

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

土力学地基与基础

(第二版)

周汉荣 主编



武汉工业大学出版社

土力学地基与基础

第三版



人民交通出版社

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

土力学地基与基础

(第二版)

周汉荣 主编

武汉工业大学出版社

鄂新登字 13 号

内 容 提 要

本书系根据高等专科“工业与民用建筑专业”《土力学地基与基础》课程要求编写的教材,按我国新颁行的《建筑地基基础设计规范》(GBJ7-89)和其它岩土工程新规范编写,系该专业系列教材之九。全书内容包括:土的物理性质及工程分类;土的应力、变形和强度;土压力与边坡稳定;浅基础;桩基础;地基处理;特殊土地基和山区地基等。

本书第二版系在初版基础上修订的,全书内容都有进一步的完善和提高。

本书除供高等专科“工业与民用建筑专业”作教材外,还可供土建类非“工民建专业”的本科作教材,以及供土建专业勘察、设计和施工人员参考。

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

土力学地基与基础

(第二版)

© 周汉荣 主 编

责任编辑 刘声扬

责任校对 童南雄

*

武汉工业大学出版社出版(武汉市武昌街道口)

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销

湖北省国营华严印刷厂印刷

*

开本:787×1092mm 1/16 印张:14.75 字数:350千

1993年6月第2版 1993年6月第7次印刷

ISBN 7-5629-0773-0/TU·40

印数:58501—83500册 定价:8.00元

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

初 版 说 明

本系列教材的出版,是为了适应四化建设多层次培养人才,以及当前高等专科“工业与民用建筑专业”教材建设上的迫切需要而组织的。考虑到该专业(高等专科)国家还无统一的教学计划和课程教学大纲,故本系列教材编写前曾征集部分院校意见并进行归纳整理,制定了系列教材“编写总纲”,其主要编写要求是:

贯彻“少而精”的原则,加强基本理论、基本技能和基本知识的训练。各本教材字数按教学时数控制在每学时 4000 字左右。编写时要做到内容精练,叙理清楚,体系完整,特色鲜明。文字力求通俗流畅,插图力求形神兼备。对涉及到国家标准和规范的内容,均以现行国标(部标)和规范为准。对即将颁行的新规范,则以新规范的报批稿为准。对教材中符号、计量单位和术语,则尽量采用《建设结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ83-85)的规定。

本系列教材的编写人员主要是武汉工业大学、湖南大学、华中理工大学、武汉冶金建筑专科学校和湖南城市建设专科学校等有丰富教学经验的教师。主审人员为全国部分高等院校和科研院的教授和专家。

本系列教材的出版在我国还是初次,且由于组稿仓促,缺点和不当之处一定很多,希读者指正,不胜感谢。

高等专科“工业与民用建设专业”系列教材

编审委员会

1988 年 3 月

编审委员会

顾 问 袁润章 成文山 王龙甫

主 任 沈大荣

副主任 沈蒲生

委 员 (以姓氏笔划序)

刘声扬 刘鉴屏 吴代华 沙钟瑞 胡 逾 施楚贤

高琼英 黄仕诚 彭少民 彭图让 蔡伯钧 魏 璋

秘书长(总责任编辑) 刘声扬

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材书目

- | | | |
|-----------|----------------|-----------------|
| 1. 建筑材料 | 5. 结构力学 | 9. 土力学地基与基础 |
| 2. 建筑工程测量 | 6. 钢结构 | 10. 建筑施工 |
| 3. 理论力学 | 7. 混凝土结构(上)(下) | 11. 建筑工程经济与企业管理 |
| 4. 材料力学 | 8. 砌体结构 | |

第二版前言

《土力学地基与基础》教材自1988年8月初版以来,在全国广泛进行了试用。承蒙各界读者的厚爱和支持,迄今4年,已6次重印,总印数达到5.85万册,这无疑是对我们的一种无声鼓励和鞭策。目前岩土工程各种新规范已陆续颁布施行,编者根据新规范的精神,以及高等专科“工业与民用建筑专业”教学计划的要求,对教材进行了修订,印行第二版。

