

及程学工力基土

王晓天 姚熊亮 编
石德新 刘悦 审

哈尔滨工程大学出版社

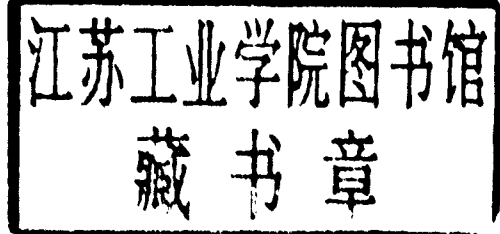
770.23

425333

81.1

土力学及基础工程

王晓天 姚熊亮 编
石德新 刘悦 审



哈尔滨工程大学出版社

内 容 提 要

本书内容包括:土的物理性质及分类、土中应力和地基变形、土的抗剪强度和地基承载力、土压力和土坡稳定、桩基础。本书各章内容理论性强,实用性广、且深入浅出,概念交待严密清晰,便于学生掌握要领,融会贯通,可作为高等院校海洋工程及土建类专业本科生教材,并可供工程技术人员参考。

土力学及基础工程

王晓天 姚熊亮 编

石德新 刘悦 审

责任编辑 田宝荣

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

新华书店经销

哈尔滨工程大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 7.625 字数 180 千字

1997 年 4 月第 1 版 1997 年 4 月第 1 次印刷

印数:1~1500 册

ISBN 7-81007-777-5
O·53 定价:9.10 元

前 言

土力学及基础工程课程的理论性和实践性均较强,它是海洋工程及土建类专业的一门重要的专业基础课。由于课程的实践性强,涉及范围广,加上研究对象土的多变性等特点,因此要通过一本书来解决各种问题是不可能的。

本书以阐明基本原理和基本概念为重点,尽量反映国内的新技术和新方法,并按学科的系统性和习惯性编写。

本书由哈尔滨工程大学王晓天(第一章、第五章)姚熊亮(第二章、第三章、第四章)编写,由哈尔滨工程大学石德新,中国船舶工业总公司刘悦审定。

由于编者水平所限,本教材不当之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

1996年7月

目 录

0 绪 论	(1)
0.1 土力学、地基及基础的概念	(1)
0.2 土力学及基础工程课程的特点和要求	(3)
0.3 土力学及基础工程学科发展简介	(3)
1 土的物理性质及分类	(5)
1.1 概 述	(5)
1.2 土的形成和组成	(5)
1.3 土的三相比例指标	(13)
1.4 无粘性土的密实度	(15)
1.5 粘性土的物理特征	(17)
1.6 地基土的分类	(20)
1.7 土的渗透性	(23)
2 土中应力和地基变形	(25)
2.1 概 述	(25)
2.2 自重应力计算	(25)
2.3 基础底面接触压力	(27)
2.4 空间问题的土中应力计算	(29)
2.5 平面问题的土中应力计算	(45)
2.6 土的压缩性	(49)
2.7 基础沉降计算	(55)
3 土的抗剪强度和地基承载力	(61)
3.1 概 述	(61)
3.2 土的抗剪强度	(62)
3.3 土的强度理论(极限平衡条件)	(65)
3.4 土的三轴压缩试验	(72)
3.5 地基的临界荷载——临塑荷载和塑性荷载	(75)
3.6 地基的极限承载力	(79)

4 土压力和土坡稳定	(88)
4.1 概 述	(88)
4.2 三种土压力	(89)
4.3 朗金土压力理论	(91)
4.4 库仑土压力理论	(97)
4.5 土坡的稳定性分析	(110)
5 桩基础	(117)
5.1 概 述	(117)
5.2 桩的类型	(117)
5.3 单桩承载力的确定	(120)
5.4 群桩承载力计算	(127)
参考文献	(132)

0 绪 论

0.1 土力学、地基及基础的概念

土是由固体的矿物颗粒和颗粒孔隙间的水、气组成。由于它形成的自然环境、历史条件和物质成分复杂多变,因此与其他建筑材料和连续介质(如钢材、钢筋混凝土等)相比,土有如下特征。

①土的固体颗粒之间是分散的,其间联结是无粘结或弱粘结的,因此它具有散粒性和孔隙性;

②颗粒间孔隙是连续的,因此土具有透水性;

③固体颗粒的联结强度比颗粒的本身强度小得多,因此土具有压缩性和土颗粒之间的相对可移动性。

土力学就是研究土的基本物理特性和在建筑荷载作用下的应力、应变、强度、稳定以及渗透等规律的力学特性。土力学是力学的一个分支,但由于其研究对象——土是散粒的集合体,它的力学性质与其他材料(如钢体、弹性体等)不同,因而还需用专门土工试验技术来研究土的物理力学特性。

