


# 土力学实验指导

主编 李和志



 南京大学出版社

# 土力学实验指导

主 编 李和志  
副主编 郭 丽 戴 婷



南京大学出版社

## 内容提要

本书的编写,侧重基本概念、基本方法的表述,追求过程简明、语言简练,理解起来能更通俗易懂。主要内容包括土的含水率、密度、颗粒分析、界限含水率、比重、击实、固结、直剪、三轴等基本试验,并详细介绍了各试验目的、原理、方法、仪器设备、试验方法和步骤、注意事项、数据分析处理等。

本书适用于高等院校应用型本科学生,可供土木工程、工程力学、交通工程、水利水电工程、岩土工程、地质工程等相关专业学习参考,也可供从事岩土工程勘察、土力学和地质工程的专业试验生产实际使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

土力学实验指导 / 李和志主编. — 南京 : 南京大学出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-305-13837-9

I. ①土… II. ①李… III. ①土力学—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TU4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 188972 号

出版发行 南京大学出版社  
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

出 版 人 金鑫荣

书 名 土力学实验指导  
主 编 李和志  
责任编辑 刘亚光 蔡文彬 编辑热线 025-83686531

照 排 南京南琳图文制作有限公司  
印 刷 江苏凤凰通达印刷有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 5.75 字数 163 千  
版 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷  
印 数 1~3600  
ISBN 978-7-305-13837-9  
定 价 15.00 元

网址: <http://www.njupco.com>  
官方微博: <http://weibo.com/njupco>  
官方微信号: njupress  
销售咨询热线: (025) 83594756

\* 版权所有,侵权必究

\* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购  
图书销售部门联系调换

# 前 言

本书是专门针对以培养应用型人才的本科院校来进行编写的。实践教学是培养应用型本科学生实践能力和创新能力的重要环节,对提高学生的社会职业素养和就业竞争力起着重要地位。本书根据应用型本科学生的特点,注重实践环节和理论联系实际。

为满足实验教学的要求,本书与《土力学》教材联合使用,采用国家现行规范《公路土工实验规程》(JTG E40—2007GB),系统讲解了土力学实验原理、实验所需器材、数据分析处理方法,内容丰富,为毕业后继续从事土木工程行业的学生打下了坚实基础。

本书由李和志担任主编,郭丽、戴婷担任副主编。具体分工如下:李和志编写第1、2章,郭丽编写第3、4、5章,戴婷编写6、7、8章,全书由李和志统稿。本书在编写的过程中得到了湖南科技大学贺建清教授、江西科技学院宋军伟博士、陈辉博士的大力支持,在此表示感谢。

由于水平有限,书中难免有不当或疏漏之处,恳请同行、专家和各位读者不吝指正。

编 者

2014年6月

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 土力学试验的任务与意义	2
1.2 土力学试验项目	3
1.3 土样采集	5
1.3.1 影响取土质量的因素	5
1.3.2 取土质量等级	6
1.3.3 取土方法	6
1.4 土的工程分类、鉴别和描述	6
1.4.1 土的工程分类	6
1.4.2 土的简易鉴别方法	9
1.4.3 土状态描述	10
1.5 土样的准备	10
1.5.1 土样的要求与管理	10
1.5.2 试样制备仪器	11
1.5.3 原状土样的准备	12
1.5.4 扰动土样的准备	12
1.5.5 试样饱和	13
第 2 章 密度和比重试验	16
2.1 土的三相比例指标	16
2.1.1 土的三相图	16
2.1.2 实验室直接测定的三个指标	16
2.2 密度试验——环刀法	17
2.2.1 试验原理	17
2.2.2 试验方法	18
2.2.3 试验记录	19
2.3 比重试验——比重瓶法	19
2.3.1 试验原理	19

