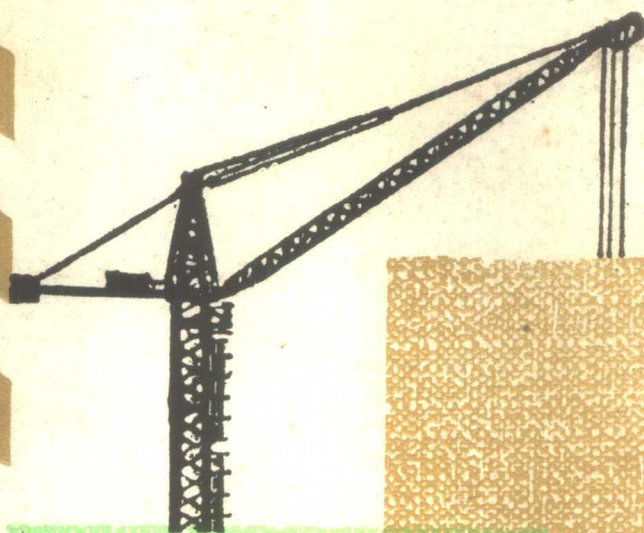


能源出版社



地基与基础

中等专业学校试用教材

郭顺强 主编

周汉荣 审

中等专业学校试用教材

地基与基础

郭顺强 主编
周汉荣 审

能源出版社
一九八八年

简 介

全书共八章，分别介绍了土力学的基本原理、地基基础设计与施工的有关知识。其主要内容为：土的物理性质及工程分类、地基的应力和变形、土的抗剪强度和地基承载力、土压力和土坡稳定、工程地质勘探、浅基础的设计、桩基础、特殊土地基及地基处理等。

本书是以即将颁布执行的新国家标准为依据采用国际单位制编写的建筑类中等专业学校成套试用教材之一。也可作为基层施工技术员（工长）岗位职务培训的教材或参考书，并可供工程技术人员和管理人员参考。

中等专业学校试用教材

地 基 与 基 础

郭顺强 主编

周汉荣 审

能源出版社出版 北京新华书店首都发行所发行

北京房山先锋印刷厂印刷

787×1092 1/16开 20.38印张 326千字

1988年8月第一版 1989年5月第2次印刷

印数：10,001—20,000册

ISBN7—80018—065—4/TU·5 定价：8.40元

前 言

为了适应建筑业的改革和发展,培养更加符合建筑施工企业需要的中等技术和管理人才,中国建筑工程总公司教育办公室组织编写了“建筑施工与管理”、“工业与民用建筑”专业主要专业课通用教材。《地基与基础》是其中之一。

本教材是根据即将颁布的《地基与基础设计规范》(报批稿87、8,)编写的。着重介绍新规范关于地基与基础的设计理论和方法,并全部采用新规范指定的名词、术语、符号。书中全部采用法定计量单位。

如果新设计规范正式颁布后,本教材内容与其有不一致的地方,应以新规范为准。

本书由中国建筑第五工程局郭顺强主编。

本书由湖南大学周汉荣审定。

参加本书编写工作的有,中国建筑第五工程局郭顺强(绪论、第一章、第四章、第八章),马湘宁(第二章、第三章),湖南省建筑工程学校易琼华(第五章),刘建新(第六章),长沙铁道学院刘杰平(第七章)。

中国建筑第五工程局郝庆祖、刘锡军也做了不少有益的工作,在此表示感谢。

由于编者水平所限,本教材不当和错误之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

1987年11月

绪论

一、地质作用、地质年代和地质学的概念·····	(1)
二、土力学、地基及基础的概念·····	(1)
三、地基与基础在建筑工程中的重要性·····	(2)
四、本课程的内容、特点和学习要求·····	(5)
五、本学科的发展简况·····	(5)
复习思考题·····	(6)

第一章 土的物理性质及工程分类····· (7)

第一节 土的成因与结构构造·····	(7)
第二节 土的三相组成·····	(8)
第三节 土的物理性质指标·····	(14)
第四节 土的物理状态指标·····	(19)
第五节 土的工程分类·····	(22)
复习思考题·····	(25)
习题·····	(25)

第二章 地基应力与沉降计算····· (27)

第一节 土的常驻应力·····	(27)
第三节 地基附加应力·····	(29)
第三节 土的压缩性·····	(39)
第四节 地基的最终沉降量·····	(44)
复习思考题·····	(54)
习题·····	(54)

第三章 土的抗剪强度与浅基础地基的承载力····· (56)

第一节 土的抗剪强度·····	(56)
第二节 土的极限平衡理论·····	(57)
第三节 抗剪强度指标的测定·····	(60)
年第四节 浅基础的临界荷载·····	(62)
第五节 地基的极限荷载·····	(66)
复习思考题·····	(66)
习题·····	(67)

