

应用 ObjectARX 开发土钉支护 CAD 系统

郑俊杰 李强 陈健

(华中科技大学岩土与地下工程研究所, 湖北武汉 430074)

【摘要】 阐述基于数据库的土钉支护的设计过程。介绍 ObjectARX 基础知识, 并将其应用于土钉支护 CAD 系统中, 成功地 AutoCAD 底层数据库进行操作, 实现了符合实际工程习惯的土钉支护施工图的绘制。在破坏面的自动搜索上, 采取黄金分割法与一维 Brent 法相结合的方法, 很好地实现了自动搜索功能。这一方法不但很好地满足了计算速度的要求, 而且也实现了考虑施工阶段边坡分析的目标。

【关键词】 土钉支护; ObjectARX; 一维 Brent 法

【中图分类号】 TU 472

Application of ObjectARX in Soil Nailing CAD System

Zheng Junjie Li Qiang Chen Jian

(Institute of Geotechnical and Underground Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430074 China)

【Abstract】 The process of soil nailing CAD system based on database is illustrated, and the basic knowledge about ObjectARX is introduced. The construction drawings of soil nailing which conform to the practical custom are produced by the successful operation on graphic database. The one-dimensional Brent method and golden section are adopted to search the failure surface automatically. Not only the requirement of the computing speed is met but also the slope analysis of the construction stage is achieved.

【Key Words】 soil nailing support; ObjectARX; one-dimensional Brent method

0 引言

笔者利用 AutoCAD 的开发工具 ObjectARX 提供的类库, 运用面向对象的开发平台 Visual C++ 6.0 开发出了土钉支护 CAD 系统。在 AutoCAD 界面下, 通过少量的人机交互, 即可快速、准确的实现计算以及施工图绘制工作。

