

高 等 学 校 教 材

Tulixue yu Diji XiTiji

土力学与地基习题集

李同田 张学言 主编

人 民 交 通 出 版 社

高 等 学 校 教 材

Tulixue yu Diji XiTiji

土力学与地基习题集

李同田 张学言 主编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书主要是为港口与航道工程和海洋石油工程专业的《土力学与地基》教材配套所用之书。本书也适用于水利水电工程、农田水利工程、工业民用工程、公路桥涵工程和铁道桥涵工程等建筑专业的大学生和研究生使用。同时可供从事“土力学与地基”的技术和设计人员参考。

本书内容包括：土的物理性质、土中应力、土的变形、土的渗透与固结、土的抗剪强度、土压力、地基承载力、边坡稳定、有效应力原理、土的动力特性、土的本构关系、软土地基设计、软土地基处理、特殊土地基和桩基共十五章。

高等学校教材

土力学与地基习题集

李同田 张学言 主编

责任编辑 阎育丹

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：9.75 字数：211千

1986年6月 第1版

1986年6月 第1版 第1次印刷

印数：0001—7,200册 定价：1.40元

前 言

习题集是教材建设中的一个重要组成部分。一本好的习题集，不仅能够加强和提高课堂上的基本概念和理论，而且还可以提高学生分析问题和解决问题的能力。虽然近几年来，我国出版了许多有关专业的土力学教材，但国内至今尚未出版过一本《土力学与地基》的习题集。根据长期教学实践中的体会，深感有一本较好的、完善的和系统的习题集配合教材使用，能够更好地提高教学质量。

本书主要是与我校1985年编写的《土力学与地基》教材配套使用。结合我校多年来的教学经验，又参考了近几年国内外有关教材和习题集，丰富和更新了原有习题集内容，在此基础上我们重新编写了《土力学与地基习题集》。因此本书是一本比较好的、完整的习题集。习题中纳入了少量难度较大的试题，各章除有较多的练习题外，并有计算答案，适合本科大学生和研究生使用。

本书有算例约70余道、各类习题约400余道，各章中还简要地介绍了计算原理和列举了典型算例和解题方法等。对自学《土力学与地基》的技术人员和工程师也是一本有益之书。

本书由李同田、张学言主编。各章分别由下列同志负责编写：耿久月编写第一章，李同田编写第二、三、四、十四章，杨进良编写第六、八章，要明伦编写第七、十章，张学言编写第九、十一、十五章，陈环编写第五、十二、

目 录

1	第一章	土的物理性质	1
2	第二章	地基应力计算	16
3	第三章	地基变形计算	53
	第四章	渗透与固结	84
7	第五章	土的抗剪强度	102
	第六章	土压力	119
9	第七章	地基承载力	141
	第八章	土坡稳定分析	164
	第九章	有效应力原理	185
	第十章	土的动力特性	206
	第十一章	土的本构关系及模型简介	222
	第十二章	软土地基设计	243
	第十三章	软土地基处理	252
	第十四章	几种特殊土地基及其处理	267
	第十五章	桩基	276
	习题答案*		283
	主要参考书		305

第一章 土的物理性质

I. 基本原理与算例

一、土的组成和三相量指标

土是岩石经过物理、化学风化和生物作用的产物。一般由固体颗粒、水和气体组成。由于土的固体颗粒、水和气体三者不同物质之间相互分散存在，故土又叫三相分散系。

为了弄清土粒，水和气体三者相对含量对土的性质的影响，要求出土的三相量之间的比例关系，如图1-1所示。

由定义和图1-1可得：

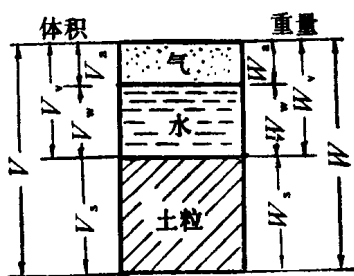


图1-1 土的三相量图

V -总体积； W -总重量； V_w -水体积； W_w -水重量； V_v -孔隙体积； W_v -孔隙重量； V_s -土粒体积； W_s -土粒重量； V_a -气体体积； W_a -气体重量

$$\text{土的容重(密度)} \gamma = \frac{W}{V}$$

$$\text{含水量 } w = \frac{W_w}{W_s} (\%)$$

$$\text{土粒相对密度 } G = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$$

通过试验测得 γ 、 w 、 G 可换算出下述指标:

