

黑龙江省高等教育应用型人才培养系列教材

基础工程

孙晓羽 主编

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

黑龙江省高等教育应用型人才培养系列教材

基 础 工 程

主 编 孙晓羽

副主编 王滨生 孙晓丹 张洪国

 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书根据高等院校土木工程专业“基础工程”课程教学大纲的要求编写而成。本书突出应用性,使理论联系工程实际,力求实用性强。本书共7章,包括导论、天然地基上的浅基础、桩基础、桩基础的设计计算、沉井基础及地下连续墙、地基处理、几种特殊土地基上的基础工程。

本书可作为高等院校土木工程、岩土工程、水利工程及相关专业教材,也可作为大中专院校相关专业的教学书及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/孙晓羽主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2015. 7
ISBN 978-7-5661-1055-8

I. ①基… II. ①孙… III. ①基础(工程) - 高等学校 - 教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 134248 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市工业大学印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 20.75
字 数 450 千字
版 次 2015 年 7 月第 1 版
印 次 2015 年 7 月第 1 次印刷
定 价 45.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

本书根据全国高等学校土木工程专业指导委员会编制的教学大纲编写。本书是为了满足宽口径、大土木专业学生学习的需要,并结合现代基础工程的发展趋势,按照土木工程专业培养高级应用型人才的要求,根据勘察、设计和施工等最新规范编写而成。编写各章的作者充分考虑了教学的要求,注重基本概念讲解,着重阐明基本原理和基本方法,力求深入浅出。同时,在写作上与现行有关工程技术规范的精神保持一致。

本教材参编单位、人员和分工如下:哈尔滨工程大学孙晓羽编写第1,4,5,6章,哈尔滨工程大学王滨生编写第2章,哈尔滨工程大学孙晓丹编写第3章,哈尔滨工程大学张洪国编写第7章。

本书在编写过程中,哈尔滨工程大学的徐立丹、栾明辉等多位研究生参与了资料整理等具体工作。

作者参考和引用了许多科研、高校和工程单位的研究成果和工程实例。在此一并对她表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,书中难免有错误或不足之处,恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

2015 年 4 月

目 录

第1章 导论	1
1.1 基础工程概述	1
1.2 基础工程设计和施工所需的资料及计算荷载的确定	1
1.3 基础工程设计计算应注意的事项	4
1.4 基础工程学科发展概况	8
第2章 天然地基上的浅基础	10
2.1 天然地基上浅基础的类型、构造及适用条件	10
2.2 刚性扩大基础施工	13
2.3 板桩墙的计算	16
2.4 地基容许承载力的确定	21
2.5 刚性扩大基础的设计与计算	22
第3章 桩基础	32
3.1 桩基础概述	32
3.2 桩与桩基础的分类	33
3.3 桩与桩基础的构造	42
3.4 桩基础的施工	45
3.5 单桩承载力	108
3.6 桩基础质量检验	132
第4章 桩基础的设计计算	136
4.1 单排桩基桩内力和位移计算	136
4.2 多排桩基桩内力与位移计算	154
4.3 群桩基桩内力与位移计算	166
4.4 承台计算	170
4.5 桩基础的设计	172
4.6 综合习题	177
第5章 沉井基础及地下连续墙	215
5.1 沉井概述	215
5.2 沉井的类型和构造	216
5.3 沉井的施工	220
5.4 沉井的设计与计算	222
5.5 地下连续墙	237
5.6 综合习题	242
第6章 地基处理	268
6.1 地基概述	268
6.2 软土地基	271
6.3 换土垫层法	279
6.4 排水固结法	281

6.5	挤(振)密法	287
6.6	化学固化法	296
6.7	土工合成材料加筋法	300
第7章	几种特殊土地基上的基础工程	306
7.1	湿陷性黄土地基	306
7.2	膨胀土地基	310
7.3	冻土地区基础工程	314
7.4	地震区的基础工程	317
附录	考试大纲	321
参考文献		324

