



复合地基

■ 薛殿基 冯仲林 主编

桩处理技术

中国建筑工业出版社

复合地基桩处理技术

薛殿基 冯仲林 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

复合地基桩处理技术/薛殿基, 冯仲林主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2011.6
ISBN 978-7-112-13050-4

I. ①复… II. ①薛…②冯… III. ①桩基础-人工地
基-地基处理 IV. ①TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 043614 号

责任编辑:丁洪良 李 阳

责任设计:张 虹

责任校对:王雪竹 陈晶晶

复合地基桩处理技术

薛殿基 冯仲林 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18½ 字数: 445 千字

2011 年 5 月第一版 2011 年 5 月第一次印刷

定价: 42.00 元

ISBN 978-7-112-13050-4
(20396)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编著名单

主 编：薛殿基

副主编：冯仲林

参编人（以姓氏笔画为序）：

李孟然 杨 纪 张 奇

徐伟栋 韩卫娜 鲁玉忠

前 言

随着楼房建设高度的不断增加和各项基本建设规模的增大,原有天然地基承载力就难以满足建筑物承载的需要。但是通过科学技术的发展使得人们能够对天然地基进行加固处理,使其达到工程建设的要求,于是“复合地基”这一技术词语越来越被广大工程技术人员所认识。复合地基是利用不同的技术手段对天然地基进行加固处理后所得到的人工地基,它比天然地基具有更大的承载能力。复合地基广泛用于水利、水电、公路、铁路、桥梁、房屋、矿山等工程建设中,从事各类基本建设的土建工程设计人员,必须全面了解复合地基的应用条件,熟练掌握它的设计技能,以适应技术发展和工程建设的需要。

本《复合地基桩处理技术》系作者根据多年的工程实践和经验积累,并查阅大量相关书籍和资料精心编写而成,面向广大设计人员,力求简明、易懂、完整、实用。本书较详细地介绍了各类复合地基桩处理技术的适应土层、工作原理、机械设备、施工程序、参数选定、计算方法,并列举了复合地基桩处理工程的设计实例,是一本极有参考价值的复合地基桩处理技术的综合资料。

本书注重于设计实用,针对性强,文字精练、资料丰富、内容较全面,具有较好的操作性和实用性,为设计人员提供了一个良好的复合地基桩处理技术设计工具,读者很容易从书中获得有效帮助,持有此书,可以完成各类型复合地基桩处理工程的设计任务,不仅可以作为各类建筑工程设计人员的工具书,也可以作为相关施工、研究、教学、管理、学习等方面人员的参考书。

本书编写的主要特点有:

1. 本书以《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2002 为基础,对该规范中所介绍的各种复合地基桩均实施了细化、分解、补充和扩展,涵盖了所有桩的技术要求,使读者能够有一个完整的认识。广大土建工程技术人员,无需翻阅更多的书,只需依照本书便可了解到各类复合地基桩的技术特点并进行各类复合地基设计,具有很好的实用性和可操作性。

2. 该书从最基本点开始,循序渐进地介绍了建筑地基概述、复合地基基本计算、各类复合地基桩技术、复合地基设计、复合地基计算、复合地基设计实例等,具有章节内容突出,便于阅读和理解的特点。

3. 书中分别介绍了各类复合地基桩的基本特性、作用原理、设计要求、计算方法、参数确定、施工机具、施工方法、质量控制等,并附有必要的插图和表格,文字精练、清晰,便于各桩互相对比。

4. 书中录入了《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2002 未涉及的几种微型混凝土桩,这些桩在工程实践中已广泛运用,收入书中便于读者在设计、施工、研究、学习中参考,有利于扩大对桩技术的认识和应用。

5. 书中还专门介绍了复合地基桩的抗水平侧压力作用,较详细叙述了基坑支护工程的设计方法,并有计算例题,可以帮助读者应用复合地基桩进行岸坡及基坑防护工程的设计。

计与计算。

6. 书中列入了“复合地基设计”和“复合地基计算”的章节，内容系统完整，弥补了相关图书中没有完整计算方法的不足。

7. 本书按桩体材料构成的不同对桩进行了分类，从第3章到第6章分别介绍了不同桩的特性，有利于加强读者对各种桩的认识，更好地了解各种桩的个性、共性及差异。

8. 书中的设计计算实例，方法明确，步骤清晰，适用于各类复合地基计算，尤其对于需要进行详细计算的大中型工程有极好的参照作用。

本书共由10章构成，各章主要内容如下：

第1章“建筑地基概述”。本章简要介绍了天然地基与复合地基的区别和适应条件。读者通过本章学习，可以很清楚地了解、掌握复合地基的总体概念。

第2章“复合地基的基本计算”。本章集中论述了复合地基承载力和压缩变形的计算理论和计算方法，对重要计算公式进行了导出。读者通过本章学习，可以弄清复合地基桩的划分、作用原理、基本计算。

