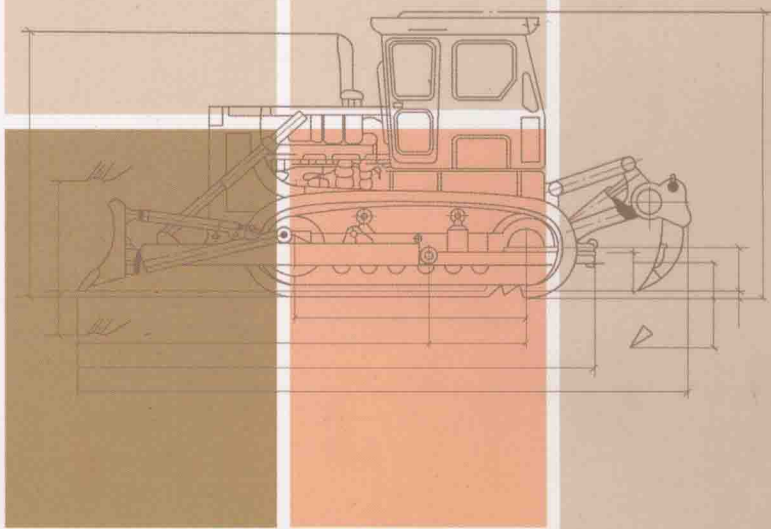




高职高专“十二五”规划教材
土建专业系列

地基与基础工程施工

主编 刘福臣 李纪彩 周鹏





高职高专“十二五”规划教材
土建专业系列

地基与基础工程施工

主 编 刘福臣 李纪彩 周 鹏
副主编 姜爱玲 夏念恩



南京大学出版社

内容提要

全书共 10 章,介绍了岩土的基本知识、地基土的原位测试、土方开挖工程施工、基坑支护工程施工、地基基础降水与排水工程、工程地质勘察报告阅读与基坑验槽、地基处理、浅基础工程施工、桩基础工程施工、地基基础工程季节性施工等基本理论与施工方法。书中附录介绍了灌注桩后注浆技术、复合土钉墙支护技术等 16 项新技术、新工艺。本书突出高职高专特点,注重理论联系实际,内容简要,实用性强。

本书可以作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校以及中等职业技术学校建筑工程技术、建筑工程管理等相近专业的教学用书,也可供建筑工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础工程施工 / 刘福臣, 李纪彩, 周鹏主编. — 南京: 南京大学出版社, 2012. 8

高职高专“十二五”规划教材. 土建专业系列

ISBN 978-7-305-10388-9

I. ①地… II. ①刘… ②李… ③周… III. ①地基—工程施工—高等职业教育—教材 ②基础(工程)—工程施工—高等职业教育—教材 IV. ①TU47 ②TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 174404 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出版人 左 健

丛书名 高职高专“十二五”规划教材·土建专业系列

书 名 地基与基础工程施工

主 编 刘福臣 李纪彩 周 鹏

责任编辑 陈兰兰 何永国 编辑热线 025-83596997

照 排 南京南琳图文制作有限公司

印 刷 南京大众新科技印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 19.75 字数 484 千

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-10388-9

定 价 42.00 元

发行热线 025-83594756 83686452

电子邮箱 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购图书销售部门联系调换

前 言

地基基础是建筑工程的主要组成部分,地基基础工程的质量直接关系到整个建筑物的安全。由于我国地质条件复杂,基础型式多样,施工及管理水平差异,同时地基基础工程具有高度隐蔽性,从而使得地基基础工程施工比上部结构更为复杂,更容易存在质量隐患。大量事实表明,建筑工程质量问题多与地基基础工程质量有关,如何保证地基基础工程施工质量尤为重要。

本书根据《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94—2008)等规范编写,注重理论联系实际,引用大量的生产案例,注重对学生技能培养,实用性强。本书系统介绍了岩土的基本知识、地基土的原位测试、土方开挖工程施工、基坑支护工程施工、地基基础降水与排水工程、工程地质勘察报告阅读与基坑验槽、地基处理、浅基础工程施工、桩基础工程施工、地基基础工程季节性施工的理论和施工方法。附录介绍了灌注桩后注浆技术、复合土钉墙支护技术等 16 项新技术、新工艺,供学习参考。

本书由山东水利职业学院刘福臣、山东水利职业学院李纪彩、鄂州大学周鹏任主编,日照职业技术学院姜爱玲、黄冈职业技术学院夏念恩任副主编。全书由刘福臣统稿。

本书在编写过程中得到了山东水利职业学院、日照港工程设计院、山东临沂水利工程总公司的大力协助和帮助,同时参考和引用了其他兄弟院校和专家的一些教材和著作,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,本书如有不当之处,恳请读者评判指正。

