



## 普通高等学校土木工程专业新编系列教材书目

1. 土木工程(专业)概论(罗福午 刘伟庆)
  2. 土木工程专业英语(段兵廷)
  3. 建筑CAD技术(刘剑飞)
  4. 画法几何及土木工程制图(何铭新 李怀健)
  5. 画法几何及土木工程制图习题集(何铭新 李怀健)
  6. 理论力学(蒋沧如)
  7. 材料力学(袁海庆)
  8. 结构力学(上)(包世华 辛克贵)
  9. 结构力学(下)(包世华 辛克贵)
  10. 流体力学(胡敏良 吴雪茹)
  11. 弹性力学及有限元(赵均海 汪梦甫)
  12. 工程地质(孙家齐 陈新民)
  13. 土力学与基础工程(赵明华)
  14. 荷载与结构设计方法(柳炳康)
  15. 建筑结构选型概论(叶献国)
  16. 房屋建筑学(李必瑜 王雪松)
  17. 土木工程材料(陈志源 李启令)
  18. 土木工程测量(过静珺 饶云刚)
  19. 土木工程施工(毛鹤琴)
  20. 高层建筑施工(徐伟 胡晓依 刘匀)
  21. 混凝土结构原理(刘立新 叶燕华)
  22. 混凝土结构设计(白国良 王毅红)
  23. 砌体结构(刘立新)
  24. 钢结构(戴国欣)
  25. 高层建筑结构(吕西林)
  26. 特种结构(朱彦鹏)
  27. 抗震结构设计(王社良)
  28. 土木工程结构试验(王天稳)
  29. 建筑结构检测、鉴定与加固(张立人)
  30. 工程建设项目管理(邓铁军)
  31. 土木工程估价(刘长滨 李芊)
  32. 土木工程建设监理(邓铁军)
  33. 建设法规(朱宏亮)
  34. 土木工程合同管理与索赔(雷俊卿 杨平)
  35. 道路工程(秦建平)
  36. 桥梁工程(邵旭东 金晓勤)
  37. 房屋建筑学课程设计指南(王雪松 李必瑜)
  38. 钢结构课程设计指导(张志国 张庆芳)
- 地下方向
39. 岩土工程(汤康民)
  40. 地下工程施工技术(姜玉松)
  41. 岩土工程测试技术(任建喜)
  42. 地下工程爆破(杨小林)
  43. 地基处理(陈昌富)
  44. 地下工程结构(吴能森)

武汉理工大学出版社

地址:武汉市洪山区珞狮路122号

邮编:430070

电话:(027) 87515778 87515848 87785758

传真:(027) 87165708

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

ISBN 978-7-5629-4620-5



9 787562 946205 >

定价:45.00元



普通高等教育“十二五”住建部规划教材  
普通高等学校土木工程专业新编系列教材  
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

# 土力学与基础工程

(第4版)

主 编 赵明华  
副主编 俞 晓  
主 审 王贻荪

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

## 内容提要

《土力学与基础工程》是一本供土木工程专业所开设的“土力学与基础工程”课程或“土力学”和“基础工程”课程用的教科书。本书系统阐述了土的性质及工程分类、地基的应力和沉降计算、土的抗剪强度、土压力以及挡土墙和土坡稳定分析；重点讨论了浅基础、桩基础的常规设计计算；简要介绍了我国目前常用的各种软土地基处理技术；并对区域性地基、地震区地基以及滑坡等进行了讨论。

本书由浅入深、概念清楚、层次分明、重点突出、理论联系实际，并适当吸取了国内外比较成熟的新理论、新技术，既可作为高等学校土木工程专业的教材，又可供土木工程（包括建筑工程、公路桥梁工程等）技术人员阅读参考。

## 主编简介

赵明华（1956—），男，湖南洞口县人，1981年毕业于湖南大学土木系路桥专业，现任湖南大学土木工程学院教授、博士生导师，岩土工程研究所所长，并兼任《中南公路工程》编委会副主任等职。

赵明华教授主要从事岩土工程、桥梁基础工程的教学、科研和工程应用软件的开发、土工试验、地基及桩基检测、路基路面测试等工作，主持或参加完成国家自然科学基金项目、交通部“九五”联合攻关项目及其他部、省基金等科研项目20余项；在《中国公路学报》、《岩土工程学报》、《工程力学》等国内外学术刊物上发表学术论文90余篇，出版专著、教材8本；成果鉴定8项，分别达到国际领先或先进水平，获国家教学成果奖1项，部省和厅局级教学或科研成果奖7项。

## 图书在版编目(CIP)数据

土力学与基础工程/赵明华主编. —4版. —武汉:武汉理工大学出版社, 2014. 7  
ISBN 978-7-5629-4620-5

I. ①土… II. ①赵… III. ①土力学-高等学校-教材 ②基础(工程)-高等学校-教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第176555号

项目负责人:蔡德民 刘永坚 田道全

责任编辑:高英

责任校对:夏冬琴

装帧设计:一尘

出版发行:武汉理工大学出版社

地址: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:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:880×1230 1/16

