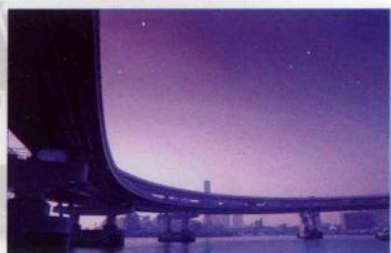


高等学校教材



基础工程

FOUNDATION ENGINEERING

张光永 刘爽平 主编



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

基 础 工 程

张光永 刘爽平 主 编

武汉理工大学出版社
· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书是根据最新的技术规范编写的,系统地介绍了基础工程的基本概念、基本原理和主要方法。全书共分7章,主要内容包括绪论、作用与作用效应组合、天然地基上的浅基础、桩基础、沉井基础、地基处理和几种特殊土地基上的基础工程。

本书主要作为高等学校土木工程专业基础工程课程教材和参考书,也可供从事地下工程研究、设计和施工的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/张光永,刘爽平主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5629-3485-1

I. ①基… II. ①张…②刘… III. ①地基-基础(工程)-高等学校-教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 169285 号.

项目负责人:张淑芳

责任编辑:段 智

责任校对:吴正刚

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.75

字 数:493 千字

版 次:2011 年 8 月第 1 版

印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:32 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

前 言

新版《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)以及《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)均早于《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)(以下简称《公桥基规》)若干年发布,因而在新的《公桥基规》发布前存在着进行地基与基础的教学及设计时引用的是老版的规范,而在进行上部结构的教学及设计时采用的是新规范这种脱节的现象。因此,新版《公桥基规》发布后,教学内容必须随之更新。编者依据前述各新规范、参考他人成果并结合多年“基础工程”课程的教学经验,编写了本教材。

本教材共分7章:第1章为绪论,介绍地基与基础的概念、分类、重要性、设计原则和要求、设计所需的资料以及地基基础的发展概况;第2章介绍作用与作用效应组合,这部分内容与老版规范相比变动很大,因此单独列出一章进行介绍;第3章介绍天然地基上的浅基础,主要对公路桥涵中应用较广的天然地基刚性浅基础进行了详细介绍,对钢筋混凝土基础只作简要介绍;第4章介绍桩基础,与以前的教材相比,本章补充了桩在水平力及弯矩作用下桩身内力及位移的数值计算;第5章主要介绍沉井基础,对地下连续墙只作简要介绍;第6章介绍常见的地基处理方法;第7章介绍特殊土地基的有关工程问题。另外,对进行地基基础设计时所涉及的公式,教材中尽量列出,没有列出的也给出了相应的参考文献以便读者查找。

本教材的第1、2、3、4、5章由华中科技大学张光永编写,第6、7章由天门市公路局刘爽平编写。全书由张光永统稿。

本教材在编写过程中参考了部分相关的论著和资料,在此谨向相关文献的作者致谢。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免有错误和遗漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011年5月于武汉

目 录

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 基础工程设计所需的资料	3
1.3 基础工程的发展概况	5
1.4 本课程的特点和学习要求	6
思考题	6
2 作用与作用效应组合	7
2.1 作用的概念及分类	7
2.1.1 作用的有关概念	7
2.1.2 作用的分类	7
2.1.3 可变作用标准值	8
2.2 作用效应组合	12
2.2.1 承载能力极限状态的作用效应组合	12
2.2.2 正常使用极限状态的作用效应组合	13
2.2.3 进行作用效应组合应注意的问题	14
2.3 基础的受力形式和验算方向	16
2.3.1 基础的受力形式	16
2.3.2 基础的验算方向	16
思考题	16
习题	16
3 天然地基上的浅基础	17
3.1 天然地基上浅基础的类型及构造	17
3.1.1 浅基础的类型及适用条件	17
3.1.2 浅基础的构造	19
3.2 刚性浅基础的设计计算	20
3.2.1 设计计算的内容与步骤	20
3.2.2 基础埋置深度的确定	21
3.2.3 基础形状和尺寸的拟定	24
3.2.4 地基强度验算	25
3.2.5 基底合力偏心距验算	31
3.2.6 基础稳定性验算	31
3.2.7 基础沉降验算	34
3.2.8 钢筋混凝土基础计算要点	35

