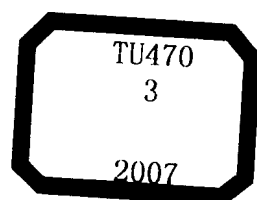


建筑结构设计数据资料一本全系列

建筑地基基础 设计数据资料

一本全

中国建材工业出版社



建筑地基基础设计数据资料

一 本 全

本书编委会 编

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑地基基础设计数据资料一本全/《建筑地基基础
设计数据资料一本全》编委会编. —北京:中国建材工业
出版社, 2007. 5

ISBN 978 - 7 - 80227 - 228 - 6

I. 建... II. 建... III. 地基—基础(工程)—结构设计—
数据 IV. TU470

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 042529 号

建筑地基基础设计数据资料一本全
本书编委会 编

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 850mm×1168mm 1/16

印 张: 32

字 数: 1151 千字

版 次: 2007 年 5 月第 1 版

印 次: 2007 年 5 月第 1 次

定 价: 65.00 元

网上书店: www.jccbs.com.cn www.kejibook.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。电话: (010)88386906

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书责编联系。邮箱: 111652@vip.sina.com

前 言

近二十年来,我国建筑结构技术及其应用有了迅速的发展,特别是近几年,国家对建筑设计相关规范进行了大规模地修订。随着新的建筑结构设计标准规范的颁布实施,使得与建筑设计相关的各种数据资料得到了快速的更新与发展。在这种新形势下,广大从事建筑工程设计的人员迫切需要一本系统、全面、有效地收集建筑结构设计数据资料的参考书。为此,我们特组织相关专家学者对建筑结构设计领域的最新标准规范、数据资料进行了系统整理,编写出了这套面向广大设计人员的资料汇编丛书——《建筑结构设计数据资料一本全系列》,以方便广大读者在学习、工作中快速方便地查阅,真正做到一本在手,查阅无忧。

本套丛书全部是以最新版设计规范为基础,结合新规范与旧规范的不同之处,通过【基础知识】、【相关规范】、【常用数据】、【节点构造】、【实例计算】五个基本点来阐述。【基础知识】主要介绍结构构件定义、组成形式、分类、特点及其应用范围、注意事项等;【相关规范】收集了相关标准规范规定的结构构件的设计原则、计算要求、基本规定,承载能力状态验算,构造规定等内容,并用表格形式直观地表现出来;【常用数据】收集了规范规定之外的常用构件计算表、常用系数表(图)、常用构件规格表、常用计算公式以及相关机具表等;【节点构造】详细列出了构件的节点详图和结构布置图;【实例计算】则通过了设计实例来加强读者对标准规范的理解并介绍了设计中应注意的事项。丛书将五个基本点相互连贯成一体,特点鲜明,读者也可以在各基本点处单独查找所需的数据,方便快捷。

本套丛书各分册名称如下:

- 1.《钢结构设计数据资料一本全》
- 2.《混凝土结构设计数据资料一本全》
- 3.《建筑地基基础设计数据资料一本全》
- 4.《建筑抗震设计数据资料一本全》
- 5.《砌体结构设计数据资料一本全》
- 6.《轻型钢结构设计数据资料一本全》

本套丛书是一套实用性很强,内容新颖,全面系统,具有较高使用价值的专业工具书。本丛书具有设计方法齐全,计算图表完善,计算用表准确,应用方便和实用性强等特点。它把结构设计理论知识和实例结合起来,促进对标准规范的理解。本丛书在编写过程中,参考和引用了国内同行部分著作和文献资料,同时得到了部分专家的指导和帮助,在此深表谢意。限于编者的水平,同时建筑工程设计涉及面广,技术复杂,书中错误及疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。在此也谨向给予我们热情关怀的领导和给予我们帮助的同志表示由衷的感谢。

本丛书编委会

内 容 提 要

本手册主要根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 进行编写,针对新旧规范变化较大和难于理解的条文,书中做了详细介绍,并增加了许多计算简图、计算公式和相关的理论知识。本书的主要内容包括:土的类型及其特征,土力学计算,工程地质勘察,山区地基,浅基础设计,桩基础,特殊土地基,软弱地基处理,沉井和墩基础、基坑工程等。本书编写体例体现了知识性、权威性、前瞻性、实用性和可操作性,所有资料具备较强的科学性和先进性,能便捷地查找到各种设计数据、计算公式、强制性规定等。

