



高等学校土木工程系列教材

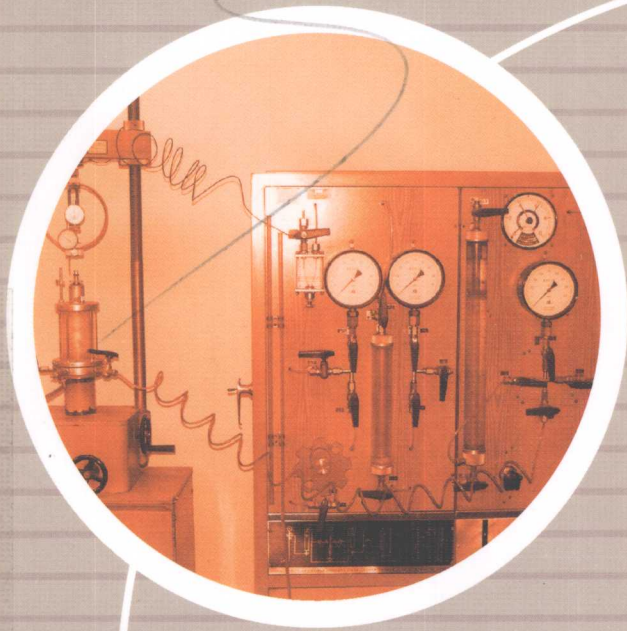
土力学

TULIXUE
SHIYAN ZHINAN YU SHIYAN BAOGAO

试验指南与试验报告

主编 赵铁立 丘祖华

主审 马建林



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

TU41/5

高等学校土木工程专业系列教材

2008

土力学试验指南与 试验报告

主编 赵铁立 邱祖华

主审 马建林

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第011821号

高等学校土木工程专业系列教材

土力学试验指南与试验报告

主编 赵铁立 邱祖华

责任编辑 林燕

封面设计 林燕

西南交通大学出版社

地址：成都北一路111号 邮政编码：610031 发行部电话：(028-87600264)

http://press.swjtu.edu.cn

西南交通大学出版社

西南交通大学出版社

·成都·

内 容 提 要

本教材分为土力学试验指南和土力学试验报告两个部分,土力学试验示范请登录 <http://jpkc.swjtu.edu.cn/c3/> 内容按四年制大学本科相关专业土力学教学大纲的基本要求编写,包括了土工试验中最常用的室内试验部分。

本教材可供大学房屋建筑工程、公路工程、铁路工程、民航机场工程、港口与航道工程、水利水电工程、市政公用工程等专业大学本、专科教学使用,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学试验指南与试验报告 / 赵铁立, 邱祖华主编.
成都: 西南交通大学出版社, 2008.2
(高等学校土木工程专业系列教材)
ISBN 978-7-81104-914-5

I. 土… II. ①赵…②邱… III. 土工试验—高等学校—教材 IV. TU41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 011851 号

高等学校土木工程专业系列教材

土力学试验指南与试验报告

主编 赵铁立 邱祖华

*

责任编辑 张波

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 5

字数: 124 千字 印数: 1—3 000 册

2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-914-5

定价: 8.50 元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

为了测定土的基本工程性质，为工程设计和施工提供可靠的计算指标和参数，必须进行相应的土工试验。这不仅在生产实践中十分重要，也对土力学学科理论的研究和发展起着决定性作用。

为了适应新世纪土力学课程的教学需要，本教材在编写时注重通过培养学生的动手能力，强化对土力学原理的理解和认识。并且尽量充分利用室内试验仪器设备，设制综合性试验项目，加深学生对土的基本性质的认识。

本教材内容包括了岩土工程勘察中常用的土工室内试验部分，对各项试验的原理、仪器设备、试验操作、试验结果计算与分析、测试指标用途等都做了详细地介绍，教学中可根据各专业教学大纲的具体要求确定相关试验项目及试验内容。

