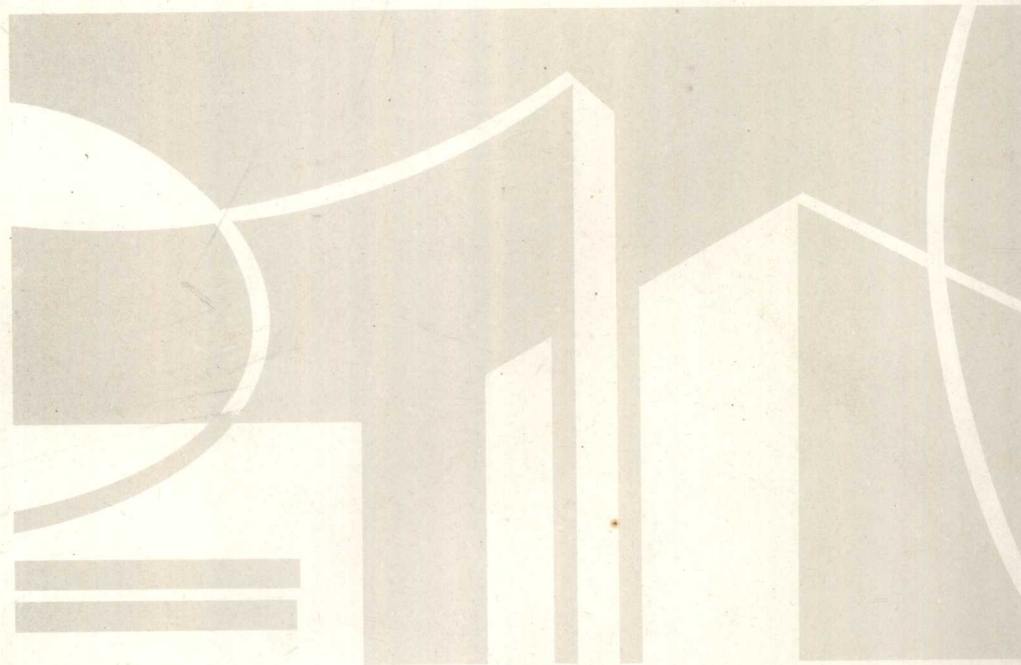


中等专业学校市政工程施工专业系列教材

土力学与 地基基础

北京城市建设学校 张述勇 主编
北京城市建设学校 张述勇
北京城市建设学校 钟晓冬 编
上海城市建设学校 程 群



中国建筑工业出版社



中等专业学校市政工程施工专业系列教材

土力学与地基基础

北京城市建设学校 张述勇 主编

北京城市建设学校 张述勇

北京城市建设学校 钟晓冬 编

上海城市建设学校 程 群

广州市政工程学校 黎国强 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础 / 张述勇等编. - 北京: 中国建筑工业出版社, 1998

中等专业学校市政工程施工专业系列教材

ISBN 7-112-03396-9

I.土... II.张... III.①土力学-专业学校-教材②地基基础-专业学校-教材 IV.TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21895 号

本书是中等专业学校市政工程施工专业系列教材。主要内容有: 土的物理性质及工程分类、土中应力的计算和基础沉降量计算、土的抗剪强度及地基承载力、土压力与土坡稳定、地基勘探、天然地基上刚性基础设计、人工地基、桩基础、沉井基础、土工试验等。

本书密切联系实际, 以道路桥梁工程的地基基础问题为主, 采取深入浅出、图文并茂、以图解文的形式介绍了地基基础设计中的基本知识, 并配有思考题与习题, 适合中等专业学校市政工程专业使用, 也可供土木工程设计、施工技术人员以及有关院校师生参考。

中等专业学校市政工程施工专业系列教材

土力学与地基基础

北京城市建设学校 张述勇 主编

北京城市建设学校 张述勇

北京城市建设学校 钟晓冬 编

上海城市建设学校 程 群

广州市政工程学校 黎国强 主审

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市黄坎印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23¹/₄ 字数: 566 千字

1998 年 6 月第一版 2000 年 6 月第三次印刷

印数: 8,501 — 12,500 册 定价: 23.70 元

ISBN 7-112-03396-9

G·274 (8555)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

长期以来市政工程施工专业《土力学与地基基础》课程一直以交通系统中等专业学校的《土力学地基与基础》一书为代用教材,虽然也能基本满足教学要求,但是,鉴于课程设置的差别,市政施工专业需要的土质学部分,因交通系统是单设一门课程,市政工程施工专业无教材使用,教学时需补充这部分内容,给教师增加了负担、为学生复习、理解带来了诸多不便,不利于教学质量的提高。

本教材按普通中等专业学校市政工程施工专业《土力学与地基基础》课程教学大纲的要求,依据《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)、《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ83—85)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ024—85)、《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)等结构设计规范编写。严格按《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ83—85)对质量、重量两术语的解释,将含水量定义为质量之比,避开了意义含混的“重量”一词,明确了质量密度与重力密度的区别与联系。