1 系统总体结构及功能

本系统是运行在 AutoCAD 下的二次开发软件。利用 ARX 函数对图形数据库进行访问, 对于计算生成的结果直接生成图形文件。系统的流程图见图 1。

2 计算分析模块

土钉计算分析模块流程图见图 2。

2.1 内部稳定性分析

目前, 通常采用条分法进行边坡土钉支护的稳定性分析, 计算简图见图 3。假设土体失稳的滑动面为一个圆弧面, 将圆弧滑动体等分为 n 条垂直的土条。

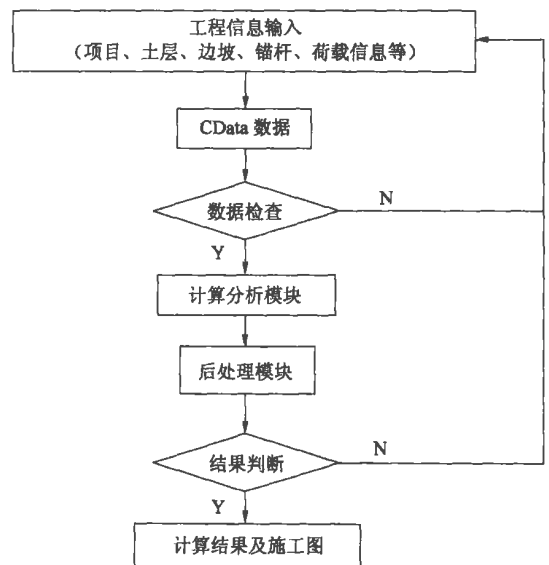


图 1 土钉 CAD 系统流程图

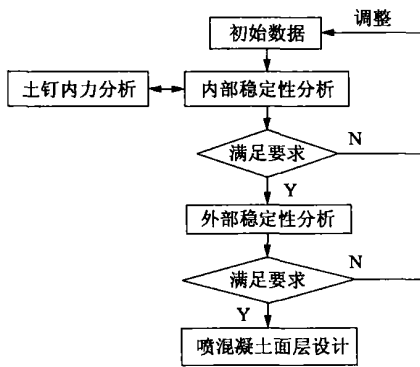


图2 土钉 CAD 系统计算模块流程图

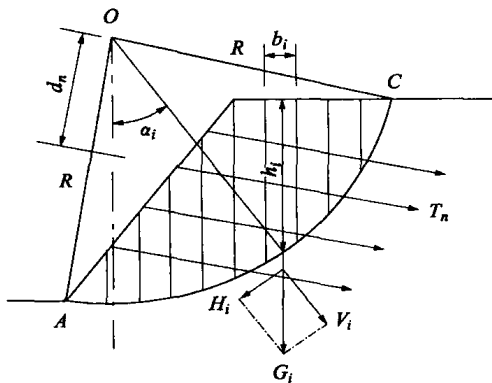


图3 计算简图

具体计算式如下^[1]

$$K_n = \frac{R \sum ((G_i + W_i) \cos \alpha_i \tan \varphi_i + c_i l_i) + \sum T_n d_n}{R \sum (G_i + W_i) \sin \alpha_i} \quad (1)$$

式中: W_i 、 G_i 为作用于土条的地面荷载和自重, kN; α_i 为土条 i 中线处法线与铅垂线的夹角, rad; c_i 、 φ_i 为土条 i 滑弧处土体的内聚力和内摩擦角, rad; l_i 为土条 i 滑弧长度, m; R 为滑弧滑动面的半径, m; d_n 为滑动面圆心到第 n 层土钉的垂直距离, m; T_n 为土钉的抗拔力, kN。

2.2 外部稳定性分析

土钉与土体组合成复合土体, 其整体稳定工作性能类似重力式挡土墙, 因此将其视为重力式挡土墙, 进行抗滑移、抗倾覆及地基土承载力三方面验算。

2.3 土钉内力分析

在大多数设计方法中, 都假定土钉为受拉工作, 不考虑其抗弯刚度, 所以按总安全系数作极限状态稳定性分析, 土体破坏面上的土钉抗力 T_R 由下列三种情况确定, 并取其较小值^[2]:

1) 土钉受拉的强度破坏, 此时土钉中拉应力达到屈服强度。

2) 土钉受拉的拔出破坏, 土钉从破坏面内侧的稳定土体中拔出。

3) 土钉受拉的拔出破坏, 土钉从破坏面外侧的失稳土体中拔出。

土钉内力分析模块与内部稳定性分析模块关系见图 4。

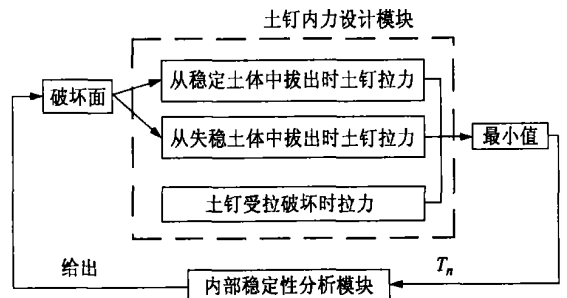


图4 土钉内力设计模块与内部稳定性分析模块关系

3 绘图模块的实现

绘图的实现实际上就是对 AutoCAD 图形数据进行操作。

3.1 ObjectARX 相关知识

AutoCAD 中的直线、圆、弧线、文字、实心体、区域、样条曲线以及椭圆等都是带有图形表现的数据库对象, 统称实体^[3]。可以认为 AutoCAD 中每个实体有两种形式: 一是通过计算机屏幕看见的实体图形; 二是 AutoCAD 内部不可见的实体数据库记录。两者由 AutoCAD 内部机制相互映射, 即一个实体图表一定对应了一条实体数据库记录, 反之亦然。在 AutoCAD 中编辑(包括生成、修改、删除)实体有以下几种方法:

- ①用 AutoCAD 命令;
- ②用 AutoLISP 中的 Command() 函数;
- ③用 ADS 的 ads_command() 函数;
- ④用 ARX 数据库操作函数。