本书可供地基基础设计、施工人员使用,也可供大中专院校相关专业师生学习参考使用。

建筑地基基础设计数据资料一本全

编 委 会

主 编:王 伟

副主编:莫 骄 冀珍英

编 委:卜永军 陈爱莲 杜海龙 冯艳霞 胡立光

瞿义勇 李良红 梁 贺 刘 超 刘亚祯

彭 顺 秦付良 孙艳鹏 陶佳玲 吴成英

杨晓方 岳永铭

目 录

第一章 土的类型及其特征	(1)
第一节 土的组成、结构与构造	(1)
一、土的组成	(1)
二、土的结构	(4)
三、土的构造	(5)
第二节 土的物理性质指标	(6)
第三节 地基岩石的分类	(9)
第四节 岩土工程特性指标	(15)
第五节 土的渗透性及渗流	(24)
第二章 土力学计算	(29)
第一节 地基中的应力	(29)
一、土的自重应力计算	(29)
二、基底接触应力的分布与计算	(33)
三、地基中附加应力	(33)
第二节 建筑物基础沉降的计算	(43)
一、土的压缩性	(43)
二、基础沉降量的计算	(47)
三、三维应力状态下土的变形和地基沉降	(57)
第三节 土的抗剪强度计算	(67)
一、土的抗剪强度	(67)
二、土的抗剪强度的测定	(74)
第四节 地基承载力	(77)
第五节 土压的边坡稳定	(89)
一、土压力计算	(89)
二、挡土墙和边坡稳定计算	(105)
第三章 工程地质勘察	(114)
第一节 概述	(114)
一、工程地质条件	(114)
二、工程地质勘察	(116)

第二节 建筑工程勘察基本要求	(119)
一、房屋建筑和构筑物工程勘察	(119)
二、基础工程勘察	(122)
第三节 勘探和取样	(128)
一、勘探	(128)
二、取样	(131)
第四节 岩土工程测试	(134)
一、原位测试	(134)
二、室内试验	(157)
第五节 岩土工程勘察报告	(168)
第四章 山区地基	(180)
第一节 概述	(180)
第二节 土岩组合地基	(180)
第三节 压实填土地基	(181)
第四节 土质边坡和重力式挡土墙	(183)
一、土质边坡	(183)
二、重力式挡土墙	(186)
第五节 挡土墙其他形式	(200)
一、悬臂式挡土墙和扶壁式挡土墙	(200)
二、锚定板挡土墙	(210)
三、加筋土挡墙	(216)
第六节 岩石边坡与岩石锚杆挡墙	(222)
一、岩石边坡	(222)
二、岩石锚杆	(224)
第七节 岩溶与土洞	(226)
第八节 滑坡防治	(227)
第五章 浅基础设计	(230)
第一节 概述	(230)
第二节 无筋扩展式基础	(242)
第三节 扩展基础	(247)
第四节 柱下钢筋混凝土条形基础	(257)
第五节 十字交叉钢筋混凝土条形基础	(264)
第六节 高层建筑筏形基础	(267)
第七节 箱形基础	(275)
第六章 桩基础	(290)
第一节 桩的分类和桩型	(290)
第二节 单桩设计	(294)

第三节 群桩基础	(309)
第四节 桩承台设计	(322)
第五节 桩基设计	(330)
第六节 常见桩型	(350)
第七节 桩基检验	(359)
第七章 特殊土地基	(365)
第一节 概述	(365)
第二节 软土地基	(366)
第三节 土地基	(369)
第四节 冻土地基	(382)
第五节 膨胀土地基	(390)
第六节 盐渍土地基	(395)
第七节 红黏土地基	(398)
第八章 软弱地基处理	(402)
第一节 概述	(402)
第二节 换填垫层法	(405)
第三节 预压法	(411)
第四节 强夯法和强夯置换法	(416)
第五节 振冲法	(421)
第六节 砂土桩法	(423)
第七节 水泥粉煤灰碎石桩法	(425)
第八节 夯实水泥土桩设计	(428)
第九节 水泥土搅拌法	(429)
第十节 高压喷射注浆法	(432)
第十一节 石灰桩法	(434)
第十二节 灰土挤密桩法和土挤密桩法	(437)
第十三节 单液硅化液和碱液法	(442)
第十四节 既有建筑物地基处理	(444)
第九章 沉井和墩基础	(450)
第一节 沉井基础	(450)
第二节 墩基础设计	(456)
第十章 基坑工程	(461)
第一节 基坑概述	(461)
第二节 基坑支护	(467)
第三节 地下连续墙	(477)
第四节 地下水控制	(488)

第十一章 地基基础抗震设计	(492)
第一节 地震概述	(492)
第二节 地基基础抗震设计资料	(493)
第三节 液化地基和软土震害	(494)
第四节 天然地基基础和桩基础的抗震验算	(498)
参考文献	(502)

第一章 土的类型及其特征

第一节 土的组成、结构与构造

一、土的组成

【基础知识】

1. 土的组成

(1) 风化作用

自然界的岩石每时每刻都在经历着风化作用,其风化作用包括物理风化、化学风化和生物风化作用。岩石风化后变成碎块、碎屑、颗粒状态(即崩解、破碎),同时还发生质变,即矿物成分发生变化。岩石风化的产物再经过各种自然力的搬运,在新的环境中形成沉积或堆积,由于时间经历短,固结压密和胶结作用还不够,故未固结,不具备成岩条件而呈松散的颗粒状态,其中含有水和气体,这时就形成了土。依据第四纪沉积的大环境,可将土分为陆相沉积和海相沉积两大类。这里的“相”就是沉积环境,即当年沉积物形成时的自然地理环境。

