

WG-1型微型贯入仪在岩土工程中的应用研究

姚磊明

(机械工业部第三勘察研究院 武汉 430030)

【提要】本文通过对WG-1型微型贯入仪试验数据与部分土的物理力学性质指标相关关系的分析,研究该仪器在岩土工程中的应用。

【Abstract】This paper studies the application of micro penetrometer WG-1 in the geotechnical engineering through the analyses about the correlation relationship between the test data and the index of physical and mechanical properties of soils.

0 前言

由沈阳市自动化仪表研究所研制、沈洲仪表厂生产的WG-1型微型贯入仪,是用于在野外快速初步测定地基土的某些工程性质的测试仪器。我院受研制单位的委托,对该种仪器在岩土工程中的应用进行研究。

结合本院在武汉和上海两地的岩土工程

勘察项目,我们采集整理了56组土样的对比试验资料,分析了贯入阻力读数与地基土的承载力标准值、压缩模量及液性指数的相关关系,建立了相关计算公式,现对该研究成果作一个初步总结。

1 仪器的组成及规格

WG-1型微型贯入仪由测杆、测头、外

重合(当然不排除所求参数点与已知样本点重合时的情况)。即曲线的形态,决定了欲求参数点的位置和数值。从颗粒分析级配曲线的分析中可知,这种类型的曲线,在给定区间内,一定是单值函数。即在一定的累积概率值条件下,只能有唯一的一个粒径值与之对应。曲线应是严格单调增加(或减小)的。而从三次样条插值绘制的曲线中看出,当多余的“波动”较大时曲线就不是严格单调增加(或减小)的,也就是说曲线可能具有多值性。有时会出现粒径小的累积概率值大于粒径大的累积概率值的现象。从定性分析的角度上看,这是不符合实际情况的。而这种反常现象恰恰是三次样条插值曲线多余“波动”所造成的。采用三次参数B样条曲线逼近数学模型,克服了上述种种弊端,使求出的参数更为合理,曲线的整体形态也更光顺。

3 结束语

通过上述的分析和实例对比,可以看出,土工试验微机成图时,诸如颗粒分析级配曲线(包括筛析法和移液管法),主应力差(包括有效主应力比,孔隙水压力)与轴向应变曲线和三轴应力路径曲线,采用B样条曲线逼近数学模型绘制出的曲线效果要好一些。当然,B样条曲线也不一定是最佳的数学模型。笔者认为,土工试验各类曲线应该有针对性地选择相应的数学模型,使绘出的曲线更加符合实际情况。

参 考 文 献

- 1 卢传贤等.实用计算机图形学.西南交通大学出版社,1989
- 2 舒明玉.微计算机绘图.高等教育出版社,1988
- 3 查良琦等.实用微计算机图形学.电子工业出版社,1990

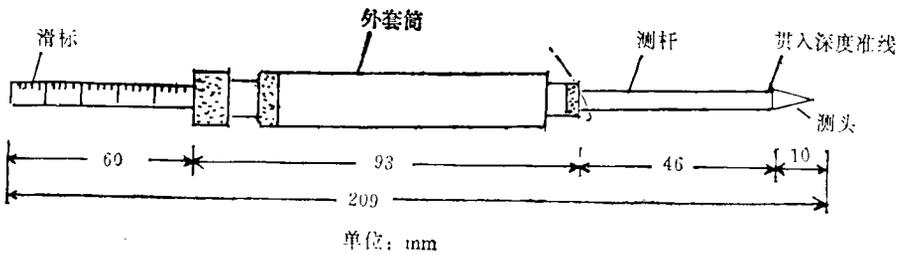


图 1 WG-1型微型贯入仪外形示意图

套筒、弹簧及滑标等部件组成，其外形如图 1 所示。该仪器目前有两种规格，其贯入阻力读数范围分别为 $0 \sim 2.00$ 和 $0 \sim 4.00$ （读数无量纲），根据设计，可分别测试承载力标准值在 200 kPa 以下及以上的土体。