市政工程地基基础的设计涉及到两本规范,即《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ024—85)、《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)。道桥工程以“公路规范”为准、其他市政工程,如给水排水、暖通工程以“建筑规范”为准。本教材以道路桥梁工程的地基基础问题为主线,来阐述地基基础设计中的基本知识。因此需要介绍“公路规范”的有关规定。鉴于,“公路规范”正在按《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)进行修订,为使教材能体现地基基础设计的先进性,在以“公路规范”为主的前提下,介绍了“建筑规范”与之区别的内容。因而在教材中出现以安全系数为基础的“公路规范”计算法和以近似极限概率理论为基础“建筑规范”算法。一本教材中有两种不同的计算方法是迫于无奈,而这种状况将给教学增加些难度,同时亦能为学生通过比较来深刻理解地基基础设计中的共同规律创造了条件,有利于提高学生分析问题的能力,有利于学生学习先进的知识。为了适应中专学生的学习,建议在教学过程中以“公路规范”为主,将该规范规定的计算方法讲深、讲透,进而才能为学生进行比较、提高打下基础。为此,在编写中,均明确地指出了两本规范相互区别的内容,并指出了形成区别的原因。为学生自学创造了条件。

本教材针对中专学生的特点编写,力求深入浅出、循序渐进、以图解文、图文并茂。例如,通过插图定性理解公式的涵义和基本概念,其中用几何定理直观地证明“土中一点的极限平衡条件”是编者为避开中专学生不熟悉的三角函数证明法而采用数形结合教学经验的总结,此次编入教材中以利于学生复习,开阔思路。对于复杂的桩基内力及变形计算,编者避开了高难的微分方程的推导,直接引用计算公式和给出解题步骤,通过不同的题型,理解计算的目的是为了验算单桩承载力和桩身强度,为能定性理解桩基设计原则打下基础。为便于学生理解教材所论述的概念和规律,书中配有适量的典型例题、思考题

和习题。

本教材由北京城市建设学校张述勇老师主编，北京城市建设学校钟晓冬老师和上海城市建设学校程群老师编写了部分章节。

本教材由广州市政工程学校黎国强高级讲师主审，在编写过程中得到了上海同济大学岩土工程系洪毓康教授和北京城市建设学校郭继武高级讲师的指导和帮助，中国人民解放军二炮设计院道路桥梁设计所李建章高级工程师为本教材提供了市政道路桥梁设计的新资料，松苗同志参加了本教材的计算机输入工作。在此一并表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限，书中难免疏漏之处，恳请读者指正。

目 录

第一章 绪 论	1
第二章 土的物理性质与工程分类	7
第一节 土的成因与特性	7
第二节 土的三相组成	11
第三节 土的物理性质指标	18
第四节 土的物理状态指标	23
第五节 土的工程分类	34
第三章 土中应力计算	44
第一节 自重应力计算	44
第二节 基底压力	47
第三节 土中 附加应力计算	54
第四章 基础沉降计算	86
第一节 土的压缩性及压缩性指标	86
第二节 分层总和法计算沉降	95
第三节 饱和土体渗透固结的概念	109
第五章 土的抗剪强度及地基承载	116
第一节 土的抗剪强度与直接剪切试验	116
第二节 土的极限平衡条件及三轴剪切试验	118
第三节 地基承载力	125
第六章 土压力与土坡稳定	161
第一节 土压力种类	161
第二节 朗金土压力理论	164
第三节 库伦土压力理论	173
第四节 填土面上有荷载时库伦公式的应用	186
第五节 土坡稳定分析	192
第六节 重力式挡土墙	197
第七章 工程地质勘察	207
第八章 天然地基上刚性浅基础	221
第一节 基础设计原则	221
第二节 作用于基础上的荷载	224
第三节 基础的埋置深度	225
第四节 基础尺寸的拟	228
第五节 地基与基础的验算	245

第九章 人工地基..... 257

 第一节 人工地基分类..... 257

 第二节 砂砾垫层..... 258

 第三节 砂桩与砂井..... 261

 第四节 加固地基的其他方法..... 263

 第五节 特殊土地基..... 265

第十章 桩基础..... 271

 第一节 桩与桩基础的分类..... 271

 第二节 单桩轴向承载力..... 276

 第三节 桩的内力和变形计算..... 290

 第四节 群桩承载力..... 327

 第五节 桩基础设计计算步骤..... 331

第十一章 沉井基础..... 345

附录：土工试验..... 351

 实验一 土的天然密度、天然含水量、土颗粒的相对密度试验..... 351

 实验二 土的液限、塑限试验..... 355

 实验三 侧限压缩试验..... 357

 实验四 直接剪切试验..... 360

 实验五 击实试验..... 362

参考文献..... 365

第一章 绪 论

所有的建筑物都必须建造在土层或岩层（土层和岩层可统称为地层）上。我们将承受基础传来各种荷载作用的地层称为地基，而基础则是将建筑物所承受的荷载作用传递给地基的结构组成部分。这里所涉及到的结构系指在组成建筑物的各种构件中，由若干构件连接而成的能承受荷载作用的骨架体系。简言之，结构是骨架体系，而作用则是指施加在结构上的荷载或其他引起结构变形的原因。

