文章编号:1007-2993(2005)02-0063-06

基于 AutoCAD 与 FLAC 的边坡稳定性分析

谢斌钟敏陈广平

(北京科技大学土木与环境工程学院,北京 100083)

【摘 要】 介绍了通过 Visual Basic 与 AutoCAD VBA 整合 AutoCAD 与 FLAC,实现通过 AutoCAD 建立有限差分数值模型并调用 Flac 进行边坡稳定性的智能分析。

【关键词】 VBA; FLAC; AutoCAD; 边坡; 稳定性分析

【中图分类号】 TU 413.62; TU 17

Slope Stability Analysis Based on AutoCAD and FLAC

Xie Bin Zhong Min Chen Guangping

(Civil & Environmental Engineering School of USTB ,Beijing 100083 China)

[Abstract] The realization and application of the slope stability analysis which based on AutoCAD and FLAC are introduced. [Key Words] VBA;FLAC;AutoCAD;slope;stability analysis

0 引 言

随着计算机性能的飞速提高,计算机在岩土工 程上的应用也得到了较大的发展。我国岩土工程计 算机应用技术取得长足发展,一是工程地质信息系 统的研究与应用达到一个新的高度,进入实用化的 阶段,并有较高的普及程度。许多单位和软件公司 均将工程地质信息系统的开发与应用作为今后的重 点工作。二是岩土工程计算机应用已由过去简单的 文字、数据、图形处理发展到数据、资料综合存储、管 理、开发利用的新水平。三维工程地质模型的开发、 研究也取得了可喜的进步^[1]。

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司推出的图形设 计软件,它以其强大而又完善的功能以及方便快捷 地操作在机械、建筑和工程等设计领域中得到了极 为广泛的应用。AutoCAD 还提供的完善的二次开 发功能和接口技术,这对我们开发适合专业要求的 CAD 软件提供了大大的方便。本文将探讨通过 VBA 二次开发与 FLAC 相结合实现土建工程边坡 的智能建模与稳定性分析。

FLAC(Fast Lagrangian Analysis of Continua) 是由美国明尼苏达大学和美国 Itasca Consulting Group Inc.开发的一款基于二维有限差分的计算 程序。由于 FLAC 程序主要是为岩土工程应用而 开发的岩土力学计算程序,程序中包括了反映地 质材料力学效应的特殊计算功能,可计算地质类 材料的高度非线性(包括应变硬化/软化)、不可逆 剪切破坏和压密、粘弹(蠕变)、空隙介质的应力-渗 流耦合、热-力耦合以及动力学行为等。FLAC 程 序建立在拉格朗日算法基础上,特别适合模拟大 变形和扭曲。FLAC 采用显式算法来获得模型全 部运动方程(包括内变量)的时间步长解,从而可 以追踪材料的渐进破坏和垮落,这对研究岩土工 程是非常重要的。

随着图形矢量化技术的发展,可以方便地把 已有的地形勘测图通过矢量化转换为 CAD 文档。 然后通过 AutoCAD VBA 技术实现图形中数据的 分类、提取,并建立与 FLAC 的接口实现边坡稳定 性分析的自动建模、分析。

1 边坡稳定智能分析的实现

本人编写了程序 Auto-FLAC 来实现对边坡稳 定性的智能分析。实现流程见图 1。

下面以某矿山边坡为例介绍边坡稳定性智能化 分析的具体步骤:

1) 通过矢量化获得边坡的地形图资料(见图 2)。

2) 通过 VBA 编程处理该 CAD 文件获得对于边 坡稳定性分析有用的资料^[2]。

本例中的操作为:先将图 2 中的各类线条进行 分类,然后将其分别归入自定义的图层(如:等高线 层、标注层等)中。由于是进行边坡稳定性分析,所 以处理后默认为只显示等高线层(见图 3)。

作者简介:谢斌,1979年生,男,汉族,四川遂宁人,在读硕士研究生,现从事岩土力学一边坡、隧道方面的研究。



图 1 Auto-FLAC 的实现流程



64



图 3 处理后的地形图

CAD 图纸的自动分层技术对本软件的资料提 取功能比较重要,也是目前比较热点的一项实用技 术。本程序中的实现方法是:首先在图形中创建多 个图层,如"等高线"图层、"尺寸标注"图层、"文字标 注"图层等。然后用循环结构遍历图形中所有图元 对象,按照各自类型名称分别赋给相关各图层。程 序中涉及到 Selectionset 对象的 Select 方法、图层的 Add 方法和系统变量的设置等。对等高线识别中可 能出现的误差,提供了人工修改属性的功能,以便程 序能够正确划分所有的等高线。