3.3 板桩墙围堰的计算	35
3.3.1 侧向压力计算	36
3.3.2 单支撑板桩墙计算	36
3.3.3 多支撑板桩墙计算	38
3.3.4 基坑稳定性验算	39
3.3.5 封底混凝土厚度计算	40
3.4 埋置式桥台刚性扩大基础计算算例	41
3.4.1 设计资料	41
3.4.2 拟定基础尺寸	42
3.4.3 作用效应标准值的计算	43
3.4.4 作用效应组合情况	47
3.4.5 地基承载力验算	47
3.4.6 基底合力偏心距验算	49
3.4.7 基础稳定性验算	49
3.4.8 沉降验算	50
3.5 天然地基上浅基础的施工	50
3.5.1 基础定位放样	51
3.5.2 旱地上浅基础的施工	51
3.5.3 水中浅基础的施工	60
思考题	63
习题	63
4 桩基础	65
4.1 概述	65
4.1.1 桩基础的组成	65
4.1.2 桩基础的作用原理	65
4.1.3 桩基础的特点	66
4.1.4 桩基础的适用条件	66
4.1.5 桩基础的设计要求	66
4.2 桩和桩基础的类型	67
4.2.1 按成桩挤土效应分类	67
4.2.2 按承载性状分类	67
4.2.3 按承载类别分类	68
4.2.4 按桩轴方向分类	69
4.2.5 按桩的断面尺寸分类	69
4.2.6 按承台位置分类	69
4.2.7 按施工方法分类	70
4.3 桩和桩基础的构造	74
4.3.1 各种基桩的构造	75

4.3.2 桩的布置和间距	79
4.3.3 承台的构造	80
4.3.4 桩与承台及横系梁的连接	80
4.4 单桩承载力	82
4.4.1 单桩轴向荷载传递机理和特点	82
4.4.2 单桩轴向容许承载力按土的支承力的确定	85
4.4.3 桩的负摩阻力	96
4.4.4 单桩横向容许承载力的确定	98
4.4.5 按桩身材料强度确定并验算单桩承载力	102
4.5 基桩内力和变位计算	106
4.5.1 基本概念	106
4.5.2 桩顶受力计算	110
4.5.3 弹性单排桩的内力与变位计算	111
4.5.4 弹性单排桩内力与位移的杆系有限元法计算	123
4.5.5 “m”法弹性多排桩基桩内力与位移计算	123
4.6 群桩基础的竖向分析及验算	133
4.6.1 群桩基础的作用特点	133
4.6.2 群桩基础承载力和沉降验算	134
4.7 承台计算	136
4.7.1 承台底面单桩竖向力设计值计算	136
4.7.2 承台下面外排桩中心距墩台身边缘大于承台高度时的计算	136
4.7.3 承台下面外排桩中心距墩台身边缘等于或小于承台高度时的计算	137
4.7.4 承台的斜截面抗剪承载力计算	138
4.7.5 承台冲切承载力验算	139
4.7.6 承台局部承压、裂缝宽度和挠度验算	141
4.8 桩基础的设计	141
4.8.1 桩基础类型的选择	141
4.8.2 桩径、桩长的拟定	142
4.8.3 确定基桩根数及其平面布置	142
4.8.4 桩基础设计方案检验	143
4.9 桩基础的施工	144
4.9.1 钻孔灌注桩的施工	144
4.9.2 挖孔灌注桩的施工	155
4.9.3 沉管灌注桩的施工	156
4.9.4 沉桩施工	157
4.9.5 钻孔埋置桩的施工	165
4.9.6 灌注桩后压浆的施工	165
4.9.7 水中桩基础的施工	172

