

高等院校土木工程专业规划教材

地基处理

巩天真 邱晨曦 主 编
武继灵 韩 雪 副主编
王步云 主 审



科学出版社

www.sciencep.com

TU472/29

2008

高等院校土木工程专业规划教材



地基处理

巩天真 岳晨曦 主 编
武继灵 韩 雪 孟德光 副主编
王步云 主 审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共 12 章,主要包括:绪论、换填法、预压地基、夯实地基、振密与挤密地基、水泥粉煤灰碎石桩复合地基、水泥土搅拌桩复合地基、高压喷射注浆地基、加筋地基、组合型地基、局部问题的处理、人工地基检测技术。

本书可作为高等院校土木工程等本科专业的教材,亦可供从事地基处理研究的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地基处理/巩天真,岳晨曦主编. —北京:科学出版社,2008
高等院校土木工程专业规划教材
ISBN 978-7-03-021951-0

I. 地… II. ①巩…②岳… III. 地基处理-高等学校-教材
IV. TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 067886 号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:赵 燕
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 6 月第一次印刷 印张:15 1/4

印数:1—3 000 字数:340 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(HA08)

版权所有 侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

前 言

我国经济建设的蓬勃发展给建筑工程领域提出了许多新的课题,特别是近年来建筑工程的规模越来越大、对地基的承载力与变形的要求越来越高,而天然地基往往不能满足其要求。另外,由于建筑物的增多,人们不得不在工程地质条件差的地方兴建工程,于是就需要对天然地基进行处理。因此,地基处理在建筑工程领域成为热点问题。作为应用型土木工程专业的大专学生,在学习土力学与地基基础基本理论的基础上,很有必要掌握一些地基处理的方法与技术,这样可以缩短参加工作后的适应期,增强其解决问题的能力。

本教材主要讲述各种地基处理方法的加固机理、适用范围、设计计算方法、施工要点与质量检验方法,包括换填法、预压地基、夯实地基、振密与挤密地基、水泥粉煤灰碎石桩复合地基、水泥土搅拌桩复合地基、高压喷射注浆地基、加筋地基、组合型地基、局部问题的处理、人工地基检测技术等。

本教材为选修课之用,教学时数为 30 学时。在教学安排上,除课堂教学外,宜安排 4 个学时的参观实习。

本教材旨在使应用型土木工程类专业学生在掌握土力学地基基础专业技术的基础上,学习一些专门的地基处理的设计与施工技术。

本教材以《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)为主线,阐述的理论以够用为度,强调适用性,强化可操作性,以达到解决工程实际问题的目的。各章重点叙述各种地基处理方法的加固机理、适用范围、设计计算方法、施工质量控制要点以及质量验收方法,并附有一定量的例题与案例分析。

本教材编写分工如下:山西大学工程学院巩天真编写第 1 章和第 10 章;山西大学工程学院常积玉编写第 2 章;淮阴工学院岳晨曦编写第 4 章和第 5 章;山西广播电视大学武继灵编写第 6 章;黑龙江科技学院韩雪编写第 3 章和第 9 章;河北科技师范学院孟德光编写第 7 章和第 8 章;华北航天工业学院高孟琿编写第 11 章和第 12 章。

太原煤炭设计研究院王步云悉心审阅了书稿,提出了许多宝贵的意见和建议,作者在此谨致谢意。

由于编者水平有限,时间仓促,不妥之处在所难免,衷心希望广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 地基处理的目的和意义	1
1.1.1 地基承载力问题	1
1.1.2 变形问题	1
1.1.3 渗透性问题	1
1.2 地基的分类	2
1.2.1 均质地基	2
1.2.2 多层地基	2
1.2.3 复合地基	3
1.3 地基处理的对象与方法	3
1.3.1 地基处理的对象	3
1.3.2 地基处理的方法	5
1.3.3 地基处理方案选择	7
1.4 地基处理的质量控制	9
1.4.1 地基处理的特点	9
1.4.2 地基处理的监测与监理	10
1.4.3 地基处理施工质量验收	11
1.5 地基处理的国内外发展概况	13
1.5.1 地基处理机械的发展	13
1.5.2 地基处理材料的发展	14
1.5.3 地基处理计算理论的发展	14
1.5.4 施工工艺的改进与提高	14
1.5.5 地基处理监测技术的发展	14
1.5.6 地基处理新方法的发展	14
思考题	15
参考文献	15
第 2 章 换填法	16
2.1 概述	16
2.2 垫层的分类和适用范围	16
2.3 土的压实原理及压实参数	17
2.3.1 土的压实原理	17
2.3.2 最大干密度与最优含水量的测定	17

