
全国高等教育自学考试指导委员会
高等教育自学考试教材

土力学及地基基础

主编 吴湘兴

武汉大学出版社

全国高等教育自学考试教材

土力学及地基基础

吴湘兴 主编

武汉大学出版社

全国高等教育自学考试教材

土力学及地基基础

吴湘兴 主编

*

武汉大学出版社出版发行

(430072 武昌 珞珈山)

武汉大学印刷厂印刷

*

787×1092毫米 1/16 26印张 605千字
1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数：1—10350

ISBN 7—307—01067—4/TU·5

定价：12.00元

内 容 简 介

全书包括：地基岩土与地下水、地基中的应力、地基的变形、土的抗剪强度、土体极限平衡、工程地质勘察、浅基础、桩基础、软弱地基处理和特殊性土地基共十章，力求运用土力学基本原理和工程地质基本知识，结合工程实践，以讨论各类岩土地基和浅基础、桩基础的设计与施工问题。本书由浅入深，概念清楚，层次分明，重点突出，理论联系实际，例题、思考题和习题有示范性或典型性，难度得当，便于自学，可适合建筑工程技术人员和学生的需要。

本书根据课程自学考试大纲和编者长期从事高等学校工业与民用建筑（建筑工程）专业各种学制和学生程度的教学经验编写而成，除作为自学教材外，也可供高等学校有关专业师生使用和参考。

出版前言

高等教育自学考试教材建设是高等教育自学考试工作的一项基本建设。经国家教育委员会同意，我们拟有计划、有步骤地组织编写一些高等教育自学考试教材，以满足社会自学和适应考试的需要。《土力学及地基基础》是为高等教育自学考试工业与民用建筑专业组编的一套教材中的一种。这本教材根据专业考试计划，从造就和选拔人才的需要出发，按照全国颁布的《土力学及地基基础自学考试大纲》的要求，结合自学考试的特点，组织高等院校一些专家学者集体编写而成的。

工业与民用建筑工程专业《土力学及地基基础》自学考试教材，是供个人自学、社会助学和国家考试使用的。无疑也适用于其他相同专业方面的学习需要。现经审定同意予以出版发行。我们相信，随着高教自学考试教材的陆续出版，必将对我国高等教育事业的发展，保证自学考试的质量起到积极的促进作用。

编写高等教育自学考试教材是一种新的尝试，希望得到社会各方面的关怀和支持，使它在使用中不断提高和日臻完善。

全国高等教育自学考试指导委员会

一九九〇年四月

编 者 的 话

本教材是根据全国自学考试指导委员会1985年10月颁发的《土力学及地基基础》自学考试大纲编写的。为了加强教材的系统性和实用性，在原大纲的基础上，对章节编排和一些内容作了调整。凡超出原大纲要求的内容（全书共五节），在节名之后加上“※”，表示该节不列入考试命题范围。

为了适应自学者具体情况，体现教材的自学特点，本书在编写过程中，采取了如下一些措施。

(1)加强对重要的概念、原理和工程实用计算方法的介绍，适当补充一些目前工程实践需要的重要内容。

(2)反映国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ83—85)及《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)等有关规定。

(3)学习本课程时，读者事先应掌握某些先修课程。本教材将加强与有关课程的联系和衔接，不嫌重复，以便从先修课程（包括高中课程）出发，由浅入深。

(4)每章开头都有“提示”。提示中扼要提出该章将要讨论的问题，指明该章自学考试的重点和要求。必要时，在该章的第一节“概述”中，对某些比较重要的问题再作进一步的说明。学习时宜按提示要求，先通读一遍（遇到困难时暂不深究），然后分别对各节进行细读和一般性了解，以掌握要领。在读完全章（或全书）之后，原来感到困难的地方，可能便理解了。

(5)结合课程内容介绍工程实例或在有关内容中反映工程实践经验。

(6)编写比较详细而又具有示范性或典型性的例题，帮助读者掌握基本原理和计算方法。

(7)每章后面附有思考题和习题。大部分习题附上答案（属于设计等没有唯一解答者例外）。思考题和习题中，除有说明外，凡属该节重点内容的为必做题，其余可按自学时间的多少选做。答案只供读者核对时参考，解答思考题和习题时应把注意力放在学会运用课程内容方面。

(8)本书各章之后没有编写“小结”。建议读者在读完课文和完成作业之后，根据提示的要求和学习心得自行小结，写出要点。这样，经过自己的思考，收获定会大一些。

地基基础问题往往带有普遍性和特殊性（如地区性）。读者在学习过程中应尽可能了解并结合本省的具体情况。建议各省主考单位组织命题时，对于本省不存在或少遇到的地基基础问题不必列入考试范围。

