



应用型本科规划教材

GROUND IMPROVEMENT

地基处理

◆ 主 编 魏新江

副主编 杨迎晓 马海龙 王文军



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

TU472

19

2007

应用型本科规划教材

地基处理

主 编 魏新江

副主编 杨迎晓 马海龙 王文军

浙江大学出版社

内 容 简 介

本书是为了适应土木工程应用型本科专业课程建设的需要而编写的,详细介绍了当前国内外地基处理的新技术,主要论述了在软弱土地基和特殊土地基上的各种地基处理方法。其主要内容有:复合地基理论、换填、深层密实、排水固结、化学加固、加筋、托换与纠倾等,并包含了以上各种地基处理方法的加固机理、设计、施工和质量检验等内容。各章附有各种地基处理方法的典型工程实例,还附有思考题与习题,以便复习和自学。本书内容深入浅出,图文并茂,难度适当,易于掌握。

本书可作为高等院校土木工程专业本科学生使用的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地基处理 / 魏新江主编. —杭州:浙江大学出版社,
2007.1

应用型本科规划教材

ISBN 978-7-308-05028-9

I. 地... II. 魏... 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 (2006) 第 134158 号

地基处理

魏新江 主编

丛书策划	樊晓燕
责任编辑	邹小宁
封面设计	刘依群
出版发行	浙江大学出版社 (杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028) (E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn) (网址: http://www.zjupress.com)
排 版	浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷	临安市曙光印务有限公司
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	12
字 数	306 千
版 次	2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000
书 号	ISBN 978-7-308-05028-9
定 价	18.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

应用型本科院校土木工程专业规划教材

编 委 会

主 任 陈云敏

副主任 王娟娣 许钧陶 魏新江

委 员 (以姓氏笔画为序)

马海龙 王建新 李 强

李立新 李剑敏 李国柱

林贤根 杨云芳 杨迎晓

陈江瑛 周赵凤 郭鼎康

廖 娟

总 序

近年来我国高等教育事业得到了空前的发展,高等院校的招生规模有了很大的扩展,在全国范围内发展了一大批以独立学院为代表的应用型本科院校,这对我国高等教育的持续、健康发展具有重要的意义。

应用型本科院校以培养应用型人才为主要目标,目前,应用型本科院校开设的大多是一些针对性较强、应用特色明确的本科专业,但与此不相适应的是,当前,对于应用型本科院校来说作为知识传承载体的教材建设远远滞后于应用型人才培养的步伐。应用型本科院校所采用的教材大多是直接选用普通高校的那些适用研究型人才培养的教材。这些教材往往过分强调系统性和完整性,偏重基础理论知识,而对应用知识的传授却不足,难以充分体现应用类本科人才的培养特点,无法直接有效地满足应用型本科院校的实际教学需要。对于正在迅速发展的应用型本科院校来说,抓住教材建设这一重要环节,是实现其长期稳步发展的基本保证,也是体现其办学特色的基本措施。

浙江大学出版社认识到,高校教育层次化与多样化的发展趋势对出版社提出了更高的要求,即无论在选题策划,还是在出版模式上都要进一步细化,以满足不同层次的高校的教学需求。应用型本科院校是介于普通本科与高职之间的一个新兴办学群体,它有别于普通的本科教育,但又不能偏离本科生教学的基本要求,因此,教材编写必须围绕本科生所要掌握的基本知识与概念展开。但是,培养应用型与技术型人才又是应用型本科院校的教学宗旨,这就要求教材改革必须淡化学术研究成分,在章节的编排上先易后难,既要低起点,又要有坡度、上水平,更要进一步强化应用能力的培养。

为了满足当今社会对土木工程专业应用型人才的需要,许多应用型本科院校都设置了相关的专业。土木工程专业是以培养注册工程师为目标,国家土木工程专业教育评估委员会对土木工程专业教育有具体的指导意见。针对这些情况,浙江大学出版社组织了十几所应用型本科院校土木工程类专业的教师共同开展了“应用型本科土木工程专业教材建设”项目的研究,探讨如何编写既能满足注册工程师知识结构要求、又能真正做到应用型本科院校“因材施教”、适合

