

岩土工程设计计算与施工丛书 6

地基处理工程设计计算与施工

主编 彭振斌



中国地质大学出版社

岩土工程设计计算与施工丛书 6

地基处理工程设计计算与施工

主编 彭振斌

中国地质大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地基处理工程设计计算与施工/彭振斌主编. —武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 7

(岩土工程设计计算与施工丛书 6)

ISBN 7-5625-1165-9

I. 地…

II. 彭…

III. ①地基处理-技术设计②地基处理-工程施工

IV. TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 11718 号

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 方 菊 责任校对 杨 霖

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

经 销 湖北省新华书店

开本 850×1168 1/32 印张 6.5 字数 170 千字

1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷 印数 1—5000 册

定价:9.50 元

岩土工程设计计算与施工丛书编写委员会

主 编：彭振斌

副主编：张可能 陈昌富

委 员：彭振斌 张可能 陈昌富 隆 威
王殿江 许宏武 胡焕校

编 者 的 话

近几年来,随着国民经济的高速增长,建筑工程、铁路公路工程、水利水电工程、桥涵码头工程等建设项目如雨后春笋般蓬勃兴起,迅速发展。岩土工程作为各种建设工程的前期和基础性工作,经过广大科技工作者和工程人员进行理论上的探讨、设计方面的创新、先进技术的推广和应用、施工经验的总结等,从勘察、设计到施工、监理和监测技术均已达到一个新的水平,工程质量也不断提高。但由于我国国家地域辽阔,地质条件复杂,建设工程多、分布面积广,施工队伍的素质、技术参差不齐,以及岩土工程本身具有多样性的特点,在工程实践中,仍然存在不少技术和质量问题,有的甚至造成了重大事故。因此,如何更好地总结已有的科研成果、总结施工经验、推广先进技术、提高工程质量,仍是摆在岩土工程工作者面前的一项艰巨任务。为此我们组织编写了岩土工程设计计算与施工丛书。

该丛书主要读者对象是从事岩土工程勘察、设计、施工、监理和监测的工程技术人员,也可作为相近专业人员和有关院校师生的参考书。

岩土工程设计计算与施工丛书共分六册,包括《灌注桩工程设计计算与施工》、《托换工程设计计算与施工》、《锚固工程设计计算与施工》、《深基坑开挖与支护工程设计计算与施工》、《注浆工程设计计算与施工》、《地基处理工程设计计算与施工》。其中:《灌注桩工程设计计算与施工》和《托换工程设计计算与施工》由中南工业

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 地基处理技术发展概况	(1)
第二节 地基处理的目的与意义	(3)
第三节 地基处理方法设计	(3)
一、一般规定	(4)
二、设计顺序	(5)
第二章 换填法处理	(6)
第一节 概述	(6)
一、换填法的概念	(6)
二、垫层材料	(6)
三、换填法的作用	(6)
四、换填法应用范围	(7)
第二节 垫层设计	(8)
一、垫层厚度的确定	(8)
二、垫层宽度的确定	(9)
三、垫层设计计算举例	(10)
第三节 垫层密实化处理方法	(12)
一、碾压法	(13)
二、重锤夯实法	(15)
三、振动压实法	(17)
第四节 换填法施工	(18)
一、砂和砂石垫层	(18)
二、灰土和素土垫层	(21)

三、碎石和矿渣垫层	(23)
第三章 强夯法处理	(25)
第一节 概述	(25)
一、强夯法概念	(25)
二、强夯法的来历	(25)
三、强夯法的适用范围	(26)
四、强夯法优缺点	(27)
第二节 强夯加固机理	(27)
一、强夯的力学模型	(28)
二、土体强度的增长过程机理	(29)
三、夯击能量的传递机理	(30)
第三节 强夯设计	(31)
一、夯击能量	(31)
二、夯击遍数	(33)
三、夯点布置	(34)
四、强夯范围	(34)
五、间隔时间	(34)
六、现场试夯	(35)
第四节 强夯施工	(36)
一、机具与设备	(36)
二、施工要点	(37)
三、质量检验	(40)
第五节 强夯技术的发展	(40)
一、研制专用设备,大幅度提高单击能量	(40)
二、采用强夯置换法复合加固地基	(41)
三、水下强夯	(42)
第四章 桩基处理	(44)
第一节 土桩和灰土挤密桩处理	(44)

