



普通高等教育“十二五”规划教材

土力学与地基基础

主 编 刘 东
副主编 张远芳 于林平
王华敬 王子龙
主 审 党进谦



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

土力学与地基基础

主 编 刘 东
副主编 张远芳 于林平
王华敬 王子龙
主 审 党进谦



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

本书编委会

主 编：刘 东（东北农业大学）

副 主 编：张远芳（新疆农业大学）

于林平（大连海洋大学）

王华敬（山东农业大学）

王子龙（东北农业大学）

参编人员：佟大鹏（黑龙江大学）

李天霄（东北农业大学）

主 审：党进谦（西北农林科技大学）

前言

本书采用最新的规范，引用最新的研究成果，将成熟的研究成果渗透和反映到教材中，以适应教学要求。本书内容全面、重点突出、注重实用性，便于自学和应用。

本书由东北农业大学刘东教授主编，西北农林科技大学党进谦教授主审；绪论和第四章由东北农业大学刘东编写；第一章和第七章由大连海洋大学于林平编写；第二章和第八章由山东农业大学王华敬编写；第三章由东北农业大学王子龙编写；第五章第一节、第二节由东北农业大学李天霄编写，第五章第三节及思考题和习题、第六章由黑龙江大学佟大鹏编写；第九章由新疆农业大学张远芳编写。该书在编写过程中得到中国水利水电出版社的大力帮助，并参考了多位专家学者的教学、科研成果，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了大量公开出版发行的土力学与地基基础方面的书籍，在此谨向其作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2011年8月

目 录

前言

绪论	1
第一节 基本概念、研究对象及研究目的	1
第二节 地基基础在建筑工程中的重要性	2
第三节 本课程的性质和特点	4
第四节 本课程的内容	5
思考题	6
第一章 土的性质及工程分类	7
第一节 土的形成	7
第二节 土的结构	8
第三节 土的三相组成	9
第四节 土的三相比例指标	13
第五节 黏性土的物理特征	18
第六节 砂土的密实度	21
第七节 土的动力特性	22
第八节 土的工程分类	26
思考题	30
习题	31
第二章 土的渗透性	33
第一节 概述	33
第二节 渗透理论	33
第三节 渗透力及渗透变形	41
思考题	51
习题	51
第三章 土中应力计算	52
第一节 概述	52
第二节 土的自重应力	53
第三节 基底压力	56

第四节	地基附加应力	60
思考题	.....	80
习题	.....	81
第四章	土的压缩性与地基沉降计算	84
第一节	概述	84
第二节	土的压缩试验及其指标	85
第三节	地基最终沉降量计算	92
第四节	地基沉降与时间的关系	105
思考题	.....	118
习题	.....	119
第五章	土的抗剪强度	121
第一节	概述	121
第二节	土的强度理论	122
第三节	土的抗剪强度测定方法	127
思考题	.....	142
习题	.....	143
第六章	土压力计算	144
第一节	概述	144
第二节	静止土压力计算	146
第三节	朗肯土压力理论	147
第四节	库仑土压力理论	154
思考题	.....	166
习题	.....	166
第七章	土坡稳定分析	168
第一节	概述	168
第二节	砂性土坡稳定分析	169
第三节	黏性土坡整体稳定分析	171
第四节	黏性土坡稳定分析的条分法	176
第五节	土坡稳定分析相关问题探讨	181
思考题	.....	184
习题	.....	185
第八章	地基承载力	186
第一节	概述	186
第二节	临塑荷载和临界荷载	189
第三节	极限承载力计算	193
第四节	确定地基承载力的设计规范方法	201

第五节 挡土墙设计	205
思考题	209
习题	210
第九章 天然地基基础设计	211
第一节 概 述	211
第二节 地基基础设计原则	213
第三节 浅基础类型	217
第四节 基础埋置深度	224
第五节 地基验算	231
第六节 柱下钢筋混凝土独立基础设计	249
第七节 墙下钢筋混凝土条形基础设计	256
第八节 减轻不均匀沉降危害的措施	260
思考题	264
习题	265
参考文献	270

