兴建,推动了土力学的发展。1773年,法国库仑(Coulomb)提出土的抗剪强度定律和库仑土压力理论;1857年,英国朗肯(Rankine)建立了朗肯土压力理论,这一土压力理论与库仑土压力理论统称为古典土压力理论,对后来土体强度理论的建立起了推动作用;1885年,布辛涅斯克(Boussinesq)求得了弹性半无限空间体表面在集中力作用下的应力、应变理论解答;弗伦纽斯(Foileniu:)为解决铁路塌方问题提出了土坡稳定分析方法等;1925年,奥裔美国土力学专家太沙基(Terzaghi)著名的“Eoubakmeceanik”的出版,被公认为是近代土力学的开始。其中,著名的土的有效应力原理和固结理论是他对土力学学科的突出贡献。至此,土力学才成为一门独立学科,太沙基被公认为是现代土力学的奠基人。

20世纪50年代开始,现代科技成就特别是电子技术进入了土力学与地基基础的研究领域。实验技术实现了自动化、现代化,人们对地层的性质有了更深的了解,土力学理论和基础工程技术出现了令人瞩目的进展。

20世纪60年代以前,在计算地基变形时,计算机没有普及,为了简化计算,不得不假定土体是弹性体和理想的刚性体,而实际土体的应力应变关系是非线弹性的,因此,确切地讲,土力学的理论对于那些高层建筑物的设计,其相符性和精度是远远不能满足要求的。20世纪60年代以后,借助电子技术及试验技术,许多学者已开展了土的弹塑性应力应变关系的研究,提

出了各种本构关系的模型,有些已用于工程计算和分析。如陈宗基教授于1957年提出的土流变学和粘土结构模式,目前已被电子显微镜观测证实;黄文熙教授于1957年提出非均质地基考虑侧向变形影响的沉降计算方法和砂土液化理论。我国已成功地建造了一大批高层建筑,解决了大量复杂的基础工程问题,为土力学与地基基础理论和实践积累了丰富的经验。

由于土的性质复杂性和特殊性,到目前为止,土力学与地基基础的理论虽已有了很大发展,但与其他成熟学科相比较尚不完善,在假定条件下得出的理论应用于实践时多带有近似性,有待于人们不断实践、研究,以获得更加令人满意的突破。

0.2 本课程的任务和作用

地基与基础质量的好坏关系到建筑物的安全、经济和正常使用。如由于地基与基础的质量问题造成建筑物的倾斜(见实例1)、墙面开裂(见实例2)、地基滑动(见实例3)、地基液化失效等实例数不胜数。基础工程在地下或水下进行,施工难度较大,造价、工期和劳动消耗量在整个工程中占的比重均较大。实践证明,建筑物事故的原因很多与地基基础有关,地基基础一旦发生事故就不易补救。随着高层建筑物的兴起,深基础工程增多,这对地基基础的设计与施工提出了更高的要求。

实例1 1173年兴建的意大利比萨斜塔,当建至24 m时发现倾斜,被迫停工。100年后续建至塔顶(高约55 m)。至今塔身一侧下沉了1 m以上,另一侧下沉了约3 m,倾斜 5.8° 。1932年曾于塔基灌注了1 000 t水泥,效果仍然不明显。在以后的数十年里,该塔仍以每年11 mm的速度下沉。意大利当局被迫于1990年关闭斜塔,斜塔因此而成为世界上著名的基础工程问题。在经历了十多年的应力解除并辅以配重的矫正工程后,工程专家组于2001年6月将该塔正式交给比萨市政当局。专家组声称比萨斜塔至少可以再良好地保持300年。

实例2 建于1954年的上海工业展览馆中央大厅,总重约10 000 t,采用平面尺寸为45 m×45 m的两层箱形基础。地基厚大约为14 m的淤泥质软粘土。建成后其基础当年下沉0.6 m,目前大厅平均下沉量达1.6 m,墙面由于不均匀沉降产生了较大裂缝。