4.9.8 桩基施工质量检验	174
思考题	175
习题	176
5 沉井基础	178
5.1 沉井基础的基本概念、作用及适用条件	178
5.1.1 沉井基础的概念	178
5.1.2 沉井基础的特点	178
5.1.3 沉井基础的适用条件	179
5.2 沉井基础的类型	179
5.2.1 按使用材料分类	179
5.2.2 按平面形状分类	179
5.2.3 按沉井的立面形状分类	180
5.2.4 按沉井的施工方法分类	181
5.3 沉井基础的构造	181
5.3.1 沉井的一般构造	181
5.3.2 浮运沉井的构造	183
5.3.3 组合式沉井	184
5.4 沉井的施工	184
5.4.1 旱地上沉井基础的施工	185
5.4.2 水中沉井基础的施工	187
5.4.3 沉井下沉过程中遇到的问题及处理方法	189
5.4.4 泥浆润滑套与壁后压气施工法	190
5.5 沉井的设计与计算	192
5.5.1 沉井主要尺寸的拟定	192
5.5.2 沉井作为整体深基础的设计与计算	193
5.5.3 沉井在施工过程中的结构强度计算	197
5.5.4 浮运沉井的计算要点	208
5.6 圆端型沉井算例	210
5.6.1 设计资料	210
5.6.2 沉井高度及各部分尺寸	211
5.6.3 作用效应计算	211
5.6.4 基底应力验算	213
5.6.5 横向抗力验算	213
5.6.6 沉井在施工过程中的强度验算(不排水下沉)	214
5.6.7 封底混凝土验算	221
5.6.8 盖板混凝土验算	222
5.7 地下连续墙	223
5.7.1 地下连续墙的概念、特点及其应用与发展	223

5.7.2 地下连续墙的类型与接头构造	224
5.7.3 地下连续墙的施工	226
5.7.4 地下连续墙设计计算简介	228
思考题	229
习题	230
6 地基处理	231
6.1 概述	231
6.1.1 地基处理的目的、方法及加固机理	231
6.1.2 软弱地基的类别及性质	233
6.2 换土垫层法	234
6.2.1 换土垫层法的概念、适用条件及作用机理	234
6.2.2 砂砾垫层的设计计算	235
6.2.3 砂砾垫层的材料要求和施工要点	237
6.2.4 挤淤置换法	237
6.3 挤密压实法	238
6.3.1 砂桩挤密法	238
6.3.2 压实法	241
6.3.3 振动水冲法	246
6.4 排水固结法	248
6.4.1 砂井堆载预压法	249
6.4.2 袋装砂井和塑料排水板预压法	250
6.4.3 真空预压法	252
6.4.4 降低地下水位预压法	252
6.4.5 天然地基堆载预压法	252
6.5 深层搅拌(桩)法	253
6.5.1 粉体喷射搅拌(桩)法和水泥浆搅拌(桩)法	253
6.5.2 高压喷射注浆法	255
6.6 灌浆胶结法	256
6.6.1 灌浆胶结法的概念、分类及所用浆液材料	256
6.6.2 硅化法	257
6.7 土工合成材料加固法	258
6.7.1 土工合成材料的排水作用	258
6.7.2 土工合成材料的加筋作用	259
6.8 复合地基理论	259
6.8.1 复合地基承载力的计算	260
6.8.2 加固桩柱体及桩间土极限承载力的计算	261
6.8.3 复合地基的沉降计算	262
思考题	262
习题	263

7 几种特殊土地基上的基础工程	264
7.1 湿陷性黄土地基	264
7.1.1 湿陷性黄土的概念、分布及危害	264
7.1.2 黄土湿陷性的判定及湿陷类型和湿陷等级的划分	264
7.1.3 湿陷性黄土地基的处理	266
7.1.4 湿陷性黄土地区地基的容许承载力和沉降计算	268
7.2 膨胀土地基	269
7.2.1 膨胀土的概念、特征、危害及分布	269
7.2.2 膨胀土的判定和胀缩等级的划分	269
7.2.3 膨胀土地基变形量和地基承载力的计算	271
7.2.4 膨胀土地基上的桥涵基础工程问题及工程措施	273
7.3 红黏土地基	274
7.3.1 红黏土的概念及分布	274
7.3.2 红黏土的工程地质特征及危害	274
7.3.3 红黏土地基的工程措施	274
7.4 山区地基	275
7.4.1 山区地基的工程特性	275
7.4.2 土岩组合地基	275
7.4.3 岩溶	276
7.4.4 土洞	276
7.5 冻土地区的地基与基础	276
7.5.1 冻土的概念与分布	276
7.5.2 季节性冻土地基与基础	277
7.5.3 多年冻土地基与基础	279
7.5.4 冻胀、融沉的防治措施	284
7.6 地震区的地基与基础	284
7.6.1 地基与基础的震害	284
7.6.2 基础工程抗震设计	286
7.6.3 基础工程的抗震措施	287
思考题	288
附表	289
参考文献	306

