



21世纪高等学校教学用书
SHIJI GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU

地基处理技术

DIJI CHULI JISHU

©郑俊杰 编著

华中科技大学出版社
<http://press.hust.edu.cn>

地基处理技术

(本书荣获中南地区大学版协优秀教材一等奖)

郑俊杰 编著



华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

地基处理技术/郑俊杰 编著

武汉: 华中科技大学出版社, 2004 年 9 月

ISBN 7-5609-3164-2

I. 地…

Ⅱ. 郑…

Ⅲ. 地基处理

Ⅳ. TU47

地基处理技术

郑俊杰 编著

责任编辑: 万亚军

封面设计: 潘 群

责任校对: 刘 飞

责任监印: 张正林

出版发行: 华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编: 430074 电话: (027)87557437

录 排: 华大图文设计室

印 刷: 华中科技大学印刷厂

开本: 787×1092 1/16

印张: 24

字数: 565 000

版次: 2004 年 9 月第 1 版

印次: 2006 年 8 月第 3 次印刷

ISBN 7-5609-3164-2/TU·29

定价: 29.80 元

(本书若有印装质量问题, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书结合《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)及相关规范的技术要求,详细介绍了当前国内外常用的和最新的地基处理技术,包括换填垫层法、排水固结法、强夯法和强夯置换法、灰土挤密桩法和土挤密桩法、砂桩法、碎石桩法、石灰桩法、水泥土搅拌法、夯实水泥土桩法、高压喷射注浆法、水泥粉煤灰碎石桩法、加筋法、灌浆法、特殊土地基处理方法。对每一种地基处理方法分别阐明了其加固机理、设计计算方法、施工工艺和质量检验等内容,并列举了工程实例。本书最后介绍了既有建(构)筑物地基基础加固与倾斜建(构)筑物纠偏技术。为便于读者全面理解和掌握这些地基处理方法,本书也介绍了地基处理的监测与检验方法、复合地基基本理论以及多元复合地基新方法。

本书可作为大学土木工程专业本科生的教材,可供土建、交通、水利、铁道等部门从事岩土工程勘察、设计、施工以及科研的技术人员和管理人员使用,也可作为准备全国注册岩土工程师考试的参考书。

前 言

随着我国国民经济持续高速的增长,各种基础设施建设的投入不断加大,土木工程得到了前所未有的发展。岩土工程作为其中最为重要的一个领域,遇到了很多新的课题。地基处理又是岩土工程中最活跃且最具生命力的一个分支,近十余年来,土木工程建设的发展极大地推动了地基处理技术研究和应用水平的提高。

我国地域辽阔,软土及其他不良地基土分布范围非常广,加上上部结构物对地基的变形要求也越来越严,因此,地基处理技术在土木工程建设中的应用越来越广。

目前,国内外地基处理的方法很多,其中相当多的方法尚在不断发展之中。每一种地基处理方法都有它的适用范围和局限性,没有哪一种地基处理方法是万能的。工程设计中只能根据工程的具体特点,从几种可行的地基处理方法中,经过技术及经济的综合比选,确定最优的地基处理方案。

本书配合新规范,介绍了土木工程中主要且常用的地基处理方法,对各种地基处理的方法阐明其加固机理、设计方法、施工方法以及质量检验方法,每种地基处理方法均附有工程实例,旨在使读者对目前土木工程中常用的地基处理方法有一个较为全面的了解,增加地基处理的专门知识,提高解决地基处理工程实际问题的能力。

全书分4篇,共20章。第1篇为总论;第2篇为均质人工地基,包括换填法、排水固结法、强夯法和强夯置换法,共3章;第3篇为复合地基,包括复合地基基本理论、灰土挤密桩法和土挤密桩法、砂桩法、碎石桩法、石灰桩法、水泥土搅拌法、夯实水泥土桩法、高压喷射注浆法、水泥粉煤灰碎石桩法、多元复合地基法,共10章;第4篇为其他地基处理方法,包括加筋法、灌浆法、特殊土地基处理方法,最后介绍了既有建(构)筑物地基基础加固、倾斜建(构)筑物纠偏。其中多元复合地基法是近10年来在工程实践中总结出的新方法,在某些难处理地基工程中应用具有较好的技术效果和经济效益。