$$\text{饱和容重 } \gamma_m = \frac{W_s + V_v \gamma_w}{V}$$

$$\text{浮容重 } \gamma' = \frac{W_s - V_s \gamma_w}{V} = \gamma_m - 1$$

$$\text{干容重 } \gamma_d = \frac{\gamma}{1 + 0.01w}$$

$$\text{孔隙比 } e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1 - n}$$

$$\text{孔隙率 } n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1 + e} (\%)$$

$$\text{饱和度 } S_r = \frac{V_w}{V_v} (\%)$$

例1-1 已知土样体积 $V = 38.40 \text{ cm}^3$, 湿土重量 $W = 0.6721 \text{ N}$, 在烘箱内经24小时烘干后, 测得其重量 $W_s = 0.4935 \text{ N}$, 试求: 土的容重 γ ; 含水量 w ; 干容量 γ_d ; 孔隙比 e ; 孔隙率和饱和度 S_r 。试验测得 $G = 2.69$ 。

解: 测定含水量的标准是烘箱温度保持在 105°C , 将土烘干。

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{0.6721}{38.40} = 0.0175 \text{ N/cm}^3 = 17.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{0.4935}{38.40} = 0.01285 \text{ N/cm}^3 = 12.85 \text{ kN/m}^3$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{0.6721 - 0.4935}{0.4935} = 36.19\%$$

$$e = \frac{G\gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{0.0269}{0.01285} - 1 = 1.093$$

$$n = \frac{e}{1+e} = \frac{1.039}{1+1.039} = 52.22\%$$

$$S_r = \frac{Gw\gamma_w}{e\gamma_w} = \frac{0.3619 \times 0.0269}{0.01093} = 89.07\%$$

二、土的级配和分类

土的级配是指组成土颗粒组合的搭配比例，也可以用粒径级配积累曲线表示。常用半对数直角坐标绘制粒径级配曲线。横坐标为颗粒的直径 ^{α} ，纵坐标为小于（或大于）某粒径占全部土粒重量中的百分比。土的粒径级配试验，主要目的是对土进行分类。（土重划分）

在粒径级配曲线上，相当于累积百分比为10%的粒径， D_{10} 通常叫有效粒径。相当于累积百分比为60%的粒径 D_{60} 与 D_{10} 的粒径之比（即 D_{60}/D_{10} ）叫做不均匀系数 C_u 。

工程中常把 $C_u > 10$ 的土称为级配良好的土，把 $C_u < 5$ 的土称为级配均匀的土。当评价土作为建筑材料是否适宜时，常常用这些粒径指标。例如 $D_{10} = 0.006 \text{ mm}$ ， $D_{60} =$

0.180 mm ，则 $C_u = \frac{0.180}{0.006} = 30$ 。说明该土料级配良好。

有效粒径 D_{10} 还可根据经验公式近似地确定砂土的渗透系数。

例1-2 某土样，取干土重 5N，全部通过了10mm 筛孔的筛子。筛分结果如表1-1。

表1-1

筛孔直径 (mm)	留筛土重	筛下土重	留筛土重占总 土重百分数(%)	小于该筛孔径的土重 占总土重百分数(%)
5.0	0.25	4.75	5.0	95
2.0	0.35	4.40	7.0	88
1.0	0.40	4.00	8.0	80
0.5	0.35	3.65	9.0	73.0
0.25	0.60	3.05	12.0	61.0
0.1	0.85	2.20	17.0	44.0

上表中筛分土样小于0.1mm 的土重为2.20N，从其中取出0.40N 土样进行水分，结果如表1-2。

此土样
为细砂

表1-2

颗粒直径 (mm)	0.1	0.05	0.02	0.005
小于该粒径的土重 W	0.40	0.282	0.145	0.05
小于该粒径的土重占 0.4N 土重的 百分数%	100	70.5	36.4	12.5
小于该粒径的土重占总重量的百 分率%	44	31	16	5.5

