

上海地区粘性土有效内摩擦角与塑性指数关系

胡世华 王侠民

(上海岩土工程勘察设计研究院 200031 上海)

摘 要 从试验资料出发,对上海地区塑性指数在 12~ 21 的粘性土,进行直剪慢剪 \bar{h} 值与塑性指数 I_P 相关试验,得相关公式: $\bar{h} = 48.3 - 1.1 I_P$, 相关系数 0.86, 均方差 1.86° , 可供地基强度估算中应用。

关键词 内摩擦角 塑性指数 二次回归方程 直剪慢剪

0 前言

直剪排水慢剪适用于排水条件好,施工加荷速率缓慢的粘土地基,以及对地基的长期稳定性进行核算。一般认为粘性土的有效内摩擦角有两个组成部分: $\bar{h} = \bar{h}_0 + \Delta \bar{h}$ 式中的 \bar{h}_0 称为土的基本内摩擦角,主要取决于土的矿物成份和粒度组成, $\Delta \bar{h}$ 为土的附加内摩擦角,取决于土的含水量、密度、形成历史等许多因素,有效内摩擦角 \bar{h} 绝大部分由基本内摩擦角组成。

直剪排水慢剪的有效粘聚力 C 一般很小接近于零,这是因为正常固结土在有效应力等于零时,土不具有抗剪强度,所以破坏包线大多数通过直角坐标原点。

本文结合工程实践,对上海地区粘性土的直剪慢剪 \bar{h} 角与塑性指数 I_P 的相关关系进行数理统计,得出较好的相关关系。

1 试验所用土样

试验土样取自上海浦东地区,众城公寓、竹园新村、外高桥商业楼、国际警察交流中心、上钢三厂五个工程地质勘察报告,共计 26 只直剪排水慢剪试验资料,属于上海第 2~ 6 层的粘性土,试样的物理性见表 1。

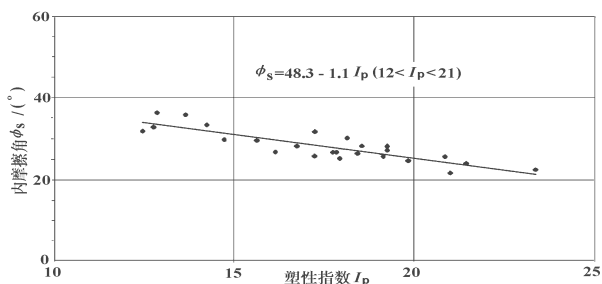
五个工程地质报告进行直剪排水慢剪试验的目的是对地基长期稳定性进行核算。

2 试验结果

2.1 试验方法

2.1.1 界限含水量试验

液限采用 76 g 圆锥仪下沉深度 10 mm 测得的



附图 慢剪内摩擦角 ϕ_s 与塑性指数 I_P 关系

含水量,塑限用搓条法将土样搓成 3 mm 产生裂纹时含水量。

2.1.2 直剪排水慢剪试验

采用 $\varnothing 61.8 \times 20$ mm 环刀切取原状土样,每组 4 块,密度差小于 0.03 g/cm^3 ,试样从环刀推入剪力盒进行排水固结,预压 12 h (上海地基基础规范规定预压为 4.5 h),用南京自动化设备厂生产的 DJY-4 型四联直剪仪,按国标规定的 0.02 mm/min 的剪切速率进行同步剪切,让试样在剪切过程中充分排水,每隔 0.1 mm 剪切位移测记钢环测力计读数,按峰值强度作为破坏值,若无峰值按剪切位移 4 mm 对应的强度作为破坏值。

2.2 试验结果

上海地区属于软粘土,绝大部分按剪切位移 4 mm 对应的强度作为破坏标准,26 个土样的试验结果见表 1。

将各测量值 \bar{h} 、 I_P 绘在 \bar{h} — I_P 直角坐标中,见附图。建立回归直线方程:

$$\bar{h} = a I_P + b \quad (1)$$

式中: \bar{h} ——直剪排水慢剪有效内摩擦角;