第四章 土坡稳定和挡土墙····· (68)

第一节 概述·····	(68)
第二节 土坡稳定·····	(68)
第三节 挡土墙的土压力计算·····	(74)
第四节 挡土墙设计·····	(90)

复习思考题	(96)
习题	(97)
第五章 工程地质勘察	(98)
第一节 工程地质勘察的任务和内容	(98)
第二节 勘察工作的布置	(99)
第三节 勘探方法及测试	(101)
第四节 土的野外鉴别	(106)
第五节 工程地质勘察报告书	(108)
第六节 验槽	(114)
复习思考题	(115)
第六章 天然地基上浅基础的设计	(116)
第一节 概述	(116)
第二节 浅基础的类型和材料	(117)
第三节 基础的埋置深度	(120)
第四节 地基基础的设计原则	(123)
第五节 地基承载力的确定	(125)
第六节 基础底面尺寸的确定	(129)
第七节 基础剖面尺寸的确定	(136)
复习思考题	(147)
习题	(147)
第七章 桩基础与深基础	(149)
第一节 概述	(149)
第二节 桩及桩基础的分类	(149)
第三节 桩的承载力	(152)
第四节 桩基础设计	(159)
第五节 深基础简介	(163)
复习思考题	(166)
习题	(167)
第八章 特殊土地基及地基处理	(168)
第一节 软弱土地基	(168)
第二节 湿陷性黄土地基	(174)
第三节 膨胀土地基	(178)
第四节 冻土地基	(185)
第五节 红粘土地基	(186)
第六节 地基处理	(187)
第七节 托换工程	(203)
复习思考题	(205)
习题	(206)
附录	(206)

计量单位及换算表	(206)
主要符号及单位	(210)

绪 论

一、地质作用、地质年代和地质学的概念

地壳的一般厚度为30—80 km，它的物质、形态和内部构造是在不断地改造和演变的。导致地壳成分变化和构造变化的作用，就称为地质作用。根据地质作用的能量来源不同，可分为内力地质作用和外力地质作用。

一般认为，内力地质作用是由于地球自转产生的旋转能和放射性元素蜕变产生的热能等引起地壳物质成分、内部构造以及地表形态发生变化的地质作用。它表现为岩浆活动、地壳运动（构造运动）和变质作用。

外力地质作用是由于太阳幅射能和地球重力位能所引起的地质作用，它包括气温变化、雨雪、山洪、河流、湖泊、海洋、冰川、风、生物等，对地壳不断地进行刻凿，使地表形态发生变化。

地质年代是指地壳发展历史与地壳运动、沉积环境及生物演化相应的时代段落。地球形成至今大约有60亿年的历史了，在这漫长的地质年代里，地壳经历了一系列复杂的演变过程，形成了各种类型的地质构造和地貌以及复杂多样的岩石和土。根据地质构造和地貌对建筑场地进行稳定性评价，以及当按岩石和土的性质对地基强度和变形进行评价时，都要用到地质年代的知识。一般说来，新构造运动（近2500万年以来，即包括晚第三纪和第四纪所发生的地壳运动）明显的地区，要认真研究场地的稳定性问题。早期沉积的土，其强度较高，可缩性较低。

在地质学中，根据地层对比和古生物学方法把地质相对年代划分为五大代（如距今7000万年以来为第五代——新生代），每代又分为若干纪，每纪又细分为若干世及期。与地质年代的代、纪、世、期相应的地层单位划分为界、系、统、层。

地质学主要是研究地壳的物质组成、构造变动及地壳的发展历史，并服务于生产实践的科学。工程地质学则是地质学的一个分支，是随着地质科学的发展和生产建设的需要，逐渐形成和发展起来的一门独立的学科，是研究与工程设计和施工有关的地质问题的科学。工程地质学广泛应用于房屋建筑、水利电力、交通以及国防等各项工程建设。因此，土木工程技术人员对地质学，尤其是工程地质学应当有所了解。

二、土力学、地基及基础的概念

土在地球表面分布极广，它与工程建筑的关系十分密切。在工程建设中，土被广泛用作各种建筑物或构筑物的地基或材料。

由于土是由固体矿物颗粒、孔隙水和空气所组成的散粒堆积物，因此土具有与其它连续介质不同的碎散性、压缩性、土颗粒之间相对移动性和透水性。

土力学就是研究土的基本物理特性和在建筑物荷载作用下的应力、应变、强度、稳定以及渗透等规律的科学。土力学是力学的一个分支，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（如刚体、弹性体等）不同，因而还需用专门的土工试验技术来研究土的物理力学特性。

