



高等学校工程应用型土建类系列教材

地基处理

张季超 主编
李 飞 副主编



高等教育出版社

高等学校工程应用型土建类系列教材

地基处理

张季超 主编

李 飞 副主编



高等教育出版社

内容提要

本书主要介绍常用地基处理方法的加固原理、适用范围和 design 方法,相应地基处理方法的施工工艺和质量检验方法,既有建(构)筑物地基加固技术,国内外地基处理新技术的发展概况。

本书内容包括:绪论,地基处理方法的选择,换填垫层法,排水固结法,夯实法,振冲法,挤密桩法,砂石桩法、石灰桩法、柱锤冲扩桩法,水泥土搅拌法,高压喷射注浆法,化学加固法,既有建(构)筑物地基加固综合法,地基处理现场检测方法,工程实例。

本书可作为高等院校土木工程专业应用型人才培养的专业课教材,同时也可作为提高在职技术人员业务素质 and 技能的继续教育的教材。

图书在版编目(CIP)数据

地基处理/张季超主编. —北京:高等教育出版社,
2009.1

ISBN 978 - 7 - 04 - 024557 - 8

I. 地… II. 张… 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 153151 号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 葛 心 封面设计 刘晓翔 责任绘图 尹 莉
版式设计 王艳红 责任校对 俞声佳 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 煤炭工业出版社印刷厂

开 本 787 × 960 1/16
印 张 15.25
字 数 280 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 1 月第 1 版
印 次 2009 年 1 月第 1 次印刷
定 价 22.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24557 - 00

高等教育出版社

高等学校工程应用型土建类系列教材编委会名单

主任委员：

苏 群(黑龙江工程学院)

副主任委员(按姓氏笔画排序)：

汤放华(湖南城市学院)

张建勋(福建工程学院)

周 云(广州大学)

周先雁(中南林业科技大学)

唐 勇(山东交通学院)

麻建锁(河北建筑工程学院)

黄双华(攀枝花学院)

委员(按姓氏笔画排序)：

万德臣(山东交通学院)

马石城(湘潭大学)

王永春(青岛理工大学)

王用信(哈尔滨工业大学华德应用技术学院)

王振清(河南工业大学)

王新堂(宁波大学)

司马玉洲(南阳理工学院)

申向东(内蒙古农业大学)

白宝玉(吉林建筑工程学院建筑装饰学院)

石启印(江苏大学)

刘海卿(辽宁工程技术大学)

刘锡军(湖南科技大学)

何培玲(南京工程学院)

余跃心(淮阴工学院)

张文福(大庆石油学院)

张志国(内蒙古大学)

张国栋(三峡大学)

张季超(广州大学)

张奎(平顶山工学院)

张新东(塔里木大学)

李晓目(孝感学院)

李斌(内蒙古科技大学)

李毅(北华大学)

杨伟军(长沙理工大学)

汪仁和(安徽理工大学)

沈小璞(安徽建筑工业学院)

肖鹏(扬州大学)

陈伟(攀枝花学院)

陈伯望(湖南城市学院)

姚金星(长江大学)

荀勇(盐城工学院)

贺国京(中南林业科技大学)

赵风华(常州工学院)

赵永平(黑龙江工程学院)

赵明耀(吉林建筑工程学院城建学院)

夏军武(中国矿业大学徐海学院)

徐新生(济南大学)

高福聚(中国石油大学)

常伏德(吉林建筑工程学院城建学院)

董黎(广州大学)

窦立军(长春工程学院)

蓝宗建(东南大学成贤学院)

臧秀平(江苏科技大学)

蔡雪峰(福建工程学院)

谭宇胜(茂名学院)

薛志成(黑龙江科技学院)

薛姝(湖南城市学院)

前 言

地基处理是土木工程专业岩土工程课群组的一门专业课,也可作为道路与桥梁工程、建筑工程等课群组的重要选修课。目前社会上存在一些关于地基处理的技术类书籍,但该门课程教材甚少。本书以满足应用型人才培养为目标,参照课程教学大纲及最新的相关规范而编写。

本书主要介绍常用地基处理方法的加固原理、适用范围、设计方法,相应地基处理方法的施工工艺和质量检验方法,既有建(构)筑物地基加固技术,国内外地基处理新技术发展的概况。