I_P ——土的塑性指数;

a 、 b ——直线方程系数

表 1 试验土样物理力学性指标

试样 编号	密度 d/gcm ⁻³	含水量 W _L /(%)	液限 W _L /(%)	塑限 W _P /(%)	塑性指数 I _P /(%)	粘聚力 C/kPa	实测内摩擦角 h _s /(°)	计算内摩擦角 h/(°)	误 差 h _s - h/(°)
1	1.89	35.0	41.6	23.0	18.6	5	28.5	27.8	0.7
2	1.80	41.2	34.5	20.2	14.3	0	33.5	32.6	0.9
3	1.93	31.2	33.0	18.9	14.1	0	32.5	32.8	- 0.3
4	1.83	39.6	31.0	17.3	13.7	0	36.0	33.2	2.8
5	1.89	34.0	38.8	20.6	18.2	0	30.5	28.3	2.2
6	1.73	47.0	35.7	20.0	15.7	0	30.0	31.0	- 1.0
7	1.77	41.6	37.6	20.3	17.3	0	26.0	29.3	- 3.3
8	1.83	35.8	34.9	22.0	12.9	0	36.5	34.1	2.4
9	1.74	42.9	43.4	25.4	18.0	0	25.5	28.5	- 3.0
10	1.69	53.3	44.7	23.8	20.9	10	22.0	25.3	- 3.3
11	1.77	44.5	41.9	22.6	19.3	0	28.5	27.1	1.4
12	1.79	45.6	39.1	19.2	19.9	0	25.0	26.4	- 1.4
13	1.81	38.5	39.2	21.4	17.8	0	27.0	28.7	- 1.7
14	1.75	48.8	39.8	20.6	19.2	2	26.0	27.2	- 1.2
15	2.00	25.9	37.6	20.3	17.3	4	32.0	29.3	2.7
16	2.00	23.7	32.8	20.0	12.8	0	33.0	34.2	- 1.2
17	1.82	35.8	32.5	20.0	12.5	0	32.0	34.6	- 2.4
18	1.96	27.7	37.9	21.1	16.8	0	28.5	29.8	- 1.3
19	1.68	52.6	43.9	23.0	20.9	0	26.0	25.3	0.7
20	1.90	34.7	35.4	20.6	14.8	0	30.0	32.0	- 2.0
21	1.78	41.9	42.0	22.7	19.3	4	27.5	27.1	0.4
22	1.81	39.6	46.5	23.1	23.4	10	23.0	22.6	0.4
23	1.68	56.0	45.6	24.1	21.5	0	24.0	24.7	- 0.7
24	1.83	35.6	40.0	22.1	17.9	6	27.0	28.6	- 1.6
25	1.83	34.1	41.3	22.8	18.5	9	27.0	28.0	- 1.0
26	1.80	43.1	36.8	20.6	16.2	0	27.0	30.5	- 3.5

系数 a b 的确定方法是各测量值同直线方程的
偏差平方和最小，偏差平方和:

$$Q=\sum_1^n[h-(aI_p+b)]^2$$

要偏差平方和最小，可令其偏导数等于零，得:

$$\frac{\partial Q}{\partial a}=0,\sum h-b\sum I_p-na=0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b}=0,\sum hI_p-b\sum I_p^2-a\sum I_p=0$$

联立求解得:

$$a=\frac{n\sum hI_p-\sum I_p\sum h}{n\sum I_p^2-(\sum I_p)^2}$$
$$b=\frac{\sum I_p^2\sum h-\sum I_p\sum I_ph}{n\sum I_p^2-(\sum I_p)^2}\tag{2}$$

各计算值见表 2

表 2 式 (2) 式 (3)中各项计算值

$\sum I_p^2$	$\sum I_p$	$\sum h$	$\sum I_ph$	\overline{h}	$\overline{I_p}$	n
21 675.25	8 060.04	744.5	451.8	12 700.9	28.64	17.38
26						

$$a=\frac{26\times 12\,700.9-744.5\times 451.8}{26\times 8\,060.04-451.8^2}=-1.1$$

$$b=\frac{8\,060.04\times 744.5-451.8\times 12\,700.9}{26\times 8\,060.04-451.8^2}=48.3$$

将系数 a b 值代入方程 (1)得回归直线:

$$h=48.3-1.1I_p$$

回归方程的相关系数可按式(1)进行计算:

$$r=\frac{\sum I_ph-\frac{\sum I_p\sum h}{n}}{[\sum I_p^2-\frac{(\sum I_p)^2}{n}][\sum h^2-\frac{(\sum h)^2}{n}]}=0.86$$

