



人民交通出版社“十二五”
高职高专土建类专业规划教材

地基与基础

(第二版)

主 编 王秀兰 王 玮 韩家宝
主 审 杨太生



人民交通出版社
China Communications Press



人民交通出版社“十二五”
高职高专土建类专业规划教材

地基与基础

(第二版)

主 编 王秀兰 王 玮 韩家宝
副主编 刘 宇 郭 宁 边亚东
主 审 杨太生



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为高职高专土建类专业“十二五”规划系列教材之一。全书共分十章:土的物理性质及工程分类,地基应力的计算,土的压缩性与地基变形计算,土的抗剪强度与地基承载力,土压力与支挡结构,建筑场地的岩土工程勘察,天然地基浅基础设计,桩基础,软弱地基处理,区域性地基*。为便于教学和学习,书后附有实践性教学内容指导:土工试验指导,课程设计指导。书中打*号部分为选学内容,供不同需要院校选用。

本书适用于高职高专土建类院校建筑工程技术专业、建筑工程监理专业及相关专业的教学用书,也可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/王秀兰,王玮,韩家宝主编.—2版

—北京:人民交通出版社,2011.8

ISBN 978-7-114-09028-8

I. ①地… II. ①王…②王…③韩… III. ①地基②
基础(工程) IV. TU47

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第065211号

书 名: 地基与基础(第二版)

著 者: 王秀兰 王 玮 韩家宝

责任编辑: 邵 江 刘彩云

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) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.5

字 数: 430千

版 次: 2007年2月 第1版

2011年8月 第2版

印 次: 2011年8月 第1次印刷 累计第6次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09028-2

定 价: 35.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

高职高专土建类专业规划教材编审委员会

主任委员

吴泽(四川建筑职业技术学院)

副主任委员

赵研(黑龙江建筑职业技术学院) 危道军(湖北城市建设职业技术学院) 袁建新(四川建筑职业技术学院)
王世新(山西建筑职业技术学院) 申培轩(济南工程职业技术学院) 王强(北京工业职业技术学院)
许元(浙江广厦建设职业技术学院) 韩敏(人民交通出版社)

土建施工类分专业委员会主任委员

赵研(黑龙江建筑职业技术学院)

工程管理类分专业委员会主任委员

袁建新(四川建筑职业技术学院)

委员 (以姓氏笔画为序)

丁春静(辽宁建筑职业技术学院)	马守才(兰州工业高等专科学校)	毛燕红(九州职业技术学院)
王安(山东水利职业学院)	王延该(湖北城市建设职业技术学院)	王社欣(江西工业工程职业技术学院)
邓宗国(湖南城建职业技术学院)	田恒久(山西建筑职业技术学院)	边亚东(中原工学院)
刘志宏(江西城市学院)	刘良军(石家庄铁道职业技术学院)	刘晓敏(黄冈职业技术学院)
吕宏德(广州城市职业学院)	朱玉春(河北建材职业技术学院)	张学钢(陕西铁路工程职业技术学院)
李中秋(河北交通职业技术学院)	李春亭(北京农业职业学院)	杨太生(山西建筑职业技术学院)
肖伦斌(绵阳职业技术学院)	邹德奎(哈尔滨铁道职业技术学院)	陈年和(江苏建筑职业技术学院)
侯洪涛(济南工程职业技术学院)	钟汉华(湖北水利水电职业技术学院)	涂群岚(江西建设职业技术学院)
郭宁(深圳建设集团)	郭起剑(江苏建筑职业技术学院)	郭朝英(甘肃工业职业技术学院)
温风军(济南工程职业技术学院)	蒋晓燕(浙江广厦建设职业技术学院)	韩家宝(哈尔滨职业技术学院)
蔡东(广东建设职业技术学院)	谭平(北京京北职业技术学院)	

