



# 试论岩土工程中的预测与预算

田海霞

(中冶地勘岩土工程有限责任公司唐山分公司 河北 唐山 063000)

**摘 要** 岩土材料是天然的地质历史的产物,材料性质十分复杂,具有极大的时空变异性。在岩土工程中,其地基或者岩土环境几乎不可能完全探知,边界条件和操作过程也有很大的影响,因而岩土工程问题具有很强的不确定性,所以要准确的定量预测和预算也是相当困难的。依靠纯理论和技术技巧预测往往不成功,而经验的判断是不可缺少的。

**关键词** 岩土 预测 预算

土以碎散的颗粒为骨架,由固、液、气三相物质组成,在其由岩石风化的生成、搬运和沉积过程中几经沧桑,形成了不同于其他材料的复杂的力学性质,而不同时空条件下土的性状也各不相同。所以尽管已提出的土的本构关系理论数学模型不下百种,动用了传统力学和现代力学的各种理论和手段,但是到目前为止,还没有一种为人们所公认的、能够准确、全面反映各种土的应力应变关系的数学模型。是否存在这样的模型也是值得怀疑的。

在计算机和计算技术基础上发展起来的,以有限元为代表的数值计算是解决边值问题的强有力的手段。当用来计算弹性体时其精确程度令人叹为观止。其计算结果与光弹试验结果毫厘不差,结果光弹试验很快被废止。土是碎散材料,而在一般数值计算中首先被假设为连续体,然后被离散化,假设各单元间的结点位移协调,计算土体的应力变形关系。这常常不能反映土的变形的微观机理。以DDA(Discontinuous Deformation Analysis)为代表的离散单元计算方法在计算某些农产品(如谷类)和工业零件(如滚珠)时是相当成功的。以至被称为“数值试验”可以精确地代替模型试验。在定性地探索土的变形的微观机理时,也是很有价值的。

在对地基和土工建筑物的探测方面,土层的时空变异及人类活动给勘探测试及其结果的判释造成困难。除此以外,岩土工程中的复杂边界条件和施工过程中的诸多因素也严重影响工程的实际结果。

在我国每年发表和撰写了大量的论文和报告,提出了各种理论、模型、计算方法、计算程序和技术手段,常常伴以试验或者实测数据的验证,其结果是“符合得很好”,但承预测的不成功的较少。

近年来,主要在国外进行了多次的“考试”或者“竞赛”活动,这是一种客观、公正和权威性的检查比较方式。也是推动岩土工程发展的十分有益的活动和手段。它使我们认识到在岩土工程领域,我们的认识能力和预测能力到底有多高。

## 1 试验方法和设备的检验比较

1.1 不同仪器的相同试验的检验。利用美国Case大学的空心圆柱扭转仪和法国Grenoble大学的剑桥式立方体真三轴仪进行砂土的相同应力路径的试验。试验内容包括:

1)  $b=0$  不同常数的不同密度两种砂土的真三轴试验;其中  $b=(\sigma_1-\sigma_2)/(\sigma_1+\sigma_3)$ 。

2) 在  $\pi$  平面上应力路径为圆周(两周)的真的三轴试验。

在  $b=0$  和 0.28 时,不同仪器试验结果的差别是很大的。但是对于轴应变,除了 0.286 的结果很差(very poor)以外,其他的曲线符合的很好(very well)。对我们的一些论文中理论与实际曲线二者丝丝入扣的符合,就显得很不真实。

在这两个试验中试样的破坏形态也有很大不同:空心圆柱试样发生颈缩,立方体试样产生 V 形的剪切带。这些差别可能是由于试样的制样方法不同,试样中的实际应力分布不同和试验中的边界条件不同引起的。

1.2 土工离心机模型试验。试验的内容是模拟饱和砂土地基上的圆形浅基础的承载力和荷载-沉降关系。模型地基的孔隙比规定为  $e=0.66$  (相对密度  $D_r=86\%$ )。规定圆形基础的模型尺寸为直径  $D=56.6\text{mm}$ ,离心加速度  $a=28.2g$ ,基底完全粗糙。此前,对于这种土进行了物理试验和三轴试验,其结果公布于众。要求荷载-沉降关系表示成无量纲的变量  $q/\gamma \cdot nb-s/b$  公关系曲线。

其中:

$q$ =基础上施加的荷载(kPa);

$\gamma$ =乙土的浮容重( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ );

$n$ =重力加速度水平,即模型比尺;

$b$ =模型基础的尺寸(m);