本书内容包括:绪论,地基处理方法的选择,换填垫层法,排水固结法,夯实法,振冲法,挤密桩法,砂石桩法、石灰桩法、柱锤冲扩桩法,水泥土搅拌法,高压喷射注浆法,化学加固法,既有建(构)筑物地基加固综合法,地基处理现场检测方法。本书力求体现如下特色:

1. 实用性:教材内容深入浅出,图文并茂,易于自学,并有相应的工程应用实例。

2. 先进性:体现国家最新规范和技术规程,反映国内外最新研究成果和成熟理论。

3. 创新性:与国家注册土木工程师执业资格考试制度接轨,覆盖地基处理课程考核内容。

本书可作为高等院校土木工程专业岩土工程课群组专业课教材,同时也可作为道路与桥梁工程、建筑工程等课群组的选修课教材。

本书由广州大学张季超任主编,盐城工学院李飞任副主编。常州工学院史贵才,福建工学院黄建华,广州大学童华炜,郑先昌,许勇等参与了本书的编写。广州大学土木工程专业研究生曾华健、陈大然、李鹏程、李云华、丁晓敏、范燕、朱超、陈海英、李俊虎等参加了相关资料整理。

广东省岩土力学与工程学会主任委员廖建三教授级高级工程师审阅了全书,并提出许多宝贵意见,在此深表感谢。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,请广大读者批评指正。

编 者

2008年3月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 地基处理技术的一般概念	1
1.2 地基处理技术的发展和简况	2
1.3 地基处理课程与其他课程的关系和学习要点	3
复习思考题	4
第二章 地基处理方法的选择	5
2.1 地基处理方法的分类	5
2.2 地基处理方法的选择及确定步骤	11
2.3 地基处理工程的施工管理及监测方法	13
复习思考题	15
第三章 换填垫层法	16
3.1 概述	16
3.2 换填垫层法的定义及作用	16
3.3 垫层的分类及其适用范围	17
3.4 垫层设计	18
3.5 施工及质量检验	22
3.6 其他垫层	27
复习思考题	30
第四章 排水固结法	31
4.1 概述	31
4.2 排水系统	32
4.3 排水固结法的原理	33
4.4 排水固结法的计算理论	35
4.5 堆载预压法设计计算	40
4.6 其他方法	46
4.7 施工方法	50
4.8 质量检验	55
4.9 工程实例	57
复习思考题	59

第五章 夯实法	61
5.1 重锤夯实法	61
5.2 强夯法	64
5.3 工程实例	79
复习思考题	84
第六章 振冲法	86
6.1 概述	86
6.2 加固原理	86
6.3 设计与计算	89
6.4 施工工艺	93
6.5 质量检验	99
6.6 工程实例	100
复习思考题	103
第七章 挤密桩法	104
7.1 概述	104
7.2 灰土挤密桩的加固原理	105
7.3 挤密桩的设计	106
7.4 挤密桩的施工	110
7.5 挤密桩复合地基的质量检验	111
7.6 工程实例	111
复习思考题	114
第八章 砂石桩法、石灰桩法、柱锤冲扩桩法	115
8.1 砂石桩法	115
8.2 石灰桩法	117
8.3 柱锤冲扩桩法	123
复习思考题	126
第九章 水泥土搅拌法	127
9.1 概述	127
9.2 加固原理	127
9.3 最新技术动态	130
9.4 设计计算	130
9.5 水泥土搅拌法的施工	135
9.6 质量检测	138
9.7 工程实例	138

复习思考题	143
第十章 高压喷射注浆法	144
10.1 概述	144
10.2 加固原理	147
10.3 加固体的基本性状和高压喷射注浆法的特征	148
10.4 设计与计算	149
10.5 施工工艺	152
10.6 质量检验	156
10.7 工程实例	157
复习思考题	159
第十一章 化学加固法	160
11.1 夯实水泥土桩法	160
11.2 土工合成材料法	163
11.3 压力灌浆法	172
11.4 单液硅化法和盐碱法	179
复习思考题	183
第十二章 既有建(构)筑物地基加固综合法	185
12.1 概论	185
12.2 既有建筑地基的鉴定	187
12.3 既有建筑地基计算	188
12.4 既有建筑地基的加固方法	192
12.5 工程实例	198
复习思考题	201
第十三章 地基处理现场检测方法	202
13.1 概述	202
13.2 载荷试验	205
13.3 静力触探试验	211
13.4 动力触探试验	217
13.5 标准贯入试验	221
13.6 十字板剪切试验	223
13.7 现场原位取样试验	227
13.8 应力与位移监测	228
复习思考题	230
参考文献	231