1 绪 论

1.1 概 述

任何建筑物都建造在一定的地层上,建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担,并使地层中的应力状态发生改变。一般把承受整个建筑物荷载而应力状态发生改变的那一部分地层称为地基,建筑物底部与地基接触的那部分构造称为基础,如图 1.1 所示。

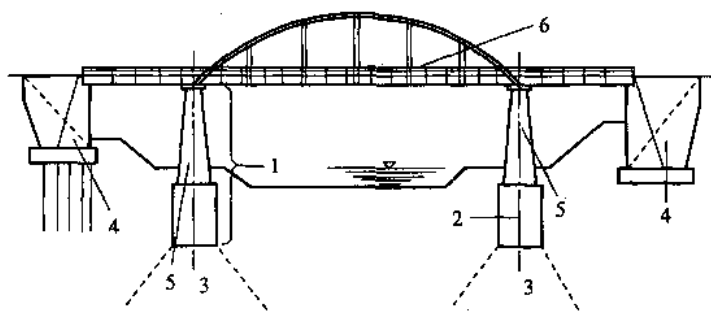


图 1.1 桥梁结构立面示意图

1—下部结构;2—基础;3—地基;4—桥台;5—桥墩;6—上部结构

基础工程包括基础工程的设计、施工和监测,基础工程的设计又包括地基设计和基础设计。本课程主要介绍地基和基础的设计原理,同时也简要介绍一些必要的施工知识。

地基可分为天然地基和人工地基。直接砌筑基础而不需人工处理的地基称为天然地基。如果天然地层的土质过于软弱或存在不良工程地质问题,需要经过人工加固或处理后才能修筑基础,这种经过人工加固处理的地基称为人工地基。在一般情况下,应尽量采用天然地基。

根据地基与基础的相对位置关系不同,可将地基分为持力层和下卧层两部分。持力层为直接与基础底面相接触的那部分地层,它直接承受基底压应力作用。持力层以下受建筑物荷载影响的地层称为下卧层。

基础按埋置深度不同又可分为浅基础(5 m 以内)和深基础两种。当浅层地基承载力较大时,可采用埋深较小的浅基础。浅基础施工方便,通常采用明挖法从地面开挖基坑后,直接在基坑底面砌筑、浇筑基础。桥梁及各种人工构造物常采用砌筑在天然地基上的浅基础。如果浅层土质不良,需将基础埋置于较深的良好土层上,这种基础称为深基础。深基础设计和施工较复杂,但具有良好的适应性和抗震性,常见的形式有桩基础、管柱基础、沉井基础和地下连续墙等。我国公路桥梁中应用最多的深基础是桩基础。

虽然有些基础在土层内的埋置深度较浅,但其水下部分较深(如深水中的桥墩基础,称为深水基础),在设计和施工中有时需要作为深基础考虑。

目前,我国公路结构物基础大多采用混凝土或钢筋混凝土结构,少部分用钢结构。在石料丰富的地区,按照就地取材原则,也常用石砌基础。只有在特殊情况下(如抢修、修建临时便桥时)才采用木结构。

工程实践表明,地基与基础的设计和施工质量的优劣,对整个建筑物的质量和正常使用起着根本性的作用。基础工程位于地面以下,为隐蔽工程,如有缺陷较难发现,也较难以弥补和修复,而这些缺陷往往直接影响整个建筑物的使用甚至安全;基础工程的进度常常控制着整个建筑物的施工速度;基础工程的造价,在整个建筑物造价中通常占有相当大的比例,尤其是在复杂的地质条件下或深水中修建的基础更是如此。可见,地基与基础在整个建筑物中占有十分重要的地位,对整个建筑物的影响巨大。因此,对于基础工程,必须做到精心设计、精心施工,以保证建筑物的质量和经济性。

