

· 专家专稿 ·

文章编号: 1009-6825(2006)02-0001-02

某特大型筒仓侧壁压力有限元分析*

陆新征 陈 勇

摘 要:借助非线性有限元程序对筒仓内部压力进行了考虑接触非线性和材料非线性的分析,分析结果表明,有限元得到的筒仓内部压力和经验公式吻合良好,且可以深入研究某些特殊部位的受力情况以及物料流动性能。

关键词:筒仓,侧壁压力,接触,有限元

中图分类号: TU311.4

文献标识码: A

1 概述

某大型筒仓由一个直径达 40 m 的圆柱形存储空间和两个 80 顶角圆锥形出料口组成,筒仓总高度达到 65 m。设计需要对筒仓侧壁的压力进行深入分析,并了解筒仓内部物料可能的流动性能。由于该筒仓体积太大且形状比较复杂,因此传统设计方法可能存在难度,需要借助非线性有限元分析进行深入研究。

2 有限元模型

采用大型通用有限元软件 MSC. MARC 2003^[1]建立有限元模型并进行分析。由于内部物料和筒仓侧壁之间的相互作用是研究的重点,因此必须细致考虑物料和筒仓之间的接触面。此研究采用 MSC. MARC 2003 提供的库仑接触摩擦模型(Coulomb Friction Model)来模拟筒仓和内部物料之间的相互作用关系。理想的库仑摩擦模型计算公式可以表示为:

$$F_t = \mu F_N \quad (1)$$

其中, F_t 为摩擦力; F_N 为法向压力; μ 为摩擦系数。

从式(1)可知,对于理想的库仑摩擦,其摩擦力和相对滑移之间的关系是一个不光滑的间断曲线。这样的间断曲线对于非线性有限元分析而言是十分不利的,因为目前常用的非线性分析方法大多基于牛顿法,希望目标函数尽可能的光滑连续以便得到一个收敛的结果。因此,在 MSC. MARC 有限元程序中,用一个反正弦函数来逼近公式(1):

$$F_t = \mu F_N \frac{2}{C} \arctan\left(\frac{V_r}{C}\right) \quad (2)$$

其中, V_r 为接触面的相对速度; C 为预先输入的参考速度,如果 C 越小,则公式(2)就越接近公式(1),而非线性分析时收敛的难度也就相对要大一些。

为减少计算工作量,利用对称性取整个筒仓的 1/4 建立有限元模型。筒仓采用 MSC. MARC 2003 提供的解析刚性接触体 (Analytical Rigid Contact Body) 加以模拟,筒仓内部物料采用空间 8 节点六面体单元模拟。物料的基本材料属性如表 1 所示。

表 1 筒仓内部物料材料属性

密度	弹性模量	泊松比	与筒仓侧壁摩擦系数	材料摩擦角
2 300 kg/m ³	100 MPa	0.38	0.59	27°

此外,为了模拟实际物料的装卸过程,又分别模拟了平顶及圆锥型顶部两种工况,如图 1 所示。

3 有限元分析结果及讨论

利用有限元程序对上述筒仓进行了分析,计算得到筒仓侧壁

压力分布曲线如图 2 所示。为了避免数值模型的误差,又对不同单元尺寸、不同摩擦参数、不同收敛标准进行了比较,发现差异很小,可见文中建议的有限元模型稳定而准确。

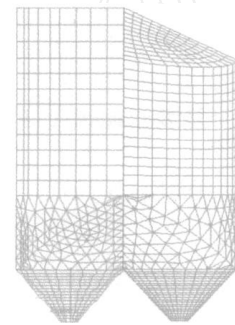


图 1 内部物料有限元模型(左侧为平,右侧为圆锥型顶部)

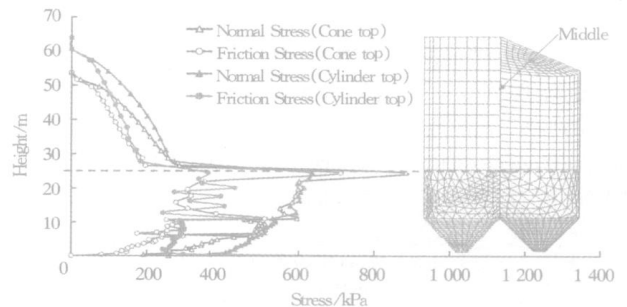


图 2 筒仓侧壁压力分布示意图

由上述曲线可以得到如下结论:1)基于 MSC. MARC 接触分析可以较准确地模拟筒仓侧壁压力分布。在筒仓上部圆柱部分的筒仓压力分布和 Janssen 公式^[2,3]吻合良好;2)有限元分析可以得到整个筒仓侧壁各点的压力分布,并可以考虑不同形状对筒仓侧壁压力的影响,进而可以为筒仓设计提供可靠依据;3)考虑装卸过程,圆锥形物料顶部堆积形态对筒仓侧壁的压力要小于平顶堆积的压力。但是随着物料深度的增加而此差异逐步减小;4)筒仓在形状突变位置有较大的应力集中,虽然实际筒仓可以通过倒角等措施减小应力集中,但该部位应力仍值得关注。另外,上述分析中均认为筒仓内部的物料为线弹性材料,而实际物料一般是粘聚强度很小的松散粒体,因此,线弹性分析结果虽然有一些经验公式可供参考,但是和实际情况可能存在较大差距。因此,还需要进行考虑材料非线性的计算分析。

根据筒仓内部物料的特性,取材料模型为非关联流动的 Drucker-

收稿日期:2005-08-14 *高等学校博士学科点专项科研基金(项目编号:No. 20040003095);
教育部科学技术研究重点(重大)项目资助(项目编号:No. 704003)

