



高等职业教育“十一五”规划教材
高职高专建筑工程技术专业教材系列

土力学

与 地基基础

马 宁/主 编



科学出版社
www.sciencep.com

● 高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专建筑工程技术专业教材系列

土力学与地基基础

马 宁 主 编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书根据建筑施工企业一线技术与管理岗位的实际需要,依据现行有效规范(规程)、标准及工程技术动态,以“必需够用为度”编写,内容简明、突出实用。

全书内容包括:工程地质基本知识、土的物理性质与工程分类、地基土中应力、地基变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、地基勘察、天然地基上的浅基础、桩基础、软弱土地基处理、特殊土地基等。

本书为高等职业教育建筑工程技术专业及相关专业的教学用书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础 / 马宁主编. —北京:科学出版社, 2008

高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专建筑工程技术专业教材系列
ISBN 978-7-03-020869-9

I. 土… II. 马… III. ①土力学-高等学校:技术学校-教材②地基-基础(工程)-高等学校:技术学校-教材 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 004818 号

责任编辑:何舒民 张雪梅 / 责任校对:赵 燕
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)
2008 年 1 月第一次印刷 印张: 17 1/2
印数: 1—3 000 字数: 330 000

定价: 30.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154(VA03)

前 言

高等职业技术教育建筑工程类及相关专业的人才培养目标决定了土力学与地基基础课程教学应为：理论以够用为度，面向工程一线，满足施工一线对土力学地基基础知识的需求。因此，本教材强调基本概念、基本原理、基本方法以及工程经验的传授，弱化理论推导和计算设计，突出岗位的针对性和知识的实用性，便于理论知识与实际工程的有效联系，以提高学生对知识的实际应用能力。本书即是以此为原则进行编写，力求符合专业人才培养目标的需要。

本书依据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)等现行有效规范、标准、规程编写，侧重与实际工程紧密联系的理论公式的运用、土的各种力学指标的应用，着重讲授挡土墙及各类基础的构造要求、常用地基处理方法的原理和选择、地基勘察报告的阅读及验槽、常见土的识别、刚性基础和扩展基础的设计等。

马宁编写第1~9章及土力学试验指导，马彩霞编写第10~12章。全书由马宁统稿。河北工程大学史三元教授担任本书主审。

为方便读者学习，本书还附有光盘，内含配套多媒体课件。

限于编者的理论和实践水平，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 本课程的内容和作用	1
1.1.1 地基基础事故	1
1.1.2 本门课程的知识构架	6
1.2 本学科发展概况	7
1.3 本课程的特点和学习要求	8
思考题	8
第 2 章 工程地质基本知识	9
2.1 概述	9
2.1.1 地质作用	9
2.1.2 地质年代	10
2.2 第四纪沉积物	10
2.2.1 残积物	11
2.2.2 坡积物	11
2.2.3 洪积物	11
2.2.4 冲积物	12
2.2.5 其他沉积物	13
2.3 地下水	13
2.3.1 地下水分类	13
2.3.2 地下水对工程的影响	14
2.3.3 土的渗透性	15
2.3.4 渗流破坏及防治措施	17
小结	18
思考题	18
第 3 章 土的物理性质与工程分类	20
3.1 土的三相组成	20
3.1.1 土的固体颗粒	21
3.1.2 土中水	23
3.1.3 土中气体	25
3.1.4 土的结构	25

3.1.5 土的构造	26
3.2 土的物理性质指标	26
3.2.1 土的三相组成草图	26
3.2.2 由试验直接测定的指标	27
3.2.3 换算指标	28
3.2.4 三相比例指标的换算关系	29
3.3 土的物理状态指标	31
3.3.1 无黏性土的密实度	31
3.3.2 黏性土的稠度	33
3.4 土的压实性	36
3.4.1 击实试验	37
3.4.2 影响压实效果的因素	37
3.4.3 压实填土的质量指标	38
3.5 地基土(岩)的工程分类	39
3.5.1 岩石	39
3.5.2 碎石土	41
3.5.3 砂土	41
3.5.4 粉土	42
3.5.5 黏性土	42
3.5.6 人工填土	43
3.5.7 特殊土	44
小结	45
思考题	47
习题	47
第4章 地基土中应力	49
4.1 概述	49
4.2 地基土中自重应力	50
4.2.1 均质土的自重应力	50
4.2.2 成层土的自重应力	50
4.3 基底压力	52
4.3.1 基底压力的分布	53
4.3.2 基底压力的简化计算	54
4.3.3 基底附加压力	55
4.4 地基土中附加应力	57
4.4.1 竖向集中力作用下地基附加应力	57