(1) 设计原则

在对地基与基础进行设计的时候,要遵循以下设计原则:

① 保证所承载建筑物的质量,也就是在技术上要求建筑物稳固、耐用和适用,以保证建筑物的正常和安全使用。

② 保证设计方案的经济性,即要求建筑物总造价尽可能低廉。

③ 保证设计方案的可行性,也就是说根据当时、当地的具体情况(如施工技术、施工队伍的能力和水平、材料和机械设备的供应及施工现场其他的具体条件等),实现设计方案是切实可行的。

为了使全国各地都有一个统一的设计依据和标准,建设部门制定了相应的设计规范。这些规范是根据我国现有的生产技术水平、实际经验和科学研究成果,结合各专业的特殊要求编制出来的。其中,《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)是公路桥涵地基与基础设计的直接依据,它对公路桥涵地基和基础的设计计算作了一系列具体的规定和要求。

(2) 设计要求

地基与基础设计计算的基本要求是:

① 地基要具有足够的强度和稳定性,使基础底面压力小于地基的容许承载力,即保证地基在建筑物等外荷载作用下,不出现过大的、有可能危及建筑物安全的塑性变形或丧失稳定性的现象。

② 基础的沉降或相邻基础的沉降差应在允许范围以内,以保证上部结构的正常使用。

③ 基础要具有足够的强度,以保证基础本身坚固耐用。

④ 基础要具有足够的稳定性,以保证基础不发生倾覆和滑动,并防止地基土从基础底面下被水流冲刷掉。

⑤ 防止地基土发生冻胀。当基础底面以下的地基土发生严重冻胀时,对建筑物往往是十分有害的。冻胀时地基虽有很大的承载力,但其所产生的冻胀力有可能将基础向上抬起,而冻土一旦融化,由于土体的含水率很大,以及地基承载力突然大大降低,基础有可能发生很大的沉陷,这是不允许的。所以,对寒冷地区而言,这一点必须予以考虑。

建筑物是一个整体,地基、基础、墩台和上部结构共同工作且相互影响。因此,地基与基础的设计应紧密结合上部结构和墩台特性的要求进行,全面分析建筑物整体和各组成部分的可行性、安全性和经济性,把强度、变形和稳定性紧密地与现场条件、施工条件结合起来,全面分析,综合考虑。

目前,要把这几部分完全统一起来进行设计还有困难。现阶段采用的常规设计方法是这几部分分开,按照静力平衡的原则,采用不同的假定进行分析计算,同时考虑地基、基础和上部结构的共同作用。

同时,在进行地基与基础的设计时,要想满足上述要求,必须在着手设计前首先掌握准确、

足够而又必需的资料。

1.2 基础工程设计所需的资料

地基与基础的设计方案及计算中有关参数的选用,都需要根据当地的地质条件、水文条件、上部结构形式、荷载特性、材料情况及施工要求等因素全面考虑。因此,在设计桥梁的地基与基础之前,应通过详细的调查研究,充分掌握必要的、符合实际情况的资料。

① 建筑物的情况,如上部结构的形式、跨径、建筑物用途、桥梁和墩台的构造与尺寸等。

② 荷载作用情况,包括可能作用于建筑物上的各种荷载的大小、方向、作用位置、荷载性质(静荷载或动荷载)及作用时间等。

③ 水文资料,如桥梁所在江河水流的高水位、低水位、常水位、水流速度及冲刷深度等。

④ 工程地质资料,主要是地质剖面图或柱状图,图上应示出各土层的分布情况、厚度、冻结深度、地下水位高度、岩面高程、倾斜度、土中大而硬的孤石以及不良工程地质现象等。此外,还必须对各种地基土的物理、力学性质指标。

⑤ 施工条件,包括施工队伍的人力、物力(主要是机具设备的配备)、技术水平、施工经验、施工期限以及附近的材料、水电供应和交通等情况。掌握这方面的资料有助于选择经济合理而又切实可行的地基基础方案。

