

普通高等教育“十三五”规划教材

土木工程类系列教材



土力学与基础工程

主 编 尤志国 杨志年

副主编 白崇喜 韩玉涛 马 卉 周云龙 王 宁

主 审 徐建新

清华大学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

土木工程类系列教材

土力学与基础工程

主 编 尤志国 杨志年

副主编 白崇喜 韩玉涛 马 卉 周云龙 王 宁

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书结合最新规范改编而成,同时融入国内外相关教材中的优质资源,具有注重基础知识的逻辑过渡、联系实际工程应用、培养创新和工程能力等特点。

本书共 11 章,内容主要包括土的物理性质与工程分类、土中水的运动规律及渗透性、土中应力分布及计算、土的压缩性和地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力、土坡稳定与基坑工程、地基承载力浅基础设计、桩基础设计、地基处理技术等。

本书可以作为高等学校土木工程专业、交通工程专业、工程管理专业多学时土力学与基础工程课程教材,也可以供本科自考、考研和相关专业工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

土力学与基础工程/尤志国,杨志年主编. —北京:清华大学出版社,2019
(普通高等教育“十三五”规划教材·土木工程类系列教材)
ISBN 978-7-302-48309-0

I. ①土… II. ①尤… ②杨… III. ①土力学—高等学校—教材 ②基础(工程)—高等学校—教材
IV. ①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 214624 号

责任编辑:秦 娜 赵从棉

封面设计:陈国熙

责任校对:赵丽敏

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24

字 数:580千字

版 次:2019年6月第1版

印 次:2019年6月第1次印刷

定 价:59.80元

产品编号:075945-01

为突出理工类普通高校应用型人才的培养,本书在基本概念、基本原理、基本方法及其应用上做文章,注重基础知识的逻辑过渡,并注重培养学生的创新能力和工程技术能力。本书在知识点的讲解和阐述上,力求通俗易懂、由浅入深、循序渐进,尽量清晰解释、透彻分析知识点。

本书由华北理工大学建筑工程学院尤志国、杨志年主编,各章分工如下:尤志国编写第4、5、6章,杨志年编写第8、10章,东北农业大学水利与土木工程学院白崇喜编写第9章,华北理工大学建筑工程学院韩玉涛编写第7章,华北理工大学建筑工程学院王宁编写第1章,华北理工大学轻工学院马卉及明伟编写第2章,八一农垦大学工程学院王福成及华北理工大学建筑工程学院周云龙编写第3章,华北理工大学建筑工程学院陶志强、段开达、韩园圈、李德鑫、郝宇恒、陈晓琪、肖同、徐翔宇同学对书中附图、文字校对、习题等做了部分工作,全书由尤志国统稿并定稿。

与本书配套的还有供教师使用的《课后习题详细解答》,可以与出版社联系获得。

本书承蒙华北理工大学建筑工程学院徐建新教授审阅了书稿,提出了宝贵的意见,对此,我们表示衷心的感谢。限于编者水平,书中难免有不妥甚至错误之处,热忱欢迎使用本书的教师及读者予以批评指正,请将发现的问题、改进建议及时反馈给我们。

本书编写过程中借鉴和参考了大量相关书籍和学术期刊文献,谨此表示诚挚的感谢。

编者

2019年01月

绪论	1
0.1 土力学、地基及基础的概念	1
0.2 课程特点和学习要求	1
0.3 本学科发展概况	2
第 1 章 土的物理性质与工程分类	5
1.1 概述	5
1.2 土的三相组成及土的结构	5
1.2.1 土中固体颗粒(固相)	6
1.2.2 土中水 and 气(液相和气相)	10
1.2.3 土的结构和构造	12
1.3 土的三相比例指标	13
1.3.1 反映土单位体积质量(或重力)的指标	14
1.3.2 反映土松密程度的指标	15
1.3.3 反映土含水程度的指标	15
1.3.4 指标的换算	16
1.4 无黏性土的密实度	17
1.4.1 根据孔隙比判断	18
1.4.2 根据相对密实度判断	18
1.4.3 根据标准贯入锤击数判断	19
1.4.4 碎石土密实度野外鉴别	19
1.5 黏性土的物理特性	19
1.5.1 黏土颗粒与水的相互作用	19
1.5.2 黏性土的界限含水率	22
1.5.3 黏性土的塑性指数和液性指数	23
1.5.4 黏性土的灵敏度和触变性	24
1.6 土的压实原理	25
1.6.1 击实(压实)试验及土的压实特性	25
1.6.2 影响压实效果的因素	25
1.6.3 击实特性在现场填土中的应用	27
1.7 地基土(岩)的工程分类	27
1.7.1 建筑地基土的分类	28

