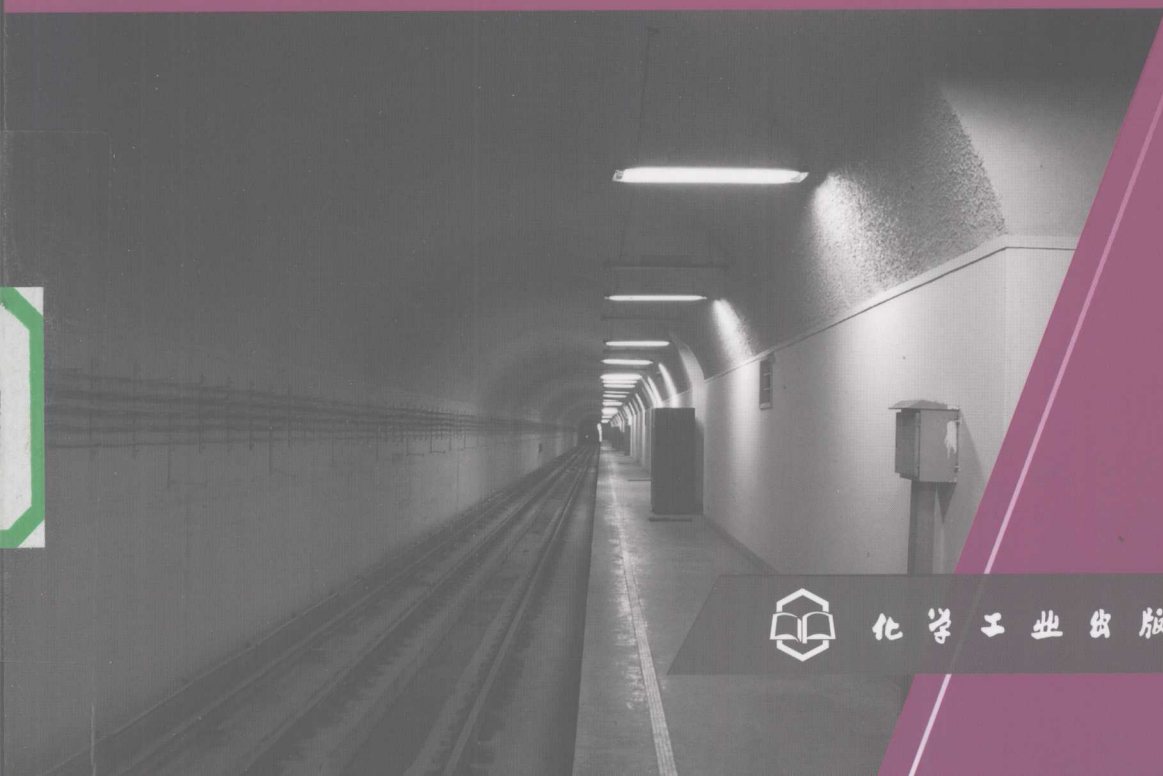




刘福臣 林世乐 黄怀峰 编著

地基基础处理 技术与实例



化学工业出版社



DIJI JICHU CHULI
JISHU YU SHILI

刘福臣 林世乐 黄怀峰 编著

地基基础处理 技术与实例



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

地基基础处理技术与实例/刘福臣, 林世乐, 黄怀峰
编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 5
ISBN 978-7-122-04990-2

I. 地… II. ①刘…②林…③黄… III. 地基-基础
(工程)-工程施工 IV. TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 031360 号

责任编辑: 朱 彤
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 王 琪
装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 457 千字 2009 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

由于我国地质条件复杂,地基基础工程又具有高度的隐蔽性,从而使得地基基础工程的施工比上部结构更为复杂,更容易存在质量隐患。本书以一问一答的形式,针对岩土工程地基及基础施工、设计中的基本知识、质量控制重要环节、关键技术措施以及常见问题,依据最新颁布的技术标准、规范,结合工程实践经验,用科学和通俗的语言深入浅出地进行了解答,同时力求反映我国建筑地基基础施工新技术、新材料、新工艺。同时,书中给出大量工程实例使本书更有特色。

本书由岩土工程界实践经验丰富的专家、教授、注册岩土工程师集体编写,刘福臣、林世乐、黄怀峰等参加了编写。具体分工如下。第1章由成英昌、李凌霄编写,第2章由刘福臣、乌春丽编写,第3章由林世乐、张伟编写,第4章由张道震、朱建建编写,第5章由黄怀峰、贺俊征编写,第6章由邵慧编写,第7章由尹德玉、曹军编写。全书由李继业教授主审。