编 者

2012 年 4 月于山东日照

目 录

绪论	1
0.1 地基与基础概念	1
0.2 地基与基础质量事故	2
0.3 本学科的发展概况	5
0.4 本课程的内容、特点、学习要求	7
第 1 章 岩土的基本知识	10
1.1 岩石	10
1.2 土的形成与组成	14
1.3 土的结构和构造	15
1.4 土的三相组成	16
1.5 土的物理性质指标	19
1.6 土的物理状态指标	21
1.7 地基土的工程分类	23
1.8 地基土的野外鉴别与描述	28
第 2 章 地基土的原位测试	33
2.1 地基土的原位密度试验	33
2.2 地基土的载荷试验	38
2.3 圆锥动力触探试验	42
2.4 标准贯入试验	46
2.5 静力触探试验	49
2.6 十字板剪切试验	51
第 3 章 土方开挖工程施工	54
3.1 基坑基槽土方量计算	54
3.2 场地平整土方量计算	57
3.3 土方调配	63
3.4 土方工程机械化施工	65
3.5 土方开挖	71
3.6 土方的填筑与压实	76
第 4 章 基坑支护工程施工	81
4.1 概述	81
4.2 排桩墙施工	85
4.3 水泥土桩墙施工	91
4.4 加劲水泥土搅拌墙(SMW 工法)施工	97

4.5	地下连续墙施工	101
4.6	支撑结构工程施工	109
4.7	土层锚杆工程施工	115
4.8	土钉墙支护施工	120
4.9	逆作拱墙施工	123
4.10	基坑监测与基坑信息化施工	125
第5章	地基基础降水与排水工程	129
5.1	地下水类型及运动规律	129
5.2	地下水对地基基础工程的影响	134
5.3	地下水控制及常见质量问题	139
5.4	基坑明沟排水工程	141
5.5	基坑降水工程	145
5.6	基坑降水对环境的影响及防护措施	154
5.7	截水与地下水回灌	155
第6章	工程地质勘察报告阅读与地基验槽	158
6.1	岩土工程勘察报告阅读	158
6.2	地基与基础工程验槽	160
第7章	地基处理	164
7.1	地基处理方法	164
7.2	换填垫层法与褥垫法	165
7.3	预压固结法	171
7.4	强夯法和强夯置换法	176
7.5	振冲法	180
7.6	砂石桩法	185
7.7	水泥粉煤灰碎石桩法	189
7.8	夯实水泥土桩法	193
7.9	水泥土搅拌桩法	195
7.10	高压喷射灌浆法	199
7.11	石灰桩法	201
7.12	灰土挤密桩法和土挤密桩法	206
7.13	柱锤冲扩桩法	210
第8章	浅基础工程施工	215
8.1	浅基础概述	215
8.2	无筋扩展基础施工	219
8.3	钢筋混凝土基础施工	227
8.4	减少地基不均匀沉降危害的措施	235
第9章	桩基础工程施工	239
9.1	桩基础概述	239

9.2	钢筋混凝土预制桩施工	244
9.3	预应力混凝土管桩施工	252
9.4	钻孔灌注桩施工	256
9.5	沉管成孔灌注桩施工	261
9.6	人工挖孔灌注桩施工	266
9.7	灌注桩后注浆技术	269
9.8	承台施工	274
9.9	桩基检测与验收	276
9.10	沉井基础	279
第 10 章	地基基础工程季节性施工	283
10.1	地基基础工程雨期施工	283
10.2	地基基础工程冬期施工	285
10.3	雨期、冬期施工安全技术	291
附录:	地基基础和地下空间工程新技术	293
参考文献		306

绪 论

0.1 地基与基础概念

由于建筑物的修建,使一定范围内地层的应力状态发生变化,这一范围内的地层称为地基。所以地基就是承担建筑物荷重的土体或岩体。与地基接触的建筑物下部结构称为基础。一般建筑物由上部结构和基础两部分组成。建筑物的上部结构荷载通过具有一定埋深的基础传递扩散到土中间去。基础一般埋在地面以下,起着承上启下传递荷载的作用。图 0-1 表示了上部结构、基础和地基三者的关系。

基础的结构型式很多,设计时应该选择既能适应上部结构、符合建筑物使用要求,又能满足地基强度和变形要求,经济合理、技术可行的基础结构方案。通常把埋置深度不大(一般不超过 5 m),只需经过挖槽、排水等普通施工工序就可以建造起来的基础称为浅基础;而把埋置深度较大(一般不小于 5 m),并需要借助一些特殊的施工方法完成的各种类型的基础称为深基础。

当地层条件较好、地基土的力学性能较好、能满足地基基础设计对地基的要求时,建筑物的基础直接设置在天然地层上,这样的地基称为天然地基;而当地层条件较差、地基土强度指标较低、无法满足地基基础设计对地基的承载力和变形的要求时,常需要对基础以下一定深度范围内的地基土体进行加固或处理,这种部分经过人工改造的地基称为人工地基。