第3章“散体材料桩”。本章重点讨论了振冲桩、砂石桩等散体材料桩的区分、特性、计算公式、施工机具、施工方法及质量标准。

第4章“原位喷射搅拌桩”。本章重点讨论了浆液喷射搅拌桩、粉体喷射搅拌桩、高压喷射注浆桩等原位喷射搅拌桩的区分、特性、计算方法、施工机具、施工方法及质量标准。

第5章“夯实灰土类桩”。本章重点讨论了土挤密桩、灰土挤密桩、石灰桩、夯实水泥土桩及柱锤冲扩桩等夯实灰土类桩的区分、特性、计算公式、施工机具、施工方法及质量标准。

第6章“灌注振实类桩”。本章重点讨论了水泥粉煤灰碎石桩、小直径灌注混凝土桩、钢筋混凝土预制桩、楔形钢筋混凝土短桩、花管高压注浆桩等灌注振实类桩的区分、特性、计算方法、施工机具、施工方法及质量标准。

第7章“复合地基设计”。本章阐述了复合地基设计准备、设计资料、设计程序、设计要求及主要计算参数，可供读者熟悉复合地基设计要求和办法。

第8章“复合地基计算”。本章深入探讨了复合地基的受力方式、计算步骤、计算方法，通过本章可以使读者系统掌握复合地基的计算过程与方法。

第9章“基坑开挖边坡支护设计”。本章专门讨论了复合地基桩的抗侧向水平力的作用原理与承载方法，通过本章能够使读者认识复合地基桩的抗水平力作用，可以熟练地把这项技术应用到基坑或岸坡防护工程中。本章还推荐了一项基坑支护专利技术，供读者参考。

第10章“计算实例”。本章完整展示了条形基础复合地基的计算、整体基础复合地基的计算及复合地基桩抗水平力的计算，可供读者在实用中参照。

赵飙同志对整书的图文合成进行了大量编排工作，在此表示深切感谢！

本书在编写过程中，得到了黄河勘测规划设计有限公司交通设计院院长、教授级高级工程师吴健同志的鼎力支持，作者尤为感谢！

如果本书能够在我国各项工程建设中发挥较好作用，能够为各位读者给予一些帮助，将是作者的最大安慰和愿望。由于水平所限，书中错误和不妥之处难免，敬请读者批评指正。

符 号 说 明

- R_a —— 单桩竖向承载力 (kN);
- q_{si} —— 桩周第 i 层土的侧阻力特征值 (kPa);
- q_{sp} —— 天然土层桩的端阻力特征值 (kPa);
- p —— 作用在复合地基上的平均压力 (kPa);
- p_p —— 作用在桩体上的压力 (kPa);
- p_c —— 作用在桩间土的压力 (kPa);
- p_z —— 复合土层顶面的附加应力 (kPa);
- p_{sz} —— 复合土层底面的附加应力 (kPa);
- f_{cu} —— 与桩体配合比相同的室内加固土试块标准条件养护下的抗压强度平均值 (kPa);
- f_p —— 桩体材料轴心抗压强度 (kPa);
- f_k —— 天然土层承载力特征值 (kPa);
- f_{spk} —— 复合地基单位面积承载力值 (kPa);
- f_{pk} —— 桩体单位面积承载力值 (kPa);
- Δp_i —— 第 i 层复合土层上附加应力增量 (kPa);
- Δp_{ci} —— 复合地基中第 i 层桩间土的附加应力增量 (kPa);
- Δp_{ki} —— 天然土层地基在上部荷载 p 的作用下第 i 层土上的附加应力增量 (kPa);
- f_{sk} —— 桩间土单位面积承载力值 (kPa);
- p_1 —— 复合土层顶面 (桩顶) 作用应力 (kPa);
- p_2 —— 复合土层底面 (桩底) 作用应力 (kPa);
- A_z —— 处理地基总面积 (m^2);
- A —— 单桩承担的处理面积 (m^2);
- A_c —— 单桩桩间土面积 (m^2);
- A_p —— 单桩截面积 (m^2);
- u_p —— 桩的周长 (m);
- L —— 桩体的总长度 (m);
- l_i —— 第 i 层复合土层的厚度 (m);
- a —— 桩体布孔间距 (m);
- n_p —— 复合地基总桩数;
- n —— 桩长范围内所划分的土层数;
- m —— 桩土面积置换率;
- n_0 —— 桩土应力分担比;
- β —— 桩间土承载力折减系数;