应用型本科层次土木工程类专业人才培养的系列教材。在此基础上,组建了编委会,确定共同编写“应用型本科院校土木工程专业规划教材”系列。

本套规划教材具有以下特色:

在编写的指导思想上,以“应用型本科”学生为主要授课对象,以培养应用型人才为基本目的,以“实用、适用、够用”为基本原则。“实用”是对本课程涉及的基本原理、基本性质、基本方法要讲全、讲透,概念准确清晰。“适用”是适用于授课对象,即应用型本科层次的学生。“够用”就是以注册工程师知识结构为导向,以应用型人才为培养目的,达到理论够用,不追求理论深度和内容的广度。

在教材的编写上重在基本概念、基本方法的表述。编写内容在保证教材结构体系完整的前提下,注重基本概念,追求过程简明、清晰和准确,重在原理。做到重点突出、叙述简洁、易教易学。

在作者的遴选上强调作者应具有应用型本科教学的丰富教学经验,有较高的学术水平并具有教材编写经验。为了既实现“因材施教”的目的,又保证教材的编写质量,我们组织了两支队伍,一支是了解应用型本科层次的教学特点、就业方向的一线教师队伍,由他们通过研讨决定教材的整体框架、内容选取与案例设计,并完成编写;另一支是由本专业的资深教授组成的专家队伍,负责教材的审稿和把关,以确保教材质量。

相信这套精心策划、认真组织、精心编写和出版的系列教材会得到相关院校的认可以,对于应用型本科院校土木工程类专业的教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会主任
浙江大学建筑工程学院常务副院长
教育部长江学者特聘教授
陈云敏

2007年1月

前 言

地基处理是岩土工程学科的一个主要分支。当建筑物的天然地基存在强度、变形、液化、渗漏或稳定性等问题时,需要对天然地基进行地基处理。天然地基通过地基处理,形成人工地基,从而满足建筑物对地基的各种要求。

在工程建设的推动下,近些年来我国地基处理技术发展很快,地基处理水平不断提高。地基处理已成为活跃的土木工程领域中的一个热点。为了适用土木工程专业课程建设的需要,本书在内容设置和安排上紧密结合面向 21 世纪土木工程专业应用型人才培养的特点,重点突出了实用、创新和时代特色。

本书各章节安排按地基处理的作用机理进行分章列节,全书分八章,为:绪论、复合地基理论、换填、深层密实、排水固结、化学加固、加筋、托换与纠倾。教学学时可根据具体情况灵活确定,教学内容可与相关课程相配合。

本书力图体现学科发展的新水平,对目前我国使用的各种地基处理方法进行了较全面的论述。在绪论中介绍地基处理定义、目的与对象,地基处理方法分类,选用原则及发展现状等;在复合地基理论概要中简要介绍复合地基基础理论;以后几章介绍常用地基处理方法的适用范围、加固机理、设计计算、施工工艺和检验方法等。为加深理解,每章均适当收录一些工程实例供读者参考。各章编有思考题与习题供选用。

本书由魏新江担任主编,第 1 章由魏新江编写,第 2 章由张世民编写,第 3 章由杨迎晓编写,第 4 章由陈冬瑞、王文军、丁智编写,第 5 章由魏纲编写,第 6 章由魏新江、丁智编写,第 7 章由王文军编写,第 8 章由马海龙编写。全书由陈仁朋审阅。

在编写过程中编者参考和引用了许多科研、高校和工程单位的研究成果和工程实例,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 12 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 地基处理的定义和目的	1
1.2 地基处理的对象及其特性	3
1.2.1 软弱地基的特性	3
1.2.2 特殊土地基的特性	4
1.3 地基处理方法的分类	4
1.4 地基处理的程序与要求	5
1.5 地基处理方法的发展现状与展望	7
1.5.1 发展现状	7
1.5.2 展望	8
1.6 本教材的主要内容	9
习 题	9
第 2 章 复合地基理论	10
2.1 概述	10
2.1.1 复合地基与地基处理的关系	10
2.1.2 复合地基的定义与分类	10
2.1.3 工程实例	11
2.2 复合地基的作用机理	12
2.2.1 复合地基与桩基础及浅基础的区别	12
2.2.2 复合地基中的重要参数	13
2.2.3 桩式复合地基的作用机理	14
2.3 复合地基的承载力	16
2.3.1 承载力计算通用公式	16
2.3.2 复合地基加固区下卧层承载力验算	16
2.4 复合地基沉降	17
2.4.1 复合地基沉降计算方法	17
2.4.2 复合地基沉降计算方法选择	19

