

● 主编 李大华 杨 博

现代

xiandai

建筑

jianzhu

施工

shigong

技术

jishu



安徽科学技术出版社

现代建筑施工技术

主 编 李大华 杨 博

编著者 李大华 杨 博 吴菊华 李 清
吴运传 王顶堂 孙业珍 杨 辉
焦学民 王来宾 谭学智 王怡明
郑 勇 葛瑞斌 荣豫宁 孙 林
王宏著

审 定 吴晓勤 张瑞南

安徽科学技术出版社

内 容 提 要

本书共 12 章,内容包括土方工程,地基处理与桩基础工程,砌体工程,混凝土结构工程,预应力混凝土工程,结构安装工程,防水工程,装饰工程,高层建筑施工,冬期与雨期施工,建筑施工安全技术与管理,工程质量检验评定与竣工验收。书中不仅有主要工种、施工过程和主体结构施工方法与技术的介绍,也有新技术、新工艺的介绍,特别侧重于现代施工新技术的介绍,如深基支护技术,高效钢筋和预应力混凝土技术,粗钢筋连接技术,新型模板和脚手架应用技术,新型建筑防水技术,钢结构技术等。

本书可供建筑施工、设计、质检、安全人员,项目经理,造价师,监理工程师参考,也可作为大专院校工民建、城镇建设、建筑经济、房地产及工程管理专业的教材或自学参考书。

2000

序 言

改革开放以来,我国经济持续高速增长,社会主义建设事业蓬勃发展。二十多年来,建筑施工技术发生了日新月异的巨变。在建设一大批高标准、大跨度、高难度工程项目中,涌现了大量的新技术和新工艺。现代建筑施工技术在工程中的应用与推广,取得了极其丰硕的建设成果,为我国建筑科学技术的创新与发展奠定了坚实的基础。

“科学技术是第一生产力”。经济建设的持续健康发展,必须依靠科学技术的进步和劳动者素质的提高。江泽民主席多次指出,发展生产力的决定因素是人的素质,特别是各级领导干部的科学文化素质。在我国建筑施工企业中,许多基层领导干部是从实践中成长起来的,他们虽有丰富的实践经验,但较为缺乏系统的技术理论知识,面对施工技术复杂、质量要求高、工期紧的工程,往往有些力不从心,亟须学习提高。企业之间竞争的核心是人才、技术实力和管理水平,这就要求我们高度重视对企业技术和管理人才的培养,加强技术培训,推进继续教育,全面提高劳动者和管理者的素质,从而大幅度提高工程质量和效益。

新世纪之初,中国即将加入WTO。展望未来,机遇与挑战并存,建筑施工领域的科技进步将会更快,大批工程技术人员已逐步感到自身技术知识日趋老化,难以适应形势日益发展的需要。本书在此情形下出版,对广大建筑从业人员的继续教育,以及立志于工程建设的大、中专学生的专业学习,都具有显著的现实指导意义。

适值本书出版之际,欣然执笔,写下此文,以示祝贺。

谢志平

前 言

建筑业是我国国民经济四大支柱产业之一,目前从业人员近 3 200 万人,占全国总劳动力的 5%,工程建设每年投资占基本建设投资的 60%~70%。到 2010 年,我国城乡新建住宅将达到 150 亿平方米。大量的住宅建设,公共和工业建筑以及基础设施建设,为建筑业提供了广阔的市场。社会的发展对建筑产品的质量要求越来越高,因此,全面提高建筑施工技术水平,特别是提高广大建筑施工人员的技术水平和管理能力,就显得极为重要。

建筑施工是一门涵盖多学科的综合技术,其涉及内容十分广博,施工对象千变万化,新技术、新工艺、新材料等层出不穷,与其他许多学科相互交叉渗透。凡处理一个施工技术和质量问题,使用一种建筑材料,制定一项施工方案,开发一项新工艺,应用一台新机械,施工一种新结构,往往都要应用许多方面的专业知识,才能融会贯通,处理恰当,收到预期的技术和经济效益。工程质量的优劣,工期的长短,经济效益的好坏,无不与建筑施工技术水平和管理能力的高低相关,特别是当前国内的高层、复杂、多功能建筑日益增多,对建筑施工技术提出了越来越高的要求。建筑施工新技术的发展,不仅解决了用传统的施工方法难以解决的很多复杂的技术问题,而且在提高工程质量、加快施工进度、提高生产效率、降低工程成本等方面均起到十分重要的作用。因此,了解和掌握现代施工技术,并在工程中加以应用和创新,是当代建筑工程技术人员应具备的重要素质。

