



全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程地基处理

张 荫 主 编

王平安 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程地基处理

张 荫 主 编

王平安 副主编



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据土木工程专业教学计划要求编写。全书共分为8章,论述了土木工程领域常用的地基处理方法,主要内容有复合地基理论、换填垫层法、深层密实法、排水固结法、化学加固法、土的加筋、托换与纠偏等。对于每一种地基处理方法,分别从基本概念、适用条件、加固机理、设计计算、施工工艺及质量检验等方面进行了论述,并附有复习思考题。

本书可作为高等院校土木工程专业本科生教学用书,书中增加的部分新内容也可适应研究生教学的要求,亦可供工程技术人员及注册工程师执业资格考试参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程地基处理/张荫主编. —北京:科学出版社, 2009

(全国高等院校土木工程类系列教材)

ISBN 978-7-03-024404-8

I. 土… II. 张… III. 土木工程-地基处理-高等学校-教材
IV. TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 055651 号

责任编辑:童安齐 陈 迅/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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年5月第一次印刷 印张:12 3/4

印数:1—3 000 字数:281 000

定价:20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026 (BA08)

版权所有,侵权必究

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

**全国高等院校土木工程类系列教材
编委会**

主 任 白国良

副 主 任 (以姓氏笔画为序)

马建勋 刘伯权 何明胜 邵生俊 陈宗平
杨 勇 童安齐

秘 书 长 贾凤云

副秘书长 任加林 陈 迅

委 员 (以姓氏笔画为序)

马 斌	马建勋	王士川	王志骞	王泽军
史庆轩	白国良	冯志焱	任加林	刘伯权
苏明周	杜高潮	李 进	李青宁	李建峰
李惠民	余梁蜀	何明胜	何廷树	邵生俊
张 荫	张 倩	张志政	陈 迅	陈宗平
杨 勇	赵 平	赵树德	赵鸿铁	姚继涛
贾凤云	徐 雷	袁伟宁	郭成喜	梁兴文
韩晓雷	童安齐	曾 珂	廖红建	熊仲明
薛建阳				

前 言

我国地域辽阔,幅员广大,自然地理环境不同,地基条件区域性较强,工程地质条件差异大,各类软弱地基分布面广。在软弱地基上进行土木工程建设,往往需要对天然地基进行处理,以满足工程结构对地基的要求。同时,对既有结构物的地基土因不满足地基承载力和变形要求时,除需进行地基处理之外,还要进行基础加固,以满足结构物的正常使用要求。

土木工程地基处理与基础加固的主要目的在于:提高软弱地基的强度,保证地基的稳定;降低软弱地基的压缩性,减少基础的沉降;防止地震时地基土的振动液化;改良与消除特殊土的不良特性;在满足地基承载力和变形的同时,保证结构物的安全与正常使用。

当前,随着我国土木工程建设持续、高速发展,地基处理与基础加固技术发展很快,许多新方法应运而生。然而,每一种方法都有它的适用范围和局限性,因此在进行选用时,应根据地基土质条件、工程要求、工期、造价和施工机械设备条件等因素综合分析后确定。

地基处理与基础加固是土木工程专业的一门专业课程。本课程的任务是通过理论教学环节,使学生获得土木工程地基处理方面的基础知识和基本技能,能够进行一般工程地基处理的设计与规划,并得到初步的训练和实践。

本教材是根据土木工程专业教学计划进行编写的。编写的指导思想及特点为:一是力求涵盖土木工程各学科领域,即在原建筑工程专业的基础上增加了岩土工程、地下工程、道路工程、古建筑纠偏等各学科内容;二是力求反映科学技术的最新发展与最新成就,在贯穿我国现行规范内容的基础上,着重论述国内外最新发展的地基处理与基础加固新技术及新方法;三是注意理论与实践相结合,在阐明地基处理与基础加固基本原理的基础上,着重介绍地基处理与基础加固的方法、内容与步骤,并配以典型实例,以培养学生的实践能力。

参加本书编写工作的有:张荫(第一、二、四章)、王平安(第三、六章)、张文荣(第五章)、何明胜(第五章、七章)、卢俊龙(第八章)。全书由张荫统稿,资料整理及书中图表清绘由卢俊龙、敖亮、窦超完成。