- μ_0 —— 应力修正系数;
- ξ —— 应力集中系数;
- λ —— 应力减小系数;
- ψ_s —— 沉降计算经验系数;
- E —— 天然地基的变形模量 (MPa);
- E_{cp} —— 复合地基的变形模量 (MPa);
- E_p —— 桩体的变形模量 (MPa);
- E_c —— 桩间土的变形模量 (MPa);
- E_i —— 第 i 层复合土层的变形模量 (MPa);
- E_{ci} —— 复合地基中第 i 层桩间土的变形模量 (MPa);
- E_k —— 天然土层地基第 i 层土的变形模量 (MPa);
- E_{si} —— 实体基础底面以下第 i 层土的压缩模量 (MPa);
- s —— 复合地基总沉降量 (mm);
- s_1 —— 复合地基加固部分沉降量 (mm);
- s_2 —— 复合地基下卧层沉降量 (mm);
- s_{lk} —— 未加固地基在荷载 p 作用下相应厚度内的压缩量 (mm);
- s' —— 按分层总和法计算出的地基沉降量 (mm);
- Δs_i —— 压缩层内某一土层的计算沉降量 (mm);
- p_0 —— 对应于荷载效应准永久组合时的基础底面处的附加应力 (kPa);
- z_i, z_{i-1} —— 实体基础底面至第 i 层土、 $i-1$ 层土底面的距离 (m);
- $\bar{\alpha}_i, \bar{\alpha}_{i-1}$ —— 实体基础底面计算点至第 i 层土、 $i-1$ 层土底面范围内平均附加应力系数。

目 录

符号说明

1 建筑地基概述	1
1.1 认识建筑地基	1
1.2 复合地基	8
2 复合地基的基本计算	11
2.1 复合地基简述	11
2.2 复合地基基本计算方法	13
3 散体材料桩	23
3.1 振冲桩	23
3.2 砂石桩	35
4 原位喷射搅拌桩	50
4.1 浆液喷射搅拌桩	50
4.2 粉体喷射搅拌桩	62
4.3 高压喷射注浆桩	74
5 夯实灰土类桩	87
5.1 土挤密桩和灰土挤密桩	87
5.2 石灰桩	101
5.3 夯实水泥土桩	111
5.4 柱锤冲扩桩	119
6 灌注振实类桩	127
6.1 水泥粉煤灰碎石桩	127
6.2 微型混凝土桩	144
7 复合地基设计	151
7.1 复合地基设计资料准备	151
7.2 复合地基设计方案选择	152
7.3 复合地基设计中的一些技术问题	155
7.4 桩的质量控制与事故处理	161
7.5 复合地基设计方法	167
8 复合地基计算	171
8.1 群桩的工作原理	171
8.2 复合地基承载力计算	172
8.3 单桩承载力的确定	177
8.4 复合地基计算方法	179

8.5	天然地基承载力验算	183
8.6	地基总沉降量的计算	188
8.7	有关计算的几点说明	195
9	基坑开挖边坡支护设计	197
9.1	复合地基桩的抗侧压力作用	197
9.2	边坡稳定性分析	199
9.3	锚杆结构的基本计算	203
9.4	支护挡墙的基本计算	209
9.5	基坑开挖岸坡支护	216
9.6	推荐一种专利型支护技术	222
10	计算实例	225
10.1	粉喷桩加固地基设计	225
10.2	水泥粉煤灰碎石桩加固地基设计	237
10.3	深埋式粉喷桩护岸墙设计	245
10.4	深基坑开挖支护设计	251
附录 A	复合地基载荷试验要点	263
附录 B	平均附加应力系数表	265
B.1	矩形面积上均布荷载作用	265
B.2	矩形面积上三角形荷载作用	268
B.3	圆形面积上荷载作用	271
附录 C	主动土压力系数 K_a	273
参考文献		283

1 建筑地基概述

1.1 认识建筑地基

1.1.1 建筑地基的重要性

建筑地基是泛指承受其上建筑工程作用力的地基土层，建筑工程包括建筑物和建筑结构。规模相对较大、较复杂的建筑工程称为建筑物，建筑物由各类建筑构件所组成，如楼房、厂房、大坝、渠道、码头、公路、铁路、桥梁、矿山等都是建筑物；规模相对较小、较简单的建筑工程称为建筑结构，如水池、水塔、钢塔、排架、挡土墙等都是建筑结构。