本书第二版基本上保持了初版原有的体系和风格,但对某些内容作了调整和更新,使其理论更结合实际,并满足教学上的要求。

本书第一至第四章着重介绍土力学的基本原理和实用计算方法。第一章根据我国新的《土工试验方法标准》(GBJ123-88),介绍用碟式液限仪测定粘性土液限的方法;第二章增加双层地基土中应力的概念和计算方法;第三章增加压缩指数的概念。对这几章中的例题作了某些调整,并压缩了附加应力系数表的篇幅。

对第五章,在内容上作了增删和调整,介绍了“广义库仑理论”并附上电算程序以取代土压力系数表;增加了加筋土挡墙的内容。

对第六章,在地基梁计算中删去了链杆法,突出简化法,使其更适合于专科教学的要求。

对第七章,删去了单桩工作状态的内容,使其概念分散在各节中介绍;另外增加了在工程中已广泛应用的单桩动测法的内容。

对第八章,按新的《建筑地基处理技术规范》的精神,重新进行编写,着重介绍了地基处理的原理、方法、施工和质量检测;增加了托换法的内容。

对第九章,强调特殊土地基和山区地基的特征、设计方法和工程措施。

各章除初版附有的习题和答案外,新增加了思考题,以便于自学。

参加本书第二版编写的人员为:

湖南大学周汉荣(绪论、第一、二、三、六章)、肖鹤松(第四章)、赵明华(第五章)、何少敏(第九章)和武汉工业大学刘胜男(第七、八章),第一、二、三、六章中的例题和习题由湖南大学曹喜仁编写。本书由周汉荣主编,由湖南大学周光龙教授主审。

本书不妥之处,希读者批评指正。

编 者

1993年2月

主要符号及单位

A ——基础底面面积(m^2)	p ——基底平均压力(kPa 或 kN/m^2)
a ——压缩系数(MPa^{-1} 或 m^2/MN)	p_0 ——基底附加压力(kPa 或 kN/m^2)
b ——基础底面宽度(m)	p_s ——地基比例界限荷载(kPa 或 kN/m^2)
C_c ——压缩指数	p_u ——地基极限荷载(kPa 或 kN/m^2)
C_u ——不均匀系数	p_c ——地基临塑荷载(kPa 或 kN/m^2)
c ——粘聚力(kPa 或 kN/m^2)	q_p ——桩端土的承载力标准值 (kPa 或 kN/m^2)
c_v ——竖向固结系数(m^2/yr)	q_s ——桩周土的摩擦力标准值 (kPa 或 kN/m^2)
d ——土粒粒径(mm); 直径; 基础埋置深度(m)	R ——单桩竖向承载力设计值(kN)
d_{10} ——土的有效粒径(mm)	r ——半径(m)
d_{60} ——土的限定粒径(mm)	S_r ——饱和度
E_a ——主动土压力(kN/m)	S ——沉降量(mm)
E_0 ——静止土压力(kN/m^2) 变形模量(MPa)	T_v ——时间因数
E_p ——被动土压力(kN/m)	U ——固结度
E_s ——压缩模量(MPa)	u ——孔隙水压力(kPa 或 kN/m^2)
e ——孔隙比	V ——体积(m^3); 剪力(kN)
F ——作用在基础顶面上的竖向力 (kN , kN/m)	v ——渗透速度(mm/s)
f ——地基承载力设计值(kPa 或 kN/m^2)	W ——截面抗抵矩(m^3)
f_k ——地基承载力标准值(kPa 或 kN/m^2)	w ——含水量($\%$)
f_0 ——地基承载力基本值(kPa 或 kN/m^2)	w_L ——液限($\%$)
G ——基础及其台阶上土的恒荷载 (kN , kN/m)	w_p ——塑限($\%$)
h ——高度(m)	z_0 ——标准冻结深度(m)
I_L ——液性指数	z_n ——地基沉降计算深度(m)
I_p ——塑性指数	z ——深度(m)
K_a ——主动土压力系数	α ——土的附加应力系数
K_0 ——土的侧压力系数或静止土压力系数	β ——填土表面倾角($^\circ$)
K_p ——被动土压力系数	γ ——土的重度(kN/m^3)
l ——长度(m)	γ_d ——干土重度(kN/m^3)
M_s ——作用于基础底面的力矩($\text{kN} \cdot \text{m}$)	γ_{sat} ——饱和土重度(kN/m^3)
m ——质量(kg , t)	γ_w ——水的重度(kN/m^3)
N_{10} ——轻便触探试验锤击数	γ' ——土的浮重度或有效重度(kN/m^3)
$N_{63.5}$ ——标准贯入试验锤击数	δ ——土对挡土墙背的摩擦角($^\circ$)
n ——孔隙率($\%$)	δ_s ——黄土地基湿陷系数
	δ_{cp} ——土的膨胀率($\%$)
	η_b ——基础宽度的承载力修正系数

