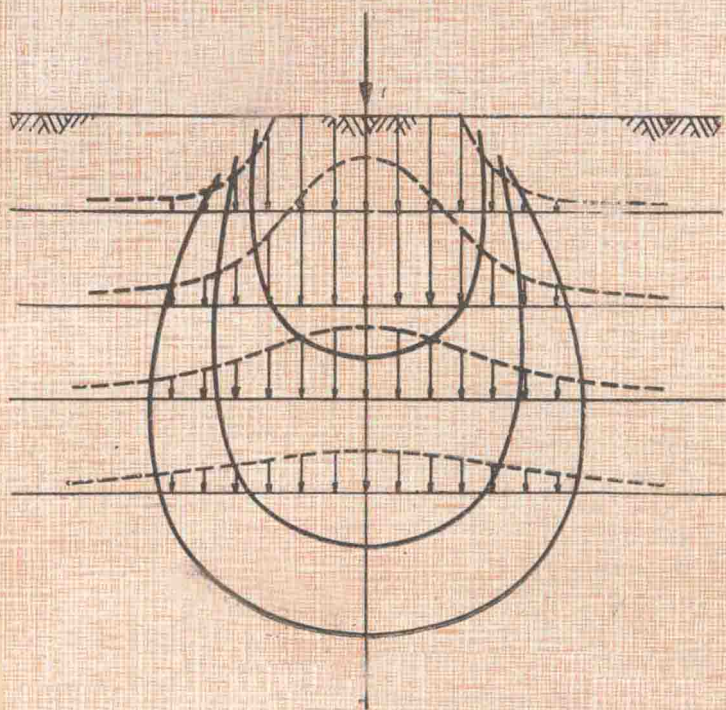


[日] 伊藤 实 著

简明土力学例题集



ONGBEI SHUIDIAN ZHUANKE XUEXIAO

簡明土力学 例題集

〔日〕 伊 藤 实 著

姜云良 丁喜林

金国宝 译

李焕亚 常卫国

东北水利水电专科学校

简明土力学例题集

〔日〕伊藤实著

姜云良 等译

* * *

编辑：东北水利水电专科学校

印刷：东北水利水电学校印刷厂

吉林省出版局（86）6334号批准

前 言

本书是以在工业高等学校和工业专科学校土木专业和建筑专业学习的广大学生，以及活跃在生产、科研等工作单位的广大中级技术人员为对象，作为自学“土力学”的基础而编著的一本书。

在本书编写中，特别注意到以下几个方面：

一、为了做到系统地加深理解，从基本理论到应用按顺序列举例题加以说明。

二、在计算方面，避免单纯罗列公式，在理解公式的推导和公式本身意义的基础上进行了演算。

三、在用语方面，尽可能地以学术用语为依据。

然而，由于著者学疏才浅，在本书的编写上，还有很多不足之处，可能会给广大读者带来某些困难，所以，期待着大家直言不讳地给予批评指正。

通过学习，肯定会使读者掌握一些“土力学”的知识并唤起对“土力学”的兴趣，希望大家以此为基础，向更高的研究领域迈进。

最后，在本书出版之际，在此向给予极大支持的工业出版社以及给予鼓励的前辈和各界友人表示深切的谢意。

著 者

译 者 的 话

本书的作者是日本学者伊藤实，他对本书先后做了三次修改。译者是根据第三次修订版（1983年版）译出的。内容由浅入深，通俗易懂，简明实用，既有理论阐述又有解题的方法和步骤，因此，本书既可作为高等工科院校、职工大学、中专学校学习水利、土木建筑专业的学生自学丛书，也可作为从事水利及土木建筑工程的工程技术人员良好的参考书。

本书由姜云良（第一章、第二章）丁喜林（第三章、第四章）金国宝（第五章、第七章）李焕雅（第六章）常卫国（序言、第八章、第九章）翻译。全书由金国宝校译，并由土力学教研室主任罗家枢付教授审订。

在本书翻译出版过程中，得到了学校领导和有关部门的大力支持，书中全部插图由马丽文同志描绘，在此一并致谢。

由于译者水平有限，译文中难免有不妥和错译之处，恳请读者给予批评指正。

译者

1986年6月

目 录

第一章 土的基本性质

- 1—1 土的组成.....(1)
- 1—2 土的物理性质指标
 - 1—2.1土的比重
 - 1—2.2含水量
 - 1—2.3孔隙比和孔隙率
 - 1—2.4土的饱和度
 - 1—2.5土的密度
 - 1—2.6密度、比重、含水量、孔隙比、饱和度之间的相互关系
 - 1—2.7相对密度
- 1—3 土的压实
- 1—4 土的稠度

