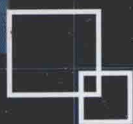




普通高等教育规划教材



土工试验教程

谷端伟 原俊红 主 编
南雪兰 高玉英 副主编
高占云 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

土工试验教程

谷端伟 原俊红 主 编
南雪兰 高玉英 副主编
高占云 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书根据高等学校土木工程、道路桥梁与渡河工程及其相关专业应用型本科层次的教学要求编写而成。主要包括土工试验的一般知识与岩土工程分类,矿物、岩石的认识与肉眼鉴定,土的物理性质、水理性质、力学性质、化学性质,有机质含量及岩石的工程性质试验。

本书主要作为应用型本科院校学生、高职高专院校学生学习公路工程地质、土质学与土力学、土工技术设计等课程的试验指导书,也可作为公路工程试验人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土工试验教程 / 谷端伟, 原俊红主编. -- 北京 :
人民交通出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-114-11219-5

I. ①土… II. ①谷… ②原… III. ①土工试验—高等学校—教材 IV. ①TU41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 036395 号

普通高等教育规划教材

书 名: 土工试验教程

著 作 者: 谷端伟 原俊红

责任编辑: 王 霞

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 9

字 数: 209 千

版 次: 2014 年 3 月 第 1 版

印 次: 2014 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11219-5

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

本教程主要以普通高等教育土木工程和高等职业技术教育公路与桥梁专业的教学大纲规定的试验项目为主,并参照中华人民共和国行业标准《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)、《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)和相关教材及《公路土工试验教程》等编写而成。

本教程主要介绍土的物理性质、水理性质、颗粒大小、力学性质、化学性质,有机质含量等相关试验项目,也介绍了矿物和岩石的认识与鉴定方法,以及岩石的工程地质性质试验。在编写过程中,考虑到各院校和施工单位的具体情况,我们增列了一些非标准试验方法;为了便于广大读者学习和掌握各个试验项目,我们加大了试验目的与原理的编写力度;为方便计算、记录及绘图,我们列举了一些例子,这些例子不一定与实际完全相符,但它说明了记录表的填写方法、数据的精度要求和图件的绘制方法等。

本教程主要作为交通行业土木工程专业本科学生学习公路工程地质、土质学与土力学课程的试验指导,也可以作为高职高专学生学习工程地质、土质学和土力学与地基基础课程的试验用书,同时也可以供公路土工试验人员及其他行业土工试验人员参考。为便于学生对知识的学习和掌握,我们还编写了与之相配套的《土工试验报告》。

本教程由内蒙古大学谷端伟、南雪兰、原俊红、高玉英编写,高占云教授(呼和浩特职业学院)主审。具体编写分工如下:第一章、第二章、第三章的第一节、第二节由原俊红编写;第三章的第三节、第四节及第四章的第二节、第五章由南雪兰编写;第四章的第一节、第八章由高玉英编写;第六章、第七章及土工试验报告由谷端伟编写,全书由谷端伟统稿、定稿。同时桥梁系许多教师对书稿提出了宝贵意见,给予了大力的支持。

最后,编者对主审人高占云教授的精心审核表示衷心感谢,对内蒙古大学交通学院桥梁系所有教师在本书编写过程中给予的帮助和支持深表感谢。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中的错误和缺点在所难免,敬请读者不吝指教,以便再版修正。

编 者

2013年12月

目 录

第一章 土工试验的一般知识与岩土的工程分类	1
第一节 土木工程试验的一般知识	1
第二节 岩土的工程分类	5
第二章 主要造岩矿物和岩石的认识与鉴定	16
第一节 主要造岩矿物的认识与鉴定	16
第二节 三大类岩石的认识与鉴定	20
第三节 岩石的鉴定和描述	31
第三章 土的物理性质试验	35
第一节 土粒密度试验	35
第二节 土体密度试验	38
第三节 土的天然含水率试验	43
第四节 砂的相对密度试验	48
第四章 土的颗粒分析试验	52
第一节 筛分法试验	52
第二节 沉降分析法试验	55
第五章 土的水理性质	64
第一节 黏性土的界限含水率试验	64
第二节 土的渗透试验	71
第三节 土的毛细上升高度试验	78
第六章 土的力学性质试验	82
第一节 土的击实试验	82
第二节 土的压缩试验	87
第三节 土的直接剪切试验	91
第四节 三轴试验	94
第五节 土的承载比(CBR)试验	100
第七章 土的有机质化学性质试验	107
第一节 土的有机质含量试验	107