2 仪器的试验原理及操作方法

WG-1型微型贯入仪的试验原理是：当测头被垂直地贯入土体内 10 mm 至贯入深度准线时，测头所受的贯入阻力通过测杆传递，使外套筒内的弹簧受到压缩，弹簧松弛时释放的弹力使滑标从外套筒内滑出，从滑标上显示的刻度便可读取贯入阻力的读数。在相同条件下重复进行数次试验，将各次试验读数的平均值代入下文所述的相关计算公式，便可求得土体的承载力标准值、压缩模量及液性指数等指标，从而较快地初步判定土体的工程性质。

该仪器的操作方法如下：

(1) 取一块有代表性的土样，厚度大于 2 cm ，直径大于 10 cm ，削平土样表面。

(2) 根据目测和手感粗略估土样的状态，从而选用合适规格的贯入仪。

(3) 在土样表面上均匀地选择 $3 \sim 5$ 个贯入点，点位应离开土样边缘约 1 cm 。

(4) 以手握持贯入仪，施加垂直压力，将测头匀速地贯入土体内 10 mm 至贯入深度准线，静止片刻后拔出。

(5) 读取并记录滑标上的刻度，数次试验读数的平均值即为所需的贯入阻力读数。

(6) 每次试验结束后，都应将滑标轻轻压回外套筒内，并清洁测头表面。

3 对比试验部分指标的相关分析

3.1 资料的采集

为较全面准确地分析贯入阻力读数 P 与地基土的承载力标准值 f_k 、压缩模量 $E_{s1 \sim 2}$ 及液性指数 I_L 等三项基本物理力学性质指标的相关关系，我们从武汉地区的一般粘性土和上海地区的软土当中选取了 56 组土样，并使不同土性及状态的土样各具一定的数量，对每组土样分别同期进行野外微型贯入试验和室内土工试验，所得对比试验的资料见表 1。其中，承载力标准值系按有关规范查表求得。

为便于进行资料整理，表 1 中的资料已经先行归纳过，其中 $1 \sim 28$ 号土样采自武汉地区，其余土样采自上海地区。

3.2 数据处理

应用数理统计的方法，我们对表 1 中的数据进行分类处理，逐一分析 $f_k - P$ 、 $E_{s1 \sim 2} - P$ 及 $I_L - P$ 的相关关系，建立回归方程。

将数据点分别标在三个直角坐标系中，如图 2 ~ 4 所示。对少数离散性较大的数据点，未在坐标系中标出，其数据亦未参与数理统计。由图可见，各坐标系中的数据点均呈直线分布的趋势，因此可分别采用直线方程来表示 $f_k - P$ 、 $E_{s1 \sim 2} - P$ 及 $I_L - P$ 的相关关系。