η_d ——基础埋深的承载力修正系数

θ ——地基的压力扩散角($^\circ$)

μ ——泊松比

ρ ——土的密度(t/m^3)

ρ_d ——干土密度(t/m^3)

ρ_{sat} ——饱和土密度(t/m^3)

ρ_w ——水的密度(t/m^3)

σ ——正应力(kPa 或 kN/m^2)

σ_1, σ_3 ——大、小主应力(kPa 或 kN/m^2)

σ_{cz} ——自重应力(kPa 或 kN/m^2)

σ_z ——土中附加应力(kPa 或 kN/m^2)

σ' ——有效应力(kPa 或 kN/m^2)

τ ——剪应力(kPa 或 kN/m^2)

τ_f ——抗剪强度(kPa 或 m^2)

ϕ ——土的内摩擦角($^\circ$)

ψ_s ——沉降计算经验系数

ψ_f ——采暖对冻深的影响系数

绪 论

一、土力学、地基与基础的概念

任何建筑物都是支承在地层上的,受建筑物荷载影响的那一部分地层称为地基。建筑物的下部通常要埋入地下一定的深度,使之座落在较好的地层上。建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础(图 0-1)。

地球表面的大块岩石经风化、搬运、沉积而形成的松散堆积物,在建筑工程中称为土。土是自然界的产物,它与其它建筑材料不同,除了强度较低及质地不均匀之外,其主要特征有(1):土是由固体颗粒、水和气体所组成,三者的成分和比例均对土的性质产生影响;(2)土具有孔隙,而且部分孔隙相互连通,所以土一般具有透水性;(3)土颗粒之间粘结力很弱或无粘结,在荷载作用下,土颗粒发生相对位移,土中水从孔隙中排出而固结,故土的变形量较大;

(4)由于土中水从孔隙中排出并非加荷后瞬间即可完成,所以土的变形须经历一定时间方可完成;(5)土的变形除了弹性变形之外,还会产生部分不可恢复的残余变形等。

利用力学的一般原理,研究土的应力、应变、强度、稳定和渗透等特性及其随时间变化规律的学科称为土力学,它是力学的一个分支。

由于土的形成年代、生成环境及成分的不同,所以地基的性质是复杂多样的。例如,沿海及内陆地区的软土,西北、华北和东北等地区的黄土,高寒地区的永冻土以及分布在各地区的红粘土、膨胀土和杂填土等,都具有不同的性质。因此,设计之前必须对场地进行工程地质勘察,提出工程地质报告。然后根据上部结构荷载、房屋使用及构造上的要求,对地基进行强度、变形及稳定性分析。要求作用在地基上的压应力不超过地基的承载力,地基的计算变形量不超过地基变形的容许值;对经常受水平荷载作用的高层建筑和高耸结构,以及建在斜坡上的建筑物和构筑物,尚应验算其稳定性。