土在地球表面分布极广,它与工程建筑的关系十分密切,建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担。受建筑物影响的那一部分地层称为地基,建筑物向地基传递荷载的下部结构就是基础(见图0-1)。

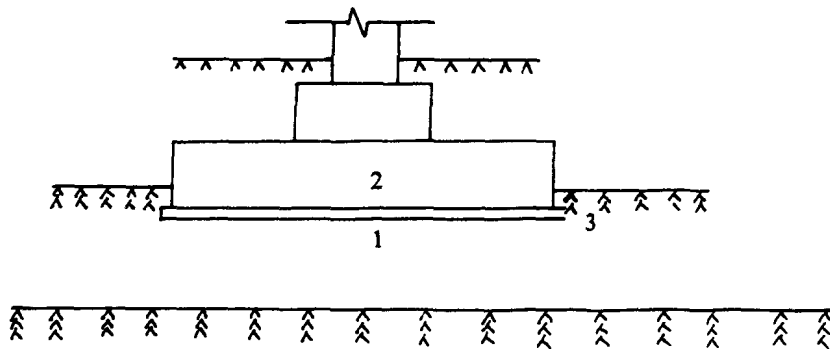


图 0-1

1-地基;2-基础;3-基底

建筑物的地基、基础和上部结构三部分,虽然各自的功能不同,研究方法各异,然而,对于一个建筑物来说,在荷载作用下,这三方面却是彼此联系、相互制约的整体。目前,要把三部分完全统一起来进行设计计算还有困难。但在处理地基基础问题时,只有从地基、基础和上部结构共同工作的整体概念出发,全面地加以考虑,才能收到比较理想的效果。

地基和基础是建筑物的根基,又属于地下隐蔽工程。它的勘探、设计和施工质量,直接

关系着建筑物的安全。实践证明,建筑物的事故很多与地基基础有关。而且,一旦发生地基基础事故,补救非常困难。例如,苏州名胜虎丘塔,共七层,高 47.5 米,底层直径 13.7 米,呈八角形,全为砖砌,在建筑艺术上是个创造,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 2.31 米。经勘探发现,该塔位于倾斜基岩上,覆盖层一边深 3.8 米,另一边为 5.8 米。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,造成不匀沉降,引起塔身倾斜,危及安全。

图 0-2 是 1913 年 10 月加拿大特朗斯康谷仓地基滑动破坏情况,该谷仓由 65 个圆柱形筒仓组成,高 31 米,底面长 59.4 米,宽 23.5 米,钢筋混凝土筏片基础厚 2 米。谷仓自重 2 万吨,当装谷子 27000 吨后,发现谷仓明显下沉,24 小时内西端下沉 8.8 米,东端上抬 1.5 米,整体倾斜 $26^{\circ}53'$ 。事后勘查发现地面 3 米以下为高塑性软粘土,谷仓单位面积压力超过 30 吨/米^2 ,而地基极限荷载为 25.1 吨/米^2 ,因此,造成地基强度破坏。基础底面以下一部分土体滑动,向侧面挤出,使西端地面隆起。为了处理这一事故,在地基中做了 70 多个支承于深 16 米基岩上的混凝土墩,使用 388 个 50 吨千斤顶和支撑系统,才把仓体逐渐纠正过来,但是谷仓位置却比原来降低了 4 米。

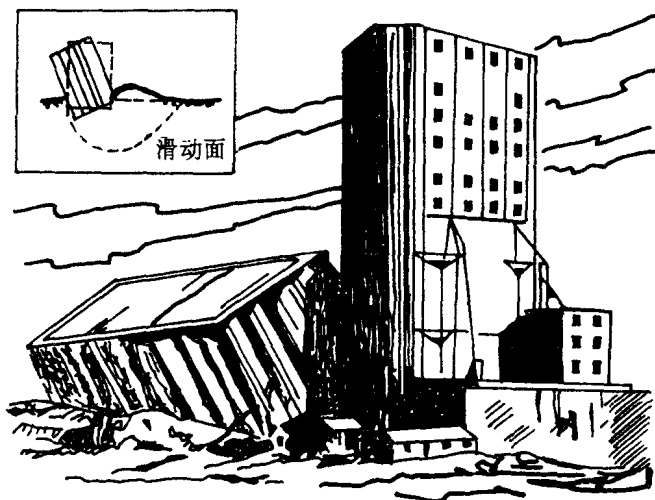


图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓倾斜示意图

上海展览馆于 1954 年建造。中央大厅上部为框架结构,重 1 万吨;箱形基础分两层,平面尺寸为 $46.5 \text{ 米} \times 46.5 \text{ 米}$,基础高度 7.27 米,总重约 1.05 万吨。大厅两翼为条形基础,采用沉降缝隔开。地基为深厚(约 14 米)的淤泥质软粘土层,建成后当年基础即下沉 60 厘米,目前大厅平均沉降达 160 厘米,由于大厅的较大沉降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。