限于编者的水平，本书错误和欠妥之处在所难免，敬请多加指正。

目 录

绪论	1
一、地基与基础的概念	1
二、本课程的内容和特点	3
三、解决地基基础问题的途径	4
第一章 地基岩土与地下水	6
第一节 岩石的类型和特征	6
一、主要造岩矿物	6
二、岩石的成因类型和主要特征	8
三、岩石的工程分类	11
第二节 土的成因类型	13
一、残积物、坡积物和洪积物	13
二、冲积物	15
第三节 土的组成	16
一、土的固体颗粒	17
二、土中的水和气体	20
三、土的结构和构造	21
第四节 土的三相比例指标	22
一、指标的定义	22
二、指标的换算	25
第五节 无粘性土的密实度	28
第六节 粘性土的物理特征	29
一、界限含水量	29
二、塑性指数和液性指数	31
三、粘性土的灵敏度	32
第七节 土的工程分类	33
一、碎石土	33
二、砂土	34
三、粉土	34
四、粘性土	34
五、特殊性土	35
第八节 地下水	35
一、地下水的埋藏条件	36
二、土的透水性	36

三、动水力和流砂现象·····	38
四、地下水的侵蚀性·····	39
第九节 地质构造 *·····	40
一、褶皱构造·····	40
二、断裂构造·····	41
三、工程建设与地质构造的关系·····	41
第二章 地基中的应力 ·····	45
第一节 土的自重应力·····	46
一、均质土层的自重应力·····	46
二、成层土中的自重应力·····	47
三、有地下水和不透水层存在时的自重应力计算·····	47
第二节 基底压力·····	49
一、基底压力的分布·····	49
二、基底压力的简化计算·····	50
三、基底附加压力·····	52
第三节 地基附加应力·····	53
一、竖向集中荷载作用·····	53
二、等代荷载法·····	55
三、矩形面积上均布荷载作用·····	57
四、矩形面积上三角形分布荷载作用·····	64
五、圆形面积上均布荷载作用·····	67
六、线荷载及条形均布荷载作用·····	69
七、地基的非均质性对附加应力的影响·····	74
第四节 有效应力原理 *·····	75
第三章 地基土的变形 ·····	80
第一节 土的压缩性·····	80
一、基本概念·····	80
二、压缩曲线和压缩性指标·····	80
第二节 基础最终沉降量计算·····	86
一、分层总和法·····	86
二、《建筑地基基础设计规范》方法·····	87
三、计算基础沉降的弹性力学公式·····	104
第三节 地基变形与时间的关系·····	106
一、饱和粘土的渗透固结·····	107
二、太沙基一维固结理论·····	107
三、关于基础沉降计算的讨论·····	113
第四节 考虑应力历史的固结沉降计算·····	114
一、土的压密过程·····	114

二、前期固结压力·····	115
三、现场原始压缩曲线·····	116
四、地基固结沉降计算·····	117
第四章 土的抗剪强度·····	122
第一节 概述·····	122
第二节 抗剪强度的库伦定律·····	123
第三节 土的强度理论与极限平衡条件·····	124
一、土中一点的应力状态·····	125
二、土的极限平衡条件·····	126
第四节 抗剪强度指标的测定·····	130
一、直接剪切试验·····	130
二、三轴剪切试验·····	131
三、无侧限压缩试验·····	132
四、十字板剪切试验·····	133
第五节 总应力法和有效应力法·····	134
第六节 无粘性土的抗剪强度·····	135
第七节 饱和粘土的抗剪强度·····	136
一、不固结不排水剪·····	136
二、固结不排水剪·····	137
三、固结排水剪·····	138
第五章 土体极限平衡·····	141
第一节 概述·····	141
第二节 土坡的稳定分析·····	143
一、粘性土坡稳定分析的条分法·····	144
二、无粘性土坡的稳定分析·····	147
第三节 挡土墙上的土压力·····	148
第四节 朗金土压力理论·····	150
一、主动土压力·····	151
二、被动土压力·····	152
三、几种常见情况的土压力计算·····	154
第五节 库伦土压力理论·····	157
一、主动土压力·····	157
二、被动土压力·····	158
第六节 楔体试算法·····	165
第七节 挡土墙设计·····	166
一、挡土墙的类型·····	166
二、重力式挡土墙的构造·····	167

