



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

# 地基处理

武崇福 主编



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

# 地基处理

武崇福 主编

北 京

冶金工业出版社

2013

## 内 容 提 要

本书根据教育部土木工程专业的课程设置指导意见及新颁布的《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012 编写而成,对目前我国使用的各种地基处理方法(如换填法、强夯法、砂石桩法、石灰桩法、水泥粉煤灰碎石桩法、排水固结法、化学加固法、水泥土搅拌法、高压喷射注浆法、土工合成材料、加筋土挡墙和复合地基等)的适用范围、加固机理、设计计算、施工工艺及质量检验方法等进行了较为全面系统的阐述。每种地基处理方法都编写了相应的工程实例。此外,编写过程中还考虑了现阶段注册岩土工程师考试的需求,在每章后设置了部分注册考试题;在附录中加入了常用中英文名词,便于学生阅读外文文献。

本书为高等院校土木工程专业的教材,也可供从事地基处理工程设计和施工的专业技术人员及科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

地基处理/武崇福主编. —北京:冶金工业出版社,  
2013. 10

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6385-4

I. ①地… II. ①武… III. ①地基处理—高等学校—  
教材 IV. ①TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 233318 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6385-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷

2013 年 10 月第 1 版, 2013 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 13.5 印张; 323 千字; 199 页

29.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081 (兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 前 言

我国地域辽阔，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，因土的种类不同而有很大差别。各种地基土中，不少为软弱土和不良土，主要包括：软黏土、人工填土（包括素填土、杂填土和冲填土）、饱和粉细砂（包括部分轻亚黏土）、湿陷性黄土、有机质土和泥炭土、膨胀土、多年冻土、岩溶、土洞和山区地基等。对建设工程中遇到的不良地基处理得恰当与否，关系到整个工程质量、投资和进度。因此，地基处理的要求也就越来越迫切和广泛。

现有的地基处理方法很多，新的地基处理方法还在不断发展和完善，每一种地基处理方法都有它的适用范围和局限性。因此，在确定地基处理方案时，一定要根据实际工程地质条件、设计要求、工期、造价和施工条件等因素综合分析来确定。

本书编写有以下特点：

（1）结合新颁布的《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79—2012）编写而成，反映了当前最成熟的地基处理基本知识、基本理论和处理技术；

（2）考虑当前土木工程专业大学教育的要求，与国家注册岩土工程师考试相结合，各章末设置了部分注册考试题，以引导学生适应专业职业化的发展趋势；

（3）结合教育部土木工程专业的课程设置指导意见，编写中注重理论联系实际，以培养学生解决实际工程问题的能力。

本书共13章，第1~5章由武崇福编写；第6~9章由曹海莹编写；第10~13章由李雨浓编写。在编写过程中，长江勘测规划设计院王吉亮和杨静提供了部分资料，同时参考了一些文献，在此向他们及文献作者表示感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