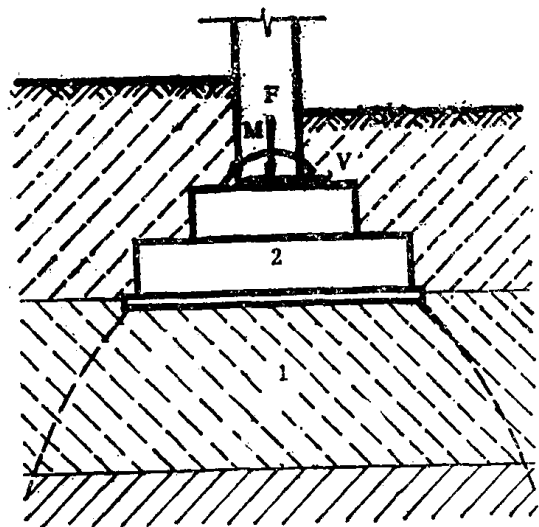


图0-1 地基与基础示意图

1—地基； 2—基础

建筑物的全部荷载都由它下面的土（工程上将岩石也广义地称之为土）来承担。受建筑物影响的那一部分土称为地基；建筑物向地基传递荷载的下部结构就是基础（如图0-1所示）。

基础一般位于地面以下，根据埋置深度不同，可分为浅基础和深基础。

未经加固处理，直接支承基础的地基，称为天然地基。多数房屋的地基都可以采用天然地基。若地基土层较软弱，建筑物的荷重又较大，地基的承载力和变形都不能满足设计要求时，对地基要求进行人工加固处理，这种地基称为人工地基。

进行地基与基础设计时，要综合考虑地基、基础和上部结构三者的相互联系。基础

结构本身与上部结构一样，应满足强度和刚度的要求。地基设计时，也应满足两个基本要求：

- 1、作用于地基上的基底压力不超过地基的承载力，即满足地基的强度和稳定性要求；
- 2、由于建筑物荷载引起地基的变形应不大于地基的容许变形值。

同一建筑物，满足设计要求的地基基础方案往往不止一个。一个成功的基础工程设计就在于能应用土力学的基础理论，结合地基土和上部结构的具体条件，通过经济、技术比较，合理地进行设计，从而选择安全可靠、经济合理、技术先进和施工简便的方案。

三、地基与基础在建筑工程中的重要性

地基基础工程是整个工程建设的重要组成部分，地基的好坏和基础工程的质量关系到建筑物的安全和正常使用。尤其是深基础工程，它的造价、工期和劳动消耗量在整个工程建设中所占的比重很大。我国一般多层建筑总造价中，地基基础工程约占四分之一，在复杂地质条件下，它的造价还远不止于此。通常情况下，在多层、高层建筑施工中，地基基础工程的工期要占总工期的30%以上。另外，地基和基础在地面以下系隐蔽工程，一旦发生地基基础的质量事故，又较难挽救处理，因而更加显得其重要。随着高层建筑和高耸构筑物的兴起，对地基基础的设计和施工都提出更高的要求。

随着地基基础设计与施工经验的不断丰富和地基基础理论研究的不断发展，世界各国都进行了大量地基基础的成功设计与施工。如1889年由法国“万能工程师”埃菲尔设计的巴黎铁塔的基础，支承着荷载一亿多牛顿、高300多米的塔身已一个世纪，使铁塔

成为巴黎的标志，并使之在世界上号称最高建筑物达42年之久。日本东京铁塔，总高333m，工程共用钢材4000万吨。为了确保铁塔的抗震性能，在四只塔脚的每一个基础上分别设计了8根钢筋混凝土桩，每根桩都深至地下20m处的基岩上，并且用20根直径为50mm的钢筋将每只塔脚对角连结起来构成牢固的塔脚基础。这样一来，铁塔的结构安全得到了充分保证。

世界上屈指可数的超高层建筑，如美国芝加哥大楼（110层、高443m）、英国利物浦大楼（139层，高550m）以及世界上最高的由土壤承载的建筑——美国休斯敦市商业大楼（总高度305m）等建筑都较成功地进行了基础设计和处理。如美国休斯敦城区的表层土属于有裂隙的膨胀土，在地面下7—30m有一层比较致密的超固结的粉质粘土和粘土，在它下面又是正常固结的粘土，而岩层则埋藏很深。休斯敦商业大楼则建立在平面为65.5m见方（大楼平面为48.8m见方）、厚度约为3m的普通钢筋混凝土筏式基础上。通过6年以上的实测结果表明，在休斯敦这种很厚的冲积土上，建筑物中心的总沉降量为110—150mm，周边的沉降量为25—50mm。虽然这样的沉降量可观，但竣工后各部分之间的沉降差则很小。可见采用这种基础方案还是很成功的。