基础与地基是两个不同的概念。基础是建筑物向地基传递荷载的承重结构,是建筑物的下部结构,它位于上部结构和地基之间,通常被埋置在地下,属于隐蔽工程;而地基属于地层,是支承建筑物的那一部分土体。地基具有一定的深度和范围。同一地层上建造不同的建筑物,或同一建筑物建造在不同地层上,它们的地基范围都是不同的。当地基由两层或两层以上的土层组成时,将直接与基础接触的土层称为持力层,持力层以下的土层称为下卧层。如下卧层的承载力小于持力层的承载力,则称为软弱下卧层。

在工程设计中,建筑物的地基基础一般应满足以下要求:

- (1) 地基有足够的强度,在荷载作用下,地基土不发生剪切破坏或失稳。
- (2) 不使地基产生过大的沉降或不均匀沉降,保证建筑物正常使用。
- (3) 基础本身应有足够的强度和刚度,在地基反力作用下不会产生过大的变形或强度破坏,并应具有改善地基沉降与不均匀沉降的能力。

为满足上述要求,从基础设计的角度,通常将基础底面适当扩大,以满足地基承载力、变

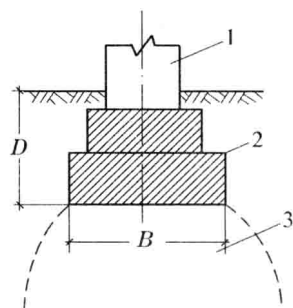


图 0-1 上部结构、地基与基础示意图

1—上部结构;2—基础;3—地基。

形和稳定性的要求;尽量选择承载力高、压缩性低的良好地基;若受场地条件限制,遇到软弱地基,则需要考虑地基处理。

地基和基础是建筑物的根基,又属于隐蔽工程,它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。工程实践表明,建筑物的事故很多都与地基基础问题有关,而且一旦发生地基基础事故,往往后果严重,补救十分困难,有些即使可以补救,其加固和修复工程所需的费用也十分巨大。

0.2 地基与基础质量事故

由房屋荷载传递路径可知,上部结构荷载通过墙、柱传给基础,再由基础传给地基,由此可见,没有一个坚固耐久的地基基础,上部结构即使建造的再结实,也是要出问题的。基础是建筑物十分重要的组成部分,应具有足够的强度、刚度和耐久性以保证建筑物的安全和使用年限。地基虽不是建筑物的组成部分,但它的好坏却直接影响整个建筑物的安危。实践证明,建筑物的事故很多是与地基基础有关的,轻则上部结构开裂、倾斜,重则建筑物倒塌,危及生命与财产安全。

造成地基与基础质量事故的原因多种多样,有岩土工程勘察、设计方案、施工、环境及使用问题。造成地基与基础质量事故的既有自然因素,也有人为因素,其中,自然因素有些是不可避免的,有些是可以避免的;而人为因素是可以避免的,且由人为因素引起的质量事故偏多。现将地基与基础质量事故的原因综述如下:

1. 岩土工程勘察问题

岩土工程勘察是工程设计、施工的重要依据,是工程建设不可缺少的工作内容。由岩土工程勘察方面造成的质量事故很多,主要有以下几个方面:

(1) 无工程地质勘察资料,盲目设计、施工

因为无勘察资料造成工程质量事故的例子很多。如内蒙古某校锅炉房、浴室为单层混合结构,片石基础,建筑面积 408 m²。工程竣工正在等待验收时,部分内纵墙和内横墙突然下沉,基础梁悬空挠曲,与墙体脱离 10~60 mm,上部墙体出现多处阶梯状裂缝,宽度 0.5~10 mm,裂缝从墙底起向沉降大的方向延伸上升,有的一直裂到屋顶。该工程设计前没有进行工程地质勘察。事故发生后,在局部破坏区域开挖检查,发现沉降大的部位原是一口深 4.9 m、直径约 8 m 的大土井,井内为素土、生活垃圾及大量腐殖质土,呈软塑流塑态,承载力极低。

(2) 工程地质勘察工作欠认真,所提供的地质资料不确切

武昌某办公楼,设计之前仅做简易触探,而设计者又按勘察报告提出的偏高物理力学指标进行设计,经补勘查明,地基土质很差,结果造成该楼尚未竣工即出现很大沉降和沉降差,倾斜约为 40 cm,并引起邻近已有房屋严重开裂;江苏某县一小学教学楼,平面呈 Z 形,无地质勘察资料并盲目套图设计,施工中即出现墙体开裂、楼房扭曲倾斜、地面开裂并发展到室外地坪,最后采用局部降低一层和加固地基的方法进行处理;四川某地一工程,根据建筑物两端钻孔得到的岩石埋藏深度在基础底面以下 5 m 的资料,采用了 5 m 长的爆扩桩基础。建成后,建筑物出现较大沉降、墙体开裂等质量问题。经补充勘察,发现建筑物中部基岩面