顾问

杨嗣信(北京双圆工程咨询监理有限公司) 尹敏达(中国建筑金属结构协会)
杨军霞(北京城建集团) 李永涛(北京广联达软件股份有限公司)
李志(湖北城建职业技术学院)

秘书处

邵江(人民交通出版社) 刘彩云(人民交通出版社)



高职高专土建类专业规划教材出版说明

近年来我国职业教育蓬勃发展,教育教学改革不断深化,国家对职业教育的重视达到前所未有的高度。为了贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》的精神,提高我国土建领域的职业教育水平,培养出适应新时期职业需要的高素质人才,人民交通出版社深入调研,周密组织,在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的热情鼓励和悉心指导下,发起并组织了全国四十余所院校一大批骨干教师,编写出版本系列教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,结合专业建设、课程建设和教育教学改革成果,在广泛调查和研讨的基础上进行规划和展开编写工作,重点突出企业参与和实践能力、职业技能的培养,推进教材立体化开发,鼓励教材创新,教材组委会、编审委员会、编写与审稿人员全力以赴,为打造特色鲜明的优质教材做出了不懈努力,希望以此能够推动高职土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术、工程监理和工程造价三个土建类专业共计四十余种主辅教材,随后在2~3年内全面推出土建大类中7类方向的全部专业教材,最终出版一套体系完整、特色鲜明的优秀高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类各专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

人民交通出版社

2011年3月



前 言

QIANYAN

人民交通出版社“十一五”高职高专土建类专业规划教材《地基与基础》于2007年2月正式出版发行,历经4年来的教学实践,得到了相关院校以及广大读者的肯定。随着当前高等职业教育课程体系和教学内容改革的不断深入,以及建筑地基基础设计新规范的出台,教材的内容进行了相应的更新和完善。本次教材的修订,删减了一些应用不广、相对滞后的内容,更新和添加了一些与相关就业岗位衔接的内容,加强了理论与工程实际的联系。充实了《建筑地基与基础设计规范》(GB 50007—2010)的相关规定,同时也改正了教材中出现的错误,备有与教材内容同步、重点突出的教学课件,并且在附录B添加了条形基础平法施工图的一般规定和图例。力求教材的知识结构更加符合高等职业教育的特点,教材的内容更具有针对性、实用性和实践指导性,以充分发挥教材为教学内容的主要载体作用和教学课件的辅助作用。

本书由王秀兰、王玮、韩家宝担任主编,刘宇、郭宁、边亚东担任副主编,王秀兰负责全书及其配套课件的统稿工作。本书共有十章内容,绪论、第二章、第五章由黑龙江建筑职业技术学院王秀兰修订;第三章和第七章由江苏建筑职业技术学院王玮修订;第六章和第八章由哈尔滨职业技术学院韩家宝修订;第一章和第四章由深圳市建设集团(有限)公司郭宁修订;第九章和第十章由中原工学院边亚东修订;附录由黑龙江建筑职业技术学院刘宇修订,并制作随书配套课件。全书由杨太生主审。

限于编者水平,书中难免有不妥之处,请读者及时指出,以便修改。

编者
2011年6月

目 录

MULU

绪论	1
第一章 土的物理性质及工程分类	5
第一节 概述	5
第二节 土的组成	7
第三节 土的物理性质指标	10
第四节 土的物理状态指标	15
第五节 地基土的工程分类	19
本章小结	21
思考题	23
综合练习题	23
第二章 地基应力的计算	25
第一节 概述	25
第二节 自重应力的计算	26
第三节 基底压力的计算	29
第四节 地基附加应力的计算	33
本章小结	46
思考题	48
综合练习题	48
第三章 土的压缩性与地基变形计算	50
第一节 土的压缩性	50
第二节 地基变形计算	54
第三节 建筑物沉降观测与地基变形允许值	65
本章小结	68
思考题	69
综合练习题	69
第四章 土的抗剪强度与地基承载力	71
第一节 概述	71
第二节 土的抗剪强度	72
第三节 土的极限平衡条件	73
第四节 抗剪强度指标的测定方法	77