印张:22.5

字数:729千字

版次:2014年7月第4版

印次:2014年7月第1次印刷 总第40次印刷

印数:296001—316000册

定价:45.00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:027-87785758 87515778 87391631 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

# 普通高等学校土木工程专业新编系列教材编审委员会

(第4届)

## 学术顾问:

吕西林 李杰 罗福午 李少甫 甘绍熺 包世华 毛鹤琴  
辛克贵 刘立新 李必瑜 彭少民 何铭新 吴培明 胡敏良

## 主任委员:

李国强 朱宏亮 田高

## 副主任委员:

刘伟庆 邹超英 白国良 徐礼华 雷宏刚 贾连光 朱彦鹏  
张永兴 张俊平 刘殿忠 缪昇 王岚 周学军 赵明华

## 委员:(以姓氏笔画为序)

王林 王燕 王月明 王天稳 王杜良 王泽云 袁海庆  
邓铁军 王新武 王毅红 吴炎海 卢文胜 白晓红 蒋沧如  
叶献国 孙俊 孙强 刘长滨 李书进 李启令 曾志兴  
李怀建 刘剑飞 孙家齐 过静珺 李碧熊 张立人 窦立军  
陈水生 邵旭东 张伯望 宋固全 张国强 张科强 戴国欣  
吴雪茹 吴辉琴 何培玲 周云 俞晓 饶云刚 魏瑞演  
姜玉松 段兵延 柳炳康 赵瑞斌 徐伟 秦建平 袁广林

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘书长:蔡德明

## 第 4 版前言

首先,诚挚地感谢广大读者对《土力学与基础工程》的厚爱,现在第 4 版又与读者见面了。

本书的内容仍然包括土木工程专业(本科)的“土力学”与“基础工程”两门重要的专业基础课程。

本次再版是按照正式颁布的中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)等相关规范、规程,并参照全国高等学校土木工程专业指导委员会于 2002 年 10 月编制的“土力学”与“基础工程”课程教学大纲进行修编的,对原书中的部分内容进行了相应的修改。尽量将建筑工程与交通土建的内容融合在一起,更加适应于“大土木”的培养目标;并对原书正文、插图、例题、表格中存在的错误和不妥之处一并做了订正。

本书仍分为 12 章,第 1、6、8 章由赵明华编写,第 2、9 章由邹新军编写,第 3、4 章由张玲编写,第 5 章由张季如编写,第 7 章由俞晓编写,第 10 章由陈昌富编写,第 11 章由王协群编写,第 12 章由俞晓、雷学文编写。由赵明华任主编,俞晓任副主编,王贻荪任主审。

一本适合于教学工作的教材,往往要通过反复教学使用,发现其中存在的问题,进行多次修订才能逐步完善。对于本书中的错误或不妥之处,热忱欢迎读者批评指正。

编 者

2014 年 2 月

# 目 录

1 绪论 .....	(1)
1.1 土力学、地基及基础的概念 .....	(1)
1.2 本课程的特点和学习要求 .....	(2)
1.3 本学科发展概况 .....	(2)
2 土的性质及工程分类 .....	(4)
2.1 概述 .....	(4)
2.2 土的三相组成及土的结构 .....	(4)
2.2.1 土的固体颗粒(固相) .....	(4)
2.2.2 土中水和气 .....	(9)
2.2.3 土的结构和构造 .....	(13)
2.3 土的物理性质指标 .....	(16)
2.3.1 指标的定义 .....	(16)
2.3.2 指标的换算 .....	(18)
2.4 无黏性土的密实度 .....	(19)
2.5 黏性土的物理特性 .....	(20)
2.5.1 黏性土的界限含水量 .....	(20)
2.5.2 黏性土的塑性指数和液性指数 .....	(21)
2.5.3 黏性土的灵敏度和触变性 .....	(22)
2.6 土的渗透及渗流 .....	(22)
2.6.1 土的渗透性 .....	(23)
2.6.2 二维渗流及流网 .....	(25)
2.6.3 动水力及渗流破坏 .....	(29)
2.7 土的压实性及动力特性 .....	(31)
2.7.1 土的压实原理 .....	(31)
2.7.2 击实试验及其影响因素 .....	(32)
2.7.3 土的振动液化 .....	(35)
2.7.4 土的动力特征参数简介 .....	(38)
2.8 地基土(岩)的工程分类 .....	(39)
2.8.1 岩石 .....	(40)
2.8.2 碎石土 .....	(40)
2.8.3 砂土 .....	(41)
2.8.4 粉土 .....	(41)
2.8.5 黏性土 .....	(42)
2.8.6 人工填土 .....	(42)
2.8.7 特殊土 .....	(42)
2.8.8 细粒土按塑性图分类 .....	(43)
思考题 .....	(44)
习题 .....	(44)
3 土中应力计算 .....	(46)
3.1 土的自重应力 .....	(46)

