

新编

建筑工程施工 实用技术手册

李继业 马安堂 主 编
张玉明 副主编



化学工业出版社

新编建筑工程施工 实用技术手册

李继业 马安堂 主 编
张玉明 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据现行建筑工程施工规范和质量验收标准,系统地介绍了建筑工程施工的基本理论、施工工艺、施工技术和施工方法;重点介绍了基础工程、砌体工程、脚手架工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程和深基坑支护结构等的施工工艺和施工方法,同时也介绍了以上各种工程的质量要求等内容。

本书实用性和可操作性较强,可作为建筑工程技术人员和管理人员的技术实用书,也可作为建筑施工第一线技术工人的培训教材,还可以作为高等学校相关专业的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新编建筑工程施工实用技术手册/李继业,马安堂主编.
北京:化学工业出版社,2012.4
ISBN 978-7-122-13528-5

I. 新… II. ①李…②马… III. 建筑工程-工程施工-
技术手册 IV. TU7-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第026051号

责任编辑:刘兴春
责任校对:陈静

装帧设计:杨北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张25¼ 字数698千字 2012年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:85.00元

版权所有 违者必究



前 言

据有关统计,到2010年年底,我国的城市化率已经达到了47.5%,我国城市人口已经达到了6.10亿,如果按照1%的增长速度,到“十二五”期末(2015年)我国的城市化率将超过51%,城市人口的增长必然带来交通环境、能源、就业等方方面面的变化。这些变化将改变城市的经济结构、消费结构、文化结构和社会结构。“十二五”是我国城市发展的关键时期,我国的城市将经过城市化加速期、城市成长关键期和城市价值的提升期。

城市化的发展促进了我国国民经济飞速发展,城市建设日新月异,城镇的发展速度已成为衡量一个国家和地区现代文明的标准,现代建筑的规模和水平已成为一个国家和地区综合实力的标志。经过20余年的努力实践,我国的现代建筑正朝着高技术、快速度、高质量方向发展,其先进性、复杂性和广泛性是以往任何时代所不能比拟的。尤其是进入21世纪后,我国在建筑工程施工的技术领域发生了深刻的变化,取得了许多重大突破和新的成果,有的已达到世界先进水平,成为世界建筑大国。

本书按照现行的施工规范和标准,比较完整、系统地介绍了一般建筑工程施工技术的基本知识、基本理论和基本方法,比较系统地介绍了建筑工程施工的新材料、新技术、新工艺和新方法,并按照国家现行的施工质量及验收规范提出了具体要求,力求使本书具有科学性和先进性。

本书由李继业、马安堂担任主编,由张玉明担任副主编,宋洪波、王海宇参加了编写。李继业负责全书的规划并负责第一章至第四章的统稿,马安堂负责第五章至第八章的统稿,宋洪波负责全书的校对和绘图工作。本书的具体编写分工为:李继业编写第一章、第二章;马安堂编写第五章、第六章;宋洪波编写第七章;张玉明编写第三章、第八章;王海宇编写第四章。

在本书编写过程中参考了相关已出版文献和技术资料,在此对这些作者表示衷心地感谢。由于施工技术发展很快,参考的资料不够全面,加上编者水平所限,书中难免存在不足和疏漏之处,敬请广大读者、专家和同行批评指正。

编 者

2012年1月于泰山

目 录

第一章 基础工程施工	1	一、中型砌块的施工	77
第一节 建筑地基处理概述	1	二、小型空心砌块砌体施工	79
一、建筑地基处理概述	1	第四节 砌体工程冬雨期施工	82
二、地基处理设计程序	2	一、一般规定	82
第二节 地基处理换填法	3	二、外加剂法	82
一、垫层的设计	3	三、暖棚法	83
二、垫层的施工	6	第五节 砌体工程的质量验收	83
第三节 地基处理的排水固结法	10	一、砌体工程施工质量的基本规定	83
一、排水固结法概述	10	二、砖砌体工程的质量要求	85
二、排水固结法设计	11	三、小型空心砌块砌体工程质量要求	86
三、排水固结法施工工艺	13	四、石砌体工程的质量要求	88
四、排水固结法的质量检验	15	五、配筋砌体工程的质量要求	90
第四节 地基处理的强夯法与强夯置换法 ..	16	第三章 脚手架工程施工	92
一、强夯法的设计与施工	16	第一节 脚手架的作用与要求	92
二、强夯置换法的设计与施工	19	一、脚手架的作用	92
三、质量与安全检验	20	二、脚手架的分类	92
第五节 砂石桩的施工方法	21	三、脚手架的基本要求	93
一、砂石桩的设计	21	第二节 多立杆式脚手架	93
二、砂石桩的施工	23	一、扣件式钢管脚手架	93
第六节 水泥土搅拌法施工	27	二、碗扣式钢管脚手架	101
一、水泥搅拌复合地基的设计	27	第三节 门式脚手架	108
二、水泥土搅拌法施工工艺	28	一、门式钢管脚手架的主要组成	108
三、水泥土搅拌桩质量检验	30	二、构配件对材质性能的要求	110
第七节 桩基工程施工	32	三、门架和配件的质量分类	112
一、预制桩的施工	32	四、门式脚手架搭设与拆除	113
二、灌注桩施工	42	第四节 附着式升降脚手架	115
第八节 浅基础工程施工	57	一、附着式升降脚手架的基本组成	115
一、刚性浅基础施工	57	二、附着式升降脚手架的构造要求	116
二、钢筋混凝土基础施工	60	三、附着式升降脚手架的基本要求	116
第九节 沉井和沉箱基础施工	63	四、附着式升降脚手架的具体使用	117
一、沉井基础的施工	63	第五节 液压升降整体脚手架	119
二、沉箱基础的施工	67	一、液压脚手架的基本规定和架体结构	119
第二章 砌体工程施工	69	二、脚手架液压升降装置和安全装置	121
第一节 砌体材料	69	三、脚手架的安装、升降、使用及拆除	122
一、砌体块材	69	第六节 里脚手架	124
二、砌筑砂浆	70	一、里脚手架的类型	125
第二节 砖石砌体施工	72	二、里脚手架的应用	126
一、砖砌体施工	72	第七节 脚手架安全管理	127
二、石砌体的施工	75		
第三节 中小型空心砌块施工	77		