三、挡土墙的稳定验算	168
四、挡土墙的基底压力验算	170
五、挡土墙的墙身强度验算	170
第八节 地基临塑荷载和界限荷载	173
一、地基的变形阶段及破坏型式	173
二、按塑性变形区开展深度确定地基承载力	175
第九节 地基的极限承载力	178
一、普朗德理论解	179
二、魏西克公式	180
三、太沙基公式	182
四、斯肯普顿公式	183
五、安全系数的选择	185
第六章 工程地质勘察	188
第一节 概述	188
第二节 工程地质勘察的任务和内容	190
一、选址勘察	190
二、初步勘察	190
三、详细勘察	190
四、勘察任务书	191
第三节 工程地质勘察方法	192
一、测绘与调查	192
二、勘探方法	192
三、测试	197
第四节 土的野外鉴别与描述	198
一、土的野外鉴别	198
二、土的描述	200
第五节 工程地质勘察报告	201
一、勘察报告书的编制	201
二、勘察报告实例	203
三、勘察报告的阅读与使用	206
第七章 浅基础	209
第一节 概述	209
一、浅基础设计的内容	210
二、基础设计方法	210
三、对地基计算的要求	211
第二节 浅基础分类	211
一、按基础材料分类	211

二、按结构型式分类	213
第三节 基础埋置深度的选择	215
一、结构构造要求及荷载条件	215
二、土层的性质和分布	216
三、地下水条件	217
四、土的冻胀影响	218
第四节 地基承载力的确定	220
一、按土的抗剪强度指标计算	220
二、根据试验资料确定	221
三、按建筑经验确定	229
四、各级建筑物确定地基承载力的方法	229
第五节 基础底面尺寸的确定	229
一、按持力层地基承载力计算	229
二、软弱下卧层验算	234
第六节 地基变形与稳定性验算	236
一、地基的变形验算	236
二、地基的稳定性验算	240
第七节 刚性基础设计	241
第八节 墙下钢筋混凝土条形基础设计	243
一、构造要求	243
二、轴心荷载作用	243
三、偏心荷载作用	244
第九节 柱下钢筋混凝土单独基础设计	246
一、构造要求	246
二、轴心荷载作用	248
三、偏心荷载作用	251
第十节 二柱联合基础设计	255
第十一节 建筑物的设计措施和基础施工时验槽	263
一、建筑措施	263
二、结构措施	266
三、基础施工时验槽	267
第十二节 柱下条形基础设计	268
一、构造要求	268
二、内力的简化计算	269
三、文克勒地基上基础梁的分析	273
四、地基土、基础梁和框架结构相互作用简介	277
第十三节 交梁基础	279
第十四节 筏板基础与箱形基础	280
一、筏板基础	280
二、箱形基础	283

第十五节 基础工程施工中的几个重要问题 *	286
一、深基坑开挖	286
二、混凝土工程	290
第八章 桩基础	294
第一节 概述	294
第二节 桩的分类与质量检验	295
一、预制桩与灌注桩	295
二、按设置效应分类	300
三、灌注桩的质量检验	300
第三节 单桩轴向荷载的传递	301
一、端承桩与摩擦桩	301
二、轴向荷载下单桩的性状	301
三、桩侧摩阻力的分布	303
四、桩侧负摩阻力	304
第四节 单桩轴向承载力的确定	306
一、静载荷试验	307
二、按土的抗剪强度指标计算	309
三、我国规范的经验公式	311
四、动力打桩公式	315
第五节 群桩的竖向承载力	316
一、粘土中的群桩	316
二、砂土中的群桩	317
三、规范的经验方法	317
第六节 桩基础设计	319
一、设计的内容和步骤	319
二、桩的类型和桩长的选择	320
三、桩的根数和布置	321
四、桩基中各桩的荷载验算	323
五、桩身结构设计	324
六、承台设计	326
第七节 地下连续墙 *	332
一、施工工艺简介	333
二、结构设计要点	335
第八节 沉井基础 *	336
第九章 软弱地基处理	338
第一节 软弱地基的工程特性	338
一、软土的特性	338
二、杂填土的特性	341