由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请有关专家、学者和广大读者批评指正。

编 者

2009 年 4 月

目 录

第 1 章 地基及基础概述

1.1	什么是地基?什么是基础?	1
1.2	工程上的土是如何分类的?	1
1.3	什么叫不均匀系数和曲率系数?如何判别砂土的级配?	2
1.4	什么是土的结构?有哪几种类型?	3
1.5	土的物理性质指标有哪些?	4
1.6	什么叫基础的埋置深度?如何确定基础的埋置深度?	5
1.7	基础的常见形式有哪些?	6
1.8	什么是刚性基础、柔性基础?	7
1.9	什么是动力触探?有哪些种类?	8
1.10	什么是砂土的相对密度?如何判别砂土的密实度?	8
1.11	什么是土的灵敏度?什么是土的触变性?	9
1.12	什么是基底压力?什么是地基反力?如何计算?	9
1.13	什么是基底附加应力?怎样计算?	10
1.14	什么是地基承载力?如何确定地基承载力?	11
1.15	地基变形有哪几个阶段?地基破坏有哪几种模式?	11
1.16	如何利用载荷试验确定承载力特征值?	12
1.17	什么是地基的临塑荷载?什么是地基的塑性荷载?如何计算?	13
1.18	为什么要对地基承载力进行修正?	13
1.19	如何用《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)计算地基承载力特征值?	14
1.20	如何计算抗剪强度指标 c 、 φ 的标准值?	15
1.21	如何确定岩石地基承载力特征值?	16
1.22	如何对地基持力层承载力进行验算?	17
1.23	如何进行软弱下卧层验算?	17
1.24	描述土的压缩性高低的指标有哪些?如何判别土的压缩性高低?	18
1.25	什么是土的变形模量?变形模量与压缩模量有何关系?	19
1.26	什么叫先期固结压力?如何根据土的天然固结状态来对土进行分类?	19
1.27	分层综合法计算地基最终沉降量的方法与步骤包括哪些?	19
1.28	如何用《建筑地基基础设计规范》公式计算地基沉降量?	20
1.29	考虑应力历史地基沉降量如何计算?	22
1.30	什么是有效应力原理?	23
1.31	什么是土的固结度?如何计算地基变形与时间关系?	23
1.32	地基基础的设计等级是如何划分的?	24
1.33	地基基础设计有哪些规定?	24
1.34	地基基础设计时,有哪些荷载效应组合?所采用的荷载效应最不利组合与相应的抗力限值有哪些规定?	25
1.35	地基变形特征主要包括哪些?计算地基变形时有哪些具体要求?	25
1.36	地基应进行哪些稳定性验算?	25
1.37	基础设计必须满足哪两种极限状态条件?	26

1.38	如何确定基础平面尺寸?	26
1.39	动力机器有哪些类型?	27
1.40	动力机器基础设计的一般原则是什么?	27
1.41	动力基础设计有哪些步骤?	28
1.42	地基的动力参数有哪些?如何确定?	29
1.43	地基与基础有哪些质量事故?	31

第2章 软弱地基处理

2.1	地基处理的对象、目的、处理的途径是什么?	34
2.2	地基处理方法是怎样分类的?主要有哪些方法?	34
2.3	地基处理前需要哪些准备工作?	34
2.4	什么是换填垫层法?换填垫层法的作用有哪些?	35
2.5	换填垫层的材料主要有哪些?	35
2.6	换填垫层设计主要内容是什么?	36
2.7	什么是最优含水量?如何确定?施工中应如何控制其含水量?	38
2.8	什么叫压实系数?如何计算?	38
2.9	垫层法施工有哪些要求?	38
2.10	什么是抛石挤淤法?	39
2.11	什么是预压法?适用于哪些软弱地基?	39
2.12	预压法由哪些系统组成?	40
2.13	加载预压法处理地基的设计有哪些内容?	40
2.14	真空预压法设计包括哪些内容?	42
2.15	加载预压法施工工艺主要包括哪些?	43
2.16	如何对加载预压法进行质量控制?	44
2.17	什么是强夯法?什么是强夯置换法?	45
2.18	强夯法施工及机械设备主要有哪些?	46
2.19	强夯法设计主要包括哪些内容?	46
2.20	强夯法的主要施工工艺有哪些?	47
2.21	强夯法施工常见问题与处理方法有哪些?	48
2.22	什么是孔内强夯法?	48
2.23	什么是高真空击密法?具有哪些特点?	49
2.24	什么是复合地基?复合地基的破坏模式有哪些?	49
2.25	什么是振冲法?适用于哪些地基处理?	50
2.26	如何进行振冲置换法设计?	51
2.27	振冲置换法施工工艺有哪些?	52
2.28	如何进行振冲密实法设计?	53
2.29	振冲法施工常见问题与处理对策有哪些?	54
2.30	什么是灰土挤密桩法和土挤密桩法?有何特点?	54
2.31	灰土桩设计有哪些内容?	55
2.32	灰土挤密桩施工工艺主要有哪些?	56
2.33	灰土挤密桩施工有哪些要求?	57
2.34	什么是砂石桩法?	58
2.35	如何进行砂石桩设计?	58
2.36	振动成桩法施工工艺主要有哪些?	60
2.37	砂石桩法的质量检验有哪些内容?	60