一、脚手架产生事故的原因分析	127	三、先张法施工工艺	240
二、脚手架安全技术措施	128	第四节 后张法施工工艺	243
三、对脚手架的质量检查	130	一、有黏结预应力施工工艺	243
第四章 混凝土结构工程施工	132	二、无黏结法施工工艺	254
第一节 模板工程施工	132	三、缓黏结预应力的施工工艺	258
一、模板的分类	132	第五节 施工质量验收与安全技术	259
二、现场装拆式模板	136	一、预应力混凝土工程施工质量验收	259
三、飞模	139	二、预应力混凝土工程施工安全技术	263
四、早拆模板体系	140	第六章 结构安装工程施工	265
五、模板安装与拆除的质量要求及 检验	141	第一节 建筑起重机械	265
六、模板安全使用注意事项	143	一、桅杆式起重机	265
第二节 钢筋工程施工	145	二、自行杆式起重机	269
一、钢筋的种类及性能	145	三、塔式起重机	273
二、钢筋的进场验收与存放	148	四、起重配套设备与装置	275
三、钢筋的冷加工	149	第二节 单层工业厂房施工	280
四、钢筋的连接	150	一、构件吊装前的准备	280
五、钢筋的配料	164	二、构件的吊装工艺	282
六、钢筋的代换	166	三、制定结构吊装方案	289
七、钢筋的加工	167	第三节 多层装配式框架结构施工	296
八、钢筋的绑扎与安装	170	一、吊装机械选择与布置	296
第三节 混凝土工程施工	171	二、构件平面布置和堆放	296
一、混凝土的制备	171	第四节 钢结构安装施工	303
二、混凝土的搅拌	187	一、钢结构安装前的准备工作	303
三、混凝土的运输	192	二、钢结构单层厂房安装施工	305
四、混凝土的浇筑	198	第五节 结构安装工程质量与安全	306
五、混凝土的振捣	202	一、混凝土结构安装工程质量要求	306
六、混凝土的养护	205	二、混凝土构件安装允许偏差和检查 方法	308
七、混凝土的拆模	207	三、结构安装工程的安全措施	308
第四节 混凝土工程质量检查及缺陷 处理	209	四、防止触电及防火措施	309
一、混凝土的质量检查与控制	210	第七章 防水工程施工	311
二、混凝土结构质量缺陷与处理	213	第一节 防水材料概述	311
第五节 混凝土的特殊施工	215	一、防水卷材	312
一、混凝土工程的冬期施工	215	二、防水涂料	315
二、混凝土工程的暑期施工	228	三、建筑密封材料	315
第五章 预应力混凝土工程施工	231	四、防水剂	316
第一节 预应力混凝土概述	231	第二节 屋面防水工程施工	317
一、预应力混凝土的基本原理	231	一、卷材防水屋面	317
二、预应力混凝土的主要特点	231	二、防水涂料屋面	322
三、预应力混凝土的分类方法	231	三、刚性防水屋面	324
第二节 预应力钢材	232	第三节 地下防水工程施工	334
一、对预应力筋的品种与性能	232	一、防水混凝土结构	334
二、对混凝土的技术要求	234	二、涂膜防水结构	340
第三节 先张法施工工艺	234	三、卷材防水结构	342
一、张拉台座	234	四、砂浆防水结构	344
二、张拉设备与夹具	237	第四节 卫生间防水工程施工	346
		一、卫生间防水设计基本要求	346

二、厕卫间涂膜防水施工工艺	348	三、土钉墙的施工	385
三、厕卫间防水堵漏技术	352	四、喷锚支护的施工	386
第五节 防水工程质量验收与安全技术	354	五、钢板桩挡墙的施工	387
一、屋面防水工程施工质量验收	354	六、地下连续墙的施工	389
二、地下防水工程施工质量验收	362	第三节 深基坑支护结构的监测	400
三、防水工程施工安全技术	369	一、支护结构监测目的	400
第八章 深基坑支护结构施工	370	二、监测项目及测点布置	400
第一节 深基坑支护结构的选型	370	三、支护结构的监测设备	401
第二节 深基坑支护结构的施工	378	四、监测数据的整理和报警标准	404
一、深层搅拌水泥土桩挡墙施工	378	参考文献	406
二、土层锚杆的施工	380		

第一章 基础工程施工

建筑物基础如何，不仅直接影响着建筑物的使用功能和耐久性，而且还直接影响人民的生命财产安全。当天然地基不能满足工程要求时必须进行地基处理。基础工程施工应包括地基处理、浅基础施工和深基础施工。

