



高等学校工程应用型土建类系列教材

基础工程

张建勋 主编
代国忠 钱晓丽 副主编



高等教育出版社

高等学校工程应用型土建类系列教材

基础工程

张建勋 主编

代国忠 钱晓丽 副主编



高等教育出版社

内容提要

本书系统地介绍了基础工程的基本理论知识、分析计算方法及在工程实践中的应用等。全书共分9章,内容包括:绪论、浅基础、连续基础、桩基础、挡土墙、沉井基础、地下连续墙、基坑工程及地震区的地基与基础等。

本书可作为高等学校土木工程专业(建筑工程、交通土建工程、桥梁工程、岩土工程等课群组)的教学用书,亦可供其他专业师生及工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/张建勋主编. —北京:高等教育出版社,
2009. 1

ISBN 978 - 7 - 04 - 024884 - 5

I. 基… II. 张… III. 地基-基础(工程)-高等
学校-教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 176526 号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 葛 心 封面设计 刘晓翔
版式设计 张 岚 责任校对 俞声佳 责任印制 宋克学

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京新华印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 960 1/16	版 次	2009 年 1 月第 1 版
印 张	22.5	印 次	2009 年 1 月第 1 次印刷
字 数	410 000	定 价	32.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24884 - 00

高等学校工程应用型土建类系列教材编委会名单

主任委员：

苏 群(黑龙江工程学院)

副主任委员(按姓氏笔画排序)：

汤放华(湖南城市学院)

张建勋(福建工程学院)

周 云(广州大学)

周先雁(中南林业科技大学)

唐 勇(山东交通学院)

麻建锁(河北建筑工程学院)

黄双华(攀枝花学院)

委员(按姓氏笔画排序)：

万德臣(山东交通学院)

马石城(湘潭大学)

王永春(青岛理工大学)

王用信(哈尔滨工业大学华德应用技术学院)

王振清(河南工业大学)

王新堂(宁波大学)

司马玉洲(南阳理工学院)

申向东(内蒙古农业大学)

白宝玉(吉林建筑工程学院建筑装饰学院)

石启印(江苏大学)

刘海卿(辽宁工程技术大学)

刘锡军(湖南科技大学)

何培玲(南京工程学院)

余跃心(淮阴工学院)

张文福(大庆石油学院)

张志国(内蒙古大学)
张国栋(三峡大学)
张季超(广州大学)
张奎(平顶山工学院)
张新东(塔里木大学)
张晓目(孝感学院)
李斌(内蒙古科技大学)
李毅(北华大学)
杨伟军(长沙理工大学)
汪仁和(安徽理工大学)
沈小璞(安徽建筑工业学院)
肖鹏(扬州大学)
陈伟(攀枝花学院)
陈伯望(湖南城市学院)
姚金星(长江大学)
荀勇(盐城工学院)
贺国京(中南林业科技大学)
赵风华(常州工学院)
赵永平(黑龙江工程学院)
赵明耀(吉林建筑工程学院城建学院)
夏军武(中国矿业大学徐海学院)
徐新生(济南大学)
高福聚(中国石油大学)
常伏德(吉林建筑工程学院城建学院)
董黎(广州大学)
窦立军(长春工程学院)
蓝宗建(东南大学成贤学院)
臧秀平(江苏科技大学)
蔡雪峰(福建工程学院)
谭宇胜(茂名学院)
薛志成(黑龙江科技学院)
薛姝(湖南城市学院)

前 言

本书根据高等学校土木工程专业培养方案和基础工程课程教学大纲的要求编写而成。在编写过程中征求了有关学校对本课程教学的意见,考虑了宽口径专业设置教学改革的需要,对教学内容进行了拓宽,兼顾了建筑工程、交通土建工程、桥梁工程、岩土工程等课群组的需要。在编写过程中,适当地增加了地基基础设计方面国内外比较成熟的新成果。考虑到本学科的特点,加强了对重要概念、基本原理及工程实用方法的介绍。全书密切结合应用型本科人才培养目标的要求,突出教材的实用性和综合应用性,各章内容由浅入深、概念清楚、层次分明、重点突出,加强了各章之间的相互衔接。针对每一章的特点,编写了详细、典型的例题,并在章后附有小结和习题。

本教材反映了国家现行建筑结构设计、建筑地基基础设计等规范和其他有关的规定,采用新的国际通用符号和我国法定计量单位。

本书由福建工程学院张建勋任主编,常州工学院代国忠、福建工程学院的钱晓丽任副主编,华北科技学院的齐宏伟、常州工学院的吴晓枫参加了编写工作。具体分工如下:第1章、第2章由张建勋编写,第3章由齐宏伟编写,第4章、第5章由钱晓丽编写,第6章、第7章由代国忠编写,第8章由代国忠和吴晓枫共同编写,第9章由吴晓枫编写。初稿完成后,由张建勋对全书进行了统稿和修改工作。