深达 15~17 m,爆扩桩悬浮在软土中,是造成不均匀沉降的主要原因。

(3) 地基勘察时钻孔深度不够

有的工程在没有查清较深范围内地基中有无软弱层、墓穴、枯井、孔洞等情况下,仅根据地质勘察资料提供的地表面或基础底面以下深度不大范围内的地质情况进行设计,因而造成明显的不均匀沉降,导致质量事故。如南京某厂家属宿舍为五层砖混结构,采用不埋板式基础。当施工到五层时,发现基础断裂。后经补充勘探,发现宿舍西部地表杂填土 1.4 m 以下,有一层 2 m 厚的淤泥,压缩性很大。建筑物坐落在软硬悬殊的地基上,是造成基础产生不均匀沉降而断裂的主要原因。这类事故屡见不鲜,应引起足够重视。

(4) 地基勘察时,钻孔间距过大,不能全面准确地反映地基的实际情况

在丘陵地区的建筑中,由于这个原因造成的事故比平原地区多。如四川某县单层工业厂房位于丘陵地区,其地基中的基岩起伏较大(水平方向达 0.5 m/m),地质勘察资料没有提供这些数据。设计时,将基础按相同埋深埋置于上述覆土层上,由于基础底面以下可压缩土层厚度变化很大,造成厂房基础出现较大的不均匀沉降,引起墙体开裂,裂缝长达 5 m。

(5) 勘察技术力量薄弱,对各种特殊性土的性质认识不足

这种情况在非典型湿陷性土和非典型膨胀土地区表现得尤为突出,造成的损失巨大。如山东省肥城市某六层宿舍楼,位于康王河的二级阶地上,土层上部为非自重湿陷性次生黄土,湿陷系数一般为 0.015~0.03,厚度一般 2 m 深度左右。勘察单位并没有查明土的湿陷性及其危害,仅按一般黏性土取承载力特征值为 180 kPa。当施工至 2 层时,发现底圈梁出现裂缝,且当时认为是温度缝,没有引起重视。施工 4 层时,底圈梁裂缝愈来愈大,上部结构发生倾斜。经专家鉴定,事故的主要原因是施工用水管理不严,再加上雨季施工,导致地基发生湿陷,产生不均匀沉降。该宿舍楼的后期加固,花费约 60 万元。

2. 设计方案及计算问题

(1) 设计方案不合理

有些工程的地质条件差、变化复杂,由于设计方案选择不合理,不能满足上部结构的要求,而引起建筑物开裂或倾斜。某展览馆,由高达 16 m 的两层中央大厅和高达 9.2 m 的两翼展览厅组成。两翼展览厅与中央大厅相距 4.35 m,中间以通道相连。该建筑物坐落在压缩模量仅有 1.45 MPa 的高压缩性软土地区,采用砂卵石垫层处理方案。该方案在深厚的软土层有荷载差异的情况下,并不能消除不均匀沉降。在 2 年半的沉降观测中,中央大厅沉降量平均达 60.5 cm,造成两翼 15 m 范围内的巨大差异沉降,使两翼展览厅外承重墙基础的局部倾斜达 0.028。根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002),在高压缩性地基上的砌体承重结构,其基础的局部沉降倾斜容许值为 0.003,该展览馆两翼展览厅外承重墙基础的局部倾斜,大大超过容许值,因而造成墙体内部产生的附加应力超过砌体弯曲抗拉强度,导致两翼展览厅墙面开裂。厦门市某大楼为七层框架结构,片筏基础,地基为软土,采用砂井处理方案,未采用预压措施。大楼建成后,差异沉降达 56.6 cm,最大倾斜达 0.016 9,远远超过规范允许值 0.003。

(2) 荷载计算不准确,设计计算错误

这类事故多因设计者不具备相应的设计水平,在未取得可靠的地质资料时,就盲目进行设计,设计又没有经过相应的复查审核,设计错误未能得到及时纠正。广东海康大旅店,因为上部结构设计计算错误,使地基超负荷,造成建筑物倒塌。有时小小的设计计算错误,也

能造成墙体开裂,此类情况在软土地区更应慎重对待。蚌埠铁路局水电车间,砖混结构,钢筋混凝土屋面梁、板,砖壁柱,毛石条形基础。该建筑位于水塘边。由于疏忽了屋面梁传给砖壁柱的集中荷载,没有将砖壁柱附近基础加宽,只与窗间墙基础同宽,造成纵墙下基础底面压力分布不均匀,最终导致纵墙开裂、基础顶面钢筋混凝土圈梁及毛石条形基础开裂,影响使用。

(3) 盲目套用图纸

由于各地工程地质条件千差万别,即使同一地点也不尽相同,再加上建筑物的结构型式、平面布置及使用条件也截然不同,所以无法作出一套包罗万象的标准图纸。如果盲目地死搬硬套标准图,将会造成不良后果,出现严重工程质量事故。如山西太原某局宿舍楼,套用本市通用住宅设计图纸施工,没有按实际地基条件进行设计,结果造成内外墙体开裂,影响安全,住户被迫迁出。