(5) 进入实验室后，要注意安全，爱护公物，保持安静。

(6) 每次试验完毕后，应自觉清洗仪器，做好室内清洁卫生。

编 者

2008年1月

试验须知

一、试验须知	1
(1) 学生必须随教学进度, 在规定的时间内前往实验室完成试验;	3
(2) 试验前应充分预习, 试验中应认真思考、分工协作、独立操作;	3
(3) 试验原始记录应随时填入《土力学试验报告》, 并注意检查试验结果的准确性, 以免返工;	9
(4) 试验报告要求文字工整, 计算准确, 图表清晰;	10
(5) 进入实验室后, 要注意安全, 爱护公物, 保持安静;	13
(6) 每次试验完毕后, 应自觉清洗仪器, 做好室内清洁卫生。	15
6.1 液塑限联合测定法	18
6.2 液、塑限联合测定法	19
7 渗透试验	21
7.1 常水头法	21
7.2 变水头法	22
8 标准固结试验	25
9 直接剪切试验	29
10 无侧限抗压强度试验	31
11 三轴剪切试验	35
二、试验报告	41
1 颗粒分析试验	43
1.1 筛析法	43
1.2 密度计法	45
2 容重试验	47
2.1 环刀法	47
2.2 蜡封法	48
3 含水率试验	49
4 土粒比重试验	50
5 击实试验	51
6 界限含水率试验	53

目 录

一、试验指南	1
1 颗粒分析试验	3
1.1 筛析法	3
1.2 密度计法	4
2 容重试验	9
2.1 环刀法	9
2.2 蜡封法	10
3 含水率试验	11
4 土粒比重试验	13
5 击实试验	15
6 界限含水率试验	18
6.1 滚搓法塑限试验	18
6.2 液、塑限联合测定法	19
7 渗透试验	21
7.1 常水头法	21
7.2 变水头法	22
8 标准固结试验	25
9 直接剪切试验	29
10 无侧限抗压强度试验	31
11 三轴剪切试验	35
二、试验报告	41
1 颗粒分析试验	43
1.1 筛析法	43
1.2 密度计法	45
2 容重试验	47
2.1 环刀法	47
2.2 蜡封法	48
3 含水率试验	49
4 土粒比重试验	50
5 击实试验	51
6 界限含水率试验	53

6.1	滚搓法塑限试验	53
6.2	液、塑限联合测定法	54
7	渗透试验	56
7.1	常水头法	56
7.2	变水头法	57
8	标准固结试验	59
9	直接剪切试验	61
10	无侧限抗压强度试验	63
11	三轴剪切试验	65
	土力学试验小结	71
	参考文献	72
1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6
7		7
8		8
9		9
10		10
11		11
12		12
13		13
14		14
15		15
16		16
17		17
18		18
19		19
20		20
21		21
22		22
23		23
24		24
25		25
26		26
27		27
28		28
29		29
30		30
31		31
32		32
33		33
34		34
35		35
36		36
37		37
38		38
39		39
40		40
41		41
42		42
43		43
44		44
45		45
46		46
47		47
48		48
49		49
50		50
51		51
52		52
53		53

1 颗粒分析试验

土的颗粒分析试验的目的在于测定土的级配，可用来确定土的工程分类，以及初步判断土的工程性质。其试验方法一般采用筛析法和密度计法，分别适用于粒径大于或者小于 0.075 mm 的土。

1.1 筛析法

本试验方法适用于粒径大于 0.075 mm 的土。

一、试验指南

1.1.1 仪器设备

(1) 标准筛：分为粗筛和细筛。粗筛孔径分别为 60、40、20、10、5、2 mm，适用于粒径大于 2 mm 的粗粒土；细筛孔径分别为 2、1、0.5、0.25、0.075 mm，适用于粒径小于 2 mm 的细粒土。每套筛在筛上有顶盖，下有底盘。

(2) 天平：量程 200 g，精度 0.01 g。

(3) 其他：称量盒、毛刷、牛角勺、铜丝刷等。

1.1.2 操作步骤

(1) 称风干或烘干的试样 200 g，将粒团碾散。

(2) 按筛孔由大到小将各筛自上而下重叠好，扣在底盘上。

(3) 将试样倒入最上一层筛内，盖上盖，用手摇筛约 10 min。

(4) 从最上层开始，依次取下各层筛，并轻叩每一筛筛底，使残留土粒落在干净的白纸上，倒入下一层筛内（最下一层落下的土粒倒入底盘）。

(5) 分别将各层筛和底盘内的土粒倒出称质量，要求准确至 0.1 g。所称各部分土粒质量之和与试样原质量之差不得大于原质量的 1%，否则应重新试验。

1.1.3 计算及绘图

(1) 按下式计算小于某粒径的土粒质量占全部土粒质量的百分数 p

$$p = \frac{m_d}{m_s} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中， m_d ——小于粒径 d 的土粒质量，以 g 计；

m_s ——筛分后的土粒总质量，以 g 计。

(2) 以 p 为纵坐标，粒径 d 的对数为横坐标，绘制试样的粒径分布曲线（或颗粒级配曲

6.1 液性指数测定法	53
6.2 液、塑限联合测定法	54
7 渗透试验	56
7.1 常水头法	56
7.2 变水头法	57
8 标准固结试验	59
9 直接剪切试验	61
10 无侧限抗压强度试验	63
11 三轴剪切试验	65
土力学试验小结	71
参考文献	72