本书请同济大学杨敏教授审阅。编者在此深表感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008年6月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 地基与基础的基本概念	1
1.1.2 基础工程的基本内容	2
1.2 基础工程的发展概况	2
1.2.1 基础工程的发展	2
1.2.2 学科部分方向的新发展	3
1.2.3 基础工程的发展趋势	5
1.3 课程地位、特点与学习要求	6
1.3.1 本课程在土木工程领域的地位及重要性	6
1.3.2 本课程特点与学习要求	7
第 2 章 浅基础	9
2.1 概述	9
2.1.1 地基基础设计基本规定	10
2.1.2 概率极限状态的设计方法	12
2.1.3 浅基础设计的内容和步骤	14
2.1.4 浅基础的类型	15
2.1.5 基础的材料要求	19
2.2 基础的埋置深度	21
2.2.1 建筑物的用途、结构类型和荷载性质与大小	21
2.2.2 工程地质条件	21
2.2.3 水文地质条件	22
2.2.4 地基冻融条件	23
2.2.5 场地环境条件	27
2.3 地基承载力特征值的确定方法	28
2.3.1 《建筑地基基础设计规范》推荐的理论公式	29
2.3.2 现场载荷试验或其他原位测试方法	31
2.3.3 按规范承载力表确定	33
2.4 基础底面尺寸的确定	35
2.4.1 持力层的承载力验算	35
2.4.2 软弱下卧层的承载力验算	38
2.5 地基变形与稳定性验算	41

2.5.1	地基变形特征	41
2.5.2	地基变形验算	43
2.5.3	地基稳定验算	43
2.6	扩展基础设计	44
2.6.1	无筋扩展基础设计	44
2.6.2	墙下钢筋混凝土条形基础设计	47
2.6.3	柱下钢筋混凝土独立基础设计	52
2.7	减轻不均匀沉降危害的措施	59
2.7.1	建筑措施	60
2.7.2	结构措施	62
	本章小结	63
	习题	64
第3章	连续基础	66
3.1	概述	66
3.2	地基计算模型	67
3.2.1	文克勒地基模型	67
3.2.2	弹性半空间地基模型	68
3.2.3	有限压缩层地基模型	68
3.2.4	相互作用分析的基本条件和常用方法	69
3.2.5	基床系数的确定	69
3.3	文克勒地基上梁的计算	71
3.3.1	微分方程式	71
3.3.2	无限长梁的解答	72
3.3.3	半无限长梁的解答	78
3.3.4	有限长梁的解答	78
3.4	地基上梁的数值分析	79
3.4.1	有限单元法	79
3.4.2	迭代法计算步骤	81
3.5	柱下条形基础	82
3.5.1	柱下条形基础的构造	82
3.5.2	柱下条形基础底板设计	83
3.5.3	内力计算	84
3.6	柱下交叉条形基础	88
3.7	筏板基础设计	95
3.7.1	筏板基础底面积设计	95
3.7.2	筏板基础内力简化计算	96
3.7.3	筏板基础厚度设计	98

3.7.4	筏板基础配筋	100
3.8	箱形基础构造设计与地基验算	100
3.8.1	箱形基础构造设计	100
3.8.2	箱形基础的地基承载力与变形验算	102
3.8.3	箱形基础内力分析	104
3.8.4	箱形基础强度计算	109
3.8.5	地下室设计施工时应考虑的问题	110
3.9	地基基础与上部结构共同工作的概念	112
3.9.1	基本概念	112
3.9.2	基础刚度的影响	113
3.9.3	地基软硬的影响	114
3.9.4	上部结构刚度的影响	115
3.10	减轻不均匀沉降的工程措施	117
3.10.1	建筑措施	117
3.10.2	结构措施	119
3.10.3	施工措施	119
	本章小结	119
	习题	121
第4章	桩基础	123
4.1	概述	123
4.2	桩的类型与选型	125
4.2.1	桩的分类	125
4.2.2	桩型与成桩工艺的选择	130
4.3	各类桩的类型、特点与施工方法	132
4.3.1	预制桩的类型、特点与施工方法	132
4.3.2	灌注桩的类型、特点与施工方法	135
4.4	单桩的工作性能	139
4.4.1	单桩竖向承载力的组成	139
4.4.2	竖向荷载下单桩内力、侧摩阻力和位移的分布	141
4.4.3	负摩阻力	142
4.5	桩的竖向承载力	144
4.5.1	单桩竖向静载荷试验	144
4.5.2	静力触探法	147
4.5.3	按公式估算	147
4.5.4	桩身材料验算	151
4.5.5	群桩竖向承载力的确定	153
4.6	桩的水平承载力	154