3. 施工问题

地基与基础工程施工质量的优劣,将直接影响建筑物的安全和使用。地基基础属地下隐蔽工程,更应加倍重视施工问题。施工问题主要有以下三方面:

(1) 未按图施工或不按技术操作规程施工

如上海某住宅楼,底层为框架结构,2~6层为混合结构。在北框架的基础梁上悬挑出一进深为3m平房,设计要求该梁底应做砖坑,保证梁底有20cm左右空隙。施工未按图纸要求做,致使基础底面受力不均,造成南面基底应力增加,北面基底应力减少,因此使建筑物南北面产生较大的差异沉降,造成建筑物严重倾斜。

(2) 工程管理不善,未按建设要求与设计施工程序办事

不按图施工、不遵守施工规范、施工方案和技术措施不合理、技术管理制度不完善,以及施工人员的技术水平低等都是造成质量事故的原因。如洛阳市五层砖混结构宿舍楼,地基采用灰土桩处理。因管理混乱,工地上自始至终没有一个技术人员进行技术把关,缺乏质量检查,施工严重违反操作规程,灰土质量低劣,最后不得不全部返工,造成巨大经济损失。

(3) 建筑材料质量低劣,偷工减料

因水泥、钢材、砂石、砖、混凝土及其他建筑材料质量低劣而导致的工程质量问题比较严重,再加上个别的工程施工单位偷工减料,更会加大事故的发生几率。如武汉市某厂混凝土挡土墙工程,其试块强度仅达到设计值的58%。检查施工情况,未发现任何问题,后经检查发现,使用的国营某大厂生产的300号水泥,实际标号只有200号,因而造成严重的质量事故。

4. 环境影响及使用问题

地基与基础的环境影响及使用问题,主要有以下几个方面:

(1) 基础的施工影响

打桩、钻孔灌注桩、强夯地基及深基坑开挖对周围环境所引起的不良影响,是当前城市建设中反映特别突出的问题。如南京市某出版事业局外文书店,在桩基施工中,因打桩震动影响,引起附近某部队家属宿舍楼墙体开裂、底层楼板出现裂缝;某市一幢12层的大楼,采用贯穿砂砾石层直达基岩的钻孔灌注桩施工方案,桩长30m,桩径700mm,共73根桩,历时两个月。在施工完20余根桩时,东西两侧相邻两幢3层办公楼严重开裂,邻近两幢5层和6层建筑物也受到不同程度的影响,周围地面和围墙裂缝宽度达3~4cm。当施工完50根桩时,相邻的两幢3层办公楼不得不拆除。

(2) 地下水位变化

由于地质、气候、水文、人类的生产活动等因素的影响,地下水位会经常发生变化,这种变化会对建筑物产生不良影响。地下水位上升,地基土的强度降低,沉降量增大,会使建筑物产生过大的沉降和沉降差,最终导致建筑发生质量事故。在湿陷性黄土、膨胀土地区,地下水位的上升引起的质量事故尤为严重。地下水位下降,土体的有效应力增加,会产生大量的环境水文地质问题,引起地面沉降、地面塌陷、建筑物开裂破坏。如山东省泰安市大量抽取地下水,已形成很大范围的降落漏斗,在降落漏斗范围内,先后出现地面塌陷 140 余处,最大塌坑深 5 m,直径达 10 m,引起建筑物开裂、倾斜、倒塌,造成津浦铁路路基、桥涵毁坏,多次中断行车,危及津浦铁路的安全。岩溶地面塌陷是泰安市危害严重的地质灾害之一,严重影响着当地经济发展和建筑物的安全;又如浙江某高校教学楼,建成后一直正常使用 16 年,1976 年由于在该楼附近开挖深井,过量抽取地下水,引起地基不均匀沉降,导致墙体开裂,最大裂缝处手掌能进出自如,东侧墙倾斜,危及大楼安全。

(3) 使用条件的改变引起地基与基础质量事故

房屋盲目加层,引起地基土的应力发生改变。如哈尔滨市大直街拐角处的居民住宅,由原来的一层增至四层,加层不久底层内外墙出现严重裂缝,最后整栋房屋全部拆除。近年来在安徽、河南、四川、黑龙江、辽宁、湖南等地发生多起此类事故;大面积地面堆荷引起地基内应力改变,导致建筑物产生不均匀沉降。此类事故一般发生于工业仓库、工业厂房和工业渣山堆放区。厂房与仓库地面堆载范围和数量经常变化,容易造成基础向内倾斜,造成吊车卡轨、构件变形影响使用等问题。原苏联某料库因地面堆载过大,设计又未考虑其影响,致使这幢跨度 42 m 三铰拱结构的建筑物在地基失稳后倒塌;又如山东省新汶发电厂,堆放的废渣山高达 50 余米,巨大的地面堆荷引起了周围建筑物的开裂。

