

住房和城乡建设领域
职业培训教材

地基与基础

建设部干部学院 主编



《华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/建设部干部学院 主编.

—武汉:华中科技大学出版社,2009.9

住房和城乡建设领域职业培训教材

ISBN 978-7-5609-5523-0

I. 地… II. 建… III. ①地基—技术培训—教材②基础
(工程)—技术培训—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 111121 号

地基与基础

建设部干部学院 主编

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

地 址:武汉市武昌珞喻路 1037 号(邮编:430074)

出 版 人:阮海洪

策划编辑:孙学良

责任编辑:于伟蓉

封面设计:曾新蕾

责任监印:张正林

印 刷:天津市泰宇印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:20.25

字 数:408 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版

印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5609-5523-0/TU·657

定 价:33.80 元

投稿热线:(010)64155588—8000 邮箱:hjztg@163.com

销售电话:(022)60266190,60266192,60266193,(022)60266199(兼传真)

网 址:www.hustpas.com;www.hustp.com

(凡购本书,如有缺页、脱页,请向本社发行部调换)

《住房和城乡建设领域职业培训教材》

编审委员会

主编单位:建设部干部学院

审定专家:丁绍祥 祁政敏 方展和 王庆生 张维德 王振生
熊爱华 彭爱京 史新华 吴月华 张玉海 邓祥发

编审委员:李禄荣 王亚雄 于拴根 何 钧 柳 伟 张建波
孙 威 耿承达 张心平 王 磊 焦建国 孟 波
宋国生 萧 宏 高 杰 丛向阳 宫本军 李鸿飞
孙忠波 于 超 戴 炜 霍振兴 王占良 白志忠
李艳杰 刘艳品 姚亚亚 仲伟嘉 王 震 杨又申
茹瑞英 冯育平 张 本 刘丙雨 曹聪慧 刘 丽
龙 齐 马慧慧 张海秀 裘荃荃 彦庭圆 霍月光
李 慧 王艳秋 赵 键

前 言

住房和城乡建设领域岗位技术管理人员(施工员、质量员、造价员、材料员、测量员、资料员、试验员、安全员)是建筑施工企业项目一线的技术骨干,对推动建筑业技术与管理的进步,促进建设工程领域的健康发展,起到了极其重要的作用。他们的专业知识水平和实际工作能力,不仅直接影响到建设工程项目的施工质量及企业经济效益,也在很大程度上影响着建筑业的发展进程与方向。建筑工程技术管理人员的教育与培训工作,一直是国家和地方建设行政主管部门及建筑施工企业的工作重点之一。

考虑到工程建设技术人员分散性、流动性以及施工任务繁忙、学习时间少等实际情况,为适应新形势下工程建设领域的技术发展和教育培训的工作特点,建设部干部学院组织了一批长期从事建筑专业教育培训的老师和有着丰富的一线施工经验的专业技术人员、专家,进行了多次的座谈并深入施工现场做了细致、系统的调研工作。在聆听了工程建设技术人员对自身工作和学习成长需求的基础上,根据建筑施工企业最新的技术发展,结合国家及各地方对于建筑施工企业技术管理人员考核的要求,编制了这套可读性强,技术内容最新,知识系统、全面,适合不同层次、不同岗位技术人员学习,并与其工作需要相结合的培训教材。

同时,这套教材也充分考虑、尊重并吸收了众多培训老师的意见和建议,对于建筑教育培训工作中教材的科学性、可读性、生动性等做了必要的调整和补充。

本套教材根据国家、行业及地方最新的标准、规范要求,结合了建筑工程技术管理人员实际工作和建筑工程施工技术体系特点,紧扣建筑施工新技术、新材料、新工艺、新产品的发展步伐,对涉及建筑施工的专业知识,进行了科学、合理的划分,由浅入深,重点突出。本套教材力求做到技术全面、系统、先进、实用;做到内容编排形式生动、易理解、可读性强;做到读者能在学习过程中提高工作能力,在实际工作中熟练运用专业技术知识。