本书引用了很多参考书籍和文献,在此,谨向这些资料的作者表示衷心的感谢。

特别要指出的是,本书各章所引用的工程实例,均在《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2002颁布之前,故其中的若干表达符号与现行规范不一致,为尊重原文作者,绝大部分都没有修改。

编者非常感谢湖北省建筑科学研究设计院的袁内镇教授级高级工程师在百忙中审阅了全部书稿,并提出了很多宝贵的意见。

编者还要向编者的研究生邢泰高、聂重军、彭宏、黄海松、鲁燕儿表示感谢。他们完成了大量的编辑、校稿和制图工作,为本书的顺利出版付出了辛勤的劳动。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编著者

2004年4月于喻园

目 录

第1篇 总 论

1 绪论	(3)
1.1 地基处理的目的和意义	(3)
1.2 地基处理方法分类及应用范围	(6)
1.3 地基处理方法的选用原则	(10)
1.4 地基处理工程的施工管理	(11)
1.5 地基处理技术的最新发展	(12)
2 地基处理监测与检验方法	(15)
2.1 概述	(15)
2.2 地基水平位移及沉降观测	(17)
2.3 地基土应力测试	(18)
2.4 载荷试验	(21)
2.5 静力触探试验	(26)
2.6 圆锥动力触探试验	(28)

第2篇 均质人工地基处理方法

3 换填垫层法	(31)
3.1 概述	(31)
3.2 垫层的作用	(31)
3.3 土的压实原理	(32)
3.4 垫层设计	(33)
3.5 粉煤灰垫层	(36)
3.6 垫层施工方法	(39)
3.7 质量检验	(41)
3.8 工程实例	(42)
4 排水固结法	(45)
4.1 概述	(45)
4.2 排水固结法的原理	(45)
4.3 堆载预压设计计算	(47)
4.4 砂井排水固结设计计算	(49)
4.5 真空预压设计计算	(51)
4.6 施工方法	(53)

4.7	真空-堆载预压法	(60)
4.8	质量检验	(61)
4.9	工程实例	(62)
5	强夯法和强夯置换法	(65)
5.1	概述	(65)
5.2	加固机理	(65)
5.3	饱和粘性土及非饱和土的强夯加固微观机理	(70)
5.4	设计	(72)
5.5	施工	(76)
5.6	质量检验	(76)
5.7	工程实例	(77)

第3篇 复合地基处理方法

6	复合地基基本理论	(83)
6.1	复合地基的定义与分类	(83)
6.2	复合地基的常用型式	(84)
6.3	复合地基的常用概念	(85)
6.4	竖向增强体复合地基承载力计算	(87)
6.5	水平向增强体复合地基承载力计算	(90)
6.6	复合地基沉降计算方法	(91)
7	灰土挤密桩法和土挤密桩法	(95)
7.1	概述	(95)
7.2	作用机理	(95)
7.3	设计计算	(98)
7.4	施工	(100)
7.5	质量检验	(101)
7.6	工程实例	(102)
8	砂桩法	(104)
8.1	概述	(104)
8.2	加固原理	(104)
8.3	设计计算	(105)
8.4	施工	(107)
8.5	质量检验	(110)
8.6	工程实例	(110)
9	碎石桩法	(113)
9.1	概述	(113)
9.2	振冲碎石桩法	(113)
9.3	其他碎石桩法	(118)
9.4	碎石桩复合地基设计	(119)

9.5	质量检验	(120)
9.6	工程实例	(121)
10	石灰桩法	(125)
10.1	概述	(125)
10.2	加固原理	(126)
10.3	设计计算	(132)
10.4	施工	(136)
10.5	质量检验	(138)
10.6	工程实例	(139)
11	水泥土搅拌法	(144)
11.1	概述	(144)
11.2	加固机理	(145)
11.3	室内试验	(147)
11.4	设计计算	(152)
11.5	施工	(154)
11.6	质量检验	(155)
11.7	工程实例	(157)
12	夯实水泥土桩法	(163)
12.1	概述	(163)
12.2	设计	(163)
12.3	施工	(165)
12.4	质量检验	(166)
13	高压喷射注浆法	(167)
13.1	概述	(167)
13.2	定义及其种类	(167)
13.3	加固地基的机理	(170)
13.4	设计计算	(174)
13.5	施工	(179)
13.6	质量检验	(180)
13.7	工程实例	(181)
14	水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)法	(186)
14.1	概述	(186)
14.2	竖向荷载作用下复合地基性状	(187)
14.3	褥垫层技术	(195)
14.4	CFG 桩复合地基工程特性	(198)
14.5	CFG 桩复合地基设计计算	(201)
14.6	CFG 桩复合地基施工	(208)
14.7	施工检测及验收	(217)
15	多元复合地基法	(219)
15.1	多元复合地基设计思想的提出	(219)