第一章 绪 论

1.1 地基处理技术的一般概念

在土木工程中,建筑场地是指工程建设直接占有并使用的有限面积的土地,建筑场地及其邻近范围内的地质环境都会影响场地的稳定性。与建筑场地相比,场地的概念是宏观的,它不仅代表着所划定的土地范围,还应涉及某种地质现象和工程地质问题所概括的地区。所以,在岩土工程学科中,场地不能简单、机械地理解为建筑物的占地面积,在地质条件复杂的地区,还应指包括该面积在内的某个微地貌、地形和地质单元。

建筑地基是指承托建筑物基础的地基。土木工程建筑物或构筑物的地基一般会面临以下四个方面的问题:

① 强度和稳定性。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,地基就会产生局部和整体剪切破坏。

② 变形。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;当大于建筑物所能容许的不均匀沉降时,上部结构可能开裂。

③ 渗流。由于地下水在运动中会产生水量的流失,或因潜蚀和管涌而可能导致建筑物产生事故。

④ 液化。在地震等动力荷载作用下,会引起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。

建筑基础是指建筑物向地基传递荷载的下部结构,具有承上启下的作用。在上部结构的荷载和地基反力的作用下,基础承受由此而产生的轴力、剪力和弯矩,并将上部荷载及作用传递给地基,使其下的天然地基土产生应力和变形。

地基处理技术是指当天然地基不能满足上述四方面的要求时,需经过人工处理后再建造基础的技术。其目的是提高天然地基的强度,保证地基的稳定;降低天然地基的压缩性,减少基础的沉降和不均匀沉降;防止地震时地基土的振动液化;消除特殊土的湿陷性、胀缩性和冻胀性。

我国地域辽阔,幅员广大,从沿海到内陆,由山区到平原,自然地理环境不

同、土质各异,地基条件区域性较强,从而使地基处理技术较为复杂。随着我国国民经济的快速发展,大多数土木工程建筑物不得不在地质条件不良的地基上进行修建;随着科学技术的日新月异,上部结构的荷载日益增大,对变形要求也越来越严,因而原来可被评价为良好的地基,在特定条件下可能需要进行地基处理;随着我国城市化进程的加快,新建的土木工程越来越多,不少工程建设已建在不良地基上,如大规模的填海造地、移山造地等工程,就必须对地基进行处理,以满足上部结构施工阶段和正常使用阶段的承载要求。

因此,在土木工程建设中,建设者不仅要善于针对不同的地质条件、不同的结构物选定最合适的基础形式、尺寸和布置方案,而且要善于选取恰当的地基处理方法。

1.2 地基处理技术的发展和简况

地基处理在我国有着悠久的历史,古代的劳动人民很早就懂得对天然地层进行人工处理,并有着极其宝贵的经验。许多现代的地基处理技术都可在古代找到雏形。例如,早在两千多年前就已采用了在软土中夯入碎石等压密土层的夯实法;而灰土和三合土的垫层法,是我国古代建筑基础的建造技术之一。随着土木工程的发展,地基处理技术也在不断发展。因此,地基处理是一门既古老又年轻的学科。

近60年来,我国地基处理技术的发展历程大体可分为两个阶段。

第一个阶段是20世纪50年代至60年代,是起步应用阶段。这个时期,新中国刚刚成立,百废待兴,为了满足新中国建设的需要,我国从苏联引进了较多的地基处理技术。这个时期,砂石垫层法、砂桩挤密法、石灰桩法、化学灌浆法、重锤夯实法、堆载预压法、土挤密桩法和灰土挤密桩法、预浸水法及井点降水等地基处理技术先后被引进或开发使用。但是,受当时对地基处理加固机理的科学研究、认识水平、实践经验的限制,地基处理技术主要用在多层建筑中,并有一定的盲目性。

第二个阶段是20世纪70年代中后期至今,为应用、发展、创新阶段。这个时期,随着改革开放,特别是20世纪90年代后,我国土木工程建设得到了飞速发展,地基处理技术也随之飞速进步。大量的国外先进技术和机械被引进国内,在工程实践中结合我国自身特点,初步形成了具有中国特色的地基处理技术。石灰桩、碎石桩、强夯法、高压喷射注浆法、深层搅拌法、真空预压法、砂井法和塑料排水板法都得到了广泛的研究、应用和发展。同时,施工机械的开发也得到进一步发展,如深层搅拌机由单轴、双轴发展到三轴式深层搅拌机,由陆域搅拌机发展到深层水泥拌和船,由竖向搅拌机械发展到搅拌斜桩的机械,施工工艺流程