海洋石油钻井平台,由于海底地基情况不明而发生的情况也很多。例如某一自升式钻井平台有三条桩腿为桁架结构。它在某海域钻井就位时,三条桩腿中有一条桩下有淤泥夹层。当进行预压载作业时,该桩腿突然下沉,失去承载力,从而使该桩腿严重损坏。平台产生严重倾斜,以致于不能继续钻井。类似事故很多,在此不一一列举。

为了保证建筑物安全和正常使用,在地基基础设计中必须满足以下两个技术条件。

①地基的变形条件包括建筑物的沉降量、沉降差、倾斜和局部倾斜都不能大于地基容许

变形值,以保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用。

②地基的强度条件要求地基所承受的荷载不超过地基的承载力,保证地基的稳定性,不发生滑动破坏,并要求有一定的安全储备。

0.2 土力学及基础工程课程的特点和要求

0.2.1 课程特点

土力学及基础工程是一门综合性很强的学科,它涉及的自然科学范围很广,除和弹塑性理论、流变理论和地下水动力学等邻近学科有密切关系外,还涉及地质学与土质学等。由于土介质的复杂性,现有土力学理论还难于模拟、概括天然土层在建筑物作用下所表现的各种力学性质的全貌。本课程只介绍土力学中最基本的理论,研究地基基础中常见的问题。

本课程的实践性和理论性均较强。由于地基土形成的自然历史条件各异,因而它们是千差万别的。不同地区的土有不同的特征,即使同一地区的土,在各种类型的建筑物下变化也有不同,而且在深度方向土的差异更大。因此,必须周密的调查研究建筑地区地基的形成历史,详细勘探建筑物下地基的层理构造,进行必不可少的取土样试验和分析研究。力戒千篇一律地不分地区机械地套用地质资料和地基基础设计。否则尽管采用严密的计算公式和精确的计算数据,所得结果仍难免与实际情况有不符的地方。

但是,地基土的工程特性并不是不可知的。只要我们注意调查,加强对土进行勘探测试,加强实践便可积累经验。这些经验系统化了,便成为规律性的经验。由于经验的积累和其他科学理论的借鉴、说明和补充规律性的经验,因此就形成了理论。因而土力学的理论从某种角度上讲正是前人长期实践经验的总结。

0.2.2 课程要求

通过本课程的学习,要求同学掌握下列几方面的知识。

1. 对土力学中专门术语,要理解它们的物理意义,要求熟练掌握由实验得来的三个物理指标计算其他物理指标的方法。了解土分类的依据,掌握各类土准确定名。
2. 掌握地基中三种应力的计算方法,学会常用的沉降计算方法。了解地基容许变形值的影响因素以及防止有害沉降的措施。
3. 掌握土的抗剪强度测定的试验方法和应用。掌握土的极限平衡的概念和条件,学会计算地基的临塑荷载、临界荷载、极限荷载和地基承载力。
4. 了解影响土压力大小的因素,掌握三种土压力产生的条件、计算方法和工程应用。掌握不同理论的原理、特点和计算方法。
5. 掌握桩基础承载力的计算和测量方法。

0.3 土力学及基础工程学科发展简介

由于生产的发展和生产的需要,人类很早就懂得利用土进行建设。我国西安半坡村新石器时代遗址,发现土台和石础,就是古代的地基基础。公元前2世纪修建的万里长城,随

后修建的南北大运河、黄河土堤以及宏伟的宫殿、寺院、宝塔都有坚固的地基基础,并经历地震强风考验留存至今。隋朝所修建的赵州石拱桥,把桥台砌筑在密实砂层上,基底压力约 $50\sim 60$ 吨/米²,1300 多年来沉降很小。

18 世纪产业革命后,城市建设、水利、道路的兴修推动了土力学的发展。1773 年法国库伦根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式和土压力理论。1857 年英国朗金通过不同假定,提出土压力理论。1885 年法国布辛奈斯克求得半无限弹性体在垂直集中力作用下的应力和变形的理论解答。1922 年瑞典费伦纽斯为解决铁路坍方研究出土坡稳定分析法。这些理论与方法至今仍在广泛应用。1925 年美国土力学家太沙基发表《土力学》专著使土力学成为一门独立的学科。自从 1936 年以来已召开了十届国际土力学和基础工程会议,提出大量论文、研究报告和技术资料。世界各地也都召开了类似的专业会,总结交流了该学科的研究成果。