无论何种建筑工程都要从地面建起，所以都存在一个建筑地基问题，建筑地基又称工程地基，是任何建筑工程都要首先面对的问题，由于地基不良或地基处理不好造成工程缺陷、裂缝、损坏、失事的事例为数不少。因此，建筑工程的相关各方——建设、勘察、设计、施工、监理等都十分重视这个问题，任何忽视都可能给建筑工程造成不良后果。

建筑地基决定着建筑工程的成败，对天然地基，如果土质均匀、整体性强、承载力高，必将对建筑物产生有利影响，确保建筑物的安全可靠，因而选择优良的天然地基做工程地基将是工程建设的关键所在。当然，不是所有的天然地基都是合乎要求的，对于不良天然地基，一定要针对不同情况采取不同对策，经过论证和比较，最终确定合理方案进行地基加固处理，使其达到工程要求，满足建设需要。

建筑工程设计前，要对地基进行工程地质勘探工作，以获得必要的相关地基资料。地质勘察部门提供的《工程地质报告》主要内容应包括（不限于此）：地质构造、地形地貌、地质年代和特性、水文地质条件、水质评价、不良地质情况、主要岩土指标（如承载力、重度、内摩擦角、黏聚力、摩擦系数等）、关键性地质问题、气象、地震、地基评价等。

正常情况下，不良地基可使建筑物产生严重变形甚至破坏，丧失使用功能。建筑物变形主要表现为竖向沉降和水平位移，这种变形可促使地层内部土体颗粒结构重新运动和排列组合，从而导致建筑物的下陷、倾斜、滑动、毁坏、倒塌等工程事故。下面介绍河南故县水库抛料钢栈桥发生严重沉降的工程实例（图 1.1-1），以说明不良地基对其工程建设的危害。

1978~1984 年在修建河南省洛河水系的故县水库时，山南砂石骨料加工厂的毛料堆场长 240m，宽 200m，场内设 8 号及 10 号两座抛料钢栈桥，两栈桥中心距 70m，堆料全宽 160m。单座钢栈桥共 14 跨，总长 207m，总高 19.5m，总宽 4.1m。由于事先未查明其地基为湿陷性黄土，使钢栈桥建成后的初期使用阶段，由于地表堆料、荷载加大、料堆含水下渗、地表雨水下渗等因素，地表面发生多条 1~3cm 宽的裂缝，使地基发生垂直和水平位移，钢栈桥顺山坡倾斜并逐步加重，最终造成钢栈桥不能使用。变形最严重的 8 号抛