(2) 陆相沉积作用

1) 残积层。岩石风化后的产物未经自然力的搬运,残留在原地并具有一定的厚度叫残积层(土)。

2) 坡积层。岩石风化后的产物,由于受到雨水、融雪水的冲刷或重力作用,经短途搬运,在缓山坡地带或在山脚下堆积下来,叫坡积层。

3) 洪积层、泥石流、冰川堆积物:

洪积层。洪积层主要是在干旱、半干旱气候特征区,由夏秋暴雨洪流携带大量泥砂、砾石、杂物等在山区运行,洪流冲出山口后在山麓地带迅速扩展并继续向前延伸形成的洪水沉积物。在洪积层根据面积大小可分为洪积扇、洪积扇群、洪积平原。

泥石流堆积。泥石流是泥流、泥石流、水石流的总称,由山洪暴发形成,常伴随大规模山崩及滑坡,是山区常常遇到的地质灾害之一,是一种含有大量固体物质的特殊洪流。

冰川堆积物。冰川沿着沟谷缓慢地向下滑动,对其滑床有很大的剥蚀、磨蚀作用,其中还裹挟着残积层、坡积层、崩塌、滑坡等堆积物,待冰川下滑到一定的高度,气温变暖、冰川融化后留下的岩土混杂堆积物称为冰川堆积物或冰碛物。

4) 河流冲积层。河流的地质作用是改变地表状况、地形地貌的最主要的地质作用之一。河水有很大的能量,对地层产生侵蚀、搬运作用,被搬运的碎屑、颗粒物质在新的地方又沉积、堆积下来,称为河流冲积层。

5) 湖积层。湖相沉积物的物质来源主要是流入湖中的河流携带的泥沙和湖水对岸边的侵蚀,还有一些生物遗体。在湖中的静水沉积环境下,泥沙和生物遗体一起沉积,形成淤泥(淤泥)、泥炭和生物化学沉积。

6) 风积层。风是一种自然力,在一定的环境、植被、气候、地层、风力等条件下,风力也有侵蚀、剥蚀、搬运、沉积等地质作用。

(3) 海相沉积作用

在海洋环境中形成的沉积称海相沉积。海相沉积可分为:滨海及泻湖沉积、浅海沉积、深海沉积。滨海地带自陆地延至水下缓坡地带,这一带常是海陆相交带,有深厚的淤泥沉积,近岸处常形成纯净的砂海滩及海滨沙丘。浅海沉积指自低潮带至水下深度小于200m的水域,这一带称为大陆架。该区域都是细粒沉积,大陆架之外就是深海沉积了。海底的地形地貌也像陆地的地形地貌一样复杂。深海沉积主要是黏土、淤泥质土、海洋生物遗骸和黏土混杂生成的生物软泥,还有宇宙尘埃、锰结核等。

2. 土的固体颗粒特征

(1) 粒度、粒径和粒组划分

土颗粒的大小称为粒度。土颗粒的形状、大小各异,但都可以将土颗粒的体积化作一个当量的小球体,据此可算得当量小球体的直径,称为当量粒径,简称粒径,并可根据粒径大小对颗粒进行分类定名。工程经验表明,颗

粒粒径相近时,其工程性质也相近,所以工程上把土颗粒按粒径大小划分为若干组,称为粒组,[常用数据]中表1-1是土木工程界粒组划分的常用方法。

(2) 颗粒分析

1) 颗粒分析就是确定颗粒粒组和粒径。根据工程经验,粒径大于0.1mm(或0.074mm,0.075mm)的颗粒称为粗颗粒,粒径小于0.1mm(或0.074mm,0.075mm)的颗粒称为细颗粒。粗颗粒用筛分法进行颗粒分析,细颗粒(包括粉砂粒、粉粒和黏粒、胶粒)不能用筛分法,应根据土粒在水中均匀下沉时的速度与粒径关系的斯托克斯(Stokes)定律,应用密度计法(旧称比重计法)或移液管法进行颗粒分析。

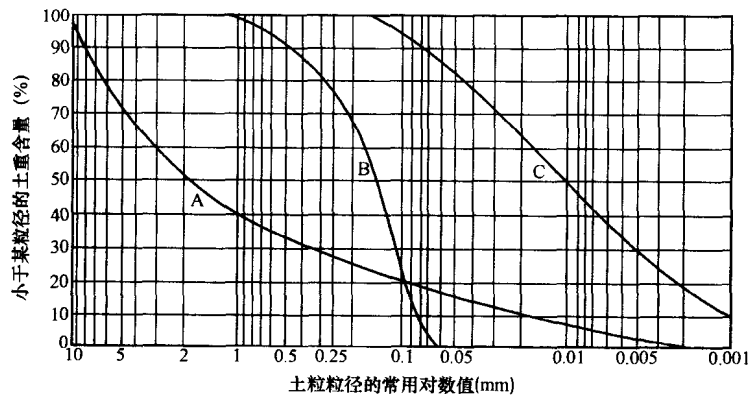


图 1-1 土的粒径级配曲线

2) 表达颗粒分析结果的曲线称为粒径级配曲线。图1-1是三组土试样的粒径级配曲线。它是粗、细粒土颗粒分析结果的平滑组合曲线。曲线的竖轴表示小于某粒径的土重含量的百分比、曲线的横轴表示粒径的常用对数值,这种特征曲线称为半对数曲线。为了定量表示粒径级配曲线的特征及其工程意义,工程上使用两个系数。