基础根据埋置深度分为浅基础和深基础。对一般房屋的基础,如果土质较好,埋深通常不大(3~5m 以内),可用简便的方法进行基坑开挖或排水,这种基础称为浅基础。如果建筑物荷载较大且上层土质又较软弱时,须将基础埋于较深的地层上,这时可能要采用特殊的基础类型或特殊的施工方法,这种基础称为深基础。例如桩基、沉井、地下连续墙等。

如果地基未经人工处理,称为天然地基。如地基软弱,其承载力及变形不能满足设计要求时,则要对地基进行加固处理,这种地基称为人工地基。

地基与基础设计,要综合考虑地基、基础和上部结构三者的相互关系。例如,对软弱地基,除了考虑采用人工处理之外,还要适当加强上部结构的刚度和强度,或采用桩基、沉井等深基础方案。由此可见,同一建筑物满足设计要求的地基基础方案往往不止一个,故须通过经济、技术比较,以便选择一个安全可靠、经济合理、技术先进和施工简便方案。

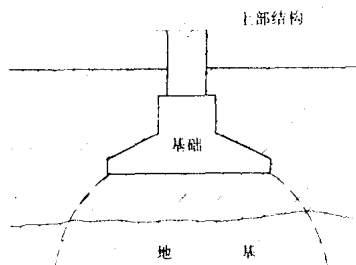


图 0-1 地基与基础示意图

二、地基与基础在建筑工程中的重要性

地基与基础是整个建筑工程中的一个重要组成部分。它的质量好坏关系到建筑物的安全、经济和正常使用。由于基础工程在地下或水下进行,施工难度较大,造价、工期和劳动消耗量在整个工程中所占的比重亦较大。我国一般多层建筑中,基础工程造价约占总造价的 $1/4$,工期约占总工期的 $25\sim 30\%$ 。如需人工处理或采用深基础,则其造价和工期所占的比例更大。另外,由于地基基础属于隐蔽工程,一旦出现事故,处理不易,因而更应慎重。随着高层建筑的兴起,深基础工程增多,这些都对地基基础的设计与施工提出了更高的要求。

我国与世界各国在地基基础设计与施工方面均取得了不少成功的经验,节约了大量资金,保证了工程质量。但是,并不是每一项基础工程都获得成功,许多建筑工程质量事故往往与地基基础有关。例如,加拿大特朗斯康谷仓,由于未勘察到基础下有厚达 16m 的软粘土层,建成后初次贮存谷物时,基底压力超过了地基极限承载力,致使谷仓一侧陷入土中 8.8m ,另一侧抬高 1.5m ,倾斜 27° (图 0-2)。由于该谷仓系采用片筏基础。基础和上部结构刚度均很强,所以筒仓完好无损。后经过在筒仓下增设 70 个支承于基岩上的混凝土墩,用 388 个 500kN 的千斤顶,才将仓体纠正,但其标高比原来降低了 4m 。

又如意大利比萨斜塔,从 1173 年动工兴建,当建造至 24m 高时发现倾斜,限于当时技术水平,找不出原因而被迫停工,一百年后续建至塔顶(高约 55m)。至今塔身北面沉降了 1m 多,南面沉降了约 3m ,倾斜 5.8° 。1932 年曾于塔基灌注了 1000t 水泥,也未奏效。近年来该塔每年下沉约 1mm ,已成为世界上最著名的基础工程难题。

我国上海工业展览馆建于 1954 年。中央大厅上部为框架结构,总重约 10000t ,基础高 7.27m ,为两层箱形基础,平面尺寸为 $44\times 45\text{m}$ 。大厅两侧系条形基础,用沉降缝隔开。地基为厚约 14m 的淤泥质软粘土。建成后,当年基础下沉 0.6m ,目前大厅平均沉降量达 1.6m 。墙面因不均匀沉降而产生较大裂缝;进厅台阶也有错开现象。

