



全國水利水电地質勘察會議叢書之十九

土工試驗方法及 儀器的改進

水利電力部水利水电建設總局編

水利電力出版社

內 容 提 要

本书是“全国水利水电地质勘察会议”文件选編之一。本书內容分試样制备、物理性試驗、力学性試驗、击实試驗、室內渗透試驗和試驗設備等六部分。

本书介绍了对各种土体的混合試样的試驗方法、对容重各种試驗成果的比較和土的顆粒分析方法；其次，扼要敘述了土的快速压缩試驗方法，以及各种試驗仪器的改进。

本书可供水利水电工程中土工試驗人員参考。



土工試驗方法及仪器的改进

水利电力部水利水电建設总局編

*

2236 S 682

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业許可証出字第195号·

北京市通州区印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 *4 $\frac{1}{2}$ 印張 *82千字

1959年11月北京第1版

1959年11月北京第1次印刷(0001—1,470册)

統一书号：15143·1812 定价(第9类)0.47元

目 录

第一部分 試样制备	3
一、采用混合标准試样进行土的物理力学性試驗	3
二、压密备土法	6
第二部分 物理性試驗	9
一、土的顆粒分析試驗(比重計法)的經驗	9
二、顆粒分析方法的改进	12
三、比重計顆粒分析試驗	13
四、自动洗砂器	15
五、比重瓶冲洗架	16
六、自制砂浴	17
七、松濤工地容重比較試驗	18
八、木制灌砂法容重試驗仪的构造和試驗方法	25
九、工地含水量干容重的簡易測定法	28
十、流塑限試驗	31
十一、改变流性限度操作方法的試驗报告	34
十二、关于砾石吸水率時間的探討	38
第三部分 力学性試驗	40
一、土的快速压縮試驗方法	40
二、压縮試驗	49
三、压縮試驗經驗介紹	51
四、用弹簧代替砝碼进行压縮試驗的比較	52
五、試样饱和	57
六、木制飽和器	58
七、鉄質抽气缸	59

八、杠杆压力磅秤的改制	60
九、砂卵石天然傾角的簡易測法	64
十、砂砾石天然坡角試驗的初步探討	65
十一、輕便两用剪力仪	67
十二、木制剪力仪	69
十三、汾河水庫下石家庄坝址黃土浸水載荷試驗	71

第四部分 击实試驗

一、单层击实法与三层击实法的比較試驗	93
二、击实試驗經驗介紹	96
三、松濤水庫夯板压实試驗	97
四、电动击实仪	105

第五部分 室內渗透試驗

一、渗透試驗的經驗	107
二、中型飽和器改南55型渗透仪	108
三、渗透試驗儀器的改进	109
四、砂砾石渗透仪	113
五、降头渗透仪	115

第六部分 試驗設備

一、自动磨土机	116
二、碎土机	117
三、沸水烘箱(一)	119
四、沸水烘箱(二)	123
五、炭火烘箱	126
六、紅外線烘箱	128

第一部分 試样制备

一、采用混合标准試样进行土的 物理力学性試驗

水利电力部长沙勘测設計院

一、采用“混合标准試样”的根据

我們知道，填料試驗的目的，是在于确定所进行試驗的土料是否可作为土坝的建筑材料（基土不談）。当土料場确定以后，为了供給設計所采用的数据，我們必須取足够数量的試样来进行試驗。取样数量的多少取决于土料場的大小、地質情况、以及所进行的調查比較，但总的目的是为了查明整个土料場內土的性質。

現在我們就談一下“混合标准試样”是否能达到以上目的。“混合标准試样”就是将同一地方的而土壤性質相似的10~15件单样，按比例混合成一件标准試样。所以进行了一件标准試样的試驗就等于取得了10~15件单样的平均成果。如果一个采土場需作300件試样，那么标准試样只需作20~30件。下面进一步說明“混合标准試样”所取得数值是否能代替单样試驗的平均值。目前土壤試驗方面所采用的仪具都是小型的，如直接剪力仪，其試件体积仅仅64立方厘米，所用的土量不多。这样，一个混合标准試样是否能代表10几个土样所代表的范围呢？从理論上來說，如果土样混合均匀，那是能代表的。不过数量太多时，土样是不易混合均匀的。所以我們初步認為10~15件試样