第五节 地基承载力的确定	81
本章小结	86
思考题	87
综合练习题	87
第五章 土压力与支挡结构	88
第一节 土压力类型及影响因素	88
第二节 静止土压力计算	90
第三节 朗肯土压力理论	90
第四节 库仑土压力理论	97
第五节 挡土墙设计	102
第六节 边坡稳定性分析	110
第七节 基坑支护结构*	114
本章小结	121
思考题	123
综合练习题	123
第六章 建筑场地的岩土工程勘察	125
第一节 岩土工程勘察简介	125
第二节 岩土工程勘察报告及其应用	131
第三节 天然地基的施工勘察	136
本章小结	137
思考题	137
综合练习题	137
第七章 天然地基浅基础设计	138
第一节 地基基础设计的基本规定	138
第二节 基础埋置深度的确定	142
第三节 基础底面尺寸的确定	147
第四节 无筋扩展基础设计	152
第五节 扩展基础设计	157
第六节 钢筋混凝土梁板式基础*	172
第七节 减少建筑物不均匀沉降的措施	179
本章小结	182
思考题	184
综合练习题	184
第八章 桩基础	186
第一节 概述	186
第二节 桩基础构造与设计规定	194
第三节 桩基础设计	200
第四节 桩基础设计实例	212

本章小结·····	217
思考题·····	218
综合练习题·····	218
第九章 软弱地基处理 ·····	219
第一节 概述·····	219
第二节 机械压实法·····	221
第三节 换土垫层法·····	222
第四节 强夯法·····	225
第五节 排水固结法·····	226
第六节 挤密法和振冲法·····	228
本章小结·····	232
思考题·····	233
第十章 区域性地基* ·····	234
第一节 概述·····	234
第二节 湿陷性黄土地基·····	235
第三节 膨胀土地基·····	237
第四节 红黏土地基·····	239
第五节 山区地基·····	240
第六节 季节性冻土地基·····	243
第七节 地震区地基·····	245
本章小结·····	249
思考题·····	250
附录 A 土工试验指导 ·····	251
附录 B 课程设计指导 ·····	268
参考文献 ·····	283

绪 论

“地基与基础”是一门理论性和实践性较强的土建类专业课程,是高职高专院校土建类专业学生以及从事工程设计、生产第一线的技术和质量管理及工程监理等岗位所必备的专业知识。本课程的任务:了解地基土的物理性质和工程性质;掌握地基土的应力与变形计算及地基承载力验算;掌握土压力计算及挡土结构设计基本知识;能解读和使用工程地质勘察资料,进行一般房屋基础设计,并具有识读和绘制一般房屋基础施工图的能力;具有应用本专业基本知识分析和处理基础工程中一般问题的能力。

一 土力学与地基基础的概念

土是岩石风化的产物,是由土粒、水和空气三相物质组成的三相体系。由于土形成的自然条件和地理环境不同,使得土的种类繁多,性质各异。土具有一定的散粒性,土粒之间的联结强度很弱,远低于颗粒本身的强度。同时,土还具有压缩性、渗透性和明显的区域性等。

土力学是用力学的基本原理和土工测试技术,研究土的各种性能的一门学科。土的性能主要包括土的物理特性、应力与变形、土的压缩性、抗剪强度、土压力及边坡稳定性等。由于土的工程性质复杂,因此,要解决基础工程中的实际问题,不仅需要本课程及相关学科的基本知识和技术,还要依赖于娴熟的现场实践经验和试验测试技术。

所有建筑物都要建造在地层上,建筑物的荷载都是通过基础向地基土中传播扩散。因此,当地层承受建筑物荷载后,使地层在一定范围内改变原有的应力状态,产生附加应力和变形。我们将承受建筑物荷载并受其影响的该部分地层,称为地基;并将直接与基础底面接触的土层称为持力层,在地基范围内持力层以下的土层统称为下卧层(图 0-1)。