鉴于上述,作者结合多年教学和实践经验,在广泛征求广大工程建设专业技术人员意见的基础上,依据国家最新施工规范、工艺标准、质量验收标准等,倾力精心编著本书。本书内容新颖,知识系统完整,理论紧密联系实际,尤其注重内容的操作性、通用性和实用性,努力做到科学性、先进性与实用性的统一。

本书共分 12 章,包括土方工程、地基处理与桩基础工程、砌体工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、高层建筑施工、冬期与雨期施工、建筑施工安全技术与管理、工程质量检验评定与竣工验收。既有主要工种、主导施工过程和主体结构施工介绍,又有新技术、新工艺介绍,如:深基支护、高效钢筋和预应力混凝土、粗钢筋连接、新型模板、建筑防水新技术等内容的介绍。

本书可供建筑施工人员、设计人员、质检人员、安全人员、项目经理、造价师、监理工程师等阅读参考,也可作为大专院校工民建、城镇建设、建筑经济、房地产以及工程管理等专业的教材或自学参考书。

在编写本书过程中,我们参考和借鉴了有关书籍和资料,得到了不少施工单位和建设管理部门的大力支持,许多热心的朋友也给予了很大帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于建筑施工技术不断发展,加之编写者水平有限,书中难免有欠妥之处,恳请读者提出宝贵意见。

作 者

目 录

第一章 土方工程	(1)
第一节 土的分类及性质	(1)
第二节 土方的工程量计算与平衡调配	(12)
第三节 土方工程的准备与辅助工作	(25)
第四节 土方工程的机械化施工	(34)
第五节 土方的填筑与压实	(41)
第六节 质量检验和质量标准	(44)
第七节 土方工程质量通病及防治措施	(47)
第二章 地基处理与桩基础工程	(49)
第一节 特殊土地基的处理	(49)
第二节 局部地基的处理	(63)
第三节 桩基础工程	(68)
第四节 桩基础工程质量通病与防治措施	(88)
第三章 砌体工程	(97)
第一节 砌体用材料	(97)
第二节 脚手架与垂直运输	(102)
第三节 砖砌体施工	(112)
第四节 毛石砌体施工	(120)
第五节 中小型砌块施工	(121)
第六节 砌体工程质量通病与防治	(125)
第四章 混凝土结构工程	(129)
第一节 钢筋工程	(130)
第二节 模板工程	(154)
第三节 混凝土工程	(174)
第四节 混凝土质量的检测	(200)
第五节 混凝土结构工程质量通病与防治措施	(204)
第六节 混凝土技术的发展	(207)
第五章 预应力混凝土工程	(210)
第一节 基本内容	(210)
第二节 先张法	(213)
第三节 后张法	(221)
第四节 无粘结预应力施工工艺	(234)
第五节 预应力混凝土工程质量通病及防治措施	(239)