《住房和城乡建设领域职业培训教材》丛书包括 19 个分册:《房屋建筑构造》、《建筑材料及试验》、《建筑力学》、《建筑结构》、《地基与基础》、《工程测量》、《建筑识图》、《建筑工程施工质量控制与验收》、《建筑工程质量事故分析与处理》、《建筑施工技术》、《建筑工程造价及相关知识》、《建筑工程施工组织设计与管理》、《建筑施工安全技术与管理》、《建筑工程资料管理与实务》、《建筑设备安装》、《建筑施工企业经营管理》、《建筑材料供应与管理》、《建筑电气》、《建筑施工机械》,包括建筑工程施工理论基础、建筑施工企业经营管理、建筑施工技术应用与施工管理、安全、职业健康及环境保护等知识,系统、全面、科学地对建筑工程

领域相关知识进行了阐述。

本丛书的特点是以相关考核大纲为依据,专业基础理论知识紧密结合现场施工实际,学习与工作并重,简明扼要,可读性强。

本丛书可以作为各地建筑施工企业、建筑业相关培训机构的职业培训教材,也可作为建筑工程技术人员日常工作、学习的参考用书。

本套丛书由建设部干部学院组织,众多专业技术人员及培训老师共同参与编写,由于我们组织经验不足以及时间仓促,书中难免存在一些疏漏、错误之处。敬请各省市有关培训单位和技术人员将问题以及意见反馈给我们,以便再版时修订。

《住房和城乡建设领域职业培训教材》编委会

2009年6月

目 录

第一章 地基岩土	1
第一节 土的组成及物理性质	1
第二节 岩土的分类	8
第三节 土的工程特性	13
第四节 土的力学性质指标	18
第二章 地基计算	25
第一节 地基的应力计算	25
第二节 地基沉降及变形计算	28
第三节 土的抗剪强度及地基稳定性	37
第四节 地基承载力计算	41
第五节 基础埋置深度计算	48
第三章 土方工程	56
第一节 土方开挖施工	56
第二节 土方回填与压实	70
第四章 边坡工程	78
第一节 边坡工程分类	78
第二节 高边坡设计	81
第三节 边坡工程的稳定性分析	84
第四节 边坡的稳定性评价	86
第五节 常见边坡支护结构设计要点	88
第六节 边坡变形的控制	98
第五章 基坑支护	100
第一节 基坑工程基本要求	100
第二节 基坑支护形式	103
第三节 基坑支护结构设计及施工	110
第四节 基坑降、排水	151
第六章 地基处理	170
第一节 地基处理技术分类及选择	170
第二节 换填垫层地基施工	178
第三节 夯实地基	188
第四节 深层挤密桩	198
第五节 预压(排水固结)法	216
第六节 灌入固化物(注浆)	229

第七节 加筋法	245
第八节 冷热处理	256
第七章 基础工程	260
第一节 基础的类型与选择	260
第二节 无筋扩展基础施工	270
第三节 扩展基础施工	278
第四节 柱下条形基础施工	280
第五节 高层建筑筏形基础施工	283
第六节 桩基础施工	286
第七节 沉井施工	307
附录 住房和城乡建设领域职业培训教材《地基与基础》教学大纲	311
参考文献	315

第一章 地基岩土

第一节 土的组成及物理性质

一、土的组成

在一般情况下,土是由三相组成的:固相——矿物颗粒和有机质;液相——水溶液;气相——空气。矿物颗粒构成土的骨架,空气与水则填充骨架间的孔隙。土的性质取决于各相的特性及其相对含量与相互作用。

1. 土的固体颗粒

土的固相主要由矿物颗粒及有机质组成。矿物颗粒集合体的形式对土性的影响可从颗粒级配、矿物成分等方面来看。

(1) 颗粒级配。

土中各个粒组的相对含量(各粒组占土粒总量的百分数)称为土的颗粒级配。土粒按大小及性质的不同,划分成若干粒组(表 1-1)。由表中可以看出,颗粒越小,与水的相互作用就越强烈。粗颗粒和水之间几乎没有物理化学作用,而粒径小于 0.005 mm 的黏^①粒和胶粒就受水的强烈影响,遇水时出现黏性、可塑性、膨胀性等粗颗粒所不具有的多种特性。很显然,土中所含的各个粒组的相对含量不同,表现出来的土的性质也就不同。

表 1-1 土粒的粒组

粒组名称	分界粒径/mm	一般特性
漂石及块石	>200	透水性大,无黏性,毛细水上升高度极微,不能保持水分
卵石及碎石	60~200	
圆砾及角砾	2~60	
砂粒	0.075~2	易透水,无黏性,毛细水上升高度不大,遇水不膨胀,干燥不收缩,呈松散状,不表现可塑性,压缩性甚微
粉粒	0.005~0.075	透水性小,毛细水上升高度较大,湿润时能出现微黏性,遇水时膨胀与干燥时收缩都不显著
黏土粒	0.002~0.005	几乎不透水,结合水作用显著,潮湿时呈现可塑性,黏性大,遇水膨胀与干燥收缩都较显著,压缩性大
胶粒	<0.002 ^①	