第二节 土中易溶盐试验.....	110
第八章 岩石的工程地质性质试验.....	119
第一节 岩石的密度与相对密度试验.....	119
第二节 岩石的吸水性试验.....	125
第三节 岩石的力学性质试验.....	127
第四节 岩石的耐候性试验.....	129
参考文献.....	136

第一章 土工试验的一般知识与岩土的工程分类

第一节 土木工程试验的一般知识

土工试验用来测定岩土体的物理、力学、化学和其他工程性质,为供岩土工程设计和施工控制提供依据。土工试验有两种方式,即室内试验和原位试验。前者是对采取的土样进行试验,后者是在现场自然条件下直接进行试验。

土工试验的任务在于了解岩土的各种工程性质,为土木工程的设计、施工提供符合实际情况的各种土的工程性质指标。为此,必须采制具有代表性的土样,按正确的试验方法,计算准确的数据,进行正确的资料分析和成果整理。

一、试样的采取

1. 采取原状土样或扰动土样应根据工程性质决定

凡属桥梁、涵洞、隧道、挡土墙、建筑物的天然地基以及挖方边坡、渠道等,应采取原状土样;凡属填土路基、堤坝、地基基础回填等,应采取扰动土样。对土料场不同土层,除采取扰动土样外,还应采取一定的原状土样(提供天然含水率和天然密度指标)。按料场土层厚度,扰动土样可分层采取或取混合样。不论何种工程,如果只要求进行土的分类,可只采取扰动土样。

2. 土样可在试坑、平洞、竖井、天然地面、基坑以及钻孔中采取

在采取土样时,应按现行规范规定的取样工具和方法进行。采取原状土样时,应使土样不受扰动,必须保持土样的原始结构及天然含水率。用钻机取土时,土样直径不得小于 10cm,并使用专门的薄壁取土器;在试坑中或天然地面下挖取原状土样时,可用有上下盖的铁皮取土筒,打开下盖,扣在欲取的土层上,边挖筒周围土,边压土筒至筒内装满土样,然后挖断筒底土层(或左右摆动即断),取出土筒,翻转削平筒内土样。若周围有空隙可用原土填满,盖好下盖,密封取土筒。采取扰动土样时,应先清除表层土,然后用四分法取样。

3. 取土数量

应满足要求进行的试验项目和试验方法的需要,土样数量可参照表 1-1 采取。

4. 土样采集时必须进行原始记录和土样编号

无论从试坑还是从钻孔中取样,均应附有标签,记录工程名称和每一个试坑或钻孔的编号、高程、取样深度或位置、取样日期。如系原状土应注明取土方向和取样说明,记录土层的变化和厚度、地下水位高程、土样野外描述和定名、取土方法、扰动或原状、取土过程中的某些现象(如有无承压水出现)、气候、取样者和取土日期等。

标签宜用韧质纸,用墨水笔书写清楚,贴于原状土筒上。如袋装扰动土,可用木板作标签

放置袋内,并在袋外面标记土样编号。

各试验取样数量表 表 1-1

试 验 项 目	黏 土		砂 土		最大 粒径	备 注
	原状土(筒) φ10cm×20cm	扰动土(g)	原状土(筒) φ10cm×20cm	扰动土(g)		
含水率(%)		30~50		30~50		
密度(重度)	1		1			
比重(土粒密度)		50		50		
颗粒分析		100~400		200~4000		砂土取土量视最大粒径而定
界限含水率		500		500	<0.5	
相对密度			1	2000		
击实承载比		3000		3000		试筒体积 997cm ³ , 土重复
渗透	1	2000		4000~5000		
固结	1	1000				
直剪	1	2000		3000		
三轴试验	2	5000		5000		
化学性质		1000		1000		

二、土样的保管和运输

不论是原状土还是保持天然含水率的扰动土,在采取之后,应立即封闭取土筒或盛土容器,未取满钻孔原状土样的取样筒,应以接近原状土湿度的扰动土填充后再行封装。土筒上所有缝隙,应以胶布封严,贴上标签,浇注融蜡。如无取土筒,也可将取出的原状土块用纱布包裹以后,贴上标签,浇注融蜡,以防水分散失。