3.1.1	均质土的自重应力	(46)
3.1.2	成层土的自重应力	(47)
3.2	基底压力	(48)
3.2.1	基底压力分布	(48)
3.2.2	基底压力的简化计算	(48)
3.2.3	基底附加压力	(49)
3.3	地基附加应力	(50)
3.3.1	竖向集中力下的地基附加应力	(50)
3.3.2	分布荷载作用下地基附加应力	(52)
3.3.3	非均质和各向异性地基中的附加应力	(62)
3.4	有效应力原理	(63)
3.4.1	毛细水上升时土中有效自重应力的计算	(64)
3.4.2	土中水渗流时(一维渗流)有效应力计算	(65)
	思考题	(66)
	习题	(67)
<b>4</b>	<b>土的变形性质及地基沉降计算</b>	<b>(69)</b>
4.1	土的压缩性	(69)
4.1.1	基本概念	(69)
4.1.2	压缩试验及压缩性指标	(69)
4.1.3	土的静载荷试验及变形模量	(73)
4.1.4	旁压试验及旁压模量	(76)
4.2	地基最终沉降量计算	(77)
4.2.1	分层总和法	(77)
4.2.2	《建筑地基基础设计规范》方法	(81)
4.2.3	弹性力学方法	(85)
4.2.4	最终沉降量计算方法讨论	(86)
4.2.5	地基最终沉降量的组成	(87)
4.3	应力历史对地基沉降的影响	(88)
4.3.1	天然土层应力历史	(88)
4.3.2	先期固结压力 $p_c$ 的确定	(88)
4.3.3	考虑应力历史影响的地基最终沉降计算	(89)
4.4	地基变形与时间的关系	(91)
4.4.1	饱和土的渗透固结	(91)
4.4.2	太沙基一维固结理论	(92)
4.4.3	实测沉降-时间关系的经验公式	(96)
	思考题	(96)
	习题	(97)
<b>5</b>	<b>土的抗剪强度</b>	<b>(99)</b>
5.1	土的抗剪强度概述	(99)
5.1.1	库仑公式	(99)
5.1.2	莫尔-库仑强度理论	(100)
5.2	抗剪强度的测定方法	(102)
5.2.1	直接剪切试验	(102)
5.2.2	三轴压缩试验	(103)
5.2.3	无侧限抗压强度试验	(105)

5.2.4	十字板剪切试验	(106)
5.3	孔隙压力系数	(107)
5.3.1	孔隙压力系数 $A$ 和 $B$	(107)
5.3.2	亨开尔孔隙压力系数	(109)
5.4	土的抗剪强度指标	(109)
5.4.1	黏性土在不同固结和排水条件下的抗剪强度指标	(110)
5.4.2	黏性土的残余强度指标	(115)
5.4.3	无黏性土的抗剪强度指标	(116)
5.4.4	抗剪强度指标的选择	(117)
5.5	应力路径	(118)
5.5.1	应力路径的基本概念	(118)
5.5.2	三轴压缩试验中的总应力路径和有效应力路径	(118)
5.5.3	土木工程中的应力路径问题简述	(120)
	思考题	(121)
	习题	(121)
6	土压力、地基承载力和土坡稳定	(122)
6.1	概述	(122)
6.2	作用在挡土墙上的土压力	(123)
6.3	朗金土压力理论	(124)
6.3.1	基本概念	(124)
6.3.2	主动土压力	(124)
6.3.3	被动土压力	(125)
6.3.4	其他几种情况下的土压力计算	(127)
6.4	库仑土压力理论	(129)
6.4.1	基本假定	(129)
6.4.2	主动土压力	(129)
6.4.3	被动土压力	(130)
6.4.4	黏性土的库仑土压力理论	(131)
6.4.5	《建筑地基基础设计规范》推荐的公式	(132)
6.4.6	楔体试算法	(132)
6.4.7	土压力计算的几个应用问题	(133)
6.5	挡土墙设计	(134)
6.5.1	挡土墙类型选择	(134)
6.5.2	挡土墙的计算	(135)
6.5.3	重力式挡土墙的构造措施	(138)
6.6	加筋土挡土墙简介	(138)
6.6.1	面板	(139)
6.6.2	筋带	(139)
6.6.3	填料	(139)
6.6.4	加筋土的设计计算	(140)
6.7	地基破坏形式及地基承载力	(141)
6.7.1	地基的破坏形式	(141)
6.7.2	地基承载力	(142)
6.8	地基的极限承载力	(144)
6.8.1	普朗德尔公式	(144)