2.3.3 压实参数	18
2.4 垫层设计	19
2.4.1 垫层厚度的确定	19
2.4.2 垫层宽度的确定	20
2.4.3 垫层承载力的确定	20
2.4.4 沉降计算	21
2.5 垫层施工	22
2.5.1 材料的选择	22
2.5.2 施工方法	23
2.5.3 施工参数	23
2.6 垫层质量检验	24
2.7 计算例题	25
思考题	26
习题	26
参考文献	26
第3章 预压法地基	27
3.1 概述	27
3.2 预压法加固机理及适用范围	28
3.2.1 加固机理	28
3.2.2 适用范围	30
3.3 加压系统	30
3.3.1 堆载预压	30
3.3.2 真空预压	32
3.3.3 真空与堆载组合预压	34
3.4 排水系统	34
3.4.1 普通砂井排水	34
3.4.2 袋装砂井排水	35
3.4.3 塑料排水带排水	35
3.4.4 排水竖井的深度及排列	36
3.4.5 水平排水砂垫层	37
3.5 地基固结度	37
3.5.1 瞬间加载条件下竖井地基固结度的计算	38
3.5.2 逐渐加载条件下地基固结度的计算	40
3.5.3 地基土强度增长计算	42
3.5.4 地基土的沉降计算	42
3.5.5 工程计算实例	42
3.6 施工方法与质量控制	45
3.6.1 堆载预压法	45
3.6.2 真空预压法	45

3.6.3 质量检验	46
3.7 工程实例	47
思考题	48
习题	49
参考文献	49
第4章 夯实地基	50
4.1 概述	50
4.2 强夯法与强夯置换法	50
4.2.1 概述	50
4.2.2 适用范围与加固机理	51
4.2.3 设计计算	53
4.2.4 施工方法	57
4.2.5 质量检验与验收	59
4.3 重锤夯实法	61
4.3.1 适用范围与加固机理	61
4.3.2 夯击参数的确定	61
4.3.3 施工方法	62
4.3.4 质量检验与验收	63
4.4 孔内强夯法(DDC)	63
4.4.1 概述	63
4.4.2 作用机理	63
4.4.3 技术特点	64
4.5 工程实例	65
思考题	70
习题	70
案例题	70
参考文献	70
第5章 振密、挤密地基	72
5.1 概述	72
5.2 砂石桩法	72
5.2.1 适用范围与加固机理	72
5.2.2 砂石桩设计与计算	74
5.2.3 施工方法	78
5.2.4 质量检验与验收	79
5.3 石灰桩法	80
5.3.1 适用范围与加固机理	80
5.3.2 石灰桩设计	81
5.3.3 施工方法	83
5.3.4 质量检验	83

5.4 土挤密桩法和灰土挤密桩法	84
5.4.1 适用范围与加固机理	84
5.4.2 设计计算	85
5.4.3 施工方法	87
5.4.4 质量检验与验收	88
5.5 二灰桩	89
5.5.1 适用范围与加固机理	89
5.5.2 二灰桩复合地基的设计计算	91
5.5.3 施工方法	92
5.5.4 质量检验与验收	94
5.6 柱锤夯扩桩法	94
5.6.1 适用范围与加固机理	94
5.6.2 设计计算	95
5.6.3 施工方法	97
5.6.4 质量检验与验收	98
5.7 夯实水泥土桩法	99
5.7.1 适用范围与加固机理	99
5.7.2 夯实水泥土桩的设计	99
5.7.3 施工	101
5.7.4 质量检验	101
5.8 计算例题	102
思考题	104
习题	104
案例题	105
参考文献	106
第6章 水泥粉煤灰碎石桩复合地基	107
6.1 概述	107
6.1.1 适用范围广	107
6.1.2 地基承载力提高幅度大,可调性强	107
6.1.3 复合地基变形量小	108
6.1.4 施工质量易保证	108
6.2 加固机理	108
6.2.1 桩体作用	108
6.2.2 挤密作用	108
6.2.3 褥垫层作用	109
6.3 设计计算	109
6.3.1 设计参数的确定	109
6.3.2 桩的布置	110
6.3.3 复合地基承载力计算	111

