

土的固结试验快速法与常规法试验结果的对比分析

罗来芬

(中国地质大学(北京), 北京 100083)

摘要 介绍了土的固结试验快速方法及其数据校正,并结合工程实际对土的固结试验快速法压缩系数 a'_{1-2} 与常规法压缩系数 a_{1-2} 进行了对比分析。

关键词 土工试验 固结试验 压缩系数 快速法 常规法

中图分类号 TU411.5 **文献标识码** A **文章编号** 1672-7428(2004)10-0020-04

Contrast Analyses between Test Results of Soil Consolidation Fast and Convention Methods/LUO Lai-fen (China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract :The fast method of soil consolidation test and the amending formula for the data of the results were introduced. Contrast analyses between the coefficient of compressibility (a'_{1-2}) of the quick method and the coefficient of compressibility (a_{1-2}) of the common method was made based on project cases.

Key words :soil test ;consolidation test ;coefficient of compressibility ;quick method ;common method

土的固结(压缩)试验是土工试验室的基本试验项目。土的压缩性是土体在荷重作用下产生变形的特性,就室内试验而言,是土在荷重作用下孔隙体积逐渐变小的特性。

室内固结试验是在有侧限和两面排水的条件下进行的。其目的在于通过各级垂直荷重下土的变形测量来测定土的压缩性指标:压缩系数(a_{1-2})、压缩模量(E_s)、体积压缩系数(m_v)、固结系数(C_v)等等。在进行地基沉降计算时,往往用到的指标是土的压缩系数(a_{1-2}),因此如何快速测定土的压缩系数,提高工作效率,是许多勘察设计单位要解决的问题。

为了探讨压缩系数快速测定法的适用性,笔者结合某岩土工程勘察项目进行试验探索,为了保证试验土样的质量,选择了 10 个探井,共取土样 96 件,分成 48 组进行压缩系数快速法测定和常规法测定平行对比试验,试验结果可靠。

1 土的固结试验原理

1.1 固结试验

土的孔隙比与压力的关系可以通过压缩试验来确定。试验方法如下:将土样置于压缩仪(图 1)的钢环中,以限制其侧向膨胀,在土样的上下各放透水石一块,使挤出的水能自由排走。试验时在土样上

逐级加荷,以测微表(百分表)测量其压缩变形,待其在一级荷载下压缩完全稳定,确定其总变形量 Δh ,然后再加第二级荷载,重复进行试验。之后,再加第三级荷载……,如法进行试验。《土工试验方法标准》(GB/T 50123-1999)规定:常规压缩系数的测定须施加每级压力后,每小时变形达 0.01 mm 时,测定试样高度变化作为稳定标准。按此步骤逐级加压至试验结束。

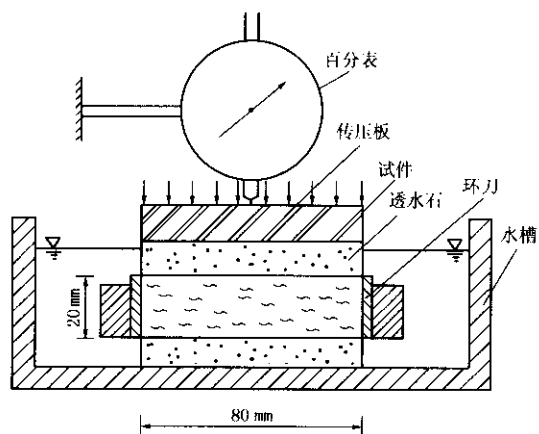


图 1 侧限压缩仪(固结仪)示意图

设在压力 p_1 作用下土样的厚度为 h_1 ,横截面积为 F ,孔隙比为 e_1 。当压力从 p_1 增加到 p_2 并压缩稳定后,土样的孔隙比从 e_1 减小到 e_2 ,厚度从 h_1 减小到 $h_2 = h_1 - \Delta h$ (Δh 为土样在压力从 p_1 增加到 p_2 后