第1章 导 论

1.1 基础工程概述

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。受建筑物影响的那一部分地层称为地基,建筑物与地基接触的部分称为基础。基础工程包括建筑物的地基与基础的设计与施工。

地基与基础在各种荷载作用下将产生附加应力和变形。为了保证建筑物的正常使用与安全,地基与基础必须具有足够的强度和稳定性,变形也应在允许范围之内。根据地层变化情况、上部结构的要求、荷载特点和施工技术水平,可采用不同类型的地基和基础。

地基可分为天然地基与人工地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果天然地层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,这种地基称为人工地基。

基础根据埋置深度分为浅基础和深基础。通常将埋置深度较浅(一般在数米以内),且施工简单的基础称为浅基础;若浅层土质不良,需将基础置于较深的良好土层上,且施工较复杂时称为深基础。基础埋置在土层内深度虽较浅,但在水下部分较深,如深水中桥墩基础,称为深水基础,在设计和施工中有些问题需要作为深基础考虑。桥梁及各种人工构造物常用天然地基上的浅基础。当需设置深基础时常采用桩基础或沉井基础,而我国公路桥梁应用最多的深基础是桩基础。目前我国公路建筑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,就地取材,也常用石砌基础。只有在特殊情况下(如抢修、建临时便桥)采用木结构。

工程实践表明:建筑物地基与基础的设计 and 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的作用。基础工程是隐蔽工程,如有缺陷,较难发现,也较难弥补和修复,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,经常控制整个建筑物的施工进度。基础工程的造价,通常在整个建筑物造价中占相当大的比例,尤其是在复杂的地质条件下或深水中修建基础更是如此。因此,对基础工程必须做到精心设计、精心施工。

1.2 基础工程设计和施工所需的资料及计算荷载的确定

地基与基础的设计方案、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。施工方案和方法也应该结合设计要求、现场地形、地质条件、施工技术设备、施工季节、气候和水文等情况来研究确定。因此,应在事前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。本节对桥梁基础工程所需资料及计算荷载确定原则作简要介绍。

1.2.1 基础工程设计和施工需要的资料

桥梁的地基与基础在设计及施工开始之前,除了应掌握全桥的相关资料(包括上部结构形式、跨径、荷载、墩台结构等),以及国家颁发的桥梁设计和施工技术规范外,还应注意地质、水文资料的搜集和分析,重视土质和建筑材料的调查与试验。主要应掌握的地质、水文、地形等资料如表1-1所列,其中各项资料内容范围可根据桥梁工程规模、重要性及建桥地点工程地质、水文条件的具体情况和设计阶段确定取舍。资料取得的方法和具体规定可参阅工程地质、土质学与土力学及桥涵水文等有关手册和教材。

表 1-1 基础工程有关设计和施工需要的地质、水文、地形及现场各种调查资料

资料种类	资料主要内容	资 料 用 途
1. 桥位平面图(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)桥位与两端路线平面关系 (5)桥位与河道平面关系	(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
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分层土(岩)类及岩性、层面标高、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 (5)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)层状生成分布情况 (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、流冰调查资料	(1)确定根据冲刷要求基础的埋置深度 (2)桥墩身水平作用力计算 (3)施工季节、施工方法的研究

表 1-1 (续)

资料种类		资料主要内容	资 料 用 途
5. 其 他 调 查 资 料	(1) 地震	(1) 地震记录 (2) 震害调查	(1) 确定抗震设计强度 (2) 抗震设计方法和抗震措施确定 (3) 地基土震动液化和岸坡滑移的分析研究
	(2) 建筑材料	(1) 就地可采取、供应的建筑材料种类、数量、规格、质量、运距等 (2) 当地工业加工能力、运输条件有关资料 (3) 工程用水调查	(1) 下部结构采用材料种类确定 (2) 就地供应材料的计算和计划安排
	(3) 气象	(1) 当地气象台有关气温变化、降水量、风向风力等记录资料 (2) 实地调查采访记录	(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) 施工季节和方法的确定
	(4) 附近桥梁的调查	(1) 附近桥梁结构形式、设计书、图纸、现状 (2) 地质、地基土(岩)性质 (3) 河道变动、冲刷、淤积情况 (4) 营运情况及墩台变形情况	(1) 掌握架桥地点地质、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
	(5) 施工调查资料		(1) 施工方法及施工适宜季节确定 (2) 工程用地的布置 (3) 工程材料、设备供应、运输方案的拟订 (4) 工程动力及临时设备的规划 (5) 施工临时结构的规划