15.2	多元复合地基承载力计算·····	(219)
15.3	多元复合地基沉降计算·····	(220)
15.4	多元复合地基检测方法·····	(223)
15.5	多元复合地基法的工程实践·····	(224)

第4篇 其他地基处理方法

16	加筋法·····	(229)
16.1	概述·····	(229)
16.2	加筋土挡墙·····	(230)
16.3	土工合成材料·····	(241)
16.4	土钉·····	(252)
16.5	工程实例·····	(255)
17	灌浆法·····	(259)
17.1	概述·····	(259)
17.2	灌浆材料·····	(260)
17.3	灌浆法分类及其原理·····	(261)
17.4	灌浆设计·····	(262)
17.5	灌浆施工方法·····	(268)
17.6	质量与效果检验·····	(271)
17.7	工程实例·····	(272)
18	特殊土地基处理·····	(276)
18.1	概述·····	(276)
18.2	膨胀土地基处理·····	(276)
18.3	湿陷性黄土地基处理·····	(282)
18.4	液化地基处理·····	(286)
18.5	工程实例·····	(289)
19	既有建(构)筑物地基基础加固·····	(292)
19.1	概述·····	(292)
19.2	基础加宽技术·····	(292)
19.3	墩式托换技术·····	(296)
19.4	树根桩托换技术·····	(299)
19.5	静压桩托换·····	(306)
19.6	地基加固技术·····	(316)
19.7	综合加固技术·····	(324)
20	倾斜建(构)筑物纠偏·····	(331)
20.1	概述·····	(331)
20.2	倾斜建(构)筑物纠偏方法分类·····	(332)
20.3	降水纠偏法·····	(333)
20.4	浸水和浸水加压纠偏法·····	(336)

20.5 堆载(加压)纠偏法..... (338)

20.6 掏土纠偏法..... (340)

20.7 部分托换调整纠偏法..... (345)

20.8 调整上部结构纠偏法..... (346)

20.9 灌浆抬升纠偏法..... (347)

20.10 综合法纠偏 (349)

20.11 桩基础纠偏 (351)

20.12 顶升纠偏法 (353)

附录 专业名词汉英对照表..... (357)

参考文献 (373)

第1篇 总 论

- 绪论
- 地基处理监测与检验方法

1 绪 论

1.1 地基处理的目的和意义

地基是指承受建(构)筑物荷载的地层。地基所面临的问题有以下四个方面。

(1) 承载力及稳定性问题。当地基的抗剪强度不足以支承上部结构的自重及外荷载时,地基就会产生局部或整体剪切破坏。

(2) 沉降、水平位移及不均匀沉降问题。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,会影响结构物的正常使用,特别是超过建(构)筑物所能容许的不均匀沉降时,结构可能开裂破坏。沉降量过大时,不均匀沉降往往也较大。湿陷性黄土遇水而发生剧烈的变形也可包括在这一类地基问题中。

(3) 地基的渗透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失事。

(4) 地震、机器以及车辆的振动、海浪作用和爆破等动力荷载可能引起地基土,特别是饱和和无粘性土的液化、失稳和震陷等危害。这类地基问题也可能分别概括于上述稳定和变形问题中,只不过是动力荷载引起的。

在土木工程建设中,当天然地基不能满足建(构)筑物对地基的要求时,需对天然地基进行加固改良,形成人工地基,以满足建(构)筑物对地基的要求,保证其安全与正常使用。这种地基加固改良称为地基处理(ground treatment 或 ground improvement)。

地基处理的目的是利用换填、夯实、挤密、排水、胶结、加筋和热学等方法对地基土进行加固,用以改良地基土的工程特性,主要表现在以下几个方面。

(1) 提高地基土的抗剪强度。地基的剪切破坏表现在: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。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在: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;大范围地基的沉降和不均匀沉降;基坑开挖引起邻近地面沉降;由于降水,地基产生固结沉降。地基的压缩性反映在地基土的压缩模量指标的大小。因此,需要采取措施以提高地基土的压缩模量,从而减少地基的沉降或不均匀沉降。