收稿日期 2004-06-09

作者简介 罗来芬(1963-),男(汉族),江西吉安人,中国地质大学(北京)博士在读、高级工程师,地下建筑工程专业,硕士,从事地下建筑工程设计与施工方法研究工作,山东省淄博市临淄区桓公路 171 号齐鲁石化工程公司(255400),13070671756、(0533) 7533045、7195275, laifen486686@sina.com

的压缩量)。由于在试验过程中土样不能侧向变形,所以,压缩前后土样的横截面积不变。因此得出压缩前土颗粒的体积为:

$$V_s = \frac{V_v}{e_1} = \frac{V - V_s}{e_1} = \frac{V}{1 + e_1} = \frac{h_1 F}{1 + e_1}$$

压缩后土颗粒的体积为:

$$V_s = \frac{(h_1 - \Delta h) F}{1 + e_2}$$

因压缩前后土颗粒体积不变,即:

$$\frac{h_1 F}{1 + e_1} = \frac{(h_1 - \Delta h) F}{1 + e_2}$$

最后得出在各级荷载下达到稳定后,相应的孔隙比为:

$$e_2 = e_1 - \frac{\Delta h}{h_1} (1 + e_1)$$

1.2 压缩曲线

根据试验所得数据,可在以孔隙比为纵坐标、以压应力为横坐标的直角坐标系中作出曲线($e - p$ 曲线),称为压缩曲线。如果采用半对数坐标系,则以压应力的对数 $\lg p$ 值为横坐标作曲线($e - \lg p$ 曲线)。试验证明 $e - p$ 的关系为曲线,而 $e - \lg p$ 的关系为直线,如图 2 所示。

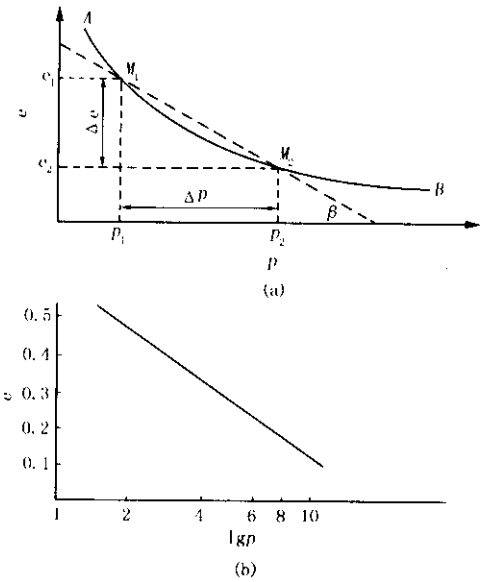


图 2 压缩曲线

1.3 压缩系数

根据压缩试验成果绘制出压缩曲线。当压应力变化的范围($p_1 \sim p_2$)不大时,实际上可将压缩曲线中响应的一小段 M_1M_2 用直线来表示,偏差不大(对高压缩性土,则有较大出入)。设 M_1 点的孔隙比和压应力各为 e_1 和 p_1 , M_2 点为 e_2 和 p_2 ,则直线 M_1M_2 可用下式表示:

$$e_2 = e_1 + a(p_2 - p_1)$$

$$a = - \frac{\Delta e}{\Delta p} = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} = \text{tg} \beta$$

式中 a ——土的压缩系数,即直线 M_1M_2 的斜率,以 MPa^{-1} 表示。负号表示土的孔隙比随压力的增大而减小。

2 压缩系数快速测定方法

快速法是指 1 h 试验法。其成立的理由是,对于 2 cm 厚的试样,在压力作用下 1 h 的固结度一般可达到 90% 以上,对试验结果进行校正,可得到与常规试验近似的结果。可以缩短试验历时,所以得到广泛应用。快速试验法的试验步骤与常规试验基本相同,只是每级压力的历时缩短到 1 h,仅在最后一级压力下,除测记 1 h 的变形量外,还应测记达到变形稳定时的读数。稳定标准一般定为每小时的变形 $\geq 0.005 \text{ mm}$ 。需要修正时,根据最后一级压力下稳定变形量与 1 h 变形量的比值分别乘以前各级压力下 1 h 的变形量,即可得到修正后的各级压力下的变形量。