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

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

C_u 称为粒径级配不均匀系数,表示曲线的斜率即曲线陡与缓情况,曲线很缓时表示颗粒分布范围很大, C_u 值也大;相反,曲线很陡时表示颗粒分布范围较小, C_u 值也小。 C_c 称为曲线的曲率系数即表示曲线斜率的连续性状况,作图表明,当 $C_c < 1.0$ 或 $C_c > 3.0$ 时,曲线上会出现局部水平段即曲线的斜率不连续。

3. 土粒的矿物特性

(1) 土粒的矿物化学成分包括原生矿物,次生矿物,可溶、难溶及不溶盐类,有机质,各种化合物及许多种微量元素。

(2) 土粒的矿物化学成分和土粒的颗粒级配对土的工程性质影响很大,土粒的矿物化学成分对土工程性质的影响尤为显著。对于粗粒土的工程性质,粒径级配的影响是首要的。

1) 砂粒及其以上的粗大颗粒,其矿物成分基本上是与母岩相同的原生矿物,如石英、长石、云母等,一般是单矿物。

2) 粉粒组中的矿物成分是少量原生矿物和次生矿物的混合物,石英含量较多。在干旱、半干旱地区,碳酸盐和硫酸盐矿物是粉粒组中的主要矿物成分,其中还有少量的黏土矿物。

3) 黏粒和更细的粒组中的矿物成分主要是次生矿物,特别是黏土矿物。黏粒中的盐类以难溶的钙、镁碳酸盐类为主,对土粒起到很好的胶结作用,提高了强度,降低了压缩性,但吸水后产生体积膨胀。

(3) 黏土矿物是次生矿物中最主要的一种。它对土的性质,尤其对黏性土的性质具有很大的,甚至决定性的影响。

1) 颗粒极细,比表面积极大,见[常用数据]中表1-2。土颗粒比表面积的定义是颗粒的总表面积与其体积的比值,单位为 cm^{-1} 。土颗粒越细,比表面积越大。土颗粒变化时,尺寸有变化,矿物化学成分也会有变化,土颗粒的表面能及有关表面特性,如物理化学特性也不同,因此可用比表面积来衡量土粒间连结的牢固程度。

2) 吸附能力极强。当颗粒小到胶粒时,就具有表面能。比表面积越大,表面能就越强,就和周围的离子、原子、分子及微粒产生相互作用,形成微观力场。吸附作用是最普遍的相互作用方式,吸附水分子,也吸附溶液中的离子及一些杂质。黏土矿物表面都有很强的离子吸附及交换能力。蒙脱石的这种能力最强,伊利石次之,高岭石相对差些。上述能力都是在溶液中表现出来的,离子的吸附和交换,改变了颗粒的表面能状况,从而影响土的

工程性质,如使土的含水量、透水性、可塑性、强度、变形及稳定性等发生变化。

3)黏土矿物颗粒的带电性。黏土矿物颗粒呈微小片状,在片状的表面带有负电荷,而在颗粒的边棱处或断口处局部带正电荷。这些表面电荷主要是离子电荷,其次还有由于电子运动的不平衡性而产生的变动(或瞬间)偶极现象。由于表面的带电性,产生了颗粒之间的键结合力和静电引力,这是原始内聚力的主要来源。在不同的沉积环境中形成了不同的结构、构造状态,从而影响土的物理、力学性质。

4. 土中水

(1)土中含水,是普遍的情况。按水本身的物理状态可分为固态、液态、气态,它们存在于土颗粒间的孔隙中。按水和土颗粒的相互关系可分为:矿物结晶水或化学结合水、结合(吸附)水、自由水(图 1-2)。