三、冲填土的特性	341
四、松散砂土的特性	341
第二节 地基处理方法的分类	342
第三节 换土垫层	343
一、换土垫层的作用	343
二、砂垫层的设计	344
三、砂垫层的施工要点	344
四、其它垫层	346
第四节 挤密桩与振冲法	348
一、挤密砂桩	348
二、生石灰桩	350
三、振冲法	351
四、复合地基的计算	352
第五节 碾压与夯实	354
一、机械碾压	354
二、振动压实	356
三、重锤夯实	356
四、强夯法	356
第六节 排水固结	361
一、砂井堆载预压	361
二、真空预压	362
第七节 浆液加固	363
一、灌浆法	364
二、旋喷法	364
三、深层搅拌法	365
第十章 特殊性土地基	368
第一节 岩石地基与岩土地基	368
一、岩石地基	368
二、岩土地基	370
第二节 红粘土和岩溶地基	371
一、红粘土的特征与评价	371
二、岩溶和土洞处理	372
第三节 黄土地基	374
一、湿陷性黄土的基本特征	374
二、黄土湿陷性的评定	376
三、湿陷性黄土地基的勘察和工程措施	379
第四节 膨胀土地基	383
一、膨胀土的特征	383
二、膨胀土地基的评价	386

三、膨胀土地基的设计、施工及维护.....	389
第五节 季节性冻土地基的工程措施.....	395
一、设计措施.....	395
二、施工措施.....	396
三、使用期间的措施.....	396
参考文献	398
后记	399

本书在“编者的话”中已指出：凡节名之后加上*号者，该节不列入自学考试命题范围。

绪 论

提示：绪论从地基基础的概念出发，介绍本书将要讨论的主要内容，以便对本书有一个初步的了解。读者可结合这里谈到的工程实例和本地区的实际情况，认识土力学及地基基础课程的重要性。通过对解决地基基础问题途径的讨论，希望从中得到启发，找出较好的学习方法。

绪论的重点是地基基础的概念。

对初次出现的一些专业术语或概念，今后各章将陆续介绍。一时不能理解的，可不必费时钻研。

一、地基与基础的概念

任何建筑物（包括构筑物）都建造在地层上。建筑物在地面以下并且与地接触的尺寸较大的构件或结构，就是建筑物的基础（见图0-1）。基础的上方建造上部结构。基础底面至地面的竖直距离，称为基础的埋置深度。建筑物的全部荷载，都由基础下面的地层来承担。受到基础荷载影响的那部分地层，称为地基。对于埋置深度和平面尺寸不大的基础，受到影响的地层，其深度大约相当于几倍基础底面的宽度。

基础的作用是将建筑物的全部荷载传递给地基；地基的作用是承受建筑物基础传来的荷载。地基基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

建造基础的材料，可由设计人员选择，例如灰土、砖石砌体、混凝土和钢筋混凝土等。

地基是地层的一部分。地层包括岩层和土层，它们都是自然界的产物。岩石可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。土是岩石经风化等作用而形成的，其颗粒有的粗大，有的极细小。土可分为粘性土、粉土、砂土和碎石土等。作为建筑物地基的土和岩石，它的形成过程、物质成份和工程性质非常复杂。一旦拟建场地确定，人们对其地质条件，便没有选择的余地。人们只能是尽可能对它了解清楚，加以合理的利用或处理。

和上部结构相同，基础应有足够的强度、刚度和耐久性。基础的材料、类型、埋置深度、底面尺寸和截面需要进行选择和计算。

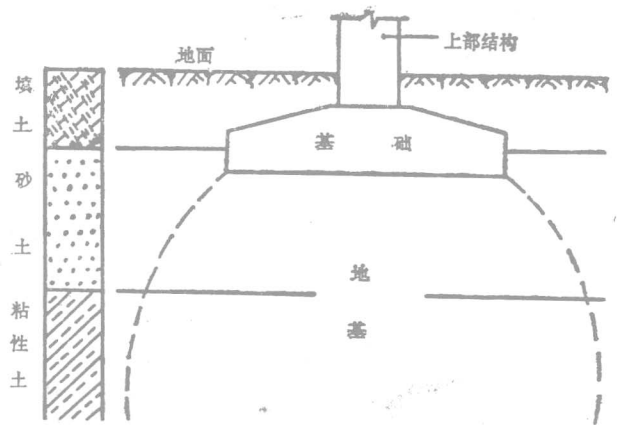


图0-1 地基及基础示意

为了保证安全，地基必须满足下列二方面的要求：

(1)地基的土(岩)体必须稳定，且具有一定的承载力。在建筑物使用期间，不会发生开裂、滑动和塌陷等有害的现象；要求作用于地基的荷载不超过地基的承载能力，保证地基不发生整体强度破坏。

(2)地基的变形(沉降和不均匀沉降)不超过建筑物的容许变形值，保证建筑物不因地基变形而发生开裂、损坏或者影响正常使用。

基础可分为二类。通常把埋置深度不大(小于或相当于基础底面宽度，一般可认为小于5m)的基础称为浅基础。例如柱下的单独基础、墙下的条形基础、…和箱形基础。而对于浅层土质不良，需要利用深处良好地层的承载能力，采用专门的施工方法和机具建造的基础，称为深基础。例如桩基础、墩基础、沉井和地下连续墙等。

