

ANSYS 在挡土墙分析中的应用

张 博

(中铁九局第三工程有限公司, 长春 130052)

摘 要:利用有限元分析软件 ANSYS 分析了在重力场作用下公路挡土墙和土体耦合作用下的力学响应, 可为公路挡土墙设计和力学分析提供参考。

关键词:公路挡土墙; 有限元分析; ANSYS; 耦合

中图分类号:U417.1

文献标识码:A

文章编号:1009-8984(2009)02-0021-04

0 引言

计算机仿真是一项高新技术, 已在许多领域得到了广泛应用。它的最大优点是造价低、应用灵活、适应性强, 且能很好地表现结构的实际状态。传统的极限平衡法在计算挡土墙受力时^[1-2], 由于没有考虑到土体内部的应力—应变关系, 并且没有考虑挡土墙的受力变形, 以及土体和墙体之间的耦合关系。因此, 采用此方法分析挡土墙受力, 具有一定的缺陷。由于土是一种弹塑性材料, 完全按照弹性理论分析其力学性能是不合理的。有限元理论能充分考虑结构体的变形及受力特性, 并且能够考虑材料的非线性。ANSYS 是常用的有限元分析软件, 它能充分考虑材料的非线性, 以及能够采用接触单元模拟不同材料之间的接触截面, 它能够分析挡土墙和土体在重力场作用下的力学响应^[3]。

1 基本理论

1.1 D-P(Drucker—prager)强度准则

在 ANSYS 中, 对于岩石、土壤等颗粒状材料使用 DP 材料选项。该材料选项使用 Drucker—prager 屈服准则, 此准则对于 Mohor—coulomb 准则给予近似, 以此来修正 Von Mises 屈服准则, 即在 Von Mises 表达式中包含一个附加项。其流动准则既可以使用相关流动准则, 也可以使用不相关流动准则,

其屈服面并不随着材料的逐渐屈服而改变, 因而没有强化准则。然而其屈服强度随着侧限压力(静水压力)的增加而相应增加, 其塑性行为被假定为理想弹塑性。

DP 材料等效应力的表达式为:

$$\sigma_e = 3\beta\sigma_m + \sqrt{1/2\{S\}^T[M]\{S\}} = \sigma_y \quad (1)$$

式中: $\{S\}$ ——偏应力;

$$\sigma_m \text{——} \sigma_m = 1/3(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z);$$

$[M]$ ——常数矩阵。

材料常数 β 和屈服强度 σ_y 的表达式如下:

$$\beta = \frac{2\sin\varphi}{\sqrt{3}(3 - \sin\varphi)} \quad (2)$$

$$\sigma_y = \frac{6c\cos\varphi}{\sqrt{3}(3 - \sin\varphi)} \quad (3)$$

式中: c, φ ——分别为材料的粘聚力和内摩擦角。

扩展的 Drucker—Prager 模型的屈服面在 π 平面上为非圆形, 如图 1。屈服面在子午面上包括线性模型、双曲线模型和指数模型。

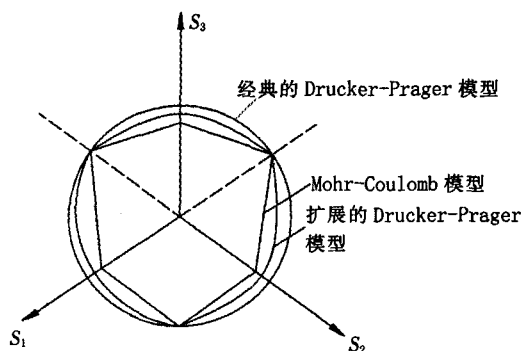


图 1 π 平面上不同屈服准则对应的屈服线图

1.2 非线性有限元

非线性代数方程组通常可以表示为^[4]

$$\phi(a) = P(a) - Q = 0 \quad (4)$$

式中: a ——待求的未知量;

$P(a)$ —— a 的非线性函数向量;

Q ——独立于 a 的已知向量。

收稿日期: 2010-04-07

作者简介: 张博(1984—), 男(汉), 陕西凤翔, 助理工程师

主要研究路基边坡稳定性。

在以位移为未知量的有限元分析中, a 是结点位移向量, Q 是结点荷载向量。非线性方程组是不能直接求解的, 目前常用的求解方法有直接迭代法、Newton-Raphson 方法(简称 N-R 方法)和增量法等。下面介绍增量法。

