

普通高等教育规划教材

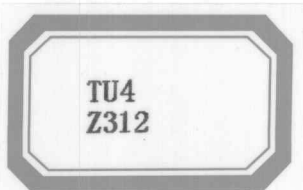
土力学与地基基础

TULIXUE YU DIJI JICHU

赵明阶 主编



人民交通出版社
China Communications Press



普通高等教育规划教材

54

Tulixue yu Diji Jichu

土力学与地基基础

赵明阶 主 编

TU4

Z312

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了土力学与地基基础的基本原理和分析计算方法,内容包括绪论、土的物理性质及工程分类、土中水的渗透规律、地基土中的应力计算、土的变形特性与地基沉降计算、土的抗剪强度理论、土压力计算理论、土坡稳定性分析与计算、地基承载力及其确定、天然地基上的浅基础设计、桩基础的设计与计算、沉井基础的设计与计算、地基处理与加固设计以及土动力学与地基基础抗震设计简介共 14 章,每章均附有例题以及思考题和习题。

本书主要作为高等学校土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业、港口航道与海岸工程专业、水利水电工程专业本科教材,也可供其他专业师生及技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础/赵明阶主编. —北京:人民交通出版社,2010. 1

ISBN 978 - 7 - 114 - 08074 - 6

I. 土… II. 赵… III. ①土力学 ②地基-基础(工程)
IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 014201 号

普通高等教育规划教材

书 名: 土力学与地基基础

著 者: 赵明阶

责任编辑: 曾 嘉

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 26.5

字 数: 670 千

版 次: 2010 年 1 月第 1 版

印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 08074 - 6

印 数: 0001 - 4000 册

定 价: 48.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

“土力学与地基基础”是高等院校土木工程有关专业的一门重要课程,同时它又是一门理论性和实践性都很强的课程。近年来,随着科学技术的发展和高等教育教学改革不断深化,一方面相关国家标准和行业规范不断更新,许多先进技术被引入到工程设计与计算中;另一方面先进的教学手段促使相关紧密的课程实现整合,在交通类土木工程专业中,原“土质学与土力学”和“基础工程”两门课程已经被整合为“土力学及地基基础”一门课程。为了适应当前形势下的高等教育本科教学的要求,我们编写了这本“土力学及地基基础”本科教材。

本教材主要按照土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业、港口航道与海岸工程专业、水利水电工程专业的教学大纲编写,学时数在 80 学时(不含课程设计)左右,对于其他专业的“土力学与地基基础”课程在使用本教材时可适当删减部分内容。为了使本教材能更好地满足本科学生的教学要求,本教材在编写过程中,除紧密结合现行规范、引入大量工程实例、计算例和最新技术外,还吸收了近年来部分院校《土力学地基基础》教材的优点,并参考了国内外近年来出版的比较成熟的教科书及有关文献资料和工程资料。同时在文字表述方面将力求简明扼要、深入浅出,既便于教学,又便于自学。

本书由重庆交通大学赵明阶教授担任主编,参加编写的有叶四桥、翁其能、林军志、唐芬、祝晓寅、吴文雪、李洁和徐容。各章节编写的分工为:赵明阶编写第一、二、十四章(其中第四节、第五节和第八节由徐容编写),叶四桥编写第三、八章,李洁编写第四章,翁其能编写第五章,吴文雪编写第六、十三章,唐芬编写第九、十章,林军志编写第七、十二章,祝晓寅编写第十一章。全书由赵明阶教授统稿。

限于编者的水平,书中缺点和谬误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 土力学、地基及基础的概念	1
第二节 典型地基基础工程破坏事例	3
第三节 学科的发展简史及现状	5
第四节 本课程主要内容和学习要求	6
思考题	8
第二章 土的物理性质及工程分类	9
第一节 土的生成与特性	9
第二节 土的三相组成	14
第三节 土的物理性质指标	19
第四节 土的物理状态指标	25
第五节 地基土的工程分类	30
思考题	40
习题	40
第三章 土中水的渗透规律	41
第一节 概述	41
第二节 Darcy 定律	42
第三节 渗透系数的测定	45
第四节 成层土的渗透系数	47
第五节 影响土的渗透性的因素	48
第六节 渗透作用对土的影响	50
第七节 土的毛细性	52
思考题	56
习题	56
第四章 地基土中的应力计算	58
第一节 概述	58
第二节 自重应力的计算	60
第三节 基底压力和基底附加压力计算	62
第四节 地基附加应力的计算	65
第五节 影响土中附加应力分布的因素	84
第六节 有效应力原理	85
思考题	87
习题	87