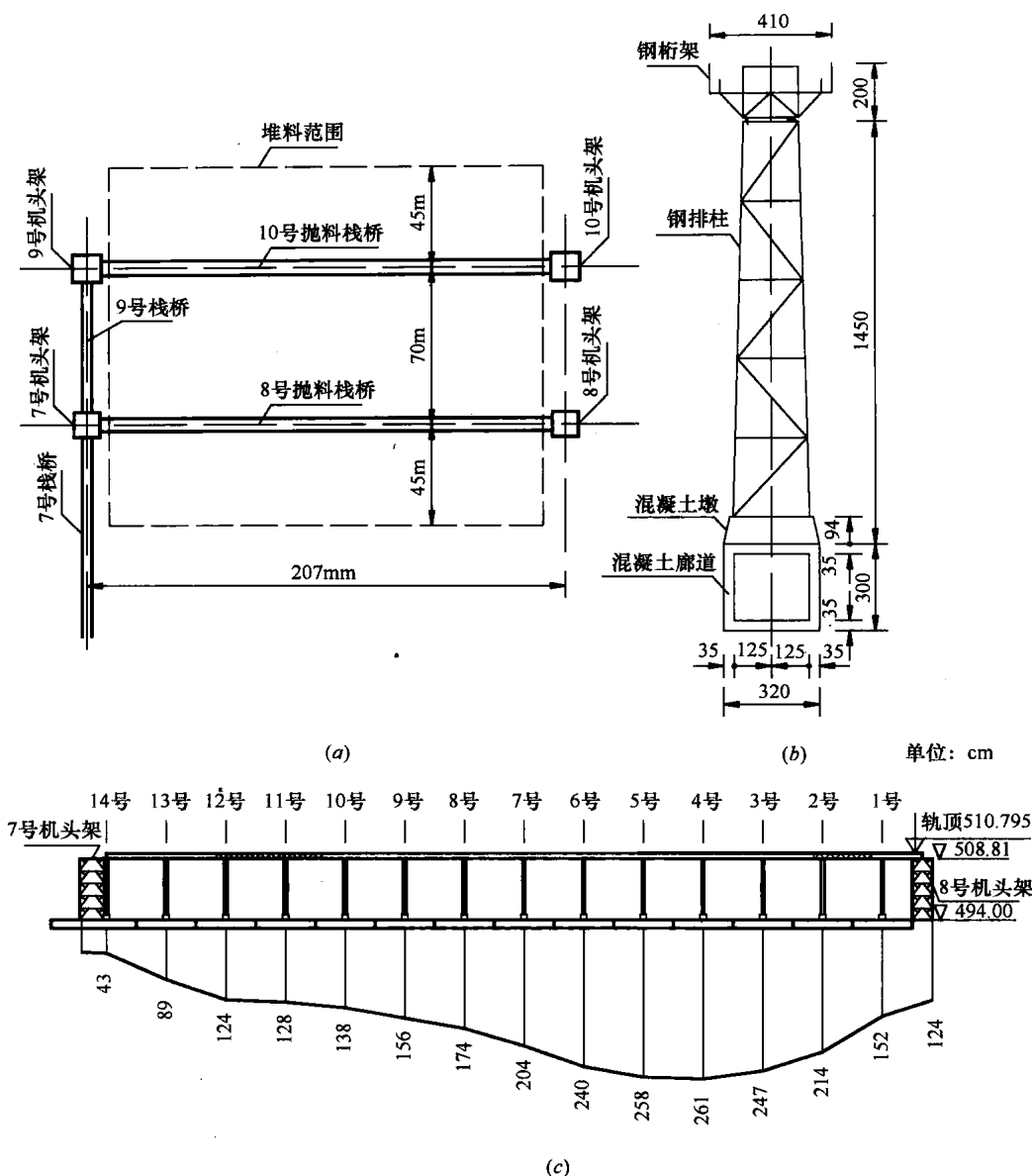


图 1.1-1 毛料堆场布置及 8 号栈桥变形实测图

(a) 毛料堆场平面布置图；(b) 栈桥剖面图；(c) 8 号栈桥竖直沉降实测曲线图

料钢栈桥具体发生过程是：8 号抛料钢栈桥于 1981 年 6 月建成投入使用，6 月 22 日发现变形，25 日观测，其钢栈桥的排架柱最大下沉量达 29.3 cm，最大偏斜量为 10.6 cm。此后变形日趋严重，到 1982 年 10 月不得不停止使用。10 月 6 日观测，其排架柱最大下沉量达 152cm，最大偏斜量为 46cm。经 1982 年 12 月对钢栈桥进行扶正加固处理，1983 年 1 月毛料堆场恢复砂石生产，又开始抛料堆载。因为湿陷性黄土沉降尚未结束，地基变形仍无终止，钢栈桥继续变形，到 1984 年 11 月 1 日观测，排架柱下沉量累计达 261cm，柱顶水平位移量达 55cm，致使钢栈桥终止运行，严重影响工程建设的顺利进行。由于湿陷性黄土地基变形，栈桥倾斜而终止使用，骨料难以满足工程需要，施工进度减慢，工程费用增多，严重干扰了国家建设计划，教训是深刻的。

1.1.2 岩土及地基分类

1.1.2.1 岩土分类

按照《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 的规定，建筑地基的岩土分类为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土。

1) 岩石

岩石应为颗粒间牢固联结，呈整体或具有节理裂隙的岩体。地质勘探时，作为建筑物地基，除应确定岩石的地质名称外，尚应划分其坚硬程度和完整程度。

岩石的坚硬程度根据岩块的饱和单轴抗压强度 f_{rk} 分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩，见表 1.1-1。岩石的风化程度可分为未风化、微风化、中风化、强风化和全风化。岩体完整程度划分为完整、较完整、较破碎、破碎和极破碎，见表 1.1-2。

岩石坚硬程度的划分 表 1.1-1

坚硬程度类别	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软 岩	极软岩
饱和单轴抗压强度标准值 f_{rk} (MPa)	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

岩体完整程度划分 表 1.1-2

完整程度等级	完 整	较完整	较破碎	破 碎	极破碎
完整性指数	> 0.75	$0.75 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.35$	$0.35 \sim 0.15$	< 0.15

注：完整性指数为岩体纵波波速与岩块纵波波速之比的平方。选定岩体、岩块测定波速时应有代表性。

2) 碎石土

碎石土为粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土。碎石土可按表 1.1-3 分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾。碎石土的密实度，可按表 1.1-4 分为松散、稍密、中密、密实。

碎 石 土 的 分 类 表 1.1-3

土的名称	颗粒形状	粒 组 含 量
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒含量超过全重 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒含量超过全重 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50%
角砾	棱角形为主	