绪 论

第一节 基本概念、研究对象及研究目的

土是岩石风化的产物，是岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积而形成的松散堆积物，颗粒之间没有胶结或弱胶结。土的形成经历了漫长的地质历史过程，其性质随着形成过程和自然环境的不同而有差异。因此，在建筑物设计前，必须对建筑场地土的成因、工程性质、不良地质现象、地下水状况和场地的工程地质等进行评判，密切结合土的工程性质进行设计和施工。否则，会影响工程的经济效益和安全使用。

土力学是工程力学的一个分支，不仅将土作为地基来研究，还包括了将土作为工程结构物的环境介质以及作为土工构筑物材料在内的工程问题，亦即几乎包括了人类所有的工程活动赖以存在的全部与土有关的工程技术问题。它是利用力学原理研究土的应力、应变、强度和稳定性等力学问题的一门应用学科，是为解决建筑物的地基基础、土工建筑物和地下构筑物的工程问题服务的。由于土的物理、化学和力学性质与一般刚体、弹性固体和流体有所不同，因此，土的工程性质必须通过土工测试技术进行研究。

任何建筑物都是建造在地球上的，建筑物的全部荷载都由地球的表面地层来承担，这里所说的建筑物不仅指一般的住宅、办公楼和厂房等，而且泛指桥梁、码头、水电站、高速公路等工程结构物，还包括穿越土层的隧道或地下铁道等地下结构物，以及用土作为材料建造的大坝、路堤等土工构筑物。通常把直接承受建筑物荷载影响的那一部分地层称为地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果地基软弱，其承载力不能满足设计要求时，则需对地基进行加固处理（例如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、加筋土技术等方法进行处理），称为人工地基。而与地基接触并传递荷载给地基的结构物，称为基础。位于基础底面以下的第一层土称为持力层。在持力层以下的土层统称为下卧层。强度低于持力层的下卧层称为软弱下卧层（图 0-1）。

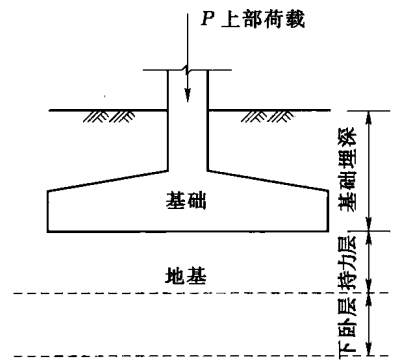


图 0-1 地基、基础示意图

基础一般应埋入地下一定的深度，进入较好的地层。根据基础的埋置深度不同可分为浅基础和深基础。通常把埋置深度不大（3~5m）、只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础称为浅基础；反之，若浅层土质不良，须把基础埋置于深处的好地层时，就得借助于特殊的施工方法，建造各种类型的深基础（如桩基、墩基、沉井和地下连续墙等）。

地基与基础设计必须满足两个基本条件：①满足强度要求，即：要求作用于地基的荷

载不超过地基的承载能力, 保证地基具有足够的防止整体破坏的安全储备; ②满足变形条件, 即: 控制基础沉降使之不超过地基的变形容许值, 保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用。在荷载作用下, 建筑物的地基、基础和上部结构三部分彼此联系、相互制约。而且同一建筑物满足设计要求的地基基础方案往往不止一个。因此, 设计时应根据地质勘察资料, 综合考虑地基—基础—上部结构的相互作用与施工条件, 通过经济、技术比较, 选取安全可靠、经济合理、技术先进和施工简便的地基基础方案。

第二节 地基基础在建筑工程中的重要性

地基和基础是建筑物的根基, 又属于地下隐蔽工程。因此地基与基础的勘察、设计、施工是工程建设的关键阶段, 整个工程的成败在很大程度上取决于基础工程的质量水平, 它的质量好坏关系到建筑物的安全、经济和正常使用, 轻则上部结构开裂, 重则建筑物倒塌, 危及人们生命财产安全。实践表明, 许多建筑物的工程质量事故往往发生在地基基础之上, 而且, 一旦事故发生, 补救并非易事。此外, 随着城市的发展, 高层建筑越来越多, 基础的埋置深度越来越大, 因此, 基础工程费用占建筑物总造价的比例越来越高。所以地基与基础在建筑工程中的重要性是显而易见。工程实践中地基基础事故屡见不鲜, 以下实例可见一斑。