混合为一件较为合适，这方面还有待今后进行比较试验来论证。为了验证标准试样是否合用，我们进行了一些单样和混合标准试样的比较试验，其结果整理列如表1、2。当然在这方面所作的工作还远远不够，以后还要继续进行试验，以进一步论证。

表1

项 目 编 号	土粒比重	流性限度	塑性限度	塑性指数
D8-9	2.68	28.6	20.7	7.9
D8-10	2.74	35.8	22.0	13.8
D8-11	2.76	35.2	21.2	14.1
D8-12	2.75	31.8	19.8	12.0
D8-13	2.74	33.3	20.8	12.5
D8-14	2.73	34.0	19.9	14.1
平 均	2.74	33.2	20.7	12.4
混合标准试样	2.75	32.8	20.1	12.8
误 差	0.01	0.04	0.06	0.04

表2

比 重		流 性 限 度		塑 性 限 度		塑 性 指 数	
单 样 (平均值)	混合标 准试样	单 样 (平均值)	混合标 准试样	单 样 (平均值)	混合标 准试样	单 样 (平均值)	混合标 准试样
2.72	2.71	34.2	34.0	22.1	23.2	11.6	10.8
2.74	2.75	33.2	32.8	20.7	20.1	12.4	12.8
2.73	2.72		29.4		20.3		9.0

根据表 1、2 資料可以看出試驗誤差是不大的，因此利用混合标准試样来代替单样进行試驗是可行的。

二、如何制备混合标准試样

這個問題上面已經提到。現在談一下取标准試样的几点原則：

1. 一件試样与另一件試样(或几件試样与另几件試样)的取样地点不能相隔太远，尤其不能把不同土料場的試样混合在一起。

2. 在一个土料場內必須把性質相似的土壤混在一起，性質不同(尤其相差很大者)的土必須分別进行試驗。

3. 試样必須按比例进行混合。

4. 混合試样时应尽可能拌和均匀。

混合标准試样的取样要求基本上与单样相同，不过数量可酌量减少，但各試样的重量必須相同。

三、小結

1. 采用混合标准試样的优点

(1) 工效可提高 10~15 倍。

(2) 保證了質量。我們認為試驗本身必須符合实际情况，而混合标准試样是符合实际情况的，因为在筑坝过程中土料也是混合起来的。同时在采用設計数据时也是采用各单样的平均值。

(3) 簡化了資料整理工作。以往采用单样試驗时，在資料整理中要花費很大的工作量，而混合标准試样的整理就簡單的多了。而对于个别性質特殊的土样，則进行个别試驗，根据土料場內的分布情况以及設計意图进行考虑。

2 采用混合标准試样的缺点

1) 以混合标准試样进行試驗，在做土料場的断面图时，

无法表明土料場内个别地区土的准确的物理力学性质。不过对土料調查工作說来，断面图不必那样詳細，因为它的作用主要是为了准确的計算可用土方量。

(2) 試驗質量問題。我們用混合标准試样的基本依据是土样真正有代表性，也就是如10件土样混合成一件，而这一件土样必須能代表10件土样的性质。要达到这个要求，土样必須混合均匀，但是在实际工作中要达到完全均匀是比較困难的，因此对質量有些影响。不过根据我們的实际經驗，如果多拌一些时候，这个缺点是可以避免的。

(3) 試驗操作的誤差，对質量成果影响較大。因为我們采用混合标准試样时，10件土样混合后，只作2~3套。如果其中有一套在操作中有些問題，那么平均起来后与单样比較，相对誤差就較大。

二、压密备土法

四川省水利电力廳水利水电設計院

用扰动土作力学性試驗时，需要将土壤碾碎过篩，再加水到最优含水量，备成具有控制容重的試驗土样。这一备土工作一般采用击实仪，或用小型击实仪。后者虽較前者省事，但难于滿足控制容重的要求，常造成返工。为了保証备土質量及提高工效，我們采用了压密备土法。实践証明，这一方法能够保証質量，又能提高工效一倍。現简单介绍如下。