建国以来,为适应我国社会主义建设的需要,土力学及基础工程在我国有了迅速的发展。全国各地有关生产、科研单位和高等学校总结实践经验开展现场测试和室内科学研究。自 1962 年全国第一届土力学及基础工程学术会议后于 1979 年召开第三届会议,出席会议的代表有 200 余人,发表论文就达三百多篇。

近年来,世界各国高土坝(高大于 200 米)、高层建筑、核电站等巨型工程的兴建和多次强烈地震的破坏,促进土力学进一步发展,积极研究土的本构关系,土的弹塑性理论与土的动力特性。同时研制成各种各样的勘探试验设备,如静力和动力触探仪,孔隙水压力仪、测斜仪、旁压仪、应用放射性同位素测土的理论指标,自动固结仪、大型三轴仪、振动三轴仪、流变仪等,为土力学研究提供了良好的条件。电子计算机的应用和实验测试技术自动化标志着本学科进入一个新时期。

1 土的物理性质及分类

1.1 概 述

土是连续坚固的岩石在风化作用下形成大小悬殊的颗粒,经过不同的搬运方式,在各种自然环境中生成的沉积物。

土的物质成分包括有作为土骨架的固态矿物颗粒、孔隙中的水及其溶解物质以及气体。因此,土是由颗粒(固相)、水(液相)和气(气相)所组成的三相体系。各种土的颗粒大小和矿物成分差别很大,土的三相间的数量比例也不尽相同,而且土粒与其周围的水发生了复杂的物理化学作用。所以,要研究土的性质就必须了解土的三相组成以及在天然状态下的结构和构造等外貌特征。

土的三相组成物质的性质、相对含量以及土的结构构造等各种因素,必然在土的轻重、松密、干湿、软硬等一系列物理性质和状态上有不同的反映。土的物理性质又在一定程度上决定了它的力学性质,所以物理性质是土的最基本的工程特性。

在处理地基基础问题和进行土力学计算时,不但要知道土的物理性质特征及变化规律从而了解各类土的特性,而且还要掌握表征土的物理性质的各种指标的测定方法和指标间的相互换算关系,并熟悉按土的有关特征和指标制订的地基土的分类方法。

本章主要介绍土的组成物质、结构构造和三相指标以及无粘性土、粘性土的物理特征和分类。

1.2 土的形成和组成

1.2.1 土的形成

土是由岩石经风化作用(包括物理风化、化学风化及生物风化),然后以不同的搬运方式,在不同的地点堆积下来的自然历史产物。风化、搬运和堆积这三者不是简单的相互衔接,而是在搬运和堆积过程中风化仍然在继续,并且它也并不是只经过一次的搬运和堆积,而往往是经过多次的搬运和堆积。这些过程的交错进行,使土具有了多种多样性。

岩石暴露在大气中,经受风、霜、雨、雪的侵蚀,动植物的破坏,地壳运动的压、挤,气温的变化,裂缝中积水层冰膨胀等作用,就逐渐由大块体崩解为较小的碎屑和颗粒,这一过程称为物理风化过程。岩石经物理风化作用形成的物质基本上仍保持原来岩石的成分,仅是量的变化。随后,这些碎屑和颗粒由于受到某种动力地质的作用(例如重力、水流、冰川或风力等等),它们可以由甲地搬运到乙地堆积起来。在搬运和堆积期间又受大气中某些气体,例如碳酸气(CO_2)、氧气(O_2),或动植物的腐蚀等等的化学及生物作用,使这些碎屑和颗粒分解为非常细小的颗粒状物质,这一过程称为化学及生物风化作用。这些经化学及生物风化作用的物质与原来的岩石的成份截然不同,使岩石产生质的变化。

实践经验表明:土的工程性质一方面取决于原始堆积条件,另一方面也取决于堆积以后的经历,如生成年代的长短,自然地理条件的变迁等,都可引起原始堆积物的成份或性质的某些改变。一般生成年代越长,上覆土层重量越大,土压得密实,由孔隙水中析出的化学胶结物也越多。因此,老土层比新土层的强度及变形模量要高,甚至由散粒体经过成岩作用又变成整体岩石,如砂土变成砂岩,粘土变成页岩等。

1.2.2 土的组成

土是由固体颗粒、孔隙水和气所组成的三相体系,它们各自的成分以及相互间的比例关系很大程度决定了土的力学性质。下面将分别介绍。

1. 土的固体颗粒(固相)