4.6.1	水平荷载下桩基础的破坏机理和特点	155
4.6.2	单桩水平静载荷试验	156
4.6.3	按理论计算水平承载力	160
4.7	桩承台的设计	163
4.7.1	构造要求	163
4.7.2	柱下桩基承台弯矩的计算	164
4.7.3	柱下桩基础独立承台受冲切的计算	165
4.7.4	柱下桩基础独立承台受剪切的计算	167
4.7.5	承台局部受压验算	168
4.8	桩基础的设计计算	168
4.9	桩基工程的检测	176
4.9.1	高应变试验法	176
4.9.2	低应变试验法	177
	本章小结	178
	习题	178
第5章	挡土墙	180
5.1	概述	180
5.2	挡土墙的类型和设计原则	181
5.2.1	挡土墙的分类	181
5.2.2	挡土墙设计的基本原则	183
5.2.3	作用在挡土墙上的土压力	184
5.3	重力式挡土墙	184
5.3.1	重力式挡土墙的构造	185
5.3.2	重力式挡土墙的设计	188
5.4	悬臂式挡土墙	190
5.4.1	悬臂式挡土墙的构造	191
5.4.2	悬臂式挡土墙设计	192
5.5	扶壁式挡土墙	198
5.5.1	扶壁式挡土墙的构造	198
5.5.2	扶壁式挡土墙的计算	199
5.6	加筋土挡土墙	200
5.6.1	加筋土挡土墙的构造	201
5.6.2	加筋土挡土墙的设计	202
5.7	锚杆与锚定板挡土墙	204
	本章小结	205
第6章	沉井基础	207
6.1	概述	207

6.2 沉井的类型与构造	208
6.2.1 沉井的类型	208
6.2.2 沉井的基本构造	211
6.3 沉井的施工	213
6.3.1 旱地沉井的施工	213
6.3.2 水域沉井的施工	216
6.3.3 沉井下沉过程中遇到的问题及处理	217
6.3.4 泥浆润滑套与壁后压气沉井施工法	218
6.4 沉井的设计与计算	219
6.4.1 沉井作为整体深基础的设计与计算	219
6.4.2 沉井施工过程中的结构强度计算	224
本章小结	241
习题	241
第7章 地下连续墙	243
7.1 概述	243
7.1.1 地下连续墙的特点	243
7.1.2 地下连续墙的适用条件	244
7.1.3 地下连续墙的类型	244
7.2 地下连续墙设计要点	245
7.2.1 坑底土体的隆起计算	245
7.2.2 坑底土体的管涌计算	248
7.2.3 地下连续墙的土压力计算	249
7.2.4 水平地基反力系数	249
7.3 地下连续墙施工准备	249
7.3.1 场地准备	249
7.3.2 地下连续墙稳定液	250
7.3.3 修筑导墙	251
7.4 地下连续墙成槽工艺	253
7.4.1 影响单元槽段长度的因素	253
7.4.2 成槽方法	254
7.4.3 挖槽施工质量要求	255
7.4.4 清底换浆	256
7.5 单元槽段连接技术	256
7.5.1 常见的单元槽段接头连接形式	257
7.5.2 接头表面处理	259
7.6 钢筋笼制作与吊放	260
7.6.1 钢筋笼配筋技术或构造规定	260

7.6.2	钢筋笼底端和侧面垫块制作要求	261
7.6.3	墙体与结构物的钢筋连接	261
7.6.4	钢筋笼的吊入与接长	262
7.7	混凝土的浇筑	263
7.7.1	混凝土配合比设计	263
7.7.2	混凝土的生产和运输	264
7.7.3	水下混凝土浇筑	264
7.8	混凝土防渗墙施工技术	265
7.8.1	混凝土防渗墙墙体材料	265
7.8.2	混凝土防渗墙成槽技术	266
7.8.3	混凝土防渗墙的混凝土浇筑	267
7.8.4	墙体观测仪器的埋设	268
	本章小结	268
	习题	269
第8章	基坑工程	270
8.1	概述	270
8.1.1	基坑支护目的与作用	270
8.1.2	支护结构的类型及适用条件	271
8.1.3	基坑工程特点	274
8.2	支护结构的受力及变形计算	274
8.2.1	支护板桩的受力性状	274
8.2.2	支护板桩的侧向土压力计算	275
8.2.3	基坑变形特征	276
8.2.4	基坑的变形控制	278
8.2.5	基坑地面沉降计算	279
8.2.6	支护结构的变形计算	281
8.3	支护结构设计	281
8.3.1	悬臂式支护结构	281
8.3.2	单锚式支护结构	283
8.3.3	多层锚拉支护结构	287
8.3.4	地下连续墙支护结构计算方法	290
8.4	支护结构的稳定性验算	292
8.4.1	基坑的整体稳定性验算	292
8.4.2	基坑抗隆起稳定性验算	293
8.4.3	基坑管涌验算	295
8.4.4	有承压水坑底的稳定性验算	295
8.5	常见支护墙体结构形式	296