1. 仪器設備

(1) 压密备土器——如图1a所示，导筒的内徑等于試样的直徑，它的高度约为試样高度的2.5倍。为使密度均匀，采用双面压缩。如果没有这样的导筒，可以用三个环刀(重迭起来)

代替。

(2)螺旋加压器——如图1b所示。如果没有这样的加压设备，可以用推土器、磅秤式压缩仪或无侧限抗压强度仪代替。

2. 操作步骤

(1)将风干土在碎土机上或在橡皮板上用木滚碾碎后，取通过2毫米筛号的土样，加水到最优含水量浸潤一昼夜；

(2)根据试样体积和控制容重，称取一定的土重；

(3)在下压模上的控制孔内穿上销钉，并将导筒放在下压模上，再将土样倒入导筒内，用小刀抹平后，把上压模放入导筒内，取下销钉。

(4)将导筒和上下压模一起放入螺旋加压器上，转动转轮，压密器就随活动传压横梁一起上升，到上压模与固定传压横梁接触时，导筒内的土样就开始压缩。到上下模的两头部分全部进入导筒时，土样就恰好压到控制高度，也就是试样的容重刚好达到控制容重。

(5)以相反的方向转动转轮，使压密器与上固定传压横梁离开，拿下压密器，取去上下压模，把试样推到环刀内。如果土样是直接压在环刀内，就打开导筒，取出环刀和试样，经饱和后即可进行试验。

3. 优点

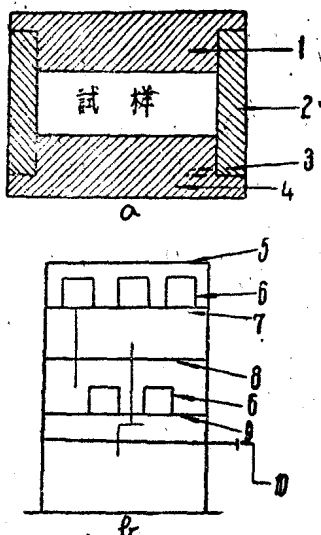


图 1

1—上压模；2—导筒；3—控制孔；
4—下压模；5—上固定传压横梁；
6—压密器；7—上活动传压横梁；
8—下活动传压横梁；9—下固定传压横梁；10—转轮。

(1)能够准确的达到控制容重，保证了备土质量。

(2)简化了备土工序，克服了返工现象，可以提高工效一倍。

(3)土样与环刀之间接合较好，用作渗透试验时，不会产生土样与环刀之间的漏水问题。

第二部分 物理性試驗

一、土的顆粒分析試驗(比重計法)的經驗

安徽省^{蕪湖}專署水利電力局試驗室
安慶

一、前言

顆粒分析試驗工作一般要經過六道工序。其中工作量最大的比重計讀數一道工序受到時間的控制，既不允許延長，也不允許提前，要求高，費時大。因此，原先我室三天一次僅能做12~16個土樣。由於採取交錯使用時間，分批增加，逐步熟練的辦法，現在一人三天一次可做六批，共47個土樣，每月平均生產320個土樣，每個土樣僅需0.608小時，其工效比黃河水利委員會的三人兩組法提高89%，比最先進的躍進效率五人四組法每次讀129個土樣提高40%，比淮河水利委員會每人每次讀34個土樣提高60%，比我室原來一人一次做12~16個土樣提高240~350%。

二、比重計讀數時間的安排

比重計讀數滿足三天一次(每次六批，每批九個土樣)做54個土樣，每月可生產432個土樣，每個土樣僅需0.5小時，能使所有讀數過程完全銜接，僅有幾處5~10分鐘空隙時間(並利用攪拌時間讀后三批頭三個0.5、1、2的讀數)。