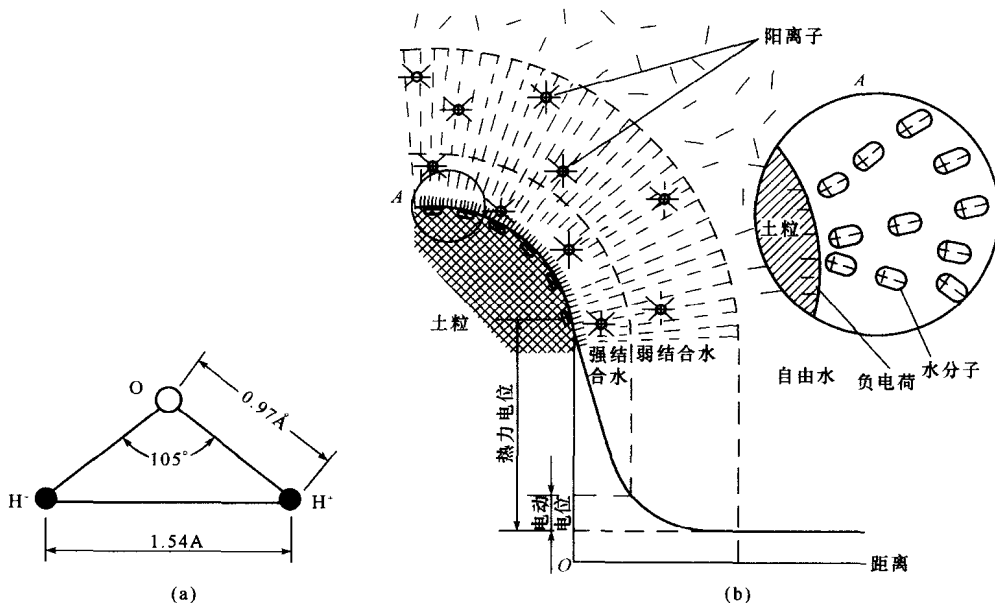


图 1-2 黏土矿物和水分子的相互作用

(a)极性水分子示意图;(b)土粒表面的结合水膜

1)强结合水。强结合水是被吸附紧贴在土颗粒表面的一层水膜。此时表面吸附力极强,可达 1000MPa 的压力。强结合水的水膜厚度约为 1.0~5.0nm。强结合水和普通水的性质大不一样,强结合水的密度 $\rho = 1.2 \sim 2.4 \text{ g/cm}^3$, 其平均值为 $\rho = 1.5 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$, 土颗粒吸附强结合水后体积会减小。强结合水的结冰点温度为 -78°C , 它只有在高温条件下或温度 T 大于 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 的条件下,才能发生移动或排出。强结合水包括在土的含水量中,在通常情况下,强结合水属于固体的一部分,是含水固定层,但不是液态,不能随便移动。强结合水没有溶解能力,不具有静水压力的性质,因而也不能传递静水压力。强结合水变形时具有明显的黏弹性性质,它具有一定的抗剪强度。强结合水作为土中含水量的一部分,在砂类土中能达到 1% 左右,在粉土中能达到 5%~7% 左右,在黏性土中能达到 10%~20% 左右,会对土的工程性质产生一定的影响。

2)弱结合水。在土颗粒表面的吸附能力范围之内又在强结合水膜外圈的水膜称为弱结合水,但仍然具有比较强的吸附作用力。弱结合水膜是扩散层,此时,离子既受到一定的吸附作用,也受到热运动产生的扩散作用。弱结合水膜的厚度远大于强结合水,约为 10~100nm 左右。这种水也没有溶解能力,仍然不具有静水压力性质,故仍然不能传递静水压力。其密度随距土颗粒表面的远近而不同,通常 $\rho = 1.1 \sim 1.74 \text{ g/cm}^3$, 结冰点温度低于 0°C , 也具有一定的抗剪强度。在做土的含水量试验中,加热到 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 时,弱结合水比较容易脱离土颗粒排出去。在一定的压力作用下弱结合水膜可以随土颗粒一起移动,在土颗粒间的滑润作用明显,使土具有较好的塑性,利用这一特性比较容易使土体压实,也有利于土体造型。

(2)水分子距土颗粒表面的距离超过了固定层(强结合水)和扩散层(弱结合水)之后,就不再受土颗粒的吸附作用,这种水就称为自由水即普通水。依自由水的存在状态又可分为毛细水和重力水。

1)毛细水。毛细水是在一定的条件下存在于地下水位以上土颗粒间孔隙中的水。地表水向下渗或夏天湿度高的气体进入地下产生凝结水时,形成的毛细水称为下降毛细水或称悬挂毛细水;地下水自地下水位面向上沿着土颗粒间的孔隙上升到一定的高度时,形成的毛细水称上升毛细水。这里着重讲后一类毛细水。毛细水是自由水,

像普通水一样,密度 $\rho=1.0\text{g}/\text{cm}^3$,结冰时的温度为 0°C ,具有溶解能力,具有静水压力性质,能传递静水压力。

2)重力水。重力水是地下水位以下的水,为普通的液态水。这种水只受重力规律支配,所谓水的重力规律,简言之就是水往低处流。这种水有溶解能力,密度 $\rho=1.0\text{g}/\text{cm}^3$,冰点为 0°C ,具有静水压力性质,能传递静水压力。

(3)土中的气体主要存在于地下水位以上的包气带中,与大气相通,也存在于黏性土中的一些封闭孔隙中。一般而言,土中的气体对土的工程性质影响较小。对于淤泥类、泥炭类土及其他有机质含量较高的土,由于有微生物活动和有机质,使这些土中的气体含量较多,封闭气泡较多,还常含有一些可燃性,有毒性气体。这些土在工程上的表现是低承载力、高压缩性、在荷载作用下既有孔隙水压力,又有孔隙气压力;固结过程特别复杂漫长,在应力、应变关系中具有一定的弹性和明显的流变特性,孔隙比大、渗透性低、灵敏度高。在干旱、半干旱地区的黄土,孔隙比大、含水量低,孔隙中有较多的气体,发生强烈地震时,能够产生很高的孔隙气压力,使黄土山坡迅速形成干粉状态流动,和泥石流相比,这称为黄土干粉干流。含气体多的土质和地层,在地震时具有气垫作用,可减轻震害。在工程开挖时若遇可燃性、有毒性气体,也能造成地质灾害。