从以上工程实例可见,基础工程实属百年大计,必须慎重对待。只有深入了解地基情况,掌握勘察资料,经过精心设计与施工,才能使基础工程做到既经济合理,又能保证质量。

三、本课程的特点与学习方法

本课程是一门理论性与实践性均较强的课程,前五章主要介绍土的物理、力学性质以及土压力与土坡稳定性分析,后几章介绍地基与基础设计、软弱地基处理及施工中的有关问题。全书内容丰富,各章都从不同角度阐述变形、强度和稳定问题,抓住这一线索,就能掌握重点与系统。

我国土地辽阔,幅员广大,由于自然地理环境不同,存在着各种性质不同的土类,如软弱土、湿陷性黄土、膨胀土和红粘土等。本课程将分别扼要地介绍这些土的工程性质及设计处理原则。

土是经长期复杂作用形成的天然产物,不象其它建筑材料那样有统一规格可供查阅。每一

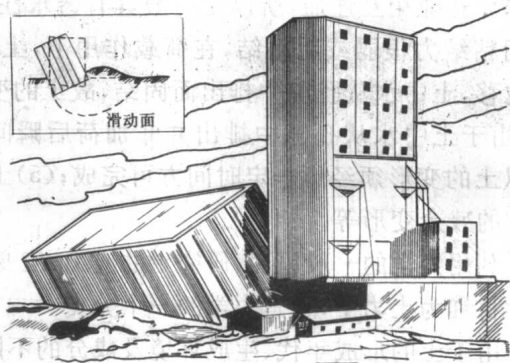


图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

建筑场地都必须进行地基勘察、采取试样和进行土工试验,所以本书也扼要介绍土工试验有关知识。各校可在试验课中进一步充实这方面内容。

本课程与建筑力学、建筑材料、建筑结构和工程地质有密切关系,与这些学科有关的内容,本书只引述其结论,要求理解其意义及应用条件,而不把注意力放在公式的推导上。

每一项地基与基础工程设计,几乎找不到完全相同的实例,故需要运用本课程的基本原理,深入调查研究,针对不同情况进行具体分析。因此,在学习本课程时要注意理论联系实际,提高分析问题和解决问题的能力。

四、本学科的发展简况

土力学、地基与基础工程既是一门古老的工程技术,又是一门新兴的应用学科。

远在春秋战国开始兴建直至秦朝建成的万里长城以及隋朝修通的南北大运河,穿越各种地质条件,历经千百载而屹立至今。又如隋朝兴建的郑州超化寺以及其它许多宏伟壮丽的宫殿和寺院,遍布各地的巍巍高塔,都是由于奠基牢固方可经历多次强震、强风的考验而安然无恙。我国历来具有正确处理地基基础的经验,至今还采用的灰土垫层、水撼砂垫层和石灰桩等,都是我国自古已有的传统地基处理方法。

18世纪欧洲兴起工业革命,随着城市建设的扩大,公路、水利、铁路的兴建,遇到许多与土有关的力学问题。这些问题的解决,使土力学的理论开始产生和发展。1773年,法国的库仑(Coulomb)根据试验创立著名的砂土抗剪强度公式,提出计算挡土墙土压力的滑楔理论。1869年,英国的朗金(Rankine)又从不同途径提出挡土墙土压力理论,这对后来土体强度理论的发展起了很大促进作用。1885年,法国的布辛奈斯克(Boussinesq)求得弹性半空间在竖向集中力作用下的应力和变形的理论解答。1922年,瑞典的费伦纽斯(Fellenius)为解决铁路坍方提出土坡稳定分析法。这些古典的理论和方法,至今仍不失其使用价值。1925年,美国太沙基(Terzaghi)《土力学》专著的发表,从此土力学才作为一门独立的学科进行研究与发展。从1936~1987年,已召开了11届国际土力学与基础工程学术会议。许多国家和地区也召开了专业会议,交流和总结本学科的新成果。这些都对本学科的发展起到了推动作用。