6.8.2	太沙基公式	(145)
6.8.3	汉森公式	(145)
6.8.4	地基承载力的安全度	(147)
6.9	土坡和地基的稳定分析	(147)
6.9.1	无黏性土坡的稳定性分析	(148)
6.9.2	黏性土坡的稳定性分析	(148)
6.9.3	地基的稳定性分析	(149)
	思考题	(150)
	习题	(151)
<b>7</b>	<b>浅基础设计</b>	(152)
7.1	地基基础设计的基本原则	(152)
7.1.1	概述	(152)
7.1.2	概率极限设计方法与极限状态设计原则	(153)
7.1.3	地基基础设计基本规定	(153)
7.2	浅基础的类型	(155)
7.2.1	无筋扩展基础	(155)
7.2.2	扩展基础	(157)
7.2.3	柱下条形基础	(158)
7.2.4	筏形基础	(158)
7.2.5	壳体基础	(159)
7.2.6	岩层锚杆基础	(159)
7.3	基础埋置深度的选择	(159)
7.3.1	建筑结构条件与场地环境条件	(159)
7.3.2	工程地质条件	(160)
7.3.3	水文地质条件	(160)
7.3.4	地基冻融条件	(161)
7.4	地基承载力	(163)
7.4.1	按土的抗剪强度指标确定	(164)
7.4.2	按地基载荷试验确定	(165)
7.4.3	按地基规范承载力表确定	(167)
7.5	基础底面尺寸的确定	(171)
7.5.1	按地基持力层的承载力计算基底尺寸	(171)
7.5.2	软弱下卧层的验算	(173)
7.6	地基变形验算	(177)
7.6.1	地基变形特征	(177)
7.6.2	地基变形验算	(178)
7.7	扩展基础设计	(180)
7.7.1	扩展基础的构造要求	(180)
7.7.2	扩展基础的计算	(182)
7.8	柱下钢筋混凝土条形基础设计	(189)
7.8.1	地基基础与上部结构相互作用的概念	(189)
7.8.2	柱下钢筋混凝土条形基础的构造要求和内力计算	(190)
7.9	筏形基础设计	(199)
7.9.1	构造要求	(199)
7.9.2	筏形基础的结构和内力计算	(199)

7.10	减轻不均匀沉降损害的措施	(202)
7.10.1	建筑措施	(203)
7.10.2	结构措施	(205)
7.10.3	施工措施	(207)
	思考题	(207)
	习题	(207)
8	桩基础	(209)
8.1	概述	(209)
8.1.1	桩基础的适用性	(209)
8.1.2	桩基设计内容	(210)
8.1.3	桩基设计原则	(210)
8.2	桩和桩基的分类与质量检测	(211)
8.2.1	桩基的分类	(211)
8.2.2	桩的分类	(211)
8.2.3	桩的质量检验	(215)
8.3	竖向荷载下单桩的工作性能	(215)
8.3.1	桩的荷载传递	(215)
8.3.2	桩侧摩阻力和桩端阻力	(216)
8.3.3	单桩的破坏模式	(217)
8.3.4	桩侧负摩阻力	(217)
8.4	单桩竖向承载力的确定	(219)
8.4.1	按材料强度确定	(219)
8.4.2	按单桩竖向抗压静载试验确定	(220)
8.4.3	按土的抗剪强度指标确定	(221)
8.4.4	按静力触探法确定	(222)
8.4.5	按经验参数确定	(222)
8.4.6	按动力试桩法确定	(226)
8.4.7	桩的抗拔承载力	(226)
8.4.8	单桩竖向承载力特征值	(227)
8.5	桩的水平承载力与位移	(228)
8.5.1	水平荷载下基础的受力特性	(228)
8.5.2	单桩水平静载荷试验	(228)
8.5.3	水平受荷桩的内力及位移分析	(229)
8.6	群桩基础计算	(233)
8.6.1	群桩的工作特点	(233)
8.6.2	承台下土对荷载的分担作用	(234)
8.6.3	复合基桩的竖向承载力特征值	(234)
8.6.4	桩顶作用效应简化计算	(235)
8.6.5	基桩竖向承载力验算	(236)
8.6.6	桩基软弱下卧层承载力验算	(237)
8.6.7	桩基竖向抗拔承载力及负摩阻力验算	(237)
8.6.8	桩基水平承载力验算	(238)
8.6.9	桩基沉降验算	(239)
8.7	桩基础设计	(239)
8.7.1	收集设计资料	(240)