我国在解放后进行了大规模的工程建设，成功地处理了许多大型的基础工程。例如，中国历史博物馆，利用人工加固处理旧护城河河床，既达到了建筑的高质量又缩短了工期。又如广州白云宾馆，高33层，总质量近10万吨，采用钻孔灌注桩和直径2m多的钢筋混凝土墩基础，该建筑物建成后，其沉降量不超过4mm。新建成的上海希尔顿饭店（共43层，高143m），根据上海地区的地质情况，采用桩基础，塔楼下打钢管桩，桩径609mm，钢管壁厚12mm，桩深45m，桩承台为3m厚的普通钢筋混凝土。像这种深的钢管桩基础方案，在上海地区的重大建筑中已多次采用，使用效果较好。在深圳、广州、北京和长沙等地的一批高层建筑（如深圳国际贸易大厦、北京图书馆和京广大厦等）的深基础工程，采用大直径挖孔灌注桩方案，取得了令人满意的效果。这种桩，直径为1.0—3.2m，深度目前国内可达30m左右，支承在岩石上时，单桩承载力可达到70,000kN以上，而且工程费用较低，很有发展前途。

可是，并不是每一个基础工程设计都能成功。许多建筑工程质量事故往往发生在地基基础问题上。

意大利比萨斜塔，自1137年动工修建，当塔建筑至24m高时发生倾斜，限于当时技术水平，不知其原因而停工。一百年以后续建至塔顶，高约55m。塔北侧沉降1m多，南侧下沉近3m，沉降差达1.8m（倾角 5.8° ）。1932年曾于塔基灌注了1000t水泥，也未解决问题。近年来，该塔每年下沉约1mm，已成为世界上最著名的基础工程难题。意大利的专门委员会已向国际招标加固。

我国苏州市虎丘塔落成于公元961年，七层高47.5m。塔平面呈八角形，由外壁、回廊与塔心组成。塔身全部砖砌，外型模仿楼阁式木塔。塔身已严重倾斜、开裂。近年塔身倾斜加剧，塔顶离中心线2.31m。其主要原因是地基中高压缩性土层分布不均匀，致使产生很大的不均匀沉降而严重倾斜。

加拿大特朗斯康谷仓，由于地基强度破坏而发生整体滑动，是建筑物地基丧失稳定的典型例子，如图0-2所示。该谷仓由65个圆柱形筒仓组成，长59.4m，宽23.5m，高31.0m，钢筋混凝土片筏基础，厚为2m，埋置深度3.6m。谷仓于1913年秋建成，10月

初次贮存谷物2.7万吨时,发现谷仓明显下沉,谷仓西端下沉8.8 m,东端上抬1.5m。最

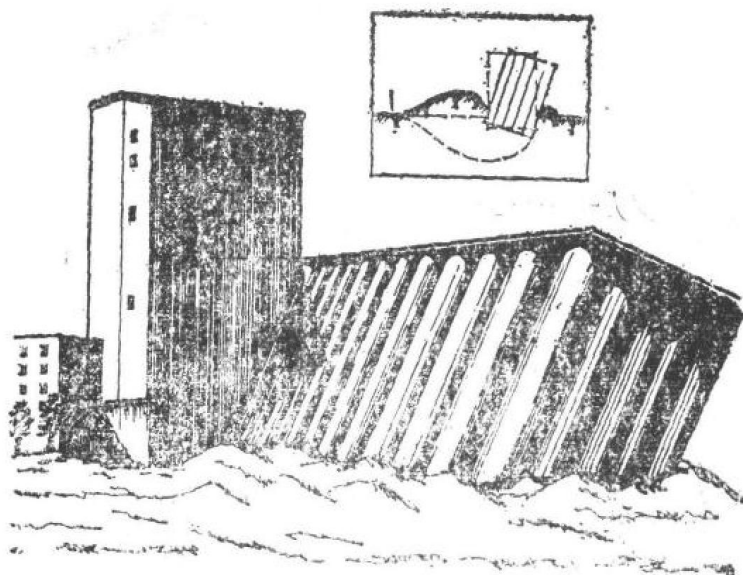


图0-2 加拿大特朗斯康谷仓倾斜示意图

后,整个谷仓倾斜近 27° 。由于谷仓整体刚度较强,在地基破坏后,筒仓完整,无明显裂缘。事后勘查了解,基础下埋藏有厚达16m的高塑性淤泥质软粘土层。谷仓加载使基础底面上的平均荷载达到330kPa时,超过了地基的极限承载能力(280kPa),因而发生地基强度破坏而整体滑动。为修复谷仓,在基础下设置了70多个支承于深16m以下基岩上的混凝土墩,使用388个500kN的千斤顶,逐渐把谷仓纠正过来。修复后标高比原来降低了4m,这在地基事故处理中是个奇迹,但费用却十分昂贵。