解放后,我国进行了大规模的土木工程建设,成功地处理了许多大型的基础工程。例如,中国历史博物馆,利用电化学加固了旧护城河的河床,解决了施工期限短、质量要求高的问题。又如武汉和南京长江大桥、上海宝山钢铁总厂以及全国许许多多高层建筑的建成,都为土力学与基础工程的理论与实践积累了丰富的经验。我国在1958、1962、1979、1983、1987和1991年先后召开了6届土力学与基础工程学术会议,并且建立了许多地基基础研究机构、施工队伍和土工实验室,培养了大量的地基基础专业人才。我国不少学者对土力学与基础工程的理论和实践,作出了重大的贡献。早在50年代,黄文熙教授提出了非均质地基的应力分布和考虑侧向变形的沉降计算方法,并发表了用振动三轴试验探讨饱和砂土地基和土坝的抗液化稳定的论文;陈宗基教授对土流变学和粘土结构模式的研究,已被电子显微镜的观测所证实,这些均受到国际岩土工程界的重视。

近年来,我国在工程地质勘察、室内及现场的土工试验、地基处理、新设备、新材料、新工艺的研究和应用方面,都取得了很大的进展。例如,振动碾压法、振冲法、深层搅拌法、高压旋喷法、真空预压法和强夯法等,均取得较好的经济技术效果。

随着电子计算机及有限元计算技术的日益推广,土力学与基础工程领域的研究发生了深刻的变化,目前已有可能利用这些计算技术解决许多复杂的岩土工程问题。在土工试验、土力

学与基础工程计算中已开始采用概率和数理统计理论,有些学者提出应用概率方法的土力学计算理论。

进入 80 年代以来,随着我国社会主义建设事业的向前发展,多层及高层建筑亦象雨后春笋般在工程中出现,且有些建筑物座落在不良地基上,加之目前我国城市建筑密集,基础工程相互影响,施工条件受到各种限制,尤其是有些旧房需要加层改造,对原有房屋地基基础要进行加固处理,这些都对土力学与基础工程提出了新的挑战,也为土木工程建设者提供施展才能作出贡献的新机会。随着这些问题的解决,也必将促进土力学与基础工程技术向前发展。

思 考 题

1. 土与其它建筑材料相比具有哪些独特的性质?
2. 何谓土力学? 何谓地基与基础?
3. 浅基础与深基础有什么区别?
4. 什么是天然地基? 什么是人工地基?
5. 试述地基与基础在建筑工程中的重要性。

目 录

主要符号及单位	4
绪论	1
第一章 土的物理性质及工程分类	1
第一节 土的组成	1
第二节 土的三相比例指标	6
第三节 无粘性土的密实度	10
第四节 粘性土的塑性指数和液性指数	11
第五节 地基岩、土的工程分类	13
思考题	16
习题	16
第二章 土中应力计算	18
第一节 土中自重应力	18
第二节 基底压力分布与简化计算	20
第三节 土中附加应力	22
思考题	38
习题	38
第三章 地基变形计算	40
第一节 土的压缩性及压缩性指标	40
第二节 地基的最终沉降量	45
第三节 地基变形与时间的关系	55
第四节 建筑物的地基变形容许值	61
思考题	62
习题	63
第四章 土的抗剪强度和地基承载力	65
第一节 土的抗剪强度	65
第二节 土的极限平衡理论	67
第三节 抗剪强度的三轴压缩试验和无侧限抗压强度试验	69
第四节 塑性区的发展及相应的荷载	71
第五节 地基的极限承载力	75
思考题	79
习题	79
第五章 土压力与边坡稳定	80
第一节 概述	80
第二节 作用在挡土墙上的三种土压力	81
第三节 静止土压力	82

