

动三轴试验的微型计算机数据处理系统

王中正 滕延京* 王大庆 崇金著

(大连工学院土木系)

一、前言

在以往动三轴动力性质(包括液化强度)的排水或不排水试验中,虽然曾先后采用光线示波仪和 $\alpha - \gamma$ 函数仪记录土的动应力、变形和孔隙水压力等时程曲线,但试验数据还要靠人工整理。尤其是象在循环加载测试剪切模量和阻尼比的试验中,数据处理量甚大,需要大量人力和时间,然而成果的精度还往往达不到要求。从1984年起我们在动三轴的测试系统上配备了FM-8微型计算机,完成了数据采集、处理、打印和绘制图表等一系列工作。一年半以来,利用它已完成了某电厂粉煤灰的动力性质测定,并在灰渣坝的有效应力法有限元动力反应分析中取得了令人满意的结果。

振动三轴试验应用微型计算机自动采集和处理数据,是土工试验实现自动化的一个组成部分。本文仅就动三轴试验中微机的数据采集和处理系统及其滤波、加法、电压放大器的功能等有关软硬件作一介绍。至于动直剪和动扭剪试验,只要改变程序中的某些相应语句也是完全适用的。

二、试验系统及周围机器简介

试验系统简图如图1所示。为了提高试样的饱和度,在三轴仪上安装了通二氧化碳气、无气水和施加反压的系统。

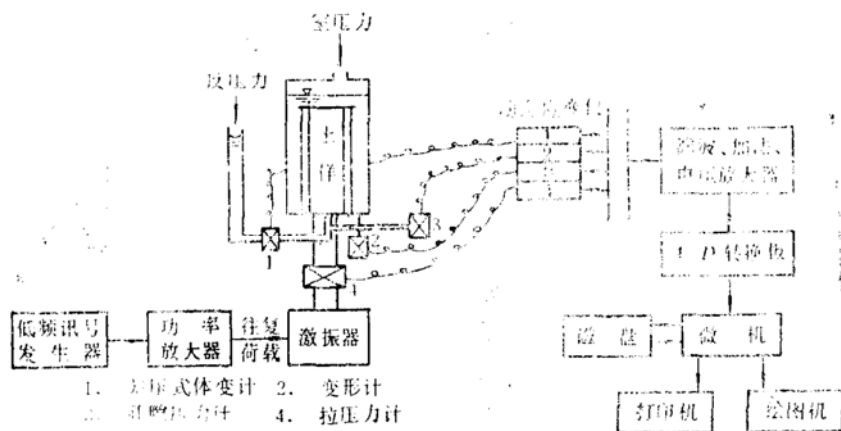


图1 试验系统图

*滕延京现在中国建筑研究院地基所工作。

(一) 荷载系统

一定频率的正弦波循环荷载, 是由低频讯号发生器发生, 经功率放大器放大, 最后由激振器而产生。至于任意波形的外荷输入, 原则上讲, 通过数模转换装置, 经由功率放大器送给激振器, 应用微型计算机监控, 亦能得到模拟任意荷载作用下的土动力性状资料。

(二) 计量系统

动三轴试验所量测的物理量为轴向应力、轴向应变、孔隙水压力和体积变化等。各物理量通过传感器转换为电压信号, 再经滤波、放大, 由计算机的 A/D 转换板转换为数字量。试验成果的精度很大程度上取决于传感器的精度, 而变形传感器对小应变水平的测量影响尤其大。试验用传感器的性能如表 1。

表 1 试验用传感器的主要性能

传感器名称	型号和主要性能指标
拉压力计	BLR-1 型, 量程 200kgf, 分辨力为额定荷载的 0.1%, 额定荷载输出灵敏度为 1.0 ~ 1.5mV/V, 滞后误差小于额定荷载输出的 0.5%
孔隙压力计	BPR-2 型, 量程 10kgf/cm ² , 分辨力为额定压力的 0.1%, 灵敏度为 0.5mV/V, 滞后误差为额定压力的 1% 以内
变形计	YHD-30 型, 量程 0 ~ 30mm, 输出灵敏度为 279 μ e/mm, 分辨率为 1 μ e, 最大误差为 $\pm 3\mu$ e/mm
压差式体变计	CECC-220 型, 工作压力 10kgf/cm ² , 量程 0 ~ 600mmH ₂ O, 精度为量程的 0.25%