编 者  
2013年6月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1 绪论 .....                 | 1  |
| 1.1 地基处理的目的 .....          | 1  |
| 1.1.1 地基、基础和地基处理 .....     | 1  |
| 1.1.2 地基可能出现的问题 .....      | 2  |
| 1.1.3 地基处理的目的 .....        | 2  |
| 1.2 地基处理的对象 .....          | 3  |
| 1.2.1 不良地基 .....           | 3  |
| 1.2.2 软弱地基 .....           | 4  |
| 1.3 地基处理方法分类及应用范围 .....    | 5  |
| 1.3.1 换填垫层法 .....          | 5  |
| 1.3.2 振密、挤密法 .....         | 5  |
| 1.3.3 排水固结法 .....          | 6  |
| 1.3.4 置换法 .....            | 6  |
| 1.3.5 加筋法 .....            | 7  |
| 1.3.6 胶结法 .....            | 7  |
| 1.3.7 冷热处理法 .....          | 8  |
| 1.4 地基处理方案选择 .....         | 8  |
| 1.4.1 地基处理方案选择前的调查研究 ..... | 8  |
| 1.4.2 地基处理方案确定步骤 .....     | 9  |
| 1.5 地基处理效果检验 .....         | 10 |
| 1.6 地基处理的监测和监理 .....       | 10 |
| 1.7 本课程学习的目的与方法 .....      | 11 |
| 1.7.1 学习目的 .....           | 11 |
| 1.7.2 学习本课程的方法 .....       | 11 |
| 思考题 .....                  | 11 |
| 注册岩土工程师考题 .....            | 12 |
| 2 换填法 .....                | 13 |
| 2.1 概述 .....               | 13 |
| 2.2 垫层的作用 .....            | 13 |
| 2.3 土的压实原理 .....           | 14 |
| 2.4 垫层设计 .....             | 15 |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| 2.4.1 垫层厚度的确定          | 15        |
| 2.4.2 垫层宽度的确定          | 16        |
| 2.4.3 垫层承载力的确定         | 17        |
| 2.4.4 沉降计算             | 17        |
| 2.4.5 垫层材料             | 18        |
| 2.5 垫层施工方法及施工要点        | 19        |
| 2.5.1 垫层施工方法           | 19        |
| 2.5.2 各类垫层的施工要点        | 23        |
| 2.6 垫层质量检验             | 24        |
| 2.6.1 环刀取样法            | 24        |
| 2.6.2 贯入测定法            | 24        |
| 2.7 工程实例               | 25        |
| 2.7.1 工程实例一            | 25        |
| 2.7.2 工程实例二            | 27        |
| 思考题                    | 27        |
| 注册岩土工程师考题              | 28        |
| <b>3 强夯法</b>           | <b>29</b> |
| 3.1 概述                 | 29        |
| 3.2 强夯法适用范围            | 30        |
| 3.3 强夯法加固地基的原理         | 31        |
| 3.3.1 概述               | 31        |
| 3.3.2 饱和土的加固机理         | 32        |
| 3.3.3 非饱和土的加固机理        | 34        |
| 3.4 设计计算——强夯参数的确定及确定原则 | 36        |
| 3.4.1 加固深度的确定          | 36        |
| 3.4.2 单位面积夯击能          | 37        |
| 3.4.3 孔隙水压力增长和消散规律     | 38        |
| 3.4.4 夯点间距与分遍          | 38        |
| 3.4.5 夯锤               | 40        |
| 3.4.6 起夯面              | 40        |
| 3.4.7 垫层               | 40        |
| 3.4.8 强夯时的场地变形及振动影响    | 41        |
| 3.5 施工工艺               | 41        |
| 3.5.1 施工机具             | 42        |
| 3.5.2 现场作业流程           | 42        |
| 3.5.3 主要操作方法           | 42        |
| 3.5.4 施工工艺要点           | 43        |
| 3.5.5 施工建议             | 43        |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| 3.6 效果检验             | 44        |
| 3.7 工程实例             | 44        |
| 3.7.1 工程实例一          | 44        |
| 3.7.2 工程实例二          | 46        |
| 思考题                  | 49        |
| 注册岩土工程师考题            | 49        |
| <b>4 砂石桩法</b>        | <b>51</b> |
| 4.1 概述               | 51        |
| 4.2 作用原理             | 52        |
| 4.2.1 在松散砂土和粉土地基中的作用 | 52        |
| 4.2.2 在黏性土地基中的作用     | 53        |
| 4.3 设计计算             | 53        |
| 4.3.1 一般原则           | 53        |
| 4.3.2 桩孔间距的确定        | 54        |
| 4.3.3 砂石桩桩长          | 56        |
| 4.3.4 砂土的液化判别        | 56        |
| 4.3.5 复合地基承载力计算      | 56        |
| 4.3.6 复合地基沉降量计算      | 57        |
| 4.4 施工工艺             | 57        |
| 4.4.1 机械设备           | 57        |
| 4.4.2 施工前的准备工作       | 57        |
| 4.4.3 施工组织设计         | 58        |
| 4.4.4 施工过程           | 59        |
| 4.4.5 施工质量控制         | 59        |
| 4.5 质量检测             | 60        |
| 4.5.1 间隔时间           | 60        |
| 4.5.2 检测目的           | 60        |
| 4.5.3 复合地基承载力试验      | 60        |
| 4.5.4 桩体质量检测         | 61        |
| 4.5.5 桩间土的检测         | 61        |
| 4.6 工程实例             | 61        |
| 4.6.1 工程实例一          | 61        |
| 4.6.2 工程实例二          | 63        |
| 4.6.3 工程实例三          | 66        |
| 思考题                  | 67        |
| 注册岩土工程师考题            | 67        |
| <b>5 石灰桩法</b>        | <b>69</b> |
| 5.1 概述               | 69        |