2.3.2 试验方法 .....	19
<b>第3章 含水率及界限含水率试验 .....</b>	<b>23</b>
3.1 含水率试验 .....	23
3.2 含水率试验——烘干法 .....	23
3.2.1 适用范围 .....	23
3.2.2 仪器设备 .....	23
3.2.3 操作步骤 .....	24
3.2.4 注意事项 .....	24
3.2.5 计算公式 .....	24
3.2.6 试验记录 .....	25
3.3 界限含水率试验——液、塑限联合测定法 .....	25
3.3.1 试验原理 .....	25
3.3.2 试验方法 .....	25
3.3.3 仪器设备 .....	26
3.3.4 操作步骤 .....	26
3.3.5 注意事项 .....	26
3.3.6 计算与绘图 .....	27
3.3.7 试验记录 .....	28
<b>第4章 颗粒分析试验 .....</b>	<b>29</b>
4.1 试验原理 .....	29
4.2 试验方法 .....	29
4.3 筛分法 .....	29
4.4 密度计法 .....	32
4.4.1 基本原理 .....	32
4.4.2 仪器设备 .....	32
4.4.3 操作步骤 .....	33
4.4.4 成果整理 .....	34
4.4.5 试验记录 .....	37
<b>第5章 击实试验 .....</b>	<b>39</b>
5.1 概述 .....	39
5.1.1 土的压实性 .....	39

5.1.2 土的压实度 .....	39
5.2 击实试验方法 .....	40
5.2.1 击实试验方法种类 .....	40
5.2.2 主要仪器设备 .....	40
5.2.3 操作步骤 .....	41
5.2.4 成果整理 .....	42
5.2.5 试验记录 .....	44
5.2.6 注意事项 .....	45
5.3 土的压实特性分析 .....	45
<b>第6章 渗透试验 .....</b>	<b>48</b>
6.1 试验原理 .....	48
6.2 常水头渗透试验 .....	49
6.2.1 仪器设备 .....	49
6.2.2 操作步骤 .....	49
6.2.3 结果整理 .....	50
6.2.4 试验记录 .....	52
6.3 变水头渗透试验 .....	53
6.3.1 仪器设备 .....	53
6.3.2 操作步骤 .....	54
6.3.3 成果整理 .....	54
6.3.4 试验记录 .....	55
<b>第7章 固结试验 .....</b>	<b>56</b>
7.1 概述 .....	56
7.2 仪器设备 .....	56
7.3 操作步骤 .....	57
7.4 成果整理 .....	58
7.5 注意事项 .....	60
7.6 试验记录 .....	61
<b>第8章 抗剪强度试验 .....</b>	<b>64</b>
8.1 概述 .....	64
8.2 直接剪切试验 .....	64

8.2.1	试验原理	64
8.2.2	仪器设备	65
8.2.3	慢剪试验	65
8.2.4	固结快剪试验	66
8.2.5	快剪试验	66
8.2.6	注意事项	66
8.2.7	成果整理	66
8.2.8	试验记录	67
8.3	无侧限抗压强度试验	68
8.3.1	试验原理	68
8.3.2	仪器设备	68
8.3.3	操作步骤	68
8.3.4	成果整理	69
8.3.5	注意事项	70
8.3.6	试验记录	71
8.4	三轴压缩试验	71
8.4.1	试验原理	71
8.4.2	仪器设备	72
8.4.3	试样的制备与饱和	73
8.4.4	不固结不排水剪试验	74
8.4.5	固结不排水剪试验	77
8.4.6	固结排水剪试验	80
8.4.7	剪切试验设计和操作方面的注意事项	81
8.4.8	各种试验方法在实际中的适用性	82
	参考文献	83

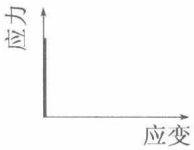
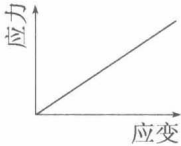
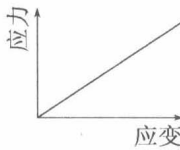
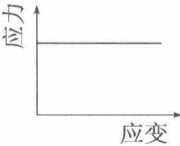