土的固体颗粒的大小和形状、矿物质成分及其组成情况是决定土的物理力学性质的重要因素。粗大土粒往往是岩石经物理风化作用形成的碎屑,或是岩石中未产生化学变化的矿物颗粒,如石英和长石等。而细小土粒主要是由化学风化作用形成的次生矿物和生成过程中混入的有机物质。粗大土粒其形状都呈块状或粒状,而细小土粒其形状主要呈片状。土粒组合情况就是大小土粒含量的相对数量关系。

1) 土的颗粒级配

表 1-1 土 粒 粒 组 的 划 分

粒 组 名 称	粒 径 范 围(毫米)	一 般 特 征
漂石或块石颗粒	>200	透水性很大,无粘性,无毛细水
卵石或碎石颗粒	200~20	
圆砾或角砾颗粒	粗 20~10	透水性大,无粘性,毛细水上升高度不超过粒径大小
	中 10~5	
	细 5~2	
砂 粒	粗 2~0.5	易透水,当混入云母等杂质时透水性减小,而压缩性增加;无粘性,遇水不膨胀,干燥时松散,毛细水上升高度不大,随粒径变小而增大
	中 0.5~0.25	
	细 0.25~0.1	
	极细 0.1~0.05	
粉 粒	粗 0.05~0.01	透水性小,湿时稍有粘性,遇水膨胀小,干时稍有收缩;毛细水上升高度较大较快,极易出现冰冻现象
	细 0.01~0.005	
粘 粒	<0.005	透水性很小,湿时有粘性、可塑性,遇水膨胀大,干时收缩显著;毛细水上升高度大,但速度较慢

注: 1. 漂石、卵石和圆砾颗粒均呈一定的磨圆形状(圆形或亚圆形)块石、碎石和角砾颗粒都带有棱角。

2. 粘粒或称粘土粒;粉粒或称粉土粒。

3. 粘土的粒径上限也有采用 0.002 毫米。

在自然界中存在的土,就是由大小不同的土粒组成的。土粒的粒径由粗到细逐渐变化时,土的性质相应地发生变化。例如,土的性质随着粒径的变细可由无粘性变化到有粘性变

化。因而,可以将土中各种不同粒径的土粒,按适当的粒径范围分为若干粒组,各个粒组随着分解尺寸的不同而呈现出一定质的变化。划分粒组的分界尺寸称为界限粒径。目前,土的粒组划分方法并不完全一致,表 1-1 提供的是一种常用的土粒组的划分方法,表中根据界限粒径(200、20、2、0.05 和 0.005 毫米)把土粒分为六大粒组:漂石(块石)颗粒、卵石(碎石)颗粒、圆砾(角砾)颗粒、砂粒、粉粒及粘粒。

土中土粒的大小及组成情况,通常以土中的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。对于粒径大于 0.1 毫米粗粒土可用筛分法确定。试验时将风干、分散的代表性土样通过一套孔径不同的标准筛(例如 2、1、0.5、0.25、0.1 毫米),称出留在各个筛子上的土重,即可求得各个粒组的相对含量。粒径小于 0.1 毫米的粉粒和粘粒难以筛分,一般可以根据在水中匀速下降时的速度与粒径的理论关系,用比重计法或移液管法(见土工试验有关书籍)测得颗粒级配。

根据颗粒分析试验结果,可以绘制如图 1-1 所示的颗粒级配累积曲线。其横坐标表示粒径。因为土粒粒径相差常在百倍、千倍以上,所以宜采用对数坐标表示。纵坐标则表示小于(或大于)某粒径的土重含量(或称累积百分含量),由曲线的坡度可以大致判断土的均匀程度。如曲线较陡,则表示粒径大小相差不多,土粒较均匀;反之,曲线平缓则表示粒径大小相当悬殊,土粒不均匀,即级配良好。

小于某粒径的土粒重量累计百分数为 10% 时,相应的粒径称为有效粒径 d_{10} 。当小于某粒径的土粒重量累计百分数为 60% 时,该粒径称为限定粒径 d_{60} 。 d_{60} 与 d_{10} 之比值反映颗粒级配的不均匀程度,所以叫做不均匀系数 k_u (见图 1-1)所示。

$$k_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

表 1-2 土样的粒径级配

粒 组 (毫米)	以重量表示的颗粒含量(%)		
	土样 a	土样 b	土样 c
>10	6.5	—	—
10~5	8.6	2.0	—
5~2	16.4	2.4	—
2~0.5	30.4	10.7	3.2
0.5~0.25	15.7	31.9	4.8
0.25~0.1	14.1	38.2	13.5
0.1~0.05	4.6	6.9	12.2
0.05~0.01	3.7	5.9	30.3
0.01~0.005	—	2.0	10.0
<0.005	—	—	25.9
合 计	100.0	100.0	100.0

k_u 愈大,土粒愈不均匀(从曲线形状看也越平缓),作为填方工程的土粒时,则比较容易获得比较小的孔隙比。工程上把 $k_u < 5$ 的土看作是均匀的; $k_u > 10$ 的土则是不均匀的。即