地基与基础是两个不同的概念，图 1-1 所示的立交桥及其地基、基础示意图和图 1-2 所示的水塔及其地基、基础示意图直观地告诉我们什么是地基，什么是基础。建造在地层上的桥梁、水塔，其上部桥梁、水箱，下部桥墩、塔身所承受的重力荷载和风荷载是通过地面以下的扩大部分传递到地层上的；我们将桥梁、水塔在地面以下的扩大部分叫做基础。基础下面的地层则叫做地基。显然，地基和基础是两个不同的概念，地基位于基础底面以下，是支承建筑物的那一部分地层；基础则与建筑物上部结构紧密联系，是建筑物的一部分，属于建筑物的下部承重结构。

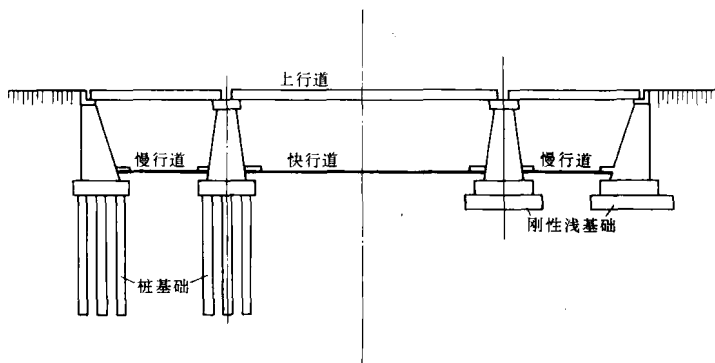


图 1-1 立交桥及其地基、基础示意图

由于建筑结构所承受的各种荷载通过基础传给地层，并向深处扩散，其影响则逐渐减弱，直至可以把其对地层的影响（如应力、变形）忽略不计，因而从工程建设的观点来分析，地基是受建筑物荷载影响，具有一定深度和范围的地层。我们把直接承托基础的那层土层或岩层叫做持力层，持力层以下的各层土层或岩层叫做下卧层如图 1-2，承载力明显低于持力层的下卧层叫做软弱下卧层。

基础的结构形式很多，通常把埋置深度不大，只须经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建成的基础叫做浅基础，例如图 1-2 所示水塔独立基础为浅基础；反之，当浅层土质不良，需将建筑物置于深处良好地层上时，须借助于特殊的施工方法建造的基础叫做深基

基础，图 1-1 所示的立交桥桩基础和图 1-3 所示的水塔桩基础、泵房沉井基础均属于采用特殊施工方法建造的深基础。若地基持力层的土质不良，也可采用人工处理的办法来达到使用要求，这种经过处理的地基叫做人工地基。例如，用换土垫层、机械夯实、砂桩挤密、砂井堆载预压、电化加固等方法处理过的土层即为人工地基；反之，无需处理就可以直接作为地基的原状地层，则叫做天然地基。天然地基比较经济，宜优先选用。

土力学是本学科的理论基础，它研究土的特性及其受力后的变化规律，例如土的应力、变形、强度、稳定性、渗流等力学规律，以及土层与结构物相互作用的规律。这些规律都是设计地基与基础的理论依据，结合工程地质资料，运用土力学原理，才能较好地解决地基、基础工程问题。

一、土力学与地基基础课程的任务

土力学与地基基础的任务是研究建筑结构的地基基础设计问题。本课程研究市政工程结构的地基基础设计问题，有道路、桥梁的地基基础问题；给水排水工程结构的地基基础问题；供暖、供热、电力、通讯等工程设施的地基基础问题。图 1-4 是北京城市立交桥之一的北三环路上蓟门桥的桥梁、墩台、基础设计立面、剖面图。这是一座位于北三环路与学院路相交处的不对称苜蓿叶形互通式立交桥。桥梁结构为单孔预应力简支组合梁。桥上为东西方

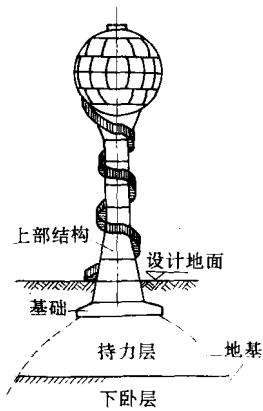


图 1-2 水塔及其地基、基础示意图

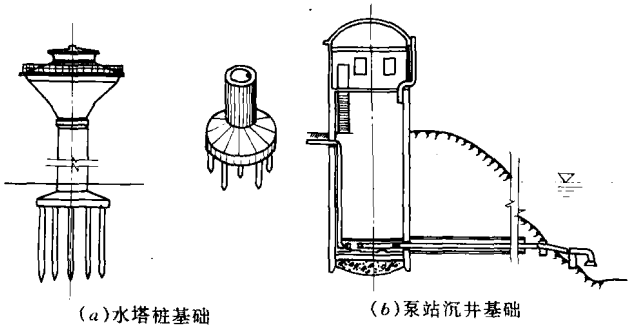


图 1-3 深基础——桩基础和沉井基础
(a) 水塔桩基础；(b) 泵房沉井基础

向的北三环主路，桥下为南北方向且分别紧靠元朝古城墙遗址和小月河两旁的上下行单行道，路边依山傍水，绿树成荫，形成长廊式街心花园。该桥墩台及挡土墙的基础形式均为座落在天然地基上的刚性浅基础。如何设计这些地基基础是本课程的任务。