根据表1-1和表1-2所得结果，绘制粒径级配曲线，如图1-2所示。

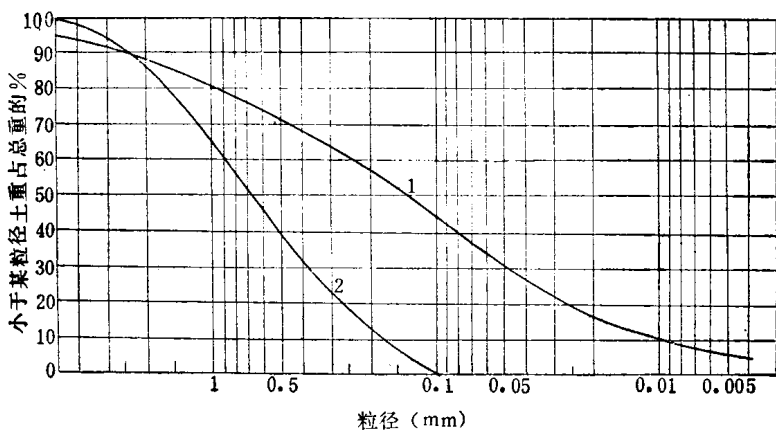


图1-2 颗粒级配曲线

三、土中水及其界限含水量

土中水的含量多少,直接影响土的性质。一般土中水可分为:

结合水——是指土中水在双电层范围内被土粒吸引其周围的水。

自由水——是土粒双电层吸引力以外的水。由于土中水存在的状态不同,它们对土的基本性质的影响也各异。其中结合水对土的性质、状态影响最大。它不仅对土的物理性质有影响,而且也影响土的力学性质。

粘土中含水量的变化,可使土处于不同状态。为弄清水对粘土性质的影响,必须研究其特征含水量(即界限含水量)。

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

土的可塑性是指土在外力作用下,土可塑成任何形状而不产生裂纹,外力除去后,能保持所塑成形状的性质。土的

固 半固 可塑 液
 w_s w_p w_L

液体状态与可塑状态的分界含水量叫液限，用 w_L 表示。可塑状态与半固体状态的分界含水量叫塑限，用 w_P 表示；半固体状态与固体状态的分界含水量叫缩限，用 w_Y 表示；三者统称特征含水量。土的稠度状态见图1-3。

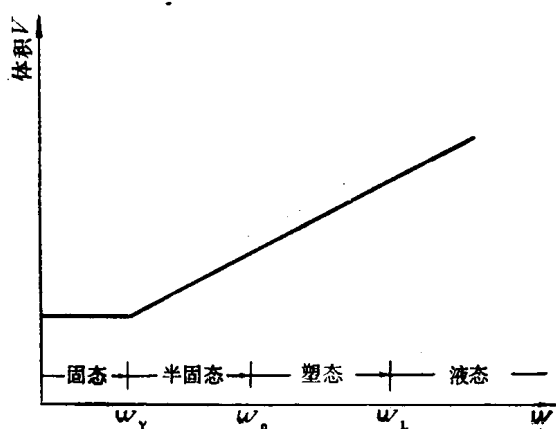


图1-3 土的稠度状态

液限与塑限含水量之差称塑性指数。

$I_P = w_L - w_P$ ，工程中常用它对粘性土进行分类。

液性指数定义为： $I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P}$ ，工程中常用它作为判

断粘性土状态的指标。

对砂土密实度的判断，一般常用以下三种方法：

1. 孔隙比法：如表1-3。
2. 相对密实度法：如表1-4。

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

相对密实度

3. 临界标准贯入击数法：如表1-5。

用孔隙比判断砂土的密实度

表1-3

土 的 名 称	密 实 度			
	密 实	中 密	稍 密	松 散
砾砂、粗砂、中砂	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.75$	$0.75 \leq e \leq 0.85$	$e > 0.85$
细砂、粉砂	$e < 0.70$	$0.70 \leq e \leq 0.85$	$0.85 \leq e \leq 0.95$	$e > 0.95$

用砂土密实度判断砂土的密实度

表1-4

密 实 度	松	中 密	密 实
$D_r (\%)$	< 33	$33 \sim 67$	> 67

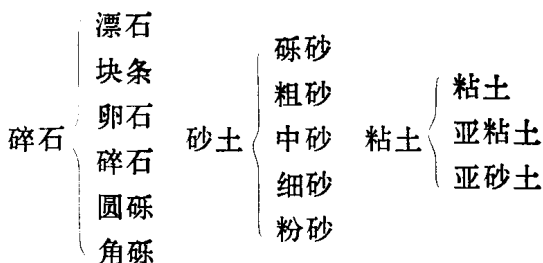
用标准贯入试验判断砂土密实度

表1-5

密 实 度	密 实	中 实	稍 松
锤击数 $N_{63.5}$	$50 \sim 30$	$29 \sim 10$	$9 \sim 5$

土的分类：

为了将自然界错综复杂的土给予系统的分析和归纳，以便更好地对于土进行研究和使用的。不同部门有不同的分法。目前国内外对粗粒土一般按粒径尺寸大小分类，对细粒土一般按塑性指数（或塑性图）分类。如我国有关规范中规定将土分为碎石、砂土和粘性土三大类。