无论何种方法, 其结果都能在 AutoCAD 内部数据库中添加入实体记录。前三种方式下, 用户只是用相关命令生成了图形实体, 写数据库的操作由 AutoCAD 系统完成。后一种方式是用户在 ARX 程序中直接调用了图形数据库操作函数, 完成了对实体数据库的修改, 图形的显示则由 AutoCAD 系统完成。

3.2 绘图模块流程

整个绘图模块的流程图见图 5。编制这些模块的时候, 只需要原始的数据以及计算所得到的

数据进行相关处理,对这些数据调用绘图函数即可。

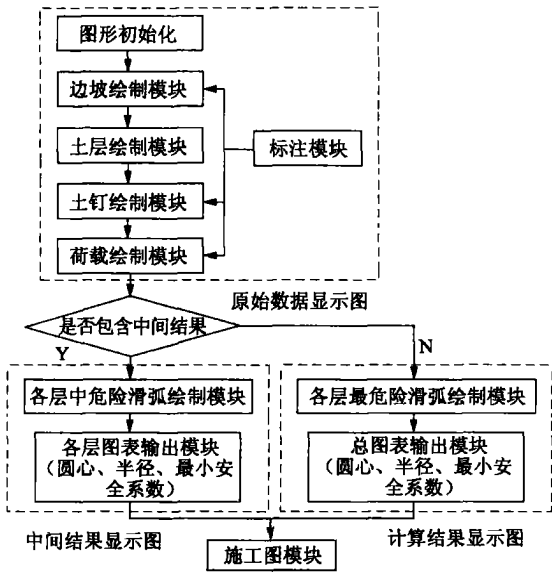


图5 绘图模块流程图

4 危险破坏面的自动搜索

自动搜索破坏面的整个思路如下:通过设计人员指定滑弧面通过的深度(可以指定多个深度),可以考虑施工阶段的分析见图6。这样对于程序分析来说圆弧给定了 A_i 点约束。在分析通过 A_i 点的圆弧时,对 B 点我们先给定一初始值(B_1)运用一维 Brent 法搜索最危险滑弧面。然后平移 B 点到 B_j 点,重复以上计算过程。这样便可以找出通过 A_i 点的 N 个危险破坏面(N 等于 B_1, B_2, \dots, B_n 个数),通过比较可以找出 N 个危险破坏面中的最危险破坏面。这个破坏面就是通过 A_i 点的最危险的破坏面。流程图见图7。

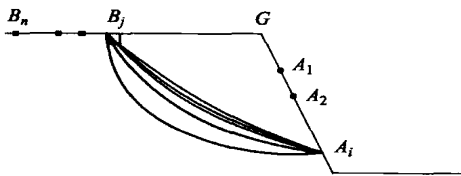


图6 危险破坏面搜索示意图

4.1 一维 Brent 法

一维 Brent 法是基于抛物线插值的思想。若 $a < b < c$, 且 $f(b) < f(a)$, $f(b) < f(c)$, 则区间 (a, c) 内至少有一个极值点。用 (a, b, c) 表示这种情况,或者说 $f(x)$ 在 (a, b, c) 上有一极小值点。

当 $f(x)$ 在 (a, b, c) 上有一极小值点时,不妨设 $f(x)$ 在 (a, c) 上为单峰函数,那么,用经过 $(a, f(a))$,

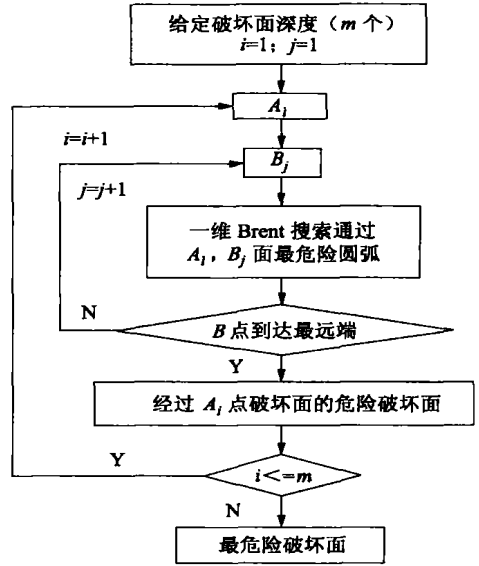


图7 自动搜索破坏面流程图

$(b, f(b)), (c, f(c))$ 的抛物线来逼近 $f(x)$ 将有助于快速获取 $f(x)$ 的极小值点。利用拉格朗日插值法,可以直接写出该抛物线方程