应将装箱之前,封闭之后的原状土样存放于阴凉潮湿的地方,或挖浅坑埋起,盖上湿土。不需要保持天然含水率的扰动土,最好经过风干稍加粉碎后装入袋中。

土样运输时,原状土筒或封好的土块,均应装入木箱。装箱时土样与木箱之间的空隙应以稻草、木屑等软物充填,以免土样在运输过程中受到震动。箱体应编号并标明“小心轻放”、“切勿倒置”、“上”、“下”等字样。

三、土样的接受与管理

土样运送到试验单位,应主动递送“试验委托书”,委托书各栏根据“取样记录”的存根填写清楚,若还有其他试验要求,可在委托书上注明(如:剪切试验是三轴还是直接剪切,排水是哪种方式等)。试验委托书应包括试验室名称、委托日期、土样编号、试验室编号、土样编号(野外鉴别)、取样地点和里程桩号、孔号、取样深度、试验目的、试验项目以及责任人等。

试验单位接到土样后,根据试验委托书进行验收。验收时必须核对土样数量、编号是否相符,所送土样能否满足试验项目和试验方法的要求。验收后立即进行试验室登记、编号。登记内容包括:工程名称、委托单位、送样日期、室内编号、野外编号、取土地点和取土深度、试验项目和要求及提交试验报告的日期等。

土样送交试验单位验收、登记后,试验单位即将原状土样和扰动土样按顺序分别存放。土样经过试验之后,如有余土,应储存于适当容器内,并标记工程名称及室内土样编号,妥为保管,以备审核试验报告之用。一般保管至试验报告发出,委托单位收到报告后一个月。如无人查询,即可将土样处理;如有疑问,可以用余土复试。

四、土样的制备

1. 土样制备程序

土样在试验前必须经过制备程序,包括土的风干、碾散、过筛、匀土、分样和储存等程序。土样制备程序视需要的试验而异,故土样制备前应拟定好土工试验计划。

2. 扰动土样的制备

应先进行土样描述,如颜色、土类、气味及夹杂物等;如需要,将扰动土样充分拌匀,取代表性土样进行含水率测定。

将块状扰动土放在橡皮板上用木碾或利用碎土机碾散(切勿压碎颗粒);对配制含水率试验的土样,如含水率较大时,可先风干至易碾散为止。

根据试验所需土样数量,将碾散后的土样过筛。力学性质试验土样,过 2mm 筛,过筛后用四分法对角取样,取足够数量的代表性土样,装入玻璃缸内,标以标签,以备试验之用。

为配制一定含水率的土样,取过 2mm 筛的足够试验用的风干土 1~5kg,按式(1-1)计算所需的加水量。

$$W_w = \frac{W}{1 + 0.01w_0}(w - w_0) \quad (1-1)$$

式中: W_w ——土样所需加水质量, g;

W ——风干含水时的土样质量, g;

w_0 ——风干含水率, %;

w ——土样所需要的含水率, %。

将风干土平铺在不吸水的盘内,用喷雾设备喷洒预计的加水量,静置一段时间,再装入玻璃缸内盖紧,湿润一昼夜备用(砂性土时间可酌情减少)。

测定土样不同位置的含水率(至少两个以上),要求差值不大于 $\pm 1\%$ 。

对不同土层的土样制备混合土样时,应根据各层土的厚度,按比例计算相应的质量配合比,然后按上述内容进行制备工作。

3. 制备扰动土样时的精度和数量要求

称重准确至 0.1g。

试样制备的数量视试验项目而定,一般应多 1~2 个备用,平行试验或一组内的试样重度、

含水率与制备标准之差值应控制在 $\pm 0.02\text{g/cm}^3$ 与 $\pm 1\%$ 范围内,且各试样间的差值分别要求在 0.02g/cm^3 和 1% 以内。

4. 用击实法制备扰动土试样

根据试样所要求的干密度、含水率,计算出湿土质量及加水质量,制备湿土样。用击实试验中标准击实方法,将土样击实到所需的重度,用推土器推出。

将试验用的切土环刀内壁涂一薄层凡士林,刀口向下,放在土样上。用切土刀将土样削成略大于环刀直径的土柱。然后将环刀垂直向下压,边压边削,至土样伸出环刀为止。削去两端余土并修平,擦净环刀外壁,称环土总质量。