第一节 建筑地基处理概述

地基处理就是采用一定的技术对地基进行加固或改良，提高其承载能力，降低地基的压缩性，以减少基础的沉降或不均匀沉降，使建筑物保持稳定状态。

一、建筑地基处理概述

(一) 建筑地基处理的原则

良好的天然地基应具备高承载力和低压缩性，从而满足工程建设的需要。软弱的地基必须采取一定的技术处理才能满足工程建设的需要，经技术处理达到设计要求的地基称为人工地基，人工地基需要耗费很大精力和资金。因此，建筑物一般宜建造在良好的天然地基上。但为节约用地，在实际工程中常常需要将建筑物建造在经处理的人工地基上。

地基处理是指为提高地基的承载力，达到设计要求的强度和稳定性，改善其变形性能或渗透性质等而采取的人工处理地基的方法。现代建筑地基处理的原则是：除应满足工程设计要求的强度和稳定性外，还应做到因地制宜、就地取材、保护环境和节约资源等。

地基处理是涉及面很广、影响因素多、技术较复杂、隐蔽性较强、变化比较大的工程技术问题，涉及地基土的种类与性能、强度与稳定性、地基的压缩与变形、水文地质条件的影响、软弱下卧层的影响、动力荷载作用下的液化、失稳和沉陷等一系列问题，必须根据不同的地质情况分别采取相应的处理措施。

(二) 地基处理解决的问题

建筑工程的地基处理，一般为解决以下几个方面的问题。

(1) 强度及稳定性 通过地基处理，使地基的抗剪强度满足承受上部结构的自重或其他外荷载，防止地基产生局部或整体的剪切破坏。

(2) 沉降及不均匀沉降 保证地基在上部结构的自重或其他外荷载作用下不产生过大的沉降，特别是超过建（构）筑物所能容许的不均匀沉降。

(3) 防止出现渗漏 解决由于地下水运动产生的水量损失，防止因潜蚀、管涌和流砂而可能导致事故。

(4) 动力稳定性 工程实践证明，地基土，特别是饱和细砂、粉砂土在动荷载（如地震、车辆振动、波浪作用和爆破等）作用下，往往发生液化、失稳和沉陷等灾害。

(5) 特殊土的安定性 进行地基处理后，可使湿陷性黄土、膨胀土、内陆性盐渍土等特殊土上的建（构）筑物不会由于不良土性而发生破坏。

(三) 地基处理方法的分类

从不同的角度出发，地基处理方法可有不同的分类方法。根据地基处理的原理，常见的地基处理方法分为物理处理和化学处理两大类，如表 1-1 所列。

表 1-1 地基处理方法的分类

处理原理	处理方法		地基处理措施	处理原理	处理方法	地基处理措施
物理处理	置换法		人工垫层	物理处理	加筋法	加筋土
			挖填置换			土工聚合物
			爆破换土			土层锚杆
	密实法	浅层处理	碾压法			桩、土复合地基
			夯实法			树根桩
			振动压实			锚杆压桩
	密实法	深层处理	强夯法	化学处理	灌浆法	注浆法
			爆破法			高压喷射注浆
			振动冲击法(碎石桩)		搅拌法	石灰土搅拌法
			挤密法(砂石桩、石灰桩、灰土桩等)			水泥土搅拌法(干法、湿法)
	排水固结法		堆荷载预压		冻结法	
			砂井排水(砂井、袋装砂井)		热加固法	
			塑料带排水	其他处理		
			真空排水			
			降水法(水井降水、井点降水)			

二、地基处理设计程序

在确定地基处理方法时应尽可能考虑多个方案,在进行技术经济比较后再确定实施方案。选择的地基处理方法应是技术上可靠,经济上合理,满足方便施工、确保质量的要求。另外,在进行设计前做好准备工作,按照规定的设计程序和步骤做好地基处理设计。

(一) 设计前期准备工作

在进行地基处理设计前,应当认真做好工程水文地质勘测、工程主体结构与基础设计资料的收集、学习及周边环境调研等工作,具体包括以下方面:①收集详细的岩土工程勘察资料、上部结构及基础设计资料,为进行多种处理方案的拟订和比较打下良好的基础;②根据工程具体要求和采用天然地基存在的主要问题,确定地基处理的目的、处理范围和处理后要求达到的各项技术经济指标等;③结合实际工程情况,了解当地地基处理经验和施工条件,对于有特殊要求的工程,还应了解其他地区相似场地上同类工程的地基处理经验和使用情况等;④认真调查邻近建筑、地下工程和有关管线等情况,以便顺利地进行本工程的地基处理,在城镇工程建设中尤为重要;⑤深入了解工程施工现场的环境情况,以便制定切实可行的施工组织设计。

(二) 地基处理设计步骤

(1) 根据建筑结构类型、荷载大小及使用要求,结合地形地貌、地层结构、土质条件、地下水特征、环境情况和对邻近建筑的影响等因素进行综合分析,初步选出几种可供考虑的地基处理方案,包括选择两种或多种地基处理措施组成的综合处理方案。

(2) 对于初步选出的各种地基处理方案,分别从加固原理、适用范围、预期处理效果、耗用材料、施工机械、工期要求和对环境的影响等方面,进行技术经济分析和对比,选择最佳的地基处理方法。

(3) 对已选定的地基处理方法,应按建筑物地基基础设计等级和场地复杂程度,在有代表性的场地上进行相应的现场试验或试验性施工,并进行必要的测试,以检验设计参数和处

理效果。如达不到设计要求时,应查明原因,修改设计参数或调整地基处理方法。

在选择地基处理方案时,应考虑上部结构、基础和地基的共同作用,并经过技术经济比较,选用处理地基或加强上部结构和处理地基相结合方案。地基处理设计步骤如图 1-1 所示。