实例3 建于1941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31 m,宽23 m,其下为片筏基础。由于事前不了解基础下埋藏有厚达16 m的软粘土层,建成后初次储存谷物时,基底压力超过了地基承载力,致使谷仓一侧突然陷入土中8.8 m,另一侧则抬高1.5 m,仓身倾斜达 27° ,如图0.2所示。这是地基发生整体滑动和建筑物失稳的典型例子。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500 kN的千斤顶,才将仓体扶正,但其标高比原来降低了4 m。

以上工程实例说明,在建筑物地基基础设计中,就建筑物安全方面必须遵守两条规则:

- ①应满足地基强度要求;
- ②地基变形应在允许范围之内。

这就要求工程技术人员熟练掌握土力学与地基基础的基本原理和主要概念,结合建筑场地及建筑物的结构特点,因地制宜地进行设计和必要的验算。《土力学与地基基础》是土木建筑有关专业的一门重点课程,其任务和作用就是保证各类建筑物安全可靠,使用正常,不发生上述地基基础工程事故。因此,需要掌握土力学的基本理论与地基基础设计原理和经验。

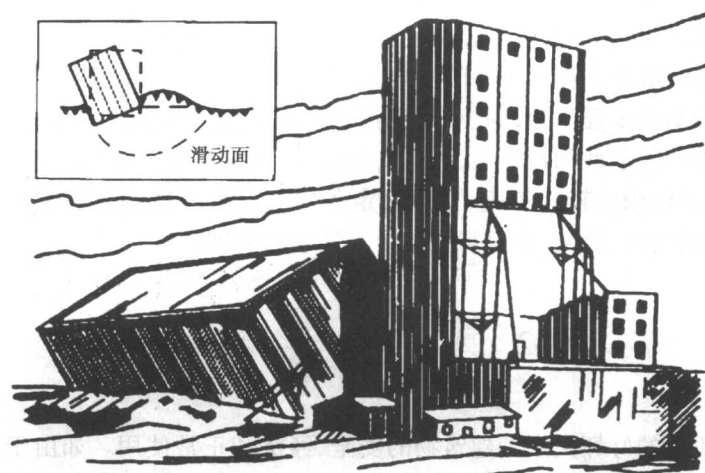


图 0.2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

0.3 本课程的特点和学习要求

土力学与地基基础是一门理论性与实践性均较强的技术基础课,其内容广泛,综合性强,研究对象复杂多变性,研究方法也有其独特性,在学习中应注意以下几点:

①人们在对于土的认识过程中,往往把实际的复杂的土加以简化。抓住其突出而主要的性能,这样,原来的土就被某种比较简单的理想的模型所代替,对同一问题的研究常出现不同的模型假设和相应的理论方法。应当指出,任何简化模型的假设都必须以较丰富而且正确的经验和感性知识为依据,应用这些理论时,必须注意其应用场合和条件,并在工程实践的过程中使其不断完善。

②土力学不单纯是一个理论问题,它离不开土的实验。土的物理力学指标和参数多为实验结果,因此,实验的方法和仪器设备的精度对实验结果有较大影响,不断改进实验方法、手段、提高实验设备的精度是非常重要的。

③土力学中的公式和方法绝大部分都是半理论半经验的混合产物,太沙基曾经说过:与其说土力学是一门技术,不如说它是一门艺术。即处理地基基础问题,不仅需要定量的计算,更需要经验来判断计算的正确与否。不仅需要数学、力学的方法来分析,更需要用工程地质的观点来估计计算参数、设计方法、施工方法的可靠性如何;用实测的数据来验证,并作为采取进一步工程措施的依据。因此,既重视所运用的基础理论,更要重视土力学与地基基础的实践,做到理论与实践性相结合才是学好本课程的关键。

第 1 章

土的物理性质和工程分类

土的性质包括它的物理性质、力学性质、工程性质等。

大多数建筑物都是直接建造在地基土上的,因而土的物理性质及其工程分类是进行土力学计算、地基基础设计和地基处理等必备的知识。

在进行土力学及处理地基基础问题时,不仅要知道土的物理性质特征及其变化规律,了解各类土的特性,还必须熟练掌握反映土三相组成比例和状态的各项指标的定义、试验或计算方法,以及按土的有关特性和指标确定地基土的分类方法。

