

ANSYS 结构计算二次开发技术研究及应用

李新坡¹

袁文忠²

(1. 中科院·水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川成都 610041; 2. 西南交通大学土木工程学院, 四川成都 610031)

【摘要】 针对采用大型有限元程序 ANSYS 进行结构计算中存在的问题, 对以 ANSYS 为平台, 利用 APDL 语言进行的计算程序二次开发用于结构计算时的一些关键性技术进行了研究。采用 APDL 语言编程, 并以预应力锚索桩为例进行计算, 通过与传统算法进行比较, 结果比较满意。

【关键词】 ANSYS; APDL 语言; 预应力锚索桩; 二次开发技术

【中图分类号】 TU 2

Study on the Further Development Technique of ANSYS and Its Use

Li Xinpo¹

Yuan Wenzhong²

(1. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Sichuan Chengdu 610041; 2. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Sichuan Chengdu 610031 China)

【Abstract】 Some important techniques are discussed to the problems in designing calculation of retaining piles on ANSYS system. The problem can be solved by the method of programming with APDL. Also, the method is used in the calculation of piles with prestressed anchor-cable and the results are reasonable compared with that acquired by routine method.

【Key Words】 ANSYS; APDL; piles with prestressed anchor-cable; further development technique

0 引言

ANSYS 是由美国 ANSYS 公司开发的一种大型通用有限元分析软件。由于其在解决结构、热、流体、电磁、声学等工程问题中的突出表现, 使其在工程界中得到了广泛的应用。ANSYS 具有很强的通用性, 但是在具体到预应力锚索桩计算中, 工程技术人员经常会遇到一些困难: 1) ANSYS 中没有提供现成的模拟支护桩的单元类型, 因此必须根据现有支护桩计算理论, 确定合适的模拟单元; 2) 模拟边坡和基坑工程中分层开挖并相应施工锚索过程中“先变形, 后锚固”的过程, 动态调整荷载变化遇到的困难。本文利用 ANSYS 提供的 APDL 语言进行二次开发, 编制计算程序, 很好地解决了这一问题, 从而大大方便了 ANSYS 在预应力锚索桩内力计算方面的应用。

1 ANSYS 建模及模拟单元的选择

本文中应用 ANSYS 对预应力锚索桩的计算是以横向变形约束弹性地基梁法的原理为基础。将桩、锚固段桩周岩土、锚索作为一个整体, 视为超静定结构, 锚索与桩的连接处按弹性支承, 桩按弹性地

基梁计算, 即横向变形约束弹性地基梁法。土压力按库仑主动土压力计算。划分单元时, 把挡土结构的截面、荷载突变处、弹性地基基床系数变化段及锚索的作用点处均作结点处理。在 ANSYS 建模时, 开挖面以上的支护结构采用一般的梁单元 BEAM3, 开挖面以下采用 BEAM54 单元模拟弹性地基梁, 锚索采用杆单元 LINK1 (见图 1)。取地基系数随深度直线变化即“*m*”法。弹性地基刚度系数 EFS (Elastic Foundation Stiffness)

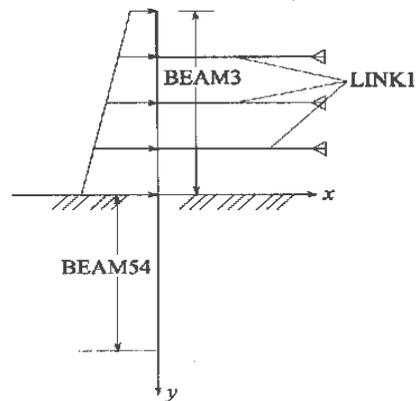


图 1 ANSYS 建模单元类型示意图

值可以采用下式计算:

$$EFS = dl \times m \times y \times B_p$$

式中: EFS 为 BEAM54 单元中的一个实常数, 即弹性地基刚度系数; m 为地基系数随深度变化的比例系数; y 为单元的 midpoint 距基坑开挖面的距离; dl 为单元长度; B_p 为排桩计算宽度。

2 用 APDL 语言实现分层开挖的 ANSYS 程序设计

APDL (ANSYS Parametric Design Language) 是 ANSYS 参数化设计语言的简称, 是用于实现自动化命令任务和利用参变量建模的一种脚本语言, 是对 ANSYS 进行定制和二次开发的基础。APDL 使模拟分步开挖的计算更简便易行, 并可以输出中间计算结果。