著名的意大利比萨斜塔 (The Leaning Tower Of Pisa) (图 0-2) 的倾斜就是由于地基不均匀沉降而造成的。该塔高度约 55m, 始建于 1173 年, 当建至 24m 高时发现塔身倾斜而被迫停工, 至 1273 年续建完工。该塔由于建造在不均匀的高压缩性地基上, 致使北侧下沉 1m 多, 南侧下沉近 3m, 沉降差达 1.8m, 倾角超过 5.8° 。现在该塔还以每年 1mm 的沉降速率下沉。比萨斜塔地基处理已经成为当今世界普遍关注的地基基础工程问题。2000 年, 采用地基抽土的方法对比萨斜塔进行了处理, 使塔身倾角减少了 5° , 预计比萨斜塔的使用寿命将延长 300 年。

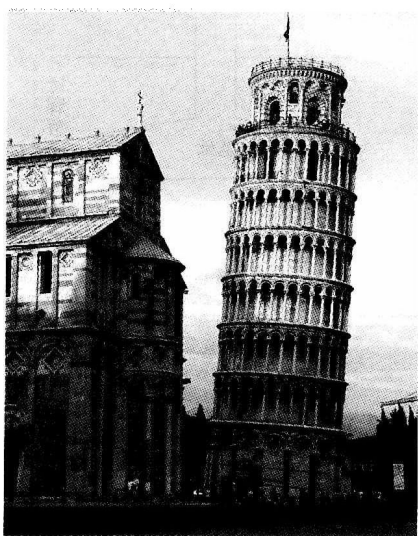


图 0-2 意大利比萨斜塔

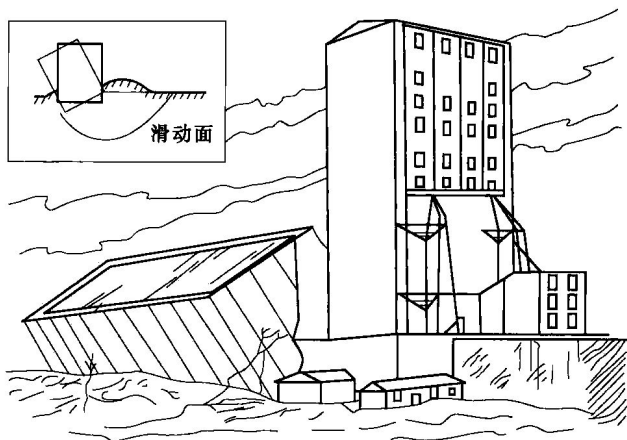


图 0-3 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

加拿大特朗斯康谷仓（图 0-3）则是由于地基发生强度破坏引起整体失稳破坏的典型。该建筑物于 1913 年建造，由 65 个圆柱形筒仓组成，其下为筏板基础，由于设计时不了解地基埋藏有厚达 16m 的软黏土层，建成后谷仓荷载超过了地基的承载能力，造成地基丧失稳定性，使谷仓西侧陷入土中 8.8m，东侧抬高 1.5m，仓身倾斜 27°。后经处理，将该谷仓仓身扶正，但却比原设计标高降低了 4m，影响了该谷仓的使用功能（图 0-4）。