4.4.2	矩形基础底面受竖向荷载作用时地基中附加应力	59
4.4.3	条形基础底面受竖向荷载作用时地基中附加应力	65
4.4.4	成层地基中的附加应力	67
小结		68
思考题		69
习题		69
第5章	地基变形	71
5.1	土的压缩性	71
5.1.1	基本概念	71
5.1.2	室内压缩试验及压缩性指标	72
5.1.3	现场载荷试验及变形模量	74
5.2	地基最终沉降量计算	77
5.2.1	分层总和法	77
5.2.2	《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)推荐方法	79
5.3	应力历史对地基沉降的影响	84
5.3.1	土的回弹和再压缩曲线	84
5.3.2	正常固结、超固结和欠固结的概念	85
5.4	饱和黏性土地基沉降与时间的关系	86
5.4.1	饱和土的有效应力原理	86
5.4.2	太沙基一维固结理论	87
5.4.3	实测沉降-时间关系的经验公式	89
5.5	建筑物沉降观测与地基变形允许值	89
5.5.1	地基变形允许值	89
5.5.2	建筑物沉降观测	90
小结		93
思考题		94
习题		94
第6章	土的抗剪强度与地基承载力	95
6.1	土的抗剪强度的工程意义	95
6.2	土的强度理论与强度指标	96
6.2.1	库仑定律	96
6.2.2	土的抗剪强度的构成	97
6.2.3	莫尔-库仑强度理论	97
6.3	土的极限平衡条件	97
6.3.1	土中任一点的应力状态	98

6.3.2	土的极限平衡条件	98
6.4	土的抗剪强度指标的测定	101
6.4.1	直接剪切试验	101
6.4.2	三轴压缩试验	103
6.4.3	无侧限抗压强度试验	105
6.4.4	十字板剪切试验	106
6.5	地基破坏形式及承载力的概念	107
6.5.1	地基的破坏形式	107
6.5.2	地基承载力的理论计算	108
6.6	地基承载力的确定	110
6.6.1	根据现场原位测试确定	110
6.6.2	根据理论公式确定	112
6.6.3	根据经验方法确定	112
6.6.4	地基承载力特征值的修正	112
	小结	113
	思考题	114
	习题	114
第7章	土压力与土坡稳定	115
7.1	概述	115
7.2	土压力的分类	116
7.3	朗肯土压力理论	117
7.3.1	基本原理与假设	117
7.3.2	主动土压力	118
7.3.3	被动土压力	120
7.3.4	几种常见情况下土压力的计算	121
7.4	库仑土压力理论	125
7.4.1	基本假设	125
7.4.2	主动土压力	125
7.4.3	被动土压力	126
7.4.4	朗肯理论与库仑理论的比较	127
7.5	《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) 推荐方法	128
7.6	挡土墙设计	128
7.6.1	挡土墙的类型	128
7.6.2	重力式挡土墙的计算	130
7.6.3	重力式挡土墙体型选择与构造措施	133

7.7 土坡稳定性分析	134
7.7.1 影响土坡稳定的因素 (土坡滑动失稳的机理)	134
7.7.2 土质边坡开挖规定	135
7.7.3 简单土坡的稳定性分析	136
小结	138
思考题	139
第8章 地基勘察	140
8.1 地基勘察基本概念	140
8.1.1 岩土工程勘察	140
8.1.2 岩土工程勘察阶段的划分	140
8.1.3 岩土工程勘察等级	141
8.1.4 地基勘察	142
8.2 地基勘察的任务和勘探点的布置	142
8.2.1 地基勘察的任务	142
8.2.2 勘探点的布置	142
8.3 地基勘察方法	143
8.3.1 工程地质测绘与调查	144
8.3.2 勘探	144
8.3.3 室内试验与原位测试	148
8.4 地基土的野外鉴别与描述	149
8.4.1 地基土野外鉴别	149
8.4.2 地基土野外描述	150
8.5 地基勘察成果报告	152
8.5.1 勘察报告的基本内容	152
8.5.2 勘察报告的阅读和使用	153
8.5.3 勘察报告实例	154
8.6 验槽	163
8.6.1 验槽的目的和内容	163
8.6.2 验槽的方法和注意事项	163
8.6.3 基槽的局部处理	164
小结	165
思考题	166
第9章 天然地基上的浅基础	168
9.1 概述	168
9.1.1 地基基础方案的选择	168

