

土的弹性模量测试方法的研究

杨光,田堪良

(上海市市政工程勘察设计院有限公司,上海市 200092)

摘要:该文介绍了在经改装的静止侧压力仪上进行土的弹性模量测试的方法,并用该方法测定了上海饱和软粘土的弹性模量,经验证该测试方法具有仪器简单、加荷速度快、灵敏度高、测试结果可靠等优点,并探讨了影响土的弹性模量的因素。

关键词:饱和软粘土;静止侧压力仪;弹性模量;测试方法

中图分类号:TU411.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)05-0145-03

1 概述

土体是一种弹塑性体,在外力作用下,土体发生变形,当外力卸去后,有一部分变形得到恢复,这一部分变形称为弹性变形,不能恢复的变形称为塑性变形。土体的弹性模量是指土体所受的应力与该应力条件下产生的弹性应变之比。弹性模量是采用弹塑性本构模型计算土体应力应变时所必需的土的力学性质指标。该文通过对弹性模量测试原理的分析,研究了在经改装的静止侧压力仪上进行土的弹性模量测试的方法,并采用该方法对上海饱和软粘土的弹性模量进行了测定,分析了影响土的弹性模量测定的因素。

2 土的弹性模量的测试原理

2.1 试样及应力状态

测定土的弹性模量时,土样应采用天然含水率的原状样,应力状态应模拟天然土层的应力状态,所以,试样应采用 K_0 固结方法,轴向应力及周围应力分别按式(1)、式(2)施加。

$$\sigma_1 = \gamma' h \quad (1)$$

$$\sigma_3 = k_0 \gamma' h \quad (2)$$

式中, σ_1 ——轴向应力;

σ_3 ——周围应力;

γ' ——土的天然有效重度;

h ——上覆土层厚度;

k_0 ——土的静止侧压力系数。

2.2 弹性模量的测试原理

土体的应力应变关系呈现为复杂的弹塑性本构关系,土体在荷载作用下产生的应变既有塑性的,也有弹性的,当荷载超过土的屈服极限时,土体发生不稳定变形,只发生塑性应变。一般认为当荷载小于 $0.7 \sigma_f$ (σ_f 为破坏强度)时,土体的变形

是稳定的,此时,可通过在一定应力水平下的多次加压和卸压,将土体的弹性应变和塑性应变分离出来。在加压和卸压过程中,加荷速率要快,如果加荷时间较长,土体将发生流变。随着加荷和卸荷次数的增加,滞回圈面积越来越小,土体的应变接近完全弹性应变,从而可由弹性模量的定义计算出其值^[1~3]。加压、卸压与轴向变形关系曲线如图1所示。按式(3)计算土的弹性模量。

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta h_e / h_c} \quad (3)$$

式中: E ——土的弹性模量,kPa;

ΔP ——轴向荷载,kPa;

Δh_e ——土的弹性变形量,mm;