图0-3所示为巴西一幢十一层大厦倒塌时严重倾斜的情况。该大厦平面为 $29 \times 12\text{m}$,支承在99根21 m长的钢筋混凝土桩上。1958年初当大厦建成时发现有明显沉降,还未来

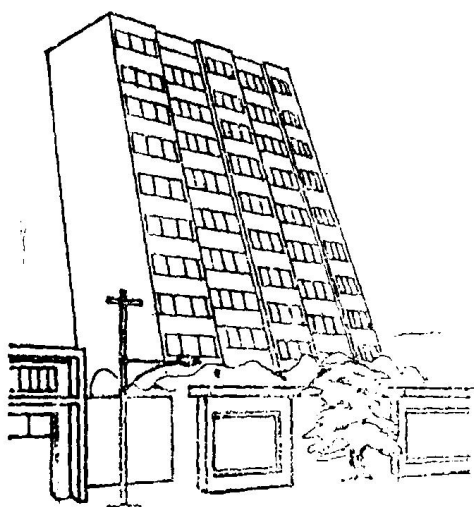


图0-3 巴西十一层大厦倾斜示意图

得及采取加固措施,于1月30日晨大厦的沉降速度已达每小时4mm,到晚上8小时,仅20秒钟,整个大厦倒塌下去,平躺在地上。经调查,大厦地基为较厚的软弱粘土和泥炭层,21 m桩长未能打到较好的持力层,由于地基承载力不足而发生灾难性的破坏。

我国上海工业展览馆于1954年建造。中央大厅上部为框架结构,质量约1万吨、箱形基础分两层,平面尺寸为 $45 \times 45\text{m}$,基础高度为7.27m,总质量约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14m)的淤泥质软粘土层。建成后,当年基础即下沉0.6m,目前大厅平均沉降达1.6m。墙面因不均匀沉降而产生较大的裂缝,进厅台阶也错裂。

由上述实例可知,基础是建筑物的一个重要组成部分,地基的好坏也直接影响整个

建筑物的安全。地基基础的勘察、设计与施工在整个工程建设中占有举足轻重的地位。

四、本课程的内容、特点和学习要求

本课程按其内容不同,可划分为土力学基本理论和基础工程设计与施工两大部分,共八章。前者主要叙述土的物理性质及地基土的分类、土的应力与变形、土的抗剪强度与地基土的承载力以及作用在挡土墙上的土压力和土坡稳定;后者则叙述地基勘察、地基基础的设计计算、特殊土地基及人工地基等。

这是综合性很强的一门课程,它涉及工程地质学、土力学、建筑结构和施工技术等几个学科领域。在学习本课程时,要学会使用地质勘察报告资料,掌握土的应力、变形和强度等土力学基本原理,并应用这些基本知识和原理,结合建筑结构和施工技术等知识,解决地基基础工程设计和施工问题。

由于土不同于其他材料,它的物理和力学性质以及它受荷后应力和变形的复杂性,使得目前的土力学计算理论还做不到与实际完全吻合,因此,在学习本课程时,要注意每一理论的适用范围和条件,要学会从实际出发去分析和解决问题。另外,应当以掌握基本理论和概念为重点,并辅以完成一定数量的习题。通过分析典型例题和完成习题,进而加深对基本理论和概念的理解。

五、本学科的发展简况

地基与基础是一门古老的工程技术,又是一门新兴的应用学科。人类早在史前的建筑活动中,就已创造了自己的地基基础工艺。我国西安半坡村新石器时代的遗址,发现土台和石础,就是古代的地基基础。举世闻名的长城,大运河,宏伟壮丽的宫殿和寺院,遍布各地的巍巍高塔,以及历代修建的无数建筑物都出色地体现了我国古代劳动人民在地基基础工程方面的高度水平。

作为本学科理论基础的土力学,始于18世纪工业革命兴起的欧洲。由于当时大规模的工厂建筑、城市建设和水利、铁路、桥梁兴建中所遇到的大量与土有关的力学问题,以及随着这些问题的解决,土力学的理论才开始产生并逐渐发展。1773年,法国的库伦(Coulomb)根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式和计算挡土墙土压力的滑楔理论。1857年英国的朗金(Rankine)又从不同途径提出了挡土墙土压力理论。1885年法国布辛奈斯克(Boussinesq)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(Fellenius)为解决铁路坍方研究出土坡稳定分析法。这些理论和方法至今仍在广泛应用。直至1925年美国土力学家太沙基(Terzaghi)发表《土力学》专著,才使土力学成为一门独立的学科。从1936年至1985年已召开了11次国际土力学与基础工程学术会议,各国代表提交了大量论文和研究报告。世界各国地区性的专业会议以及许多国家定期出版的岩土工程杂志刊物,也在不断总结交流本学科的研究成果,对本学科的发展起了推进作用。