本章主要介绍土的成因、土的组成、土的三相比例指标、无粘性土的密实度、粘性土的物理特性以及土的工程分类。

1.1 土的生成与基本特征

1.1.1 土的概念

土是地壳表层母岩风化后的产物,是各种矿物颗粒(土粒)的集合体,包括岩石经物理风化崩解而成的碎块以及经化学风化后形成的细粒物质,粗至巨砾,细至粘土,统称为土。土虽然是岩石风化后的产物,但具有一种区别于岩石的特性——散粒性。正是由于土的这一基本特性,决定了土与其他工程材料相比具有压缩性大、强度低、渗透性大的特点。

1.1.2 土的成因

土的形成要经历风化、剥蚀、搬运、沉积等作用过程。风化使岩石破碎,剥蚀将风化产物剥脱开来,通过不同的搬运方式将剥落物搬运和迁移,被搬运的物质在搬运的过程中遇到不同的环境,从搬运的介质中分离而沉积下来。由于成土的过程错综复杂,形成了各种成因的土。根据地质成因的条件不同有以下几类土:

(1) 残积土(图 1.1)

残积土是残留在原地未被搬运的那一部分岩石风化剥蚀后的碎屑堆积物,其成分与母岩相同,一般没有层理构造,均质性差,孔隙度较大,作为建筑物地基容易引起不均匀沉降。

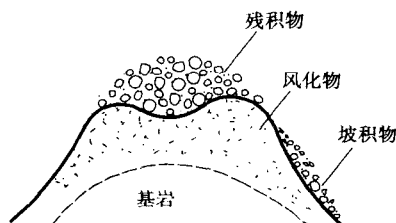


图 1.1 残积土

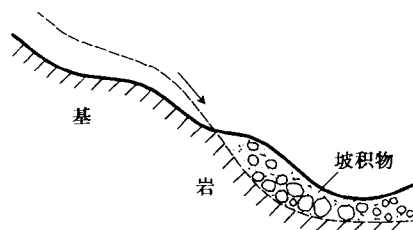


图 1.2 坡积土

(2) 坡积土(图 1.2)

坡积土是高处风化碎屑物在雨、雪水或本身重力的作用下搬运而成的山坡堆积物。它一般分布在坡腰或坡脚下,其上部与残积土相接,厚度变化较大,在斜坡陡处厚度较薄,坡脚处较厚。在坡积土上进行工程建设时,要考虑坡积土本身的稳定性和施工开挖后边坡的稳定。另外,新近堆积的坡积土具有较高的压缩性。

(3) 洪积土(图 1.3)

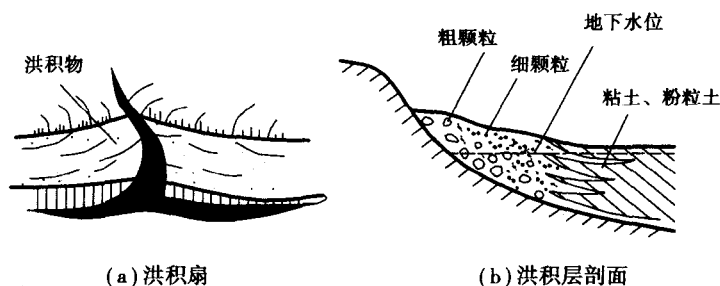


图 1.3 洪积土

洪积土是指在山区或高地由暂时性水流(山洪急流)作用,将大量的残积物、坡积物搬运堆积在山谷中或山前平原上的堆积物。洪积物质随近山到远山呈现由粗到细的分选作用,但由于每次洪流的搬运能力不同,使洪积土具有不规则交错层理。

(4) 冲积土(图 1.4)