第四节	朗金土压力理论	82
第五节	库仑土压力理论	86
第六节	《规范》方法	92
第七节	特殊情况下的土压力计算	94
第八节	挡土墙的设计	97
第九节	加筋土的挡墙简介	102
第十节	边坡稳定	105
思考题		110
习题		111
第六章	天然地基上浅基础	112
第一节	概述	112
第二节	基础的类型	112
第三节	基础埋置深度的选择	117
第四节	地基与基础设计的基本规定	119
第五节	地基承载力的确定	121
第六节	浅基础的设计与计算	131
第七节	地基梁和板的计算	135
第八节	减轻不均匀沉降的措施	139
第九节	天然地基上浅基础的施工	143
思考题		146
习题		147
第七章	桩基础及其它深基础简介	148
第一节	概述	148
第二节	桩的类型	149
第三节	单桩竖向承载力的确定	152
第四节	群桩承载力的计算	161
第五节	单桩水平承载力	163
第六节	桩基础的设计	167
第七节	其它深基础简介	175
思考题		178
习题		178
第八章	地基处理	179
第一节	概述	179
第二节	换填法	182
第三节	预压法	185
第四节	强夯法	187
第五节	深层挤密法	189
第六节	化学加固法	190
第七节	土工合成材料在工程中的应用	192

第八节 托换法	193
思考题	196
习题	197
第九章 特殊土地基及山区地基	198
第一节 膨胀土地基	198
第二节 红粘土地基	205
第三节 湿陷性黄土地基	207
第四节 山区地基	212
思考题	216
习题	216
附录 地质年代表	217

第一章 土的物理性质及工程分类

土是由固体土颗粒(又称固相)、水(液相)和气体(气相)所组成,故称为三相系。土中颗粒的大小、成分及三相之间的比例关系,反映出土的不同性质,如干湿、轻重、松紧及软硬等。土的这些物理性质与力学性质之间有着密切的联系。如土松而湿则强度低而压缩性大;反之,则强度高而压缩性小。故土的物理性质是土的最基本性质。

本章将分别阐明土的组成、土的基本物理性质指标及其有关特征,并利用这些指标及特征对地基土进行工程分类。

第一节 土的组成

一、土的固体颗粒

岩石经风化作用形成大小不同的固体土颗粒,它的矿物成分、颗粒大小、形状与级配是影响土的物理性质的重要因素。

(一)土的矿物成分

组成地层的物质多数以化合物的形式存在,由一种元素自然存在者居少数。这些化合物和元素称为矿物。矿物按其化学成分可分为硅酸盐、氧化物、氢氧化物、碳酸盐、硫化物和硫酸盐等类。根据矿物形成的先后,又可分为原生矿物和次生矿物。

1. 原生矿物

岩石由于温度变化、裂隙水的冻结以及盐类结晶而逐渐破碎崩解,这种过程称为物理风化。岩石经物理风化作用形成粗粒的碎屑物,它的矿物成分与母岩相同,这种矿物称为原生矿物。常见的有石英、长石、云母等,它们的性质较稳定。砾石和砂主要是由原生矿物所组成。

2. 次生矿物

岩石在水溶液、大气及有机物的化学作用或生物化学作用下引起的破坏过程称为化学风化。它不仅破坏了岩石的结构,而且使其化学成分改变并形成新的矿物,这种矿物称为次生矿物。如粘土矿物、铝铁氧化物及氢氧化合物等。常见的粘土矿物有蒙脱石、伊里石和高岭石等。由于粘土矿物颗粒很细,颗粒的比表面(单位体积或单位质量的颗粒的总表面积)很大,所以颗粒表面具有很强的与水作用的能力。土中含粘土矿物愈多,则土的粘性、塑性和胀缩性也愈大。