# 第1章 绪 论

土可作为建筑物的天然地基,也是一种既古老又普通的建筑材料。水坝、铁路、港口、码头等工程及工厂和民用建筑物的兴建是否经济合理,大部分取决于土的工程性质。要成功地解决一个岩土工程问题,科学的程序是:勘探与测试→试验与分析→利用土力学的理论设计计算→施工并对施工过程及使用时期进行监测→用监测数据反过来再次指导设计计算。这是一个将试验和理论与实际现象相互联系的过程。因此,土力学试验是岩土工程规划和设计的前期工作。

土是天然的产物,不是人类按照某种配方制造出来的。即使通过破碎岩石可以获取碎石,进而形成土颗粒,但岩石本身也是天然的,所以在这方面土与钢铁、混凝土是完全不同的。它的性质受到密度、湿度、粒度和孔隙水中化学成分等多种因素的影响,当土体与建筑物共同作用时,其力学性状又因为受力状态、应力历史、加载速率和排水条件不同等而变得更加复杂。仅凭借现在的知识和测试手段,要将受到多种因素影响的土的形状正确地模拟是不可能的。所以,把主要因素加以理想化,并以此建立试验。

表 1-1 土力学中土性的假定

章节		渗流	应力和变形	土的固结	土压力、边坡稳定地基承载力
土	土颗粒骨架	刚体 	弹性体 	弹性体 	刚塑性体 
	孔隙水	粘性流体		粘性流体	
基本方程		拉普拉斯方程 $\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$	弹性理论	热传导方程 $\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$	滑移线理论

根据试验原理,在设计试验(如测定土的剪切、压缩形状等)方法时,所预想的性状也是多种多样的。要进行适合全部性状的土工试验,在通常技术条件下是不经济的,也有很大困难。所以,为了便于进行试验资料的比较,将试验方法统一化、标准化。作为设计计算依据的土的力学参数,是在高度简化的条件下测定的,使用试验数据的设计人员尤其要了解清楚。

采用原位测试方法对土的工程性质进行测定,比室内土工试验有较大优点。原位测试方法可以避免钻孔取土时对土的扰动和取土卸荷时土样回弹等对试验结果的影响。试验结果可

以直接反映原位土层的物理状态,对某些不易采取原状土样的土层(如深层的砂)只能采用原位测试的方法。但在进行原位测试时,其边界条件较为复杂,在计算分析时,有时还需作不少假定才能进行。室内土工试验由于能进行各种模拟控制试验,以及能进行全过程和全方位的量测与观察,在某种程度上反而能满足土的计算或研究的要求。因此,室内土工试验又是原位测试所代替不了的。

## 1.1 土力学试验的任务与意义

土在土木工程领域的应用非常广泛,天然土层不仅可作为建筑物的基础,如土层上建造房屋、桥梁、涵洞、堤坝等;或作为建筑物周围的环境,如在土层中修建地下建筑、地下管道、渠道、隧道等;还可作为土工建筑物的材料,如建筑土堤、土坝等。

土力学是将土作为建筑物的地基、材料或介质来研究的一门学科,主要研究土的工程特性及土在荷载作用下的应力、变形和强度问题。

岩土工程学是以工程地质学、岩体力学、土力学和地基基础工程学作为基本理论基础,以解决工程建设过程中出现的所有与岩体或土体有关的工程技术问题为目的的一门新型技术科学,是土木工程学的一个分支学科。而岩土工程则是这门学科在工程建设中的应用,是一门把岩体和土体作为建设环境、建筑材料和建筑物组成部分并进而研究其合理利用、整治、改造的综合性应用技术。

土力学试验是土力学的基本内容之一。它的任务是对土的工程性质进行测试,并获得土的物理性质指标(如密度、含水量、土粒比重等)和力学性能指标(如压缩模量、抗剪强度指标等),从而为工程设计和施工提供可靠的参数。这些参数是正确评价工程地质条件必不可少的前提和依据。