本教材承蒙姚谦峰教授、冯志焱副教授审阅,他们提出了许多宝贵意见;在初稿编写过程中得到了岩土工程界多位老师与同行的帮助与指导,此外,本教材中还参考了很多单位及个人的科研成果和技术总结,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请各位读者批评指导。

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 地基处理的目的、对象及原则	1
1.1.2 工程结构物对地基的基本要求	4
1.1.3 地基处理规划程序	5
1.2 地基处理方法与方案选择	6
1.2.1 地基处理方法的分类	6
1.2.2 常用地基处理方法	7
1.2.3 地基处理方案选择	8
1.3 地基处理技术的发展	10
复习思考题	10
第二章 复合地基理论	12
2.1 概述	12
2.1.1 复合地基的概念	12
2.1.2 复合地基的分类	12
2.2 复合地基的作用机理	13
2.2.1 复合地基的加固机理	13
2.2.2 复合地基的破坏模式	14
2.2.3 复合地基与桩基	15
2.3 复合地基的承载力	16
2.3.1 复合地基的置换率与桩土应力比	16
2.3.2 复合地基承载力的计算	17
2.4 复合地基沉降计算	18
2.4.1 复合地基沉降量	18
2.4.2 加固区土层压缩量 s_1 的计算方法	19
2.4.3 下卧层压缩量 s_2 的计算方法	20
2.4.4 规范方法	22
2.5 复合地基的动力特性和固结特性	23
复习思考题	24
第三章 换填垫层法	25
3.1 概述	25
3.1.1 换填垫层法及其适用范围	25
3.1.2 砂(石)垫层的主要作用	25
3.1.3 垫层材料及要求	26

3.2 土的压实原理	26
3.2.1 黏性土的压实原理	26
3.2.2 无黏性土的压实特性	28
3.3 换填垫层设计	28
3.3.1 垫层厚度的确定	28
3.3.2 垫层宽度的确定	29
3.3.3 垫层的压实标准	30
3.4 换填垫层的施工与质量检验	31
3.4.1 施工方法	31
3.4.2 施工要点	32
3.4.3 质量检验	33
3.5 工程实例	33
复习思考题	35
第四章 深层密实法	36
4.1 强夯法	36
4.1.1 简述	36
4.1.2 加固机理	37
4.1.3 设计计算	38
4.1.4 施工与质量检验	41
4.1.5 实例	42
4.2 砂石桩法	43
4.2.1 简述	43
4.2.2 加固机理	44
4.2.3 设计计算	45
4.2.4 施工与质量检验	47
4.2.5 实例	48
4.3 石灰桩法	49
4.3.1 简述	49
4.3.2 加固机理	49
4.3.3 设计计算	51
4.3.4 施工与质量检验	52
4.4 土桩及灰土桩	53
4.4.1 简述	53
4.4.2 加固机理	54
4.4.3 设计计算	55
4.4.4 施工与质量检验	57
4.5 水泥粉煤灰碎石桩	58
4.5.1 简述	58
4.5.2 材料配合比及其力学性能	58
4.5.3 加固机理	59
4.5.4 设计计算	60

4.5.5 施工与质量检验	62
4.5.6 实例	62
4.6 振冲法	63
4.6.1 简述	63
4.6.2 加固机理	64
4.6.3 设计计算	65
4.6.4 振冲法施工与质量检验	66
4.6.5 实例	67
复习思考题	68
第五章 排水固结法	69
5.1 概述	69
5.2 加固机理	70
5.2.1 堆载预压的加固机理	70
5.2.2 真空预压的加固机理	72
5.3 设计与计算	73
5.3.1 一般规定	73
5.3.2 设计计算	74
5.4 施工与质量检验	77
5.4.1 施工	77
5.4.2 质量检验	79
5.5 降低地下水位法及电渗法简介	79
5.6 工程实例	80
5.6.1 实例一	80
5.6.2 实例二	81
复习思考题	83
第六章 化学加固法	85
6.1 概述	85
6.2 水泥土搅拌法	85
6.2.1 水泥土搅拌法的适用条件及其特点	85
6.2.2 水泥土搅拌法的加固机理	87
6.2.3 水泥土搅拌桩的设计	89
6.2.4 施工要点与质量检验	92
6.2.5 实例	94
6.3 高压喷射注浆法	95
6.3.1 简述	95
6.3.2 加固机理	96
6.3.3 加固土的基本形状	97
6.3.4 设计计算	99
6.3.5 施工要点与质量检验	100
6.4 灌浆法	103