2.5 工程实例·····	20
习 题 ·····	22
第3章 换填 ·····	23
3.1 概述·····	23
3.2 换填法及其作用·····	25
3.3 垫层的分类及适用范围·····	26
3.4 垫层设计·····	27
3.4.1 砂和砂石垫层设计·····	27
3.4.2 砂垫层设计实例·····	29
3.5 施工及质量检验·····	30
3.5.1 垫层的施工方法·····	30
3.5.2 垫层施工注意事项·····	32
3.5.3 垫层的质量检验·····	32
3.6 其他垫层·····	33
3.6.1 灰土和素土垫层·····	33
3.6.2 碎石和矿渣垫层·····	33
3.6.3 粉煤灰垫层·····	34
习 题 ·····	34
第4章 深层密实 ·····	36
4.1 强夯·····	36
4.1.1 概述·····	36
4.1.2 加固机理·····	38
4.1.3 设计计算·····	40
4.1.4 施工及质量检验·····	43
4.2 碎(砂)石桩·····	46
4.2.1 概述·····	46
4.2.2 作用机理·····	47
4.2.3 设计计算·····	48
4.2.4 施工及质量检验·····	51
4.2.5 工程实例·····	55
4.3 水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩) ·····	57
4.3.1 概述·····	57
4.3.2 作用机理·····	58
4.3.3 水泥粉煤灰碎石桩的设计·····	59
4.3.4 施工及质量检验·····	61
4.3.5 工程实例·····	63
4.4 石灰桩与土桩·····	65

4.4.1 石灰桩·····	65
4.4.2 土桩、灰土桩·····	66
习 题·····	68
第5章 排水固结·····	69
5.1 概述·····	69
5.2 加固原理·····	71
5.3 堆载预压法·····	72
5.3.1 计算理论·····	72
5.3.2 堆载预压法设计·····	75
5.3.3 施工及质量检验·····	80
5.3.4 工程实例·····	87
5.4 其他方法·····	88
5.4.1 真空预压法·····	88
5.4.2 真空—堆载联合预压法·····	90
5.4.3 降低地下水位法·····	90
5.4.4 电渗排水法·····	91
习 题·····	92
第6章 化学加固·····	93
6.1 水泥土搅拌法·····	93
6.1.1 概述·····	93
6.1.2 作用机理·····	95
6.1.3 设计计算·····	98
6.1.4 施工及质量检验·····	103
6.2 高压喷射注浆法·····	104
6.2.1 概述·····	104
6.2.2 作用机理·····	107
6.2.3 设计计算·····	110
6.2.4 施工及质量检验·····	113
6.3 灌浆法·····	115
6.3.1 概述·····	115
6.3.2 作用机理·····	117
6.3.3 设计计算·····	119
6.3.4 施工及质量检验·····	122
习 题·····	124
第7章 加筋·····	125
7.1 概述·····	125

7.2 土工合成材料	125
7.2.1 土工合成材料的类型	127
7.2.2 土工合成材料的主要功能	130
7.2.3 土工合成材料的主要特性	132
7.2.4 土工合成材料的工程应用实例	134
7.3 加筋土挡墙	136
7.3.1 概述	136
7.3.2 作用机理	138
7.3.3 设计计算	140
7.3.4 加筋土挡墙的施工	143
7.4 锚杆与土钉支护	146
7.4.1 概述	146
7.4.2 锚杆支护	149
7.4.3 土钉支护	152
7.4.4 土钉、土层锚杆与加筋土挡墙的比较	155
7.5 其他加筋处理	157
7.5.1 加筋土垫层	157
7.5.2 加筋土边坡	158
习 题	159
第8章 托换与纠倾	161
8.1 概述	161
8.1.1 托换与纠倾的概念	161
8.1.2 建构筑物危险性评定标准	161
8.2 托换加固技术	162
8.2.1 托换功能分类	162
8.2.2 基础托换主要方法	163
8.2.3 地基加固	168
8.3 纠倾技术	169
8.3.1 倾斜原因分析	169
8.3.2 纠倾实施原则	170
8.3.3 迫降纠倾	170
8.3.4 顶升纠倾	174
习 题	176
参考文献	177