h_c ——试样固结后的高度,mm。

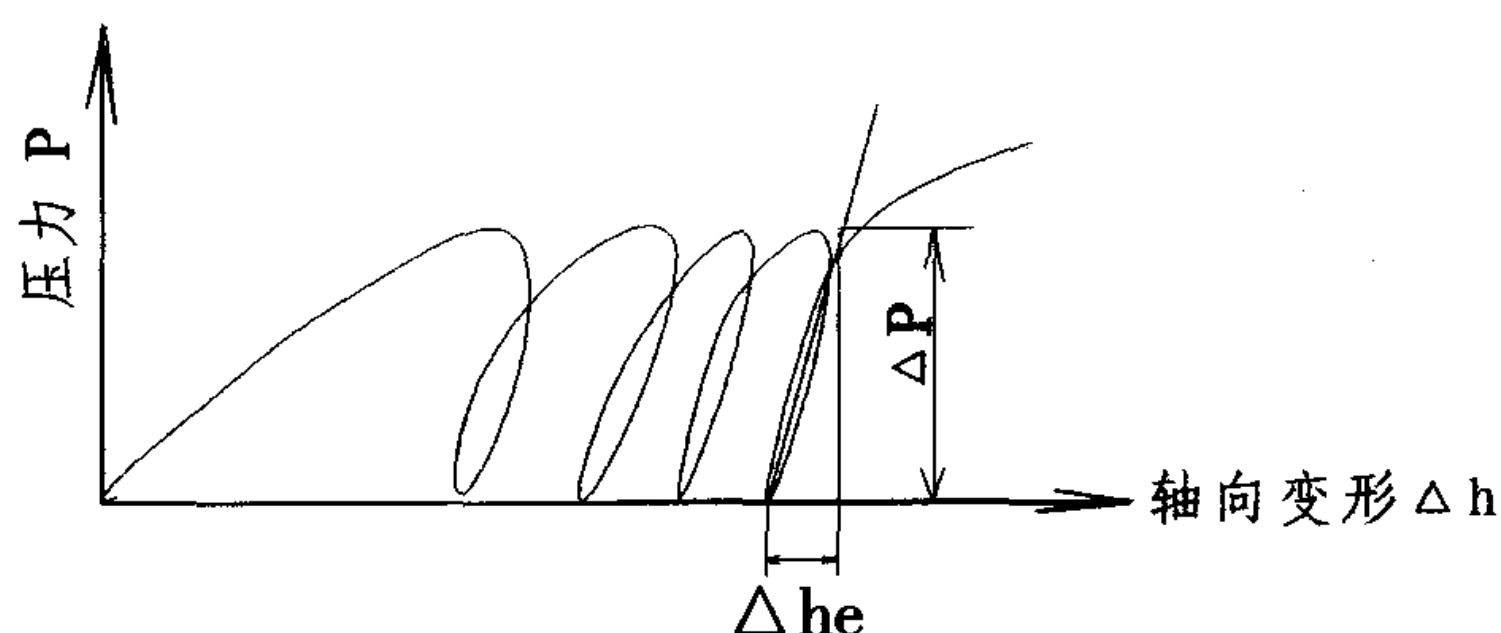


图1 加压、卸压与轴向变形关系曲线

3 测试设备及测试方法

3.1 测试设备

将静止侧压力仪受压室的进水孔与三轴压缩仪测压板的周围压力施加系统相连接,用以控制测定弹性模量时的周围应力 σ_3 。采用杠杆式加压系统施加轴向应力 σ_1 ,根据加压等级计算杠杆加压配重。

3.2 测试方法

测试前,先将侧压力仪受压室注满纯水,并排除其中的气泡。将仪器底座充满水,在制备好的原状试样外贴上滤纸,在试样顶部放一张不透水的薄膜,然后放上透水石和加压盖,先用调压筒抽出一些侧压力仪受压室的水,使橡皮膜凹进,试样推

收稿日期:2006-07-03

作者简介:杨光(1971-),女,山东烟台人,工程师,从事岩土工程勘察和管理工作的。

进容器后,再将抽出的水压回受压室。

根据土样的取土深度以及土层的有效重度,分别按式(1)、式(2)计算固结轴向应力和周围应力。打开侧压力仪底部的排水阀,逐级施加轴向固结应力及侧向固结应力,使试样开始单向排水固结(仅由试样底部排水固结)。采用杠杆式加荷方法,加荷速度快,荷载直接作用于加压盖上,由加压盖将所需应力施加于试样顶部,克服了应力式三轴仪存在的仪器复杂、活塞与压力室摩擦阻力影响测试精度以及加荷反应不灵敏等缺点。测定试样固结变形量,直到每小时变形量不大于0.01 mm时, K_0 固结完成,关闭侧压力仪底部的排水阀。

依据土的性质及周围应力估算破坏强度 σ_f ,按 $\frac{1}{3}\sigma_f$ 应力水平分四级加荷和卸荷。根据加荷等级和加荷杠杆比计算加荷配重,并应考虑试样顶部透水石及加压盖的重量。加荷和卸荷时间间隔均为1 min,每次加荷、卸荷后1 min时测记轴向变形量。测试过程中,试样顶部有不透水的薄膜,在围压作用下试样周围与橡皮膜紧贴,试样底部排水阀已关闭,所以,测试过程中试样处于不排水状态。反复加、卸荷共进行4次。测计最后一个加、卸荷滞回圈的弹性变形量,用式(3)计算土的弹性模量。

