

国内岩土边坡稳定分析软件面临的问题及几点思考

张鲁渝 欧阳小秀 郑颖人
(后勤工程学院 重庆 400016)

PROBLEMS AND THOUGHTS OF DEVELOPMENT OF SLOPE STABILITY ANALYSIS SOFTWARE IN CHINA

Zhang Luyu, Ouyang Xiaoxiu, Zheng Yingren
(Logistical Engineering University, Chongqing 400016 China)

1 概况

“岩土工程学是土木工程的重要分支，是一门涵盖工程地质学、土力学、岩石力学、基础工程和地下工程的综合性学科”^[1]；然而，就在岩土工程理论与实践不断地取得新进展、新成果的同时，越来越多的同行发现，要想高效准确地工作，是离不开计算机的。如果说地质学、土力学等诸多理论是解决岩土工程问题的有力工具，那么计算机数值模拟技术更是当今发展岩土工程理论、解决工程实际问题不可或缺的基本手段和工具。早在1991年，美国的“国家关键技术委员会”就在一份报告中明确提出：计算机仿真与建模是美国新时期应优先发展的关键技术之一。从20世纪80年代初至今，近20a的实践也充分展现了数值模拟技术在各行各业高速发展中所起到的巨大推动作用。因此，当代岩土工程学必须包括相关计算机仿真与建模技术。

为适应岩土工程发展的需要，国内各大院校也先后开设了以岩土工程与数值计算为主要内容的多种课程。截止今日，国内已引进、开发出各种数值分析方法达数十种之多，如有限元法、有限差分法、DEM、FLAC、DDA、流形元法 MEM、半解析元法 SAEM 等，上述所有方法都必须以程序(软

件)的形式并依赖计算机来完成分析工作。以岩土工程边坡稳定分析为例，国际上影响较大的边坡稳定分析软件有：由 Geo. slope 公司开发的 Geo. Slope, Rocscience 公司开发的 Slide 等，它们的显著特点在于功能强大，易学易用以及前后处理可视化程度高。我国水电部水电规划设计院(水电水规院)早在80年代便开展了土石坝边坡稳定分析程序的规划研制工作^[2]。当前国内应用较广的边坡稳定分析程序 Stab95(1982)便是陈祖煜教授受水电水规院委托着手研制的，此外还有同济启明星 Slope(1997.12)以及新近推出的理正岩质边坡稳定分析软件(2002.2)等，它们在诸多方面都各具特色，并经多年的工程实践而不断完善，特别是 Stab95，它除了具有常规的各种分析方法外，还有陈教授自主研究的成果。诚然，在取得成绩的同时，还应认识到：国内软件与国外同类产品的差距依然很明显，且较为通用的大型边坡稳定分析软件几乎没有，其他岩土工程数值分析软件的境遇与边坡分析软件类似，这一局面严重地阻碍了相关理论的深入研究与推广。

不可否认，岩土工程学是一门实践性很强的学科，岩土工程师的决策离不开丰富的实践经验，然而随着理论及计算技术的不断发展与完善，数值分析对于快速准确的决策也将变得越来越重要和必不

2002年5月30日收到初稿，2002年7月8日收到修改稿。

作者 张鲁渝 简介：男，1974年生，1997年毕业于西安空军工程大学，现在重庆后勤工程学院攻读博士学位，主要从事岩体本构及边坡稳定分析方面的研究。

可少。尽管现有的方法或理论仍存在不同程度的缺陷和不足,但理论在发展,在科学技术就是生产力的今天,不能因理论不完善而因噎废食,而应在理论应用的过程中不断地检验,完善现有理论。在这方面的广大科研、工程技术人员一直在不懈地努力,成果斐然。然而问题的另一面在于:最新理论研究成果未必就能及时地应用于工程实践。我国每年有关滑坡稳定方面的研究成果及文献达数百篇,然而滑坡灾害及其造成的损失却与日俱增,其原因与研究成果不能及时地应用于工程实践不无关系。鉴于此,必须重视新理论出现之后的应用研究,理论只有指导实践才具有其价值,理论也只有接受实践的考验才能进行一步地完善。因此,必须一手抓理论研究,一手抓数值应用,特别是后者,更是弱项,更应该加大研发力度,这是将来的发展趋势。