将式(4)改写为如下形式:

$$\psi(a) = P(a) - \lambda Q_0 = 0 \quad (5)$$

式中: λ ——表示荷载变化的参数。

将上式对 λ 求导, 则可以得到

$$\frac{dP}{da} \frac{da}{d\lambda} + Q_0 = K_T \frac{da}{d\lambda} - Q_0 = 0 \quad (6)$$

从上式可以进一步得到

$$\frac{da}{d\lambda} = K_T^{-1}(a) Q_0 \quad (7)$$

$$\text{其中, } K_T \equiv \frac{d\psi}{da} \equiv \frac{dP}{da}.$$

式(7)是一典型的常微分方程组问题, 可以利用欧拉方法求解, 具体过程如下:

如果已知 a_m , 则可以利用式(8)解出 a_{m+1} 。

$$a_{m+1} - a_m = \Delta a_m = K_T^{-1}(a_m) Q_0 \Delta \lambda_m = (K_T)_m^{-1} \Delta Q_m \quad (8)$$

其中, $\Delta \lambda_m = \lambda_{m+1} - \lambda_m$, $\Delta Q_m = Q_{m+1} - Q_m$ 。

该方法的主要步骤是: 首先按式(8)计算得到 a_{m+1} 的预测值, 并表示为 a'_{m+1} ; 然后按式(9)计算 a_{m+1} 的改进值, 即

$$a_{m+1} - a_m = \Delta a_m = (K_T)_{m+\theta}^{-1} \Delta Q_m \quad (9)$$

其中 $(K_T)_{m+\theta} = K_T(a_{m+\theta})$,

$$a_{m+\theta} = (1-\theta)a_m + \theta a'_{m+1} \quad (0 \leq \theta \leq 1).$$

2 挡土墙有限元分析

图 2 为挡土墙结构尺寸, 墙后填土为砂性土, 仅考虑重力作用, 挡土墙和土体力学参数如表 1。

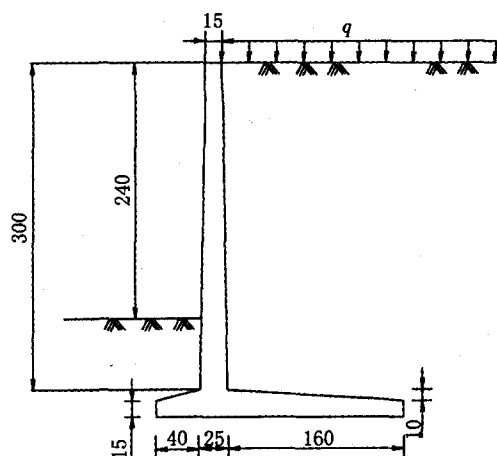


图 2 挡土墙构造图/cm

表 1 材料参数选取

力学参数 结构名称	E/MPa	μ	$\gamma/\text{KN} \cdot \text{m}^{-3}$	$\varphi/^\circ$
挡土墙	2.6×10^4	0.167	2.5×10^4	—
土体	26	0.3	1.7×10^4	30

通常挡土墙都比较长, 可按平面应变问题考虑, 如此计算模型相对较小, 计算花费也较小, 节省计算时间。

2.1 有限元法求解

2.1.1 单元的选择

本文采用挡土墙和土体采用 PLANE82 单元, 墙体和土体之间的接触采用 CONTA172 和 TARGE169 单元。挡土墙视为弹性体, 土体视为 DP 材料, 满足 DP 屈服准则。

2.1.2 网格划分

网格划分如图 3 和图 4, 一共 10 464 个单元, 其中 PLANE82 单元 10 156 个, CONTA172 和 TARGE169 单元分别为 87 和 221 个。