前4部分资料对选择基础的埋置深度、类型和尺寸并进行各项验算是必不可少的。

此外,如工地附近有已建成的桥梁,还应调查掌握现有桥梁的结构及使用情况等资料,这对新建结构物的设计有重要的参考价值。

上述资料是基础工程设计的重要依据,尤其是水文和地质资料,它的准确性将直接影响设计的质量,必须给予足够的重视。

总之,在进行基础工程设计时,既要考虑上部结构的情况,又要考虑地基土的特点;既要考虑多方面的技术要求,又要考虑当时、当地的具体条件。只有把这几方面的关系全面地处理好,才能把基础工程的设计工作做好,这是从根本上保证整个建筑物设计质量的重要环节,必须充分加以重视。

基础工程设计所应掌握的地质、水文、地形等详细资料如表1.1所示。其中,各项资料的内容范围可根据桥梁的规模、重要性及建桥地点的工程地质、水文条件的具体情况和设计阶段确定取舍。

表 1.1 基础工程设计所需的资料

资料种类	资料主要内容	资料用途
1. 桥梁平面图(或桥址地形图)	① 桥位地形; ② 桥位附近地貌、地物; ③ 不良工程地质现象的分布位置; ④ 桥位与两端线路的平面关系; ⑤ 桥位与河道的平面关系	① 桥位的选择、下部结构位置的研究; ② 施工现场的布置; ③ 地质概况的辅助资料; ④ 河岸冲刷及水流方向改变的估计; ⑤ 墩台、基础防护构造物的布置

续表

资料种类	资料主要内容	资料用途
2. 桥位工程地质勘测报告及工程地质纵剖面图	① 桥位地质勘测调查资料包括河床地层土(岩)类及岩性、层面高程、钻孔位置及钻孔柱状图; ② 地质、地史资料的说明; ③ 不良工程地质现象及特殊地貌的调查勘测资料	① 桥位、下部结构位置的选定; ② 地基持力层的选定; ③ 墩台高度、结构形式的选定; ④ 墩台、基础防护构造物的布置
3. 地基土质调查试验报告	① 钻孔资料; ② 覆盖层及地基土(岩)层生成、分布情况; ③ 分层土(岩)层状生成、分布情况; ④ 荷载试验报告; ⑤ 地下水位调查	① 分析和掌握地基的层状; ② 地基持力层及基础埋置深度的研究与确定; ③ 地基各土层强度及有关计算参数的选定; ④ 基础类型和构造的确定; ⑤ 基础下沉量的计算
4. 河流水文调查报告	① 桥位附近河道纵横断面图; ② 有关流速、流量、水位的调查资料; ③ 各种冲刷深度的计算资料; ④ 通航等级、漂浮物、流水调查资料	① 根据冲刷要求确定基础的埋置深度; ② 桥墩身水平作用力的计算; ③ 施工季节、施工方法的研究
5. 其他调查资料	(1) 地震	① 确定抗震设计强度; ② 抗震设计方法和抗震措施的确定; ③ 地基土振动液化和岸坡滑移的分析研究
	(2) 建筑材料	① 确定下部结构采用的材料种类; ② 就地供应材料的计算和计划安排
	(3) 气象	① 气温变化的确定; ② 基础埋置深度的确定; ③ 风压的确定; ④ 施工季节和施工方法的确定
	(4) 附近桥梁的调查	① 掌握架桥地点的地质、地基土情况; ② 基础埋置深度的参考; ③ 河道冲刷和改道情况的参考

1.3 基础工程的发展概况

基础工程与其他技术学科一样,是人类在长期的生产实践中不断发展起来的。在世界各文明古国数千年的建筑活动中,就有很多关于基础工程的技术成就。但由于受当时社会生产力和技术条件的限制,它在相当长的时期内发展很缓慢,仅停留在经验积累的感性认识阶段。

18世纪产业革命以后,城建、水利、建筑规模的扩大促使人们加强了对基础工程的重视程度与研究力度,并对有关问题开始寻求理论上的解答。在此阶段,作为本学科理论基础的土力学方面的研究,如土压力理论、土的渗透理论等有局部的突破。随着工业技术的发展,基础工程也随之得到新的发展,如在19世纪中叶就出现了利用气压沉箱法修建的深水基础。20世纪70年代,基础工程有比较系统、完整的专著问世。1936年的第一届国际土力学与基础工程会议后,土力学与基础工程即作为一门独立的学科取得长足发展。20世纪50年代起,现代科学新成就的渗入,使基础工程技术与理论得到了更进一步的发展与充实,成为一门较成熟的、独立的现代工程学科。