2 开发通用专业软件的可行性与必要性

我国各项事业的发展正处于关键时期,西部大开发战略的实施也给广大岩土工程技术人员带来了新的机遇与挑战,与此同时,一个矛盾不可避免地出现了:一方面一线工程技术人员为工程建设中遇到的大量新问题伤透脑筋,而现有规范没有也无法提供解决方案;另一方面科研院所研究人员的最新成果得不到推广应用,即便研究人员亲自参与工程设计,由于时间与精力的限制,真正能够参与的工程数量也是非常有限,而绝大多数一线工程技术人员因其工作性质的限制,也不可能花费大量的精力来学习规范以外的新技术,新方法,于是在现场技术人员与科研人员之间便出现了一条鸿沟。长此以往,这条鸿沟不但阻碍了国内设计、施工技术的提高,也阻碍了研究人员对新技术的进一步改进,这不仅会浪费国家有限的基建资金,还会对地区的发展造成负面影响。

仍以边坡工程为例。设计、施工单位在整治边坡的过程中,需要对其进行稳定性分析,采用常规的分析方法,尽管划分的土条数量非常少,但现有边坡稳定分析程序仍然需要输入大量数据,而且要求使用者必须熟悉各种规范以外的边坡稳定分析方法,对大多数设计人员来说,要想在短期内掌握该程序困难不小,最终可能被放弃而仍沿用传统的手算。更让苦不堪言的是:当工况复杂(如要考虑坡外水位的涨落及孔隙水的渗流的影响等)、验算断

面多,而工期又紧时,如只依靠手算,不仅费时、费力且结果的正确性也难以保证。

这是一个很现实的问题:尽管计算机在我国越来越普及,但几乎每一个人都知道,国内电脑(包括品牌机)99%的芯片核心技术都来自它国,如果因为硬件产品的开发周期长,投入多,而现有产品又价廉物美,没有必要再从头自主研发,那么面对专业软件领域,便没有丝毫自甘落后的理由,而应根据国情有选择地自主开发,在花费较少代价(相对研制)引进硬件的基础上,集中精力在专业水平及软件研发水平上紧跟国际最高水平,这应该是可行的,因为就岩土工程专业来看,分析方法、算法实现都有专业文献可查,而且国人也有自己的特色方法,如文[2,3]提出的边坡稳定分析方法。差距在于缺乏既懂计算机软件工程又懂岩土专业的人才,因此广大青年同行需一方面提高专业技能,一方面加紧补充计算机知识以便及时开发方便易用的软件,不要等到国内科研院所只能甚至只有选用国外产品时,再惊叹“国外的月亮比国内圆”。

当然,岩土工程实践所面临的问题复杂多变,如果为解决每一个问题都开发相应的软件,不但对技术人员要求较高,且事倍工半、得不偿失。即便研发出来,也会由于过分零星、不是系统的解决方案,而不便于推广应用。如何让设计施工技术人员绕开复杂的理论,花费最少的时间应用最新的理论解决具体问题,是当前必须重视的一个课题,幸运的是计算机的普及为解决此类问题提供了有力的物质基础,而编制方便实用的边坡稳定分析软件则更显紧迫。问题是如何开发?对编制人员有什么具体要求?

3 国有专业软件的症结

首先,对自身的差距必须有清醒认识。与国外同类优秀产品相比,国内目前开发的边坡分析数值模拟系统有几点不足,集中表现在以下几个方面^[4]:

(1) 数据准备工作量极大且繁琐易错。

(2) 严格讲,没有独立的前后处理模块,必须依赖其他辅助软件才能使用。特别在数据准备和成果处理阶段,凡是涉及到成图的,一般都要经过复杂的数据转换,然后用 Auto CAD 完成,使用很不方便。

(3) 由于没有良好的界面,对使用者要求较高,必须花费大量时间来熟悉软件。

据笔者经验, 现有国外知名边坡稳定分析软件所能解决的岩土专业问题, 国产软件基本也能解决, 在这一点上国内与国际可以说在同一起跑线上, 按理说这是边坡稳定分析软件的核心, 而笔者前面提到的国人软件的差距——前后处理器、人机交互及界面技术都是形式上的东西, 似乎不足以影响大局, 然而, 实际情况却不容乐观。