第五章 土的变形特性与地基沉降计算	89
第一节 概述	89
第二节 土的压缩性	89
第三节 地基的最终沉降量计算	93
第四节 应力历史对地基沉降的影响	104
第五节 饱和土体渗流固结理论	110
第六节 建筑物沉降变形观测与分析	119
思考题	122
习题	122
第六章 土的抗剪强度理论	124
第一节 概述	124
第二节 土的抗剪强度理论	125
第三节 土的抗剪强度指标的测定	130
第四节 土的强度特性	139
思考题	146
习题	147
第七章 土压力计算理论	148
第一节 概述	148
第二节 静止土压力	150
第三节 朗肯土压力理论	153
第四节 库仑土压力理论	158
第五节 特殊情况下的土压力计算	166
思考题	176
习题	177
第八章 土坡稳定性分析与计算	178
第一节 概述	178
第二节 无黏性土坡的稳定分析	179
第三节 黏性土坡的稳定分析	180
第四节 饱和黏性土土坡稳定性分析的讨论	192
思考题	195
习题	195
第九章 地基承载力及其确定	197
第一节 概述	197
第二节 临塑荷载和塑性荷载	200
第三节 地基的极限承载力	203
第四节 地基容许承载力	210
思考题	212
习题	212
第十章 天然地基上的浅基础设计	213
第一节 概述	213

第二节	浅基础的类型与构造	219
第三节	刚性扩大基础的设计与计算	223
第四节	刚性扩大基础计算算例	231
思考题		236
习题		236
第十一章	桩基础的设计与计算	237
第一节	概述	237
第二节	桩和桩基础的类型与构造	238
第三节	桩的承载力	245
第四节	桩的内力与位移计算	255
第五节	群桩基础竖向分析及承载力	279
第六节	承台的计算	282
第七节	桩基础的设计	287
思考题		291
习题		291
第十二章	沉井基础的设计与计算	293
第一节	概述	293
第二节	沉井的类型与构造	295
第三节	沉井的设计与计算	300
第四节	圆端形沉井计算算例	318
思考题		326
习题		326
第十三章	地基处理与加固设计	327
第一节	概述	327
第二节	碾压法与夯实法	331
第三节	强夯法	333
第四节	换土垫层法	337
第五节	振密、挤密法	340
第六节	排水固结法	347
第七节	化学加固法	354
第八节	土工合成材料	360
第九节	复合地基理论	362
思考题		365
习题		366
第十四章	土动力学与地基基础抗震设计简介	367
第一节	概述	367
第二节	土的动力特性	367
第三节	土的液化特性	372
第四节	地震与震害	375
第五节	建筑地基基础抗震设防标准和目标	381

第六节 砂性土地基液化判别·····	382
第七节 砂性土地基液化程度等级划分·····	388
第八节 地基基础抗震设计·····	390
思考题·····	394
附录 桩基础设计计算系数表·····	395
参考文献·····	413

第一章 绪 论

教学内容:土力学、地基及基础概念,典型地基基础工程破坏事例,土力学地基基础学科的发展简史及现状,土力学地基基础课程内容及学习要求。

教学要求:掌握土力学、地基及基础的概念,掌握地基基础的分类;了解地基基础与上部结构的共同作用、土力学地基基础学科的发展简史及现状。

教学重点:土力学、地基及基础的概念。

第一节 土力学、地基及基础的概念

一、什么是土力学

土是地壳表层岩体经强烈风化(包括物理、化学及生物风化作用)、搬运、沉积等地质作用而形成的产物,它是各种矿物颗粒的集合体,颗粒间的联结强度远比颗粒本身小。一般情况下,颗粒间有空隙,空隙中有水和气体。因此,土是一种由矿物颗粒、液体水和空气组成的孔隙松散介质体。

由于人类活动大多在地球表层,故土与工程建设有着密切的关系。在土木工程中遇到的各种与土有关的问题,归纳起来可以分为三类:

- (1)作为建筑物的地基,如修建房屋、桥梁、道路、水工结构等时,可用土作为地基;
- (2)作为建筑材料,如可用土来填筑路基、堤坝以及其他土工构筑物;
- (3)作为建筑物周围介质或环境,如在修建运河、渠道、隧道、挡土墙、地下建筑、地下管线等构筑物时,土可被用来作建筑物的周围介质或保护层。

由于土是孔隙松散介质体,具有可压缩性大、强度低等特性,因此不管哪一类情况,研究弄清土的这些力学性质对于保证建筑物的安全运行是非常重要的,直接关系到工程的经济合理和安全使用。