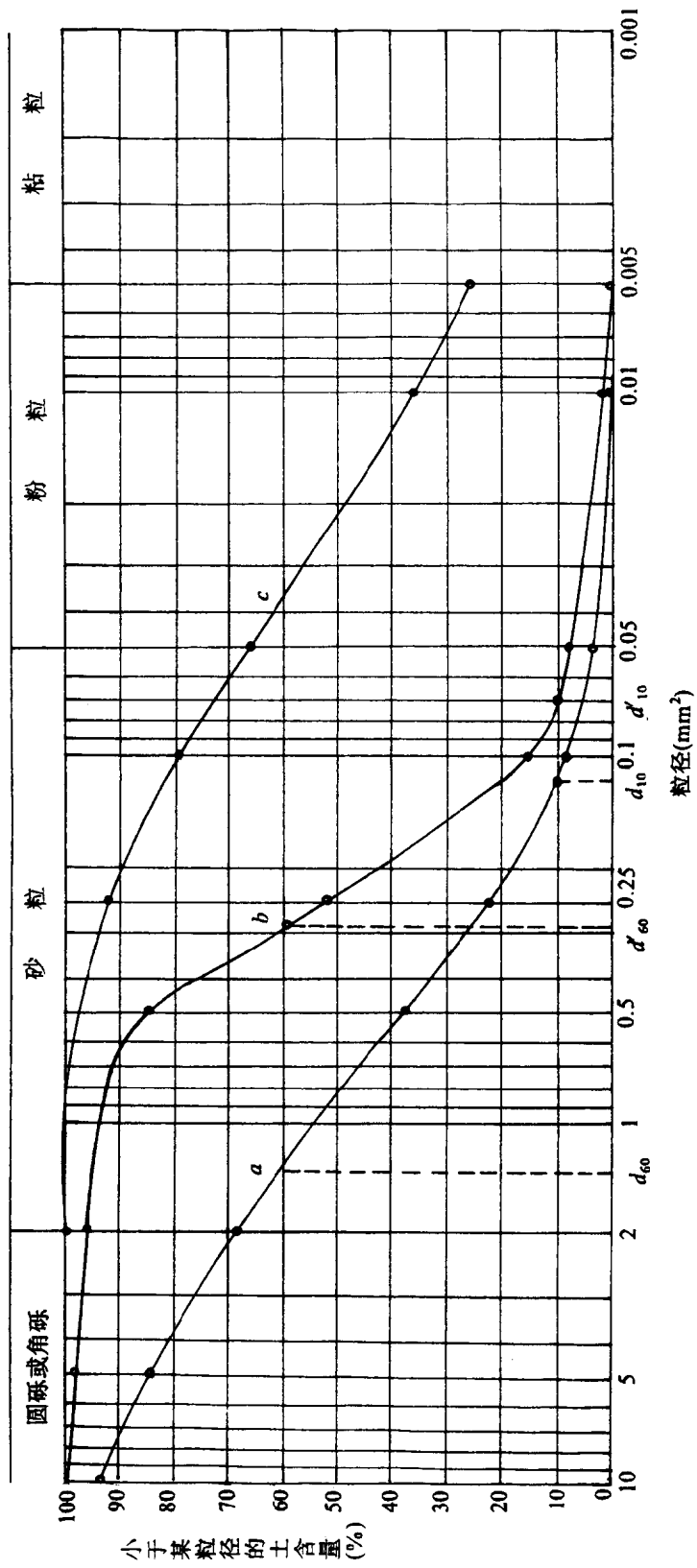


图 1 - 1 颗粒级配曲线示例

级配良好的。

图 1-1 所示曲线 a , 其 $k_u = \frac{1.46}{0.115} = 12.7 > 10$, 土粒级配良好。曲线 b , 其 $k_u = \frac{0.07}{0.29} = 4.1 < 5$, 土粒均匀级配不好。

颗粒级配在一定程度上可以反映土的某些性质(例如透水性等)。

2) 土的结构和构造

(1) 土的结构

土粒和土粒集合体的大小、形状, 相互排列与联结等综合特征称为土的结构, 土的结构常对土的工程性质带来重大的影响。结构不同土的物理力学性质是有很大差别的。土的结构基本形式有下列三种: 单粒结构、蜂窝结构、絮状结构。