$$y = \frac{(x-a)(x-c)}{(a-b)(a-c)}f(a) + \frac{(x-a)(x-c)}{(b-a)(b-c)}f(b) + \frac{(x-a)(x-b)}{(c-a)(c-b)}f(c) \quad (2)$$

令 $\frac{dy}{dx} = 0$, 可以得该抛物线的极小值

$$x_m = b - \frac{1}{2} \frac{(b-a)^2[f(b)-f(c)] - (b-c)^2[f(b)-f(a)]}{(b-a)[f(b)-f(c)] - (b-c)[f(b)-f(a)]} \quad (3)$$

这样,就可以将 x_m 作为 $f(x)$ 的一个极值点。然后按下述方式判定更好的最优解所在的区间:

1) 若 $f(x_m) < f(b)$, 则当 $x_m < b$ 时, $f(x)$ 在 (a, x_m, b) 上有极小值点; 当 $x_m > b$ 时, $f(x)$ 在 (b, x_m, c) 上有极小值点;

2) 若 $f(x_m) > f(b)$, 则当 $x_m < b$ 时, $f(x)$ 在 (x_m, b, c) 上有极小值点; 当 $x_m > b$ 时, $f(x)$ 在 (a, b, x_m) 上有极小值点。

当判定出新的极小值点所在的区间后,就可以重复上述抛物线逼近过程,直到所获得的最优解满足精度要求为止。

在抛物线近似的假设下,式(3)的结论是很显然的,但在实际的优化算法中,仅仅采用这一种策略是远远不够的。首先,当 $f(x)$ 在 (a, c) 内不是单峰函数时,迭代过程中所获得的新区间将有可能不含最优解;另外,当 $(a, f(a)), (b, f(b))$ 和 $(c, f(c))$ 三

点共线(或近似共线)时,式(3)的分母将为零(或非常接近零),这将使迭代过程变得不稳定。

为了解决这些问题,可将上述抛物线插值法与黄金分割法相结合^[4],限定移动步长的大小并确保新的区间包含最优解。

4.2 一维 Brent 法搜索最危险滑弧面

结合土钉 CAD 系统的实际情况(见图 8)。定义边坡坡顶为坐标原点, A_i 与 B_j 垂直平分线与 x 轴交点为 O_1 , 取 $x=0, y=0, x=4h, y=4h$ (h 为坡高)所包含的域为圆心取值范围。垂直平分线 DO_1 与 $x=4h$ 或者 $y=4h$ 的交点(且在圆心范围域内)记为 O_n 。

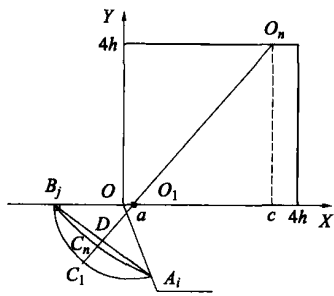


图 8 边坡滑弧圆心范围取值图

取 x 为整个求极值过程的一维变量,则 x 的范围为 (a, c) (见图 8)。整个过程的流程图见图 9。

5 程序界面设计

微软基础类库允许开发人员快速实现标准的 Windows 用户界面, ObjectARX 环境提供了一组类可用来使基于 MFC 的用户界面具有 AutoCAD 内嵌的用户界面一致的风格和行为。