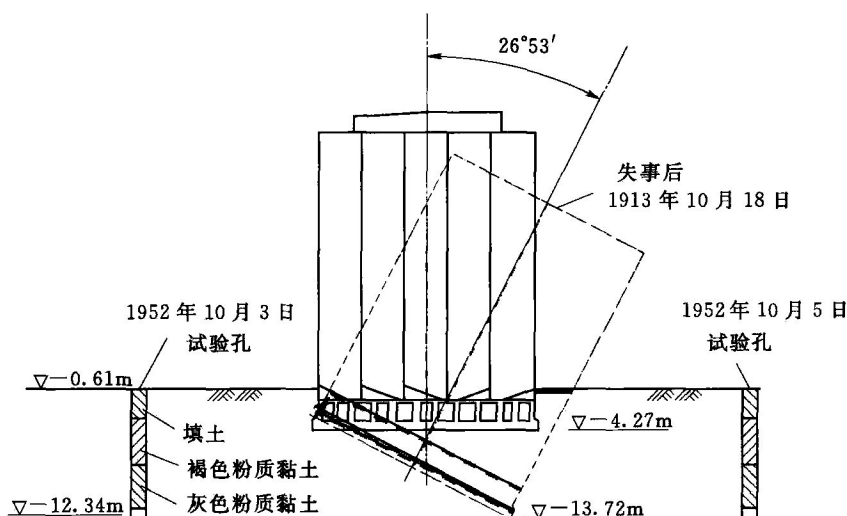


图 0-4 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故示意图

我国上海工业展览馆属于地基变形破坏的典型工程实例。其建于 1954 年，总重 10000t，基础高 7.27m，为两层箱形基础，平面尺寸为 44m×45m。大厅两侧系条形基础，用沉降缝隔开。地基为厚 14m 的淤泥质软黏土。建成后，当年基础下沉 0.6m，墙面由于不均匀沉降而产生较大裂缝。后经前苏联专家及清华大学专家论证，上海工业展览馆的沉降基本上属于均匀沉降，对裂缝修补后可以继续使用。

2009 年 6 月 27 日 5 时 30 分，上海市闵行区莲花南路淀浦河南岸的“莲花河畔景苑”小区一栋十三楼房发生楼体倾覆事件。房屋倾倒的主要原因是紧贴楼体北侧在短期内堆土过高，最高处达 10m 左右。与此同时，紧临大楼南侧的地下车库基坑正在开挖，开挖深度达 4.6m。大楼两侧的压力差使土体产生水平位移，过大的水平力超过了桩基的抗侧能力，导致房屋倾倒。

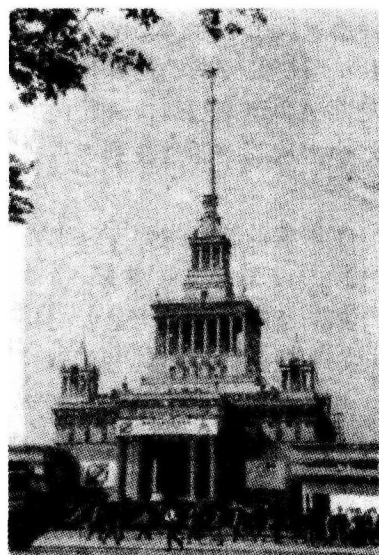


图 0-5 上海工业展览馆

综上所述，基础工程实属百年大计，必须慎重对待。只有深入了解地基情况，掌握勘察资料，经过精心设计与施工，才能使基础工程做到既经济合理，又能保证质量。



图 0-6 “莲花河畔景苑”楼梯倾覆现场

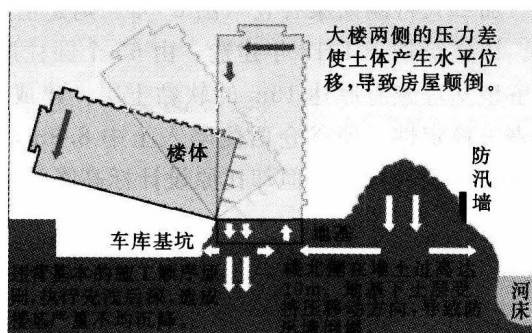


图 0-7 “莲花河畔景苑”楼梯倾覆分析图

第三节 本课程的性质和特点

本课程涉及工程地质学、钢筋混凝土、建筑施工等课程领域，因此内容广泛、综合性强，学习时应突出重点，兼顾全面。学习本课程，首先应重视工程地质的基本知识，培养阅读和使用工程地质勘察报告的能力，其次必须牢固掌握土的应力、应变、强度和地基计算等土力学基本原理，进而能够应用这些基本概念和原理，结合其他课程的理论知识，分析和解决土力学、地基基础方面的问题。

本课程是土木、水利专业的一门重要的专业基础课，它由两个重要的部分组成。一部分是关于地基基础设计与施工的知识，即基础工程学的内容；另一部分是有关土的物理力学性质以及土的强度理论、渗透理论和变形理论的知识，即解决土力学各种课题的基本理论和试验研究方法。前者具有极强的技术性与应用性，后者则为前者提供解决工程问题的试验方法和理论基础。因此，本课程是实践性和理论性都比较强的一门课程，在整个教学计划中，从基础课过渡到专业课，具有承上启下的作用，是专业教学前的一个重要教学环节。