'CAD 图形自动分层: Public Sub AutoLayer() 在图形中创建新图层 Dim Value As Variant Value = ThisDrawing. Get Variable ("cmdecho") ThisDrawing. Set Variable "cmdecho",0 Dim ObjLayer As AcadLayer Set ObjLayer = ThisDrawing. Layers. Add("等高线") Dim ObjSelectionSet As AcadSelectionSet 分配图层 Dim Count As Integer Count = ThisDrawing. SelectionSets. Count 清除所有的选择集 While (Count > 0) Set ObjSelectionSet = ThisDrawing. Selection-Sets. Item(Count - 1) ObjSelectionSet. Delete Count = Count - 1Wend Set ObjSelectionSet = ThisDrawing. Selection-Sets. Add(" SSET ") '选择所有的段线,并放入"等高线 '图层 $\operatorname{gpCode}(0) = 0$

dataValue(0) = "polyline"groupCode = gpCode dataCode = dataValueObjSelectionSet. Select Mode , , ,groupCode ,dataCode For Each entry In ObjSelectionSet entry.Layer =" 等高线 " entry. Update Next entry ObjSelectionSet. Clear $\operatorname{gpCode}(0) = 0$ dataValue(0) = "lwpolyine" groupCode = gpCodedataCode = dataValueObjSelectionSet. Select Mode , , , groupCode , dataCode For Each entry In ObjSelectionSet entry.Layer =" 等高线 " entry. Update Next entry ObjSelectionSet. Clear 然后在图 3 所得等高线图中指定欲分析的边坡

截面 (见图 4) 。本例通过 VBA 编程实现对选定的 截面自动生成剖面图。



Public Sub PMCS() 剖面生成函数

Set ss = ThisDrawing. SelectionSets. Add("*ThsTest*") 创建一个临时选择集 ss 包含图中所有 Spline 等高线,分别获得每条等高线与截面的交点, 并将所有交点保存到数组(pDPnts)中。

ft(0) = 0 :fd(0) = "Spline " ss. Select acSelectionSetAll,,,,ft,fd 'ss 包含 图中所有 Spline 等高线

ReDim pPnts(ss. Count - 1) For i = 0 To ss. Count - 1 pPnts(i) = ss(i). Controlpoints p1(2) = pPnts(i) (2)

ss(i). Move p1,p2 Next i Set ssLine = ThisDrawing. SelectionSets. Add (" * Tls TestLine * ") ft(0) = 0: fd(0) = "Line"ssLine. Select acSelectionSetAll, , , ft ,fd For Each pLine In ssLine pNum = 0For i = 0 To ss. Count - 1 pInsertpnt = pLine. IntersectWith(ss(i), acExtendNone) n = (UBound(pInsertPnt) + 1)/3for j = 0 To n - 1pnt(0) = pInsertPnt(j * 3)pnt(1) = pInsertPnt(j * 3 + 1)pnt(2) = pPnts(i)(2)ReDim Preserve pInsertPnts(pNum) p Insert Pnts(pNum) = pntpNum = pNum + 1Next j Next i pStart = pLine. Start Point PEnd = pLine. EndPoint pCount = UBound(pInsertPnts) If Abs(Tan(pLine, Angle)) < 1 Then pNum = 0Else pNum = 1ReDim pDistances(pCount) As Double For i = 0 To pCount pDistances(i) = Abs(pInsertPnts(i)(pNum) pStart(pNum)) Next i Sort Point pDistances ,p Insert Pnts ,p Count Dim pDPnts() As Double pNum = UBound(pInsertPnts) * 3 + 2ReDim pDPnts(pNum) As Double For i = 0 To UBound (pInsert Pnts) pDPnts(i * 3) = pInsertPnts(i)(0)pDPnts(i * 3 + 1) = pInsertPnts(i)(1)pDPnts(i * 3 + 2) = pInsertPnts(i)(2)Next i '创建新的图 Dim doc1 As AcadDocument 形窗口并在其中绘制剖面图 Dim doc2 As AcadDocument Dim f Pline As Acad3DPolyline Set doc1 = Application. ActiveDocument

Set doc2 = Application. Documents. Add()

doc2. Activate

Set fPline = ThisDrawing. ModelSpace. Add3DPoly (pDPnts)

fPline. Rotate3D pLine. StartPoint ,pLien. End-Point ,(- Atn(1) *2)

f Pline. Rotate pLine. Start Point, (Atn (1) *8 - pLine. Angle)

Application. ZoomExtents

doc1. Activate

Next pLine

End Sub

7

3) 通过 VB 提取所获得的数据,并提供其他数据输入的对话框,生成 FLAC 脚本文件^[3,4]