(3) 改善地基土的透水特性。地基的透水性表现在:堤坝等基础产生的地基渗漏;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。以上都是地下水的运动中所出现的问题。为此,必须采取措施使地基土降低透水性和减少其上的水压力。

(4) 改善地基的动力特性。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,需要采取措施防止地基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。主要是消除或减弱黄土的湿陷性和膨胀土的胀缩特性等。

天然地基是否需要地基处理取决于地基土的性质和建(构)筑物对地基的要求两个方面。地基处理的对象是软弱地基和特殊土地基。在土木工程建设中经常遇到的软弱土和不良土,主要包括:软粘土、人工填土、部分砂土和粉土、湿陷性土、有机质土和泥炭土、膨胀土、多年冻土、盐渍土、岩溶、土洞、山区地基以及垃圾填埋地基等。

① 软粘土。软粘土是软弱粘性土的简称,有时简称为软土。它主要是第四纪后期形成的海相、泻湖相、三角洲相、溺谷相和湖沼相的粘性土沉积物或河流冲积物,也有的属于新近淤积物。大部分是饱和的,其天然含水量大于液限,孔隙比大于1.0。当天然孔隙比大于1.5时,称为淤泥;当天然孔隙比大于1.0而小于1.5时,称为淤泥质土。软粘土的特点是:天然含水量高(40%~90%);天然孔隙比大(1.0~2.0);抗剪强度低(不排水抗剪强度约5~25 kPa);压缩系数高(0.5~1.5 MPa⁻¹);压缩模量低(1~5 MPa);渗透系数小(10⁻⁶~10⁻⁸ cm/s)。软粘土地基承载力低,在荷载作用下,地基沉降变形大,不均匀沉降也大,而且由于软粘土具有流变性,除了固结应力引起的固结变形之外,在剪应力作用下,土体处于长期变形过程中。沉降稳定的历时比较长,一般需要几年,甚至几十年。软粘土地基是工程建设中遇到最多的需要处理的软弱地基,它广泛分布在我国沿海以及内地河流两岸和湖泊地区。例如,天津、连云港、上海、杭州、宁波、温州、福州、厦门、湛江、广州、深圳、珠海等沿海地区,以及昆明、武汉、南京、九江、南通、马鞍山等内陆地区。

② 人工填土(素填土、杂填土和冲填土)。人工填土按照物质组成和堆填方式可以分为素填土、杂填土和冲填土三类。按堆填时间分为老填土和新填土两类。堆填时间超过10年的粘性土和堆填时间超过5年的粉土,均称为老填土。

素填土是由碎石、砂或粉土、粘性土等一种或几种材料组成的填土,其中不含杂质或含杂质较少。若分层压实则称为压实填土,其性质取决于填土性质、压实程度以及堆填时间。

杂填土是由人类活动形成的无规则堆积物,由大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾组成,其成分复杂,性质也不相同,且无规律性。在大多数情况下,杂填土是比较疏松的和不均匀的,在同一场地的不同位置,地基承载力和压缩性也可能有较大的差异。

冲填土是由水力冲填泥沙形成的。冲填土的性质与冲填泥沙的来源以及冲填时的水力条件有密切关系。含粘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。粉细砂为主的冲填土,其性质基本上和粉细砂相同。

填土一般会产生较大的固结沉降。

③ 部分砂土和粉土。主要指饱和的粉细砂和砂质粉土。处于饱和状态的粉细砂及砂质粉土,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的震陷变形。地基会因液化而丧失承载能力。如需要考虑动力荷载,这种地基也经常需要进行处理。

④ 湿陷性土。湿陷性土包括湿陷性黄土、粉砂土和干旱、半干旱地区具有崩解性的碎石土等。是否属湿陷性土可根据野外浸水载荷试验确定。当在200 kPa压力作用下,土体的附加变形量与承压板宽之比大于0.015时为湿陷性土。在工程建设中遇到较多的是湿陷性黄土。

湿陷性黄土是指在覆盖土层的自重应力或自重应力与建(构)筑物附加应力综合作用下,受水浸湿后,土的结构迅速破坏,并发生显著的附加下沉,其强度也迅速降低的黄土。黄土湿陷