回归方程均方差:

$$s=\frac{[\sum h^2-\frac{(\sum h)^2}{n}]-b[\frac{\sum I_ph}{n}-\frac{\sum I_p\sum h}{n}]}{n}=1.86^{\circ}$$

3 讨论

3.1 试验资料表明:直剪排水慢剪 h 值与塑性指数 I_p 有良好的相关关系,相关系数为 0.86(一般认为相关系数大于 0.80属良好相关),均方差 $S=1.86^{\circ}$,用回归方程计算值与实测值相比(见表 1),在 26只试验资料中,误差在 $3^{\circ}\sim 3.5^{\circ}$ 有 3只,误差 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 有 6只,误差 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 有 8只,误差

也议《粉砂土的渗透系数的测定》

胡二中

(中南工业大学 410083 长沙)

《大坝观测与土工测试》1996年第 4期展梅英、俞宁《粉砂土的渗透系数的测定》中有：“测记水位、水位‘下降历时’时，……双手各持秒表，眼睛紧盯正在下降的水位，当水位降至 h_1 时，开动 1号秒表，水位继续下降至 h_2 时，双手同时掀秒表，……”。笔者认为，这种“倒置法”是可取的，但是测记水位、水位下降历时的方法却要商榷。试想，如土样渗透量较大，或者只有一个人在做试验，此法便不能采用；且两手同时掀秒表，水头差为 10 cm，将可能产生较大的误差。根据笔者多年土工测试经验，介绍一种简便且一人即可做的方法：仪器仍是南 55型渗透仪，按照变水头渗透试验规程进行操作，当仪器出水口开始有水溢出，为便于记忆和计算，可从水位降至整刻度时开始计时，并记下此时水位 H_1 ，经过几分钟后，记下终止水位 H_2 及历时 t ，如此记录一组试验数据，然后再将变水头管内加满水，

重复上述测试过程 5~ 6次。根据渗透量的不同，采用不同的水头差，使水位下降历时比较长，能从容测记 H_2 (终止水位)。试验完毕后，测量量杯中水的温度，按以下公式计算渗透系数：

$$k_T = 2.3 \frac{al}{At} \log \frac{H_1}{H_2}$$

a : 变水头管断面积；

2.3: \ln 和 \log 换算系数；

t : 水位下降历时；

l : 试样高度；

A : 试样面积；

H_1 : 开始时水位；

H_2 : 终止时水位

标准温度下的渗透系数按下式计算：

$$k_{20} = k_T \frac{Z_T}{Z_{20}}$$

Z_T 、 Z_{20} 分别为 20℃ 时水的动力粘滞系数

1996- 03- 21收稿。

小于 1° 有 9只。

3.2 直剪慢剪试验 h 值用于地基长期稳定性核算，尤其是贮油罐的地基强度计算，为节省试验费用和缩短工期，可以通过土的塑性指数利用相关公式求得 h 值，在估计中应用。

3.3 对于正常固结的饱和粘性土，直剪慢剪试验结果与三轴 CU 试验有效应力法所得的结果在数值上相当接近，但三轴 CU 试验比较复杂，试验成功率低，得不出与塑性指数相关关系，主要是土性不均匀，要切取 4个 8 cm 高，土性一致的三轴土样比较困难，直剪慢剪试验简单，成功率高，切取 4个 2 cm

高土性一致的土样比较容易，与塑性指数有较好的相关关系，用直剪慢剪代替三轴 CU 试验的有效应力法试验是可行的。

4 参考文献

- 1 户肇钧、杨伟. 软土内摩擦角与塑性指数的关系. 第一届全国土力学与基础工程学术会议论文选集, 北京: 建筑工业出版社, 1962
- 2 华南工学院, 南京工学院, 浙江大学, 湖南大学合编. 地基及基础. 北京: 建筑工业出版社, 1985
- 3 中华人民共和国国家标准土工试验方法标准. GBJ123-88. 北京: 中国计划出版社, 1990

THE RELATIONSHIP BETWEEN ANGLE OF INTERNAL FRICTION AND PLASTIC INDEX OF CLAY SOIL IN SHANGHAI

Hu Shihua, Wang Xiamin

(Shanghai Geotechnical Investigations & Design Institute, 200031, Shanghai)