一般建筑物由两部分组成,地面以上的结构称为建筑物的上部结构,地面以下的部分结构称为建筑物的下部结构。工程中通常将建筑物的下部结构称为基础,它位于建筑物上部结构与地基

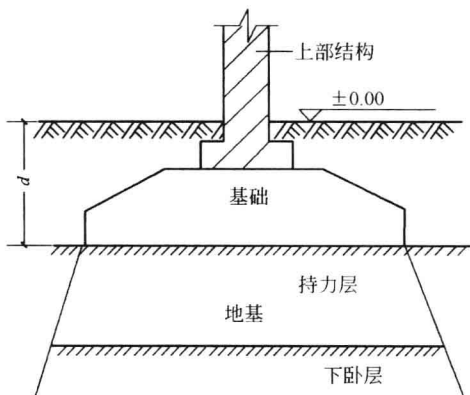


图 0-1 地基与基础示意图

之间。基础的作用是承受建筑物荷载并将其荷载合理地传给地基。

基础都有一定的埋置深度,如图 0-1 所示。图中 d 表示基础底面至设计地面(一般指室内外设计地面)的垂直距离,称为基础埋置深度。基础根据埋置深度不同,可分为两类:一般将埋置深度不大($d \leq 5\text{m}$)且采用一般方法与设备施工的基础,称为浅基础,如条形基础、独立基础、筏板基础等;如果基础埋置深度较大($d > 5\text{m}$)且需用特殊的施工方法和机械设备建造的基础,称为深基础,如桩基础、墩基础、沉井和地下连续墙基础等。

为了保证建筑物的安全和正常使用,地基应满足两项基本要求:

(1) 承载力要求:即作用在基础底面的压力不得超过地基承载力特征值,以保证地基不至于因承载力不足失去稳定而破坏。

(2) 变形要求:即地基的变形(地基沉降量)不得超过建筑物的允许变形值,以保证建筑物不因地基变形过大产生开裂、损坏而影响正常使用。

此外,还应要求基础结构本身具有足够的强度和刚度,在地基反力作用下不会发生强度破坏,并且对地基变形具有一定的调整能力。

良好的地基应该具有较高的承载力及较低的压缩性。如果地基土软弱,工程性质较差,而且建筑物荷载较大,地基承载力和变形都不能满足上述两项要求时,需对地基进行人工加固处理后才能作为建筑地基,称为人工地基。未经过加固处理,直接建筑基础的地基,称为天然地基。由于基础工程的费用一般约占建筑总费用的 10%~30%,因此,建筑物应尽量采用天然地基,以减少基础工程造价。

一 地基与基础的重要性

基础是建筑物的重要组成部分,基础工程属于隐蔽工程。若地基基础设计和施工不当,将影响建筑物的安全和正常使用。轻则上部结构开裂、倾斜,重则建筑物倒塌,而且进行补强修复、加固处理极其困难。下面列举一些国内外典型的因地基基础破坏而引起建筑物倾斜或倒塌的案例。

【案例一】 加拿大特朗斯康谷仓,因地基承载力不足而发生严重的整体倾斜。谷仓建筑面积 $59.4\text{m} \times 23\text{m}$,高 31m ,自重 $2 \times 10^5\text{kN}$,谷仓由 65 个钢筋混凝土圆形筒仓组成,基础采用 2m 厚筏形基础、埋置深度 3.6m 。首次装载后 1h 谷仓下沉达 30.5cm ,装载 24h 后倾倒,西端下沉 8.8m ,东端抬高 1.5m ,整体倾斜 $26^\circ 53'$,如图 0-2 所示。事故发生后经勘察发现,地表 3m 以下埋有约 15m 厚的高塑性淤泥质软黏土,加载后谷仓基底压力达 330kPa ,而实际地基极限承载力为 277kPa 。显然事故的原因是地基软弱下卧层承载力不足而造成整体失稳倾倒。地基强度虽破坏但钢筋混凝土筒体却安然无恙。后用 388 个 50t 千斤顶、70 多个混凝土墩支承在 16m 深的基岩上,纠正修复后继续使用,但谷仓的位置较原来下降了 4m ,如图 0-2 右下方示意图。