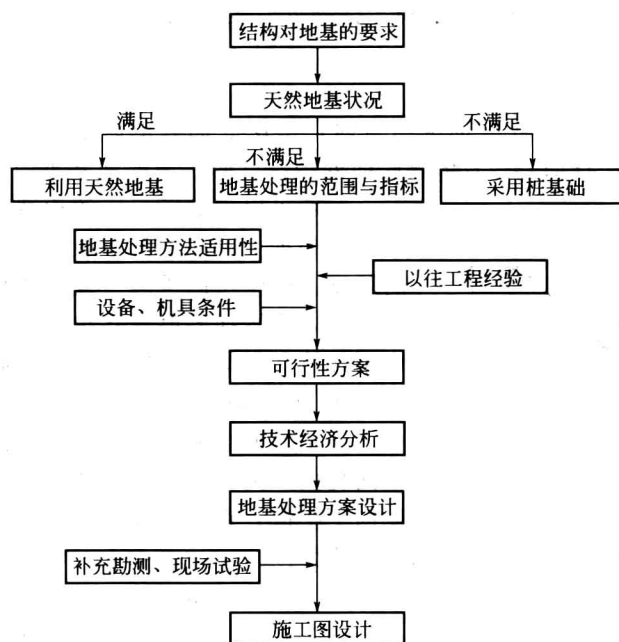


图 1-1 地基处理设计步骤

第二节 地基处理换填法

“换填法”就是将表层不良地基土挖除,然后回填有较好压密特性的材料进行压实或夯实,形成良好的垫层,从而改变地基的承载力特性,提高抗变形和稳定能力。这种方法适用于浅层软弱地基及不均匀地基的处理。在设计和施工中,应根据建筑体型、结构特点、荷载性质、岩土工程条件、填料性质等因素进行综合分析,选择适当的垫层。

一、垫层的设计

(一) 砂垫层的设计

砂垫层的设计不但要满足建筑物对地基变形及稳定性的要求,而且也应符合经济合理的原则。砂垫层设计的主要内容是确定断面的合理厚度和宽度。

1. 砂垫层的特点及适用范围

砂垫层是浅层软弱土层处理中最常用的一种垫层形式,系采用砂或砂石混合物,按设计厚度分层填筑夯实,作为地基的持力层,提高基础下部地基的强度,并通过砂石垫层的压力扩散作用降低对地基的压应力,从而减少沉降量。砂石垫层另一个非常重要的作用,是可以将地基土中孔隙水通过砂石的孔隙快速排出,从而加速下部土层的沉降和固结。

砂石垫层具有应用范围广泛,不需要掺加胶凝材料,由于砂石颗粒较大,可防止地下水因毛细作用上升,地基不受冻结的影响;地基的沉陷能在施工期间完成,不耽误主体建筑物的施工;用机械和人工均可使垫层密实达到要求的密度,施工工艺非常简单,可以大大缩短工期,降低工程造价等特点。

砂层和砂石垫层处理地基的方法,适用于处理 3.0m 以内的软弱、透水性强的黏性土地基,但不宜用于加固湿陷性黄土地基及渗透系数小的黏性土地基。

2. 砂垫层厚度的计算

砂垫层的厚度应根据需要置换的软弱土层深度或下部土层的承载力来确定。垫层底面处土的自重压力和附加应力之和不大于同一标高处软弱土层的承载力设计值,如图 1-2 所示。其表达式可按式(1-1)确定。

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

式中, p_z 为相应于荷载效应标准组合时,垫层底面处的附加压力值, kPa; p_{cz} 为垫层底面土的自重压力值, kPa; f_{az} 为垫层底面处经深度修正后的地基承载力特征值, kPa。

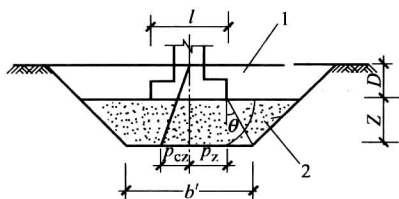


图 1-2 砂垫层内应力分布示意

1—回填土; 2—砂垫层

一般可以根据砂垫层的承载设计值确定基础的宽度,再根据下卧层上部承载力的设计值确定出砂垫层的厚度。砂垫层的承载力设计值要合理确定,如果定值过高,则置换砂厚度将很大,不仅施工不便,而且也不经济。根据工程实践经验,砂垫层的厚度一般不宜大于 3m,但也不宜小于 0.5m。

砂垫层底面处的附加压力设计值 (p_z),通常可按简化的压力扩散角的方法求得。假定压力按某一角度向下扩散,在此角度范围内,压力在水平面上均匀

分布,其附加压力可按式(1-2)和式(1-3)计算:

$$\text{条形基础} \quad p_z = b(p_k - p_c) / (b + 2z \tan \theta) \quad (1-2)$$

$$\text{矩形基础} \quad p_z = b(p_k - p_c) / (b + 2z \tan \theta)(l + 2z \tan \theta) \quad (1-3)$$

式中, b 为矩形或条形基础底面的宽度, m; l 为矩形基础底面的长度, m; p_k 为相应于荷载效应标准组合时,基础底面处的平均压力值, kPa; p_c 为基础底面处土层的自重压力值, kPa; z 为基础底面下垫层的厚度, m; θ 为垫层的压力扩散角 ($^\circ$),应根据试验确定。当无试验资料时,可查表 1-2 确定。