第二章 土的工程分类

- 2—1 土的粒度和粒度试验.....(33)
- 2—2 土的分类
 - 2—2.1土根据粒度的分类
 - 2—2.2按粒度和稠度分类

第三章 土的渗透性和毛细现象

3—1 达西定律和渗透系数……………(69)

3—2 影响渗透系数的因素

3—3 渗透系数的测定方法

3—4 成层土的渗透系数

3—5 用经验公式估算砂的渗透系数

3—6 流网

3—6.1 流网及其性质

3—6.2 透水性地基流网的绘制法和渗流量的计算方法

3—6.3 土坝内流网的绘制和渗流量的计算方法

3—7 渗透压力

3—7.1 有效压力和中性压力

3—7.2 流砂

3—8 土的毛细现象和冻胀

第四章 土的固结

4—1 固 结……………(111)

4—2 固结试验

4—2.1 固结试验结果的整理方法

4—2.2 $e-\log P$ 曲线

4—2.3 压缩指数、压缩系数、体积压缩系数以及压缩
沉降量

4—2.4 先期固结应力

4—3 固结沉降量及其历时的计算

4—3.1 固结度和时间因数

4—3.2 固结系数

4—3.3 建筑物地基土层的沉降量和固结历时的计算

4—3.4由固结试验结果求渗透系数

第五章 土的强度

5—1 概述.....(146)

5—2 土的抗剪强度

5—2.1库伦公式

5—2.2莫尔圆和土的破坏条件

5—3 土的剪切试验

5—3.1概述

5—3.2直接剪切试验

5—3.3三轴压缩试验

5—3.4单轴压缩试验

5—3.5十字板剪切试验

5—4 砂的剪切特性

5—5 粘土的剪切特性

5—5.1扰动的影晌

5—5.2先期固结压力和排水条件的影晌

第六章 土压力

6—1 概述.....(186)

6—2 库伦土压力理论

6—2.1主动土压力

(1) 主动土压力的一般公式

(2) 有地面荷载情况下的主动土压力

(3) 墙背为非均质土时的主动压力

6—2.2被动土压力

6—2.3库伦土压力的图解法

(1) 庞斯雷〔Poncelet〕图解法

(2) 库尔曼〔Culman〕图解法

6—3 朗肯〔Rankine〕土压力理论

6—3.1 地表面水平情况下的朗肯土压力

6—3.2 地表面为倾斜时的朗肯土压力

6—3.3 墙后回填一般土 ($\phi > 0$, $C > 0$) 时的朗肯土压力

第七章 斜坡和直立边坡的稳定

7—1 滑动面为平面时的斜坡及直立边坡稳定…(231)

7—1.1 临界高度和稳定系数

(1) 斜坡的临界高度

(2) 直立边坡的临界高度

7—2 滑动面为圆弧时斜坡的稳定

7—2.1 粘性土 ($\phi = 0$, $C > 0$) 的斜坡稳定计算

(1) 根据破坏种类, 用图表确定稳定系数及临界高度

(2) 根据图表确定临界圆

(3) 稳定计算

7—2.2 一般土 ($\phi > 0$, $C > 0$) 的斜坡稳定

(1) 稳定计算

(i) 摩擦圆法

(ii) 条分法 (瑞典法)

(2) 临界高度

第八章 地基内的应力分布

8—1 集中荷载作用在地面的情况……………(255)

8—2 均布荷载作用的情况

8—2.1 纽马克〔Newmark〕法

8—2.2 影响圆法

8—2.3 波斯頓大廈法

8—2.4 圓形基礎下的垂直應力

8—3 梯形分布荷載（填土）下的垂直應力

第九章 地基的承載力

9—1 淺基礎的地基承載力……………(276)

9—2 深基礎（樁基礎）的承載力

（1）靜力學公式

（2）群樁的承載力

（3）動力學公式

第一章 土的基本性质

1—1 土的组成

例题 1—1 试叙述土的组成。

解：土是矿物颗粒的集合体。因此，它是由粗细不同的矿物颗粒部分（称为土粒）和颗粒之间的孔隙部分所组成。孔隙由水和空气或其他的气体充填。可以认为，地下水面以下土的孔隙是饱和的。于是土的组成模式图如图1—1所示。



图 1—1 土的组成

此外，土的各个组成部分以下列符号表示。

体积：

总体积： V

土粒体积： V_s

水的体积： V_w

气体体积： V_a

孔隙体积： V_v

重量：

总重量: W

土粒重量: W_s

水的重量: W_w

气体重量: $W_a = 0$

孔隙部分重量: $W_v = W_w$

1—2 土的物理性质指标

1—2.1 土粒比重

例题 1—2 什么是土粒比重。

解: 土的比重包含孔隙部分, 换句话说不是纯土粒的比重, 要注意, 土粒比重指的是土颗粒本身的比重, 亦即构成一种土的所有土粒的平均比重。土粒比重的定义如下:

“在某一温度中, 某一体积的材料在空气中的重量和同体积的蒸馏水的重量之比。” 以下式表示。

$$\begin{aligned} \text{土粒比重 } G_s &= \frac{\text{某一体积土颗粒的重量}}{\text{在某温度时同体积蒸馏水的重量}} \\ &= \frac{W_s}{V_s [\gamma_w]_{T_a}} \quad (1-1) \end{aligned}$$

式中, W_s 土粒重量

V_s 土粒体积

$[\gamma_w]_{T_a}$: 表示在某一温度 T_a °C (15°) 时, 蒸馏水的单位体积重量。

例题 1—3 一般的土粒比重是多少。

解: 土粒比重, 对于无机土大约是 2.6~2.8; 对于砂土, 大部分由石英 (比重为 2.7) 组成的颗粒其比重大约为

2.65。对于含有机物质的土其比重大多数小于2.6。

例题 1—4 试说明土粒比重试验的原理

解：为了求得土粒比重所进行的试验称为土粒比重试验。这里，求（1—1）式中分子与分母的比值，即可得土粒比重。首先采用烘箱将土料中的水分蒸发，测定土粒的净重 W_s 。根据下面的原理求出这个净重 W_s 所具有体积 V_s 。亦即把土粒放在水中，求出土粒排出水的重量。

现在，设容器充满水，容器与水的重量为 W_a （如图1—2（b）），将土粒浸入水中测出容器、土粒与水的重量 W_b （如图1—2（c）），这样被土粒排出的水重量是：

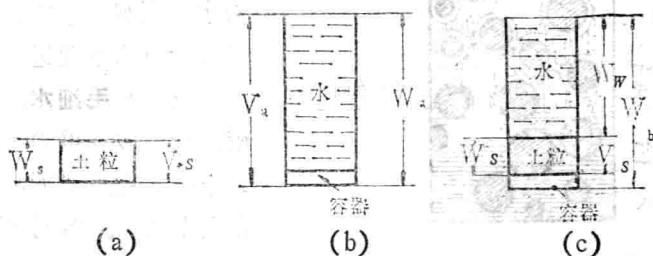


图 1—2 测定的原理

$$W_a - (W_b - W_s) = W_s + (W_a - W_b)$$

如果测得 W_a ， W_b 时水的温度，就可求出土粒的体积 V_s

$$V_s = \frac{W_s + (W_a - W_b)}{[\gamma_w]_T}$$

式中 $[\gamma_w]_T$ 是在温度 $T^\circ\text{C}$ 时水的单位体积重量，因此，当土粒在 $T_a^\circ\text{C}$ 时的比重 G_s ，由式（1—1）可得：

$$G_s = \frac{W_s}{V_s [\gamma_w]_{T_a}} = \frac{W_s}{W_s + (W_a - W_b)} \cdot \frac{[\gamma_w]_T}{[\gamma_w]_{T_a}} \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

式中作为标准温度 $T, ^\circ\text{C}$ 是 15°C 。

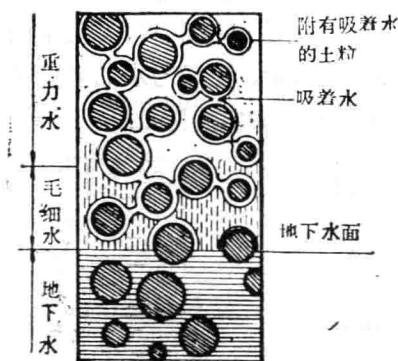
土粒的比重试验在规范JISA1202中作了规定。

1—2.2 含水量

例题 1—5 试说明土中水存在的状态。

解：图 1—3 表示地层中水分存在的状态模式图。

这里：



(1) **重力水：**受重力作用，在土粒之间的孔隙中渗透的水叫重力水。雨水在土中浸透时成为重力水浸透。

(2) **毛细水：**降雨的大部成为重力水渗入土中，变成地下水，在土中流动。然而地下水面附近的土层，由于

图 1—3 土含有的水
毛细管作用上升到孔隙中的水叫毛细水。

(3) **吸着水：**吸附在土粒表面上的一层薄薄的水膜叫吸着水。由于表面张力，粘着性大，吸着水必须在高温加热时才能除掉。

例题 1—6 什么叫含水量。

解：土中水的重量和土粒的重量的比值(用百分率表示)叫含水量 (w)。

$$\text{含水量 } w = \frac{\text{土中水的重量}}{\text{乾土重量}} \times 100 (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$= \frac{W - W_s}{W_s} \times 100(\%) \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