三天一次，每次六批，每批9個土樣，一次完成54個土樣，比重計讀數的時間安排列入表1。

三、工作效率提高的比較

表 1

比 重 計 讀 數

批 数	I	II
每 批 土 样 个 数	9	9
第一次攪拌和讀数	从7:30~8:30一次攪拌和讀完0.5、1、2	
第二次攪拌 (0.5)	8:30~8:34.5	8:50~8:54.5
比重計讀数起迄時間 (分) 間	起 迄 时 間	起 迄 时 間
5	8:35~8:39.5	8:55~8:59.5
15	8:45~8:49.5	9:05~9:09.5
30	9:00~9:04.5	9:20~9:24.5
60	9:30~9:34.5	9:50~9:54.5
120	*10:30~10:34.5	*10:50~10:54.5
360	14:30~14:35	14:50~14:54.5

說明：1. 第二次攪拌每次为0.5分， $0.5 \text{分} \times 9 = 4.5 \text{分}$ 为一批的攪拌時間；

2. *符号者中約有 15 分钟的空隙時間可用来讀后三批的头三个0.5、1、2

3. 每批 9 个土样，每三天一次共 6 批，可做 54 个土样，每月可做 432 个土样

4. 11:30~14:00 为休息時間；

5. 本表适用于夏令工作時間，如适当修改，同样可适用其它作息時間。

時間安排表

III	IV	V	VI
9	9	9	9
分三个讀数		从14点开始讀IV、V、VI三批中尚有的15个讀数的 0.5、1、2分的三个讀数	
9:10~9:14.5	15:15~15:19.5	15:35~15:39.5	15:55~15:59.5
起 迄 时 間	起 迄 时 間	起 迄 时 間	起 迄 时 間
9:15~9:19.5	15:20~15:24.5	15:40~15:44.5	16:00~16:04.5
9:25~9:29.5	15:30~15:34.5	15:50~15:54.5	16:10~16:14.5
9:40~9:44.5	15:45~15:49.5	16:05~16:09.5	16:25~16:29.5
*10:10~10:14.5	16:15~16:19.5	16:35~16:39.5	16:55~16:59.5
*11:10~*11:14.5	17:15~17:19.5	17:35~17:39.5	17:55~17:59.5
15:10~15:14.5	21:15~21:20	21:35~21:39.5	21:55~22:00

分的讀数或計算;

(以实际工作日24天計);

由于我室采用了这一先进“交错使用时间，分批增加，逐步熟练”的操作方法使工效逐步提高，现将几个月中試驗統計結果列入表2。

表2

定額单位	1957年			1958年				备 注
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	
小时人/十样	1.35	1.07	0.73	0.695	0.664	0.648	0.608	篩分法和 比重計法相 同計算

二、顆粒分析方法的改进

湖北省水利廳勘测設計院

为选择填料而进行的顆粒分析試驗，我們一向采用比重計法。目前我們做了下述一些改进。

1. 土样的制备。我們改风干土为烘干土，省去了大量求含水量的手續。

2. 比重計讀数做了較合理的安排，工效提高一倍以上。如为一人操作，先讀比重計下沉15分鐘后的讀数。每天可作45个土样，将45个土样分三批，每批15个。其時間安排如下。

1~15 試驗筒

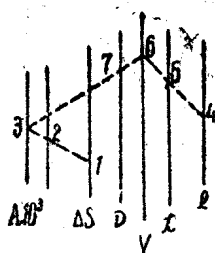
下沉時間(分)	時間	操作
15	8:00~8:15	攪拌
30	8:16~8:30	讀数
60	8:30~8:45	讀数
120	9:00~9:15	讀数
	10:01~10:15	讀数

360	14:00~14:15	讀數
16~30 試驗筒		
下沉時間(分)	9:16~9:30	攪拌
15	9:31~9:45	讀數
30	9:46~10:00	讀數
60	10:16~10:30	讀數
120	11:16~11:30	讀數
360	15:16~15:30	讀數
31~45 試驗筒		
下沉時間(分)	10:31~10:45	攪拌
15	10:46~11:00	讀數
30	11:01~11:15	讀數
60	11:31~11:45	讀數
120	12:31~12:45	讀數
360	16:31~16:45	讀數