冲积土是由河流流水的地质作用,将两岸基岩及其上部覆盖的坡积、洪积物质剥蚀后搬运沉积在河流坡降平缓地带形成的沉积物。颗粒在河流上游较粗,向下游逐渐变细,分选性和磨圆度较好,呈现明显的层理构造。

除了以上 4 种土的成因类型外,还有湖泊堆积土、沼泽堆积土、滨海堆积土、冰川堆积土和风力堆积土等,这里不再一一介绍。

上述各种堆积或沉积土,一般是在第四纪(Q)地质年代内形成的,而建筑工程中所遇到的地基土,基本上都是第四纪堆积土。

了解土的成因对工程设计是十分重要的。

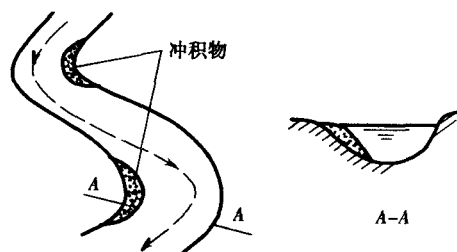


图 1.4 冲积土

1.1.3 土的结构与构造

(1) 土的结构

土颗粒之间的相互排列和联结形式称为土的结构。土的结构可分为单粒结构、蜂窝结构、絮状结构三大类。

1) 单粒结构(图 1.5(a))

单粒结构是由较粗大的土粒在水或空气中自重下落沉积而成的。具有单粒结构的土由砂粒及更粗的土粒组成,土粒之间只有微弱的毛细水联结,土强度主要来自土粒间的内摩擦力。当土粒排列密实时,土的强度较大,当土粒排列疏松时,结构不稳定,易变形。

2) 蜂窝结构(图 1.5(b))

当粉粒($0.005 \sim 0.075 \text{ mm}$)在水中下沉碰到已经沉积的土粒时,由于它们之间的吸引力大于其自重,因而土粒停留在接触面上而不再下沉,形成了具有很大孔隙的蜂窝结构。

3) 絮状结构(图 1.5(c))

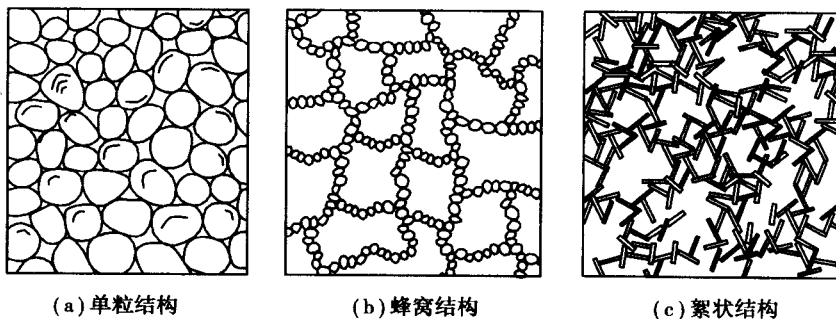


图 1.5 土的结构

长期悬浮在水中的粘粒($<0.005 \text{ mm}$)遇到电解质较大的环境时,粘粒凝聚成絮状集合体下沉,形成孔隙更大的絮状结构。

具有蜂窝结构或絮状结构的土孔隙较多,有较大的压缩性,结构破坏后强度降低很大,是工程性质极差的土。

(2) 土的构造

在同一土层中的物质成分和颗粒大小等相近的各部分之间相互关系的特征称为土的构造,常见的有以下几种:

1) 层理构造

它是在土的形成过程中,由于不同阶段沉积的物质成分、颗粒大小或颜色不同,而沿竖向呈现的成层特征。

2) 分散构造

土粒分布均匀、性质相近的土层,如砂、砾石、卵石层都属于分散构造。

3) 裂隙构造

土体被许多不连续的小裂隙所分割,裂隙中往往充填盐类沉淀,不少坚硬与硬塑状态的粘土具有此种构造。

1.2 土的组成

在一般情况下,土是由三相物质组成的三相体系。固相——矿物颗粒和有机质;液相——水溶液;气相——空气。矿物颗粒构成土的骨架,空气和水则填充孔隙。当孔隙完全被水充满时,称为饱和土;当孔隙完全被气体充满时,称为干土。饱和土和干土均属于二相体系。