本课程的特点主要有三个方面。

1. 研究对象复杂多变

如前所述，土力学是以土与由其构成的土体为研究对象的。其一，土不同于一般固体材料，一般固体材料具有可选性和均匀性，它们的力学规律的数学关系式与实际比较符合，其理论结果与实际情况相近。土是由固体颗粒、土中水和气体组成的多相松散集合体，它的强度一般比土粒强度小得多。其成因类型和成层规律非常复杂，且难于了解清楚。其二，土和土体在外界条件，诸如温度、湿度、压力、水流、振动等环境影响下，其性质会有显著变化。其三，水工建筑物的规模大、地基基础多为隐蔽工程，当事故发生后，处理起来很困难。土和建筑物的上述特点构成土力学的研究规律具有复杂性和多变性。

2. 研究内容广泛

土力学研究内容相当广泛。首先表现在它是一门技术基础课，它以多种课程为先修课程，如人们熟悉的数学、物理、化学、理论力学、材料力学、弹性力学、工程地质学、水

力学等。它的后续课程是水利水电等相关专业的专业课，如水工建筑物、水利施工、港口工程和海洋工程建筑物等。其次，土力学内容的广泛性还体现在土力学学科的多方应用上。如水利水电工程、农业水利工程、港口航道与海岸工程、海洋工程、土木建筑工程、道路桥梁工程、冶金工程、能源工程以及国防工程等，以上各行业部门的相关建筑物都需建在地基上，从事这些行业的设计和施工人员都需具备坚实的土力学基础知识。近年来，随着科学技术的发展，土力学的研究领域有了明显的扩大。土动力学、海洋土力学、环境土力学等将土力学的应用推向了一个新的阶段。

3. 研究方法特殊

土力学是一门新型学科，自 1925 年形成独立学科至今还不到一百年的历史，理论上尚不成熟。因此，在解决问题时不得不借助固体力学和流体力学的理论。为了弥补这些不足，土力学中引入了很多假设、半经验公式和参数。实践表明，在应用有关理论解决工程问题时，一些参数带来的误差远大于理论本身。这一问题只有随着生产和科学技术不断发展，才能逐步完善。

总之，随着我国加入世界贸易组织（WTO），各项注册制度已经陆续进行。注册岩土工程师、注册结构工程师、注册建筑师和注册监理师都要考《土力学》课程。特别是注册岩土工程师考试所涉及的 8 门课程的大多数内容都与土力学密切相关。因此，熟练掌握土力学知识对于各种注册考试以及同学们将来就业均有重大意义。

第四节 本 课 程 的 内 容

土体受力多种多样，如来自土的自重、建筑物荷载、水的浮力、静水压力、动水压力、基础振动和地震等诸多方面。在这些力的作用下，土体的性质必然发生变化。揭示这些变化规律的本质，用以解决建筑物的地基基础问题是土力学与基础工程的任务。包括：土的工程性质指标的试验、设计参数的确定方法、土中地下水的流网分析、土中应力计算、沉降计算、固结理论、土压力计算、土坡稳定分析、地基承载力计算以及基础设计等。具体内容包括。

1. 土的基本性质

土的基本性质主要指土的物理性质和由荷载引起的力学性质，它们是研究地基基础问题和改善地基条件的主要依据。其研究内容包括土的物理性质指标，土的结构、状态、分类以及土和土体受力后渗透、压缩及强度变化的基本理论。

2. 土体中的应力分布和计算

正确计算土体中的应力是进行地基变形和土体稳定计算的基础。了解应力分布，正确计算自重应力和附加应力至关重要。研究表明，饱和土的变形和强度与有效应力有唯一对应关系，土的有效应力原理是土力学的基本理论。

3. 地基变形计算

荷载作用于地基，地基产生变形。揭示在一定环境和力的作用下地基土体内部各点的应力、变形相互联系、相互制约的规律是土力学的重要内容之一。其中包括：①某时刻地基的变形量（变形随时间的变化过程）计算；②地基的最终变形计算；③反映地基变形随