6.4.1 简述	103
6.4.2 浆液材料	104
6.4.3 灌浆理论	105
6.4.4 设计计算	106
6.4.5 施工要点与质量检验	110
6.4.6 实例	112
6.5 单液硅化法和碱液法	113
6.5.1 简述	113
6.5.2 加固机理	113
6.5.3 设计计算	114
6.5.4 施工要点	115
6.5.5 质量检验	117
复习思考题	117
第七章 土的加筋	118
7.1 加筋土挡墙	118
7.1.1 简述	118
7.1.2 加筋土的基本原理	119
7.1.3 加筋土挡墙的破坏机理	121
7.1.4 加筋土挡墙的稳定性计算	122
7.1.5 加筋土挡墙的构造设计	127
7.1.6 加筋土挡墙的施工技术	130
7.2 土工合成材料	131
7.2.1 简述	131
7.2.2 土工合成材料的类型	131
7.2.3 土工合成材料的作用及机理	132
7.2.4 设计计算	134
7.2.5 施工技术	135
7.2.6 实例	136
7.3 土层锚杆	136
7.3.1 简述	136
7.3.2 土层锚杆的特点及加固机理	137
7.3.3 土层锚杆的设计	139
7.3.4 土层锚杆的施工	143
7.3.5 实例	145
7.4 土钉	145
7.4.1 简述	145
7.4.2 加固机理	148
7.4.3 土钉墙的设计	149
7.4.4 施工方法与质量检验	152
7.4.5 实例	154
复习思考题	155

第八章 托换与纠偏	156
8.1 概述	156
8.1.1 适用于托换与纠偏技术的主要工程	157
8.1.2 托换技术分类	157
8.1.3 基础托换前的准备工作	158
8.2 基础加宽托换	159
8.2.1 简述	159
8.2.2 实例	160
8.3 坑式托换	161
8.3.1 施工方法	161
8.3.2 设计要点	162
8.3.3 实例	162
8.4 桩式托换	163
8.4.1 静压桩	163
8.4.2 树根桩技术	167
8.4.3 打入桩与灌注桩	172
8.5 特殊托换	173
8.5.1 灌浆托换	173
8.5.2 高压喷射注浆托换	174
8.5.3 热加固托换	175
8.5.4 基础减压和加强刚度托换	175
8.6 综合托换技术	176
8.7 纠偏技术	179
8.7.1 建筑物倾斜的机理	180
8.7.2 纠偏实施原则	180
8.7.3 迫降纠偏	181
8.7.4 顶升纠偏法	183
8.7.5 综合纠偏法	183
8.7.6 实例	183
8.8 施工与监测	187
复习思考题	188
参考文献	189

第一章 绪 论

1.1 概 述

地球是人类赖以生存的空间,无论是高楼大厦,还是茅屋棚舍,均是建造于地球表面上。如住宅、办公楼、厂房等建筑工程和桥梁、码头、水电站、高速公路等工程构筑物及穿越岩土层的隧道或地下铁道等地下工程结构物,以及用岩土作为材料建造的大坝或路堤等土工构筑物等各类土木工程的建造,其全部荷载都由地球表面的地层来承担。万丈高楼平地起,地基基础是深埋于地下的隐蔽工程,一旦其失效,难以补救。土木工程活动都是与岩土有关的技术问题。在修建建筑物时,若天然土层强度不能满足建筑物荷载的要求时,需要按工程要求进行地基处理。

我国地域辽阔,幅员广大,自然地理环境复杂,土质各异,地基条件区域性较强。随着国民经济的发展,工程建设不仅能在地质条件良好的场地上进行,有时也不得不在地质条件不良的地基上进行;同时,随着我国城市化进程的加快,高层建筑、超高层建筑及复杂建筑物逐渐增多,结构物的荷载也在不断增大,对地基变形的要求也越来越高,在特定的条件下必须进行地基处理。因此,要求从事土木工程专业的技术人员不仅要善于针对不同的地质条件、不同的结构物选定适用的基础形式、尺寸和布置方案外,而且还要善于选择最佳的地基处理方法,以保证结构的安全、经济与适用。