4 饱和软粘土弹性模量的测试

4.1 土的基本物理性质

测试所用饱和软粘土为原状样,取自上海某地铁车站场地,取样深度为14.5 m,土的基本物理性质指标见表1。

表1 土的物理性质指标

土的类别	含水率(%)	干密度(g/cm^3)	比重	孔隙比	饱和度(%)	塑性指数
粘土	40.8	1.25	2.74	1.19	94	19.0

4.2 测试结果分析

分别对三个试样进行 k_0 固结,固结应力均为: $\sigma_1=120$ kPa、 $\sigma_3=60$ kPa,估算土样的破坏强度 $\sigma_f=210$ kPa,分别在应力水平为 σ_f 的1/5、1/3、1/2即压力 $\Delta\sigma_1$ 为40 kPa、70 kPa、100 kPa时测定弹性模量,分四级加荷和卸荷。

饱和软粘土不同应力水平时弹性模量的测试结果见表1及图2、图3、图4。测试结果表明,不同应力水平下测得的弹性模量大小不同,随着测试时应力水平的增加,土体的结构损伤程度越大,测得的弹性模量越小,弹性模量随测试时压力的

变化趋势如图5所示。

表2 饱和软粘土弹性模量测试结果

压力(kPa)	40	70	100
弹性模量E(MPa)	35	22	16

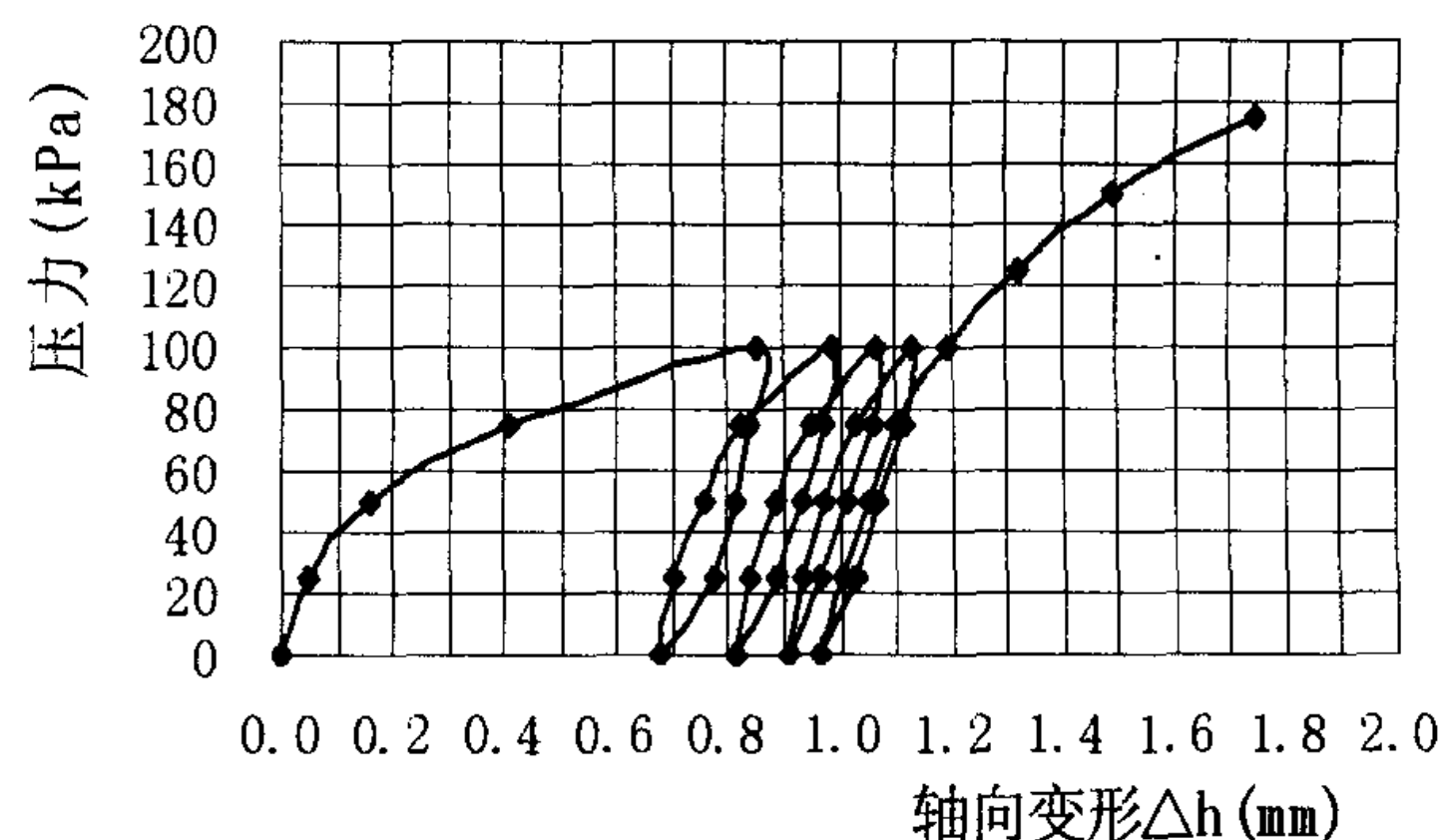


图2 加压、卸压与轴向变形关系曲线($\Delta\sigma_1=40$ kPa)