时间变化过程中，孔隙水的渗流挤出、土体固结度增长的渗透与固结的关系问题等。

4. 土体稳定性计算

稳定性计算的目的在于揭示在外力和周围综合环境作用下，土体单元的临界稳定条件和极限状态条件，以便根据这些条件，对土的渗透稳定以及土体的强度稳定性问题进行评估。其中包括：①土的渗透稳定；②建（构）筑物填土、土坡和地基等土体有关的稳定；③动荷载作用下土体的稳定等。

5. 土与建筑物相互作用分析

土和建筑物是两个既相互联系又相互影响的统一体，因此，研究建筑物的沉降和稳定，必须研究土与建筑物的相互作用和协同工作问题。其中包括：①上部结构、基础和地基间力的传递；②建筑物和土体间的应力应变协调；③与土体稳定相关的土体和建筑物之间的摩擦；④围绕变形和稳定问题采取的改善土和土体的性质而适应两者要求的措施，如地基设计与处理。上述基本内容既有理论也有实践，它们之间密切联系、相互依存，构成土力学课程的完整体系。

6. 天然地基基础设计

任何建筑物都必须有可靠的地基和基础。建筑物的全部重量（包括各种荷载）最终将通过基础传给地基，所以，地基基础的设计是建筑物设计工作中的一项重要内容。包括：地基基础设计技术要求、补偿基础、承载力验算、基础底面尺寸的确定、柱下钢筋混凝土独立基础设计、墙下钢筋混凝土条形基础设计、减轻不均匀沉降危害的建筑措施等。

思 考 题

1. 土力学的研究内容是什么？什么是地基？什么是基础？
2. 什么是天然地基？什么是人工地基？
3. 什么是持力层？什么是下卧层？

第一章 土的性质及工程分类

存在于地壳表层的土与岩石一样是地质环境的重要组成部分，也是人类工程活动的主要对象，无论作为建筑地基、周围介质，还是工程建筑材料，土对建筑物的稳定与安全都具有至关重要的作用。

第一节 土 的 形 成

一、土的成因

土是地表的岩石经长期风化作用（物理风化、化学风化、生物风化）侵蚀残留原地或以各种自然力搬运在不同环境下堆积而成的松散堆积物。因此通常说土是岩石风化的产物。自然界中，岩石不断风化破碎形成土，而土又不断压密硬化形成岩石。这一过程循环往复、永无止境地进行着。

二、土的成因类型

不同自然环境形成的土所具有的成分与性质不同，因此土的成因决定了土的物质组成、结构和工程性质。按照成因土可以分为残积土和运积土两大类。其中，运积土由于搬动力不同，又分为坡积土、洪积土、冲积土、湖泊沼泽沉积土和风积土等。

1. 残积土

残积土是指岩石经风化作用而残留在原地的堆积物，如图 1-1 所示。残积土从地表向深处由细变粗，与原岩之间没有明显的界限，其成分与原母岩相关，一般无层理。

2. 坡积土

坡积土是指残积土受重力和暂时性水流（如雨水和雪水）的作用，被携带到山坡或坡脚处聚积起来的堆积物，如图 1-1 所示。堆积体内土粒粗细不同，性质很不均匀。

3. 洪积土

洪积土是指残积土和坡积土受洪水冲刷，被携带到山麓处沉积的堆积物，如图 1-1 所示。该土具有一定的分选性。搬运距离近的颗粒较粗，力学性质较好；距离远的则颗粒较细，力学性质较差。

4. 冲积土

冲积土是指由江、河水流搬运所形成的沉积物。分布在山谷、河谷和冲积平原上的土均为冲积土。由于经过较长距离的搬运，浑圆度和分选性都较好，具有明显的层理构造。

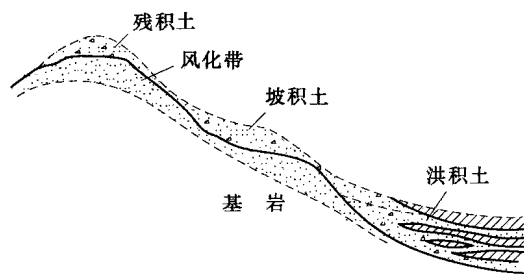


图 1-1 岩石风化作用示意图

5. 湖泊沼泽沉积土

湖泊沼泽沉积土是指在极为缓慢的水流或静水条件下沉积形成的堆积物。这种土的特点是除了含有细小的颗粒外，常伴有由生物化学作用所形成的有机物存在，成为具有特殊性质的淤泥或淤泥质土，其工程性质一般都较差。