1.1.1 地基处理的目的、对象及原则

1. 基本概念

- 1) 场地 (site)。它是指工程建设所直接占有并直接使用的有限面积的土地。
- 2) 地基 (foundation soils, subgrade)。它为支承基础的土体或岩体 (即受结构物影响的那一部分地层)。
- 3) 基础 (foundation footing)。它是结构物向地基传递荷载的下部结构,其具有承上启下的作用。
- 4) 天然地基 (natural ground)。它是直接支承结构物的天然土层。
- 5) 人工地基 (artificial ground)。它是指软弱土层经加固后支承建筑物的地基。
- 6) 地基承载力特征值 (characteristic value of subgrade bearing capacity)。它是指由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值,其最大值为比例界限值。
- 7) 地基处理 (ground treatment)。它是指为提高地基承载力,改善其变形性质或渗透性质而采取的人工处理地基的方法。

2. 地基处理的目的

目前, 世界各国的建筑、水利、交通等土木工程事故 (如图 1.1~图 1.4 所示) 中, 地基问题常常是主要原因。



图 1.1 5.12 汶川大地震紫坪铺水库沙土地基被震陷



图 1.2 5.12 汶川大地震北川某办公楼整体倾倒

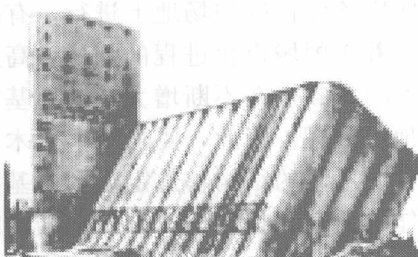


图 1.3 加拿大 Transcona 谷仓的倾覆



图 1.4 上海展览中心地基严重下沉

土木工程中的地基问题主要有以下方面:

1) 强度及稳定性问题。当外荷载引起的剪应力超过地基土的抗剪强度时, 地基就会产生局部或整体剪切破坏。

2) 压缩及不均匀沉降问题。在上部结构荷载作用下, 地基产生过大的变形; 或者由于工程地质及水文地质条件的变化, 如土的湿陷、膨胀等, 超过建筑物的容许变形时, 就会影响建筑物的正常使用。

3) 地基的渗漏问题。水利工程、基坑工程中由于水力坡降超过容许值时, 会发生水土流失、潜蚀、管涌、流沙等, 造成事故。

4) 振动液化和震陷问题。在地震、机器、车辆、波浪、爆破等动力荷载作用下, 可能引起饱和和无黏性土的液化失稳或沉陷等危害。

5) 存在不良特性土如湿陷性土、膨胀土、冻土、软土等特殊土时, 需进行地基处理以满足工程的安全和正常使用。

地基处理是否合理, 关系到土木工程的质量与安全, 以及工程的投资与进度等。因此, 必须认识其重要性。

3. 地基处理的对象

地基处理的对象是软弱地基和特殊土地基。软弱土地基 (soft foundation) 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) 软土

淤泥及淤泥质土总称为软 (黏) 土 (soft soil)。淤泥 (muck) 是指在静水或缓慢流水环境沉积, 经生物化学作用形成, 天然含水量大于液限、天然孔隙比大于 1.5 的黏性土, 而当天然孔隙比大于 1.0 而小于 1.5 时为淤泥质土 (mucky soil)。软土广泛分布在我国东南沿海、内陆平原和山区, 如天津、上海、杭州、宁波、温州、福州、厦门和广州等沿海地区, 以及昆明和武汉等内陆地区。

软土具有以下特性: 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。在外荷载作用下地基承载力低、地基变形大、不均匀性强且变形稳定历时较长, 在比较深厚的软土层上, 结构物基础的沉降一般持续数年乃至数十年之久。

(2) 冲填土

在整治和疏通江河航道时, 用挖泥船通过泥浆泵将泥沙大量吹到江河两岸而形成的沉积土, 称为冲填土 (hydraulic fill), 也称吹填土。

在我国长江、上海黄浦江和广州珠江两岸, 以及天津地区分布着不同性质的冲填土。冲填土的成分比较复杂, 以黏性土为主, 因土中含有大量水分且难于排出, 土体在形成初期处于流动状态, 因而这类土属于强度较低和压缩性较高的欠固结土。冲填土的工程性质主要取决于其颗粒组成、均匀性和排水固结条件等。