第 1 章 绪 论

【学习要点】

掌握地基处理的定义和目的,了解地基处理的对象及分类,熟悉地基处理的程序与要求。

1.1 地基处理的定义和目的

在接触地基处理及其概念之前我们先接触两个例子。

比萨斜塔始建于 1174 年,位于意大利比萨市北部。全塔共 8 层,高度为 55m,总荷载重约为 145MN,塔身传递到地基的平均压力约 500kPa。目前塔向南倾斜,塔顶离开垂直线的水平距离已达 5.27m,塔北侧沉降量约 90cm,南侧沉降量约 270cm,塔倾斜约 5.5° ,地基不均匀沉降十分严重。比萨斜塔基础实际倾斜值已等于我国国家标准允许值的 18 倍。由此可见,比萨斜塔倾斜已达到极危险的状态,随时有可能倒塌,如图 1-1 所示。

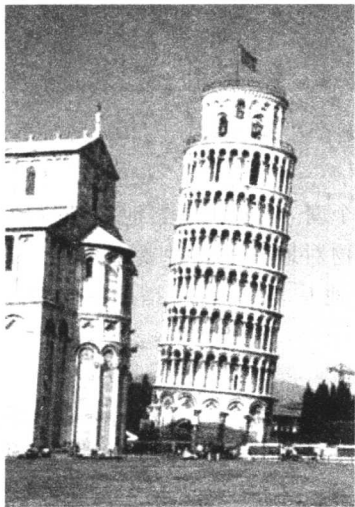


图 1-1 意大利比萨斜塔



图 1-2 上海展览中心馆

上海展览中心馆位于上海市延安东路北侧,中央大厅为框架结构,采用箱形基础,两翼展览馆采用条形基础。箱基顶面至中央大厅顶部塔尖的高度为 93.63m,基础埋深 7.27m。地基为高压缩性淤泥质黏土。展览馆于 1954 年开工,当年年底实测地基平均沉降量为 60cm。

1957年中央大厅四周的沉降量最大处达到146.55cm。1979年9月中央大厅的平均沉降量达到160cm。由于沉降差过大,导致中央大厅与两翼展览馆联结、室内外联结的水、暖、电管道断裂,严重影响展览馆的正常使用,如图1-2所示。

可见,建筑物发生事故,很多与地基及基础有关,并且一旦发生事故,补救并非易事。而对地基进行处理,则需要对地基处理的概念以及方法有全面的了解。下面我们从最基本的概念出发来阐述地基处理。

地基是指支承建筑物并受建筑物荷载影响的那一部分地层。建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础。当基础直接建造在未经加固的天然土层上时,这种地基称为天然地基。由于建筑物上部结构材料强度很高,而相应地基土的强度很低、压缩性较大,因此必须设置一定结构形式和尺寸的基础,使地基的强度和变形满足设计的要求。如果天然地基很软弱,不能满足地基强度和变形等要求时,则要对地基进行人工处理后再建造基础,这种地基加固称为地基处理。

建筑物的地基一般面临以下四个问题。

(1)强度和稳定性问题

当地基的抗剪强度不足以支承上部结构的自重及外荷载时,地基就会产生局部或整体剪切破坏。地基的稳定性或地基承载力大小,主要与地基土体的抗剪强度有关,也与基础形式、大小和埋深有关。

(2)变形问题

当地基在上部结构的自重及外荷载作用下产生过大的变形时,会影响结构物的使用功能。当出现大于建筑物所能容许的不均匀沉降时,结构可能开裂。地基变形主要与荷载大小和地基土体的变形特性有关,也与基础形式、基础尺寸大小有关。