南 能 金 新

1 颗粒分析试验

土的颗粒分析试验的目的在于测定土的级配，可用来确定土的工程分类，以及初步判断土的工程性质。其试验方法一般采用筛析法和密度计法，分别适用于粒径大于或者小于 0.075 mm 的土。

1.1 筛析法

本试验方法适用于粒径大于 0.075 mm 的土。

1.1.1 仪器设备

(1) 标准筛：分为粗筛和细筛。粗筛孔径分别为 60、40、20、10、5、2 mm，适用于粒径大于 2 mm 的粗粒土；细筛孔径分别为 2、1、0.5、0.25、0.075 mm，适用于粒径小于 2 mm 的细粒土。每套标准筛上有顶盖，下有底盘。

(2) 天平：量程 200 g，精度 0.01 g。

(3) 其他：称量盒、毛刷、牛角勺、铜丝刷等。

1.1.2 操作步骤

(1) 称风干或烘干的试样 200 g，将粒团碾散。

(2) 按筛孔由大到小将各筛自上而下重叠好，扣在底盘上。

(3) 将试样倒入最上一层筛内，盖上盖，用手摇振约 10 min。

(4) 从最上层开始，依次取下各层筛，并轻叩每一筛筛底，使残留土粒落在干净的白纸上，倒入下一层筛内（最下一层落下的土粒倒入底盘）。

(5) 分别将各层筛和底盘内的土粒倒出称质量，要求准确至 0.1 g。所称各部分土粒质量之和与试样原质量之差不得大于原质量的 1%，否则应重新试验。

1.1.3 计算及绘图

(1) 按下式计算小于某粒径的土粒质量占全部土粒质量的百分数 p

$$p = \frac{m_d}{m_s} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中 m_d ——小于粒径 d 的土粒质量，以 g 计；

m_s ——筛分后的土粒总质量，以 g 计。

(2) 以 p 为纵坐标，粒径 d 的对数为横坐标，绘制试样的粒径分布曲线（或颗粒级配曲

线), 并确定土样的名称。

(3) 计算不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c , 并对该土样级配做出评价。

1.1.4 思考题

(1) 粒径分布曲线中的 p 值是否按滞留于某筛中的土粒质量计算?

(2) 底盘中滞留的土粒是否为粒径最小的土?

1.2 密度计法

本试验方法适用于粒径小于 0.075 mm 的土。

1.2.1 测试原理

不同大小的土粒在水中的下沉速度是不同的, 如果假定土粒为圆球形, 根据斯托克定律, 粒径 d 、颗粒下沉时间 t 、颗粒下沉深度 L 之间关系如下

$$d = K\sqrt{Lt} \quad (1.2)$$

其中, d 以 mm 计, L 以 cm 计, t 以 s 计, 系数 K 与水的动力特性、土粒容重、水的容重有关, 按下式计算

$$K = \frac{1800\eta}{\sqrt{\gamma_s - \gamma_w}} \quad (1.3)$$

式中 η ——水的动力黏滞系数, Pa·s;

γ_s ——土粒容重, kN/m³;

γ_w ——水的容重, kN/m³。

从图 1.1 中可以看出, 在大小土粒分布均匀的悬浊液中, 当土粒开始下沉后经过时间为 t 时, 悬浊液中深度 L 以上已无粒径大于 d 的颗粒, 但在 L 深度处粒径小于 d 的颗粒数量不