8.5.1 锚杆支护	296
8.5.2 土钉墙	300
8.5.3 SMW 工法	303
8.6 基坑的施工监测	305
本章小结	306
习题	306
第9章 地震区的地基与基础	308
9.1 概述	308
9.1.1 地震成因与类型	308
9.1.2 震源、震中、震中距和地震波	309
9.1.3 地震震级与地震烈度	310
9.1.4 建筑抗震设防分类、设防标准和目标	311
9.2 地震效应与地基震害	312
9.2.1 场地及其地震效应	312
9.2.2 场地类别的划分与区别	313
9.2.3 地基基础的震害	316
9.3 液化地基	317
9.3.1 地基土液化及其危害	317
9.3.2 液化判别	318
9.3.3 地基的液化等级	320
9.3.4 液化地基的抗震措施	322
9.4 天然地基上基础的抗震验算	323
9.4.1 基本要求	323
9.4.2 天然地基抗震验算	325
9.5 桩基础的抗震验算	330
9.5.1 常见的桩基震害简况	330
9.5.2 非液化地基上桩的抗震设计	333
9.5.3 桩身周围有液化土层时桩基的抗震设计	336
本章小结	339
习题	339
参考文献	341

第 1 章

绪 论

1.1 概 述

1.1.1 地基与基础的基本概念

地基与基础是两个不同的概念。基础是承载着其上部建筑物的结构构件,承受着由基础传来各种荷载与作用的地层称为地基。也就是说,建筑物建造在土层或岩层之上,所有的荷载是通过基础传给地基的。

根据基础的埋置深度和施工方法的不同通常把基础分为两大类:埋置深度较浅,而且施工简单的基础称为浅基础;对于浅层土质不能满足设计要求,需要利用深处地层,采用专门的机械和特殊的施工方法建造的基础称为深基础。

地基也可分为天然地基和人工地基。不经处理就能满足设计要求的地基,称为天然地基;因承载能力不能满足设计要求而经过处理的地基,称为人工地基。

在整个结构工程中,基础工程的重要性是毋庸置疑的。由于基础承载着上部结构,是建筑物的根基,如果基础存在质量问题,必然影响到上部结构的正常工作。在整个工程造价中,基础工程造价所占的比例很高。如果地质条件复杂,基础工程的造价可达 20%~30%。此外,由于基础工程是隐蔽工程,施工条件极为复杂,影响质量的因素很多,对于设计或施工留下的缺陷修复起来难度很大,严重的缺陷还会危及结构的安全,导致工程事故。因此,基础工程在土木工程中的作用是十分重要的。

地基、基础和上部结构各自的功能不同,在荷载的作用下,它们彼此联系、相互制约,形成了一个整体。因此,在进行基础工程设计时,要充分考虑在工程施工的过程中可能发生的变化及所产生的影响。既要考虑上部结构的情况,也要考虑地基的条件。

1.1.2 基础工程的基本内容

基础工程是土木工程学科的一个重要分支。基础工程包括基础的设计、施工与监测。由于地基作为基础的环境介质,基础的设计、施工与监测等工程活动全都与地基土的特性有关,广义地说,基础工程这一学科领域包括了与土有关的所有工程技术问题。本课程主要介绍地基与基础的设计原理,包括基础设计和地基设计两部分内容,以及部分施工与监测的简要知识。

基础设计包括选择基础形式、确定埋置深度,以及计算基底面积、基础内力、设计基础的断面等。设计基础需要掌握地质勘察的资料和上部结构的资料。根据地质资料获取土层的分布情况、土性指标、地下水的活动规律,确定地基类型和土力学指标。要分析上部结构的传力体系,计算出传至基础的荷载,再进行基础设计。如果地下部分为多层的结构,基础的设计实际上就是地下结构的设计。对地基的设计则主要包括地基土的承载力计算、变形计算和稳定性计算等。