|                    |    |
|--------------------|----|
| 5.2 加固原理及适用范围      | 69 |
| 5.2.1 适用范围         | 69 |
| 5.2.2 加固原理         | 70 |
| 5.3 设计计算           | 75 |
| 5.3.1 一般原则         | 75 |
| 5.3.2 设计参数及技术要点    | 76 |
| 5.3.3 石灰桩复合地基的承载特性 | 76 |
| 5.3.4 计算模型         | 77 |
| 5.3.5 石灰桩复合地基承载力计算 | 78 |
| 5.3.6 石灰桩复合地基沉降计算  | 79 |
| 5.4 施工工艺           | 81 |
| 5.4.1 管外投料法        | 81 |
| 5.4.2 管内投料法        | 82 |
| 5.4.3 挖孔投料法        | 82 |
| 5.5 效果检验           | 83 |
| 5.5.1 施工质量控制       | 83 |
| 5.5.2 效果检验         | 83 |
| 5.6 工程实例           | 83 |
| 5.6.1 工程实例一        | 83 |
| 5.6.2 工程实例二        | 85 |
| 思考题                | 87 |
| 注册岩土工程师考题          | 87 |
| 6 水泥粉煤灰碎石桩法        | 89 |
| 6.1 加固机理           | 89 |
| 6.2 设计计算           | 90 |
| 6.2.1 桩径           | 90 |
| 6.2.2 桩距           | 90 |
| 6.2.3 桩长           | 90 |
| 6.2.4 复合地基强度       | 90 |
| 6.2.5 桩体强度         | 91 |
| 6.2.6 褥垫层的设计       | 91 |
| 6.2.7 桩的布置         | 91 |
| 6.3 施工工艺           | 92 |
| 6.3.1 振动沉管灌注成桩     | 92 |
| 6.3.2 长螺旋钻干孔灌注成桩   | 92 |
| 6.3.3 泥浆护壁钻孔灌注成桩   | 92 |
| 6.3.4 长螺旋钻中心压灌灌注成桩 | 92 |
| 6.4 施工质量保证         | 93 |