6. 冰积土

冰积土是指由冰川或冰水携带搬运所形成的堆积物，颗粒粗细变化较大，土质不均匀。

7. 风积土

风积土是指由风力搬运形成的堆积物，颗粒均匀，一般堆积层很厚而不具层理。如我国西北的黄土就是典型的风积土。

第二节 土 的 结 构

土的结构是指土粒的相互排列方式和颗粒间的联结特征，是土在形成的过程中逐渐形成的。它与土的矿物成分、颗粒形状和沉积条件有关。

一、基本类型

土的结构通常可归纳为三种基本类型：单粒结构、蜂窝结构和絮状结构。

1. 单粒结构

单粒结构是粗粒土如碎石土、砂土的结构特征，由较粗的土颗粒在其自重作用下沉积而成。每个土粒都为已经下沉稳定的颗粒所支承，各土粒互相依靠重叠，如图 1-2 (a) 所示。土粒的紧密程度，随着形成条件而不同，可分为密实或疏松状态。

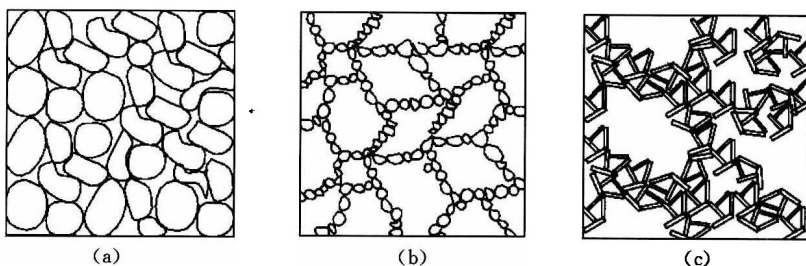


图 1-2 土的结构

(a) 土的单粒结构；(b) 土的蜂窝结构；(c) 土的絮状结构

2. 蜂窝结构

较细的土粒在自重作用下沉落时，碰到其他正在下沉或已经沉稳的土粒，由于颗粒较轻，粒间接触处的引力大于下沉土粒重量，土粒就被吸引着不再改变它们的相对位置，逐渐形成孔隙较大的蜂窝状结构，如图 1-2 (b) 所示。蜂窝状结构在细砂与粉土中常见。

3. 絮状结构

黏粒大都呈针状或片状，土粒极小而重量极轻，多在水中悬浮下沉极为缓慢，而且有些小于 0.002mm 的土粒，具有胶粒特性，因土粒表面带有同号电荷，故悬浮于水中作分

子热运动,难以相互碰撞结成团粒下沉。通常当悬浮液发生变化时,如加入电解质,运动着的黏粒互相聚合,凝聚成絮状物下沉,于是形成具有很大孔隙的絮状结构,如图1-2(c)所示。絮状结构是黏性土的结构特征。

事实上,天然条件下任何一种土的结构,并不像上述基本类型那样简单,而是经常呈现出以某种结构为主,由上述各种结构混合起来的复合型式。

二、工程性质

上述三种结构中,疏松状态的单粒结构在荷载的作用下,特别在振动荷载作用下会使土粒移动至更稳定的位置而变得更加密实,同时产生较大变形;而密实状态的单粒结构则比较稳定,力学性能较好,一般是良好的天然地基。具有后两种结构的土因孔隙较大,当承受较大水平荷载或动力荷载时,其结构将被破坏,并导致严重的地基变形,因此不可用作天然地基。

第三节 土的三相组成

通常,土是固体颗粒、水和气体三部分组成的松散颗粒集合体,这三部分常被称为土的三相。固体颗粒即土颗粒,由矿物颗粒组成,有时也含有有机质构成土的骨架。水和气体被充填在土颗粒间相互贯通的孔隙中。当土中孔隙为水和气体共同充填时,土为三相,称为湿土或非饱和土。特殊情况时,土为两相,称为饱和土或干土。