鉴于市政工程种类较多，本书将以道路、桥梁工程结构为主要研究对象，兼顾其他市政工程结构来阐明地基基础的设计问题。

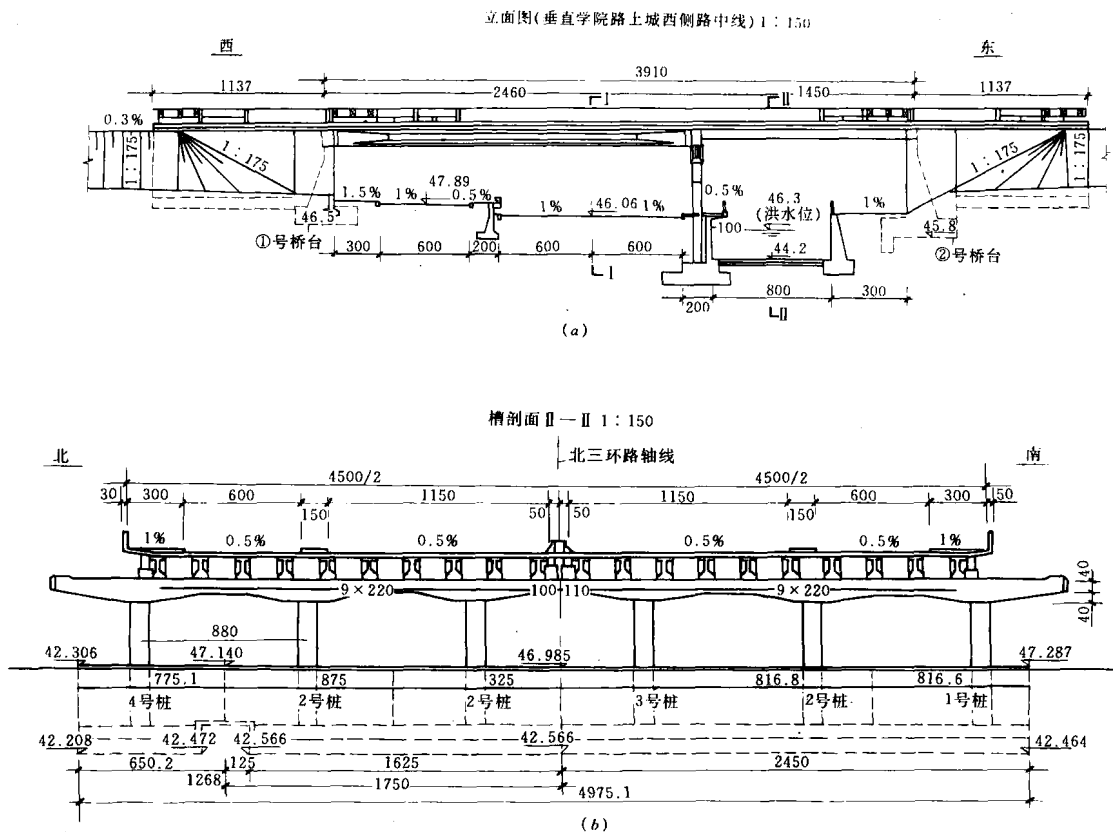


图 1-4 北京城市立交桥之一北三环路上蓟门桥的桥梁、墩台、基础设计立面、剖面图

二、土力学与地基基础课程的作用

地基与基础属于地下隐蔽工程，是建筑物的根基，从可靠性来看，它的勘察、设计和施工质量将直接关系到建筑物的安危。实践表明，一旦地基基础发生事故，补救并非容易。从经济角度来看，基础工程费用与建筑物总造价的比例，视其复杂程度和设计、施工的合理与否，可变动于百分之几到几十之间，因此，地基与基础在建筑工程中的重要性是显而易见的。

例如，著名的意大利比萨斜塔就是因为地基变形不均匀而倾斜的。该塔高约 55m，始建于 1173 年，当建至 24m 高时，发现塔身倾斜而被迫停工，至 1273 年续建完工。由于该塔建造在不均匀的高压缩性土层上，致使北侧下沉 1m 有余，南侧下沉 3m，沉降差高达 1.8m，倾斜角达 5.8° 之多，目前该塔仍以每年 1mm 的沉降率继续下沉。

建于 1913 年的加拿大特朗斯康谷仓，由于设计前不了解地基内埋藏有厚达 16m 的软弱粘土层，建成装谷后的荷重超过了地基的承载能力，地基丧失了稳定性，致使谷仓西侧陷入土中 8.8m，东侧抬高 1.5m，仓身倾斜 27°。

武汉市江岸区的一栋 18 层剪力墙结构住宅楼，在施工装修完毕时发生楼顶水平位移约 3m 的整体倾斜事故，不得已进行了爆破拆除。该楼的地质条件是：回填土下有 5 ~