(3) 杂填土

杂填土 (miscellaneous fill) 是由人类活动而任意堆填的建筑垃圾、工业废料和生活垃圾等形成的土。

杂填土的成因很不规律, 组成的物质杂乱, 分布极不均匀, 结构松散。其主要特性是强度低、压缩性高和均匀性差, 一般还具有浸水湿陷性。即使在同一建筑场地的不同位置, 地基承载力和压缩性也有较大差异。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等杂填土, 未经处理不宜作为持力层。

(4) 其他高压缩性土

饱和松散粉细砂 (包括部分粉土) 也属于软弱地基范畴。在动力荷载 (机械振动、地震等) 重复作用下将产生液化; 基坑开挖时也会产生管涌。

(5) 特殊土地基

工程上常见的特殊土地基主要有湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、冻土等。

1) 湿陷性黄土。天然黄土在上覆土的自重应力作用下, 或在上覆土自重应力和附加应力共同作用下, 受水浸湿后土的结构迅速破坏而发生显著附加下沉的黄土, 称为湿陷性黄土 (collapsible loess)。

我国湿陷性黄土广泛分布于甘肃、陕西、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、山东、河北、河南、山西、宁夏、青海和新疆等地。由于黄土的浸水湿陷性, 会引起结构物的不均匀沉降, 发生工程事故。设计时首先要判断是否具有湿陷性, 再考虑如何进行地基处理。

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, 它是一种吸水膨胀和失水收缩、具有较大的胀缩变形性能, 且变形往复的高塑性黏土。

我国膨胀土主要分布于广西、云南、湖北、河南、安徽、四川、河北、山东、陕西、江苏、贵州和广东等省。

3) 红黏土。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, 称为红黏土 (red clay)。

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, 一般容易引起地基的不均匀变形。

4) 冻土。凡具有负温或零温, 且其中含有冰的各种土都称为冻土 (frozen soil); 而冬季冻结、夏季融化的土层, 称为季节性冻土 (seasonally frozen ground)。对冻结状态持续两年或两年以上的土层, 则称为多年冻土或永冻土 (permafrost)。

季节性冻土在我国主要分布于东北、华北和西北地区, 因其呈周期性的冻结和融化, 对地基稳定性影响较大。

5) 岩溶和土洞。岩溶 (喀斯特, karst) 主要出现在碳酸盐类岩石地区。其基本特性是地基主要受力范围内受水的化学和机械作用而形成溶洞、溶沟、溶槽、落水洞以及土洞等。

我国岩溶地基广泛分布于贵州和广西两地。岩溶是以岩溶水的溶蚀为主, 由潜蚀和机械塌陷作用而造成的。溶洞的大小不一, 且沿水平方向延伸, 有的溶洞已经干涸或被泥沙充填, 有的存在经常性流水。

土洞存在于溶沟发育且地下水在基岩上下频繁活动的岩溶地区, 有的土洞已停止发育, 有的在地下水丰富的地区还可能发展, 大量抽取地下水会加速土洞的发育, 严重时可引起地面大量塌陷。

建造在岩溶地基上的结构物, 要慎重考虑可能造成的地面变形和地基陷落。山区地质条件比较复杂, 主要表现在地基的不均匀性和场地的稳定性方面, 基岩表面起伏大, 且可能存在大块孤石。另外, 也常会遇到滑坡、崩塌和泥石流等不良地质现象。

特殊土还有混合土、盐渍土、风化岩和残积土、污染土、有机质土和泥炭土等。作为建筑物的地基, 应查明其结构、成分、性质、组成、均匀性及其腐蚀性等, 并对其进行改良。

4. 地基处理的原则

在地基处理的设计和施工中应保证安全适用、技术先进、经济合理、确保质量。同时应满足工程设计要求, 做到因地制宜、就地取材、保护环境和节约资源。土木工程地基处理应执行国家有关规范 (程), 且应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

1.1.2 工程结构物对地基的基本要求

1. 工程结构物对地基的基本要求

(1) 地基承载力或稳定性问题

地基承载力或稳定性问题是指地基在工程结构物荷载 (包括静、动荷载的各种组合)

作用下能否保持稳定。若地基承载力不能满足要求,在结构物荷载作用下地基将会产生局部或整体剪切破坏,影响工程结构物的安全与正常使用,严重的会导致工程结构物的破坏。因此,必须进行地基处理,形成人工地基,以满足工程结构物对地基承载力的要求。