1.7.2	公路桥涵地基土的分类	30
1.7.3	公路路基土的分类	30
	复习思考题	31
	习题	31
第2章	土中水的运动规律及渗透性	33
2.1	概述	33
2.2	土的渗透性	34
2.2.1	达西渗透定律	34
2.2.2	土的渗透试验和渗透系数的确定	35
2.2.3	渗流力及渗透变形	40
2.3	二维渗流及流网	44
2.3.1	二维渗流方程及流网的特征	44
2.3.2	流网的绘制及应用	45
2.4	土的毛细性及土的冻胀	46
2.4.1	土的毛细性	46
2.4.2	土的冻胀	47
	复习思考题	49
	习题	49
第3章	土中应力分布及计算	51
3.1	概述	51
3.1.1	土中应力	51
3.1.2	基本假定分析	51
3.1.3	土中一点的应力状态	52
3.2	土的自重应力计算	53
3.2.1	均质土的自重应力	53
3.2.2	成层土体的自重应力	54
3.3	基底压力	57
3.3.1	基底压力分布的概念	57
3.3.2	基底压力的简化计算	58
3.3.3	基底附加压力	61
3.4	地基中的附加应力	63
3.4.1	竖向集中力下的地基附加应力	63
3.4.2	矩形载荷和圆形载荷下的地基附加应力	68
3.4.3	线载荷和条形载荷下的地基附加应力	77
3.4.4	非均质和各向异性地基中的附加应力	83
3.5	有效应力原理	85
3.5.1	有效应力原理	85

3.5.2	毛细水上升时土中有效自重应力的计算	86
3.5.3	稳定渗流时土中孔隙应力与有效自重应力的计算	87
	复习思考题	88
	习题	89
第4章	土的压缩性和地基沉降计算	91
4.1	概述	91
4.2	土的压缩性	92
4.2.1	压缩试验及压缩性指标	92
4.2.2	土的回弹再压缩曲线	95
4.2.3	现场载荷试验及变形模量	96
4.2.4	弹性模量	98
4.2.5	压缩性指标间的关系	98
4.3	地基最终沉降量计算	99
4.3.1	分层总和法	100
4.3.2	应力面积法	103
4.4	应力历史对地基沉降的影响	109
4.4.1	天然土层的应力历史	109
4.4.2	先期固结压力 p_c 的确定	110
4.4.3	考虑应力历史影响的地基最终沉降计算	111
4.5	固结理论及地基变形与时间的关系	113
4.5.1	饱和土的渗透固结	114
4.5.2	太沙基一维固结理论	115
4.5.3	实测沉降-时间关系的经验公式	122
	复习思考题	126
	习题	127
第5章	土的抗剪强度	129
5.1	概述	129
5.2	土的抗剪强度理论	130
5.2.1	库仑公式	130
5.2.2	莫尔-库仑强度理论及极限平衡条件	131
5.3	抗剪强度指标的测定方法	133
5.3.1	直接剪切试验	133
5.3.2	三轴压缩试验	135
5.3.3	无侧限抗压强度试验	138
5.3.4	十字板剪切试验	139
5.4	影响抗剪强度指标的因素	140
5.4.1	抗剪强度的来源	140

5.4.2	影响抗剪强度指标的各种因素	141
5.5	土的抗剪强度指标和孔隙压力系数	142
5.5.1	有效抗剪强度指标	142
5.5.2	孔隙压力系数 A 和 B	143
5.5.3	强度试验方法与抗剪指标的选用	146
	复习思考题	154
	习题	155
第 6 章	土压力、土坡稳定与基坑工程	157
6.1	概述	157
6.1.1	挡土结构物	157
6.1.2	土坡	157
6.1.3	基坑工程	158
6.2	作用在挡土墙上的土压力	158
6.2.1	土压力的类型	158
6.2.2	静止土压力计算	160
6.3	朗肯土压力理论	161
6.3.1	基本理论	161
6.3.2	主动土压力计算	162
6.3.3	被动土压力计算	163
6.3.4	几种情况下的土压力计算	165
6.4	库仑土压力理论	170
6.4.1	主动土压力计算	170
6.4.2	被动土压力计算	174
6.4.3	黏性土的库仑土压力理论	176
6.4.4	朗肯土压力理论与库仑土压力理论的比较	177
6.5	挡土墙设计	178
6.5.1	挡土墙的类型	178
6.5.2	挡土墙的计算	179
6.5.3	重力式挡土墙的构造措施	182
6.6	土坡稳定分析	184
6.6.1	无黏性土坡的稳定性分析	184
6.6.2	黏性土坡的稳定性分析	185
6.7	基坑工程技术简介	193
6.7.1	基坑工程的特点	193
6.7.2	基坑支护结构的类型及适用条件	194
6.7.3	基坑支护工程的设计原则和设计内容	197
6.7.4	作用于支护结构上的载荷及土压力计算	198
6.7.5	止水降水措施	198