9.1.2	天然地基上浅基础的设计内容及一般步骤	169
9.2	浅基础的类型	169
9.2.1	无筋扩展基础	169
9.2.2	扩展基础	172
9.2.3	柱下条形基础	172
9.2.4	筏形基础	173
9.2.5	箱形基础	173
9.2.6	壳体基础	174
9.3	基础埋置深度	174
9.3.1	建筑物的用途以及基础的形式和构造	175
9.3.2	作用在地基上的荷载大小和性质	175
9.3.3	工程地质和水文地质条件	175
9.3.4	相邻建筑物的基础埋深	176
9.3.5	地基土冻胀和融陷的影响	176
9.4	基础底面尺寸的确定	177
9.4.1	按持力层的承载力确定基底尺寸	177
9.4.2	地基软弱下卧层承载力验算	181
9.5	无筋扩展基础剖面设计	183
9.6	扩展基础剖面设计	185
9.6.1	扩展基础的构造要求	185
9.6.2	墙下钢筋混凝土条形基础计算	187
9.6.3	柱下钢筋混凝土独立基础计算	191
9.7	柱下条形基础的构造要求	194
9.8	筏形基础的构造要求	195
9.9	减轻建筑物不均匀沉降的措施	197
9.9.1	建筑措施	197
9.9.2	结构措施	200
9.9.3	施工措施	201
	小结	201
	思考题	202
	习题	203
第 10 章	桩基础	204
10.1	概述	204
10.2	桩的分类	205
10.2.1	按承载性状分类	205

10.2.2	按桩身材料分类	206
10.2.3	按桩的使用功能分类	207
10.2.4	按施工方法分类	207
10.2.5	按成桩方法和挤土效应分类	209
10.3	单桩、群桩承载力	210
10.3.1	单桩竖向承载力	210
10.3.2	单桩水平承载力	211
10.3.3	群桩承载力	212
10.4	桩基础的构造要求	213
10.4.1	桩和桩基的构造要求	213
10.4.2	承台的构造要求	214
	小结	215
	思考题	216
第 11 章	软弱土地基处理	217
11.1	概述	217
11.1.1	软弱土的种类和性质	217
11.1.2	软弱土地基处理方法分类	218
11.2	碾压法与夯实法	219
11.2.1	机械碾压法	220
11.2.2	振动压实法	220
11.2.3	重锤夯实法	220
11.2.4	强夯法	220
11.3	换土垫层法	222
11.3.1	原理及适用范围	222
11.3.2	垫层的设计要点	223
11.3.3	垫层的施工要点	225
11.4	排水固结法	225
11.4.1	加固原理及适用范围	225
11.4.2	砂井的设计要求	226
11.4.3	竖向排水体的施工	226
11.4.4	真空预压法	227
11.5	挤密法和振冲法	228
11.5.1	挤密法	228
11.5.2	振冲法	228
11.6	高压喷射注浆法和深层搅拌法	230

11.6.1 高压喷射注浆法	230
11.6.2 深层搅拌法	231
小结	232
思考题	233
第 12 章 特殊土地基	234
12.1 湿陷性黄土地基	234
12.1.1 黄土的特征与分布	234
12.1.2 黄土湿陷性发生的原因和影响因素	235
12.1.3 湿陷性黄土地基的工程措施	236
12.2 膨胀土地基	237
12.2.1 膨胀土的特征与分布	237
12.2.2 膨胀土的危害	237
12.2.3 膨胀土地基的工程措施	238
小结	239
思考题	240
土力学试验指导	241
引言	241
试验一 含水率试验 (烘干法)	242
试验二 密度试验 (环刀法)	244
试验三 界限含水率试验 (液限、塑限联合测定法)	245
试验四 塑限试验	248
试验五 液限试验	250
试验六 固结试验	253
试验七 直接剪切试验 (快剪法)	256
试验八 击实试验	259
附录 地质年代表	264
主要参考文献	265