对于那些开挖基坑后可以直接修筑基础的地基，称为天然地基。那些不能满足要求而需事先进行人工处理的地基，称为人工地基。人工地基的处理方法有换土垫层、碾压夯(振)实、土桩挤密、振动水冲、排水固结和浆液加固等。

基础的设计和施工，不仅要考虑上部结构的具体情况和要求，也要注意地层的具体条件。基础和地基互相关联，不能忽视地基情况孤立考虑基础的设计与施工。各地大量的地基基础工程，积累了许多成功的经验。有的地区也出现过一些问题。例如广东省海康县大旅店。其建筑面积为4190m²，七层钢筋混凝土框架，采用天然地基上柱下单独基础。设计前曾做过简易勘探，但对地基软弱土层情况不重视。做完基础后沉降15mm，以后下沉增加，上部结构出现不少裂缝。接着不均匀沉降愈来愈烈，建筑物中段沉降达417mm。这些情况并未引起足够重视，加之上部结构设计中存在问题，因而在竣工前(1982年5月3日)顷刻倒塌(图0-2)，南面二层楼均陷入地下。损失60万元，死亡四人，重伤一人。事后经检查和分析，建筑物倒塌的根本原因是基础底面的实际平均压力，大大超过软弱地基的极限承载力。这个例子充分说明地基基础问题的重要性。



图0-2 海康大旅店倒塌后的现场

二、本课程的内容和特点

在讨论本课程的内容和特点之前，有必要简单介绍“岩土工程”的涵义。

在现代土木工程的实践中，自成体系地形成了一门新学科——岩土工程。岩土工程是根据工程地质学、岩体力学和土力学的理论、观点和方法，为了解决土木工程的工业与民用结构、水利、交通运输系统的固定结构、环境保护与卫生等工程项目中关于岩、土体的利用、整治或改造，并为工程建设项目的实现服务的系统性科学技术。因此，从事于岩土工程的技术人员来自各个专业。对于重大工程，需要由总工程师领导（或系统工程师协调）各专业工程师的工作。

由此看来，本专业所设置的“土力学及地基基础”课程的内容从属于岩土工程。在岩土工程中，工业与民用建筑所涉及的范围，大量的的是与土体的利用和处理有关的地基基础设计与施工问题。而这些问题的解决是以土力学（在本书第一章若干节和第二至五节中讨论）为理论基础，并以工程地质勘察（本书第六章及前几章）为依据的。

地基岩、土体的成因、结构构造、物质成份取决于各种地质作用，因而具有不同的种类和复杂的性质，而且容易受到自然环境（温度、湿度和地下水等）变化的影响。不同地区的地层固然千变万化，同一地区的地层也常有重大的差别，几乎每一个场地都有不同之处。因此，对于拟建场地，必须从工程的角度出发，进行地质方面的调查研究，进行土质和力学方面的试验，作出评价。无疑这些工作是很重要的。但是，限于专业分工和教材篇幅等原因，我们只能介绍一些工程地质学的基本知识。

在许多情况下，地基由土层组成。基础所传递的荷载，引起土层原来应力状态的改变。因此必须研究土的应力、变形、强度和稳定性，这些就是土力学的基本任务。土力学是分析和解决地基基础问题的理论基础。

研究拟建场地的工程地质条件和土力学问题，都需要了解土的特点。

土中的固体矿物颗粒，形成土的骨架。颗粒之间的空间为孔隙。孔隙是连通的，其中存在液体（主要是水）和气体。因此，土是由固体颗粒、孔隙液体和气体所组成的多相（三种物态）物质。与其它材料相比，土具有如下特点：

（1）土的固体颗粒之间没有联接，或者联结强度甚弱（其联结强度比颗粒内部的强度小得多）。

（2）固体颗粒表面与土体中液体之间存在复杂的化学作用，并影响土的性质。

（3）砂土等粗粒土和粘土等细粒土的透水性差别甚大。

（4）在饱和土（土中孔隙全被液体充满）中，外荷载产生的应力分别由土粒骨架和孔隙水承担。

（5）土体受到荷载的作用而产生变形，其变形主要表现为颗粒之间的相对移动和重新排列。大多数土的变形量比其它材料大。

（6）饱和粘土的强度和变形与排水条件和时间因素有关。

由于存在这些特点，土的工程问题常较复杂。

建筑物基础埋在地下，属于隐蔽工程。它的勘察、设计和施工的质量，直接影响建筑物的安危，值得人们重视。