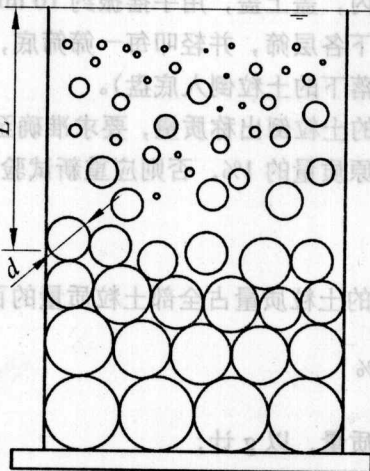


图 1.1 密度计法测试原理

变,因从上面下沉至该处的数量与从该处沉下去的数量相等,故该处的密度即为整个悬浊液中所含等于和小于粒径 d 的颗粒密度。

因此,若在土粒开始下沉后 t 时刻放入密度计,测得密度计浮泡中心处悬浊液的密度 G_L 和浮泡中心至液面的距离 L ,则可将 L 和 t 代入式 (1.2) 求得 d 。并可通过换算,利用 G_L 及其他有关的已知量,求得粒径小于 d 的土粒质量占全部土粒质量的百分数 p 。

1.2.2 仪器设备

(1) 密度计:分为甲种和乙种,见图 1.2。甲种密度计的刻度值代表在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时 $1\ 000\ \text{mL}$ 悬浊液中所含的干土重;乙种密度计刻度值代表在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时的悬浊液密度。

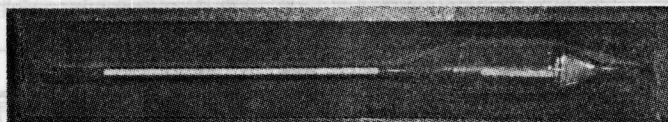


图 1.2 密度计

(2) 量筒: $1\ 000\ \text{mL}$ 两只,高约 $45\ \text{cm}$,直径 $5\sim 6\ \text{cm}$ 。

(3) 其他:天平、温度计、搅拌器、电炉、三角烧瓶、秒表等。

1.2.3 操作步骤

(1) 用蒸发皿称取粒径小于 $0.1\ \text{mm}$ 的烘干土 $30\ \text{g}$ 。

(2) 将土样全部倒入三角烧瓶中,注入约 $200\ \text{mL}$ 蒸馏水,稍加摇荡后,用带玻璃管的橡胶塞塞紧瓶口,放在电炉上煮沸。自土液沸腾起约煮 $10\ \text{min}$ (正规试验需 $1\ \text{h}$),土液沸腾后应将电炉调至低温,以使土粒充分分散。

(3) 将三角烧瓶从电炉上取下,冷却至室温;取一容积为 $1\ 000\ \text{mL}$ 的量筒(其上有编号),用蒸馏水将烧瓶中的土液冲洗入量筒内,同时加入分散剂(4%浓度的六偏磷酸钠溶液 $10\ \text{mL}$ 或者氨水 $1\ \text{mL}$),并使量筒内悬浊液恰好为 $1\ 000\ \text{mL}$ (以弯液面下缘为准)。

(4) 用搅拌器在量筒内上下搅拌悬浊液约 $1\ \text{min}$,往复约 30 次,使悬浊液内的土粒分布均匀。搅拌时勿使悬浊液溅出筒外。

(5) 取出搅拌器,用秒表计时,将密度计在每次读数前小心放入悬浊液内,并保持其浮泡在量筒中部位置,分别测读土粒下沉时间为 $0.5\ \text{s}$ 、 $1\ \text{s}$ 、 $2\ \text{s}$ 、 $5\ \text{s}$ 、 $15\ \text{s}$ 、 $30\ \text{s}$ 、 $60\ \text{s}$ 、 $120\ \text{s}$ 和 $24\ \text{h}$ (最终读数不作要求) 的密度计读数,以及悬浊液的温度。

读数时应注意:

① 每次读数均应在预定时间前 $20\sim 30\ \text{s}$ 将密度计小心放入悬浊液内,并让其接近于某读数的深度处,以减少密度计上下移动的时间。同时需注意密度计浮泡应保持在量筒中部位置,不得贴近筒壁。

② 密度计读数以弯液面上缘为准,甲种密度计准确至 1 ,估读至 0.1 ;乙种密度计应准确至 0.001 ,估读至 $0.000\ 1$ 。

③ 每次读数完毕立即取出密度计放入盛有清水的量筒中,并测定各相应读数的悬浊液温度,准确至 $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ 。放入或取出密度计时应尽量减少对悬浊液的扰动。

1.2.4 计算及绘图

(1) 由式 (1.2)、(1.3) 计算颗粒粒径 d , 式中 K 可根据悬浊液温度和土粒比重从表 1.1 中查得。

式中符号说明:

L ——某一时间内的土粒沉降距离, 以 cm 计。用某时间所测得的密度计读数加上该密度计的弯液面校正后, 在对应的沉降距离校正曲线上查得 L 值 (校正曲线由实验室制好, 与密度计号码一致)。

t ——每一读数所经过的时间, s。

表 1.1 粒径计算系数 K 值

温度 /°C	土 粒 比 重								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
5	0.138 5	0.136 0	0.133 9	0.131 8	0.129 8	0.127 9	0.126 1	0.124 3	0.122 6
6	0.136 5	0.134 2	0.132 0	0.129 9	0.128 0	0.126 1	0.124 3	0.122 5	0.120 8
7	0.134 4	0.132 1	0.130 0	0.128 0	0.126 0	0.124 1	0.122 4	0.120 6	0.118 9
8	0.132 4	0.130 2	0.128 1	0.126 0	0.124 1	0.122 3	0.120 5	0.118 8	0.118 2
9	0.130 5	0.128 3	0.126 2	0.124 2	0.122 4	0.120 5	0.118 7	0.117 1	0.116 4
10	0.128 8	0.126 7	0.124 7	0.122 7	0.120 8	0.118 9	0.117 3	0.115 6	0.114 1
11	0.127 0	0.124 9	0.122 9	0.120 9	0.119 0	0.117 3	0.115 6	0.114 0	0.112 4
12	0.125 3	0.123 2	0.121 2	0.119 3	0.117 5	0.115 7	0.114 0	0.112 4	0.110 9
13	0.123 5	0.121 4	0.119 5	0.117 5	0.115 8	0.114 1	0.112 4	0.110 9	0.109 4
14	0.122 1	0.120 0	0.118 0	0.116 2	0.114 9	0.112 7	0.111 1	0.109 5	0.108 0
15	0.120 5	0.118 4	0.116 5	0.114 8	0.113 0	0.111 3	0.109 6	0.108 1	0.106 7
16	0.118 9	0.116 9	0.115 0	0.113 2	0.111 5	0.109 8	0.108 3	0.106 7	0.105 3
17	0.117 3	0.115 4	0.113 5	0.111 8	0.110 0	0.108 5	0.106 9	0.104 7	0.103 9
18	0.115 9	0.114 0	0.112 1	0.110 3	0.108 6	0.107 1	0.105 5	0.104 0	0.102 6
19	0.114 5	0.112 5	0.110 8	0.109 0	0.107 3	0.105 8	0.103 1	0.108 8	0.101 4
20	0.113 0	0.111 1	0.109 3	0.107 5	0.105 9	0.104 3	0.102 9	0.101 4	0.100 0
21	0.111 8	0.109 9	0.108 1	0.106 4	0.104 3	0.103 3	0.101 8	0.100 3	0.099 0
22	0.110 3	0.108 5	0.106 7	0.105 0	0.103 5	0.101 9	0.100 4	0.099 0	0.097 7
23	0.109 1	0.107 2	0.105 5	0.103 8	0.102 3	0.100 7	0.099 3	0.097 9	0.096 6
24	0.107 8	0.106 1	0.104 4	0.102 8	0.101 2	0.099 7	0.098 2	0.096 0	0.095 6
25	0.106 5	0.104 7	0.103 1	0.101 4	0.099 9	0.098 4	0.097 0	0.095 7	0.094 3
26	0.105 4	0.103 5	0.101 9	0.100 3	0.098 8	0.097 3	0.095 9	0.094 6	0.093 3
27	0.104 1	0.102 4	0.100 7	0.099 2	0.097 7	0.096 2	0.094 8	0.093 5	0.092 2
28	0.103 2	0.101 4	0.099 7	0.098 1	0.096 7	0.095 2	0.093 9	0.092 6	0.091 3
29	0.101 9	0.100 2	0.098 6	0.097 1	0.095 6	0.094 1	0.092 8	0.091 4	0.090 3
30	0.100 8	0.099 1	0.097 5	0.096 0	0.094 5	0.093 1	0.091 8	0.090 5	0.089 3

(2) 将每一原读数经刻度及弯液面校正、温度校正、分散剂校正后, 按下列公式计算 p :

当用甲种密度计时

$$p = 100C_s(R + m + n - C_D) / W_s \quad (1.4)$$

当用乙种密度计时

$$p = 100VC'_s[(R' - 1) + m + n - C_D] \gamma_{w20^\circ C} / W_s \quad (1.5)$$

式中 V ——悬浊液体积 (1 000 mL);