(3)渗漏问题

地下水在运动中会产生水量的损失,潜蚀和管涌也可能导致建筑物产生事故。地基渗漏问题主要与地基中水力比降大小和土体的渗透性有关。

(4)液化问题

动力荷载的作用会使饱和松散粉、细砂或部分粉土产生液化,使土体失去抗剪强度,产生近似液体特性的现象,从而导致地基失稳和震陷。

当建筑物的天然地基存在上述问题之一或其中几个时,需要对天然地基进行地基处理。天然地基通过地基处理,形成人工地基,从而满足建筑物对地基的各种要求。

地基处理的目的是采取各种地基处理方法以改善地基条件,这些措施包括以下五个方面内容。

(1)改善强度特性

地基的剪切破坏表现在建筑物的地基承载力不够;由于偏心荷载及侧向土压力的作用,使结构物失稳;由于填土或建筑物荷载,使邻近地基产生隆起;土方开挖时边坡失稳;基坑开挖时坑底隆起。

地基的剪切破坏反映了地基土的抗剪强度不足。因此,为了防止剪切破坏,就需要采取一定措施以增加地基的抗剪强度。

(2)改善压缩特性

地基的高压缩性表现为建筑物的沉降和差异沉降大;由于填土或建筑物荷载,使地基产

生固结沉降;建筑物基础的负摩擦力引起建筑物的沉降;基坑开挖引起邻近地基沉降;由于降水产生地基固结沉降。

地基的压缩性体现在地基土的压缩性指标的大小。因此,需要采取措施以提高地基土的压缩模量,借以减少地基的沉降或不均匀沉降;另外,防止侧向流动(塑性流动)产生的剪切变形,也是地基处理的加固目的。

(3)改善透水特性

地基的透水性表现在堤坝等基础产生的地基渗漏;市政工程开挖过程中,因土层内常夹有薄层粉砂或粉土而产生流砂和管涌。以上都是在地下水的运动中所出现的问题。为此,必须研究需要采取何种地基处理措施使地基土变成不透水或减少其水压力。

(4)改善动力特性

地基的动力特性表现在地震时饱和松散粉、细砂(包括部分粉土)将会产生液化;由于交通荷载或打桩等原因,使邻近地基产生振动下沉。为此,需要研究采取何种措施防止地基土液化,并改善其振动特性以提高地基的抗震性能。

(5)改善特殊土的不良地基特性

其主要是指采取措施以消除或减少黄土的湿陷性和膨胀土的胀缩性等。

1.2 地基处理的对象及其特性

地基处理的对象是软弱地基和特殊土地基。《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)中规定:“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。”特殊土地基带有地区性特点,它包括软土、湿陷性黄土、膨胀土、红黏土和冻土地基。

1.2.1 软弱地基的特性

1. 软土

软土是淤泥和淤泥质土的总称。软土的特性有天然含水量高($w > w_L$)、天然孔隙比大($e > 1.0$)、抗剪强度低(最小只达20kPa)、压缩系数高($\alpha_{1-2} > 0.5 \text{MPa}^{-1}$)、渗透系数低($k < 10^{-6} \text{cm/s}$)、灵敏度高($S_r = 4 \sim 10$)。在外荷载作用下地基承载力低、地基变形大,不均匀变形也大,且变形稳定历时较长,在比较深厚的软土层上,建筑物基础的沉降往往持续数年乃至数十年之久。

软土地基是在工程建设中遇到最多的需要进行地基处理的软弱地基,它广泛地分布在我国沿海以及内地河流两岸和湖泊地区。

2. 冲填土

冲填土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,因吹到两岸的土中含有大量水分且难以排出而呈流动状态,这类土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,其性质基本上与粉细砂相类似而不属于软弱土范畴。

冲填土是否需要处理和采用何种处理方法,取决于冲填土的工程性质中颗粒组成、土层

厚度、均匀性和排水固结条件。

3. 杂填土

杂填土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。

杂填土的成因很不规律,组成物质杂乱,分布极不均匀,结构松散。因而具有强度低、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,其地基承载力和压缩性也有较大差异。