例1-3 某土层的天然含水量为 $w = 47\%$ ，液限为 $w_L = 41\%$ ，塑限 $w_P = 18\%$ ，求塑性指数 I_P ，判断土的状态，定出土的名称。

解： $I_P = w_L - w_P = 41 - 18 = 23$

$$I_L = \frac{w - w_P}{I_P} = \frac{47 - 18}{23} = 1.26 > 1.0 \text{ 流动状态}$$

$$I_P = 23 > 17 \text{ 故属粘土}$$

例1-4 已知某砂土层饱和容重 $\gamma_m = 20\text{kN/m}^3$ ， $G = 2.68$ ， $e_{\max} = 0.72$ ， $e_{\min} = 0.57$ ，求其相对密度 D_r ，并判断其密实度？

解： $e = \frac{G - \gamma_m}{\gamma_m - 1} = 0.68$

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{0.72 - 0.68}{0.72 - 0.57} = 0.267 < \frac{1}{3},$$

故属松砂

四、土的压实性

土的压实性是指在重复或动荷载（压密或冲击）作用下将土压密。在工程中，通常需要根据工程的设计要求，将土压密（或冲击）到一定的密度，（常以 γ_d 表示），减小土的压缩性和提高土的强度。

通过室内、外试验证明，土的干容重 γ_d 、含水量 w 和压实功三者之间，有一定的关系和规律。工程中常希望能找到一种能满足设计要求的干容重和适宜的含水量以及对应的压实所需要的功最小。这种关系只能通过试验求得。不同的土通过压实试验，可以找到其对应压实功最小，相应的土干容重 γ_d 较大的含水量。工程界常把这种含水量叫最优含水量。

例1-5 土料室内击实试验数据如表1-6。

表1-6

含水量 $w(\%)$	5	10	20	30	40
湿容重 $\gamma(kN/m^3)$	15.86	17.6	19.4	20.2	20.6

试绘出 $\gamma_d - w$ 关系曲线，求出 最优含水量 和最大干容重。已知： $G = 2.7$ 。

解：由 $\gamma_d - w$ 曲线求得： $\gamma_d = 16.2 kN/m^3$ ， $w = 17\%$ 。

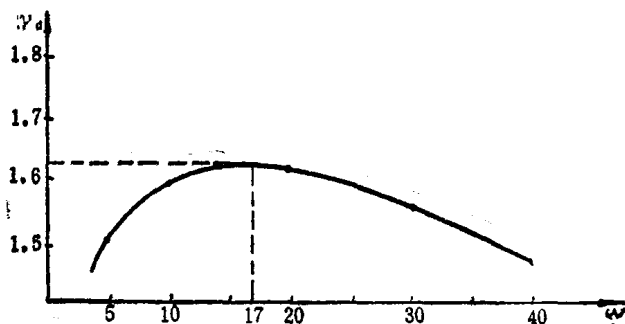


图1-4 击实曲线

II. 习 题

1-1 环刀体积为 80.5cm^3 ，重 0.84N 。切取湿土后称重为 2.432N ，从其中取湿土 0.1756N ，烘干后其重为 0.1522N ，求土的容重、含水量和干容重，并将结果用 kN/m^3 表示。

1-2 其土样的孔隙体积等于土粒体积，求孔隙比为若干？若 $G = 2.66$ ，求 γ_d ？当孔隙为水所充满时，求 γ_m 和 w ？

1-3 某试验，需制备含水量为 62% 的饱和土一立方米，现有含水量为 15.8 ， $G = 2.70$ 的湿土问需多少湿土和多少水？

1-4 推证以下关系：

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$$

$$\therefore \gamma' = \frac{G - 1}{G} \gamma_d$$

1-5 某港回淤的淤泥 $\gamma_m = 15.7\text{kN/m}^3$ ， $w = 74\%$ ， $G = 2.70$ ，欲用挖泥船清淤，挖除时需用水将淤泥混成 10% 浓度的泥浆（土粒占泥浆总重的 10% ）才可进行输送，问欲清除 100km^3 淤泥共需输送泥浆多少 m^3 ？