一、加固机理	(44)
二、设计计算	(47)
三、施工工艺	(50)
四、质量检验	(53)
第二节 碎石桩、砂桩处理	(54)
一、加固机理	(54)
二、设计计算	(56)
三、施工工艺	(68)
四、质量检验	(68)
第三节 石灰桩处理	(69)
一、加固机理	(70)
二、设计计算	(73)
三、施工工艺	(75)
四、质量检验	(77)
第四节 钢筋混凝土预制桩处理	(77)
一、设计计算	(78)
二、桩的预制、起吊、运输与堆放	(78)
三、沉桩方法	(80)
第五节 水泥粉煤灰碎石桩处理	(80)
一、加固机理	(80)
二、设计计算	(81)
三、施工工艺	(84)
四、效果检验	(85)
第五章 深层搅拌法	(86)
第一节 概述	(86)
第二节 深层搅拌法加固软土地基的加固机理	(88)
一、固化剂的种类	(88)
二、水泥加固软土的作用机理	(88)

三、石灰加固软土的作用机理	(91)
第三节 深层搅拌法的室内外试验	(92)
一、水泥土的室内配合比试验	(92)
二、水泥土搅拌桩的野外试验	(96)
三、石灰粉体深层喷射搅拌法的室内外试验	(97)
第四节 常用机具设备类型及性能	(98)
一、SJB-1 型深层搅拌机	(99)
二、GZB-600 型深层搅拌机	(100)
三、GPP-5 型粉体喷射搅拌机	(100)
第五节 深层搅拌桩的设计计算	(101)
一、水泥土搅拌桩的设计	(101)
二、水泥土搅拌桩的计算	(102)
三、粉体喷射搅拌法加固软土地基的设计	(105)
第六节 施工工艺及注意事项	(105)
一、水泥土深层搅拌法施工工艺及注意事项	(105)
二、粉体喷射搅拌法施工工艺及注意事项	(108)
第七节 深层搅拌法的质量检测	(109)
一、施工期质量检验	(109)
二、工程竣工后的质量检验	(110)
第六章 排水固结处理	(112)
第一节 概述	(112)
一、排水固结处理的概念	(112)
二、排水固结法的作用与适用范围	(114)
三、排水固结原理	(115)
第二节 排水固结理论计算	(116)
一、地基固结度计算	(116)
二、地基抗剪强度增长值的推算	(122)
三、沉降量计算	(123)

第三节 排水固结处理的设计	(124)
一、加压系统设计	(124)
二、排水系统设计	(130)
第四节 排水固结法施工	(134)
一、水平排水砂垫层施工要点	(134)
二、竖向排水体施工	(135)
三、施加预压荷载	(137)
第五节 质量检验	(140)
第七章 土的加筋技术——加筋土挡墙	(141)
第一节 概述	(141)
第二节 加固机理	(145)
一、加筋土基本原理	(145)
二、加筋土挡墙破坏机理	(147)
第三节 设计计算	(149)
一、加筋土挡墙的形式	(149)
二、加筋土挡墙的材料与构件	(149)
三、构造设计	(152)
四、结构设计计算	(154)
第四节 施工技术	(160)
一、施工工艺流程	(160)
二、基础施工	(162)
三、面板安装	(162)
四、拉筋铺设	(162)
五、填土的铺筑与压实	(163)
第八章 地下连续墙	(164)
第一节 概述	(164)
第二节 施工准备与修筑导槽	(166)
一、施工准备	(166)

二、修筑导槽·····	(167)
第三节 护壁泥浆的作用及制备·····	(169)
一、泥浆的作用·····	(169)
二、泥浆制备与管理·····	(171)
第四节 槽段开挖施工·····	(172)
一、成槽机具设备·····	(172)
二、槽段划分与开挖·····	(175)
三、清槽与槽段连接·····	(181)
第五节 钢筋笼制作与安装·····	(182)
第六节 混凝土浇灌·····	(184)
一、混凝土配比及性能要求·····	(184)
二、混凝土浇灌·····	(185)
第七节 施工常见事故及预防处理措施·····	(187)
参考文献·····	(192)