第六章 结构安装工程	(242)
第一节 索具设备与锚链装置	(243)
第二节 装配式单层工业厂房结构吊装	(257)
第三节 多层民用建筑结构的吊装	(285)
第四节 钢结构单层工业厂房安装	(287)
第五节 吊装工程质量通病及防治措施	(291)
第七章 防水工程	(296)
第一节 概述	(296)
第二节 防水材料	(299)
第三节 屋面防水工程	(303)
第四节 地下防水工程	(315)
第五节 防水工程质量控制	(327)
第六节 防水工程质量通病及防治措施	(329)
第八章 装饰工程	(335)
第一节 天棚装饰工程施工	(335)
第二节 楼地面装饰工程施工	(339)
第三节 门窗工程施工	(353)
第四节 墙柱面装饰工程施工	(363)
第五节 涂料与裱糊饰面工程施工	(380)
第九章 高层建筑施工	(391)
第一节 高层建筑及其施工特点	(393)
第二节 高层建筑的垂直运输设备与脚手架	(395)
第三节 深基坑支护结构施工概述	(407)
第四节 高层建筑基础施工	(421)
第五节 高层建筑结构施工	(426)
第十章 冬期与雨期施工	(434)
第一节 概述	(434)
第二节 混凝土结构工程的冬期施工	(435)
第三节 砖石工程冬期施工	(448)
第四节 装饰工程和屋面工程的冬期施工	(450)
第五节 雨期施工	(451)
第十一章 建筑施工安全技术与管理	(453)
第一节 建筑施工安全技术	(453)
第二节 安全管理	(467)
第三节 安全检查	(471)
第十二章 工程质量检验评定与竣工验收	(480)
第一节 工程质量的评定	(480)
第二节 工程竣工验收	(494)
主要参考资料	(499)

第一章 土方工程

土方工程是建筑工程中的主要工程之一,它包括土的开挖、填筑和运输等主要施工过程,以及排水、降水和土壁支撑等准备工作与辅助工作。工业与民用建筑工程中的土方工程根据其挖掘形状和大小不同,可分为以下四种类型。

1. 场地平整

在地面上挖填,使建筑场地平整为符合设计标高要求的平面(一般还要求有一定的泄水坡度)。这类土方工程施工面积大,土方工程量大,应采用机械化或半机械化的施工方法。

2. 基坑(槽)、管沟施工

在地面以下开挖条形基础的基槽、地下管道的沟槽以及独立柱基础的基坑。有时多个独立柱基础之间距离很近,也可一次开挖成基槽。这类土方工程目前多采用人工挖土,但当劳动量大时,应尽量采用中小型土方机械施工,以提高劳动生产率,降低工程成本。

3. 地下大型挖方工程

在地面以下开挖较大的设备基础、地下室以及卸煤坑等土方。这类土方工程应尽量采用机械化、半机械化的施工方法。根据开挖深度、平面尺寸以及机械上下的难易程度,选择合适的土方机械并制订施工方案,确定机械在地面上作业或在坑下作业。

4. 填土构筑物

在地面以上填筑路基、堤坝等构筑物,一般采用机械施工。填筑土方要做边坡,填土要分层填筑压实。

土方工程的特点是工程量大,施工条件复杂。新建一个大型工业企业,其场地平整、房屋及设备基础、厂区道路及管线的土方量往往可达几十万至数百万立方米以上。合理地选择土方机械,组织机械化施工,对缩短工期、降低工程成本具有很重要的意义。此外,土方工程多为露天作业,施工受地区的气候条件影响,而且土是一种天然物质,种类繁多,施工又受工程地质及水文地质条件的限制,这些因素对土方工程施工有很大的影响。因此,在施工前应根据本地区的工程、水文地质条件及施工期间的气候特点,制订合理的施工方案,精心组织施工。

第一节 土的分类及性质

一、土的分类及现场鉴别方法

土的分类方法很多,作为建筑物地基的土一般可分为岩石、碎石土、砂、粘性土等类别。

(一)岩石

凡饱和单轴抗压强度大于或等于 30MPa 的岩石为硬质岩石(花岗石、闪长岩、玄武岩、石英岩等);小于 30MPa 的岩石称为软质岩石(页岩、粘土岩、绿泥石岩、云母片岩等)。

岩质新鲜的岩石称为微风化物;岩石被节理、裂隙分割成块状(20~50cm),裂隙中填有少

量风化物称为中等风化物；节理、裂隙发育，岩石分割成 2~20cm 的碎块，用手可折断时称为强风化物。

岩石是良好的地基，但不均匀性较大，且岩石起伏状况往往不易查清。在作用桩尖持力层时，应特别注意。

(二) 碎石类土

该类土粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重的 50% 以上。根据颗粒级配及形状分为漂石土、块石土、卵石土、碎石土、圆砾土和角砾土，见表 1-1。现场鉴别方法参见表 1-2。根据碎石类土的密实度分为密实、中密和稍密，现场鉴别方法可按表 1-3 进行。

