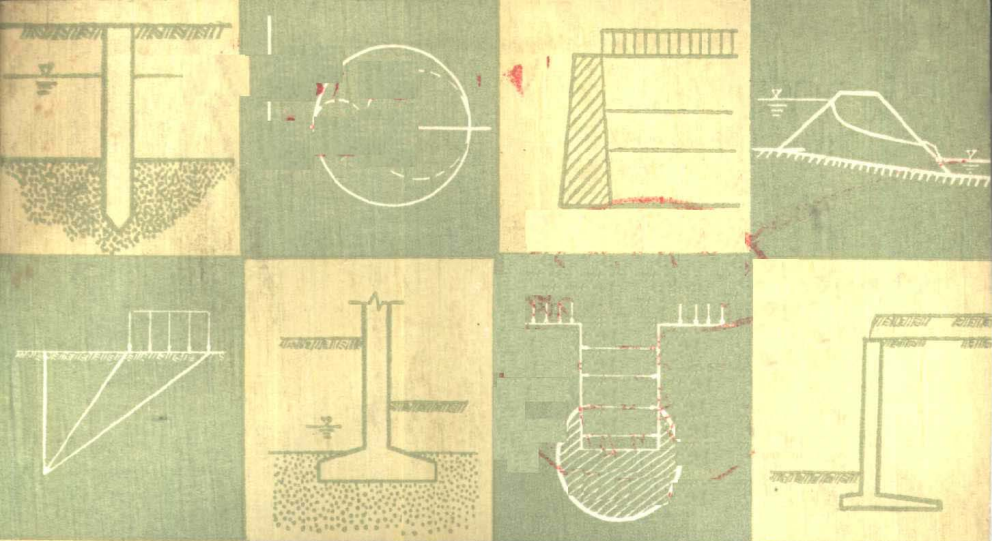




工程土力学 计算实例

〔日〕 铃木音彦 著

中国铁道出版社

工程土力学计算实例

(日) 铃木音彦 著

唐业清 合译
吴庆荪
滕家禄 校

中国铁道出版社

1982年·北京

新版 例题 土质工学
演习

铃木音彦 著

东洋书店 1976年

工程土力学计算实例

(日) 铃木音彦 著

唐业清 吴庆荪 合译

滕家禄 校

中国铁道出版社出版

责任编辑 陈 健 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{4}$ 印张: 15.75 字数: 338千

1982年10月第1版 1982年10月第1次印刷

印数: 0001—15,000册 定价: 1.65元

译者序言

日本铃木音彦所著《工程土力学计算实例》一书初版于1956年，因出版后受到读者欢迎，于1977年又重新编写。本书即根据新版书翻译的。

本书的特点是作者汇集了173个实例，这些实例都是取材于实际工程。在编写手法上，作者不是单纯地讲述原理、概念，而是针对实例先叙述概念和解题思考方法，再介绍公式的运用和演算。书中编入了土力学理论中许多新的内容，收集了许多著名学者的分析计算方法。因此，本书具有简明，实用的特点。

全书共分十一章，第一章是概述，以叙述基本概念及方法为主，简略介绍了基础的类型和选择、地基承载力的计算方法及基础沉降量的计算、土的物理性质等。其它各章则是通过实际的演算介绍了土力学有关方面的内容。其中第十一章的“综合问题”，作者选择了房屋地基的承载力、基础沉降量、软弱地基的处理等计算，高速公路立体交叉时挡土墙计算，以及开挖高架桥基础时的排水量计算和检算降低地基周围地下水位等三个工程实例，作为各章知识的综合运用和练习。

1978年在上海召开的全国工民建专业教材会议上，曾经议论过要出版一本土力学计算实例的书，但由于种种原因一直未能实现，今翻译出版本书可作为弥补和参考之用。

但是，正如作者所说，“土力学是一门处于发展中的学科，作为研究对象的土和地基是大自然的产物，因此必须注

AA725/06

意其千差万别的性质。如果忽略了对土和地基材料性质的周密分析研究，尽管采用了精确的推导计算公式，所得结果也难免存在错误”。因而，采用本书的计算方法，对结构物来说虽然是安全的，但仍有必要继续努力，以研究精度更高的计算方法，这也是作者对使用本书的读者所期望的。