而引起的建(构)筑物不均匀沉降是造成黄土地区工程事故的主要原因。黄土在我国特别发育,地层多、厚度大,广泛分布在甘肃、陕西、山西大部分地区,以及河南、河北、山东、宁夏、辽宁、新疆等部分地区。当黄土作为建(构)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。

⑤ 有机质土和泥炭土。有机质含量大于5%的土称为有机质土,有机质含量大于60%的土称为泥炭土。

土中有机质含量高,强度往往降低,压缩性增大;特别是泥炭土,其含水量极高,压缩性很大,且不均匀,一般不宜作为天然地基,需要进行地基处理。

⑥ 膨胀土。膨胀土是指粘粒成分主要由亲水性粘土矿物组成的粘性土,在环境温度和湿度变化时会产生强烈的胀缩变形。利用膨胀土作为建(构)筑物地基时,如果没有采取必要的措施进行地基处理,常会给建(构)筑物造成危害。膨胀土在我国分布范围很广,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。

⑦ 多年冻土。多年冻土是指温度连续3年或3年以上保持在0℃或0℃以下,并含有冰的土层。多年冻土的强度和变形有许多特殊性。例如,冻土中因有冰和未结冰的水存在,故在长期荷载作用下具有强烈的流变性。多年冻土作为建(构)筑物的地基须慎重考虑,需要采取处理措施。

⑧ 盐渍土。常将易溶盐含量超过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材料腐蚀。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、内蒙古等地势低平的盆地和平原中。

⑨ 岩溶、土洞和山区地基。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潜蚀所形成的洞穴。岩溶和土洞对建(构)筑物的影响很大,可能造成地面变形、地基陷落,发生渗水和涌水现象。在岩溶地区修建建(构)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,主要表现在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(构)筑物基础产生不均匀沉降。另外,在山区常有可能遇到滑坡、崩塌和泥石流等不良地质现象,给建(构)筑物造成直接的或潜在的威胁。在山区修建建(构)筑物时要重视地基的稳定性和避免过大的不均匀沉降,必要时需进行地基处理。

⑩ 垃圾填埋土地基。近年来垃圾填埋土地基的处理问题逐步引起人们的重视。垃圾填埋土地基非常复杂,其性质主要取决于填埋的垃圾类别和性质。垃圾填埋土地基处理目的主要有两方面:一类是防止其对周围环境影响,特别是对地下水的污染;一类是垃圾填埋土地基的利用。

除了在上述各种软弱和不良地基上建造建(构)筑物时需要考虑地基处理外,当旧房改造、加层,工厂设备更新和道路加宽等造成荷载增大,对原来地基提出更高要求,原地基不能满足新的要求时;或者在开挖深基坑,建造地下商场、地下车库、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。地基处理也常用于减小或消除施工扰动对周围环境的影响。

随着我国现代化建设事业的发展,越来越多的土木工程需要对地基进行处理,采用人工地基以满足建(构)筑物对地基的要求。各种各样的建(构)筑物对地基的要求是不同的,各地区天然地基的情况也有很大的差别。即使在同一地区,地质情况可能有较大的差异,这就决定了地基处理问题的复杂性。是采用天然地基,还是采用人工地基?采用人工地基时选取何种地基处理方案?这是建造建(构)筑物前首先需要解决的问题。处理是否恰当,不仅影响建(构)筑物的安全和使用,而且对建设速度、工程造价有不小的影响,不少时候甚至成为工程建设中的关键问题。

在土木工程领域中,与上部结构比较,地基的不确定因素多、问题复杂、难度大。地基问题处理不好,后果非常严重。据调查统计,世界各国发生的各种土木工程建设中的工程事故,地基问题常常是主要原因。地基问题处理好,不仅安全可靠而且具有较好的经济效益。

需求促进发展、实践发展理论,近些年来我国地基处理技术发展很快,地基处理队伍不断壮大,地基处理水平不断提高,地基处理已成为土木工程领域中非常活跃的一个热点。总结国内外地基处理方面的经验教训,推广和发展各种地基处理技术,提高地基处理水平,这对加快工程建设速度、节约建设投资具有特别重要的意义。

1.2 地基处理方法分类及应用范围

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。要对各种地基处理方法进行精确的分类是困难的。根据地基处理的加固原理,地基处理方法可分为以下7类。