形式是内容的外在体现, 实现友好的人-机交互界面不仅需要较高的计算机图形处理技术(科学计算可视化), 更重要的在于: 需对预解决的工程问题进行系统分析, 进而提出一整套合理的解决方案, 然后通过界面组织、引导用户高效快速地解决实际问题。所谓“友好”, 就是用户不必在具体分析方法上投入过多的精力, 而只需关注预解决的问题本身, 不可能要求软件使用者掌握每一分析方法的所有细节, 这是研究人员的工作, 而不是技术工程人员的主要工作。可以看出, 界面上的差距不仅仅是计算机图形处理技术上的差距, 也表现在软件系统分析及需求分析等方面。如不能很好地解决上述问题, 造成的后果将是在软件使用者面前筑起一道高高的门坎, 让人望而却步。

更值得关注的是国内专业软件企业针对广大科研人员开发的相关专业软件工具太少, 大部分面向工程应用(这里主要指边坡类分析软件), 有些只是将规范中的算法集成, 技术含量并不高, 解决问题的分析方法单一, 又不是最新算法, 从而往往得不到科研人员及学生的青睐, 取而代之的却是国外推出的功能相对强大的免费版或演示版, 可以想象如果学生将来从事这方面的工作需要相关的软件工具, 很有可能就不会选择国人自己开发的产品; 科研院所宁愿花更多的资金购买国外同类产品(如 ADINA, ANSYS, NASTRAN, AIGOR 等), 也不愿自己开发或是购买国内开发的产品。到那时, 国外软件处于技术垄断地位, 不管是对国家还是对普通企事业单位, 决不是一件好事。也不能简单地以不支持民族产业来责备那些购买国外产品的科研、企事业单位, 更不能狭隘地抵制先进的东西。需要的是与时俱进, 加大开发力度。

4 编制专业软件对程序员的要求

这里的程序员不是广义上的程序员, 而是指非计算机专业的其他专业技术研究人员。目前已有许多学者, 尤其是年轻学者致力于岩土工程数值分析的应用研究, 编制了很多具有针对性的程序, 但大

多只能个人使用, 研究者之间重复性劳动现象很严重。岩土专业软件的开发强烈依赖于个人的编程能力及岩土专业水平, 而我国目前沿用的教育体制在取得显著成绩的同时, 暴露出的不足也严重影响了相关人才的培养, 对那些非计算机专业的科研人员, 情况则更糟。

专业软件的特点在于: 它是以专业理论知识为背景, 依托计算机技术来实现, 因此作为一名专业理论研究者, 除了要加强专业知识的学习, 还要抽出一定的时间学习计算机软件知识, 即使将来与计算机专业技术人员合作搞开发, 如果对计算机知识没有足够的了解也不可能胜任。很多工作不是国人做不了, 而是缺乏两方面都较为精通的组织、策划和具体实施者, 软件研发单位经济实力再强如没有这方面的人才也无从着手。当然, 如前所述, 如果只是依靠计算机专业或岩土专业一方面的人员, 也绝不能胜任编制专业软件的开发任务, 依靠团队开发的力量有助于缩短研制周期、提高产品质量。

5 通用专业软件应具备的性能

虽然数值分析已被工程界所认可, 但工程人员仍期望数值分析的建模、分析过程越简单、越可靠越好, 这与理论研究随着考虑因素和涉及内容的增多而使问题复杂化的情况相互矛盾, 如何解决好这对矛盾是一个值得重视研究的课题。因此, 为了适应岩土工程的发展和需要, 使理论逐渐走向工程应用并接受检验, 开发易用、集成化、可视化和智能化程度高的软件将是当前数值分析的一项重要任务。如果这些工作得不到足够的重视和支持, 岩土力学数值分析将会无法配合工程地质分析、有限的室内与现场试验、工程方案的优化比选以及岩土工程稳定性、可靠性、安全度的分析与预测预报, 更无法在一定程度上代替耗资巨大的相似材料模拟试验研究。因此, 将数值模型及分析过程程序化、可视化是数值分析的重要方面, 也只有具有高度集成化、智能化、可视化能力的数值分析软件才能真正成为研究岩土力学工程问题强有力的工具。同时, 作为一个成功的数值模拟计算机辅助分析系统, 必须很好地解决图形处理技术这一关键问题。过去常用的高级语言, 如 Fortran, Basic 图形功能较弱, 因此必须更新开发工具, 如选用具有较强图形处理能力的 Visual C++, Visual Fortran, Delphi 等。