6.7.6 基坑工程实例	199
复习思考题	201
习题	202
第7章 地基承载力	204
7.1 概述	204
7.1.1 地基强度的意义	204
7.1.2 地基的破坏形式	205
7.1.3 确定地基承载力的方法	206
7.2 地基临塑载荷及临界载荷的确定	207
7.2.1 地基塑性区边界方程	207
7.2.2 地基临塑载荷和临界载荷	208
7.3 按理论公式计算地基极限承载力	209
7.3.1 普朗德尔公式	209
7.3.2 泰勒对普朗特尔公式的补充	211
7.3.3 太沙基公式	211
7.3.4 汉森公式	212
7.3.5 地基承载力的安全度	214
7.3.6 影响极限荷载的因素	215
7.4 按规范方法确定地基承载力	216
7.4.1 按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)规定确定地基承载力	216
7.4.2 按《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)规定确定地基承载力	221
复习思考题	225
习题	226
第8章 浅基础设计	228
8.1 概述	228
8.2 浅基础的设计方法和设计步骤	229
8.2.1 地基基础的设计方法——概率极限设计方法(可靠度设计方法)	229
8.2.2 现行《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)设计方法要点	230
8.2.3 浅基础的设计步骤	232
8.3 浅基础的类型	232
8.3.1 浅基础的结构类型	232
8.3.2 无筋扩展基础和扩展基础	235
8.4 基础埋置深度	239
8.4.1 建筑结构条件与场地环境条件	239
8.4.2 工程地质条件	240

8.4.3	水文地质条件	240
8.4.4	地基冻融条件	241
8.5	地基承载力	244
8.6	基础底面尺寸的确定	245
8.6.1	按地基持力层的承载力计算基底尺寸	246
8.6.2	软弱下卧层的验算	248
8.7	地基变形验算	251
8.7.1	地基变形特征	251
8.7.2	地基变形验算	253
8.8	扩展基础设计	255
8.8.1	扩展基础的构造要求	255
8.8.2	扩展基础的计算	258
8.9	筏形基础设计	267
8.9.1	构造要求	267
8.9.2	筏形基础的结构和内力计算	268
8.10	减轻不均匀沉降损害的措施	273
8.10.1	建筑措施	273
8.10.2	结构措施	277
8.10.3	施工措施	278
	复习思考题	279
	习题	279
第9章	桩基础	281
9.1	概述	281
9.1.1	桩基础方案选择的一般原则	282
9.1.2	桩基础的设计原则	282
9.1.3	桩基础的设计内容	283
9.2	桩和桩基础的分类	283
9.2.1	桩的分类	284
9.2.2	桩基的分类	287
9.2.3	桩基的设计选型	288
9.3	竖向荷载下单桩的工作性能	288
9.3.1	桩土荷载传递机理	289
9.3.2	单桩破坏模式	290
9.4	单桩竖向承载力的确定	291
9.4.1	影响单桩承载力的因素	291
9.4.2	单桩承载力的确定	292
9.5	桩的水平承载力	298
9.5.1	水平荷载下单桩的承载性状	299