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

碎石土的密实度 表 1.1-4

重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度	重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5} \leq 5$	松散	$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密	$N_{63.5} > 20$	密实

注：1. 本表适用于平均粒径小于或等于 50mm 且最大粒径不超过 100mm 的卵石、碎石、圆砾、角砾。对于平均粒径大于 50mm 或最大粒径大于 100mm 的碎石土，可按《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 附录 B 鉴别其密实度。

2. 表内 $N_{63.5}$ 为经综合修正后的平均值。

3) 砂土

砂土为粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过全重 50%、粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重 50% 的土。砂土可按表 1.1-5 分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂。砂土的密实度，可按表 1.1-6 分为松散、稍密、中密、密实。

砂 土 的 分 类 表 1.1-5

土的名称	粒 组 含 量	土的名称	粒 组 含 量
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒含量占全重 25%~50%	细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 85%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒含量超过全重 50%	粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒含量超过全重 50%		

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

砂 土 的 密 实 度 表 1.1-6

标准贯入试验锤击数 N	密实度	标准贯入试验锤击数 N	密实度
$N \leq 10$	松散	$15 < N \leq 30$	中密
$10 < N \leq 15$	稍密	$N > 30$	密实

注：当用静力触探探头阻力判定砂土的密实度时，可根据当地经验确定。

4) 黏性土

黏性土为塑性指数 I_p 大于 10 的土，分为黏土、粉质黏土，见表 1.1-7。

黏性土的状态，分为坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑，见表 1.1-8。

黏 性 土 的 分 类 表 1.1-7

塑性指数 I_p	土的名称	塑性指数 I_p	土的名称
$I_p > 17$	黏土	$10 < I_p \leq 17$	粉质黏土

注：塑性指数由相应于 76g 圆锥体沉入土样中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

黏 性 土 的 状 态 表 1.1-8

液性指数 I_L	状 态	液性指数 I_L	状 态
$I_L \leq 0$	坚硬	$0.75 < I_L \leq 1$	软塑
$0 < I_L \leq 0.25$	硬塑	$I_L > 1$	流塑
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可塑	—	—

注：当用静力触探探头阻力或标准贯入试验锤击数判定黏性土的状态时，可根据当地经验确定。

5) 粉土

粉土为介于砂土与黏性土之间，塑性指数 $I_p \leq 10$ 且粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土。

6) 淤泥

淤泥为在静水或缓慢的流水环境中沉积，并经生物化学作用形成，其天然含水量大于液限、天然孔隙比大于或等于 1.5 的黏性土。当天然含水量大于液限而天然孔隙比小于 1.5 但大于或等于 1.0 的黏性土或粉土为淤泥质土。

7) 红黏土

红黏土为碳酸盐岩系的岩石经红土化作用形成的高塑性黏土。其液限一般大于 50。红黏土经再搬运后仍保留其基本特征，其液限大于 45 的土为次生红黏土。

8) 人工填土

人工填土根据其组成和成因，可分为素填土、压实填土、杂填土、冲填土。素填土为由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土；经过压实或夯实的素填土为压实填土；杂填土为含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土；冲填土为由水力冲填泥砂形成的填土。

9) 膨胀土

膨胀土为土中黏粒成分主要由亲水性矿物组成，同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩特性，其自由膨胀率大于或等于 40% 的黏性土。

10) 湿陷性土

湿陷性土为浸水后产生附加沉降的黄土，所以又称湿陷性黄土，其湿陷系数大于或等于 0.015。湿陷性黄土可分为自重性湿陷性土和非自重性湿陷性土。

1.1.2.2 地基分类

在此，我们把建筑地基分为岩石地基和土类地基两大类来介绍。岩石地基不是本书的重点，我们不予详谈；土类地基是本书的重点，我们将在下面对其作详细阐述。

岩石地基是涵盖各类成因的岩石构成的地基。岩石地基承载力很高，通常都能满足工程要求，多数情况下不需要对地基作特别加固处理，只对存在裂隙、断层、洞穴、破碎、风化等不良现象的岩石地基，根据工程实际有针对性的采取措施，作一些技术处理即可，岩石地基通常是建筑物的理想地基。

土类地基涵盖砂土、粗颗粒土、细颗粒土等构成的地基。土类地基承载力较低，尤其是软土地基和软弱地基，难以满足工程要求，一般只能建造荷载小的建筑工程，对于很多现代建筑工程，常需要对地基作特别加固处理后才能用作建筑物的地基。

这里还应该特别提及软弱地基问题，软弱地基系指主要由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基。在建筑地基的局部范围内有高压缩性土层时，应按局部软弱土层考虑。