【常用数据】

表 1-1 颗粒名称及粒组划分

分 类	颗粒名称	粒组及粒径(mm)
漂石或块石颗粒		>200
卵石或碎石颗粒		$200\sim60$
圆砾或角砾颗粒	粗 粒	$60\sim20$
	中 粒	$20\sim5$
	细 粒	$5\sim2$
砂 粒	粗砂粒	$2\sim0.5$
	中砂粒	$0.5\sim0.25$
	细砂粒	$0.25\sim0.1$
	粉砂粒	$0.1\sim0.05$
粉 粒	粗粉粒	$0.05\sim0.01$
	细粉粒	$0.01\sim0.005$
黏 粒	黏 粒	<0.005
	胶 粒	<0.002

表 1-2 黏土矿物的一些特征

黏土矿物名称	颗粒形状	当量直径 (nm)	厚度(nm)	单位质量 表面积($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	液 限	塑 限
高岭石 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot2\text{SiO}_2\cdot2\text{H}_2\text{O}$	片 状	$500\sim1000$	50	$10\sim20$	$30\%\sim110\%$	$25\%\sim40\%$
蒙脱石 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot4\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$	片 状	50	0.1	$800\sim1000$	$100\%\sim900\%$	$50\%\sim100\%$
伊利石 $\text{K}_2\text{O}\cdot3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot6\text{SiO}_2\cdot4\text{H}_2\text{O}$	片 状	500	10	$60\sim100$	$60\%\sim120\%$	$35\%\sim60\%$

注:nm 中文名称为纳米, $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}=10^{-7}\text{cm}$ 。

二、土的结构

【基础知识】

1. 单粒结构

为碎石土和砂土的结构特征,这种结构是由土粒在水中或空气中自重下落堆积而成。因土粒尺寸较大,粒间的分子引力远小于土粒自重,故土粒间几乎没有相互联结作用,是典型的散粒状物体,简称散体。单粒结构可分为疏松的与紧密的。前者颗粒间的孔隙大,颗粒位置不稳定,不论在静载或动载下都很容易错位,产生很大下沉,特别在振动作用下尤甚(体积可减少 20%)。因此疏松的单粒结构不经处理不宜作为地基。紧密的单粒结构的颗粒排列已接近最稳定的位置,在动、静荷载下均不会产生较大下沉,是较理想的天然地基(图 1-3)。

2. 蜂窝结构

多为颗粒细小的黏性土具有的结构形式,有时粉砂也可能有。粒径在 $0.02 \sim 0.002\text{mm}$ 左右的土粒在水中沉积时,基本是单个土粒下沉,在下沉途中碰上已沉积的土粒时,由于土粒间的相互分子引力对自重而言已有足够大,因此土粒就停留在最初的接触点上不再下降,形成很大孔隙的蜂窝状结构(图 1-4)。

3. 絮状结构

这是颗粒最细小的黏性土特有的结构形式。粒径小于 0.002mm 的土粒能够在水中长期悬浮,不因自重而下沉,当在水中加入某些电解质后,颗粒间的排斥力削弱,运动着的土粒凝聚成絮状物下沉,形成类似蜂窝而孔隙很大的结构,称为絮状结构(图 1-5)。

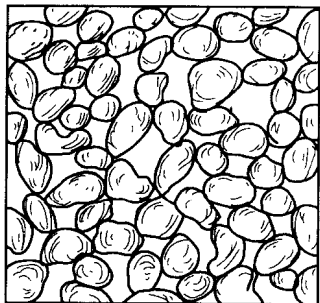


图 1-3 单粒结构

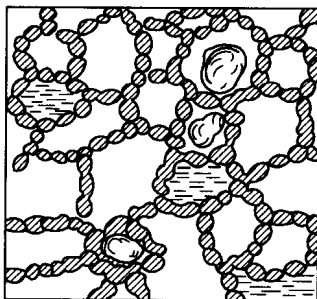


图 1-4 蜂窝结构

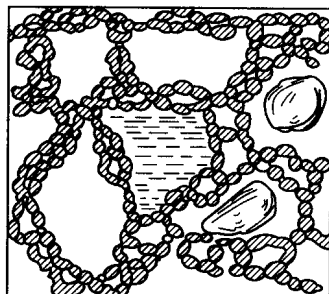


图 1-5 絮状结构

三、土的构造

【基础知识】

1. 层状构造

层状构造也称为层理,是大部分细粒土的重要外观特征之一。土层表现为由不同细度与颜色的颗粒构成的薄层交叠而成,薄层的厚度可由零点几毫米至几毫米,成分上有细砂与黏土交互层或黏土交互层等。最常见的层理是水平层理(薄层互相平行,且平行于土层界面),此外还有波状层理(薄层面呈波状,总方向平行于层面)及斜层理(薄层倾斜,与土层界面有一交角)等。