|       |             |     |
|-------|-------------|-----|
| 6.4.1 | 质量要求        | 93  |
| 6.4.2 | 安全措施        | 94  |
| 6.4.3 | 成品保护        | 94  |
| 6.4.4 | 施工注意事项      | 94  |
| 6.5   | 技术经济指标      | 95  |
| 6.6   | 工程实例        | 95  |
|       | 思考题         | 97  |
|       | 注册岩土工程师考题   | 97  |
| 7     | 排水固结法       | 99  |
| 7.1   | 概述          | 99  |
| 7.2   | 加固机理        | 99  |
| 7.2.1 | 堆载预压加固机理    | 99  |
| 7.2.2 | 真空预压加固机理    | 100 |
| 7.3   | 设计与计算       | 100 |
| 7.3.1 | 计算理论        | 101 |
| 7.3.2 | 堆载预压法设计     | 103 |
| 7.4   | 典型方法简介      | 105 |
| 7.4.1 | 砂井堆载预压地基    | 105 |
| 7.4.2 | 袋装砂井堆载预压地基  | 107 |
| 7.4.3 | 塑料排水带堆载预压地基 | 108 |
| 7.5   | 工程实例        | 110 |
|       | 思考题         | 113 |
|       | 注册岩土工程师考题   | 113 |
| 8     | 化学加固法       | 115 |
| 8.1   | 概述          | 115 |
| 8.2   | 灌浆法定义       | 115 |
| 8.3   | 灌浆的主要目的     | 116 |
| 8.4   | 灌浆材料        | 116 |
| 8.5   | 灌浆理论        | 117 |
| 8.6   | 灌浆法加固机理     | 117 |
| 8.7   | 设计计算        | 118 |
| 8.7.1 | 设计程序和内容     | 118 |
| 8.7.2 | 灌浆方案选择      | 118 |
| 8.7.3 | 灌浆标准        | 118 |
| 8.7.4 | 确定扩散半径      | 119 |
| 8.7.5 | 灌浆压力        | 119 |
| 8.7.6 | 灌浆量         | 120 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 8.8 施工方法简介 .....           | 120        |
| 8.8.1 按注浆管设置方法分类 .....     | 120        |
| 8.8.2 按灌注方法分类 .....        | 120        |
| 8.9 灌浆质量和效果检验 .....        | 120        |
| 8.10 工程实例 .....            | 121        |
| 思考题 .....                  | 123        |
| 注册岩土工程师考题 .....            | 123        |
| <b>9 水泥土搅拌法 .....</b>      | <b>125</b> |
| 9.1 概述 .....               | 125        |
| 9.2 加固机理 .....             | 125        |
| 9.2.1 水泥的水解和水化反应 .....     | 126        |
| 9.2.2 土颗粒与水泥水化物的作用 .....   | 126        |
| 9.2.3 碳酸化作用 .....          | 126        |
| 9.3 设计计算 .....             | 127        |
| 9.3.1 桩长和桩径 .....          | 127        |
| 9.3.2 布桩形式 .....           | 127        |
| 9.3.3 单桩承载力特征值 .....       | 127        |
| 9.3.4 复合地基承载力特征值 .....     | 127        |
| 9.3.5 水泥土复合地基的变形计算 .....   | 128        |
| 9.4 施工工艺 .....             | 128        |
| 9.4.1 湿法 .....             | 128        |
| 9.4.2 干法 .....             | 129        |
| 9.4.3 两种方法的差别 .....        | 130        |
| 9.5 加固效果检验 .....           | 130        |
| 9.5.1 抽芯取样 .....           | 130        |
| 9.5.2 静载荷试验 .....          | 131        |
| 9.5.3 动测法 .....            | 131        |
| 9.6 工程实例 .....             | 131        |
| 思考题 .....                  | 133        |
| 注册岩土工程师考题 .....            | 133        |
| <b>10 高压喷射注浆法 .....</b>    | <b>135</b> |
| 10.1 概述 .....              | 135        |
| 10.1.1 高压喷射注浆法的分类及形式 ..... | 135        |
| 10.1.2 高压喷射注浆法的优点 .....    | 138        |
| 10.1.3 高压喷射注浆法的适用范围 .....  | 138        |
| 10.2 加固机理 .....            | 139        |
| 10.2.1 高压水喷射流性质 .....      | 139        |