1.2.2 计算荷载的确定

在桥梁墩台上的永久荷载(又称恒载)包括结构物的自重、土重及土的自重产生的侧向压力、水的浮力、预应力结构中的预应力、超静定结构中因混凝土收缩徐变和基础变位而产生的影响力;基本可变荷载(又称活载)有汽车荷载、汽车冲击力、离心力、汽车引起的土侧压力、人群荷载、平板挂车或履带车荷载引起的土侧压力;其他可变荷载有风力、汽车制动力、流水压力、冰压力、支座摩阻力,在超静定结构中尚需考虑温度变化的影响力;偶然荷载有船只荷载或漂流物撞击力、施工荷载和地震力。这些荷载通过基础传给地基。按照各种荷载的特性及出现的概率不同,在设计计算时,应根据可能同时出现的作用荷载进行组合。荷载组合的种类,在《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)里有具体规定。



按照各种荷载特性及出现的概率不同,在设计计算时应考虑各种可能出现的荷载组合,一般有以下儿种:

组合 I:由永久荷载中的一种或儿种,与基本可变荷载中的一种或儿种(平板挂车或履带车除外)相组合,如该组合中不包括混凝土收缩、徐变及水的浮力引起的影响力时,习惯上也称为主要组合。

组合 II:由永久荷载中的一种或儿种,与基本可变荷载中的一种或儿种(平板挂车或履带车除外)及其他可变荷载中的一种或儿种相组合。

组合 III:由平板挂车或履带车与结构自重、预应力、土重及土侧压力中的一种或儿种相结合。

组合 IV:由基本可变荷载中(平板挂车或履带车除外)的一种或儿种与永久荷载中的一种或儿种与偶然荷载中的船只或漂流物撞击力相组合。

组合 V:施工阶段验算荷载组合,包括可能出现的施工荷载,如结构重、脚手架、材料机具、人群、风力和拱桥单向推力等。

组合 VI:由地震力与结构重、预应力、土重及土侧压力中的一种或儿种组合。

组合 II, III, IV, V, VI 习惯上也称为附加组合。

为保证地基与基础满足在强度稳定性和变形方面的要求,应根据建筑物所在地区各种条件和结构特性,按其可能出现的最不利荷载组合情况进行验算。所谓“最不利荷载组合”,就是指组合起来的荷载,应产生相应的最大力学效能。例如,用容许应力法设计时产生的最大应力、滑动稳定验算时产生最小滑动安全系数等。因此,不同的验算内容将由不同的最不利荷载组合控制设计,应分别考虑。

一般说来,不经过计算是较难判断哪一种荷载组合最为不利,必须用分析的方法,对各种可能的最不利荷载组合进行计算后,才能得到最后的结论。由于基本可变荷载(如车辆荷载)的排列位置在纵横方向都是可变的,它将影响着各支座传递给墩台及基础的支座反力的分配数值,以及台后由车辆荷载引起的土侧压力大小等,因此,车辆荷载的排列位置往往对确定最不利荷载组合起着支配作用,对于不同验算项目(如强度、偏心距及稳定性等),可能各有其相应的最不利荷载组合,应分别进行验算。

此外,许多可变荷载其作用方向在水平投影面上常可以分解为纵桥向和横桥向,因此一般也需按此两个方向进行地基与基础的计算,并考虑其最不利荷载组合,比较出最不利者来控制设计。桥梁的地基与基础大多数情况下为纵桥向控制设计,但对于有较大横桥向水平力(如风力、船只撞击力和水压力等)作用时,也需进行横桥向计算,可能为横桥向控制设计。