4. 其他高压缩性土

除上述三种高压缩性土之外,还包括饱和松散的粉细砂及部分粉土。处于饱和状态的细砂土、粉砂土和砂质粉土在静载作用下虽然具有较高的强度,但在机器振动、车辆荷载、波浪或地震力的反复作用下有可能产生液化或产生大量震陷变形。地基会因地基土体液化而丧失承载能力。如需要承担动力荷载,这类地基也往往需要进行地基处理。

1.2.2 特殊土地基的特性

1. 湿陷性黄土

凡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。在我国,黄土广泛分布在甘肃、陕西、山西等大部分地区,以及河南、河北、山东、宁夏、辽宁、新疆等部分地区。

由于黄土的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,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。选择地基处理时应根据建筑物的类别、湿陷性黄土的特性、施工条件和当地材料,并经综合技术经济比较确定。

2. 膨胀土

膨胀土是指黏粒成分主要由亲水性黏土矿物组成的黏土。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往复变形的高塑性黏土。利用膨胀土作为建筑物地基时,如果不进行地基处理,常会对建筑物造成危害。膨胀土在我国分布范围很广,根据现有的资料,广西、云南、湖北、河南、安徽、四川、河北、山东、陕西、江苏、内蒙古、贵州和广东等地均有不同范围的分布。

3. 红黏土

红黏土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. 季节性冻土

冻土是指气候在低温条件下,其中含有冰的各种土。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。

1.3 地基处理方法的分类

地基处理方法的分类可有多种。如按时间可分为临时处理和永久处理;按处理深度可分为浅层处理和深层处理;按处理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;按照地基处理的作用机理可分为物理处理和化学处理。

各种常用地基处理方法的主要适用范围及加固效果见表 1-1。

表 1-1 各种常用地基处理方法的主要适用范围和加固效果

按处理深浅分类	序 号	处 理 方 法	适用情况						加固效果				最大有效处理深度 (m)
			淤泥质土	人工填土	黏性土		无黏性土	湿陷性黄土	降低压缩性	提高抗剪性	形成不透水性	改善动力特性	
					饱 和	非 饱 和							
浅层加固	1	换土垫层法	*	*	*	*		*	*	*		*	3
	2	机械碾压法		*		*	*	*	*	*			3
	3	平板振动法		*		*	*	*	*	*			1.5
	4	重锤夯实法		*		*	*	*	*	*			1.5
	5	土工聚合物法	*		*				*	*			
深层加固	6	强夯法		*		*	*	*	*	*		*	30
	7	砂桩挤密法	慎重	*	*	*	*		*	*		*	20
	8	振动水冲法	慎重	*	*	*	*		*	*		*	18
	9	灰土(土)桩挤密法		*		*		*	*	*		*	20
	10	石灰桩挤密法	*		*	*			*	*			20
	11	砂井(袋装砂井、塑料排水带)堆载预压法	*		*				*	*			15
	12	真空预压法	*		*				*	*			15
	13	降水预压法	*		*				*	*			30
	14	电渗排水法	*		*				*	*			20
	15	水泥灌浆法	*		*	*	*	*	*	*	*	*	20
	16	高压喷射注浆法	*	*	*	*	*		*	*	*		20
	17	深层搅拌法	*		*	*			*	*	*		18
	18	粉体喷射搅拌法	*		*	*			*	*	*		13

注: * 表示可以适用。

按机理划分,地基处理还可分为置换、夯实、挤密、排水、胶结、加筋和冷热等处理方法,这些方法也是千百年来至今仍然有效的方法。值得注意的是,严格地按照地基处理的作用机理进行分类也是困难的,很多地基处理的方法具有多种处理的效果。如碎石桩具有置换、挤密、排水和加筋的多重作用;石灰桩又挤密又吸水,吸水后又进一步挤密等反复作用;在各种挤密法中,同时都有置换作用。由此可见,每一种处理方法都可能具有多种处理的效果。

1.4 地基处理的程序与要求

地基处理程序建议按图 1-3 所示的程序进行。

首先,根据建筑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。当天然地基能够满足建筑物对地基的要求时,应尽量采用天然地基。若天然地基不能满足建筑物对地基的要求,则需要确定进行地基处理的天然地基的范围以及地基处理的要求。