边坡或深基坑工程一般采用先制作桩后分层开挖岩土体并在相应处施设锚索的施工方法。施工的每一阶段, 结构体系与外荷载都在变化, 因此采用增量法进行支护结构的变形及内力计算能充分模拟施工过程。所谓增量法, 即是荷载以增量的形式加到不断发生变化的结构体系中, 每个阶段只计算本阶段在荷载增量的作用下的内力及变位, 而实际的内力与变位为各阶段内力与变位的叠加。增量法计算必须将后一工况的分析建立于前一工况分析的基础之上, 按照“先变形、后支撑”的原则分步进行结构内力计算, 计算过程见表 1。

表 1 ANSYS 对边坡或基坑工程实际工况的模拟过程

工 况	A N S Y S 模 拟 计 算 程 序
第一步开挖	加第一步荷载和约束, 求解, 取出求解结果
施作第一道支撑	在第一次求解结果的基础上增加第一道支撑的约束
第二步开挖	加第二步荷载, 求解, 取出求解结果

分步计算要在各开挖阶段计算出下一开挖阶段所要设置锚索预定位置处的桩身变位 DEF_i , 下一步的计算在变位 DEF_i 的基础上增加约束, 施加预应力, 然后加下一步开挖的荷载增量, 再进行下一步求解。这一过程可以通过下面的代码实现。(! 号后面为解释语句)

```
/POST1
```

```
* GET, DEF1, NODE, 1, U, X ! 第一步求解后, 取出求解结果作为下一步计算的初始条件
```

```
/SOLU
```

```
D, 1, UX, DEF1 ! 定义第二步求解的支撑和荷载情况
```

```
* DO, i, num1, num2 ! 定义第二步求解的荷载情况
```

```
SFBEAM, i, 1, PRES, ...
```

```
* ENDDO
```

```
* DO, i, num3, num4 ! 开挖段弹性地基刚度系数置零
```

```
RMODIF, i, 16, 0
```

```
* ENDDO
```

```
SOLVE ! 求解第二荷载步
```

```
/POST1 ! 求解结果的结构内力输出
```

```
ETABLE, FORC, SMISC, 1 ! 把单元内力读入到单元表中
```

```
* DIM, FORCE, , num5 ! 定义数组对单元表中的数据进存储
```

```
* DO, i, 1, num6 ! 循环处理单元表中的数据
```

```
* GET, K_FORCE, ELEM, I, ETAB, FORC
```

```
FORCE(i) = K_FORCE ! 把单元内力存入数组 FORCE
```

```
* ENDDO
```

3 应用举例

某深基坑工程, 基坑开挖深度约为 12 m, 基坑面积为 150 m × 90 m, 采用 45 cm 厚钢筋混凝土板桩, 设 4 道预应力锚索锚拉, 最上面一道锚索间距 1 m, 下面三道锚索间距为 2 m。为简化起见, 本例介绍基坑开挖至 -6.5 m 阶段的支护结构内力。由于基坑所处地层主要为淤泥质粘土, 参照同类工程经验, 取 $m = 500 \text{ kN/m}^4$ 进行计算。结构受土压力情况见图 2。