本过程通过 VBA 与 VB 结合使用实现对后台数据库的操作。考虑到本数据库的复杂程度以及 VBA、VB 的兼容性问题,使用 Mirosoft Access 建立 后台数据库。

Flac 软件提供了多种本构模型:elastic 各向同 性弹性模型、mohr-coul 摩尔库仑模型、null 开挖模 型、elastic orthotropic 正交各向异性弹性模型、elastic transverselyisotropic 横观各向同性弹性模型、Drucker-Prager plasticity 德鲁克-普拉格塑性模型、strainsoftening/hardening plasticity 应变软/硬化塑性模 型、ubiquitous-jointplasticity 遍布节理塑性模型等。 在实际模拟中常用的是:elastic、mohr-coul、ubiquitous-joint、null 等模型。在一般情况下,认为整个边 坡的物理、力学性质是相同的。可以在程序的输入 框中填入边坡各种参数的数值(见图 5),然后生成 可由 FLAC 执行的脚本文件。可以根据精确度的需 要调整参数,然后交由 FLAC 自动建模(见图 6)。



图 5 基本参数输入



图 6 边坡网格生成

然而,在现实工程中边坡的物理、力学性质是比 较复杂的,所以必须把边坡分为若干个性质不同的 区域进行分析。要分别输入各个地质带的参数(见 图 7)。也可以通过这个界面来反映对边坡进行注 浆,对地基路基进行强夯、灌浆、挤密等处理后其局 部性质发生改变的情况。

在以上数据全部输入并保存后,可以执行程序 中的生成脚本文件命令来生成可以由 FLAC 调用的 脚本文件。



图 7 多地质区域的参数输入

具体实现如下:首先通过 VBA 对 AutoCAD 图 形中的构成边坡的线条进行分析,按照线性(直线、 圆弧、圆)进行分类,分别提取其重要信息(起点、终 点、半径、角度等)存入数据库;其次将输入的参数存 入数据库中;最后用 VB 读出数据库中的数据并根 据 Flac 程序的语法生成可由 Flac 调用的脚本文件。

4) 通过 VB 调用 FLAC 并执行已生成的脚本文件,实现边坡稳定性的分析^[4~8]

由于 FLAC 采用显式算法来获得模型全部运动 方程(包括内变量)的时间步长解,从而可以追踪材 料的渐进破坏和垮落。可以首先对尚未开始施工的 天然边坡进行分析模拟保存最初的结果,然后按照 施工计划进行模拟开挖。如此分析更接近实际情 况,可以观察到工程扰动对边坡稳定性的影响,有利 于提早对可能出现的情况采取预防措施。本程序通 过 VBA 与 VB 较好地实现了 AutoCAD 与 FLAC 的 整合,也生成了较好的人机交互界面。可以在 AutoCAD中直接进行边坡的分步开挖,然后直接由 FLAC 进行分析。这样省去了在 FLAC 中输入开挖 命令的时间,可以提高边坡分析的工作效率。 FLAC还提供了锚杆(端锚、全长锚杆、预应力锚 杆)、土钉、土工布等材料的力学模型。同样可以在 AutoCAD 中对边坡进行加固处理 ——施加锚杆(通 过在属性栏中赋予特定的值来指定锚杆的类型)、十

钉等,然后通过 FLAC 来模拟进行加固后边坡的位移、应力等情况。如果分析结果显示边坡不稳定,可以修改加固方案直到边坡稳定为止。

2 工程实例

运用本程序对某矿山边坡进行了稳定性分析。

1) 模拟天然边坡应力情况

采取摩尔-库仑模型作为本构模型,在 CAD 中 获取边坡数据并输入全部参数后在参数输入对话框 中选择 Solve 选项进行运算。在 solve 模式下,Flac 默认当最大不平衡力与节点力的比值小于 0.001 时,认为对象已处于稳定状态,停止运算。此时模型 的应力状态与自然边坡相同,保存此时的运算结果。 为了更真实地模拟天然边坡的应力情况,Flac 推荐 在此时将待分析边坡的粘聚力和抗拉强度设为较大 值进行运算,待边坡稳定后再将粘聚力和抗拉强度 改为实际值。

2) 进行开挖后的边坡稳定性模拟

Flac 中的开挖是通过将开挖区域定义为 null 模型来实现的。首先模拟开挖边坡不进行支护的情况 (见图 8),可以看出由于开挖边坡出现了较大规模 的剪切破坏,局部出现了拉破坏。由此可以预见边 坡开挖后应及时进行支护。在确定了支护方案后, 再次调用 Flac 进行模拟(见图 9),可见在采取了锚 固支护后边坡处于稳定状态,支护方案可行。



图 8 无支护情况下边坡开挖后的破坏、位移情况



图 9 进行支护边坡开挖后的破坏、位移情况

3 结 论

在运用本程序进行分析过程中,发现了一些问 题具体如下:

