



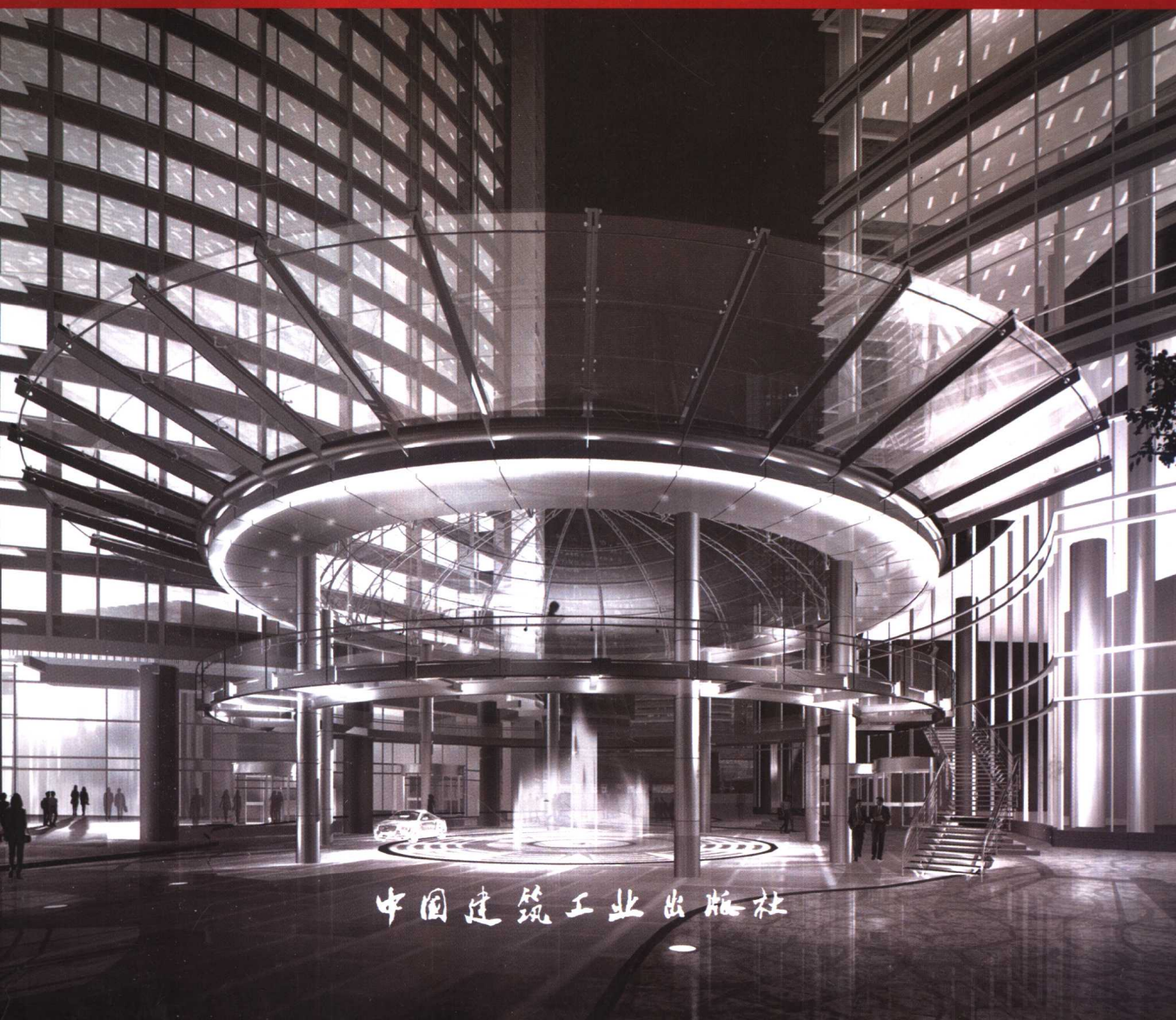
高等学校规划教材

GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

桩基工程

PILE FOUNDATION ENGINEERING

张忠苗 主编
沈保汉 周健 张雁 主审



中国建筑工业出版社

高等学校规划教材

桩 基 工 程

Pile Foundation Engineering

张忠苗 主编

沈保汉 周 健 张 雁 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桩基工程/张忠苗主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

(高等学校规划教材)