|                    |            |
|--------------------|------------|
| 10.2.2 高压喷射流构造     | 139        |
| 10.2.3 加固地基机理      | 140        |
| 10.2.4 加固土的基本性状    | 142        |
| 10.3 设计计算          | 144        |
| 10.3.1 旋喷直径的确定     | 144        |
| 10.3.2 地基承载力计算     | 144        |
| 10.3.3 地基变形计算      | 144        |
| 10.3.4 浆量计算        | 145        |
| 10.3.5 防渗堵水设计      | 145        |
| 10.3.6 基坑坑内加固设计    | 146        |
| 10.3.7 浆液材料与配方     | 148        |
| 10.4 施工工艺          | 149        |
| 10.4.1 施工机具        | 149        |
| 10.4.2 施工顺序        | 150        |
| 10.5 质量检验          | 151        |
| 10.5.1 检验内容        | 151        |
| 10.5.2 检验方法        | 152        |
| 10.6 工程实例          | 152        |
| 思考题                | 155        |
| 注册岩土工程师考题          | 155        |
| <b>11 土工合成材料</b>   | <b>156</b> |
| 11.1 概述            | 156        |
| 11.2 土工合成材料的类型     | 156        |
| 11.3 土工合成材料的性能和优缺点 | 157        |
| 11.3.1 土工合成材料的性能   | 157        |
| 11.3.2 土工合成材料的优缺点  | 158        |
| 11.4 土工合成材料的主要作用   | 158        |
| 11.4.1 排水作用        | 158        |
| 11.4.2 隔离作用        | 159        |
| 11.4.3 反滤作用        | 159        |
| 11.4.4 加固补强作用      | 160        |
| 11.5 土工合成材料设计要点    | 161        |
| 11.5.1 滤层设计        | 161        |
| 11.5.2 加筋土垫层设计     | 162        |
| 11.6 土工合成材料的施工     | 164        |
| 11.6.1 土工合成材料的连接方法 | 164        |
| 11.6.2 土工合成材料的施工方法 | 164        |
| 11.7 工程实例          | 165        |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| 思考题                  | 167        |
| 注册岩土工程师考题            | 167        |
| <b>12 加筋土挡墙</b>      | <b>168</b> |
| 12.1 概述              | 168        |
| 12.2 加筋土的材料和构造要求     | 168        |
| 12.2.1 面板            | 168        |
| 12.2.2 拉筋材料          | 169        |
| 12.2.3 回填土料          | 170        |
| 12.2.4 沉降缝设置         | 170        |
| 12.2.5 挡墙面板基础        | 171        |
| 12.2.6 墙顶帽石          | 171        |
| 12.3 加筋土挡墙的形式        | 171        |
| 12.4 加筋土挡墙的结构特点      | 171        |
| 12.5 加固机理            | 172        |
| 12.5.1 加筋土的基本原理      | 172        |
| 12.5.2 加筋土挡墙的破坏机理    | 173        |
| 12.6 加筋土挡墙的设计计算      | 174        |
| 12.6.1 加筋土挡墙的内部稳定性计算 | 174        |
| 12.6.2 加筋土挡墙的外部稳定性计算 | 177        |
| 12.7 加筋土挡墙的施工        | 178        |
| 12.7.1 加筋土挡墙施工工艺流程   | 178        |
| 12.7.2 基础施工          | 178        |
| 12.7.3 面板施工          | 178        |
| 12.7.4 拉筋的安装         | 179        |
| 12.7.5 填土的压密         | 180        |
| 12.7.6 地面设施施工        | 180        |
| 12.8 工程实例            | 180        |
| 思考题                  | 181        |
| 注册岩土工程师考题            | 181        |
| <b>13 复合地基</b>       | <b>182</b> |
| 13.1 概述              | 182        |
| 13.1.1 复合地基的概念       | 182        |
| 13.1.2 复合地基的分类       | 182        |
| 13.1.3 复合地基合理选用原则    | 183        |
| 13.1.4 复合地基基本术语      | 183        |
| 13.2 复合地基作用机理及破坏模式   | 185        |
| 13.2.1 复合地基作用机理      | 185        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 13.2.2 复合地基破坏模式 .....     | 185 |
| 13.3 复合地基承载力 .....        | 186 |
| 13.3.1 复合地基承载力概念 .....    | 186 |
| 13.3.2 复合地基承载力计算 .....    | 187 |
| 13.3.3 单桩竖向承载力特征值计算 ..... | 188 |
| 13.3.4 复合地基桩身强度要求 .....   | 189 |
| 13.4 复合地基变形计算 .....       | 189 |
| 13.5 工程实例 .....           | 190 |
| 思考题 .....                 | 193 |
| 注册岩土工程师考题 .....           | 194 |
| 附录 地基处理常用中英文名词 .....      | 195 |
| 参考文献 .....                | 198 |