得到较大改进、加固深度得到较大提高。另外,新材料、新理论也得到进一步发展和提高,如土工织物材料的应用、复合地基理论的推广等。

由中国建筑科学研究院主持编制的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)和《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)及各地区区域性地基处理规范的编制和颁布,给地基处理的设计和施工提供了技术依据,促进了地基处理技术的普及,也促进了地基处理技术的提高,使我国地基处理技术逐渐成熟和完善。

纵观我国地基处理技术的发展历程,其进步是明显的,成绩是骄人的。通过继承古代传统技术,吸收国外先进技术及其原理和方法,结合我国的工程实践,逐步形成了具有中国特色的地基处理技术。但也应该看到,由于我国的地基处理技术的起步和研究相对滞后及岩土性质的复杂性,在许多方面仍与国外存在差距。随着工程建设发展的需要及研究的不断深入,我国必将在地基处理的设计理论、计算方法、施工工艺、质量检测、设备等一系列方向有新的突破。

1.3 地基处理课程与其他课程的关系和学习要点

1. 本书的主要内容

地基处理技术是岩土工程学科的一个主要分支,也是土木工程专业的一门重要专业课程。本书是根据建设部普通高等院校土木工程专业教学指导委员会审定的地基处理课程的指导性教学计划的要求而编写的。为了适应土木工程专业应用型人才培养的需要,本书重点突出了实用、创新和时代特色,力图体现学科发展的新水平。全书根据正在修订的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)和《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)及地区性规范,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,其内容包括:地基处理方法的选择、换填垫层法、排水固结法、夯实法、振冲法、挤密桩法、砂石桩法、石灰桩法、柱锤冲扩桩法、水泥土搅拌法、高压喷射注浆法、化学加固法、既有建(构)筑地基加固综合法、地基处理现场检测方法。系统介绍了各种方法的加固机理、适用范围、设计计算、施工工艺及检验方法,并辅以相应的工程实例。

2. 地基处理课程与其他课程的关系

地基处理课程具有多方面的内容,涉及面广,因而要求具有较广泛的先修课程作为基础。材料力学、结构力学、土力学、基础工程等是本课程的理论基础,必须先行学习并予以很好掌握;建筑材料、混凝土结构设计原理、建筑施工、土木工程抗震等课程是本课程的重要技术支撑。在学习中要注意理解和掌握上述各门课程的精髓,在学习中正确运用有关知识。

3. 学习要点

地基处理技术涉及面较广,实践性强,同时由于各地自然地质条件差异大,地基处理技术的地区性也比较显著,在许多情况下要因地制宜地处理问题,涉及的规范也比较多,一些地区性的规范、规程或规定具有非常重要的作用。因此,在学习时要注意以下几方面。

(1) 重视基本理论和概念的掌握

我国大量的新建工程越来越多地遇到软弱及不良地基,对地基处理的要求也越来越多和迫切。因此,读者要牢固掌握各种地基处理方法的加固机理和适用范围,会根据不良地基地质条件,选择不同的地基处理方法或多种方法结合运用。

(2) 重视现场监测与原位测试技术

正确阅读和使用地基勘察资料,掌握各种地基处理方法的现场监测与原位测试技术,对合理进行地基处理设计、研究和施工具有重要意义。利用现场监测的结果,得出相应的结论,信息化指导施工,减少或避免因地基处理方法运用不当而带来的影响。

(3) 重视地区性工程经验

地基土的复杂性,区域性土与结构共同工作的复杂性,使得地基处理成为一门实践性很强的学科,在实际工程中,很难找到完全相同的实例。在工程实践中,必须仔细分析和了解各种地基处理方法的设计计算、基本假定和适用条件,结合当地工作经验加以应用。

(4) 重视地基处理的概念设计

地基处理的设计与施工,应综合考虑工程地质、水文地质与地震地质条件、上部结构类型、使用功能、荷载特征、施工技术条件、周边环境;应重视地方经验,因地制宜,节约资源,合理选择地基处理技术。

复习思考题

1. 何谓场地、地基及基础?三者有什么关系?
2. 建筑物地基一般会面临哪些问题?
3. 我国地基处理技术发展可分为几个阶段?各有什么特点?
4. 地基处理课程与其他课程的关系是什么?
5. 如何学好地基处理课程?
6. 何谓地基处理的概念设计?

