

土工试验与原理

杨熙章 编著



同济大学出版社

土工试验与原理

杨熙章 编著

同济大学出版社

(沪)新登字 204 号

内 容 提 要

土工试验是土质学、土力学的重要组成部分。本书为满足教学试验和科研生产在岩土工程中测试需要,系统地介绍了各种常规和特殊试验的原理、方法及试验手段。第一部分包括密度试验、含水量试验、比重试验等 23 个试验的内容;第二部分主要介绍试验原理、若干问题的说明、有关指标之间的关系以及常用名词、术语、计算单位、符号和有关的换算关系等。

本书可作为大专院校土木工程有关专业的实验用书,也可供从事勘察、土工试验等科技人员参考。

责任编辑 郑元标

封面设计 王肖生

土工试验与原理

杨熙章 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行

常熟文化印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张 12 字数: 300 千字

1993年 10 月第 1 版 1993年 10月第 1次印刷

印数: 1—10500 定价 6.20 元

ISBN7-5603-1258-9/TU·134

目 录

第一部分 土工试验	1
一、密度试验	3
二、含水量试验	7
三、比重试验	10
四、液限试验	13
五、塑限试验	17
六、颗粒分析试验	19
七、膨胀量试验	29
八、膨胀力试验	31
九、原状土收缩试验	33
十、有机质含量试验烧灼失重试验法	36
十一、击实试验	38
十二、相对密度试验	43
十三、渗透试验	46
十四、固结试验	60
十五、先期固结压力的确定	66
十六、固结系数的确定	70
十七、匣式直接剪切试验	73
十八、无侧限抗压强度试验	78
十九、三轴剪力试验	82
二十、静止侧压力系数 K_0 试验	98
二十一、静弹性模量试验	103
二十二、砂土的振动液化试验	107
二十三、土的动弹性模量和阻尼比测定	110
第二部分 试验原理及附录	113
一、土的组成和三相指标以及三相指标间关系	115
二、粘性土的界限含水量	120
三、土的颗粒级配 比重计法原理	123
四、土的工程分类	133
五、渗透试验原理及其有关说明	138
六、固结试验原理	142
七、用快速固结法确定土的先期固结压力	151
八、土的抗剪强度试验若干问题	154
九、莫尔圆原理与三轴试验面积、高度修正	159

十、应力路径三轴试验的基本原理.....	167
十一、附录.....	180
(一)名词、术语和符号.....	180
(二)国际制(SI)单位与常用单位代号及换算系数表.....	183

第 一 部 分

土 工 试 验

一、密 度 试 验

土的密度(也称容重)是指土的单位体积质量。

(一)试验目的

测定土的密度,以了解土的疏密和干湿状态,供换算土的其他物理性质指标和工程设计以及控制施工质量之用。

这里所指的密度是湿密度 ρ , 除此还有干密度 ρ_d 、饱和密度 ρ_{sat} 和浮密度 ρ' 。

(二)试验方法

有环刀法、水银排开法、蜡封法、密度湿度计法以及灌砂法和囊式体积法等。这里仅介绍环刀法和蜡封法。

三) 环刀法密度试验

1. 仪器设备(见图1-1-1)

- (1) 环刀(内径 6.18cm, 面积 30cm², 高 20mm, 壁厚 1.5mm);
- (2) 托盘天平(感量 0.1g, 称量 500~1000g);
- (3) 修土刀、钢丝锯、毛玻璃板和圆玻璃片等。

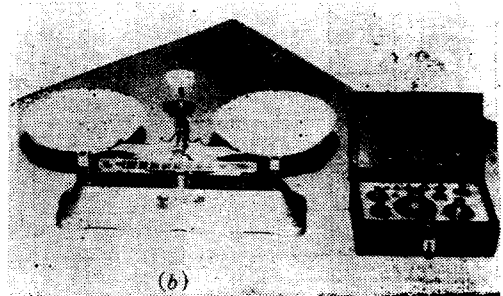
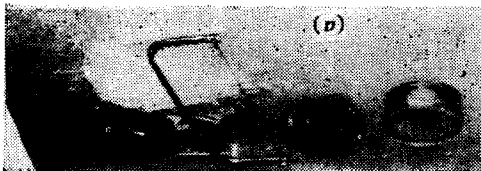