我国是一个具有悠久历史的文明古国,古代劳动人民在基础工程领域也较早地表现出了高超的技艺和创造才能。例如,远在1300多年前,隋朝所修建的赵州安济石拱桥,不仅在建筑结构上有独特的技艺,而且在地基基础的处理上也非常合理。该桥的桥台坐落在较浅的密实粗砂土层上,沉降很小,现反算其基底压力约为 $500 \sim 600 \text{ kPa}$,与现行的各设计规范中所采用的该土层容许承载力的数值(550 kPa)极为接近。

我国经济建设的快速发展促进了本学科的进一步发展,并取得了辉煌的成就。例如,在桥梁基础工程方面,为充分利用天然地基的承载力,我国科技工作者就改进和发展了多种结构形式的浅基础,以适应不同的地基土质和不同的荷载性质及上部结构的使用要求。

为缩短工期、降低造价和适应大型及大跨度桥梁的建设,我国还大力发展了深基础技术。随着在各种土层、各种深度中基础设计和施工技术经验的积累,桩基础尤其是钻孔灌注桩已成为我国最广泛采用的深基础形式,并在保证基桩质量及采用动力方法测定轴向承载力方面也取得了可喜成就。为提高基桩承载力、减少沉降,采用扩底和压浆等措施也取得了很好的效果。

为进行沉井基础技术的研究,我国科技工作者在轻型、薄壁、助沉技术、机械化施工方面及沉井与桩、管柱组合式深水基础等方面开展了许多研究工作,并取得了丰富的经验。

近年来,我国的铁路、高速公路发展迅速,并在长江、黄河等大江大河和近海区域修筑了很多大型桥梁工程。这其中就采用了大直径钻孔灌注桩、预应力管桩、管柱、钢管桩、多种形式的浮运沉井、组合式沉井等一系列新型深基础以及各种结构类型的单壁、双壁钢围堰等,成功地解决了复杂地质条件下的大型深水桥梁基础工程问题。

在软土地基方面,我国的地基加固技术发展较快,特别是结合软土特性处理沉降和稳定等问题取得了丰富经验,在吸收国外新成就的基础上,发展了一些符合我国国情、充分利用我国材料特点的新的地基处理工艺,如堆载预压、深层挤密、搅拌桩、强夯(动力加固法)等,并在地下连续墙、深基坑支护、新材料应用等方面取得了丰富的经验。

目前,对于常用基础类型的结构设计,我国许多设计单位已建立了较完备的计算机辅助设计系统,基本上实现了电算化。

近年来,国外的基础工程科学技术发展也较快。在设计理论方面,一些国家采用了概率极限状态设计方法,将高强度预应力混凝土应用于基础工程,使得基础结构向薄壁、空心、大直径

的方向发展。在施工技术方面,一些国家也创造了许多新的工艺和方法,如以大口径磨削机对基岩进行处理,在水深及流速较大处采用水上自升式平台进行沉桩(管柱)施工等。

基础工程既是一门古老的工程技术,又是一门年轻的应用科学。发展至今,其在设计理论和施工技术及测试工作中都存在不少需进一步完善和解决的问题,而且随着经济建设、大型和重型建筑物的发展,将对基础工程提出更高的要求。为适应这些要求,我国的基础工程科学技术在设计理论、施工技术及测试手段上都必须进一步完善,并需要着重开展以下工作:开展地基的强度、变形特性的基本理论研究;进一步开展各类基础的设计理论和施工方法的研究;完善地基处理的设计理论,发展相关的施工方法;进一步加强基础结构抗震设计研究。

1.4 本课程的特点和学习要求

本课程系统地叙述了桥梁及其他人工构造物与基础的设计基本理论、实用计算方法和基本施工方法。全书共分为7章:第1章为绪论;第2章介绍作用与作用效应组合;第3章介绍天然地基上的浅基础的设计理论、方法及施工;第4章介绍桥梁桩基的设计理论、方法及施工;第5章主要介绍沉井基础的设计原理、方法及施工,同时对地下连续墙作了简要介绍;第6章介绍地基处理的一些基本理论及常用的处理方法;第7章对几种特殊地基上的基础工程进行了介绍。