工程地质勘察时，应查明软弱土层的均匀性、组成、分布范围和土质情况。冲填土尚应了解排水固结条件。杂填土应查明堆积历史，明确自重下稳定性、湿陷性等基本因素。

设计时，应考虑上部结构和地基的共同作用。对建筑体型、荷载情况、结构类型和地质条件进行综合分析，确定合理的建筑措施、结构措施和地基处理方法。

施工时，应注意对淤泥和淤泥质土基槽底面的保护，减少扰动。荷载差异较大的建筑物，宜先建重、高部分，后建轻、低部分。

活荷载较大的构筑物或构筑物群（如料仓、油罐、水池、堆石场等），使用初期应根据沉降情况控制加载速率，掌握加载间隔时间，或调整活荷载分布，避免过大倾斜。

1.1.3 土类地基

1.1.3.1 土类地基受力状况

只有土类地基才能改造成为复合地基，所以土类地基是本书讨论的重点。

我国约有 960 万 km^2 面积的土地，各种地形所占比例为：山地 33%，高原 26%，盆

地 19%，平原 12%，丘陵 10%，可以看出盆地、平原、丘陵三者加在一起也只占 41%，而山地、高原加在一起占了 59%。由于适宜人居住的地方通常都是气候条件好、良田集中、物产丰富、交通便利的地方，所以绝大部分的人口住在盆地、平原和丘陵地区，尤其是沿海和大中城市。

实践告诉我们，我国人口集中居住的地区，地质特性多以各种成因的软质土层为主，尤其是沿海地区滨海相沉积土、江河中下游的三角洲相沉积土、湖泊湖相沉积土等，其分布范围广，土层厚度大。这类软土的特点是含水量高、孔隙比大、抗剪强度低、可压缩性高、渗透系数小、沉降稳定时间长。由于这类土承受外荷载的能力很低，如不作处理，是不能作为荷载大的建筑物地基的，否则将导致地基和建筑物的下沉、倾斜和破坏。但是，这类软土地区分布在大量的城市、村镇和工业区，根据我国工业布局和城市发展规划，常需要在这类软土地基上进行大规模的建设，因此必须对这些地基进行加固处理。

土体上修建建筑物后承受建筑物传来的荷载，土体结构产生压缩沉降，沉降量的大小与上部荷载有关，荷载越大沉降量也越大，土体压缩就是土体内部颗粒结构受到外界压力后所发生的沉降变形。荷载与沉降的关系可用图 1.1-2 (a) 中的沉降曲线表示，沉降量 s 随着荷载 p 的增加而增加，而且荷载越大沉降越急剧，通常沉降曲线具有上缓下陡的趋势。

图 1.1-2 (b) (c) (d) 表示软土地基上建造的楼房工程，因所受荷载大小不同，地基产生了三种不同结果。图 1.1-2 (b) 表示楼房荷载没有超出设计要求，地基实际沉降值 s_n 小于设计允许沉降值，楼房地基变形在没有达到设计允许值时即行终止，楼房处于正常使用状况，建筑工程是安全的。图 1.1-2 (c) 为楼房地基受力不均匀，局部剪力过大，地基出现不均匀沉陷，地基变形不能控制，产生局部剪切破坏（局部失稳），地基实际沉降值 s_n 超出允许范围，大于要求的沉降值 s ，楼房出现裂缝和少量倾斜，房的安全受到影响。图 1.1-2 (d) 显示地面所加荷载过大，地基承载力远远高于地基承载力允许值，楼房受到整体剪切破坏（整体失稳），楼房严重受损失去稳定，地基急剧下沉，地面隆起，倾斜量大，以致倒塌，楼房完全不能使用。

显然，在建筑领域，必须要求地基是稳定可靠的，地基的承载能力应与建筑物实际荷载相适应。

1.1.3.2 土类地基分类

土类地基有天然地基和人工地基两大类。

1) 天然土质地基

原有的天然土层能够满足设计要求，可以直接用作建筑物地基时，这种地基称之为天然土质地基。由于不需要对原状土进行特别加固处理，所以这种地基能够使建筑工程施工最简单、工期较短、材料用量最少、资金投入最省，所以是最理想的建筑地基。因此，在满足地基承载力和建筑物变形条件下，要尽量采用天然地基，很多比较密实的粉土、粉质黏土、一般黄土、碎石土、砂砾土等，都可以直接作为建筑地基，但通常天然土质地基只能用于荷载较小的工程中，如不高的楼房、较低的路基、水池、水塔、挡墙等。