9.5.2	弹性长桩在水平载荷作用下的内力分析	300
9.5.3	水平载荷下单桩承载力的确定	302
9.5.4	水平载荷下群桩承载力的确定	304
9.5.5	桩的水平静载试验	306
9.6	桩的抗拔承载力与桩的负摩擦力	307
9.6.1	桩侧负摩擦力的产生和作用	307
9.6.2	负摩擦力的分布与计算	307
9.6.3	桩的抗拔承载力	309
9.7	桩基的沉降计算	310
9.7.1	单桩、单排桩、疏桩基础的沉降	311
9.7.2	群桩基础的沉降	313
9.8	桩基础设计	315
9.8.1	桩基础设计的内容与步骤	315
9.8.2	群桩基础中单桩基础的验算	318
9.8.3	桩身结构设计	319
9.8.4	承台结构设计	322
	复习思考题	335
	习题	335
第10章	地基处理	337
10.1	概述	337
10.1.1	地基处理的目的和意义	337
10.1.2	地基处理的对象	337
10.1.3	地基处理方案的确定	339
10.1.4	地基处理技术的分类及其适用性	339
10.1.5	地基处理选择的原则及其注意事项	340
10.2	预压排水固结原理	341
10.2.1	加固机理	341
10.2.2	地基固结度计算	343
10.2.3	堆载预压法	345
10.2.4	真空预压法	347
10.2.5	联合预压法	348
10.2.6	质量检验	348
10.3	压实地基和夯实地基	349
10.3.1	分层碾压法	350
10.3.2	振动压实法	350
10.3.3	强夯法	350
10.4	换垫法原理	353
10.4.1	换垫法的机理	353

10.4.2	垫层的设计	354
10.4.3	垫层的施工	356
10.5	挤密法和振密法	356
10.5.1	挤密法	356
10.5.2	振密法	360
10.6	土的胶结法原理	360
10.6.1	灌(注)浆法	360
10.6.2	水泥土搅拌法	363
10.7	地基处理的几个常见问题	366
	复习思考题	367
	习题	367
	参考文献	369

绪 论

0.1 土力学、地基及基础的概念

土是矿物或岩石碎屑构成的松软集合体。由于其形成年代、生成环境及物质成分不同,工程特性亦复杂多变。例如我国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广泛的红黏土、膨胀土和杂填土等,其性质各不相同,因此在建筑物设计前,必须充分了解、研究建筑场地相应土(岩)层的成因、构造、地下水情况、土的工程性质、是否存在不良地质现象等,对场地的工程地质条件作出正确的评价。

土力学是利用力学的一般原理,研究土的物理、化学和力学性质及土体在载荷、水、温度等外界因素作用下工程性状的应用科学。它是力学的一个分支,是本课程的理论基础,由于土力学的研究对象是以矿物颗粒组成骨架的松散颗粒集合体,其物理、化学和力学性质与一般刚性或弹性固体以及流体等都有所不同,因此必须通过专门的土工试验技术进行探讨。

任何建筑物都建造在一定的地层(土层或岩层)上,通常把直接承受建筑物载荷影响的那一部分地层称为地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果地基软弱,其承载力不能满足设计要求时,则需对地基进行加固处理,称为人工地基。

基础是将建筑物承受的各种载荷传递到地基上的下部结构,一般应埋入地下一定的深度,进入较好的地层。根据基础的埋置深度不同可分为浅基础和深基础。通常把埋置深度不大(3~5m)、只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础称为浅基础;反之,若浅层土质不良,须把基础埋置于深处的好地层时,就得借助于特殊的施工方法,建造各种类型的深基础(如桩基、沉井基础和地下连续墙基础等)。

地基基础设计应满足以下两个基本条件:

(1) 地基的强度条件:要求作用于地基的载荷不超过地基的承载能力,保证地基在防止整体破坏方面有足够的安全储备。

(2) 地基的变形条件:控制基础沉降,使之不超过地基的变形允许值,保证建筑物不因地基变形而损坏或者影响其正常使用。

0.2 课程特点和学习要求

土力学基础工程涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工几个学科领域,所以内容广泛、综合性强,学习时应该突出重点,兼顾全面。从本专业的要求出发,学习本课程时,应该

重视工程地质的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力,同时必须牢固地掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关建筑结构理论和施工知识,分析和解决地基基础问题。

土是岩石风化产物或再经各种地质作用搬运、沉积而成的。土粒之间的孔隙为水和气体所填充,所以,土是一种由固态、液态和气态物质组成的三相体系。与各种连续体(弹性体、塑性体、流体等)比较,天然土体具有一系列复杂的物理力学性质,而且容易受环境条件(温度、湿度、地下水等)变动的影 响。现有的土力学理论还难以模拟、概括天然土层在建筑物作用下所表现的各种力学性状的全貌。因此,土力学虽是指导我们从事地基基础工程实践的重要理论基础,但还应通过实验、实测并紧密结合实践经验进行合理分析,才能实现 对实际问题的妥善解决。而且,也只有在反复联系工程实践的基础上,才能逐步提高、丰富对理论的认识,不断增强处理地基基础问题的能力。