土力学是利用力学知识和土工实验技术来研究土的特性及其受力后强度和体积变化规律的一门学科。换句话讲,它是以力学为基础,研究土的渗流、变形和强度特性,并据此进行土体的变形和稳定性计算的学科。一般认为土力学是力学的一个分支,但是由于土力学的研究对象——土,是由矿物颗粒组成的松散体,具有特殊的力学特性,与一般的弹性体、塑性体、弹塑性体、流体有较大区别,因此在把一般连续介质力学的规律运用到土力学时,还要结合土体本身的特殊性,运用专门的土工实验技术来研究土的物理特性,以及土的强度、变形和渗透等特殊的力学特性。在与生产实践的结合过程中,土力学又产生了不同

的分支学科,如冻土力学、海洋土力学、环境土力学、土动力学、月球土力学等,对区域性土和特殊类土(例如湿陷性黄土、红黏土、胀缩土、软土、盐碱土、污染土、工业废料等)的研究也不断深入。

土力学是学习基础工程、地基处理等课程的理论基础,是为地基基础工程的实践服务的。土木工程的发展对土力学不断提出新的要求,并促使理论的发展和完善,研究方法和手段更精确先进,而土木工程实践又是检验这些理论方法正确性的唯一标准。

二、地基与基础的概念

地基与基础(如图 1-1)是两个不同的概念。所谓地基是指承受建筑物荷载的地层,建筑物的全部荷载都得由它下面的地层来承担,我们通常把受建筑物影响的那一部分地层称为地基。因此,地基并不仅仅是与建筑物基础接触的那部分地层,它应当包括建筑物基础底面以下所有受建筑物荷载影响的地层。

根据地质情况不同地基可分为土质地基和岩石地基,土质地基是指由土体构成的地基;岩石地基是指由岩石构成的地基。

岩石地基一般具有较高的承载力,通常情况下不需要进行人工处理就可直接作为建筑物地基使用;而土质地基则要根据土层物理力学特性和建筑物荷载大小确定是否可直接作为建筑物地基使用。

按照设计施工情况不同地基也可分为天然地基和人工地基。所谓天然地基是指不需进行人工处理就能满足建筑物使用要求的地基,如岩石地基、密实砂卵石层等。人工地基是指地层物理力学特性不能满足建筑物使用要求,需要通过人工加固(如换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固及土工聚合物加筋等)后才能使用的地基。

基础是指建筑物最底层的一部分,由砖石、混凝土或钢筋混凝土等建筑材料建造。基础的作用是将上部结构荷载扩散,并以较小的应力强度传给地基,其本身并不直接承担荷载。基础的结构形式很多,通常把埋置深度不大,只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可建造起来的基础统称为浅基础,如扩大基础、独立基础等;对于浅层土质不良,需要把基础埋置于地下深处的良好地层时,就要借助于特殊的施工技术,建造各种类型的深基础,如桩基础、沉井基础、地下连续墙等。

地基与基础是建筑物的根基,又属于地下隐蔽工程,其勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安全。实践表明,在各类建筑工程事故中,地基基础事故居首位,而且一旦发生地基基础事故,补救非常困难。例如,苏州名胜虎丘塔向东北方向严重倾斜,造成塔身砖体开裂,从事故原因分析和加固方案研究到分期施工处理,前后花了七八年时间。

为了确保建筑物的安全和使用,在地基与基础设计中必须同时满足以下两个技术条件:

(1)地基的强度条件:要求建筑物地基保持稳定性,不发生滑动破坏,必须有一定的地基强度安全系数。

(2)地基的变形条件:要求建筑物地基的变形不能大于地基变形允许值。例如,中压缩性

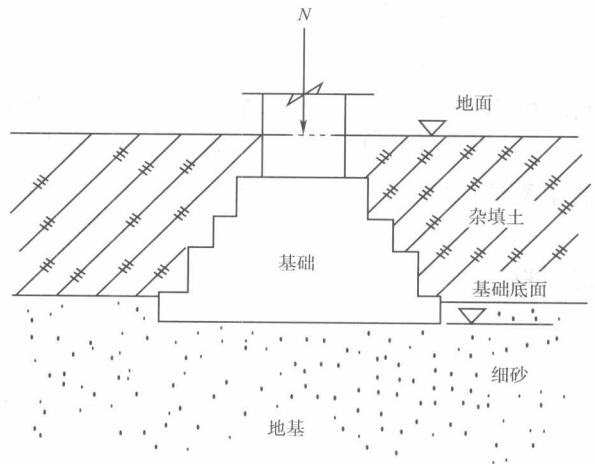


图 1-1 地基与基础

土地基上 100m 高的烟囱基础的沉降量不得超过 200mm,基础的倾斜不得超过 0.005。又如高压缩性地基上框架结构相邻柱基的沉降差,不得超过 $0.003L$ (L 为相邻柱基的中心距,单位是 mm)。