(1) 用击样法制备扰动土试样。

根据环刀的容积及所要求的干密度,计算湿土质量及加水质量,制备湿土样。

将湿土倒入预先装好的环刀内,并固定在底板上的击实器内,用击实方法将土击入环刀内。取出环刀,称环土总质量。

(2) 用压样法制备扰动土试样。

按原状土试样制备要求称出所需的湿土质量。将湿土倒入预先装好环刀的压样容器内,拂平土样表面,以静压力将土样压入环刀内。取出环刀,称环土总质量。

5. 原状土试样制备

按土样上下层次小心开启原状土包装,将土样取出放正,整平两端。在环刀内壁涂一层凡士林,刀口向下,放在土样上,无特殊要求,切土方向与天然土层层面垂直。按上一步要求的操作方法切取土样,土样与环刀要密合,否则应重取。

在切削过程中,应仔细观察并记录试样的层次、气味、颜色,有无杂质,土质是否均匀,有无缝隙等。

如连续切取数个试样,应注意使含水率不发生变化。

视试样本身及工程要求,决定试样是否进行饱和,如不立即进行试验或饱和时,则将试样暂存于保湿器内。

切取试件后,剩余的原状土样用蜡纸包好置于保湿器内,以备补做试验之用。切削的余土做物理性质试验。平行试验或同一组试件密度差值不大于 $\pm 0.1\text{g/cm}^3$,含水率差值不大于 2% 。

冻土制备原状土样时,应保持原土样温度,保持土样的结构和含水率不变。

五、土样的饱和

土的孔隙逐渐被水充填的过程称为饱和。孔隙被水充满时的土,称为饱和土。一般应根据土的性质,确定饱和方法。

砂类土:可直接在仪器内饱和。

较易透水的黏性土:即渗透系数大于 10^{-4}cm/s 时,采用毛细管饱和法较为方便,或采用浸水饱和法。

不易透水的黏性土:即渗透系数小于 10^{-4}cm/s 时,采用真空饱和法。如土的结构性较弱,抽气可能发生扰动,不宜采用。

第二节 岩土的工程分类

岩土体是自然地质历史的产物,它的成分、结构和性质是千变万化的,其工程性质也是千差万别的。为了能大致地判断岩土体的基本性质,合理地选择研究内容及方法以及在科学技术交流中有共同的语言,有必要对岩土体进行科学的分类。本书以《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)为例来介绍岩石的工程分类。

一、岩石的工程分类与分级

岩石的分类是根据岩石的共同点与差异点而分为同类与异类。岩石的差异性是绝对的,但同一性是相对的。因此分类是在绝对的差异中求相对的统一;而在相对的统一中仍包含着内在的差异,这就产生分级的问题。从总体上说,岩石分类是根据岩石某一特性来加以划分的;而分级则是对同一性的岩石进行定量的划分。两者之间是有联系的,分级是在分类的基础上进行的。

1. 岩石的分类

(1)岩石按坚硬程度划分见表 1-2。

岩石按坚硬程度划分 表 1-2

坚硬程度	坚硬岩	极硬岩	极软岩	软 岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 标准值 f_{rk} (MPa)	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

(2)岩体按完整程度划分见表 1-3。

岩体按完整程度划分 表 1-3

完整程度等级	完 整	较完整	较破碎	破 碎	极破碎
完整性指数	> 0.75	$0.75 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.35$	$0.35 \sim 0.15$	< 0.15

(3)岩体按节理发育程度划分见表 1-4。

岩体按节理发育程度划分 表 1-4

程度	节理不发育	节理发育	节理很发育
节理间距 (mm)	> 400	$200 \sim 400$	$20 \sim 200$

(4)岩石按软化系数分类见表 1-5。

岩石按软化系数分类 表 1-5

岩石名称	软化系数 K_R	岩石名称	软化系数 K_R
不软化的岩石	$K_R > 0.75$	软化岩石	$K_R \leq 0.75$

2. 岩石的分级

(1)岩石坚硬程度定性分级见表 1-6。



岩石按坚硬程度定性分级

表 1-6

名 称		鉴 定	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	锤击声清脆,有回弹,震手,难击碎,浸水后大多无吸水反应	未风化~微风化的花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英岩、石英砂岩、硅质砾岩、硅质石灰岩等
	较坚硬岩	锤击声清脆,有轻微回弹,稍震手,较难击碎,浸水后有轻微吸水反应	①微风化的坚硬岩; ②未风化~微风化的大理岩、板岩、石灰岩、白云岩、钙质砂岩等
软质岩	较软岩	锤击声不清脆,无回弹,较易击碎,浸水后指甲可刻出印痕	①中等风化~强风化的坚硬岩或较硬岩; ②未风化~微风化的凝灰岩、千枚岩、泥灰岩、砂质泥岩等
	软岩	锤击声哑,无回弹,有凹痕,易击碎,浸水后手可掰开	①强风化的坚硬岩或较硬岩; ②中等风化~强风化的较软岩; ③未风化~微风化的页岩、泥岩、泥质砂岩等
极软岩		锤击声哑,无回弹,有较深凹痕,手可捏碎,浸水后可捏成团	①全风化的各种岩石; ②各种半成岩