ISBN 978-7-112-09665-7

I. 桩… II. 张… III. 桩基础-高等学校-教材 IV. TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168135 号

高等学校规划教材

桩 基 工 程

Pile Foundation Engineering

张忠苗 主编

沈保汉 周 健 张 雁 主审

*

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

北京密云红光制版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 35 字数: 847 千字

2007 年 12 月第一版 2007 年 12 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-09665-7

(16329)

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)

本书是按照教育部 2002 年颁布的高等学校土木工程专业本科与研究生教育培养目标、培养方案和课程教学大纲要求、我国注册土木工程师（岩土）、注册结构工程师、注册建筑师的考试内容要求及最新国家标准《建筑地基基础设计规范》、《建筑桩基技术规范》、《岩土工程勘察规范》等要求而编写的桩基工程学教材。内容上以工业与民用建筑桩基工程为主，兼顾交通、港口、桥梁、水利、电力等领域的桩基工程。本书在阐明桩基工程学基本原理和计算方法、施工方法、检测方法的同时，尽可能介绍一些新成果、新理论、新技术、新方法，并提出各种桩基的适用范围和局限性。写作方式上尽量简明、易懂，强调学生对基本概念的掌握，并结合工程实例分析来培养学生的学习兴趣。

全书共分为十章，内容主要包括：绪论、桩基工程勘察、抗压桩受力性状、桩基沉降计算、抗拔桩受力性状、水平桩受力性状、桩基础设计、桩基工程施工、支护桩设计、桩基工程试验与检测。本书编写方式上采用了每章开始提出带启发性的在学完本章后应掌握的内容和学习中注意事项及存在问题。每节简明扼要阐述桩基工程基本概念、基本原理和基本计算方法，并结合计算实例和工程实例分析桩基工程问题的解决思路；每章结束附有思考题。本书旨在培养学生掌握桩基工程学的基本理论知识、实践技能及创新能力。

本书可作为高等学校土木工程、水利工程、港口工程、道路工程、桥梁工程等专业高年级本科生和研究生的专业教材，也可作为广大注册土木工程师（岩土）、注册结构工程师资格考试相关内容的复习教材，同时可供土木工程、水利工程、港口工程、道路工程、桥梁工程等专业技术人员和研究人员使用。

* * *

责任编辑：王 梅 吉万旺

责任设计：董建平

责任校对：王雪竹 王金珠

前 言

万丈高楼平地起，基础必须要牢固。桩基础是建筑工程、桥梁工程、港口工程和海洋工程中的主要基础形式之一，在我国有着广泛的应用。桩基工程是一门实践性和理论性都很强的学科。但目前桩基础的工程实践和理论研究还存在一些脱节，导致桩基础在应用中出现了不少问题。如某些房屋基础由于设计和施工不当出现沉降过大或不均匀沉降，给国家和人民造成了巨大的经济损失。所以，加强专业人员的培训培养教育是一项崇高而艰巨的事业。本书将介绍成功的经验与失败的教训及桩基设计施工的正确理念。桩基设计的指导思想是，在确保长久安全的前提下，充分发挥桩土体系力学性能，做到既经济合理，又施工方便、快速、环保。要求设计施工人员依据规范又不僵硬地套用规范，从桩基工程的基本原理出发，考虑上部结构荷载、地质条件、施工技术、经济条件来正确地设计与施工桩基础，目的是保证建（构）筑物的长久运行安全。

诚然，基础工程等各类手册不少，土力学与工程地质学教科书也不少，但到目前为止，我国还没有真正意义上的《桩基工程》教科书，这是笔者编写本书的主要理由之一。理由之二是笔者从事桩基工程实践和研究 20 多年，十年磨一剑，参与了浙江省包括最高建筑在内的几百项重大重点工程的桩基础设计咨询和试验工作，并积累建立了 6500 根试桩的试验数据库，有必要将这些工程经验贡献出来。理由之三是笔者在浙江大学为研究生和高年级本科生开设《桩基工程》课程 10 多年，指导从事桩基工程科学研究的研究生已毕业 20 多名，在教学工作中也急需一本《桩基工程》教材。本书强调学生对桩基工程学基本概念、基本原理和基本方法的掌握，在内容上按照国家《建筑地基基础设计规范》、《建筑桩基技术规范》和国家注册土木工程师、注册结构工程师要求及教育部最新教学大纲要求来编写。全书共分十章，内容包括绪论、桩基工程勘察、抗压桩受力性状、桩基沉降计算、抗拔桩受力性状、水平桩受力性状、桩基础设计、桩基工程施工、支护桩设计、桩基工程试验与检测。