表 1-2 压力扩散角 θ

单位: ($^\circ$)

z/b	中砂、粗砂、砾砂、圆砾、角砾、石屑、碎石、卵石、矿渣	粉质黏土、粉煤灰	灰土
0.25	20	6	28
≥ 0.50	30	23	

注:当 $z/b < 0.25$ 时,除灰土取 $\theta = 28^\circ$ 外,其他一般取 $\theta = 0^\circ$ (必要时由试验确定);当 $0.20 < z/b < 0.50$ 时, θ 可内插求得。

3. 垫层宽度的确定

砂垫层或砂石垫层的宽度,除要满足压力扩散的要求外,还要根据垫层侧面土的强度大小来确定,以防止垫层向两边产生移动。如果垫层宽度不足,四周侧面土质又比较软弱时,垫层就有可能部分挤入侧面软弱土中,使基础沉降增大。

垫层宽度常用扩散角的方法进行计算:

$$b' \geq b + 2z \tan \theta \quad (1-4)$$

式中, b' 为砂垫层的计算宽度, m; b 、 θ 符号含义同上。当 $z/b < 0.25$ 时,按 $z/b = 0.25$ 取值。

垫层的顶面每边宜超出基础底边不小于 300mm,或从垫层底面两侧向上按当地施工经验的要求放坡。大面积整片垫层的底面宽度,常按自然倾斜角控制适当加宽。

4. 垫层承载力确定

砂垫层的承载力应以试验确定,重要工程中厚度大的垫层可以采用载荷试验确定。对于一般工程可以采用标准贯入试验、静力触探和取土样试验确定,当无试验资料时,可按表 1-3 中的数据选用,并验算下卧层的承载力。

表 1-3 各种垫层的承载力参考值

施工方法	换 填 材 料	压实系数 λ_c	承载力标准值/kPa
碾压或 振密实	碎石、卵石	0.94~0.97	200~300
	砂夹杂石[碎石、卵石占全重(质量分数)的 30%~50%]		200~250
	土夹杂石[碎石、卵石占全重(质量分数)的 30%~50%]		150~200
	中砂、粗砂、砾砂		150~200
	黏性土和粉土		130~180
	灰土	0.93~0.95	150~250
重锤夯实	土或灰土	0.93~0.95	150~200

注:1. 压实系数小的垫层,承载力标准值取低值,反之取高值;2. 重锤夯实的承载力标准值取低值,灰土取高值;3. 压实系数 λ_c 为土的控制干密度与最大干密度的比值;土的最大干密度宜采用击实试验确定,碎石或卵石的最大干密度可取 $2.0 \sim 2.2 \text{ t/m}^3$ 。

根据我国对软黏土地区建筑物沉降观测和地基处理实践表明:采用垫层法进行局部处理后,往往由于软弱下卧层的变形,建筑物的地基仍将产生过大的沉降量和沉降差。下卧层顶面承受的置换材料本身的压力超过原天然土层压力较多的工程,地基下卧层将产生较大的变形。重要的工程可按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)中的变形计算方法进行建筑物的沉降计算,以保证垫层加固效果及建筑物的安全使用。

(二) 土垫层的设计

“素土”垫层和灰土垫层总称为土垫层,这类垫层适用于处理 1~4m 的软弱土层,尤其是适用于湿陷性黄土地基的加固。“素土”是天然沉积形成的土层中没有掺杂白灰、河流带来的砂石的土,密度比较均匀,有一定黏稠度;“素土”垫层是先挖去基坑下的部分或全部软弱土,然后回填“素土”分层夯实而成,常用来处理湿陷性黄土和杂填土地基。

灰土垫层是将基础底面下一定范围内的软弱土层挖去,用按一定体积配合比的灰土,在最优含水量的情况下分层回填夯实或压实,常用于处理 1~4m 的软弱土层。

1. 土垫层承载力的确定

土垫层和灰土垫层承载力,一般应通过现场载荷试验、标准贯入试验、静力触探取土试验等方法确定。当无现场试验资料时,可根据土垫层的材料不同,按其压实系数、承载力标准值,参考表 1-3 中的数值加以评定。

经过人工压实或夯实的 3:7 灰土垫层,当压实系数控制在 0.97 及干土重度不小于 $14.5 \sim 15.0 \text{ kN/m}^3$ 时,其容许承载力可达 300kPa 以上。对于 2:8 灰土垫层,当压实系数控制在 0.96~0.97 及干土重度不小于 $14.8 \sim 15.5 \text{ kN/m}^3$ 时,其容许承载力可达 300kPa 以上。

2. 土垫层厚度的计算

一般土垫层和灰土垫层的厚度计算方法与砂垫层的计算方法相同。土垫层和灰土垫层常用于处理湿陷性黄土地基。根据垫层的布置范围可分为两种,即在建筑物基础底面下的局部垫层和建筑物范围内的整片垫层。根据试验结果表明,当矩形基础的垫层厚度为 0.8~1.0 倍的基底宽度,条形基础的垫层厚度为 1.0~1.5 倍的基底宽度时,能消除部分或大部分非自重湿陷性黄土地基的湿陷量。

在自重湿陷性黄土地基上,垫层厚度应大于非自重湿陷性黄土地基垫层的厚度,或采用剩余湿陷量值不大于 20cm 时才能获得较好的效果。如果要使自重湿陷性地基浸水后不出现