三、地基、基础与上部结构的共同作用

建筑物的地基、基础和上部结构三个部分,虽然各自功能不同、研究方法各异,然而对于一个建筑物来说,在荷载作用下,这三方面却是彼此联系、相互制约的整体。地基的任何变形必定引起基础和上部结构的变形;不同类型的基础也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和地基的强度、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,不大的基础沉降差就能引起上部结构产生较大的内力。同时,恰当的上部结构形式也具有调整地基基础受力条件和改善位移情况的能力。因此在处理地基基础问题时,应该考虑上部结构特性和要求,设计上部结构时也应充分考虑地基的特点,把地基基础和上部结构看作一个整体,考虑其整体作用和各组成部分的共同作用,全面分析结构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、变形和稳定性与现场条件、施工条件紧密地结合起来,全面分析,综合考虑。

第二节 典型地基基础工程破坏事例

一、建筑物倾斜——意大利比萨斜塔

意大利比萨斜塔(如图 1-2)是举世闻名的建筑物倾斜的典型事例。该塔自 1173 年 9 月 8 日动工,至 1178 年建至第 4 层中部,高度约 29m 时,因塔身明显倾斜而停工。94 年后,于 1272 年复工,经 6 年时间建完第 7 层,高度为 48m,并再次停工。中断 82 年后,于 1360 年再次复工,至 1370 年竣工。全塔共 8 层,高度为 55m。

比萨斜塔塔身呈圆筒形,1~6 层由优质大理石砌成,顶部 7~8 层采用砖和轻石料。塔身每层都有精美的圆柱与花纹图案,是一座宏伟而精致的艺术品。全塔总荷重约 145MN,基础底面平均压力约 50kPa。地基持力层为粉砂,下面为粉土和黏土层。塔曾向南倾斜,南北两端沉降差 1.80m,塔顶偏离中心线已达 5.27m,倾斜 5.5° ,成为危险建筑。1990 年被封闭。

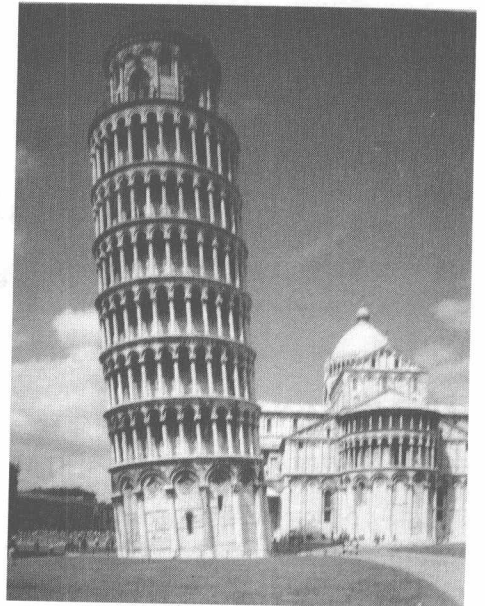


图 1-2 意大利比萨斜塔

二、建筑地基严重下沉——上海展览中心馆

上海展览中心馆(如图 1-3)原称上海工业展览馆,位于上海市区延安中路北侧。展览馆

中央大厅为框架结构,箱形基础;展览馆两翼采用条形基础。箱形基础为两层,埋深 7.27m。箱基顶面至中央大厅顶部塔尖,总高 96.63m。地基为高压缩性淤泥质软土。展览馆于 1954 年 5 月开工,当年年底实测地基平均沉降量为 60cm。1957 年 6 月,中央大厅四周的沉降量最大达 146.55cm,最小为 122.8cm。

1957 年 7 月,在仔细观察展览馆内严重的裂缝情况,分析沉降观测资料并研究展览馆勘察报告和设计图纸后,专家们作出展览馆将裂缝修补后可以继续使用的结论。

1979 年 9 月,展览馆中央大厅累计平均沉降量为 160cm。从 1957 年至 1979 年共 22 年的沉降量仅二十多厘米,不及 1954 年下半年沉降量的一半,说明沉降已趋向稳定,展览馆开放使用后情况良好。

三、建筑物地基滑动——加拿大特朗斯康谷仓

加拿大特朗斯康谷仓(如图 1-4)平面呈矩形,南北向长 59.44m,东西向宽 23.47m,高 31.00m,容积 36368m³。谷仓为圆筒仓,每排 13 个圆筒仓,5 排共计 65 个圆筒仓。谷仓基础为钢筋混凝土筏板基础,厚度 61cm,埋深 3.66m。