1.3 基础工程设计计算应注意的事项

1.3.1 基础工程设计计算的原则

基础工程设计计算的目的是设计一个安全、经济和可行的地基及基础,以保证结构物的安全和正常使用。因此,基础工程设计计算的基本原则是:

- (1) 基础底面的压力小于地基的容许承载力;
- (2) 地基及基础的变形值小于建筑物要求的沉降值;
- (3) 地基及基础的整体稳定性有足够保证;



(4)基础本身的强度满足要求。

1.3.2 考虑地基、基础、墩台及上部结构整体作用

建筑物是一个整体,地基、基础、墩台及上部结构是共同工作且相互影响的,地基的任何变形都必定引起基础、墩台及上部结构的变形;不同类型的基础会影响上部结构的受力和工作;上部结构的力学特征也必然对基础的类型与地基的强度、变形和稳定条件提出相应的要求,地基和基础的不均匀沉降对于超静定的上部结构影响较大,因为较小的基础沉降差就能引起上部结构产生较大的内力。同时,恰当的上部结构、墩台结构形式也具有调整地基基础受力条件,改善位移情况的能力。因此,基础工程应紧密结合上部结构、墩台特性和要求进行;上部结构的设计也应充分考虑地基的特点,把整个结构物作为一个整体,考虑其整体作用和各个组成部分的共同作用。全面分析建筑物整体和各组成部分的设计可行性、安全性和经济性,把强度、变形和稳定与现场条件、施工条件紧密结合起来,全面分析,综合考虑。

1.3.3 基础工程极限状态设计

应用可靠度理论进行工程结构设计是当前国际上一种共同发展的趋势,是工程结构设计领域一次带有根本性的变革。可靠性分析设计又称概率极限状态设计,可靠性含义就是指系统在规定的时间内、规定的条件下完成预定功能的概率,系统不能完成预定功能的概率即是失效概率。这种以统计分析确定的失效概率来度量系统可靠性的方法即为概率极限状态设计方法。

在20世纪80年代,我国在建筑工程领域开始逐步全面引入概率极限状态设计原则,1984年颁布的国家标准《建筑结构设计统一标准》(GB J68—84)采用了概率极限状态设计方法,以分项系数描述的设计表达式代替原来的用总安全系数描述的设计表达式。根据统一标准的规定,一批结构设计规范都作了相应的修订,如《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)也采用了以分项系数描述的设计表达式。1999年6月建设部颁布了推荐性国家标准《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999),2001年11月建设部又颁发了新的国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)。然而,我国现行的地基基础设计规范,除个别的已采用概率极限状态设计方法,如1995年7月颁布的《建筑桩基技术规范》外,《桥涵地基基础设计规范》等均还未采用极限状态设计,这就产生了地基基础设计与上部结构设计在荷载计算、材料强度、结构安全度等不协调的情况。

由于地基土是在漫长的地质年代中形成的,是大自然的产物,其性质十分复杂,不仅不同地点的土性差别很大,即使同一地点、同一土层的土,其性质也随位置发生变化。所以地基土具有比任何人工材料都多的变异性,它的复杂性质不仅难以人为控制,而且要清楚地认识它也很不容易。在进行地基可靠性研究的过程中,取样、代表性样品选择、试验、成果整理分析等各个环节都有可能带来一系列的不确定性,增加测试数据的变异性,从而影响到最终分析结果。地基土因位置不同引起的固有可变性、样品测值与真实土性值之间的差异性,以及数量有限所造成误差等,就构成了地基土材料特性变异的主要来源。这种变异性比一般人工材料的变异性大。因此,地基可靠性分析的精度,在很大程度上取决于土性参数统计分析的精度。如何恰当地对地基土性参数进行概率统计分析,是基础工程最重要