本书从现场测试、理论与工程实践相结合的角度出发，在写作方式上从桩基静载试验入手，先直观的介绍抗压桩、抗拔桩、水平受荷桩在试验时反映出的承载力与变形特性，以便让学生掌握桩受力的感性知识。同时通过工程实例，对各种桩基的受力机理、计算理论和方法、施工工艺、勘察检测、事故处理等一系列问题进行了系统阐述。在版式上突出了每章开始时，提出带启发性的在学完本章后应掌握的关键内容，做到有的放矢，事半功倍。在教学方式上本书针对现代多媒体电脑教学的要求制作了教学 PPT。在与国际接轨上全书桩基工程学关键词都附有中英文对照。本书是主编者及课题组 20 多年教学、科研和工程实践相结合经验的一个总结，旨在培养学生掌握桩基工程问题的分析方法和解决桩基工程问题的基本能力及创新能力。

本书由国家重点学科浙江大学岩土工程研究所、浙江大学软弱土与环境土工教育部重点实验室博士生导师张忠苗教授主编。张忠苗教授、张广兴讲师主要编写并统稿。山东省

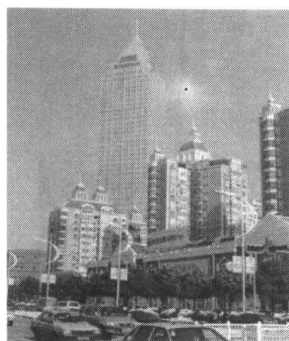
交通研究所辛公锋博士参加第4章编写；浙江省地震局周新民博士、浙江大学施茂飞参加第10章部分编写；北京航空航天大学朱建明副教授参加第2章编写；浙江大学岩土工程研究所韩同春副研究员参加第9章部分编写；浙江省地矿工程公司周洪川、浙江大学张功奖参加第8章部分编写。此外，浙江省建筑设计研究院副院长李志飏博士，浙江大学建筑设计研究院总工程师干刚博士，浙江省城乡规划设计研究院方鸿强教授级高工，温州市建筑设计院副院长李朝晖教授级高工，浙江大学城市学院张世民副教授，浙江省工程物探勘察院魏玉轮教授级高工、李建华高工，浙江绿城建筑设计院宋仁乾工程师、包风工程师、任光勇工程师和浙江大学曾国熙教授、吴世明教授、陈云敏教授、龚晓南教授、陈仁朋教授、丁浩江教授、王立忠教授、夏唐代教授、张我华教授、唐晓武教授、蔡袁强教授、凌道盛教授、施雪飞、张宇、骆剑敏、陈建平、鲍远成、张先永、潘月赞、张锡焰、章国强、章丽斌、骆剑华、陈志祥、张云飞及学生喻君、邹健、竺松、沈慧勇、王华强、张乾青、贺静漪、林巍等都提出了宝贵意见。感谢建筑工业出版社王梅编辑等为本书的出版付出的辛勤工作。本书承蒙北京市建筑工程研究院沈保汉教授、国家重点学科同济大学岩土工程研究所周健教授、中国土木工程学会秘书长张雁教授主审。由于桩基工程学学科不断发展，新问题层出不穷，新方法不断出现，而人类重在继承与发扬，让学生掌握必须的基本知识，因此，本书在编写过程中主要参考并依据国家《建筑地基基础设计规范》、《建筑桩基技术规范》、《教育部教学大纲》、《岩土工程勘察规范》、《注册岩土工程师考试大纲要求》、《注册结构工程师考试大纲要求》、《注册建筑师考试大纲要求》、《混凝土结构设计规范》、《公路桥涵设计规范》、《港口工程桩基规范》。同时也参考了相关桩基工程、基础工程与岩土工程的专业书籍，谨此向书中引用内容的作者表示深深的谢意。本书得到了国家自然科学基金资助（基金编号：50478080），在此表示感谢。