对快速法所得的试验结果进行校正,公式为:

$$\sum \Delta h_i = (h_i)_t \frac{(h_n)_T}{(h_n)_t} = k (h_i)_t$$

式中: $\sum \Delta h_i$ ——某一压力下校正的总变形量; $(h_i)_t$ ——某一压力下固结 1 h 的总变形量减去该压力下的仪器变量, mm; $(h_n)_T$ ——最后一级压力下达到稳定标准的总变形量减去该压力下的仪器变量, mm; $(h_n)_t$ ——最后一级压力下固结 1 h 的总变形量减去该压力下的仪器变量, mm; k ——校正系数, $k = (h_n)_T / (h_n)_t$ 。

3 两种测试方法结果的比较

表 1 为常规固结试验压缩系数(a_{1-2})与快速固结试验压缩系数(a'_{1-2})对比表,图 3 为两种测试方法结果随深度变化对比图。从图 3 中可以看出两种试验结果除个别点离散较大外,大多拟合性较好。

表 1 常规固结试验压缩系数(a_{1-2})与快速固结试验压缩系数(a'_{1-2})对比表

勘探点号	土样编号	取土深度/m	a_{1-2}	a'_{1-2}	层号
G4	G4-2	2.0	0.08	0.12	②
	G4-3	3.0	0.16	0.09	③
	G4-4	4.0	0.08	0.06	③
	G4-5	5.0	0.07	0.06	③
	G4-6	6.0	0.12	0.12	③
	G4-7	7.0	0.10	0.11	④

续表 1

G16	F16-2	2.0	0.08	0.11	②
	F16-3	3.0	0.15	0.14	③
	F16-4	4.0	0.07	0.10	③
	F16-5	5.0	0.17	0.14	③
	F16-6	6.0	0.14	0.11	③
	F16-7	7.0	0.10	0.16	④
	F16-9	9.0	0.08	0.12	④
G21	G21-2	2.0	0.36	0.31	②
	G21-3	3.0	0.22	0.24	③
	G21-4	4.0	0.21	0.20	③
	G21-5	5.0	0.06	0.07	③
	G21-6	6.0	0.14	0.18	③
	G21-7	7.0	0.18	0.18	③
	G21-8	8.0	0.17	0.10	④
G26	G26-2	2.0	0.19	0.13	②
	G26-3	3.0	0.12	0.14	③
	G26-4	4.0	0.14	0.06	③
	G26-5	5.0	0.06	0.19	③
	G26-6	6.0	0.12	0.08	③
	G26-7	7.0	0.09	0.08	③
	G26-8	8.0	0.12	0.08	④
G36	G36-2	2.0	0.16	0.08	②
	G36-3	3.0	0.16	0.21	③
	G36-4	4.0	0.16	0.10	③
	G36-5	5.0	0.16	0.06	③
	G36-6	6.0	0.25	0.19	③
	G36-7	7.0	0.20	0.26	③
	G36-8	8.0	0.13	0.09	④
G50	G50-2	2.0	0.08	0.07	②
	G50-3	3.0	0.08	0.07	③
	G50-4	4.0	0.05	0.07	③
	G50-5	5.0	0.05	0.06	③
	G50-6	6.0	0.06	0.06	③
	G50-7	6.8	0.13	0.09	④
G55	G55-2	2.0	0.06	0.08	②
	G55-3	3.0	0.05	0.07	③
	G55-4	4.0	0.04	0.05	③
	G55-5	5.0	0.05	0.11	③
	G55-7	7.0	0.05	0.07	④
43	43-1	1.0	0.05		②
	43-2	2.0	0.09	0.07	②
	43-3	3.0	0.11	0.11	③
	43-4	4.0	0.11	0.07	③
	43-5	5.0	0.10	0.10	③
	43-6	6.0	0.12	0.15	③
	43-7	7.0	0.13	0.15	④
	43-8	7.6	0.12	0.12	④
97	97-2	2.0	0.06	0.04	②
	97-3	3.0	0.07	0.08	③
	97-4	4.0	0.08	0.06	③
	97-5	5.0	0.10	0.14	③
	97-6	6.0	0.11	0.11	③
	97-7	7.0	0.07		③
119	119-2	2.0	0.14	0.18	③
	119-3	3.0	0.08	0.10	③
	119-4	4.0	0.09	0.10	③
	119-5	5.0	0.07	0.06	③
	119-6	6.0	0.06	0.06	③
	119-7	7.0	0.15	0.10	③
	119-8	0.8	0.11	0.09	④