① 在胶体化学中认为粒径在 0.1 μm 以下的颗粒属于胶粒,但在土力学中认为粒径在 0.002 mm 以下的颗粒就具有胶粒的某些特性,也称之准胶粒。

① 在某些规范、图书、论文等中“黏”也常常写成“粘”用来表示与黏性相关,如粘土、粘粒、粘度、粘质粉土等。

确定粒组相对含量的常用试验方法有筛分法(对于粒径大于 0.075 mm 的粗粒土)和比重计法(对于粒径小于 0.075 mm 的细粒土)。

根据颗粒分析试验结果,可将其绘制成如图 1-1 所示的颗粒级配累积曲线(简称颗粒级配曲线)。图中纵坐标表示小于某粒径的土粒含量百分比,横坐标表示粒径(为对数坐标)。

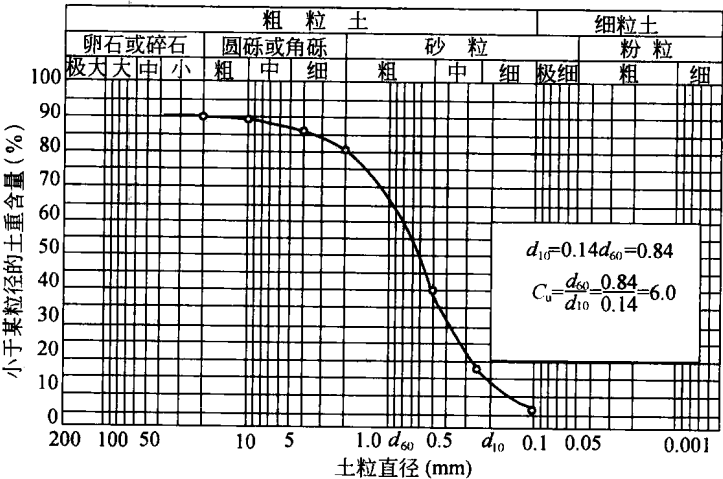


图 1-1 颗粒级配累积曲线

从颗粒级配曲线上可以直接了解土的粗细、颗粒大小分布的均匀程度以及级配的优劣。如级配曲线平缓,表示土中各种大小粒径均有,颗粒不均匀,级配良好;若曲线较陡,表示颗粒粒径相差不大,土粒较均匀,即级配不良。工程上常采用不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c 来衡量土体的颗粒级配情况。

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \tag{1-1}$$

$$C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \times d_{60}} \tag{1-2}$$

式中 d_{60} ——小于某粒径的土粒累计质量百分比为 60% 时的粒径,称限定粒径;

d_{10} ——小于某粒径的土粒累计质量百分比为 10% 时的粒径,称有效粒径;

d_{30} ——小于某粒径的土粒累计质量百分比为 30% 时的粒径。

工程上对土的级配状况可按如下规定判断。

1) 级配良好的土,颗粒级配曲线平顺,坡度较缓,土粒大小连续,能同时满足 $C_u > 5$ 及 $C_c = 1 \sim 3$ 的条件。

2)级配不良的土,土粒大小比较均匀,其颗粒级配曲线坡度较陡;或者土粒大小虽然较不均匀,但也不连续,其颗粒级配曲线呈阶梯状。不能同时满足 $C_u > 5$ 及 $C_c = 1 \sim 3$ 两个条件。

工程中用级配良好的土作为填土材料时,比较容易压实,并获得较大的密实度。

(2)土粒的矿物成分。

碎石土中的粗大颗粒,其矿物成分与母岩相同。砂粒的主要矿物成分是原生的石英、长石、云母。粉粒则可由次生的石英、钙和镁的碳酸盐构成。黏粒则主要由黏土矿物、氧化物、氢氧化物和各种难溶盐组成。