6.3.4 水泥粉煤灰碎石桩复合地基变形计算	112
6.4 CFG 桩复合地基施工	114
6.4.1 水泥粉煤灰碎石桩施工技术	114
6.4.2 水泥粉煤灰碎石桩施工工艺	115
6.4.3 质量检验	116
6.5 计算例题	117
思考题	118
习题	119
参考文献	119
第7章 水泥土搅拌桩复合地基	120
7.1 概述	120
7.2 适用范围及加固机理	121
7.2.1 适用范围	121
7.2.2 加固机理	121
7.3 设计计算	123
7.3.1 地质勘察的要求	123
7.3.2 加固形式的选择	124
7.3.3 深层水泥搅拌桩的设计计算	124
7.4 施工方法	132
7.4.1 施工组织	132
7.4.2 施工工艺	133
7.4.3 施工中注意事项	134
7.4.4 施工中常见问题及处理方法	135
7.5 质量检验与验收	136
7.5.1 水泥土搅拌桩施工质量检验	136
7.5.2 质量检验	136
7.5.3 工程验收资料	138
7.6 计算例题	139
思考题	142
习题	142
参考文献	142
第8章 高压喷射注浆地基	144
8.1 概述	144
8.2 适用范围及加固机理	145
8.2.1 高压喷射注浆法的适用范围	145
8.2.2 高压喷射注浆法的加固机理	146
8.3 设计计算	150
8.3.1 固结体尺寸的设计	150
8.3.2 固结体强度的设计	150

8.3.3 承载力计算	151
8.3.4 地基变形计算	152
8.3.5 防渗堵水的设计	152
8.3.6 浆液使用量的计算	153
8.3.7 浆液的选用原则	154
8.3.8 注浆材料种类及其配方	157
8.4 施工方法	159
8.4.1 施工机具及设备	159
8.4.2 施工方法	160
8.4.3 施工工艺	163
8.4.4 施工质量控制和施工技术管理	165
8.5 质量检验	166
8.5.1 质量检查的主要内容	166
8.5.2 检验的时间和数量	166
8.5.3 检验方法	167
8.5.4 质量检验标准	168
8.6 计算例题	168
思考题	169
习题	169
参考文献	170
第9章 加筋法地基	171
9.1 概述	171
9.1.1 加筋土结构的特点	171
9.1.2 加筋技术的应用范畴	171
9.1.3 加筋法结构类型	172
9.1.4 加筋法筋材的类型	172
9.2 加固机理	173
9.2.1 筋材的应力传递	173
9.2.2 加筋的作用机理	175
9.3 加筋土结构设计	178
9.4 土工带加筋垫层地基的施工	182
9.4.1 施工工艺	182
9.4.2 土工合成材料地基质量控制	182
9.5 工程实例	183
9.5.1 山西某高校综合教学楼工程实例	183
9.5.2 某住宅加筋垫层处理	184
思考题	186
参考文献	186