建国30多年来,我国土木工程学会分别于1958年、1962年、1979年、1983年及1987年召开过五届土力学及基础工程学术会议,并成立了土力学及基础工程学会,建立了许

多地基基础专业的研究机构、施工队伍和土工试验室，培养了大量的地基基础专业人才。我国学者对土力学理论亦作出了重大贡献。早在50年代，黄文熙教授提出了非均质地基的应力分布和考虑侧向变形的沉降计算方法，并发表用振动三轴试验探讨饱和砂土地基和土坝的抗液化稳定问题的论文；陈宗基教授提出了粘土的流变模式及次固结理论问题，引起国际学者的重视。另外，在特殊土地基、地基处理和桩基工程等方面，我国也在实践和研究中取得了成功的经验。我国地基基础工程界对非自重湿陷性黄土的研究作出了很大贡献，了解到这类黄土在浸水后能维持一定的外加荷载，提出了非湿陷性黄土湿陷起始压力的新概念，并制定了相应的技术规范，从而节约了大量地基处理费用。我国在70年代组织了大规模的协作攻关，总结了一套关于膨胀土地基的综合评价、处理及设计方法，使膨胀土引起的基础事故日渐减少，从而保证了工程的安全使用。经过大量调查研究和试验，我们弄清了我沿海地区和湖泊区高压缩性软土地基的规律，使我国天然地基的设计和施工达到了较高的水平。关于地基处理技术，解放后我国先后采用过砂垫层、砂桩、冻结法、热加固法、硅化等方法处理软弱地基。近10多年来，又有针对性地开发了许多处理技术及其机械设备。如采用振动碾压法、振冲法、深层搅拌加固法、高压旋喷法、喷射井点降水法、强夯法、真空预压加固法等，都取得了良好的技术经济效果。我国在桩基工程方面的发展也很迅速，早期大量使用钢筋混凝土桩，后来又广泛采用混凝土灌注桩。灌注桩的结构形式、施工工艺和机械设备也不断得到改进，发展了管桩、扩底桩、爆扩桩、树根桩、挖孔桩、地下连续墙等等。对于灌注桩的承载性能问题，我国根据桩身混凝土与钢筋受力性状的变化特征，把水平临界荷载作为单桩水平承载力，提出了轴向压力对水平承载力的提高效应和计算方法。这项研究成果应用于工程后，节约钢材52%，降低造价35%。此外，对承台、桩、土的相互作用和群桩的承载性能的研究，我国也不断有新的成果并应用于设计。

进入80年代以来，我国各大中城市和对外开放城市高层建筑迅速增加，许多高耸构筑物也已经或正在兴建。目前，我国大多数大中城市的建筑已显得相当拥挤，建筑密度高，基础工程的施工条件常常受到种种限制。特别是特殊基础工程日渐增加。在这些方面对地基与基础工程技术提出了新的挑战，也为土木工程设计和施工队伍提供了施展才能、作出进一步贡献的新机会。

复 习 思 考 题

- 0-1 试述地质作用和地质年代的概念。
- 0-2 什么是地质学和工程地质学？
- 0-3 什么是土力学？为什么说土力学是地基与基础的理论基础？
- 0-4 什么是地基？什么是基础？
- 0-5 试述地基与基础在建筑工程中的重要性。

第一章 土的物理性质及工程分类

第一节 土的成因与结构构造

一、土的成因

土是岩石经风化、搬运、沉积而成的产物。

风化可分为物理风化、化学风化和生物风化。地壳外层的岩石一方面受到地球内部的各种内力（如热力、断层、褶曲等）的影响，另一方面受到地球外界力（如水力、风力、温度、湿度、冻融等）的影响和动植物活动的破坏，由大块崩解成碎块的过程叫物理风化。物理风化只改变颗粒的大小和形状，不改变颗粒的矿物成分，这种矿物称为原生矿物。物理风化产生了象卵石和砂等较粗的颗粒，这类颗粒间没有粘结作用，呈松散状。化学风化和生物风化是地表岩石在水、大气以及有机体的化学作用所引起的破坏过程。化学风化产生的很细的粘土颗粒之间有粘结作用，它与原生矿物性质不同，称为次生矿物。

土的生成是一种非常复杂的过程。风化、搬运和沉积三种地质作用往往是同时或交错进行，因而所生成的土具有不同的种类和成层规律。

二、土的结构

土的结构是指构成土骨架的固体颗粒的排列和连结方式。土的结构大致可分为单粒结构、蜂窝结构、絮状结构三种（见图1-1）。

单粒结构常见于砾石和砂粒中，密实的单粒结构强度大，压缩性小，工程性质最好；蜂窝结构常见于细粒土中，其工程性质次之，絮状结构又可称为绒粒结构或絮凝结构，其工程性质最差。具有蜂窝结构和絮状结构的土，颗粒之间有大量的孔隙，当其天