表 1-1 碎石土分类

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

注：定名时应根据粒径分组由大到小，以最符合者确定。

(三) 砂土

粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过全重的 50%，塑性指数 I_p 不大于 3 的土。根据颗粒级配分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂，见表 1-4。现场鉴别方法见表 1-2。

砂土密实度的测定方法有多种，根据标准贯入试验判定为密实、中密、稍密和松散，见表 1-5。级配良好的砂土是较好的地基，透水性强，加荷后稳定快。但同样有它的问题，例如难以取原状土，必须通过标准贯入试验间接确定其密实度；水下砂往往在抽水过程中形成管涌、流砂；干砂又不易夯实，需用掺水夯实法；粉细砂在地震时易于液化等。稍密和松散的砂土应通过振动夯实法振实后，才可作为地基。

砂土湿度根据饱和度 S_r (%) 分为：稍湿 ($S_r \leq 50\%$)；很湿 ($50\% < S_r \leq 80\%$)；饱和 ($S_r > 80\%$) 三种。

(四) 粘性土

具有粘性和可塑性，塑性指数 I_p 大于 3。按土的沉积年代，又可分为以下三种。

1. 老粘土

第四纪晚更新世及其以前沉积的粘性土，一般具有较高的强度和较低的压缩性。

2. 一般粘性土

第四纪全新世(文化期以前)沉积的粘性土。

3. 新近沉积粘性土

文化期以来新近沉积的粘性土，一般为欠固结粘性土，其现场鉴别方法参见表 1-6。

表 1-2 碎石土、砂土现场鉴别方法

类别	土的名称	观察颗粒粗细	干燥时的状态及强度	湿润时用手拍击状态	粘着程度
碎石土	卵(碎)石	一半以上的颗粒超过 20mm	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
	圆(角)砾	一半以上的颗粒超过 2mm(小高粱粒大小)	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
砂土	砾砂	有 1/4 以上的颗粒超过 2mm(小高粱粒大小)	颗粒完全分散	表面无变化	无粘着感觉
	粗砂	有一半以上的颗粒超过 0.5mm(细小米粒大小)	颗粒基本分散, 但有个别粘结在一起	表面无变化	无粘着感觉
	中砂	有一半以上的颗粒超过 0.25mm(白菜子粒大小)	颗粒基本分散, 局部胶结但一碰即散	表面偶有水印	无粘着感觉
	细砂	大部分颗粒与粗米粒(>0.074mm)近似	颗粒大部分分散, 少量胶结, 部分稍加碰撞即散	表面有水印(翻浆)	偶有轻微粘着感觉
	粉砂	大部分颗粒与小米粒近似	颗粒小部分分散, 大部分胶结, 稍有压力可分散	表面有显著翻浆现象	有轻微粘着感觉

注: 在观察颗粒粗细进行分类时, 应将鉴别的土样从表中颗粒最粗类别开始逐级查对, 当首先符合某一类土的条件时, 即按该类土定名。

表 1-3 碎石类土密实度现场鉴别方法

密实度	骨架和充填物	天然坡和可控性	可钻性
密实	骨架颗粒含量大于总重的 70%, 呈交错排列, 紧贴接触。孔隙填满, 充填物密实	天然陡坡较稳定, 坡下堆积物较少 镐挖掘困难, 用撬棍方能松动; 坑壁稳定, 从坑壁取出大颗粒处, 能保持凹面形状	钻进困难, 冲击 钻探时, 钻杆、吊锤跳动剧烈, 孔壁较稳定
中密	骨架颗粒含量等于总重的 60%~70%, 呈交错排列, 大部分接触。孔隙填满, 充填物中密	天然坡不易陡立或陡坡下堆积物较多, 但坡度大于粗颗粒的安息角 镐可挖掘, 坑壁有掉块现象; 从坑壁取出大颗粒处, 砂土不易保持凹面形状	钻进困难, 冲击 钻探时, 钻杆、吊锤跳动不剧烈, 孔壁有坍塌现象
稍密	骨架颗粒含量小于总重的 60%, 排列混乱, 大部分不接触。孔隙中的充填物稍密	不能形成陡坡, 天然坡接近于粗颗粒的安息角 锹可以挖掘, 坑壁易坍塌; 从坑壁取出大颗粒处, 砂土即塌落	钻进较易, 冲击 钻探时, 钻杆稍有跳动, 孔壁易坍塌