2.38	什么是柱锤冲扩桩法? 如何对柱锤冲扩桩法进行设计?	60
2.39	柱锤冲扩桩法施工工艺与质量控制主要包括哪些内容?	61
2.40	什么是高压喷射注浆法? 如何进行高压喷射注浆法设计?	62
2.41	高压喷射灌浆的施工工艺有哪些?	64
2.42	高压喷射灌浆施工应注意哪些事项?	64
2.43	高压喷射注浆法施工常见问题与处理对策有哪些?	65
2.44	如何对高压喷射注浆法进行质量控制? 高压喷射注浆法质量检查有哪些内容?	65
2.45	什么是夯实水泥土桩? 设计应符合哪些规定?	66
2.46	夯实水泥土桩复合地基施工及质量控制主要包括哪些内容?	67
2.47	什么是石灰桩法? 石灰桩的加固机理是什么?	67
2.48	石灰桩的设计参数包括哪些?	69
2.49	什么是水泥土搅拌法? 具有哪些特点?	70
2.50	深层搅拌法施工工艺有哪些?	70
2.51	影响水泥土工程特性的因素有哪些?	71
2.52	如何进行深层搅拌桩布置?	71
2.53	搅拌桩的承载力如何确定?	72
2.54	深层搅拌法常见问题产生原因、预防措施及处理方法有哪些?	73
2.55	什么是 CFG 桩? 主要包括哪些设计内容?	73
2.56	载荷试验有哪些具体要求?	74
2.57	如何确定复合地基承载力特征值?	75
2.58	什么是灌浆法? 根据灌浆材料可分为哪几类?	75
2.59	根据灌浆机理, 灌浆是如何分类的?	76
2.60	什么叫可灌比? 如何判别可灌性?	77
2.61	什么是单液硅化法和碱液法? 如何进行设计?	77
2.62	单液硅化法和碱液法的施工工艺主要有哪些?	79
2.63	什么是托换法? 托换有哪些类型?	79
2.64	托换施工步骤主要包括哪些?	81
2.65	坑式静压桩托换施工工艺有哪些?	81
2.66	锚杆静压桩托换施工工艺有哪些?	82
2.67	什么是树根桩? 树根桩具有哪些特点?	82
2.68	如何进行树根桩的设计? 树根桩的施工工艺主要有哪些?	83
2.69	既有建筑产生倾斜时, 应进行哪些处理?	84
2.70	纠倾具体方法主要包括哪些?	84
2.71	掏土纠倾法如何施工?	85
2.72	注水纠倾法适用于什么场合? 如何进行?	85
2.73	堆载纠倾法适用于什么场合?	85

第3章 特殊土地基

3.1	什么是特殊土地基? 主要有哪些种类?	86
3.2	什么叫软弱土? 软弱土有哪些工程地质性质?	86
3.3	软弱土地基处理方法有哪些?	87
3.4	什么是冲填土地基? 什么是杂填土地基?	87
3.5	什么叫湿陷性黄土? 湿陷性黄土有哪些特征?	88
3.6	什么叫湿陷性? 如何测定黄土的湿陷系数?	88
3.7	什么叫自重湿陷性黄土? 如何测定自重湿陷系数?	88

3.8	什么叫湿陷起始压力?如何测定湿陷起始压力?	89
3.9	如何确定湿陷性黄土场地的自重湿陷量?	90
3.10	如何确定湿陷性黄土地基的湿陷等级?	90
3.11	什么是湿陷性土?如何根据浸水载荷试验判定地基的湿陷等级?	91
3.12	如何确定湿陷性黄土地基的承载力?	92
3.13	《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)如何对地基承载力进行修正?	93
3.14	如何计算黄土地基的沉降量?	93
3.15	《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)如何判别新近堆积黄土?	94
3.16	黄土地基处理有哪些工程措施?	94
3.17	什么叫膨胀土?膨胀土具有哪些特征?	95
3.18	什么叫自由膨胀率?什么是有荷膨胀率?	96
3.19	什么是线缩率?什么叫收缩系数?	96
3.20	如何计算膨胀土地基的变形量?	96
3.21	膨胀土地基的胀缩等级是如何划分的?	98
3.22	膨胀土地基设计有哪些工程措施?	98
3.23	膨胀土地基确定基础埋置深度时应注意哪些问题?	99
3.24	什么是红黏土地基?红黏土地基有哪些特征?	99
3.25	红黏土地基处理措施有哪些?	100
3.26	什么是岩溶地貌?主要有哪些形态?	100
3.27	岩溶地基如何处理?设计时采取什么措施?	100
3.28	岩溶地区为什么会有土洞?它们对建筑有什么影响?	101
3.29	什么叫冻土?冻土有哪些类别?	102
3.30	什么叫土的冻胀量?如何计算冻土的融化下沉与融化压缩?	102
3.31	什么是土的冻胀力?如何确定?	103
3.32	如何进行融陷性评价?	103
3.33	防止建筑物冻害有哪些措施?	104
3.34	什么是盐渍土?盐渍土如何分类?腐蚀机理是什么?	104
3.35	如何测定盐渍土的溶陷系数?	105
3.36	盐渍土的岩土工程勘察有哪些要求?	105
3.37	盐渍土地基应采取哪些措施进行防护?	106
3.38	什么是混合土?有哪几种类型?混合土地基处理有哪些措施?	107