土是指覆盖在地表由岩石风化形成的松散的、没有胶结和弱胶结的颗粒堆积物。土(土质材料)具有以下特征:

(1) 土通常是由土颗粒、水和空气组成的三相混合物。只含有土颗粒和水而没有空气的土称为饱和土;只含有土颗粒和空气而没有水的土称为干燥土;由土颗粒、水和空气三者共同组成的土称为不饱和土。像土这样的多相混合物,不仅要考虑土体整体的性质和运动规律,还应考虑组成土体的各相的性质和运动规律。

相对来讲,土是一种非常难以处理的材料。“有效应力”的思考方法就是基于土是多相混合物而产生的一个重要概念。

(2) 土的本质在于它是离散的颗粒的集合体。这样的集合体既不是气体,也不是液体,也不是固体(土颗粒本身是固体),而是一种称之为“粒状体”的集合体。砂土就是这样粒状体的集合体,这很容易理解。那么粘土又该如何解释呢?粘土在电子显微镜下的照片,如图 1-1 所示。

由该照片可以看出,粘土也是微小的扁平状粒子的集合体。从而可知土与金属等材料相比具有很大的不同。从金属材料的观点来看,可以认为土质材料最初就是已被破坏了的碎末。因此,通常会产生这样的疑问,这样的材料怎么能支撑得住构筑物呢?

土体基本粒子间的粘聚力几乎不存在,只是依靠土颗粒间的摩擦力承受荷载,所以土的变

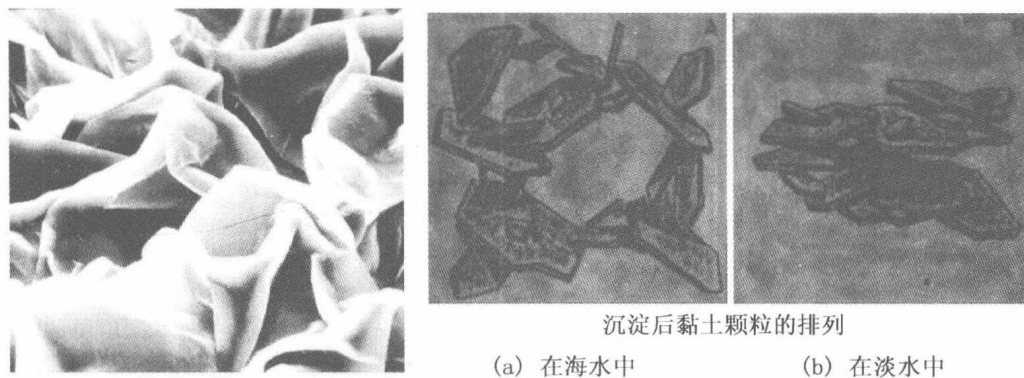


图 1-1 显微镜下黏土的形状

形和破坏受着“摩擦法则”的支配。而且,粒状材料的颗粒之间在荷载作用下位置相互错动,随着剪切变形的增加还会产生体积变化,即发生“剪胀”。

土体具有与一般连续固体材料(如钢、木、混凝土及砌体等建筑材料)不同的孔隙特性,它不是刚性的多孔介质,而是大变形的孔隙性物质,孔隙中水的流动显示土的透水性(渗透性);土孔隙体积的变化显示土的压缩性、胀缩性;孔隙中土粒的交错显示土内摩擦和黏聚的抗剪强度特性。土的密度、孔隙率、含水率是影响土的力学性质的重要因素。土粒大小相差悬殊,有大于 60 mm 粒径的巨粒粒组,有小于 0.075 mm 粒径的细粒粒组,介于 0.075~60 mm 的粒径为粗粒粒组。只有通过试验,才能揭示土作为一种碎散、多相地质材料的一般和特有的力学性质。

从土力学的发展历史来看,某种意义上,也可以说土力学是土的实验力学,如库仑定律、达西定律,都是通过对土的各种试验而建立起来的。所以,土力学试验在土力学的发展过程中起着相当重要的作用。