(2) 沉降、水平位移及不均匀沉降问题

在工程结构物的荷载作用下,地基沉降、水平位移或不均匀沉降若超过相应的允许值时,也会影响工程结构物的安全与正常使用,严重的会引起工程结构物破坏。天然地基的变形主要与荷载大小和土的变形特性,以及基础形式有关。若天然地基变形不能满足要求,则需要进行地基处理。

(3) 渗透问题

渗透问题主要分两类:一类是堤坝蓄水构筑物地基渗流量超过其允许值时,其后果可造成较大水量损失,甚至蓄水失败;另一类是地基中水力坡降超过其允许值时,地基土因潜蚀和管涌产生破坏而导致结构物破坏造成工程事故。天然地基的渗透问题主要与土的渗透性有关。若天然地基不能满足要求,则需对地基土进行改良,减小土的渗透性,或在地基中设置止水帷幕,拦截渗流。

另外,修建于特殊土地基上的建(构)筑物,在天然地基土不能满足工程要求时,也应进行地基处理。因此,天然地基是否需要进行人工处理取决于地基土的工程特性和工程结构物对地基的要求。

2. 地基基础的设计和计算原则

- 1) 防止地基土体剪切破坏和丧失稳定性,地基应具有足够的安全度。
- 2) 控制地基的特征变形量,使之不超过工程结构物对地基特征变形允许值,以免引起基础和上部结构的破坏,或影响结构物的使用功能和外观。
- 3) 基础的类型、构造和尺寸,除应适应上部结构及满足地基承载力(稳定性)和变形要求外,还应满足对基础结构的强度、刚度和耐久性的要求。

1.1.3 地基处理规划程序

地基处理规划程序一般按图 1.5 所示的流程进行:①首先根据工程结构物对地基的各种要求和天然地基条件确定地基是否需要处理,若天然地基能够满足要求,应尽量采用天然地基;②在确定是否需要地基处理时,应将上部结构、基础和地基同等考虑;③若天然地基不能满足工程结构物对地基的要求时,首先需要确定进行地基处理的天然地层的范围,以及地基处理要求,然后根据天然地层的特性、地基处理方法的适用性及其原理,以及当地经验和机具设备、材料条件,进行地基处理方案的可行性研究,提出多种可选方案,进行论证;④对提出的多种方案进行技术、经济、进度等方面的比较分析,考虑环境保护要求,选择最佳方案,确定采用一种或几种地基处理方法。经过现场试验,确定有关技术参数,进行施工设计,并组织实施地基处理工程。

地基处理前需了解建筑物的基本概况,搜集建筑场地附近的工程地质资料,进行详细的岩土工程勘察,判断天然地基能否满足结构物对地基要求,是确定合理的地基处理方案的先决条件。