由于编者水平和能力的限制，书中难免存在许多不当之处。编者将以感激的心情诚恳接受旨在改进本书的所有读者的任何批评和建议。

本书制作有教学PPT，有需要者可向作者索取（zjuzzm@163.com）。

张忠苗

2007年07月于浙江大学求是园



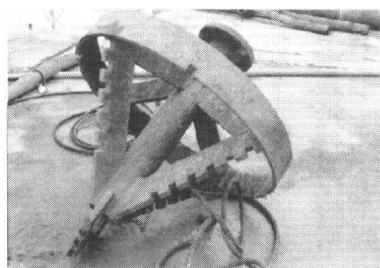
桩基础高层建筑



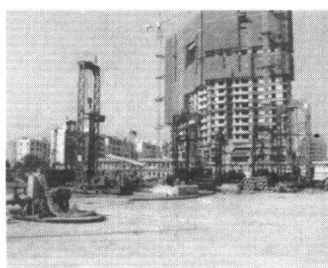
钻孔灌注桩开挖后



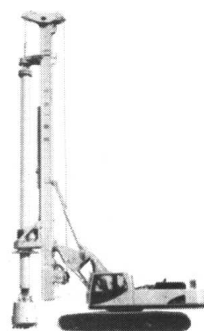
钻孔桩机械扩底钻头



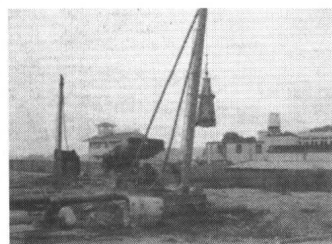
钻孔桩普通钻头



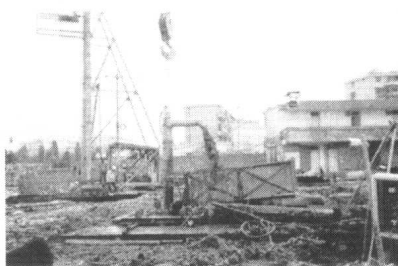
钻孔桩施工



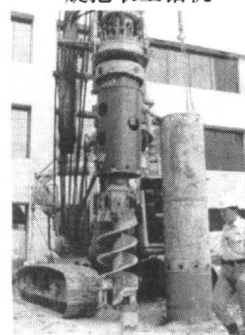
旋挖取土钻机



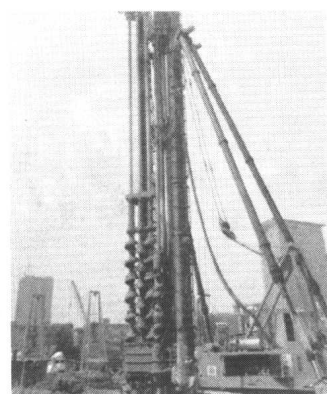
冲击灌注桩



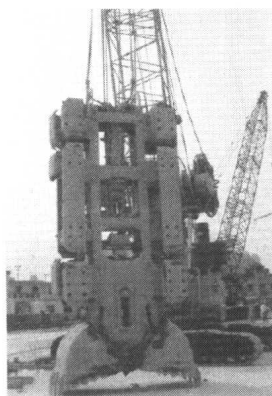
钻孔桩气举反循环清孔



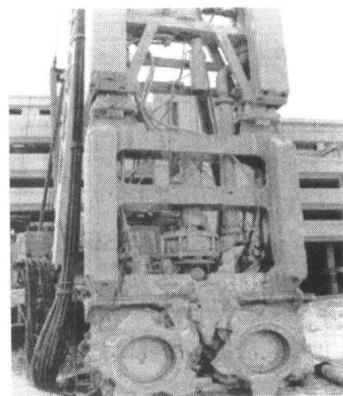
螺旋取土钻



SMW 工法



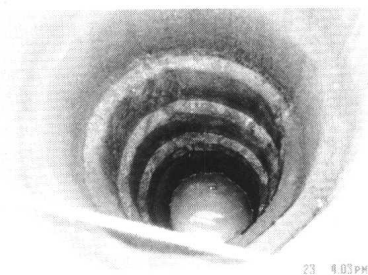
抓斗式成槽机



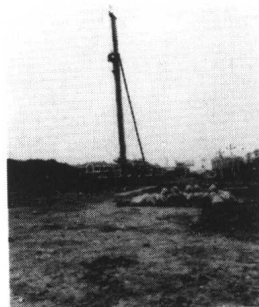
旋转式成槽机



地下连续墙钢筋笼



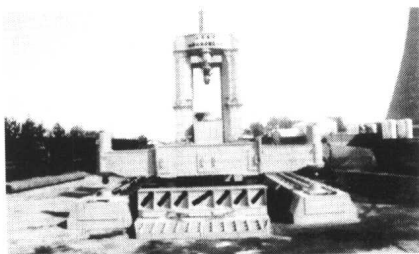
人工挖孔桩灌注前



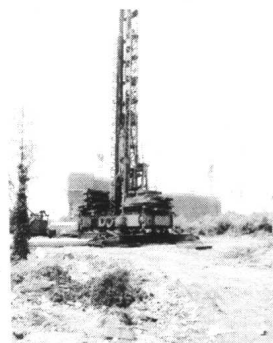
振动式沉管灌注桩桩架



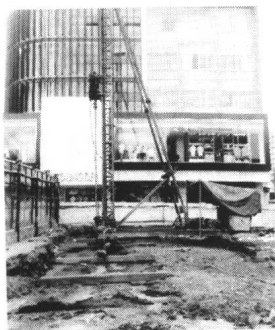
锤击式打桩机



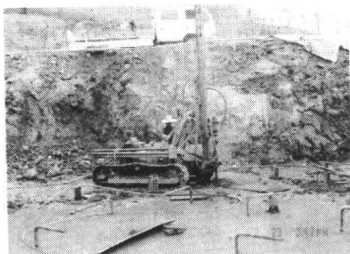
抱压式静力压桩机



顶压式静力压桩机



水泥搅拌桩



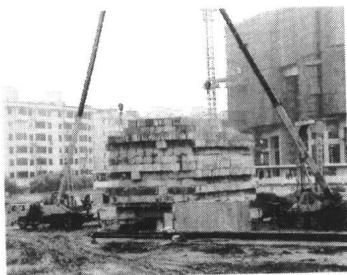
抗拔锚杆桩



基坑围护桩



沙包堆载法抗压静载试验



水泥块堆载法抗压静载试验



锚桩法抗压静载试验

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 地基基础问题的提出	1
1.2 桩基的定义	7
1.3 桩基的作用	8