5. 自然因素

异常的环境条件诸如地震、大风、大雪、暴雨、洪水等自然因素,也是引起工程质量事故的主要原因之一。这些因素一般是不可预见的,但可以通过一定的工程措施来减少危害。

0.3 本学科的发展概况

地基基础是一项古老的建筑工程技术。早在史前的人类建筑活动中,地基基础作为一项工程技术就被应用,我国西安市半坡村新石器时代遗址中的土台和石础就是先祖们应用这一工程技术的例证。公元前 2 世纪修建的万里长城;始凿于春秋末期,后经隋、元等代扩建的京杭运河;隋朝大业年间李春设计建造的河北赵州安济桥;我国著名的古代水利工程之一,战国时期李冰领导修建的都江堰;遍布于我国各地的巍巍高塔,宏伟壮丽的宫殿、庙宇和寺院;举世闻名的古埃及金字塔等,都是由于修建在牢固的地基基础之上才能逾千百年而留存至今。据报道,建于唐代的西安小雁塔其下为巨大的船形灰土基础,这使小雁塔经历数次大地震而留存至今。上述一切证明,人类在其建筑工程实践中积累了丰富的地基基础工程设计、施工经验和知识,但是由于受到当时的生产实践规模和知识水平限制,在相当长的历史时期内,地基基础仅作为一项建筑工程技术而停留在经验积累和感性认识阶段。

18 世纪工业革命的兴起,大规模的城市建设、水利、铁路的兴建过程中,遇到了大量与

土有关的力学问题,积累了许多成功的经验,也吸取了失败的教训。它促使人们对土的研究寻求理论上的解释。

1773 年库仑(Coulomb)根据试验建立了库仑强度理论,随后发展了库仑土压力理论。接着库仑于 1776 年又发表了土的抗剪强度理论,指出无黏性土的强度取决于粒间摩擦力,黏性土的强度由粘聚力和摩擦力两部分组成,以上统称为库仑理论。

1856 年法国工程师达西(Darcy, H)在研究砂土透水性的基础上,提出了著名的达西定律。同时期,斯笃克(Stoks, G. G)研究了固体颗粒在液体中的沉降规律。

1857 年英国工程师朗肯(Rankine, W. J. K)假定挡土墙后土体为均匀的半无限空间体,应用塑性理论来解土压力问题。

1885 年布辛奈斯克(Boussinesq, J)在研究了半无限空间体表面作用有集中力的情况后,提出了土中应力的解析解,称为布辛奈斯克课题,它是各种竖直分布荷载下应力计算的基础。

1916 年由瑞典彼得森(Petter-son, K. E)首先提出,继而由美国泰勒(Tayker, D. W)和瑞典费伦纽斯(Fellenius, W)等进一步发展的圆弧滑动法,被广泛用于土坡稳定问题的分析。

1920 年法国普朗特(Praudtl, L)发表了地基滑动面计算的数学公式,至今仍是计算地基承载力的基本方法。

1925 年土力学才真正成为一门独立学科,太沙基(Terzaghi, K)著名的教科书 *Eoubak-meceanik* 的出版,被公认为是近代土力学的开始。他在总结实践经验和大量试验的基础上提出了很多独特的见解,其中土的有效应力原理和固结理论,是对土力学学科的突出贡献。

20 世纪 50、60 年代,基本上处于土力学理论和技术的完善和发展阶段。1955 年毕肖普(Bishop, A. w)提出土坡稳定计算中考虑竖向条间力的方法,应用有效强度指标计算土坡稳定。20 世纪 50 年代后期,詹布(Janbu, N)与摩根斯坦(Morgenstern, N. R)等人相继提出了考虑条间力、滑动面取任意形状的土坡稳定计算方法,在强度理论、强度计算等方面进一步发展了莫尔-库仑准则。

随着电子计算机的问世和应用,土力学也进入了全新的阶段。新的非线性应力—应变关系和应力—应变模型(如邓肯—张模型,剑桥模型)的建立,标志着土力学进入了计算机模拟阶段。

从 1936 年开始,每 4 年一次的国际土力学与基础工程会议一直延续至今。各大洲区域性的土力学会议二到四年召开一次,国际性的土工刊物《岩土工程》(*Geotechnique*)、美国 ASCE 主办的期刊 *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 这些会议和期刊的创办,较大地推动了学科的交流和发展。

新中国成立后,我国进行了大规模的工程建设,成功地处理了许多大型的基础工程。如武汉、南京长江大桥、葛洲坝水利枢纽工程、上海宝山钢铁厂、三峡工程以及众多的高层建筑都为验证土力学的理论,积累了丰富的经验,也为本学科的应用提供了广阔的基地。我国有不少学者对土力学理论的发展有所建树。如陈宗基教授对土流变学和黏土结构模式的研究,黄文熙教授对砂土振动液化和地基沉降的研究等,都对现代土力学发展做出了突出的贡献。近年来,我国在室内及原位测试,地基处理技术,新设备、新工艺、新材料的研究及应用等领域取得很大进展。中华人民共和国住房和城乡建设部《地基基础和地下空间工程技术》