18m 的淤泥层，淤泥层以下的粉砂才是提供桩基承载力的持力层。由于未按设计施工，夯扩桩仅伸入粉砂层 1.5 ~ 2m，致使桩基下端嵌固不牢，桩身于淤泥层中毫无约束，受压稳定性级差。据统计：基坑内共有工程桩 336 根，其中歪斜的却高达 172 根，占 51.2%，最大偏移量达到 1.7m。桩基整体失稳，整个建筑座落在严重倾斜的桩基础上是造成建筑物整体倾斜的原因。

上海市奉贤县贝港桥为三孔钢筋混凝土梁式桥，主桥长 52.54m，中跨 20m，边跨 16m，桥宽 16m，桥墩、桥台下的基础是钢筋混凝土灌注桩。该桥 1995 年 10 月 16 日竣工后不久，于同年 12 月 26 日下午 4 时 15 分突然下沉，仅仅几秒钟的时间，中间桥孔的西侧桥墩下陷 2.6m，东侧桥墩下陷 3.0m。桩基础的承载力严重不足是造成该桥整体下沉的主要原因。事故发生后据现场采样分析表明：桥墩下的钻孔灌注桩桩尖未达到设计标高，仅钻至设计深度的 89 %（见图 1-5），且桩身质量严重低劣，混凝土配合料未按设计要求的配合比拌制，钻孔时土体已被搅动，浇灌前又没有清底，因此骨料下落受阻，致使混凝土实际浇筑深度仅为设计深度的 52 %（见图 1-5）。

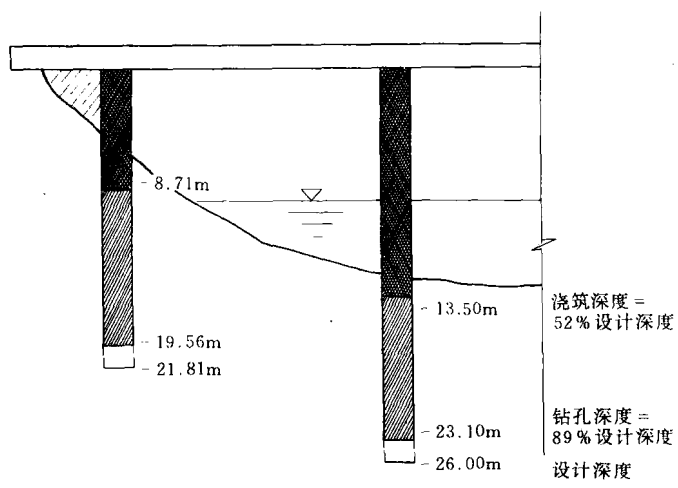


图 1-5 贝港桥钻孔灌注桩桩基础下沉原因分析图

日本某市给水厂有一个半地下式预应力混凝土清水池，容量 6000m³，竣工后，将池水排空进行清理时，发现底板隆起成弓形，中央部分凸起 70 ~ 80mm，底板产生很多的纵横裂纹，该水池因龟裂漏水而不能使用。事故原因是设计人员没有考虑底板在池水排空时，承受向上浮力作用时的最不利荷载组合，从而对底板受力缺乏全面与正确的分析，底板上侧出现了配筋薄弱环节，于是在池水排空后，作为基础的底板，承受不了地下水向上作用的巨大压力，迫使 200mm 厚的底板隆起、龟裂。

核物理专家恩·费米说：“一次失败甚至比一系列成功给人的教益要多。”吸取以上事故的沉痛教训，从理论分析与大量的工程实践中使人们认识到：为保证市政工程结构的正常运行，地基及基础应达到的基本要求是：

- 1.地基与基础应有足够的承载力，地基土具有足够的稳定性；

2.地基不能产生过大的变形、基础不能产生过大的沉降,以保证结构的正常使用。

本课程的作用是使学生掌握保证市政工程地基基础有足够的承载力、稳定性和正常使用的理论知识和结构措施,确保达到上述两项基本要求。

针对市政工程结构的特点,对于道路、桥梁工程结构应保证在汽车荷载作用下,桥梁的地基具有足够的承载力;在各种复杂的地质条件下,路基的稳定性能保证道路能够正常使用。对给水排水工程结构,为保证其水密性,不渗漏,对地基变形和地下水的影响应引起足够的重视。在一般情况下,给水排水工程结构承受的荷载比工业与民用建筑的荷载小很多,地基承载力的要求容易得到满足,但是给水排水工程结构是一些储水、输水构筑物,结构的水密性显得十分重要,因而结构对地基的不均匀变形特别敏感:水池底板因不均匀沉降出现裂缝将导致水池漏水;水池与管道连接处是管道切断、开裂事故最多的部位。因此,要求大面积基础均匀沉降、要求不同结构的地基协调变形是给水排水工程结构地基基础设计时应特别注意的问题。此外,地下水对市政工程结构或河水对墩台产生的巨大浮力不容忽视,应保证水池、管道、桥墩等具有足够的抗浮能力。尽管钢筋混凝土水池的自重很大,但是,当水池中的水量被排空时,会出现浮力大于重力的情况。例如:1964年6月日本新潟大地震导致大面积砂土液化,地表喷水冒砂,水池飘浮上升。这不仅造成结构移位破坏,还造成管道弯折、底板开裂等事故。因此,设计市政工程结构的地基基础时,要充分了解地基中地下水位的升降规律和河水的涨落规律,既要防止漂池、漂管、桥墩上浮等事故,又要防止水池底板在地下水压力作用下产生裂缝、渗漏等事故。