W_s ——试样干土重量, N;

m ——温度校正值 (根据所测温度查表 1.2);

n ——刻度及弯液面校正值;

$r_{w20^\circ C}$ ——20 °C 时水的容重;

C_D ——分散剂校正值;

R, R' ——分别为甲、乙密度计读数;

C_s, C'_s ——比重校正系数, 根据试验的土样比重查表 1.3。

(3) 以 p 为纵坐标, d (mm) 的对数为横坐标绘制粒径分布曲线。

表 1.2 温度校正值

悬浊液温度 /°C	甲种密度计 温度校正值	乙种密度计 温度校正值	悬浊液温度 /°C	甲种密度计 温度校正值	乙种密度计 温度校正值
10.0	-2.0	-0.001 2	20.0	+0.0	+0.000 0
10.5	-1.9	-0.001 2	20.5	+0.1	+0.000 1
11.0	-1.9	-0.001 2	21.0	+0.3	+0.000 2
11.5	-1.8	-0.001 1	21.5	+0.5	+0.000 3
12.0	-1.8	-0.01 1	22.0	+0.6	+0.000 4
12.5	-1.7	-0.001 0	22.5	+0.8	+0.000 5
13.0	-1.6	-0.001 0	23.0	+0.9	+0.000 6
13.5	-1.5	-0.000 9	23.5	+1.1	+0.000 7
14.0	-1.4	-0.000 9	24.0	+1.3	+0.000 8
14.5	-1.3	-0.000 8	24.5	+1.5	+0.000 9
15.0	-1.2	-0.000 8	25.0	+1.7	+0.001 0
15.5	-1.1	-0.000 7	25.5	+1.9	+0.001 1
16.0	-1.0	-0.000 6	26.0	+2.1	+0.001 3
16.5	-0.9	-0.000 6	26.5	+2.2	+0.001 4
17.0	-0.8	-0.000 5	27.0	+2.5	+0.001 5
17.5	-0.7	-0.000 4	27.5	+2.6	+0.001 6
18.0	-0.5	-0.000 3	28.0	+2.9	+0.001 8
18.5	-0.4	-0.000 3	28.5	+3.1	+0.001 9
19.0	-0.3	-0.000 2	29.0	+3.3	+0.002 1
19.5	-0.1	-0.000 1	29.5	+3.5	+0.002 2
20.0	-0.0	-0.000 0	30.0	+3.7	+0.002 3

1.2.5 密度计各项校正的说明

(1) 土粒沉降距离校正:

因密度计读数除表示悬浊液密度外, 同时也由悬浊液面至密度计浮泡体积中心的距离表示土粒沉降距离。当密度计放入悬浊液后, 液面因此而升高, 致使土粒沉降距离较实际大, 故需加以校正。

(2) 刻度及弯液面校正:

密度计在制造时，刻度往往不易准确，因此使用前需进行校正。另外，制造密度计是按弯液面下缘进行刻度，试验时因土悬浊液混浊，是按弯液面上缘读数，故需校正其差值。

(3) 温度校正：

密度计刻度是在 20℃ 时刻制的，若试验时温度不等于 20℃，则水的密度及浮泡的胀缩会影响密度计的正确读数，故需加以校正。

(4) 土粒比重校正：

密度计刻度是假定悬浊液内的土粒比重为 2.65，而实际试验时土粒比重不是定数，需校正。

(5) 分散剂校正：

密度计刻度是以蒸馏水为准，当悬浊液中加入分散剂时，则密度增大，故亦需校正。

以上各项校正工作中，(1)、(2)、(5) 项已由实验室预先校好，可根据密度计号及读数由所制图表中查得。(3)、(4) 项根据实测温度及土粒实际比重查表 1.2、1.3 求得。

表 1.3 土粒比重校正值

土粒 比重	比重校正值		土粒 比重	比重校正值	
	甲种密度计	乙种密度计		甲种密度计	乙种密度计
2.50	1.038	1.666	2.70	0.989	1.588
2.52	1.032	1.658	2.72	0.985	1.581
2.54	1.027	1.649	2.74	0.981	1.575
2.56	1.022	1.641	2.76	0.977	1.568
2.58	1.017	1.632	2.78	0.973	1.562
2.60	1.012	1.625	2.80	0.969	1.556
2.62	1.007	1.617	2.82	0.965	1.549
2.64	1.002	1.609	2.84	0.961	1.543
2.66	0.998	1.603	2.86	0.958	1.538
2.68	0.993	1.595	2.88	0.954	1.532