1) FLAC 的分析结果与实地监测的结果有一定的误差,有时相差比较大;

2) 由于 FLAC 建立的差分单元是较规则的,在生成一些比较特殊的边界时需要对边界做一定的修改。

问题 1) 可以通过修改 FLAC 中岩土材料的参数 来实现分析结果与现场检测结果一致。究其原因,本 人认为这是因为勘察精度的影响,而且 FLAC 本身也 是建立在许多假设的基础之上,所以运用 FLAC 进行 稳定性分析必须紧密与现场监测相结合,不断根据现 场测量的结果作出相应的调整,使分析的结果能够符 合实际,然后在此基础上对将来会发生的情况作出预 测。问题 2)则可以通过进一步修改程序中脚本文件 的生成来加以解决。

本程序有效利用了已有的宝贵 CAD 资料,避免 了工程人员按照图纸人工建立边坡模型这一工作量 较大的简单重复性劳动。通过 VB、VBA 技术整合了 AutoCAD 与 FLAC,实现了直接在 CAD 环境下进行边 坡的开挖、支护并自动建模,避免了在 FLAC 环境用 FLAC 命令进行边坡开挖、支护这一较为繁琐的工 作。AutoCAD 的 VBA 是一项功能较强的二次开发工 具,通过 VBA 编程可以实现许多对 CAD 文件的操 作,这对于岩土行业充分利用已有的 CAD 资料推进 本行业的数据处理自动化是十分有用的。 由于本人时间、水平有限,许多想要实现的功能 还没能实现,如:通过对 CAD 原图的处理自动生成三 维地形图;运用 VBA 处理三维地形图生成可以由 FLAC3D运算处理的脚本文件;通过神经网络技术让 本系统有自动进行工程类比、自动学习、自动提出参 考加固方案的功能等。希望本文能够抛砖引玉,激发 大家在这方面的研究热情。

参考文献

- 1 岩土工程计算机应用的几个发展趋势. 岩土工程界,2002
 (1):4
- 2 张 帆,郑立楷,王华杰. AutoCAD VBA 开发精彩实例教 程. 北京:清华大学出版社,2004
- 3 林 永,张乐强. Visual Basic 6.0 用户编程手册(第二版). 北京:人民邮电出版社,2002
- 4 Itasca Consulting Group , Inc. FLAC Online Manual. 2002
- 5 C.-Y. Chen, G. R. Martin. Soil-structure interaction for landslide stabilizing piles. Elsevier, Computers and Geotechnics 2002 (29):363 ~ 386
- 6 崔政权,李 宁.边坡工程:理论与实践最新发展.北京:中 国水利水电出版社,1999
- 7 陈祖煜. 土质边坡稳定性分析:原理 方法 程序. 北京: 中国水利水电出版社,2003
- 8 杨天鸿,张 哲,唐春安.基坑开挖引起围岩变形破坏过程的数值模拟分析.岩土工程技术,2002(5):294~296

收稿日期: 2004-12-27

(上接第 62 页)

进 GM(1,1)模型对原始资料中已有信息的利用更 加充分,突破了传统 GM(1,1)模型等间隔时序系统 的限制,拓宽了模型在实际预测中的适用范围,尽量 减少了时间因素对模型的影响,使得模型预测精度 更高,更加符合工程需要。

4 结 论

1) 利用改进 GM(1,1) 模型预测路基沉降,所需 的实测数据少,建模简单,可节省大量的人力、物力 和财力,具有重要的经济和社会效益。

2) 传统的 GM (1,1) 模型对时序数据应有比较 平稳的变化规律,而改进 GM (1,1) 突破了传统 GM (1,1) 模型等间隔时序系统的限制,预测精度更高。

3) 利用改进 GM(1,1) 模型预测路基沉降,将对路基的施工进度控制以及高速公路的监测维护起到积极作用。

参考文献

- 1 尹志政,张家生.灰色模型在大坝变形监测与预报中的应用.广西水利水电,2002(4):13~15
- 2 邓聚龙.灰色系统基本方法.武汉:华中理工大学出版社, 1987.44~118
- 3 张仪萍,张士乔,龚晓南.沉降的灰色预测.工业建筑, 1999,29(4):45~48
- 4 孙奇涵,王永岩.利用灰色模型预测巷道围岩变形.应用 力学学报,1997(9):136~140
- 5 张苗云,项成龙.环境振动的灰色预测模型.环境监测管 理与技术,2001,13(4):38~40
- 6 王晓谋,袁怀宇.路堤下河滩相软土地基变形研究.中国 公路学报,2003,16(2):22~26

收稿日期:2004-12-16