## 1.2 土力学试验项目

土力学试验项目可分为土的物理性质试验和力学性质试验。土的物理性质试验包括土的含水率试验、密度试验、比重试验、颗粒分析试验、界限含水率试验(液限、塑限和缩限试验)等。土的力学性质试验包括土的渗透试验、土的固结试验、抗剪强度试验、击实试验等。通过试验,探讨土体物理力学特性的基本规律,判别土的工程性质,对土进行工程分类,并能够将土体物理力学指标在工程中加以应用。土力学试验项目如表 1-2 所示。

表 1-2 土力学试验项目汇总表

序号	试验项目	试验目的	主要内容	能力培养	建议学时
1	工程土样的观察判别试验	土的判别分类颜色、气味、组织、结构颗粒的性质	① 土样的准备 ② 砂类土的判别 ③ 粉土与黏土的判别	了解土样的采集和管理;学会土的简易判别分类	1.0

(续表)

序号	试验项目	试验目的	主要内容	能力培养	建议学时
2	密度试验 (环刀法)	测定土的密度,了解土的疏密和干湿状态	① 测定土的质量 ② 整理测定结果,求出土的密度	掌握环刀法测定土的密度;运用密度换算其他物理性质指标	0.5
3	比重试验 (比重瓶法)	测定土的比重,为计算土的孔隙比、饱和重度和土的其他物理力学试验提供必需的依据	① 测定土的比重 ② 整理分析	学会采用比重瓶法测定土粒比重	2
4	含水率试验 (烘干法)	测定土的含水率,了解土的含水情况;土的基本性质的计算	① 测出水重、干土重 ② 整理测定结果,求出土的含水率	掌握烘干法测定土的含水率;学会运用含水率换算其他物理性质指标	0.5(与界限含水率试验一起进行)
5	界限含水率试验 (液限、塑限联合测定法)	掌握黏性土的黏度状态、液限和塑限的概念,了解黏性土状态的划分	① 测定土的液限、塑限 ② 分析测定结果、得出土的液限、塑限 ③ 定土名、判别土的状态	掌握液限、塑限联合测定法;培养分析黏性土的性质和状态的能力	1.5
6	颗粒分析试验 (筛分法)	测定小于某粒径的颗粒占土总质量的百分数,以便了解砂类土组成情况,供砂类土的分类、判断土的工程性质及建材选料之用	① 测定土的颗粒级配 ② 判断土的颗粒级配,定土名	培养对试验结果的计算、绘图描述能力,以土的级配为核心,结合实际工程分析问题的能力	2
7	击实试验 (黏性土)	在击实方法下测定土的最大干密度和最优含水率这两个控制路堤、土坝和填土地基等密实度的重要指标	① 对不同含水率的土进行击实 ② 测定土的干密度、含水率 ③ 整理分析测定结果,得出土的最大干密度和最优含水率	掌握土的击实特征,理解土的含水率、击实功对土的压实性的影响;确定路基及填方施工的方法,学会施工管理	1.5
8	砂土渗透试验	测定无黏性土的渗透系数 $k$ ,以便了解土的渗透性能的大小,用于土的渗透计算、基坑围护设计、土坝土堤选料参考	① 测定砂土的渗透系数 ② 整理分析测定结果、计算渗透系数	理解达西定律,掌握确定渗透系数的试验方法;理解流砂现象的产生条件	1.5
9	黏性土渗透试验	测定黏性土的渗透系数 $k$ ,以便了解土层渗透性的强弱,作为选择坝体填土料的依据;用于基坑围护设计	① 测定黏性土的渗透系数 ② 整理分析测定结果	理解达西定律,掌握确定黏性土的渗透系数的试验方法	2

(续表)