天然地层的性质和分布,不但因地而异,而且在较小范围内也可能有很大的变化,在进行地基基础设计和土力学计算之前,必须通过勘察和测试取得有关土层分布以及土的物理力学性质指标的可靠资料。因此,了解地基勘察和原位测试技术以及室内土工试验方法也是本课程的一个重要方面。

全书共分为 11 章。除绪论外,第 1 章介绍了土的物理性质与工程分类,是本课程的基本知识;第 2 章介绍了土中水的运动规律及渗透性;第 3~5 章是土力学的基本理论部分,也是本课程的重点内容,主要介绍了土中应力分布及计算、土的压缩性和地基沉降计算、土的抗剪强度等;第 6 章主要介绍了土压力、挡土墙的设计、土坡的稳定性分析与基坑工程;第 7~10 章属于基础工程内容,系运用土力学理论解决工程设计中的地基与基础问题,主要包括地基承载力的确定、浅基础、桩基础及软弱土地基处理方法等内容。

0.3 本学科发展概况

地基基础既是一项古老的工程技术,又是一门年轻的应用科学。追本溯源,世界文化古国的远古先民,在史前的建筑活动中,就已创造了自己的地基基础工艺。我国西安半坡村新石器时代遗址和殷墟遗址的考古发掘,都发现有土台和石础。这就是古代“堂高三尺、茅茨土阶”(语见《韩非子》)建筑的地基基础形式。历代修建的无数建筑物都出色地体现了我国古代劳动人民在地基基础工程方面的高水平。举世闻名的长城,蜿蜒万里,如不处理好有关岩土问题,哪能穿越各种地质条件的广阔地区,而被誉为亘古奇观;宏伟壮丽的宫殿寺院,要依靠精心设计建造的地基基础,才能逾千百年而留存至今;遍布各地的巍巍高塔,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。下面主要按文献记载,略举我国古代地基基础的点滴做法。

隋朝石工李春所修赵州石拱桥,不仅因其建筑和结构设计的成就而著称于世,就论其地基基础的处理也是颇为合理的。他把桥台砌置于密实粗砂层上,1300 多年来估计沉降仅约几厘米。现在验算其基底压力为 500~600kPa,这与以现代土力学理论方法给出的承载力值很接近。根据宋代古籍《梦溪笔谈》和《皇朝类苑》的记载,北宋初著名木工喻皓(公元 989 年)在建造开封开宝寺木塔时,考虑到当地多西北风,便特意使建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜,设想在风力的长期持续作用下可以渐趋复正。由此可见,古人在实践中早已试图解

决建筑物地基的沉降问题了。

我国木桩基础的使用,由来已久。郑州的隋朝超化寺是在淤泥中打进木桩形成塔基的(《法苑珠林》第51卷)。杭州湾的五代大海塘工程也采用了木桩和石承台。在人工地基方面,秦代在修筑驰道时,就已采用了“稳以金堆”的路基压实方法,至今还采用的灰土垫层、石灰桩、瓦渣垫层,撼砂垫层等,都是我国自古已有的传统地基处理方法。此外,北宋李诫所著《营造法式》记载了古代地基基础的某些具体做法。

封建时代劳动人民的无数地基基础实践经验,集中体现了能工巧匠的高超技艺,但是,由于当时生产力发展水平的限制,还未能提炼成为系统的科学理论。

作为本学科理论基础的土力学的发端,始于18世纪兴起了工业革命的欧洲。那时,资本主义工业化的发展,使工场手工业转变为近代大工业,建筑的规模扩大了。为了满足向国内外扩张市场的需要,陆上交通进入了所谓“铁路时代”。因此,最初有关土力学的个别理论多与解决铁路路基问题有关。1773年,法国的C. A. 库仑(Coulomb)根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式,提出了计算挡土墙土压力的滑楔理论。九十余年后,英国的W. J. M. 朗肯(Rankine, 1869)又从不同途径提出了挡土墙土压力理论。这对后来土体强度理论的发展起了很大的作用。此外,法国J. 布辛奈斯克(Boussinesq, 1885)求得了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,瑞典W. 费兰纽斯(Fellenius, 1922)为解决铁路塌方问题作出了土坡稳定分析法。这些古典的理论和方法,直到今天,仍不失其理论和实用的价值。