(2) 岩石按风化程度的分级见表 1-7。

岩石按风化程度的分级

表 1-7

风化程度	野 外 特 征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	岩质新鲜,偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变,仅节理面有渲染或略有变色,有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中风化	结构部分破坏,沿节理面有次生矿物,风化裂隙发育,岩体被切割成岩块。岩心钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏,矿物成分显著变化,风化裂隙很发育,岩体破碎,用镐可挖,干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏,但尚可辨认,有残余结构强度,可用镐挖,干钻可钻进	0.2~0.4	—
残积土	组织结构全部破坏,已风化成土状,锹镐易挖掘,干钻易钻进,具可塑性	<0.2	—

注:1. 波速比 K_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比。

2. 风化系数 K_f 为岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。

3. 花岗岩类岩石,可采用标准贯入试验划分, $N \geq 50$ 为强风化, $50 > N \geq 30$ 为全风化, $N < 30$ 为残积土。

4. 泥岩和半成岩,可不进行风化程度划分。

(3) 岩体按完整程度定性分级见表 1-8。

岩体按完整程度定性分级

表 1-8

名称	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面的类型	相应结构类型
	结构面组数	平均间距(m)			
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	裂隙、层面	整体状或巨厚状结构
较完整	1~2	>1.0	结合差	裂隙、层面	块状或厚层结构
	2~3	1.0~0.4	结合好或结合一般	—	块状结构
较破碎	2~3	1.0~0.4	结合差	节理、裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层结构
	≥3	0.4~0.2	结合好		镶嵌碎裂结构
			结合一般		中、薄层状结构
破碎	≥3	0.4~0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构
		≤0.2	结合一般或结合差		碎裂状结构
极破碎	无序	—	结合很差	—	散体状结构

注:平均间距指主要结构面(1~2组)间距的平均值。

二、土的工程分类

土的工程分类是土质土力学中一个重要的基础理论课题。对种类繁多、性质各异的土按一定的原则进行分类,目的是选择有效的研究方法和手段,针对不同工程结构物的要求,对不同的土做出正确的评价,以便合理利用和改造各种土。

(一)土的工程分类的基本类型

土的工程分类可以概括为两种基本类型。

(1)一般性分类:包括工程建设中常遇到的各类土,它是根据土的主要工程地质特性进行分类的。这是一种全面的综合性分类,也称通用分类。

(2)专门性分类:根据某些工程部门的具体需要进行的分类。它紧密结合工程建筑类型,直接为工程勘察、设计与施工服务。专门性分类是一般性分类在实际应用中的补充与发展。

(二)土的工程分类的一般原则和形式

土是自然历史的产物,土的特性与土的成因有密切关系,故常将成因和形成年代作为最基本的第一级分类标准,即所谓地质成因分类。土的物质成分(粒度成分和矿物成分)及其与水相互作用的特点,是决定土的工程地质性质的最本质因素,故将反映土的物质成分和与水相互作用的有关特征作为第二级分类标准,即所谓土质分类。根据土质分类可初步了解土的最基本特性及其对工程建筑的适用性与可能出现的问题。但由于土的结构及其所处的状态不同,土的指标变化很大。为提供工程设计、施工所需要的资料,必须进一步进行第三级土的分类,即土的工程分类。这种分类主要考虑与水作用所处的状态、土的密实程度与压缩性特点等将土进行详细划分,以满足工程的要求。

(三)我国土的工程分类

我国已建立了较为完整的土的工程分类体系,并于2007年颁布了中华人民共和国国家标准《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007),这是我国工程建设所涉及土类的通用分类标

准。该分类标准是根据多个国家广泛应用的分类法的基本原理,结合我国实际情况制定的。此外,各行业的工程部门根据各自的专门需要编制了专门分类标准。本书主要介绍《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)中土的工程分类。