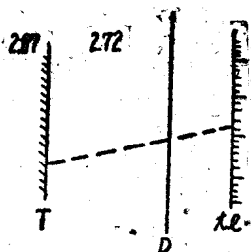
三、比重計顆粒分析試驗

水利電力部北京勘测設計院

比重計顆粒分析試驗操作程序比較多，特別是計算過程複雜，在計算過程中最費時間的是計算土的粒徑，一般採用司篤克公式列綫圖的方法。司篤克公式列綫圖有七條綫，後來我們簡化為三條綫(如圖)，使計算粒徑時間大為縮短，最後改製成為粒徑表，查表比查圖更為迅速。另外，在試驗中，需要進行比重計刻度、彎液面、溫度及土粒有效沉降距離的校正。這些校正原來都是用校正曲綫，後來改為查表(表1)。顆粒分析試驗計算經過以上改進後，可以使工作效率提高一倍。現把簡化情況簡單說明如下。



(a) 原来同篤克公式列綫图



(6) 簡化为三条綫的列綫图

从图中很清楚的可以看到，首先在规范许可的范围内，固定粘土及砂质粘土的比重为 2.72，砂土及粘质砂土的比重为 2.67，这样就可以把原来的比重 ΔS 、温度 T 及 $A \times 10^3$ 三条合并为 T 綫（新 T 綫即原来的 $A \times 10^3$ 綫），原来的有效土粒沉降距离 L 、时间 t 及速度 v 三条綫合并为 tL 綫（ L 綫的比例尺比原来大为缩小，新的 tL 綫即原来的 v 綫），再加上粒径 D 綫，即成为三条綫的列綫图。

从表 1 可以看出，粒径表是按不同的温度 T 和比重 ΔS ，配合以不同的时间和有效沉降距离 L 而制成的。

颗粒分析不是十分精确的试验，我们把温度分成以 1 度为

表 1

$D \setminus L$	10.0~10.5	10.6~11.0	11.1~11.5				17.6~18.0
$T; \Delta S$	15~15.9°C, $\Delta S=2.72$			16~16.9°C, $\Delta S=2.67$			
$t=30'$	0.061	0.062	0.063	...	...	...	...
1'	0.041	0.042	0.043	...	...	...	...
2'							
...							
1440'	0.00135	0.00138	0.00142	...	...	...	...

单位来划分(规范上温度计的最小刻度是 0.5°C ,若温度以 0.5°C 来划,需多制一倍的粒径表),土粒有效沉降距离以0.5厘米为间隔,以比重为2.72,查列线图正好是和温度相差1度时,其比重为2.67的粒径很相近,就可以把温度为 $15\sim 15.9^{\circ}\text{C}$ 、比重为2.72和温度为 $16\sim 16.9^{\circ}\text{C}$ 、比重为2.67的粒径同列在一张粒径表内。一年中最大试验温度相差 $7\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间,需制成粒径表20几张,而每季或每月只需几张粒径表就够了,若比重计半年校正一次,粒径表还可以少制一部分。

我们使用粒径表和列线图两种方法计算粒径结果比较起来,在半对数颗粒分析坐标纸上,各相应的粒径最大的误差为最小单位,即一个小格。这对颗粒分析试验结果的要求来说,精度是足够了。

比重计读数需要根据校正曲线进行刻度、弯液面、温度的校正及查出相应的土粒有效沉降深度、同样可将校正曲线改制成表,使工作简化。

四、自动洗砂器

黄河水利委员会

利用1毫米厚的白铁皮制作 $\phi 220$ 毫米、高250毫米,底为半球形的筒,筒的侧面有一 $\phi 35$ 毫米出水管,盖的中间通过一个喷水器,并连接水龙头。喷水器上的眼为斜眼,可以冲洗砂样。

操作方法 将准备的砂样倒入洗砂器内,将喷水器连接水龙头,在出水管处接0.15毫米的筛子,然后开水龙头,开始时水不要过大,逐步增加水量,使粘土杂质从水管口流出,直到