在长达一个多世纪的发展过程中,许多研究者承继前人的研究,总结了实践经验,为孕育本学科的雏形而作出贡献。1925年,K. 太沙基(Terzaghi)归纳发展了以往的成就,发表了《土力学》(*Erdbaumechanik*)一书,接着,于1929年又与其他作者一起发表了《工程地质学》(*Ingenieurgeologie*)。这些比较系统完整的科学著作的出现,带动了各国学者对本学科各个方面的探索。从此,土力学及基础工程就作为独立的科学而取得不断的进展。1936年,在美国召开第一届国际土力学与基础工程会议,之后世界各地(如亚洲、欧洲、非洲、泛美、澳新、东南亚等)以及包括新中国在内的许多国家也都开展了类似的活动,交流和总结了本学科新的研究成果和实践经验。

从20世纪50年代起,现代科技成就尤其是电子技术渗入了土力学及基础工程的研究领域。在实现实验测试技术自动化、现代化的同时,人们对土的基本性质又有了更进一步的认识,土力学理论和基础工程技术也出现了令人瞩目的进展。因此,有人认为,1957年召开的第四届国际土力学与基础工程会议标志着一个新时期的开始。正当这个时期,年轻的中华人民共和国也以朝气蓬勃的姿态步入了国际土力学及基础工程科技交流发展的行列。从1962年开始的全国土力学及基础工程学术讨论会的定期召开,已成为本学科迅速进展的里程碑。纵观横览我国在土力学与基础工程各个领域的理论与实践的新成就,已达到难以尽述的境地。

时至今日,土建、水利、桥梁、隧道、道路、港口、海洋等有关工程中,以岩土体的利用、改造与整治问题为研究对象的科技领域,因其区别于结构工程的特殊性和各专业岩土问题的共同性,已融合为一个自成体系的新专业——“岩土工程”(Geotechnical Engineering)。它

的工作方法就是：调查勘察、试验测定、分析计算、方案论证，监测控制、反演分析，修改定案；它的研究方法是以三种相辅相成的基本手段，即数学模拟（建立岩土本构模型进行数值分析）、物理模拟（定性的模型试验，以离心机中的模型进行定量测试和其他物理模拟试验）和原体观测（对工程实体或建筑物的性状进行短期或长期观测）综合而成的。我国的地基及基础科学技术，作为岩土工程的一个重要组成部分，已经也必将继续遵循现代岩土工程的工作方法和研究方法进行发展。

1.1 概述

土是连续、坚固的岩石在风化作用下形成的大小悬殊的颗粒、经过不同的搬运方式,在各种自然环境中生成的沉积物。在漫长的地质年代中,由于各种内力和外力地质作用形成了许多类型的岩石和土。岩石经历风化、剥蚀、搬运、沉积生成土,而土历经压密固结,胶结硬化也可再生成岩石。作为建筑物地基的土,是土力学研究的主要对象。

土的物质成分包括作为土骨架的固态矿物颗粒、孔隙中的水及其溶解物质以及气体。因此,土是由颗粒(固相)、水(液相)和气(气相)所组成的三相体系。各种土的颗粒大小和矿物成分差别很大,土的三相间的数量比例也不尽相同,而且土粒与其周围的水又发生了复杂的物理化学作用。所以,要研究土的性质就必须了解土的三相组成以及在天然状态下土的结构和构造等特征。

土的三相组成、物质的性质、相对含量以及土的结构构造等各种因素,必然在土的轻重、松密、干湿、软硬等一系列物理性质和状态上有不同的反映。土的物理性质又在一定程度上决定了它的力学性质,所以物理性质是土的最基本的工程特性。

在处理地基基础问题和进行土力学计算时,不但要知道土的物理性质特征及其变化规律,从而了解各类土的特性,而且还必须掌握表示土的物理性质的各种指标的测定方法和指标间的相互换算关系,并熟悉按土的有关特征和指标来制订地基土的分类方法。

土的性质主要是指土的物理力学性质,包括物理性质和力学性质。

土的物理性质包括土的三相比例指标、无黏性土的密实度、黏性土的水理性质和土的渗透性(第2章)4部分内容。

土的力学性质包括土的压缩性(第3、4章)、土的抗剪性(第5章)和土的击实性(本章)3部分内容。

本章主要介绍土的组成、土的三相比例指标、无黏性土的密实度、黏性土的水理性质、土的压实原理以及地基土(岩)的分类。

1.2 土的三相组成及土的结构

单位体积中土的三相比例不是固定不变的,而是随环境(压力、温度、地下水)而变化,如下雨时土含水率增加,黏土会变软。因此要研究土的性质首先要研究构成土三相