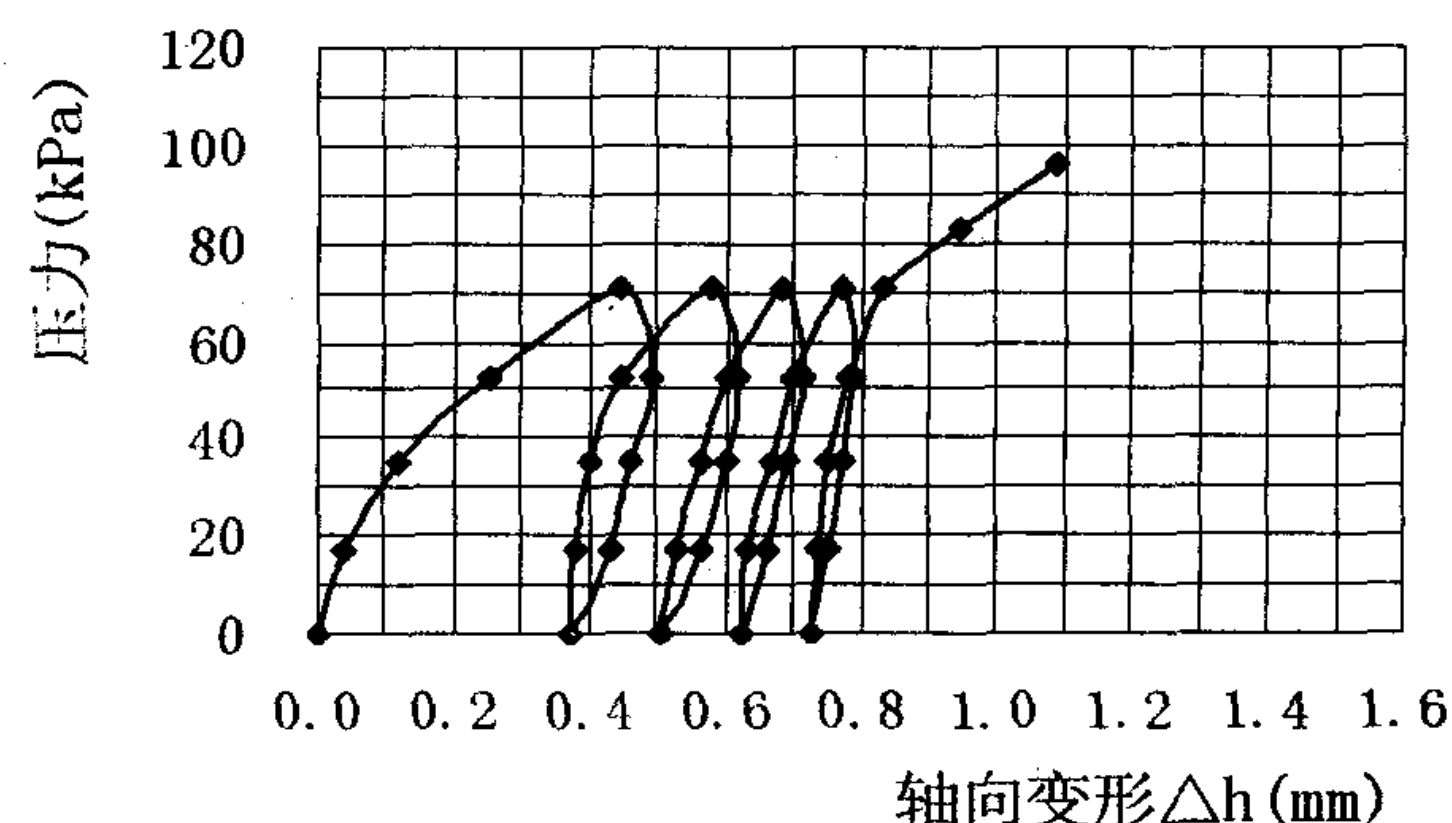


图3 加压、卸压与轴向变形关系曲线($\Delta\sigma_1=70$ kPa)