土的工程分类(简称“分类”)适用于公路工程用土的鉴别、定名和描述,以土的下列特征作为分类依据:土颗粒组成特征;土的塑性指标,其包括液限(w_L)、塑限(w_P)和塑性指数(I_P)。

1. 粒组的划分(表 1-9)

《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)划分粒组的方法

表 1-9

200	60	20	5	2	0.5	0.25	0.075	0.002(mm)	
巨粒组		粗 粒 组						细粒组	
漂石 块石	卵石 (小块石)	砾(角砾)砂			砂			粉粒	黏粒
		粗	中	细	粗	中	细		

2. 工程用土分类体系(图 1-1)

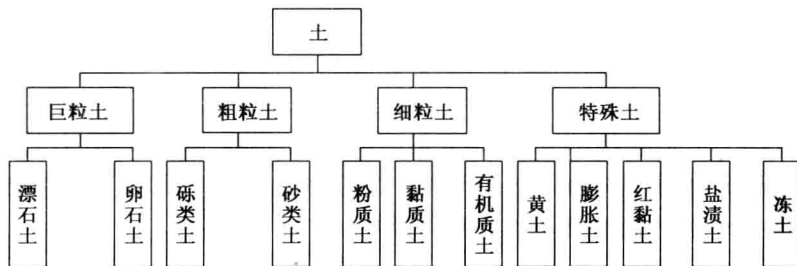


图 1-1 《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)的工程用土分类体系

3. 土的名称和代号(表 1-10)

《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)中土的名称和代号

表 1-10

名 称	代 号	名 称	代 号	名 称	代 号
漂石	B	级配良好	SW	含砾低液限黏土	CLG
块石	Ba	级配不良砂	SP	含砂高液限黏土	CHS
卵石	Cb	粉土质砂	SM	含砂低液限黏土	CLS
小块石	Cba	黏土质砂	SC	有机质高液限黏土	CHO
漂石夹土	BSI	高液限粉土	MH	有机质低液限黏土	CLO
卵石夹土	CbSI	低液限粉土	ML	有机质高液限粉土	MHO
漂石质土	SIB	含砾高液限粉土	MHG	有机质低液限粉土	MLO
卵石质土	SICb	含砾低液限粉土	MLG	黄土(低液限黏土)	CLY
级配良好砾	GW	含砂高液限粉土	MHS	膨胀土(高液限黏土)	CHE
级配不良砾	GP	含砂低液限粉土	MLS	红土(高液限粉土)	MHR
细粒质砾	GF	高液限黏土	CH	红黏土	R
粉土质砾	GM	低液限黏土	CL	盐渍土	St
黏土质砾	GC	含砾高液限黏土	CHG	冻土	Ft