任何湿陷性变形,则需要处理全部的湿陷性土层,应选用整片垫层。

(三) 粉煤灰垫层的设计

粉煤灰和天然土中的化学成分具有很大的相似性,主要化学成分为硅、铝、铁等氧化物,其中硅、铝氧化物的含量在 70% 以上。材料试验证明,粉煤灰具有火山灰的特征,在潮湿条件下具有凝结硬化性,可用于道路、小型建筑和构筑物等垫层。

粉煤灰垫层的设计可参照砂垫层的设计方法进行。但应考虑粉煤灰和砂土的物理、力学性质有一定差异。粉煤灰垫层一般应通过试验确定承载力,当无试验资料时,经过人工夯实的粉煤灰垫层,当压实系数控制在 0.90 时其容许承载力可达 120~150kPa,可以抵抗 7 度地震液化。当压实系数控制在 0.95 时,其容许承载力可达 200~300kPa,但应对下部土层的强度和变形验算。

粉煤灰是燃煤电厂排放的工业废渣,可能有的具有一定的放射性,作为建筑物垫层的粉煤灰应符合安全使用标准。粉煤灰垫层中的金属管件、管网,应采取适当的防腐措施。大量填筑粉煤灰时还应考虑对地下水及土壤的环境影响。

(四) 矿渣垫层的设计

采用碎石或矿渣材料作垫层来处理软弱地基是目前国内常用的一种地基加固方法。工程实践证明,碎石和矿渣有足够的强度,变形模量较大,稳定性比较好,且垫层本身还可以起到排水层的作用,并能加速下部软弱土层的固结。

碎石垫层用的碎石粒径一般为 5~40mm 的自然级配碎石,其含泥量及有机物含量不得大于 5%。大面积的矿渣垫层多采用高炉混合矿渣,最大粒径不超过 200mm,或不大于分层厚度的 2/3;中小面积的矿渣垫层,多采用粒径 8~40mm 与 40~60mm 的分级矿渣或 0~60mm 的混合矿渣。

在碎石和矿渣垫层的底部,为了防止基坑表层软弱土层发生局部破坏,而使建筑物基础产生附加沉降,一般应设置一层厚度为 15~30mm 的砂垫层,砂料采用中砂和粗砂,然后再铺筑碎石或矿渣垫层,如图 1-3(a) 所示。当软弱土层的厚度不同时,垫层应做成阶梯形,如图 1-3(b) 所示。但两层垫层的高差不得小于 1m,同时阶梯需符合 $b \geq 2h$ 的要求。

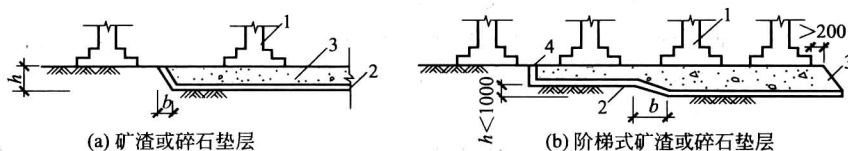


图 1-3 矿渣、碎石垫层示意

1—基础; 2—砂垫层; 3—矿渣或碎石垫层; 4—砂或混凝土挡墙

二、垫层的施工

(一) 垫层施工的一般要求

1. 垫层的施工要点

垫层的施工应根据不同的填筑材料选择相应的施工机械,如表 1-4 所列。垫层的施工方法一般分为机械碾压法、夯实法和平板振动法 3 种。

垫层的施工方法、分层铺筑厚度、每层压实遍数等施工参数应通过试验确定。在不具备试验条件时,可参考表 1-5 中的数值进行确定。各种垫层的压实标准如表 1-6 所列。

2. 垫层的质量检验

垫层的施工质量检验必须按照施工时的分层进行,应在每层的压实系数符合设计要求后再铺筑上层土。垫层施工质量检验,可利用贯入仪、轻型动力触探或标准贯入试验检验等。

表 1-4 垫层施工机械的选择

施工机械	填筑材料类别	施工机械	填筑材料类别
平碾、振动碾、羊足碾	粉质黏土	平碾、振动碾、蛙式夯、平板式振动器	粉煤灰
蛙式夯、柴油夯	(中小型工程)粉质黏土、灰土	平碾、振动碾、平板式振动器	矿渣
振动碾	砂石料	—	—

表 1-5 垫层每层铺筑厚度及压实遍数

施工机械	每层铺筑厚度/m	每层压实遍数	施工机械	每层铺筑厚度/m	每层压实遍数
平碾(8~12t)	0.20~0.30	6~8(矿渣 10~12)	振动碾(8~15t)	0.60~1.30	6~8
羊足碾(5~16t)	0.20~0.35	8~16	插入式振动器	0.20~0.50	—
蛙式夯(200kg)	0.20~0.25	3~4	平板式振动器	0.15~0.25	—

表 1-6 各种垫层压实标准

施工方法	填筑材料类别	压实系数 λ_c
碾压、振密或夯实	碎石、卵石	0.94~0.97
	砂中夹石(其中碎石、卵石占重量的 30%~50%)	
	土中夹石(其中碎石、卵石占重量的 30%~50%)	
	中砂、粗砂、砾砂、角砾、圆砾、石屑	
	粉质黏土	0.95
	灰土	
	粉煤灰	0.90~0.95

注：1. 压实系数为土的控制干密度与最大干密度的比值；土的最大干密度宜采用击实试验确定，碎石或卵石的最大干密度可取 $2.0 \sim 2.2 \text{ t/m}^3$ ；2. 当采用轻型击实试验时，压实系数宜取高值；当采用重型击实试验时，压实系数宜取低值；3. 矿渣垫层的压实指标为最后两遍的压陷入差值小于 2mm 为准。