图 1-1-1 环刀法密度试验仪器设备
(a) 环刀、钢丝锯、修土刀、毛皮玻璃板 (b) 托盘天平

2. 操作步骤

(1) 按工程需要取原状土或人工制备所需要求的扰动土样, 其直径和高度应大于环刀的尺寸, 整平两端放在玻璃板上。

(2) 将环刀的刀口向下放在土样上面, 然后用手将环刀垂直下压, 边压边削使至土样上端伸出环刀为止, 削去两端余土修平, 两端盖上平滑的圆玻璃片, 以免水分蒸发。

(3) 擦净环刀外壁, 拿去圆玻璃片, 称取环刀加土的重量, 准确至 0.1g。

3. 计算密度

(计算至0.01 g/cm³)

4. 试验记录(见表1-1-1)

密度试验

(环刀法)

试验者: _____

计算者: _____

校核者: _____

• 4 •

(四)蜡封法(适用无规则土样)试验

1. 仪器设备

(1) 天平 (见图 1-1-2, 称量 200~500g, 感量 0.01g);

(2) 切土刀、蜡、烧杯(500~1000ml)、细线、针等。

2. 操作步骤

(1) 切取土样约 30cm³ 左右, 削去松散表土及具有尖锐棱角后, 用细线系上置于天平的左端称量;

(2) 持线将土样慢慢浸入刚过熔点的石蜡中, 待全部沉浸后, 立即取出。检查涂在试样周围的蜡中有无气泡存在, 若有, 则可用热针刺破, 并涂平孔口。冷却后, 称取土加蜡重量;

(3) 用系上线的蜡封试样吊在天平左端, 并使试样浸没于清水中, 称取在水浮力作用下的重量, 同时测记清水温度。

(4) 取出试样, 擦干蜡封表面的水分再称量一次, 以检查试样是否被水浸入, 如有水浸入, 应重做。

3. 按下式计算湿密度

$$\rho = \frac{g}{\frac{g_1 - g_2}{\rho_{wt}} - \frac{g_1 - g}{\rho_n}} \quad (\text{计算至 } 0.01\text{g/cm}^3)$$

式中 ρ ——湿密度(g/cm³);

g ——湿土质量(g);

g_1 ——湿土加蜡质量(g);

g_2 ——湿土加蜡在水中质量(g);

ρ_{wt} ——清水在 $t^{\circ}\text{C}$ 时的密度(g/cm³);

ρ_n ——石蜡的密度, 通常为 0.92g/cm³。

4. 记录(见表1-1-2)

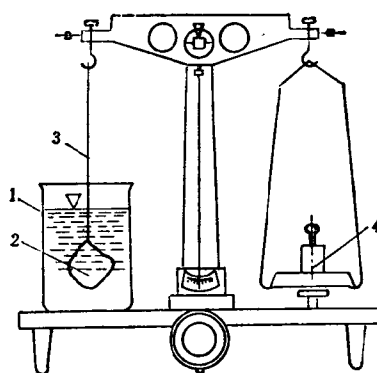


图 1-1-2 蜡封法试验用天平

1—盛水杯; 2—蜡封试样;

3—细线; 4—砝码

表1-1-2

密 度 试 验 (蜡封法)

工程名称 _____

试验者 _____

钻孔编号 _____

计算者 _____

土样说明 _____

校核者 _____

蜡的容量 $\rho_n = 0.92(\text{g}/\text{cm}^3)$

试验日期	土样	土质量 (g)	土+蜡质量 (g)	土+蜡浮质量 (g)	温度	水的密度 (g/cm ³)	土+蜡体 积 (cm ³)	蜡体积 (cm ³)	土体积 (cm ³)	密度 (g/cm ³)	含水量 (%)	干密度 (g/cm ³)	平均干密度 (g/cm ³)	备 注
年		(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
月	日	编号			t		(2)-(3) (4)	(2)-(1) ρ_n	(5)-(6)	$\frac{1}{(7)}$		$\frac{(8)}{1+0.01(9)}$		