三、土力学与地基基础课程的主要内容

土力学与地基基础课程的主要内容包括:土质学与土力学的基本知识和地基基础的设计两大部分。

本书第二章至第六章的内容属于土质学与土力学的基本知识部分,学习这部分内容应能判断地基土的类别,确定地基土的物理力学性质指标(如地基土的承载力),为设计地基基础做好准备。为此,必须掌握土的分类依据、土的物理性质指标、土的物理状态指标、土中应力分布规律、土的压缩性指标及地基变形计算方法、土的抗剪强度指标及其影响地基承载力的因素、土压力计算公式及土坡稳定分析等基本知识。

本书第七章至第十一章的内容属于地基基础的设计部分,学习完这部分内容后应能确定基础的材料和设计出基础的基本尺寸。为此应明确地基基础的设计原则、学会阅读和使用地质勘察报告、选择基础的材料和类型、确定基础(或承台)的埋置深度、计算基础(或承台)的底面尺寸和剖面尺寸、确定基桩的数量与入土深度、验算基础沉降和地基基础整体稳定性、设计人工地基、绘制基础施工图等。

土力学与地基基础课程的内容较多,涉及面较广,需要突出重点,才能掌握本课程的基本知识。确定地基土的类别和承载力,设计出基础的材料和尺寸,是本课程的重点。抓住这个主要矛盾,就能起到提纲挈领的作用,从而掌握本课程的全部内容。

四、土力学与地基基础课程的特点

本课程是一门综合性很强的专业课,它涉及到工程地质学、建筑力学、建筑结构、建筑材料、施工技术等有关学科。鉴于地质情况又非常复杂,因此,本课程具有的特点表现在专业性、综合性、实践性三个方面。

专业性系指地基基础这门学科的专门化问题。鉴于地基土是一种松散的集合体,既不

属于弹性体，又不属于塑性体，它需要一套专门的理论体系来进行深入的研究。例如抗剪强度理论、土压力理论、基础沉降理论等都是具有本学科的专业特点。因此，掌握了松散的集合体与弹性体、塑性体的区别，才能充分理解本课程的专业性。

综合性系指本学科将涉及到的理论是多方面的，它将借助于弹性材料的力学规律来研究分散土体的力学性质，还将综合运用地质学、材料学、房屋建筑学、建筑结构、建筑机械、建筑施工等学科的知识来进行地基基础的设计工作。综合性强就要求在循序渐进的过程中具有融会贯通的能力。

实践性系指在土力学中所涉及的计算原理，必须通过现场勘察和室内土工试验测定必要的计算参数；而现场勘测的地质资料又因地而异，十分复杂，绝无雷同可言。因此，土力学是一门实践性很强的学科，而地基基础设计又是以地质勘察为基础的应用型科学。鉴于本学科的实践性很强，本学科能形成一门独立的学科还是近几十年的事情。其根本原因是由于地基土的种类繁多，土层分布又无规律可言，因此，土力学的计算理论还很难和实际情况完全吻合，地基基础的设计还必须经过验槽关的检验。因此，学习本课程时，应重视工程地质勘探的成果和验槽的步骤，注意计算理论的适用条件，从实际出发，做到理论与实际相结合，切忌生搬硬套、死记硬背。掌握本学科的专业性、综合性与实践性，才能做到融会贯通，设计出合理的地基基础。

思 考 题

1—1 解释下列名词：

地基、基础、持力层、下卧层、浅基础、深基础、人工地基、天然地基、土力学。

2—2 市政工程结构对地基基础设计有什么要求和特点？

第二章 土的物理性质与工程分类

第一节 土的成因与特性

一、土的成因

地球上75%以上的陆地被岩石风化破碎的堆积物所覆盖,这种覆盖物就是工程上所研究的土。土是坚硬整体的岩石,经风化、剥蚀、搬运、沉积,形成含有固体颗粒、水和气体的松散集合体。

地壳外层的岩石一方面受到地球内部的各种内力(如热力、地震、断层、褶曲、火山等)的影响,另一方面受到外界因素(如阳光辐射、重力、水流、风力、冻融、氧化、生物等作用)的影响,每时每刻在分解、破碎。有的残积在原地,有的随水流、冰川、烈风而转移,历时久远,便构成性质复杂的各种土层。而岩石经不同的风化作用,形成土中不同粒径的固体颗粒。

1.物理风化

在风霜雨雪的侵蚀、湿度和温度的变化、不均匀膨胀与收缩等因素的作用下,岩石产生裂隙、崩解等机械破坏,这种现象即为物理风化。物理风化只改变颗粒的大小和形状,不改变矿物成分。物理风化生成粗颗粒,它们是组成碎石土、卵石土、砂土等巨粒土或粗粒土的主要成分。

2.化学风化

岩石在水、空气以及有机体的化学作用或生物化学作用下引起的破坏过程称为化学风化。它使原来的矿物成分分解,生成颗粒极细、具有粘聚力的次生矿物^①。化学风化生成的细颗粒是粉土(旧称亚粘土)、粘性土等细粒土的主要成分。