① 单粒结构

单粒结构是由粗大土粒在水或空气中下沉而形成的。全部由砂粒或更粗土粒组成的土都具有单粒结构, 因其颗粒较大, 土粒间的分子吸引力相对很小, 所以颗粒间几乎没有联结。至于未充满孔隙的水份只可能使其具有微弱的毛细水联结。单粒结构可以是疏松的。也可以是紧密的, 见图 1-2。

呈紧密状单粒结构的土, 由于其土粒排列较紧密、在动、静荷载作用下都不会产生较大的沉降, 所以, 强度较大, 压缩性较小, 是较为良好的天然地基。

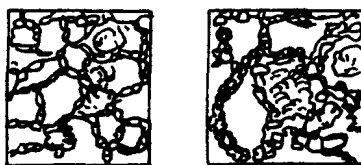
具有疏松单粒结构的土, 其骨架是不稳定的, 当受到震动或其他外力作用时, 土粒易于发生移动, 土中孔隙剧烈减少, 引起土的很大变形。因此, 这种土层未经处理, 一般不宜作为建筑物的地基。

② 蜂窝结构

蜂窝结构多为颗粒细小粘性土所具有的结构形式。这种土粒在水中下沉时, 由于其颗粒细、重量轻, 这时如两土粒间接触点处的分子引力大于下沉土粒的重量, 土粒被吸引, 就不再下沉, 而处于不稳定的位置。如此继续下去, 便形成疏松的蜂窝状结构, 如图 1-3(a) 所示。



图 1-2 土的单粒结构



(a)

(b)

图 1-3 土的蜂窝结构和絮状结构

蜂窝结构的土中单个孔隙体积一般远大于土粒本身的尺寸, 孔隙总体积也较大, 如沉积后没有受过比较大的上覆压力, 则在建筑物的荷载作用下, 可产生较大沉降。

③ 絮状结构

絮状结构是颗粒最细小的粘性土所特有的结构形式。最细小的土粒分散在水中形成胶体悬浮液后, 便会发生分子热运动, 因为此时土粒带有同号电荷彼此之间不能相互碰撞, 因

此,不能结成粒团下沉,只有在悬液中加入电解质后,运动着的土粒才会彼此碰撞,并凝聚成絮状粒团而下沉,形成更不稳定的复杂的絮状结构,如图 1-3(b)所示。这种结构常在海相沉积土层中见到。

在天然情况下,任何一种土类的骨架,都由大小不同的土粒组成。所以,土的结构并不像土的基本结构那样简单,而常是上述各种结构混合起来的复合型式。

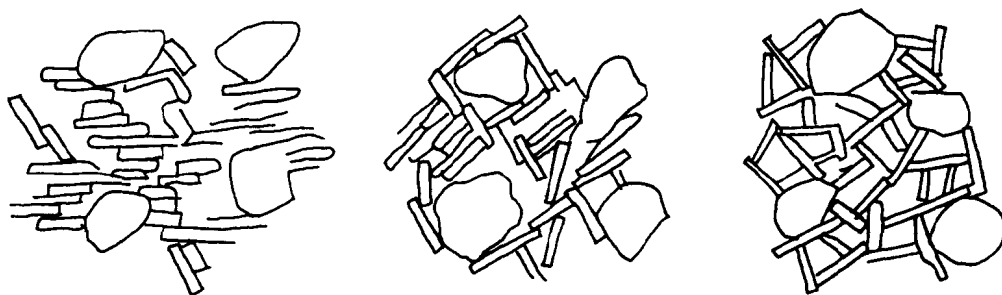


图 1-4 理想化的粘土结构

粘性土的结构与土的性质有着密切的关系。当土的原有结构遭到扰动或破坏时,不仅改变了土粒的排列情况,而且也使土粒间原有的联结遭到不同程度的破坏。结构受到扰动的土压缩性一般较大,强度亦降低。土的性质随着结构的改变而发生变化的特性,称为土的结构性。因此,对具有明显结构性的土要注意土的结构避免扰动破坏,保持天然结构的原来状态就显得相当重要了。