基础工程设计需要满足地基的强度要求和变形要求。即要满足地基的承载力要求,保证基础沉降或其他变形不超过建筑物的允许变形,使地基发生变形后上部结构仍然可以正常使用。

基础工程的设计和施工必须遵循法定的规范和标准。规范对设计的内容、设计方法、施工方法、工艺要求等做出了具体的规定,既是基础工程有关理论研究成果的应用,也是工程实践经验的总结。由于理论研究和科学实践的局限性,规范也还有不够完善的地方,随着工程技术的不断进步,通过在今后生产实践中不断深入地学习、研究和总结,规范与标准也将得到修编与完善。

1.2 基础工程的发展概况

1.2.1 基础工程的发展

基础工程与其他应用技术学科一样,是人类在长期的生产实践中不断总结积累而发展起来的。从史料记载及发掘的文化遗址来看,人们在史前就创造了地基基础的工艺。至今还留在世上的宫殿教堂、寺院楼宇、高塔亭阁、码头石桥,都是古代劳动人民非凡的智慧和建造技艺的见证。我国的都江堰水利工程、举世闻名的万里长城、赵州安济石拱桥和许多雄伟壮丽的古建筑,虽历经无数次地震强风的袭击,至今仍根基稳固安然无恙,这些都是成功地运用基础工程技术的典范。

我国有着五千多年的文明历史,从考古资料发现,那时的基础主要有三类:夯土基础、铺石基础和木桩基础。对浙江余姚河姆渡文化遗址的考察发现,

7 000 年前人们就以木桩打入沼泽地,建造底层架于木桩上的联排房屋。史料记载的山西汾水上三十墩柱木柱梁桥(公元前 532 年)、秦代的渭桥(公元前 221—公元前 206 年)均为木桩基础。郑州隋朝超化寺的塔基木桩、杭州湾五代大海塘的工程木桩,都是古代桩基技术的典型,表现出祖先罕见的创造性智慧。目前某些修筑地基基础的传统方法,如灰土垫层、水撼砂垫层、填土夯实、石料基础、石灰桩、木桩等,仍在一些范围里应用。

随着欧洲 18 世纪工业革命的兴起,大规模的城市建设促进了学科基础理论的产生和发展。例如,法国科学家库仑(Coulomb)1773 年提出砂土抗剪强度公式和挡土墙土压力的计算理论;英国学者朗肯(Rankine)1869 年建立了土压力理论;法国工程师达西(Darcy)1856 年提出了层流运动的达西定律;捷克工程师文克勒(Winkler)于 1867 年提出铁轨下任一点土的接触应力与该点土的沉降成正比的假设。此外,法国学者布辛奈斯克(Boussinesq)1885 年提出了弹性半空间表面在竖向集中力作用下应力和变形的理论解。他们是本学科理论的先驱者。1925 年美国的太沙基(Terzaghi)归纳了学科的成就,出版了第一本《土力学》,较系统地论述了土力学和基础工程的基本理论和方法,为基础工程学科的发展奠定了基础。1948 年太沙基(Terzaghi)和 R·佩克(Peck)出版的《工程实用土力学》,是一部把理论和工程实践经验结合在一起的著作,是土力学和基础工程结合成为一门工程科学的标志,对学科的结合与发展起到了重要的推动作用。土力学和基础工程学科一系列的理论与实践成果是在世界范围内不断取得创新性成果的积累。

现代科学技术的出现促进了学科的迅速发展,原先以经验为主的建筑技术逐步地为现代技术所替代。如今的基础工程技术已经发展到比较高的水平。在计算理论上,从以线弹性为基础的土力学,已发展成考虑土结构影响的粘弹塑性体的数学模型;从以饱和土为主的理论,发展到非饱和土;从只考虑土的静力状态,发展到研究土的动力特性,等等。随着我国大规模的现代化建设的需要,许多超深基础、超高建筑、地下空间的大量开发,海洋石油平台、高速公路的复杂路基、跨海大桥的基础等基础工程的现代技术也应运而生。经过像三峡水利工程、南水北调工程、青藏铁路工程等一大批成功的大型工程实践,我国基础工程的理论和实践水平都得到了很大的提高。

1.2.2 学科部分方向的新发展

由于土的成因复杂、性质各异,虽然目前基础工程在理论计算方面还处在半理论半经验的阶段,施工工艺也还处在半机械化或局部机械化的水平上,某些方面的现代化程度与国际的先进水平还有较大的差距,但是近年来我国基础工程的发展有着新的突破。以下简要介绍该学科的部分发展概况。