8.7.2	桩型、桩长和截面尺寸选择	(240)
8.7.3	桩数及桩位布置	(241)
8.7.4	桩身截面强度计算	(242)
8.7.5	承台设计	(243)
	思考题	(248)
	习题	(248)
<b>9</b>	<b>沉井基础及其他深基础</b>	(249)
9.1	概述	(249)
9.1.1	沉井的作用及适用条件	(249)
9.1.2	沉井的分类	(249)
9.1.3	沉井基础的构造	(251)
9.2	沉井的施工	(252)
9.2.1	旱地沉井施工	(252)
9.2.2	水中沉井施工	(254)
9.2.3	泥浆套和空气幕下沉沉井施工简介	(254)
9.2.4	沉井下沉过程中遇到的问题及处理	(255)
9.3	沉井的设计与计算	(256)
9.3.1	沉井作为整体深基础的计算	(256)
9.3.2	沉井施工过程中的结构强度计算	(259)
9.3.3	浮运沉井计算要点	(263)
9.4	沉井基础算例	(264)
9.4.1	设计资料	(264)
9.4.2	沉井高度及各部分尺寸	(265)
9.4.3	荷载计算	(265)
9.4.4	基底应力验算	(266)
9.4.5	横向抗力验算	(266)
9.4.6	沉井自重下沉验算	(266)
9.4.7	刃脚受力验算	(267)
9.4.8	井壁受力验算	(269)
9.5	其他深基础简介	(269)
9.5.1	墩基础	(270)
9.5.2	地下连续墙	(270)
	思考题	(271)
	习题	(272)
<b>10</b>	<b>基坑工程</b>	(273)
10.1	概述	(273)
10.1.1	基坑工程的概念及特点	(273)
10.1.2	基坑支护结构的类型及适用条件	(273)
10.1.3	基坑支护工程设计原则和设计内容	(275)
10.1.4	作用于支护结构上的水平荷载及土压力	(276)
10.2	排桩、地下连续墙支挡式结构	(276)
10.2.1	悬臂式桩(墙)计算	(277)
10.2.2	单层支锚桩(墙)计算	(279)
10.2.3	多支点桩(墙)计算	(281)
10.3	水泥土桩墙支护结构	(283)

10.3.1	概述	(283)
10.3.2	水泥土桩墙计算	(283)
10.3.3	水泥土桩墙构造要求及设计特性	(284)
10.4	土钉墙支护结构	(285)
10.4.1	概述	(285)
10.4.2	土钉墙支护结构参数的确定	(285)
10.4.3	土钉承载力计算	(286)
10.4.4	土钉墙稳定性验算	(287)
10.5	基坑稳定性分析	(288)
10.5.1	概述	(288)
10.5.2	基坑整体稳定性分析	(288)
10.5.3	支护结构绕最下层支锚点转动稳定性分析	(289)
10.5.4	基坑底抗隆起稳定性分析	(289)
10.5.5	基坑抗渗流稳定性分析	(290)
10.6	地下水控制	(290)
10.6.1	概述	(290)
10.6.2	集水明排法	(290)
10.6.3	降水法	(291)
10.6.4	截水与回灌	(292)
10.7	基坑现场监测与信息化施工	(292)
10.7.1	基坑现场监测	(292)
10.7.2	基坑信息化施工	(293)
	思考题	(294)
	习题	(294)
11	区域性地基及其他	(295)
11.1	概述	(295)
11.2	湿陷性黄土地基	(295)
11.2.1	黄土的特征和分布	(295)
11.2.2	黄土湿陷发生原因及影响因素	(296)
11.2.3	黄土地基的湿陷性评价及勘察要求	(297)
11.2.4	湿陷性黄土地基的工程措施	(299)
11.3	膨胀土地基	(300)
11.3.1	膨胀土的特征及对建筑物的破坏	(300)
11.3.2	影响膨胀土胀缩变形的主要因素	(301)
11.3.3	膨胀土地基勘察和评价	(301)
11.3.4	膨胀土地基计算和工程措施	(303)
11.4	山区地基和红黏土地基	(304)
11.4.1	土岩组合地基	(304)
11.4.2	岩溶	(305)
11.4.3	土洞地基	(306)
11.4.4	红黏土地基	(307)
11.5	冻土地基及盐渍土地基	(307)
11.5.1	冻土地基概述	(307)
11.5.2	冻土的物理和力学性能	(308)
11.5.3	冻土地基基础设计与处理	(312)

11.5.4	盐渍土地基概述	(312)
11.5.5	盐渍土的分类	(312)
11.5.6	盐渍土地基的评价	(313)
11.5.7	盐渍土地区施工及防腐措施	(314)
11.6	动力机器基础及地震区地基	(315)
11.6.1	概述	(315)
11.6.2	动力机器基础设计原理	(315)
11.6.3	地基基础抗震设计	(317)
	思考题	(321)
	习题	(321)
<b>12</b>	<b>地基处理</b>	(322)
12.1	概述	(322)
12.1.1	软弱地基的特征	(322)
12.1.2	地基处理方法确定	(323)
12.2	复合地基理论	(324)
12.2.1	复合地基的概念与分类	(324)
12.2.2	复合地基作用机理及设计参数	(324)
12.2.3	复合地基承载力确定	(325)
12.2.4	复合地基变形计算	(326)
12.3	换填垫层法	(327)
12.3.1	换填垫层法的原理	(327)
12.3.2	垫层的设计要点	(327)
12.3.3	施工要点	(329)
12.4	重锤夯实法与强夯法	(329)
12.4.1	重锤夯实法	(329)
12.4.2	强夯法	(330)
12.5	排水固结法	(331)
12.5.1	加固原理与应用条件	(331)
12.5.2	堆载预压法设计计算	(332)
12.5.3	真空预压法及其设计要点	(335)
12.6	砂石桩法	(335)
12.6.1	砂石桩的作用原理	(335)
12.6.2	砂石桩的设计要点	(336)
12.7	水泥土搅拌桩法	(337)
12.7.1	加固机理	(337)
12.7.2	水泥土搅拌桩法的特点及适用范围	(337)
12.7.3	水泥土搅拌桩法的设计要点	(337)
12.8	高压喷射注浆法与深层搅拌法	(338)
12.8.1	分类及形式	(338)
12.8.2	特点及适用范围	(339)
12.8.3	设计要点	(339)
12.9	土工合成材料	(339)
12.9.1	特点和适用范围	(339)
12.9.2	作用原理	(340)
12.10	托换技术	(340)