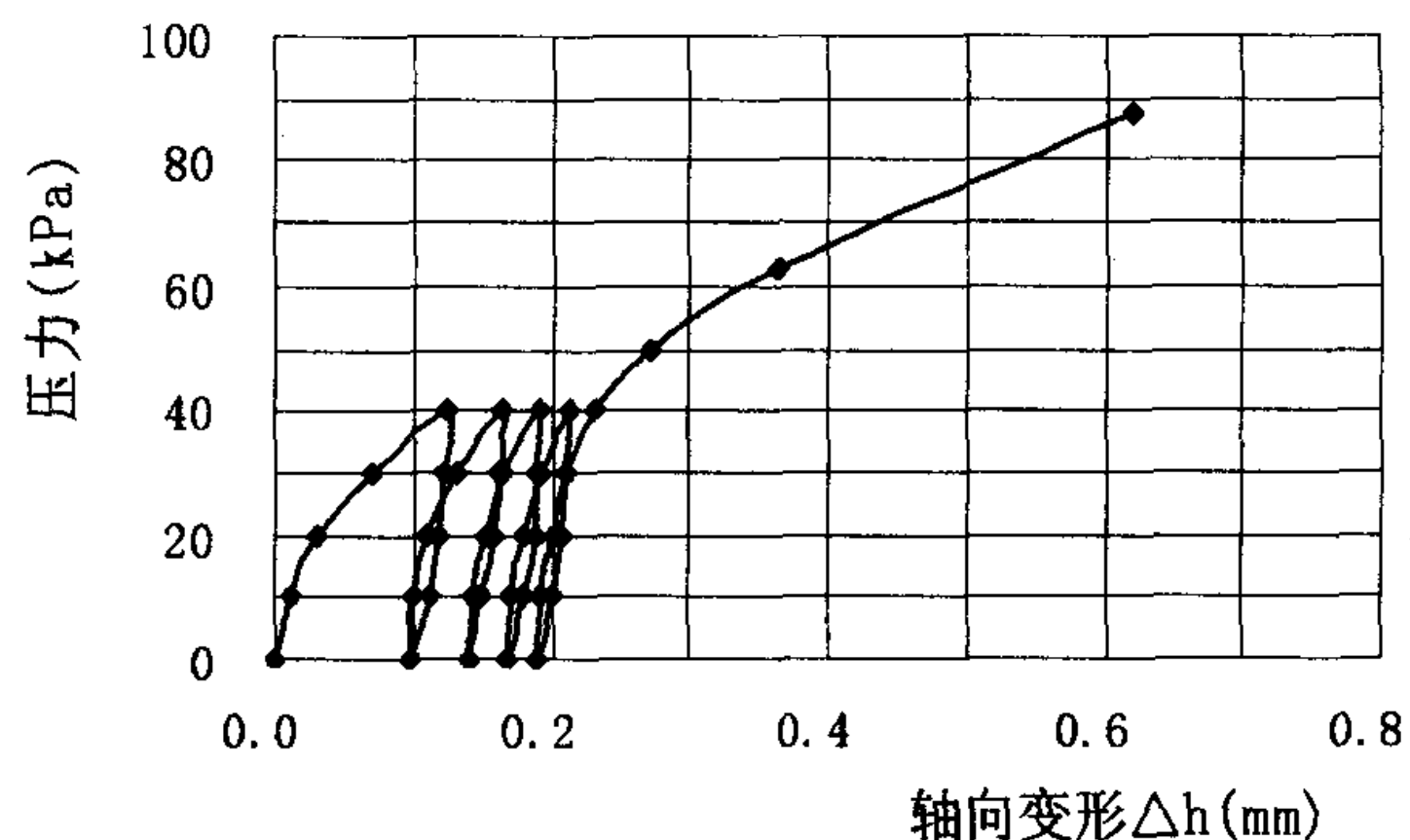


图4 加压、卸压与轴向变形关系曲线($\Delta\sigma_1=100$ kPa)