序号	试验项目	试验目的	主要内容	能力培养	建议学时
10	固结试验 (快速法)	测定土样在侧限条件下的压缩变形和荷载的关系,用于土的变形计算	① 测定土的压缩性 ② 整理分析测定结果,计算土的压缩性指标	熟悉土的压缩性指标测定方法,培养分析归纳的能力;掌握黏性土变形的计算,了解黏性土变形速率的计算	2
11	直接剪切试验(快剪法)	测定土的抗剪强度,根据库仑定律确定土的抗剪强度参数(内摩擦角和黏聚力)	① 测定土在不同荷载下的抗剪强度 ② 整理分析测定结果,求出土的内摩擦角和黏聚力	熟悉粒径库仑定律,掌握直接剪切试验方法;为基础、土坡、挡土墙等稳定性计算提供参数	2
12	无侧限抗压强度试验	测定饱和软黏土的无侧限抗压强度及灵敏度	① 测定原状土和重塑土的无侧限抗压强度 ② 整理分析测定结果	了解无侧限抗压强度试验只是三轴压缩试验的一个特例,增强动手能力,培养对试验结果的分析归纳能力	1
	三轴压缩试验(演示)	测定土的抗剪强度,用于边坡稳定、地基承载力等计算	在不固结不排水条件下,三轴压缩试验的剪切过程	了解三轴压缩试验方法;理解在不同工程条件下,三种排水强度指标的选用方法	2
13	土力学综合试验	结合工程实际,模拟工程土样,进行土的强度、固结、渗透、击实等土力学综合性试验,为设计施工提供可靠依据	① 现场调查,取样鉴别 ② 制定试验计划 ③ 组织实施 ④ 试验资料的整理 ⑤ 报告总结	培养学生运用已学到的知识独立分析、解决工程实际问题的能力、创新能力和组织、管理能力	

## 1.3 土样采集

为研究地基土的工程性质,需要从建筑场地中采集原状土样,送到实验室进行土的各项物理力学试验。保证试验数据可靠性的关键一环就是保持试验的土样原状结构、密度与含水率。为取到高质量的未扰动土,要采用一套正确的取土技术,包括钻进方法、取土方法、包装和保存。

### 1.3.1 影响取土质量的因素

取土的质量对岩土工程性质的评价可靠性起着关键作用。取土质量无法保证,则取土数量和试验的数量再多、试验仪器再好、试验方法再严格,也无法使试验结果正确地反映实际。影响取土质量的因素如表 1-3 所示。

表 1-3 影响取土质量的因素

因素	说明
应力变化	① 钻探操作工艺、钻头扰力,泥浆压力,孔内外水位差 ② 从取土器中推出土样,围压卸除,溶于水中的气体以气泡形式释出
取土技术	① 取土器的结构和几何参数(如长径比、面积比、内间隙比等) ② 取土方式(压入、打入等)
其他	① 运输过程的振动失水等 ② 储存过程的物理、化学变化(温度、化学、生物作用) ③ 制备土样时切削扰动

### 1.3.2 取土质量等级

《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2012)把土样按照扰动程度划分为 4 级,如表 1-4 所示。

表 1-4 土样质量等级划分

级别	扰动程度	可供试验项目
I	未扰动	土类定名、含水率、密度、强度试验、固结试验
II	轻微扰动	土类定名、含水率、密度
III	显著扰动	土类定名、含水率
IV	完全扰动	土类定名

### 1.3.3 取土方法

土样可通过钻孔、探井、探槽或探洞等方式采集。在采集土样时,对不同等级土样采取要求不同的取土方法和工具,除应按现行勘测、勘察规范规定的取样工具和方法进行外,应使所取的土样具有代表性。

在钻孔内取土器采取土样,取土器直径不得小于 100 mm,并使用专门的薄壁取土器。挖掘探井、探槽或探洞,在掘探井、探槽或探洞中人工切削取块试样,其质量可达 I 级。