最后需要说明的是: 数值分析软件对解决工程实际问题的贡献不能被无限制夸大, 地质学、测量

学理论以及现场试验同样重要。数值计算分析对计算条件的限制是相当苛刻的, 比如对于岩土材料的本构选择, 这是最重要的条件, 在数值分析中可供选择的仍十分有限。甚至有个别软件一味地追求前后处理的美观而放弃了专业理论本身的严肃性。如1998年12月在香港举行的第7次河流泥沙国际讨论会上, 主题报告人娄达奎韦(ARaudkivi)教授指出, 目前许多泥沙数学模型成果是计算机软件人员的产品, 他们对泥沙运动规律等专业知识是不甚清楚的; 他们的研究成果不是基于事实而是基于想象; 只是因为他们的计算成果打印的图像美丽动人, 这才打动了一些用户^[5]。毋庸置疑, 专业理论水平的高低对于任何软件产品的质量起着决定性的作用, 也只有在此基础上才能谈进一步提高岩土工程的数值模拟技术。

6 结 论

(1) 滑坡灾害的研究有近百年的历史, 有关滑坡方面的研究成果及文献资料每年有数百篇, 但滑坡灾害及其造成的损失却与日俱增, 造成这种局面的原因很多, 其中研究成果不能及时地应用于工程实际是主要原因之一, 因此开发易用、集成化、可视化和智能化程度高的软件将是当前岩土工程数值分析的一项重要任务。

(2) 要很好地解决岩土工程问题需要丰富的经验, 诚然, 就目前来看, 数值分析在大多数情况下只能给出定性的结果, 但这并不能成为轻视数值应用研究的理由, 更不能否认它们现在与将来对工程师决策所具有的重要参考价值。必须在加强理论研究的同时, 加大数值应用研究的力度, 这是当前的工作重心, 也是将来的发展趋势。

(3) 国产边坡稳定分析软件有自身的优势^[6-15], 必须扬长补短, 加强新理论新方法的应用研究, 无论是否将来准备从事软件开发, 都应在具备扎实的

专业理论基础之余, 多学习一些基本的 Windows 编程技术。

参 考 文 献

- 1 高大钊. 岩土工程的回顾与前瞻[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001
- 2 陈祖煜. 土质边坡稳定分析程序STAB95使用手册[R]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 1994
- 3 张天宝. 土坡稳定分析和土工建筑物的边坡设计[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1987
- 4 陈尚桥. 平面有限元数值分析系统的开发[A]. 见: 陆培炎, 史水胜编. 第六届全国岩土力学数值分析及解析方法讨论会论文集[C]. 广州: 广东科技出版社, 1998, 400~404
- 5 张有天, 周维垣. 岩石高边坡的变形与稳定[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999
- 6 龚晓南. 土工计算机分析[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
- 7 建设部执业资格注册中心. 注册岩土工程师必备规范规程汇编[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- 8 陈福全, 刘毓斌, 朱长枝. 土工有限元前后处理的一种可视化方法[J]. 岩石力学, 2000, 21(2): 163~166
- 9 王芝银, 李云鹏. 岩石力学数值分析进展与思考[A]. 见: 刘汉东, 路新景, 霍润科编. 岩石力学理论与工程实践[C]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997, 7~13
- 10 王泳嘉, 宋文洲, 赵艳娟. 离散单元法软件系统2D-Block的现代化特点[J]. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(增): 1 057~1 060
- 11 任育文, 余天堂. 边坡稳定的块体单元法分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(1): 20~24
- 12 李先华, 陈晓清, 胡凯衡等. GIS支持下的滑坡运动过程数字仿真[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(2): 175~179
- 13 项 阳, 平 杨, 葛修润. 岩土工程中的面向对象有限元程序设计[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(3): 404~409
- 14 吴 刚. 工程材料的扰动状态本构模型(II)——基于扰动状态概念的有限元数值模拟[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(8): 1107~1 110
- 15 申 杰, 刘浩吾, 郑小玉. 一种新的滑坡可视化方法[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 21(9): 1 364~1 367

新书简介

《混沌与和谐: 现实世界的创造》一书由(法)郑春顺著, 马世元译, 商务印书馆2002年出版, 494页, 定价28元。

该书通过对大量天体物理学、生物学中各种最新进展的探讨, 介绍了非牛顿机械决定论的世界观和自然观, 说明一些在物质深层次上扰乱实在的偶发的事件也能决定自然界的构造和发展。

该书是科普读物, 可供对混沌学感兴趣的广大读者阅读。