❖ 学习目标

了解地基基础的概念、建筑工程对地基基础的要求,了解本门课程的知识构架、特点和学习方法,了解本学科的发展情况。

1.1 本课程的内容和作用

地基与基础是建筑物的重要组成部分,又属于地下隐蔽工程,一旦发生事故难以补救,有时会造成重大经济损失甚至人员伤亡。此外,基础工程的费用可占建筑物总造价的 10%~30%。实践证明,建筑工程实践中出现的很多事故均与地基基础有关。随着高层建筑物的兴起,深基础工程增多,对地基基础的设计和施工提出了更高的要求。对工程中出现问题的研究解决以及经验教训的积累就形成了本门课程。

1.1.1 地基基础事故

实际工程中出现的地基与基础事故可归纳如下。

1. 地基变形事故

(1) 建筑物倾斜

基础承受偏心荷载、邻近建筑物荷载在地基中扩散、地基土各部分软硬不同、高压缩性土层厚薄不均等原因均可导致高耸结构发生倾斜,如意大利比萨斜塔(图 1.1)和我国苏州的虎丘塔,倾斜严重时还可导致结构物的开裂。

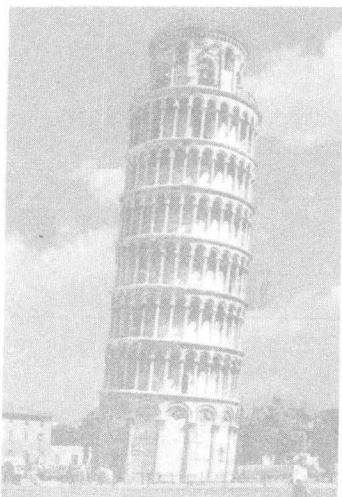


图 1.1 比萨斜塔

比萨斜塔建成于公元 1370 年, 石砌建筑, 塔身为圆筒形, 全塔共 8 层, 高 55m。其基础底面平均压力高达 500kPa, 地基持力层为粉砂, 下面为粉土和饱和黏土层。目前塔向南倾斜, 南北两端沉降差 1.80m, 塔顶偏离中心线已达 5.27m, 倾斜 5.5°。虎丘塔位于苏州市西北虎丘公园山顶, 建成于公元 961 年, 砖塔平面呈八角形, 全塔共 7 层, 高 47.5m。塔身向东北方向严重倾斜, 塔顶距离垂直中心线达 2.31m, 同时底层塔身出现不少裂缝。地基覆盖层厚度相差悬殊是虎丘塔倾斜的主要原因。虎丘塔后经地基加固, 获得成功。

(2) 建筑物局部倾斜

砖墙承重的条形基础由于地基的不均匀沉降发生局部倾斜, 常导致砖墙墙体开裂, 影响到房屋的安全和正常使用。

(3) 建筑地基严重下沉

地基严重下沉多因存在高压缩性软弱土而形成, 可导致散水倒坡, 室内地坪低于室外地坪, 水、暖、电等内外网连接管道断裂等问题, 不同程度地影响建筑物的使用。如墨西哥市艺术宫(图 1.2), 1904 年落成, 经几十年时间, 地基下沉量达 4m, 临近公路也下沉 2m。这是由地基超高压缩性淤泥的压缩变形所造成的。



图 1.2 墨西哥市艺术宫

2. 建筑物基础开裂

当一幢建筑物的基础位于软硬突变的地基上时, 在软硬突变处往往使基础发

生开裂。作为建筑物的根基,这比墙体的开裂更为严重,处理起来也更为困难。在池塘、古河道、防空洞等不良场地上修建建筑物需特别注意。

3. 建筑物地基滑动

当建筑物施加到地基上的荷载超过地基极限承载力时,地基就发生强度破坏,整幢建筑物就会沿着地基中某一薄弱面发生滑动而倾倒,这往往是灾难性的事故。其典型案例为加拿大特朗斯康谷仓(图 1.3)。