第一章 绪 论

第一节 地基处理技术发展概况

近 30 年来,国内外在地基处理技术方面发展十分迅速,使传统方法得到改进,新的技术不断涌现。如在 60 年代中期,从如何提高土的抗拉强度这一思路中,发展了土的“加筋法”;从如何提高土的排水固结这一观点出发,发展了土工聚合物、砂井预压和塑料排水带;从如何进行深层密实处理方法考虑,采用了加大击实功的“强夯法”和“振动水冲法”等等。随着工业的发展,给地基工程提供了先进的生产手段,如制造重达几千吨的专用地基加固施工机械(“强夯法”使用的起重机械);潜水电机的出现,带来了振动水冲法;真空泵的问世,才能建立真空预压法;生产了大于 20 MPa 的压缩空气机、从而产生了“高压喷射法”。

随着地基处理工程的实验和发展,人们在改造土的工程性质的同时,不断丰富了对土的特性研究和认识,从而又进一步推动了地基处理技术和方法的更新,因而成为土力学基础工程领域中一个较有生命力的分支。

本丛书《灌注桩工程设计计算与施工》较详细地介绍了地基处理中较为常见的灌注桩方法;锚固工程技术也是目前较受重视的地基处理方法,本丛书《锚固工程设计计算与施工》也进行了较详细

的介绍；注浆技术是地基处理中效果比较理想的加固方法，本丛书《注浆工程设计计算与施工》也作了较为详细的介绍；本丛书《托换工程设计计算与施工》和《基坑支护工程设计计算与施工》也介绍了一些地基处理技术，所以本书就不再重复上述五册书的内容，只就未涉及的内容加以叙述。

表 1-1 为有关地基处理方法的主要适用范围和加固效果。

表 1-1 有关地基处理方法的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					最大有限处理深度 (m)
			淤泥 质土	人 工 填 土	粘性土		无 粘 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	
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	灰土桩挤密法	*	*	*	*		*	*	*		*	20
	10	石灰桩挤密法	*		*	*		*	*	*		*	20
	11	砂井堆载预压法	*		*	*		*	*	*		*	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	硅 化 法			*	*	*	*	*	*	*	*	20
	17	电动硅化法	*		*	*		*	*	*	*	*	
	18	高压喷射注浆法	*	*	*	*	*		*	*	*	*	20
	19	深层搅拌法	*		*	*			*	*	*	*	18
	20	粉体喷射搅拌法	*		*	*			*	*	*	*	13
	21	热加固法			*	*		*	*	*		*	15
	22	冻 结 法	*	*	*	*	*	*		*	*		

注：* 表示适用。

第二节 地基处理的目的与意义

上一节已经谈到地基处理技术发展迅速，而为什么要进行地基处理呢？什么是地基呢？“地基”这个概念目前似乎还没有一个严格的界定，作者认为：“地基”是指受建（构）筑物荷载影响的那一部分地层。地基由于受下述原因影响，所以须进行地基处理。

（1）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的剪切破坏。

（2）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，特别是超过建筑物所允许的不均匀沉降时，结构可能开裂破坏。沉降量较大时，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）渗漏是由于地下水在运动中出现的问题，地基的渗漏量或水力比降超过允许值时，会发生水量损失，或因潜蚀和管涌可能导致失事。由于渗漏也影响地基处理施工和施工质量。

（4）在动力荷载（包括地震、机器及车辆振动、波浪和爆破等）的作用下，可能会引起地基土、特别是饱和和无粘性土的液化、失稳和震陷等危害。

地基只要存在以上某一个或几个问题就须进行地基处理，如何处理，如何做到经济、合理、有效，这就要从本书中选择恰当的地基处理技术。所以地基处理的重要性目前已被越来越多的人所认识。

第三节 地基处理方法设计

本书所介绍的地基处理方法都有它的适用范围、局限性和优缺点，没有一种方法是万能的。在具体的地基处理工程，情况是非常

复杂的，工程地质条件千变万化，具体的处理要求也不相同，而且各施工单位的设备、技术、材料也不同。所以，对每一项具体地基处理工程要进行具体细致分析，应从地基条件、处理要求（包括经处理后地基应达到的各项指标、处理的范围、工程进度等）、工程费用以及材料、设备等各方面进行综合考虑，以确定合理的地基处理方法。合理的地基处理方法原则上一定要技术上是可靠的，经济上是合理的，又能满足施工进度要求。对于一个具体工程可以采用一种地基处理方法，也可采用两种或两种以上的地基处理方法。在确定地基处理方法时，还要注意节约能源，并注意环境保护，避免因地基处理对地面水或地下水产生污染以及设备噪音对周围环境产生的不良影响等。