由于译者水平所限，书中难免存在错误，还请广大读者指正。

译 者

1981年7月

内 容 提 要

本书汇集了土力学在工程上应用的实例173个,这些实例均取材于实际工程,因此实用性较强。在实例的演算中,采用了先叙述土力学的基本概念和解题的思考方法,再介绍公式和具体计算,具有理论结合实际的特点。

全书共分11章,第1章概述,是以全面叙述土力学的基本原理、概念和计算方法为主,介绍了土工基础的形式、分类和选择;基础承载力的计算及土的物理性质。第2~10章为实例的具体演算。第11章为“综合问题”,列出三个工程实例作为前面各章知识的综合应用。

本书取材实际,内容丰富,对从事土建工程设计和施工的人员是一本颇有实用价值的工具书,对大专院校土建专业的师生,也是一本较好的参考用书。

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 什么是工程土力学	1
1.2 基础	3
(1) 基础的重要性和必要条件	3
(2) 基础类型的选用	4
(3) 基础的分类	5
(4) 选用基础类型的步骤	6
1.3 地基承载力	6
(1) 关于承载力	6
(2) 承载力计算的考虑方法	7
(3) 承载力计算的具体方法	9
(4) 安全系数	14
(5) 饱和粘土地基沉降的考虑方法	14
(6) 沉降量计算的基本公式	16
1.4 土的物理性质	18
(1) 表示土体性质的物理量的意义	18
(2) 土颗粒的基本性质	19
(3) 土的基本性质	21
(4) 土的状态的性质	29
(5) 土的力学性质	31
第 2 章 土的物理性质	35
2.1 土粒比重、土的容重、土的含水量、含水率、孔隙比、孔隙率、饱和度	35
(1) 土粒比重	35
(2) 土的容重	35
(3) 含水量 含水率	36
(4) 孔隙比 孔隙率	36
(5) 饱和度	36

(6) 土粒的比重、土的容重、含水量、含水率、孔

隙比、孔隙率和饱和度的相互关系36

2.2 土的级配与土的分类45

(1) 级配试验45

(2) 粒径级配47

(3) 土的分类48

2.3 土的稠度57

(1) 稠度的定义57

(2) 液性界限 (LL, w_l)57

(3) 塑性界限 (PL, w_p)58

(4) 收缩界限 (SL, w_s)58

(5) 塑性指数 (I_p)58

(6) 稠度指数 (I_c)58

(7) 液性指数 (I_L)59

(8) 流动指数 (I_f)59

(9) 液性界限与压缩指数 C_c 的关系60

(10) 塑性指数与粘着力 c 的关系60

第3章 土的渗透性和地下水运动68

3.1 土的渗透系数及其测定方法68

(1) 达西定律68

(2) 渗透系数69

(3) 渗透系数的测定方法70

(4) 层状土的渗透系数73

3.2 井的水力原理91

(1) 有压井91

(2) 无压井92

(3) 完全的有压-无压井94

(4) 按照不稳定理论的水井公式94

(5) 其他的水井公式95

3.3 重力作用的地下水运动102

(1) 渗流的基本公式102

(2) 边界条件103

(3) 流线网104

(4) 渗透力与流砂现象105

(5) 平面渗流	106
3.4 非重力水的运动	128
(1) 毛细水	128
(2) 毛细管上升高度与毛细管压力	128
(3) 毛细水的上升速度	128
(4) 毛细水的水平渗透速度	129
3.5 降低地下水位的方法	131
(1) 降低地下水位方法的种类	131
(2) 根据土质, 各种方法的适用范围	132
(3) 规划降低地下水位方法的概念	132
(4) 假想水井法	133
(5) 井点法	134
第4章 土的固结	140
4.1 超静孔隙水压力(中性应力)和有效应力	140
4.2 粘土的固结试验	142
4.3 压缩系数、体积压缩系数、固结系数、压缩指数	145
(1) 压缩系数	145
(2) 体积压缩系数	145
(3) 固结系数	145
(4) 一次固结比	146
(5) 压缩指数	146
(6) 天然固结应力	147
4.4 粘土地基的固结沉降量和沉降时间的计算	164
(1) 饱和粘土的沉降	164
(2) 正常固结粘土的瞬时沉降量	165
(3) 固结沉降量的计算公式	165
(4) 不饱和粘土的沉降	166
(5) 固结时间的计算	166
4.5 现场的快速固结方法	198
(1) 砂桩排水法	198
(2) 砂桩排水—井点法	201
第5章 土的剪切	206
5.1 土的应力和应变	206
(1) 土的应力-应变关系的复杂性	206