1.4 桩基工程学的研究内容	9
1.5 桩基工程学的研究分析方法	9
1.6 桩的发展过程	10
1.7 桩基设计思想	15
1.8 桩基分类及我国的桩型体系	15
1.9 桩基应用概况	18
1.10 桩基发展新趋势	20
1.11 本课程对学生的学习要求	23
思考题	25
第 2 章 桩基工程勘察	26
2.1 概述	26
2.2 桩基勘察目的	27
2.3 岩土工程勘察分级及相应的勘察方法	28
2.4 勘探点平面和深度设置原则	32
2.5 岩土的工程分类	34
2.6 岩土参数的物理意义	38
2.7 工程勘察报告编写及内容	43
2.8 勘察报告的阅读及桩基设计应考虑的因素	44
2.9 桩型选择和桩基优化及基坑开挖建议	46
思考题	49
第 3 章 抗压桩受力性状	50
3.1 概述	50
3.2 单桩竖向抗压静荷载试验	51
3.3 桩土体系的荷载传递	69
3.4 桩侧阻力	72
3.5 桩端阻力	84
3.6 单桩竖向极限承载力计算	88
3.7 打桩挤土效应	104
3.8 群桩受力性状及群桩效应	114

3.9	群桩的极限承载力计算	137
3.10	桩基竖向承载力的时间效应	142
3.11	桩基负摩阻力	145
3.12	桩端后注浆的理论研究	152
	思考题	162
第4章	桩基沉降计算	163
4.1	概述	163
4.2	单桩沉降计算理论	163
4.3	荷载传递法	165
4.4	剪切位移法	174
4.5	弹性理论法	176
4.6	路桥桩基简化方法	179
4.7	单桩沉降计算的分层总和法	179
4.8	单桩的数值分析法	180
4.9	群桩沉降计算理论	189
4.10	等代墩基法	194
4.11	明德林—盖得斯法	196
4.12	建筑地基基础设计规范法	198
4.13	浙江大学考虑桩身压缩的群桩沉降计算方法	201
4.14	建筑桩基技术规范方法	203
4.15	群桩沉降计算的沉降比法	210
4.16	桩筏(箱)基础沉降计算	211
4.17	桩基沉降计算实例	221
	思考题	224
第5章	抗拔桩受力性状	225
5.1	概述	225
5.2	单桩竖向抗拔静荷载试验	225
5.3	抗拔桩的受力机理	232
5.4	抗拔桩与抗压桩的异同	238
5.5	抗拔桩的设计方法	241
	思考题	245
第6章	水平受荷桩受力性状	246
6.1	概述	246
6.2	单桩水平静荷载试验	247
6.3	水平受荷桩受力机理	253
6.4	单桩水平受荷计算	256
6.5	群桩水平受荷计算	271
6.6	水平受荷桩的设计	274
6.7	提高桩基抗水平力的技术措施	282