【案例二】 巴西 11 层框架结构大楼,建筑面积为 $29\text{m} \times 12\text{m}$,支承在 99 根 21m 长的钢筋混凝土桩上。施工中虽发现明显沉降但没有引起重视。当发现沉降速度加快再采取加固措施为时已晚,竣工约 20min 后大楼彻底倒塌。事故后经调查:地基中有 16m 厚的软土,周围建筑物也采用桩基,但桩长 26m 。显然事故是由于桩长不够,未打入较好土层而悬浮在软土中,最

终因软土承载力不足而导致大楼倾倒。

【案例三】 图0-3为苏州虎丘塔,建于北宋建隆二年(公元959~961年)。塔高47.5m,塔底直径13.66m,为7层八角形砖塔,由外壁、回廊及塔心三部分组成,重63000kN。其地基土层由上至下依次为杂填土、块石填土、黏土夹块石、风化岩石、基岩等,由于地基土压缩层厚度土质不均及砖砌体偏心受压等原因,造成该塔向东北方向倾斜。1956~1957年间对上部结构进行修缮,但使塔重增加了2000kN,加速了塔体的不均匀沉降。1957年塔顶位移1.7m,到1978年发展到2.3m,重心偏离基础轴线0.924m,砌体多处出现纵向裂缝,部分砖墩应力已接近极限状态。后来在塔周围建造了一圈桩排式地下连续墙,并采用注浆法和树根桩加固塔基,基本控制了塔的继续沉降和倾斜。



图0-2 加拿大特朗斯康谷仓倾斜

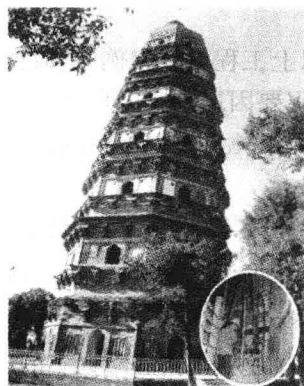


图0-3 苏州虎丘塔

【案例四】 广东省海康大旅店,坐落在湛江市通往海南岛的公路旁,建筑面积4190m²,总高度24.4m。1980年5月正式开工,1981年8月7层主体结构完工。1981年6月28日发现地梁开裂,并测得有不均匀沉陷,53根柱子基础最大沉降量为10.5cm;同年11月25日测得最大沉降量为41cm;同年12月30日县建委主持全面检查,发现1~6层楼部分梁、柱、墙出现裂缝有31处之多,最大裂缝宽度达0.3cm,最长的裂缝长480cm;1982年1月31日测定最大沉降量达44cm。大楼于1982年5月3日下午6时30分,在无风无雨情况下突然全部倒塌,一塌到底,伤亡7人,直接经济损失六十多万元,是我国建筑史上罕见的倒塌事故。倒塌原因有很多方面——地基不均匀沉降、结构计算有误、工程质量失控和施工管理松弛等。

【案例五】 地基除满足承载力要求外,还要求地基不能发生过大的变形。图0-4为墨西哥城的一幢建筑,可清晰地看见因地基的不均匀沉降而引起上部结构产生较明显的挠曲变形。墨西哥城因四面环山,古代是大湖泊,由火山灰沉积而成。该地基为深厚的湖相沉积层,其天然含水量极高,并具有极高的压缩性。