矿物成分对土的物理力学性质影响很大。石英、长石呈粒状,化学性质不活泼,堆积时形成的孔隙直径一般不大于颗粒直径。云母则呈片状,可以形成很松的堆积物。当砂土中含云母较多时,孔隙体积增大,使土的压缩性增加。土中的盐类可增强土粒间的胶结,减小压缩性,但可溶盐(NaCO_3 、 CaSO_4 、 NaCl 等),则遇水溶解,又使土的力学性质变坏。有机质往往使土的压缩性增加,不易压实,不宜作为填土材料,故在有机质含量超过3%(对砂)及5%(对黏性土)时,应特别注明。黏土矿物中以蒙脱石的亲水性最大,当土中此种矿物的含量较多时,表现出高塑性与很大的膨胀、收缩等性质。而高岭石的亲水性最小,有较高的水稳定性。

黏土矿物和腐殖质等细小颗粒的比表面(单位体积中颗粒的表面积总和)很大,因而具有很大的表面能,有时虽然它们在土中所占的重量比不过百分之几,但却足以改变土的性质。表1-2中数据充分显示比表面随着粒径的减小而急剧增大。据有关资料提供,蒙脱石的比表面为 $800 \text{ m}^2/\text{g}$,伊利石为 $80 \text{ m}^2/\text{g}$,高岭石为 $10 \text{ m}^2/\text{g}$ 。比表面愈大,颗粒与水的交界面上发生物理化学作用的场所就越大,表面能也就越大。

表 1-2

颗粒比表面

分散程度	颗粒边长/mm	1 cm^3 中的颗粒数量	比表面
粗颗粒	10	1	6 cm^2
	1	10^3	60 cm^2
	0.1	10^6	600 cm^2
	0.01	10^9	0.6 m^2
细颗粒	0.001	10^{12}	6 m^2
	0.0001	10^{15}	60 m^2

2. 土中水

土中水的存在形态:固态的冰,气态的水蒸气,液态的水,还有矿物颗粒晶格中的结晶水。

(1)水蒸气。一般对土的性质影响不大。

(2)结晶水。是土的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,结晶水对土性的影响是通过矿物颗粒表现的。

(3)固态水。根据土的含冰特征,可分为少冰冻土、多冰冻土、富冰冻土、饱冰冻土和含土冰层。

少冰冻土为肉眼看不见分凝冰的冻土;多冰冻土、富冰冻土和饱冰冻土为肉眼可看见分凝冰,但冰层厚度不小于 2.5 cm 的冻土;冰层厚度大于 2.5 cm ,其中含土时,为含土冰层,其中不含土时,应定名为纯冰层(ICE)。

(4)土中的液态水。

1)结合水。这部分水是借土粒的电分子引力吸附在土粒表面上的水,对土的工程性质影响极大。它又可分为以下几种。

①强结合水(吸附水):直接靠近土粒表面,受到的吸力极大,可达一千个标准大气压;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,不传递静水压力。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。吸附水在外界土压力作用下,不能移动,在 105°C 温度下将土烤干达恒重时,可将吸附水排除。黏土仅含吸着水时表现为固体状态。砂土也能有很少一点吸着水(约占干土重的 $2\%\sim 3\%$),仅含吸着水的砂土呈散粒状。

②弱结合水(扩散层水):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 $1\sim 1.7\text{ g/cm}^3$ 之间,靠近强结合水的部分密度较大,愈远则密度愈小,其性质由固态渐变为半固态、黏滞状态和普通的液体状态。整个说来,这部分水是黏滞体状态,在外界压力下可以挤压变形或在相邻土粒的水膜厚度不一致时,由厚的地方向薄的地方转移;抗剪强度较小。在荷载下变形所需要的时间较长;在外因作用下(如压力、电流等),弱结合水可视外来作用的强弱而不同程度地脱离土粒。

弱结合水对黏性土的影响最大,黏性土的一系列物理力学特性都和弱结合水有关。砂土由于矿物成分不同及土粒的比表面小等原因,实际上可以认为不含弱结合水。

无论强结合水或弱结合水,都可因蒸发而由土中逸出。

2)自由水。这种水处于土粒的电分子吸力以外,受重力法则控制,不能抗剪,密度在 1 g/cm^3 左右。自由水又分两种:位于地下水位以下的水叫重力水,因为它仅受本身的重力作用而运动;位于地下水位以上的水,除重力外还受毛细作用,称为毛细水。土粒间的孔隙是互相连通的,地下水沿着这个不规则的通道