万方数据

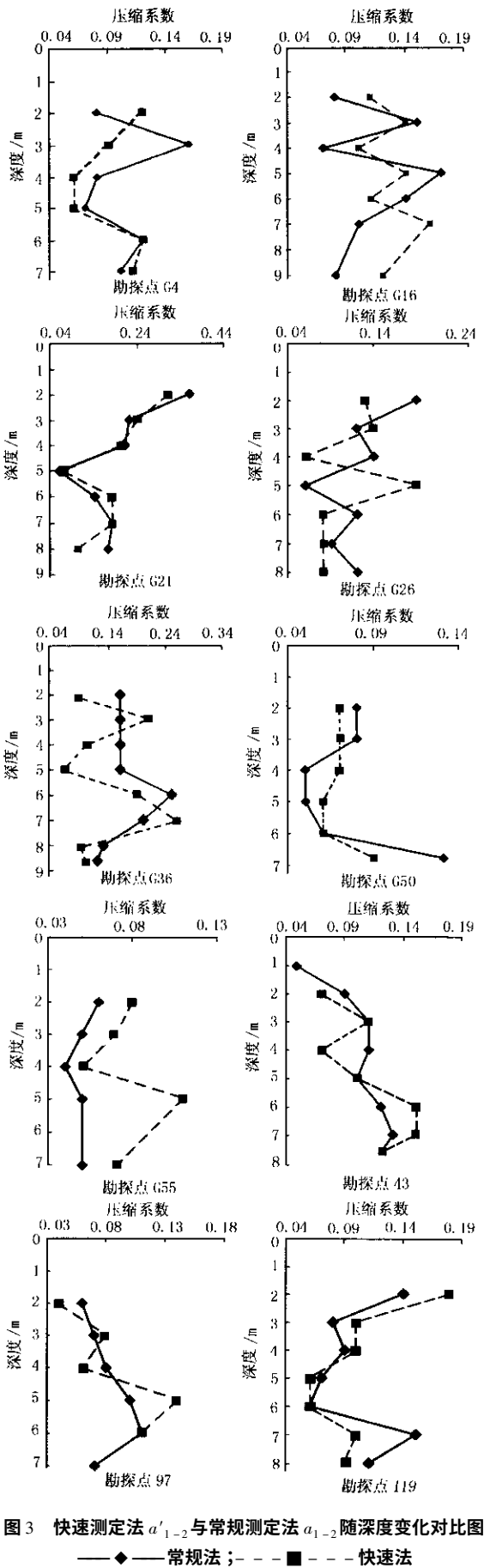


图3 快速测定法 a'_{1-2} 与常规测定法 a_{1-2} 随深度变化对比图

—◆— 常规法 ; - - - ■ - - - 快速法

对表 1 中的数据按土层进行统计分析,得到表 2 常规试验压缩系数(a_{1-2})与快速试验压缩系数(a'_{1-2})统计对比表。

表 2 不同土层常规固结试验压缩系数(a_{1-2})与快速固结试验压缩系数(a'_{1-2})统计对比表

层号	土层名称	统计指标	常规试验 a_{1-2}	快速测定 a'_{1-2}
②	黄土状粉质粘土	统计样本数 n	10	9
		数据范围值	0.05 ~ 0.36	0.04 ~ 0.31
		平均值 μ	0.12	0.11
		标准差 σ	0.095	0.079
		变异系数 δ	0.79	0.72
③	黄土状粉质粘土	统计样本数 n	45	44
		数据范围值	0.04 ~ 0.25	0.05 ~ 0.26
		平均值 μ	0.11	0.13
		标准差 σ	0.052	0.069
		变异系数 δ	0.47	0.53
④	粉质粘土	统计样本数 n	12	12
		数据范围值	0.07 ~ 0.16	0.07 ~ 0.15
		平均值 μ	0.11	0.13
		标准差 σ	0.030	0.05
		变异系数 δ	0.27	0.38