12.10.1 桩式托换 .....	(341)
12.10.2 灌浆托换 .....	(342)
思考题.....	(343)
习题.....	(343)
参考文献.....	(344)

# 1 绪 论

## 1.1 土力学、地基及基础的概念

土是矿物或岩石碎屑构成的松软集合体。由于其形成年代、生成环境及物质成分不同,工程特性亦复杂多变。例如我国沿海及内陆地区的软土,西北、华北和东北等地区的黄土,高寒地区的永冻土以及分布广泛的红黏土、膨胀土和杂填土等,其性质各不相同。因此在建筑物设计前,必须充分了解、研究建筑场地相应土(岩)层的成因、构造、地下水情况、土的工程性质、是否存在不良地质现象等,对场地的工程地质条件做出正确的评价。

土力学是利用力学的一般原理,研究土的物理、化学和力学性质及土体在荷载、水、温度等外界因素作用下工程性状的应用科学。它是力学的一个分支,是本课程的理论基础。由于土力学的研究对象是以矿物颗粒组成骨架的松散颗粒集合体,其物理、化学和力学性质与一般刚性或弹性固体以及流体等都有所不同。因此,必须通过专门的土工试验技术进行探讨。

任何建筑物都建造在一定的地层(土层或岩层)上。通常把支承基础的土体或岩体称为地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。若地基软弱、承载力不能满足设计要求,则需对地基进行加固处理(例如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、加筋土等技术方法进行处理),称为人工地基。

基础是将结构承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分(图 1.1),一般应埋入地下一定的深度,进入较好的地层。根据基础的埋置深度不同可分为浅基础和深基础。通常把埋置深度不大(3~5 m),只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础称为浅基础;反之,若浅层土质不良,须把基础埋置于深处的好地层时,就得借助于特殊的施工方法,建造各种类型的深基础(如桩基、墩基、沉井和地下连续墙等)。

地基与基础设计必须满足三个基本条件:① 作用于地基上的荷载效应(基底压应力)不得超过地基容许承载力或地基承载力特征值,保证建筑物不因地基承载力不足造成整体破坏或影响正常使用,具有足够防止整体破坏的安全储备;② 基础沉降不得超过地基变形容许值,保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用;③ 挡土墙、边坡以及地基基础保证具有足够防止失稳破坏的安全储备。荷载作用下,地基、基础和上部结构三部分彼此联系、相互制约。设计时应根据地质勘察资料,综合考虑地基、基础、上部结构的相互作用与施工条件,进行经济技术比较,选取安全可靠、经济合理、技术先进和施工简便的地基基础方案。

地基与基础是建筑物的根本,统称为基础工程,其勘察、设计和施工质量的好坏将直接影响到建筑物的安危、经济和正常使用。由于基础工程是在地下或水下进行,施工难度大,在一般高层建筑中,其造价约占总造价的 25%,工期占总工期的 25%~30%。当需采用深基础或人工地基时,其造价和工期所占比例更大。此外,基础工程为建筑物的隐蔽工程,一旦出事,不仅损失巨大,且补救十分困难,因此基础工程在土木工程中具有十分重要的作用。

随着我国基本建设的发展,大型、重型、高层建筑和有特殊要求的建筑物日益增多,在基础工程设计与施工方面积累了不少成功的经验。国外也有不少成功的典范,然而也有不少失败的教训。例如,1913 年建造的加拿大特朗斯康谷仓(图 1.2),由 65 个圆柱形筒仓组成,高 31 m,宽 23.5 m,其下为筏板基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达 16 m 的软黏土层,建成后初次贮存谷物时,基底压力(320 kPa)超过了地基极限承载力,致使谷仓西侧突然陷入土中 8.8 m,东侧则抬高 1.5 m,仓身整体倾斜  $26^{\circ}53'$ 。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失稳定性的典型范例。由于该谷仓整体性很强,筒仓完好无损。事后在筒仓下增设 70