注: 1 kgf = 9.80665N; 1 kgf/cm² = 98.0665kPa; 1 mmH₂O = 9.80665Pa。

(三) 微型计算机

FM-8 型微型计算机主机内存为 32KB, 用 BASIC 语言, 辅助记忆装置为 320KB 双面双密度磁盘驱动器, 外接 MX-100 打印机, DXY-100 绘图机。对于循环荷载振次大于 60 次以上时, 略感内存不足。

(四) A/D 转换器

FM-8 微机主机所附的 A/D 转换板为四个通道, 输入电压高限为 0 ~ 2.5V, 低限为 0 ~ 5/8V, 切换速度为 5ms/ch。

(五) 有源低通滤波器

在微机的数据采集过程中, 由动态应变仪输出的波形中夹杂着一些高、杂频干扰波, 使得微小幅值的应力或应变波形难以区分, 严重降低量测精度, 有时甚至无法量测, 给数据处理带来很大困难, 需采取滤波措施。数学滤波固然可作为一种滤波方案, 但由于微机运算速度有限, 处理如此大量数据需时太长, 难以实现。通常采用低通滤波器将高、杂频干扰信号从宽带频率成分中滤掉。动三轴试验所量测的信号频率大都低于 10Hz, 为此设计制作了一个四通

道四阶有源低通滤波器, 消去再生干扰波, 得到了满意的波形。

(六) 电压放大器和加法器

为了使电压信号满足 A/D 转换板接口对电压的要求, 同时也为了使测试达到要求的精度, 必须对输入信号进行放大处理。又, FM-8 型微机的 A/D 板要求正值电压信号, 因此对于正弦波输入信号还需将初始电压值抬高到某一电压水平, 使输入信号全部为正值。因此, 设计的电路板要求同时起到放大器和加法器的双重作用, 放大器可调范围为 $1 \sim 50$ 倍。此外在电路板上还加了一个保护电路, 使超过 A/D 板接口规定值的那部分电压信号由旁路输出, 以保护 A/D 板接口, 而数据采集则继续进行。我们将滤波、加法和放大器布置在同一个电路板上, 不但使结构紧凑, 而且操作也较方便。

三、数据采集程序FACTTA

数据采集程序FACTTA是由BASIC语言编制, 主要功能是通过人机对话, 输入试验数据, 并对数据进行采集。对于不同的试验, 控制采样次数和时间, 并将采集的数据以文件形式存入磁盘, 以备数据处理和绘图时应用。数据采集程序框图如图2。

应当指出, 在满足试验目的要求和保证有足够精度的前提下, 如何充分利用微机贮存容量尽可能多地采集数据, 是个令人关注的问题, 它是与试验物理量采集项数、试验频率、采样频率、试验振次以及微机容量等因素有关。因此在确定数据采集频率时需要对上述因素进行全盘考虑。又, 数据文件的建立一般有两种形式, 即顺序文件和随机文件。顺序文件能节省外存磁盘, 但提取数据时须按顺序取出, 存入数据量大, 在内存不足时不宜采用。而随机文件可随意存取任一组数据, 但外存磁盘用量增加。本程序采用随机文件存取形式, 解决了FM-8型微机内存不足的困难。应当说明, 对于其它型号微机, 只要改变相应的输入输出命令, 本程序也是完全适用。