二、含水量试验

土的含水量(也称土的湿度)是土在温度 $100\sim 105^{\circ}\text{C}$ 下烘到恒重时失去的水分质量与达到恒重后干土质量的比值,以百分数表示。

(一)试验目的

测定土的含水量,以了解土的含水情况,供计算土的孔隙比、液性指数、饱和度和其他物理力学性质不可缺少的一个基本指标。

(二)试验方法

有烘干法、酒精燃烧法以及炒干法等。

(三)烘干法试验

1. 仪器设备

(1) 烘箱:保持温度 $100\sim 105^{\circ}\text{C}$ 的自动控制的电热恒温烘箱(如图1-2-1所示),还可采用沸水烘箱和红外线烘箱(如图1-2-2所示),以及微波炉等。

(2) 分析天平感量(0.01g);

(3) 干燥器(通常用装有氯化钙干燥剂的玻璃干燥缸);

(4) 铝质称量盒或玻璃称量瓶、削土刀、匙、玻璃板或盛土容器等。

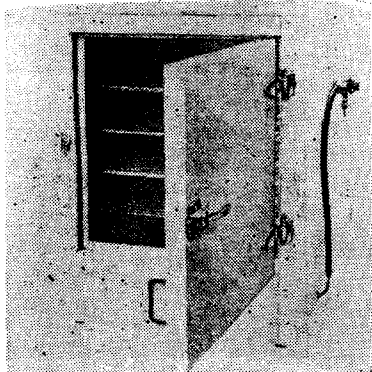


图 1-2-1 电烘箱

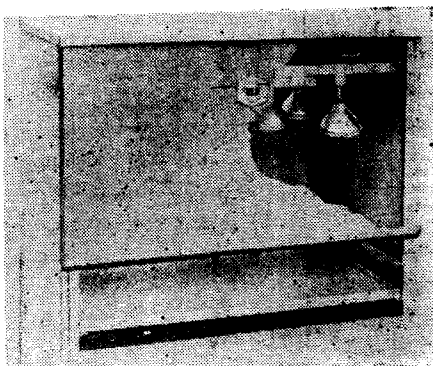


图 1-2-2 红外线烘箱

2. 操作步骤

(1) 从原状或扰动土样中,选取具有代表性的试样约 $15\sim 30\text{g}$ (砂土应多取些)放在称量盒中。立即盖好盒盖,称重,准确至 0.01g 。

(2) 打开盒盖,放入烘箱中在温度 $100\sim 105^{\circ}\text{C}$ 下烘至恒重,然后取出放在干燥器内冷却至室温。

(3) 从干燥器内取出土样,盖好盒盖,称重,准确至 0.01g 。

3. 计算含水量

(计算至0.1%)

g_1 ——称量盒加湿土质量(g);

g_2 ——称量盒加干土质量(g);

g_0 ——称量盒质量(g);可根据盒的号码从质量表中查得。

4. 试验记录(表1-2-1)

含水量试验

试验者:_____

计算者: _____

校核者：_____

8

(四)酒精燃烧法试验

1. 仪器设备

- (1) 铝质称量盒或玻璃称量瓶;
- (2) 分析天平(感量0.01g);
- (3) 酒精(纯度95%);
- (4) 滴管、火柴和调土刀等。

2. 操作步骤

- (1) 取代表性土样(粘性土 10g 左右,砂性土 20~30g),放在铝称量内置于天平中称湿土质量;
 - (2) 用滴管将酒精注入湿土内,直至液面露出土面为止,并使酒精在试样中充分混合均匀;
 - (3) 点燃铝盒中酒精,烧至火焰熄灭;
 - (4) 将试样冷却数分钟后,按上述方法重复燃烧两次,当第三次火焰熄灭后,立即盖上盒盖,称取干土质量准确至0.01g。
3. 试验记录计算与烘干法相同(表1-2-1)