1.2.6 思考题

- (1) 本项试验为什么要将土粒分散？如何分散？
- (2) 为什么在计算时要对实测结果进行一系列校正？

当用甲种密度计时：
$$p = 100C(R + m + n - C_0) / W$$

当用乙种密度计时：
$$p = 100C(R + m + n - C_0) / W$$

2 容重试验

图 2.1.1

土的容重即单位体积土的重量，它是土的主要物理性质指标之一。地基承载力计算、地基变形计算、土压力计算、土坡稳定分析等内容都离不开这一指标。其测定方法有环刀法、蜡封法、灌水法、灌砂法，环刀法和蜡封法适用于细粒土，灌水法和灌砂法适用于粗粒土的现场测定。

2.1 环刀法

本试验方法是利用体积已知的环刀切削土样，使土充满其中，根据环刀内土的重量和环刀体积求得土的容重。这是室内试验常用的方法，适用于易切削而不易破碎的土。下面分述环刀法的仪器设备、操作步骤和计算方法。

2.1.1 仪器设备

- (1) 环刀：内径 61.8 mm 或 79.8 mm，高 20 mm。
- (2) 天平：量程 200 g，精度 0.01 g。
- (3) 其他：削土刀、凡士林等。

2.1.2 操作步骤

- (1) 擦净环刀内壁，在其内壁上涂一薄层凡士林，同时记下环刀号码。
- (2) 取略大于环刀的土样一块，两端用削土刀稍加整平，平放于试验台上。
- (3) 将环刀刃口向下放在土样上，然后垂直下压环刀，边压边切削直至环刀全部压入土中且土样伸出环刀顶面为止。须注意：下压环刀时不允许其倾斜，使环刀内壁与土样之间不留缝隙。
- (4) 用削土刀自环刀边缘开始，细心削去两端余土，使土样顶面和底面分别与环刀顶面和底面齐平。削平时不得在土样表面反复压抹。

- (5) 擦净环刀外壁，称环刀加土的总质量，称重准确至 0.1 g。

2.1.3 计算

按下式计算土的容重

$$\gamma = \frac{m_1 - m_2}{V} \cdot g \quad (2.1)$$

式中 γ ——土的容重，kN/m³；

m_1 ——环刀加土的质量, g;

m_2 ——环刀的质量 (可根据环刀号码从实验室所制挂表中查出换算后得到), g;

V ——环刀体积, cm^3 (本室环刀体积 $V=60\text{cm}^3$);

g ——重力加速度。

2.1.4 思考题

(1) 为什么要在环刀内壁涂一薄层凡士林?

(2) 为什么用环刀下切土样时必须保持垂直?

2.2 蜡封法

本试验适用于易破裂土和形状不规则的坚硬土。

2.2.1 仪器设备

(1) 天平: 精度 0.01 g。

(2) 其他: 烧杯、细线、石蜡、针、削土刀等。

2.2.2 操作步骤

(1) 切取体积不小于 30cm^3 的土样, 清除表面浮土及尖锐棱角, 系上细线后称质量;

(2) 持线将土样缓缓浸入刚过熔点的蜡液中, 浸没后立即提出, 冷却后称质量;

(3) 将蜡封土样挂在天平的一端, 浸没于盛有纯水的烧瓶中称质量, 同时测定水温;

(4) 取出土样, 擦干蜡面上的水分, 再称质量。当浸水后土样质量增加时, 应另取土样重做试验。

2.2.3 计算

$$\gamma = \frac{m_0}{\frac{m_n - m_{nw}}{\gamma_{wT}} \cdot g - \frac{m_n - m_0}{\gamma_n} \cdot g} \cdot g \quad (2.2)$$

式中 m_n ——蜡封土样的质量;

m_{nw} ——蜡封土样在纯水中的质量;

m_0 ——土样的质量;

γ_{wT} ——纯水温度为 T 时的容重;

γ_n ——蜡的容重;

g ——重力加速度。

2.2.4 思考题

(1) 为什么要将蜡封土样浸没于纯水中称质量?

(2) 试验中纯水的温度对试验结果有什么影响?