

焦点论坛

莫把虚构当真实

—岩土工程界概念混乱现象剖析

No confusing fiction with reality

—Analysis of misunderstanding of some concepts in Geotechnical Engineering

沈珠江

中图分类号: N04

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2003)06-0767-02

作者简介: 沈珠江(1933-), 男, 1953年毕业于华东水利学院(现河海大学), 1960年在前苏联获副博士学位, 中科院院士。主要从事土体极限分析, 土的本构模型及数值模拟研究。

0 前言

分析和综合是科学研究的重要手段。牛顿力学中取脱离体的方法就是力学分析的基本手段。分析可以区分为实体分析、成份分析和因素分析等几种。结构力学中取脱离体和连续介质力学中取微元进行分析都是实体分析。矿物分析、颗粒分析和把土体分成水体和骨架两部则属于成份分析。显然, 这些分析过程中许多概念都是虚构的, 即只存在人们头脑之中。真的把构件从结构中取出, 结构就会坍塌。连续体中取出一个微元也是不现实的。在这些虚构的分析过程中人们虚构出许多概念来, 例如, 离心力、惯性力、浮容重、渗透力、超静孔隙压力等。这些虚构概念产生的原因不外乎两个, 一是为了表达更加简约, 例如离心力和浮容重, 二是为了理解更深入, 例如渗透力和超静孔隙压力。但是这些虚构概念的出现也容易带来概念混乱的副作用。例如离心力, 如果你从字面上去理解, 以为这是离开旋转中心的一股力, 一旦转体与中心脱开, 转体就会沿半径方向抛出去。那就错了。因为实际发生的是转体沿圆弧切线方向抛出去。^{*}

最近李广信教授的“案例趣谈”一文(《岩土工程界》, 2003年第6期)中指出的有些错误现象就是概念混乱造成的。陈津民教授的文章(《岩土工程界》, 2003年第9期)中指出的某一教科书中错误论述也是概念混乱的典型。李广信在“浮力计算与黏土中的有效应力原理”一文(《岩土工程技术》, 2003年第2期)中更对某一作者的概念错误提出了批评。笔者主持岩土工程学报多年, 对许多稿件因概念错误而退稿一事更有感触。本文尝试对造成这些错误的原因进行剖析, 这对读者避免今后再犯类似错误也许不无裨益。

1 渗透力或动水压力

岩土工程界概念混乱现象最主要表现在渗透力或

所谓的动水压力的应用上。自从岩土工程学报1982年第3期上发表毛昶熙教授等人的论文“渗流作用下的坝坡稳定有限单元法分析”以来, 一直有人主张土坡稳定分析中考虑渗透力。近几年, 许多报刊上发表过类似主张的论文。例如, 1999年在第八届土力学及岩土工程学术会议论文集上有两篇, 2001年第3期水利学报上有1篇, 而岩土工程学报2001年第6期上又发表毛昶熙的1篇论文。更有甚者, 2002发布的国家标准《建筑边坡工程技术规范》还把考虑动水压力的边坡稳定分析方法纳入强制性规范。

其实, 正如在讨论1982年毛的论文时就有专家指出, 在1948年出版的Taylor著土力学中, 早就把渗透力算法与孔隙水压力算法之间的关系讲清楚了。两者是等价的。但渗透力是矢量, 孔隙水压力是标量。矢量的处理比标量麻烦, 这是常识。而且渗透力是体力, 孔隙压力是面力, 体力积分后才得出面力。面力的计算当然比体力的计算简便。可是有人偏偏与“科学崇尚简洁”的原则背道而驰, 舍简求繁地去发展考虑渗透力的边坡稳定算法, 似乎还是什么创新的成果, 岂不笑话。

此外, 笔者还见到一篇论文稿, 申言Terzaghi固结理论中忽略了渗透力的作用, 需要修正, 并推导了新的固结方程和相应的解。据笔者了解, 这样的“创新”也还不是第一次。

笔者推测, 许多人热衷于渗透力的研究, 可能与对“土骨架”这一名称的不正确理解有关。饱和土体由固体颗粒和孔隙水组成, 这是常识。但是土力学中把饱和土体划分成土骨架和水体两部分, 却完全是虚构的, 土骨架并不是固体颗粒, 水体也不是孔隙水, 而是充满整个空间的, 包含固体颗粒所占的空间。这种划分的目的是为了渗流分析的需要。因为渗流理论中的流速定义是通过单位土体面积的流量, 而不是通过单位孔

* 收稿日期: 2003-09-10

隙面积的流量。有的文献称之为比流量,似更确切。因此,这一流速不是真实的孔隙水流速度。其实,流速定义中忽略固体颗粒与应力定义中忽略孔隙,是完全相当的。渗透力方法的鼓吹者把虚构的土骨架当作土坡稳定分析的对象,而不去分析真实的土体,其不合理性是不言自明的。至于动水压力,这是从俄文翻译过来的不恰当的名字。因为压力一般理解为作用面上的法向压强,而渗透力则是作用于土骨架上的切向拖曳力。显然,把渗透力称为动水压力更容易造成混乱。