第 10 章 组合型地基	188
10.1 概述	188
10.1.1 问题的提出	188
10.1.2 组合型地基的概念及特点	188
10.1.3 组合型地基的分类	189
10.2 组合地基的设计、计算与检测	190
10.2.1 长短桩组合地基	190
10.2.2 多桩组合型地基	193
10.3 组合型地基的检测	197
10.3.1 桩身质量检测	197
10.3.2 多桩组合地基承载力检测	197
10.4 工程实例	197
10.4.1 长短桩组合型地基	197
10.4.2 碎石桩与 CFG 桩组合型地基	198
10.4.3 夯实水泥土桩与 CFG 组合型地基	202
思考题	207
习题	207
参考文献	208
第 11 章 局部问题的处理	210
11.1 弹簧土的处理	210
11.1.1 弹簧土的形成机制	210
11.1.2 弹簧土的处理与防止	210
11.2 石芽的处理	211
11.3 溶洞的处理	212
11.3.1 基本概念	212
11.3.2 溶洞的类型	212
11.3.3 溶洞采用的处理方法	213
11.4 土洞的处理	213
11.4.1 基本概念	213
11.4.2 土洞的处理	213
11.5 古墓、坑穴的处理	214
11.5.1 基础下有古墓、地下坑穴	214
11.5.2 基础下压缩土层范围内有古墓、地下坑穴	215
11.5.3 基础外有古墓、地下坑穴	215
11.6 岩溶、土洞处理工程实例	215
11.6.1 工程概况	215
11.6.2 地质条件	216
11.6.3 地基与基础处理过程	216
11.6.4 地基处理后测试结果	216

11.6.5 土洞、溶洞的充填施工	217
思考题	218
参考文献	218
第12章 人工地基检测技术	219
12.1 人工地基检测的目的与意义	219
12.2 人工地基检测技术	219
12.2.1 荷载试验	219
12.2.2 静力触探	224
12.2.3 标准贯入试验	225
12.2.4 十字板剪切试验	226
12.2.5 旁压测试	227
12.2.6 现场直接剪切试验	228
思考题	228
参考文献	229

第1章 绪 论

1.1 地基处理的目的和意义

我国地域辽阔,各地自然地理各异,从沿海到内地,由山区到平原,分布着多种多样的地基土,其抗剪强度、压缩性以及透水性等特征均因土的种类不同而有很大差别。各种地基土中还有不少为软弱土和不良土,主要有软黏土、杂填土、冲填土、湿陷性黄土、红黏土、多年冻土、岩溶土洞、采空区等,山区土在某种条件下也是不良土。

随着我国国民经济的发展,各种建(构)筑物也日益发展,一般情况应当选择良好的地基来承建建(构)筑物,但有时也不得不在地质条件不良的地基上兴建。另外,随着科学技术的日新月异,建(构)筑物的规模越来越大,对地基的承载力与变形要求也越来越严,一般的天然地基往往不能满足其要求。人们采取措施提高地基承载力,改善其变形或渗透性质,这种人工处理地基的方法,即地基处理(ground treatment),也有人称为地基加固(ground improvement)。近年来,在工程建设中,土木工程师遇到愈来愈多的地基问题。地基问题处理的恰当与否关系到整个工程质量、投资、进度和安全,其重要性已被越来越多的被人们所认识。概括地说,地基问题主要包括下述三个方面。

1.1.1 地基承载力问题

建(构)筑物在荷载(包括静力荷载和动力荷载)作用下,地基承载力不能满足要求时,地基产生过大的沉降,局部或整体会发生剪切破坏,影响建(构)筑物正常使用,甚至引起建(构)筑物破坏。

1.1.2 变形问题

建(构)筑物在荷载(包括静力荷载和动力荷载)作用下,地基产生变形。当建(构)筑物沉降、水平位移或不均匀沉降超过相应的允许值时,将会影响建(构)筑物的正常使用,甚至可能引起破坏。湿陷性黄土遇水发生剧烈的变形;膨胀土遇水膨胀、失水收缩等也可包括在这一类地基问题中。

1.1.3 渗透性问题

地基的渗流量或水力坡降超过其允许值时,会发生较大水量损失,或因潜蚀和管涌使地基失稳而导致建(构)筑物破坏,造成工程事故。

人们在工程设计中,遇到天然地基存在上述三类问题之一或其中几个问题时,就需要采用各种地基处理措施,形成人工地基以满足建(构)筑物对地基的各种要求,保证其安全与正常使用。具体地说就是采取各种方法对天然地基土进行加固,用以改良地基土

的工程特性,主要包括:①提高地基的抗剪切强度;②降低地基的压缩性;③改善地基的透水特性,一种是增加地基土的透水性,加快固结,另一种是降低透水性或减少其水压力(如基坑抗渗透)。