层状构造使土在垂直层理方向与平行层理方向的性质不一,平行于层理方向的压缩模量与渗透系数往往要大于垂直方向的(图 1-6)。

2. 分散构造

土层中各部分的土粒组合无明显差别,分布均匀,各部分的性质亦相近。各种经过分选的砂、砾石、卵石形成较大的埋藏厚度,无明显层次,都属于分散构造。分散构造的土比较接近理想的各向同性体(图 1-7)。

3. 裂隙状构造

裂隙中往往充填盐类沉淀,不少坚硬与硬塑状态的黏土具有此种构造。裂隙破坏土的整体性。裂隙面是土中的软弱结构面,沿裂隙面的抗剪强度很低而渗透性却很高,浸水以后裂缝张开,工程性质更差(图 1-8)。

4. 结核状构造

在细粒土中明显掺有大颗粒或聚集的铁质、钙质集合体、贝壳等杂物。例如,含砾石的冰碛黏土,含结核的黄土等均属此类。由于大颗粒或结核往往分散,故此类土的性质取决于细颗粒部分,但在取小型试样试验时应注意将结核与大颗粒剔除,以免影响成果的代表性(图 1-9)。

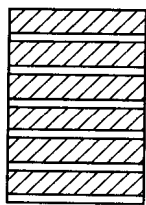


图 1-6 层状构造

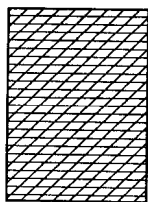


图 1-7 分散构造

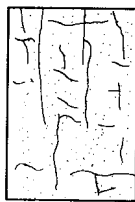


图 1-8 裂隙状构造



图 1-9 结核状构造

第二节 土的物理性质指标

【常用数据】

表 1-3 土的常用物理指标

序号	名 称	定 义
1	土粒相对密度	土粒相对密度是土粒质量与同体积的水(在 4℃时)的质量之比,用符号 d_s 表示: $d_s = \frac{m_s}{m_w} = \frac{V_s \rho_s}{V_s \rho_w} = \frac{\rho_s}{\rho_w} \quad (1-3)$ 式中 ρ_s, ρ_w——分别为土粒和水(在 4℃时)的密度; ρ_s——土粒密度(在 4℃时); ρ_w——水的密度(在 4℃时)
2	土的天然含水量	在天然状态下,土中含水的质量(或重量)与土粒的质量(或重量)之比,称为土的天然含水量,用符号 w 并用百分数表示: $w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-4)$ 式中 w——土的天然含水量; m_w——土中含水的质量; m_s——土粒的质量(重量)
3	天然土的密度	天然土的密度是土样的总质量与其总体积之比,用符号 ρ 表示: $\rho = \frac{m}{V} \quad (1-5)$ 式中 m, V 如图 1 所示。 $\rho = \frac{d_s(1+w)\rho_w}{1+e} \quad (1-6)$ 式中 e——土的孔隙比; V_s, V_w, V_a——固体、水、气体部分的体积; V_v——土中孔隙的体积, $V_v = V_w + V_a$; V——土样的总体积, $V = V_s + V_v$; m_s, m_w, m_a——固体、水、气体部分的质量, m_a 可忽略; m——土样的总质量, $m = m_s + m_w$
4	孔隙比	孔隙比是土中孔隙体积与固体颗粒体积之比,用符号 e 表示, e 是一个正有理数: $e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-7)$ 式中 e——孔隙比; V_v——孔隙体积; V_s——固体颗粒体积
5	孔隙率	孔隙率是土中的孔隙体积与总体积之比,用符号 n 表示: $n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-8)$ 式中 n——孔隙率; V_v——孔隙体积; V——总体积

续表

序号	名 称	定 义
6	土的饱和度	土的饱和度是土的孔隙体积中水占有的体积与孔隙体积之比,用 S_r 并以百分数表示: $S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (1-9)$ 式中 S_v——土饱和度; V_w——孔隙中水的体积; V_v——孔隙体积
7	土的干密度和干重度	土的干密度是土中的固体部分质量与土样总体积之比或土单位体积内的干土质量,用符号 ρ_d 表示: $\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-10)$ 土的干重度为 γ_d: $\gamma_d = \rho_d g \quad (1-11)$ 式中 ρ_d——土的干密度; γ_d——土的干重度; m_s——固体部分质量; g——重力加速度
8	土的饱和密度和饱和重度	土的饱和密度是指当土的孔隙中充满水时,土中的固体颗粒和水的质量之和与土样的总体积之比,用符号 ρ_{sat} 表示: $\rho_{sat} = \frac{m_s + V_v \rho_w}{V} \quad (1-12)$ 土的饱和重度为: $\gamma_{sat} = \rho_{sat} g \quad (1-13)$ 式中 ρ_{sat}——土饱和密度; γ_{sat}——饱和重度
9	土的浮密度和浮重度	地下水位以下的土,其固体颗粒受到重力水的浮力作用,此时土中固体颗粒的质量再扣去固体颗粒排开水的质量(即扣去浮力)与土样的总体积之比,称浮密度用符号 ρ' 表示: $\rho' = \frac{m_s - V_s \rho'_w}{V} \quad (1-14)$ 土的浮重度为: $\gamma' = \rho' g \quad (1-15)$ 从浮密度和浮重度的定义可知 $\rho' = \rho_{sat} - \rho_w \quad (1-16)$ $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (1-17)$