(二)土的颗粒级配

土颗粒的大小与土的性质有密切关系。例如,土颗粒由粗变细,土可由无粘性变为有粘性,而透水性随之减小。粒径大小在一定范围内的土粒,其矿物成分及性质都比较接近。因此,可将土中各种不同粒径的土粒,按适当范围,分为若干粒组。表 1-1 是常用的粒组划分方法,表中根据粒径大小把土粒分为六大组:即漂石(块石)颗粒、卵石(碎石)颗粒、圆砾(角砾)颗粒、砂粒、粉粒和粘粒。

土粒的粒组划分

表 1-1

粒 组 名 称		粒径范围(mm)	一 般 特 征
漂石或块石颗粒		>200	透水性很大,无粘性,无毛细水
卵石或碎石颗粒		200~20	
圆砾或角砾颗粒	粗	20~10	透水性大,无粘性,毛细水上升高度不超过粒径大小
	中	10~5	
	细	5~2	
砂 粒	粗	2~0.5	易透水,当混入云母等杂质时透水性减小,而压缩性增加;无粘性,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
	中	0.5~0.25	
	细	0.25~0.1	
	极细	0.1~0.075	
粉 粒	粗	0.075~0.01	透水性小,湿时稍有粘性,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
	细	0.01~0.005	
粘 粒		<0.005	透水性很小;湿时有粘性、可塑性,遇水膨胀大,干时收缩显著;毛细水上升高度大,但速度较慢

注:1. 漂石、卵石和圆砾颗粒均呈一定的磨圆形状(圆形或亚圆形);块石、碎石和角砾颗粒都带有棱角。

2. 粘粒或称粘土粒;粉粒或称粉土粒。

3. 粘粒的粒径上限也有采用 0.002mm 的。

自然界的土,都是由大小不同的土粒组成的。土中各个粒组相对含量百分比称为土的颗粒级配。

土的颗粒级配可通过土的颗粒分析试验测定。其方法为:将土样风干、分散之后,取具有代表性的土样倒入一套依孔径大小排列的标准筛(例如孔径为 200、20、2、0.5、0.25、0.075mm 的筛及底盘,见图 1-1),经振摇后,分别称出留在各个筛及底盘上土的质量,即可求得各个粒组的相对含量。小于 0.075mm 的土颗粒难于筛分,可用比重计法或移液管法测定其颗粒级配(详见有关土工试验操作规程)。

根据土的颗粒分析试验结果,在半对数坐标纸上,以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(因土颗粒的粒径相差千百倍,故宜用对数比例尺),从而绘出如图 1-2 所示的颗粒级配曲线。

如曲线平缓,表示粒径相差悬殊,土粒不均匀,即级配良好(图 1-2 中 a 线)。反之,如曲线很陡,表示粒径均匀,即级配不好(图 1-2 中 b 线)。在工程计算中常须作出定量分析,采用下列不均匀系数 C_u 表示颗粒的不均匀程度,即:

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

式中 d_{60} ——小于某粒径土的质量占土总质量 60% 时的粒径,该粒径称为限定粒径;

d_{10} ——小于某粒径土的质量占土总质量 10% 时的粒径,该粒径称为有效粒径。

颗粒级配曲线愈陡,则土粒愈均匀,不均匀系数 C_u 也愈小。工程上把 $C_u < 5$ 的土称为均匀的; $C_u > 10$ 的土视为不均匀的,即其级配良好,这种土作为填方或垫层材料时,易于获得较大的密实度。

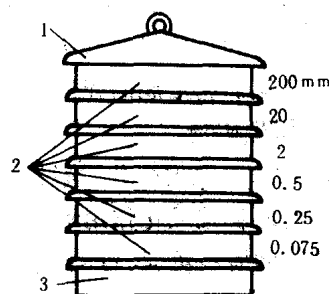


图 1-1 标准筛

1—筛盖,2—筛盘,3—底盘