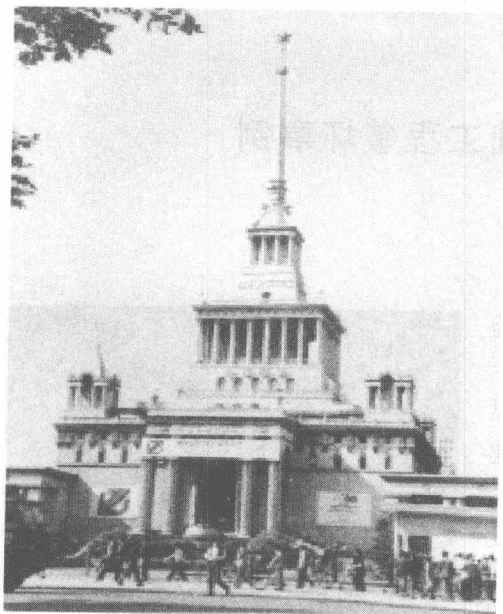


图 1-3 上海展览中心馆

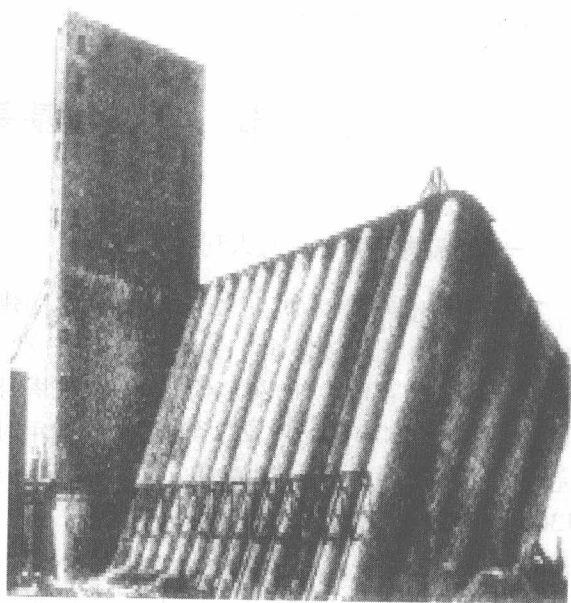


图 1-4 加拿大特朗斯康谷仓

谷仓于 1911 年动工,1913 年秋完工。谷仓自重 20000t,相当于装满谷物后满载总重量的 42.5%。1913 年 9 月装谷物,10 月 17 日当谷仓已装了 31822m³ 谷物时,发现 1 小时内竖向沉降达 30.5cm。结构物向西倾斜,并在 24 小时内倾倒,倾斜度达 26°53',谷仓西端下沉 7.32m,东端上抬 1.52m,上部钢筋混凝土筒仓坚如磐石。

谷仓地基土事先未进行调查,而是根据邻近结构物基槽开挖试验结果,计算得到地基承载力为 352kPa,并应用到此谷仓。1952 年经勘察试验与计算,谷仓地基实际承载力为 194~277kPa,远小于谷仓破坏时基底压力 329.4kPa,因此,谷仓地基因超载发生强度破坏而滑动。

四、建筑物地基液化失效——日本新泻地震

新泻市位于日本本州岛中部东京以北,西临日本海,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。新泻市机场建筑物振沉915mm,机场跑道严重破坏,无法使用。当地的货车和混凝土结构沉入土中。地下一座污水池浮出地面高达3m。高层公寓陷入土中并发生严重倾斜,无法居住。据统计,大地震共毁坏房屋2890幢,一些公寓楼因砂土地基液化在8min之内下沉倾斜,但其上部结构在震后保持完好(如图1-5)。

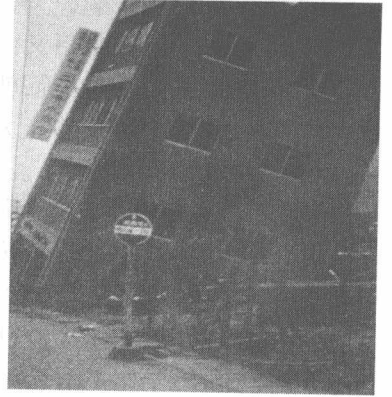


图1-5 日本新泻地震

第三节 学科的发展简史及现状

土力学是一门古老而又年轻的科学。为了生产的发展和生活的需要,人类很早就懂得利用地壳表层的风化产物——土,作为建筑物的地基和建筑材料。古代许多伟大的建筑,如公元前二世纪修建的万里长城,随后的南、北大运河,黄河大堤以及宏伟的宫殿、寺院、宝塔都有坚固的地基和基础,长时期经历地震、强风化的考验保存至今。隋朝所建赵州石拱桥把桥台砌筑在密实的粗砂层上,基底压力约为500~600kPa,至今沉降很小。公元989年建造开封开宝寺木塔时,预见到塔基会出现不均匀沉降,施工时特意做成斜塔,沉降稳定后塔身自动复正。世界上著名的建筑物如比萨斜塔、金字塔等的修建,也都说明了当时人们在工程实践中积累了丰富的有关土的知识 and 经验。但与其他科学一样,由于受到当时生产规模和科学水平的限制,人们对于土的特性的认识还停留在经验积累的感性认识阶段。