建(构)筑物能否正常使用,地基基础起着非常重要的作用。调查统计,世界各国各种土建、水利、交通等类的工程事故中,因地基问题造成工程事故的比例最大。

1.2 地基的分类

地基是建筑物与构筑物的承受体。不需加固就可直接在其上建造建筑物的地基叫天然地基,如岩石地基、砂卵石地基,都是很好的天然地基。当天然地基在地基承载力、变形及稳定性方面不能满足建(构)筑物要求时,就需要进行地基处理,形成人工地基。经过地基处理形成的人工地基大致上可分为三类,即均质地基、多层地基和复合地基,如图 1.1 所示。

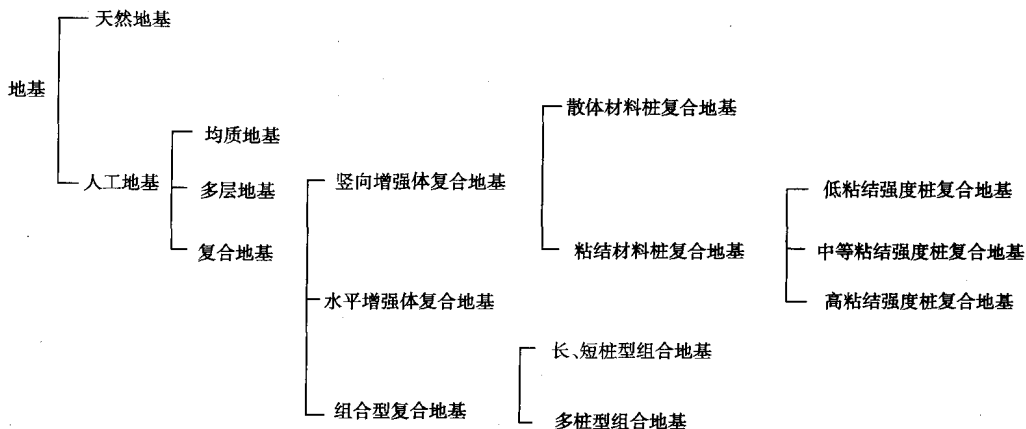


图 1.1 地基分类

1.2.1 均质地基

均质地基是指天然地基在地基处理过程中经过加固,使其性质得到改良,加固区土体的物理力学性质基本相同,加固区无论是平面位置还是深度范围,其地基持力层或压缩层已满足一定要求的地基,如强夯地基,预压地基等,如图 1.2(a)所示。均质人工地基承载力和变形计算方法与均质天然地基的计算方法相同。

1.2.2 多层地基

多层地基指天然地基经地基处理形成的均质加固区的厚度与荷载作用面积相比较或者与其相应持力层和压缩层厚度相比较为小时,在荷载作用影响区内,地基由多层性质相差较大的土体组成的地基。采用换填法或表层压实法处理形成的人工地基,可归为双层地基。多层地基中的双层地基示意图如图 1.2(b)所示。双层人工地基承载力和变形计算方法基本上与天然双层地基的计算方法相同。

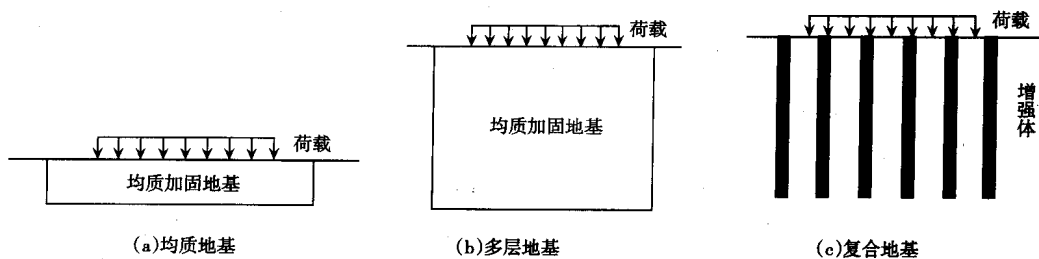


图 1.2 人工地基分类示意图

1.2.3 复合地基

复合地基是指部分土体被增强或被置换形成的增强体,由增强体和周围地基土共同承担荷载的地基。同时,复合地基的构成尚需包括基底的褥垫层,即由增强体、桩间土与垫层组成,如图 1.2(c)所示。褥垫层在复合地基中具有保证桩上共同作用,减少基底应力集中、调整桩土荷载分担和减少桩顶水平应力集中的重要作用。