对于粉质黏土、灰土、粉煤灰和砂石垫层的施工质量检验，可用环刀法、贯入仪、静力触探或标准贯入试验检验；对于砂石、矿渣垫层可用重型动力触探检验，并均应通过现场试验以设计压实系数所对应的设计标准检验垫层的施工质量。压实系数也可采用环刀法等检验，其取样方法、数量、间距等必须符合现行规范的要求。

竣工验收采用荷载试验检验垫层承载力时，每个单位工程不应少于 3 点；对于大型工程则应按工程的面积确定检验的点数。

(二) 砂和砂石垫层的施工

(1) 施工方法和机具选择 砂垫层和砂石垫层选择适宜的施工方法和施工机具，不仅对于施工速度、难易程度密切相关，而且直接影响垫层的施工质量和功能效果，甚至还会影响建筑物的安危。根据工程实践经验，除下卧层是高灵敏度的软土在铺设第一层时不能采用振动能量大的机具扰动下卧层外，在一般情况下，砂垫层和砂石垫层应首选振动施工方法和机具，因为振动比碾压更能使砂和砂石密实。

我国目前砂垫层和砂石垫层常用的施工方法有平板式振捣器振捣法、插入振捣振捣法、夯实法、碾压法等。常用的施工机具有振捣器、振动压实机、平板振动器、蛙式打夯机等。

(2) 砂石垫层的施工要点

① 在垫层铺设前首先进行验槽，将基底表面的浮土、淤泥、杂物清除干净，两侧应设

置一定坡度，防止振捣时出现塌方。基坑（槽）两侧附近如有低于地基的孔、洞、沟、井和墓穴等，应在未进行垫层施工前加以填实。

② 垫层底面宜铺设在同一标高上，如深度不同时土面应挖成阶梯或斜坡形状搭接，并按先深后浅的顺序施工，特别对搭接处应夯压密实。分层铺设时，接头处也应做成斜坡或阶梯形搭接，每层错开 0.5~1.0m，并注意充分捣实。

③ 当采用人工级配的砂石垫层时，应当将砂石材料按设计比例搅拌均匀后再进行铺设捣实。

④ 开挖基坑铺设垫层时，严禁扰动垫层下卧层及侧壁的软弱土层，防止被践踏、受冻或浸泡，否则土的结构会在施工时遭到破坏，其强度就会显著降低。因此，基坑开挖后应及时进行回填，不可暴露过久。

如果垫层下有厚度较小的淤泥或淤泥质土层，在碾压荷载下抛石能挤入该层底面时，可以采用挤出淤泥方法处理，先在软弱土层面上堆填块石、片石等材料，然后将这些材料压入，以置换和挤出软弱土，最后再做垫层。

⑤ 垫层应分层进行铺设，并分层夯实或压实，基坑内预先安好 5m×5m 网格标注，控制每层的铺设厚度。分层厚度应根据选用的振动力大小而定，一般为 15~20cm。振动夯实要做到交叉重叠 1/3，严格防止出现漏振捣和漏压实。夯实、碾压遍数、振实时间应当通过试验确定。

⑥ 采用细砂作为垫层材料时，不宜使用平板式振捣器振捣法和插入振捣振捣法，以免产生液化现象，不仅不能加固地基，反而降低其承载能力。

⑦ 当地下水位较高或在饱和的软弱土层地基上铺设垫层时，应加强基坑内及外侧四周的排水工作，防止砂垫层因泡水而引起砂的流失，保持基坑边坡稳定或采取降低地下水位措施，使地下水位降低到基坑底 500mm 以下。

⑧ 当采用插振捣方法施工时，以振捣棒振幅半径的 1.75 倍为间距（一般为 400~500mm）插入振捣，依次振实，以不再冒气泡为准，直至完成；同时应采取措施做到有控制地注水和排水。垫层接头应重复加强振捣，插入式振捣棒振捣完所留下的孔洞应用砂填实；在振动底层垫层时，不得将振动棒插入原土层或基槽边部，以避免使软土混入砂垫层而降低垫层的强度。

⑨ 垫层铺设振密实完毕后应立即进行下道工序的施工，严禁小车及人在垫层上面行走，如果必须上面作业时可在垫层上铺设铺板。

（3）砂石垫层的质量检查 砂和砂石垫层地基质量验收标准应符合表 1-7 中的规定。

表 1-7 砂和砂石垫层地基质量验收标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检 查 方 法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定方法
	2	配合比	设计要求		检查拌和时的体积比或质量比
	3	压实系数	设计要求		现场实测
一般项目	1	砂石料有机含量	%	≤5	焙烧法
	2	砂石料含泥量	%	≤5	水洗法
	3	石料粒径	mm	≤100	筛分法
	4	含水量(与最优含水量比较)	%	±2	烘干法
	5	分层厚度(与设计要求比较)	mm	±50	水准仪测高程