1-6 某土坝在施工中，上坝材料的相对密度 $G = 2.70$ ，天然含水量为 10% ，上坝时的虚土干容重 $\gamma_d = 12\text{kN/m}^3$ ，要求碾压后饱和度达到 95% ，干容重 16.8kN/m^3 ，如每日填筑坝体 5000m^3 ，问每日上坝虚土多少 m^3 ？共需要加水多少？

1-7 某土层的天然含水量 $w = 45\%$ ，液限 $w_L = 40\%$ ，塑限 $w_P = 18\%$ ，求塑性指数 I_P ，判断土的状态，并定出土

的名称。

1-8 求证土的浮容重：

$$\gamma' = \frac{(G-1)\gamma_w}{1+e} = \gamma_m - \gamma_w \quad \frac{2.70-1}{1+e} \times 10 \times \frac{1}{10} + \frac{10}{10} = 0.6$$

1-9 含水量为15%的土样200N，欲制成液限状态的土样，已知土的液限为60%，问需加水多少？

1-10 已知 $G = 2.70$ ， 1m^3 土中的土粒体积占 0.5m^3 。

1) 若水的体积为 0.3m^3 ，求 γ 、 γ_d 、 w 、 e 、 n 和 S_r 。

2) 若水的体积为 0.5m^3 ，求(1)中各值。

1-11 已知某粘土有关数据如下：

1) 天然容重 $\gamma = 18.4\text{kN/m}^3$ ，干容重 $\gamma_d = 13.2\text{kN/m}^3$ ；

2) 液限试验，取湿土 0.145N ，烘干后重 0.103N ；

3) 塑限试验，取湿土 0.052N ，烘干后重 0.041N ；

求解以下问题：

1) 确定土的天然含水量，塑限和液限含水量以及塑性指数和液性指数；

2) 确定土的名称和状态； $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V}{V_s} - \frac{V_s}{V_s} = \frac{V}{V_s} - 1 = 1.6$

3) 若(1)情况中土样是饱和的，确定其孔隙比，干容重，饱和容重和浮容重。已知 $G = 2.72$ 。

1-12 土样取自地下水位以下 10m 处，所受垂直压力为 100kPa ，在自然埋藏条件下其体积为 250cm^3 ，干容重 $\gamma_d = 13.5\text{kN/m}^3$ ，饱和度 $S_r = 95\%$ ，根据波义尔定律，求土样取出后体积的变化。已知 $G = 2.70$ 。

1-13 制备 200cm^3 的饱和土样， $G = 2.70$ ，含水量为 32% ，假定土样吸水膨胀，弱结合水达到最大厚度时的含水量为 50% ，求其可能的最大吸水量和体积膨胀量。

1-14 从甲、乙两地土层中各取出土样进行试验，液限 $w_L = 40\%$ ，塑限 $w_P = 25\%$ ，但甲地的天然含水量 $w = 45\%$ ，而乙地的 $w = 20\%$ ，试求甲、乙两地的地基土的液性指数 I_L 各为多少？判断其状态，哪一个地基的土较好？

1-15 设有 1m^3 石块，孔隙比 $e = 0$ ，打碎后孔隙比 $e = 0.5$ ，再打碎后孔隙比 $e = 0.6$ ，求第一次与第二次打碎后的体积？

1-16 取干容重 5.10N ，通过筛分和水分法测得其结果如表1-7。

表1-7

粒径(mm)	72	2~0.85	0.5~0.25	0.25~0.1	<0.1	<0.05	<0.005
重量 (N)	0	0.35	1.25	2.5	1.0	0.83	0.27

- 要求1)绘制土的级配曲线；
2)确定不均匀系数 c_u ，并判断其级配好坏。

1-17 某砂层饱和容重 $\gamma_m = 20\text{kN/m}^3$ ， $G = 2.67$ ，试验测得该砂最松状态装满 1000cm^3 的容器，需干砂重 15.5N ，最密状态则需干砂重 17N ，求其相对密实度。 $e_{\text{loose}} = 0.6$

1-18 三种土的土颗粒级配分布曲线如图1-5所示，回答下列说法哪些是正确的？

- 1) A 的不均匀系数比 B 大；☒
- 2) A 的有效粒径比 B 大；☒
- 3) A 可比 B 压实的干容重大；☒
- 4) C 所含的粘粒百分率最多。☒

1-19 已知 A 和 B 两种土的有关数据如下：