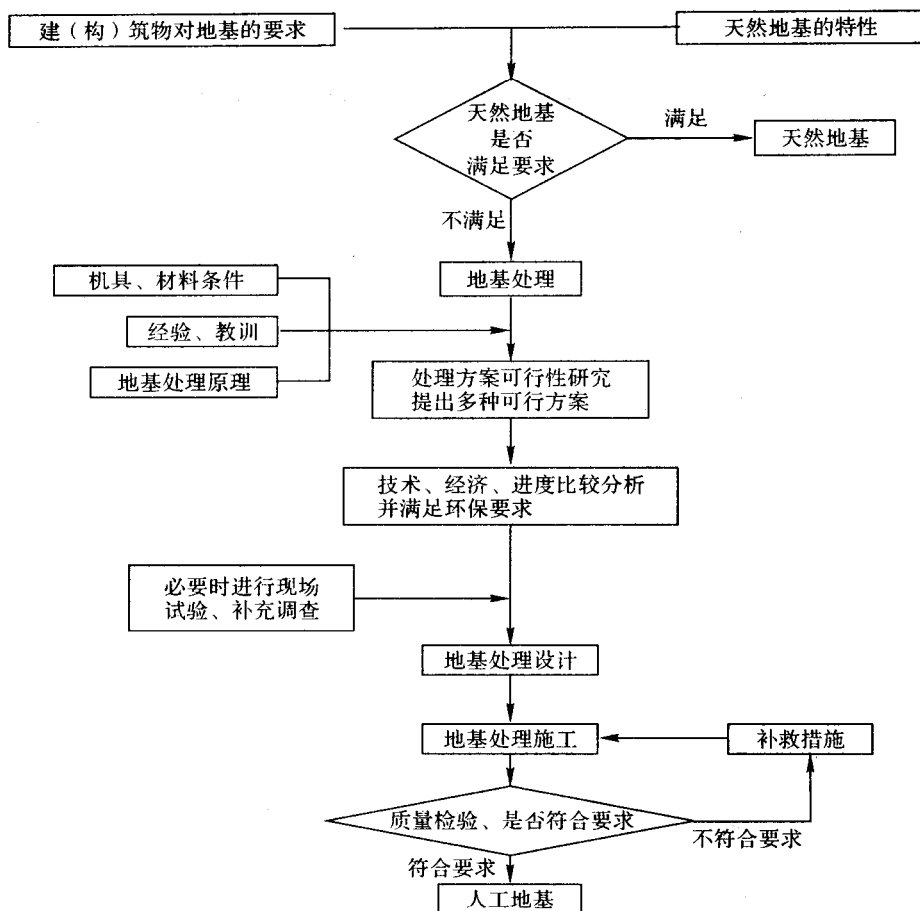


图 1-3 地基处理程序

然后,根据天然地层的条件、地基处理方法的原理、过去应用的经验和机具设备及材料条件,进行地基处理方案的可行性研究,提出多种可行方案。同时对提出的多种方案进行技术、经济、进度等方面的比较分析,并重视考虑环境保护要求,确定采用一种或几种地基处理方法。这也是地基处理方案的优化过程。

最后,可根据初步确定的地基处理方案,根据需要决定是否进行小型现场试验或进行补充调查。然后进行施工设计,再进行地基处理施工。施工过程中要进行监测、检测,如有需要还应进行反分析,根据情况可对设计进行修改、补充。

同时,在地基处理规划程序中要重视对天然地基工程地质条件的详细了解。许多由地基问题造成的工程事故,或地基处理达不到预期目的,往往是由于对工程地质条件了解不够全面造成的。详细的工程地质勘察是判断天然地基能否满足建筑物对地基要求的重要依据之一。如果需要进行地基处理,详细的工程地质勘察资料也是确定合理的地基处理方法的主要基本资料之一。

另外,需要强调进行地基处理多方案比较。对一具体工程,技术上可行的地基处理方案往往有几个,应通过技术、经济、进度等方面综合分析以及对环境的影响,进行地基处理方案