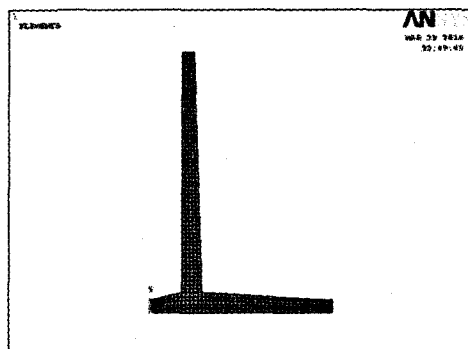


图 3 挡土墙网格划分

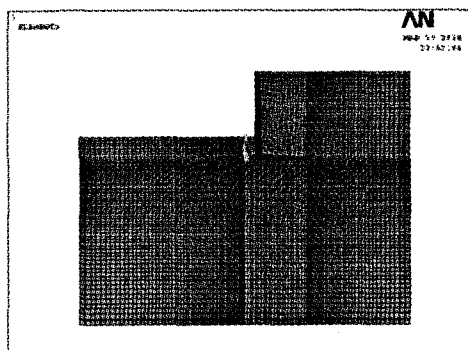


图 4 土体网格划分

2.1.3 约束条件

这里的约束条件主要指的是位移的约束。在本模型中, 主要考虑土体的位移, 故假设土体侧向及底部处于零位移状态, 即在任何条件下都不会产生位

移。而挡土墙和土体直接的连接采用接触单元 CONTA172 和 TARGE169 单元,使土体和墙体变形一致。

2.1.4 加载方式

由于只考虑土体重力,故只在 y 方向添加重力作用如图 5。

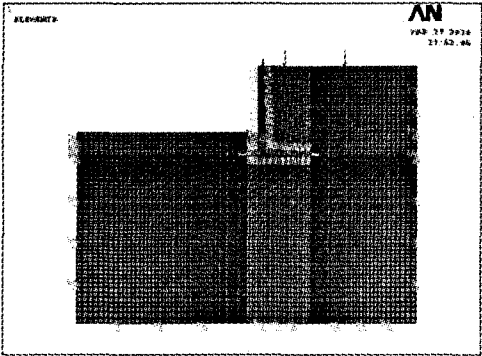


图 5 约束和加载

2.2 计算结果及分析

2.2.1 挡土墙受力分析

(1)挡土墙位移分析

由图 6 可以看出挡土墙侧向位移最大值为 29 mm,并出现在墙的顶部;最小位移为 9 mm,出现在挡土墙的底部,并且挡土墙底部埋入土内部分的侧向位移是一致的。由于最大侧向位移出现在挡土墙的顶部,因此对挡土墙侧向位移进行监测时,最好选择挡土墙的顶部作为施测部位。

由图 7 可以看出挡土墙的竖向位移最大值为 28.8 mm,出现在挡土墙左侧墙脚处,最小竖向位移为 24.9 mm,出现在右侧墙角处,并且在挡土墙底部,其竖向位移从左至右依次减小。