3.生物风化

由动、植物和人类活动对岩体、颗粒的破坏作用叫做生物风化。例如开山、打隧道等活动对岩石产生机械破坏,得到矿物成分不变的颗粒;植物的生长、腐蚀改变土中某些颗粒的成分,生成次生矿物和腐植质,是土中的次要成分。

根据岩石风化后搬运、沉积的条件不同,可将土分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土、风积土。其沉积条件、分布规律、工程地质特征见沉积土分类简表表2-1。

^① 化学风化作用可用化学反应方程式表示,例如正长石 $[K(AlSi_3O_8)]$ 遇水后水解为次生矿物之一的高岭土 $[Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2]$ 即属于化学风化,其化学反应方程式为:



沉积土分类简表

表 2-1

成因类型	堆积方式及条件	堆积物特征
残积土	岩石经风化作用而残留在原地的碎屑堆积物,如图 2-1 (a)	碎屑物从地表向深处由细变粗,其成分与母岩相关,一般不具层理,碎块呈棱角状,土质不均,具有较大孔隙,厚度在山顶部较薄,低洼处较厚
坡积土	由雨水或雪水沿斜坡搬运及由本身的重力作用堆积在斜坡上或坡脚处,如图 2-1 (b)	碎屑物从坡上往下逐渐变细,分选性差,层理不明显;厚度变化较大,在斜坡较陡处厚度较薄,坡脚地段较厚
洪积土	由暂时性洪流将山区或高地的大量风化碎屑物挟带至沟口或平缓地带堆积而成,如图 2-2	颗粒具有一定的分选性,但往往在大颗粒间充填小颗粒,碎块多呈亚角状.洪积扇顶部颗粒较粗,层理紊乱呈交错状,透镜体及夹层较多;边缘处颗粒细,层理清楚
冲积土	由长期的地表水流搬运,在河流的阶地、冲积平原、三角洲地带堆积而成,如图2-3	颗粒在河流上游较粗,向下游逐渐变细,分选性和磨圆度均好,层理清楚,厚度较稳定
淤积土	在静水或缓慢的水流中沉积,并伴有生物化学作用而成	沉积物以粉粒、粘粒为主,且含有多量的有机质或盐类,一般土质松软,有时粉砂和粘性土呈交互层,具有清晰的薄层理
冰积土	由冰川或冰川融化后的冰下水搬运堆积而成	以巨大块石、碎石、砂、粘性土混合组成,一般分选性极差,无层理,但为冰水沉积时,常具斜层理.颗粒一般具棱角,巨大块石上常有冰川擦痕
风积土	由于干燥气候条件下,碎屑物被风吹,降落堆积而成	主要由粉土或粉砂组成,一般颗粒较均匀,质纯,孔隙大,结构松散

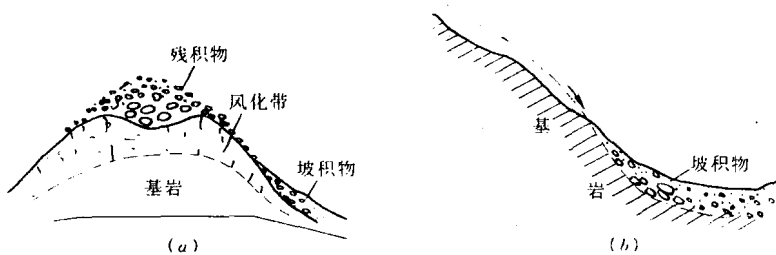


图 2-1 残积土与坡积土

二、土的特性

土与钢材、混凝土等连续介质相比,具有以下三个力学特性。

1. 高压缩性

在力学中以材料的弹性模量 E 来衡量其压缩变形性质的高低,土不是弹性体则以压缩模量 E_c 衡量之,据试验测得:

I 级钢筋的弹性模量 $E=2.1 \times 10^5 \text{MPa}$;
 C20^①混凝土的变形模量 $E_b=2.55 \times 10^4 \text{MPa}$;
 饱和细砂土的压缩模量 $E_s=8 \sim 16 \text{MPa}$ 。

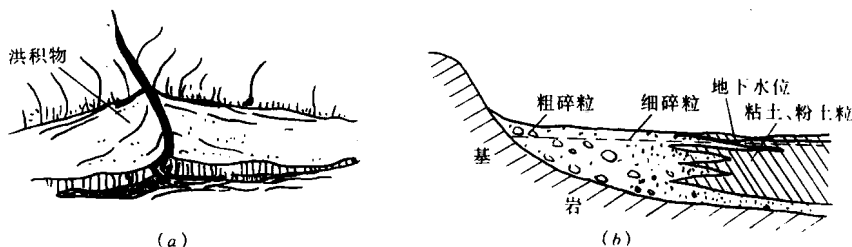


图 2-2 洪积土

(a)洪积扇; (b)洪积层剖面

以上数据说明钢筋、混凝土的模量比土大好几个数量级,从而可知:土的压缩性远远高于钢筋和混凝土。这是因为土是一种松散的集合体,受压后孔隙显著减小,而钢筋属于晶体,混凝土属于胶凝体,不存在孔隙被压缩的条件。