作者简介:陆新征(1978-),男,博士,讲师,清华大学土木工程系,北京 100084

陈 勇(1974-),男,硕士,工程师,常州泰盈决策有限公司,江苏 常州 213000

文章编号:1009-6825(2006)02-0002-03

预制混凝土螺旋桩桩头力学特性数值分析

贾志杰 梁力 董天文

摘要:利用有限元分析软件 ANSYS 对螺旋桩在施工阶段的桩体受力状态进行了分析,并对给定的几种桩头形式进行了对比分析,达到了指导实际的效果,为设计提供了参考依据。

关键词:桩基础,钢筋混凝土,数值模拟,ANSYS

中图分类号:TU473.13

文献标识码:A

引言

随着城市建设的大规模发展,各类建筑拔地而起,造成了城市建筑密集、用地日益紧张的状态,因此,作为深基础之一的桩基础也得到了越来越广泛的应用。但由于现有的基础施工方式预制混凝土螺旋桩是由中国冶金集团辽宁省冶金勘查设计总院和东北大学共同研制的一种新型的桩基形式,具有施工速度快、施工方便、无振动的优点,属非挤土桩,对附近已有建筑没有影响,所以广泛应用于对周围环境要求比较严格的地区^[1]。

1 预制混凝土螺旋桩

预制混凝土螺旋桩是由中国冶金集团沈阳冶金勘查设计总院和东北大学共同研制的一种新型的桩基形式,利用在桩头施加扭矩将其旋入土中,具有施工速度快、施工方便、无振动的优点,对附近已有建筑影响很小,所以能够广泛应用于对周围环境要求比较严格的地区。螺旋桩的造价目前还比较高,但是它对土体的扰动范围小,承压和抗拔能力都比同等条件下的打入式桩高,又不需要现场养护期,因此,它是一种很有竞争力的桩型^[2],外形如

Prager 弹塑性模型^[1],材料的屈服面函数 F 可以表示为:

$$F = I_1 + J_2 - \bar{\sigma}^2 \quad (3)$$

其中, I_1 为第一应力不变量; J_2 为第二偏应力不变量; $\bar{\sigma}$ 为材料参数。

$$\bar{\sigma} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{9 + 3\sin^2 \alpha}}, \quad \bar{\sigma} = c \sqrt{3 - 36\alpha^2} \quad (4)$$

其中, α , c 为材料的摩擦角和粘聚强度。

材料的塑性流动面取为 von Mises 流动面,即不考虑材料进入塑性后的体积膨胀效果。由于 MSC. MARC 2003 自身不提供非关联流动的塑性材料本构模型,因此,利用其提供的用户自定义子程序功能,加入了相应的本构模型^[4]。

计算结果在筒仓内壁形状变化处的压应力明显较小,反映了塑性对应力集中的缓解作用,与实际情况更为接近。因此,建议在初步分析时可以使用线弹性材料模型以简化工作,而在详细分析时采用弹塑性模型以获得更精确的结果。

4 结语

文中采用非线性有限元方法对某大型筒仓内壁压力和内部物料应力进行了分析。在分析中考虑了物料和筒仓之间的接触非线性以及物料自身的材料非线性。分析结果表明,基于接触非线性分析得到的筒仓侧壁压力分布和经验公式吻合良好,并能提供大量细节信息,便于预测筒仓内物料流动情况。考虑材料非线性分析结果和线性分析相近,并且可以避免由于应力集中导致的高侧壁压力,与实际情况更为接近。

参考文献:

- [1]江见鲸,陆新征,叶列平. 混凝土结构有限元分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005. 51-53.
- [2]刘定华,魏宜华. 钢筋混凝土筒仓侧压力的计算与测试[J]. 建筑科学,1998,14(4):14-18.
- [3]苏乐道. 立筒仓内粮食静压力的应力分析[J]. 郑州粮食学院学报,1997,18(3):70-74.
- [4]陆新征,江见鲸. 考虑不同破坏模式的二维混凝土本构模型[J]. 土木工程学报,2003,36(11):70-74.

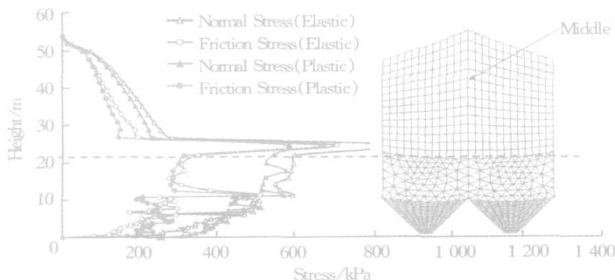


图3 弹塑性计算结果对比示意图

计算得到的筒仓侧壁压力和线弹性结果对比如图3所示。从图中可见,线弹性结果和弹塑性结果基本一致。但是塑性模型

Finite element analysis of wall pressure in a large silo

LU Xin-zheng CHEN Yong

Abstract: In this paper, a nonlinear finite element analysis is implemented to study the wall pressure with the consideration of contact and material nonlinearity. The finite element results show a precise consistent with empirical formula and detailed analysis can be carried out for some special regions and the inside ores flow.

Key words: silo, wall pressure, contact, finite element

收稿日期:2005-08-11

作者简介:贾志杰(1981-),男,东北大学资源与土木工程学院硕士研究生,辽宁 沈阳 110004

梁力(1955-),男,博导,教授,东北大学资源与土木工程学院,辽宁 沈阳 110004

董天文(1970-),男,东北大学资源与土木工程学院博士研究生,辽宁 沈阳 110004