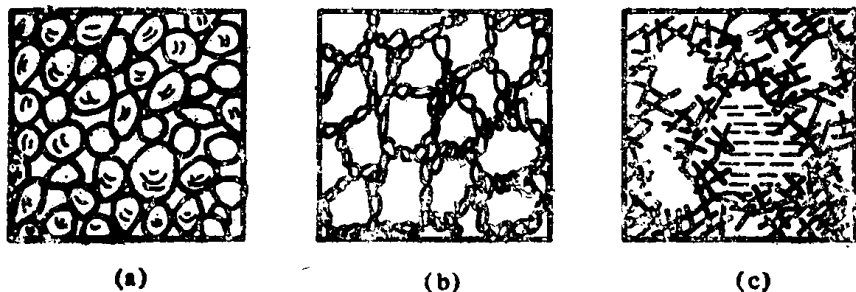


图1-1 土的结构示意图

(a) 单粒结构；(b) 蜂窝结构；(c) 絮状结构

然结构遭到破坏时，强度会迅速降低，施工时应注意保护基底土免受破坏。

三、土的构造

土的构造是指在同一成因的土中，其结构不同的部分相互排列的特征。土的构造大致可分为层状和非层状两大类。

(一) 层状构造

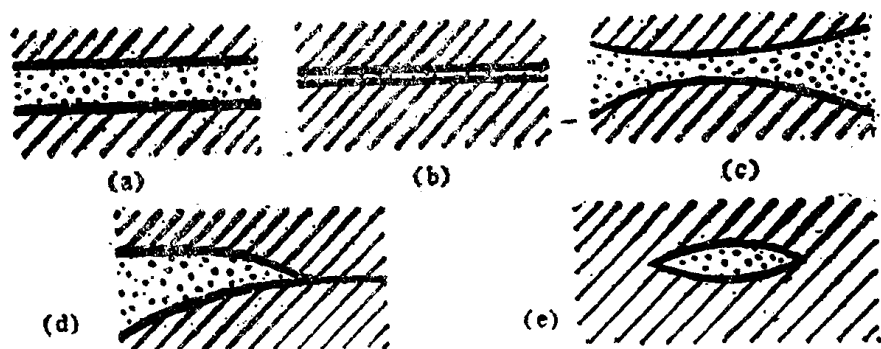


图1-2 土层状构造的产状

(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，其产状可分为正常、夹层、变薄、尖灭、透镜体等五种不同的形态，如图1-2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。

(二) 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，在研究土体构造时，还应注意土中是否有包裹物（如贝壳、结核体等）和孔洞的存在，这都是土体不均匀性的表现。

第二节 土的三相组成

土由固体颗粒、水和气体三相组成。固体颗粒构成土的骨架，水和气体填充于固体颗粒之间的孔隙中。研究土的性质，首先就要研究构成土的三相本身的性质，以及它们之间的相对含量和相互作用对土性质的影响。

一、土的固相

土的固体颗粒称为土的固相，它是土的主要组成部分。它的矿物成分、土粒大小与级配对它的性质有很大的影响。

(一) 土的矿物成分

土粒的矿物成分可分为物理风化所产生的原生矿物和化学风化后产生的次生矿物。常见的原生矿物有长石、石英、角闪石、云母等；常见的次生矿物有高岭石、伊利石、蒙脱石等颗粒极细的粘土矿物。矿物成分对粘性土的性质影响极大。例如，含有大量蒙脱石的粘性土，就具有强烈的膨胀性和很大的收缩性与压缩性。

(二) 土的粒度成分

土颗粒的大小对土的性质影响很大。颗粒愈细，单位体积内颗粒的总表面积（称为表面积）愈大，与水接触的面积愈多，颗粒间相互作用的能力也愈强。

固体颗粒的大小和形状不一。粒径的大小叫粒度，大的有几百毫米，小的可以小于万分之几毫米。把粒度相近的颗粒定为一组称为粒组，不同的粒组在土的工程性质上有明显的差别（例如颗粒由粗变细可由无粘性变为有粘性）。各粒组的名称、粒径范围、主要成分、颗粒形状和一般特性详见表1-1。