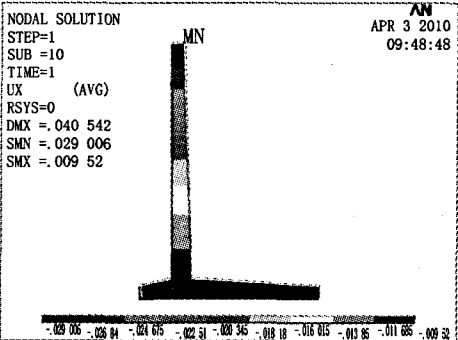


图 6 挡土墙侧向位移

(2)挡土墙应力分析

由图 8 和图 9 可知挡土墙应力最大值出现在右侧墙脚与挡板转折处, x 方向最大应力达到 10.9

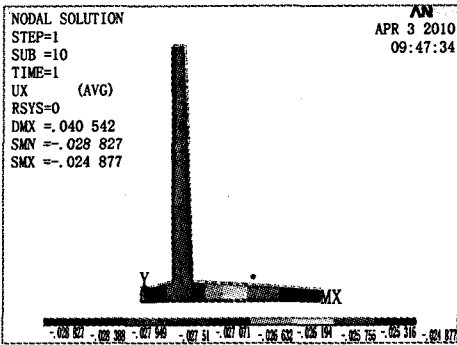


图 7 挡土墙沉降位移

MPa, y 方向最大应力达到 12.9 MPa。并且在靠近土侧墙体 y 方向的应力大于外侧墙体应力。

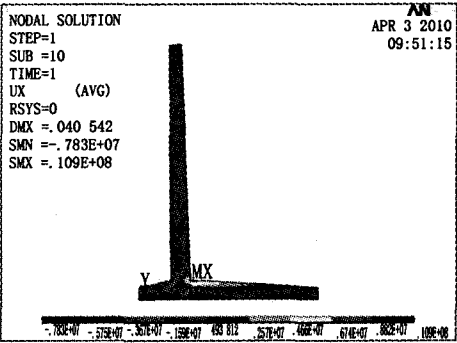


图 8 挡土墙 x 方向应力云图

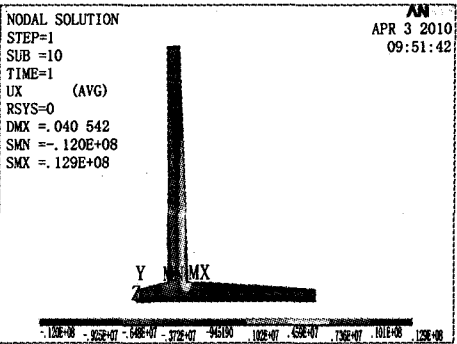


图 9 挡土墙 x 方向应力云图

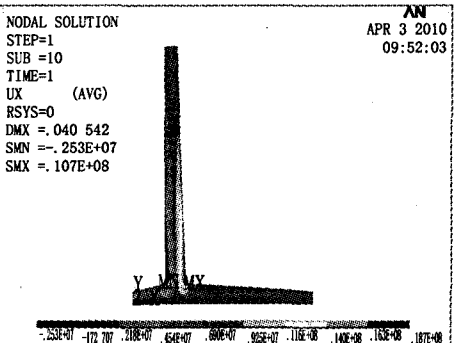


图 10 挡土墙第一主应力云图

挡土墙第一主应力最大值也出现在右侧墙脚与挡板转折处,达到了 18.7 MPa,因此在进行挡土墙设计和施工时,要保证此部位具有一定的强度。

2.2.2 土体受力分析

(1) 土体位移分析

土体 x 方向最小位移出现在与挡土墙顶部接触的位置,沿纵向增大(图 11),最大位移出现在土体底部,这主要是由于挡土墙的作用,使得土体位移受到约束。土体 y 方向最大位移出现在左侧靠近挡土墙土体上部,最大值为 8.5 mm。