4. 各类土的详细定名分类

(1)巨粒土应按图 1-2 分类定名。

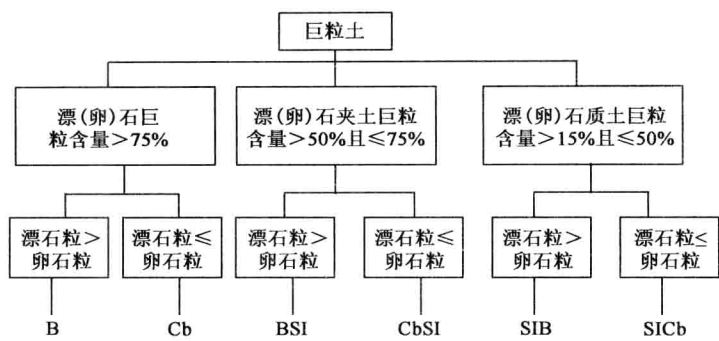


图 1-2 巨粒土的分类

注：1. 巨粒土分类体系中的漂石换成块石，B 换成 Ba，即构成相应的块石分类体系。

2. 巨粒土分类体系中卵石换成小块石，Cb 换成 Cba，即构成相应的小块石分类体系。

(2)试样中巨粒组土粒质量少于或等于总质量的 15%，且巨粒组与粗粒组土粒质量之和多于总土质量的 50%的土称为粗粒土。

粗粒土中砾粒组质量多于砂粒组质量的土称砾类土。砾类土应根据其中细粒含量和类别以及粗粒组的级配进行分类。分类体系见图 1-3。

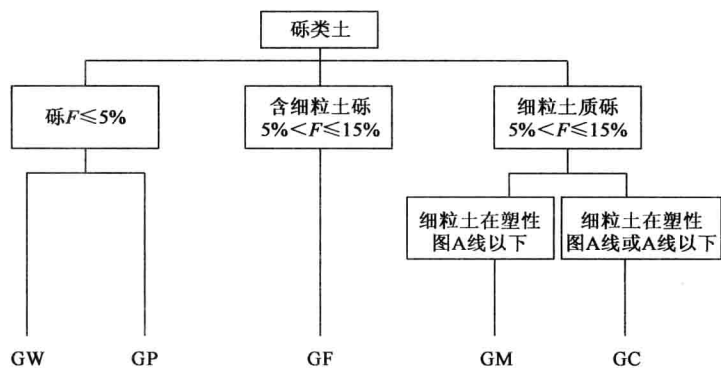


图 1-3 砾类土的分类

注：砾类土分类体系中的砾石换成角砾，G 换成 Ga，即构成相应的角砾土分类体系。

砾类土中细粒组质量少于或等于总质量的 5%的土称砾，按下列级配指标定名：当 $C_u \geq 5$ ，且 $C_c = 1 \sim 3$ 时，称为级配良好砾，记为 GW，反之，记为 GP。