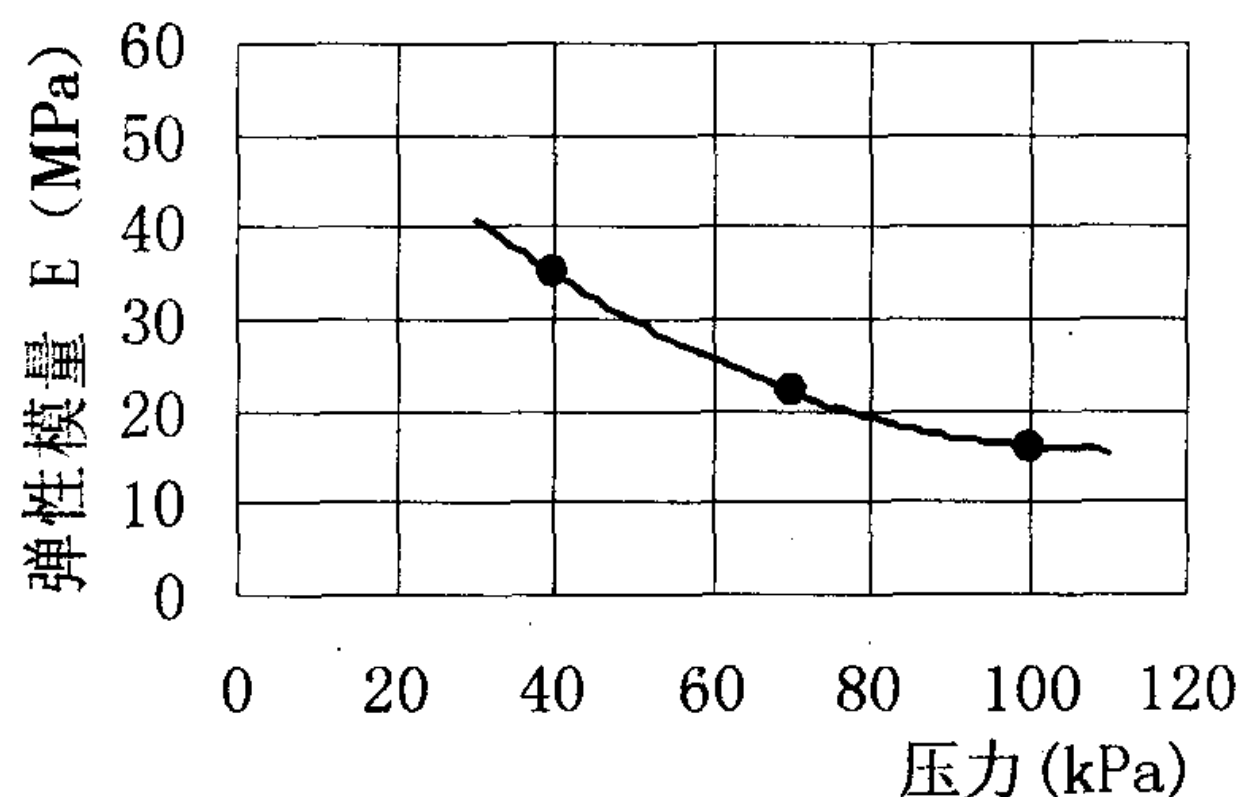


图5 弹性模量与测试压力的关系曲线

5 影响弹性模量测试的因素分析

影响弹性模量测试的因素很多,也很复杂,除仪器方面的影响因素外,还主要有以下几个方面:

(1)土体固结应力越大,土体越密实,刚性越大,测得的弹性模量越大。因此,采用 K_0 固结,使固结应力条件尽量接近实际,是准确测定土体弹性模量的前提。

(2)测试时的应力水平对测定土的弹性模量有直接影响。在较小的应力作用下,土体应变较小,土体的结构损伤较小,测得的弹性模量较大,同时,由于测定时应变较小,测定误差较大。测试时的应力水平应根据工程实际荷载情况确定,一般情况下取破坏强度的 $1/3$ 。

(3)加荷速率对弹性模量的测定亦有较大的影响。加荷时间较长时,加荷过程中土体产生的流变变形较大,将影响弹性模量测定的精度。

(4)回弹次数的影响。土体在一定应力水平条件下进行加荷和卸荷,随着加荷和卸荷次数的增加,滞回圈的面积越来越小,土体的变形近似弹性变形,因此,只有经过多次加荷和卸荷才能分离出弹性变形,也才能测得较准确的弹性模量值。

6 结论

通过在经过改装的静止侧压力仪上进行土的弹性模量测试方法的研究,可得出以下结论:

(1)采用改装的静止侧压力仪进行弹性模量测试,具有仪器简单、加荷速度快、灵敏度高、测试结果可靠等优点。

(2)饱和软粘土弹性模量的测试结果表明,测试时的应力水平对弹性模量的测定有较大的影响,随着测试应力水平的增加,测得的弹性模量值越小。

(3)弹性模量的测定受到固结应力水平、加荷速率、回弹次数等诸多因素的影响,只有采用 K_0 固结较准确地模拟土体的应力状态,采用较快的加荷速度和较多的回弹次数,才能较准确地测定土的弹性模量。

参考文献

- [1]南京水利科学研究院.土工测试规程(SL237-1999)[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [2]郑颖人,沈珠江,龚晓南.岩土塑性力学原理[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3]黄文熙.土的工程性质[M].北京:水利电力出版社,1983.

上海世博园区工程正式开建

浦东区域 11 条道路昨率先动工 2009 年底基本完成园区建设

东至白莲泾、西至卢浦大桥、南至浦东南路、北至黄浦江,上海世博会园区内浦东区域中的浦明路等 11 条道路日前率先开工,这标志着世博会园区工程建设正式启动。

根据世博会筹备工作的进度安排,主要场馆明年上半年开工建设,到 2009 年底要基本完成园区建设任务。

据介绍,紧接着展开的工程还有:景观绿化及防汛墙工程、地下空间工程、管线工程等;同时,各相关工程建设如电力、给水、通讯、燃气等也将同步启动。根据规划,世博会园区需要新建或扩建市政道路 30 条,总长度 35.55 km,其中浦东 18 条,总长度 26.13 km,浦西 12 条,总长度 9.42 km。这批新建、扩建的道路建成后,将为世博园区场馆建设提供骨架性的施工通道,将充分满足世博会展期交通服务需求,也将为世博的后续利用,增加地区交通容量提供保证。

首批市政基础设施项目有五大特点:

——综合性强、建设内容齐全。涵盖了城市建设中所有常规性基础设施项目。

——立体性强、地上地下一体化。园区基础设施呈现立体化的规划布局,形成了地下、地面、地上一体化多个空间层面展开的基础设施构架。

——时效性强、满足特定建设需要。园区基础设施项目必须在规定时间内全部建成,以满足下一步场馆与配套设施建设的需要。

——协调量大、各工种需协同推进。由于基础建设项目类型多、种类全,相互之间交叉影响大,所有项目需要在计划、设计、施工、运行等各阶段做到精心策划、巧妙组织,以保证建设的有序推进。

——立足后续利用,适应可持续性发展。基础设施的建设需要统筹考虑会展期和会展后的需求,在经济上、技术上充分论证建设方案的可持续性,以达到勤俭办博的目标。

在世博园区基础设施的建设中,还将体现“科技世博”、“生态世博”的理念。