的问题。

基础工程极限状态设计与结构极限状态设计相比还具有物理和几何方面的特点。

地基是一个半无限体,与板梁柱组成的结构体系完全不同。在结构工程中,可靠性研究的第一步应先解决单构件的可靠度问题。目前,列入规范的亦仅仅是这一步,至于结构体系的系统可靠度分析还处在研究阶段,还没有成熟到可以用于设计标准的程度。地基设计与结构设计的不同在于无论是地基稳定和强度问题或者是变形问题,求解的都是整个地基的综合响应。地基的可靠性研究无法区分构件与体系,从一开始就必须考虑半无限体的连续介质,或至少是一个大范围连续体。显然,这样的验算不论是从计算模型还是涉及的参数方面都比单构件的可靠性分析复杂得多。

在结构设计时,所验算的截面尺寸与材料试样尺寸之比并不大。但在地基问题中却不同,地基受力影响范围的体积与土样体积之比非常大。这就引起了两方面的问题,一是小尺寸的试件如何代表实际工程的性状;二是由于地基的范围大,决定地基性状的因素不仅是一点土的特性,而是取决于一定空间范围内平均土层特性,这是结构工程与基础工程在可靠度分析方面的最基本的区别所在。

我国基础工程可靠度研究始于20世纪80年代初,虽然起步较晚,但发展很快。研究涉及的课题范围较广,有些课题的研究成果,已达国际先进水平。由于研究对象的复杂性,基础工程的可靠度研究落后于上部结构可靠度的研究,而且要将基础工程可靠度研究成果纳入设计规范,进入实用阶段,还需要做大量的工作。国外有些国家已建立了地基按半经验、半概率的分项系数极限状态标准。在我国,随着结构设计使用了极限状态设计方法,在地基设计中采用极限状态设计方法也已经提到了日程上。

1.3.4 地基基础工程问题的主要类型与典型实例

基础工程中的问题主要可分为五类,即:由于地基基础问题引起的上部结构倾斜、墙体破坏;基础自身的破坏;地基承载力不足发生整体滑动破坏或沉降量过大;边坡丧失稳定性;其他特殊不良地质条件引起的地基失效。

1.3.4.1 地基基础问题引起的上部结构倾斜、墙体破坏

建筑物的地基由于土质不均匀或是上部结构荷载不均匀,都会造成不均匀沉降,导致建筑物整体发生倾斜。这一类问题在工程中是十分常见的,意大利比萨斜塔(图1-1)就是举世闻名的建筑物倾斜的典型实例。