本课程需要相关专业基础课和其他专业课的支持,这些课程包括“工程地质”、“土质学与土力学”、“桥涵水文”、“材料力学”、“结构力学”、“结构设计原理”以及“桥梁工程”等。其中,“土质学与土力学”和“桥梁工程”是本课程的重要理论基础,应注意两门课程的前后联系和衔接。

众所周知,基础是修筑在地基之上的构造物,承载基础的地基土又因不同的地区、不同的地层、不同的局部环境,表现出复杂多变的物理、力学性质。另外,基础的受力情况和施工条件也是千差万别的,这些都给基础的设计和施工带来了很大的困难。为了能够切合实际并合理地解决这些问题,就要求我们在学习过程中注意理论联系实际,在基本理论知识的指导下进行实践,并反过来在实践中丰富、升华基本理论,这也是“基础工程”这门课的特点。

通过本课程的学习,使学生应达到以下要求:

(1) 能够解释有关地基与基础的概念、类型,并能描述天然地基浅基础和桩基础的常见施工方法。

(2) 能够解释和描述地基处理的常见方法。

(3) 能够按照书中阐述的设计计算方法,进行天然地基浅基础、桩基础和沉井基础的设计计算,并能够正确使用《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTGD63—2007)、《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60—2004)及其他有关规范,解决地基与基础设计中遇到的问题。

思考题

- 1.1 什么是地基,什么是基础?他们各起什么作用?
- 1.2 地基与基础的重要性反映在哪些方面?
- 1.3 地基与基础设计计算时有哪些要求?
- 1.4 基础工程设计需要哪些方面的资料?
- 1.5 你认为基础工程有哪些发展方向?

2 作用与作用效应组合

2.1 作用的概念及分类

2.1.1 作用的有关概念

作用是指直接施加在结构上的一组集中力(或分布力),或引起结构外加变形或约束变形的原因。前者称直接作用(亦称荷载),如车辆、人群、结构自重等;后者称间接作用,它不以外力形式施加于结构,它产生的效应与结构本身的特性及结构所处的环境有关,如地震、基础变位、混凝土收缩徐变、温度变化等。

在结构设计时,针对不同设计目的所采用的各种作用规定值,称为作用代表值。设计的要求不同,采用的代表值也不同。作用代表值一般可分为标准值、频遇值和准永久值三种。作用标准值是作用的基本代表值,频遇值和准永久值一般可在标准值的基础上乘以不同的系数后得到。

作用的设计值为作用标准值乘以相应的分项系数后得到。

作用效应是指结构对所受作用的反应,如由作用产生的结构或构件的轴向力、弯矩、剪力、应力、裂缝、变形和位移等。

2.1.2 作用的分类

为了便于在设计时应用,一般将作用于桥涵及其他结构物上的各种作用按其作用时间和出现的频率不同分为三类,即永久作用、可变作用和偶然作用。

(1) 永久作用

永久作用是指在结构使用期间,其量值不随时间而变化,或其变化值与平均值比较可忽略不计的作用。永久作用包括结构重力、预加力、土的重力、土侧压力、混凝土收缩徐变作用、水的浮力、基础变位作用等。

永久作用应采用标准值作为代表值。

结构重力标准值可按结构构件的设计尺寸与材料的重力密度计算确定。

土的重力标准值可按作用于基础上的土的体积与土的重力密度计算确定。

土侧压力标准值可按“土质学与土力学”课程中的有关内容及《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)中有关的规定采用。

水的浮力为水作用于建筑物基础底面的由下向上的力,其大小等于建筑物排开的水的重量。地表水或地下水通过与土体孔隙中自由水的连通来传递水压力与浮力。水是否能渗入基底是产生水浮力的前提条件,因此,水的浮力与地基土的透水性、地基与基础的接触状态以及水压力大小(水头高低)和浸水时间等因素有关。

根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004),水的浮力应分别按下列规定采用:

① 基础底面位于透水性地基上的桥梁墩台,当验算稳定性时,应考虑设计水位的浮力;当