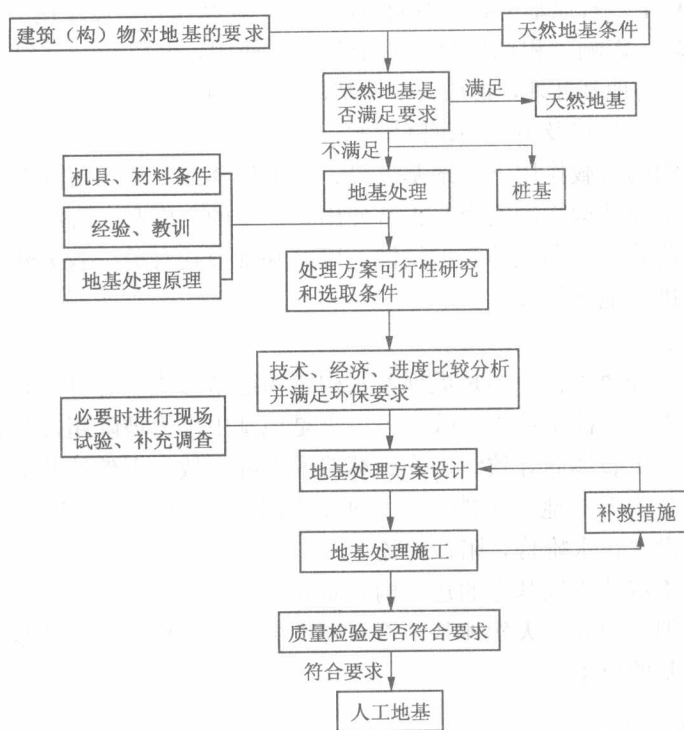


图 1.5 地基处理规划程序

通过岩土工程勘察，调查建筑物场地的地形、地貌，查明地质条件（包括岩土的性质、成因类型、地质年代、厚度和分布范围）。对地基中是否存在明浜、暗浜、古河道、废井、古墓、洞穴等要了解清楚。对于岩层，还应查明风化程度及地层的接触关系，调查天然地层的地质构造，查明水文地质及工程地质条件，确定有无不良地质现象（如滑坡、崩塌、岩溶、土洞、冲沟、泥石流、岸边冲刷及地震等）。测定地基土的物理力学性质指标（包括天然重度、相对密度、颗粒分析、塑性指数、渗透系数、压缩系数、压缩模量、抗剪强度等）。按照工程要求，对场地的稳定性和适宜性及地层的均匀性、承载力和变形特性等进行分析评价。

在初步确定地基处理方案后，可依需要进行小型现场试验或进行补充调查，根据试验成果进行施工设计。施工过程中通过监测、检验以及分析研究，如果工程需要以及场地岩土条件发生变化时可对设计进行修改、调整、补充完善。

1.2 地基处理方法与方案选择

1.2.1 地基处理方法的分类

地基处理方法的分类主要有：

- 1) 按时间可分为临时处理与永久处理。
- 2) 按处理深度可分为浅层处理和深层处理。

3) 按土性对象可分为砂性土处理和黏性土处理、饱和土处理和非饱和土处理。

4) 按地基处理的作用机理分为: ①物理处理。包括换土处理、密实处理、排水处理、加筋处理与热学处理等。②化学处理。包括灌浆法、搅拌法等。

1.2.2 常用地基处理方法

软弱土地基处理方法及适用条件如表 1.1 所示。

表 1.1 常用地基处理方法的分类及各种方法的适用范围

编号	分类及处理原理	处理方法	处理特点	适用范围
1	排水固结法 渗透性低的软土,通过荷载的预压作用,将孔隙中的一部分水慢慢挤出,土的孔隙比减小,以达到强度增长或消除一部分变形的目的	堆载预压法 砂井堆载预压法 真空预压法 降水预压法 电渗降水法	在天然地基上堆荷载 在砂井地基上堆荷载 利用真空作为预压荷载 降低地下水位,增加有效自重应力 利用电渗降水或疏干土体	饱和软土
2	密实法 通过振动,挤压等方法,使地基土孔隙比减小,提高土体强度减少地基的沉降	表层压实法 重锤夯实法 强夯法 振冲挤密法 土桩或灰土桩挤密法 砂桩挤密法 石灰桩挤密法 爆扩法	利用不同重量的锤和夯击能量,将土体夯实 在土体中采用竖向扩孔,从横向将土体挤密	非饱和疏松黏性土,湿陷性黄土,松散砂土,杂填土等
3	换填法 用砂、碎石、灰土等材料,置换软弱地基中部分土体,起到应力扩散,调节变形作用	垫层法 褥垫法 开挖置换法 振冲置换法	表面土层换土 岩土交界处过渡 深层换土	浅层软弱土层,可处理厚度较大的软弱土层
4	胶结法 利用气压、液压或电化学原理把某些能固化的液体注入土层,或以改良土体或降低渗透性或在软土中掺入水泥、石灰等与土搅拌后胶结成强度较高的复合土体形成复合地基,改变持力层的强度和模量	压密注浆 劈裂注浆 高压喷射注浆 化学灌浆(注入水玻璃、碱液等) 深层搅拌法(湿法)粉喷搅拌法(干法)	注入浓浆压密土体 在形成裂隙的土体中注入浆液利用高压水,使土与水泥浆充分混合 利用化学浆液在土体中发生化学反应生成充填物或胶结土颗粒	黏性土,砂性土 湿陷性黄土 软弱土层
5	加筋法 通过在土体中设置土工合成材料或金属带片等拉筋、受力杆件,以达到提高地基承载力和稳定性	加筋土 土工合成材料 锚固技术 树根桩	利用筋土之间的摩擦力稳定土体 利用锚固力稳定土体 设置竖直或斜向小直径灌注桩	稳定边坡,人工路堤挡土结构等 稳定边坡和加固地基