注: 1. 骨架颗粒系指与表 1-1 碎石类土分类名称相应的粒径的颗粒;

2. 碎石类土密实度的划分, 应按表列各项要求综合确定。

表 1-4 砂土按颗粒级配分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒占全重的 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒超过全重的 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒超过全重的 50%
细砂	粒径大于 0.074mm 的颗粒超过全重的 85%
粉砂	粒径大于 0.074mm 的颗粒不超过全重的 50%

注:定名时应根据粒径分组由大到小,以最先符合者确定。

表 1-5 按标准贯入试验判定砂土的密实度

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

注: N 为标准贯入试验锤击数。

表 1-6 新近沉积粘性土的现场鉴别方法

沉积环境	颜色	结构性	含有物
河漫滩和山前洪、冲积扇(堆)的表层;古河道;已填塞的湖、塘、沟谷、河道泛滥区	颜色较深而暗,呈褐、暗黄或灰色,含有机质较多的呈灰黑色	结构性差,用手扰动原状土时极易变软;塑性较低的土还有振动析水现象	在完整的剖面中无原生的粒状结核体,但可能含有圆形及亚圆形的钙质结核体(如姜结石)或贝壳等;在城镇附近可能含有少量碎砖、陶片或朽木等人类活动的遗物

粘性土按塑性指数 I_p 分类见表 1-7;按液性指数 I_L 分类见表 1-8;现场鉴别方法见表 1-9。

表 1-7 粘性土按塑性指数分类

粘性土分类名称	粘土	粉质粘土
塑性指数 I_p	$I_p > 17$	$10 < I_p \leq 17$

注:1. 塑性指数由相应 76gz 圆锥体沉入土样深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

2. $I_p < 10$ 的土,称为粉土。粉土又分粘质粉土(粉粒 $> 0.05\text{mm}$ 不到总重的 50%, $I_p < 10$)、砂质粉土(粉粒 $> 0.05\text{mm}$ 占总重的 50%以上, $I_p < 10$)。

表 1-8 粘性土的状态按液性指数 I_L 分类

粘性土的状态	坚硬	硬塑	可塑	软塑	流塑
液性指数 I_L	$I_L \leq 0$	$0 < I_L \leq 0.25$	$0.25 < I_L \leq 0.75$	$0.75 < I_L \leq 1$	$I_L > 1$

注: $I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$ $I_p = w_L - w_p$

式中: w ——天然含水量;

w_p ——塑限;

I_p ——塑性指数;

w_L ——液限。

表 1-9 粘性土的现场鉴别方法

土的名称	湿润时用刀切	湿土用手捻摸时的感觉	土的状态		湿土搓条情况
			干土	湿土	
粘土	切面光滑, 有粘刀阻力	有滑腻感, 感觉不到有砂粒, 水分较大, 很粘手	土块坚硬, 用锤才能打碎	易粘着物体, 干燥后不易剥去	塑性大, 能搓成直径小于 0.5mm 的长条 (长度不短于手掌), 手持一端不易断裂
粉质粘土	稍有光滑面, 切面平整	稍有滑腻, 有粘滞感, 感觉到有少量砂粒	土块用力可压碎	能粘着物体, 干燥后较易剥去	有塑性, 能搓成直径为 2~3mm 的土条
粉土	无光滑面, 切面稍粗糙	有轻微粘滞感或无粘滞感, 感觉到砂粒较多、粗糙	土块用手捏或抛扔时易碎	不易粘着物体, 干燥后一碰就掉	塑性小, 能搓成直径为 2~3mm 的短条
砂土	无光滑面, 切面粗糙	无粘滞感, 感觉到全是砂粒、粗糙	松散	不能粘着物体	无塑性, 不能搓成土条