2.强渗透性

由于土中颗粒间存在孔隙,因此土的渗透性比其他材料大,特别是粗粒土具有很强的渗透性。

土的压缩性高低和渗透性强弱是影响地基变形的两个重要因素,前者决定地基最终变形量的大小,后者决定基础沉降的快慢程度(即沉降与时间的关系)。

3.土颗粒间的相对移动性-低承载力

土是一种松散颗粒的集合体,颗粒之间在受到外力作用后具有较大的相对移动性,这说明土的抗剪强度很差,而土体的承载力实质上

取决于土的抗剪强度,因此土的承载力较低。

三、土的结构和构造

^① 关于混凝土的强度等级,国家标准用C20表示。其中C表示混凝土,大写表示强度等级,20表示立方体抗压强度标准值为20MPa,目前交通部的相关标准正在修订之中,过渡的办法是仍然采用标号例如20号来表示强度等级,20表示立方体抗压强度为20MPa。需注意尽管C20与标号20采用的数量一样、单位一致,但是由于对试验数据进行统计分析时的保证率不一样,因而设计强度和变形模量是不一样的,故不能用标号为20的混凝土来代替强度等级C20的混凝土。例如强度等级C20的变形模量为 $E_b=2.55 \times 10^4 \text{MPa}$;而标号20的变形模量却为 $E_b=2.6 \times 10^4 \text{MPa}$ 。本书在涉及到这个问题时,将区别对待,涉及到桥涵工程时用交通部标准(标号),涉及到桥涵以外的工程时,用国家标准(强度等级),当不涉及数量的取值时,以国家标准为准,即一律用混凝土的强度等级C20表示。

土的结构是从微观的角度观察到的大小、形状各异的土粒或其集合体互相排列和连接的特征，有单粒结构、蜂窝结构和绒絮状结构三种，如图2-4。后两种又合称为海绵结构，是细粒土所具有的结构特征。

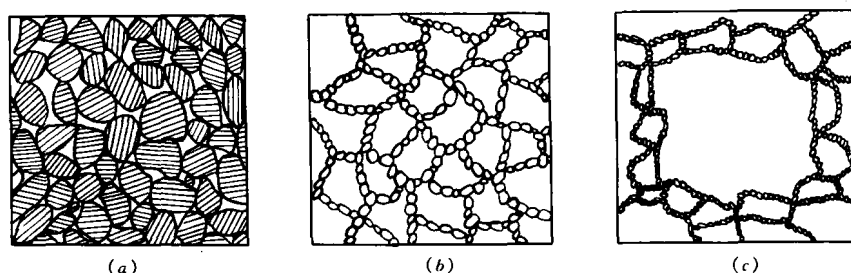


图 2-4 土的结构分类

(a)单粒结构; (b)蜂窝结构; (c)绒絮状结构

由于地表广泛分布的土层成因类型和沉积环境的不同，同时也经历了近百万年以来沉积后外界条件变化的影响。因此，不同结构土体的工程性质是不同的。

单粒结构是粗粒土即碎石土和砂土所具有的结构特征，是在水下或陆上靠重力作用堆积而成，有松散、中密和紧密的单粒结构之分。通常河流两岸冲积砂土具有中密到紧密状态。紧密状态的砾、粗、中砂或碎石土承载能力大、压缩性低，是建筑物良好的天然地基。地下水位以下具有松散状态的细粉砂土，极易在受到震动后产生液化或在动水压力作用下产生流砂等不良地质现象，是不宜作为建筑物天然地基的。

在静水环境下沉积的粉粒或粘粒集合体具有大孔隙的海绵状结构。由于细粒土比表面大(比表面为一定体积的颗粒表面积与体积之比)，土粒及其集合体表现出较强的吸附水的能力和土粒间较大的电引力。浑圆状的粉粒串联成链状重叠混集的蜂窝结构，针状、片状的粘粒集合体串联成孔隙更大的绒絮结构。

粉土和粘性土由于海陆变迁脱离水下环境，分布在地表以下，在自重或上覆土重作用下，表现出一定的结构性，即具有一定的联结强度，当受到震动、人工开挖等作用后，结构破坏，联结强度降低，但是经过一定时间后，土粒间的联结力由于水膜联结和电引力的作用得到部分恢复。因此，在粘性土地基上打桩，中间不易停顿过长时间，否则重打时会不易击进，以至达不到设计标高。又如用细粒土填料填筑路基时，要求分层压实，分层碾压后，使细小颗粒定向排列，土粒紧靠，压实填土的强度得到更大的提高。

土的构造是从宏观的角度去观察土体的排列和空间位置的特征。土的构造主要是层状(理)构造。自然界的土体由于成分、成因类型和生成环境不同，颜色和粒度成分各异的颗粒构成层理重叠而成，有薄层和厚层两种。层状构造有水平层理、斜层理、波状层理、尖灭和透镜体等。由于土的层理构造，使地基土体在强度、压缩性方面都有很大的差异。此外土的构造类型还有粗粒土的分散构造，花岗岩残积粘土的裂隙状构造和含姜石的黄土、石灰岩残积坡积红粘土，含砾石的冰碛粘土的结核状构造。