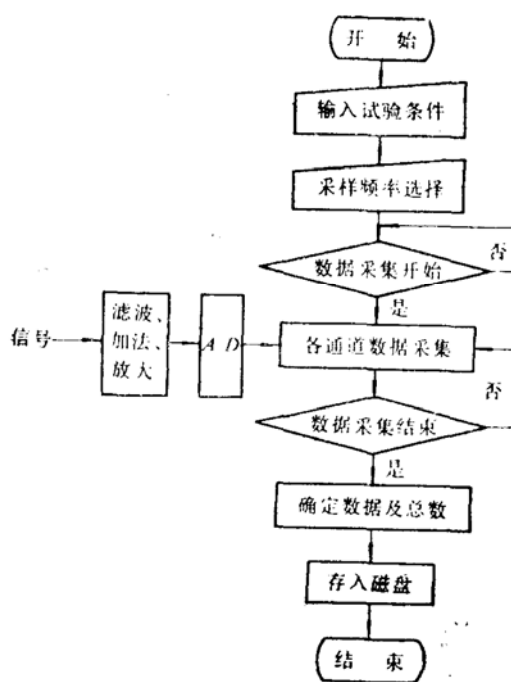


图2 数据采集程序框图

四、数据处理程序FACTTC

数据处理程序FACTTC (框图如图3), 是将采集到的试验数据经过微机计算提出试验有关结果。本程序能够完成对动三轴仪的系统摩擦进行修正; 计算每个振次下的动应力、动应变, 最大、最小和平均孔隙水压力值, 剪切模量和阻尼比以及其它感兴趣的问题。打印表格如表2, 标识符说明见附表。还能绘图, 如动应力、应变和孔隙水压力的时程曲线(图4)、应

力应变滞回曲线(图5)和有效应力路径曲线(图6)等。此外,还可根据采集的试验数据经过数理统计绘制其它关系线,如液化强度与振次曲线(图7)及 E/E_{max} (或 G/G_{max})与 $\varepsilon/\varepsilon_r$ (或 γ/γ_r)的关系线(图8)等。

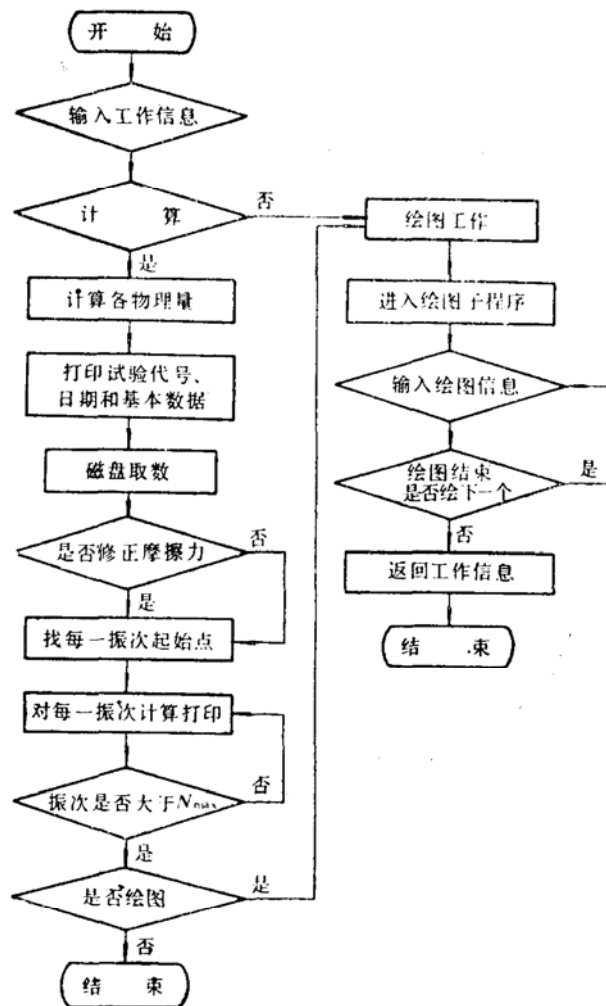


图3 数据处理程序框图

五、结 语

在土的动力性质(包括液化强度)试验中,应用微机系统自动采集和处理数据,可大幅度提高试验工作效率,完成手工作业无法比拟的数据处理工作量,一定程度上提高了试验成果的精度,同时还为从中发现更多的土动力性状规律创造了极为有利的条件。数据处理过程中,还可引进数理统计方法以减少人为误差。