【案例六】 哈尔滨铁路分局职工宿舍是一幢5层西式古典建筑,属于保护建筑。由于相邻建筑违章施工,在未采取任何预防和保护措施的情况下,在贴近该建筑基础旁,开挖深基坑,造成该楼南侧一角于基坑挖完第二天(1998年5月7日凌晨4时15分)倒塌,建筑自上而下刀切般地塌落在相邻工程的基坑内。其原因主要是违反建设程序和法规,相邻建筑擅自开挖深基坑,大量弃土卸荷,导致坑壁失稳。



图0-4 墨西哥城一幢建筑的不均匀沉降

以上工程事故案例,足以说明地基基础的重要性。建筑物倒塌多数是与地基基础有关,因此,不仅要因地制宜合理地进行地基基础勘察、设计、施工,还要严格遵守建设法规、行业规范和标准,以免发生工程事故。

三 本课程的内容和特点

本书共分十章(未包括绪论),第一章是土力学基础知识,主要介绍土的物理性质、物理特征及土的工程分类。第二章~第四章是土力学基本理论部分,主要介绍土的力学及工程性质,要求掌握土中应力计算和分布,掌握土的压缩性、抗剪强度指标的测试方法及地基沉降量、地基强度计算。第五章为土压力与支挡结构,主要掌握主动土压力与挡土墙设计要点以及支护结构的类型。第六章~第十章是基础工程部分,主要介绍建筑场地的工程地质勘察和报告的阅读与使用;天然地基浅基础、桩基础设计与计算;地基处理方法和区域性地基方面的知识。本书后还附有土工试验和课程设计指导。

由于本课程的理论性和实践性较强,其中内容与高等数学、建筑力学、建筑结构、建筑材料、施工技术、工程地质等学科有密切关系,要求在学习本课程过程中,不仅要掌握和灵活运用土力学及基础工程方面知识和技能,还要注重理论联系工程实际,以及与相关学科的联系,增强分析问题和解决工程实际问题的能力。

本课程内容面向土木工程专业学生和设计人员以及生产第一线的技术和质量管理、工程监理、项目管理者等。

第一章

土的物理性质及工程分类

【职业能力目标】

通过本章课堂教学和实验课技能的训练,要求学生能够熟练准确评价土的工程性状,正确确定土的名称,并具有一定的土工试验操作能力。

【知识目标】

了解土的成因和三相组成物质,重点掌握土的物理性质和物理状态指标的基本概念、计算方法及其实际应用,掌握岩土的工程分类依据及其方法,准确定名。学会土的含水量、塑限、液限的测试方法,增强动手能力。

5

第一节 概 述

一 土的成因

土是岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积等过程形成的松散沉积物。不同的风化作用形成不同性质的土。风化作用有物理风化、化学风化和生物风化三种。

(一) 物理风化

指岩石经受风、霜、雪、雨的侵蚀,温度、湿度的变化,发生不均匀膨胀与收缩,逐渐破碎崩解为碎块。这种风化作用仅改变颗粒的大小与形状,不改变原来的矿物成分,称为物理风化。

由物理风化生成的土颗粒较大,为粗粒土,如碎石土和砂土等,这种土统称为无黏性土。

(二) 化学风化

岩石的碎屑与空气、水和各种水溶液相接触,逐渐发生化学作用,改变了原来的矿物成分,形成新的矿物——次生矿物,称为化学风化。

经化学风化生成的土为细粒土,具有黏结力,如黏性土。

(三) 生物风化

由动物、植物和人类活动对岩体的破坏称生物风化,例如,长在岩石缝隙中的树,因树根伸展使岩石缝隙扩展开裂,同时树根分泌出的有机酸也可使岩石分解破坏。而人们开采矿山、修铁路打隧道等活动形成的土,其矿物成分没有变化,所以不是生物风化。