一、一般规定

(1) 选择地基加固方法，应根据场地地质条件、建筑结构类型、使用要求，对周围环境影响、材料情况、施工条件以及技术经济指标等因素进行综合考虑，做到技术先进、经济合理、安全适用、质量保证。

(2) 对已选定的地基处理方法，应按建筑物安全等级和场地复杂程度，选择有代表性的场地进行相应的现场试验，并进行必要的测试，以检验设计参数和处理效果。

(3) 地基处理前后应进行必要的勘察试验，布置一定的现场检测和短期或长期观测。现场检测与观测一般包括动、静触探、标贯、静载试验及沉降观测，必要时尚可适当布置地面沉降、深层沉降、孔隙水压力、现场十字板剪切或波速等观测或试验。

(4) 地基处理后，在受力层范围内仍存在软弱下卧层时，应验算软弱下卧层的承载力，并符合下式要求：

$$p_z + p_{cz} \leq f_z \quad (1-1)$$

式中： p_z ——软弱下卧层顶层处的附加压力设计值； p_{cz} ——软弱下

卧层顶面处土的自重压力标准值； f_z ——软弱下卧层顶面处经深度修正后的地基承载力设计值。

二、设计顺序

地基处理技术的设计顺序可按照曾国熙等提出的来进行设计（见图 1-1）。

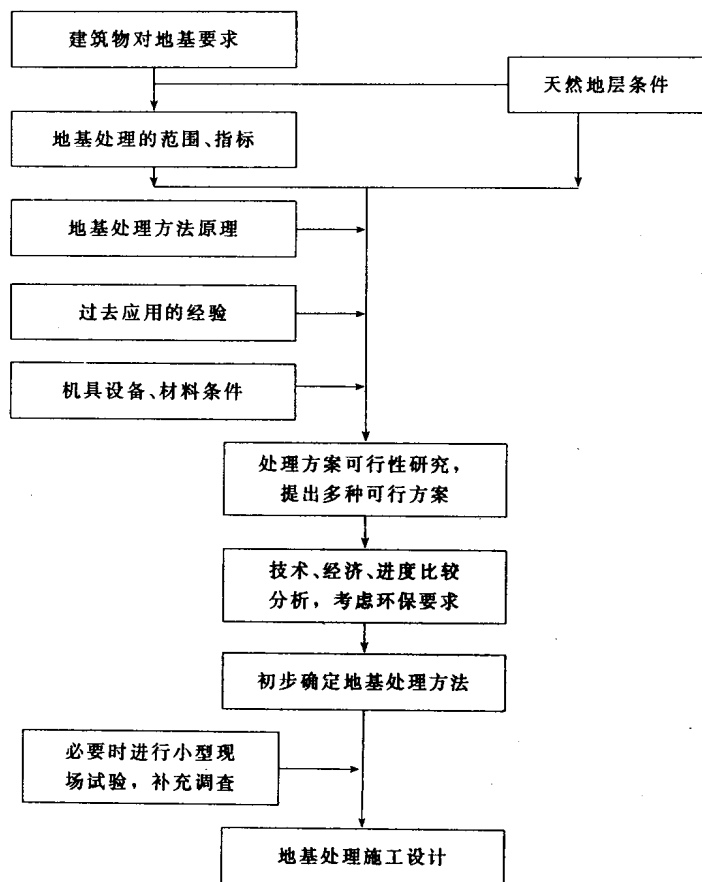


图 1-1 地基处理方法设计顺序

第二章 换填法处理

第一节 概 述

一、换填法的概念

换填法又称开挖置换法、换土垫层法，简称换土法、垫层法等。该法是指将基础下一定深度内的软弱土层挖除，分层回填强度较高、压缩性较低、且无侵蚀性的散体材料，并夯实或振压至要求的密实度，用作地基持力层。

二、垫层材料

垫层材料可以是中粗砂、卵石、砾石、碎石、素土、灰土、矿渣，以及其他性能符合要求的散体材料。在性能符合要求前提下，可就地、就近取材选用，以节省运输费用。

应当指出，采用不同的垫层材料，虽然在某些非主要方面存在一定差异和限制，但就地基承载力和沉降变形这两个主要方面却基本相似。因此，对各种垫层材料，基本设计方法是一致的。本章将以砂垫层为主进行介绍。

三、换填法的作用

换填法的作用包括以下几方面：