(2) 三轴压缩试验装置	206
(8) 固结过程中的动态	206
(4) 排水条件和不排水条件	208
(5) 三轴排水试验	209
(6) 三轴固结不排水试验	211
5.2 土的破坏条件	213
(1) 破坏、屈服和流动	213
(2) 破坏的种类及其引起的原因	213
(3) 土的破坏假说	213
(4) 莫尔-库伦破坏假说	214
5.3 土的剪切试验	216
(1) 土的剪切试验方法的分类	216
(2) 土的摩擦力和粘着力	218
(3) 根据贯入试验决定 c 、 ϕ	219
第6章 土压力	238
6.1 土体塑性平衡的基本假定	238
(1) 稳定计算	238
(2) 抗剪强度 S 的近似值	238
(3) 正应力 σ 和剪应力 τ 的关系	238
(4) 最大主应力 σ_1 和最小主应力 σ_3 的关系	239
6.2 塑性状态时土中应力的基本关系	241
(1) 科特-马森公式	241
(2) 亨吉公式	241
6.3 主动土压力、被动土压力和静止土压力 (之一)	248
蓝金塑性平衡状态 (蓝金土压力理论)	248
6.4 主动土压力和被动土压力 (之二)	261
库伦土压力理论	261
6.5 作用在挡土墙上的土压力	262
(1) 没有地表面荷载时	262
(2) 有地表面荷载时	264
(3) 在挡土墙高度范围内有若干不同土层时	264
(4) 土与混凝土墙背面的摩擦角 δ	265
(5) 地震时的土压力	265
6.6 作用在地下墙壁上的土压力	281
(1) 没有地表荷载时的土压力	281

(2) 有地表荷载时的土压力	282
6.7 作用在板桩墙上的土压力	284
(1) 作为支承结构的板桩墙背面上的土压力分布	284
(2) 板桩墙埋置深度的计算	284
第7章 基础的承载力	307
7.1 扩大基础的承载力	307
(1) 基础设计的规定	307
(2) 砂土的极限承载力	307
(3) 粘土地基的极限承载力	307
(4) 一般土的极限承载力	307
(5) 容许承载力	310
(6) 利用荷载试验结果的方法	311
(7) 扩大基础的沉降	312
7.2 桩基础的承载力	328
(1) 静力学的承载力公式	328
(2) 动力学的承载力公式	331
(3) 群桩	334
(4) 摩擦桩的沉降	336
(5) 负的侧面摩擦力	336
第8章 竖直面与斜坡面的稳定	353
8.1 竖直面的稳定	353
(1) 竖直面的临界高度	353
(2) 竖直面高度的安全系数计算	354
8.2 均质土斜坡圆弧滑移计算法	355
(1) 滑移面的位置	355
(2) 采用稳定系数 N_s 的方法	356
(3) 饱和粘土地基的情况	357
(4) 有粘着力和內摩擦角地基的情况	359
8.3 非均质土斜坡的圆弧滑移计算方法	364
(1) 一般情况	364
(2) 地震时的情况	364
(3) 可以忽视孔隙水压力的情况	365
(4) 均质砂的情况	365
(5) 均质粘土的情况($\phi = 0$)	365

〔6〕 拉裂的计算	365
〔7〕 挡土墙浅层剪切滑移计算	366
〔8〕 绕板桩下部地基的旋转滑移计算	366
第9章 土中的竖直应力分布	405
〔1〕 关于集中荷载产生的土中竖直应力的分量的计 算式	405
〔2〕 关于分布荷载产生的土中竖直应力的计算方法	405
第10章 软土地基的加固方法	424
〔1〕 软土地基加固方法分类	424
〔2〕 砂桩排水施工方法	425
第11章 综合问题	449