三、比 重 试 验

土的比重是指土在温度 $100\sim 105^{\circ}\text{C}$ 下恒重时的质量与同体积蒸馏水在 4°C 时质量的比值。

(一)试验目的

测定土的比重,为计算土的孔隙比、饱和度以及为其他土的物理力学试验(如颗粒分析的比重计法试验、压缩试验等)提供必需的数据。

(二)试验方法

通常采用比重瓶法,排除土中空气可用煮沸法或真空抽气法两种方法,现介绍真空抽气法比重试验(当土样内有机质含量超过 10% 时须用此法测定)。

(三)真空抽气法

1. 仪器设备

- (1) 比重瓶(见图 1-3-1,容量 50cc 或 100cc);
- (2) 天平(感量 0.001g);
- (3) 真空抽气设备(见图 1-3-2),包括真空抽气机、真空抽气缸(玻璃真空干燥缸或用密盖铁桶)、测压的水银柱或真空负压表;



图 1-3-1 比重瓶

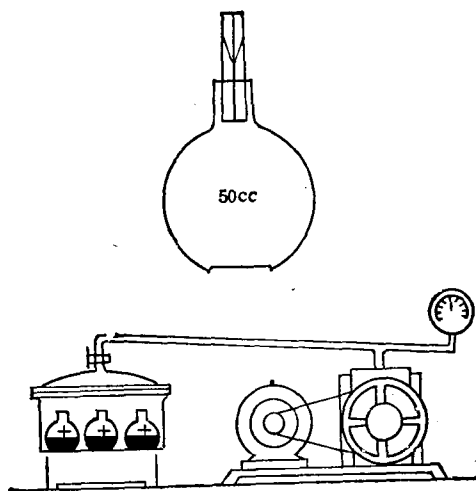


图 1-3-2 真空抽气法装置

- (4) 土样(过 5mm 筛孔的烘干土样约 100g);

(5)烘箱、牛角匙、蒸发皿、玻璃漏斗、滴管或洗瓶、蒸馏水或中性液体(火油)、温度计(0~50℃)、双氧水等。

2. 操作步骤

(1) 取通过 5mm 筛的烘干土约 15g(若用 50cc 比重瓶则取土样 10g 左右, 用玻璃漏斗装入预先洗净和烘干的比重瓶内, 称瓶与土合重, 准确至 0.001g。

(2) 将蒸馏水注入比重瓶, 使土和水约占容积的 1/3 左右, 同时加入 1~2cc 的双氧水 (H_2O_2), 摇动比重瓶, 使土粒分散 (如含有可溶盐类或有机胶质的土用火油代替蒸馏水)。

(3) 把注入蒸馏水的比重瓶拿去瓶塞, 放在真空干燥器内用真空泵抽气 (抽气时真空度须接近一大气压, 并经常摇动比重瓶), 约 1 小时, 直至土样内的气泡排净为止。

(4) 将室温的蒸馏水注入比重瓶近满, 待瓶内的土悬液澄清后, 把瓶塞塞紧, 多余的水分从瓶塞的毛细管中溢出并使瓶内无气泡。擦去小孔上和比重瓶外的水, 称瓶、水、土质量, 准确至 0.001g。

(5) 倒去悬液, 洗净比重瓶, 并注入室温的蒸馏水至近满, 把瓶塞塞紧, 待多余的水分从瓶塞的毛细管中溢出。擦去小孔上和比重瓶外的水, 称瓶水质量, 准确至 0.001g。

3. 用蒸馏水测定时, 按下式计算比重:

$$G_s = \frac{g_1 - g_0}{g_2 + (g_1 - g_0) - g_3} \times G_{wt}$$

式中 G_s ——土的比重;

g_1 ——瓶土质量(g);

g_2 ——瓶水质量(g);

g_3 ——瓶、水、土质量(g);

g_0 ——比重瓶质量(g);

G_{wt} —— $t^\circ C$ 时蒸馏水的比重, 准确至 0.001。

4. 记录(表1-3-1)