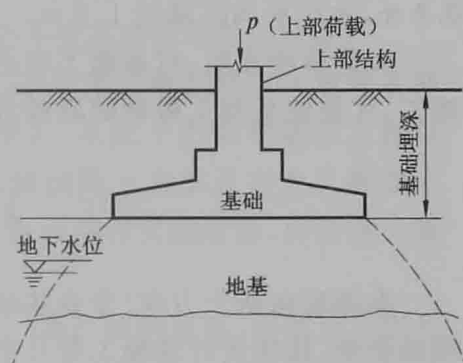


图 1.1 地基及基础示意图

多个支承于基岩上的混凝土墩,用 388 个 50 t 的千斤顶,才将筒仓纠正过来,但其标高比原来降低了 4 m。

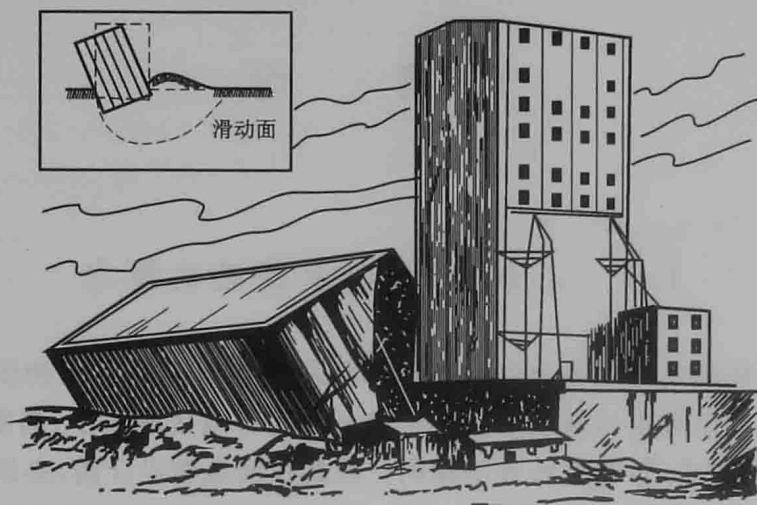


图 1.2 加拿大特朗斯康谷仓的地基破坏情况

世界著名的意大利比萨斜塔,1173 年动工,高约 55 m,因地基压缩层不均、排水缓慢,北侧下沉 1 m 多,南侧下沉近 3 m。1932 年曾灌注 1000 t 水泥,也未奏效,每年仍下沉约 1 mm。2007 年经各国专家历时 17 年的努力,被扶正 45 cm,回复至 1838 年时的倾斜度。再如我国 1954 年兴建的上海工业展览馆中央大厅,因地基中约有 14 m 厚的淤泥质软黏土,尽管采用了 7.27 m 的箱形基础,建成后当年仍下沉了 0.6 m,大厅平均沉降达 1.6 m。

大量事故表明,对基础工程必须慎重对待。只有深入了解地基情况,掌握勘察资料,经过精心设计与施工,才能使基础工程做到既经济合理,又保证质量。

## 1.2 本课程的特点和学习要求

本课程包括土力学(专业基础)和基础工程(专业)两部分,是土木工程专业的一门主干课程。涉及工程地质学、结构设计和施工等几个学科领域,内容广泛,综合性、理论性和实践性很强。从土木工程专业的要求出发,学习时应重视工程地质学的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力;牢固掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,并能应用这些基本概念和原理,结合有关结构理论和施工知识,分析和解决地基基础问题。

全书共分为 12 章。第 1 章为绪论;第 2 章介绍了土的物理性质及其工程分类,是本课程的基本知识;第 3 章至第 5 章是土力学的基本理论部分,也是本课程的重点内容,主要介绍了各种情况下土中的应力分布、土的压缩特性、地基沉降计算、土的抗剪强度及极限平衡概念等,并扼要地介绍了土工试验的有关知识;第 6 章主要介绍了土压力、挡土墙的设计计算方法及土坡的稳定性分析;第 7 章至第 12 章属于基础工程内容,是运用土力学理论解决工程设计中的地基与基础问题,主要包括浅基础、深基础、基坑支护、特殊土地基和地震区地基基础的设计计算,以及软弱土地基的处理方法等内容。

在本课程的学习中,必须自始至终抓住土的变形、强度和稳定性问题这一重要线索,并特别注意认识土的多样性和易变性等特点。此外,还必须掌握有关的土工试验技术及地基勘察知识,对建筑场地的工程地质条件做出正确的评价,才能运用土力学的基本知识去正确解决基础工程中的疑难问题。

本课程与材料力学、结构力学、弹性理论、建筑材料、建筑结构及工程地质等有着密切的关系,本书在涉及这些学科的有关内容时仅引述其结论,要求理解其意义及应用条件,而不把注意力放在公式的推导上。此外,基础工程几乎找不到完全相同的实例,在处理基础工程问题时,必须运用本课程的基本原理,深入调查研究,针对不同情况进行具体分析。因此,在学习时必须注意理论联系实际,才能提高分析问题和解决问题的能力。