## 1.4 土的工程分类、鉴别和描述

### 1.4.1 土的工程分类

土的分类具有重要意义。在工程中,根据土的分类可大致判断土的工程性质等。所以,科学、合理地划分土类别十分必要。土的分类方法很多,不同部门选用不同方法。在建筑工程领域,一般根据地质成因、工程性质分类。无黏性土按照颗粒级配分类,而黏性土按照塑性指数  $I_p$  分类。

在天然土层中,土的种类很多。为评价土的工程性质及进行地基基础设计与施工必须对

土进行工程分类。作为建筑物地基的土可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土六大类。

### 1. 岩石及工程分类

岩石(基岩)是指颗粒间牢固联结,形成整体或具有节理、裂隙的岩体。它作为建筑场地和建筑地基可以按照以下原则分类。

岩石的坚固性按照岩块的饱和单轴抗压强度  $f_{rk}$  可以分为坚硬岩石、较硬岩石、较软岩石、软岩和极软岩石五种。其划分标准如表 1-5 所示。

表 1-5 岩石分类标准

MPa

$f_{rk} > 60$	$15 < f_{rk} \leq 30$	$30 < f_{rk} \leq 60$	$5 < f_{rk} \leq 15$	$f_{rk} \leq 5$
坚硬岩石	较硬岩石	极软岩石	软岩	极软岩石

### 2. 碎石土

碎石土指粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过总质量的 50% 的土。碎石土的颗粒级配、形状、大小、颗粒间填充物的性质及密实程度对其承载力都有重要影响。

碎石土根据粒组含量及颗粒形状可分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾。具体划分如表 1-6 所示。

表 1-6 碎石土的分类

分类	颗粒形状	粒组含量
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200 mm 的颗粒含量超过总质量的 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20 mm 的颗粒含量超过总质量的 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过总质量的 50%
角砾	棱角形为主	

碎石土的密实度一般用定性的方法由野外描述确定,卵石的密实度可以按照超重型动力触探的锤击数划分。

碎石土的密实程度据其可挖性、可钻性等野外鉴别方法确定,分为密实、中密、稍密和松散四种(平均粒径大于 50 mm 或最大粒径超过 100 mm)。

平均粒径小于 50 mm 且最大粒径不超过 100 mm 的碎石土可用标准贯入试验将碎石土的密实度划分为松散、稍密、中密、密实四种,如表 1-7 所示。

表 1-7 碎石土分类标准

次

$N \leq 5$	$5 < N \leq 10$	$10 < N \leq 20$	$N > 20$
松散	稍密	中密	密实

碎石土的粒径越大、含量越多,承载力越高;骨架颗粒呈圆形填充砂土者比棱角形填充黏土者承载力高。

碎石土没有黏性和塑性,强度高、压缩性低、透水性好,可作为良好的天然地基。



### 3. 砂土

砂土是指粒径大于 2 mm 的颗粒含量不超过总质量的 50%，而粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量大于 50% 的土。

根据粒径含量，砂土可分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂五种，具体划分标准(GBJ7—07)如表 1-8 所示。

表 1-8 砂土的分类

土的名称	粒组含量
砾砂	粒径大于 2 mm 的颗粒超过总质量的 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5 mm 的颗粒超过总质量的 50%
中砂	粒径大于 0.25 mm 的颗粒超过总质量的 50%
细砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒超过总质量的 85%
粉砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒超过总质量的 50%

砂土的密实度可按照标准贯入锤击数  $N_{63.5}$  分为密实、中密、稍密和松散四种，如表 1-9 所示。

表 1-9 砂土密实度划分标准

次

$N \leq 10$	$10 < N \leq 15$	$15 < N \leq 30$	$N > 30$
松散	稍密	中密	密实

砂土湿度按照饱和度划分为饱和、很湿和稍湿三种，即  $S_r < 50\%$  稍湿， $50\% \leq S_r \leq 80\%$  很湿， $S_r > 80\%$  饱和。