根据土的工程特性, 尚可分出软土、人工填土、黄土、膨胀土、红粘土、盐渍土及冻土等特殊土。

1. 软土

在静水或缓慢的流水环境中沉积, 经生物化学作用形成, 为饱和软粘性土。其天然含水量 w 大于液限 w_L , 天然孔隙比 e 大于 1.0, 压缩系数 a_{1-2} 大于 0.5MPa^{-1} 。含有机质的软土, 当天然孔隙比 e 大于 1.5 时为淤泥, 小于 1.5 而大于 1.0 时为淤泥质土。

2. 人工填土

由于人类活动而形成的堆积物, 其物质成分一般较杂乱, 均匀性较差。人工填土可分为:

- (1) 素填土: 由碎石土、砂土、粘性土等一种或数种组成, 经分层压实者统称为压实填土。
- (2) 杂填土: 大量含有各种垃圾、工业废料等杂物的填土。

3. 湿陷性黄土

系在干燥气候条件下形成的一种具有灰黄色或棕黄色的特殊性土, 粉粒 (0.005~0.05mm) 占总重量 50% 以上, 质地均一, 结构疏松, 孔隙率很高, 有肉眼可见的大孔隙, 含碳酸钙 10% 左右, 无沉积层理, 有垂直节理, 常形成陡壁。黄土根据形成年代分为:

(1) 老黄土: 在中更新世及其以前形成的黄土。其大孔结构已退化, 一般无湿陷性, 强度高, 稳定性好。

(2) 新黄土: 在中更新世以后形成的黄土。在一定压力下受水浸湿后, 土体结构迅速破坏, 而发生显著下沉, 这种下沉通常叫湿陷, 故称为湿陷性黄土。它一般强度低, 稳定性差。

人工填土、淤泥和黄土、泥炭现场鉴别方法参见表 1-10。

4. 膨胀土

膨胀土粒成分主要由强亲水性矿物组成。液限 w_L 大于 40%，且胀缩性能较大(自由膨胀率 δ_{ef} 大于 40%)的粘性土，一般具有以下特征：

(1)在自然条件下，多呈硬塑或坚硬状态，具有黄、红、灰白等色。裂隙较发育，隙面光滑，有时可见擦痕。

(2)多出现于二级和二级以上阶地，山前丘陵和盆地边缘，地形坡度平缓，一般无明显自然陡坡。

(3)具有吸水膨胀、失水收缩和反复胀缩变形的特点，在季节性干湿气候条件下，常导致底层砖石结构的建筑物普遍开裂损坏。

5. 红粘土

由碳酸盐类岩石(如石灰岩、白云岩、泥灰岩等)经风化(以化学风化为主)后残积、坡积形成的褐红、棕红、黄褐等色的高塑性粘土。其天然孔隙比 e 大于 1.0，在一般情况下，天然含水量 w 接近塑限 w_p ，塑性指数 I_p 大于 20，饱和度 S_r 大于 85%，压缩性低。

6. 盐渍土

土层内平均含盐量大于 0.5%。土的盐渍化使结构破坏以致土层疏松。冬期时土体膨胀，雨期时强度降低。在潮湿状态时，含盐量越大，强度越低。当含盐量高时，不易压实。盐渍土按含盐程度分弱盐渍土、中盐渍土、强盐渍土和过盐渍土四种。

总之，土的分类可帮助我们根据其属性及时采取相应的措施。但是，土的成因复杂，地区性强，分类可解决大部分的施工问题，但仍存在许多特殊问题，这就需要经过试验研究加以解决。此外，在建筑施工中，按土石坚硬程度，即施工开挖难易程度不同，将土石分为八类(见表 1-11)，以便选择施工方法和确定劳动量，为计算劳动力、机具及工程费用提供依据。