1.3.4.2 基础破坏开裂

建筑物地基软硬不均匀,必然产生不均匀沉降。当一幢建筑物的地基软硬突变时,软硬地基交界处往往使基础发生开裂。

1.3.4.3 建筑物地基滑动

在天然地基上建造各类建筑物后,由建筑物上部结构荷

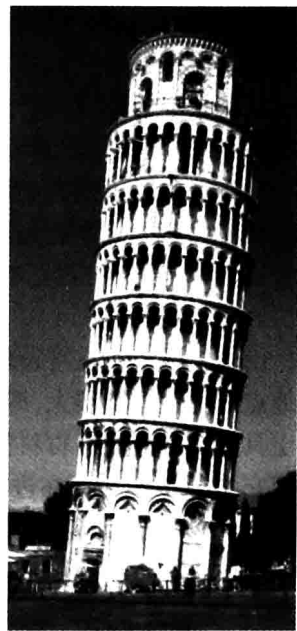


图1-1 意大利比萨斜塔



重传到基础底面的接触应力数值,如果超过持力层地基土的抗剪强度,则地基将产生滑动。典型的工程实例是加拿大特朗斯康谷仓(图1-2)。

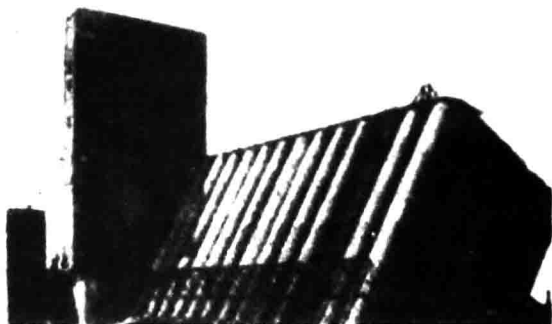


图1-2 加拿大特朗斯康谷仓地基滑动倾倒

1.3.4.4 边坡稳定性问题

现代建筑工程中经常遇到土坡稳定问题。例如,依山的城市,由于城市的发展,平地已无建筑场地,新建工程只好利用山坡地。海港码头为船只停泊需修筑岸墙,横跨江河的桥梁与边岸连接处需做边墩,都要分析岸坡的稳定性。至于铁路、公路,穿越山岭,经常遇到路边山坡稳定问题。典型的工程事故实例是香港宝城大厦(图1-3)。香港地区人口稠密,市区建筑密集,新建住宅只好建在山坡上。1972年7月,香港发生一次大滑坡,数万立方米残积土从山坡上下滑,巨大的冲击力正好通过一幢高层住宅——宝城大厦,顷刻之间宝城大厦被冲毁倒塌。



图1-3 香港宝城大厦滑坡前后的比较照片

1.3.4.5 其他特殊不良地质条件引起地基失效

当建筑物地基为砂土或粉土时,地下水位埋藏浅,可能产生振动液化,使地基土呈液态,失去承载能力,导致工程失事。新潟市位于日本本海,市区存在大范围砂土地基。1964年6月16日,当地发生7.5级强烈地震,使大面积砂土地基液化,丧失地基承载力。新潟市机场建筑物下沉915 mm,机场跑道严重破坏,无法使用。据统计,1964年新潟市大地震,共毁坏房屋2 890幢,3号公寓(图1-4)为其中之一,上部结构完好。

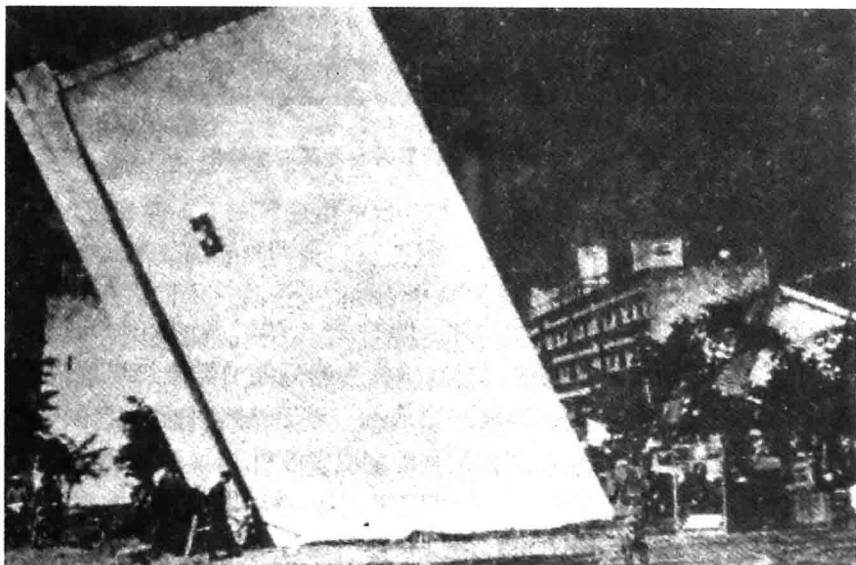


图1-4 日本新潟市3号公寓图

在石灰岩地区,由于长期地下水的的作用,可能产生溶洞;在山区,残积土或坡积土颗粒大小相差悬殊,在地下水作用下,可能产生溶蚀;在矿产采空区,在地下水作用下可能产生地表塌陷;在地下水流动区域,如土质级配不良,则细的土颗粒可能被冲走,而产生管涌。建筑物地基由于地下水活动造成地基的各类事故,必然危及上部建筑物的安全。