表 1-4

土的常用物理性质指标的实用计算公式

指标名称及符号	实用计算(换算)公式	单位及表示
密 度 ρ	$\rho = \frac{d_s(1+w)\rho_w}{1+e} = \frac{d_s + d_s w}{1+e} \rho_w = \frac{d_s + S_r e}{1+e} \rho_w \quad (1-18)$	g/cm^3
重 度 γ	$\gamma = \frac{d_s(1+w)\gamma_w}{1+e} = \frac{d_s + d_s w}{1+e} \gamma_w = \frac{d_s + S_r e}{1+e} \gamma_w \quad (1-19)$	kN/m^3
孔隙比 e	$e = \frac{d_s(1+w)\rho_w}{\rho} - 1, e = \frac{d_s(1+w)\gamma_w}{\gamma} - 1 \quad (1-20)$	正有理数
	$e = \frac{d_s \rho_w}{\rho_d} - 1, e = \frac{d_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1 \quad (1-21)$	
	$e = d_s w (\text{当 } S_r = 100\% \text{ 时}) \quad (1-22)$	
孔隙率 n	$n = \frac{e}{1+e} \quad (1-23)$	%
饱和度 S_r	$S_r = \frac{d_s w}{e} \quad (1-24)$	%

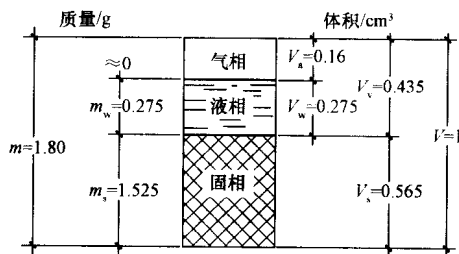
续表

指标名称及符号	实用计算(换算)公式	单位及表示
干密度 ρ_d	$\rho_d = \frac{d_s}{1+e} \rho_w, \rho_d = \frac{\rho_s}{1+w}$ (1-25)	g/cm^3
干重度 γ_d	$\gamma_d = \frac{d_s}{1+e} \gamma_w, \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+w}$ (1-26)	kN/m^3
饱和密度 ρ_{sat}	$\rho_{\text{sat}} = \frac{d_s + e}{1+e} \rho_w$ (1-27)	g/cm^3
饱和重度 γ_{sat}	$\gamma_{\text{sat}} = \frac{d_s + e}{1+e} \gamma_w$ (1-28)	kN/m^3
浮密度 ρ'	$\rho' = \frac{d_s - 1}{1+e} \rho_w, \rho' = \rho_{\text{sat}} - \rho_w$ $\rho' = (d_s - 1)(1-n) \rho_w$ (1-29)	g/cm^3
浮重度 γ'	$\gamma' = \frac{d_s - 1}{1+e} \gamma_w, \gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$, $\gamma' = (d_s - 1)(1-n) \gamma_w$ (1-30) (1-31)	kN/m^3

【实例计算】

【例 1-1】 在某住宅地基勘察中,已知一个钻孔原状土试样结果为:土的密度 $\rho=1.80\text{g/cm}^3$,土粒比重 $G_s=2.70$,土的含水率 $w=18.0\%$ 。求其余 5 个物理性质指标。

【解】 (1)绘制三相计算草图,如例图 1-1 所示。



例图 1-1 三相计算草图

(2)令 $V=1\text{cm}^3$ 。

(3)已知 $\rho = \frac{m}{V} = 1.80\text{g/cm}^3$,

则 $m=1.80\text{g}$

(4)已知 $w = \frac{m_w}{m_s} = 0.18$,

则 $m_w = 0.18m_s$

又知 $m_w + m_s = 1.80\text{g}$,

则 $m_s = \frac{1.80}{1.18} = 1.525\text{g}$

故 $m_w = m - m_s = 1.80 - 1.525 = 0.275\text{g}$ 。

(5) $V_w = 0.275\text{cm}^3$ 。

(6)已知 $G_s = \frac{m_s}{V_s} = 2.70$,

则 $V_s = \frac{m_s}{2.70} = \frac{1.525}{2.70} = 0.565\text{cm}^3$ 。

(7)孔隙体积 $V_v = V - V_s = 1 - 0.565 = 0.435\text{cm}^3$ 。

(8)气相体积 $V_a = V_v - V_w = 0.435 - 0.275 = 0.16\text{cm}^3$ 。

至此,三相草图中 8 个物理量全部计算出数值。