思考题	283
第7章 桩基础设计	284
7.1 概述	284
7.2 地基基础的设计总原则	285
7.3 桩基础的设计思想、原则与内容	291
7.4 按变形控制的桩基设计	293
7.5 桩型的选择与优化	296
7.6 桩的平面布置	298
7.7 桩基持力层的选择	304
7.8 桩长与桩径的选择	305
7.9 承台中桩基的承载力计算与平面布置	308
7.10 承台的结构设计与计算	314
7.11 桩基础抗震设计	321
7.12 特殊条件下桩基的设计原则	331
7.13 桩端桩侧后注浆设计	335
7.14 桩土复合地基设计	347
7.15 刚柔复合桩基设计	357
7.16 刚性桩基础设计实例	366
7.17 桩基设计程序思路简介	370
思考题	373
第8章 桩基工程施工	374
8.1 概述	374
8.2 桩基施工前的调查与准备	375
8.3 预应力管桩施工	377
8.4 预制混凝土方桩的施工	388
8.5 钢桩的施工	392
8.6 沉管灌注桩施工	396
8.7 钻孔灌注桩施工	402
8.8 人工挖孔桩施工	424
8.9 挤扩支盘灌注桩施工	429
8.10 大直径薄壁筒桩施工	434
8.11 水泥搅拌桩施工	437
8.12 碎石桩施工	438
8.13 桩端桩侧后注浆施工技术	439
8.14 桩基工程事故的处理对策	448
8.15 桩基工程预决算	452
8.16 桩基工程施工监理	454
思考题	454
第9章 支护桩设计	456

9.1 概述	456
9.2 基坑支护桩的设计概论	457
9.3 水土压力计算	459
9.4 自立式支护设计	461
9.5 排桩支护结构设计	465
9.6 地下连续墙支护	471
9.7 注浆锚杆土钉墙支护	474
9.8 基坑开挖施工与监测要点	477
9.9 基坑支护桩工程实例分析	479
9.10 边坡抗滑桩的设计	483
思考题	489
第 10 章 桩基工程试验与检测	491
10.1 概述	491
10.2 桩基室内模型试验内容与现场检测内容	492
10.3 模型桩室内静载试验	493
10.4 模型桩室内离心试验	494
10.5 桩基现场成孔质量检测	500
10.6 桩身混凝土钻芯取样法检测	505
10.7 低应变反射波法检测桩身质量	509
10.8 孔中超声波法检测桩身质量	516
10.9 桩基承载力检测方法——静荷载试验	526
10.10 基桩高应变检测	526
10.11 自平衡法检测原理	537
思考题	539
参考文献	540

Pile Foundation Engineering Catalog

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Introduction of ground foundation problem	1
1.2 Definition of pile foundation	7
1.3 Function of pile foundation	8
1.4 Study content of pile foundation engineering	9
1.5 Analysis method of pile foundation engineering	9
1.6 Development process of pile foundation	10
1.7 Design idea of pile foundation	15
1.8 Classification of pile foundation and pile type system of China	15
1.9 General situation of pile foundation application	18
1.10 New trend of pile foundation development	20
1.11 Study requirements for students of this course	23
Chapter 2 Engineering investigation of pile foundation	26
2.1 Introduction	26
2.2 Aim of pile foundation investigation	27
2.3 Classification of geotechnical engineering investigation and corresponding investigation method	28
2.4 Setup principles of exploration plan and depth	32
2.5 Engineering classification of soil and rock	34
2.6 Physical meaning of geotechnical parameters	38
2.7 Compiling and content of engineering investigation report	43
2.8 Reading of investigation report and factors considered for pile foundation design	44
2.9 Selection of pile type, optimization of pile foundation and suggestion for construction of pit excavation	46
Chapter 3 Bearing behavior of compression pile	50
3.1 Introduction	50
3.2 Vertical static compression loading test of single pile	51
3.3 Load transfer of pile-soil system	69
3.4 Pile side resistance	72
3.5 Pile end resistance	84
3.6 Calculation of vertical ultimate bearing capability of single pile	88
3.7 Compaction effect of soil of driven pile	104
3.8 Bearing mechanism and effect of pile group	114