(3)砂类土的分类见图 1-4。

(4)试样中细粒组土粒质量多于或等于总质量的 50%的土称为细粒土。分类体系见图 1-5。

(四)土的鉴别及分类

1. 实验室鉴别

(1)目标法鉴别。将研散的风干试样摊成一薄层，估计土中巨、粗、细粒组所占的比例，确定土的分类。

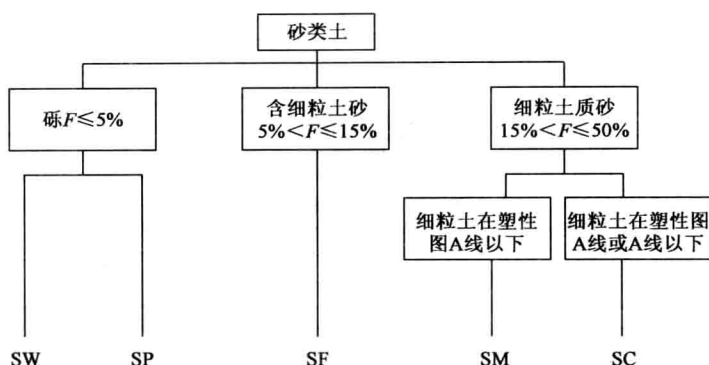


图 1-4 砂类土的分类

注：需要时，砂可进一步分为粗砂、中砂和细砂。

粗砂——粒径大于 0.5mm 颗粒多于总质量的 50%；

中砂——粒径大于 0.25mm 颗粒多于总质量的 50%；

细砂——粒径大于 0.075mm 颗粒多于总质量的 75%。

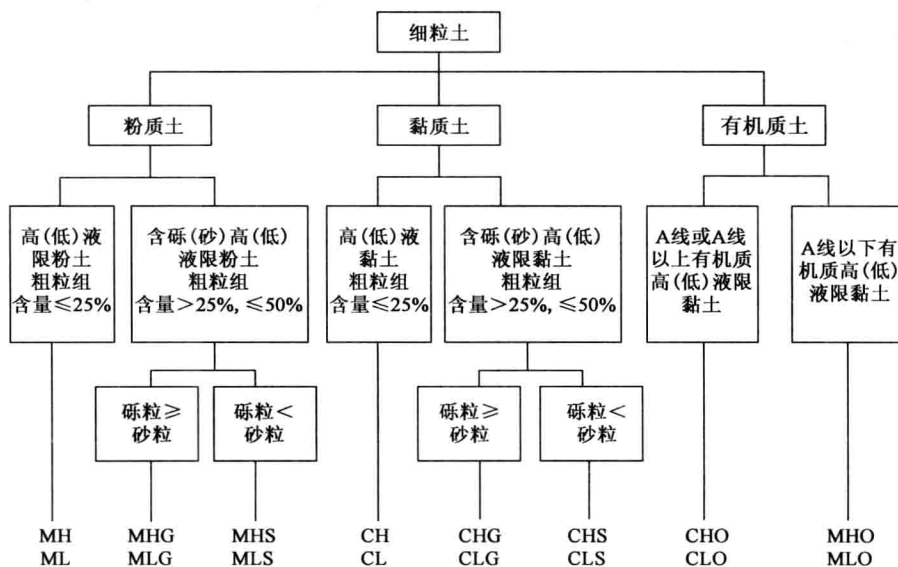


图 1-5 细粒土的分类

注：1. 试样中有机质含量多于或等于总质量的 5%，且少于总质量的 10% 的土称为有机质土。试样中有机质含量多于或等于 10% 的土为有机土。

2. 细粒土应按塑性图分类，见图 1-6，采用如下液限分区，低液限 $w_L \leq 50\%$ ，高液限 $w_L \geq 50\%$ 。

(2) 干强度试验。将一小块土捏成土团，风干后用手指捏碎、掰断及捻碎，并应根据用力的大小进行下列区分：很难或用力才能捏碎或掰断者为干强度高；稍用力即可捏碎或掰断者为干强度中等；易于捏碎或捻成粉末者为干强度低（当土中含碳酸盐、氧化铁等成分时会使土的干强度增大，其干强度宜再将湿土做手捻试验，予以校核）。

(3) 手捻试验。将稍湿或硬塑的小土块在手中捻捏，然后用拇指和食指将土块捏成片状，并应根据手感和土片光滑度进行下列区分：手滑腻，无砂，捻面光滑者为塑性高；稍有滑腻，有

砂粒，捻面稍有光滑者为塑性中等；稍有黏性，砂感强，捻面粗糙为塑性低。

(4)搓条试验。将含水率略大于塑限的湿土块在手中揉捏均匀，再在手掌上搓成土条，并应根据土条不断裂而达到的最小直径进行下列区分：能搓成直径小于 1mm 土条为塑性高；能搓成直径为 1~3mm 土条为塑性中等；能搓成直径大于 3mm 土条为塑性低。

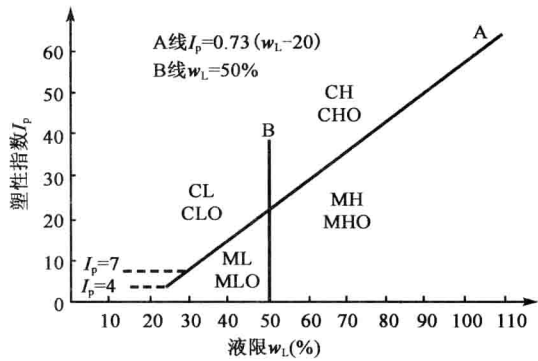


图 1-6 塑性图

(5)韧性试验。将含水率略大于塑限的土块在手中揉捏均匀，再在手掌中搓成直径为 3mm 的土条，并应根据再揉成土团和搓条的可能性进行下列区分：能搓成土团，再搓成条，揉而不碎者为韧性高；可再揉成团，捏而不易碎者为韧性中等；勉强或不能再揉成团，稍捏或不捏即碎者为韧性低。

(6)摇震反应试验。将软塑或流动的小土块捏成土球，放在手掌上反复摇晃，并以另一手掌击此手掌。土中自由水将渗出，球面呈现光泽；用两个手指捏土球，放松后水又被吸入，光泽消失。并应根据渗水和吸水反应快慢，进行下列区分：立即渗水及吸水者为反应快；渗水及吸水中等者为反应中等；渗水、吸水慢者为反应慢；不渗水、不吸水者为无反应。

(7)巨粒类土和粗粒类土可根据目测结果分类定名。

(8)细粒类土可据干强度、手捻、搓条、韧性和摇震反应等试验结果按表 1-11 分类定名。

(9)土中有机质系未完全分解动、植物残骸和无定形物质，可采用目测、手摸或嗅觉判别，有机质一般呈灰色或暗色，有特殊气味，有弹性和海绵感。

细粒土的简易分类 表 1-11

干强度	手 捻 试 验	搓条试验		摇震反应	土类代号
		可搓成土条的最小直径(mm)	韧性		
低~中	粉粒为主，有砂感，稍有黏性，捻面较粗糙，无光泽	3~2	低~中	快~中	ML
中~高	含砂粒，有黏性，稍有滑腻感，捻面较为光滑，稍有光泽	2~1	中	慢~无	CL
中~高	粉粒较多，有黏性，稍有滑腻感，捻面较光滑，稍有光泽	2~1	中~高	慢~无	MH
高~很高	无砂感，黏性大，滑腻感强，捻面光滑，有光泽	<1	高	无	CH

注：表中所列各类土凡成灰色或暗色且有特殊气味的，应在相应土类代号后加代号 O，如 MLO、CLO、MHO、CHO。