用 MFC 结合 ObjectARX 自身的用户界面 AdUi 和 AcUi 创建的对话框具有和 AutoCAD 完全一致的风格(见图 10)。

6 工程实例

某建筑基坑最大开挖深度 5.5 m, 基坑坡比为 0.8, 护坡结构采用土钉墙, 共设置 3 道土钉, 土钉的水平间距为 1.2 m, 垂直间距为 1.5 m, 土钉长度分别为 8 m、8 m 和 6 m, 土钉直径 120 mm, 与水平面夹角 12 度; 地面超载根据具体情况取为 10 kPa; 地层分布情况及有关参数见表 1。

作者对土钉支护 CAD 系统计算的安全系数和“天汉”软件计算的安全系数进行了对比, 对比结果见图 11。

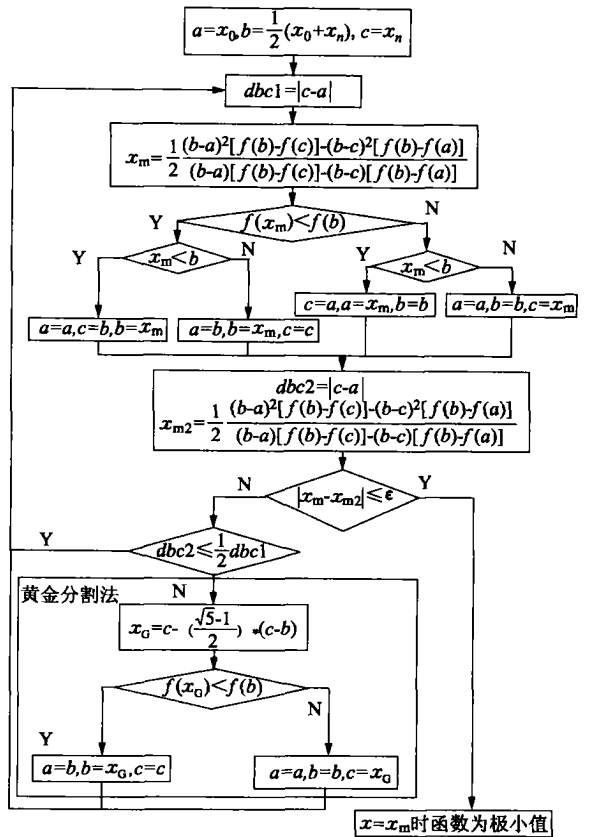


图 9 一维 Brent 法搜索最危险滑弧面流程图

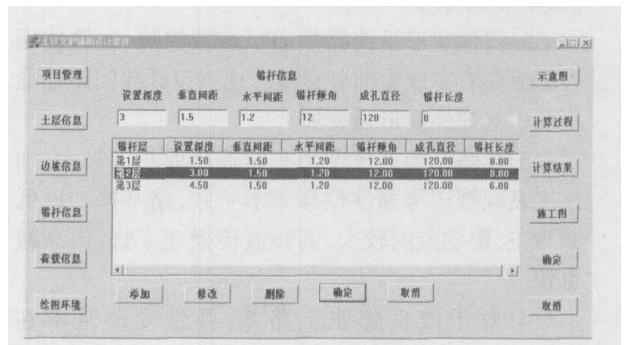


图 10 土钉支护 CAD 系统界面

表 1 地层参数

土层号	土层名称	厚度 /m	重度 / (kN·m ⁻³)	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 φ/(°)	摩阻力 /kPa
①	杂填土	1	18	5	10	20
②	粉质粘土	3.5	18.6	25	11.9	35
③	粉质粘土	3.5	18.2	18.2	8.3	25
④	粉粘互层	5	18.3	16.5	14.3	35
⑤	粉粘互层	3	18.6	14.2	19.6	40
⑥	粉细砂	5.3	18.9	0	30	45