1.2.1 土的固体颗粒

矿物颗粒是岩石经风化作用后形成的碎粒,粗大的土粒呈块状或粒状,细小的土粒呈片状或粉状。土粒的大小、形状和矿物成分及其组成,对土的物理力学性质有较大的影响。例如,土的颗粒由粗变细,可使土从无粘性变化到有粘性。因此,将不同粒径的土粒按适当的粒径范围分为若干粒组,使每个粒组范围内的土具有相似的工程性质,不同粒组之间具有不同的特性。这种划分粒组的分界尺寸称为界限粒径。

(1) 粒组的划分

按《土的分类标准》(GBJ145-90)的规定,把土划分为6个粒组,如表1.1所示,即漂石(块石)组、卵石(碎石)组、砾粒组(包括粗砾、中砾、细砾)、砂粒组(包括粗砂、中砂、细砂)、粉粒组、粘粒组。各组的界限粒径分别为200 mm、60 mm、2 mm、0.75 mm、0.005 mm。

表 1.1 土粒粒组的划分

粒组统称	粒组成分		粒径(d)的范围/mm
巨粒组	漂石(块石)组		$d > 200$
	卵石(碎石)组		$200 \geq d > 60$
粗粒组	砾粒(角砾)组	粗砾	$60 \geq d > 20$
		中砾	$20 \geq d > 5$
		细砾	$5 \geq d > 2$
	砂粒组	粗砂	$2 \geq d > 0.5$
		中砂	$0.5 \geq d > 0.25$
		细砂	$0.25 \geq d > 0.075$
细粒组	粉粒组		$0.075 \geq d > 0.005$
	粘粒组		$d \leq 0.005$

(2) 土的颗粒级配

对于土粒的大小及其组成情况,通常以土中各个粒组的相对含量(各粒组占土粒总量的百分数)来表示,称为土的颗粒级配。

土的颗粒级配是通过土的颗粒分析试验测定的。《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)中规定:对于粒径小于或等于60 mm、大于0.075 mm的土,可用筛析法测定;对于粒径小于0.075 mm的土,可用密度计法或移液管法测定。

1) 土的颗粒级配测定

这里只介绍筛析法,密度计法和移液管法详见《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)。

① 仪器设备

分析筛:粗筛孔径为 60 mm、40 mm、20 mm、5 mm、2 mm;细筛孔径为 2.0 mm、1.0 mm、0.5 mm、0.25 mm、0.075 mm。

天平:称量 5 000 g,最小分度值 1 g;称量 1 000 g,最小分度值 0.1 g;称量 200 g,最小分度值 0.01 g。

② 筛析法颗粒分析试验步骤

A. 按规定称取试样质量 m (g)。

B. 将试样过 2 mm 筛,分别称取筛上和筛下的试样质量。当筛下的试样质量小于试样总质量的 10% 时,不做细筛分析;当筛上的试样质量小于试样总质量的 10% 时,不做粗筛分析。

C. 取筛上试样倒入依次叠好的粗筛中,筛下的试样倒入依次叠好的细筛中进行筛析。细筛宜置于震筛机上震筛,震筛时间宜为 5 ~ 10 min。再按由上而下的顺序将各筛取下,称各级筛上及底盘内试样的质量,应准确至 0.1 g。

D. 小于某粒径的试样质量占总质量的百分比,应按下式计算:

$$X = \frac{m_A}{m_B} d_x \quad (1.1)$$

式中 X ——小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比, %;

m_A ——小于某粒径的试样质量, g;

m_B ——细筛分析时为所取的试样质量,粗筛分析时为试样总质量, g;

d_x ——粒径小于 2 mm 的试样质量占试样总质量的百分比, %。

2) 颗粒级配表达方式

① 表格法

表格表达方式常见于土工试验报告书,这对于根据粒度成分确定土的分类名称是很方便的。

② 颗粒级配曲线

以小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比为纵坐标,以粒径的对数为横坐标,在单对数坐标上绘制的反映颗粒大小分布的曲线(图 1.6),曲线 a 、 b 分别表示两种土样的颗粒级配曲线。