二 土的结构与构造

(一) 土的结构

土的结构是指土粒的大小、形状、土粒间的联结关系和土粒的相互排列情况。

土的结构是决定土的工程性质变化趋势的内在依据。一般认为有单粒结构、蜂窝结构和絮状结构三种。

1. 单粒结构

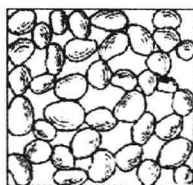
粗颗粒土(如卵石和砂土等)在沉积过程中,由于颗粒自重大于颗粒之间的引力,使每一个颗粒在自重作用下单独下沉并达到稳定状态。呈松散状态的单粒结构的土(图1-1a),土粒间的空隙较大,不稳定,在荷载作用下变形较大。这种土层未经处理一般不宜作为建筑地基。而呈密实状态的单粒结构的土(图1-1b),强度较高,压缩性较小,是良好的天然地基。

2. 蜂窝结构

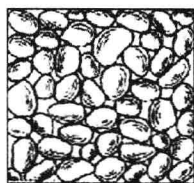
对于较细(如粉粒)的土颗粒,在水中单粒下沉时,由于土粒之间的分子引力大于土粒的重力,当碰到已沉积的土粒,下沉的土粒被吸引而不再下沉,形成具有很大孔隙的蜂窝结构,如图1-2所示。

3. 絮状结构

对于粒径极细的黏土颗粒(粒径小于 0.005mm),由于黏粒自重轻不会下沉而在水中长期悬浮、运动、相互碰撞吸引而逐渐形成链环状的集合体,并随质量增大而下沉,形成絮状结构,如图1-3所示。



a) 松散状态



b) 密实状态

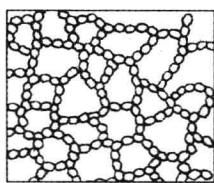


图 1-2 蜂窝结构

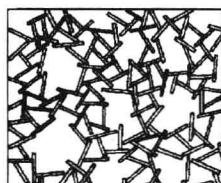


图 1-3 絮状结构

图 1-1 单粒结构

无论是蜂窝结构还是絮状结构,其共同特点均为水下沉积,孔隙大、含水量高、不稳定、承载力极小,因而不能作为地基。

(二) 土的构造

土的构造是指同一土层中,结构不同部分相互排列的特征。其主要特征是成层性和裂隙性,如图1-4所示。

成层性即土具有层状构造,这是由于土粒在沉积过程中,不同阶段沉积物的物质成分、颗粒大小、颜色等不同,一层一层相互平行,沿竖向呈现出成层特征。例如在平原地区,土通常呈现出水平层理构造。

裂隙性是指土体中有很多不连续的小裂隙,这种裂隙的存在破坏了土的整体性,使土体强度和稳定性降低、渗透性增高、工程性质变差。某些坚硬或硬塑状态的黏性土即为此种构造。

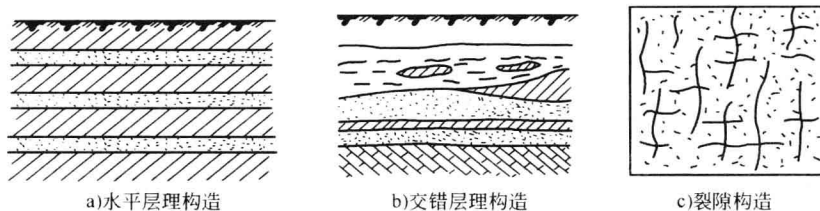


图 1-4 土的层状构造与裂隙构造

第二节 土的组成

土是由固体矿物颗粒、水和气体三部分,即固相、液相和气相组成的三相体系。土中的固体矿物颗粒构成土的骨架,骨架之间存在着大量孔隙,孔隙中充满着水和空气,如图 1-5 所示。