上升,形成土中的毛细水上升带。毛细水的上升高度:碎石土无(一般认为粒径大于2 mm的土粒无毛细现象);砂土2 m以下;粉土及黏性土2 m以上。

在工程中应注意毛细水的上升高度是否有可能使地基浸湿,使地下室受潮或使地基可能产生冻胀等不利影响。毛细水上升带随地下水位的升降而变动,在考虑其影响时应从最不利的情况出发。

3. 土中气体

土中与大气连通的气体对土的性质无影响,如为封闭气泡,则在受力时有弹性变形,卸荷后又恢复。气泡使土的压缩性增加,透水性减小。

二、土的物理性质指标

土是固、液、气三相的分散系。土中三相组成的比例指标反映着土的物理状态,如干燥或潮湿,疏松或紧密。这些指标是最基本的物理性质指标,它们对于评价土的工程性质具有重要的意义。

土的三相本来是混合分布的,为了阐述和标记的方便,将三相的各部分集合起来,画出土的三相示意图,如图1-2所示。

图中各符号意义为:

- V ——土的总体积;
- V_s ——土中固体颗粒的体积;
- V_v ——土中孔隙的体积;
- V_w ——土中水所占的体积;
- V_a ——土中气体所占的体积;
- W ——土的总重量;
- W_s ——土的固体颗粒的重量;
- W_w ——土中水的重量;
- W_a ——土中气体的重量(一般认为 $W_a=0$)。

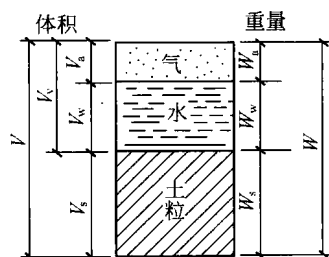


图 1-2 土的三相示意图

土的主要物理指标有下列各项:

(1) 土的重度 γ 。土在天然状态下单位体积的重量,单位为 kN/m^3 或 N/cm^3 ,用式 1-3 表示:

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (1-3)$$

不同的土,重度不同,它与土的密实程度、含水量多少等因素有关。一般土的重度在 $13 \sim 22 \text{ kN/m}^3$ 之间,重度大的土比较密实,强度也较高。

土的重度可用环刀法测定,即根据特制环刀所切取的土重除以环刀的容积即得。对不宜用环刀切取的土样或岩石也可用排开等体积的水银或用蜡封等方法测定。

饱和重度 γ_m 即孔隙全部被水充满时土的重度,用式(1-4)表示:

$$\gamma_m = \frac{W_s + W'_w}{V} = \frac{W_s + V_v \cdot \gamma_w}{V} \quad (1-4)$$

式中 W'_w ——充满土中全部孔隙的水重；

γ_w ——水的重度，取 10 kN/m^3 。

浮重度 γ' 即在地下水位以下的土，受到水的浮力作用时，单位体积的土中土粒的有效重（浮重），用式(1-5)表示：

$$\gamma' = \frac{W_s + W'_w - V \cdot \gamma_w}{V} = \gamma_m - \gamma_w = \gamma_m - 1 \quad (1-5)$$

干重度 γ_d 即单位体积中土粒的总重量

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (1-6)$$

(2) 土粒的相对密度 d_s 。土粒重量与同体积的 4°C 时的水的重量之比，用式(1-7)表示：

$$d_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad (1-7)$$

一般土粒的相对密度在 $2.65 \sim 2.80$ 之间，它的大小决定于土的矿物成分。砂土的相对密度约为 2.65 ；黏土的相对密度约为 $2.70 \sim 2.80$ 。土中含有大量的有机质时土粒相对密度显著减小。同一种类的土，其相对密度变化幅度很小。

土的相对密度可在试验室内用比重瓶法测定。

(3) 土的含水量 $w(\%)$ 。土中水的重量与土颗粒重量的比值，以百分数表示：

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (1-8)$$

土的含水量表示土的湿度，含水量越大说明土越湿，一般说，工程性质就差。含水量小的土强度较高。土的含水量变化幅度是很大的，砂土大致在 $0 \sim 40\%$ 间变化，黏性土在 $20\% \sim 100\%$ 间变化，有的甚至可高达百分之几百。

土的含水量一般采用烘干法测定。将土样在 $100 \sim 105^\circ\text{C}$ 恒温下烘干，这时土中的自由水与结合水排走了，根据烘干前后的重量差与烘干后的土重之比即得。