经线性回归计算，得出如下回归方程：

$$f_k = 36 + 102P \quad (r = 0.88) \quad (1)$$

表 1 对比试验指标汇总表

土号	土样名称	P	I _L	E _{s1-2} (MPa)	f _k (kPa)	土号	土样名称	P	I _L	E _{s1-2} (MPa)	f _k (kPa)
1	粉土	0.74	1.03	3.3	100	29	粉土	0.36	1.93	2.4	70
2	粉土	0.89	0.89	3.6	150	30	淤泥质粉质粘土	0.29	1.24	1.5	60
3	粉土	1.39	0.68	6.3	160	31	淤泥质粉质粘土	0.43	1.09	1.6	70
4	粉质粘土	1.38	0.42	6.1	200	32	淤泥质粉质粘土	0.40	1.49	1.8	50
5	粉质粘土	0.55	0.84	3.7	110	33	淤泥质粉质粘土	1.07	1.41	4.3	90
6	粉质粘土	1.05	0.98	4.0	140	34	淤泥质粉质粘土	0.41	1.79	2.1	70
7	粉质粘土	0.88	0.64	5.4	170	35	淤泥质粉质粘土	0.50	1.36	2.9	80
8	粉质粘土	0.76	0.34	4.8	150	36	淤泥质粉质粘土	0.69	1.24	4.6	90
9	粉质粘土	0.61	0.90	4.0	110	37	淤泥质粉质粘土	0.28	1.38	1.6	80
10	粉质粘土	0.61	0.93	3.5	110	38	淤泥质粉质粘土	0.35	1.39	3.3	90
11	粉质粘土	0.68	0.60	3.7	150	39	淤泥质粉质粘土	0.44	1.12	2.0	80
12	粉质粘土	0.85	0.56	4.2	150	40	淤泥质粉质粘土	0.42	1.60	6.0	80
13	粉质粘土	1.36	0.44	4.1	180	41	淤泥质粉质粘土	0.29	1.31	1.8	50
14	粘土	1.80	0.44	6.1	160	42	淤泥质粉质粘土	0.44	1.49	2.5	80
15	粘土	1.26	0.21	5.6	160	43	淤泥质粉质粘土	0.33	1.81	1.6	60
16	粘土	1.32	0.34	4.4	170	44	淤泥质粉质粘土	0.46	1.30	1.9	80
17	粘土	1.80	0.32	6.8	240	45	淤泥质粉质粘土	0.34	1.34	2.7	80
18	粘土	0.43	0.73	4.0	120	46	粉质粘土	0.66	0.83	3.6	90
19	粘土	1.27	0.31	5.7	160	47	粉质粘土	1.41	0.40	5.1	190
20	粘土	0.99	0.45	4.2	150	48	粘土	1.03	0.84	5.0	100
21	粘土	1.08	0.50	4.7	170	49	粘土	0.64	0.94	3.0	70
22	粘土	1.52	0.30	5.8	180	50	粘土	0.60	0.87	3.5	80
23	粘土	0.85	0.55	4.1	130	51	粘土	0.50	1.00	2.4	70
24	粘土	1.60	0.40	5.3	150	52	淤泥质粘土	0.39	1.01	1.5	70
25	粘土	0.89	1.09	5.5	100	53	淤泥质粘土	0.41	1.08	2.0	70
26	粘土	1.55	0.27	6.4	220	54	淤泥质粘土	0.62	1.02	2.4	70
27	粘土	1.05	0.43	5.1	190	55	淤泥质粘土	0.38	1.42	1.4	60
28	粘土	0.49	0.29	6.7	230	56	淤泥质粘土	0.33	1.36	1.7	70

$E_{s1-2} = 1.2 + 3.3P \quad (r = 0.90) \quad (2)$

$I_L = 1.60 - 0.8P \quad (r = 0.80) \quad (3)$

式中 f_k ——承载力标准值, kPa;

E_{s1-2} ——压缩模量, MPa;

I_L ——液性指数;

P ——贯入试验读数, 无量纲;

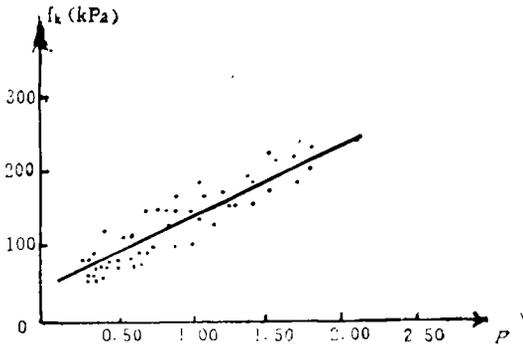


图 2 $f_k \sim P$ 关系图

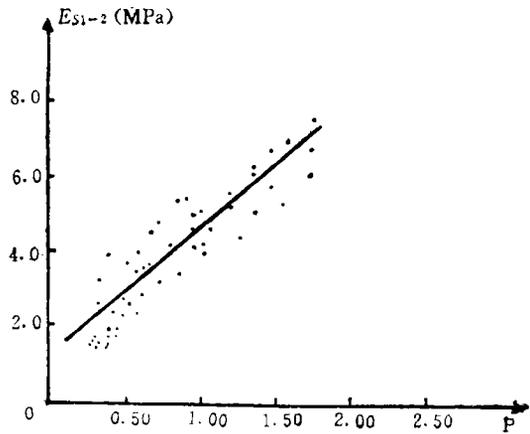


图 3 $E_{s1-2} \sim P$ 关系图

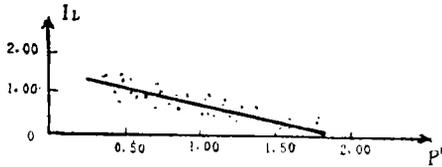


图4 $I_L \sim P$ 关系图

且 $0 < P < 4.00$;