2 浮容重和有效应力

浮容重的定义是单位体积的土体重减去同体积的水重(即浮力),而不是仅仅减去孔隙水重。因此,浮容重这一概念与土骨架的概念是相当的,都需要把固体颗粒所占这一部分体积的等量水体去掉。土力学中之所以广泛运用浮容重的概念,道理很简单,就是为了简化有效应力的计算,即一次算出有效自重应力来,而不必分两步走,即先算出总应力,再减去孔隙压力。这也是“科学崇尚简洁”的例证。这一简化算法在无渗流情况下是完全正确的,有渗流条件下则只是近似的。土坡稳定分析通用的办法是对浸润面以下和坡外水面以上土体,滑动力按饱和容重算,抗滑力按浮容重算。滑动力按饱和容重算,说明分析的对象是整个土体而不是土骨架,而抗滑力按土骨架重计算,得出的滑裂面上法向力将小于总应力而接近于有效应力。但是,在计算机已经普及的今天,这样简化的意义已不很大,因此有效应力算法应当尽可能采用总应力减去孔隙压力的正规算法。

土压力计算中水土分算和水土合算两种算法那一种更合理的问题近年有过不小的争论,同样可以按上述思路进行评价。水土分算就是用浮容重计算滑裂面上的有效应力。如果采用有效应力强度理论,水土分算法当然是合理的。但是,当挡土墙后存在渗流现象和超静孔隙压力时,特别是黏性填土,孔隙压力的计算的确是一件麻烦事。这时应用半经验的总应力强度理论可能更合适,水土合算法就应运而生。由于总应力强度的摩擦角远低于有效内摩擦角,计算结果可能更保守。这时如果再用有效强度指标进行计算,结果显然是不对的。

再谈有效应力。作为想象中作用于土骨架上的一种应力,既然土骨架是虚构的,有效应力当然也是虚构的,对饱和土而言,并不等于固体颗粒之间接触力的统计平均值。其实,有效应力就是等效应力,应从骨架变形或强度的等效上去理解。固体力学其它学科在应力分析中没有人去考虑分子或晶体之间的作用力,岩土工程界一直有人孜孜不倦地从颗粒之间接触力和接触面

积大小上探究有效应力的“真谛”,恐怕是多此一举的。同样,从浮力只作用于孔隙面积上的概念出发探究它的“真值”,恐怕与探究孔隙中的真实流速一样,是毫无意义的。当然,细观力学也研究晶体和颗粒之间的作用,但目标是弄清固体材料的变形机理,其成果只是定性的,不能直接用于实际,因而与上面讨论的问题无关。

3 膨胀力与惯性力

与把离心力顾名思义地理解为引起离心运动的一股力类似,有人把膨胀力理解为引起土体膨胀的原因。于是把膨胀力加到土体上,推导出膨胀土地基的承载力公式和边坡稳定计算公式。膨胀力当然不是虚构的,但它的真实含义是阻止膨胀的力,与向心力阻止离心运动类似。

为了把加速运动问题简化为静力问题进行分析,力学家虚构了惯性力的概念。结构工程师在研究地震中构件滑落问题时,可以方便地应用惯性力进行分析。但把它用于土坡抗震稳定分析,却引起一些混乱。且不谈滑坡体上各点的加速度分布不可能一样,作为瞬时作用力的惯性力加在滑坡体上时,滑裂面上的孔隙压力如何变化,在拟静力分析中全然不考虑。因此,这一分析方法只能与总应力强度理论挂钩,不宜用于饱和土坡的分析。大量滑坡实例已充分说明,没有一个饱和土坡的滑动是在地震的峰值加速度瞬间发生的,有的滑坡甚至发生在震后数十分钟。

4 后 记

作为主编,笔者同意在岩土工程学报上发表毛昶熙教授的论文,是有所考虑的,即希望通过进一步讨论让岩土工程界更多的专家认识到这一研究方向的错误。可惜结果未能达到预期的目的。目前似乎有更多的专家和同行朝着这一方向跟进。这样的论文写多了,不但浪费了作者们的精力,也浪费了评审专家和编辑们的精力,以及各学报的珍贵版面。如果把类似的错误观点带到设计中去,还会引起严重后果,例如有效应力法稳定分析中不考虑剪切引起的孔隙压力;或做出过于保守的设计,例如重复考虑孔隙压力和渗透力。因此,笔者认为,岩土工程界的概念混乱现象已到非治不可的程度了。笔者觉得有必要大声疾呼撰写这篇批评文章。这样做难免会得罪一些同行,但如果本文能起到促进我国岩土工程研究的健康发展的作用,也是值得的。特别应当指出,如果教科书中存在类似的问题,将会贻误下一代,因此希望高校的土力学教师们加以重视。