1.4 基础工程学科发展概况

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前的建筑活动中就有很多关于基础工程的工艺技术成就,但由于当时受社会生产力和技术条件的限制,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、道路建筑规模的扩大促使人们重视对基础工程的研究,对有关问题开始寻求理论上的解答。此阶段在作为本学科的理论基础的土力学方面,如土压力理论、土的渗透理论等有局部的突破。基础工程也随着工业技术的发展而得到新的发展,如19世纪中叶利用气压沉箱法修建深水基础;20世纪20年代,基础工程有比较系统、比较完整的专著问世;1936年召开“第一届国际土力学与基础工程会议”后,土力学与基础工程作为一门独立的学科取得不断的发展;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更进一步的发展与充实,成为一门较成熟的、独立的现代



学科。

我国是一个具有悠久历史的文明古国,我国古代劳动人民在基础工程方面,也早就表现出高超的技艺和创造才能。例如,1 300 多年前,隋朝时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,该桥桥台座落在较浅的密实粗砂土层上,沉降很小,现在反算其基底压力约为 500 ~ 600 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。

由于我国封建社会历时漫长,且近百余年遭受帝国主义侵略和压迫,再加上当时国内统治阶级的腐败,本学科和其他科学技术一样,长期陷于停滞状况,落后于同时代的工业发达国家。新中国成立后,在中国共产党的英明领导下,社会主义大规模的经济建设事业飞速发展,促进了本学科在我国的迅速发展,并取得了辉煌的成就。

国外近年来基础工程科学技术发展也较快,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,基础结构向薄壁、空心、大直径发展,采用的管柱直径达 6 m,沉井直径达 80 m(水深 60 m)并以大口径磨削机对基岩进行处理,在水深流速较大处采用水上自升式平台进行沉桩(管柱)施工等。

基础工程既是一项古老的工程技术,又是一门年轻的应用科学,发展至今在设计理论、施工技术及测试工作中都存在不少有待进一步完善解决的问题,随着我国现代化建设,大型和重型建筑物的发展将对基础工程提出更高的要求。我国基础工程科学技术可着重开展以下工作: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形式设计理论和施工方法的研究。

第 2 章 天然地基上的浅基础

浅基础的定义：埋入地层深度较浅，施工一般采用敞开挖基坑修筑的基础。浅基础在设计计算时可以忽略基础侧面土体对基础的影响，基础结构形式和施工方法也较简单。深基础埋入地层较深，结构形式和施工方法较浅基础复杂，在设计计算时须考虑基础侧面土体的影响。

天然地基浅基础的特点：由于埋深浅，结构形式简单，施工方法简便，造价也较低，因此是建筑物最常用的基础类型。

2.1 天然地基上浅基础的类型、构造及适用条件

2.1.1 浅基础常用类型及适用条件

2.1.1.1 天然地基上浅基础的分类(根据受力条件及构造)

1. 刚性基础

基础在外力(包括基础自重)作用下，基底的地基反力为 σ ，此时基础的悬出部分(图 2-1(b))，A-A 断面左端，相当于承受着强度为 σ 的均布荷载的悬臂梁，在荷载作用下，A-A 断面将产生弯曲拉应力和剪应力。当基础圬工具有足够的截面使材料的容许应力大于由地基反力产生的弯曲拉应力和剪应力时，A-A 断面不会出现裂缝，这时，基础内不需配置受力钢筋，这种基础称为刚性基础(图 2-1(b))。它是桥梁、涵洞和房屋等建筑物常用的基础类型。其形式有：刚性扩大基础(图 2-1(b)，图 2-2)，单独柱下刚性基础(图 2-3(a)，(d)、条形基础(图 2-4)等。

2. 柔性基础

基础在基底反力作用下，在 A-A 断面产生弯曲拉应力和剪应力若超过了基础圬工的强度极限值，为了防止基础在 A-A 断面开裂甚至断裂，可将刚性基础尺寸重新设计，并在基础中配置足够数量的钢筋，这种基础称为柔性基础(图 2-1(a))。柔性基础主要是用钢筋混凝土浇筑，常见的形式有柱下扩展基础、条形和十字形基础(图 2-5)、筏板及箱形基础(图 2-6，图 2-7)，其整体性能较好，抗弯刚度较大。