部分介绍了 16 项新技术,分别是灌注桩后注浆技术、长螺旋钻孔压灌桩技术、水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)复合地基技术、真空预压法加固软土地基技术、土工合成材料应用技术、复合土钉墙支护技术、型钢水泥土复合搅拌桩支护结构技术、工具式组合内支撑技术、逆作法施工技术、爆破挤淤法技术、高边坡防护技术、非开挖埋管技术、大断面矩形地下通道掘进施工技术、复杂盾构法施工技术、智能化气压沉箱施工技术、双聚能预裂与光面爆破综合技术,这些新技术的应用对地基基础理论和实践产生很大促进,取得了显著的社会和经济效益。

0.4 本课程的内容、特点、学习要求

本课程共分 10 章,主要含岩土的基本知识、地基土的原位测试、土方开挖工程施工、基坑支护工程施工、地基基础降水与排水工程、工程地质勘察报告阅读与地基验槽、地基处理、浅基础工程施工、桩基础工程施工、地基基础工程季节性施工等基本理论与施工方法。书中附录介绍了灌注桩后注浆技术、复合土钉墙支护技术等 16 项新技术、新工艺。

第 1 章岩土的基本知识,主要介绍岩石的类型及工程地质性质;土的结构和构造、土的三相组成;土的物理性质指标和物理状态指标的定义、物理概念;土的工程分类与野外鉴别。

第 2 章地基土的原位测试,主要介绍土体原位密度测定;浅层平板载荷试验、深层平板载荷试验和复合地基载荷试验;轻型动力触探试验、重型动力触探试验;标准贯入试验;静力触探试验;十字板剪切试验等内容。

第 3 章土方开挖工程施工,主要介绍基坑、基槽、场地平整土方量计算;土方调配方法及原则;土方工程机械性能、特点和机械选择;土方开挖;土方的填筑与压实等内容。

第 4 章基坑支护工程施工,主要介绍基坑工程等级,基坑支护类型;排桩墙;水泥土桩墙;加劲水泥土搅拌墙(SMW 工法);地下连续墙;支撑结构;土层锚杆;土钉墙;逆作拱墙等内容。

第 5 章地基基础降水与排水工程,主要介绍地下水的类型、运动规律、渗透系数;地下水对地基基础工程的影响;地下水控制方法;基坑明沟排水工程;基坑总涌水量计算;轻型井点降水、喷射井点降水、电渗井点降水、管井井点降水;截水帷幕、地下水回灌等内容。

第 6 章工程地质勘察报告阅读与地基验槽,主要介绍岩土工程勘察报告阅读;地基验槽内容、方法、基槽局部处理方法等内容。

第 7 章地基处理,主要介绍地基处理方法及适用条件;换填垫层法;预压固结法;强夯法和强夯置换法;振冲法、砂石桩法、水泥粉煤灰碎石桩、夯实水泥土桩、水泥土搅拌桩法、高压喷射注浆法、灰土挤密桩法和土挤密桩法等复合地基施工工艺及质量控制措施;石灰桩法;柱锤冲扩桩法等内容。

第 8 章浅基础工程施工,主要介绍浅基础类型;无筋扩展基础;钢筋混凝土扩展基础;杯口基础;减小地基不均匀沉降危害的措施等内容。

第 9 章桩基础工程施工,主要介绍钢筋混凝土预制桩;预应力混凝土管桩;钻孔灌注桩;沉管成孔灌注桩;人工挖孔灌注桩;灌注桩后注浆技术;承台施工;桩基检测与验收;沉井基础施工等内容。

第 10 章地基基础工程季节性施工,主要介绍地基基础工程雨期施工;土方工程冬期施

工;地基基础工程冬期施工;雨期、冬期施工安全技术等内容。

《地基与基础工程施工》是建筑工程技术专业的一门专业课,内容繁多、琐碎,系统性差,涉及测量、材料、构造识图、力学结构等知识,具有以下特点:

(1) 复杂性

土最主要的特点是复杂性,由于成土母岩不同和风化作用的历史不同,在自然界中,土的种类繁多,分布复杂,性质各异,甚至在同一地区同一地点,地基土的类型和性质都有可能相差很大,所遇到的地基基础问题具有复杂性。

(2) 隐蔽性

建筑物的基础是建筑物的下部结构,通常被埋置在地下,而地基土更是埋于基础之下,两者均属于隐蔽工程。地基基础一旦出现事故,将难以弥补。因此应严格施工工艺,精心组织,精心施工,确保施工质量。