表2

微机计算成果表

TEST NAME ---> ASD
 TEST DATE >84/9/22
 TEST DATA
 Wg= 98g
 D1= 3.94cm
 D2= 3.94cm
 D3= 3.94cm
 Q0= 9.71cm³
 Q1= 9.21cm³
 COEFFICIENT OF PORE PRESSURE B=1
 BACK PRESSURE VALUE= 98 kPa
 CONSOLIDATION RATIO Kc= 1
 CELL PRESSURE = 49kPa
 AXIAL STRESS = 49kPa
 Vc= 94.3336 cm³
 Ac= 11.8084 cm²
 Hc= 7.98866 cm
 RELATIVE DENSITY Dr= .231165
 DRY DENSITY GAMADC = 1.03887 g/cm³
 TEST FREQUENCY= 0.714Hz
 TEST CYCLIC NUMBER= 15
 STORE NUMBER= 34

N	SR kPa	e1 +	e2 -	Er kPa	n	1/Er E-03	G kPa	GAMA %
2	19.602	0.16423	-0.04106	19097.200	0.250	0.052	6365.740	0.30794
		0.10265						
3	19.167	0.18476	-0.02053	18672.900	0.260	0.054	6224.280	0.30794
		0.10265						
4	19.167	0.22582	-0.02053	15560.700	0.254	0.064	5186.960	0.30952
		0.12317						
5	19.167	0.26688	-0.06159	11670.500	0.232	0.086	3890.180	0.49270
		0.16423						
6	19.167	0.30794	-0.10265	9336.430	0.211	0.107	3112.140	0.61587
		0.20529						
7	18.731	0.36952	-0.16423	7018.640	0.194	0.142	2339.550	0.80063
		0.26688						
8	18.731	0.45164	-0.26688	5213.850	0.126	0.192	1737.950	1.07778
		0.25923						
9	18.296	0.57481	-0.47217	3494.920	0.171	0.286	1164.970	1.57048
		0.52349						
10	17.424	0.84169	-0.65593	2325.390	0.171	0.430	775.129	2.24794
		0.74931						
11	16.553	1.08804	-0.94434	1628.940	0.150	0.614	542.982	3.04857
		1.01619						

FOR N CYCLIC PORE PRESSURE

N	U- kPa	U+ kPa	U kPa
2	3.567	14.269	8.918
3	9.810	19.620	14.715
4	13.377	24.079	18.728
5	16.052	27.646	21.849
6	19.820	31.213	25.416
7	22.295	34.780	28.538
8	24.079	38.347	31.213
9	28.538	41.915	35.226
10	32.105	46.374	39.239
11	35.672	49.049	42.361