第 1 章 概 论

1.1 什么是工程土力学

工程土力学以研究土的强度和变形性质的土力学为理论基础，是为指导结构物的基础工程和各种土工结构的设计与施工而发展起来的一门学科。

工程土力学比其他结构工程学难度较大，而其发展缓慢的原因，是由于它所研究的对象，与人造的连续体材料，即所谓单相体系材料为对象的其他结构工程学不同，工程土力学是以天然形成的、不定形的矿物颗粒集合的粒状体，而且是颗粒之间充满了水和空气的混合物，即所谓三相体系材料的土作为对象的。土受力作用时的应力-应变关系，比钢、混凝土等其他建筑材料复杂。也就是说，建筑工程里所采用的材料，除土以外，都是根据作用在材料上的“应力水平”，从小应力到大应力，相应表现出刚性、弹性、塑性、流体的性质。而目前一般建筑工程学所研究讨论的应力水平，绝大多数是使“材料保持在弹性范围之内”。也就是说，在钢一类金属材料或混凝土的设计时，都是按“弹性理论”进行的，在特殊情况下，是按“塑性理论”进行的。而土是矿物质“土粒”的不规则集合体，同时又是与“水”和“空气”的混合物，土颗粒的大小和形状，及其混合状态是千变万化的，所以产生在土中的应力和应变以及在土中的传递状态，不能找到简单的规律性。并且由于在土颗粒相互接触而形成“土骨架结构”的孔隙中，充满了水和空气，所以当土体中应力作用时，很少明确表现为仅仅是土骨架结构的应力-应

变关系，而且包含有水和空气的压缩性、以及水和空气在孔隙中移动的影响等产生的“土的变形”。因而，在应力作用的土体中，具有特殊的“相”，这个“相”是由于“土骨架结构的变形”、“孔隙水的移动”和“孔隙空气的移动”等所对应的物质特性，在动态中显示出来的。这便是把土称为三相体系材料的理由。

另外，由于天然堆积的地基缺乏均质性，常常表现出只要位置稍有变化，土的性质就不一样。为此，判断地基的工程特性是相当困难的，可以说，根据少量的试样，是不能正确判断整个地基的工程特性的。而且，地基深处的试样，要完全保持原状性质不变，这也是非常困难的，采样工作看起来很容易，但要做时，也需要多加研究。

为了在性质复杂的土所形成的地基上安全的建造结构物，必须运用一切有关知识，掌握地基破坏与沉降有关的特性。也就是为了了解土颗粒的性质，必须应用地质学；为了解有关堆积状态，必须应用地貌学和地理学；为了解有关地基的应力-应变的关系，必须应用弹性力学、粘弹性力学、塑性力学等。

土木工程或建筑工程，有史以前就已经进行了。但是，当时根本不可能确立现在所用的那些公式和计算方法，实际上只是根据人们的经验和以经验为基础的直观感觉为出发点进行建筑的。这些经验系统化了，便成为规律性的经验，就可以回来指导尔后的工程。由于经验的积累和其他科学理论的出现，就可以用这些新的理论来说明和补充规律性的经验，这就形成了理论。但是，工程土力学的问题，仍然在很多领域里没有理论可循，为了确定具有普遍性的解决问题方法，还要付出极大的努力。在此情况下，就需要依赖于正确的实测数值。

建造结构物时，在确定场地与结构物的大小布置方案的同时，必须研究确定对结构物来说是稳定的位置，并对此位置必须进行慎重的现场勘探，分析研究勘探的结果，决定合理的基础形式。如果现场勘探的位置、数量、精度不好而又不充足，则无法确保结构物的安全性。如果进行过多的勘探，则经济上又不合理，因而，这两者要作到恰如其分是不容易的。

1.2 基 础

【1】基础的重要性和必要条件

所谓基础，指的是结构物直接接触地基的部分，是为了把上部结构的荷载传递给地基所设置的结构部分。因而，一个好的基础必须具有能支承其上面的上部结构，又能将荷载巧妙地分散传递到下面地基中的功能。一个好的荷载分布，指的是在基础下面的地基中，不会产生过大的应力，也不会因局部过大应力而造成地基不均匀下沉，进而使结构物开裂和发生其他损伤。