18世纪工业革命后,城市、道路、水利建设的发展提出了大量与土力学有关的问题,并取得不少成功的经验,特别是一些工程事故的教训,迫使人们在经验积累的基础上寻求理论解释。如17世纪末欧洲各国大修城堡推动了建筑学的发展,其中,城墙背后土压力问题引起了人们的关注。许多工程技术人员发表了计算土压力的公式,这为法国科学家库仑(Coulomb, 1773)提出著名的土压力理论公式和土的抗剪强度公式打下了基础。1856年法国工程师达西(Darcy)根据两种均匀砂土渗透试验的结果提出了渗透定律。1857年美国学者朗肯(Rankine)借助土的极限平衡分析建立了朗肯土压力理论,该理论与库仑土压力理论共同形成了古典土压力理论。1885年法国学者布辛奈斯克(Boussinesq)提出的表面竖向集中力在弹性半无限体内部应力和变形的理论解答,目前已经成为地基应力计算的主要方法。总之,欧洲工业革命开启了土力学的理论研究,这一时期人们对某些个别问题作了理论探讨,但都是局部性的单独突破,没有形成统一的理论和独立的学科。因此该时期属于经验积累基础上的理论提高阶段。

20世纪以来,随着生产建设深度和广度的不断增大,建筑物的规模更大,所遇到的工程地质条件更复杂,迫使人们对土的性质作全面、系统的理论和实践研究。特别是20世纪初出现的一些重大的工程事故,如德国的桩基码头大滑坡、瑞典的铁路塌方、美国的地基承载力问题等,进一步激发了土力学研究的热潮。不少国家纷纷成立专门的土工研究机构,对若干具有普遍性的事故做了重点调查勘探和试验,对土的性质、地基基础设计施工进行了深入的研究,发

表了许多有关的理论著作。普朗德尔(Prandtl, 1920)发表的地基滑动面的数学公式,彼德森(Peterson, 1915)提出,以后又由费伦纽斯(Fellenius, 1936)、泰勒(Taylor, 1937)等发展的计算边坡稳定性的圆弧滑动法等,就是这一时期的重要成果。尤其是美国土力学家太沙基(Terzaghi, 1925年)发表的第一本土力学著作《建立在土的物理学基础上的土力学》,标志着土力学作为一门独立的学科问世了。太沙基把当时零散的有关定律、原理、理论等按土的特性加以系统化,从而形成一门独立的学科。他指出土具有黏性、弹性和渗透性,按物理性质把土分成黏土和砂土,并探讨了它们的强度机理,提出了一维固结理论,建立了有效应力原理。有效应力原理真实地反映了土的力学性质的本质,使土力学确立了自己的特色,成为土力学学科的一个重要指导原理,极大地推动了土力学的发展。1932年前苏联学者崔托维奇出版的《普通土力学》教程,对土力学作了系统叙述。

自土力学成为一门独立学科以来,其发展大致可以分为两个阶段。第一阶段从20世纪20年代到60年代,称为古典土力学阶段。这一阶段的特点是在不同的课题中分别把土看作线弹性体或刚塑性体,又根据课题需要把土视为连续介质或分散体。这一阶段的土力学研究主要在太沙基理论上,形成以有效应力原理、渗透固结理论、极限平衡理论为基础的土力学理论体系,研究土的强度与变形特性,解决地基承载力和变形、挡土墙土压力、土坡稳定等与工程密切相关的土力学课题。这一阶段的重要成果有关于黏性土抗剪强度、饱和土性状、有效应力法和总应力法、软黏土性状、孔隙压力系数等方面的研究,以及钻探取不扰动土样、室内试验(尤其三轴试验)技术和一些原位测试技术的发展,对弹塑性力学的应用也有了一定认识。第二发展阶段从20世纪60年代开始,称为现代土力学阶段。其最重要的特点是把土的应力、应变、强度、稳定等受力变化过程统一用一个本构关系加以研究,改变了古典土力学中把各受力阶段人为割裂开来的情况,从而更符合土的真实性。这一阶段的出现依赖于数学、力学的发展和计算机技术的突飞猛进。较为著名的本构关系有邓肯的非线性弹性模型和剑桥大学的弹塑性模型。国内学者在这方面也做了不少工作,例如南京水利科学研究院提出的弹塑性模型。由于本构关系对计算参数的种类和精度要求更高,因此也推动了测试和取样技术的发展。虽然这种方法目前还未广泛在工程中应用,也无法替代简化的和经验的传统方法,但它代表土工研究的发展趋势,促使土力学研究发生重大变革,使土工设计和研究达到新的水平。