3.9	Calculation of ultimate bearing capability of pile group	137
3.10	Time effect of vertical bearing capability of pile foundation	142
3.11	Negative friction of pile foundation	145
3.12	Research on theory of grouted-in pile bottom	152
Chapter 4	Settlement calculation of pile foundation	163
4.1	Introduction	163
4.2	Settlement calculating theory of single pile	163
4.3	Load transfer method	165
4.4	Shear displacement method	174
4.5	Elastic theory method	176
4.6	Simplified method of pile foundation for road and bridge engineering	179
4.7	Layerwise summation method of single pile	179
4.8	Numerical analysis method of single pile	180
4.9	Theory of pile group settlement calculation	189
4.10	Equivalent pier method	194
4.11	Mindlin-Geddes method	196
4.12	Settlement calculation method in Code for design of building foundation	198
4.13	Settlement calculation method of Zhejiang university calculated compression of pile	201
4.14	Settlement calculation method in Technical code for building pile foundations	203
4.15	Settlement ratio method of pile group settlement calculation	210
4.16	Settlement of pile-box (raft) foundation	211
4.17	Cases of pile foundation settlement calculation	221
Chapter 5	Bearing behavior of Uplift pile	225
5.1	Introduction	225
5.2	Vertical static uplift loading tests of single pile	225
5.3	Bearing mechanism of uplift pile	232
5.4	Difference and similarity of uplift pile and compression pile	238
5.5	Design method of uplift pile	241
Chapter 6	Bearing behavior of laterally loaded pile	246
6.1	Introduction	246
6.2	Static lateral load test of single pile	247
6.3	Bearing mechanism of laterally loaded pile	253
6.4	Calculation of laterally loaded single pile	256
6.5	Calculation of laterally loaded pile group	271
6.6	Design of laterally loaded pile	274
6.7	Technical measures of improving bearing capability of anti-horizontal force of pile foundation	282
Chapter 7	Pile foundation design	284
7.1	Introduction	284

7.2	Design principle of foundation	285
7.3	Design idea, principle and content of pile foundation	291
7.4	Pile foundation design under control of distortion	293
7.5	Selection and optimization of pile type	296
7.6	Planar arrangement of pile	298
7.7	Selection of bearing layer of pile foundation	304
7.8	Selection of pile length and diameter	305
7.9	Calculation of bearing capability and planar arrangement of pile in cap	308
7.10	Design and calculation of cap structure	314
7.11	Seismic design of pile foundation	321
7.12	Design principles of pile foundation under special conditions	331
7.13	Design of post-grouting at pile end (side)	335
7.14	Design of composite foundation	347
7.15	Design of composite pile foundation	357
7.16	Design cases of pile foundation	366
7.17	Brief introduction of idea on design program of pile foundation	370
Chapter 8	Construction of pile foundation	374
8.1	Introduction	374
8.2	Investigation and preparation before pile foundation construction	375
8.3	Construction of prestressed tubular pile	377
8.4	Construction of precast concrete square pile	388
8.5	Construction of steel pile	392
8.6	Construction of Tube-sinking Poured Piles	396
8.7	Construction of bored pile	402
8.8	Construction of artificial bored pile	424
8.9	Construction of Squeezed Branch Pile	429
8.10	Construction of Large-Diameter Thin-Wall tubular pile	434
8.11	Construction of cement mixing pile	437
8.12	Construction of gravel pile	438
8.13	Post-grouting technique at pile end (side)	439
8.14	Counter measure of accident in pile foundation engineering	448
8.15	Budget accounts of pile foundation engineering	452
8.16	Construction supervision of pile foundation engineering	454
Chapter 9	Design of soldier pile	456
9.1	Introduction	456
9.2	Design summation of soldier pile of pit	457
9.3	Calculation of soil pressure	459
9.4	Design of self-stand support	461
9.5	Structural design of Soldier Pile support	465