### 4. 粉土

塑性指数  $I_p$  小于或等于 10 的土称为粉土。其性质介于黏性土与砂土之间(粒径  $d > 0.075$  mm 的颗粒含量不超过 50%，且  $I_p \leq 10$  的土为粉土)，又可分为砂质粉土与黏质粉土。

粉土的密实度与孔隙比有关。 $e < 0.75$  的粉土为密实，强度比较高，可作为建筑物的天然地基； $0.75 \leq e < 0.9$  为中密； $e > 0.9$  时为稍密。饱和稍密的粉土在地震时易产生液化，为不良地基。

粉土的湿度状态用天然含水率  $\omega$  划分： $\omega < 20\%$  为稍湿， $20\% \leq \omega < 30\%$  为湿， $\omega \geq 30\%$  为很湿。

### 5. 黏性土

塑性指数  $I_p > 10$  的土为黏性土，黏性土按照塑性指数分类。根据塑性指数  $I_p$ ，黏性土分为两种： $I_p > 17$  为黏土， $10 < I_p \leq 17$  为粉质黏土。

黏性土的软硬状态根据液性指数  $I_L$  划分情况如表 1-10 所示。

表 1-10 黏性土软硬程度划分标准

$I_L \leq 0$	$0 < I_L \leq 0.25$	$0.25 < I_L \leq 0.75$	$0.75 < I_L \leq 1$	$I_L > 1$
坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑

黏土的矿物颗粒较小，但大多数学者取颗粒尺寸为 0.005 mm 以上。如果颗粒小于



0.005 mm,称为胶体。

工程性质:黏性土与水反应强烈,随着含水量的不同,黏性土处于不同的状态,密实硬塑状态的黏性土为良好地基,疏松流塑状态的黏性土为软弱地基。

#### 6. 人工填土

由人类活动堆填形成的各类土,称为人工填土。它与上述五类自然生成的土是有区别的。人工填土物质成分杂乱,均匀性差。按照组成和成因可分为素填土、杂填土和冲填土。

##### (1) 素填土

由碎石、砂土、粉土、黏性土等组成的填土,称为素填土。

##### (2) 杂填土

含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土,称为杂填土。

##### (3) 冲填土

由水力冲填泥砂而形成的沉积土称为冲填土。

总之,由于人工填土堆积年代较新,沉积时间短,所以其工程性质不良。其中,压实填土相对较好,而杂填土因成分杂,分布不均匀,工程性质最差。

### 1.4.2 土的简易鉴别方法

简易鉴别地基土可用目测法代替筛分法确定土颗粒组成及其特征。对碎石土和砂土的鉴别方法,可利用日常熟悉的食品如绿豆、小米、砂糖、玉米面的颗粒作为标准,进行对比鉴别,如表1-11所示。

表 1-11 碎石与砂土的简易鉴别

土类 土名 土名鉴别方法		观察颗粒粗细	干土状态	湿土状态	湿润时用手拍击
碎石土	卵石 (碎石)	1/2 以上(指重量,下同)颗粒接近或超过干枣大小(约 20 mm)	完全分散	无黏着感	表面无变化
	圆砾 (角砾)	1/2 以上颗粒接近或超过绿豆大小(约 2 mm)	完全分散	无黏着感	表面无变化
砂	砾砂	1/4 以上颗粒接近或超过绿豆大小	完全分散	无黏着感	表面无变化
	粗砂	1/2 以上颗粒接近或超过小米粒大小	完全分散	无黏着感	表面无变化
	中砂	1/2 以上颗粒接近或超过砂糖	完全分散	无黏着感	表面无变化
土	细砂	颗粒粗细类似粗玉米面	完全分散	偶有轻微黏着感	接近饱和时表面有水印
	粉砂	颗粒粗细类似细白糖	颗粒部分分散、部分轻微胶结	偶有轻微黏着感	接近饱和时表面翻浆

对黏性土与粉土的鉴别方法,根据手搓油腻或砂粒感等感觉,加以区分和鉴别,如表1-12所示,新近沉积黏性土的野外鉴别方法如表1-13所示。