近年来,世界各国超高土石坝、超高层建筑与核电站等巨型工程的兴建,以及强烈地震的频发,促进了土力学的进一步发展。有关单位积极研究土的本构关系、土的弹塑性与黏弹性理论和土的动力特性。同时,各国研制成功多种多样的工程勘察、试验与地基处理的新设备,如自动记录静力触探仪、现场孔隙水压力仪、径向膨胀仪、测斜仪、自进式旁压仪、应用放射性同位素测土的物理性指标仪、薄壁原状取土器、高压固结仪、自动固结仪、大型三轴仪、振动三轴仪、真三轴仪、大型离心机、流变仪、振冲器、三重管旋喷器、深层搅拌机、粉喷机、塑料排水板插板机、扩底桩机械扩底机等,为土力学理论研究和地基基础工程的发展提供了良好的条件。

第四节 本课程主要内容和学习要求

土力学与地基基础是土木建筑有关专业的重要课程之一。其任务是保证各类建筑物既安全又经济地使用,不发生上述各类地基基础工程事故。因此,需要学习和掌握土力学的基本理

论、地基基础设计原理和先进经验。

本课程共分 14 章,主要包括:

第一章 绪论。主要介绍土力学、地基与基础的概念,土力学地基基础学科发展的历史概况以及课程主要内容和学习要求等。

第二章 土的物理性质及工程分类。这是本课程的基础,主要介绍土的生成与特性的关系、土的三相组成及其特性、土的物理性质指标及其换算、土的物理状态指标及其应用、地基土的工程分类方法。

第三章 土中水的渗透规律。主要介绍土中水的渗流模型、达西定律,常水头渗流试验、变水头渗流试验及现场抽水试验测试渗透系数,渗透力的计算与渗透破坏的概念。

第四章 地基土中的应力计算。主要介绍土中自重应力和附加应力的计算方法以及有效应力原理。

第五章 土的变形特性与地基沉降计算。主要介绍室内压缩试验、土的压缩性指标、地基沉降及计算、土的应力历史及其对地基沉降的影响、饱和土渗透固结理论、固结度、沉降与时间关系、沉降观测与分析等内容。

第六章 土的抗剪强度理论。主要介绍土体抗剪强度的概念、库仑强度定律、摩尔库仑强度理论、直剪试验、三轴剪切实验、十字板剪切实验以及强度指标选用,有效抗剪强度指标概念,饱和黏性土的抗剪强度,无黏性土的抗剪强度。

第七章 土压力计算理论。主要介绍土压力的分类、静止土压力概念及计算、朗肯土压力理论、库仑土压力理论、特殊情况下的土压力计算等内容。

第八章 土坡稳定性分析与计算。主要介绍无黏性土坡的稳定分析方法、黏性土坡的稳定分析方法、饱和黏性土坡稳定性分析方法。

第九章 地基承载力及其确定。主要介绍地基承载力概念、地基破坏模式及破坏过程、理论公式确定临界荷载、极限承载力计算以及规范法确定地基容许承载力。

第十章 天然地基上的浅基础设计。主要介绍浅基础的常用类型、地基容许承载力的计算、刚性扩大基础尺寸的拟定、刚性扩大基础的验算等。

第十一章 桩基础的设计与计算。主要介绍桩与桩基础的类型与构造、桩基础的适用条件、桩的承载力、桩的内力与位移计算、群桩基础的竖向分析和承载力、桩基础的设计等内容。

第十二章 沉井基础的设计与计算。主要介绍沉井基础的基本概念、沉井的类型与构造、沉井的设计与计算等内容。

第十三章 地基处理与加固设计。主要介绍地基处理的的目的和意义,地基处理方法的分类,各种地基处理方法的机理、设计计算理论和施工方法,土工合成材料加筋法以及复合地基理论。

第十四章 土动力学与地基基础抗震设计简介。主要介绍土的动力特性、土的液化特性、砂性土地基液化判别、砂性土地基液化程度等级划分、地震与震害、建筑地基基础抗震设防标准以及地基基础抗震设计的一般方法。

本课程牵涉的自然科学范围很广,在学习时要求弄清基本概念,掌握基本理论和设计计算方法,注重理论联系实际。学习本课程的先行课程有工程地质学、材料力学、结构力学、钢筋混凝土结构等。