r ——相关系数。

3.3 相关分析

经验算, $f_k \sim P$ 、 $E_{s1 \sim 2} \sim P$ 及 $I_L \sim P$ 相关系数分别为0.88、0.90及0.80, 均大于或等于0.80, 这说明 P 与 f_k 、 $E_{s1 \sim 2}$ 及 I_L 之间均分别具有较高的相关性。以上所建立的回归方程能较充分地表达 P 与 f_k 、 P 与 $E_{s1 \sim 2}$ 及 P 与 I_L 的相关关系, 在进行指标换算时具有一定的精度, 能作为一般工程粗判应用。

4 微型贯入试验的注意事项

(1) 应用WG-1型微型贯入仪进行贯入试验, 只能初步测定地基土的某些工程性质, 不能代替其它室内外测试工作。

(2) 因WG-1型微型贯入仪测试范围和精度有限, 故对特别软弱或特别坚硬的土体, 不宜应用该种仪器进行试验, 以免出现

指标失真和损坏仪器的现象。

(3) 在应用WG-1型微型贯入仪进行试验时, 因贯入阻力读数的大小取决于仪器内弹簧的弹性变形量, 而弹簧在长期使用过程中会发生材质疲劳和老化, 弹性系数会改变, 从而影响试验指标的准确性, 故应定期对仪器进行率定。

5 结束语

(1) 通过对比试验和部分试验指标相关关系的分析, 我们认为WG-1型微型贯入仪具备一定的测试精度和适用范围, 本文所建立的相关计算公式具有较高的相关性, 可应用于岩土工程中作为粗判的手段。

(2) 该种仪器体积小, 重量轻, 携带方便, 操作方法简单, 易于掌握使用。在岩土工程的选址勘察及施工验槽等阶段, 应用该仪器可以对地基土的工程性质作出快速且比较准确的判定和评价, 从而改变过去野外仅凭目测和手感鉴别土类和判定土性的状况。

在本项目的研究中, 我院高级工程师吴顺焕同志参与了工作, 撰文得到我院副总工程师姚永华高工的悉心指导, 笔者在此一并致谢。

(上接第22页)

从图4中可以看出: 抽水初期(对应于枯水期)边界处的排泄量迅速减少, 并发生逆转, 由排泄边界变为补给边界; 在抽水后期(对应于丰水期), 由于大气降水、渠道渗漏、灌溉回归等补给作用, 边界处的补给量迅速减少, 并又变为排泄边界, 对于这种实时变化, 一般的人为给定边界办法是无法办到的。

4 结语

边界确定及处理是水文地质数值法中一个至关重要的问题, 由于水文地质条件的复杂性, 切实难以查明和确定, 但是如果忽视这个问题, 则很难说数学模型的正确与准确, 这将直接影响地下水资源勘探与评价的

正确与准确, 很多水文地质专家曾提出了很多方法和办法, 笔者在进行河南省新乡火电厂水源地勘探与评价过程中, 针对该地区特殊的水文地质条件, 设计和实施了这种办法, 即动态边界处理办法, 现将其发表出来, 与水文地质同行商榷, 不足或谬误之处, 敬请指正。

参 考 文 献

- 1 笔谈会—《工程勘察》出版100期纪念. 工程勘察, 1986.5
- 2 孙勇. 地下水计算的数学模型耦合法. 军工勘察, 1993.3~4
- 3 孙勇. 地下水计算的数学模型耦合及其应用. 勘察科学技术, 1993.5