表 1-10 人工填土、淤泥、黄土、泥炭的现场鉴别方法

土的名称	观察颜色	夹杂物质	形状(构造)	浸入水中的现象	湿土搓条情况	干燥后强度
人工填土	无固定颜色	砖瓦碎块、垃圾、炉灰等	夹杂物显露于外，构造无规律	大部分变为稀软淤泥，其余部分为碎瓦、炉渣，在水中单独出现	一般能搓成 3mm 土条，但易断；遇有杂质甚多时，即不能搓条	干燥后部分杂质脱落，故无定形，稍微施加压力即行破碎
淤泥	灰黑色，有臭味	池沼中有半腐朽的细小动植物遗体，如草根、小螺壳等	夹杂物经仔细观察可以发觉，构造常呈层状，但有时不明显	外观无显著变化，在水面出现气泡	一般淤泥质土接近轻亚粘土，故能搓成 3mm 土条(长至少 30mm)，容易断裂	干燥后体积显著收缩，强度不大，锤击时呈粉末状，用手指能捻碎

续表

土的名称	观察颜色	夹杂物质	形状(构造)	浸入水中的现象	湿土搓条情况	干燥后强度
黄土	黄褐两色的混合色	有白色粉末出现在纹理之中	夹杂物质常清晰可见,构造上有垂直大孔(肉眼可见)	分成散的颗粒集团,在水面上出现很多白色液体	搓条情况与正常的亚粘土类似	一般黄土相当于亚粘土,干燥后的强度很高,手指不易捻碎
泥炭(腐殖土)	深灰或黑色	有半腐朽的动植物遗体,其含量超过60%	夹杂物有时可见,构造无规律	一部分变为稀软淤泥,其余部分为植物根、动物残体渣滓,悬浮于水中	一般能搓成1~3mm土条;但残渣甚多时,只能搓成3mm以下土条	干燥后大量收缩,部分杂质脱落,故有时无定形

表 1-11 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	密度 (t/m^3)	坚固系数 (f)	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂土、粉土、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	0.6~1.5	0.5~0.6	能用锹挖掘
二类土 (普通土)	II	粉质粘土,潮湿黄土,砂土混碎(卵)石,粉土混碎(卵)石,种植土,素填土	1.1~1.6	0.6~0.8	用锹、锄挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	中密粘土、重粉质粘土,砾石土,干黄土、黄土混碎(卵)石,压实素填土	1.75~1.9	0.8~1.0	主要用镐,少许用锹、锄挖掘,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	IV	重粘土,粘土混碎(卵)石,卵石土,密实黄土,天然级配砂石,软泥灰岩	1.9	1.0~1.5	用镐、撬棍翻松后,用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	V~VI	硬质粘土,中密的页岩、泥灰岩,胶结不紧的砾岩,软石灰岩	1.1~2.7	1.5~4.0	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分用爆破方法

续表

土的分类	土的级别	土的名称	密度 (t/m^3)	坚固系数 (f)	开挖方法 及工具
六类土 (次坚石)	VII ~ IX	泥岩、砂岩、砾岩, 坚实的页岩、泥灰岩, 密实石灰岩, 风化花岗岩、片麻岩	2.2~2.9	4.0~10.0	用爆破方法开挖, 部分用风镐
七类土 (坚石)	X ~ XIII	大理岩, 辉绿岩, 玢岩, 花岗岩, 坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩, 微风化的安山岩、玄武岩	2.5~3.1	10.0~18.0	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV ~ XVI	安山岩, 玄武岩, 花岗岩片麻岩, 坚实的花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩	2.7~3.3	18.0~ 25.0 及以上	用爆破方法开挖

注: 1. 土的级别为相当于一般 16 级土石分类级别;

2. 坚固系数 f 相当于普氏强度系数。

二、土的基本性质

(一) 土的组成

土一般由土颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成, 这三部分之间的比例关系都随着周围条件的变化而变化, 三者相互之间比例不同, 反映出土的不同物理状态, 如干燥、稍湿或很湿; 密实、稍密或松散。这些指标是最基本的物理性质指标, 对评价土的工程性质, 进行土的工程分类具有重要意义。

土的三相物质是混合分布的, 为研究阐述方便, 一般用三相图表示, 把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来, 如图 1-1 所示。