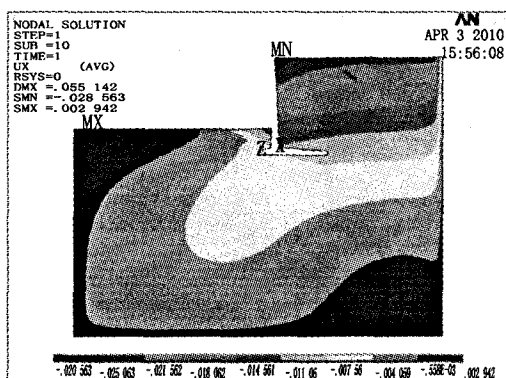


图 11 土体 x 方向位移

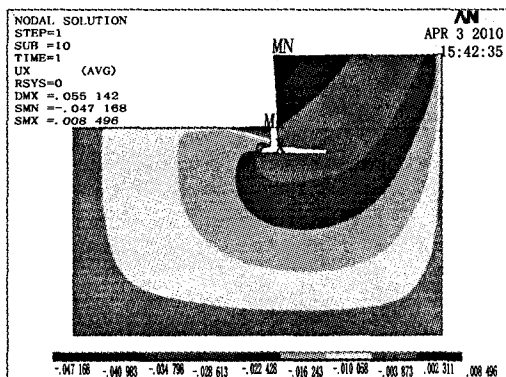


图 12 土体 y 方向位移

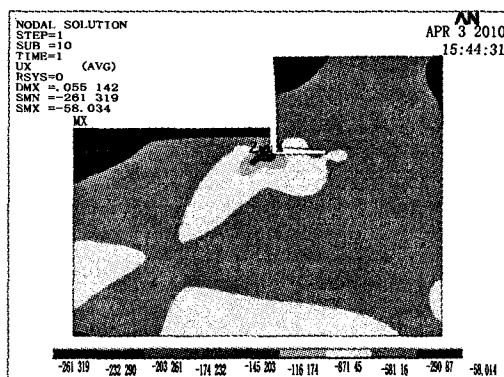


图 13 土体 x 方向应力云图

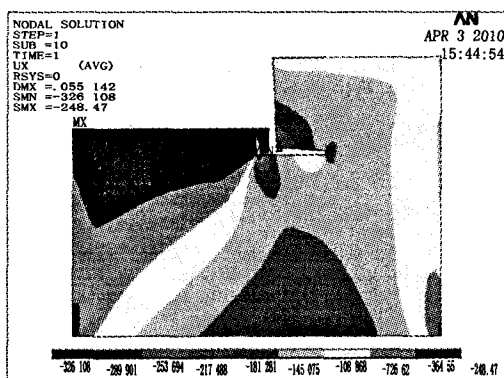


图 14 土体 x 方向应力云图

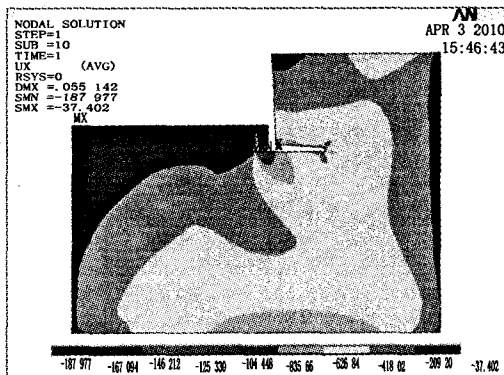


图 15 土体第一主应力云图

(2) 土体应力分析

由以上的应力云图(图 13、14、15)可以看出土体应力最大值出现在与挡土墙底部接触的位置, x 方向、 y 方向和第一主应力最大值分别为 261.3 KPa、326.1 KPa 和 188.0 KPa,因此,在修筑挡土墙时,一定要保证墙底土体的强度。

按朗金土压力理论^[1]计算墙后土体的主动土压力,得出土体应力分布与图 13、14 土体应力分布具有良好的一致性,说明 ANSYS 计算是合理的。

3 结语

(1) 计算机仿真可以非常形象地展示挡土墙和土体变形演化的过程,这一方法可部分地取代实验或指导实验。

(2) 有限元建模分析时,要注意网格划分、约束条件、参数选取和模型尺寸等的确定,使其更加接近实际情况,减少误差。

(下转第 30 页)

耗能段长度的4种破坏模式,影响破坏模式最重要的因素是耗能段的长度,另外还与截面几何特征有关即: M_p/V_p 。

参考文献

- [1] Kasai, K., Popov, etc. Cyclic web buckling control for shear link beams[J]. Struct. Engineering, 1986, 112(3): 505-523.
- [2] Haaijer, G. Plate buckling in the strain-hardening range [J]. Eng. Mesh. Div, 1957, 83(EM2): 1-45.
- [3] 郭秉山, 顾强, 李养成. 钢框架梁柱腹板连接梁翼缘对接焊缝的破坏机理[J]. 西安科技大学学报, 2004, 24(4): 417-421.
- [4] American Institute of Construction(AISC). Seismic provision for structural steel buildings[J]. American institute of Steel Construction, Chicago, 2002(15): 20-21.
- [5] 张庆旭. 方钢管柔性法兰连接节点性能有限元分析[J]. 长春工程学院学报: 自然科学版, 2009, 10(4): 15-17.

Finite element research on failure models of flange width-thickness ratio and eccentrically braced link beams

ZHOU Jian, etc.

(School of civil Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Specification of flange width-thickness ratio of the eccentric braced link beams is conservative in value. In order to study this problem, several groups of finite element models were designed in this paper. And they were calculated and analyzed. the objective is to reevaluate the value to flange width-thickness ratio of the link beams. The results show that; the flange width-thickness ratio of shear yielding links and flexural yielding links can be relaxed to $9\sqrt{235/f_y}$. In addition, through the analysis to the stress and strain of link beams, this paper identifies the areas of most vulnerable to damage, and ultimately determines the final failure modes of different lengths of link beams.

Key words: link beams; flange width-thickness ratio; finite element; failure model

(上接第24页)

(3)进行挡土墙受力分析时应将挡土墙、基础与地基作为一个整体来考虑,并且需要考虑墙体和土体之间的耦合作用,采用ANSYS软件可以很好地模拟墙土体的力学性能,并且计算结果比较精确。因此,可以采用有限元计算结果指导挡土墙设计,使设计更加科学合理。

参考文献

- [1] 高大钊, 袁聚云. 土质学与土力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 50-56.
- [2] 金迪, 赵冬生. 加筋挡土墙的养护维修[J]. 长春工程学院学报: 自然科学版, 2005, 6(4): 16-18.
- [3] 张杰, 潘殿琦. 利用有限元对土钉墙进行优化设计的研究[J]. 长春工程学院学报: 自然科学版, 2007, 8(3): 24-28.
- [4] 王勖成. 有限单元法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 25-30.

The application of ANSYS to the analysis of retaining wall

ZHANG Bo

(China Railway NO. 9 Group Co-3rd Engineering Corporation, Changchun 130052, China)

Abstract: In this paper, an analysis on the mechanical response in the coupling of highway retaining wall and soil effected by the gravity field is made by using finite element analysis software ANSYS. It can provide a reference to the design and mechanical analysis of highway retaining walls.

Key words: highway retaining wall; finite element analysis; ANSYS; coupling