土的三相组成比例随着环境的改变而发生相应的变化。

当孔隙中充填着水和空气时,为湿土;当孔隙中全部被水充满时($V_a=0$),为饱和土;当孔隙中只有空气时($V_w=0$),为干土。饱和土和干土均属二相体系。

由此可见,要研究土的各种工程性质,首先要从土的最基本组成即三相物质开始研究。

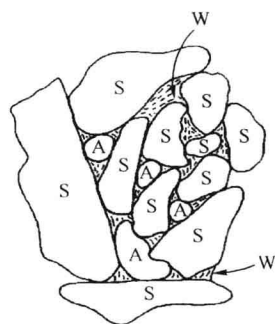


图 1-5 土的组成示意图
S-固相;W-液相;A-气相

一 土中固相

土的固相(固体矿物颗粒)构成了土的骨架,是土的三相组成中的主体,是决定土的工程性质的主要成分。

(一) 粒组的划分

自然界中土一般都是由大小不等的土颗粒混合组成的,土的粒径大小不同,工程性质也各异。通常将颗粒直径简称粒径,单位为 mm。工程上将不同粒径的土粒,按某一粒径范围(物理性质及特征接近)划分为若干粒组,见表 1-1。粒组与粒组之间的分界粒径称为界限粒径。



土粒粒组的划分

表 1-1

粒组名称	粒径范围(mm)	一般特征
漂石(块石)粒	$d > 200$	透水性大,无黏性,无毛细水
卵石(碎石)粒	$20 < d \leq 200$	透水性大,无黏性,无毛细水
圆砾(角砾)	$2 < d \leq 20$	透水性大,无黏性,毛细水上升高度不超过粒径大小
砂粒	$0.075 < d \leq 2$	易透水,当混入云母等杂物时透水性减小,而压缩性增加;无黏性,遇水不膨胀,干燥时松散;毛细水上升高度不大,随粒径变小而增大
粉粒	$0.005 < d \leq 0.075$	透水性小;湿时稍有黏性,遇水膨胀小,干时稍有收缩;毛细水上升高度较大较快,极易出现冻胀现象
黏粒	$d \leq 0.005$	透水性很小;湿时有黏性、可塑性,遇水膨胀大,干时收缩显著;毛细水上升高度大,且速度较慢

(二) 土的颗粒级配

土的颗粒级配是指土粒大小的组成情况,通常以土中各个粒组的相对含量(即各粒组占土粒总质量的百分数)来表示。土中各个粒组的相对含量可通过颗粒分析试验得到。颗粒分析目前常用筛分法和密度计法。

1. 筛分法

筛分法是将风干、分散的代表性土样倒入标准筛中,经过筛分机振动过筛后,称出留在各筛盘上的土粒质量,即可求得各粒组的相对百分含量。此法适用于粒径在 0.075 ~ 60mm 的土。目前我国采用的标准筛的最小孔径为 0.075mm。

2. 密度计法

密度计法是根据粒径不同的土粒,在水中沉降的速度不同的特性,将密度计放入悬液中,测计读数计算而得。此法适用于粒径 $d < 0.075\text{mm}$ 的土。

根据颗粒分析试验结果绘制土的颗粒级配曲线,如图 1-6 所示。纵坐标表示小于某粒径的土粒占总质量的百分数,横坐标表示土粒粒径,用对数坐标表示。图中级配曲线 a 和 b 分别表示两个试样的颗粒组成情况,从图中可以看出:曲线越陡(试样 b),表明颗粒大小相差不大,颗粒较均匀,土的级配不良;曲线越缓(试样 a),表明粒径分布的范围越广,粒径相差越悬殊,颗粒越不均匀,较大颗粒间的孔隙被较小的颗粒所填充,土粒级配良好。

工程上常用两个指标来定量描述土的级配特征:

$$\text{不均匀系数 } C_u: \quad C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

$$\text{曲率系数 } C_c: \quad C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \times d_{60}} \quad (1-2)$$

式中: d_{10} ——有效粒径,小于某粒径的土粒质量占总质量的 10% 时相应的粒径;

d_{60} ——限定粒径,小于某粒径的土粒质量占总质量的 60% 时相应的粒径;