第4章 桩基础与深基础

4.1	什么是桩基础?主要适用于什么条件?	108
4.2	桩基础的类型有哪些?	108
4.3	什么是灌注桩?有什么特点?如何分类?	110
4.4	钻(冲)孔灌注桩施工中常见的钻孔机械设备有哪些?	111
4.5	钻孔灌注桩施工有几种类型?	112
4.6	泥浆护壁成孔灌注桩施工中常见工程质量事故及处理方法有哪些?	114
4.7	钻孔灌注桩钢筋笼上浮有哪些原因?	115
4.8	沉管灌注桩如何分类?	116
4.9	沉管桩施工中常见问题的分析与处理方法有哪些?	117
4.10	人工挖孔灌注桩的施工工艺有哪些?	118
4.11	人工挖孔桩施工中的特殊问题及处理方法有哪些?	120
4.12	人工挖孔灌注桩有哪些质量问题?如何进行处理?	121

4.13	什么是预制桩？有什么特点？	124
4.14	预制桩的成桩方法有几种？有何特点？	124
4.15	混凝土预制桩有几种桩型？制作、起吊、运输与堆放有哪些基本要求？	124
4.16	打桩设备的基本组成与技术要求，工程中如何选用？	126
4.17	打桩前的准备工作有哪些？	127
4.18	打桩的注意事项有哪些？	129
4.19	打桩质量要求与验收标准有哪些？	129
4.20	钢筋混凝土预制桩接桩的方法有几种？各适用于什么情况？	130
4.21	打桩施工时对邻近建筑物的影响及预防措施有哪些？	131
4.22	打桩中常出现哪些问题？如何处理？	132
4.23	静力压桩施工工艺主要包括哪些？	133
4.24	振动沉桩的施工方法有哪些？	134
4.25	单桩破坏模式主要有哪几种？	134
4.26	什么是桩的负摩阻力？产生负摩阻力的原因有哪些？	135
4.27	桩侧摩阻力的影响因素有哪些？	135
4.28	什么是中性点？其位置如何确定？	136
4.29	降低或克服负摩阻力的措施有哪些？	136
4.30	如何用静载荷试验方法确定单桩承载力？	136
4.31	什么叫小直径桩？承载力如何计算？	139
4.32	什么是大直径桩？其承载力如何计算？	140
4.33	什么是嵌岩桩？如何计算单桩极限承载力？	142
4.34	用静力触探法如何确定单桩竖向极限承载力标准值？	142
4.35	如何按桩身材料强度来确定单桩竖向极限承载力标准值？	144
4.36	什么是群桩基础？如何考虑群桩效应？	145
4.37	什么叫桩承台效应？如何考虑？	147
4.38	群桩竖向承载力设计值如何计算？	148
4.39	如何进行桩基竖向承载力验算？	148
4.40	如何进行桩基软弱下卧层承载力验算？	151
4.41	如何进行负摩阻力验算？	152
4.42	为什么应进行桩基竖向抗拔承载力验算？	153
4.43	如何确定抗拔承载力？	154
4.44	如何进行抗拔承载力验算？	154
4.45	什么是桩水平承载力？如何计算？	156
4.46	什么是文克尔弹性地基梁法？	158
4.47	如何确定单桩水平承载力特征值？	158
4.48	如何确定群桩水平承载力特征值？	159
4.49	等效作用分层总和法如何计算桩基沉降量？	161
4.50	桩基设计原则是什么？	163
4.51	桩基础设计的基本要求、设计内容有哪些？	164
4.52	桩基础设计步骤有哪些？	164
4.53	承台设计主要包括哪些内容？	166
4.54	承台设计中主要包括哪些计算？	167
4.55	桩基检测的目的和要求是什么？	167
4.56	如何用钻孔取芯法检测桩身质量？	168
4.57	什么是灌注桩后注浆技术？	169

4.58	什么是沉井基础? 适用于什么情况?	169
4.59	沉井基础如何分类?	169
4.60	沉井如何施工?	170
4.61	沉井施工中会出现哪些问题?	171
4.62	什么叫逆筑法? 有什么特点?	171
4.63	什么是箱桩基础?	173
4.64	何谓墩基? 有哪些类型和特点?	173
4.65	墩基设计应符合哪些规定?	174