## 1.3 本学科发展概况

土力学与基础工程既是一门古老的工程技术,又是一门新型的应用科学。由于生产的发展和生活上



的需要,人类很早就已创造了自己的地基基础工艺。例如我国都江堰水利工程、举世闻名的万里长城、隋朝南北大运河、黄河大堤、赵州石拱桥以及许许多多遍及全国各地的宏伟壮丽的宫殿寺院、巍然挺立的高塔等,都是由于奠基牢固,即使经历了无数次强震、强风依然安然无恙。又如秦朝在修筑驰道时采用“隐以金椎”(《汉书》)的路基压实方法,以及至今仍采用的灰土垫层、石灰桩、瓦渣垫层和水撼砂垫层等,都是我国自古已有的传统地基处理方法。再如北宋初著名木工喻皓(公元989年)在建造开封开宝寺木塔时,考虑到当地多西北风,将建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜,以在风力长期作用下渐趋复正,解决了建筑物地基的沉降问题。我国木桩基础的使用更是源远流长。如河姆渡文化遗址中发现的7000年前钱塘江南岸沼泽地带木构建筑下的木桩为世所罕见;公元前532年在今山西汾水上建成的三十墩柱木柱梁桥(《水经注》),以及秦朝所建渭桥等也都为木桩基础,再如郑州隋朝超化寺打入淤泥的塔基本桩(《法苑珠林》)、杭州湾五代大海塘工程木桩等都是我国古代桩基础技术应用的典范,雄辩地证明了我国古代劳动人民在工程实践中积累了丰富的土力学与基础工程的知识。只是由于当时生产力发展水平的限制,还未能提炼成为系统的科学理论。直到18世纪中叶,人们对土在工程建设方面的特性,尚停留在感性认识阶段。

18世纪工业革命以后,大规模的城市建设和水利、铁路的兴建使人们面临着许多与土有关的问题,从而促进了土力学理论的产生和发展。1773年,法国的库仑(Coulomb)根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式,提出了计算挡土墙土压力的滑楔理论。1857年,英国的朗金(Rankine)又从另一途径提出了挡土墙土压力理论,这对后来土体强度理论的发展起了很大的促进作用。此外,法国布辛奈斯克(Boussinesq, 1885年)求得了在弹性半空间表面作用竖向集中力的应力和变形的理论解答;瑞典费兰纽斯(Fellenius, 1922年)为解决铁路坍方提出了土坡稳定分析法。这些古典的理论和方法,至今仍不失其理论和实用价值。

通过许多研究者的不懈努力、经验积累,到1925年,美国太沙基(Terzaghi)在归纳发展以往成就的基础上,出版了《土力学》专著,1929年又与其他作者一起出版了《工程地质学》。从此土力学与基础工程就作为独立的学科而取得不断的进展。从1936年至2006年,共召开了十六届国际土力学及岩土工程学术会议。许多国家和地区也都开展了类似的活动,交流和总结本学科新的研究成果和实践经验,并定期出版土力学与基础工程的报纸杂志,这些对本学科的发展都起到了推动作用。

新中国的成立,为解放我国生产力和促进我国科学技术的发展开辟了一条广阔的道路,也使土力学与基础工程学科得到了迅速的发展。新中国成立后,我国在建筑工程中成功地处理了许多大型和复杂的基础工程。例如,利用电化学加固处理的中国历史博物馆地基,解决了施工工期短、质量要求高的困难;特别是在万里长江上建成的多座长江大桥(武汉长江大桥、南京长江大桥等)及其他巨大工程中,采用管柱基础、气筒浮运沉井基础等,成功解决了水深流急、地质复杂的基础工程问题;全国许许多多高层建筑的建成,都为土力学与基础工程的理论和实践积累了丰富的经验。我国自1962年以来,先后召开了十届全国土力学及岩土工程会议,并建立了许多地基基础研究机构、施工队伍和土工试验室,培养了大批地基基础专业人才。不少学者对土力学与基础工程的理论和实践作出了重大贡献,受到了国际岩土界的重视。

近年来,我国在工程地质勘察,室内及现场土工试验,地基处理,新设备、新材料、新工艺的研究和应用方面,取得了很大的进展。在地基处理方面,振动碾压、振动水冲、深层搅拌、高压旋喷、粉体喷射、真空预压、强夯以及各种土工聚合物和托换技术等,在土建、水利、桥隧、道路、港口、海洋等有关工程中得到了广泛应用,并取得了较好的经济技术效果。随着电子技术及各种数值计算方法对各学科的逐步渗透,土力学与基础工程的各个领域都发生了深刻的变化,许多复杂的工程问题相应得到了解决,试验技术也日益提高。在大量理论研究与实践经验积累的基础上,有关基础工程的各种设计与施工规范或规程等也相应问世或日臻完善。这些为我国基础工程设计与施工做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量提供了充分的理论与实践依据。我们相信,随着我国社会主义建设的向前发展,对基础工程要求的日益提高,我国土力学与基础工程学科也必将得到新的更大的发展。