注 $\delta = \sigma/\mu$; $\bar{\mu} = (\sum_{i=1}^n \mu_i)/n$; $\bar{\sigma} = \sqrt{(\sum_{i=1}^n \mu_i^2 - n\bar{\mu}^2)/(n-1)}$

从表 2 可以看出,两种试验结果平均值和变异系数都非常接近。

4 结论

由以上试验结果进行分析得知,土的固结试验快速法可得到与常规试验近似的结果。可以缩短试验历时,所以得到广泛应用。一般认为 快速法测得的变形量小于常规法测得的变形量,但在实践中发现,对于某些扰动试样,不一定符合以上规律,也有快速法的压缩量大于常规法的,实际压缩量的大小并不单纯取决于时间的长短,而与土的性质有关。快速法由于没有理论依据,只有对透水性较大的地基土,或当建筑物对地基变形要求不高,不需要估算沉降发展过程的工程,才可用此法。

参考文献：

[1] GB/T 50123 - 1999,土工试验方法标准[S].
[2] GB 50021 - 2001,岩土工程勘察规范[S].
[3] 南京水利科学研究所土工研究所. 土工试验技术手册[M]. 北京:人民交通出版社,2002.

北京周口店开钻再寻“北京人” 将分三个阶段

新华社北京 10 月 10 日电 伴随着柴油机发出的一阵突突声,北京市勘探设计院的工作人员在周口店北京人遗址开始钻孔勘探。中科院古脊椎动物与古人类研究所专家说,如果此次实物取样验证了此前电磁探测结果——周口店仍存在尚未发掘的文化堆积,那么这个被称为考古圣地的古人类遗址将在 21 世纪初续写它的发掘史。

这项由法国电力公司、中科院古脊椎动物与古人类研究所等单位协作进行的钻探工作将持续 5 个星期,钻探 9 个钻孔。每个钻孔深度从 15 ~ 30 m 不等,孔径 < 10 cm。

法国电力公司考古勘探项目经理布莱说,此次钻孔取样勘探之前已进行过 2 次电磁物理探测。1996 年进行过一次微波探测。在此基础上,2003 年又进行了一次更全面深入的勘探,采用了几种世界上最先进的地球物理探测法——穿地雷达、二维电阻断层测图仪、表面地震波。结果表明,在周口店龙骨山西坡存在南、北两个异常区,很可能隐藏着尚未发掘的古人类活动遗迹,此次钻探的 9 个钻孔就分布在这两个异常区内。

中科院古脊椎动物与古人类研究所的专家说 1996 年至目前为止的工作还只是地球物理探测工作,对岩层并没有破坏作用,属于工作的第一阶段,“就像照 X 光片,发现目标”。

2004 年 10 月 9 日开始的钻探工作属于工作的第二阶段,这说明工作已进入了实质性阶段,如果有大的发现,将是北京猿人遗址考古的一次突破。

据悉,这次钻探点在龙骨山西坡。西坡至今没有被考古挖掘过,而东坡就是著名的北京猿人洞、山顶洞和第四地点发现地。法国电力公司专家于 1996 年地质物理勘探过程中,推测古人类化石有可能沿龙骨山向西延伸。距猿人洞化石地点也很近,9 日的钻探地点距离猿人洞的直线距离大约有两三百米,而且跟猿人洞的结构也比较相似。

中科院古脊椎动物与古人类研究所的董为说,钻探挖掘会有一定的破坏性,“但这一旦挖掘出来都是宝,还是需要挖掘”。该研究所的同号文博士也说,一旦发现有化石迹象,就立即停止钻孔钻探工作,会换个地方进行新的钻探,“否则,就会损伤化石”。

另据新京报报道,第三阶段“考古手术”的开始,取决于第二阶段钻探的结果,只要有化石出现,就可以进入考古发现的实质阶段。周口店北京人遗址地区在 1927 ~ 1937 年间曾进行过大规模的考古发掘,但自 1980 年以来,周口店北京猿人遗址已经 20 多年没有大规模发现古人类化石。

(据 中国新闻网)