1.2.1 换填垫层法

换填垫层法的基本原理是挖除浅层软弱土或不良土,分层碾压或夯实换填材料。垫层按换填的材料可分为砂(或砂石)垫层、碎石垫层、粉煤灰垫层、干渣垫层、土(灰土)垫层等。干渣分为分级干渣、混合干渣和原状干渣;粉煤灰分为湿排灰和调湿灰。换填垫层法可提高持力层的承载力,减少沉降量;消除或部分消除土的湿陷性和胀缩性;防止土的冻胀作用及改善土的抗液化性。常用机械碾压、平板振动和重锤夯实方法进行施工。

该法常用于基坑面积宽大和开挖土方较大的回填土方工程,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。一般处理深度为2~3 m。适用于处理浅层非饱和软弱土层、湿陷性黄土、膨胀土、季节性冻土、素填土和杂填土。

1.2.2 振密、挤密法

振密、挤密法的基本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,达到地基处理的目的。

(1) 表层压实法。

采用人工(或机械)夯实、机械碾压(或振动)对填土、湿陷性黄土、松散无粘性土等软弱或原来比较疏松的表层土进行压实。也可采用分层回填方法压实加固。这种方法适用于含水量接近于最佳含水量的浅层疏松粘性土、松散砂性土、湿陷性黄土及杂填土等。

(2) 重锤夯实法。

利用重锤自由下落时的冲击能来击实浅层土,使其表面形成一层较为均匀的硬壳层。此法适用于无粘性土、杂填土、非饱和粘性土及湿陷性黄土。

(3) 强夯法。

利用强大的夯击能,迫使深层土液化和动力固结,使土体密实,用以提高地基土的强度并降低其压缩性,消除土的湿陷性、胀缩性和液化性。此法适用于碎石土、砂土、素填土、杂填土、低饱和度的粉土与粘性土及湿陷性黄土。

(4) 振冲挤密法。

振冲挤密法一方面依靠振冲器的强力振动使饱和砂层发生液化,颗粒重新排列,孔隙比减小;另一方面依靠振冲器的水平振动力,形成垂直孔洞,在其中加入回填料,使砂层挤压密实。此法适用于砂性土和粒径小于0.005 mm的粘粒含量低于10%的粘性土。

(5) 土桩与灰土桩法。

利用打入钢套管(或振动沉管、炸药爆破)在地基中成孔,通过挤压作用,使地基土变得密实,然后在孔中分层填入素土(或灰土)后夯实而成土桩(或灰土桩)。此法适用于处理地下水位以上的湿陷性黄土、新近堆积黄土、素填土和杂填土。

(6) 砂桩。

在松散砂土或人工填土中设置砂桩,能对周围土体产生挤密作用或同时产生振密作用,可以显著提高地基强度,改善地基的整体稳定性,并减小地基沉降量。此法适用于处理松砂地基和杂填土地基。

(7) 爆破法。

利用爆破产生振动使土体产生液化和变形,从而获得较大的密实度,用以提高地基承载力 and 减小沉降量。此法适用于饱和净砂、非饱和但经灌水饱和的砂、粉土和湿陷性黄土。

1.2.3 排水固结法

排水固结法的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排水体。加压主要采用地面堆载法、真空预压法和井点降水法。为加固软弱的粘性土,在一定条件下,采用电渗排水井点也是合理而有效的。

(1) 堆载预压法。

在建造建(构)筑物以前,通过临时堆填土石等方法对地基加载预压,预先完成部分或大部分地基沉降,并通过地基土固结提高地基承载力,然后撤除荷载,再建造建(构)筑物。临时的预压堆载一般等于建(构)筑物的荷载,但为了减小由于次固结而产生的沉降,预压荷载也可大于建(构)筑物荷载,这称为超载预压。此法适用于软粘土地基。

(2) 砂井法(包括袋装砂井、塑料排水带等)。

在软粘土地基中,设置一系列砂井,在砂井之上铺设砂垫层或砂沟,人为地增加土层固结排水通道,缩短排水距离,从而加载固结,并加速强度增长。砂井法通常辅以堆载预压,称为砂井堆载预压法。此法适用于透水性低的软弱粘性土,但对于泥炭土等有机质沉积物不适用。