$s$ =基础的中心垂直沉降(m)。

同时也进行了相同条件下的现场荷载试验,以便与模型试验结果对比。

经过反复摸索,反复校验,得出了最接近于要求的条件的试验结果( $e=0.664$ )。

可见,这种世界先进水平的土工离心模型试验的误差在  $\pm 30\%$  以上。值得

提出的是,这是一种条件非常简单明确的模型试验。而现场的工程实际情况的条件和影响因素远比这复杂。在这个试验中,加载速率、模型地基砂的密度、制样方法和运行程序对试验结果都有影响。

1.3 堤防隐患检测的“大比武”。我国目前有各类堤防 25 万公里,很多已具有几百年的历史。地质条件及堤身土料和质量千差万别,隐患很多。1998 年洪水期间发生的许多险情和决口都是由于渗透通道形成的管涌和蚁穴鼠洞、裂隙异物和局部疏松土体等造成的。为此水利部和防汛办于 1999 年 3 月在湖南宜阳召开了“堤防隐患综合检测技术检验会”也被称为“大比武”。

有我国的十几家科研院所、大专院校和少数厂家(包括美国的劳雷公司)参加。检测堤段位于宜阳的一段废堤上。每个参赛的检测方法负责 200 米堤段,时间是两小时。几处“隐患”是事先人工布置的,埋设了稻草、钢管、模拟蚁穴和鼠洞。一般在两米深范围内。人们使用的测试手段包括:高密度电阻率法、瞬变电磁法、地震波法、弹性波法和探地雷达等。这些方法都有一定的分辨率限制,即分辨尺寸与深度之比一般是相对固定的。因而两米深的隐患的检测不应算是难题。检测结果聘请有关专家评审,打分。针对测试结果,水利部斥资几百万,开展专题研究,目标是“傻瓜”式的快速检测仪器和方法。关键问题可能是要结合各地具体情况和长期的抗洪防汛经验,因地制宜,积累资料和经验,合理判释,仪器才会发挥作用。很难想象,可以身背“傻瓜机”走遍天下都会灵验。

## 2 土工加筋挡土墙的计算

加筋土的计算是岩土数值计算中很有代表性的课题。它涉及到土的本构模型、筋材的应力应变关系模型和筋土间的界面模型及这些模型涉及的参数。目前已经有较多的计算程序和经验。1991 年在美国的科罗拉多大学,由美国联邦公路局资助,在足尺试验的基础上进行了加筋土计算的竞赛。

目标试验是在一个高 3.05 米,宽 1.22 米,长 2.084 米的大型试验槽中进行的。铺设了 12 层长为 1.68 米的无纺土工织物,作成土工织布加筋挡土墙。墙顶采用气囊加压。气囊下铺设 5 厘米的砂垫层。试验用的土料有两种:一种是均匀的砂土,  $D_{50}=0.42\text{mm}$ ,另一种为粉质粘土,塑限  $W_p=19\%$ ,液限  $W_L=37\%$ 。事先公布了砂土的三轴试验,粘土的不同排水条件下的三轴试验,土工布的拉伸试验和筋土间的界面直剪试验等试验的结果。征求世界各国同行们进行数值计算,预算试验观测结果。

共有 15 个不同国家的大学和研究单位参赛。有几家没有预测粘土加筋挡土墙,有几家计算得到的结果表明,在此荷载下挡土墙早就破坏。只有少数计算的误差在 30% 以内。

对于砂土加筋挡土墙试验的破坏荷载是 207kPa,预测值从 10kPa 到 517kPa 不等。粘土加筋挡土墙在荷载加到 230kPa 时由于气囊爆破而未能继续试验,但挡土墙并没有破坏。计算的破坏荷载在 21kPa 到 207kPa 之间。其误差之大令人沮丧。

## 3 结论与讨论

土的力学性质是非常复杂多变的,岩土工程问题具有很强的不确定性。目前我们的理论分析、数值计算和勘探试验还远不能精确定量地描述,反映和预测它们。对此应当有清醒的认识。但是正确的理论和有效的方法应当能够揭示土受力变形的基本规律,反映岩土工程中的影响因素及影响的范围。

对于岩土工程问题,正面的纯理论和数值预测和计算,往往是很难奏效的。必须详细地了解实际的条件和过程,熟悉当地的情况,积累经验,对理论和参数进行合理修正,在工程中不断观测和积累数据,在其基础上合理选取参数,再计算和预测以后的变化,往往达到很高的精度。因而,有人提出在复杂的岩土工程中需要“理论导向,经验判断,精心观测,合理反算”。这是非常中肯和宝贵的认识。

在土力学和岩土工程中逐步引进不确定性的理论方法是一个重要的发展方向。

## 参考文献

- [1] 盛崇文.从桩的测法谈起[J].地基处理,1996,7(3).
- [2] 李广信.岩土工程中的预测与预算[J].2000-07-07.