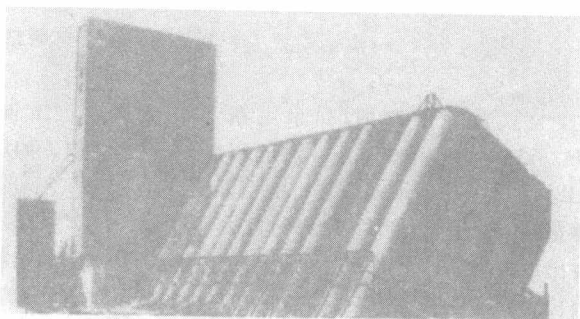


图 1.3 特朗斯康谷仓

该谷仓为 5 排圆筒仓,每排 13 个,共 65 个圆筒仓组成整体,平面呈矩形,长 59.44m,宽 23.47m,高 31m,总容积 36 368m³。其基础为钢筋混凝土筏板基础,厚度 61cm,埋深 3.66m。该谷仓 1913 年秋完工。10 月,当谷仓装载 31 822m³ 谷物时,发生严重下沉,1h 内竖向沉降达 30.5cm,结构物向西倾斜并在 24h 内倾倒。谷仓西端下沉 7.32m,东端上抬 1.52m,仓身倾斜 27°。上部钢筋混凝土筒仓完好。

事故原因为事前不了解基础下埋藏厚达 16m 的软黏土层,谷仓地基因超载发生强度破坏而滑动。

4. 建筑物地基溶蚀

当地下水流速较大时,如果土体粗粒孔隙中充填的细粒土被冲走,则产生潜蚀,长期潜蚀会形成地下土洞并导致地表塌陷。在石灰石溶洞发育地区或矿产开采空区,在地下水渗流作用下,溶洞或采空区顶部土体不断塌落或侵蚀,最终也可导致地表塌陷。

例如,我国徐州市古黄河河道区域,沉积有较厚的粉砂和粉土,其底部即为古生代奥陶系灰岩,中间缺失老黏土隔水层,灰岩中存在大量溶洞与裂隙。而过量开采地下水引起的水位下降导致覆盖层粉砂和粉土中形成潜蚀与空洞并不断扩大,最终形成多处地面塌陷事故,导致塌陷区房屋倒塌,邻近区域房屋开裂。

5. 建筑物基槽变位滑动

人工边坡如深基基槽,由于边坡设计及施工不当,将导致基槽变位滑动,对工程施工造成影响,严重的导致邻近建筑物开裂或倒塌。如2005年7月,广州珠海区某建筑工地基坑南端约100m挡土墙坍塌,造成5人被困,工地边上的平房倒塌,邻近两幢建筑物出现不同程度的倾斜,部分墙体开裂,见图1.4。



图 1.4 广州某建筑工地挡土墙坍塌

6. 土坡滑动

在山麓或山坡上建房时,由于切削坡脚或土坡荷载增加,导致山坡失稳滑动,房屋倒塌。如1972年7月,香港发生一起大滑坡,位于山坡上的一幢高层住宅——宝城大厦被冲毁倒塌,同时砸毁邻近一幢住宅楼一角约5层住宅,造成大量人员伤亡,见图1.5。

7. 建筑物地基震害

(1) 地基液化

饱和状态的疏松粉、细砂或粉土,在强烈地震作用下产生液化,地基土呈液态,从而失去承载力,导致建筑物的倾斜、开裂等事故。如1964年6月,日本新潟发生7.5级强烈地震,导致大面积饱和砂土地基液化,许多建筑物倾斜,如图1.6所示。

(2) 地基震沉

当建筑物地基为软弱黏性土时,在强烈地震作用下,由于土质强度降低,基础底部软土侧向挤出,会产生严重的震沉。如唐山矿冶学院图书馆书库,在1976年7月唐山地震时,震沉一层楼,室外地面与二层楼地板相近,如图1.7所示。



图 1.5 香港宝城大厦倒塌



图 1.6 日本新潟 1964 年震害

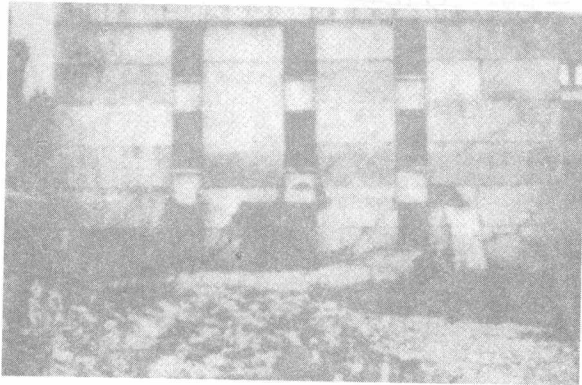


图 1.7 唐山矿业学院书库震沉