# 1 绪 论

---

## 本章概要

本章介绍地基、基础和地基处理的基本概念，面对软弱地基土要解决的技术问题，地基处理的对象及目的，地基处理方法分类及应用范围，并介绍地基处理方案选择的原则及地基处理效果的检验及监测方法。

本章要求了解目前地基处理的一般方法及其适用范围，并明确本课程的特点、学习的目的和方法。

---

## 1.1 地基处理的目的

### 1.1.1 地基、基础和地基处理

地基是指承托建（构）筑物基础的有限面积内的土层。由于上部结构荷载比较大，而相应的地基土强度则很低，压缩性比较大，因此，必须设置一定结构形式和尺寸的基础，将上部结构的荷载有效地传递给地基土，以满足对地基土承载力、变形及稳定性的要求。

基础处于上部结构和地基土之间，具有承上启下的作用。一方面，基础在上部结构的荷载及地基反力的共同作用下，承受由此而产生的轴力、剪力和弯矩等内力；另一方面，基础底面的反力又反过来作为地基上的荷载，使地基土产生应力和变形。

基础设计除了要保证基础结构本身具有足够的强度和刚度外，同时还要选择合理的基础尺寸和布置方案，使地基土的强度和变形满足规范要求。因此，基础方案的论证是地基评价的自然引申和必然结果，地基和基础的设计往往是不能截然分开的，所以，基础设计又常常被称为地基基础设计。如在英语名词中，“地基”和“基础”两个词均使用“foundation”，由此可见两者具有不可截然分开的依存关系。

凡是基础直接建造在未经过加固处理的天然土层上时，这种地基被称为天然地基。如果天然地基很软弱，不能够满足地基强度和变形等要求，则预先要经过人工处理，形成人工地基以后再建造基础，这种地基加固被称为地基处理。

地基处理的目的是利用置换、夯实、挤密、排水、胶结、加筋以及冷热处理等方法对地基土进行加固，以改善地基土的强度、压缩性、渗透性、动力特性、湿陷性和胀缩性等。

我国地域辽阔、幅员广大，自然地理环境不同，土质各异，地基条件的区域性较强，因此，解决各类工程在设计和施工中出现的各种复杂的岩土工程问题，是地基基础这门学科面临的课题。

随着当前我国经济建设的迅猛发展,首先要选择在地质条件良好的场地从事工程建设,但有时也不得不在地质条件不好的地方建造建(构)筑物,因此,必须要对天然的软弱地基进行处理。

### 1.1.2 地基可能出现的问题

概括地说,建(构)筑物的地基可能出现以下四个问题:

(1) 强度及稳定性问题。当地基的抗剪强度不足以支承上部结构的自重以及外荷载时,地基就会产生局部或者整体剪切破坏。这会影响建(构)筑物的正常使用,甚至会引起建(构)筑物的开裂或破坏。

(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太大的变形时,就会影响建(构)筑物的正常使用,特别是当地基的变形超过建筑物所能容许的不均匀沉降时,上部结构可能开裂破坏。一般而言,地基的沉降量较大,其不均匀沉降也较大。湿陷性黄土遇水而发生剧烈的变形和膨胀土的胀缩等也可以包括在这类问题中。

(3) 渗漏问题。渗漏(seepage)问题是指由于地基中地下水的流动而引起的有关问题。例如,当地基的渗漏量或水力比降超过容许值时,会发生水量损失或因潜蚀和管涌而可能导致的建(构)筑物失事。

(4) 液化问题。地震、机器设备或车辆的振动、波浪作用以及爆破等动力荷载,可能引起地基土特别是饱和松散粉细砂(包括部分粉土)产生液化、失稳和震陷等危害。

在土木工程建筑中,当天然地基存在上述四种问题之一或者其中几个问题时,就需要采用相应的地基处理措施,以保证建(构)筑物的安全和正常使用。

根据调查统计,在世界各国的土木、水利、交通等工程中,地基问题常常是引起各类工程事故的主要原因。地基问题的处理恰当与否,直接关系到整个工程建设质量的可靠性、投资的合理性以及施工进度。因此,地基处理的重要性已经越来越被更多的人所认识和了解。