9.6	Concrete diaphragm wall retaining structure	471
9.7	Soil nailed wall retaining structure	474
9.8	Key points of construction and supervision of pit excavation	477
9.9	Case history of foundation pit bracing structure	479
9.10	Design of slope anti-slide pile	483
Chapter 10	Test and inspection of pile foundation	491
10.1	Introduction	491
10.2	Content of test and inspection of pile foundation engineering	492
10.3	Design of model test	493
10.4	Indoor centrifuge test of pile foundation	494
10.5	Inspection of hole quality of in-situ pile foundation	500
10.6	Test of drilling core	505
10.7	Inspection of pile shaft quality with low-strain reflective wave method	509
10.8	Inspection of pile shaft quality with supersonic wave method in hole	516
10.9	Test of bearing capability of pile foundation—static loading test	526
10.10	High-strain dynamic testing	526
10.11	Principle of testing with self-balanced method	537
References		540

第 1 章 绪 论

当你拿到本书时,你已经进入大土木工程专业课的学习中。桩基工程是工业与民用建筑、交通、港航、市政和地下工程等专业的专业必修课或选修课。桩基础也是我国现阶段广泛使用的主要基础形式之一。合理使用桩基础既能有效地控制建(构)筑物沉降变形,又能提高建(构)筑物的抗震性能,从而确保建(构)筑物的长期安全使用。但由于种种原因,目前各种地质条件下地基基础事故层出不穷,对国家和人民财产造成了重大损失,所以有必要通过系统学习掌握桩基础的正确设计施工方法。

1.1 地基基础问题的提出

地基基础中为什么要使用桩基础?什么条件下使用桩基?如何学习桩基工程?桩基在工程实际中如何应用?如何解决桩基工程中遇到的各种问题?本书将向你介绍桩基工程的基本原理,桩基设计、施工、检测的各类方法,以及各种桩基工程问题的处理措施。下面先让我们来看看典型的地基基础事故分析。

1.1.1 典型的地基基础事故分析 (typical accident analysis of foundations)

1. 比萨斜塔倾斜原因分析 (the Leaning Tower of Pisa)

比萨斜塔是意大利比萨大教堂的一座钟楼,塔高 55m,共 8 层。斜塔在 1173 年 9 月 8 日破土动工,建到第 4 层时出现倾斜,1178 年被迫停工,1272 年重新开工,1278 年又停工,1360 年再次复工,直到 1370 年全塔竣工,建塔前后历时近两百年,可谓世界建筑史一奇。

斜塔呈圆柱形,塔身 1~6 层由优质大理石砌成,塔顶 7~8 层由轻石料和砖砌成,全塔总荷重为 145MN,地基承受接触压力高达 500kPa,斜塔自北向南倾斜,倾角约 5.5° ,塔顶离开竖向中心线的水平距离 5m 多,倾斜已达极危险状态(图 1-1),所以 2003 年对其进行了加固处理。

经过后来的分析发现,造成比萨塔倾斜的主要原因是塔身基础面积较小,其基础的集中荷载大于淤泥质黏土和砂土组成地基的承载力,且地基略有不均,所以形成塔身偏心荷载,导致塔身倾斜,而地基的后期塑性变形则使倾斜不断加剧。其实比萨斜塔旁边还建造有主教堂(始建于 1063 年,到 1092 年建成)和洗礼堂(始建于 1153 年,到 13 世纪末建成),地质条件相似,但由于主教堂和洗礼堂基础底面积大,总高度相对较低,对地基的单位面积荷载相对较小,所以主教堂和洗礼堂虽有沉降,但沉降基本均匀,一直以来正常使用。该工程如果使用桩基础,则不会出现倾斜现象,也就不会存在现在的比萨斜塔了。

2. 武汉 QY 小区 B 栋 18 层住宅因桩基础事故爆破拆除(图 1-2)

武汉 QY 小区 B 栋 18 层住宅因桩基础事故爆破拆除,该工程地质条件特征为深湖区沉积,上部 0~4m 为近期填筑的杂填土,4~20m 左右为高灵敏度的淤泥层,20m 以下为