表1-1 土的粒组划分及各粒组的基本特征

组别	粒组名称		粒径范围 (mm)	颗粒成分	颗粒形状	一般特征
1	漂石或块石		>200	除母岩（如石灰岩、页岩）是由次生矿物组成外，一般由原生矿物组成。由于土粒比矿物颗粒大，通常每一颗粒由多种矿物组成，与母岩同	多为块状，三个互相垂直方向的尺寸基本上属于同一数量级。有带棱角和圆滑之分，决定于搬运过程。	颗粒间无粘结，孔隙大，透水性强，无毛细作用。土体强度大，能承受很大静载，压缩性小。
2	卵石或碎石		200—20			
3	圆砾 或 角砾	大中 或小	20—10 10—5 5—2			
4	砂粒	粗 中 细 极细	2—0.5 0.5—0.25 0.25—0.1 0.1—0.05	一般是原生矿物，每一颗粒由单一矿物（如石英、长石、云母等）组成。	除云母所构成的颗粒呈片状外一般为块状，有棱角与圆角之分。	干燥或饱水时均呈松散状，无粘性；易透水，遇水不膨胀，变干不收缩，有毛细作用，但升高小，紧密堆积时强度较大，能受较大静载，压缩性较小（若含云母，则压缩性增大，透水性减小）。
5	粉粒	粗 细	0.1—0.05 0.01—0.005	成分以石英居多（颗粒小于0.05mm时，化学风化作用强烈，其它矿物风化成为更细的次生矿物），也有难溶的次生矿物（碳酸盐）	大部分与砂粒相同，通常以在水中下沉速度与与之相同的球体直径作为它的粒径，称为水力直径。	透水性小，湿时稍有粘性，膨胀小，干时稍有收缩，成松散状，毛细作用快，升高大，易出现冻胀现象，力学性质介于砂粘和粘粒之间。
6	粘粒	粗 中 细	0.005—0.001 0.001—0.0001 0.0001	大部分是化学风化后的次生矿物（粘土矿物和各种可溶盐），还有腐植质。	大多为鳞片状，也有针状的。厚度只有长径或宽度的百分之几，粒径指水力直径。	透水性很小，湿时有粘性、可塑性、遇水膨胀大，干时收缩结硬，毛细水升高2m左右，但速度较慢。强度与其湿度和密度有关，变化范围大，一般情况下强度较小，压缩性大。

为适应上述粒组划分方案，目前大多用筛分法和比重计法进行测试。

筛分法适用于分析粒径大于0.074mm的土粒。它是利用一套孔径等于各粒组界限值的标准分析筛（图1-3），将风干、分散的代表性土样，倒入最上的筛子内，振摇后，称出留在各筛子上的土的质量，并求出各粒组含量的百分比。表1-2为某土样筛分法成果。

比重计法用于分析粒径小于0.074mm的土粒。它主要是根据土颗粒在水中下沉的速度不同（大颗粒下沉快，而小颗粒下沉慢）的原理把不同直径的颗粒区分开来。其步骤是：第一，分散团粒，制备悬液；第二，测定土的悬液的相对密度，根据司笃克斯（Stokes）定律建立粒径与沉速的关系式，并算出各粒组含量的百分比。

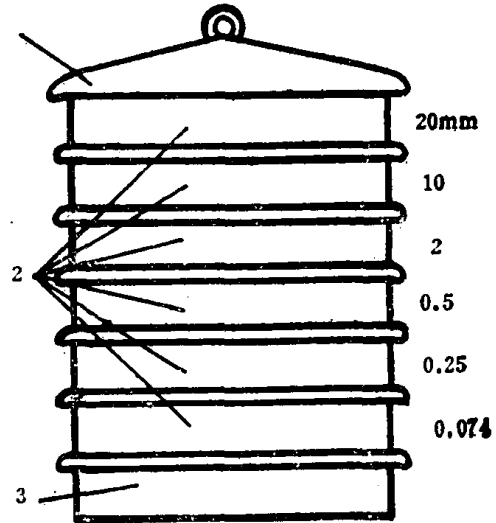


图1-3 标准筛

1—筛盖；2—筛盘；3—底盘

表1-2 颗粒分析试验记录(筛分法)

筛前总质量：2.778kg；筛后总质量：2.776kg			
小于2mm土质量：2.080kg；小于2mm土质量百分比：75%			
孔 径 (mm)	留筛土质量 (kg)	小于某孔径土的质量 (kg)	小于某孔径土质量百分比 (%)
20	0.173	2.605	94
10	0.194	2.411	87
2	0.331	2.080	75
0.5	0.590	1.490	54
0.25	0.685	0.805	29
0.074	0.638	0.167	26
底 盘	0.167		

土中所含各粒组的相对含量（以各粒组质量占土粒总质量的百分数表示），称为土的粒径级配。土的粒径级配可以用表格法和曲线法表示。

表格法常见于土工试验报告书（如表1-3即为三种土样的粒径级配表），这对于根据粒度成分确定土的分类名称是很方便的。

粒径级配曲线表示法，其纵座标为小于某一粒径d的土粒占土总质量的百分比；横座标表示粒径，采用对数比例尺。若曲线平缓，表示土粒不均匀，称级配良好；曲线陡峻，则表示土粒较均匀，称级配不好。如图1-4是将表1-3用曲线法表示。