### 1.1.3 地基处理的目的

地基处理的目的是利用换填、夯实、挤密、排水、胶结、加筋以及冷热处理等方法对地基土进行加固,以改良地基土的不良工程特性,主要表现在以下几个方面:

(1) 提高地基土的抗剪强度。地基土的剪切破坏表现为建(构)筑物的地基承载力不够,偏心荷载及侧向土压力的作用使建(构)筑物失稳,填土或建(构)筑物荷载使邻近的地基土产生隆起,土方开挖时边坡失稳,基坑开挖时坑底隆起等。地基的剪切破坏反映了地基土的抗剪强度不足。因此,为了防止地基土发生剪切破坏,就需要采取一定的措施来提高地基土的抗剪强度。

(2) 降低地基土的压缩性。地基土的压缩性表现为建(构)筑物的沉降和差异沉降较大,填土或建(构)筑物荷载使地基土产生固结沉降,作用于建(构)筑物基础的负摩擦力引起建(构)筑物的沉降,大范围地基土的沉降和不均匀沉降,基坑开挖引起邻近地面沉降,降水使地基土产生固结沉降等。地基土的压缩性可以用压缩模量的大小来表示。因此,需要采取措施来提高地基土的压缩模量,从而减少地基土的沉降或不均匀沉降。



(3) 改善地基土的透水特性。地基土的透水性表现为堤坝等基础产生的地基渗漏,在基坑开挖工程中,因土层内夹薄层粉砂或粉土而产生流砂和管涌。这些地下水在土中运动所出现的问题,必须采取相应的措施进行处理,使地基土的透水性降低,减小地基土中的水压力。

(4) 改善地基土的动力特性。地基土的动力特性表现为地震时饱和松散粉细砂(包括部分粉土)将产生液化,由于交通荷载或打桩等原因,使临近地基土产生振动下沉。为此,需要采取措施。防止地基土液化并改善其动力特性,以提高地基土的抗震性能。

(5) 改善特殊土的不良地基特性。主要是消除或减弱湿陷性黄土的湿陷性和膨胀土的胀缩性等。

天然地基是否需要进行处理,取决于地基土的性质和建(构)筑物对地基土的要求。地基处理的对象主要是软弱土地基和特殊土地基。在土木工程建设中遇到的软弱土和特殊土主要包括软黏土、人工填土、部分砂土和粉土、湿陷性土、有机土和泥炭土、膨胀土、多年冻土以及岩溶、土洞、山区地基、垃圾填埋地基等。

## 1.2 地基处理的对象

结构物荷载所引起的地基应力是随着深度增加而减小的,到一定深度后衰减为零。所以,基础底下一定深度内的土层即为结构物的主要受力层。在通常情况下,地基的稳定性与变形主要取决于该深度内土层的力学性能。若该土层的力学性能指标不能满足结构物对地基承载能力的要求,就必须对该地基进行处理。需要进行处理的地基一般分为两大类,即不良地基和软弱地基。

### 1.2.1 不良地基

不良地基主要指性质特殊而又对工程不利的土层(如湿陷性黄土、多年冻土、膨胀土、岩溶等地层)所组成的地基。

我国西北和华北地区分布着广泛的黄土。天然黄土的强度较高,一般能陡直成壁,其承载能力也较高,压缩性比较低。但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的附加下沉,此类土称为湿陷性黄土。由于黄土湿陷而引起结构物不均匀沉降是造成黄土地区工程事故的主要原因。当黄土作为结构物地基时,首先要判断它是否具有湿陷性,然后才考虑是否需要人工处理以及如何处理。