(4) 土的孔隙比 e 及孔隙率 $n(\%)$ 。土的孔隙比是土中孔隙体积与土粒体积的比值，以式(1-9)表示：

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-9)$$

土的孔隙率（孔隙度）是孔隙体积与土总体积之比，以百分数表示，即

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100 \quad (1-10)$$

孔隙比 e 与孔隙率 n 间有下列关系：

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad (1-11)$$

$$n = \frac{e}{1+e} \times 100 \tag{1-12}$$

土的孔隙比反映了土的密实程度：孔隙比越大，土越疏松；孔隙比越小，土越密实。一般天然状态的土，若 $e < 0.6$ ，这种土可作为建筑物的良好地基。若 e 值大于 1，说明土中孔隙体积比土粒所占的体积还多，因而土的工程性质就差。

(5)土的饱和度 $S_r(\%)$ 。土的饱和度表示土孔隙内充水的程度，即土中水的体积与孔隙体积的比值，常以百分数表示：

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \tag{1-13}$$

饱和度说明土的潮湿程度，如 $S_r = 100\%$ ，说明土孔隙全部充水，土是饱和的； $S_r = 0$ 时，土是完全干的。

三相指标相互之间有一定的关系。只要知道其中某些指标，通过简单的计算，就可以得到其他的指标。上述各指标中，土粒相对密度 d_s 、含水量 w 、重度 γ 三个指标必须通过试验测定，其他的指标可由这三个指标换算得来。其换算方法可从土的三相比例指标换算图(图 1-3)来说明。令固体颗粒体积 $V_s = 1$ ，根据定义即可得出 $V_v = e$ 、 $V = 1 + e$ 、 $W_s = \gamma_w d_s$ 、 $W_w = w \gamma_w d_s$ 、 $W = \gamma_w d_s (1 + w)$ 。据此，可以容易地导出各指标间的换算公式，见表 1-3。

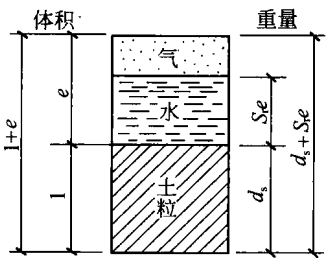


图 1-3 土的三相物理指标换算图

表 1-3 土的三相物理性质指标常用换算公式

指标名称	符号	表达式	单位	换算公式	备注
重度	γ	$\gamma = \frac{W}{V}$	kN/m ³ 或 N/cm ³	$\gamma = \frac{d_s + S_r e}{1 + e}$ $\gamma = \frac{d_s (1 + 0.01 w)}{1 + e}$	由试验 直接测定
相对密度	d_s	$d_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$	—	$d_s = \frac{S_r e}{w}$	
含水量	w	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	%	$w = \frac{S_r e}{d_s} \times 100$ $w = \left(\frac{\gamma}{\gamma_d} - 1 \right) \times 100$	
孔隙比	e	$e = \frac{V_v}{V_s}$	—	$e = \frac{d_s \gamma_w (1 + 0.01 w)}{\gamma} - 1$ $e = \frac{d_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1$	

续表

指标名称	符号	表达式	单位	换算公式	备注
孔隙率	n	$n=\frac{V_v}{V}\times 100$	%	$n=\frac{e}{1+e}\times 100$ $n=\left(1-\frac{\gamma_d}{d_s\gamma_w}\right)\times 100$	
饱和度	S_r	$S_r=\frac{V_w}{V_v}\times 100$	%	$S_r=\frac{wd_s}{e}$ $S_r=\frac{w\gamma_d}{n}$	
干重度	γ_d	$\gamma_d=\frac{W_s}{V}$	kN/m ³ 或 N/cm ³	$\gamma_d=\frac{d_s}{1+e}$ $\gamma_d=\frac{\gamma}{1+0.01w}$	
饱和重度	γ_m	$\gamma_m=\frac{W_s+V_v\gamma_w}{V}$	kN/m ³ 或 N/cm ³	$\gamma_m=\frac{d_s+e}{1+e}$	
浮重度	γ'	$\gamma'=\gamma_m-\gamma_w$	kN/m ³ 或 N/cm ³	$\gamma'=\gamma_m-\gamma_w$ $\gamma'=\frac{(d_s-1)\gamma_w}{1+e}$	