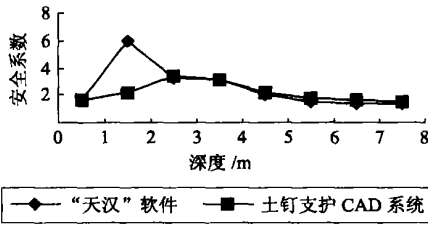


图 11 土钉支护 CAD 系统与“天汉”软件安全系数比较

比较这两组数据,除了在 1.5 m 深处以外,土钉 CAD 系统与“天汉”软件所计算的安全系数都比较接近。分析原因,第一,可能是因为本土钉支护 CAD 系统和天汉软件采取的搜索方式不同,在深度比较浅的位置,搜索的破坏面差别比较大。事实上,在 1.5 m 这个深度,无论是本系统还是“天汉”软件所计算出来的安全系数均远远大于 1.0,这里的差异对于工程实际意义不大。第二,可能是所采取的计算安全系数的方法有所不同,所生成的安全系数可比性不强。

7 结论

笔者开发的土钉支护 CAD 系统,其软件界面符

合工程设计人员的操作习惯,体现了“以人为本”的程序编制思想。软件系统成功地对 AutoCAD 底层数据库进行操作,实现了符合实际工程习惯的土钉支护施工图的绘制。通过在工程项目中的实际运行,证明本文提交的研究成果和开发的土钉支护 CAD 系统具有一定的理论价值和良好的工程实用性。

参 考 文 献

- [1] 中国岩土锚固工程协会. 岩土锚固新技术[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 陈肇元,崔京浩. 土钉支护在基坑工程中的应用(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [3] Autodesk Inc. ObjectARX Developer's Guide. 1999.
- [4] 杨华中,汪 蕙. 数值计算方法与 C 语言工程函数库[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [5] 余承飞,方 勇. AutoCAD 2000 二次开发技术(ObjectARX)[M]. 北京:人民邮电出版社,1999.

收稿日期:2006-01-10

(上接第 57 页)

2)弹性变形沿线路横向呈衰减趋势,在轨枕端外 2 m 左右完成大部分衰减。现有设计线间距标准不会引起弹性变形强叠加。

3)线路振动加速度随车速提高而相应加大,加速度衰减规律与弹性位移基本一致,路基振动以低频为主,影响范围较大,高频波传播速率快,但衰减也快。

4)对于改良膨胀土路基,弹性变形基本在 0.5 mm 以内,满足变形控制要求。路基线下动应力在 2.5 m 深度范围衰减完成 80%左右,基床厚度设计为 2.5 m 是合理的。

5)路基在动荷载作用下其弹性变形由其动刚度的大小决定。一般来讲,距离振源越远,弹性位移越小,最后衰减趋零,但实测发现在某些位置弹性位移会增大。因此对于路基弹性变形分布规律需要作进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 聂志红,李 亮,刘宝琛,等. 秦沈客运专线路基振动测试分析[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(6):

1067-1071.

- [2] 李献民,王永和,杨果林,等. 高速下过渡段路基动响应特性研究[J]. 岩土工程学报,2004,26(1):100-104.
- [3] 张国祥,方万进. 高速铁路涵洞附近路基动力响应试验研究[J]. 铁道标准设计,2005(1):49-50.
- [4] 孙常新,梁 波,杨 泉. 秦沈客运专线路基动应力响应分析[J]. 兰州铁道学院学报,2003,22(4):110-112.
- [5] Sunaga, Makoto. Vibration behavior of roadbed on soft grounds under trainload[R]. Quarterly Report of RTRI, 1990, (31):29-35.
- [6] Leykauf, Gunther & Mattner, Lothar. Elastisches Verformungsverhalten des Eisenbahnoberbaus[J]. Eisenbahningenieur, 1990,41(3):111-119.
- [7] 苏 谦,蔡 英. 高速铁路路基结构变形分析[J]. 路基工程,2000(1):1-3.
- [8] 曹新文,蔡 英. 铁路路基动态特性的模型试验研究[J]. 西南交通大学学报,1996,31(1):36-41.
- [9] TJ 2003(439). 新建时速 200 公里客货共线铁路设计暂行规定[S]. 北京:中国铁道出版社,2005

收稿日期:2005-12-13