(3) 易变性

由于环境的改变,如地下水水位、温度、湿度、压力等,地基土的性质随之发生显著变化,既而会影响施工工艺和施工质量。如地下水位上升,会产生水压力、浮托力,土的抗剪强度降低,对地基基础发生不良影响;地下水位下降,土的自重应力增加,会引起地面沉降;又如在黏性土中打桩时,桩侧土的结构受到破坏而强度降低,但停止施工后,土的强度逐渐恢复,桩的承载力逐渐增大,因此应充分利用土的触变性,把握施工进度,既能保证施工质量,又可提高桩基承载力。

(4) 季节性

由于季节不同,施工条件、施工环境发生变化,其施工方法、施工措施也应随之改变。如雨季施工的排水问题、边坡稳定问题,冬季施工的防冻问题、开挖困难问题,都要采取相应的工程措施,确保施工质量。

(5) 区域性

我国幅员辽阔,由于地域条件不同,土的沉积环境不同,产生了许多特殊性土,如淤泥、饱和砂土和饱和粉土、湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、冻土等,这些土具有不同的特征和工程性质,由此地基基础的选择与施工必须考虑区域性。在山区,地形起伏大,地基土颗粒较粗,甚至含有大量碎石,因此挖(钻)孔灌注桩用得较多,而在平原地区,地基土多为细粒土,因此预制桩用得较多;石料丰富的山区,多用毛石混凝土基础,而在石料缺乏的平原地区,多用灰土基础、三合土基础或素混凝土基础。

(6) 时效性

地基基础工程的施工,具有明显的时效性。在施工过程中,在不同时段用不同的施工工艺,产生的效果也不相同。如桩基础在灌注混凝土时,为保证桩的质量,必须一气呵成,不得中断;基坑开挖时,必须遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的原则,不能随意颠倒施工顺序。

(7) 经验性

地基基础工程,大多数的理论并不成熟,施工工艺一般建立在经验的基础上。因此要求施工人员善于总结经验,不断完善,及时修正施工参数,确保施工质量。

综上所述,地基基础工程的上述特点,给地基基础工程施工带来了困难。在处理地基与基础工程问题时,必须运用本课程的基本原理和基本方法,深入调查研究,针对不同情况进

行具体分析。因此在学习本课程时,要注意理论联系实际,掌握原理,搞清概念,提高分析问题、解决问题的能力,才能融会贯通,制订出经济合理、技术可行的施工方案。随着地基基础各种新方法、新工艺、新材料的不断涌现,学习者应不断学习、不断实践,针对当地地质条件,积累施工经验,及时改进施工工艺,才能够杜绝各种质量事故,确保建筑物的安全。

第1章 岩土的基本知识

【主要内容】

岩石的类型;岩石的性质;土的成因类型;土的结构和构造;土的三相组成;土的物理性质指标和物理状态指标;土的工程分类;土的野外鉴别等内容。

【知识目标】

掌握岩石的类型,了解岩石的性质;了解土的成因类型、结构、构造;掌握土的三相组成,掌握土的物理性质指标和物理状态指标;掌握土的工程分类,了解土的野外分类。

【技能目标】

掌握土的物理性质指标、物理状态指标的概念及应用;掌握土的各种工程分类方法。

1.1 岩 石

地球体的表层称为地壳,地壳是由岩石组成的。地壳是人类生存和发展的场所,一切工程建筑物都建筑在地壳上。岩石按成因可以分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

1.1.1 岩石类型

1. 岩浆岩

岩浆岩又称火成岩,是由岩浆侵入地壳上部或喷出地表冷凝而成的岩石。当构造运动使岩石圈局部压力下降时,岩浆就会沿地壳的薄弱地带和压力较低的部位侵入上升。若岩浆喷出地表,冷凝形成的岩石称为喷出岩;若岩浆侵入到地表以下周围岩层中,冷凝形成的岩石称为侵入岩。侵入岩按侵入部位的深浅,分为深成侵入岩(深度大于3 km)和浅成侵入岩(深度小于3 km)。岩浆岩种类很多,常见的有花岗岩、花岗斑岩、流纹岩、正长岩、正长斑岩、闪长岩、辉长岩、辉绿岩、玄武岩等。

2. 沉积岩

在地表或接近地表的条件下,母岩(先形成的岩石)的风化产物、火山碎屑、生物残体及溶液析出物经搬运、沉积及硬结成岩作用形成的岩石称为沉积岩。沉积岩种类很多,常见的有砾岩、砂岩、页岩、泥岩、石灰岩、白云岩等。

3. 变质岩

地壳中先成的岩石受到构造运动、岩浆活动、高温、高压及化学活动性很强的气体和液体影响,其矿物成分、结构、构造等发生一系列的变化,这些变化称为变质作用。经变质作用形成的岩石称为变质岩。变质岩的种类很多,常见的有花岗片麻岩、片岩、板岩、千枚岩、大