第二章 地基处理方法的选择

2.1 地基处理方法的分类

2.1.1 地基处理的目的

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,处理措施包括以下6个方面的内容。

1. 提高地基承载力

地基基础设计首先必须保证在荷载作用下地基不会因为剪切破坏而失效,《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)规定,任何建(构)筑物,都必须满足地基承载力要求,因此当基底压力大,地基承载力不够时,应采取措施增加地基承载力。

2. 控制地基沉降

地基因建筑物荷载作用而产生沉降,当沉降或不均匀沉降过大时,不仅会影响建筑物的使用,甚至会造成建筑物倾斜、开裂,危及建筑物安全。因此当建筑物沉降不满足规范要求时,应采取措施增加地基土压缩模量或进行均匀处理,以减少沉降和不均匀沉降。

3. 改善动力特性

在地震时饱和松散粉细砂(包括部分粉土)将会产生液化;由于车辆荷载或打桩等原因,邻近地基将产生振动下沉。为此,需要采取措施防止地基土液化,改善其动力特性。

4. 改善剪切特性

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)规定,对经常承受水平荷载的高层建筑、高耸结构和挡土墙,以及建造在斜坡上或边坡附近的建筑物和构筑物,应验算地基稳定性。地基及土坡失稳主要由于土的抗剪强度不足,因此应采取措施提高土的抗剪强度。

5. 改善透水特性

地基的透水性表现在地下水渗透及上浮力,基坑开挖工程中,因土层内常夹有薄层粉砂或粉土而产生流砂和管涌。为此,应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渗透性和水压力。

6. 改善特殊土地基的不良工程特性

主要是指满足湿陷性黄土、膨胀土、内陆性盐渍土等特殊土上的建筑物不会由于不良土性而发生的损坏。

2.1.2 地基处理方法的分类

我国自 1991 年起编制了世界上第一本国家行业标准《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—1991), 2002 年修订后为(JGJ 79—2002), 目前含有地基处理内容的国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)正在进一步修订中。上述规范对每一种地基处理方法均从设计、施工和质量检验等方面进行指导。另外, 广东省、上海市、深圳市还专门编制了地方性的地基处理技术规范。浙江省、福建省、天津市等省市的地基基础设计规范中也列有地基处理的专门条款。针对湿陷性黄土地区、膨胀土地区所编制的规范中也有地基处理的规定。根据前述的规范及规程, 可将常用的地基处理技术, 按处理方法的不同, 进行下述分类, 如表 2.1 所示。

表 2.1 地基处理方法分类

处理方法	简要原理	适用范围	优点及局限性	
换填垫层法	将软弱土或不良土开挖至一定深度, 回填抗剪强度较大、压缩性较小的材料, 分层夯(压)实, 形成双层地基。垫层能有效扩散基底压力, 提高地基承载力, 减少沉降量; 消除或部分消除土的湿陷性和胀缩性, 防止土的冻胀, 改善土的抗液化性	处理浅层地基、湿陷性黄土地基、季节性冻土地基、素填土和杂填土地基及浅层可液化地基	简易可行; 局限于浅层处理, 一般不大于 3 m, 换填材料可就地取材, 较经济。适用于中、小型工程	
机械压(夯)实法	机械碾压法	通过压路机、推土机、羊足碾等压实机械压实地基表层土体	浅层粘土、湿陷性黄土、膨胀土和季节性冻土或大面积填土分层压实	简易可行; 仅限于表层处理
	振动压实法	用振动压实机械在地基表面施加振动力来振实浅层松散土	浅层无粘土或粘粒含量少、透水性较好的松散的杂填土或换填垫层分层压实	简易可行; 仅限于表层处理
	重锤夯实法	用起重机械将重锤提升到一定高度, 然后自由落锤, 不断重复夯击以加固地基	地下水位 0.8 m 以上稍湿的粘土、砂土、粉土、湿陷性黄土、杂填土及分层填土地基	仅限于浅层处理, 施工时有振动和噪声