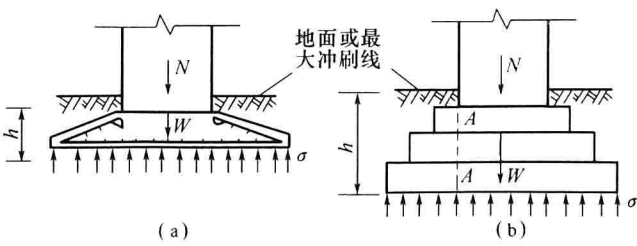


图 2-1 基础类型

2.1.1.2 刚性基础常用的材料

刚性基础常用的材料主要有混凝土、粗料石和片石。混凝土是修筑基础最常用的材

料,它的优点是强度高、耐久性好,可浇筑成任意形状的砌体,混凝土强度等级一般不宜小于 C15 号。对于大体积混凝土基础,为了节约水泥用量,可掺入不多于砌体体积 25% 的片石(称片石混凝土)。

2.1.1.3 刚性基础的特点

刚性基础的特点是稳定性好、施工简便、能承受较大的荷载。它的主要缺点是自重大,并且当持力层为软弱土时,由于扩大基础面积有一定限制,需要对地基进行处理或加固后才能采用,否则会因所受的荷载压力超过地基强度而影响建筑物的正常使用。所以对于荷载大或上部结构对沉降差较敏感的建筑物,当持力层的土质较差又较厚时,刚性基础作为浅基础是不适宜的。

2.1.2 浅基础的构造

2.1.2.1 刚性扩大基础

将基础平面尺寸扩大以满足地基强度要求,这种刚性基础又称刚性扩大基础,如图 2-2 所示。其平面形状常为矩形,其每边扩大的尺寸最小为 0.20 ~ 0.50 m,作为刚性基础,每边扩大的最大尺寸应受到材料刚性角的限制。当基础较厚时,可在纵横两个剖面上都做成台阶形,以减少基础自重,节省材料。它是桥涵及其他建筑物常用的基础形式。

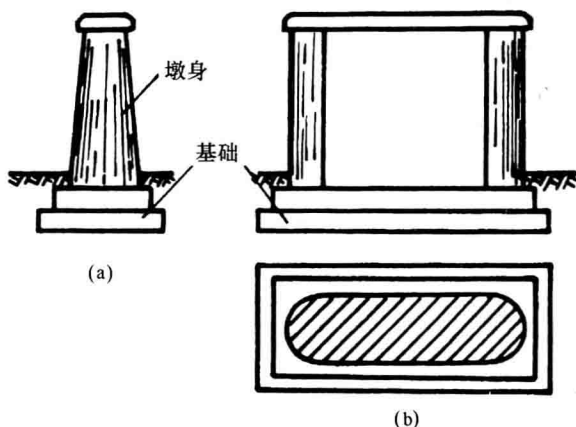


图 2-2 刚性扩大基础

2.1.2.2 单独基础和联合基础

单独基础是立柱式桥墩和房屋建筑常用的基础形式之一。它的纵横剖面均可砌筑成台阶式(图 2-3(a)(b)),但柱下单独基础用石或砖砌筑时,则在柱子与基础之间用混凝土墩连接。个别情况下柱下基础用钢筋混凝土浇注时,其剖面也可浇筑成锥形(图 2-3(c))。

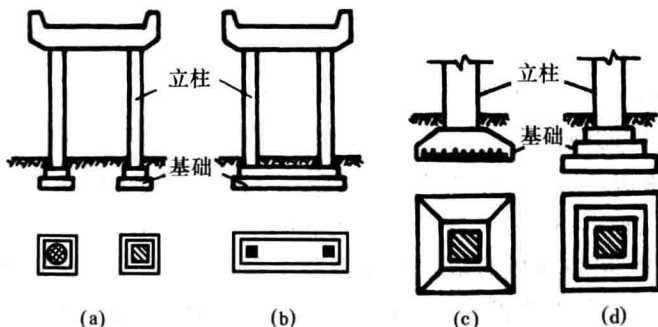


图 2-3 单独和联合基础