复合地基的形式有多种多样,根据增强体设置的方向不同可分为:竖向增强体、水平增强体和倾斜增强体。竖向增强体一般称之为桩,根据桩体强度或刚度、工作机制及置换能力的大小,可分为四个类型:①散体桩复合地基(如砂桩、砂石桩等);②低黏结强度桩复合地基(如石灰桩、搅拌桩等);③中等黏结强度桩复合地基(如旋喷水泥土桩等);④高黏结强度桩复合地基(如水泥粉煤灰砂石桩,净浆裹石混凝土桩)等。水平向增强体复合地基主要指加筋土地基,加筋材料主要是土工织物和土工格栅等。此外,还可以用同一种性质的桩,由长、短桩组合来处理不同层的地基,由不同性质的桩组合来达到不同的处理目的,如碎石桩与低强度混凝土桩组合,既可以消除液化又可提高承载力,就形成了组合型地基。

1.3 地基处理的对象与方法

1.3.1 地基处理的对象

地基处理解决的主要是三个问题,即承载力、变形与渗透性。涉及的地基土可划分为两个方面:软弱地基(soft foundation)和特殊土地基(special ground)。

1. 软弱地基

软弱地基系指主要由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基。

(1) 淤泥和淤泥质土

淤泥(muck)和淤泥质土(mucky soil)是在静水或非常缓慢的流水环境中沉积,经生物化学作用形成的地基土,二者统称软土(soft soil)。

软土的特性是天然含水量高、天然孔隙比大、抗剪强度低、压缩系数高、渗透系数小。承载之后表现为承载力低、变形大、灵敏度高、变形稳定历时较长的特点。

(2) 冲填土

冲填土(hydraulic fill)是指整治和疏浚江河航道时,用挖泥船通过泥浆泵将泥砂夹

大量水分吹到江河两岸而形成的沉积土,南方地区称吹填土。如以黏性土为主的冲填土,呈流动状态,是属于强度低和压缩性高的欠固结土;如以砂性土或其他粗颗粒土所组成的冲填土,其性质基本和粉细砂相类似,而不属于软弱土范畴。

(3) 杂填土

杂填土(miscellaneous fill)是指由人类活动而任意堆填的建筑垃圾、工业废料和生活垃圾而形成的土。其成因不规律,组成的物质杂乱,分布极不均匀,结构松散。其受力特点是:强度低、压缩性高、均匀性差。对有机质含量较多的生活垃圾和对基础有侵蚀性的工业废料,未经处理不应作为持力层。

(4) 液化土

液化土(fluidity soil)即饱和松散粉细砂,包括部分粉土,在动力荷载(机械振动、地震等)重复作用下将产生液化;在基坑开挖时可能会出现管涌。

2. 特殊土地基

特殊土地基带有地区性特点,包括湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、冻土、盐渍土等地基。

(1) 湿陷性黄土

湿陷性黄土(collapsible loess)是指在一定压力下受水浸湿,土结构迅速破坏,并产生显著附加下沉的黄土,称为湿陷性黄土。浸水湿陷而引起建筑物的不均匀沉降是造成黄土地区事故的主要原因。黄土在我国特别发育,地层多,厚度大,广泛分布在甘肃、陕西大部分地区,以及山西、河南、河北、山东、宁夏、辽宁、新疆等部分地区。当黄土作为建筑物地基时,首先要判断它是否具有湿陷性,然后才考虑是否需要地基处理以及如何处理。地基处理的主要目的是破坏原土的结构,减小孔隙比,按建(构)筑物的要求消除湿陷性,并采取相应的防水措施。

(2) 膨胀土

膨胀土(expansive soil)是指黏粒成分主要由亲水性黏土矿物组成的黏性土,具有吸水膨胀和失水收缩的性能,且是变形往复的高塑性黏土。如果不进行地基处理,常会对建筑物造成危害。