膨胀土是一种吸水膨胀,失水收缩,具有较大胀缩变形性能,且变形胀缩反复的高塑性黏土。利用膨胀土作为结构物地基时,如果没有采取必要措施进行人工处理,常会给结构物造成危害。

红黏土是指石灰岩、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的黏性土。一般来说,红黏土是较好的地基土,但由于下卧岩层面起伏及存在软弱土层,容易引起地基不均匀变形,需引起重视。

温度连续3年或3年以上保持在摄氏零度或零度以下并含有冰的土层,称为多年冻土。多年冻土的强度和变形有许多特殊性。例如,冻土中因有冰和未冻水存在,在长期荷

载作用下有强烈的流变性。多年冻土作为建（构）筑物地基需慎重考虑。

岩溶又称“喀斯特”，它是石灰岩、白云岩、泥灰岩、大理石、岩盐、石膏等可溶性岩层受水的化学和机械作用而形成的溶洞、溶沟、裂隙以及由于溶洞的顶板塌落使地表产生陷穴、洼地等现象和作用的总称。土洞是岩溶地区上覆土层被地下水冲蚀或被地下水溶蚀所形成的洞穴。岩溶和土洞对结构物的影响很大，可能造成地面变形，地基陷落，发生水的渗漏和涌水现象。在岩溶地区修建建筑物时要特别重视岩溶和土洞的影响。

山区地基地质条件比较复杂，主要表现为地基的不均匀性和场地的稳定性两个方面。山区基岩表面起伏大，且可能有大块孤石，这些因素常会导致建筑物基础产生不均匀沉降。另外，在山区经常可能遇到滑坡、崩塌和泥石流等不良地质现象，给结构物造成直接或潜在的威胁。在山区修建结构物时要重视地基的稳定性和避免过大的不均匀沉降，必要时也需对地基进行人工处理。

### 1.2.2 软弱地基

软弱地基是指主要受力层由高压缩性的软弱土所组成的地基，这些软弱土一般是指淤泥、淤泥质土、某些冲填土等。

软黏土是软弱黏性土的简称，它是第四纪后期形成的黏性土沉积物或河流冲积物。这类土的特点是天然含水量高，天然孔隙比大，抗剪强度低，压缩系数高，渗透系数小。在荷载作用下，软黏土地基承载能力低，地基沉降变形大，不均匀沉降也大，而且沉降稳定历时比较长。在比较深厚的软黏土层上，结构物基础的沉降往往会持续几年乃至数十年之久。软黏土地基是在工程实践中遇到最多而需要进行人工处理的地基，它广泛地分布在我国东南沿海及内地一些河湖沿岸和山间谷地。

杂填土是人类活动所形成的无规则堆积物，其成分复杂，厚度有厚有薄，性质也不相同，且无规律性。在大多数情况下，杂填土是比较疏松和不均匀的。在同一场地的不同位置，地基承载力和压缩性也有较大的差异。杂填土地基一般需要人工处理才能作为结构物地基。

冲填土是由水力冲填形成的。冲填土的性质与所冲填泥沙的来源及淤填时的水力条件有密切关系。含黏土颗粒较多的冲填土往往是欠固结的，其强度和压缩性指标都比同类天然沉积土差。冲填土地基一般要经过人工处理才能作为建筑物地基。粉细砂含量为主的冲填土，其性质基本上和粉细砂相同或类似。

凡有机质含量超过 25% 的土，称为泥炭土。泥炭土含水量极高，压缩性很大且不均匀，一般不宜作为天然地基，需进行人工处理。

饱和粉细砂及部分轻亚黏土虽然在静载作用下具有较高的强度，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大量震陷变形。地基会因液化而丧失承载能力。如需要考虑动力荷载，这种地基也属于不良地基，经常需要进行处理。

另外，除了在上述各种软弱和不良地基上建造结构物时需要考虑地基处理外，当旧房改造、加高、工厂设备更新等造成荷载增大，原地基不能满足新的要求时，或者在开挖深基坑，建造地下铁道等工程中有土体稳定、变形或渗流问题时，也需要进行地基处理。