2) 人工土质地基

土类地基常存在承载力低、土质疏松、软弱夹层、含水量高、液化层、膨胀土、湿陷性黄土地层等不良地质现象，同时现代建筑物荷载越来越大，对地基承载要求越来越高，

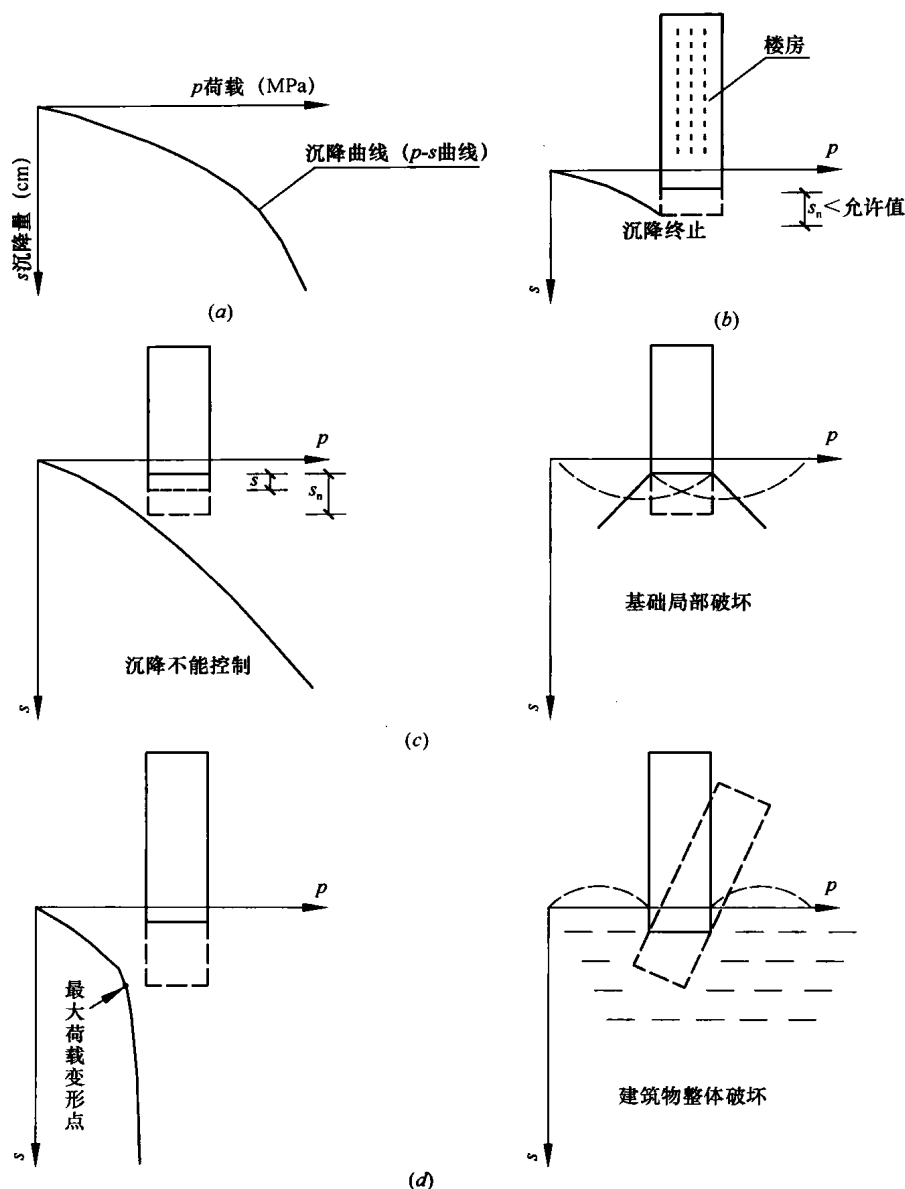


图 1.1-2 地基受力影响情况

(a) 荷载与沉降关系曲线；(b) 正常使用的楼房；(c) 局部剪切破坏楼房；(d) 整体剪切破坏楼房

当天然地基不能满足支承上部荷载和控制建筑物变形时，就必须对软土地基进行加固处理。地基处理应遵循因地制宜、就地取材、保护环境、节约资源、符合政策、安全可靠的原则。所用的处理方法应做到符合工程实际、技术先进合理、施工快速可靠、机械设备普及、确保质量安全、节约工程投资。

软土地基的处理目的在于对原状土层进行加固，改善原状土的性质，提高原状土密实性和承载能力，把不符合工程建设要求的地基变成为满足工程建设要求的地基，为工程设计、施工服务。

原有土层不能满足设计要求，需要加固处理后使土质得到改良，承载力得到提高，才