第5章 基坑工程

5.1	什么是建筑基坑? 基坑工程的设计原则是什么?	175
5.2	基坑侧壁安全等级及重要性系数是如何划分的?	175
5.3	基坑工程勘察的基本要求有哪些?	176
5.4	基坑支护结构的类型及其适用条件有哪些?	177
5.5	基坑开挖与支护设计的内容包括哪些?	177
5.6	作用在支护结构上的荷载有哪些?	178
5.7	作用在支护结构上的土压力的分类及计算原则是什么?	178
5.8	地下水对土压力有什么影响?	180
5.9	《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999) 对水平荷载标准值是如何计算的? ...	180
5.10	《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999) 对水平抗力标准值是如何计算的? ...	181
5.11	什么是水泥土桩墙?	182
5.12	如何确定水泥土桩墙的嵌固深度?	183
5.13	如何确定水泥土墙的墙体厚度?	183
5.14	水泥土桩墙施工与检测的一般规定有哪些?	184
5.15	排桩的构造应符合的一般规定有哪些? 排桩设计主要包括哪些内容?	184
5.16	如何确定悬臂式排桩的嵌固深度?	185
5.17	单层支点支护结构支点力及嵌固深度设计值 h_d 如何计算?	186
5.18	排桩锚杆如何设计?	186
5.19	如何根据《建筑边坡支护工程技术规范》确定锚杆的锚固长度?	187
5.20	排桩的支撑体系结构构件内力有哪些规定?	188
5.21	如何进行基坑稳定性验算?	189
5.22	什么是地下连续墙?	189
5.23	地下连续墙的施工工艺主要包括哪些?	190
5.24	在排桩、地下连续墙中锚杆和支撑体系的构造、施工与检测的一般规定有哪些?	191
5.25	什么是土钉墙?	193
5.26	如何进行土钉墙设计?	193
5.27	什么是土层锚杆?	195
5.28	锚杆设计的内容包括哪些?	196
5.29	根据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999) 的规定, 锚杆试验的内 容包括哪些?	197
5.30	土钉支护工程应采取哪些措施?	198
5.31	基坑开挖的一般规定有哪些?	199
5.32	基坑开挖监控的要求有哪些?	200
5.33	对基坑变形控制不利的因素有哪些?	201
5.34	基坑变形控制的技术措施有哪些?	201

5.35	基坑工程中锚杆支护有哪些质量事故?产生的原因是什么?	201
5.36	基坑工程信息化施工的内容包括哪些?	202
5.37	什么是地下水控制?	204
5.38	降水对周围环境有什么影响?应采取哪些防范措施?	205
5.39	集水明排应注意哪些问题?	205
5.40	什么是等效半径?什么是影响半径?如何计算?	205
5.41	什么是轻型井点?如何进行轻型井点布置?	206
5.42	轻型井点如何设计?	207
5.43	轻型井点的施工包括哪些内容?	208
5.44	什么是喷射井点?喷射井点结构及施工应符合哪些要求?	209
5.45	什么是电渗井点?	210
5.46	什么是管井井点?有哪些构造要求?	210
5.47	基坑降水回灌应注意哪些问题?	211
5.48	什么是流砂?引起流砂的因素有哪些?防止流砂的措施有哪些?	211
5.49	基坑降水为什么会引起地面沉降?如何计算沉降量?	212
5.50	根据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999)的规定,如何计算基坑涌水量?	213
5.51	如何检验水位降低是否满足要求?	216
5.52	深基坑地下水控制存在哪些质量问题?	216

第6章 地震区的地基基础

6.1	什么是地震?地震的成因类型有哪些?	218
6.2	什么是地震震级?什么是地震烈度?	219
6.3	什么是地震地面运动?影响地面运动的因素有哪些?	220
6.4	场地有哪些地震效应?如何考虑场地的地震效应?	221
6.5	场地的地震效应主要表现在哪些方面?	221
6.6	什么是黏性土的触变现象?施工中应如何利用触变现象?	222
6.7	什么是地震动参数区划?为什么要进行地震区划工作?	222
6.8	什么是基本烈度?什么是设防烈度?如何确定抗震设防烈度?	223
6.9	按照《建筑抗震设计规范》,房屋建筑抗震设防类别有哪些?	224
6.10	选择建筑场地时,如何对场地建筑抗震有利、不利和危险的地段进行划分?	224
6.11	建筑场地内存在发震断裂时,应如何评价断裂对工程的影响?	224
6.12	建筑抗震对场地和地基有什么要求?	225
6.13	如何考虑不利地段对设计地震动参数的放大作用?	225
6.14	建筑场地类别如何划分?	226
6.15	土层剪切波速的测量,应满足哪些要求?怎样计算土层的等效剪切波速?	226
6.16	《构筑物抗震设计规范》(GB 50191—93)如何根据场地指数划分场地类别?	227
6.17	地基基础抗震设计的原则有哪些?	229
6.18	对不均匀地基如何进行抗震设计?	230
6.19	什么是砂土的液化?地基液化失效具备什么条件?	230
6.20	如何对液化进行判别?	231
6.21	如何确定液化等级?	232
6.22	用静力触探资料如何判定砂土的液化性?	233
6.23	如何利用剪切波速判定场地的液化性?	234
6.24	液化地基有哪些防治措施?	234
6.25	哪些建筑可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算?	235