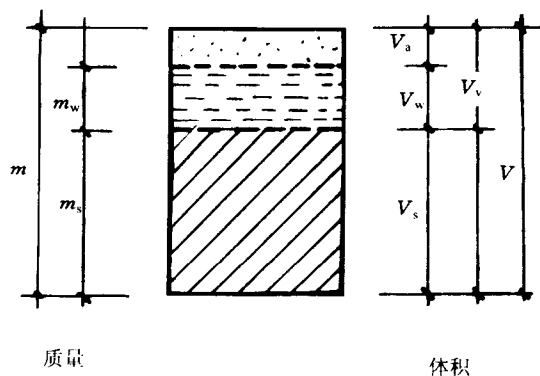


图 1-1 土的三相组成示意图

图中符号:

m ——土的总质量($m=m_s+m_w$)(kg);

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg);

m_w ——土中水的质量(kg);

V ——土的总体积($V=V_a+V_w+V_s$)(m^3);

V_a ——土中空气体积(m^3);

V_w ——土中水所占的体积(m^3);

V_s ——土中固体颗粒体积(m^3);

V_v ——土中孔隙体积($V_v=V_a+V_w$)(m^3)。

(二)土的物理性质

土的性质是确定地基处理方案和制订施工方案的重要依据,对土方工程的稳定性、施工方法、工程量、劳动量和工程造价都有影响。下面对与施工有关的土的基本性质加以说明。

1. 土的天然含水量

土的干湿程度,用含水量 w 表示,即土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率,即:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中各符号的意义见“土的组成”部分内容。

土的含水量越大,土越潮湿,对施工越不利。制订土方施工方案、选择土方机械和决定地基处理时,均应考虑土的含水量。夯实填土时,土的含水量与夯实程度有密切关系。能使填土夯至最密实时的含水量,称为最佳含水量。一般砂土的最佳含水量为 8%~12%,粉质粘土为 12%~15%,粉土为 16%~22%,粘土为 19%~23%。

2. 土的天然密度和干密度

土在天然状态下单位体积的质量,叫土的密度。一般粘土的密度为 1 800~2 000kg/ m^3 ,砂土为 1 600~2 000kg/ m^3 ,岩石为 1 700~3 000kg/ m^3 。土的密度按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中各符号意义同上。

干密度是土中固体颗粒质量与总体积的比值,用下式表示:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-3)$$

式中各符号意义同上。

不同的土密度不同。密度越大,土越密实,强度越高,压缩变形越小。一般土的干密度为 1.3~1.8t/ m^3 。土的干密度用于检查填土的夯实质量,在工程实践中常用环刀法和烘干法来测定后计算土的密度、干密度和含水量。

3. 土的孔隙比和孔隙率

孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度。孔隙比和孔隙率越小,土越密实。砂土的密实度,通常用孔隙比表示。

孔隙比 e 是土的孔隙体积与固体体积的比值,用下式表示:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-4)$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积 V_v 与总体积 V 的比值,用百分率表示:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-5)$$

4. 土的可松性与可松性系数

天然土经开挖后,其体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍不能完全复原,这种现象称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-6)$$

$$K_s' = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-7)$$

式中: K_s 、 K_s' ——土的最初、最后可松性系数;

V_1 ——土在天然状态下的体积(m^3);

V_2 ——土挖出后在松散状态下的体积(m^3);

V_3 ——土经压(夯)实后的体积(m^3)。

在土方工程中, K_s 是用于计算挖方工程量、装运车辆及挖土机械生产效率的重要参数, K_s' 是计算填方所需挖方工程量的重要参数。有关土的可松性系数见表 1-12。

表 1-12 土的可松性系数表

土的类别	体积增加百分比		可松性系数	
	最初	最后	K_s	K_s'
一类(种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类(植物性土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类(泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类(泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五~七类	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

注:最初体积增加百分比 = $(V_2 - V_1)/V_1 \times 100\%$;

最后体积增加百分比 = $(V_3 - V_1)/V_1 \times 100\%$ 。

【例】 某围墙长为 200m, 采用毛石基础, 截面尺寸如图 1-2 所示。土方边坡坡度为 1:0.33, 已知土为粉质粘土, 可松性系数 $K_s = 1.25$, $K_s' = 1.05$ 。