如上所述，基础是很重要的，以下列举基础应该满足的适合条件。

(a) 具有最小埋置深度 由于地基表层是软弱层，不能建造基础，必须将基础下降到硬的持力层上。这是决定最小埋置深度的条件。

(1) 基础必须设置在经受干湿反复而造成季节性体积变化的地基土层之下更深的位置。该深度是随着土的性质、当地气候条件而变化。可认为大约在地表以下深于1 m之处，收缩、膨胀引起的影响较少。可根据容易发生收缩、膨胀的地区，调查结构物的埋置深度，或挖试坑观察其侧面，决定所需的埋置深度。

例如设有锅炉和火炉等的结构物，由于有热发生，粘性土地基往往会干燥而收缩。

在寒冷而潮湿的地方，膨胀主要是由粉土层受冻形成冰冻层而发生的，这个膨胀力能使结构物拱起而破坏。

(2) 桥梁墩台基础要埋置在比将来河流疏浚开挖深度及河床的冲刷深度(冲刷面)更深的位置上。

(3) 在城市，基础的埋深要考虑不对相邻结构物的基础产生影响。

(b) 满足稳定条件 结构物基础下面的土层，能够安全地支承上部荷载这点是必要的。同时，土层对于剪切破坏的极限承载力，还必须有充分的安全系数。

(c) 沉降不超过容许值条件 几乎所有结构物的基础下面的土层都产生沉降。对结构物的总体沉降，不均匀沉降，必须在容许值以内。

(d) 关于基础施工的可能条件 基础工程必须满足在技术、经济方面的要求。

【2】基础类型的选用

如上所述，基础具有多方面的重要性，因此，决定基础的类型时一般应考虑以下四个方面：

(a) 结构物的功能 所谓结构物的功能，指的是结构物是刚性的还是柔性的性质，以及使用目的和使用条件的性质。在选择基础类型方面所需要的，主要是必须考虑上部结构的相对变形。

(b) 有关基础的荷载 基础设计时所考虑的荷载有：

(1) 结构物的静荷载、活荷载。

(2) 开挖前，基础底面以上土的有效重量。

(3) 侧向作用的荷载，即活荷载产生的侧向荷载、风荷载、土压和地震荷载等。

(4) 振动荷载。

(c) 地基土的状态 必须预先调查清楚埋设基础的地基(持力层)和其下面的地基(压缩层)是由怎样的土所构成的。也就是必须调查是由砂、砾石等粗颗粒所构成的砂质土呢?还是由粉土、粘土等细颗粒构成的粘性土,以及它们的密实程度和强弱程度。

(d) 上部结构与基础工程费用的比较 通常必须考虑上部结构物工程费用与基础工程费用的均衡程度。实际上,根据以上所述,各种因素是有相关性的。因此,对于一个结构物的基础,可有几种形式,要选用其中最经济合理的。

【3】基础的分类

一般基础可分成浅基础和深基础。

(a) 浅基础 所谓浅基础,一般指的是基础的埋置深度 D_f 与基础宽度 B 之比 D_f/B 小于1的情况,用在持力层比较浅的场合。

(1) 扩大基础 为了把上部结构物的荷载强度减小到地基能够容许的最大值,可用扩大墙或柱的方法。支承单一柱时,叫做独立扩大基础,支承几个柱时,叫做联合扩大基础,支承墙时,叫条形扩大基础。

(2) 筏片基础 与持力层相接触的是一整块大小与上部结构物全面积相同的板,也可称为底板或板梁筏片基础。

(b) 深基础 所谓深基础一般是指 D_f/B 大于1的情况,当因地基上部的土层非常软弱,不能支承荷载时,采用贯穿上部土层,把荷载传到深处持力层的基础工程。有桩基础和墩基础。桩基和墩基的不同点主要是施工方法,桩基是打入和挤入到地基内,并挤压桩周围的土而构成的,而墩基则是在开挖地基之后,设置在地基之上的。