(2) 土的构造

在同一土层中的物质成份和颗粒大小等都相近的各部分之间的相互关系的特征称为土的构造,土的构造大致可分为层状和非层状两大类。

① 层状构造

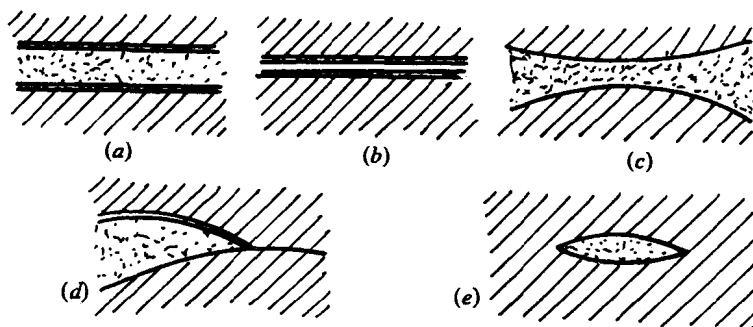


图 1-5 土层状构造的形状

(a)正常; (b)夹层; (c)变薄; (d)尖灭; (e)透镜体

土的层状构造是指土粒在沉积过程中,由于不同的地质作用,相同物质成分和颗粒大小的土在水平方向沉积形成一定厚度,呈现成层特征。沉积岩的层状构造,由于沉积时条件的变化,其形状可分为正常、夹层、变薄、尖灭、透镜体等五种不同的形态,如图 1-5 所示。松散、软弱或不均匀的夹层,可能使建筑物产生不均匀沉降,必须引起足够注意。

② 非层状构造

土的非层状构造有两种主要类型。一种是分散构造,土中各部分的土粒组合无明显差别,分布均匀,各部分的性质相近,分散构造的土比较接近理想的各向同性体;另一种是裂缝状构造,土体为许多不连续的小裂隙所分割,裂隙中往往充填盐类沉淀,破坏土的整体性。裂隙面是土中的软弱结构面,沿裂隙面的抗剪强度很低,渗透性很高,浸水后裂缝张开或溶解盐类,破坏土的结构,造成湿陷和结构强度的降低,使工程性质变坏,不少坚硬与硬塑状态的粘土具有此种构造。

此外,在研究土体结构时,还应注意土中是否有包裹物(如贝壳、结构体等)和孔洞的存在,这都是土体不均匀性的表现。

2. 土中的水(液相)

在天然土中经常含有一定数量水分,它可以处于各种不同的状态。土中细颗粒愈多,土的分散度愈大,表面作用水对土的性质影响也愈大。例如,含水很大的粘性土要比较干的粘土软很多,特别是含有大量粒和胶粒的粘土,水对其性质的影响更显著;而对砂卵石由于无表面作用,土中水对其力学性质几乎不发生影响。可以认为,在上述不同的土中,由于水处于不同形态而导致土的性质差异。

土中水可以简略分成以下四种形态:固态、冰气态的水蒸气、液态的水和矿物颗粒晶格中的结晶水。

水蒸汽一般对土的性质影响不大。结晶水是土中固体颗粒的组成部分,不能自由移动,只有在高温(大于 105°C)下才能脱离晶格,结晶水对土的性质影响是通过矿物颗粒表现的,不需单独讨论。

当土中温度在冰点以下时,土中就出现固态水,它的冰夹层、冰透镜体或粒状冰晶的形态存在于土中,形成所谓“冻土”。土中存在固态水时,强度增大,但冻土融化后,强度急剧下降。

液态水可分为结合水和自由水两大类。

1) 结合水

这部分是借土粒的带电分子引力吸附在土粒表面上的水,它对土的工程性质影响极大。正如前述土粒表面带有负电,并在其周围的空间形成电场,将土粒周围介质中的极性水分子中游离阳离子吸附于表面,从而形成结合水膜(如图 1-5)。结合水又可分为强结合水和弱结合水两类。

(1) 强结合水(吸附水)

这一部分水直接靠近土粒表面,受到的吸附极大,可达 1000 个大气压;厚度不大,约为几个水分子层或更多一些,视土粒表面部位不同而异,这种水的密度比普通水高一倍左右,可以抗剪,不能传递水压力,受压时不移动,具有极大粘滞性和弹性。即使在温度为 -78°C 的时候也不冻结,但在 $100^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ 温度下烘烤,可使这部分水化为水汽,从土中排除,因为土粒可以从潮湿的空气中吸收这种水,所以也叫吸附水或吸着水。粘土仅含吸着水时表现为固体状态。砂土也可能有很少一点吸着水(约占干重的 $2 \sim 3\%$),仅含吸着水的砂土呈散粒状。

(2) 弱结合水(扩散层水)

这部分水离土颗粒表面已有一定距离,吸附作用要次于强结合水,是结合水膜中除强结合水以外的水,它们占水膜的绝大部分。由于受到的吸力较小,弱结合水的密度在 $1 \sim 1.7$