由于土颗粒的矿物成分与颗粒大小的变化、土的三相组成本身的性质与它们之间数量的变化等决定着土的物理力学性质,因此,研究土的性质,必须首先研究土的三相本身的性质。

一、土的固相

土的固相即固体颗粒是土的主要成分,构成土的骨架。固体颗粒的大小、形状、矿物成分及颗粒组成对土的性质起决定作用。研究土的固体颗粒应了解其矿物成分与土颗粒的组成情况。

(一) 土粒的矿物成分

土是岩石风化的产物,也是多种矿物的集合体。土粒矿物成分不同,则表现出不同的特性,从而影响土的性质。

根据岩石风化的方式和矿物形成的先后,土的矿物成分可分为原生矿物和次生矿物。

1. 原生矿物

岩石在物理风化过程中所形成的碎屑物,保持了与原岩相同的矿物成分,这种矿物称为原生矿物。常见的原生矿物有石英、长石等,其性质较稳定。碎石土和砂土主要由原生矿物组成。

2. 次生矿物

岩石在化学风化过程中因其化学成分改变而形成的新矿物称为次生矿物。如黏土矿物、铁铝氧化物等。其中黏土矿物高岭石、蒙脱石和伊利石是构成黏性土的主要成分。黏土矿物颗粒很微小,在电子显微镜下观察呈鳞片状或片状,颗粒比表面积很大,故具有很强的与水作用的能力,即亲水性强。黏性土主要由次生矿物组成。

显然，土粒的矿物成分主要取决于原岩的成分及所受的风化作用，不同的矿物成分对土的性质有着不同的影响，见表 1-1。

表 1-1 土粒的矿物成分

土粒名称	矿物成分
漂石、卵石、圆砾、角砾	岩石的碎屑，其矿物成分与原岩相同
砂粒	原岩中单矿物颗粒，如石英、长石等
粉粒	主要为石英、 MgCO_3 、 CaCO_3 等难溶盐
黏粒	1. 黏土矿物（次生矿物），如蒙脱石、伊利石、高岭石 2. 氧化物和氢氧化物 3. 各种盐类 4. 有机物

（二）土的颗粒组成

1. 粒组

所谓粒组是指相邻两分界粒径之间性质相近的土粒。自然界中的土，均由大小不同的土粒组成。土的颗粒大小和矿物成分的不同，可使土具有不同的性质，如颗粒大的卵石、砾石和砂，呈浑圆或棱角状，具有较大的透水性，不具黏性。颗粒细小的黏粒，由黏土矿物组成，具有黏性，透水性较低。实际上很难逐粒测量土粒的大小，因而，可以把土中各种不同粒径的土粒按适当的粒径范围分成若干粒组。目前土的粒组划分方法不完全一致。表 1-2 是我国常用的粒组分界及各粒组的主要特性。

表 1-2 土粒粒组划分

粒组统称	粒组名称	粒径范围 (mm)	特 征
巨粒	漂石或块石	>200	透水性大，无黏性，无毛细水
	卵石或碎石	$200\sim60$	
粗粒	圆砾或角砾	$60\sim2$	透水性大，无黏性，毛细水上升高度不超过粒径大小
	砂粒	$2\sim0.075$	易透水，当混入云母等杂物时透水性减小，而压缩性增加；无黏性，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
细粒	粉粒	$0.075\sim0.005$	透水性小；湿时稍有黏性，遇水膨胀小，干时稍有收缩；毛细水上升高度较大，极易出现冻胀现象
	黏粒	<0.005	透水性很小；湿时有黏性、可塑性，遇水膨胀大，干时收缩显著；毛细水上升高度大，且速度较慢

2. 颗粒级配

所谓颗粒级配即土中各粒组的相对含量，用土粒占总质量的百分数表示由颗粒分析试验确定。

（1）颗粒分析试验。土常是多种不同粒组的混合物，土的性质取决于各种不同粒组的相对含量。为了确定颗粒的相对含量，常用颗粒分析试验将各粒组区分开来，此方法称为颗粒分析方法。颗粒分析试验方法包括筛分法和比重计法。