第二节 岩土的分类

作为建筑地基的岩土,可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土。

一、岩石

岩石为颗粒间牢固联结,呈整体或具有节理、裂隙的岩体。作为建筑物地基,应确定岩石的地质名称,还应划分其坚硬和完整程度。岩石的坚硬程度划分是根据岩块的饱和单轴抗压强度 f_{rk} 的不同进行的,其见表 1-4;岩体完整程度划分见表 1-5;风化程度划分见表 1-6。

表 1-4 岩石坚硬程度的定性划分

类别		饱和单轴抗压强度标准值 f_{rk} /MPa	定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	$f_{rk}>60$	锤击声清脆,有回弹,振手,难击碎; 基本无吸水反应	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、硅质砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
	较硬岩	$30<f_{rk}\leq 60$	锤击声较清脆,有轻微回弹,稍振手,较难击碎;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、钙质砂岩等

续表

类别		饱和单轴抗压强度标准值 f_{rk} /MPa	定性鉴定	代表性岩石
软质岩	较软岩	$15 < f_{rk} \leq 30$	锤击声不清脆,无回弹,较易击碎; 指甲可刻出印痕	1. 中风化的坚硬岩和较硬岩; 2. 未风化~微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩等
	软岩	$5 < f_{rk} \leq 15$	锤击声哑,无回弹,有凹痕,易击碎; 浸水后,可捏成团	1. 强风化的坚硬岩和较硬岩; 2. 中风化的较软岩; 3. 未风化~微风化的泥质砂岩、泥岩等
极软岩		$f_{rk} \leq 5$	锤击声哑,无回弹,有较深凹痕,手可捏碎; 浸水后,可捏成团	1. 风化的软岩; 2. 全风化的各种岩石; 3. 各种半成岩

表 1-5 岩体完整程度的划分

类别	完整性指数	结构面组数	控制性结构面平均间距/m	代表性结构类型
完整	>0.75	1~2	>1.0	整状结构
较完整	$0.75 \sim 0.55$	2~3	$0.4 \sim 1.0$	块状结构
较破碎	$0.55 \sim 0.35$	>3	$0.2 \sim 0.4$	镶嵌状结构
破碎	$0.35 \sim 0.15$	>3	<0.2	碎裂状结构
极破碎	<0.15	无序	—	散体状结构

注:完整性指数为岩体纵波波速与岩块纵波波速之比的二次方。选定岩体、岩块测定波速时应有代表性。

表 1-6 岩石风化程度划分

风化程度	特征
未风化	岩体新鲜,无风化迹象,颗粒间牢固联结,岩体呈完整整体
微风化	岩质新鲜,表面稍有风化迹象,岩体完整性好
中风化	1. 结构和构造层清晰,组织结构部分破坏 2. 岩体被节理、裂隙分割成块状(20~25 cm),裂隙中填充少量风化物;锤击声脆,且不易击碎 3. 用镐难挖掘,采用岩心钻方可钻进

续表

风化程度	特征
强风化	1. 结构和构造层理不甚清晰,矿物成分已显著变化,组织结构已大部分破坏 2. 岩体被节理、裂隙分割成碎石块(2~20 cm),碎石用手可以折断 3. 用镐可以挖掘,手摇钻不易钻进
全风化	1. 组织结构已基本或大部分破坏,但尚可辨认 2. 有微弱的残余结构强度 3. 用镐挖易挖掘,干钻可钻进
残积土	1. 组织结构全部破坏 2. 矿物成分除石英外已全部或大部分改变,并且已风化成土状 3. 用锹、镐易挖掘,干钻易钻进,具可塑性

二、碎石土

碎石土是指粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土。碎石土根据颗粒级配及形状的分类见表 1-7;碎石土的密实度,按表 1-8 可分为松散、稍密、中密、密实。

表 1-7 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200 mm 的颗粒超过全重 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20 mm 的颗粒超过全重 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2 mm 的颗粒超过全重 50%
角砾	棱角形为主	

注:分类时应根据粒组含量由大到小以最先符合者确定。

表 1-8 碎石土的密实度

重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度	重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5} \leq 5$	松散	$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密	$N_{63.5} > 20$	密实

注:1. 本表适用于平均粒径小于等于 50 mm 且最大粒径不超过 100 mm 的卵石、碎石、圆砾、角砾。对于平均粒径大于 50 mm 或最大粒径大于 100 mm 的碎石土,可按表 1-9 鉴别其密实度。

2. 表内 $N_{63.5}$ 为经综合修正后的平均值。