思考题

1. 什么是土,它有何特点?
2. 什么是地基?什么是基础?它们有哪些类型?
3. 简述地基、基础与上部结构的共同作用。
4. 土力学地基基础的研究内容有哪些?
5. 简述土力学地基基础的发展历史。

1. 什么是土,它有何特点? 土是由颗粒状固体颗粒、水和空气组成的三相体系。土颗粒之间的接触面是粗糙的,且颗粒之间存在空隙,因此土具有可压缩性。土还具有天然含水量,且含水量随环境条件的变化而变化。土还具有天然孔隙比,且孔隙比随环境条件的变化而变化。土还具有天然饱和度,且饱和度随环境条件的变化而变化。土还具有天然干密度,且干密度随环境条件的变化而变化。土还具有天然湿密度,且湿密度随环境条件的变化而变化。土还具有天然重度,且重度随环境条件的变化而变化。土还具有天然含水量,且含水量随环境条件的变化而变化。土还具有天然孔隙比,且孔隙比随环境条件的变化而变化。土还具有天然饱和度,且饱和度随环境条件的变化而变化。土还具有天然干密度,且干密度随环境条件的变化而变化。土还具有天然湿密度,且湿密度随环境条件的变化而变化。土还具有天然重度,且重度随环境条件的变化而变化。

2. 什么是地基?什么是基础?它们有哪些类型? 地基是指建筑物下部支承土体的部分。基础是指建筑物下部与地基直接接触的部分。地基和基础是建筑物的重要组成部分。地基和基础的类型多种多样,如天然地基、人工地基、浅基础、深基础等。

3. 简述地基、基础与上部结构的共同作用。 地基、基础和上部结构是一个整体,它们之间存在着相互作用。地基的变形会影响基础的沉降,基础的沉降会影响上部结构的变形。上部结构的荷载会影响地基的应力分布,地基的应力分布会影响基础的稳定性。因此,在设计地基和基础时,必须考虑地基、基础和上部结构的共同作用。

4. 土力学地基基础的研究内容有哪些? 土力学地基基础的研究内容包括:土的物理力学性质、土的应力应变关系、土的渗透性、土的固结理论、土的稳定性、地基的沉降计算、基础的承载力和稳定性、地基处理技术等。

5. 简述土力学地基基础的发展历史。 土力学地基基础的研究始于19世纪末,随着工业革命的兴起,人们对地基和基础的研究日益重视。20世纪初,土力学作为一门独立的学科正式诞生。随着科学技术的进步,土力学地基基础的研究不断深入,取得了许多重要的成果。目前,土力学地基基础的研究仍在不断发展中,新的理论和方法不断涌现。

第二章 土的物理性质及工程分类

教学内容:土的生成与特性的关系,土的三相组成及其特性,土的物理性质指标及其换算,土的物理状态指标及其应用,地基土的工程分类方法。

教学要求:掌握土的生成与特性、物理性质、物理状态等基本概念;能够熟练运用三相比例指标之间的基本关系来研究土的工程性质,并对土进行工程分类。

教学重点:土的物理性质指标及其换算,地基土的工程分类。

土是由固体颗粒(又称固相)、水和气体所组成,故称为三相系。土中颗粒的大小、成分及三相之间的比例关系,反映出土的不同性质,如干湿、轻重、松紧及软硬等。土的这些物理性质与力学性质之间有着密切的联系。如土松而湿则强度低而压缩性大;反之,则强度高而压缩性小,故土的物理性质是土的最基本性质。

本章将分别介绍土的生成与特性、土的物理性质指标、土的物理状态指标,并利用这些指标及其特征对地基土进行工程分类。

第一节 土的生成与特性

一、土的生成

土是地球表层岩石经过风化、剥蚀、搬运、沉积,形成的固体矿物颗粒、水和气体的集合体。不同的风化作用,形成不同性质的土。风化作用主要有下列三种:

1. 物理风化

岩石经风、霜、雨、雪的侵蚀,温度和湿度的变化,不均匀膨胀和收缩,使岩石产生裂隙,崩解为碎块。这种风化作用,只改变颗粒的大小和形状,不改变矿物成分,称为物理风化。由物理风化生成的为粗颗粒土,如碎石、卵石、砾石、砂土等,呈松散状态,总称无黏性土。

2. 化学风化

岩石碎屑与水、氧气和二氧化碳等物质接触,使岩石碎屑发生化学变化,改变了原来组成矿物的成分,产生一种新的成分——次生矿物,土的颗粒变得很细,具有黏结力,如黏土、粉质黏土,总称为黏性土。

3. 生物风化

由动、植物和人类活动对岩石的破坏,称为生物风化。生物风化作用主要发生在表层岩石和土中,既有机械的,也有化学的,具有双重性。例如开山、挖掘隧道等活动形成的土,就属于