续表

处理方法	简要原理	适用范围	优点及局限性	
机械压(夯)实法	小能量强夯法	夯锤质量 10 t 以内,落距 10 m 以内,锤从高处自由落下,一点一击,连续夯击,每间隔 24 h 夯击一遍,使浅层土体密实	含有碎砖、瓦砾、炉灰等非粘土填垫的地基,浅层可液化的粉土地基,含水量低于塑限的素填土地基	适于处理浅层地基,施工时有振动和噪声
	强夯法	利用强大的冲击能,迫使深层土液化和动力固结,使土体密实,用以提高地基承载力和减小沉降,消除土的湿陷性、胀缩性和液化性	碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘土、湿陷性黄土、素填土、杂填土等地基	施工速度快,施工质量容易保证,经处理后土性较为均匀,造价经济,适用于处理大面积场地;施工时对周围有很大振动和噪声,不宜在市区施工
	振冲加密法	利用振冲器水平振动和高压水共同作用,使松砂土层振密	粘粒含量小于 10% 的中砂及粗砂地基	施工简便、经济,用于纯净中、粗砂加固效果好
预压法	堆载预压法	通过在软土上预先堆置相当于或超过建筑物重量的荷载,达到预先完成全部或大部分地基沉降,并通过地基土的固结提高地基承载力		需要有预压时间和荷载条件及土石方搬运机械
	真空预压法	通过在软土地基上铺设垫层,设置竖向排水通道(砂井、塑料排水板),并在其上覆盖透气的薄膜形成密封层。然后用真空泵抽气,使排水通道保持较高的真空度,使土中产生负的孔隙水压力,孔隙水逐渐被排出,使土体达到固结	处理厚度较大的淤泥、淤泥质土、冲填土等饱和粘土地基	真空预压不需堆载,施工简便;预压荷载有限(80 kPa 以下)
	真空堆载联合预压法	当真空预压法达不到要求的预压荷载时,可与堆载预压法联合使用,其堆载预压荷载和真空预压荷载可叠加计算	厚度较大的淤泥、淤泥质土、冲填土等饱和粘土地基	需要有预压时间和荷载条件及土石方搬运机械。 真空预压不需堆载,施工简便,但预压荷载有限

续表

处理方法		简要原理	适用范围	优点及局限性
预压法	降水预压法	通过从与透水层连接的排水井中抽水,降低地下水位以增加土的自重应力,从而达到预压效果的临时性加固措施	砂性土或透水性较好的软粘土层	无需堆载;需长时间抽水,耗电量大,使临近建筑周围产生附加下沉
	电渗排水法	通过向土中插入的金属电极通以直流电,使土中水流由正极区域流向负极区域,使正极区域土体由于水流排出而固结	饱和软粘土、砂土	使临近建筑周围产生附加下沉
复合地基法	振冲桩法	振冲桩法对不同性质的土层分别具有置换、挤密和振动密实等作用。对粘土主要起到置换作用,对中细砂和粉土除置换作用,还有振实挤密作用。在以上各种土中施工都要在振冲孔内加填碎石(或卵石等)回填料,制成密实的振冲桩,而桩间土则受到不同程度的挤密和振密,桩和桩间土构成复合地基,使地基承载力提高,变形减少,并可消除土层的液化	适用于砂土、粉土、粉质粘土、素填土和杂填土等地基;也可用于可液化地基处理;对于处理不排水,抗剪强度不小于 20 kPa 的饱和粘土和饱和黄土地基,应在施工前通过现场试验确定其适用性	有轻微振动和泥浆排放
	干振碎石桩法	利用干法振动成孔器成孔,使土体在成孔和填石成桩过程中被挤向周围土体,从而使桩周土体得以挤密,同时挤密的周围土体和碎石桩共同构成复合地基	人工填土(含杂填土)、湿陷性黄土、非饱和松软粘土($e > 0.8$, $S_r < 85\%$),松散砂土,粉土	无泥浆排放,处理深度 3~6 m;设备损耗大,有轻微振动噪声
	砂石桩法	利用打桩机冲击或振动成孔并灌填砂石料,在成桩过程中由于对周围土体产生了挤密或振密作用,从而提高了周围土体的密度,改善了地基的承载性能和整体稳定性,减少了地基沉降	挤密松散砂土、粉土、粘土、素填土、杂填土等地基及可液化地基。饱和粘土地基慎用	有振动和挤土现象