6.26	如何确定地基土抗震承载力设计值?	235
6.27	天然地基在地震作用下的竖向承载力验算要求是什么?	236
6.28	考虑地震作用下标准荷载组合时,桩基础竖向和横向承载力标准值的验算方法有哪些?	236
6.29	软弱黏土地基如何进行地基抗震设计?	237
6.30	如何确定地震影响系数?	238
6.31	如何确定建筑结构地震影响系数曲线(反应谱)?	238
6.32	卓越周期与特征周期有什么区别?	239

第7章 其他技术与实例

7.1	边坡失稳有哪些类型?产生的原因是什么?	240
7.2	如何进行无黏性土坡稳定分析?	240
7.3	什么是瑞典条分法?如何计算黏性土坡的安全系数?	241
7.4	折线滑坡如何计算滑坡推力?	241
7.5	如何计算折线滑坡的安全系数?	242
7.6	滑坡治理有哪些措施?	243
7.7	什么是盾构法?有什么优点?	243
7.8	盾构法施工工序主要包括哪些?	244
7.9	什么是顶管法施工?顶管施工工艺主要包括哪些?	244
7.10	什么是新奥法?新奥法施工原则有哪些?	246
7.11	新奥法的施工工艺主要有哪些?	246
7.12	什么是浅埋暗挖法?浅埋暗挖法的施工步骤包括哪些?	247
7.13	什么是冻结法?冻结法的主要工艺包括哪些?	249
7.14	什么是围岩压力?有哪些影响因素?	251
7.15	什么是普氏塌落拱?利用塌落拱理论如何计算山岩压力?	251
7.16	保护地下洞室围岩稳定性有哪些措施?	252
7.17	什么是土工合成材料?有哪些种类?	253
7.18	土工合成材料有哪些作用?	255
7.19	土工织物的反滤准则有哪些?	256
7.20	什么是透水率?什么是导水率?二者和渗透系数有何关系?	257
7.21	什么是加筋土?主要应用于哪些方面?	257
7.22	加筋挡土墙有哪些类型?加筋挡土墙的施工要点有哪些?	258
7.23	如何进行加筋挡土墙设计验算?	258
7.24	土工合成材料施工应注意哪些问题?	259
参考文献		260

第1章

地基及基础概述

1.1 什么是地基？什么是基础？

地基和基础是两个不同的概念。地基是指基础底面以下承受建筑物荷载的部分岩土体，换言之，地基就是修建建筑物后，由于建筑物的荷载，在土体内产生了附加应力，附加应力所影响的那一部分土体范围，称为地基。地基是伴随着建筑物而出现的，如果是天然地面，没有修建建筑物，就不会产生附加应力，也就不存在地基的概念。

而基础是建筑物埋入地下的部分，是将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分。

1.2 工程上的土是如何分类的？

《建筑地基基础设计规范》将建筑地基分成岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土、人工填土、特殊性土。

1. 岩石

岩石（基岩）是指颗粒间牢固联结，形成整体或具有节理裂隙的岩体。它作为建筑场地和建筑地基可按下列原则分类。

(1) 按成因分类

按成因分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。

(2) 按坚固性即未风化岩石的饱和单轴极限抗压强度 f_{rk} 分类

按坚固性分为硬质岩石 ($f_{rk} > 30\text{MPa}$) 和软质岩石 ($f_{rk} \leq 30\text{MPa}$)。

(3) 按风化程度分类

按风化程度分为微风化、中等风化、强风化和全风化。

2. 碎石土

碎石土是指粒径大于 2mm 的颗粒含量超过总质量的 50% 的土，按粒径和颗粒形状可进一步划分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾，具体划分见表 1-1。

表 1-1 碎石土的分类

土的名称	颗粒形状	粒 组 含 量
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒超过总质量的 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒超过总质量的 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒超过总质量的 50%
角砾	棱角形为主	

注：分类时应根据粒组含量大小由大到小最先符合者确定。

3. 砂土

砂土是指粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过总质量的 50% 且粒径大于 0.075mm 的颗粒

含量超过总质量的 50% 的土。砂土可再划分为 5 个亚类，即砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂，具体划分见表 1-2。

表 1-2 砂土的分类

土的名称	粒组含量	土的名称	粒组含量
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒超过总质量的 25%~50%	细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过总质量的 85%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒超过总质量的 50%	粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过总质量的 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒超过总质量的 50%		

注：分类时应根据粒组含量大小由大到小最先符合者确定。

4. 粉土

粉土是指粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过总质量的 50% 且塑性指数 I_p 小于或等于 10 的土。粉土是介于砂土和黏性土之间的过渡性土类，它具有砂土和黏性土的某些特征，根据黏粒含量可以将粉土再划分为砂质粉土和黏质粉土。

5. 黏性土

黏性土的工程性质与土的成因、年代的关系密切，不同成因和年代的黏性土，尽管其某些物理性质指标可能很接近，但工程性质可能相差悬殊，所以黏性土要按沉积年代、塑性指数分类。