颗粒级配曲线能表示土的粒径范围和各粒组的含量。若级配曲线平缓,表示土中各种粒径的土粒都有,颗粒不均匀,级配良好;曲线陡峻,则表示土粒均匀,级配不良。级配良好的土较密实,级配不良的土密实性差。图 1.6 中曲线 b 较平缓,故土样 b 的级配要比土样 a 为好。

3) 级配指标

① 不均匀系数

不均匀系数按下式计算:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1.2)$$

式中 C_u ——不均匀系数;

d_{60} ——限制粒径,颗粒级配曲线上的某粒径,小于该粒径的土含量占总质量的 60%;

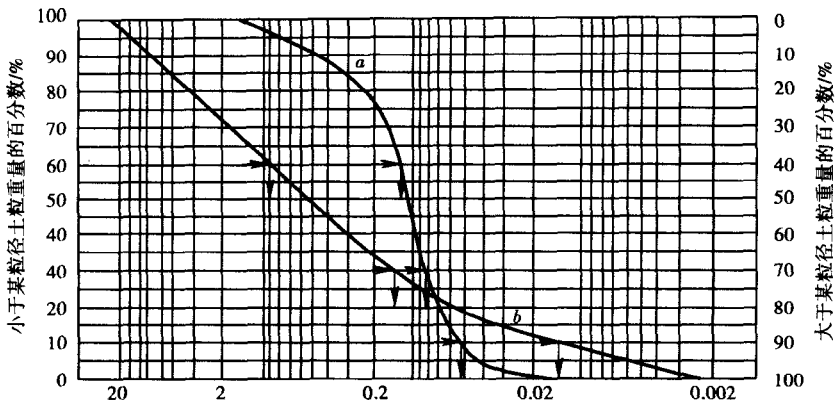


图 1.6 颗粒级配曲线

d_{10} ——有效粒径,颗粒级配曲线上的某粒径,小于该粒径的土含量占总质量的 10%。

不均匀系数 C_u 越大,曲线越平缓,土粒大小越不均匀。工程上把 $C_u < 5$ 的土视为均匀的土; $C_u > 10$ 的土视为不均匀的土,即级配良好,这种土作为填方或垫层材料时,易获得较大的密实度。

②曲率系数

曲率系数按下式计算:

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \quad (1.3)$$

式中 C_c ——曲率系数;

d_{30} ——颗粒级配曲线上的某粒径,小于该粒径的土含量占总质量的 30%。

曲率系数 C_c 描写的是累积曲线的分布范围,反映曲线的整体形状。一般地, $C_u \geq 5$, 且 $C_c = 1 \sim 3$ 的土称为级配良好的土。

(3)土的矿物组成

漂石、卵石、圆砾等较粗大土粒的矿物成分与原生矿物相同。砂粒大部分是原生矿物的单矿物颗粒,如石英、长石、云母。粉粒的矿物成分是多样的,主要是石英和 $MgCO_3$ 、 $CaCO_3$ 等难溶解的颗粒。粘粒几乎都是次生矿物及腐殖质,包括粘土矿物、氧化物和各种难溶盐。其中粘土矿物又分为 3 种:高岭土、伊利土和蒙脱土。高岭土是在酸性介质条件下形成的次生粘土矿物,遇水后膨胀性与可塑性较小;蒙脱土遇水后具有极大的膨胀性与可塑性;伊利土的性质介于高岭土与蒙脱土之间,比较接近蒙脱土。

1.2.2 土中水

水在土中存在的状态有液态水、气态水和固态水。水在土中的不同形式,对土的性质影响很大。

(1)液态水

液态水包括结合水和自由水。

1)结合水

结合水是指受电分子吸引力而吸附在土颗粒表面的水,随电场强度的变化,分为强结合水