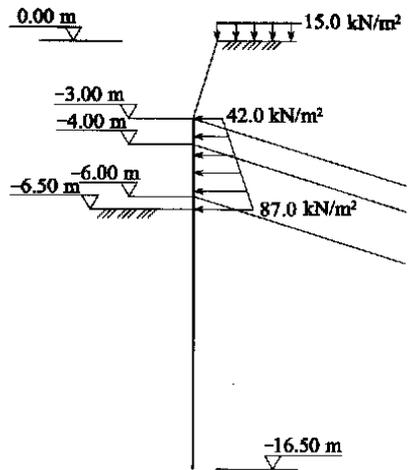


图 2 结构土压力计算图

结构计算按平面问题考虑, 分别以三种方法计算结构内力。

1) 用结构力学的力法计算。支撑以未知反力 R_i 取代, 根据支点处的水平变位为零的条件, 建立方程组, 求出支撑反力, 然后再用“ m ”法计算桩身内

力。

2) ANSYS 计算不考虑分层开挖。支撑约束条件和第一种方法相同,比较计算结果。

3)用 ANSYS 计算考虑分层开挖。计算取每一步挖深到支撑下 0.5 m 处,按照“先变形,后支撑”的原则,分别计算出每一开挖工况的桩内力。

比较计算结果发现,因为采用了相同的计算原始条件,前两种方法的计算结果非常相近,说明 ANSYS 的计算结果合理。第三种算法,考虑了开挖过程的影响,支撑设置于变形之后,使支护桩的一部分应力得以释放,因此计算出桩的内力值较前两种方法偏小,反映出了开挖过程的影响,计算结果合理(见表 2)。

表 2 一般算法和 ANSYS 计算结果比较

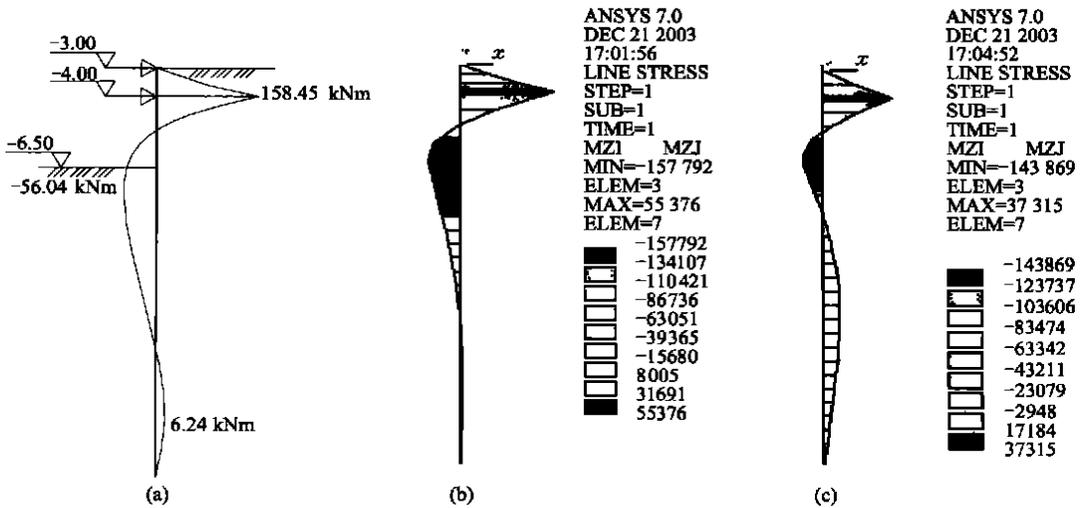
		$M_1/(kN \cdot m)$	$M_2/(kN \cdot m)$	R_1/kN	R_2/kN	Δ_1/mm	Δ_2/mm
一般算法(力法)		158.45	-56.04	-134.27	358.36	0	0
ANSYS 计算	一步计算	157.79	-55.38	-133.58	357.81	0	0
	分步开挖	141.40	-36.48	-118.25	318.57	20.02	17.72

注: M_1 ——支撑处的弯矩; M_2 ——最大反弯矩; R_1 、 R_2 ——第一和第二道支撑反力; Δ_1 、 Δ_2 ——第一和第二道支撑处的桩身位移。

4 结论

计算过程中,ANSYS 的 APDL 语言能灵活地实现有限元分析中的众多相关功能,为工程设计和研究提供了有力的开发平台和分析工具。用于预应

力锚索桩的计算,计算结果比较合理见图 3。ANSYS 软件包具备完备的系统开放性,还可利用 FORTRAN 语言或 C 语言编制自己的程序模块来丰富其功能,在工程上有着非常广阔的应用前景。



(a) 力法计算结果(kN·m); (b) ANSYS 计算结果(N·m); (c) ANSYS 分步开挖计算结果(N·m)

图 3 支护结构弯矩图

参 考 文 献

- 1 陈忠汉,程丽萍. 深基坑工程. 北京:机械工业出版社, 1999. 55~80
- 2 陈卫军等. 基于 ANSYS 深基坑工程增量法计算的二次开发技术研究. 中国市政工程, 2002(2): 31~33
- 3 池淑兰等. 路基及支挡结构. 北京:中国铁道出版社, 2001. 12~31

收稿日期:2003-12-26