(1) 按沉积年代分类

黏性土按沉积年代分为老黏性土、一般黏性土和新近沉积黏性土。

① 老黏性土。第四纪晚更新世 (Q_3) 以前沉积的黏性土称为老黏性土。它是一种沉积年代久、工程性质较好的黏性土，一般具有较高的强度和较低的压缩性。

② 一般黏性土。第四纪晚更新世 (Q_3) 以后、全新世 (Q_4) 文化期以前沉积的黏性土称为一般黏性土。其分布范围最广，遇到的最多，工程性质变化很大。

③ 新近沉积黏性土。文化期以后形成的土称为新近沉积黏性土。这种土一般强度较低，压缩性高，属欠固结状态。

(2) 按塑性指数分类

根据塑性指数大小，黏性土可再划分为粉质黏土和黏土，当 $10 < I_p \leq 17$ 时为粉质黏土，当 $I_p > 17$ 时为黏土。

6. 人工填土

人工填土是指人类活动而堆填的土，其物质成分复杂，均匀性差。根据物质组成和成因，填土分为素填土、压实填土、杂填土和冲填土。

① 素填土。是由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土，其中不含杂质或含杂质较少。

② 压实填土。是经过压实或夯实的素填土。

③ 杂填土。是由建筑垃圾、工业垃圾和生活垃圾组成的填土。

④ 冲填土。是由水力冲填泥砂形成的填土。

人工填土按堆填的时间分为老填土和新填土。超过 10 年的黏性土或超过 5 年的粉土称为老填土；不超过 10 年的黏性土或不超过 5 年的粉土称为新填土。

另外工程上还有许多特殊性土，如湿陷性黄土、膨胀土、饱和粉土与砂土、冻土等。

1.3 什么叫不均匀系数和曲率系数？如何判别砂土的级配？

工程中常用不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c 来描述土的级配状况。 C_u 和 C_c 可以借助累计

曲线确定:

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

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

式中, d_{60} 、 d_{30} 、 d_{10} 分别相当于小于某粒径土粒累计百分含量为 60%、30% 和 10% 的粒径; 其中, d_{10} 称为有效粒径; d_{60} 称为限制粒径。

不均匀系数 C_u 反映大小不同粒组的分布情况, $C_u < 5$ 的土称为匀粒土, 级配不良; C_u 越大, 表示粒组分布范围越广, $C_u > 5$ 的土级配良好。但如果 C_u 过大, 表示可能缺失中间粒径, 属不连续级配, 故需同时用曲率系数来评价。曲率系数 C_c 则是描述累计曲线整体形状的指标。

《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999) 中规定, 对于纯净的砾、砂, 当 $C_u \geq 5$ 且 $C_c = 1 \sim 3$ 时, 级配良好, 若不能同时满足上述条件, 则级配不良。

1.4 什么是土的结构? 有哪几种类型?

土的结构是指土粒(或团粒)的大小、形状、互相排列及联结的特征。

根据土粒的排列和联结, 土的结构一般可以分为单粒结构、蜂窝结构和絮状结构三种基本类型。

(1) 单粒结构

这是碎石土和砂土的结构特征。因其颗粒较大, 在重力作用下落到较为稳定的状态, 土粒间的分子引力相对很小, 所以颗粒之间几乎没有联结。单粒结构土粒排列可以是疏松的, 也可以是密实的。呈密实状态单粒结构的土, 强度较高, 压缩性较低, 是较为良好的天然地基。具有疏松单粒结构的土, 土粒间的孔隙较大, 其骨架是不稳定的, 当受到振动及其他外力作用时, 土粒易于发生相对移动, 引起很大的变形。因此, 这种土层如未经处理一般不宜作为建筑物地基。

(2) 蜂窝结构

这是以粉粒为主的土的结构特征, 粒径在 0.005~0.075mm 之间的土粒在水中沉积时, 基本上是单个颗粒下沉, 在下沉过程中碰上已沉积的土粒时, 如土粒间的引力相对自重而言已经足够大, 则此颗粒就停留在最初的接触位置上不再下沉, 形成大孔隙的蜂窝状结构。

(3) 絮状结构

也称为绒絮结构, 这是黏土颗粒特有的结构, 悬浮在水中的黏土颗粒当介质发生变化时, 土粒互相聚合, 以边-边、面-边的接触方式形成絮状物下沉, 沉积为大孔隙的絮状结构。

具有蜂窝结构和絮状结构的土, 其土粒之间有着大量的孔隙, 结构不稳定, 当其天然结构被破坏后, 土的压缩性提高而强度降低, 故也称为有结构性土。

土的结构形成以后, 当外界条件变化时, 土的结构会发生相应变化。例如, 土层在上覆土层作用下压密固结时, 结构会趋于更紧密的排列; 卸载时土体的膨胀(如钻探取土时土样的膨胀或基坑开挖时基底的隆起)会松动土的结构; 当土层失水干缩或介质变化时, 盐类结晶胶结能增强土粒间的联结; 在外力作用下(如施工时对土的扰动或剪应力的长期作用)会弱化土的结构, 破坏土粒原来的排列方式和土粒间的联结, 使絮状结构变为平行的重塑结构, 降低土的强度, 提高压缩性。因此, 在土工试验或施工过程中都必须尽量减少对土的扰动, 避免破坏土的原状结构。

1.5 土的物理性质指标有哪些?