(3) 红黏土

红黏土(red clay)是指石灰岩和白云岩等碳酸盐类岩石在亚热带温湿气候条件下,经风化作用所形成的褐红色黏性土。通常红黏土是较好的地基土,但由于下卧岩面起伏及存在软弱土层,一般容易引起地基不均匀沉降。

(4) 冻土

冻土(frozen soil)是指气候在负温条件下,其中含有冰的各种土。冻土又分为季节性冻土(seasonally frozen ground)和多年冻土或永冻土(permafrost)。季节性冻土是指该冻土在冬季冻结,而夏季融化的土层。多年冻土或永冻土是指冻结状态持续三年以上的土层。季节性冻土因其周期性的冻结和融化,因而对地基的不均匀沉降和地基的稳定性影响较大。

(5) 盐渍土

盐渍土(saline soil)是指将易溶盐含量超过 0.3% 的土称为盐渍土。盐渍土中的盐遇水溶解后,物理和力学性质均会发生变化,强度降低。盐渍土地基浸水后,因盐溶解而

产生地基溶陷。某些盐渍土(如含 Na_2SO_4 的土)在温度或湿度变化时,会发生体积膨胀。盐渍土中的盐还会导致地下设施腐蚀。我国盐渍土主要分布在西北干旱地区的新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古等地势低的盆地和平原中,在华北平原、松辽平原、大同盆地以及青藏高原的一些湖盆洼地中也有分布,在滨海地区也有存在。

1.3.2 地基处理的方法

地基处理的基本方法主要有换土垫层、预压、夯实、振密与挤密、加筋、胶结、冷热处理及组合地基等方法。

1. 换土垫层法

换土垫层法的基本原理是挖除浅层软弱土或不良土,换填新土,分层碾压或夯实,按回填的材料可分为砂(或砂石)垫层、碎石垫层、粉煤灰垫层、干渣垫层、土(灰土、二灰)垫层等。换土垫层法可提高持力层的承载力,减少沉降量。常用机械碾压、平板振动和重锤夯实法进行施工。

该法一般适用于处理浅层软弱土层(淤泥质土、松散素填土、杂填土、浜填土以及已完成自重固结的冲填土等)与低洼区域的填筑。其一般处理深度为 $2\sim 3\text{m}$,适用于处理浅层非饱和软弱土层、素填土和杂填土等。

2. 预压法

预压法也称排水固结法,其基本原理是软土地基在附加荷载的作用下,逐渐排出孔隙水,使孔隙比减小,产生固结变形。在这个过程中,随着土体超静孔隙水压力的逐渐消散,土的有效应力增加,地基抗剪强度相应增加,并使沉降提前完成或提高沉降速率。

排水固结法主要由排水和加压两个系统组成。排水可以利用天然土层本身的透水性,也可设置砂井、袋装砂井和塑料排水板之类的竖向排水体。加压主要有地面堆载法、真空预压法、真空预压与加载预压联合法、井点降水法等。为加固软弱的黏土,在一定条件下采用电渗排水井点法也是合理而有效的。

3. 夯实法

夯实法是利用强大的夯击能,迫使深层土动力密实、液化和动力固结,使土体密实,用以提高地基土的强度并降低其压缩性,主要包括强夯法、强夯置换法、重锤夯实法、孔内强夯法等。

4. 振密与挤密法

振密、挤密法的原理是采用一定的手段,通过振动、挤压使地基土体孔隙比减小,强度提高,以达到地基处理目的的方法,主要包括振冲置换法、石灰桩法、水泥粉煤灰碎石桩法(CFG 桩的振动沉管法)等。

(1) 振冲置换法(或称碎石桩法)

振冲法是利用一种单向或双向振动的冲头,边喷高压水流边下沉成孔,然后边填入碎石边振实,形成碎石桩。桩体和原来的黏性土构成复合地基,以提高地基承载力和减小沉降。适用于地基土的不排水抗剪强度大于 20kPa 的淤泥、淤泥质土、砂土、粉土、黏性土和人工填土等地基。对不排水抗剪强度小于 20kPa 的软土地基,采用碎石桩时须慎重。