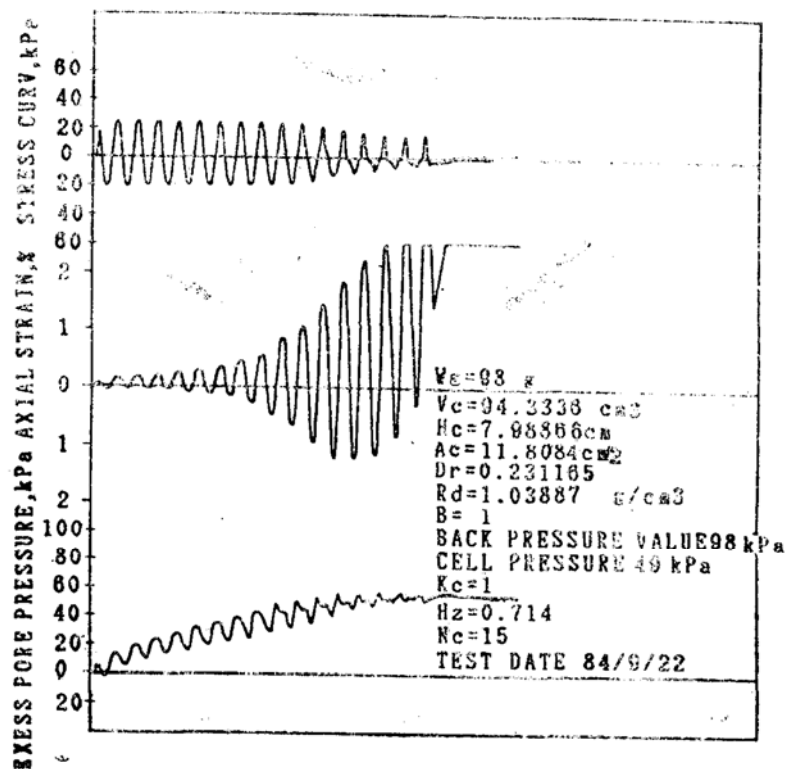


图4 动应力、应变和孔隙水压力时程曲线

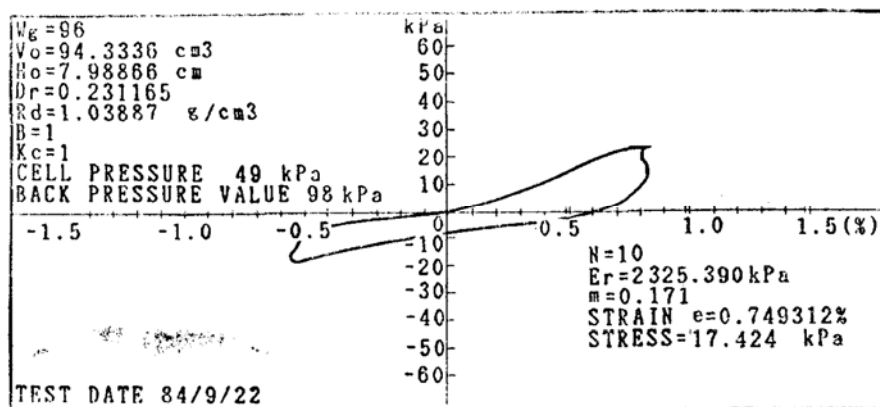


图5 应力应变滞回曲线

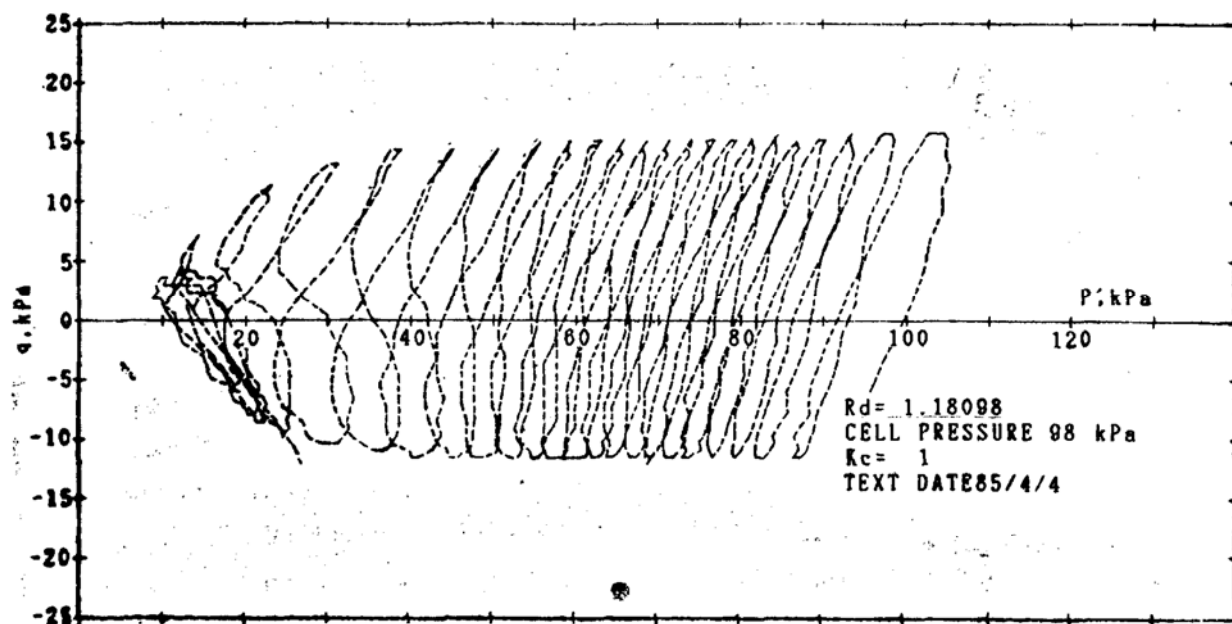


图6 循环荷载下有效应力路径

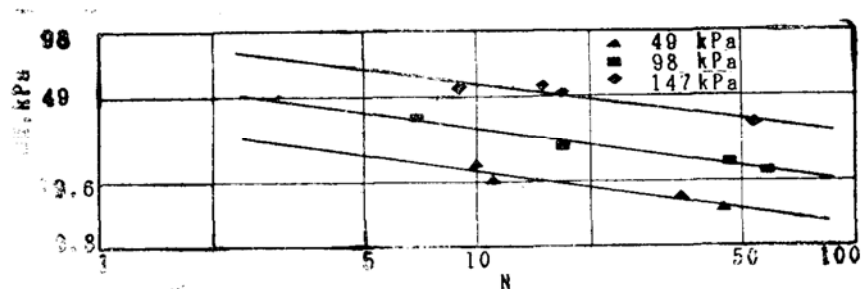
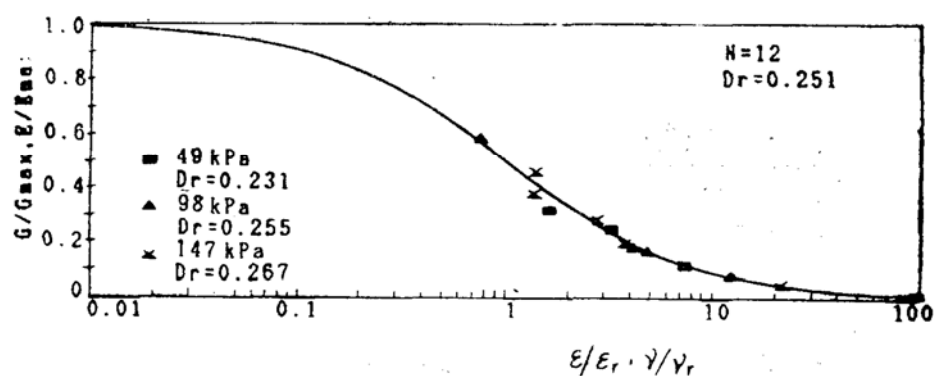


图7 液化强度与振次关系

图8 $E/E_{\max}$ (或 $G/G_{\max}$) 与 e/e_r (或 γ/γ_r) 关系

附表

程序FACTTC输出表格标识符说明

标 识 符	定 义	单 位
TEST NAME	试验名称	—
TEST DATE	试验日期	年、月、日
TEST DATA	试验资料	—
W_s	干土重	g
D_1, D_2, D_3	试样上中下直径	cm
Q_0, Q_1	试样排水前后体变管读数	cm ³
COEFFICIENT OF FORE PRESSURE B	孔隙压力系数 B	—
BACK PRESSURE VALUE	反压力值	kPa
CONSOLIDATION RATIO K_c	固结比 K_c	—
CELL PRESSURE	室压力	kPa
AXIAL STRESS	轴应力	kPa
V_c	固后体积	cm ³
A_c	固后面积	cm ²
H_c	固后高度	cm
RELATIVE DENSITY D_r	相对密实度	—
DRY DENSITY GAMADC	干容重	g/cm ³
TEST FREQUENCY	试验频率	Hz
TEST CYCLIC NUMBER	试验振次	—
STORE NUMBER	贮存编号	—
N	振次序号	—
SR	动应力	kPa
e_1, e_2	压向、拉向应变	—
E_r	变形模量	kPa
m	阻尼比	—
G	剪切模量	kPa
GAMA	剪应变	—
U_-	最小孔隙水压力	kPa
U_+	最大孔隙水压力	kPa
U	平均孔隙水压力	kPa