1. 天然密度与天然重度

(1) 天然密度 (ρ)

在天然状态下,单位体积土的质量称为土的天然密度,也称为土的质量密度,简称为土的密度,可用下式表示:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-3)$$

式中, m 为土的总质量, g; V 为土的总体积, cm^3 。

土的天然密度通常采用环刀法测定,即用一定容积的环刀切取土样,称量后算得。

(2) 天然重度 (γ)

在天然状态下,单位体积土所受的重力称为土的天然重度,也称为土的重力密度,简称为土的重度,可用下式表示:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (1-4)$$

2. 天然含水率 (ω)

在天然状态下,土中水的质量与土粒质量之比称为土的天然含水率,可用下式表示:

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中, m_w 为水的质量, g; m_s 为土粒的质量, g。

天然含水率通常以百分数表示。含水率常用烘干法测定,是把一定量的土样放入烘箱内,在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 的恒温下烘干(通常需 8h 左右),取出烘干后的土样,冷却后再称质量,计算而得。天然含水率是描述土的干湿程度的重要指标,土的天然含水率变化范围很大,从干砂的含水率接近于零到蒙脱土的含水率可达百分之几百。

3. 土粒相对密度 (G_s)

土粒质量与同体积 4°C 时水的质量之比称为土粒相对密度,也称为土粒比重,可用下式表示:

$$G_s = \frac{m_s}{V_s(\rho_w)_{4^\circ\text{C}}} \quad (1-6)$$

式中, V_s 为土粒的体积, cm^3 。

土粒相对密度经常采用比重瓶法测定。事先将比重瓶注满蒸馏水,称瓶加水的质量,然后把烘干土若干克装入该空比重瓶内,注入半瓶蒸馏水,放在砂浴中煮沸(砂土 30min,黏性土 1h),冷却至室温后再加蒸馏水至满,称瓶加土加水的质量,按照下式求土粒相对密度:

$$G_s = \frac{m_s}{m_1 + m_s - m_2} \quad (1-7)$$

式中, m_1 为瓶加水的质量, g; m_2 为瓶加土加水的质量, g。

由上式可知,土粒相对密度与土粒密度数值相同,但无量纲。土粒相对密度的数值大小主要取决于土的矿物成分,一般土的土粒相对密度参考值见表 1-3。

上述三个物理性质指标 ρ 、 ω 、 G_s 是直接用试验方法测定的,通常又称为室内土工试验指标。根据这三个基本指标,可以求出以下几个推算指标。

表 1-3 土粒相对密度参考值

土的类别	砂土	粉土	黏性土	
			粉质黏土	黏土
土粒相对密度	2.65~2.69	2.70~2.71	2.72~2.73	2.73~2.74

4. 干密度 (ρ_d)

土的单位体积内的土粒质量称为土的干密度, 可用下式表示:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-8)$$

干密度越大, 土越密实, 强度越高。干密度通常作为填土密实度的施工控制指标。

5. 饱和密度 (ρ_{sat})

土中孔隙完全被水充满时土的密度称为土的饱和密度, 即全部充满孔隙的水的质量与固相质量之和与土的总体积之比, 可用下式表示:

$$\rho_{sat} = \frac{m_w + m_s}{V} = \frac{\rho_w V_v + m_s}{V} \quad (1-9)$$

式中, V_v 为孔隙体积, cm^3 。

6. 有效密度 (ρ')

土的有效密度是指土粒质量与同体积水的质量之差与土的总体积之比, 也称为浮密度, 可用下式表示:

$$\rho' = \frac{m_s - \rho_w V_s}{V} = \rho_{sat} - \rho_w \quad (1-10)$$

当土体浸没在水中时, 土的固相要受到水的浮力的作用。在计算地下水位以下土层的自重应力时, 应考虑浮力的作用, 采用有效重度。扣除浮力以后的固相重力与土的总体积之比称为有效重度, 也称为浮重度。

7. 孔隙比 (e)

土中孔隙体积与土粒体积之比称为孔隙比, 可用下式表示:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-11)$$

孔隙比是反映土的密实程度的物理指标, 用小数来表示。一般 $e < 0.6$ 的土是密实的低压缩性土, $e > 1$ 的土是疏松的高压缩性土。

8. 孔隙率 (n)

土中孔隙体积与土的总体积之比称为孔隙率, 可用下式表示:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-12)$$

9. 饱和度 (s_r)

土中孔隙水的体积与孔隙体积之比称为饱和度, 可用下式表示:

$$s_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (1-13)$$

饱和度是衡量土体潮湿程度的物理指标, 用百分数来表示。若 $s_r = 100\%$, 土中孔隙全部充满水, 土体处于饱和状态; 若 $s_r = 0$, 则土中孔隙无水, 土体处于干燥状态。

1.6 什么叫基础的埋置深度? 如何确定基础的埋置深度?

由室外设计地面到基础底面的距离称为基础的埋置深度 (简称基础埋深)。一般从天然