(三) 灰土垫层的施工

1. 灰土垫层施工要点

- (1) 灰土垫层在正式施工前，必须按规定进行验槽，如发现坑（槽）内有局部软弱土层或孔穴，应挖出后用灰土（或素土）分层填实。
- (2) 灰土垫层土料的施工含水量宜控制在最优含水量±2%的范围内，最优含水量可通过室内击实试验确定，也可按当地已建工程的经验取用。在灰土垫层施工时，应将灰土拌和均匀，严格控制含水量，如土料中水分过多或不足时应晾干或洒水湿润，一般可根据经验在现场直接判断，其方法为手握灰土成团，两手指轻轻一捏即散开，此时灰土的含水量基本上接近最优含量。
- (3) 采取分段施工时，不得在墙角、柱基及承重窗间墙下接缝。上下两层灰土的接缝距离不得小于 500mm。接缝处的灰土应夯实。灰土应拌和均匀并应当日铺筑夯压。灰土夯压密实后的 3 天内不得受水浸泡。
- (4) 灰土的分层铺筑厚度必须按所选用的夯压机具来确定（见表 1-8）。每层灰土的夯压遍数应根据设计要求的干密度在现场试验确定。填土的夯（压）实应分层进行。填土夯（压）实所达到的干密度可按室内压实试验和现场测得的最大干密度进行控制。

表 1-8 灰土最大铺筑厚度

夯压机具种类	质量/kN	铺筑厚度/mm	备注
石夯、木夯	0.4~0.8	200~250	人力送夯，夯下落距 400~500mm，采用一夯压半夯布置
轻型夯实机械	—	200~250	蛙式打夯机、柴油打夯机
振动碾	60~100	200~300	双轮式振动碾

- (5) 为确保灰土的最优含水量符合设计要求，在地下水位以下的基坑（槽）内施工时应采取可靠的排水措施。
- (6) 灰土垫层填筑夯压完成后，应及时修建基础和回填基坑，或进行临时遮盖，防止日晒雨淋。刚填筑完毕或尚未夯实的灰土如遭受雨水浸泡，则应将积水及松软灰土除去并补填夯实，被浸湿的灰土应在晾干后再夯压密实。

2. 灰土垫层质量检验

灰土垫层的质量检验，一般采用环刀法取样，测定其干密度。其质量标准可按压实系数进行鉴定，一般为 0.93~0.96。灰土地基质量检验标准应符合表 1-9 中的规定。

表 1-9 灰土地基质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检 查 方 法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定方法
	2	配合比	设计要求		检查拌和时的体积比
	3	压实系数	设计要求		现场实测
一般项目	1	土料有机含量	%	≤5	实验室焙烧法
	2	土颗粒粒径	%	≤15	筛分法
	3	石灰粒径	mm	≤5	筛分法
	4	含水量(与最优含水量比较)	%	±2	烘干法
	5	分层厚度(与设计要求比较)	mm	±50	水准仪测高程

(四) 粉煤灰垫层的施工

1. 粉煤灰垫层的施工要点

(1) 粉煤灰垫层在铺筑前,应认真清除地基土中的垃圾,排除表面的积水,按要求平整场地,并用 8t 振动碾预压两遍,使地基达到密实。粉煤灰垫层应分层铺筑、碾压。

(2) 粉煤灰垫层施工时的含水量应接近最优含水量,最优含水量应通过室内击实试验确定,也可按当地已建工程的经验取用。施工时,粉煤灰垫层的施工含水量宜控制在土的最优含水量 $\pm 4\%$ 范围内。

(3) 粉煤灰垫层铺筑后宜当天压实,每层验收后应及时铺筑上层或封层,防止粉煤灰干燥后松散起尘,同时应禁止车辆在垫层上碾压通行。

(4) 粉煤灰垫层竣工验收合格后,应及时进行基础施工与基坑回填,防止日晒雨淋。

2. 粉煤灰垫层的质量检验

粉煤灰垫层的施工质量检验,可采用环刀法、贯入仪、静力触探、轻型动力触探或标准贯入试验检验等方法。粉煤灰垫层质量检验标准应符合表 1-10 中的规定。

表 1-10 粉煤灰垫层质量检验标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检 查 方 法
			单位	数值	
主控项目	1	地基承载力	设计要求		按规定方法
	2	压实系数	设计要求		现场实测
一般项目	1	氧化铝及二氧化硅含量	%	≥ 70	实验室化学分析
	2	烧失量	%	≤ 12	实验室烧结法
	3	粉煤灰粒径	mm	0.001~2.000	过筛确定
	4	含水量(与最优含水量比较)	%	± 2	取样实验室确定
	5	每层铺筑厚度	mm	± 50	水准仪测高程

(五) 矿渣垫层的施工

矿渣或碎石垫层的施工,一般是将软弱土层挖至需要深度,先按要求做好砂垫层,用平板式振捣器振捣密实,然后再将矿渣或碎石分层铺设和压实,其压实方法可用碾压法或平板振动法。

碾压法是指采用重 60~100kN 的压路机或拖拉机牵引重 50kN 平碾分层进行碾压。每层铺设厚度为 300mm,用人工或推土机推平后,往返碾压 4 遍以上。每次碾压均与前次碾压轮距宽度重合一半,碾压时宜浇适量的水湿润,以利于碾压密实。

平板振动法适用于小面积的施工,宜采用功率大于 1.5kW、频率为 2000 次/min 以上的平板式振捣器往复进行振捣,每层铺设厚度为 200~250mm,每处振捣时间不少于 60s,振捣遍数由试验确定,一般应振捣 3~4 遍,并做到交叉、错开、重叠。

第三节 地基处理的排水固结法

在软土地基上直接建造建筑物或进行填土时,由于这类土的含水量高、压缩性大、强度较低、透水性差,地基将会因为固结和剪切变形而产生较大的沉降,甚至由于强度不足而产生地基土破坏,因此,必须对这类土的地基进行有效地加固处理。

一、排水固结法概述

排水固结法是对天然地基,或先在地基中设置砂井(袋装砂井或塑料排水带)等竖向排