例题 1—7 土的自然含水量大约是多少？

解：对于粗粒土（砂、碎石）含水量小，大致在20%以下；对于细粒土，含水量较大，粘土在40%以上，有机质土则更大，可达到200%以上；对于关东亚粘土在 100—150%左右。

例题 1—8 试说明土的含水量试验方法。

解：在规范JISA1203中列有“土的含水量试验方法”。

这种方法，可用简单地图示，如下图1.4。

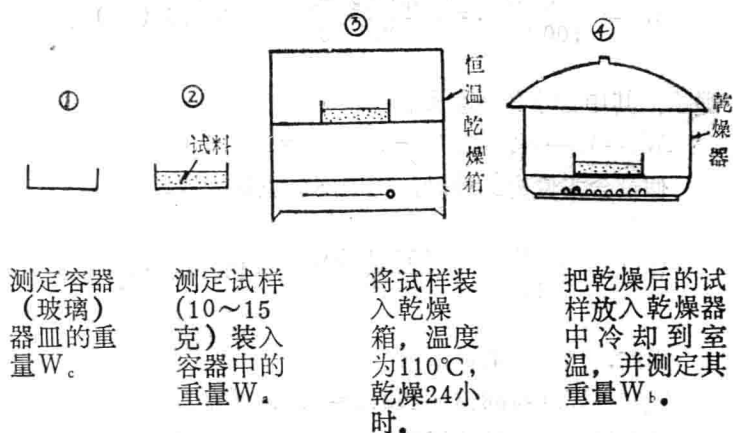


图 1—4 含水量的试验方法

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{W_a - W_b}{W_b - W_c} \times 100(\%) \quad \dots\dots\dots (1-4)$$

例题 1—9 对某种砂质土进行含水量试验，得到下列结果，试求含水量。

$$W_c = 15 \text{克}, W_a = 52.46 \text{克}, W_b = 50.42 \text{克}.$$

$$\text{解: } W_w = W_a - W_b = 52.46 - 50.42 = 2.04 \text{ (克)}$$

$$W_s = W_b - W_c = 50.42 - 15 = 35.42 \text{ (克)}$$

$$\therefore w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{2.04}{35.42} \times 100 = 5.75 (\%)$$

例题 1—10 有一土样，含水量为16%，重量为2164克，欲把这种土的含水量变为25%时，则需要增加多少克水。

解：由式（1—3）可求得含水量为16%，重量为2164克土的土粒重量为：

$$W_s = \frac{100W}{100+w} = \frac{100 \times 2164}{100+16} = 1865.5 \text{ (克)}$$

那么，其中含水的重量是：

$$W_w = W - W_s = 2164 - 1865.5 = 298.5 \text{ (克)}$$

假设含水量为25%时，土中水的重量为 W_w'

$$W_w' = \frac{w \cdot W_s}{100} = \frac{25 \times 1865.5}{100} = 466.4 \text{ (克)}$$

因此，增加水的重量为

$$W_w' - W_w = 466.4 - 298.5 = 167.9 \text{ (克)}$$

（另解）含水量的增量为 $25 - 16 = 9 (\%)$

增加水的重量为 $W_s \times 0.09 = 167.9 \text{ (克)}$

例题 1—11 有一土样含水量为18%，重量为1860克，为使含水量变成24%，问需增加含水量为30%的同一种土多少克？

解：在含水量为18%的1860克土中含土粒重量为 W_{s1} 。

$$W_{s1} = \frac{100W}{100+w} = \frac{100 \times 1860}{100+18} = 1576.3 \text{ (克)}$$

假设增加的土重量为X，其含土粒重量为 W_{s2}

$$W_{s2} = \frac{100x}{100+30} = \frac{100x}{130} = 0.769x \text{ (克)}$$

由式 (1—3)

$$w = \frac{W - W_s}{W_s} \times 100$$

即

$$\begin{aligned} 24 &= \frac{(1860+x) - (W_{s1} + W_{s2})}{W_{s1} + W_{s2}} \times 100 \\ &= \frac{1860+x+1576.3-0.769x}{1576.3+0.769x} \times 100 \end{aligned}$$

整理得：

$$0.046x = 94.6$$

$$\therefore x = 2056.5 \text{ (克)}$$

1—2.3 孔隙比和孔隙率

例题 1—12 试说明孔隙比 e 和孔隙率 n

解：土的孔隙量是用孔隙比和孔隙率来表示的。

所谓土的孔隙比是指土的孔隙体积 V_v 和土粒体积 V_s 之比，用符号 e 来表示。

$$\text{孔隙比 } e = \frac{\text{孔隙的体积}}{\text{土粒的体积}} = \frac{V_v}{V_s} \quad \dots\dots\dots (1-5)$$

另外，所谓孔隙率是土的孔隙体积 V_v 和土的总体积 V 的比值，用百分率表示，其符号为 n 。